TÜRK LOYDU

ASKERİ GEMİLERE AİT KURALLAR

Kısım 104 – Sevk Tesisleri

Ocak 2022

Bu basım tüm kural değişimlerini içermektedir. En son revizyonlar düşey çizgi ile gösterilmiştir. Bölüm tamemen revize edildiyse bölüm başlığı çerçeve içine alınır. Yayın tarihinden sonra yapılan değişimler kırmızı renkte yazılarak gösterilir.

Aksi belirtilmediği sürece bu kurallar inşa kontrat tarihi (TL- PR 29'da belirtildiği gibi) 01 Ocak 2022 ve daha sonrası olan gemilere uygulanır. İnşa kontrat tarihinden sonra yürürlüğe giren yeni kurallar ve düzeltmeler eğer bu kurallarca gerekli görülürse uygulanacaktır. Detaylar için TL Websitesi'ndeki Kural Değişim Bildirimleri'ne bakınız.

İlgili en son basımın "Genel Hükümler"i uygulanacaktır (Bakınız Klaslama Sörveyler Kuralları)

Eğer İngilizce ve Türkçe Kurallar arasında bir fark mevcutsa İngilizce Kural geçerli sayılacaktır. Bu yayın basılı ve elektronik ortamda PDF olarak mevcuttur. İndirildikten sonra bu doküman KONTROLSÜZ duruma geçer. Geçerli sürüm için aşağıdaki websitesini kontrol ediniz.

http:/www.turkloydu.org

Tüm hakları saklıdır. Bu kurallara ait içerik Türk Loydu'nun önceden verilmiş yazılı izni olmaksızın çoğaltılamaz, yayılamaz, yayınlanamaz ya da herhangi bir şekilde ya da formda aktarılamaz.

TÜRK LOYDU

Merkez Ofis Postane Mah. Tersaneler Cad. No:26 Tuzla 34944 İSTANBUL / TÜRKİYE
Tel : (90-216) 581 37 00
Fax : (90-216) 581 38 00
E-mail : info@turkloydu.org
http://www.turkloydu.org

Bölgesel Ofisler

Ankara Eskişehir Yolu Mustafa Kemal Mah. 2159. Sokak No : 6/4 Çankaya - ANKARA / TÜRKİYE
Tel : (90-312) 219 56 34
Fax : (90-312) 219 68 25
E-mail : ankara@turkloydu.org

İzmir Atatürk Cad. No :378 K.4 D.402 Kavalalılar Apt. 35220 Alsancak - İZMİR / TÜRKİYE
Tel : (90-232) 464 29 88
Fax : (90-232) 464 87 51
E-mail : izmir@turkloydu.org

Adana Çınarlı Mah. Atatürk Cad. Aziz Naci İş Merkezi No:5 K.1 D.2 Seyhan - ADANA / TÜRKİYE
Tel : (90- 322) 363 30 12
Fax : (90- 322) 363 30 19
E-mail : adana@turkloydu.org

Kısım 104 – Sevk Tesisleri

Bölüm 1 - Genel Kurallar

A. Genel **1-** 2
B. Tanımlar **1-** 3
C. Onaylanacak Dokümanlar 1- 5
D. Ortam Koşulları **1-** 5
E. Malzemeler **1-** 12
F. İşletimle İlgili Yakıt ve Tüketim Malzemeleri **1-** 12
G. Emniyet Donanımı ve Koruma Önlemleri **1-** 12
H. Beka Kabiliyeti **1-** 14

Bölüm 2 - Makina Donanımının Dizayn ve Yapımı

A. Genel **2-** 2
B. Parçaların Boyutları **2-** 2
C. İşletmeye Hazır Olma **2-** 3
D. Kumanda ve Ayarlama Donanımı **2-** 3
E. Sevk Donanımı **2-** 4
F. Döndürme Mekanizmaları **2-** 8
G. Kullanım ve Bakım Talimatı **2-** 8
H. Tanıtıcı İşaretler, Tanıtıcı Etiketler **2-** 8
I. Makina Dairesi Donanımı **2-** 8
J. Haberleşme ve Sinyal Donanımı **2-** 9
K. Fazlalıklı Sistemler **2-** 10

Bölüm 3 - İçten Yanmalı Makinalar

A. Genel **3-** 4
B. Onaylanacak Dokümanlar **3-** 4
C. Malzemeler **3-** 6
D. Krankşaft Tasarımı **3-** 6
E. Testler ve Denemeler **3-** 26
F. Emniyet Cihazları **3-** 45
G. Yardımcı Sistemler **3-** 52
H. Kumanda Teçhizatı **3-** 55
I. Alarm Sistemleri **3-** 56
J. Makinanın Layna Alınması / Yerleştirilmesi **3-** 56
K. Egzost Gazı Temizleme Sistemleri **3-** 60
L. Gaz Ya Da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıtla Yakıtlı Makinalar **3-** 63
M. Düşük Basınçlı Gaz (10 Bar'a Kadar) Yakıtlı İçten Yanmalı Makınaların Emnıyetı **3-** 72

Ek I - Krankşaft Dolgularında Gerilme Konsantrasyon Faktörünün Tanımı
Ek II - Yağ Kanallarının Kenarında Gerilme Konsantrasyon Faktörleri ve Gerilme Dağılımı

Ek III - Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak Krankşaftların Veb Yuvarlatma Yarıçaplarında Gerilme Konsantrasyon Faktörlerinin Hesaplanması için Kılavuz

Ek IV - Yorulma Testlerini Değerlendirme Kılavuzu

Ek V - Yüzey İşlemine Tabi Tutulmuş Dolguların ve Yağ Deliği Çıkışlarının Hesabı İle İlgili Bilgiler

Ek VI - Krankşaftların Yağ Deliği Çıkışlarındaki Gerilme Yığılması Faktörlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Hesaplama Esasları

Bölüm 4 A - Termik Türbo Makinalar/Gaz Türbinleri

A. Genel **4A-** 2
B. Malzemeler **4A-** 5
C. Dizayn ve Yapım Esasları **4A-** 5
D. Kontrol ve İzleme **4A-**8
E. Yerleştirme ve Montaj **4A-**11
F. Testler ve Tecrübeler **4A-**12

Bölüm 4 B - Termik Türbo Makinalar/Egzost Gaz Türboşarjerleri

A. Genel **4B-** 2
B. Dizayn ve Montaj **4B-** 3
C. Testler **4B-** 4
D. Atölyelerin Onaylanması **4B-** 8

Bölüm 5 - Ana Şaft Donanımı

A. Genel **5-** 2
B. Malzemeler **5-** 2
C. Şaftların Boyutlandırılması **5-** 3
D. Dizayn **5-** 7
E. Balans ve Testler **5-** 13
F. Elyaf Tabakalı Şaftlar için Özel İstekler **5-** 13
Ek 1. Ara şaft malzemesi için kullanılan alaşımlı çeliklerin özel onay **5-** 15

Bölüm 6 - Dişli Donanımları, Kaplinler

A. Genel **6-** 2
B. Malzemeler **6-** 2
C. Dişlinin Yük Taşıma Kapasitesinin Hesabı **6-** 2
D. Dişli Şaftları **6-** 9
E. Donanım **6-** 10
F. Balans Ayarı ve Testler **6-** 11
G. Kaplinlerin Dizaynı ve Yapımı **6-** 12

Bölüm 7A - Pervaneler

A. Genel **7A-** 3
B. Malzemeler **7A-** 4
C. Pervanelerin Dizaynı ve Boyutlandırılması **7A-** 5
D. Kumanda Edilebilir Piçli Pervaneler **7A-** 9
E. Pervanelerin Yerine Takılması **7A-**12
F. Balans Ayarı ve Testler **7A-**14
G. Yan İticiler **7A-**15
H. Sevk Sistemlerinin Özel Şekilleri **7A-**16
I. Dinamik Konumlandırma Sistemleri (DK sistemleri) **7A-**17
J. Pervanelerin Kavitasyon Gürültüsü **7A-**19

Bölüm 7B – Azimut Sevk Sistemleri

A. Genel **7B-**3
B. Malzemeler **7B-**5
C. Azimut Sevk Sistemlerinin Dizaynı **7B-**5
D. Manevra Donanımının Dizaynı **7B-**8
E. Yardımcı Donanım **7B-**12
F. Hidrolik Sistemler **7B-**13
G. Elektrik Donanımı **7B-**14
H. Testler ve Tecrübeler **7B-**15

Bölüm 8 - Burulma Titreşimleri

A. Genel **8-** 2
B. Burulma Titreşimlerinin Hesabı **8-** 2
C. İzin Verilen Burulma Titreşimi Gerilmeleri **8-** 3
D. Burulma Titreşimi Ölçümleri **8-** 6
E. Yasaklı Çalışma Alanları **8-** 7
F. Yardımcı Makinalar **8-** 7

Bölüm 9 - Buz Klaslı Gemiler için Makina Donanımı

A. Genel **9-** 2
B. ICE-B Ek Klas İşareti il İlgili İstekler **9-** 2

Bölüm 10 - Yedek Parçalar

A. Genel **10-** 2
B. Yedek Parçaların Kapsamı **10-** 2

DEĞİŞİMLER

Değişen Bölümler	RCS No.	YürürlükTarihi*
Bölüm 03	03/2024	01.01.2025
Bölüm 07	03/2024	01.01.2025
Bölüm 10	01/2024	01.07.2024
Bölüm 4B	01/2024	01.07.2024
Ek IV	01/2024	01.07.2024
Bölüm 03	01/2024	01.07.2024
Bölüm 03	04/2023	01.01.2024
Bölüm 4B	02/2023	01.07.2023

* Burada belirtilen yürürlüğe giriş tarihi (EIF) bilgi mahiyetinde olup, Kural Değişim Özetlerinde (RCS) belirtilen yürürlüğe giriş tarihleri geçerli olarak alınmalıdır. Yukarıda belirtilen değişimlere ek olarak biçim ve metinsel düzeltmeler yapılmış olabilir.

BÖLÜM 1

GENEL KURALLAR

Sayfa

A. Genel 1-2

B. Tanımlar 1-3

1. Yardımcı Elektrik Gücü
2. Kararma Durumu
3. Ölü Gemi Durumu
4. Çektiği Su T
5. Ana Donanım
6. Nominal Tahrik Gücü P
7. Gemi Hızları

C. Onaylanacak Dokümanlar 1-5

D. Ortam Koşulları 1-5

1. Genel Çalışma Koşulları
2. Titreşimler
3. Şok

E. Malzemeler 1-12

1. Onaylı Malzemeler

F. İşletimle İlgili Yakıt ve Tüketim Malzemeleri 1-12

G. Emniyet Donanımı ve Koruma Önlemleri 1-13

H. Beka Kabiliyeti 1-14

1. Tanımlar
2. Beka Kabiliyetinin İyileştirilmesi ile İlgili Önlemler
3. Sevk Tesisi ile İlgili Önlemler

A. Genel

1. Buradaki kurallar, askeri faaliyetlerde, kullanımı öngörülen su üstü gemileri ve teknelerinin sevk tesislerine uygulanır.

Aşağıda belirtilen sevk tesisi tipleri, bu kurallara dahil edilmemiştir:

- Nükleer güç tesisleri,
- Yakıt pili teknolojilerini kullanan tesisler **(1)**,
- Ana sevk için kullanılan buhar kazanları,
- Buhar türbinleri,
- Krosetli düşük devirli dizel makinalar,
- İki stroklu, ters çevrilir dizel makinalar,
- Ağır yakıt ve bunun ön işlemleriyle çalışan tesisler.
- Isı iletim Sistemleri

Ancak, askeri bir projenin genel kavramıyla ilgili olan durumlarda, yukarıda verilen tipteki tesisler, başvuru halinde, dizayn incelemelerine ve klaslanmaya dahil edilebilir.

2. Ayrıntılı olarak aşağıda belirtilmiş bulunan makina ve donanımdan ayrı olarak, geminin ve mürettebatının emniyeti nedeniyle gerekli görülen diğer makina ve donanıma da uygulanır.

3. Eşdeğer olduğu onaylanmış olması koşuluyla, bu kurallardan farklı olan dizaynlar da onaylanabilir.

4. Alışılmışın dışındaki prensiplere göre geliştirilmiş ve/veya gemilerde henüz yeteri kadar denenmemiş makina donanımı için, **TL**'nun özel onayı gereklidir.
Bu durumda, **TL**'nun ilave dokümanları ve özel tecrübelerin yapılmasını isteme hakkı saklıdır. Bu makinalar, ana klas işaretlerine ek olarak **EXP** ek klas işareti ile markalanabilir.

5. **TL**, yeni buluşların ve işletme tecrübelerinin sonuçları nedeniyle, tüm makina tipleri için, kaçınılmaz duruma gelen ek isteklerde bulunma veya mevcut kurallardan sapma hakkını saklı tutar.

6. Diğer Kurallara ve Standartlara Atıflar

6.1 Sevk tesisleri ve çalıştırma araçları ile ilgili isteklerin bu kurallarda yer almaması durumunda, diğer kuralların ve standartların uygulanması gereklidir.

6.2 Askeri savaş gemilerine uygulanabildiği ölçüde, "Denizde Can Emniyeti Uluslararası Antlaşması 1974/1978" **(SOLAS)** ve değişimlerindeki kurallar, buradaki kurallarda dikkate alınmıştır. Uygulamanın kesin kapsamı, Askeri Otorite ve tersane tarafından yapım şartnamesinde belirtilmelidir.

Buradaki kurallar, ayrıca "Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Antlaşması 1973" ve ilgili 1978 protokolü **(MARPOL 73/78)**'nün hükümlerine de uygundur.

6.3 NATO üyesi ülkelere ait gemiler için, **(STANAG)** standartları dikkate alınabilir.

6.4 Buradaki kurallara ilave olarak; ulusal kurallar, uluslararası standartlar ve yapım şartnamesindeki özel tanımlar, geminin görev açıklamasında dikkate alınmalıdır. Bu kurallar, **TL** kurallarından etkilenmezler.

7. Dizayn

Sevk tesisinin dizaynında, aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

7.1 Askeri geminin çalışması, gemide öngörülen alışılagelmiş koşullar ile muharebe, savaş seyri, barış seyri ve barışta limanda hazır olma koşullarında tüm sistemlerin çalışması her zaman sağlanacaktır.

7.2 Güç dağıtım şebekesi, şebeke arızası halinde işletim sağlanacak şekilde dizayn edilecektir.

7.3 Emniyet için gerekli olan belirli sistemlerin ve donanımın çalışması, belirlenen emercensi koşullarda garanti edilecektir.

---

(1) *Yakıt pili teknolojisi ile üretilecek yardımcı güç için, **TL**'nun "Gemilerde Yakıt Pili Sistemlerinin Kullanımı ile İlgili Esaslar" kurallarına bakınız.*

7.4 Sevk tesisinin çalışması nedeniyle mürettebat ve gemi için oluşacak tehlikeler en aza indirilecektir.

7.5 Açık ve basit olarak düzenlenen işletim yöntemleri ve tip-onaylı ürünlerin kullanılması suretiyle yüksek çalışma güvenirliği elde edecektir.

7.6 Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler, Kısım 102, Tekne Yapısı ve Donanımı, Kısım 105, Elektrik, Kısım 106, Otomasyon ve Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler de belirtilen dizayn, yerleştirme, tesis ve işletim istekleri sağlanmalıdır.

7.7 Önemli donanımın dizaynında ve işlevlerindeki fazlalıklar vasıtasıyla geminin yüksek beka kabiliyeti derecesine sahip olması sağlanmalıdır.

7.8 Makina ve donanımının ergonomik dizayn esasları dikkate alınmalıdır.

7.9 Esas olarak benzer olması planlanan bir askeri gemi sınıfında, farklı uygulamalar kaçınılmaz olursa, bu durum **TL**'na bildirilecek ve değişimler dokümante edilecektir.

7.10 Tekil arıza prensibi

Tekil arıza kavramında, sadece bir (tekil) arızanın, istenmeyen bir oluşumun başlamasına neden olduğu kabulü esas alınır. Farklı arızaların aynı anda görülmesi dikkate alınmaz.

8. Eşdeğerlilik

8.1 Tipleri, bazı kısımları veya donanımları nedeniyle yapım kurallarına göre farklılık gösteren gemiler, yapı elemanlarının veya donanımlarının eşdeğerlilik sağladığı klası alabilirler.

8.2 Bu bağlamda, **TL** ilgili kural isterlerinin amaçlarını yerine getiren ve eşdeğer emniyet seviyesine ulaşan uygun alternatif dizayn, yerleşim ve hesaplama/analizleri (FE, FMEA, v.b.) kabul edebilir.

B. Tanımlar

1. Yardımcı Elektrik Gücü

Yardımcı elektrik gücü [kVA]; v_0 devamlı hızında, doğrudan geminin sevki için kullanılmayan, ancak her türlü yardımcı cihaz ve donanımın tahriki amacıyla kullanılan, devamlı elektrik gücü olarak tanımlanır. Fazlalık derecesi yapım şartnamesinde belirtilecektir.

2. Kararma Durumu

Kararma durumu, ana elektrik güç kaynağı dahil, tüm makina tesisinin devre dışı kalması, ancak güç beslemesinin tekrar sağlanması için gerekli olan, basınçlı hava, akülerden gelen ilk hareket akımı, vb. gibi yedek enerjinin mevcut olması anlamındadır.

3. Ölü Gemi Durumu

Ölü gemi durumu, ana elektrik güç kaynağı dahil, tüm makina tesisinin devre dışı kalması ve ana güç beslemesinin tekrar sağlanması, yardımcıların tekrar çalıştırılması ve sevk tesisinin harekete geçmesi için gerekli olan, basınçlı hava, akülerden gelen ilk hareket akımı, vb. gibi yedek enerjinin mevcut olmaması anlamındadır. Ancak, askeri gemide, hareketli veya sabit özel ilk hareket donanımının mevcut olacağı kabul edilir.

4. Çektiği Su T

L gemi boyunun ortasında, kaide hattından, geminin ömrü için belirlenen, en derin dizayn su hattına kadar olan düşey uzaklıktır.

5. Ana Donanım

5.1 Geminin ana donanımı, tüm ana sevk tesisleridir.

5.2 Ana donanım (operasyonel önemli) aşağıda belirtilen yardımcı makinalar ve tesislerdir:

- Geminin sevki ve manevrası için gerekli olanlar,
- Geminin emniyetinin sağlanması için gerekli olanlar,

- Denizde insan yaşamının sürdürülmesi için gerekli olanlar,

ayrıca,

- Klas işareti ve ek klas işareti için gerekli olan donanım.

5.3 Önemli yardımcı makinalar ve tesisler, örneğin aşağıda belirtilenleri içerir:

- Jeneratör üniteleri
- Dümen makinası
- Yakıt besleme üniteleri
- Yağlama yağı pompaları
- Soğutma suyu/akışkanı pompaları
- Yardımcı ve ana makina ilk hareket donanımı,
- Dolgu havası bloverleri
- Egzost gazı türboşarjerleri
- Kumanda edilebilir piçli pervane sistemleri
- Azimuth sistemleri
- Makina dairesi havalandırma fanları
- Buhar, kızgın ve sıcak su üretim tesisleri
- Brülör donanımı
- Ana sistemlerdeki basınçlı kaplar ve ısı değiştiricileri
- Hidrolik pompalar
- Yakıt arıtma donanımı
- Yakıt transfer pompaları
- Yağlama yağı arıtma donanımı
- Sintine ve balast pompaları
- Meyil önleyici donanım
- Yangın pompaları ve yangınla mücadele donanımı
- Demir ırgatları ve kapstanlar
- Yanal iticiler
- Tehlikeli alanlar için hava fanları
- Ana makina döndürme donanımı
- Baş ve kıç rampalar, varsa borda açıklıkları
- Perde kapıları kapatma donanımı
- Silah sistemleri (effektörler)
- Tehlikeli mahalleri, emniyetli bir durumda korumak için gerekli görülen donanım
- NBC fanları ve pasaj ısıtıcıları,
- Temizleme (arındırma) donanımı
- Gemideki uçak donanımı elemanları,

5.4 Özel klas işareti ile ilgili donanıma sahip gemiler için, belirli özel donanım ana donanım olarak klaslanabilir.

6. Nominal Tahrik Gücü P

Nominal tahrik gücü [kW]; nominal hızda (v_0) çalışmada sevk makinası tarafından sağlanacak devamlı güç olarak tanımlanır.

7. Gemi Hızları

7.1 Nominal hız v_0

Mevcut toplam tahrik gücünün sadece sevk sistemine tahsisi halinde, sakin suda, **T** çektiği su değerinde geminin beklenen en yüksek devamlı ileri hızı $\mathbf{v_0}$ [kn].

7.2 Maksimum hız v_{maks}

Mevcut toplam tahrik gücünün sadece sevk sistemine tahsisi halinde, sakin suda, **T** çektiği su değerinde, geminin beklenen en yüksek ileri hızı v_{maks} [kn].

Bu hız, sadece tanımlanmış nispeten kısa bir süre için izin verilen, bir aşırı yük durumuna karşılık gelir.

7.3 Seyir hızı v_M

Maksimum seyir yarıçapı sağlayan, geminin beklenen ekonomik, devamlı ileri seyir hızı v_M [kn].

7.4 Minimum hız v_{min}

Mevcut toplam tahrik gücünün, teknik olarak mümkün olan minimum güçte etkisi durumunda, sakin suda, **T** çektiği su değerinde geminin beklenen en düşük ileri hızı v_{min} [kn].

C. Onaylanacak Dokümanlar

1. Tüm dokümanlar, onaylanmak üzere Türkçe veya İngilizce olarak **TL**'na verilmelidir.

2. Gemi yapımının sörveyi onaylı dokümanlar esas alınarak yapılacaktır. Resimler, onay için gerekli tüm verileri içermelidir. Gerekirse, geminin elemanlarının hesapları ve tanımları da verilecektir. Standart olmayan tüm semboller, bir listede açıklanacaktır. Tüm dokümanlarda, proje no.su, Askeri Otoritenin ve/veya Tersanenin adı yer almalıdır.

Resimler ve dokümanlarda, bu bölümde belirtilen isteklerin karşılanmış olduğunun kanıtlanması için yeterli açıklamalar yer almalıdır.

3. Destekleyici hesaplarda, atıfta bulunulan dokümanlarla ilgili gereken bilgiler yer alacaktır. Hesaplamalarda kullanılan literatür verilecek, önemli fakat genelde bilinmeyen kaynakların kopyası eklenecektir.

Bilgisayar programlarının seçimi serbesttir. Programlar **TL** tarafından önceden belirlenmiş test örnekleri ile karşılaştırılarak kontrol edilebilir. Ancak, programlar için **TL** tarafından genel olarak geçerli bir onay verilmez.

Hesaplamalar; tüm hesap aşamalarının kolay bir şekilde belirlenmesine ve kontrol edilmesine olanak verecek tarzda derlenmelidir. Elle yazılmış, kolay okunabilir dokümanlar kabul edilir.

Çıkış verilerinin büyük çoğunluğu, grafik formda sunulacaktır. Hesaplardan elde edilen ana sonuçlara ait yazılı yorumlar verilecektir.

4. Gerekli dokümanların bir özeti, Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler, Tablo 4.1'de verilmiştir. Diğer ayrıntılar, bu kısmında ilgili bölümlerde belirtilmiştir.

5. Eğer askeri geminin değerlendirilmesi için, verilen dokümanların yetersizliği söz konusu ise, **TL**'nun ilave isteme hakkı saklıdır. Bu husus, özellikle yeni gelişmelerle ilgili olan ve/veya gemide yeterince test edilmemiş olan tesisler ve donanım için geçerlidir.

6. Üretimin veya gemiye montajın başlangıcında onaylı kopyaların sörveyöre verilmesini sağlamak üzere, resimler üç kopya olarak, tüm hesaplar ve destekleyici dokümanlar bir kopya olarak, yeteri kadar önceden **TL**'na verilecektir.

7. Verilen dokümanlar **TL** tarafından onaylandıktan sonra, işin yapılması yönünden bağlayıcı olacaktır. Daha sonra yapılacak değişimler ve ilaveler için, başlanılmadan önce **TL**'nun onayı alınmalıdır.

8. Askeri geminin kabulünde veya sevk tesisinde önemli değişimler veya ilaveler yapılması halinde, çeşitli bölümlerde belirtilen onaylama kapsamındaki resimler, sistemlerin son durumunu göstermek koşuluyla gemiye verilmelidir.

Her dokümanda gemi adı, tersanenin inşa numarası ve hazırlanma tarihi yer almalıdır.

D. Ortam Koşulları

1. Genel Çalışma Koşulları

1.1 Gemi yapısının ve gemideki tüm makinaların seçimi, yerleşimi ve düzenlenmesi, tanımlanan standart

ortam koşullarında, aksaksız ve sürekli bir çalışmayı güvenle sağlayacak şekilde olmalıdır.

AC1 ek klas işareti için daha katı istekler dikkate alınmalıdır (Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler, Bölüm 2, C.'ye bakınız).

ACS ek klas işareti için, askeri gemilerin alışılagelmişin dışındaki tipleri ve/veya görevleri ile ilgili değişken istekler, her durum için tartışılabilir, ancak, standart isteklerden daha alt seviyede olamaz.

AC1 veya **ACS** ek klas işareti ile ilgili koşullara uygun olan makina mahallerindeki veya diğer mahallerdeki bileşenler, **TL** tarafından onaylanmalıdır.

1.2 Geminin meyilleri ve hareketleri

Askeri bir geminin statik ve dinamik meyilleri ile ilgili dizayn koşulları, birbirinden bağımsız olarak kabul edilmelidir. Standart istekler ve **AC1** ek klas işareti ile ilgili istekler Tablo 1.1'de verilmiştir.

TL, askeri geminin tipini, boyutlarının ve servis koşullarını dikkate alarak, Tablo 1.1'de belirtilen meyil açılarından farklılıkları değerlendirebilir.

Tekne elemanlarının elastik deformasyonlarının makina tesisleri üzerindeki etkileri göz önüne alınmalıdır.

1.3 Çevresel koşullar

Standart istekler ve **AC1** ek klas işareti ile ilgili istekler Tablo 1.2'de verilmiştir.

2. Titreşimler

2.1 Genel

2.1.1 Makinalar, cihazlar ve geminin tekne yapısı elemanları, genel olarak titreşim zorlamalarının etkisindedir. Her durumda, dizayn, yapım ve yerleştirme bu gerilmeler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

Her bir elemanın aksaksız olarak devamlı çalışması, titreşim gerilmeleri nedeniyle tehlikeye sokulmamalıdır.

Eğer askeri gemi tekne yapıları, direğe monteli elektronik donanımı, vb.'nin yorulması ve mürettebatın konforu üzerinde sınırlı titreşim etkisi oluşturacak şekilde dizayn edilmişse **VIBR** ek klas işareti verilebilir. Ayrıntılar için, **TL** Kuralları, Tekne Yapısı ve Donanımı, Bölüm 16,C'ye bakınız.

2.1.2 Bir makina veya bir cihazın çalışması esnasında meydana getirdiği titreşimlerin şiddeti, belirtilen sınırları geçmemelidir. Böylelikle, vakitsiz çalışmaya veya hatalı çalışmaya sebep olabilecek aşırı yükseltilmiş ilave titreşim gerilmelerinden, titreşime sebep olanlar ve bitişik gruplar, çevredeki cihazlar ve keza gemi bünyesini oluşturan elemanlar korunmuş olur.

2.1.3 Aşağıdaki uygulamalarda titreşimler, 2 ila 300 Hz'lik bir frekans alanı içinde olmalıdır. Frekansı 2 Hz'in altında olan titreşimler katı cisimlerin titreşimleri olarak görülebilir ve frekansı 300 Hz'in üstünde olan titreşimler kural olarak bölgesel sınırlandırılmıştır ve bünyesel ses karakteri gösterdikleri kabul edilir. Özel haller için bu şartlar doğru bulunmazsa (örneğin; bir dişli pompanın bir diş geçirme frekansı ile oluşturulan 300 Hz'in üzerindeki titreşimlerde) aşağıdaki uygulamalar benzer şekilde göz önüne alınmalıdır.

2.1.4 Titreşim yükleri, titreşim doğurucuların toplam çalışma alanında dikkate alınmalıdır. Titreşimi doğuranın, bir makina olması halinde inceleme, kullanılabilen toplam devir sayısını ve uygunsa güç alanını kapsamalıdır.

2.1.5 Aşağıda verilen açıklamalardaki uygulama türleri geniş ölçüde standard hale getirilmiştir. Sonuç olarak titreşim gerilmeleri veya titreşimi doğuranın spektrumunun (dağılımının) şiddeti yerine konulan bir büyüklük oluşturulur (2.2.1'e bakınız). Bu büyüklük neticede müsaade edilebilen veya garanti edilen değerle karşılaştırılmalı ve bunun kabul edilebilirliği gözden geçirilmelidir.

2.1.6 2.1.5'de belirtilen yöntem, fiziksel olayların yalnızca tam olmayan açıklamasını yapar. Amaç ise, gerçek gerilmelerin veya değişken zorlanmalarının değerlerini elde etmektir. Gerçek zorlanmalar ile dış çerçeve kısımlarında oluşan titreşim genliği, titreşim hızı ve titreşim ivmesi gibi yerine koyma büyüklükleri arasında basit birer bağıntı mevcut değildir. Buna rağmen halihazırda bu yöntem, makul olarak gerçeklenebilir görünen tek yol olması itibariyle burada

işlenecektir. Bu nedenlerle, ilgili sınırlara göre uygulanan yerine koyma miktarının büyüklükleri, bu sınırların aşılmaması halinde, güvenilebilirlik veya bileşenlerin zorlanmaları hakkında bir sonuca varılmasına müsaade etmeyeceği üzerinde önemle durulmalıdır. Özellikle çeşitli pistonlu makinaların elemanlarına ait zorlanmaların mukayesesinin, makina kaidesinde ölçülen yerine koyma titreşim büyüklüklerinin mukayesesi üzerinden yapılmasına müsaade edilmez.

2.1.7 Pistonlu makinalarda, aşağıdaki açıklamalar yalnız 100 kW'ın üzerindeki güçler ve 3000 d/dak'nın altındaki devir sayıları için kullanılabilir.

2.1.8 Bölüm 8.'deki burulma titreşimleri ile ilgili özel kurallar dikkate alınmalıdır.

2.2 Değerlendirme

2.2.1 Makinaların, cihazların ve gemi ile ilgili yapıların titreşim gerilmelerini değerlendirmek için genel olarak titreşim hızından (v) mevcut titreşim gerilmeleri için bir ölçü olarak yararlanılır. Aynı ölçü, bir titreşim doğurucu tarafından meydana getirilen titreşim spektrumunun şiddetinin değerlendirilmesinde de kullanılır (2.1.2 ile karşılaştırınız).

Tam bir sinüzoidal titreşim halinde titreşim hızının etkin değeri (v_{etk}) aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$v_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{s} \cdot \omega = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{v} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{a}}{\omega} \qquad \textbf{(1)}$$

Burada:

$\hat{S}$: Titreşim hareketinin genliği,

$\hat{V}$: Titreşim hızının genliği,

v_{eff} : Titreşim hızının etkin değeri,

$\hat{a}$: Titreşim ivmesinin genliği,

ω : Titreşimin açısal hızı.

1,2, ... n, harmonik bileşenden oluşan herhangi bir periyodik titreşim için titreşim hızının etkin değeri aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$v_{eff} = v^2_{eff\,1} + v^2_{eff\,2} + \cdots + v^2_{eff\,n} \qquad \textbf{(2)}$$

Burada (v_{eff}), (i) inci harmonik bileşenin titreşim hızının etkin değeridir. Her bir harmonik bileşen için **(1)** formülüne dayanarak v_{eff} değerleri hesaplanır. Geçerli şartlara bağlı olarak tam sinüzoidal titreşim için formül **(1)** veya herhangi bir periyodik titreşim için formül **(2)** den yararlanarak titreşim hızının etkin değeri belirlenir.

2.2.2 Titreşim gerilmelerinin değerlendirilmesi için Şekil 1.1'de gösterilen sınır eğrileriyle çevrilmiş A, B ve C bölgeleri genel olarak esas alınır. A, B ve C eğrilerinin sınır eğrileri Tablo 1.3'de gösterilmiştir. Değerlendirilen titreşim birçok harmonik bileşenlerden oluşuyorsa, bu takdirde etkin değer 2.2.1'e uygun olmalıdır. Bu değerin belirlenmesinde, 2 ila 300 Hz alanı içindeki bütün önemli harmonik bileşenler dikkate alınmalıdır.

2.2.3 Bütün makinaların, cihazların ve teçhizatın değerlendirilmesi için A bölgesinden yararlanılabilir. Gemide bulunan makinalar, cihazlar ve teçhizat bir titreşim yükü için en az A bölgesinin sınır eğrilerine uygun dizayn edilmelidir. Diğer hallerde gerçek titreşim yükünü müsaade edilebilen seviyelere düşürebilmek için **TL**'nun onayladığı önlemler alınabilir (titreşim söndürücüleri, vb.).

2.2.4 Pistonlu makinalar çalışma şekli nedeniyle titreşim doğurucu olduklarından ayrıca özel surette göz önüne alınmalıdır. Yalnız pistonlu makinaların meydana getirdiği ve aynı zamanda kendisine direkt bağlı çevresel cihazlarda (regülatör, egzost gazı türbini, yağlama yağı pompası gibi) ve civarındaki makinalar ve tesislerden (jeneratörler, dişli kutuları, boru devreleri gibi) gelen yüklerden doğan titreşimler bu kurallar çerçevesinde ve 2.1.6'da belirtilen sınırlamalar ve 2.2.1'de belirtilen yerine koyma büyüklükleri yardımıyla değerlendirilebilir.

2.2.4.1 Esas itibariyle pistonlu makinaları üretenler, önemli ve doğrudan bağlı çevresel cihazlar için kabul edilebilir titreşim yüklerini garanti etmelidir. Pistonlu makinayı üreten, 2.3'e dayanarak kabul edilebilir yüklerin kanıtlanması için **TL**'na karşı yükümlüdür.

2.2.4.2 Pistonlu makinaların titreşim yükleri A' bölgesi içinde bulunuyorsa, bu takdirde doğrudan bağlı çevresel cihazlar için özel inceleme veya kanıtlama gerekmez (2.2.4'le karşılaştırınız).

Titreşim doğuranın yakın çevresinde bulunan makinalar ve tesisler (2.2.4'le karşılaştırınız) için aynısı geçerlidir. Bu durumda direkt bağlı çevresel cihazlar esas itibariyle en az B' bölgesinin sınır yükleri için, çevredeki makinalar "B" bölgesinin sınır yükleri için dizayn edilmiş olmalıdır.

"B" bölgesinin sınır eğrisinin altında 2.2.4.1'e dayanarak bulunan, tekil, direkt bağlı çevresel cihazların kabul edilebilir titreşim yükleri için kabul edilebilirlik, söz konusu gerçek titreşim yüklerinin ölçülmesiyle kanıtlanmalıdır.

2.2.4.3 Pistonlu makinaların titreşim yükleri A' "bölgesinin dışında, B' bölgesinin içinde bulunuyorsa, bu takdirde direkt bağlı çevresel cihazların,"C" bölgesinin sınır değerinin üstünde yüklenmediği ölçülerek kanıtlanmalıdır.

Bu durumda direkt bağlı çevresel cihazlar esas itibariyle en az "C" bölgesinin sınır yükleri için, çevredeki makinalar "B" bölgesinin sınır yükleri için dizayn edilmiş olmalıdır.

Titreşim doğuranın yakın çevresinde bulunan makinaların ve cihazların, "B" bölgesinin sınır eğrisinde tespit edilenden daha yüksek olmayan yüklerin etkisinde olduğu kanıtlanmalıdır.

Belirtilen büyüklüklerin altında, 2.2.4.1'e dayanarak bulunan tekil, direkt bağlı çevresel cihazların veya makinaların kabul edilebilir titreşim yükleri için kabul edilebilirlik, söz konusu gerçek titreşim yüklerinin ölçülmesiyle kanıtlanmalıdır.

2.2.4.4 Pistonlu makinaların titreşim yükleri B' bölgesinin üstünde fakat henüz "C" bölgesinin içinde bulunuyorsa, bu takdirde direkt bağlı çevresel cihazların titreşim yüklerinin "C" bölgesinin içinde kalması için çaba gösterilmelidir. Bu gerçekleştirilemezse, önemli çevresel cihazların, 2.3 maddesine uygun olarak daha büyük yük değerleri için dizayn edildikleri kanıtlanmalıdır.

Uygun tedbirlerle, (titreşim söndürücü veya diğerleri) çevredeki makinalardaki veya cihazlardaki aşırı titreşim yükü güvenceye alınmalıdır. Bunlar için 2.2.4.3'e uygun kabul edilebilir yüklerin uygulanması geçerlidir ("B" bölgesi veya üretici tarafından belirlenen daha düşûk değer).

2.2.4.5 Doğrudan bağlı çevresel cihazlar için, şayet pistonlu makinaların üreticisinden 2.2.4.1 çerçevesinde garanti edilmiş ve 2.3 çerçevesinde kanıtlanmışsa, **TL**'nca 2.2.4.2, 2.2.4.3 ve 2.2.4.4'de belirtilenden daha yüksek değer kabul edilebilir.

Bu husus, şayet ilgili üretici daha yüksek değeri garanti eder ve 2.3 çerçevesinde bunu kanıtlarsa, benzer şekilde etraftaki makinalar ve cihazlar için de geçerlidir.

2.2.5 Dümen dairesinde veya baş itici bölmesinde bulunmaları nedeniyle yüksek titreşim yüklerinden etkilenen aletler, cihazlar ve elemanlar için, 2.2.3'den farklı olarak titreşim yükünün kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesi, "B" bölgesinin sınırlarına göre tayin edilebilir. Böyle cihazların dizaynında, söz konusu yüksek zorlamalar göz önüne alınmalıdır.

2.3 Kanıtlamalar

2.3.1 Titreşim yükünün daha yüksek değeri, 2.2.4.1, 2.2.4.4 ve 2.2.4.5 çerçevesinde **TL** tarafından kabul edilebilir olarak tanınması isteniyorsa, bu takdirde üreticinin veya teslim edenin kabul edilebilir değerinin bağlayıcı güvencesi normal olarak gereklidir.

2.3.2 **TL** sebep gösterilen durumlarda ayrıntılı kanıtlar (hesaplar, dizayn dokümanları, ölçüler, vs.) isteme hakkını saklı tutar.

2.3.3 “Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar -1 Elektrik / Elektronik Teçhizat, Bilgisayar ve Bilginin Alındığı veya Verildiği Kısımdaki Teçhizatların Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar”a göre yapılan Tip Testlerinde test edilen, titreşim yükleri kabul edilebilir.

2.3.4 Uzun süreli arızasız bir çalışma, öngörülen kabul edilebilirliğin ve çalışma güvenliğinin yeterli kanıtı olarak **TL** tarafından tanınabilir.

2.3.5 Herhangi bir pistonlu makina tarafından meydana getirilen titreşimin spektrum şiddetinin gerekli kanıtları bakımından **TL**'na karşı esas olarak pistonlu makina üreticisi sorumludur.

Tablo 1.1 Gemi meyilleri ve hareketleri ile ilgili dizayn koşulları

Hareketin tipi	Meyil tipi ve donanım	Dizayn koşulları	
		Standart istekler	**AC1 ek klas işareti**
Statik durum	Yanlara meyil **(1)** Ana ve yardımcı makinalar	15°	25°
	Diğer donanım **(2)**	22,5°	25°
	Gemi yapısı	Stabilite isteklerine göre	Stabilite isteklerine göre
	Baş ve kıça trim **(1)** Ana ve yardımcı makinalar	5°	5°
	Diğer donanım **(2)**	10°	10°
	Gemi yapısı	Stabilite isteklerine göre	Stabilite isteklerine göre
Dinamik durum	Yalpa **(1)** Ana ve yardımcı makinalar	22,5°	30°
	Diğer donanım **(2)**	22,5°	30°
	Baş-kıç vurma **(1)** Ana ve yardımcı makinalar	7,5°	10°
	Diğer donanım **(2)**	10°	10°
	İvmeler: Düşey (baş-kıç vurma ve batıp-çıkma)	a_z[g] **(3)**	: 32 °/s^2 : 1,0 g
	Enine (yalpa, rotadan sapma ve sallanma)	a_y[g] **(3)**	: 48 °/s^2 : 2 °/s^2
	Boyuna (sürüklenme) kombine ivme	a_x[g] **(3)** İvme elipsi **(3)**	: a_y [g] : a_x [g] **(4)** Doğrudan hesaplama

(1) *Geminin enine ve boyuna doğrultusundaki meyiller aynı anda meydana gelebilir.*

(2) *Geminin donanımı, örneğin, emercensi güç tesisleri, emercensi yangın pompası ve bunlara ait donanım, açma-kapama elemanları ve elektrik/elektronik donanım*

(3) *Kısım 102,Tekne Yapısı ve Donanımı, Bölüm 5, B'de tanımlanmıştır.*

(4) *Doğrudan hesaplama ile belirlenecektir.*

Tablo 1.2 Dizayn ortam koşulları

Çevresel alan	Parametreler	Dizayn koşulları	
		Standart istekler	**AC 1 ek klas işareti**
Geminin dışı/hava	Sıcaklık Kısmen açık mahaller	-25°C ÷ +45°C **(1)**	-30°C ÷ +55°C **(1)** -10°C ÷ +50°C **(1)**
	Sıcaklığın esas alındığı koşullar: - atmosferik basınç - maks. bağıl nem	 1000 mbar %60 **(2)**	 900 mbar ÷ 1100 mbar %100
	Tuz miktarı	1 mg/m^3	1 mg/m^3
		Tuz içeren serpintiye dayanıklılık	Tuz içeren serpintiye dayanıklılık
	Toz/kum	Dikkate alınacak	Filtreler konulacak
	Rüzgar hızı (çalışan sistemler)	43 kn **(3)**	90 kn
	Rüzgar hızı (çalışmayan sistemler)	86 kn **(3)**	100 kn
Geminin dışı/deniz suyu	Sıcaklık **(4)**	-2°C ÷ +32°C	-2°C ÷ +35°C
	Tuz miktarına göre yoğunluk	1,025 t/m^3	1,025 t/m^3
	Su ile dolma	Geçici dayanıklılık	Geçici dayanıklılık
Geminin dışı/yüzeylerin buzlanması	Su hattının 20 m. üzerine kadar gemi yüzeylerinin buzlanması	Kısım 102, Bölüm 2, B.3.4'e bakınız.	Kısım 102, Bölüm 2, B.3.4'e bakınız.
Geminin dışı/buzlu suda seyir	Buz sınıfı B	Nehir ağızları ve sahil bölgelerindeki sürüklenen buzda	Nehir ağızları ve sahil bölgelerindeki sürüklenen buzda
Gemiye giriş/ısıtma/soğutma sistemlerinin dizaynı için	Hava sıcaklığı	-15°C ÷ +35°C	-15°C ÷ +35°C
	Havanın maksimum ısıl kapasitesi	100 kj/kg	100 kj/kg
	Deniz suyu sıcaklığı	-2°C ÷ +32°C	-2°C ÷ +35°C
Geminin içi/tüm mahaller (5)	Hava sıcaklığı	0°C ÷ +45°C	0°C ÷ +45°C
	Atmosferik basınç	1000 mbar	1000 mbar
	Maks. bağıl nem	%100'e kadar (+45°C)	%100
	Tuz miktarı	1 mg/m^3	1 mg/m^3
	Yakıt buharı	Dayanıklılık	Dayanıklılık
	Yoğuşum	Dikkate alınacak	Dikkate alınacak
Geminin içi/ısı yayılımı yüksek olan elektrik donanımında	Hava sıcaklığı	0°C ÷ +55°C	0°C ÷ +55°C
	Maks. bağıl nem	%100	%100

(1) *Isı ışınımı ve emilimi nedeniyle daha yüksek sıcaklıklar dikkate alınmalıdır.*

(2) *Elektrik donanımı yerleşimi için %100.*

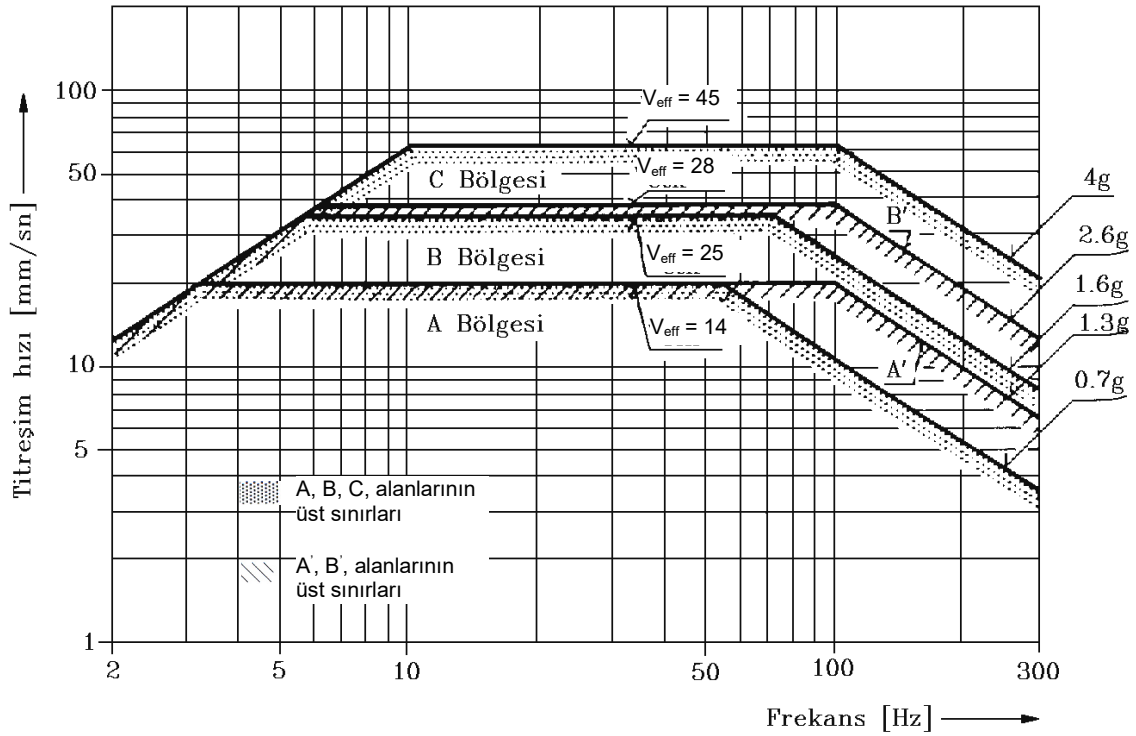
(3) *Kaldırma donanımları için, TL Kuralları, Kısım 50, Kaldırma donanımlarının yapım ve sörvey esaslarına göre.*

(4) *Yalnız özel bölgelerde sefer yapması öngörülen gemiler için TL, daha düşük hava sıcaklığına izin verebilir.*

(5) *Gemi mahallerindeki önerilen iklim koşulları için, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 11,F'ye bakınız.*

Tablo 1.3 Şekil 1.1'e uygun bölgeler için sınırların nümerik tanımlar

Bölge	A	B	C	A'	B'
$\hat{s}$ [mm]	<1	<1	<1	<1	<1
$\hat{v}$ [mm/s]	<20	<35	<63	<20	<40
v_{eff} [mm/s]	<14	<25	<45	<14	<28
$\hat{a}$ [9,81m/s5]	<0,7	<1,6	<4	<1,3	<2,6



Şekil 1.1 Titreşim yüklerinin belirlenmesi için bölgeler

2.4 Ölçme

2.4.1 Madde 2.2.4.2'den 2.2.4.4'e kadar verilen ilave şartlara da uyan 100 kW'ın üzerinde bir güce sahip yalnız pistonlu makinalar için kural olarak ölçü tekniğine dayanan bir kanıtlama istenir. Gerekli durumlarda **TL** daha küçük güçler için de ölçü tekniğine dayalı kanıtlar isteyebilir.

2.4.2 Ölçmeler esas itibariyle çalışma yerinde gerçek işletme şartlarında yapılmalıdır. Pistonlu makinaların verdiği güç, kanıtlama esnasında anma değerinin %80 inden daha az olamaz. Muhtemel mevcut rezonans belirtilerini kaydetmek için mümkün olabilen bütün devir sayılarını kapsayacak şekilde ölçme yapılmalıdır.

2.4.3 Ölçü tekniğine uygun kanıtlama olarak, **TL**, çalışma yerinde olmayan (örneğin; test yerindeki denemeler) bununla beraber farklı çalışma şartları altında yapılan ölçmeleri sonuçların uygunluğunu kanıtlamak şartıyla kabul edebilir.

Alışılagelmiş yapıdaki elastik yataklanmış pistonlu makinalarda kural olarak sonuçların uyumluluğu kabul edilir.

Pistonlu makinanın elastik yataklanmaması halinde, bir uyumluluk için esas şartlar (benzer temel yapısı, benzer yerleşim ve devrelerin kumandası, vs.) sağlanıyorsa bu takdirde de sonuçların uyumluluğu kabul edilebilir.

2.4.4 Pistonlu makinaları etkileyen veya bunlardan doğan titreşim gerilmesinin belirlenmesi için, kural olarak en yüksek titreşim gerilmesi değerinin yeri göz önüne alınmalıdır. Şekil 1.2'de pistonlu sıra motor için kural olarak gerekli ölçüm yerleri gösterilmiştir. Ölçme, üç boyutun hepsinde yapılmalıdır. Bütün ölçme noktalarının hepsinin bir arada alınmasından gerekli hallerde vazgeçilebilir.

2.4.5 Ölçme cihazları olarak, ölçme hassasiyeti dikkate alınmak koşuluyla ölçülen değerlerin kademelerini doğrulukla veren, mekanik ölçü aletleri kullanılabilir. Normal olarak, frekans alanı en az 2'den 300 Hz'e kadar olan doğrultu seçici, doğrusal ölçü algılayıcıları kullanılmalıdır. Doğrusal olmayan ölçü algılayıcıları, davranış karakteristiğini dikkate almak koşuluyla ölçme değerleri uyduğu takdirde aynı şekilde kullanılabilir.

2.4.6 En büyük gerilmelerin görüldüğü ölçme yerleri için ölçme protokolleri, bir değerlendirme tablosu ile beraber **TL**'na sunulur.

3. Şok

Askeri gemiler, konvansiyonel veya nükleer silahlardan kaynaklanan hava veya su altı patlamalarının oluşturduğu şok kuvvetlerine de maruzdur.

Şok yüklerine özel surette dayanımı olan askeri gemilere **SHOCK** ek klas işareti verilebilir.

Şok istekleri ayrıntıları Kısım 102, Tekne Yapısı ve Donanımı, Bölüm 16'da verilmiştir.

E. Malzemeler

1. Onaylı Malzemeler

1.1 Sevk tesislerinde kullanılan malzemeler, **TL**'nun Malzeme Kurallarında belirtilen kalite isteklerine uygun olmalıdır. Çeşitli sistemler için onaylı malzemeler, ilerdeki Bölümlerde verilmiştir.

1.2 Belirtilen kalite isteklerinden farklı olan malzemeler, sadece **TL**'nun onayı ile kullanılabilir. Malzemelerin uygunluğu kanıtlanmalıdır.

F. İşletimle İlgili Yakıt ve Tüketim Malzemeleri

1. Sevk tesislerinin işletimi ile ilgili tüm yakıtlar ve tüketim malzemeleri, üreticilerin isteklerine uygun olmalıdır.

2. Kazanlarda ve dizel makinalarda kullanılan sıvı yakıtların parlama noktası **(2)** 60°C'dan daha aşağıda olamaz.

Ancak, emercensi jeneratörler için parlama noktası 43°C'a eşit veya büyük olan yakıtlar kullanılabilir. Yakıt emercensi jeneratör setini -15°C ve üstündeki ortam sıcaklığında çalıştırabilmelidir.

3. Gemilerin sınırlı bölgelerde sefer yapması veya **TL**'ndan onaylı emniyet önlemlerinin alınmış olması gibi özel hallerde, parlama noktası 43°C ile 60°C arasında olan yakıtlar da kullanılabilir.
Bu durumda, yakıtın bulunduğu ve kullanıldığı ortam sıcaklıklarının, parlama noktasının daima 10°C altında olması şarttır.

4. Yakıt filtre edilebilir olmalıdır.

5. İçten yanmalı makinaların tatlı soğutma suyu, tatlı su ve korozyondan koruma maddeleri bakımından arıtılmalıdır. Tatlı su, aşağıda belirtilenler bakımından, makina üreticisinin isteklerine uygun olmalıdır.

- Su sertliği [dGH]
- pH değeri [20°C'da]
- Klor miktarı [mg/ℓ]

6. Yakıt ve işletme için kullanılan tüketim malzemelerinin depolanması, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı sistemler, Bölüm 7'deki isteklere uygun olmalıdır.

---

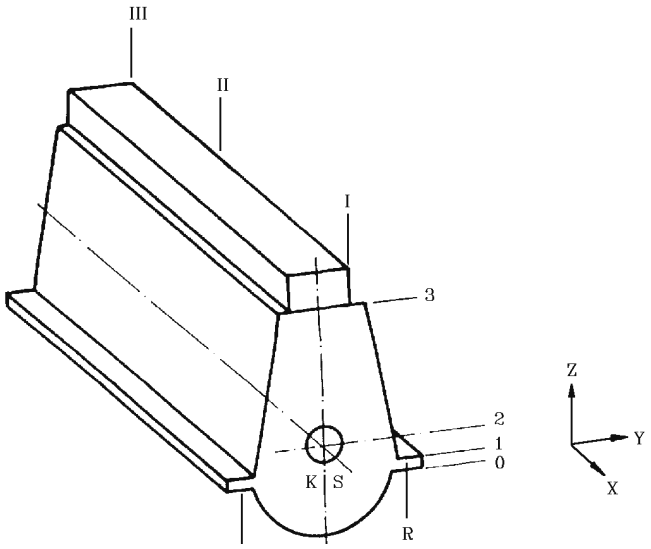
(2) *60°C'a kadar, parlama noktasının kapalı kapta belirlenmesi esas alınarak.*

G. Emniyet Donanımı ve Koruma Önlemleri

Makina donanımı, kaza tehlikesi geniş çapta önlenecek tarzda yerleştirilecek ve emniyete alınacaktır. Makina ve donanım için yapılan fiziksel düzenlemelerin personel için risk oluşturmaması sağlanmalıdır. Ulusal kuralların dışında, özellikle aşağıda belirtilenlere de dikkat edilecektir.

1. Hareketli kısımlar, volonlar, zincir ve kayışla tahrik sistemleri, hareketli kollar ve çalışma esnasında personele zarar verebilecek diğer parçalar, temasa karşı koruyucu bir parça ile muhafaza altına alınacaktır. Bu husus, termal izolasyonu bulunmayan makine kısımlarına, borulara ve cidarlara da uygulanır, örneğin hava kompresörleri basınçlı devreleri.

2. Tüm sistemlerin dizaynı ve yerleşimi, mürettebat tarafından geminin normal çalışması sırasında kullanılmak zorunda olan ve termal izolasyonu bulunmayan elemanların, sıcak yüzeylere kazara temasla ilgili aşağıda belirtilen sınırlamalara uyacaktır.



Ölçme tarafları :

L : Kaplin flenci tarafından bakıldığında sol taraf
R : Kaplin flenci tarafından bakıldığında sağ taraf

Ölçme yüksekliği :

0 : Temel
1 : Makinanın oturma flenci
2 : Krankşaft yüksekliği
3 : Freym üst kenarı

Motor boyunca ölçme noktaları :

I : Kaplin tarafı (KT)
II : Motorun ortası
III : Kaplinin karşı tarafı (KKT)

Şekil 1.2 Pistonlu sıra makinanın şematik gösterimi

2.1 Çalışma koşullarında, yüzey sıcaklığı 70°C'ın üzerine çıkan elemanlara temas etmek mümkün olmayacaktır.

2.2 Vücut koruması olmaksızın kullanılabilen bileşenlerin (örneğin; koruyucu eldivensiz ve 5 sn.'ye kadar temas süresi) yüzeylerinde sıcaklık 60°C'dan daha yüksek olmayacaktır.

2.3 Vücut koruması olmaksızın kullanılabilen ve temas süresi 5 sn.'den fazla olan, yüksek ısıl iletkenliğe sahip malzemelerden yapılan bileşenlerin yüzey sıcaklığı 45°C'dan yüksek olmayacaktır.

2.4 Bu nedenle, egzost gaz devreleri ve sıcak madde ileten diğer cihazlar ve devreler, etkin bir şekilde izole edilecektir. İzolasyon malzemesi yanmaz olacaktır.

Yanıcı sıvıların veya nemin izolasyona girebileceği yerler, kaplama, vb. ile uygun bir şekilde korunacaktır.

3. İçten yanmalı motorların ilk hareketi el krankları ile sağlanıyorsa motor çalışmaya başlayınca bunlar kendiliğinden devreden ayrılmalıdır.

Döner tertibatlarda, ölü-adam alarm devresi sağlanmalıdır.

4. Blöf ve dreyn donanımları, dışarıya atılan maddenin, güvenli olarak boşaltılmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir.

5. İşletme bölümlerinin zemininde, kaymaz levhalar veya kaplama malzemeleri kullanılmalıdır.

6. Hizmet geçitleri, çalışma platformları, merdivenler ve çalışma esnasında dolaşılan diğer yerler vardavelalarla emniyete alınmalıdır. Platformların ve döşemelerin boşluğa açılan kenarlarının etrafı personelin ve parçaların kayıp gitmesini önlemek için, bir eşik ile çevrilmelidir.

7. Yardımcı buhar kazanlarının camlı seviye göstergeleri koruma donanımı ile teçhiz edilecektir.
Camlı seviye göstergelerindeki blöf donanımı emniyetli olarak işlev görecek ve gözlemlenebilecektir.

8. Emniyet valfleri ve kapama elemanlarına güvenli bir şekilde çalıştırılabilmelidir. Gerektiğinde sabit basamaklar, merdivenler veya sahanlıklar yapılmalıdır.

9. Emniyet valfleri, istenmeyen hiç bir aşırı çalışma basıncı meydana gelmeyecek şekilde ayarlanmalıdır.

10. Buhar, besleme suyu ve egzost devreleri, yardımcı kazanlar ve diğer buhar veya kızgın su ileten cihazlar ve devreler etkin bir şekilde izole edilmelidir. İzolasyon malzemesi yanmaz olacaktır. Yanıcı akışkanların veya nemin izolasyona nüfuz edebileceği yerler uygun bir tarzda korunmalıdır (örneğin kılıf geçirme).

11. Tehlikeli alanlarda çalışan makinalarda, tutuşma riskine karşı önlemler alınacaktır. Bunlar; dizayn önlemleri, kritik parametreleri izlenmesi ve/veya makinaların emniyetli bir durumu getirilmesi şeklinde olabilir.

H. Beka Kabiliyeti

1. Tanımlar

Bir askeri geminin beka kabiliyeti; tanımlanmış bir silah tehdidine karşı dayanımı ve asgari olarak, geminin temel emniyetini ve işlerliğini sürdürme yeteneği derecesi olarak kabul edilecektir.

Beka kabiliyeti, aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı tehlikeye girebilecek olan önemli bir özelliktir:

- Tekne yapısının genel mukavemetinin kaybı,
- Sephiye ve/veya stabilite kaybı,
- Manevra yeteneği kaybı,
- Gemide yangın ve yangından korumanın veya yangınla mücadele yeteneğinin yetersizliği,
- Makina, donanım veya kontrol sistemlerinin doğrudan tahribi,
- Silahların ve sensörlerin doğrudan tahribi,
- Mürettebatın tehlikeye düşmesi.

2. Beka Kabiliyetinin İyileştirilmesi ile İlgili Önlemler

Askeri gemi olarak klaslanan bir geminin dizaynında beka kabiliyetini iyileştirici bir dizi olası önlemler dikkate alınmalıdır. Askeri su üstü gemileri ile ilgili **TL** kurallarında, beka kabiliyetinin iyileştirilmesi ile ilgili birçok önlemler ve ek klas işaretleri yer almaktadır.

Bu önlemlerin fiili bir projedeki dereceleri, Askeri Otorite tarafından belirlenmelidir.

3. Sevk Tesisi ile İlgili Önlemler

Bu Kısıma, beka kabiliyetinin iyileştirilmesi ile ilgili olpu aşağıda belirtilen ana önlem dahil edilmiştir.

3.1 Fazlalıklı Sevk

Fazlalıklı sevk ve manevra ile ilgili **RP1 x% ÷ RP3 x%** ek klas işareti ile ilgili istekler, Bölüm 2, K'da verilmiştir.

BÖLÜM 2

MAKİNA DONANIMININ DİZAYNI ve YAPIMI

Sayfa

A. Genel 2-2

B. Parçaların Boyutları 2-2

2. Malzemeler
3. Kaynak
4. Dişli Bağlantılar
5. Testler
6. Korozyona Karşı Korunma

C. İşletmeye Hazır Olma 2-3

D. Kumanda ve Ayarlama Donanımı 2-3

E. Sevk Donanımı 2-4

1. Genel
2. Şaft ve Ana Makina Adedi Birden Fazla Olan Sistemler

F. Döndürme Mekanizmaları 2-8

G. Kullanım ve Bakım Talimatı 2-8

H. Tanıtıcı İşaret, Tanıtıcı Etiketler 2-8

I. Makina Dairesi Donanımı 2-8

1. İşletme ve İzleme Donanımı
2. Makinalara ve Kazanlara Ulaşılabilme
3. Makina Kontrol Daireleri
4. Aydınlatma
5. Sintine Kuyuları / Sintineler
6. Havalandırma
7. Gürültüyü Azaltma

J. Haberleşme ve Sinyal Donanımı 2-9

1. Konuşma Bağlantısı
2. Vardiya Alarm Sistemi
3. Makina Telgrafı
4. Şaft Devir Göstergesi
5. Haberleşme ve Sinyal Cihazlarının Dizaynı

K. Fazlalıklı Sistemler 2-10

1. Genel
2. Genel İstekler
3. Yardımcı Sistemlerle İlgili İstekler
4. Kontrol ve İzleme Sistemleri
5. Manevra Sistemleri ile İlgili İstekler
6. RP x% için Bölme Ayırma İstekleri
7. Testler
8. Diğer Ayrıntılar

A. Genel

1. İşlev ve emniyetli çalışma bakımından, sevk tesisinin dizaynı ve yapımında, askeri geminin görev durumuna bağlı olarak mürettebatın sayısı ve deneyimi dikkate alınmalıdır.

2. Normalde, aşağıda belirtilenler kabul edilebilir:

- Makina dairelerinde sürekli olarak personel bulunmaz,
- Makina dairelerinde, düzenli zaman aralıklarıyla kontrol devriyesi sağlanır,
- Makina kontrol merkezinde (MCC) sürekli personel bulundurulur.

3. Çalıştırma ve bakım yönergeleri, ikaz etiketleri, vb., İngilizce ve kullanıcının dilinde hazırlanmalıdır.

B. Parçaların Boyutları

1.1 Bütün parçalar; gemi bünyesindeki esnemeler, titreşimler, yoğun paslanma etkileri, sıcaklık değişimleri ve gerektiğinde dalga tesirleri gibi geminin çalışmasından doğan özel zorlamalara karşı yeterli ve bu kısımdaki kurallara uygun boyutlarda olmalıdır.

Bölüm 1,D'deki Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler'deki, Kısım 105, Elektrik'teki, Kısım 106, Otomasyon'daki ve Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler'deki ortam koşulları dikkate alınmalıdır.

Herhangi bir parçanın boyutlandırılması için kural verilmemişse tekniğin bilinen hükümleri uygulanır.

1.2 Farklı kuvvetler, basınçlar ve sıcaklıklar (gerilmeler) için dizayn edilmiş sistemler veya donanım elemanları arasında varolan bağlantılarda, daha düşük değerler için dizayn edilmiş sistem veya donanım elemanı, aşırı gerilmelerden güvenlik elemanları ile korunmalıdır. Herhangi bir hasar oluşumuna engel olmak için söz konusu sistemler, aşırı basınca ve sıcaklığa ve/veya taşıntıya karşı koruma sağlayan teçhizat ile donatılmalıdır.

2. Malzemeler

Buradaki kurallarda konu edilen tüm elemanlar Kısım 2, Malzeme Kuralları'ndaki istekleri karşılamalıdır.

3. Kaynak

Kaynaklı elemanların yapımı, işyeri yeterliliğinin onayı ve kaynakçıların sınavı **TL** Kısım 3, Tekne Yapımında Kaynak Kurallarına tabidir.

4. Dişli Bağlantılar

4.1 Dişli bağlantılar, kanıtlanmış ve tanınmış prensiplere göre dizayn edilecektir.

4.2 Donanım ile temelleri arasındaki dişli bağlantıların dizaynında, dişlerde kesme kuvvetleri veya eğilme momentlerinden kaçınılmalıdır. Sadece eksenel doğrultudaki çekme kuvvetlerine izin verilir. Bu nedenle, dişli kuvvetlerinin etki ettiği flençler, dişlilerde eğilme momentlerinin oluşumuna neden olan flenç eğilmesini önlemek üzere yeterli sayıda braketle takviye edilmelidir.

4.3 Dişli bağlantılar için flençlerde sadece kapalı deliklere izin verilir, zira şok etkisi altında, yarı açık yarık halindeki deliklerden dişli bağlantı elemanları kayarak çıkabilir. Ayrıca, şok etkisi altında sürtünmeli bağlantılar emniyetli değildir.

Not:

Eğer geçme cıvataları kullanılırsa, dişlerin özündeki pik gerilmeler azalır, zira maksimum gerilme kısalmış mil kısmında oluşur.

Eğer bu cıvatalar yeterince uzunsa, bunlar monte edilen donanımı aynı oranda şok yüklerine karşı korurlar, zira mil kısmının uzaması ivme piklerini azaltır.

Bağlantılarda, germe cıvataları ile birlikte kepli somun kullanımı önerilir. Bu formdaki somun ile dişlerin çeşitli kısımlarındaki yük yaklaşık olarak aynıdır ve bu da aşırı lokal gerilmeleri önler.

Dişli deliğe normal bir cıvata konulursa, şiddetli enine dinamik şok yükleri nedeniyle cıvatanın kopması, delikten çıkan dişin ilk sarımında oluşur. Bu duruma, maksimum eksenel gerilmeye eğilme gerilmesinin eklenmesinin ilk sarımda oluşması yol açar.

Bu sorun, dişin son sarımının üzerinde mil kısmına düz bir alın yapmakla veya özel mil ve delik formlarıyla çözülebilir. Özel çözüm halinde cıvataya, deliğin üst kısmında küçük bir boğaz fitingi konulur. Böylelikle, eğilme gerilmesinin en büyük kısmı boğaz elemanına iletilir ve dişlerdeki eksenel gerilemeden ayrılır.

5. Testler

5.1 Makina tesisleri ve bunların parçaları, yapım ve malzeme testlerine, basınç ve sızdırmazlık testlerine ve işletme denemelerine tabidir. İzleyen bölümlerde belirtilen testler **TL**'nun gözetiminde gerçekleştirilir.

Seri halinde üretilen parçalar için belirtilen testler yerine, **TL**'nca aynı değerde tanınan, **TL**'nun görüşü alınarak, diğer test metodları uygulanabilir.

5.2 **TL** test kapsamını gerektiği hallerde genişletme ve bu parçaları, kurallarda istenmemiş olsa bile bir testten geçirme hakkını saklı tutar.

5.3 Test edilmesi zorunlu olan parçalar, ancak testten geçirilmiş parçalarla yer değiştirebilirler.

5.4 Ana ve yardımcı makinaların gemiye montajından sonra makina tesislerinin işlerliği, ilgili yardımcı teçhizatlarla beraber gözden geçirilir. Yapımcıda **TL**'nun gözetiminde yeterli deneme yapılmamış ise, bütün güvenlik teçhizatı denenir.

İlave olarak, olanaklar elverdiğince ana sevk sistemi, öngörülen çalışma şartlarında bir seyir tecrübesi esnasında ayrıntılı denemeye tabi tutulur.

6. Korozyona Karşı Korunma

Korozyona maruz parçalar, korozyondan korunmak için korozyona dayanıklı malzemelerden üretilmeli veya korozyona karşı etkili bir koruyucu uygulanmalıdır.

C. İşletmeye Hazır Olma

1. Geminin makina donanımı, gemiyi ölü gemi (dead ship) durumundan kendi imkanları ile harekete geçirebilecek şekilde düzenlenmeli ve donatılmalıdır.

ölü gemi (dead ship) durumundan, elektrik üretimi de dahil bütün makina donanımının devre dışı olduğu ve ilk hareket havası, akümülatörden temin edilen ilk hareket akımı, vs. gibi yardımcı enerjilerle ana makinaların devreye alınmasının ve ana elektrik enerjisi üreticilerinin tekrar çalıştırılmasının mümkün olmadığı anlaşılmalıdır.

ölü gemi (dead ship) durumundan çıkılabilmesi için, aynı anda tüm emercensi ihtiyaçların karşılanacağının garanti edilmesi halinde, emercensi jeneratörün kullanılmasına müsaade edilir.

2. ölü gemi (dead ship) durumunda, sevk sistemi ve gerekli tüm yardımcı makinaların 30 dk'lık bir süre içinde tekrar çalıştırılması mümkün olmalıdır (Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 6, A.4'e bakınız).

D. Kumanda ve Ayarlama Donanımı

1. Makina donanımı, yapımcının öngördüğü işletme koşullarının korunması için, çalıştırma talimatlarına uygun olarak kumanda edilebilecek şekilde donatılmalıdır.

1.1 Ana makina ve işletim için temel oluşturan sistemlerin kontrol donanımı için, Kısım 105, Elektrik, Kısım 106, Otomasyon ve Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler'e bakınız.

2. Ayar ve kumanda teçhizatına, elektrikli, havalı veya hidrolik enerji temin eden sistemdeki düşüş veya istenmeyen dalgalanma esnasında veya bir ayar veya kumanda zinciri içindeki bir kesilmede :

- Teçhizatın, ayar edilen çalışma durumunda kalması veya eğer gerekli ise, çalışmayı mümkün olduğu kadar çok az saptıracak bir duruma gelmesi, (hata güvenliği durumu)

- Ayarlanan veya kumanda edilen makinaların devir sayılarının veya verdikleri gücün yükselmemesi,

- İstenmeyen bir harekete geçme olayına sebebiyet verilmemesi

garanti edilmiş olmalıdır.

3. Her tahrik makinasında, emercensi durdurma düzeni bulunmalıdır.

4. El ile Çalıştırma

İşlevsel olarak önemli olan, otomatik veya uzaktan kumandalı her sistem el ile de çalıştırılabilmelidir, Kısım 106, Otomasyon Kurallarına da bakınız.

El ile emercensi durdurma düzeni sağlanmalıdır.

E. Sevk Donanımı

1. Genel

1.1 Sevk tesisinin bir parçasını oluşturan tüm cihazlar; ayrıntılı olarak belirtilmemiş olsalar dahi; hatasız işletmeyi, basit ve emniyetli çalıştırma ve kontrolü sağlayan çevresel donanıma sahip olmalıdır.

1.2 Sevk tesisinin çalıştırılması için doğrudan gerekli olan tüm yardımcı makinalar ve kontrol üniteleri, tahrik makinasının mümkün olduğunca yakınına yerleştirilecektir.

1.3 Manevra donanımı

Sevk donanımına ait her kumanda yeri;

- Sevk donanımı bütün çalışma kademeleri için ayarlanabilecek,
- Geminin gidiş yönü değiştirilecek,
- Sevk donanımı yani pervane şaftı durdurulabilecek,

tarzda donatılmış olacaktır.

1.4 İnşa şartnamesinde isteniyor ise, tahrik makinaları, sesten korumalı bir kapsülde çalışmaya uygun olarak dizayn ve teçhiz edilmelidir.

Sesten koruyucu kapsüller kullanımında, tahrik makinası ile gemi yanlarındaki boru devreleri arasındaki bağıl hareket esnek bağlantılarla kompanze edilmelidir. Eğer mümkünse, tahrik makinasının elastik montajı da dikkate alınmalıdır.

1.5 Eğer sevk birkaç tahrik makinası ile sağlanıyorsa, bağlı pompalar için elektrik tahrikli stand-by pompalara gerek yoktur.

1.6 Sevk tesisinin kaptan köşkünden uzaktan kumandası **TL** Otomasyon Kurallarına tabidir.

2. Şaft ve Ana Makina Adedi Birden Fazla Olan Sistemler

2.1 Tanımlar

2.1.1 CODAD

CODAD, Kombine Dizel Makinası ve Dizel Makinası'nın (COmbined Diesel engine And Diesel engine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede, pervane şaftı, alternatif olarak bir dizel makinası ile veya birden fazla dizel makinası ile tahrik edilebilir, Şekil 2.1'e bakınız.

2.1.2 CODAG

CODAG, Kombine Dizel Makinası ve Gaz Türbininin (COmbined Diesel engine And Gas turbine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede, pervane şaftı, alternatif olarak, dizel makinasıyla veya gaz türbiniyle veya her ikisi ile birden tahrik edilebilir, Şekil 2.2'ye bakınız.

2.1.3 CODOG

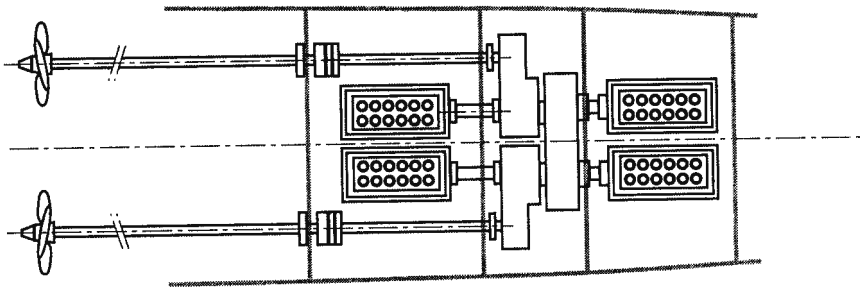
CODOG, Kombine Dizel Makinası veya Gaz Türbininin (COmbined Diesel engine Or Gas turbine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede pervane şaftı, alternatif olarak, dizel makinası veya gaz türbini ile tahrik edilebilir, Şekil 2.3'e bakınız.

2.1.4 COGAG

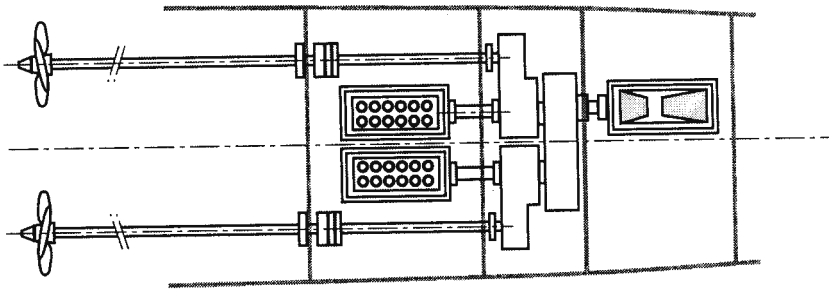
COGAG, Kombine Gaz Türbini ve Gaz Türbininin (COmbined Gas turbine And Gas turbine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede pervane şaftı, alternatif olarak, bir gaz türbiniyle veya birden fazla gaz türbiniyle tahrik edilebilir, Şekil 2.4'e bakınız.

2.1.5 COGOG

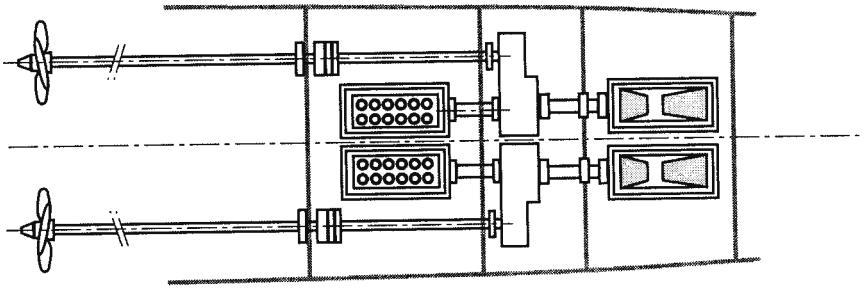
COGOG, Kombine Gaz Türbini veya Gaz Türbininin (COmbined Gas turbine Or Gas turbine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede pervane şaftı, alternatif olarak, bir veya diğer gaz türbiniyle tahrik edilebilir, Şekil 2.5'e bakınız.



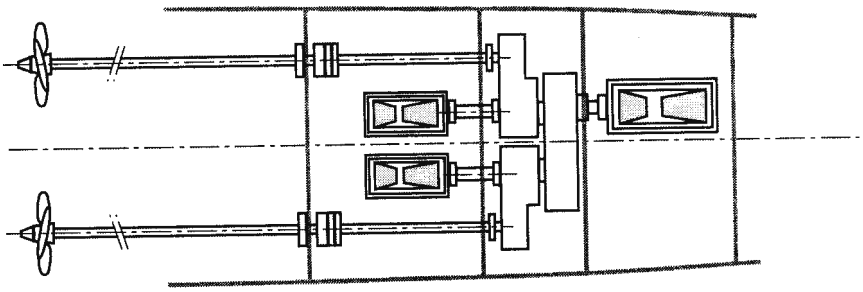
Şekil 2.1 CODAD sevk tesisi prensip yerleşimi



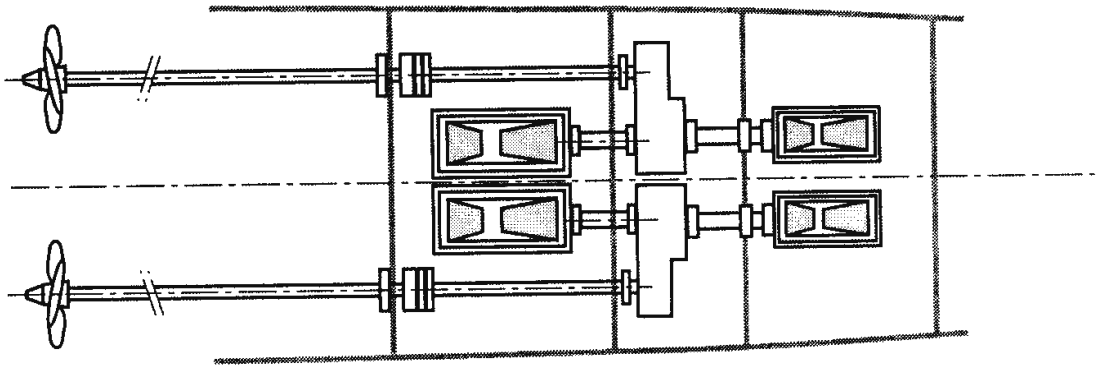
Şekil 2.2 CODAG sevk tesisi prensip yerleşimi



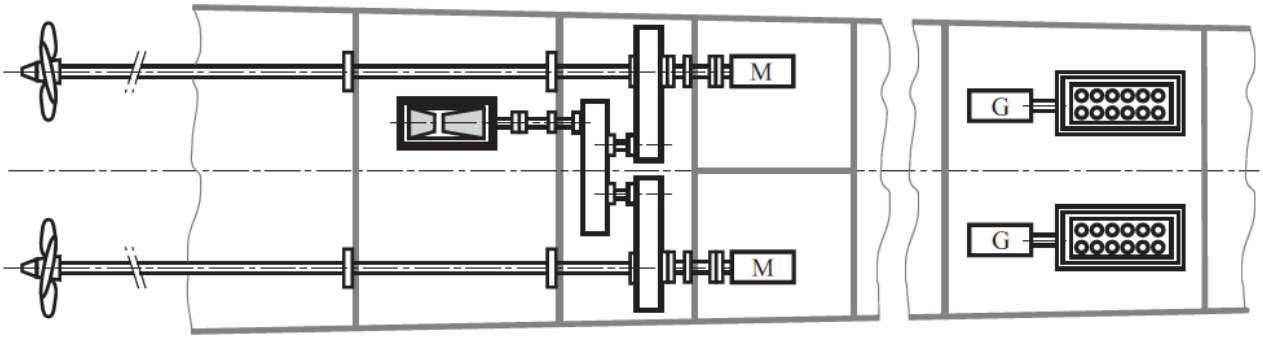
Şekil 2.3 CODOG sevk tesisi prensip yerleşimi



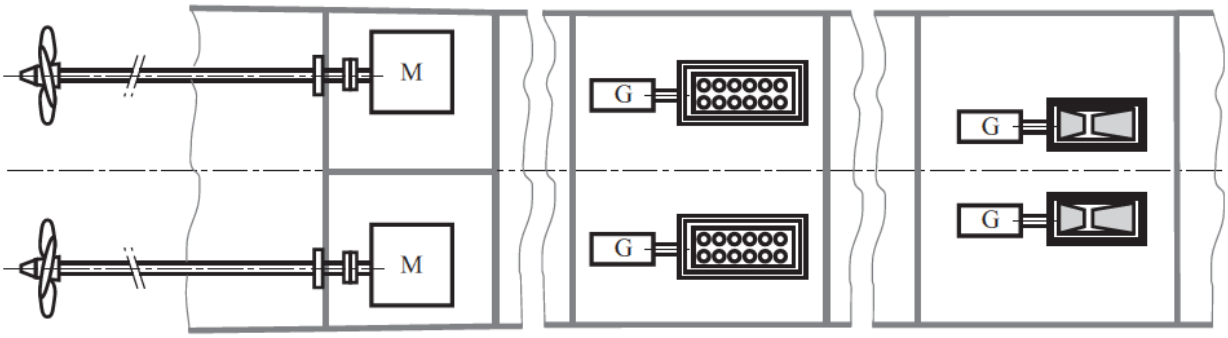
Şekil 2.4 COGAG sevk tesisi prensip yerleşimi



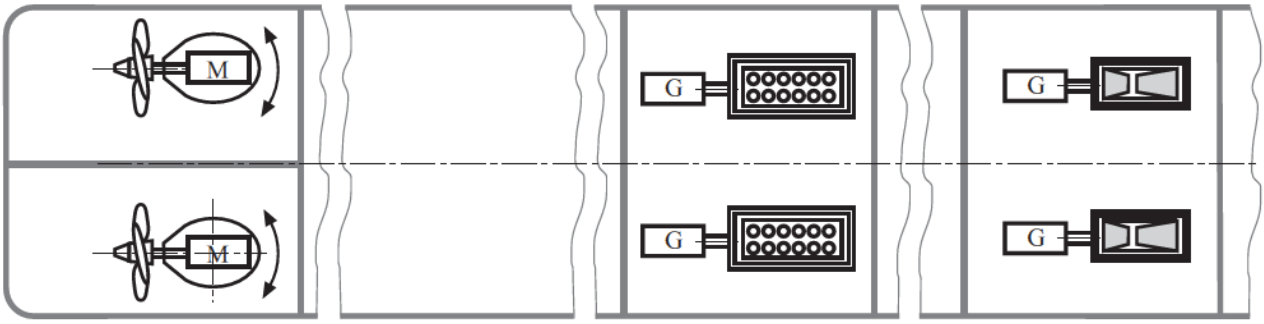
Şekil 2.5 COGOG sevk tesisi prensip yerleşimi



Şekil 2.6 CODELAG sevk tesisi prensip yerleşimi



Şekil 2.7 Entegre Elektrikle Sevk (IEP) prensip yerleşimi



Şekil 2.8 Azimuth Sevk (AZP) prensip yerleşimi

Şekil 2.1 ila 2.8'de kullanılan sembollerin açıklaması

Dizel Makina

Gaz Türbini

Elektrik Jeneratörü

Elektrik Motoru

Kavrama

Şaft Perde Geçişi

2.1.6 CODELAG

CODELAG, Kombine Dizel Elektrik ve Gaz Türbininin (COmbined Diesel Electric And Gasturbine) kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede pervane şaftı, alternatif olarak, bir veya iki elektrik motoru ile, sadece gaz türbini ile veya elektrik motoru ve gaz türbini birlikte tahrik edilebilir. Elektrikle tahrik, gürültü yayımının en aza indirilmesi gerektiğinde veya v_M seyir hızında seçilecektir. Elektrik motorları ve gaz türbininin kombinasyonu v_{max} maksimum hızda uygulanmalıdır. Şekil 2.6'ya bakınız.

2.1.7 IEP

IEP, Entegre Elektrikle Sevk'in kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede, elektrik gücü birkaç dizel jeneratör seti ve/veya gaz türbini jeneratör seti tarafında üretilir. Fiili hız gereksinimine bağlı olarak, sevk için gerekli güç, her pervane şaftının elektrikli sevk motoruna iletilecektir, Şekil 2.7'ye bakınız.

2.1.8 AZP

AZP, Azimuth Sevk'in kısaltılmışıdır. Bu düzenlemede, elektrik gücü birkaç dizel jeneratör seti ve/veya gaz türbini jeneratör seti tarafında üretilir. Sevk sisteminin tahriki, azimuth pod'daki elektrik motorları vasıtasıyla doğrudan sağlanır (iletim şaftı olmaksızın), Şekil 2.8'e bakınız.

2.2 Eğer gemi birden fazla sevk makinası ile teçhiz edilmişse, farklı sevk makinalarını, güç iletim ünitesinden ayırmak mümkün olmalıdır. Makinanın elle veya otomatik olarak emercensi durdurulmasında, ilgili kavrama otomatik olarak ayrılmalıdır.

2.3 Bir sevk makinasının çalışmaması durumunda, geri kalan makinalarla gerektiğinde basit bir değiştirme olanağı ile geminin hareketi sağlanmalıdır.

2.4 Birden fazla şaftlı sistemler

Tahrik makinaları ile tahrik dişlileri arasında, mümkünse bir ayırma mahalli bulunacaktır.

Aşağıdakilerle ilgili olarak gerekli tüm önlemler alınmalıdır:

- Sadece bir sevk şaftı kullanılabilir ve aşırı yükleme oluşmayacaktır.

- Diğer sevk şaftlarından bağımsız olarak, sevk şaftının tahriki için öngörülen her tahrik makinası ile ilk hareket ve çalışma mümkün olacaktır.

Fazlalıklı sevk ile ilgili ek klas işareti **RP** için, K.'ya bakınız.

Birden fazla şaftlı sistemlerde, durdurulmuş olan şaftın gemi hareketi nedeniyle dönmesini önlemek için kilitleme düzeni olmalıdır.

F. Döndürme Mekanizmaları

1. Makina donanımı uygun ve gereğince boyutlandırılmış bir (torna çark) döndürme mekanizması ile donatılmalıdır.

2. Döndürme mekanizmaları kendinden kilitlemeli olmalı ve elektrik motorları ise uygun bir frenleme sistemi ile durdurulmalıdır.

3. Döndürme mekanizmasının devrede olması halinde sevk donanımının ve yardımcı tahrik ünitelerinin çalışmasını önlemek için kendinden çalışabilen bir kilitleme donanımı ile güvenlik sağlanacaktır. Elle çalışan döndürme mekanizmalarında alternatif olarak, ikaz düzenleri kullanılabilir.

G. Kullanım ve Bakım Talimatı

Makinaların, kazanların ve yardımcı teçhizatın yapımcıları yeterli sayıda kullanım ve bakım talimatını beraber vermek zorunluğundadır.

Ek olarak, kazanların çalıştığı yerde, kazan ve brülörler için en önemli kullanma talimatlarını içeren ve net olarak okunabilir bir yazı levhası bulunur.

H. Tanıtıcı İşaret, Tanıtıcı Etiketler

Hatalı devreye sokma veya gereksiz çalıştırmadan geniş ölçüde kaçınmak için, makina tesisinin ilk bakışta çalışma şekli bilinmeyen bütün kısımları yeterince işaretlenmeli ve etiketlerle tanıtılmalıdır.

I. Makina Dairesi Donanımı

1. İşletme ve İzleme Donanımı

1.1 Aletler, uyarı, gösterge ve işletme donanımı açık ve maksada uygun olarak tertiplenmelidir. Göz kamaştırmama, özellikle kaptan köprüsünde sağlanmalıdır.

İşletme ve izleme donanımı, donanımın önemli elemanlarının kolayca kumanda ve kontrol edilebileceği şekilde gruplandırılmalıdır.

Sistem ve donanımın düzenlenmesinde aşağıda belirtilen istekler dikkate alınır:

- Rutubete ve pisliğin birikimine karşı korunma,

- Aşırı sıcaklık değişimlerinden kaçınma,

- Yeterli havalandırma.

Konsollarda ve dolaplarda, elektrikli ve hidrolik, buhar veya su ile çalışan donanım beraber bulunuyorsa, elektrikli donanım, sızıntıların meydana getireceği hasarlardan korunmalıdır.

Klimatize edilmiş makina daireleri ve kumanda odalarında fazlalıklı havalandırma sistemi öngörülür.

1.2 Basınç ölçerler (manometreler)

Basınç ölçerlerin (manometreler) taksimatları, öngörülen deneme basıncını gösterecek ölçüde olmalıdır. Kazanlarda, basınçlı kaplarda ve emniyet valfleri ile korunmuş

sistemlerde müsaade edilen maksimum çalışma basıncı, basınç ölçerler üzerinde belirtilmelidir. Basınç ölçerler, basınç ileten kısımlardan ayrılabilmelidir (Yani, basınç giriş devresi kapatılabilmelidir).

Basınç ölçerlere (manometreler) gelen boru devreleri, muhtemel akışkan sütunlarının oluşturacağı statik basınçların göstergeyi etkilemeyeceği şekilde döşenmeli ve tesis edilmelidir.

2. Makinalara ve Kazanlara Ulaşılabilme

2.1 Makina ve kazan donanımlarına, aparatlara ve kontrol ve çalıştırma cihazlarına kullanma ve bakım için ulaşılabilmelidir. Ulusal kaideler dikkate alınmalıdır.

2.2 Makina mahallerinin yerleşiminde (makina temellerinin dizaynı, boru devrelerinin ve kablo kanallarının döşenmesi, vs.) ve makinalarla donanımın dizaynında (filtrelerin soğutucuların, vb.'nin montajı) 2.1 göz önünde bulundurulmalıdır.

Sevk makinasının montajı ve sökülmesi için, yeterli büyüklükte açıklıklar sağlanmalı, donanımın tüm diğer parçaları için montaj ve söküm yolları planlanmalıdır.

Taşıma donanımı ile ilgili elemanlar sağlanmalıdır.

Montaj bölgesine elemanların yerleşiminden kaçınılmalı veya elemanlar sökülebilir olmalıdır.

3. Makina Kontrol Daireleri

Makina kontrol merkezinde (MCC), birisi firar yolu olarak da kullanılabilmek şartıyla, en az iki çıkış bulunmalıdır.

4. Aydınlatma

Bütün çalışma yerlerinin, kontrol ve gözetleme aletlerinin kusursuz okunabileceği yeterlikte aydınlatılması gerekir, bunun için Kısım 105, Elektrik Kuralları, Bölüm 11'e bakınız.

5. Sintine Kuyuları / Sintineler

Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 8'de belirtilen kurallara bakınız.

6. Havalandırma

Havalandırma, sistemlerinin dizaynı ve yapımı, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 11'de tanımlanan isteklere tabidir.

7. Gürültüyü Azaltma

Gemiyi çalıştıran makinaların gürültüsünün, ilgili ulusal kurallar dikkate alınarak, geminin çalışmasının kabul edilmez derecede zarar görmemesini sağlayıcı önlemler alınacaktır (örneğin; siperleme vasıtasıyla).

J. Haberleşme ve Sinyal Donanımı

1. Konuşma Bağlantısı

Geminin kumanda yerleri ile makina dairesi ve dümen makina dairesi arasında her türlü çalışma şartlarında, ana enerji kaynağından bağımsız ve karşılıklı anlaşmayı pürüzsüz bir güvenle sağlayan konuşma bağlantıları bulunmalıdır (Kısım 105, Elektrik, Bölüm 9.'a bakınız).

2. Vardiya Alarm Sistemi

Makina dairesinden veya makina kontrol merksinden harekete geçirilebilen, makina zabitleri için vardiya dışındaki süre için bir alarm sistemi oluşturulmalıdır. Kısım 105, Elektrik, Bölüm 9'a bakınız.

3. Makina Telgrafı

Makina dairesinden kumandalı makina donanımı, makina telgrafı ile donatılmış olmalıdır. Birden fazla şaft donanımlı tesislerde her donanım için bir telgraf bulunmalıdır.

Lokal kontrol istasyonları bir emercensi telgrafla donatılmalıdır.

4. Şaft Devir Göstergesi

Pervane şaftlarının devir sayısı ve dönüş yönü, kaptan köprüsünde, makina dairesinde ve tüm kumanda istasyonlarında gösterilmelidir. Küçük güçlü tesislerde gösterge uygulanmayabilir.

Şaft devir göstergelerinde, yasaklı devir aralığı işaretlenmelidir.

5. Haberleşme ve Sinyal Cihazlarının Dizaynı

Hareket yönünü değiştirme, haberleşme ve işletme kumanda cihazları, vs. kumanda yerinde bir arada olmalıdır.

Hareket yönünü değiştirme "ileri" veya "geri" durumu ana makina kumanda yerinde açık bir şekilde gösterilmelidir. Sinyal cihazları, makinaların tam yükte çalışmaları durumunda, makina dairesinin her yerinden iyi bir şekilde görülebilmelidir.

Elektrikle çalışan kumanda haberleşmesi, sinyal ve alarm sistemlerinin dizayn ayrıntıları için Kısım 105, Elektrik ve Kısım 106, Otomasyon'a bakınız.

K. Fazlalıklı Sistemler

1. Genel

1.1 Fazlalıklı sevk ve manevra sistemleri ile ilgili olan bu kurallar, **TL** tarafından klaslanan ve **RP1 x%**, **RP2 x%** ve **RP3 x%** ek klaslama işareti verilen gemilere uygulanır.

1.2 Fazlalıklı sevk ve manevra sistemleri ile ilgili kurallar, sevk ve manevra sistemleri ile ilgili fazlalık seviyelerini açıklar. Bu seviyeler ilgili Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler, Bölüm 2,C'de tanımlanan ek klaslama işaretleri ile belirlenir.

1.3 Bu kurallarda, tekil arıza kavramı esas alınmıştır.

1.4 Onay için verilecek dokümanlar

1.4.1 Başvurulan ek klaslama işaretine uygunluk; blok diyagramları, şematik resimler, sistemin işlevinin ve çalışmasının açıklamaları, hesaplamalar ve yerleştirme resimleri ile kanıtlanmalıdır.

Bölüm 2.'de belirtilen isteklere uygunluğun kanıtlanması amacıyla, seyir tecrübelerinde ulaşılması gereken hız ve manevra kalitesini göstermek üzere, model testleri veya hesaplamalar kullanılacaktır.

1.4.2 Sevk ve manevra sistemleri ile bu sistemlerin çalıştırılması için gerekli olan yardımcı sistemler ve kumanda sistemleri için bir hata durumu etki analizi (HDEA) veya eşdeğer bir analiz yapılmalıdır.

Analiz; 2'de belirtilen isteklere göre, tekil bir arızanın sevk ve/veya manevra yeteneğinde herhangi bir kayba neden olmayacağını göstermelidir.

Analizde ayrıca, arızaların algılanması ve olası etkilerin kontrolü için alınan önlemlerin yerinde olduğunu ve bu önlemlerin, özellikle geminin sevk ve manevrasının hızlı bir şekilde telafisine uygun olduğunu da kanıtlanmalıdır.

Bunun dışında analizde, ortak neden olan olası arıza durumlarının belirlenmesi ele alınmalıdır. Fazlalık kavramını zayıflayabilecek teknik unsurların ve/veya işletim prosedürlerinin de dikkate alınması gerekir.

RP1 x% ek klaslama işareti için, HDEA yalnızca, fazlalıklı sevk makinaları ve bunlarla ilgili yardımcı sistemler için yapılmalıdır. Makina dairesine su girmesi veya makina dairesinde yangın çıkması durumları ve sevk sistemindeki ortak elemanlardaki bir arıza, dikkate alınmayacaktır.

RP2 x% ek klaslama işareti için, HDEA, fazlalıklı sevk ve manevra sistemleri ve bunlarla ilgili yardımcı sistemler için yapılmalıdır. Makina dairesine su girmesi veya makina dairesinde yangın çıkması ve dümen makinası bölmesine su girmesi durumları, dikkate alınmayacaktır.

1.4.3 Seyir tecrübelerinde yapılacak test programı, onay için verilmelidir.

2. Genel İstekler

Bu bölümde belirtilen isteklere göre, sevk veya manevra sisteminde bir arıza oluştuğunda, aşağıda belirtilenler sağlanmalıdır.

2.1 En olumsuz hava koşullarında **(1)** dahi, gemi hava direncine daha az maruz kalacak bir konuma getirilebilecek ve bu konumda muhafaza edilebilecek şekilde geminin manevra yeteneği sağlanacaktır;

2.2 Geminin kontrol altında tutulması için minimum hız muhafaza edilebilecek ve kuvvetli akıntıların bulunduğu sularda karaya göre izafi hız sağlanabilecektir. Alternatif sevk sistemi güç kapasitesi, teknenin 7 knots'dan az olmayan bir hızı muhafaza etmesini sağlayacak şekilde olacaktır.

2.3 Yukarıdaki 2.1 ve 2.2 maddelerde belirtilen isteklere, en az 72 saatlik sürede uyulmalıdır **(2).**

2.4 Yukarıdaki 2.1, 2.2 ve 2.3 maddelerde belirtilen isteklere, geminin yükleme koşuluna bağlı olmaksızın uyulmalıdır;

2.5 Fazlalıklı sevk sistemi ve manevra sistemi, her an kullanıma hazır olmalı ve istenildiğinde çalıştırılabilmelidir.

2.6 Fazlalıklı sevk sistemi, boşta çalışan sevk tesisinden çalışmayı devralabilmelidir.

Yukarıda belirtilen isteklere uygunluk, hesaplarla ve/veya model testleri ile kanıtlanmalı ve seyir tecrübeleri sırasında uygun şekilde doğrulanmalıdır.

(1) *Bu kurallar kapsamında, en olumsuz hava koşulları olarak, 21 m/sn'ye (21 m/sn dahil) kadar bir rüzgar hızı (8 Beaufort) ve ortalama dalga periyodu 8,3 sn olan 5,4 m. lik dalga yüksekliği esas alınır.*

(2) *Denizdeki seyir süresi normal olarak 72 saatten daha az süren gemiler için, belirtilen süre maksimum seyir süresi ile sınırlandırılabilir.*

3. Yardımcı Sistemlerle İlgili İstekler

3.1 Yakıt, yağlama yağı, soğutma suyu, kumanda havası ve kesintisiz güç besleme sistemleri gibi işlevleri sevk sistemine doğrudan etki eden, fazlalıklı sevk sistemlerine ait yardımcı sistemlerin, birbirinden bağımsız olarak her bir sevk sistemi için sağlanması gereklidir.

TL kurallarına göre, bu sistemler için yedek ünitelerin belirtildiği hallerde, bahis konusu her bir sistem için bu üniteler sağlanmalıdır.

3.2 Yakıt temizleme, çalıştırma havası besleme sistemleri, vb. gibi sevk sistemine doğrudan etki etmeyen, fazlalıklı sevk sistemlerine ait yardımcı sistemler, birbirinden ayrı olacak şekilde dizayn edilecektir. Sistemler arasında bağlantı hatlarının bulunması ve ünitelerin, kısıtlama olmaksızın aynı anda sevk sistemlerini besleyebilmeleri koşuluyla, ilave yedek ünitelerin sağlanmasına gerek yoktur. Bağlantı hatlarında, normal çalışma sırasında kapalı tutulması gereken kesici valfler bulunacaktır.

RP3 x% ek klaslama işareti gemilerde, makina mahalleri arasındaki bölme perdesinin her iki tarafında da bir kesici valf bulunmalıdır.

3.3 Ağır yakıt sistemlerinde, yakıtın ön ısıtması ile ilgili ısıtma donanımları; bir sevk sistemi arızalandığında, fazlalıklı sevk sistemine ait yakıtın gerekli ön ısıtması sağlanacak şekilde dizayn edilmelidir.

2.3'de belirtilen sürede, fazlalıklı sevk sisteminin sınırsız olarak çalışmasına olanak veren dizel yakıtı depo tanklarının bulunması koşuluyla, fazlalıklı ısıtma donanımının sağlanmasına gerek yoktur.

3.4 Fazlalıklı sevk sistemlerinin yakıt servis tanklarından besleme devrelerinde, servis tankı ile her sistemin pompası arasında bağlantı sağlanmalıdır. Bağlantı hattında, normal çalışma sırasında kapalı tutulması gereken bir kesici düzen bulunacaktır.

RP3 x% ek klaslama işaretli gemilerde, makina mahalleri arasındaki bölme perdesinin her iki tarafında da bir kesici valf bulunmalıdır.

3.5 Fazlalıklı sevk sistemlerinin deniz suyu beslemesi her bir sevk sistemi için tahsis edilmiş olan bir pompa yardımıyla ortak bir deniz sandığından sağlanabilir. Bu sistemler, bağlantı devresinde bir kesici valfle izole edilebilir olmalıdır.

RP3 x% ek klaslama işaretli gemilerde, deniz sandıkları, 6.1'e göre ayrı bölmelere konulacaktır. Bağlantı devrelerine, bölme perdelerinde kesici valf konulmalı ve valflere, her iki makina bölmesinden veya makina bölmeleri dışındaki bir yerden kumanda edilebilmelidir.

3.6 **RP3 x%** ek klaslama işaretli gemilerde 6.1'de belirtilen bölmelerin ayrılması isteklerine uygun olarak, deniz suyu soğutma sistemlerinden biri arızalandığında, fazlalıklı sevk sisteminin çalışması mümkün olmalıdır.

3.7 Elektrikli sevk

3.7.1 Elektrikli sevk sistemlerinde ana ve uyarım konverter sistemleri ve gerektiğinde, bunların besleme transformatörleri, koruma ve kontrol düzenleri ve ilgili kesintisiz güç kaynağı sistemleri (UPS), tekil bir arıza oluştuğunda, geminin fazlalıklı sevk gücü mevcut kalacak şekilde dizayn edilecektir.
Yardımcı sistemler (örneğin tekrar soğutma düzenleri ve yardımcı güç beslemesi) birbirlerinden ayrı olacak şekilde dizayn edilecektir.

3.8 Askeri gemilerdeki fazlalıklı elektrikli sevk sistemleri, ara bağlantı ile birbirine bağlı olan en az iki elektrik güç üretim tesisinin tablolarından beslenecektir. Bir tablo arızalandığında diğeri sevk sistemini ve yardımcı güç donanımını besleyecektir, **TL** Elektrik Kuralları, Kısım 105, Bölüm 4,H'ye bakınız.

İşletim için birincil öneme sahip olan tüm donanım, elektrik güç üretim tesisinin en az iki tablosuna bağlanacaktır.

İki tablo birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilecek ve izlenebilecektir. Bu amaçla gerekli olan geçici güç beslemesi fazlalıklı dizaynda olmalıdır.

Sevk sistemine güvenilir bir güç beslemesinin sağlanması için, güç yönetim sistemlerinin gerekli olduğu hallerde, bu sistemler de fazlalıklı dizaynda olacaktır.

4. Kontrol ve İzleme Sistemleri

4.1 Kontrol donanımı

4.1.1 Fazlalıklı sevk sistemi, basit bir kontrol sistemi vasıtasıyla kaptan köşkünden kontrol edilebilmelidir. Emercensi çalıştırma için bir lokal kontrol da sağlanacaktır.

4.1.2 Örneğin fazlalıklı sevk sistemlerini çalıştıran joystik kumandalar, tekil bir arızanın bütün sisteme etki etmeyeceği ve diğer bir kontrol yöntemiyle (bağımsız kontrol veya emercensi kontrol) sınırlama olmaksızın kontrolün mümkün olacağı şekilde dizayn edilecektir.

4.1.3 Çoklu sevk sistemlerinde, merkezi emercensi kontrol donanımı sağlanacaktır, örneğin sevk makinalarının devir sayısının ve dönüş yönünün merkezi olarak ayarlanması mümkün olan makina kontrol odasından.

4.2 İzleme donanımı

Fazlalıklı sevk makinaları ve bunların yardımcı sistemleri bağımsız alarmlarla izlenecektir.
Alarmlar ve durum göstergeleri sağlanacaktır.

5. Manevra Sistemleri ile İlgili İstekler

5.1 Dümenler

Her fazlalıklı manevra sisteminde, herbiri birbirinden bağımsız kumandalı bir ana ve bir yardımcı dümen makinası bulunmalıdır.

Dümen konumu, elektriksel olarak bağımsız dümen konum göstergesi ile gösterilmelidir.

Dümen maksimum sapmada olsa dahi, geminin manevra yeteneği sağlanmalıdır. Eğer manevra yeteneği, 2'deki istekler karşılanmayacak şekilde bozulursa, arızalı dümeni gemi ekseni konumuna getirip kilitlemek mümkün olmalıdır.

5.2 Manevra sistemi olarak azimuth sevk ünitesi

Geminin manevrasının azimuth sevk sistemi ile

sağlandığı hallerde, her birine bağımsız olarak kumanda edilebilen, en az iki azmuth sevk sistemi bulunmalıdır.

Her bir azimuth sevk sisteminin konumu, elektriksel olarak bağımsız göstergelerle gösterilmelidir.

Arızalı azimuth sevk sisteminin devre dışı kalmasından sonra dahi, geminin manevra yeteneği 2.'deki istekler karşılanamayacak şekilde bozulursa, arızalı azimuth sevk ünitesini gemi ekseni konumuna getirip kilitlemek mümkün olmalıdır.

Diğer tüm detaylar için Bölüm 7b'ye bakınız.

6. RP x% için Bölme Ayırma İstekleri

6.1 Perdeler ve bölmeler

6.1.1 Fazlalıklı sevk sistemleri ve manevra sistemleri, birbirinden su geçirmez perdelerle ayrılmalıdır.

6.1.2 Fazlalıklı sevk sistemlerinin bulunduğu makina mahalleri arasındaki bölmeler, derecesi makina mahallerindeki yangın riskine bağlı olan yangına dayanıklılık esasına uygun olmalıdır. Bölmeler, yangın durumunda yapısal bütünlüğünü en az 60 dakika korumalıdır. Eğer önemli makinalar ve donanımın işlevi olumsuz olarak etkilenirse, yangın izolasyonu sağlanmalıdır.

6.1.3 Birbirlerinden koferdamlar, tanklar veya diğer mahallerle ayrılmış bulunan makina mahallerinin bölme perdeleri, yapısal bütünlüklerini en az 60 dakika korumalıdır. Bu mahallerin boyu veya derinliği en az 500 mm. olacaktır.

6.1.4 SOLAS II-1 / Kural 13 ve 22'ye göre su geçirmez kapılara izin verilebilir. Bu kapılarda, açık / kapalı durum göstergesi olmalı ve köprü üstünde bir uzaktan kumanda olanağı bulunmalıdır.

Su geçirmez kapılar, makina mahalleri için, emercensi çıkış olarak kabul edilemezler.

6.2 Havalandırma

Makina mahallerinde bağımsız havalandırma sistemleri bulunacaktır.

7. Testler

Seyir tecrübeleri sırasında, onaylı seyir tecrübesi programına göre testler yapılacaktır. Testler, aşağıda belirtilenleri doğrulayacak şekilde tasarlanacaktır:

- Gemi, belirtilen istekleri karşılayabilmektedir;
- Sevk ve manevra sistemleri, uygulanan ek klaslama işaretine uygun olarak gerekli fazlalıklara sahiptir;
- Arızalı durumların etkileri ve bu arızalı durumların algılanması ve kontrolüne ait önlemlerle ilgili HDEA'nin sonuçları doğrudur.

8. Diğer Ayrıntılar

Fazlalıklı sistemlerle ilgili diğer ayrıntılar, Kısım 105, Elektrik ve Kısım 23, Fazlalıklı Sevk ve Manevra Sistemleri'nde verilmiştir.

BÖLÜM 3

İÇTEN YANMALI MAKİNALAR

. Sayfa

A. Genel 3-3

1. Uygulama
2. Tanımlar
3. Yakıtlar
4. Makinalara Ulaşabilme
5. Elekronik Bileşenler ve Sistemler
6. Makina Sertifikası

B. Onaylanacak Dokümanlar 3-4

1. Genel
2. Lisansla Üretilen Makinalar
3. Tasarım Değişiklikleri
4. Makina Bileşenlerinin Onayı
5. Seri Üretilen Makinalar

C. Malzemeler 3-5

1. Onaylanan Malzemeler

D. Krankşaft Tasarımı 3-5

1. Genel
2. Gerilme Hesapları
3. Gerilme Konsantrasyon Katsayılarının Hesaplanması
4. İlave Eğilme Gerilmeleri
5. Eşdeğer Değişken Gerilmenin Hesabı
6. Yorulma Mukavemetinin Hesabı
7. Kabul Edilme Kriterleri
8. Yarı-imalat Krankşaftların Sıkı Geçme Bağlantılarının Hesabı

E. Testler ve Denemeler 3-25

1. Makina Üreticisinin Atölyesi ve İmalat Muayenesi
2. Makina Bileşenlerinin Sertifikalandırılması
3. Dizel Makinalar için Tip Onayı Testleri
4. İçten Yanmalı Makinaların Fabrika Kabul Testleri ve Gemideki Tecrübeler
5. AC Jeneratör Setlerinin Sertifikalandırılması

F. Emniyet Cihazları 3-44

1. Devir Sayısının Ayarlanması ve Aşırı Devir Sayılarına Karşı Makinanın Korunması
2. Silindir Aşırı Basıncı İkaz Cihazı
3. Krankkeyzin Havalandırılması
4. Krankkeyz Emniyet Cihazları
5. İlk Hareket Havası Sistemindeki Emniyet Cihazları
6. Yağlama Yağı Sistemindeki Emniyet Cihazları
7. Dolgu Havası Kanallarındaki Emniyet Cihazları

G. Yardımcı Sistemler 3-51

1. Genel
2. Yakıt Sistemi
3. Yakıt ve Yağlama Yağı Sistemlerine ait Filtrelerin Yerleştirilmesi
4. Yağlama Yağı Sistemi
5. Soğutma Sistemi
6. Dolgu Havası Sistemi
7. Egzoz Gazı Devreleri

H. Kumanda Teçhizatı 3-54
1. Genel
2. Ana Makinalar
3. Yardımcı Makinalar

I. Alarm Sistemleri 3-55
1. Genel
2. Alarmın Kapsamı

J. Makinanın Layna Alınması / Yataklama 3-55
1. Krankşaftın layna alınması
2. İzin Verilen Krank Veb Sapması
3. Krank Veb Sapması için Başvuru Değerleri

K. Egzoz Gazı Temizleme Sistemleri 3-59
1. Genel
2. Onay
3. Yerleşim Planı
4. Malzemeler
5. Kimyasal Tepkimeli Maddeler
6. Gemideki Yapılacak Testler

L. Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıtla Yakıtlı Makinalar 3-62
1. Kapsam ve Uygulama
2. İlave Kurallar ve Kılavuzlar
3. Tanımlar
4. Genel ve İşletimsel Uygunluk
5. Sunulacak Dökümanlar
6. Genel Kurallar
7. Sistemler
8. Güvenlik Teçhizatı ve Güvenlik Sistemleri
9. Testler
10. Makina Mahalleri
11. Eğitim
12. Özel Parçalar
13. Tadilat

M. Düşük Basınçlı Gaz (10 bar'a kadar) Yakıtlı İçten Yanmalı Makinaların Emniyeti 3-71
1. Genel
2. Dizayn İstekleri
3. Özel Dizayn İstekleri
4. Tip Testi, Fabrika Kabul Testleri ve Gemideki Tecrübeler

Ek I - Krankşaft Dolgularında Gerilme Konsantrasyon Faktörünün Tanımı

Ek II - Yağ Kanallarının Kenarında Gerilme Konsantrasyon Faktörleri ve Gerilme Dağılımı

Ek III - Sonlu Elemanlar Metodu Kullanılarak Krankşaftların Veb Yuvarlatma Yarıçaplarında Gerilme Konsantrasyon Faktörlerinin Hesaplanması için Kılavuz

Ek IV - Yorulma Testlerini Değerlendirme Kılavuzu

Ek V - Yüzey İşlemine Tabi Tutulmuş Dolguların ve Yağ Deliği Çıkışlarının Hesabı İle İlgili Bilgiler

Ek VI - Krankşaftların Yağ Deliği Çıkışlarındaki Gerilme Yığılması Faktörlerinin Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Hesaplama Esasları

A. Genel

1. Uygulama

Bu bölümdeki kurallar, içten yanmalı ana ve yardımcı makinalar (emercensi üniteler dahil) ile hava kompresörleri için geçerlidir.

Bu kurallarda sözü edilen içten yanmalı makinalar:

- Dizel makinalar, sıvı yakıtlı
- Çift yakıtlı makinalar, sıvı ve/veya gaz yakıtlı
- Gaz makinaları, gaz yakıtlı

Çift yakıtlı ve gaz makinaları için kurallar N'de verilmektedir.

2. Tanımlar

2.1 Dizel Makina Tip

- Düşük Devirli Makinalar; Nominal devir sayısı 300 rpm'den düşük olan dizel makinalardır.
- Orta Devirli Makinalar; Nominal devir sayısı 300 rpm ve daha yüksek ancak 1400 rpm'den düşük olan dizel makinalardır.
- Yüksek Devirli Makinalar; Nominal devir sayısı 1400 rpm ve daha yüksek olan dizel makinalardır.

2.2 Nominal Güç

2.2.1 Dizel makinalarının, anma devir sayısındaki anma gücü, Bölüm 1.D'de belirtilen ortam koşullarında makina üreticisinin tanımlarına göre, devamlı faydalı güç olarak tanımlanabilir. Şekil 3.1A'da ① olarak belirlenen güç alanı, devamlı çalışmada, ② olarak belirlenen güç alanı ise kısa süreli çalışmada uygulanabilir.

Güç alanının büyüklüğü makina üreticisi tarafından belirlenir.

2.2.2 Makina üreticisi tarafından öngörülen bakım ve tutum programının uygulanması şartıyla makinanın devamlı vereceği faydalı güç sürekli güç olarak kabul edilir.

2.2.3 Anma gücünün %110'u olan aşırı güçte ve ilgili devir sayısında bir saat süre ile düzgün çalıştığı kanıtlanabilen makinanın anma gücü, devamlı güç olarak tespit edilebilir. Aşırı gücün mertebesinden sapmalar **TL**'nun onayını gerektirir.

2.2.4 Askeri geminin görev tanımına göre, sürekli düşük yükte çalışmadaki isteklere uygun olması gereken makinalar, kötü yanma ve düşük sıcaklıklar dikkate alınarak dizayn edilmelidir. İlgili önlemler ve ilave donanım için **TL** onayı gereklidir.

2.2.5 Kural olarak, ana makinaların deneme yerinde çalışmasından sonra yakıt besleme sistemi, makinanın çalışması esnasında aşırı güce çıkmasına olanak vermeyecek şekilde ayarlanır.
Yakıt besleme sisteminin sınırlandırılması, kalıcı olarak güvenliğe alınacaktır.

2.2.6 Elektrik jeneratörlerini tahrik edecek dizel makinaları, adı geçen şartlar çerçevesinde gemideki çalışmaları esnasında da aşırı yüklenebilmelidir.

2.2.7 **TL**'nun onayına bağlı olarak, dizel makinaları aşılması olanak dışı olan devamlı (bloke edilmiş) güce göre dizayn edilebilirler.

2.2.8 Ana makinalar için çalışma şartlarına uygun, içinde devamlı ve kısa süreli çalışmalar yapılabileceğini gösteren güç alanını belirten, bir güç diyagramı verilir (Şekil 3.1).

2.3 Ortam Koşulları

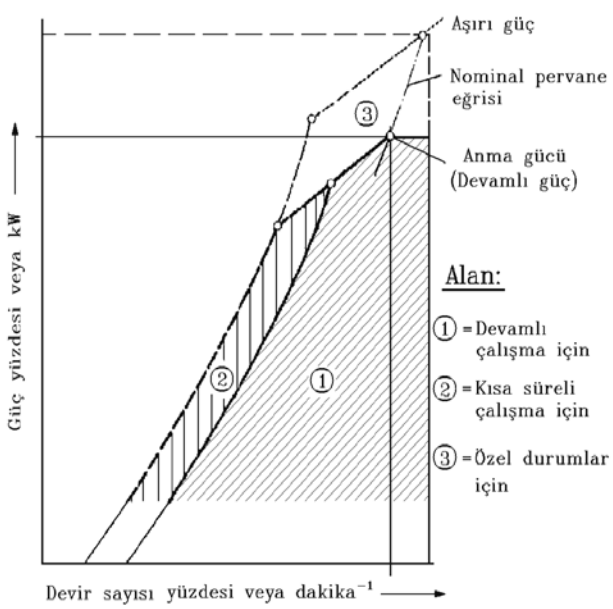
Sınırsız sefer alanında çalışan gemilerdeki bütün makinalar için performans tanımlarında, Bölüm 1.D'de belirtilen ortam koşulları esas alınır.

Belirlenen deniz suyu sıcaklığı, deniz suyu ile çalışan dolgu havası soğutucularına giriş sıcaklığı olarak dikkate alınacaktır.

3. Yakıtlar

3.1 Sıvı yakıtların kullanılmasında Bölüm 1, F.'deki kurallar geçerlidir.

3.2 Yakıtın hazırlanması ve temini için, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 7, B: ve Bölüm 8,G'ye bakınız



Şekil 3.1A Güç diyagramı için bir örnek

4. Makinalara Ulaşabilme

Makinalar, makina dairesinde, üreticinin istediği kontrollerin ve onarımların yapılması için gerekli montaj ve muayene deliklerine kolaylıkla ulaşılabilecek şekilde düzenlenmelidir.

Bileşenlerin gemide değişimi mümkün olmalıdır. Makinaların yerleştirilmesinde, mahal ve yapım ile ilgili istekler dikkate alınmalıdır.

5. Elekronik Bileşenler ve Sistemler

5.1 İçten yanmalı makinaların kontrolü için gerekli olan elektronik bileşenler ve sistemler için, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

5.1.1 Elektronik bileşenler ve sistemler; Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar, Kısım 1, Elektrik/Elektronik Teçhizat, Bilgisayarlar ve Bilginin Alındığı ve Verildiği Kısımdaki Teçhizatın Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar'a göre tip onaylı olmalıdır.

5.1.2 Bilgisayar sistemleri için Kısım 105, Elektrik Kuralları, Bölüm 10 dikkate alınmalıdır.

5.1.3 Ana sevk makinalarında, elektronik kontrol sistemindeki bir arıza, sevk gücünün bütünüyle kaybına veya ani değişimine neden olmayacaktır. Bazı hallerde **TL**, geminin hızında artışa neden olmaması sağlanılan, diğer arızalı koşulları onaylayabilir.

5.1.4 Elektronik kontrol sistemindeki bir arızanın kritik sonuçlar doğurmadığı, sistem üreticisi tarafından sağlanması gereken bir analizle (örneğin; HDEA) kanıtlanmalıdır. Burada; insanlar, çevre ve teknik koşullar üzerine etkiler dahil edilecektir.

5.1.5 Elektronik kontrol sisteminde, bir hız kontrol düzeni varsa; F.2.3 ve Kısım 105, Elektrik Kuralları, Bölüm 9, dikkate alınacaktır.

6. Makina Sertifikası

Gemide kullanılmak üzere üretilen her makina, bir makina sertifikasına sahip olacaktır. Makinanın sertifikalandırılması ile ilgili sürecin ayrıntıları TL-R M44'te (Bölüm 5) bulunmaktadır. Bu süreç, makina imalatçısı / lisans sahibinin makina uygulamasına özel dokümanların tasarım onayını almasından, imalat resimlerinin önceden onaylanmış makina tasarım resimleriyle karşılaştırma listesinin verilmesinden (bakınız B.), ilgili imalat resimlerinin ve karşılaştırma listesinin Sörveyörlerce kullanılması amacıyla imalat tesisine ve gerekirse tersaneye gönderilmesinden, makinanın testinden (bakınız E.) ve kural gerekliliklerinin tatmin edici bir şekilde karşılanması üzerine makina sertifikasının düzenlenmesinden oluşur.

B. Onaylanacak Dokümanlar

1. Genel

Makina üreticisi tarafından her makina tipi için, bileşenlerin ve sistemlerin onayı veya incelenmesi ya da bunlar hakkında bilgi alınması amacıyla**,** Tablo3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de belirtilen (uygulanabilir ise) resimler ve dökümanlar, **TL**'na gönderilir.

Gerektiği takdirde **TL** ilave dokümanların verilmesini isteyebilir. Bu durum, 3'deki tasarım değişikliklerine de uygulanır.

2. Lisansla Üretilen Makinalar

Lisansla üretilen her makina tipi için Lisans sahibi **TL**'na en az aşağıdaki dokümanları göndermelidir:

- Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 233'deki bütün resim ve dokümanların ve gerekiyorsa lisans sahibi ve lisans verenin kullandığı ilgili resimlerin karşılaştırılması;

- Değiştirilen elemanların eğer varsa, lisans verenin öngörülen değişiklikleri kabulüne ait açıklamaları ile birlikte Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'e göre bütün resimleri;

- Test ve sörveye esas olmak üzere resimlerin tam bir takımı ilgili **TL** ofisine gönderilecektir.

3. Tasarım Değişiklikleri

Bir makina tipi için **TL**'ndan alınan ilk onaydan sonra, önemli yapısal değişikliklerin kontrolüne yeterli ve Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'e uygun dökümanların verilmesi gerekir.

4. Makina Bileşenlerinin Onayı

Türboşarjerlerin, ısı değiştiricilerin, makinaya bağlı pompaların, vs. nin onay başvuruları, ilgili üreticiler tarafından **TL**'na yapılacaktır.

5. Seri Üretilen Makinalar

Trank pistonlu seri olarak üretilen makinalar, Klaslama ve Sörveyler Kuralı, Bölüm 2, F, Alternatif Sertifikasyon Programına uygun ve anlaşmaya varılmış bir sörvey düzenlemesi ile üretilebilir. Alternatif Sertifika Programının uygulamasındaki kapsam ve uygulama derecesi her bir durum için ayrı olarak anlaşmaya varılacaktır.

C. Malzemeler

1. Onaylanan Malzemeler

1.1 Dizel makinaların parçalarında kullanılan malzemelerin mekanik karakteristikleri **TL** Malzeme Kuralları'na uymalıdır. Tablo 3.4'de çeşitli parçalar için kabul edilen malzemeler gerekli minimum karakteristikler ve malzeme sertifikaları verilmiştir.

1.2 Kurallara uymayan özellikteki malzemeler **TL**'nun özel izniyle kullanılabilir. **TL** bu malzemelerin uygunluğunun gösterilmesini ister.

1.3 Eğer şok yükleri, askeri gemi için büyük önem taşıyorsa, lamelli grafitli dökme demir (GG), bu tür yüklere maruz bileşenler için tavsiye edilmez. Eğer uygun montaj elemanları ile şok yüklerinin yeterince azaltıldığı kanıtlanırsa, lamelli grafitli dökme demir kullanılabilir.

D. Krankşaft Tasarımı

1. Genel

1.1 Bu bölümün kurallarına uygun olarak sürekli nominal güçte ve devirde çalışabilecek şekilde tasarlanmış ana ve yardımcı dizel makinaların krankşaftlarının boyutlandırılması yapılacaktır.

Bu kuralları sağlamayan krankşaftlar için detaylı hesaplamalar veya ölçümler verildiği taktirde özel değerlendirme yapılacaktır.

Aşağıdaki durumlarda:

- Yüzey işlemesi yapılmış içbükey birleşme yerleri,

- Yorulma davranışını etkileyen test edilmiş parametreler,

- Ölçülmüş çalışma gerilmeleri

bilgileri özel istek halinde değerlendirilebilir.

1.2 Son yatakların dışında kalan kısımda bulunan ve bu bölümdeki gereksinimlere göre tasarlanan krankşaftların, bitişik şaftın çapına daha büyük yuvarlaklıkta ($r \geq 0{,}06 \cdot d$) veya koniklikte adaptasyonu yapılabilir.

1.3 Bu kurallar sadece tek parçalı dövme krankşaftlar ve yarı-imalat dövme veya dökme çelik krankşaftlarda, ana yataklar arasındaki bir krank dilimi için uygulanır.

1.4 Krankşaft boyutları yüksek gerilme altındaki bölgelerde yorulmaya karşı emniyet değerlendirilmesi temel alınacak şekilde belirlenecektir.

Hesaplar yapılırken ayrıca krankpin ile veb ve jurnal ile veb arasındaki geçiş bölgelerinin en yüksek gerilmeye maruz kaldığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 3.1 Bilgi için verilecek dokümanlar, uygulanırlığı çerçevesinde

No	Item	Quantity
1	Makinanın özellikleri (örneğin, genel makina bilgilerini içeren veriler **(7)**,proje kılavuzu, montaj elkitabı)	3
2	Makinanın enine kesiti	3
3	Makinanın boyuna kesiti	3
4	Döküm bedpleyt ve krankkeyz	1
5	Srast yatağı komple **(1)**	3
6	Döküm freym/freym kutusu/dişli kutusu **(2)**	1
7	Bağlantı rotları (tayrot)	1
8	Konnektin rot/biyel	3
9	Konnektin rot/biyel, komple **(3)**	3
10	Kroset, komple **(3)**	3
11	Piston rot, komple **(3)**	3
12	Piston, komple **(3)**	3
13	Döküm silindir ceketi/bloğu **(2)**	1
14	Silindir kaveri, komple **(3)**	1
15	Silindir layneri	1
16	Karşı ağırlıklar (krankşaft ile bütünleşik değilse), bağlantıları dahil	3
17	Kemşaft tahrik sistemi, komple **(3)**	1
18	Volan	1
19	Yakıt enjeksiyon pompası	1
20	Egzost borularının ve yakıt sistemi arızasıdan etkilenebilecek diğer yüksek sıcaklıklı kısımların izolasyon ve muhafaza sistemi, komple	3
	Elektronik kumandalı makinalar için, aşağıda belirtilenlerin konstrüksiyonu ve yerleşimi:	
21	Kumanda valfleri	3
22	Yüksek basınçlı pompalar	3
23	Yüksek basınçlı pompaların tahrik sistemi	3
24	İşletim ve bakım elkitabı **(4)**	1
25	FMEA – Hata Durumu Etki Analizi (HDEA) - (makina kumanda sistemi için) **(5)**	3
26	Döküm ve kaynak için üretim spesifikasyonu (işlem sırası)	1
27	Makina dizaynı ve servis bakımı ile ilgili kalite control sistemi bulguları	1
28	Makina üretimi ile ilgili kalite istekleri	1
29	Çevre testleri, kumanda bileşenleri ile ilgili tip onayı sertifikaları **(6)**	1

Dipnotlar:

(1) *Makina ile bütünleşik olanlar ve bedpleytin içine yerleştirilmeyenler için*

(2) *Yalnız bir silindir veya bir silindir konfigürasyonu için*

(3) *Bileşenlerin belirleyici numarası (örneğin resim numarası) dahil. Yalnızca, enine kesitte ve boyuna kesitte yeterli ayrıntının gösterilmediği durumlarda gereklidir.*

(4) *İşletme ve bakım el kitapları; bakımın tamamlanmasından sonar yapılacaktestlerle birlikte, fitingler/ayar elemanları dahil, kullanılacak tüm özel takımlar ve ölçüm aletlerine ait ayrıntıları da içeren bakım isteklerini (servis ve onarım) içerecektir.*

Mekanik bağlantıların montajı, üreticinin montaj talimatlarına uymalıdır. Bağlantıların montajı için gerekli olan özel aletler ve göstergeler, üretici tarafından temin edilecektir.

(5) *Makina üreticisinin teslim kapsamı içinde olan bütün system. Eğer makinalarda yakıt enjeksiyonu ve/veya valfleri için hidrolik, pnömatik veya elektronik kontrol sistemleri varsa, bir kontrol sistemi arızasının, makinanın işletimi ile ilgili ana servislerin devre dışı kalmasına neden olmayacağının ve makinanın stop etmesine veya kabul edilen performans kriterleri dışına çıkmasına neden olmayacağının kanıtlanması için bir Hata Durumu Etki Analizi (FMEA-HDEA) yapılmalıdır. HDEA raporları **TL** tarafında onaylanmaz. Dizel makinaların kontrol sistemlerinin HDEA prosesi için TL- G 138'e bakınız.*

(6) *Testlerde; kontrol , koruma ve emniyet donanımının, **TL** Ek Kurallar, Kısım 1- Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar'da belirtilen test koşullarında öngörülen işlevleri sağladığı görülecektir.*

(7) *TL- R M44'e göre, "Internal Combustion Engine Approval Application Form and Data Sheet" doldurulmalı ve **TL**'na verilmelidir.*

Tablo 3.2 Onay için verilecek dokümanlar, uygulanırlığı çerçevesinde

No	Item	Quantity
1	Kaynaklı bedpleyt ve krankkeyz, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(1), (2)**	3
2	Kaynaklı srast yatağı temel levhası, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(1)**	3
3	Bedpleyt/yağ tankı kaynak resmi **(1)**	3
4	Kaynaklı freym/freym kutusu/dişli kutusu, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(1), (2)**	3
5	Makina freymi, kaynak resimleri **(1), (2)**	3
6	Krankşaft ayrıntıları, herbir silindir için	3
7	Krankşaft montajı, komple, herbir silindir için	3
8	TL-R M44 Ek 3 ve TL- R M53'e göre krankşaft hesapları (herbir silindir konfigürasyonu için)	3
9	Srast şaftı veya ara şaft (makina ile bütünleşik ise)	3
10	Şaft kaplin civataları	3
11	Ana parçaların malzeme özellikleri, tahribatsız malzeme testleri ve basınç testleri ile ilgili ayrıntılar **(3)**	3
	Makinanın aşağıdaki sistemlerinin şematik yerleşimi veya diğer eşdeğeri dokümanlar:	
12	İlk hareket havası devresi	3
13	Yakıt devresi	3
14	Yağlama yağı devresi	3
15	Soğutma suyu devresi	3
16	Hidrolik devresi	3
17	Hidrolik devresi (sübap hareketi)	3
18	Makinanın kumanda ve emniyet sistemi	3
19	Yüksek basınçlı yakıt boruları muhafaza sistemi, komple **(4)**	3
20	Akümülatörlerin yapısı (elektronik kumandalı makinalar için)	3
21	Merkezi akümülatörlerin yapısı (elektronik kumandalı makinalar için)	3
22	Krankkeyzin patlama emniyet valflerinin yerleşimi ve ayrıntıları (madde F.4'e bakınız). **(5)**	3
23	Krankkeyz patlama emniyet valflerinin hesap sonuçları (madde F.4'e bakınız)	3
24	Tip testi programının ve tip testi raporlarının ayrıntıları **(7)**	1
25	Yakıt püskürtme sisteminin yüksek basınçlı parçaları **(6)**	3
26	Yağ buharı algılama ve/veya alternative alarm düzenleri (Tablo 2.7'ye bakınız)	3
27	Boru devrelerinin mekanik birleştirme parçalarının ayrıntıları (Bölüm 16'ya bakınız)	3
28	Meyil sınırlarına uygunluğunu doğrulama dokümanları (Bölüm 1, Tablo 1.1'e bakınız)	3
29	**TL**, Kısım 5, Bölüm 10'da istenilen dokümanlar	3

Dipnotlar:

(1) *Malzemelerin ve kaynak prosedürlerinin onayı için. Kaynak prosedürü; ön ve son ısıl işlemleri, kaynak sarf malzemelerini ve montaj koşullarının ayrıntılarını içerecektir.*

(2) *Boyutları ve ayrıntıları farklı olan herbir silindir için.*

(3) ***TL** Malzeme Kuralları ile karşılaştırmak için gerekli NDT ve basınç testleri.*

(4) *Tüm makinalar.*

(5) *Yalnızca, silindir çapı 200 mm ve daha büyük veya krankkeyz hacmi 0,6 m^3 veya daha büyük makinalar için.*

(6) *Dokümanlar; basınçlar, boru ölçüleri ve malzemelerle ilgili ayrıntıları içerecektir.*

(7) *Tip testi raporu, tip testinin tamamlanmasını takiben verilebilir.*

Tablo 3.3 Bileşenlerin ve sistemlerin muayenesi ile ilgili dokümanlar

- Eş dizaynlı ve uygulamalı makinalara özel olarak dikkat edilecektir.
- Makina uygulamaları ile ilgili olarak IACS UR M72'ye bakınız.

No	Item	Quantity
1	Makinanın özellikleri **(11)**	3
2	Ana parçaların malzeme özellikleri, tahribatsız malzeme testleri ve basınç testleri ile ilgili ayrıntılar **(1)**	3
3	Kaynaklı bedpleyt ve krankkeyz, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(2)**	3
4	Kaynaklı srast yatağı temel levhası, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(2)**	3
5	Kaynaklı freym/freym kutusu/dişli kutusu, kaynak ayrıntıları ve kaynak talimatları ile **(2)**	3
6	Krankşaft , montajı ve detayları	3
7	Srast şaftı veya ara şaft (makina ile bütünleşik ise)	3
8	Şaft kaplin civataları	3
9	Ana yataklar için civata ve saplamalar	3
10	Silindir kaverleri ve egzost valfi için civata ve saplamalar (iki stroklu dizayn)	3
11	Konektin rot için civata ve saplamalar	3
12	Bağlantı rotları (tayrot)	1
	Makinanın aşağıdaki sistemlerinin şematik yerleşimi veya diğer eşdeğeri dokümanlar **(3):**	
13	İlk hareket havası devresi	3
14	Yakıt devresi	3
15	Yağlama yağı devresi	3
16	Soğutma suyu devresi	3
17	Hidrolik devresi	3
18	Hidrolik devresi (sübap hareketi)	3
19	Makinanın kumanda ve emniyet sistemi	3
20	Yüksek basınçlı yakıt boruları muhafaza sistemi, komple **(4)**	3
21	Hidrolik yağ ve yakıt akümülatörlerinin yapısı	3
22	Yakıt püskürtme sisteminin yüksek basınçlı parçaları **(5)**	3
23	Krankkeyzin patlama emniyet valflerinin yerleşimi ve ayrıntıları (madde F.4'e bakınız). **(6)**	3
24	Yağ buharı algılama ve/veya alternative alarm düzenleri (Tablo 2.7'ye bakınız)	1
25	Silindir kaveri	3
26	Silindir bloğu, makina bloğu	3
27	Silindir layneri	3
28	Karşı ağırlıklar (krankşaft ile bütünleşik değilse), bağlantıları dahil	3
29	Konnektin rot	3
30	Kroset	3
31	Piston rot	3
32	Piston rot, komple **(7)**	3
33	Piston kafası	3
34	Kemşaft tahrik sistemi, komple **(7)**	1
35	Volan	1
36	Temel yerleşim planı (sadece ana makinalar için)	3
37	Yakıt enjeksiyon pompası	1
38	Egzost borularının ve yakıt sistemi arızasıdan etkilenebilecek diğer yüksek sıcaklıklı kısımların izolasyon ve muhafaza sistemi, komple	3
39	Damperlerin yapısı ve yerleşimi	3

No	Item	Quantity
	Elektronik kumandalı makinalar için, aşağıda belirtilenlerin montaj ve yerleşim resmi:	
40	Kumanda valfleri	
41	Yüksek basınçlı pompalar	
42	Yüksek basınçlı pompaların tahrik sistemi	
43	Valf gövdeleri, uygulaması varsa	
44	İşletim ve servis elkitabı **(8)**	
45	HDEA (FMEA)'dan elde edilen test program (makina control sistemi için) **(9)**	
46	Döküm ve kaynak için üretim spesifikasyonu (işlem sırası)	
47	Çevre testleri, kumanda bileşenleri ile ilgili tip onayı sertifikaları **(10)**	
48	Makina üretimi ile ilgili kalite istekleri	

Dipnotlar:

(1) ***TL*** *Malzeme Kuralları ile karşılaştırmak için gerekli NDT ve basınç testleri.*

(2) *Malzemelerin ve kaynak prosedürlerinin onayı için. Kaynak prosedürü; ön ve son ısıl işlemleri, kaynak sarf malzemelerini ve montaj koşullarının ayrıntılarını içerecektir.*

(3) *Ana ölçüler, işletim akışkanı ve maksimum çalışma basıncı gibi, makina üreticisi tarafından sağlanan sistem ayrıntıları*

(4) *Tüm makinalar.*

(5) *Dokümanlar; basınçlar, boru ölçüleri ve malzemelerle ilgili ayrıntıları içerecektir.*

(6) *Yalnızca, silindir çapı 200 mm ve daha büyük veya krankkey hacmi 0,6 m^3 veya daha büyük makinalar için.*

(7) *Bileşenlerin belirleyici numarası (örneğin resim numarası) dahil.*

(8) *İşletme ve bakım el kitapları; bakımın tamamlanmasından sonar yapılacaktestlerle birlikte, fitingler/ayar elemanları dahil, kullanılacak tüm özel takımlar ve ölçüm aletlerine ait ayrıntıları da içeren bakım isteklerini (servis ve onarım) içerecektir. Mekanik bağlantıların montajı, üreticinin montaj talimatlarına uymalıdır. Bağlantıların montajı için gerekli olan özel aletler ve göstergeler, üretici tarafından temin edilecektir.*

(9) *Yakıt enjeksiyonu ve/veya valfleri için hidrolik, pnömatik veya elektronik kontrol sistemleri bulunan makinalar için gereklidir. Dizel makinaların kontrol sistemlerinin HDEA prosesi için TL- G 138'e bakınız.*

(10) *Uygulaması varsa, özel bir uygulama için değiştirilen dokümanlar, bilgi veya onay için* ***TL****'na verilecektir. TL- R M44 , madde 3.2.2.2, Ek 4 ve Ek 5'e bakınız.*

(11) *TL- R M44 , Ek 3'e göre, "Internal Combustion Engine Approval Application Form and Data Sheet" doldurulmalı ve* ***TL****'na verilmelidir.*

Tablo 3.4 Onaylı malzemeler ve test sertifikası tipi

Onaylı malzemeler	TL Kuralları(*)	Parça adı	Test sertifikası (**)		
			A	B	C
Dövme çelik $R_m \geq 360$ N/mm^2	Bölüm 5,	Krankşaftlar	X	-	-
		Konnektin rotlar (biyel kolları)	X	-	-
		Piston rotları	X **(3)**	X **(4)**	-
		Krosetler	X **(3)**	X **(4)**	-
		Pistonlar ve piston kafaları	X **(3)**	X **(4)**	-
		Silindir kaverleri / silindir kafaları	X	-	-
		Kemşaft tahrik dişlileri	X **(3)**	X **(4)**	-
Haddelenmiş veya dövme yuvarlak çelik $R_m \geq 360$ N/mm^2	Bölüm 5,	Bağlantı rotları (tayrot)	X	-	-
		Cıvatalar ve saplamalar	X **(1)**	X **(2)**	-
Özel kalite dökme çelik $R_m \geq 440$ N/mm^2 ve Özel kalite dövme çelik $R_m \geq 440$ N/mm^2	Bölüm 6, Bölüm 5,	Yarı-imalat krankşaftlar için vebler veya pin ve vebleri ile bir bütün olan krank elemanları (throws)	X	-	-
Dökme çelik	Bölüm 6,	Yatak altlıkları (kaynağa elverişli)	X	-	-
		Pistonlar ve piston kafaları	X **(3)**	X **(4)**	-
		Silindir kaverleri / silindir kafaları	X **(1)**	X **(2)**	-
		Kemşaft tahrik dişlileri	X **(3)**	X **(4)**	-
Nodüler dökme demir, tercihen ferritik cins $R_m \geq 370$ N/mm^2	Bölüm 7,	Makina blokları	-	X **(1)**	-
		Bedpleytler	-	X **(1)**	-
		Silindir blokları	-	X **(1)**	-
		Pistonlar ve piston kafaları	X **(3)**	X **(4)**	-
		Silindir kaverleri / silindir kafaları	-	X **(1)**	-
		Volanlar	-	X **(1)**	-
		Valf gövdeleri	-	X **(1)**	-
Lamelli dökme demir $R_m \geq 200$ N/mm^2	Bölüm 7,	Makina blokları	-	-	X
		Bedpleytler	-	-	X
		Silindir blokları	-	-	X
		Silindir laynerleri	-	-	X
		Silindir kaverleri / silindir kafaları	-	-	X
		Volanlar	-	-	X
Tekne yapım çeliği, bütün **TL** kalite dereceleri, kalınlık ≤ 35 mm. levhalar için	Bölüm 3,	Kaynaklı silindir blokları	X	-	-
		Kaynaklı bedpleytler	X	-	-
		Kaynaklı freymler	X	-	-
Tekne yapım çeliği, **TL** kalite derecesi (B), kalınlık >35 mm. levhalar için		Kaynaklı çerçeveler	X	-	-
Kaynaklı konstrüksiyonlar için alaşımsız yapı çelikleri	Bölüm 3,				

(*) *(*) Tüm ayrıntılar için TL Malzeme Kuralları'na bakınız.*
(**) *Test sertifikaları, aşağıdaki kısaltmalarla, TL Malzeme Kuralları, Test Prosedürlerine göre düzenlenecektir:*
A : TL Malzeme Sertifikası, B : Üretici Muayene Sertifikası, C: Üretici Test Raporu
(1) *Sadece silindir çapı >300 mm. için.*
(2) *Silindir çapı ≤ 300 mm. için.*
(3) *Sadece silindir çapı >400 mm. için.*
(4) *Silindir çapı ≤ 400 mm. için.*

Krankpin ve jurnallere giden yağ kanallarının çıkışları, yağ kanallarındaki yorulmaya karşı emniyet marjının dolgu yerlerinde kabul edilen değerden daha az olmayacak şekilde yapılmalıdır. **TL** tarafından istendiğinde makina üreticisi kendi yağ kanalı tasarımını destekleyecek dokümanı temin edecektir.

Krankşaft mukavemet hesapları başlangıçta nominal değişken yükleme sonucunda eğilme ve nominal burulma gerilmelerinin tespitinden oluşur. Bu gerilmeler şekil değiştirme enerjisi teorisini kullanarak (v. Mises Kriteri) uygun gerilme konsantrasyon faktörleri ile çarpıldığında eşdeğer değişken gerilmeyi verir. Bu eşdeğer değişken gerilme belirlenmiş krankşaft malzemesinin yorulma mukavemeti ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma krankşaftın yeterli olarak boyutlandırılıp boyutlandırılmadığını gösterecektir.

1.5 Krankşaft hesapları için, aşağıda listelenmiş döküman ve planlar temin edilecektir:

- Krankşaft geometrisi ile ilgili tüm bilgileri içeren krankşaft resmi
- Tip tanımı ve makina türü (düz, çatallı veya mafsallı biyel kollarına sahip, sıralı tip motor veya V tipi motor)
- Çalışma ve yanma yöntemi (2-strok veya 4-strok çevrim, doğrudan püskürtmeli, ön yanma odalı, vs.)
- Silindir sayısı
- Nominal güç [kW]
- Nominal devir hızı [min^{-1}]
- Dönme yönü (Şekil. 3.1)
- Ateşleme sırası ile ateşleme aralıkları ve gerekli olduğunda V-açısı α_V (Şekil. 3.1)
- Silindir çapı [mm]
- Strok [mm]
- Maksimum silindir basıncı P_{max} [bar]
- Dolgu havası basıncı [bar] (hava valfleri veya süpürme portları önünde, hangisi geçerliyse)
- Biyel kolu uzunluğu L_H [mm]
- Bir krank dişlisinin titreşen ağırlığı [kg] (V-tipi makinalarda, gerekli olduğunda, master ve mafsallı tip biyel kolu veya çatal ve iç biyel kolu olan silindir ünitelerinde)
- Eşit aralıklarda verilmiş sayısallaştırılmış gaz basıncı eğrisi (bar – krank açısı ekseninde , 5° CA (krank açısı)'dan daha küçük aralıklarda)
- Mafsallı tip biyel koluna sahip makinalarda (Şekil. 32'ye bakınız)
  - Bağlantı noktasına olan uzaklık L_A [mm]
  - Bağlantı açısı α_N [°]
  - Biyel kolu uzunluğu L_N [mm]
- Krankşaft malzeme detayları
  - Malzeme gösterimi (DIN, AISI, v.s.'ye göre)
  - Malzemenin mekanik özellikleri (boyuna test örneklerinden elde edilen en küçük değer),
    - Çekme dayanımı [N/mm^2]
    - Akma dayanımı [N/mm^2]
    - Kopma uzaması [%]
    - Uzama A_5 [%]
    - Darbe enerjisi – KV [J]
- Malzeme eritme yöntemi (açık fırın, elektrik fırını, vs.)
- Dövme tipi (serbest dövme, sürekli tane akışlı dövme, düşmeli-dövme, v.b, dövme prosesinin tanımı ile birlikte)
- Isıl işlem

- Ek V'e göre hesaplama yapılabilmesini sağlamak üzere dolgu, jurnal, pinlerin ve yağ deliklerinin yüzey işlemi:
  - Yüzey sertliği [HV]
  - Sertleşme derinliğinin fonksiyonu olarak sertlik
  - Yüzey sertleştirmesinin boyutu
- Değişken burulma gerilmelerinin özellikleri, bakınız 2.2.

2. Gerilme Hesapları

2.1 Eğilme momentleri ve kesme kuvvetlerinden dolayı oluşan değişken gerilmelerin hesabı

2.1.1 Kabuller

Hesaplar statik olarak belirli sistem kabulüne dayanır, gaz ve atalet kuvvetlerine maruz kalan ve bitişik yatakların ortasında jurnallerin desteklendiği sadece bir krank dilimi ele alınır. Eğilme uzunluğu olarak iki ana yatak arasındaki uzunluk alınır (mesafe L3), (Şekil. 3.3 ve 3.4).

Eğilme momentleri, M_{BR} ve M_{BT}, biyel kolu kuvvetlerinin eksene dik (radyal), F_R ve teğet, F_T bileşenleri nedeniyle üçgen eğilme momenti yükü esas alınarak ilgili kesitte hesaplanır (Şekil. 3.3).

Bir krankpinine etkiyen iki biyel kollu krank dilimleri için ilgili eğilme momentleri, iki üçgen eğilme momenti yüklerinin süperpoze edilmesi ile hesaplanır (Şekil. 3.4).

2.1.1.1 *V*eb'e etkiyen eğilme momentleri ve radyal kuvvetler

Eğilme momenti, M_{BRF} ve radyal kuvvet, Q_{RF} krank vebi kesitinde dolu vebin orta noktasına (L_1 mesafesinde) etki ettikleri kabul edilir ve biyel kolu kuvvetlerinin radyal bileşeninden türetilir.

Eğilme momentleri ve kesme kuvvetlerinden kaynaklanan nominal değişken eğilme ve normal gerilmeler krank *v*ebinin kesit alanı ile ilişkilendirilecektir. Bu referans kesit alanı, pinlerin bindirme yaptığı hattın ortasındaki veya pinler bindirme yapmıyorsa iki pinin ardışık hatlarının orta noktasındaki *v*eb kalınlığı W ve *v*eb genişliği B´den hesaplanır (Şekil 3.6).

2.1.1.2 Krankpin yağ deliği çıkışındaki eğilme

Krankpin kesitindeki yağ deliği boyunca iki ilgili eğilme momenti göz önüne alınır.

M_{BRO}, biyel kolu kuvvetinin radyal bileşeninin eğilme momentidir.

M_{BTO}, biyel kolu kuvvetinin teğet bileşeninin eğilme momentidir.

Bu eğilme momentleri nedeniyle oluşan değişken gerilmeler eksenel olarak delinmiş krankpinin kesit alanı ile ilişkilendirilecektir.

Ortalama eğilme gerilmeleri ihmal edilmektedir.

2.1.2 Nominal değişken eğilme ve kesme gerilmelerinin hesaplanması

Genel kaide olarak, gaz ve atalet kuvvetlerinden kaynaklanan krankpinine etkiyen radyal ve teğet kuvvetlerin bir çevrim boyunca bütün krank pozisyonları için hesaplarının yapılması gereklidir.

Bir çevrimde hesaplanan kuvvetler kullınalarak ve ana yatak orta noktasından olan mesafe göz önüne alınarak, 2.1.1.1 ve 2.1.1.2' de tanımlanan zamana göre eğilme momentleri M_{BRF}, M_{BRO}, M_{BTO} ve radyal kuvvetler Q_{RF} hesaplanacaktır.

V-tipi motorlarda, bir krank dilimine etki eden iki silindirin gaz ve atalet kuvvetlerinden hesaplanan eğilme momentleri faz farkına göre ve farklı dizaynlar (çatallı biyel kolu, eklemli tip biyel kolu veya bitişik biyel kolları) değerlendirilerek süperpoze edilecektir.

Bir krankşaftta farklı geometrik konfügürasyonlardaki kranklar (asimetrik kranklar gibi) için hesaplar tüm krank türlerini kapsayacaktır.

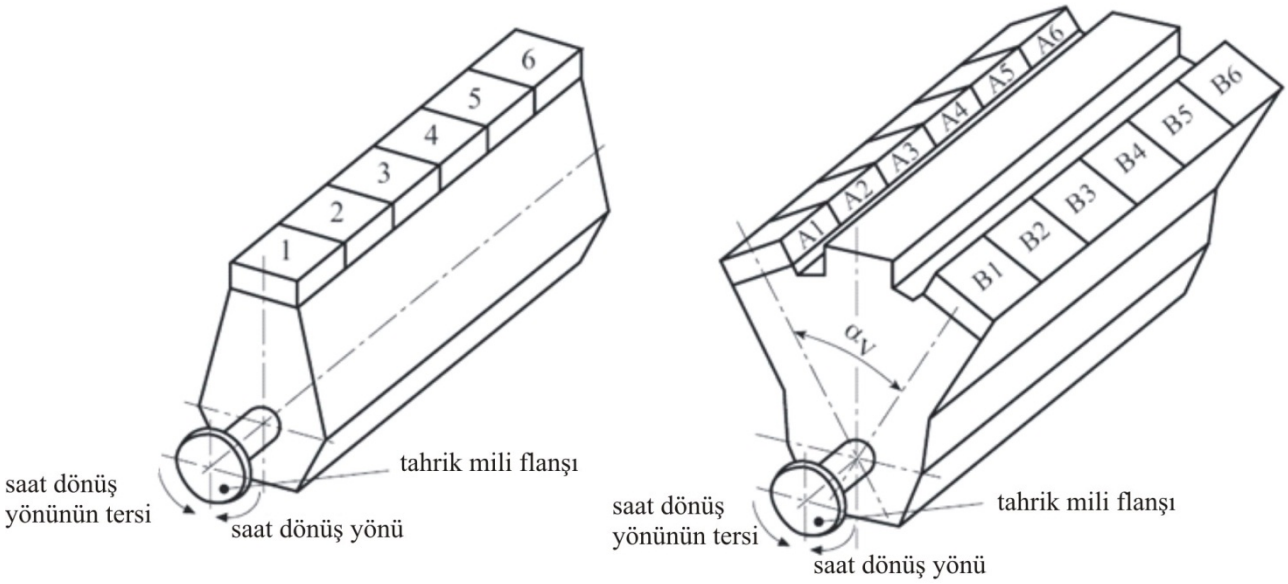
Belirleyici değişken değerler aşağıdaki bağıntıyla hesaplanacaktır:

$$X_N = \pm\frac{1}{2}(X_{max}-X_{min})$$

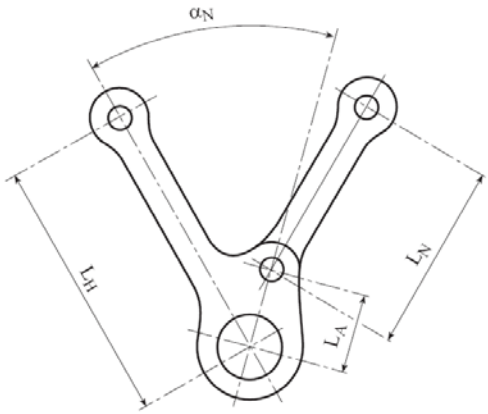
X_N = Değişken kuvvet, moment veya gerilme

X_{max} = Bir çevrimde en büyük değer

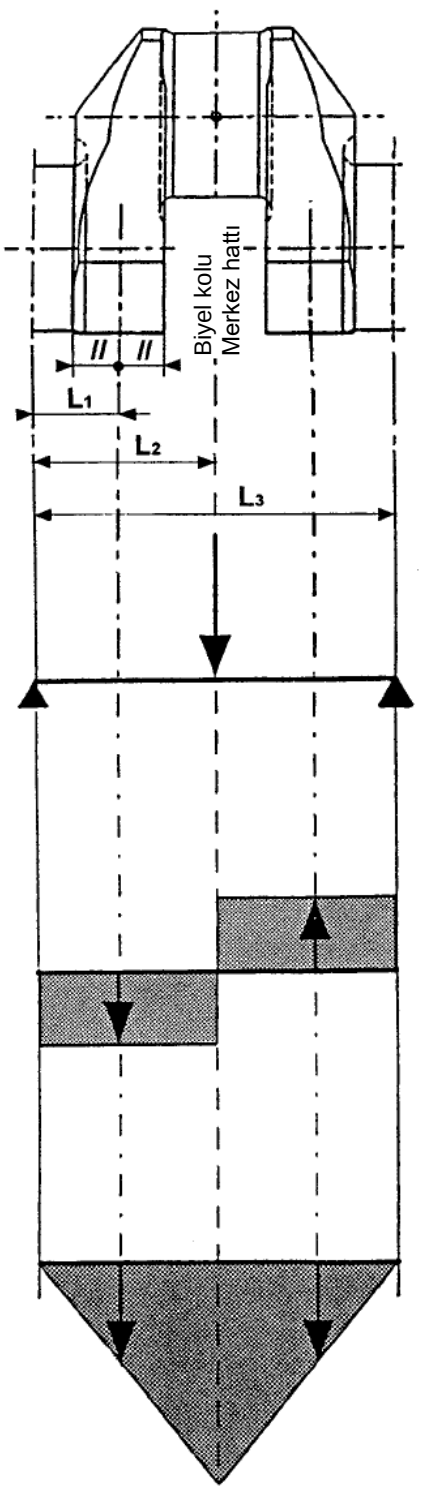
X_{min} = Bir çevrimde en küçük değer



Şekil 3.1 Silindirlerin işaretlenmesi



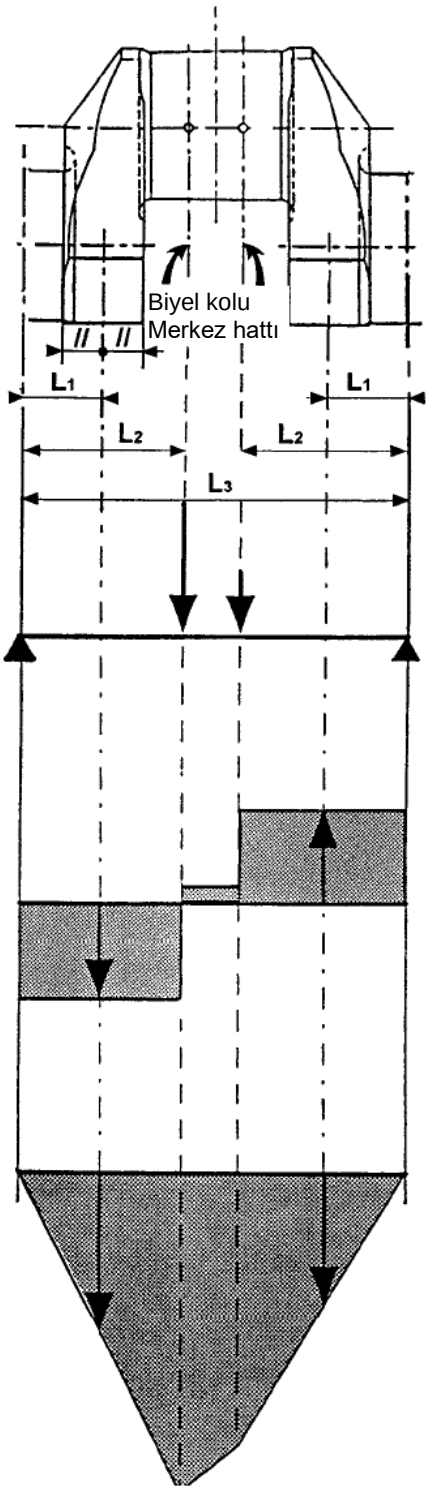
Şekil 3.2 Mafsallı tip biyel kolu



Biyel kolu bileşenlerin kuvvetleri (F_R veya F_T)

Radyal kesme kuvveti diyagramları (Q_R)

Eğilme momentleri diyagramları (M_{BR} veya M_{BT})



Şekil. 3.3 Sıralı tipte makina için krank dilimi

Şekil. 3.4 V–tipi iki bitişik biyel kollu makina için krank dilimi

L1 = Ana jurnal merkez hattı ile krank veb'i merkezi arasındaki mesafe
(bindirmesiz krankşaft için Şekil 2.6'ya da bakınız)
L2 = Ana jurnal merkez hattı ile konektin rot merkezi arasındaki mesafe
L3 = Bitişik iki ana jurnal merkezleri arasındaki mesafe

2.1.2.1 *V*eb kesitinde nominal değişken eğilme ve normal gerilmelerin hesaplanması

*V*eb kesitinde nominal eğilme ve normal gerilmelerin hesaplanması aşağıda verilmektedir:

$$\sigma_{BFN} = \pm \frac{M_{BRFN}}{W_{eqw}} \cdot 10^3 \cdot K_e$$

$$\sigma_{QFN} = \pm \frac{Q_{RFN}}{F} \cdot K_e$$

σ_{BFN} = Nominal değişken eğilme gerilmesi [N/mm^2]

M_{BRFN} = Nominal değişken eğilme momenti [Nm] (Şekil 3.3 ve 3.4)

$$M_{BRFN} = \pm \frac{1}{2}\left(M_{BRF,max} - M_{BRF,min}\right)$$

W_{eqw} = Veb kesit alanına ait kesit modülü [mm^3]

$$W_{eqw} = \frac{B \cdot W^2}{6}$$

K_e = yan yana krank ve yatak kısıtlayıcısının etkisini bazı uzunluklarda dikkate alan amprik faktör

K_e = 0,8 2-stroklu motorlar için

= 1,0 4-stroklu motorlar için

$$Q_{RFN} = \pm \frac{1}{2}\left(Q_{RF,max} - Q_{RF,min}\right)$$

σ_{QFN} = Radyal kuvvet nedeniyle veb kesit alanında nominal değişken normal gerilme [N/mm^2]

Q_{RFN} = Veb kesit alanında radyal kuvvet [N] (Şekil 3.3 ve 3.4)

$$F = B \cdot W$$

F = *V*eb kesiti ile ilgili alan [mm^2]

2.1.2.2 Krankpin yağ deliği çıkışında nominal değişken eğilme gerilmesi

Nominal değişken eğilme gerilmesinin hesabı aşağıda verilmektedir:

$$\sigma_{BON} = \pm \frac{M_{BON}}{W_e} \cdot 10^3$$

σ_{BON} = Krank pin çapı ile ilgili nominal değişken eğilme gerilmesi [N/mm^2]

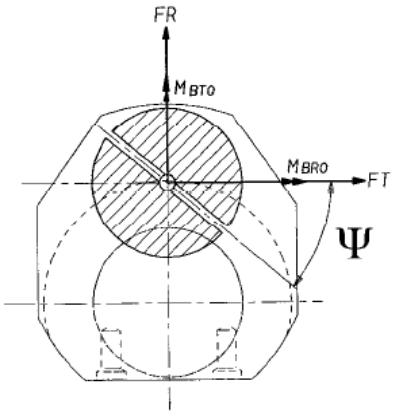
M_{BON} = Krankpin yağ deliği çıkışında hesaplanan değişken eğilme momenti [Nm]

$$M_{BON} = \pm \frac{1}{2}\left(M_{BO,max} - M_{BO,min}\right)$$

ile

$$M_{BO} = \left(M_{BTO} \cos\psi + M_{BRO} \sin\psi\right)$$

ve ψ [^{o}] açısı için Şekil 3.5'e bakınız.



Şekil 3.5 Yağ deliği boyunca krankpin kesiti

W_e = Eksenel olarak delinmiş krankpin kesit alanına ait kesit modülü [mm^3]:

$$W_e = \frac{\pi}{32}\left[\frac{D^4 - D_{BH}^4}{D}\right]$$

2.1.3 Dolgulardaki Değişken Eğilme Gerilmesinin Hesaplanması

Krankpin ve jurnal dolgularındaki gerilmelerin hesabı aşağıdaki gibi yapılacaktır.

Krankpin dolgusu için:

$$\sigma_{BH} = \pm(\alpha_B \cdot \sigma_{BFN})$$

σ_{BH} = Krankpini dolgusundaki değişken eğilme gerilmesi [N/mm^2],

α_B = Krankpini dolgusundaki gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptanması için 3'e bakınız)

Jurnal dolgusu için (yarı-imalat krankşaftlara uygulanmaz):

$$\sigma_{BG} = \pm\left(\beta_B \cdot \sigma_{BN} + \beta_Q \cdot \sigma_{QFN}\right)$$

σ_{BG} = Jurnal dolgusundaki değişken eğilme gerilmesi [N/mm^2],

β_B = Jurnal dolgusundaki eğilme için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptanması için 3'e bakınız),

β_Q = Kesme için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptanması için 3'e bakınız)

2.1.4 Krankpin yağ deliği çıkışındaki değişken eğilme gerilmelerinin hesaplanması

$$\sigma_{BO} = \pm(\gamma_B \cdot \sigma_{BON})$$

σ_{BO} = Krankpin yağ deliği çıkışındaki değişken eğilme gerilmesi [N/mm^2],

γ_B = Krankpini yağ deliğindeki eğilme için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptanması için 3'e bakınız)

2.2 Değişken burulma gerilmesinin hesaplanması

2.2.1 Genel

Nominal değişken burulma gerilmesinin hesabı makina üreticisi tarafından 2.1.2´de verilen bilgilere uygun şekilde yapılacaktır.

Bu hesaplardan elde edilen en büyük değerler **TL** tarafından, 5´e göre, eşdeğer değişken gerilme belirlenirken kullanılacaktır. Böyle bir en büyük değerin olmaması durumunda krankşaftın boyutlandırılması için, **TL**'nin tahmini bir sabit değer kullanması gerekecektir.

Makinada ve muhtemelen şaftlarında beklenen burulma titreşim gerilmelerinin tayininde zorlanmış titreşim hesabının yapılması için makina üreticisi adına **TL** görevlendirildiğinde, 1.5'e ilave olarak aşağıdaki bilgiler **TL**'ye teslim edilecektir:

- Motorun aşağıdakileri de içeren eşdeğer dinamik sistemi
  - Her ayrı parçanın kütle atalet momenti [kgm^2]
  - Ataletsiz burulma katılıkları [Nm/rad]
- Titreşim sönümleyicileri
  - Tip tanımı
  - Kütle atalet momentleri [kgm^2]
  - Ataletsiz burulma katılıkları [Nm/rad]
  - Sönümleme katsayıları [Nms]
- Volanlar
  - Kütle atalet momenti [kgm^2]

Eğer tüm donanım göz önüne alınıyorsa, yukarıdakilere ek olarak aşağıdaki bilgiler de temin edilecektir:

- Kaplin

Dinamik özellikleri ve sönümleme bilgisi

- Dişli donanımı bilgileri
  - Dişli şaftların, itme şaftlarının, ara şaftların ve pervane şaftlarının şaft çapları
- Şaftlar
  - İtme şaftlarının, ara şaftların ve pervane şaftlarının çapları
- Pervaneler
  - Pervane çapı
  - Kanat sayısı
  - Piç ve alan oranı
- Makina zorlamasının ilgili titreşim modları ile doğal frekansları ve harmoniklerinin vektör toplamları.
- Tüm önemli sistem elemanlarının özellikle açıkça gösterilmiş rezonans devir hızları ve sürekli işletim aralıklarının belirtildiği tahmini burulma titreşimi gerilmeleri

2.2.2 Nominal değişken burulma gerilmelerinin hesaplanması

Maksimum ve minimum değişken momentler, sistemin her kütle noktası ve tüm hız aralığı için iki stroklu makinalarda 1. mertebeden 15. mertebede dahil olmak üzere ve 4 stroklu motorlarda 0,5.mertebeden 12. mertebede dahil omak üzere zorlanmış titreşimlerin harmonik sentezi yoluyla hesaplanacaktır. Bu işlem yapılırken sistem içindeki sönümleme ve bazı istenmeyen durumlara (bazı silindirlerde ateşleme olmaması, yani sıkıştırma çevriminin oluştuğu ancak yanmanın oluşmadığı durum) karşı marjin oluşturulmalıdır. Geçici rejimde cevabın yeterli hassasiyette kayıt edilebilmesine imkan vermek için hız aralıkları uygun olarak seçilerek devir işletim sahasında bulunan rezonanslar tesbit edilecektir.Eksik Yanma Sıkıştırma çevriminde yanma gerçekleşmediğinde eksik oluşan silindir koşulu olarak tanımlanır.

Bu tip hesaplardan elde edilen değerler teslim edilecektir.

Değerlendirme için esas olan her kütle noktasındaki nominal değişken burulma gerilmesi aşağıdaki denklemden elde edilir:

$$\tau_N = \pm \frac{M_T}{W_p} \cdot 10^3$$

$$M_T = \pm \frac{1}{2}(M_{Tmax} - M_{Tmin})$$

$$W_p = \frac{\pi}{16}\left(\frac{D^4 - D_{BH}^4}{D}\right)$$

veya

$$W_p = \frac{\pi}{16}\left(\frac{D_G^4 - D_{BG}^4}{D_G}\right)$$

τ_N = Krankpin veya jurnalindeki nominal değişken burulma gerilmesi [N/mm^2],

M_{TN} = Maksimum değişken moment [Nm],

W_p = Krankpin veya jurnalinin delik kesit alanı ile ilgili polar kesit modülü [mm^3],

M_{Tmax} = Maksimum moment değeri [Nm]

M_{Tmin} = Minimum moment değeri [Nm]

Krankşaftın değerlendirilmesi ilgili eğilme gerilmesi ile birlikte burulma gerilmesine dayanmaktadır. Bu değerlendirme en düşük kabul edilme faktörü ile sonuçlanır. Yasaklanmış hız aralıkları gerekli olduğunda bu aralıklardaki burulma gerilmeleri kabul edilme faktörü hesaplarında göz önüne alınmayacaktır.

Yasaklanmış hız aralıkları, mevcudiyetlerinin uygun olmayan bir işletime yol açmayacakları şekilde düzenleneceklerdir. Nominal devir hızının $\lambda \geq 0{,}8$'in üzerinde bir hız oranında yasaklanmış hız aralığı olmayacaktır.

Krankşaftların onayı en küçük kabul edilebilirilik faktörü olan tesise dayalı olacaktır.

Her tesis için dolayısıyla, onaylanmış nominal değişken burulma gerilmesinin aşılmadığını kanıtlayan bir hesaplama yapılacaktır. Bu hesap değerlendirme için teslim edilecektir.

2.2.3 Dolgulardaki ve krankpin yağ delikleri çıkışındaki değişken burulma gerilmeleri

Gerilme hesapları krankpini, jurnal dolguları ve krankpini yağ deliği çıkışı için yapılacaktır.

Krankpini dolgusu için:

$$\tau_H = \pm(\alpha_T \cdot \tau_N)$$

τ_H = Krankpin dolgusundaki değişken burulma gerilmesi [N/mm^2],

α_T = Krankpin dolgusundaki burulma için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptama için C'ye bakınız).

τ_N = Krankpin çapı ile ilgili değişken burulma gerilmesi [N/mm^2],

Jurnal dolgusu için (yarı-imalat krankşaftlara uygulanmaz):

$$\tau_G = \pm(\beta_T \cdot \tau_N)$$

τ_G = Jurnal dolgusundaki değişken burulma gerilmesi [N/mm^2],

β_T = Jurnal dolgusundaki burulma için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptama için C'ye bakınız).

τ_N = Jurnal çapı ile ilgili değişken burulma gerilmesi [N/mm^2],

Krankpin yağ deliği çıkışı için:

$$\sigma_{TO} = \pm(\gamma_T \cdot \tau_N)$$

σ_{TO} = Krankpin yağ deliği çıkışında burulmadan dolayı değişken gerilme [N/mm^2],

γ_T = Krankpin yağ deliği çıkışında burulma için gerilme konsantrasyon faktörü [–] (saptama için C'ye bakınız),

τ_N = Krankpini çapı ile ilgili değişken burulma gerilmesi [N/mm^2].

3. Gerilme Konsantrasyon Katsayılarının Hesaplanması

3.1 Genel

Gerilme konsantrasyon faktörleri, dövme dolu-*v*eb tipi krankşaftların krankpini dolguları ve yağ deliklerine ve yarı-imalat krankşaftların krankpin dolgularına uygulanan 3.2, 3.3 ve 3.4'de verilen formüllere göre belirlenir. Yağ deliğini ilgilendiren gerilme konsantrasyon faktör formülü sadece radyal olarak delinen yağ delikleri halinde geçerlidir. Tüm formüller için dolgular hakkında FVV (Forschungsvereinigung Verbrennungs-kraftmaschinen)'nin ve yağ delikleri hakkında ESDU(Engineering Science Data Unit)'nun araştırmaları temel alınmıştır.

Krankşaftın geometrisi analitik stres faktörlerinin (SCF) sınırları dışında ise hesaplama metodu D.3.5 maddesinde detaylandırıldığı gibi olabilir.

Eğilme için gerilme konsantrasyon faktörleri (α_B, β_B) krankın orta kesitine etki eden eğilme zorlaması altında dolgularda oluşan maksimum eğilme gerilmesinin *v*eb kesit alanındaki nominal gerilmeye oranı olarak tarif edilirler.

Krankpin dolgusundaki basma için gerilme konsantrasyon faktörü (β_Q) radyal kuvvet nedeniyle dolguda oluşan maksimum eşdeğer gerilmenin (VON MISES) *v*eb kesit alanındaki nominal normal gerilmeye oranı olarak tarif edilir.

Burulma için gerilme konsantrasyon faktörleri (α_T, β_T) dolgularda burulma zorlaması altında oluşan maksimum burulma gerilmesinin, krankpini veya jurnalinin delik kesit alanındaki nominal gerilmeye oranı olarak tarif edilirler.

Eğilme (γ_B) ve burulma (γ_T) için gerilme konsantrasyon faktörleri, eğilme ve burulma yükleri altındaki krankpin yağ deliği çıkışında oluşan maksimum başlıca gerilmenin eksenel olarak delinmiş krankpin kesit alanı ile ilgili karşılık gelen nominal gerilmeye oranı olarak tarif edilirler.

Gerilme konsantrasyon faktörlerinin doğrudan değerlendirimesine imkan verecek güvenilir ölçümler ve/ veya hesaplamaların mevcut olduğu durumlarda, mevcut kurallara eşdeğer olduklarının belirlenmesi için ilgili dokümanlar ve analiz metodu **TL**'na teslim edilmelidir. Bu işlem, 3.2 – 3.4'de verilen ampirik formüllerde, boyutların geçerlilik aralığı dışında olduğunda daima yapılmalıdır.

Ek III ve VI'da gerilme yığılması faktörlerinin hesabında FE analizlerinin nasıl kullanıldığı anlatılmaktadır. Eşdeğer (von Mises) gerilmeler ile ana gerilmelerin karıştırılmamasına dikkate edilmelidir.

Gerilme konsantrasyon faktörlerinin hesabı için gereken tüm krank boyutları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Gerçek boyutlar:

D = Krankpin çapı [mm],

D_{BH} = Krankpin deliğinin çapı [mm],

D_O = Krankpin yağ deliğinin çapı [mm],

R_H = krankpin dolgu yarıçapı [mm],

T_H = krankpinin girintisi [mm],

D_G = Jurnal çapı [mm].

D_{BG} = Jurnal deliğinin çapı [mm],

R_G = Jurnal dolgusunun yarıçapı [mm],

T_G = Jurnal dolgusunun girintisi [mm],

E = Pin eksen kaçıklığı [mm],

S = Pin bindirmesi [mm],

$$S = \frac{D + D_G}{2} - E$$

W(*) = *V*eb kalınlığı [mm],

B(*) = *V*eb genişliği [mm].

(*) 2-stroklu yarı-imalat krakşaftlar halinde:

- $T_H > R_H$ halinde, *v*eb kalınlığı aşağıdakine eşit alınmalıdır:

  $W_{red} = W - (T_H - R_H)$ (Şekil 3.6)

- Veb kalınlığı, B Şekil 3.6'ya göre krankpin dolgusu yarıçapının merkezinden alınmalıdır.

Aşağıdaki boyutlar gerilme konsantrasyon faktörlerinin hesabında kullanılacaklardır:

Tablo 3.5 Gerilme konsantrasyon faktörleri

Krankpin dolguları	**Jurnal dolguları**
$r = R_H / D$	**$r = R_G / D$**
$s = S/D$	
$w = W/D$ bindirmeli krankşaftlarda	
$w = W_{red}/D$ bindirmesiz krankşaftlarda	
$b = B/D$	
$d_O = D_O/D$	
$d_G = D_{BG}/D$	
$d_H = D_{BH}/D$	
$t_H = T_H/D$	
$t_G = T_G/D$	

Gerilme konsantrasyon faktörleri araştırmaların yapıldığı boyutların aralıklarında geçerlidir. Aralıklar aşağıda verilmektedir:

$$s \le 0,5$$

$$0.2 \le w \le 0,8$$

$$1.1 \le b \le 2,2$$

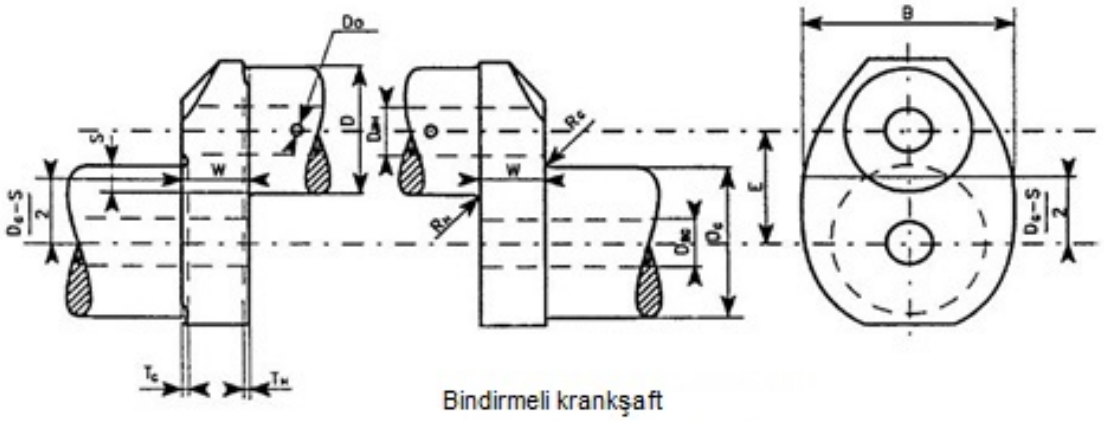
$$0.03 \le r \le 0,13$$

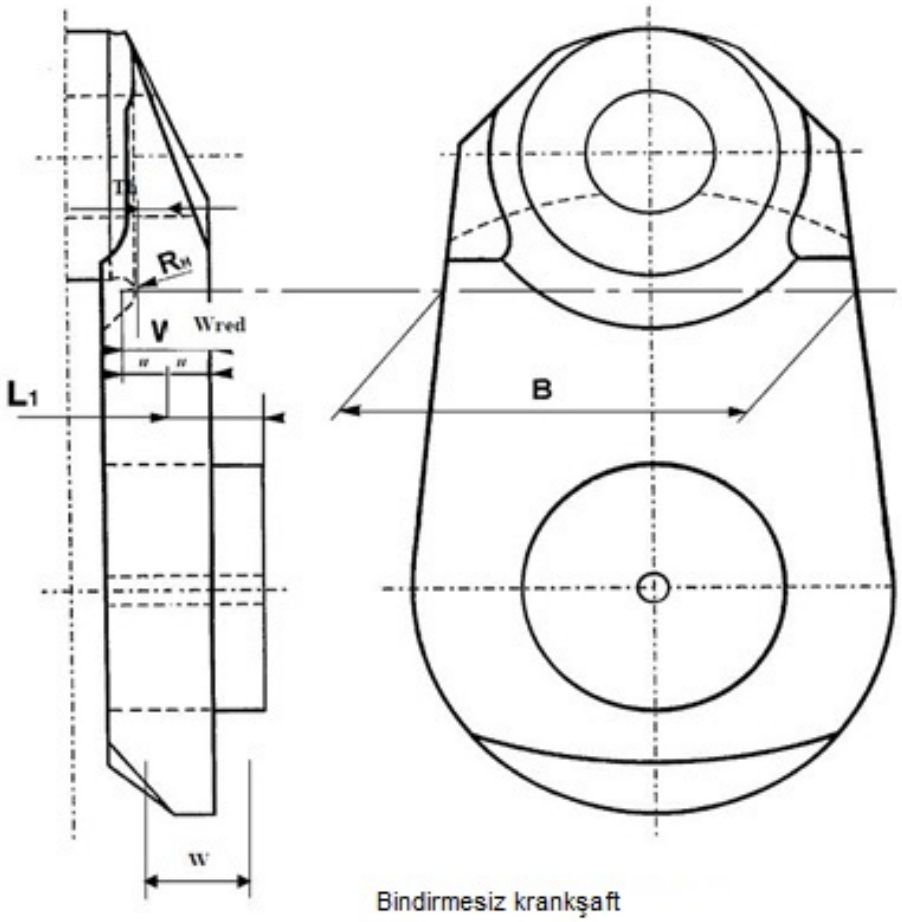
$$0 \le d_G \le 0,8$$

$$0 \le d_H \le 0,8$$

$$0 \le d_O \le 0,2$$

s'nin alt sınırları aşağıdaki hallerde büyük negatif değerler alabilecek şekilde genişletilebilir:





Şekil 3.6 Gerilme konsantrasyon faktörlerinin hesabı için gereken krank boyutları

Hesaplanan f(recess) < 1 ise f(recess) faktörü göz önüne alınmayacaktır, (yani f(recess)=1)

- S<-0,5 ise f(s,w) ve f(r,s), s'nin gerçek değeri için -0,5 alınarak belirlenecektir.

3.2 Krankpin dolgusu

Eğilme için gerilme konsantrasyon faktörü α_B :

$\alpha_B = 2,6914 \cdot f(s,w) \cdot f(w) \cdot f(b) \cdot f(r) \cdot f(d_G) \cdot f(d_H) \cdot f(recess)$

$f(s,w) = - 4,1883 + 29,2004 \cdot w - 77,5925 \cdot w^2 + 91,9454 \cdot w^3 - 40,0416 \cdot w^4 + (1 - s) \cdot (9,5440 - 58,3480 \cdot w + 159,3415 \cdot w^2 - 192,5846 \cdot w^3 + 85,2916 \cdot w^4) + (1 - s)^2 \cdot (- 3,8399 + 25,0444 \cdot w - 70,5571 \cdot w^2 + 87,0328 \cdot w^3 - 39,1832 \cdot w^4)$

$f(w) = 2,1790 \cdot w^{0,7171}$

$f(b) = 0,6840 - 0,0077 \cdot b + 0,1473 \cdot b^2$

$f(r) = 0,2081 \cdot r^{-0,5231}$

$f(d_G) = 0,9993 + 0,27 \cdot d_G - 1,0211 \cdot d_G^2 + 0,5306 \cdot d_G^3$

$f(d_H) = 0,9978 + 0,3145 \cdot d_H - 1,5241 \cdot d_H^2 + 2,4147 \cdot d_H^3$

$f(recess) = 1 + (t_H + t_G) \cdot (1,8 + 3,2 \cdot s)$

Burulma için gerilme konsantrasyon faktörü (α_T) :

$\alpha_T = 0,8 \cdot f(r,s) \cdot f(b) \cdot f(w)$

$f(r,s) = r^{[- 0,322 + 0,1015 \cdot (1 - s)]}$

$f(b) = 7,8955 - 10,654 \cdot b + 5,3482 \cdot b^2 - 0,857 \cdot b^3$

$f(w) = w^{-0,145}$

krankpin ve jurnalin çapları ve dolgu yarıçapları aynı ise,

3.3 Jurnal dolgusu (yarı-imalat krankşaftlara uygulanmaz)

Eğilme için gerilme konsantrasyon faktörü β_B :

$\beta_B = 2,7146 \cdot f_B(s,w) \cdot f_B(w) \cdot f_B(b) \cdot f_B(r) \cdot f_B(d_G) \cdot f_B(d_H) \cdot f(recess)$

$f_B(s,w) = -1,7625 + 2,9821 \cdot w - 1,5276 \cdot w^2 + (1 - s) \cdot (5,1169 - 5,8089 \cdot w + 3,1391 \cdot w^2) + (1 - s)^2 \cdot (- 2,1567 + 2,3297 \cdot w - 1,2952 \cdot w^2)$

$f_B(w) = 2,2242 \cdot w^{0,7548}$

$f_B(b) = 0,5616 + 0,1197 \cdot b + 0,1176 \cdot b^2$

$f_B(r) = 0,1908 \cdot r^{-0,5568}$

$f_B(d_G) = 1,0012 - 0,6441 \cdot d_G + 1,2265 \cdot d_G^2$

$f_B(d_H) = 1,0022 - 0,1903 \cdot d_H + 0,0073 \cdot d_H^2$

$f(recess) = 1 + (t_H + t_G) \cdot (1,8 + 3,2 \cdot s)$

Radyal kuvvetten dolayı basma için gerilme konsantrasyon faktörü β_Q :

$\beta_Q = 3,0128 \cdot f_Q(s) \cdot f_Q(w) \cdot f_Q(b) \cdot f_Q(r) \cdot f_Q(d_H) \cdot f(recess)$

$f_Q(s) = 0,4368 + 2,6130 \cdot (1 - s) - 1,5212 \cdot (1 - s)^2$

$f_Q(w) = w / (0,0637 + 0,9369 \cdot w)$

$f_Q(b) = - 0,5 + b$

$f_Q(r) = 0,5331 \cdot r^{-0,2038}$

$f_Q(d_H) = 0,9937 - 1,1949 \cdot d_H + 1,7373 \cdot d_H^2$

$f(recess) = 1 + (t_H + t_G) \cdot (1,8 + 3,2 \cdot s)$

Burulma için gerilme konsantrasyon faktörü β_T :

$\beta_T = \alpha_T$

$\beta_T = 0,8 \cdot f(r,s) \cdot f(b) \cdot f(w)$

krankpin ve jurnalin çapları ve dolgu yarıçapları farklı ise f(r,s), f(b) ve f(w) 3.2 uyarınca saptanacaklardır, (α_T'nin hesabına bakınız) bununla beraber jurnal dolgusunun yarıçapı jurnal çapı ile ilişkilendirilecektir:

$$r = \frac{R_G}{D_G}$$

3.4 Krankpin yağ deliği çıkışı

Eğilme için gerilme konsantrasyon faktörü γ_B:

$\gamma_B = 3 - 5,88\ d_O + 34,6\ d_O^2$

Burulma için gerilme konsantrasyon faktörü γ_T:

$\gamma_T = 4 - 6\ d_O + 30\ d_O^2$

4. İlave Eğilme Gerilmeleri

Dolgulardaki değişken eğilme gerilmelerine ek olarak (2.1.3'e bakınız) eksenden kaçıklık, bedpleyt deformasyonları ve eksenel ve eğilme titreşimleri nedeniyle oluşan ilave eğilme gerilmeleri aşağıdaki tabloda verilen σ_{add} tatbik edilerek göz önüne alınacaktır.

Tablo 3.6 İlave gerilme

Makina tipi	σ_{add} [N/mm^2]
Kroshedli makinalar	± 30 (*)
Trunk piston makinalar (krosetsiz)	± 10

(*) Ek ± 30 N/mm^2 gerilme iki bileşenden oluşmaktadır.

(1) *eksenel titreşimden oluşan ilave ± 20 N/mm^2 gerilme ve*

(2) *eksenden kaçıklık ve bedpleyt deformasyonundan kaynaklanan ilave ± 10 N/mm^2 gerilme*

± 20 N/mm^2 değerinin (motor/şaft/dişli donanımı/pervane) gibi dinamik sistemlerin (eksenel titreşim hesap sonuçlarının olmadığıdurumlarda eksenel titreşim bileşeni değerlendirilmesi için kullanılması tavsiye edilir.
Dinamik sistem için eksenel titreşim hesapları var ise , hesaplanan değerler kullanılabilir.

5. Eşdeğer Değişken Gerilmenin Hesabı

5.1 Genel

Krankpin dolgusunda, eğilme ve burulma iki farklı çift eksenli gerilme alanlarına yol açar. Eğilme ve burulma gerilmelerinin aynı zamanda ve aynı yerde oluştukları kabulüyle, bu gerilme alanları eşdeğer Von Mises gerilmesi ile temsil edilebilir (Ek I'e bakınız).

Sonuç olarak, eşdeğer değişken gerilme krankpin dolgusu ve jurnal dolgusu için Von Mises kriteri kullanılarak hesaplanacaktır.

Yağ deliği çıkışı için, eğilme ve burulma iki farklı gerilme alanına yol açar. Bu gerilme alanı, eğilme ve burulmanın aynı zamanda gerçekleştiği kabulüyle iki gerilme alanının kombinasyonu neticesinde elde edilen maksimum başlıca gerilmeye eşit bir eşdeğer gerilme ile temsil edilebilir (Ek II'ye bakınız).

Yukarıdaki iki farklı eşdeğer gerilme saptanması yolu, Von Mises kriterine göre değerlendirilen krankşaftların aynı yorulma mukavemeti değeri ile karşılaştırılabilen gerilmelere yol açar.

5.2 Eşdeğer değişken gerilme

Eşdeğer değişken gerilme değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır:

Krankpin dolgusu için:

$$\sigma_V = \pm\sqrt{(\sigma_{BH}+\sigma_{add})^2+3\cdot\tau_H^2}$$

Jurnal dolgusu için:

$$\sigma_V = \pm\sqrt{(\sigma_{BG}+\sigma_{add})^2+3\cdot\tau_G^2}$$

Krankpin yağ deliği çıkışı için:

$$\sigma_V = \pm\frac{1}{3}\sigma_{BO}\left[1+2\sqrt{1+\frac{9}{4}\left(\frac{\sigma_{TO}}{\sigma_{BO}}\right)^2}\right]$$

σ_V = Eşdeğer değişken gerilme [N/mm^2]

Diğer parametreler için D.2.1.3, D.2.2.3 ve D.4´e bakınız.

6. Yorulma Mukavemetinin Hesabı

Yorulma mukavemeti, dolguların en fazla gerilmeye maruz kaldığı noktalarda bir krankşaftın sürekli olarak mukavemet göstereceği eşdeğer değişken gerilme değeridir. Krankşaft için yorulma dayanımının gerçekçi bir şekilde ölçülemediği durumlarda, yorulma dayanımı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

Krankpin çapına bağlı olarak:

$$\sigma_{DW} = \pm K \cdot (0{,}42 \cdot \sigma_B + 39{,}3) \cdot \left[0{,}264 + 1{,}073 \cdot D^{-0.2} + \frac{785 - \sigma_B}{4900} + \frac{196}{\sigma_B} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_X}} \right]$$

$R_X = R_H$: Dolgu alanı için

$R_X = D_O/2$: Yağ deliği alanı için:

Jurnal çapına bağlı olarak:

$$\sigma_{DW} = \pm K \cdot (0{,}42 \cdot \sigma_B + 39{,}3) \cdot \left[0{,}264 + 1{,}073 \cdot D_G^{-0{,}2} + \frac{785 - \sigma_B}{4900} + \frac{196}{\sigma_B} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_G}} \right]$$

σ_{DW} = Krankşaftın izin verilen yorulma dayanımı [N/mm²],

K = Isıl işlem geçirmemiş farklı tipte dövme veya döküm krankşaftlar için faktör [–],

1'den büyük değerler sadece dolgu alanındaki yorulma mukavemeti için uygulanabilir. [-],

= 1,05 sürekli tane akışlı döküm dövme ve düşme ile dövme krankşaftlar için,

= 1,0 serbest şekillendirme dövme krankşaftlar için.

Dolgu alanında soğuk haddeleme işleminden geçirilmiş dökme çelik krankşaftlar için faktör.

= 0,93 **TL** onaylı soğuk haddeleme işlemini kullanan kuruluşlar tarafından üretilen dökme çelik krankşaftlar için.

σ_B = Krankşaft malzemesinin minimum çekme dayanımı [N/mm²].

Diğer parametreler için D.3.1´e bakınız.

Uygulanan yüzey işlem prosesi **TL** onaylı olacaktır.

İşlenmiş dolguların yüzeyi ve yağ deliği çıkışının hesabıyla ilgili bilgiler Ek V'de verilmiştir.

Bununla beraber, , dolguların yüzeyi, yağ deliğinin çıkışı ve iç kısımı (minimum yağ deliği çapının 1,5 katı derinliğe kadar) pürüzsüz işlenmiş olmalı ve hesaplamalarda R_H, R_G ve R_x 2 mm'den daha az alınmamalıdır.

Alternatif olarak, krank şaftın yorulma mukavemeti, tam ölçülü krank kolu (veya krank şaftı) ya da tam ölçülü krank kolundan alınmış örneklerde yapılan deneyler sonucu belirlenebilir. Test sonuçlarının değerlendirilmesi için Ek IV'e bakınız.

7. Kabul Edilme Kriterleri

Krankşaftın yeterli boyutlandırılması eşdeğer değişken gerilme ve yorulma mukavemeti karşılaştırılması ile doğrulanır. Bu karşılaştırma krankpin dolgusu ve jurnal dolgusu, krankpin yağ deliği çıkışı için aşağıdaki formüle göre yapılmalıdır:

$$Q = \frac{\sigma_{DW}}{\sigma_V}$$

Q = Kabul edilebilirlik faktörü [–]

Krankşaftın yeterli boyutlandırılması her iki kabul edilebilirlik faktörünün küçüğünün aşağıdaki kriteri sağlaması ile garanti altına alınacaktır:

$$Q \geq 1{,}15$$

8. Yarı-imalat Krankşaftların Sıkı Geçme Bağlantılarının Hesabı

8.1 Genel

Sıkı geçme hesabı için gerekli olan tüm krank boyutları Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

D_S = Sıkı geçme çapı [mm],

L_S = Sıkı geçme boyu [mm],

D_A = vebin dış çapı [mm],

veya

jurnallerin eksenleri ile vebin dış konturu arasındaki minimum mesafenin iki katı,

hangisi daha küçükse.

y = Jurnal ve pinin komşu kenarları arasındaki mesafe [mm].

$y \geq 0{,}05\ D_S$

y'nin 0,1. D_S 'den küçük olması halinde krankpin dolgusunda yorulma mukavemeti üzerinde sıkı geçmeden dolayı gerilme etkisine özel önem verilecektir.

Diğer parametreler için D.3.1'e bakınız. (Şekil. 3.6)

Jurnalden sıkı geçme çapına geçiş yarıçapı için, aşağıdakiler göz önüne alınmalıdır.

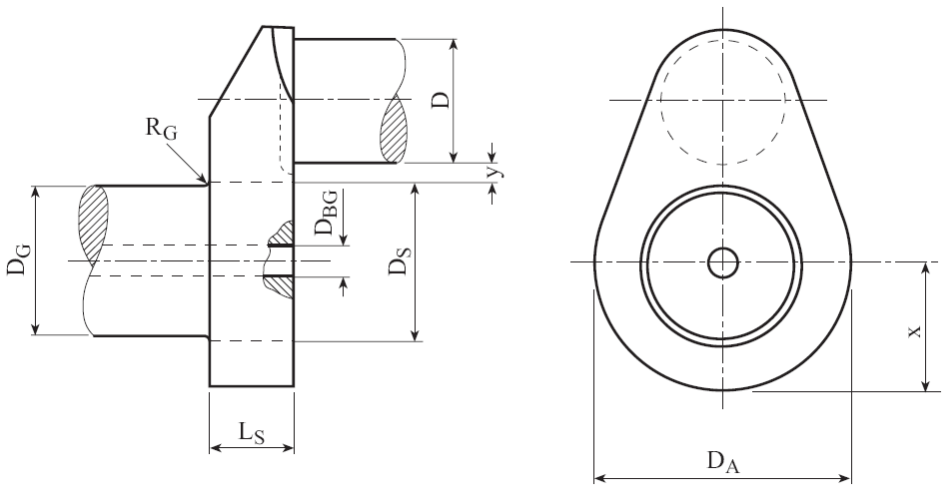
$R_G \geq 0{,}015 \cdot D_G$ ve $R_G \geq 0{,}5 \cdot (D_S - D_G)$

büyük olan değer alınmalıdır

Sıkı geçmenin boyut aşımı Z, 8.2 ve 8.3 maddeleri uyarınca hesaplanan Z_{min} ve Z_{max} sınırları arasında olmalıdır.

8.2'deki kondisyonun sağlanamaması durumunda çok bölgeli plastisite problemleri nedeniyle Z_{min} ve Z_{max}'ın hesabında 8.3 ve 8.4'teki yöntemler uygulanmaz.

Bu gibi durumlarda Z_{min} ve Z_{max}, FEM hesaplarına göre belirlenmelidir.



Şekil 3.7 Yarı-imalat krankşaft için krank dilimi

8.2 Jurnal pininde maksimum izin verilen delik

Jurnal pininde maksimum izin verilen delik çapı aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$D_{BG} = D_S \sqrt{1 - \frac{4000 \cdot S_R \cdot M_{max}}{\mu \cdot \pi \cdot D_S^2 \cdot L_S \cdot \sigma_{SP}}}$$

S_R = Kayma için güvenlik faktörü [-], deneylerle kanıtlanmadıkça 2'den küçük değer alınmamalıdır.

M_{max} = 2.2.2 uyarınca mutlak maksimum moment M_{Tmax} [Nm]

μ = statik sürtünme katsayısı [-],deneylerle kanıtlanmadıkça 0.2'den büyük değer alınmamalıdır

σ_{SP} = Jurnal pini malzemesinin minimum akma gerilmesi [N/mm^2]

Bu koşul jurnal pin deliğindeki plastisitenin önlenmesini temin eder.

8.3 Sıkı geçmenin gerekli minimum boyut aşımı

Gerekli minimum boyut aşımı 8.3.1 ve 8.3.2 uyarınca hesaplanan değerin büyük olanı ile tesbit edilir.

8.3.1 Minimum boyut aşımının hesabı mutlak maksimum moment M_{max} taşıyan krank dilimi için hesaplanacaktır. M_{max} momenti krankşaftın çeşitli kütle noktaları için D.2.2 uyarınca saptanan M_{Tmax}, momentinin maksimum değerine karşılık gelmektedir.

$$Z_{min} \geq \frac{4{,}10^3}{\pi \cdot \mu} \cdot \frac{S_R \cdot M_{max}}{E_m \cdot D_S \cdot L_S} \cdot \frac{1\text{-}Q_A^2 \cdot Q_S^2}{(1\text{-}Q_A^2) \cdot (1\text{-}Q_S^2)}$$

$$Q_A = \frac{D_S}{D_A}$$

$$Q_S = \frac{D_{BG}}{D_S}$$

Z_{min} = Minimum boyut aşımı [mm],

S_R = Kayma için güvenlik faktörü, deneylerle belgelenmedikçe 2'den küçük bir değer alınmayacaktır [–],

Q_A, Q_S = Değişik çapların oranı [–],

μ = Statik sürtünme katsayısı, 8.2'ye bakınız,

E_m = Young modülü [N/mm^2].

8.3.2 8.3.1'e ek olarak minimum boyut aşımı aşağıdaki formüle göre de hesaplanacaktır:

$$Z_{min} \geq \frac{\sigma_{SW} \cdot D_S}{E_m}$$

σ_{SW} = Krank veb malzemesinin minimum akma gerilmesi [N/mm^2].

8.4 Sıkı geçmenin maksimum izin verilen boyut aşımı

Maksimum izin verilen boyut aşımı aşağıdaki formül uyarınca hesaplanır:

$$Z_{max} \leq \frac{\sigma_{SW} \cdot D_S}{E_m} + \frac{0.8 \cdot D_S}{1000}$$

Z_{max} = Maksimum boyut aşımı [mm].

Bu koşul, dolguda sıkı geçmenin oluşturduğu ortalama gerilmeyi sınırlandırma amacına hizmet eder.

E. Testler ve Denemeler

1. Makina Üreticisinin Atölyesi ve İmalat Muayenesi

1.1 **TL** klasını alacak tüm makinaların üretim denetimi **TL** tarafından yapılır. Kapsam, üretici ile **TL** tarafından kararlaştırılacaktır.

1.2 Makina üreticisi, **TL** tarafından "Seri üretilen içten yanmalı makina üreticisi" onayını almışsa, bu makinalar 4´e göre test edilecektir.

1.3 Eğer atölye yeni kurulduysa veya yeni bir üretim hattı kurulduysa veya yeni bir makina tipi sözkonusuysa veya yeni bir üretim prosesi uygulandığında, her atölyede, makinaların montajı ve testleri **TL** onaylı olacaktır.

1.4 Üreticiler, uygun üretim ve test donanımına , nitelikli bir ekibe ve bir kalite yönetim sistemine sahip olmalıdır. Ürünlerin üniform bir üretim kalitesin e sahip olarak üretilmesini garanti altına almak için aşağıdaki husular sağlanmalıdır:

- Üretim tesisleri, bütün malzeme ve bileşenler belirtilen bir standarda göre işlenmiş ve üretilecek şekilde donatılır. Üretim tesisleri ve montaj hatları, işleme ünitelerini içeren, kaynak prosesleri, özel aletler, özel cihazlar, montaj ve test donanımları kaldırma ve taşıma cihazları gibi makinanın boyutu ve tipi, bileşenleri ve tasarlanan amaca uygun olmalıdır. Malzemeler ve bileşenler, üretici tarafından belirtilen üretim ve kalite talimatları ile uyumlu olacak şekilde üretilmeli ve **TL** tarafından kabul edilmelidir.

- Eğer gerekliyse dinamik tepki verme testi dahil olmak üzere, yük testleri için uygun muayene tezgahı sağlanmalıdır. Test için kullanılan tüm sıvılar, yakıt, yağlama yağı ve soğutma suyu gibi, tasarlanan amaca uygun; temiz, eğer gerekliyse ön ısıtma yapılmalı ve makina parçalarına zarar vermeyecek şekiilde olmalıdır.

- Uygulanabilirse, parçaların üretimi, montajı, testi ve nakliyesi ile kısmi sökme işlemleri için eğitimli personel bulunacaktır.

- Tersaneler dizel makinaların depolanması, yeniden montaj ve test prosesleri, makinaye veya onun parçalarına verilebilecek hasar riskini minimize etmelidir.

- Makina üreticilerinin atölyeleri, TL tarafından kabul edilen bir kalite yönetim sistemi olmalıdır.

1.5 Basınç Testleri

İçten yanmalı makinaların parçaları tek tek Tablo 3.6C'de verilen basınçlarda basınç testine tabi tutulurlar.

2. Makina Bileşenlerinin Sertifikalandırılması

2.1 Genel

2.1.1 Makina üreticisi, **TL** tarafından sertifikalandırılacak olan makina tipine uygun bir kalite kontrol sistemine sahip olmalıdır. Kalite kontrol sistemi alt-yüklenicilere de uygulanır. **TL**, sistemi veya sistemin kısımlarını inceleme hakkına sahiptir. Malzemeler ve bileşenler, makina üreticisi tarafından belirlenen tüm üretim ve kalite talimatlarına uygun olarak üretilecektir. **TL**, belirli parçaların **TL** Sertifikası (SC), Üretici Sertifikası (W) veya Test Raporu (TR) ile doğrulanmasını ve dokümante edilmesini isteyecektir.

2.1.2 TL Sertifikası (SC)

Bu doküman, aşağıdakileri belirten ve **TL** tarafından düzenlenen bir belgedir:

- Kural isteklerine uygunluğu,

- Testlerin ve muayenelerin:

  - sertifikalandırılacak tamamlanmış bileşenin kendisi üzerinde veya
  - bileşenin üretiminin ilk aşamalarında alınan numuneler üzerinde

  yapılmış olduğu,

- Muayenelerin ve testlerin Sörveyörün gözetiminde veya özel anlaşmalara göre, yani Alternatif Sertifikalandırma Programı'na göre (ACS) yapıldığı.

2.1.3 Üretici Sertifikası (W)

Bu doküman, aşağıdakileri belirten ve üretici tarafından imzalanan bir belgedir:

- İsteklere uygunluğu,
- Testlerin ve muayenelerin:
  - sertifikalandırılacak tamamlanmış bileşenin kendisi üzerinde veya
  - bileşenin üretiminin ilk aşamalarında alınan numuneler üzerinde

  yapılmış olduğu,
- Testlerin, üreticinin ilgili biriminin vasıflı temsilcisi gözetiminde yapıldığını ve imzalandığı.

Aşağıda belirtilen durumlarda, üretici sertifikası **TL** tarafından düzenlenen ve onaylanan bir sertifika olarak kabul edilebilir:

- Testler **TL** Sörveyörü gözetiminde yapılmışsa, veya
- **TL** ile üretici veya malzeme sağlayıcısı arasında Alternatif Sertifikalandırma Programı (ACS) anlaşması yürürlükte ise, veya
- Üretici sertifikası, **TL** tarafından kabul edilen ve üretici ve/veya malzeme sağlayıcısından bağımsız olan akredite bir üçüncü taraf kuruluş tarafından yapılmış testlerle destekleniyorsa.

2.1.4 Test Raporu (TR)

Bu doküman, aşağıdakileri belirten ve üretici tarafından imzalanan bir belgedir:

- İsteklere uygunluğu,
- Testlerin ve muayenelerin üretim demetinden alınan numuneler üzerinde yapılmış olduğunu.

2.1.5 Yukarıdaki dokümanlar, ürün dokümantasyonu amacıyla ve aynı zamanda çatlak algılama, boyut kontrolü, vb. gibi tekil muayene dokümantasyonu amacıyla kullanılır. **TL** ile anlaşmaya varıldığı takdirde, tekil testlerin ve muayenelerin dokümantasyonu, bileşenin üretim sürecinde izlenerek bir kontrol listesine sonuçların doldurulması suretiyle de sağlanabilir.

2.1.6 TR ve W, üzerinde anlaşmaya varılmış ve onaylanmış spesifikasyonlara uygunluğu yönünden sörveyör tarafından gözden geçirilir. SC, ACS başka bir düzenlemeyi gerektirmedikçe, sörveyörün testlere (grup veya tekil) nezaret ettiği anlamını taşır.

2.1.7 Üreticinin, dokümanları **TL** tarafından doğrudan talep edilmeyen parçalarla ilgili testler ve muayenelerle ilgili sorumluluğu devam eder.

Üretim yöntemi ve donanımı, tüm malzemelerin ve bileşenlerin gerekli standartlara uygun olarak üretebilecek şekilde düzenlenecek ve sürekliliği sağlanacaktır. Bu donatım, üretim ve montaj hatlarını, işleme ünitelerini, özel takım ve cihazları, montaj ve test teçhizatını, tüm kaldırma ve taşıma donanımını içerir.

2.2 Dokümante edilecek parçalar

2.2.1 Dokümante edilecek parçaların kapsamı,makina tipine, boyutlarına ve parçanın kritikliğine bağlıdır.

2.2.2 Kullanılan semboller Tablo 3.6.A'da verilmiştir. Makina bileşenleri için gerekli dokümanların özeti Tablo 3.6.B'de listelenmiştir.

2.2.3 Tablo 3.6.B'de belirtilmeyen bileşenler ve malzemeler, tüm ayrıntıların verilmesi ve incelenmesi sonucunda **TL** tarafından değerlendirmeye alınacaktır.

Tablo 3.6.A Tablo 3.6.B'de kullanılan semboller

Sembol	Tanımlama
C	Kimyasal bileşim
CD	MPI veya DP ile çatlak algılama
CH	Krosetli makinalar
D	Silindir çapı [mm]
GJL	Kır dökme demir
GJS	Küresel grafitli dökme demir
GS	Çelik döküm
M	Mekanik özellikler
SC	**TL** sertifikası
TR	Test raporu
UT	Ultrasonik test
W	Üretici sertifikası
X	Ulaşılabilen yüzeylerin sörveyör tarafından gözle muayenesi

Tablo 3.6.B Makina bileşenleri için gerekli dokümantasyon listesi

Madde	Parça (4), (5), (6), (7), (8)	Malzeme özellikleri (1)	Tahribatsız muayene (2)	Hidrolik test (3)	Yüzey koşulu dahil, boyut muayenesi	Görsel muayene (Sörveyör)	Uygulanan makinalar	Bileşen sertifikası
1	Kaynaklı bedpleyt	W (C+M)	W (UT+CD)			Montaj + Kaynak sonrası	Tümü	SC
2	Yatak enine kirişleri GS	W (C+M)	W (UT+CD)			X	Tümü	SC
3	Kaynaklı freym	W (C+M)	W (UT+CD)			Montaj + Kaynak sonrası	Tümü	SC
4	Silindir bloğu GJL			W (10)			> 400 kW/cyl	
5	Silindir bloğu GJS			W (10)			> 400 kW/cyl	
6	Kaynaklı silindir freymleri	W (C+M)	W (UT+CD)			Montaj + Kaynak sonrası	CH	SC
7	Makina bloğu GJL			W (10)			> 400 kW/sil.	
8	Makina bloğu GJS	W (M)		W (10)			> 400 kW/sil.	
9	Silindir layneri	W (C+M)		W (10)			D> 300 mm	
10	Silindir kaveri GJL			W			D> 300 mm	
11	Silindir kaveri GJS			W			D> 300 mm	
12	Silindir kaveri GS	W (C+M)	W (UT+CD)	W		X	D> 300 mm	SC
13	Dövme silindir kaveri	W (C+M)	W (UT+CD)	W		X	D> 300 mm	SC
14	Piston kafası GS	W (C+M)	W (UT+CD)			X	D> 400 mm	SC
15	Dövme piston kafası	W (C+M)	W (UT+CD)			X	D> 400 mm	SC
16	Tek parça olarak üretilen krankşaft	SC (C+M)	W (UT+CD)		W	Rastgele, iç köşeler ve yağ delikleri	Tümü	SC
17	Yarı-mamul krankşaft (Krank kolu, dövme ana jurnal ve flençli jurnaller)	SC(C+M)	W(UT+CD)		W	Rastgele, iç köşeler ve sıkı geçmeler	Tümü	SC

Tablo 3.6.B Makina bileşenleri için gerekli dokümantasyon listesi (devam)

Madde	Parça (4), (5), (6), (7), (8)	Malzeme özellikleri (1)	Tahribatsız muayene (2)	Hidrolik test (3)	Yüzey koşulu dahil, boyut muayenesi	Görsel muayene (Sörveyör)	Uygulanan makinalar	Bileşen sertifikası
18	Egzost gaz valfi muhafazası			W			CH	
19	Piston rot	SC (C+M)	W (UT+CD) Nihai işlemeden (taşlama) sonra tekrar CD			Rastgele	D > 400 mm CH	SC
20	Kroset	SC (C+M)	W (UT+CD) Nihai işlemeden (taşlama ve parlatma) sonra tekrar CD			Rastgele	CH	SC
21	Kepli konektin rot	SC (C+M)	W (UT+CD)		W	Rastgele, tüm yüzeyler, özellikle bilyalı raspalananlar	Tümü	SC
22	Krankşaft kaplin civataları	SC (C+M)	W (UT+CD)		W	Rastgele, sıkı geçmeler	Tümü	SC
23	Ana yataklar için civata ve saplamalar	W (C+M)	W (UT+CD)				D> 300 mm	
24	Silindir kaverleri için civatalar ve saplamalar	W (C+M)	W (UT+CD)				D> 300 mm	
25	Konektin rotlar için civatalar ve saplamalar	W (C+M)	W (UT+CD)		TR, diş açılmasının		D> 300 mm	
26	Bağlantı rotu (tayrot)	W (C+M)	W (UT+CD)		TR, diş açılmasının	Rastgele	CH	SC
27	Yüksek basınçlı yakıt püskürtme pompası gövdesi	W (C+M)		W			D> 300 mm	
		W (C+M)		TR			D≤ 300 mm	
28	Yüksek basınçlı yakıt püskürtme valfleri (sadece özsürtünmesiz – autofretted- olmayanlar için			W			D> 300 mm	
				TR			D≤ 300 mm	
29	Yüksek basınçlı yakıt enjeksiyon sistemi dahil, yüksek basınçlı yakıt püskürtme boruları	W (C+M)		W özsürtünmesiz olmayanlar için			D> 300 mm	
		W (C+M)		TR özsürtünmesiz olmayanlar için			D≤ 300 mm	
30	Yüksek basınçlı servo yakıt sistemi	W (C+M)		W			D> 300 mm	
		W (C+M)		TR			D≤ 300 mm	

Tablo 3.6.B Makina bileşenleri için gerekli dokümantasyon listesi (devam)

Madde	Parça (4), (5), (6), (7), (8)	Malzeme özellikleri (1)	Tahribatsız muayene (2)	Hidrolik test (3)	Yüzey koşulu dahil, boyut muayenesi	Görsel muayene (Sörveyör)	Uygulanan makinalar	Bileşen sertifikası
31	Soğutucu,her iki taraf (9)	W (C+M)		W			D> 300 mm	
32	Akümülatörler	W (C+M)		W			Akümülatör kapasitesi > 0,5 l olan tüm makinalar	
33	Valflerin hidrolik tahrikleri için borular, pompalar, aktüatörler, vb., varsa	W (C+M)		W			> 800 kW/sil.	
34	Madde 27 ve 33'de belirtilen pompalar dışındaki makina tahrikli pompalar (yağlama, su, yakıt, sintine)			W			> 800 kW/sil.	
35	Ana yatak, kroset yatağı ve krankpin yatağı	TR (C)	TR (ana malzeme ile yatak metali arasındaki tam temas için UT)		W		> 800 kW/sil.	

Notes

(1) *Malzeme özellikleri, kimyasal bileşimi, mekanik özellikleri ve yüzey sertleştirme (sertlik, derinlik ve yayılım), bilya ile raspalama ve haddeleme (yayılım ve uygulanan kuvvet) gibi yüzey işlemlerini içerir.*

(2) *Tahribatsız muayene, örneğin, ultrasonic testler, MPI veya DP ile çatlak algılama anlamındadır. Belirli bir NDT yöntemi (örneğin, 12/13 maddeleri için UT gibi) bitmiş bileşende uygulanamıyorsa, NDT yöntemi bileşeninin üretiminin daha önceki uygun aşamalarında gerçekleştirilebilir, E.2.1.2'ye bakınız.*

(3) *Hidrolik testler, bileşenin su/yağ tarafına uygulanır. Parçalar, makisimum çalışma basıncının 1,5 katına eşit basınçla test edilecektir. Yakıt püskürtme sistemin yüksek basınçlı parçaları, maksimum çalışma basıncının 1,5 katına eşit basınçla veya maksimum çalışma basıncı + 300 bar basınçla (hangisi küçükse) test edilecektir. Dizaynın veya test özelliklerinin bu test isteklerinde değişiklik yapılmasını gerektirdiği hallerde, özel değerlendirme yapılabilir.*

(4) *Pompalar ve boru bileşenlerinin malzeme sertifikasyonu istekleri çalışpma basıncına ve sıcaklığına bağlıdır. Bu Tablodaki istekler, Bölüm 14 ve 16'da açıkça belirtilen alternatif istekler haricinde uygulanır.*

(5) *Türboşarjerler için Bölüm 3'e bakınız..*

(6) *Krankkeyz patlama emniyet valfleri tip testli olacaktır.*

(7) *Yağ buharı algılama sistemi tip testli olacaktır.*

(8) *Devir sayısı gvernörü ve aşırı devir koruma düzeni için F.'ye bakınız.*

(9) *Doldurma havası soğutucusunun sadece su tarafı test edilecektir.*

(10) *Hidrolik testler, soğutma suyu ile doldurulan ve silindirle veya silindir layneri ile temasta bulunan suyu içeren işlevi bulunan parçalar için de gereklidir.*

Tablo 3.6C Basınç testleri (1)

Parça adı		Test basıncı p_p [bar] (2)
Silindir kaveri, soğutma suyu mahalli **(3)**		7
Silindir layneri, tüm soğutma suyu mahalli boyunca **(5)**		7
Silindir ceketi, soğutma suyu mahalli		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$ **(2)**
Egzost valfi, soğutma suyu mahalli		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$
Yakıt püskürtme sistemi	Pompa gövdesi, basınç tarafı	1,5 · $p_{e,müs}$ veya $p_{e,müs}$ + 300 (hangisi küçük ise)
	Valfler	1,5 · $p_{e,müs}$ veya $p_{e,müs}$ + 300 (hangisi küçük ise)
	Boru devreleri	1,5 · $p_{e,müs}$ veya $p_{e,müs}$ + 300 (hangisi küçük ise)
Hidrolik sistem	Egzost gazı valflerinin hidrolik tahrik sistemine ait yüksek basınçlı borular	1,5 · $p_{e,müs}$
Egzost gazı türboşarjeri, soğutma suyu mahalli		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$
Egzost devresi, soğutma suyu mahalli		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$
Soğutucu, her iki tarafı **(4)**		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$
Makinaya bağlı pompalar (yağ, su, yakıt, sintine)		4 en az 1,5 · $p_{e,müs}$
İlk hareket ve kumanda havası sistemi (montajdan önce)		1,5 · $p_{e,müs}$

(1) *Genel olarak parçalara hidrolik test uygulanır. Dizaynın ve testlerin özelliği nedeniyle test kurallarında bir değişiklik gerekiyorsa, özel kurallar üzerinde anlaşma sağlanabilir.*

(2) $p_{e,müs}$ *[bar] = İlgili parçaların müsaade edilebilen en büyük çalışma basıncı.*

(3) *Dövme silindir kaverleri için basınç testi yerine diğer test yöntemleri kabul edilebilir; örneğin, uygun tahribatsız muayene şekilde kaydedilmiş boyut kontrolü.*

(4) *Dolgu havası soğutucusu yalnız su tarafı.*

(5) *Savurma dökümlü silindir laynerleri için basınç testi yerine yarılma testi uygulanabilir.*

3. Dizel Makinalar için Tip Onayı Testleri

3.1 Genel

3.1.1 İçten yanmalı makinaların tip onayı; resimlerin onayı, spesifikasyonun onayı, üretimin uygunluğu, tip testi programının onayı, makinaları tip testleri, elde edilen sonuçların gözden geçirilmesi ve tip onayı sertifikasının düzenlemesi aşamalarından oluşur. Tip onay sertifikasının maksimum geçerlilik süresi 5 yıldır.

3.2 Amaçlar

3.2.1 Tip testi, makina yapımcısı tarafından belirlenen, öngörülen tipik çalışma yüklerini temsil edecek, gerekli yorulma toleransları ile çalışma sırasındaki olası bozulmaları kapsayacak şekilde yapılacaktır.

3.2.2 Tip testi aşağıda belirtilenlere uygulanır:

- Yüksek püskürme basıncı, maksimum silindir basıncı, vb. nedeniyle yüksek gerilmeler etkisinde kalabilen konektin rotlar, kemşaftlar, rulmanlar ve yaylı damperler gibi tekrarlı yüksek yorulmaya (HCF) maruz parçalar,
- Boşta - tam yükte- boşta çalışma gibi değişken yüklemelerin sıklıkla etkisinde olan parçalar gibi tekrarlı düşük yorulmaya (LCF) maruz parçalar,
- Makinanın izin verilen maksimum güçte, izin verilen en düşük basınçla ve/veya izin verilen en yüksek yağ giriş sıcaklığında çalışması gibi, alarm sisteminin sınırlarında çalışma.

3.3 Geçerlilik

3.3.1 Tip onayı, klaslamaya tabi olan gemilere monte edilmesi öngörülen her yeni makina tipi için geçerlidir.

3.3.2 Herhangibir üretim yerinde, belirli bir makina tipi için yapılan tip testi, her üretim yerinin **TL** tarafından uygun bulunması koşuluyla, ana üretici veya lisans verilen firmalar tarafından üretilen aynı tipteki tüm makinalar için geçerli kabul edilecektir.

3.3.3 Makina tipi aşağıda belirtilen şekilde tanımlanır:

- Çap ve strok
- Püskürtme yöntemi (doğrudan veya dolaylı)
- Valf ve enjeksiyonun çalışma şekli (kemlerle veya elektronik kumandalı)
- Yakıt türü (sıvı, çift yakıtlı, gas)
- Çalışma stroku (4-stroklu, 2-stroklu)
- Turbo-şarj sistemi (atımlı veya sabit basınçlı)- Doldurma havası soğutma sistemi (örneğin; İnterkulerli veya interkulersiz)
- Silindir düzeni (sıralı veya V) **(1)**
- Silindir gücü, devri ve basıncı **(2)**

---

(1) *Bir tip testi, farklı sayıdaki silindirleri kapsadığı kabul edilir. Ancak, sıralı bir makinanın tip testi, her zaman V versiyonu kapsamaz. **TL**'na göre V-versiyonu için ayrı bir tip testi gerekebilir. Diğer yandan, bmep büyük olmadıkça, V-makinaların tip testi, sıralı makinaları kapsar.*
Eksenel krankşaft titreşimi, kemşaft tahrik sistemindeki burulma titreşimi ve krankşaftlar, vb. hususlar silindir sayısı ile önemli ölçüde değişim gösterebilir ve tip testi için seçilecek makinaya etki edebilir.

(2) *Makina test edilen kategori ve basınçla sınırlı olarak tip onaylıdır (% 100 MCR).*

*Klaslanan kategorinin % 100'ünün başarılı servis deneyimi kanıtlarının verilmesi koşuluyla, tip testi yapılmış makinaya göre artış oranı aşağıdaki sınırlar içinde kalmak koşuluyla yeni tip testi yapılmaksızın bir artışa (dizayn onayı varsa *) izin verilebilir:*
- maksimum yanma basıncında % 5, veya
- ortalama efektif basınçta % 5, veya
- rpm'de % 5
Mühendislik analizlerinin ve benzeri uygulama alanlarındaki başarılı servis deneyimi kanıtlarının (uygulama klaslanmamış olsa dahi) veya dahili test dokümanlarının verilmesi ve artış oranının aşağıdaki sınırlar içinde kalması koşuluyla, yeni bir tip testi yapılmaksızın, maksimum onaylı gücün % 10' a kadar artımına izin verilebilir:
-maksimum yanma basıncında % 10, veya
- ortalama efektif basınçta % 10, veya
- rpm'de % 10

** Değişim varsa, sadece krankşaft hesapları ve krankşaft resimleri.*

Yeniden sınıflandırılan makina

Eğer bir makina dizayn onayına sahipse ve A aşamasında yapılan iç testin, tip testine göre daha yüksek bir derecede olduğu dokümante edilirse, aşağıda belirtilenlerle ilgili Genişletilmiş Teslim Testi Raporunun verilmesi halinde, tip onayı arttırılmış güç/mep/rpm ' e uygun olarak genişletilebilir:

- Aşırı hızda test (sadece nominal hız arttırılmış ise)

- Nominal güç, yani yük noktası 1'e karşılık gelen, % 100 torkda ve % 100 devirde % 100 güçte, ikisi arasında bir saat olacak şekilde 2 ölçüm,

- Yük noktası 3'e karşılık gelen % 100 devirdeki izin verilen maksimum torkta (normalde % 110) veya yük noktası 3a'ya karşılık gelen, nominal pervane eğrisine uygun devirde ve izin verilen maksimum güçte (normalde % 110), ½ saat,

- Yük noktası 2'ye karşılık gelen izin verilen maksimum devirde % 100 güçte, ½ saat.

Bütünleştirme testi

Alt sistemlerin (turboşarjer, makina kumanda sistemi, çift yakıt, egzost gazı işlemleri..) onayı için komple mekanik, hidrolik ve elektronik sistemlerinin davranışının öngörüldüğü şekilde olduğunu kanıtlayan bütünleştirme testi yapılabilir. Bu testlerin kapsamı, makinanın tepkisi dikkate alınarak, dizayner/lisans sahibi tarafından önerilecektir.

3.4 Emniyet önlemleri

3.4.1 Testler yapılmadan önce, testlere katılan personel için emniyetle ilgili tüm donanım üretici/tersane tarafından hazırlanacak, çalışır durumda olması sağlanacak ve doğru işlev gördüğü doğrulanacaktır.

3.4.2 Bu husus özellikle krankkeyz patlama durumu korumasına, aynı zamanda aşırı devir korumasına ve diğer durdurma işlevlerine uygulanacaktır.

3.4.3 Yüksek basınçlı yakıt borularının muhafazalarının ve boru bağlantılarının doğru bir şekilde perdelenmesi (3.8.9'da yangın önlemleri konusunda istenilen şekilde) muayenesi yapılacaktır.

3.4.4 Monte edildiğinde, tornaçark donanımının kilitlenme testi yapılacaktır.

3.5 Test programı

3.5.1 Tip onayı testi 3 aşamada yapılır:

3.5.1.1 A aşaması – iç testler

Bu testler, makinanın geliştirilmesi sırasında yapılan testler, işlev testlerini, ölçüm parametrelerinin toplanmasını ve test saatlerinin kaydedilmesini içerir. **TL** tarafından istenilen veya dizayner tarafından öngörülen test sonuçları B aşamasının başlamasından önce **TL**'na verilecektir.

3.5.1.2 B aşaması – tip testi

Bu test **TL** sörveyörünün huzurunda yapılır.

3.5.1.3 C aşaması – bileşenlerin muayenesi

Bu aşama, makina bileşenlerinin, **TL** tarafından istenilen kapsamdaki muayenesidir

3.5.2 Tüm tip testi programı **TL** onayına tabidir. Sörveyörün testlere katılımının kapsamı, asgari olarak B ve C aşamalarında olmak üzere, her durum için ayrı ayrı kararlaştırılacaktır.

3.5.3 Katılımlı tip testlerinden (B ve C aşamaları) önce yapılan testler de tüm tip testi programının bir parçası olarak kabul edilecektir.

3.5.4 Tüm tip teslerinin tamamlanmasını takiben (A aşamasından C aşaması sonuna kadar) bir tip testi raporu incelenmek üzere **TL**'na verilecektir. Tip test raporu şunları içerecektir:

- A aşamasında yapılan testlerin genel tanımı. Kayıtlar, **TL**'na sunulmak üzere, yapımcının kalite yönetim birimi tarafından muhafaza edilecektir.

- B aşamasında yapılan yük ve işlev testlerinin ayrıntılı tanımı.

- C aşamasındaki muayene sonuçları.

3.5.5 Madde 3.2'de istenildiği şekilde, tip testi dizaynınj doğruluğunu ve öngörülen çalışma koşullarına uygunluğunu doğrulamalıdır. LCF ve dayanım testi gibi özel testler, normalde A aşaması sırasında yapılacaktır.

3.5.6 Gemilerde kullanılan yüksek devirli makinalar, normalde, tam yükte 100 saat dayanım testine tabi tutulacaktır. Gemi dışı kullanım sahalarında, uzun süreli servis deneyimi bulunan makinaların tip testi için veya tanınmış tipte bir makinanın tip onayının 3.3'de verilen sınırların dışında genişletilmesi için, tip testinden istisnalar veya basitleştirmeler yapılabilir.

Boşta çalışmadan tam yüke sık sık yük değişimlerine maruz olabilen yüksek hızlı teknelerin sevk makinalarıkumanda sisteminin izin verdiği (eğer otomatik kumanda yoksa işletim el kitabında belirtilen) en sert yük değişimi kullanılarak en az 500 çevrimde (boşta-tam yükte- boşta) test edilecektir. Her çevrimin süresi sıcak parçalarının karalı sıcaklığa ulaşmasına yeterli olacaktır.

3.6 Ölçümler ve kayıtlar

3.6.1 Tüm testler sırasında ortam koşulları (hava sıcaklığı, hava basıncı ve nem) kaydedilecektir.

3.6.2 Asgari olarak, aşağıda belirtilen makina verileri ölçülecek ve kaydedilecektir:

- Makina rpm'i
- Tork
- Her silindir için maksimum yanma basıncı **(3)**
- Her silindir için ortalama nominal basınç **(3)**
- Doldurma havası basıncı ve sıcaklığı
- Egzost gazı sıcaklığı
- Yakıt mili konumu veya makina yükü ile ilgili benzeri parametre
- Turboşarjer devri
- Öngörülen kullanım ile ilgili (sevk, yardımcı, emercensi) kumanda ve izleme için gereken tüm makina parametreleri

3.7 A aşaması - iç testler

3.7.1 İç testler sırasında makina, makina üreticisi için önemli olan yüklerde çalıştırılacak ve çalışma değerleri kaydedilecektir. Test edilecek yükleme durumları, uygulanan tip onayı programında belirtilen testleri de kapsayacaktır.

3.7.2 Asgari olarak aşağıda belirtilen durumlar test edilecektir:

- Normal durum :

Devamlı çalışmada, maksimum nominal gücünün %25, %50, %75, %100 ve %110 değerindeki yükleme noktaları.

- Normal (teorik) pervane eğrisi üzerinde ve sevk makinasının sabit devir sayısında (uygulanabilir ise çalıştırma modunda, yani kumanda edilebilir piçli pervanenin tahriki), ve
- Jeneratörler için sabit devir sayısında, yüksüz ve nominal devirde test dahil.

---

(3) *Standart üretimlerinde bu tür ölçümlere uygun olmayan silindir kaverlerine sahip makinalarda, bu amaçla yapılan özel silindir kaverleri kullanılabilir. Böyle durumlarda, ölçümler A aşamasının bir parçası olarak yapılır ve uygun şekilde dokümante edilir. Gerekli görülen hallerde (örneğin, çift yakıtlı makinalarda), yöntemin güvenirliğinin dokümante edilmesi koşuluyla, maksimum yanma basıncı ve ortalama nominal basınç ölçümleri dolaylı yollarla yapılabilir.*

Yukarıda listelenen verilerin eldesinde kullanılan cihazların kalibrasyon kayıtları testlerde bulunan Sörveyöre veriecek ve Sörveyör tarafından incelenecektir.

Dizayn değerlendirmesi ile bağlantılı olarak ilave ölçümlerin yaıplası gerekebilir.

- İzin verilen çalışma bölgesinin sınır noktaları. Bu sınır noktaları, makina üreticisi tarafından belirlenecektir.

- Yüksek devirli makinalarda, dizayn değerlendirmesine bağlı olarak istenilen şekilde 100 saat tam yük testi ve düşük çevrimli yorulma testi uygulanır.

- **TL** tarafından istenilen veya dizayner tarafından öngörülen makina kısımlarının özel testleri

3.8 B aşaması – tip testi

3.8.1 Aşağıda listelenen testler Sörveyörün gözetiminde yapılacaktır. Testler tamamlandıktan sonra elde edilen sonuçlar kaydedilecek ve sörveyör tarafından imza edilecektir.

3.8.2 Aşırı devir testi yapılacak ve aşırı devir durdurma sistemi ayar noktaları dahilinde, makinanın gerçek aşırı devrinedeniyle bir hasarlanma olmadığı gösterilecektir. Bu test, üreticinin seçimine bağlı olarak, devir aşımı sırasında yüklü veya yüksüz olarak yapılabilir.

3.8.3 Yükleme noktaları

Makina, güç/devir sayısı diyagramına uygun olarak çalıştırılacaktır (Şekil 3.8'e bakınız). Test sırasında çeşitli yükleme noktalarının ölçülen ve kaydedilen çalışma verileri, madde 3.6'da listelenen tüm makina parametrelerini içermelidir.

Her bir yükleme noktasının çalışma zamanı, makina büyüklüğüne (süreklilik konumuna ulaşılınca) ve işletim verilerinin toplanma süresine bağlıdır. Normalde her bir yük noktası başına 0,5 saatlik bir çalışma süresi kabul edilebilir, ancak sörveyörün gözle muayenesi için yeterli zaman verilmelidir.

3.8.4 Yükleme noktaları aşağıda verilmiştir:

- Yükleme noktası 1'e karşılık gelen, mominal güçte (MCR), yani % 100 torkda ve % 100 devirde, % 100 güçte, normalde iki saatlik çalıştırma. Veri toplama 1'er saatlik ara ile yapılmalıdır. Eğer, makinanın alarm sisteminin tanımladığı sınırlarda (örneğin, yağlama yağı basıncı ve giriş sıcaklığının alarm düzeylerinde) çalıştırma gerekiyorsa, test bu koşullarda yapılmalıdır.

- Yükleme noktası 2'ye karşılık gelen, izin verilen en büyük devir sayısındaki % 100 güçte çalıştırma.

- Yükleme noktası 3'e karşılık gelen, %100 devir sayısında, izin verilen en büyük torkda (en az ve normalde % 110) veya yükleme noktası 3a'ya karşılık gelen, nominal pervane eğrisine göre % 103,2 devir sayısında, izin verilen maksimum güçte (en az ve normalde % 110). 3a yükleme noktası, sadece sabit piçli pervaneleri veya su jetlerini tahrik eden makinalara uygulanır. 3 yükleme noktası, tüm diğer amaçlar için geçerlidir.

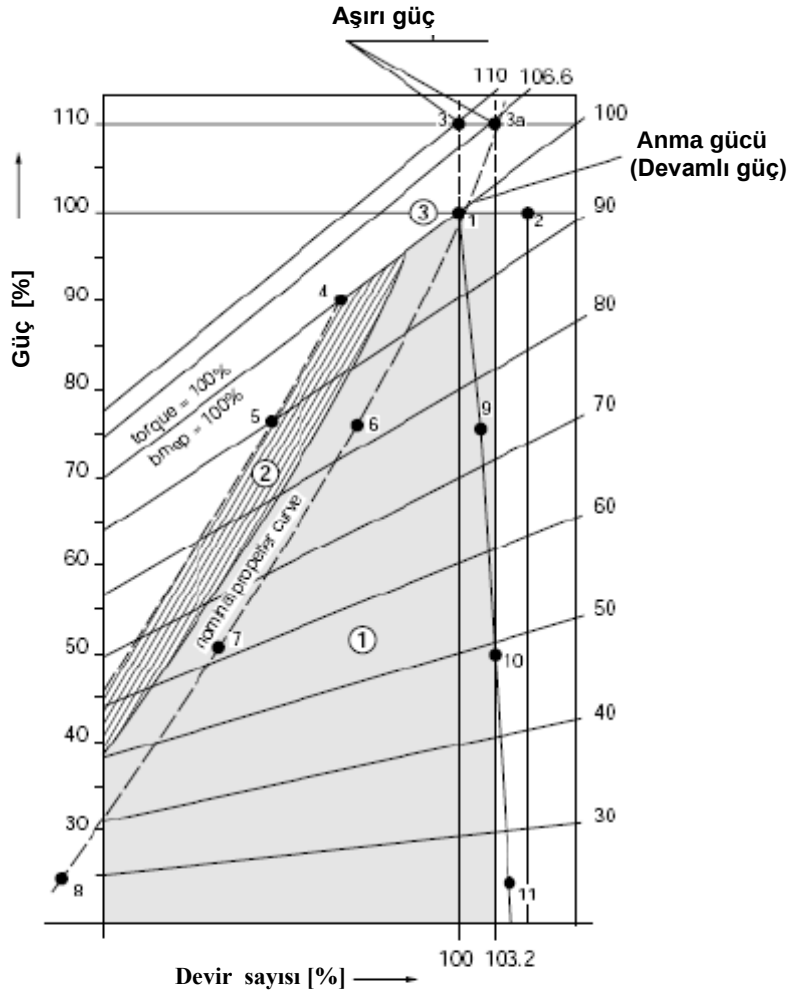
3 yükleme noktası (veya uygulamaya göre 3a yükleme noktası), aralıklı çalışma için onaylanan aşırı yüke karşılık gelen yükle değiştirilecektir. Bu durum, % 110 MCR'yi aşan aşırı yükleme için uygulanır. Onaylı aralıklı aşırı yük % 110'dan küçükse, söz konusu aşırı yük % 100 MCR'deki yük noktası ile değiştirilmelidir. Bu durumda % 110 MCR yük noktası aynı kalır.

- Yükleme noktası 4'e karşılık gelen %100 torkdaki izin verilen minimum devirde.

- Yükleme noktası 5'e karşılık gelen %90 torkdaki izin verilen minimum devirde (sadece sevk makinalarına uygulanır).

- Makinanın öngörülen kullanım amacına bağlı olarak, yükleme noktası 6, 7 ve 8'e karşılık gelen, nominal pervane eğrisine uygun devirdeki (yani % 90,8, % 79,3 ve % 62,9 devirde) veya yükleme noktası 9, 10 ve 11'e karşılk gelen nominal sabit devir ayarındaki kısmi yüklemede(örneğin nominal gücün % 75, % 50 ve % 25'inde) çalıştırma.

- CP pervanelerle birlikte kullanım ile sınırlandırılmayan krosetli makinalar, izin verilen maksimum makina devrinde, yüksüz olarak test edilecektir.



① = **Bölgesi devamlı güç için**

② = **Bölgesi kısa süreli çalışma için**

③ = **Bölgesi özel kullanma durumlarında kısa süreli aşırı yükte çalışma için**

Şekil 3.8 Yükleme noktaları

3.8.5 Tüm bu yükleme noktalarındaki makina parametreleri, belirlenen ve onaylı değerler içinde bulunmalıdır.

3.8.6 Hasarlı turboşarjer ile çalıştırma

2 stroklu sevk makinaları için, turboşarjerin hasarlanması durumu için ulaşılabilecek devamlı güç belirlencektir.

Sabit piçli pervaneyi tahrik eden makinalar, bir turboşarjer devre dışı kaldığında, teorik pervane eğrisi boyunca tam devirin % 40'ında (rpm) devamlı olarak çalışabilmelidir(bu test, turboşarjeri by-pas ederek, turboşarjer rotor şaftını sabitleyerek veya rotoru çıkararak yapılabilir).

Not:*Makina üreticisi, ulaşılabilir gücün devamlı olup olmadığını bildirmelidir. Eğer bir zaman sınırlaması varsa, izin verilen çalıştırma süresi belirtilmelidir.*

3.8.7 İşlev testleri

- Makina üreticisi tarafından belirtilen nominal pervane eğrisine göre sevk makinasının en düşük devri doğrulanacaktır (su-freni ile çalışsa dahi). Bu çalıtırma sırasında alarm oluşmayacaktır

- İlk hareket için minimum hava basıncının ve miktarının belirlenmesi için, tek yönlü makinalarda ilk hareket manevrası, çift yönlü makinalarda ilk hareket ve dönüş yönü değiştirme manevraları yapılacaktır.

- Regülatör testleri: F. maddesine uygun testler yapılacaktır.

3.8.8 Entegrasyon testi

Elektronik kumandalı dizel makinalar için, mekanik, hidrolik ve elektronik sistemlerin tepkilerinin, öngörülen tüm işletme durumlarında, planlanan şekilde olduğunun gösterilmesi açısından entegrasyon testleri yapılacaktır. Bu testlerin kapsamı, Tablo 2.1'de istenilen HDEA'inden seçilen durumlar için **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

3.8.9 Yangından koruma önlemleri

Yüksek basınçlı yakıt devrelerinin gömleklenmesi, yanıcı sıvıları içeren devrelerdeki boru bağlantılarının muhafazası ve sıcak yüzeylerin yalıtılması ile ilgili isteklere uygunluğun doğrulaması yapılacaktır:

- Makina, sızıntıların algılanma sistemi dahil, yüksek basınçlı yakıt devrelerinin gömleklenmesi ve yanıcı sıvıları içeren devrelerdeki boru bağlantılarının muhafazası yönlerinden muayene edilecektir.

- Makina % 100 yükte ve alternatif olarak onaylı aralıklı aşırı yükte çalışırken sıcak yüzeylerin doğru olarak yalıtıldığı doğrulanacaktır. Yüzey sıcaklıklarının okunması, İnfrared Termoscanning Cihazı kullanılarak yapılacaktır. **TL** tarafından onaylı olması koşuluyla eşdeğer ölçüm cihazları kullanılabilir. Okunan değerler, temaslı termometre kullanılarak rastgele doğrulanacaktır.

3.9 C aşaması – muayene için açma

3.9.1 Krankşaft deflekşınları (dizayner tarafından) belirlenen koşullarda ölçülecektir (spesifikasyonu olmayan makinalar hariç).

3.9.2 Deniz tipi yüksek devirli makinalar, tip testinden sonra komple muayene için sökülecektir.

3.9.3 Tüm diğer makinalar, sıralı makinalar için bir silindirin, V makinalar iki silindirin bileşenlerinin testinden sonra aşağıda belirtilen şekilde muayene edilecektir (deniz dışı alanlarda uzun süreli denenmiş olan makinalar için açma kapsamı daraltılabilir):

- Piston çıkarılır ve demonte edilir

- Kroset yatağı demonte edilir

- Guide planes

- Konnektin rod yatakları (büyük ve küçük uçlar) demonte edilir (yatağın arka tarafının temas yüzeylerinin tırtıllanması ve aşınmasına özel olarak dikkat edilecektir).

- Ana yatak demonte edilecektir

- Silindir gömleği monte edilmiş konumda

- Silindir kaveri, valfler demonte edilecektir

- Kaver açık halde kem tahrik dişlisi veya zinciri, kemşaft ve krankkeyz (bu muayene için makina tornaçark ile döndürülebilir olmalıdır)

3.9.4 V-makinalar için, silindir üniteleri her iki silindir gurubundan ve farklı krank kollarından seçilecektir.

3.9.5 Sörveyörün gerekli görmesi halinde, makinanın daha kapsamlı bir şekilde açılması gerekebilir.

4. İçten Yanmalı Makinaların Fabrika Kabul Testleri ve Gemideki Tecrübeler

4.1 Emniyet önlemleri

4.1.1 Testler yapılmadan önce, testlere katılan personel için emniyetle ilgili tüm donanım üretici/tersane tarafından hazırlanacak ve çalışır durumda olması sağlanacaktır.

4.1.2 Bu husus özellikle krankkeyz patlama durumu korumasına, aynı zamanda aşırı devir korumasına ve diğer durdurma işlevlerine uygulanacaktır.

4.1.3 Aşırı devir koruma düzeni, o makina için tip testi sırasında gösterilen aşırı devir değerinden fazla olmayan bir değere ayarlanacaktır. Bu ayar noktası Sörveyör tarafından doğrulanacaktır.

4.2 Genel

4.2.1 Herhangibir resmi testten önce makinalar, üretici tarafından öngörülen şekilde hazırlanmalıdır.

4.2.2 Madde 4.3.3'de istenilen yüklere göre test tezgahı uygun şekilde hazırlanmalıdır. Yakıt, yağlama yağı ve soğutma suyu gibi, test için kullanılacak tüm akışkanlar öngörülen amaca uygun olacaktır. Örneğin, bu akışkanlar temiz olmalı, gerekirse ısıtılmalı ve makina parçalarına zarar vermemelidir. Bu husus, sadece test amacıyla, geçici veya tekrarlı şekilde kullanılan tüm akışkanlar için geçerlidir.

4.2.3 Testler, atölye testleri ve gemideki testlerden (liman ve seyir tecrübeleri) oluşur.

4.2.4 Makinaların aşağıda belirtilen özellikleri muayene edilecektir:

- Sızıntı algılaması için kullanılan sistem dahil olmak üzere, yüksek basınçlı yakıt devresinin gömleklenmesi.
- Yanıcı sıvıları içeren boruların birleşimlerindeki muhafazalar.
- Tip testi sırasında elde edilen eşdeğer ölçümlerle karşılaştırılacak olan rastgele sıcaklık okumaları vasıtasıyla sıcak yüzeylerin izolasyonu.

Bu muayene, makina nominal güçte çalışırken yapılacaktır. Testlere katılan sörveyörün kararına göre, temaslı termometrelerın kullanımı kabul edilebilir. Eğer tip onayı testinden sonra izolasyon değişimi yapılmışsa, **TL** 3.8.9'da istenilen sıcaklık ölçümlerini talep edebilir.

4.2.5 Bu muayeneler normalde, sörveyörün gözetiminde üretici tarafından yapılan atölye testleri sırasında yapılacaktır. Ancak, **TL**'nun kararına bağlı olarak bu muayenelerin bir kısmı gemide yapılabilir.

4.3 Fabrika testleri (fabrika kabul testleri)

4.3.1 Amaçlar

Atölye testlerinin amacı; güç, yagına karşı emniyet, onaylı limitlere ve işlevselliğe uygunluk (örneğin maksimum basınç) gibi dizayn özelliklerinin doğrulanması ve işletim aşamasında atıf yapılacak referans değerlerinin veya esasların belirlenmesidir.

4.3.2 Kayıtlar

4.3.2.1 Aşağıdaki ortam test koşulları kaydedilecektir:

- Ortam hava sıcaklığı
- Ortam hava basıncı
- Atmosferik nem

4.3.2.2 Gerekli her bir yük noktası için aşağıdaki parametreler kaydedilecektir:

- Güç ve devir
- Yakıt indeksi (veya eşdeğeri okuma)
- Maksimum yanma basınçları (sadece silindir kaverlerinin bu ölçümlerin yapılmasına uygun dizayn edildiği hallerde)
- Türbinden önce ve her silindirden egzost gazı sıcaklığı (Kısım 4, Bölüm 2 – Tablo 2.7, Bölüm 4 – Madde B.7, Bölüm 8 – Tablo 8.1 ve 8.2 'de istenilen izleme kapsamında)
- Doldurma havası sıcaklığı
- Doldurma havası basıncı
- Turboşarjer devri (Kısım 4, Bölüm 4 – Madde B.7'de istenilen izleme kapsamında).

4.3.2.3 Talep halinde, cihazların kalibrasyon kayıtları, testlere katılan sörveyöre verilecektir.

4.3.2.4 Makinanın test edileceği tüm aşamalarda, ilgili işletim değerleri, makina üreticisi tarafından ölçülecek ve kaydedilecektir. Tüm sonuçlar, makina üreticisi tarafından yayınlanacak olan kabul protokolunda yer alacaktır. Bu sonuçlara, makina dizayneri tarafından gerekli görülmesi halinde krankşaft deflekşınları da dahil edilecektir.

4.3.2.5 Her durumda, çeşitli yükleme noktalarında yapılan tüm ölçümler, kararlı çalışma durumunda gerçekleştirilecektir. Ancak, tüm yükleme noktaları için, sörveyörün görsel muayeneyi yapmasaına yetecek süre sağlanacaktır. MCR ile ilgili okumalar (yani % 100 güç - ilgili devir sayısındaki maksimum nominal devamlı güç-) normalde 30 dakika aralıkla en az iki defa yapılacaktır.

4.3.3 Test yükleri

4.3.3.1 Çeşitli makina uygulamaları ile ilgili test yükleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca; makina uygulaması, servis deneyimleri, veya diğer ilgili nedenlere bağlı olarak, testlerin kapsamı genişletilebilir.

Not:
*Testlerin genel kapsamının eşdeğer bulunması halinde, ayrıntılı testlere alternatifler hususunda **TL** ile üretici anlaşmaya varabilir.*

4.3.3.2 Sadece pervaneyi veya kanatçıkları tahrik eden sevk makinaları

4.3.3.2.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 güç (MCR):

En az 60 dakika.

4.3.3.2.2 1,032 n_0 devir sayısındaki % 110 güç:

Kayıtlar, hangisi kısa ise, 15 dakika sonra veya kararlı duruma ulaşıldıktan sonra yapılacaktır.

Not:
Herbir farklı makina/turboşarjer konfigürasyonu için sadece bir kez gereklidir.

4.3.3.2.3 Onaylı aralıklı aşırı yükleme (uygulaması varsa):

Üretici ile anlaşmaya varılacak sürede test.

4.3.3.2.5 Yön değiştirme manevraları (uygulaması varsa)

Not:
*Test tezgahındaki çalıştırmadan sonra, aralıklı aşırıyük gücü **TL** tarafından onaylanmadıkça, yakıt besleme sistemi, çalışma sırasında aşırı yük gücü verilemeyecek surette ayarlanacaktır.*

4.3.3.3 Elektrikli sevk jeneratörlerini tahrik eden makinalar

4.3.3.3.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 güç (MCR):

En az 60 dakika

4.3.3.3.2 n_0 devir sayısında % 110 güç:

15 dakika – kararlı duruma ulaşıldıktan sonra.

4.3.3.3.3 Madde F'ye uygunluk yönünden regülatör testleri yapılacaktır.

4.3.3.3.4 % 75, % 50 ve % 25 güçte ve boşta çalıştırma, sıralama makina üreticisi tarafından seçilecektir.

Not:
Test tezgahındaki çalıştırmadan sonra, yakıt besleme sistemi, gemiye montajdan sonra çalışma sırasında tam güç artı geçiş ayarlaması için % 10 fazlalık verilecek surette ayarlanacaktır. Geçiş aşırı yük kapasitesi, makinanın % 100 yükte dahi gerekli geçiş ayarlama kapasitesinin elde edilmesi ve makina stop etmeden önce elektrik dağıtım sistemindeki koruma sisteminin kullanılması bakımından gereklidir.

4.3.3.4 Yardımcı amaçlarla kullanılan jeneratörleri tahrik eden makinalar

Testler 4.3.3.3'e göre yapılacaktır.

4.3.3.5 Güç aktarma jeneratörünü (PTO) de tahrik eden sevk makinaları

4.3.3.5.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 güç (MCR):

En az 60 dakika

4.3.3.5.2 n_0 devir sayısında % 110 güç:

15 dakika – kararlı duruma ulaşıldıktan sonra.

4.3.3.5.3 Onaylı aralıklı aşırı yükleme (uygulaması varsa):

Üretici ile anlaşmaya varılacak sürede test.

4.3.3.5.4 Nominal pervane eğrisine göre veya n_0 sabit devrinde % 90 (veya normal devamlı seyir gücünde), % 75, % 50 ve % 25 güçte çalıştırma, sıralama makina üreticisi tarafından seçilecektir.

Not:

Test tezgahındaki çalıştırmadan sonra, yakıt besleme sistemi, gemiye montajdan sonra çalışma sırasında tam güç artı geçiş ayarlaması için bir fazlalık verilecek surette ayarlanacaktır. Geçiş aşırı yük kapasitesi, makina stop etmeden önce çıkış sistemi bileşenlerinin elektrik koruma sisteminin aktive edilmesi bakımından gereklidir. Bu fazlalık makina gücünün % 10'u olabilir ancak, en az PTO gücünün % 10'u olmalıdır.

4.3.3.6 Yardımcıları tahrik eden makinalar

4.3.3.6.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 güç (MCR):

En az 30 dakika

4.3.3.6.2 n_0 devir sayısında % 110 güç:

15 dakika – kararlı duruma ulaşıldıktan sonra.

4.3.3.6.3 Onaylı aralıklı aşırı yükleme (uygulaması varsa):

Üretici ile anlaşmaya varılacak sürede test

4.3.3.6.4 Değişken devirli makinalar için, nominal güç tüketim eğrisine göre % 75, % 50 ve % 25 güçte çalıştırma, sıralama makina üreticisi tarafından seçilecektir.

Not:

Test tezgahındaki çalıştırmadan sonra, yakıt besleme sistemi, aralıklı aşırı yük gücü onaylanmadıkça, normalde serviste aşırı yük gücü verilemeyecek surette ayarlanacaktır. Bu durumda, yakıt besleme sistemi, söz konusu güçte bloke olacaktır.

4.3.4 Makina ile uyumlu turboşarjer

4.3.4.1 Kompresör diyagramı

Turboşarjerler, birlikte çalışacağı makinanın, tüm çalışma koşullarında ve arttırılmış çalışma koşullarında, dalgalanma olmadan çalışabileceği bir kompresör karakteristiğine sahip olacaktır.

Tekleme ve ani yük azalması gibi anormal, ancak izin verilen çalışma koşullarında, devamlı dalgalanma olmayacaktır.

Bu bölümdeki *dalgalanma* ve *devamlı dalgalanma* tanımları aşağıda verilmiştir:

Dalgalanma, makinanın süpürme alanından patlamaya-benzer gürültüye veya işitilebilir düzeyde yüksek titreşime neden olan bir olgudur.

Devamlı dalgalanma, birden fazla ve tekrarlı oluşan dalgalanmadır.

4.3.4.2 Dalgalanma sınırının doğrulanması

Sevk makinalarıında kullanılan C sınıfı turboşarjerler, makinanın fabrika testleri sırasında, aşağıda belirtilen şekilde, dalgalanma sınırı bakımından kontrol edilecektir. Makinanın ve turboşarjerin benzer konfigürasyonunda (aynı nozul ringi dahil), daha önce test edilmiş ve olumlu sonuç alınmış durumlarda, bu testler yapılmayabilir.

4 stroklu makinalar için:

Aşağıda belirtilenler, dalgalanma görülmeksizin gerçekleştirilecektir:

- Maksimum devamlı güç ve devirde (=%100), devir, sabit torkla (yakıt indeksi) % 90 güce indirilecektir.

- % 80 devirde % 50 güç ile (= sabit piç için pervane karakteristiği), torku sabit tutarak (yakıt indeksi) devir % 72'ye indirilecektir.

2 stroklu makinalar için:

Dalgalanma sınırı, aşağıdaki yöntemlerin en az biri ile gösterilecektir:

- Makinanın fabrika testinde belirlenen çalışma karakteristikleri, turboşarjerin kompresör diyagramına işaretlenecektir (test donanımına belirlenen). Tam yükte çalışmada en az % 10 fazlalık olacaktır, yani dalgalanma sınırında (basınç dalgalanması olmaksızın) çalışma akışı, teorik (kütle) akışının % 10 üzerinde olacaktır.

- En az bir silindirdeki ani yakıt kesilmesi, devamlı dalgalanmaya yol açmayacak ve turboşarjer 20 saniye içinde yeni yükte kararlı hale gelecektir. Birden fazla turboşarjerli uygulamalarda, her turboşarjerin üst akışı yönüne en yakın silindirlere yakıt beslemesi kesilecektir.

Bu test iki farklı makina yükünde yapılacaktır:

- Bir silindirin teklemesi durumunda izin verilen maksimum güç

- Doldurma havası basıncının yaklaşık 0,6 bar olduğu duruma karşılık gelen makina yükü (yardımcı blover çalışmaksızın)

- Gücün, maksimum devamlı gücün % 100'ünden aniden % 50'sine düşmesi, devamlı dalgalanmaya yol açmayacak ve turboşarjer 20 saniye içinde yeni yükte kararlı hale gelecektir.

4.3.5 Entegrasyon testleri

Elektronik kumandalı makinalar için, tüm mekanik, hidrolik ve elektronik sistemlerin tepkilerinin, öngörülen tüm işletme durumlarında, planlanan şekilde olduğunun gösterilmesi açısından fabrikada entegrasyon testleri yapılacaktır. Eğer testlerin fabrikada yapılması elverişli değilse, bu testler seyir tecrübesi sırasında yapılabilir.
Bu testlerin kapsamı, Tablo 2.1, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te istenilen HDEA'inden seçilen durumlar için **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

4.3.6 Bileşenlerin muayeneleri

Fabrika testlerinden sonra muayeneye sunulacak bileşenlerin rastgele kontrolü **TL**'nun kararına bırakılmıştır.

4.4 Gemideki denemeler (*)

4.4.1 Amaçlar

Gemideki testlerin amacı; güç iletimi ile, sistemdeki tahrik edilen makinaların, kontrol sistemlerinin ve makina için gerekli olan yardımcı sistemlerin uyumlu çalıştığının, makina/gemi kontrol sistemlerinin bütünleştiğinin ve FAT (fabrika kabul testleri) sırasında bakılmayan hususların doğrulanmasıdır.

4.4.2 İlk hareket kapasitesi

İlk hareket maddesinin kapasitesinin gerekli sayıdaki ilk hareket denemesini karşıladığının doğrulanması için ilk hareket manevrası yapılacaktır.

4.4.3 İzleme ve alarm sistemi

Fabrika testleri sırasında doğrulananlar hariç, tüm makinaların izleme ve alarm sistemleri kapsamlı olarak kontrol edilecektir.

4.4.4 Test yüklemeleri

4.4.4.1 Çeşitli makina uygulamaları ile ilgili test yükleri aşağıda verilmiştir. Ayrıca; makina uygulaması, servis deneyimleri, veya diğer ilgili nedenlere bağlı olarak, testlerin kapsamı genişletilebilir.

4.4.4.2 Makinanın, kullanımı öngörülen yakıtla çalışmaya uygunluğu gösterilecektir.

(*) *Madde 4.4 – Gemideki denemeler'deki istekler, makinalara,* ***TL*** *tarafından aşağıdaki şekilde üniform olarak uygulanacaktır.*

i) sertifikalandırma için 1 Temmuz 2016'da veya daha sonra başvurusu yapılanlar,veya

ii) inşa kontratı 1 Temmuz 2016 veya daha sonra olan gemilere monte edilenler.

Not:

Yasal düzenlemeler nedeniyle, aşağıda listelenilenler dışındaki testlerin yapılması gerekebilir (örneğin EEDI doğrulaması).

4.4.4.3 Sabit piçli pervaneyi veya kanatçıkları tahrik eden sevk makinakları

4.4.4.3.1 Makinanın n_0 nominal devir sayısında:

En az 4 saat.

4.4.4.3.2 Makinanın 1,032 n_0 devir sayısındaki (eğer makina ayarları izin verirse, 4.3.3.1'e bakınız):

30 dakika.

4.4.4.3.3 Onaylı aralıklı aşırı yükleme (uygulaması varsa):

Üretici ile anlaşmaya varılacak sürede test.

4.4.4.3.4 Makinanın minimum devir sayısı belirlenecektir.

4.4.4.3.5 Yönü değiştirilebilen makinaların ters yönde çalışma yeteneği gösterilecektir.

Not:

Resolution MSC. 137 (76)'ya göre durdurma testleri sırasında, yasaklı devir aralığı durumu ile ilgili ilave istekler için 4.4.5.1'e bakınız.

4.4.4.4 Kumanda edilebilir piçli pervaneleri tahrik eden sevk makinaları

4.4.4.4.1 Pervane piçinin nominal makina gücünü (veya % 100'e ulaşılamıyorsa ulaşılabilen maksimum gücü) verdiği, makinanın n_0 nominal devir sayısında:

En az 4 saat.

4.4.4.4.2 Onaylı aralıklı aşırı yükleme (uygulaması varsa):

Üretici ile anlaşmaya varılacak sürede test.

4.4.4.4.3 Manevraya uygun ters piçle**,** yasaklı devir aralığı durumu için 4.4.5.1'deki ilave isteklere bakınız.

4.4.4.5 Elektrikli sevk ve/veya ana elektrik güç kaynağı jeneratörünü (lerini) tahrik eden makina(lar)

4.4.4.5.1 % 100 güçte (jeneratörün nominal elektrik gücü):

En az 60 dakika.

4.4.4.5.2 % 110 güçte (jeneratörün nominal elektrik gücü):

En az 10 dakika.

Not:

Her makina en az 60 dakika süreyle, jeneratörün % 100 elektrik gücünde ve en az 10 dakika süreyle % 110 elektrik gücünde test edilecektir. Bu test, mümkünse, birkaç jeneratörün güç dağıtımı vasıtasıyla, % 100 sevk gücüyle (yani, sevk için gereken toplam elektrik motoru kapasitesiyle) test edilmesi gereken elektrikli sevk sistemi testi sırasında yapılabilir. Bu testin süresi, tüm döner makinaların kararlı çalışma sıcaklığına ulaşmasına yetecek kadar veya en az 4 saat olacaktır. Yukarıda belirtilen sevk sistemi testi sırasında zaman yetersizliği nedeniyle test edilemeyen bazı jeneratör setleri için gereken testler ayrı olarak yapılacaktır.

4.4.4.5.3 Jeneratörün tahrik makinasının ve regülatörün Madde F'de tanımlanan yük kademelerinin karşılama kapasitesi gösterilecektir.

4.4.4.6 Güç aktarma jeneratörünü (PTO) de tahrik eden sevk makinaları

4.4.4.6.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 makina gücü (MCR):

En az 4 saat

4.4.4.6.2 Makinanın n_0 devir sayısındaki (A'da yapılmadıkça) % 100 pervane branş gücünde:

2 saat

4.4.4.6.3 Makinanın n_0 devir sayısındaki % 100 PTO branş gücünde:

En az 1 saat

4.4.4.7 Yardımcıları tahrik eden makinalar

4.4.4.7.1 İlgili n_0 devir sayısındaki % 100 makina gücü (MCR):

En az 30 dakika

4.4.4.7.2 Onaylı aralıklı aşırı yükleme:

Onaylı sürede test.

4.4.5 Burulma titreşimleri

4.4.5.1 Yasaklı devir aralığı

Yasaklı devir aralığı (bsr) kaçınılmaz ise, gerek hızlanmada ve gerekse yavaşlamada, bu aralıktan geçiş gösterilecektir. Ölçülen süre kaydedilecek ve varsa, onaylı dokümanda belirtilen sürelere eşit veya altında olacaktır. Bu husus, özellikle durdurma testinde olmak üzere, ters yönde dönmede bsr'den geçişi de kapsar.

Not:
Hem el kumandalı ve hem de otomatik geçiş sistemlerine uygulanır.

Tüm bu gösterimler sırasındaki gemi draftı ve hızı kaydedilecektir. Kumanda edilebilir piçli pervane kullanılıyorsa, piç de kaydedilecektir.

Makinanın, bsr'nin gerek üst ve gerekse alt sınır değerlerindeki kararlı çalışması (kararlı yakıt indeksi) kontrol edilecektir. Kararlı yakıt indeksi, efektif strokun % 5'inden daha az bir osilasyon aralığı anlamındadır (boşta çalışmadan tam indekse).

4.4.6 Topraklama

İşletim sırasında, krankşaft/şaft ile tekne arasındaki elektrik potansiyeli (gerilim) farkının, ana makinalar için makina üreticisi tarafından bildirilen sınırları aşmamasının sağlanması gereklidir. Bunun için, uygun topraklama düzeni ve izin verilen gerilim potansiyelininin sınır değerlerinin izlenmesi sağlanacaktır.

5. AC Jeneratör Setlerinin Sertifikalandırılması

5.1 Genel

5.1.1 Bu maddede AC jeneratör setleri için (yani, içten yanmalı pistonlu makinalar a), b), alternatörler c) ve kaplinler) ile ilgili olarak, TL-R E13, TL-R M3, TL-R M51 ve TL-R M53'de belirtilenlere ilave gereksinimler verilmektedir.

a) İçten yanmalı pistonlu makinalar, TL-R M51 ve M53'deki gereksinimlere uygun olacaktır.

b) İçten yanmalı pistonlu makinaların devir regülatörü ve aşırı devir koruyucu donanımı, TL-R M3'deki gereksinimlere uygun olacaktır.

c) Alternatörler, TL-R E13'deki gereksinimlere uygun olacaktır.

5.1.2 Gereksinimler ; tiplerinden bağımsız olarak (örn. dizel makina, çift yakıtlı makina, gaz yakıtlı makina), PTO jeneratörünü de tahrik eden sevk makinasından oluşan setler hariç, içten yanmalı pistonlu makinalar tarafından tahrik edilen AC jeneratör setleri için geçerlidir.

5.2 Jeneratör setleri –gereksinimler

5.2.1 Gücü 110 kW'dan büyük olan dizel jeneratör grupları için, burulma titreşim hesapları onay için TL'na verilecektir. (Bölüm 06, F.2'ye bakınız.)

5.2.2 Nominal güç, jeneratör setinin gerçek kullanımına uygun olmalıdır.

5.3 İşaretleme

Jeneratör setini monte etmekten sorumlu kuruluş, asgari olarak aşağıdaki bilgileri içeren bir plaka takacaktır:

(i) Jeneratör seti üreticisinin adı veya markası;

(ii) Setin seri numarası;

(iii) Setin üretim tarihi (ay/yıl);

(iv) ISO 8528-1: 2018'de tanımlanan COP, PRP (veya yalnızca emercensi jeneratör setleri için, LTP) öneklerinden birine sahip nominal güç (hem kW hem de KVA cinsinden);

(v) Nominal güç faktörü;

(vi) Setin nominal frekansı (Hz);

(vii) Setin nominal voltajı (V);

(viii) Setin nominal akımı (A);

(ix) Kütle (kg).

F. Emniyet Cihazları

1. Devir Sayısının Ayarlanması ve Aşırı Devir Sayılarına Karşı Makinanın Korunması

1.1 Ana ve yardımcı makinalar

1.1.1 Bir elektrik jeneratörünü döndürmekle yükümlü olmayan her dizel makinayı, nominal devir sayısının %15'inden fazla bir devir sayısına çıkamayacak şekilde ayarlanmış bir devir sayısı governörü veya regülatörü ile donatılmalıdır.

1.1.2 Devreden ayrılabilen (kavramalı) veya kumanda edilebilir piçli bir pervaneyi döndüren 220 kW veya daha büyük nominal güçteki her ana makina, normal governörden ayrı olarak, makinanın nominal devirsayısının %20'sinin üstündeki devir sayısına makina devrinin yükselmesini önleyecek ek bir aşırı devir sayısı koruyucusu ile donatılmalıdır. Benzer donanım **TL** tarafından onaylanabilir. Tahrik mekanizması da dahil olmak üzere aşırı devir sayısı koruyucu cihazın gerekli governörden bağımsız olmalıdır.

1.1.3 İçten yanmalı ana makinaların elektronik devir sayısı governörleri uzaktan kumanda sisteminin bir parçasını oluşturduğunda aşağıdaki koşullara uyacaklardır.

- governörün gücünün kesilmesi, pervanenin devri ve itme yönünde büyük ve ani değişikliklere neden oluyorsa, yedek güç beslemesi sağlanacaktır.

- makinaların lokal kontrolü, her zaman mümkün olacaktır. Bu amaçla, lokal kontrol modu için ayrı bir governor sağlanmadıkça, madde 1.1.1'e göre devir sayısı kumandasının mevcut olmadığı göz önünde bulundurularak, lokal kumanda mahallinden uzaktan sinyal bağlantısını kesmek mümkün olacaktır.

- ayrıca, elektronik devir sayısı governörleri ve bunların harekete geçiricileri **TL** Ek Kuralları, Tip Testlerinin Yapılması ile İlgili Kurallar Kısım 1'e göre tip testli olacaktır.

Not:

Nominal güç ve buna karşılık gelen nominal devir sayısı, tesisin klaslanması talep edilenlerdir.

1.2 Elektrik jeneratörlerini çalıştıran makinalar

1.2.1 Ana veya emercensi elektrik jeneratörlerini çalıştıran her dizel makina, nominal frekansın ±%10'undan fazla geçici frekans değişimi önlenecek ve maksimum elektrik kademe yükü bağlandığı veya kesildiğinde, en fazla 5 saniyede kararlı duruma gelebilecek tarzda donatılacaktır.

Jeneratörün nominal gücüne eşdeğer bir kademe yükü devreye alındığında, 1.2.2'de istenilen aşırı devir sayısı cihazının müdahalesine neden olmaması koşuluyla, geçici devir sayısının nominal devir sayısının %10'unu aşması kabul edilebilir.

1.2.2 Nominal gücü 220 kW veya daha fazla olan bir dizel makinayı, normal governöre ek olarak, nominal devir sayısının %15'inin üstündeki devir sayısına makina devrinin yükselmesini önleyecek bir aşırı devir sayısı koruyucusu ile donatılmalıdır.

1.2.3 Dizel makinaları, gemi elektrik sisteminin özel koşullarına uygun olmalı ve bunlara göre dizayn edilmelidir. Yükleme aşağıda belirtildiği gibi iki kademede uygulanır:

Sıfır yükten, %50'ye kadar ani yükleme yapılır. Müteakiben jeneratör gücünün geri kalan %50'si 1.2.1 ve 1.2.4'deki koşullar gözönüne alınarak yüklenir.

İki kademeden daha fazla yükleme (4 stroklu dizel makinaların öngörülen maksimum olası ani güç yükselmesi ile ilgili bilgi için Şekil 3.9'a bakınız) aşağıdaki koşullar altında kabul edilebilir:

- Gemi elektrik sisteminin, böyle bir jeneratör tertibatının kullanılmasına uygun olarak dizayn edilmesi;
- İki kademeden fazla yüklemenin gemi elektrik sisteminin dizaynında göz önüne alınmış ve resimlerin kontrolü ile onaylanmış olması;
- Gemideki denemeler sırasında işlev testleri itirazsız yapılacaktır. Elektrik sisteminin yüklenmesi sırasında, ana teçhizatın bir kararma sonrasında sıralı devreye alınması ve elektrik sisteminin normale döndürülmesi de dikkate alınmalıdır.
- Bundan başka jeneratörlerin paralel çalışması ve bir jeneratörün devreden çıkması halinde gemi elektrik sisteminin emniyeti kanıtlanmalıdır.

1.2.4 Devir sayısı 5 saniye zarfında müsaade edilen δ_r kalıcı devir sayısı değişikliği bölgesi içinde kararlı duruma gelmelidir. Kalan devir sayısı değişimi, verilen güce ait devir sayısının % ±1'ini geçmemesi halinde kararlı duruma erişildiği kabul edilir.

1.2.5 Paralel çalışan jeneratör takımının dizel makinalarının devir sayısı ayarlayıcıları (governörleri), karakteristik eğrileri Elektrik Kurallarında belirtilenlerden büyük sapmalar göstermemelidir.

1.2.6 Stand-by devreleri besleyen jeneratör grupları, makinanın soğuk olması halinde de gerekli istekleri yerine getirebilmelidir. İlk hareket ve yükleme olayı yaklaşık 30 saniye sonra tamamlanmalıdır.

1.2.7 Emercensi jeneratör grupları aşağıdaki hallerde dahi yukarıda belirtilen governör koşullarını sağlamalıdırlar:

- Toplam tüketici yükleri aniden uygulandığında, veya
- Toplam tüketici yükleri aşağıdaki koşullarda adımlar halinde uygulandığında:
- Ana panodaki kesinti sonrasında toplam yük 45 saniye içinde verildiğinde
- Maksimum adım yükü beyan edildiğinde ve sınandığında
- Güç dağıtım sistemi beyan edilen maksimum adım yükü aşılmayacak şekilde dizayn edildiğinde
- Yukarıdakilerle zaman gecikmelerinin ve yükleme sırasının uygunluğu gemi seyir tecrübelerinde sınanmalıdır.

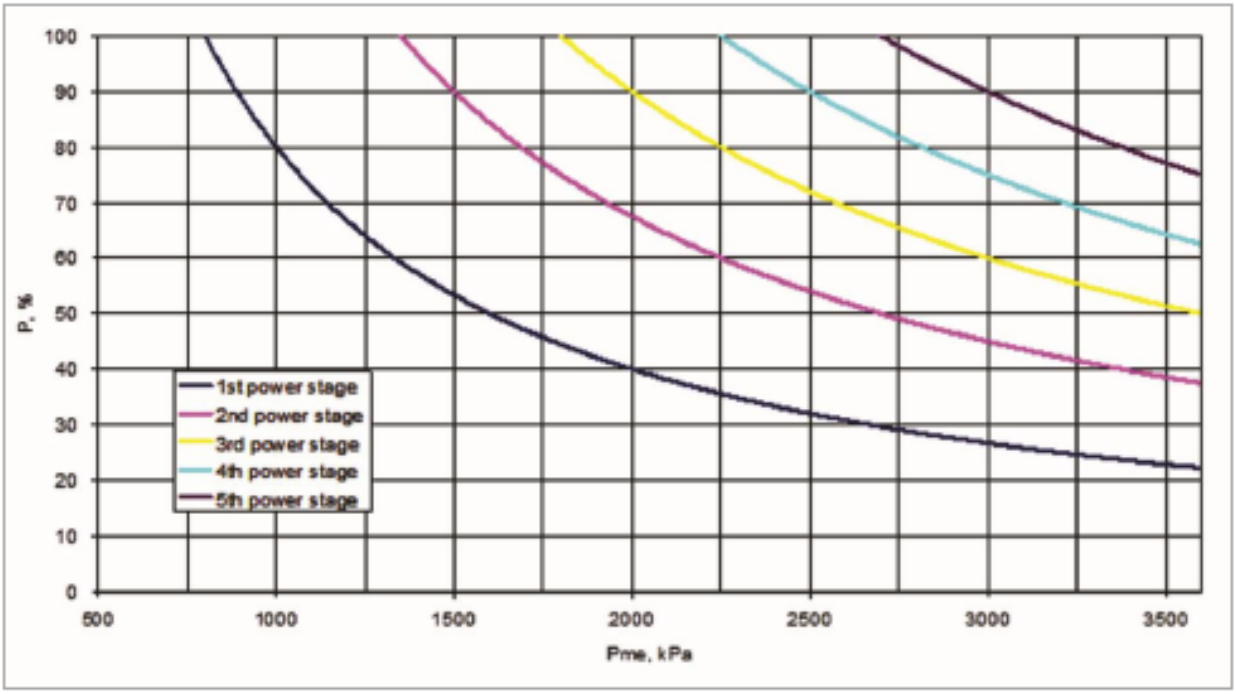
1.2.8 1.2'de sözü edilen makinaların governörleri, toplam güç alanındaki nominal devir sayısının bir ayarında en fazla %5'lik sapmaya müsaade etmelidir.

1.2.9 Ayar mekanizmalarının devir sayısı değiştirme hızı, uygun olan kısa bir zaman aralığında mükemmel bir uyum sağlayabilmelidir.

Hız karakteristiği bütün güç alanında olanaklar elverdiğince lineer olarak değişmelidir.

Paralel çalışmaları öngörülen dizel jeneratör grupları için, teorik lineer hız karakteristiğinden kalıcı sapma, nominal devir sayısının %1'inden fazla bir değere varmamalıdır.

1.2.10 Paralel çalışan alternatif akım jeneratör grupları için, dizel makinaların governör karakteristikleri, toplam yük %20 ile %100 sınırları arasındayken herhangi bir jeneratör üzerindeki yük, toplam yükün jeneratörün hissesine düşen miktarı ile en büyük makinanın nominal gücünün %15'inden fazlası veya söz konusu birim makinanın nominal gücünün %25'inden fazlasından, hangisi daha küçükse, farklı olmayacak şekilde ayarlanmalıdır.



Açıklamalar:

P_{me} : beyan edilen güç ortalama etkin basıncı

P : saha koşullarında beyan edilen güce karşılık gelen güç artışı

1 : birinci güç kademesi

2 : ikinci güç kademesi

3 : üçüncü güç kademesi

4 : dördüncü güç kademesi

5 : beşinci güç kademesi

Şekil 3.9 4 zamanlı dizel makinaların, beyan edilen güçte, P_{me} ortalama fren etkin basıncının fonsiyonu olarak öngörülen maksimum olası ani güç yükselmesi için bilgi değerleri

Paralel çalıştırılmak istenen bir alternatif akım jeneratörü için, governörü normal frekansta nominal yükün %5'ini aşmayacak ayar yüküne izin verecek hassasiyetle ayarlanmasını mümkün kılacak imkanlar temin edilecektir.

1.1 ve 1.2 için Notlar:

- *Nominal gücü ve ilgili nominal devir sayısından, o verilerle, makinaların ilgili tesislerde çalışacağı anlaşılmalıdır.*

- *Bağımsız bir aşırı devir koruyucusundan, hareket tertibatı dahil, bütün kısımları normal governörden bağımsız olarak çalışan bir cihaz anlaşılmalıdır.*

1.3 Elektriksel / elektronik governörlerin kullanılması

1.3.1 Governörler ve bunlara ilişkin kumanda elemanları, ilgili makinanın kontrolü için, yapım kurallarındaki çalışma koşullarına ve makina üreticisinin belirttiği isteklere uygun olmalıdır. Tekil sevk makinalarında, governör veya aktüatörün arızalanması halinde, makinanın kumandasının diğer bir kontrol düzeni ile yapılabilmesi sağlanmalıdır.

1.1 ve 1.2 de belirtilen her bir uygulama için istenilen ayar koşulları, governörler tarafından sağlanmalıdır.

Elektronik governörler ve bunlara ilişkin kumanda elemanlarının tip testi yapılmalıdır.

Güç sağlanması konusu için Elektrik Kuralları Bölüm 9, B.8'e bakınız.

1.3.2 Ana makinadan istenenler

Tekil sevk tesislerinde, devamlı devir sayısı kontrolü veya bir arızadan sonra derhal devir sayısı kontrolünün mümkün olabilmesi, en az aşağıdaki isteklerden biri yerine getirilerek sağlanmalıdır:

- Governör sisteminde bağımsız "back-up" sistemi bulunmalıdır.

veya

- Ayrı korunmalı bir güç kaynağına bağlı elle devreye sokulabilen fazladan bir governör tertibatı olmalıdır.

veya

- Makinanın manevrası için uygun, elle çalışan yakıt girişi kontrol sistemi olmalıdır.

Governörün sisteminin arızalanması makinanın çalışma koşullarında tehlike meydana getirmemelidir, makinanın devir sayısı ve gücü artmamalıdır.

Governör sisteminin arızalarını belirten bir alarm tertibatı olmalıdır.

1.3.3 Elektrik jeneratörlerini çalıştıran yardımcı makinalarda istenenler

Her yardımcı makinanın kendine ait bir governör sistemi olmalıdır.

Governör sisteminin arızalanması halinde injeksiyon pompasının yakıt girişi "0" konumuna gelmelidir. Governör arızalarını belirten bir alarm tertibatı olmalıdır.

1.3.4 Geminin "0" konumundan harekete geçebilmesi için zorunlu olan özel şartlar yerine getirilecektir (**TL** Elektrik Kurallarına bakınız).

2. Silindir Aşırı Basıncı İkaz Cihazı

2.1 Silindir çapı 230 mm.den büyük makinaların bütün silindirleri, silindir aşırı basıncını haber veren bir ikaz cihazı ile donatılmalıdır. Bu ikaz cihazının ses verme başlangıcı için ayar basıncı, nominal gücündeki yanma sonu basıncının %40 daha fazla bir basınç değerini geçemez.

2.2 Uygun bir makina tasarımı ile veya kontrollü işlevler vasıtasıyla silindir basıncının aşırı yükselmesi önleniyorsa, ikaz cihazı konulmayabilir.

3. Krankkeyzin Havalandırılması

3.1 Krankkeyzin havalandırılması ve krankkeyze hava girişine neden olabilecek düzenlemeler kabul

edilmez. Gaz makinaları için, **TL** Cilt C, Kısım 10, Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri Bölüm 16'ya bakınız.

3.2 Krankkeyzin havalandırma boruları

3.2.1 Krankkeyz havalandırma boruları öngörülüyorsa, borularının net boyutu krankkeyz patlamasından sonra havanın içeriye girmesini minimize etmek için mümkün olduğunca küçük yapılmalıdır.

3.2.2 Örneğin; yağlama yağı buharlarının konsontrasyonunun izlenmesi için yağlama yağı buharlarının emilmesi öngörülüyorsa, krankkeyzdeki vakum değeri 2,5 mbar'ı aşmamalıdır.

3.2.3 İki veya daha fazla sayıdaki makinanın krankkeyz havalandırma boruları biribirleriyle bağlantılı olamaz. Uygun önlemlerle bağlantılı sistemlerin etkileşimi önleniyorsa, bu hususta muafiyet tanınabilir.

3.2.4 İki zamanlı makinalarda yağlama yağı buharları, krankkeyzden makinanın dolgu havası devresine ve makinanın hava emiş borusuna geçmemelidir.

4. Krankkeyz Emniyet Cihazları

4.1 Boşaltma valfleri

4.1.1 Krankkeyz emniyet teçhizatı tip onaylı olmalıdır. **TL** "Type Testing Procedure for Crankcase Explosion Relief Valves"'e bakınız.

4.1.2 Silindir çapı 200 mm. den büyük veya krankkeyz hacmi 0,6 m^3'e eşit ve daha yukarı olan bütün makinalarda, krankkeyzdeki aşırı basınca karşı emniyet valfleri bulunmalıdır.

Kemşaft veya benzeri tahrik sistemlerini içeren dişli veya zincir kutuları gibi, krankkeyz ile bağlantılı olan diğer bütün bölümlerin hacmi aynı şekilde 0,6 m^3'ü geçiyorsa, ek emniyet valfleri ile donatılmalıdır.

4.1.3 Silindir çapı 200 mm. den büyük ve 250 mm. den küçük veya buna eşit olan makinaların krankkeyzinin her iki ucunda en az birer emniyet valfi bulunmalıdır. Eğer sekizden fazla krank dilimi varsa bu taktirde krankkeyzin yaklaşık orta yerine ek bir emniyet valfi yerleştirilmelidir.

Silindir çapı 250 mm. den büyük 300 mm. den küçük veya buna eşit olan makinaların her iki krank diliminden birinde en az bir emniyet valfi bulunmalıdır. Bunların toplamı ikiden az olamaz.

Silindir çapı 300 mm. den büyük olan makinaların her krank diliminin bulunduğu bölümde en az bir emniyet valfi bulunmalıdır.

4.1.4 Bir emniyet valfinin serbest boşaltma alanı en az 45 cm^2 olmalıdır.

Bir makinada krankkeyzdeki aşırı basınca karşı güvenceyi sağlayan emniyet valflerinin toplam serbestkesit alanı, krankkeyz hacminin beher m^3'ü için 115 cm^2 'den az olamaz.

4.1.2 ve 4.1.4 için Notlar :

- *Krankkeyzin brüt hacminin belirlenmesinde, burada bulunan sabit yapı parçalarının hacmi hesaplanan hacimden düşülebilir.*

- *Enine kesit alan toplamı, m^3 başına 115 cm^2'den büyük olan bir yüzey ile krankkeyze bağlantılı bir hacmin bağımsız bir hacim olarak kabul edilmesine gerek yoktur. Bu alanın hesabında, alanı 45 cm^2'den küçük olan kesit alanları dikkate alınmaz.*

- *Gerekli görülen her bir emniyet valfi yerine, her birinin serbest kesiti 45 cm^2'den az olmamak şartıyla küçük kesitli iki emniyet valfinden fazlası konulamaz.*

4.1.5 Emniyet donanımı, krankkeyz patlamasında, basıncın boşaltılması için ani hareketli ve kendinden kapanır olacaktır. Bunlar, çalışma sırasında yağ geçirmez şekilde kapanmalı ve krankkeyze olan hava akımını önlemelidir. Emniyet valflerinin çalışması sırasında meydana gelen gaz akımı çevredeki insanlar için tehlike yaratmamalı, örneğin, bir koruma levhası vasıtasıyla saptırılmalıdır. Koruma levhasının, donanımın operasyonel verimini olumsuz etkilemeyeceği gösterilmelidir. Emniyet valfi diskleri, valf tam açık durumda iken şok yüklerine dayanabilecek sünek malzemeden yapılmalıdır.

Emniyet valfleri; krankkeyzdeki en fazla 0,2 barlık bir basınç farkında tam olarak açılacaktır.

4.1.6 Emniyet valfleri; krankkeyzde basıncın boşalmasını sağlayan ve bir krankkeyz patlamasını takiben alevin geçişini önleyen bir alev tutucu ile teçhiz edilecektir.

4.1.7 Emniyet donanımına, aşağıdaki bilgileri içeren, uygun işaretlemeler yapılacaktır:

- Üreticinin adı ve adresi,
- Tip ve boyut,
- Boşaltma alanı,
- Üretim tarihi (Ay / yıl),
- Bağlantı yönü.

4.2 Krankkeyz kapakları ve muayene delikleri

4.2.1 Krankkeyz kapakları ve bunlara ait donanımlar, emniyet teçhizatının çalışması sırasında meydana gelen basıncın etkisiyle kalıcı şekil değişikliğine uğramayacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Krankkeyz kapaklarının, bir krankeyz patlamasıyla yerinden kolayca çıkmaması ya da yer değiştirmemesi için emniyetli bir şekilde bağlanması gerekir.

4.2.2 Krankkeyz kapakları ve menteşeli muayene delikleri, istenmeden kapanmayı etkin bir şekilde önleyecek uygun düzenler ile donatılmalıdır.

4.2.3 Makinanın kumanda yerine veya gerektiğinde makinanın her iki tarafındaki krankkeyz kapağına bir uyarı levhası konulacaktır. Uyarı levhasında, makinanın durmasından sonra, yeterli soğumayı sağlayacak makul bir süre geçmeden krankkeyz kapaklarının veya muayene deliklerinin açılmayacağı gösterilecektir.

4.3 Yağ buharı algılama / izleme ve alarm sistemi (yağ buharı algılayıcısı)

4.3.1 Silindir çapı >300 mm. veya nominal gücü 2250 kW ve daha fazla olan makinalarda, krankkeyz yağ buharı algılayıcıları veya makina yatak sıcaklığı izleme (tüm yataklar örneğin; jurnal ve konnektin rod yatakları) veya eşdeğer cihazlar (aynı zamanda TL-I SC228'e bakınız) bulunacaktır. Yağ buharı algılayıcılarının, "Type Testing Procedure for Crankcase Oil Mist Detection and Alarm Equipment" dökümanı ile uyumlu olacak şekilde tip testi yapılacaktır.

Emniyet ekipmanı olarak kullanılan makina yatak sıcaklığı izleme veya eşdeğer cihazlar, **TL** tip onaylı olmalıdır.

Krankkeyz patlamalarının riskini engellemek üzere belirli, yüksek hızlı makinalara uygulanan önlemler **TL** tarafından eşdeğer cihaz olarak kabul edilebilir.

4.3.2 Çoklu makina tesislerinde, her makina için ayrı bir yağ buharı algılayıcısı ve ayrı bir alarm bulunacaktır.

4.3.3 Yağ buharı algılayıcıları tip onaylı olacaktır.

Yağ buharı algılama düzenlemeleri "Type Testing Procedure for Crankcase Oil Mist Detection and Alarm Equipment" dökümanı ve 4.3.2 ile 4.3.13 arasındaki maddeler ile uyumlu olacak şekilde test edilmelidir.

Yağ buharı algılama sistemi için alarmlar ve kapatmalar Kısım 4-1, Otomasyon, Bölüm 4 ve Bölüm 8 ile uyumlu olmalıdır, aynı zamanda Tablo 3.7 ve sistem yerleşimleri de Kısım 4-1, Otomasyon ile uyumlu olmalıdır.

4.3.4 Yağ buharı algılayıcıları, makina tasarımcısının ve sistem üreticisinin talimat ve tavsiyelerine göre monte edilecektir.

4.3.5 Fonksiyonel testler ve algılayıcılar ile birlikte ekipmanların algılama ve alarm sistemleri **TL** ile anlaşmaya varılacak test prosedürlerine göre "makina boşta çalışırken" ve "makina normal işletim koşullarında çalışırken" üreticinin yerindeki test mahallinde ve gemide işlev testleri olarak yapılacaktır.

4.3.6 Algılayıcıların alarmları ve kapatılması Tablo3.7'ye göre olacaktır.

4.3.7 Cihazlar ve donanımdaki işlevsel arızalarda alarm verilecektir.

4.3.8 Yağ buharı algılayıcısı, yağ buharı

konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan merceğin, bilgi ve alarm gösterimlerin güvenirliğine etki edecek derecede gölgelenmiş olduğunu göstermelidir.

4.3.9 Algılayıcıda, programlanabilir elektronik sistemlerin kullanımı söz konusu ise, düzenlemeler **TL**, Elektrik Kuralları Bölüm 10'daki isteklere uygun olacaktır.

4.3.10 Sıralı yağ buharı algılama / izleme düzenlemesi varsa, örnekleme sıklığı ve süresi, mümkün olduğunca kısa olacaktır.

4.3.11 Yağ buharı algılayıcısının ayrıntılarını ve yerleşimini gösterir plan, onay için verilecektir. Dokümanlarda aşağıdaki ayrıntılar yer alacaktır:

- Algılayıcı / izleyici'ye ait boruların boyutları ile birlikte, boru yerleşimini ve makina krankkeyz örnekleme noktalarını gösteren makina yağ buharı algılayıcısı şematik yerleşim resmi,
- Krankkeyz düzenlemesi ve geometrisi dikkate alınarak seçilen örnekleme noktaları ve örnek alma oranı (varsa) ile yağ buharının birikmesi öngörülen krankkeyz atmosferinin doğrulanması ile ilgili kanıtlar.
- Bakım ve test el kitapları,
- Algılama / izleme sisteminin tip onayı veya makina üzerindeki işlev testlerine ait bilgiler,

4.3.12 Bakım ve test el kitapları gibi sistemle birlikte verilen dokümanların bir kopyası gemide bulunacaktır.

4.3.13 Yağ buharı algılayıcısından alınan okumalar ve alarm bilgileri makinadan uzakta yer alan, emniyetli bir yerden okunabilmelidir.

4.3.14 Krankkeyz içinde potansiyel patlayıcı koşulların (nedenden bağımsız olarak, örneğin, yağ buharı, gaz, sıcak noktalar, vb.) oluşumunu önleyici alternatif yöntemlerin sağlandığı hallerde, ayrıntılar, değerlendirilmek üzere **TL**'na verilecektir. Onay için verilecek ayrıntılarda, aşağıdaki bilgiler yer alacaktır:

- Makinanın özellikleri; tip, güç, devir sayısı, strok, çap ve krankkeyz hacmi (varsa krankkeyze bağlı bütün bölümlerin hacimleri),
- Krankkeyz içinde potansiyel patlayıcı koşulların oluşumunu önleyici düzenlemelerin ayrıntıları, örneğin; yatak sıcaklığı izleme, yağ sıçrama sıcaklığı, krankkeyz basıncını izleme, yeniden sirkülasyon düzenlemesi, krankkeyz atmosferini izleme,
- Servis deneyimleri ile birlikte, potansiyel patlayıcı koşulların oluşumunu önlemede, yapılan düzenlemelerin etkinliğinin kanıtı,
- Çalıştırma, bakım ve test talimatları.

4.4 Potansiyel krankkeyz patlaması riskini en aza indirmek üzere alternatif aktif teknolojilerin kullanımı öngörüldüğünde, yerleşim detayları ve işlevler, onay için **TL**'na verilecektir.

4.5 Krankkeyz güvenlik cihazları tip onaylı olmalıdır.

4.6 Güvenlik cihazlarının ayrıntı ve yerleştirilmelerini gösteren planlar onay için teslim edilecektir.

4.7 Güvenlik cihazları üreticinin belirli bir makinaya donatımı yapılacak ilgili boyut ve tipteki valfe ait donatım ve bakım el kitabının bir kopyası ile beraber temin edilecektir. El kitabı aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Valfın tanımı, fonksiyon detayları ve tasarım limitleri.
- Tip test sertifikasının kopyası.
- Kurulum talimatları.
- Test ve sızdırmazlık tertibatlarının yenilenmesini içeren bakım talimatları.
- Krankkeyz patlamasını takiben yapılacak faaliyetler.

Bu el kitabının bir kopyası gemide bulundurulacaktır.

4.8 Krankkeyz patlamasını en aza indirmek üzere krankkeys içine inert gaz uygulanmasının önerilmesi durumunda, düzenleme, detayları ile birlikte değerlendirme için **TL**'na sunulacaktır.

5. İlk Hareket Havası Sistemindeki Emniyet Cihazları

İlk hareket valflerinin çalışmamasından dolayı meydana gelecek patlamalara karşı ilk hareket havası ana devrelerini korumak için aşağıdaki donanımlar öngörülür.

5.1 Her makina için hareket havası devresinde kesici bir geri döndürmez valf bulundurulur.

5.2 Silindir çapı 230 mm. den büyük makinalarda alev tepmesine karşı bir alev tutucu olmalı ve bu da:

- Doğrudan çift yönlü makinalarda her bir silindirin ilk hareket valfinden evvel,
- Tek yönlü makinalarda her bir makinanın ana ilk hareket havası donanımının önünde olmalıdır.

5.3 Eşit değerde emniyet donanımları **TL** tarafından onaylanabilir.

6. Yağlama Yağı Sistemindeki Emniyet Cihazları

Nominal gücü 220 kW veya daha fazla olan her makina, yağlama yağı teminindeki aksaklık durumunda makinayı kendiliğinden durduran tertibatla donatılmalıdır. Emercensi jeneratörü ve emercensi yangın pompasını çalıştıran makinalar bunun dışındadır. Bu makinalar için bir alarm sağlanacaktır.

7. Dolgu Havası Kanallarındaki Emniyet Cihazları

İki zamanlı makinaların dolgu havası kanalları aşırı basınca karşı, emniyet valfleri ile korunacaktır.

G. Yardımcı Sistemler

1. Genel

Boru devreleri sistemi ve yedek filtre donanımları için ek olarak Kısım 4, Bölüm 16 uygulanacaktır.

2. Yakıt Sistemi

2.1 Genel

2.1.1 Yakıt püskürtme devrelerinde yalnız metal sızdırmazlık elemanları veya buna eşdeğer kabul edilen boru bağlantı şekilleri uygun görülür.

2.1.2 Yakıt besleme ve geri dönüş devreleri, yakıt besleme sisteminde istenmeyen bir geri tepme basıncı meydana gelmeyecek şekilde döşenmelidir. Bu amaçla **TL** tarafından kabul edilen geri tepme basınç söndürücüsü (amortisör) eğer gerekli ise makina tarafına konulmalıdır.

2.1.3 Yakıt sisteminin tüm bileşenleri, sistem için öngörülen maksimum yüksek basınçlara dayanacak şekilde dizayn edilecektir.

2.1.4 Eğer yakıt sistemine sınırlı ömürlü yakıt rezervuar veya damperleri konulmuşsa, overal talimatı ile birlikte ömür bilgileri de makina üreticisi tarafından ilgili el kitabına dahil edilecektir.

2.1.3 Yakıt devreleri; yüksek sıcaklıklı ünitelerin, buhar devrelerinin, egzoz manifoldlarının, susturucuların veya 7.1'e göre izole edilmesi gereken diğer donanımın hemen üstünde veya yakınında yer almayacaktır. Mümkünse, yakıt devreleri; sıcak yüzeylerden, elektrik tesislerinden veya diğer potansiyel tutuşturucu kaynaklardan yeterince uzakta yer almalı ve tutuşturucu kaynaklara yakıt püskürmesi veya sızıntısı önlenecek tarzda muhafazaya alınmalı veya uygun şekilde korunmalıdır. Bu boru devrelerindeki bağlantı sayısı en azda tutulacaktır.

2.2 Korunma

2.2.1 İçten yanmalı makinaların kullanım amacı ve yerleşimine bakılmaksızın dış yakıt püskürtme devreleri(püskürtme pompası ve püskürtme valfi arasındaki yüksek basınç devresi) gömlekli boru ile korunur. Böylece sızan yakıt

- Emniyetle toplanır,
- Basınçsız olarak boşaltılır,
- Etkili olarak izlenir ve alarm verilir.

2.2.2 Yakıt geri dönüş devrelerinde basınç dalgalanmaları 20 bar'dan büyük olursa, bu devreler de aynı şekilde muhafaza altına alınmalıdır.

2.2.3 Yüksek basınçlı yakıt boruları ve gömlek dış borusu, sabit olarak monte edilecektir.

2.2.4 Muhafaza elemanı olarak hortum şeklindeki boruların kullanılması durumunda, bunlar belirtilen amaca uygun olmalı ve **TL** tarafından onaylanmalıdır.

2.3 Sızan yakıtın drenajı

Sızan yakıtın etkin bir şekilde akıtılmasını ve makinanın yağlama yağı ile karışmamasını sağlayıcı tasarım önlemleri alınmalıdır.

2.4 Isıtma, ısının yalıtımı, tekrar dolaşım

Ön ısıtmalı yakıtla çalışan makinaların püskürtme devreleri dahil yakıt devreleri, ısı kaybına karşı yalıtılmalı ve eğer gerekli ise, devreye ısıtma sağlanmalıdır.

Yakıt dolaşımının sağlanması için gerekli önlem alınmalıdır.

2.5 Yakıt karışımları

Fuel oil ve diğer sıvıların karışımı ile çalışan makinalar için, yakıt işleme sistemindeki arızadan sonra makinanın çalışmasının durdurulabilmesi sağlanmalıdır.

3. Yakıt ve Yağlama Yağı Sistemlerine ait Filtrelerin Yerleştirilmesi

3.1 Makinanın üzerinde bulunan yakıt veyağlama yağı filtreleri, hareketli parçalar üzerinde olmayacak ve sıcak parçalarla doğrudan doğruya yakınlığı bulunmayacak şekilde tertiplenmelidir.

3.2 Şayet 3.1'e uygun yerleştirme yapılamıyorsa, kızgın parçalar ve dönen kısımlar yeterince muhafaza altına alınmalıdır.

3.3 Yakıt filtreleri, sızıntıların uygun bir yolla toplanabileceği şekilde düzenlenmelidir. Şayet filtrenin açılması halinde yağ dışarı akabiliyorsa, aynı şey yağlama yağı filtresi için de geçerlidir.

3.4 Çalışma sırasında sırası değiştirilebilen iki veya daha fazla bölmeli filtreler, herhangi bir bölmesini açmadan evvel basıncı düşürme ve servise almadan evvel de havasını giderme işlemlerinin güvenli bir şekilde yapılabileceği teçhizat ile donatılmalıdır. Bunun için kural olarak bir kapama valfi kullanılır. Hangi filtre bölmesinin devrede veya devre dışı olduğu, açıkça ve her an için izlenebilmelidir.

3.5 Makinalara yakıt beslemesi kesilmeksizin temizleme yapabilmek için paralel konulan yakıt filtreleri (örneğin; dubleks filtreler), basınç altındaki filtrenin yanlışlıkla açılması olasılığını en aza indirecek düzenlerle donatılacaktır. Filtreler/filtre odacıkları, aşağıda belirtilenler yönünden gerekli şekilde donatılacaktır:

- Çalışma sırasında havalandırma,
- Açılmadan önce basıncı giderme

Bu amaçla, güvenli bir yere açılan dreyn borusuna sahip valfler veya musluklar kullanılacaktır.

Birden fazla jeneratöre sahip gemiler için jeneratör dizel makinalarının yağ filtrelerine, Kısım 4, Bölüm 16, H.3.4.1'de yer alan gereklilikler uygulanabilir.

3.6 Ayrıca filtreler için Kısım 4, Bölüm 14'deki istekler dikkate alınacaktır.

4. Yağlama Yağı Sistemi

4.1 Yağlama yağı sistemi, yağlama yağının temizlenmesi, soğutulması, vs. için genel şartları Kısım 4, Bölüm 16, H içermektedir. Boru devresi yerleşimi için, 2.1.3 uygulanacaktır.

4.1.1 Yağ deposu olarak da görev yapan ıslak karterli makinalar, çalışma sırasında da yağ seviyesinitespit edebilme ve gerektiğinde yağ ikmali yapabilme olanakları bulunacak şekilde donatılmış olmalıdır. Yağın tamamıyla boşaltılmasını sağlayacak tertibat bulunmalıdır.

4.1.2 İki veya daha fazla makinanın krankkeyzlerinden yağ boşaltma devrelerinin birleştirilerek götürülmesi kabul edilmez.

4.1.3 Sızıntı tankından çıkan dreyn devresinin uçları, dreyn tankı yağ seviyesi altında olacaktır.

4.2 Yağlama yağı pompaları ve makinaların teçhizatı için Kısım 4, Bölüm 16, H.3 geçerlidir.

4.2.1 Üzerinde bulunduğu makina tarafından tahrik edilen ana yağlama yağı pompaları, makina çalıştığı sürece, yağlama yağını temin edecek şekilde tasarlanmalıdır.

4.2.2 Ana yağlama yağı pompalarını tahrik eden ana makinalar, bağımsız çalışan stand-by pompalarla donatılmalıdır.

4.2.3 Her birine ait bağımsız yağlama donanımı olan birden fazla ana makinalı sistemlerde, ana yağlama pompalarının gemide değiştirilmesine olanak varsa, montaja hazır durumda olan yedek pompalar stand-by pompa olarak kabul edilebilir.

4.2.4 Makinaların çalışması için gerekli olan silindir yağlaması ile ilgili olan ve elektronik dozlama ünitesi ile teçhiz edilen yağlama yağı sistemleri **TL** tarafından onaylanmalıdır.

5. Soğutma Sistemi

5.1 Soğutma suyu pompaları kendinden olan makinaların teçhizatı ve soğutma suyu devresinin tertibi için Kısım 4, Bölüm 16, I ve K'ya bakınız.

5.1.1 Makinaya bağlı ana soğutma suyu pompaları, bütün çalışma koşullarında, soğutma suyu teminini devam ettirebilecek şekilde tertiplenmelidir.

5.1.2 Ana soğutma suyu pompalarını tahrik eden ana makinalar, bağımsız çalışan stand-by pompalarla veya bağımsız çalışan stand-by pompaları olansoğutma suyu sistemlerine bağlantı yapılabilecek şekilde donatılmalıdır.

5.1.3 Her birine ait bağımsız tatlı su soğutma donanımı olan birden fazla ana makinalı sistemlerde, ana tatlı su soğutma pompalarının gemide değiştirilmesine olanak varsa, montaja hazır durumda olan yedek pompalar stand-by pompa olarak kabul edilebilir. Ana pompalar tatlı soğutma suyu sisteminden kapama valfleriyle ayrılabilmelidir.

5.2 Soğutma havası makina dairesinden emiliyorsa, soğutma sisteminin tasarımında en az 45°C'lık bir ortam sıcaklığı esas alınmalıdır.

Hava soğutmalı makinaların soğutulması sonucu ısınan hava, makinanın yer aldığı ortamda kabul edilmeyen bir ısınmaya sebep olmamalıdır. Kural olarak bu ısınan hava özel kanallarla açık havaya atılmalıdır.

5.3 Eğer makinalar, yakıt yakan tesislerin çalıştığı ortamlarda tertiplenmişse, ek olarak Kısım 4, Bölüm 15, A.5 de dikkate alınmalıdır.

6. Dolgu Havası Sistemi

6.1 Egzoz gazı türboşarjeri

6.1.1 Egzoz gazı türboşarjerlerinin yapısı ve denenmesi için Bölüm 4, geçerlidir.

6.1.2 Egzoz gazı türboşarjerleri, makinanın bütün çalışma aralığında, kritik devir sayısı sahası gösteremezler.

6.1.3 Egzoz gazı türboşarjerinin devrede ve devre dışı olması durumunda da yağlama yağı temini güvenli olmalıdır.

6.1.4 Güvenli bir çalışmayı mümkün kılmak için

ana makinalar düşük devir sayılarında da dolgu havası ile beslenmelidir.

İki zamanlı makinalarda, gerektiğinde, makinadanbağımsız çalışan veya doğrudan makinadan hareket alan dolgu havası kompresörü öngörülmelidir.

6.1.5 Eğer bir makina düşük devir sayısı aralığında ve manevra sırasında, yalnız makinadan bağımsız çalışan dolgu havası kompresörü vasıtası ile çalıştırılabiliyorsa, bu takdirde, stand-by bir dolgu havası kompresörü veya kabul edilen yapı türünde eşdeğer bir cihaz tertiplenmelidir.

6.1.6 Bir türboşarjerin devre dışı kalması halinde ana makinayla emercensi bir çalışma mümkün olmalıdır.

6.2 Dolgu havasının soğutulması

6.2.1 Dolgu havası soğutucularının imalatı ve testi Bölüm 14 uyarınca yapılacaktır.

6.2.2 Makina üreticisi tarafından belirlenen sıcaklık aralığında, dolgu havası sıcaklığının ayarlanmasını mümkün kılan tertibatlar öngörülmelidir.

6.2.3 Dolgu havası soğutuculu makinaların, dolgu havası devreleri, yeterli bir su dreyni tertibatı ile donatılmalıdır.

6.3 Yangın söndürme donanımı

Krosetli makinalarda, silindirlerle açık bağlantılı olan dolgu havası mahalleri, makina dairesi yangın söndürme sisteminden bağımsız ve onaylanmış bir yangın söndürme sistemine bağlanmalıdır. (Kısım 4, Bölüm 18, Tablo 18.2'ye bakınız.)

7. Egzoz Gazı Devreleri

7.1 Egzoz gazı devreleri, üst yüzeylerindeki sıcaklığı 220°C'ı geçmeyecek şekilde yalıtılmalı veya soğutulmalıdır.

Yalıtım malzemesi yanmaz tipte olmalıdır.

7.2 Kısım 4, Bölüm 16, M egzoz gazı devrelerine ait genel kuralları içermektedir.

H. Kumanda Teçhizatı

1. Genel

İnsansız makina tesisleri için, aşağıdakilere ilave olarak, Kısım 4-1, Otomasyon'da belirtilenler de dikkate alınmalıdır.

2. Ana Makinalar

2.1 Lokal kumanda istasyonu

Sevk sisteminin emercensi çalıştırılması için, sistemi çalıştırabilmek ve izlemek üzere bir lokal kumanda istasyonu tertiplenir.

2.1.1 Ana makinanın lokal kumanda istasyonundaTablo3.7'deki parametreleri açık olarak belirlemek için göstergeler tertiplenir.

2.1.2 Lokal kumanda istasyonunda veya doğrudan makina üzerinde sıcaklık göstergeleri bulunmalıdır.

2.1.3 Dişli donanımı ve kumanda edilebilir piçli pervane sistemlerinde, ana makina lokal kumanda istasyonunda emercensi çalışma için istenen kontrol göstergeleri ve kumanda cihazları tertiplenir.

2.1.4 Devir sayısı göstergelerinde, kritik devir sayısı bölgeleri kırmızı ile işaretlenmelidir.

2.2 Makina kontrol odası / gemi kumanda merkezi

Uzaktan kumandalı veya kontrollü sevk sistemi için Tablo3.7'de verilen kontrol göstergeleri donatılmalıdır, Kısım 4-1, Otomasyon'a bakınız.

2.3 Köprü / seyir merkezi

2.3.1 Kontrol istasyonu bölgesinde, sevk sistemi için önemli çalışma parametreleri bulunmalıdır.

2.3.2 Aşağıdaki kumanda cihazları bağımsız olarak tertiplenir:

- Ana makinanın devir sayısı / dönme yönü,
- Şaftın devir sayısı / dönme yönü,
- Pervane piçi (kumanda edilebilen piçli pervaneler),
- İlk hareket hava basıncı,
- Kumanda havası basıncı.

2.3.3 Toplam gücü 600 kW'a kadar olan makina donanımlarında, **TL** ile anlaşarak basitleştirilebilir.

3. Yardımcı Makinalar

Yardımcı makinalar ve emercensi makinalar için Tablo 3.7'deki kontroller asgari olarak sağlanacaktır.

I. Alarm Sistemleri

1. Genel

1.1 Aşağıdaki kurallar, hiçbir derecede otomasyonu olmayan konvansiyonel makina tesislerine uygulanır.

1.2 Bu kurallara göre alarm tabirinden, anormal çalışma parametrelerinin görsel ve sesle haber verilmesi anlaşılır.

2. Alarmın Kapsamı

Ana, yardımcı ve emercensi makinalar için Tablo 3.7'ye göre alarmlar sağlanmalıdır.

J. Makinanın Layna Alınması / Yataklama

Makinanın layna alınması / yataklaması ile ilgili **TL** Ek Kurallar, Sevk Sisteminin Temellere Yerleştirilmesi İçin Kurallar'ına bakınız.

1. Krankşaftın layna alınması

Gemide bir makinanın her layna alınmasından sonra krankşaftın durumu, krank veb sapması ölçülerek ve/veya diğer uygun yollarla kontrol edilir.

Bunun için:

- Geminin çektiği suyu/yükleme durumu, ve;
- Makinanın çalışma durumu – soğuk / ön ısıtma / sıcak,

sabit tutulmalıdır.

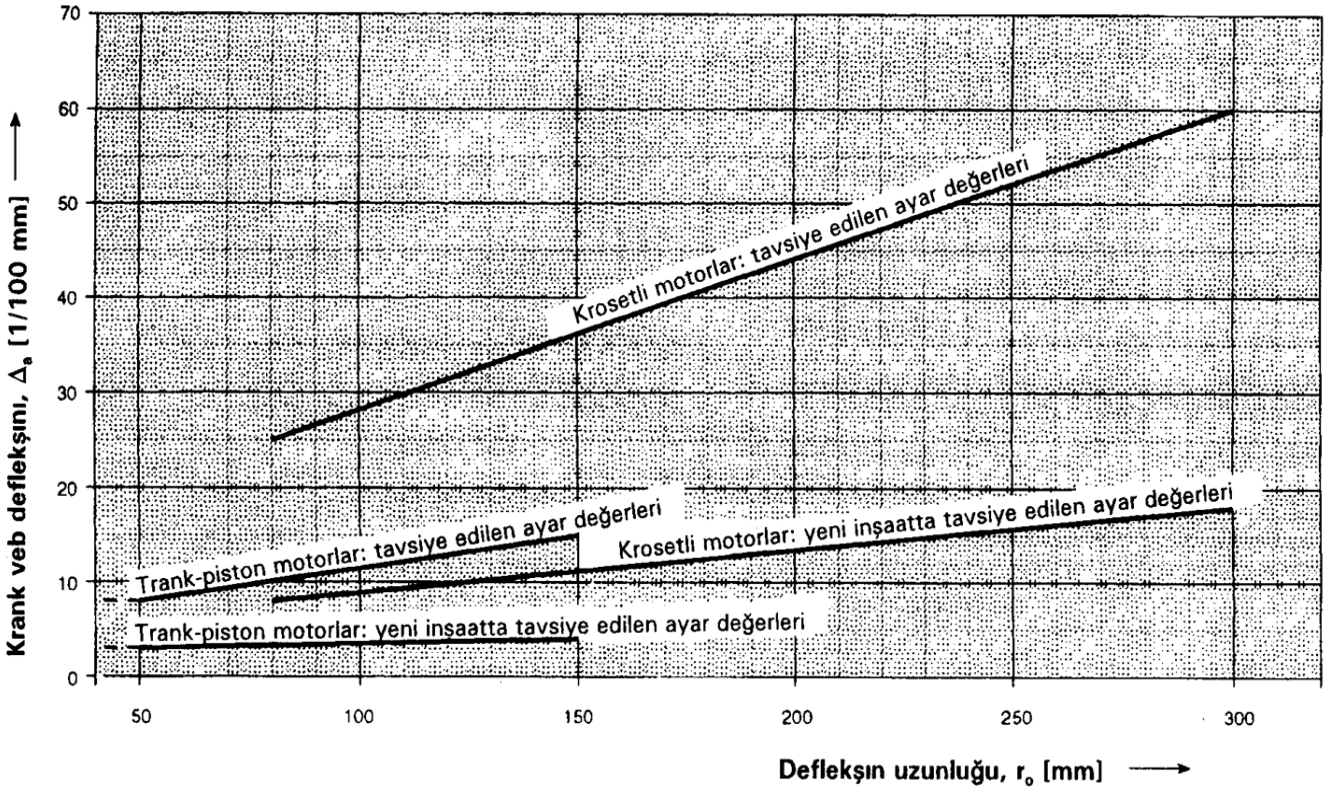
2. İzin Verilen Krank Veb Sapması

Müsaade edilebilen sapma değerleri, makina üreticisi tarafından belirtilmemişse, **TL**'nun başvuru değerleri karar verme ölçüsü olarak esas alınır.

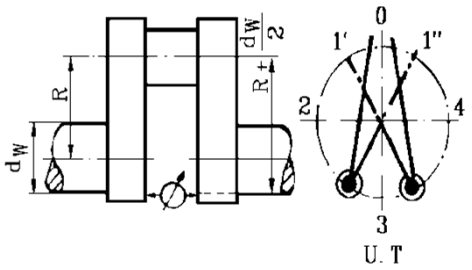
3. Krank Veb Sapması için Başvuru Değerleri

3.1 Çeşitli tip makinalarda krank veb sapması için makina üreticileri tarafından söz konusu edilen değerlerden bağımsız olarak, bir krank veb sapmasının yeterliliği için uygun değer, krank veblerinin sapma uzunluğu (r_o) a bağlı olarak Şekil 3.11'den alınabilir.

Eğer bu değerler aşılmamışsa, krankşaftın ve de krankşaft yataklarının kabul edilmeyen ek bir zorlamaya maruz kalmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil. 3.10 Krank veb sapması için başvuru değerleri



Şekil. 3.11 Krank veb sapması ölçüleri

3.2 Krank veb sapmalarının ölçülmesi için uyarılar

Krank veb sapması için krank pin merkez hattından ölçüm mesafesi, R + (d_w/2)'dir. (Şekil 3.11'e bakınız).

Veblerin sapması Δa yalnız karşı karşıya bulunan krank durumları arasında bir anlam ifade eder (Şekil 3.11'e bakınız), yani 0-3 arası, düşey ayarlamanın ve yatak düşüklüğünün, aynı şekilde 2-4 arası, layna alma sırasında yanlamasına yatak kaymasının ve yatağın aşınmasının değerlendirilmesi için belirlenir.

(0) ölçme yerinin biyel kolu tarafından kapatılması halinde 1' ve 1" den alınan ölçü değerlerinin ortalaması kullanılır.

3.3 Krank veb sapması uzunluğunun, r_o saptanması

- Şekil 3.12'deki tek parça dövülmüş ve düşme ile dövülmüş krankşaftlar (A, B ve C);

- Yarı-imalat krankşaftlar, Şekil 3.12 (D).

Semboller:

R = Krank yarıçapı, [mm]

H = Strok (2R), [mm]

d_k = Krank pin çapı, [mm]

d_w = Jurnal çapı, [mm]

d_N = Sıkı geçme delik çapı, [mm]

Tablo 3.7 Alarmlar ve göstergeler

Tanım	Sevk makinaları	Yardımcı makinalar	Emercensi makinalar
Devir sayısı / dönme yönü	I		
Makina aşırı devri **(5)**	A, S	A, S	A, S
Makina girişinde yağlama yağı basıncı	I, L, **(9)**, S	I, L, **(9)**, S	I, L **(9)**
Makina girişinde yağlama yağı sıcaklığı	I, H	I **(5)**, H **(5)**	I **(5)**, H **(5)**
Makina girişinde yakıt basıncı	I	I	
Makina girişinde yakıt sıcaklığı **(1)**	I	I	
Yüksek basınç borularından yakıt sızıntısı	A	A	A
Makina girişinde silindir soğutma suyu basıncı	I, L	I **(4)**, L **(4)**	I **(4)**, L **(4)**
Makina çıkışında silindir soğutma suyu / havası sıcaklığı	I, H	I, H	I, H
Silindir basıncı **(10)**	H	H	H
Makina girişinde piston soğutma maddesi basıncı	I, L		
Makina çıkışında piston soğutma maddesi sıcaklığı	I, H		
Silindir girişinde dolgu havası basıncı	I		
Dolgu havası kuleri girişinde dolgu havası sıcaklığı	I		
Dolgu havası kuleri çıkışında dolgu havası sıcaklığı	I, H		
İlk hareket havası basıncı	I, L		
Kumanda havası basıncı	I, L		
Egzoz gazı sıcaklığı **(2)**	I, H **(3)**		
Krankkeyzde yağ buharı konsantrasyonu veya alternatif izleme sistemi **(6) (7) (8)**	I, H	I, H	I, H

I : Gösterge
A: Alarm
H: Üst sınır alarmı
L : Alt sınır alarmı
S : Durdurma

(1) *Sadece ağır yakıtla çalışan makinalar için.*

(2) *Boyutların izin verdiği hallerde, her silindir çıkışında ve türbo şarjerin giriş ve çıkışında.*

(3) *Sadece türbo şarjer çıkışında.*

(4) *Soğutma suyu basıncı veya akımı.*

(5) *Sadece makina gücü ≥220 kW için.*

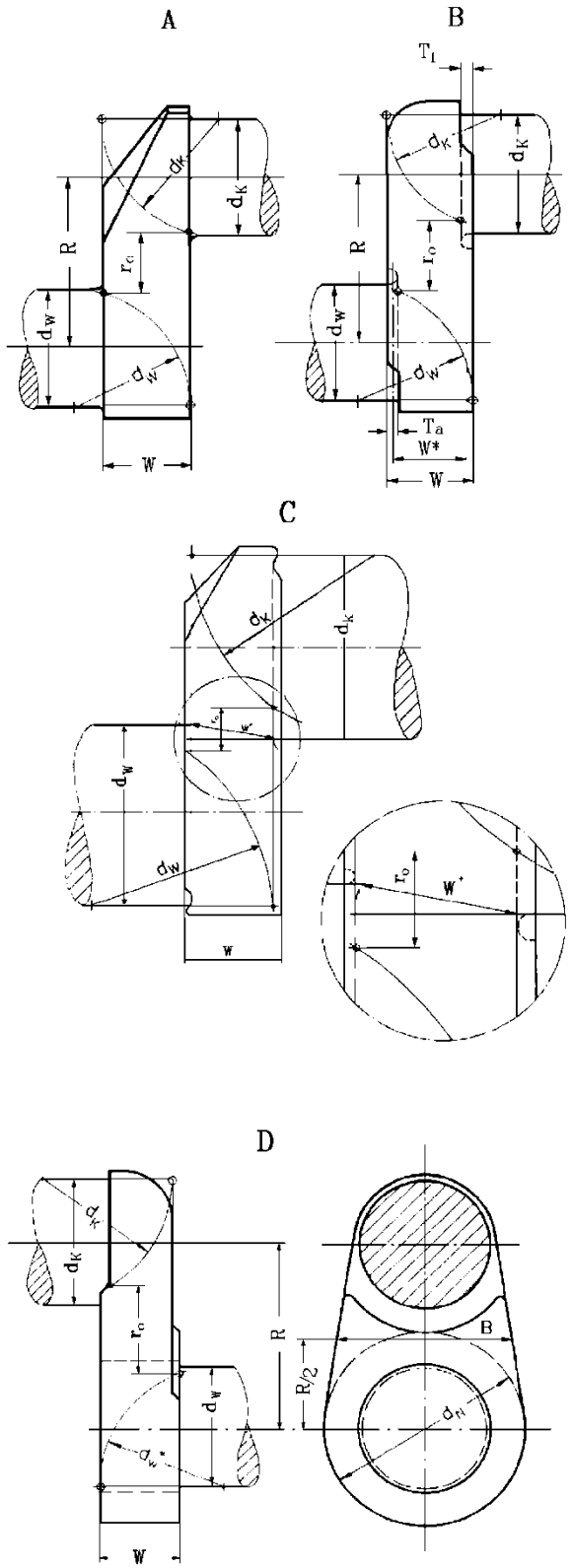
(6) *Gücü >2250 kW veya silindir çapı >300 mm. olan makinalar için.*

(7) *Alternatif izleme yöntemleri **TL** tarafından onaylanabilir.*

(8) *Düşük hızlı makinalar için makina yavaşlatma işlevi, orta ve yüksek hızlı makinalar için kapatma işlevi sağlanmalıdır.*

(9) *Sadece makina gücü >37 kW için.*

(10) *Silindir çapı >230 mm. olan makinalar için*



Şekil 3.12 Dövülmüş (A, B ve C) ve yarı-imalat (D) krankşaft tipleri

W = Eksenel veb kalınlığı, [mm]

B = R/2 mesafesinde veb genişliği, [mm]

T_i = Veb kesiğinin derinliği (krank pin tarafında), mm]

T_a = Veb kesiğinin derinliği (jurnal tarafında), [mm]

s = Pin/jurnal bindirmesi [mm].

$$= \frac{\left(d_k + d_W\right)}{2} - R$$

Pinlerin/jurnallerin negatif bindirmesi (s<0) halinde sapma uzunluğu r_o, Şekil 3.12, A'ya uygun olarak krank veb sapma uzunluğu aşağıdaki formülle elde edilir:

$$r_0 = 0{,}5\cdot(H+d_k+d_w)-W\left[\left(\sqrt{\frac{2\cdot d_k}{W}}-1+\sqrt{\frac{2\cdot d_w}{W}}-1\right)\right]$$

Krank veb arka girintilerinde formüldeki W yerine, aşağıdaki değer konulur:

$$W^* = W - \frac{\left(T_i + T_a\right)}{2}$$

Yarı-imalat krankşaftlarda Şekil 3.12, D'ye uygun olarak karekök altındaki d_w yerine, aşağıdaki değer konulur:

$$d_W^* = 1/3(d_N - d_W) + d_W$$

Pinlerin/jurnallerin pozitif bindirmesi halinde (s≥0), Şekil 3.12, C'ye uygun olarak W yerine aşağıdaki değer konulur:

$$W^* = \sqrt{(W - T_i - T_a)^2 + [0{,}5\,(d_k + d_W - H)]^2}$$

Alışılmış uygulamalar için;

Tek parça dövülmüş krankşaftlarda :

B/d_w = 1,37 den 1,51 e kadar, ve

Yarı-imalat krankşaftlarda :

B/d_w = 1,51 den 1,63 e kadar

olanlarda B'nin etkisi, Şekil 3.10'daki Δ_a dan r_o değerinin normal hesaplanması ile göz önüne alınır. B/d_w nin yukarıdakilerden farklı olduğu değerleri için (örneğin; yuvarlak levha, oval krank vebler, vs.) B'nin değişik desteklenme etkilerini göz önüne alan fiktif bir veb kalınlığı W^{**} aşağıdaki bağıntılardan elde edilir ve W yerine konur:

$W^{**} = W^{*} \cdot \sqrt[3]{B/d_W - 0{,}44}$ Tek parça dövülmüş krankşaftlar için

$W^{**} = W^{*} \cdot \sqrt[3]{B/d_W - 0{,}57}$ Yarı-imalat krankşaftlar için

K. Egzoz Gazı Temizleme Sistemleri

1. Genel

Egzoz gazı temizleme sistemleri, uygun yasal gereklilikleri sağlamalıdır. MARPOL Sözleşmesi'nde öngörülen uluslararası sefer yapan gemilerdeki gereklilikler göz önünde bulundurulmalıdır. Islak egzoz gazı temizleme sistemlerinde (temizleyici sistem) IMO Resolution MEPC.259(68) uygulanır.

Egzoz Gazı Resirkülasyon (EGR) yöntemi kullanılıyorsa karar MEPC 307(73)* dikkate alınmalıdır. Makinaya Seçici Katalitik Azaltım sistemi teçhiz edilmesi durumunda NOx Teknik Kod 2008'e ilaveten MEPC 313(74) ile değiştirilen Karar MEPC 291(71)'de dikkate alınmalıdır.

1.1 Uygulama

Aşağıdaki istekler, içten yanmalı makinalar, yakma fırınları, buhar kazanlarının egzoz gazlarından gelen egzoz gazı temizleme sistemlerine uygulandığında nitrojen oksit (NOx), sülfür oksit (SOx) veya gelen partikül miktarlarında azalma olur.

(*) Karar bleed-off suyu boşaltma düzeneğine sahip EGR cihazı teçhiz edilmiş, EIAPP sertifikası ilk 1 Haziran 2019 yada sonrasında verilen marine dizel motorlara uygulanmalıdır.

2. Onay

Eğer gemiye egzoz gaz temizleme sistemi yerleştirilirse, yerleşim detayları ve işlevinin tanımı onay için **TL**'ye sunulmalıdır.

2.1 Onay için sunulacak dökümanlar

Onay için, sistemin ana boyutlarını gösteren resimler, donatım istekleri ve işletim özelliklerini içeren dökümantasyon ve resim onaya sunulmalıdır. Eğer uygulması varsa operasyon el kitabı, emercensi işletim talimatlarını içermelidir.

2.2 Onay sertifikası

Gerekli dökümanların değerlendirilmesinden sonra sonuçların uygun bulunmasının ardından, sörveyör gözetiminde gemi üzerinde gerçekleştirilecek testlerin başarı ile tamamlanmasından sonra **TL** onay sertifikası düzenler.

3. Yerleşim Planı

3.1 Sistem yerleşim planı ve montaj

Egzoz gaz temizleme sistemi, her bir yanmalı makina veya yanma tesisi için bağımsız olmalıdır. Yanabilen malzemelerin kullanımında ve yapısal yangından korunmada genel istekler sağlanmalıdır. Üre veya sodyum hidroksit çözelti tanklarının makina dairesinden ayrı bir alana teçhiz edildiği durumlarda, çözelti tankı alanının yangın bütünlüğü için Kısım 1 – Tekne Yapım Kuralları, Bölüm 21'e bakınız. Sistemin ısıl genleşmesi ve bunun gemi bünyesine ve egzoz borularının mekanik bağlantılarına etkisi dikkate alınmalıdır. Kısım 4, Bölüm 16, M'de egzoz gaz hatları için verilen istekler göz önünde bulundurulmalıdır. Egzoz gaz temizleme sisteminde son işlem donatımı için en az bir adet muayene deliği bulundurmalıdır.

Egzoz gaz temizleme sistemlerinde, muayene ve bakım için gerekli düzenlemeler yapılmış olmalı. Uygulanabildiği ölçüde, iç parçaların değişimi veya sökümü mümkün olmalıdır.

3.2 Baypas

Egzoz gaz temizleme sistemi tek bir ana sevk makinası için düzenlendiğinde klapeli valfler veya diğer uygun

kesme cihazları yardımıyla sistem arızası durumunda kesintisiz makina işletimine izin verecek bay-pass sistemi olmalıdır. Baypas, makina tam yükte çalışırkenoluşan maksimum egzoz gaz akışı için tasarlanmalıdır.

Çok makinalı tesiste bulunan bir motora uygulanan egzoz gaz temizleme sistemlerinde baypas sisteminden vazgeçilebilir.

3.3 Ek basınç kaybı

Egzoz gaz sisteminde toplam basınç kaybı, egzoz gaz temizleme sisteminden gelen ek basınç kayıpları da dahil olmak üzere hiçbir yükleme koşulunda makina üreticisi tarafından belirtilen izin verilen maksimum egzoz gazı karşı basınç değerini aşmamalıdır.

3.4 Maksimum gaz basıncı

Üretici tarafından, egzoz boru sistemi için belirtilen maksimum basınç değeri aşılmamalıdır. Egzoz gaz temizleme sistemi, yanmalı motorun turboşarjerinin üst akışı yönünde konumlandırıldıysa bu duruma özel olarak dikkat edilmelidir (Örneğin; Büyük çaptaki iki stroklu dizel makinalarla kullanılan seçici katalitik indirgeme sistemi).

3.5 Egzoz gaz borusu salınım karakteristikleri

Egzoz gaz temizleme sisteminin montajı ve işletimi, yanmalı makinanin egzoz borusu üzerinde makinanin emniyetsiz çalışma koşullarına sebep olacak ters etki yaratmamalıdır.

3.6 Kurum

Egzoz gaz temizleme sistemi civarında veya içinde duman çöküntüsü olması engellenmelidri. . Bu durum ek bir yangın riski oluşturuyorsa kurum kabul edilemez.

3.7 Boru sisteminde titreşimler

Egzoz boru sistemide dahil olmak üzere egzoz gaz temizleme sisteminin tasarım ve montajında boru sisteminde mekanik hasar oluşmasını önlemek için , gemi makinası tarafından uyarılmış titreşimler, gaz titreşimleri veya gemi bünyesi boyunca iletilen titreşimler göz önüne alınmalıdır Sönümleme sistemi ve/veya kompensatörlerin donatılmasına önem verilmelidir.

3.8 İşletme parametrelerinin izlenmesi

Egzoz gaz temizleme sisteminin ana işletme parametreleri izlenmeli ve olası anormallikler için gösterge olarak kullanılabilmelidir. Minimum aşağıdaki işletme parametreleri izlenmelidir:

- Egzoz gaz temizleme sisteminin giriş gaz sıcaklığı
- Egzoz gaz temizleme sisteminin çıkış gaz sıcaklığı
- Egzoz gaz temizleme sistemi boyunca basınç düşmesi
- Makina egzoz gazı karşı basıncı
- Klapeli valflerin pozisyonu

4. Malzemeler

Egzoz gaz temizleme sisteminin bütün malzemeleri, bağlantı boruları ve kimyasal tepkime maddesi dozaj ünitesi yanmaz olmalıdır. Uygulanabildiği ölçüde, egzoz gaz boruları ile ilgili Kısım 4, Bölüm 16, M'deki kurallar yerine getirilmelidir.

5. Kimyasal Tepkimeli Maddeler

5.1 Azaltıcı madde

Seçici Katalitik Azaltım (Selective Catalytic Reduction – SCR) tipindeki egzost gazı temizleme sisteminde kullanılan azaltıcı maddeler (amonyak, çözünmüş amonyak, üre ve benzerleri), bu tür maddeler için onaylanmış malzemelerden yapılan tanklarda ve borularda depolanmalı ve taşınmalıdır, Kısım 4, Bölüm 16'ya bakınız.

Daha fazla bilgi için TL-I MPC 105.

5.2 Amonyak Atımı

Seçici Katalitik Azaltım (SCR) tipindeki egzoz gaz temizleme sistemleri uygulandığında, aşırı amonyak atımı önlenmelidir.

5.3 Yıkama suyu kriteri

Egzoz gazları su ile yıkandığında, disçarç edilen yıkama

suyu IMO Resolution MEPC.259(68)'da bahsedilen kriter ile uyumlu olmalıdır.

5.4 SCR azaltıcıların depolanması ve kullanımı

5.4.1 Genel

NO_x Teknik Kod'un 2.2.5 maddesinde ve diğer maddelerinde, seçeneklerden biri Seçici Katalitik Azaltım (SCR) olan NO_x azaltıcı donanımın kullanımını öngörmektedir. SCR, üre/su çözeltisi veya istisnai hallerde, sulu amonyak veya susuz amonyak gibi bir azaltıcının kullanımını gerektirir. Buradaki istekler, SCR azaltıcıların depolanması ve kullanımı ile ilgili düzenlemelere uygulanır.

5.4.2 Üre bazlı amonyak kullanılan azaltıcılar (örneğin % 40 / % 60 üre/su çözeltisi)

Aşağıdaki gereklilikler tank hacmi 500 litrenin üzerinde olan SCR azaltıcılar için uygulanır.

5.4.2.1 Üre bazlı amonyak kullanıldığında (örneğin, ISO 18611-1'de belirtilen AUS 40-sulu üre çözeltisi), depolama tankı, olası sızıntıların toplanacağı ve sıcak yüzeylerle teması önleneceği şekilde düzenlenecektir. Tüm borularda ve diğer tank geçişlerinde, tank'a bağlı olan elle kapatma valfleri bulunacaktır. Tank ve boru devresi onaylanacaktır.

5.4.2.2 Depolama tankı makina dairesi içinde yer alabilir.

5.4.2.3 Depolama tankı, belirli çözelti konsantrasyonlarına uygulanan aşırı yüksek veya düşük sıcaklıklara karşı korunacaktır. Bubub için, geminin çalışma alanına bağlı olarak, ısıtma ve/veya soğutma sisteminin tesisi gerekebilir. Sulu üre tankının içeriğinin depolan sırasında bozulmasını önlemek üzere, ilgili tanınmış standartlar (ISO 18611-3 gibi) tarafından tavsiye edilen fiziki koşullar dikkate alınacaktır.

5.4.2.4 Eğer üre depolama tankı kapalı bir bölmeye yerleştirilirse, bu bölme, yaşama mahalleri, servis mahalleri veya kontrol istasyonları havalandırma sisteminden bağımsız olan ve saatte en az 6 kez hava değişimi sağlayan, etkin bir mekanik emici havalandırma sistemi ile teçhiz edilecektir. Havalandırma sistemine bölmenin dışından kumanda edilebilecektir.Bölmeye girmeden önce bu tür bir havalandırmanın kullanılmasını gerektiren bir uyarı levhası,bölmenin dışında her giriş noktasının bitişiğine .yerleştirilecektir.

Alternatif olarak, üre depolama tankının makina dairesi içine yerleştirildiği hallerde, makina dairesi genel havalandırma sisteminin depolama tankı civarında etkin bir hava sirkülasyonu sağlanacak şekilde düzenlenmesi ve depolama tankının boş olması ve bütünüyle havalandırılmış olması durumu hariç olmak üzere, sürekli olarak çalışmasının sağlanması halinde, ayrı bir havalandırma sistemine gerek yoktur.

5.4.2.5 Her üre depolama tankında sıcaklık ve seviye izleme donanımı bulunacaktır. Ayrıca, yüksek ve alçak seviye alarmları ile yüksek ve düşük sıcaklık alarmları da sağlanacaktır.

5.4.2.6 Üre bazlı amonyak çözeltisi bünye tanklarında depolanıyorsa, dizayn ve yapım aşamalarında aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır:

- Bu tanklar, tekne bünyesinin bir parçası olarak dizayn ve imal edilebilir (örneğin çift dip tankı, borda tankı).
- Bu tanklar uygun bir anti-korrozif boya ile boyanacak ve yakıt ve tatlı su tanklarına bitişik olarak yerleştirilmeyecektir.
- Bu tanklar, derin tank yapısı için tekne ve birincil takviye elemanlarına uygulanan yapısal isteklere göre dizayn ve imal edilecektir.
- Bu tanklar geminin stabilite hesaplarına dahil edilecektir.

5.4.2.7 5.4.2.4'te belirtilen gereklilikler, normalde personel tarafından girilen kapalı bölmelere de uygulanır:

- entegre üre tanklarına bitişik olduklarında ve bu tanklardan olası sızıntı noktaları (örn. menhol, bağlantı parçaları) olduğunda veya
- Üre boru sistemleri bu bölmelerden geçtiğinde, boru sistemi çelikten veya erime noktası 925 derece C'nin üzerinde olan eşdeğer malzemeden ve tamamen kaynaklı bağlantılarla yapılmadıkça.

5.4.2.8 Azaltıcı boru devreleri ve havalandırma sistemleri, geminin diğer boru devreleri ve/veya sistemlerinden bağımsız olacaktır. Azaltıcı boru devreleri, yaşama mahalleri, servis mahalleri veya kontol istasyonlarındar yer almayacaktır. Depolama tankının hava firar boruları, açık güvertedeki emniyetli bir mahalde sona erecek ve tank hava firar sistemi, üre tankına su girişi önlenecek tarzda düzenlenecektir.

5.4.2.9 İndirgeyici tanklar, erime noktası 925 derece C'nin üzerinde olan çelik veya eşdeğer bir malzemeden olacaktır.

Borular / boru sistemleri, bu valfin metal sitli ve kapanma emniyetli olması veya yangın durumunda mahal dışındaki emniyetli bir yerden çabuk kapanması koşuluyla, tank valfinin akış yönü hariç, erime noktası 925 derece C'nin üzerinde olan çelik veya diğer eşdeğer malzemeden olacaktır.Bu durumda tip onaylı plastik borular, yangına dayanıklılık testini geçmemiş olsa bile kabul edilebilir. İndirgeyici tanklar ve borular / boru sistemleri, indirgeyici ile uyumlu bir malzemeden yapılacak veya uygun korozyon önleyici kaplama ile kaplanacaktır.

5.4.2.10 Mürettebatın korunması amacıyla, gemide uygun kişisel koruyucu donanım bulunacaktır. Göz yıkama ve emniyet duşları sağlanacaktır. Bu göz yıkama istasyonları ve emniyet duşlarının yerleri ve sayıları, ayrıntılı yerleşim aranjmanından belirlenecektir.

5.4.12.11 Üre depolama tankları; ürenin boşaltılabileceği ve seyyar veya sabit sistemler vasıtasıyla havalandırılacak şekilde düzenlenecektir.

5.4.3 Sulu amonyak kullanılan azaltıcılar (% 28 veya daha düşük konsantrasyonlu amonyak)

Üre bazlı bir azaltıcının kullanımının uygun olmadığının kanıtlandığı durumlar hariç, SCR sisteminde azaltıcı olarak sulu amonyak kullanılmayacaktır. Azaltıcı olarak sulu amonyağın kullanılması halinde bunun doldurulması , taşınması ve kullanımı risk esaslı bir analiz sonucunda belirlenecektir.

5.4.4 Susuz amonyak kullanılan azaltıcılar (ağırlıkça % 99,5 veya daha yüksek konsantrasyonlu amonyak)

Üre bazlı bir azaltıcının kullanımının uygun olmadığının kanıtlandığı ve Bayrak İdaresinin kullanımını uygun bulduğu durumlar hariç , SCR sisteminde azaltıcı olarak susuz amonyak kullanılmayacaktır. Üre bazlı azaltıcının kullanımının uygun olmaması halinde ayrıca, sulu amonyak kullanımının da uygun olmadığı kanıtlanacaktır. Azaltıcı olarak susuz amonyağın kullanılması halinde bunun doldurulması , taşınması ve kullanımı risk esaslı bir analiz sonucunda belirlenecektir.

6. Gemideki Yapılacak Testler

Egzoz gazı temizleme ve baypas sisteminin muayene ve işlevsel testleri Sörveyör gözetiminde yapılacaktır

L. Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıtla Yakıtlı Makinalar

1. Kapsam ve Uygulama

1.1 Yakıt olarak gaz ya da diğer düşük parlama noktalı yakıt kullanan içten yanmalı makinalar aşağıdaki gereklilikleri sağlamalıdır.

Bu istekler aşağıdaki kriterleri sağlayan gaz ya da diğer düşük parlama noktalı yakıtla yakıtlı makinalara uygulanabilir:

- Doğal gaz ya da diğer parlama noktalı yakıt kullanan makinalar
- Gaz yakıtla veya fuel oil kullanan makinalar (çift yakıtlı makinalar), veya tekli gaz yakıtlı makinalar (sadece gazla işletilen)
- Düşük veya yüksek basınçlı gaz besleme sistemli makinalar

1.2 Makina tasarımı ve makina emniyet kriterleri göz önüne alınarak her bir durum için özel dizayn özellikleri değerlendirmeye alınacaktır.

2. İlave Kurallar ve Kılavuzlar

2.1 Gaz yada diğer düşük parlama noktalı yakıtla yakıtlı makinaler, **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da tanımlanan gereklilikleri genel anlamda sağlayacaktır.

2.2 Makina Kuralları, Kısım 4, Bölüm 2'de belirtilen A'dan N'ye kadar olan kurallar uygulanabildiği ölçüde gaz yakıtlı makinalar için de geçerlidir.

2.3 **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar, gaz yakıtı depolama tankından beslenen gaz yakıtlarına uygulanır.

2.4 **TL** Cilt C, Kısım 10, Sıvılaştırılmış Gaz Taşıyıcılar Kuralları, sıvılaştırılmış gaz taşıyıcı kargo buharlaşma kaybından beslenen gaz yakıtlarına uygulanır.

3. Tanımlar

3.1 **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da verilen yakıt olarak gazın kullanılması durumunda geçerli olan tanımlar uygulanır.

3.2 **Gaz emme valfi**: Makinanın gerçek gaz ihtiyacına göre makinaya gaz beslemesi yapılmasının kontrolünde makina üzerindeki valf veya enjektör.

3.3 **Emniyet kavramı**: Gaz yakıtı ile ilgili emniyet felsefesini tanımlayan dökümandır.

Normal işletme şartlarında bu yakıt türünün taşıdığı riskler olası arıza senaryoları ve bunların kontrol önlemlerini tanımlar.

4. Genel ve İşletimsel Uygunluk

4.1 Gaz yakıtlı makinaların emniyet, işletme koşulları ve güvenilirliği , marine dizel yakıtlı makinaları ile eşdeğerinde olmalıdır.

4.2 Makina, beklenilen bütün çalışma koşullarında, tam güç aralığında emniyetli ve güvenilir bir işletme kapasitesine sahip olmalıdır.

4.3 Makinaya besleme yapılan gaz yakıtın bileşimi ve minimum metan sayısı, makina üreticisinin verilerine uygun olmalıdır. Eğer gaz bileşimi veya metan sayısı belirtilen limitleri aşarsa, tehlikeli bir durum oluşmamalıdır.

4.4 Önemli sistemlerin (ana sevk, elektrikli güç üretimi, v.s.) yedeklemsi ile ilgili olarak genel kurallar dikkate alınmalıdır. Aynı temel kurallar, yakıtlı makina montajlarında geçerli olduğu gibi gaz yakıtlı makinalara da uygulanır.

4.5 Gaz yakıtlı makina donanımlarının düzenlemesinde kesinti (black-out) ve ölü gemikoşullarını takiben yapılacak işlemler dikkatlice değerlendirilmelidir.

4.6 Gaz yakıtlı makina tesisinin işletme olanakları makina harici gaz beslemenin otomatik kapatması gibi emniyet fonksiyonları tarafından, fuel yakıtlı makina donanımlarından daha aşağı seviyede olmamalıdır. Ayrıca, gaz depolama sistemi, gaz besleme sistemi veya diğer makina donanımlarındaki gaz kaçakları diğer makinaların sevk ya da elektrik gücünün üretilmesi gibi ana işlevlerini yapamamasına sebep olacak otomotik kapatmalara neden olmamalıdır.

4.7 Tek makinalı ana sevk tesislerinde bütün sistem, gaz beslemesi makina dairesi emniyet konsepti ve gazlı makina tasarımı, işletimsel uygulanabilirlik ve yedeklemeye bağlı olarak değerlendirilmelidir.

4.8 Genel olarak, gaz besleme sisteminde olabilecek bir arıza durumunda yakıt moduna geçebilen çift yakıtlı makinalar , sadece gaz yakıtlı makinaların uygulanabilir olduğu tek makinalı ana sevk tesislerinde dikate alınmalıdır.

5. Sunulacak Dökümanlar

5.1 B'de belirtilen dokümanlar ve, **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da tanımlanan dökümanlara ek olarak, Tablo 3.8'de istelenen dökümanlar her biri ayrı ayrı gözden geçirilerek üç kopya olarak onaya sunulmalıdır.

Tablo 3.8 Gaz yakıtlı makinalar için sunulacak dökümanlar

Madde No.	Tanım
1	Yakıt olarak kullanılacak gaza bağlı olarak genel makina tanımı
2	Makina özelliklerinin ve teknik dataların belirtildiği bir döküman
3	İzin verilen gaz özelliklerine ait veriler
4	Yakıt olarak kullanılacak gaza bağlı olarak FMEA analizini içeren makina emniyet konsepti,
5	Tehlikeli alanların tanımı
6	Makina dairesi yerleşimi ve ekipmanlarına bağlı olarak makina tipi için genel donatım kitapçığı
7	Makina için çift cidar boru sistemini ve havalandırma sistemini de içeren (şematik yerleşim, detaylar, montaj, işlevsel tanım)gaz yakıt sistemi,
8	Dolgu havası sistemi (şematik yerleşim, detaylar, montaj, işlevsel tanım)
9	Makina egzoz gaz sistemi (şematik yerleşim, montaj)
10	Krankkeyz patlatma emniyet valfleri, hava giriş manifold ve egzoz manifoldu (minimum sayı ve boyutun belirlenmesi için gerekli olan özellikler, yerleşim, korumalı manifoldların işletme parametreleri) aynı zamanda 8.3.3.4'ü bakınız.
11	Makina kontrol sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
12	Ateşleme sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
13	Yanma izleme sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
14	Makina izleme sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
15	Makina alarm ve emniyet sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
16	Makina için gaz algılama sistemi (şematik yerleşim, işlevsel tanım, özellikler)
17	Makina kontrol-, ateşleme-, alarm-, emniyet-, izleme sistemi, v.s. (özellikler, tip onaylar)
18	Tip onaylı ekipmanların listesi
19	Patlama korumalı elektrikli ekipmanların listesi ve sertifikada belirtilen özelliklerini de içeren bilgi.
20	Gaz algılama sistemi için test prosedürü
21	Gaz sızdırmazlığı için test prosedürü
22	Sistem işletmesinde görevli personel için gerekli eğitim ile ilgili genel bilgilendirme.

6. Genel Kurallar

TL Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar, Bölüm A-1'de bahsedilen kurallar göz önünde bulundurulmalıdır.

6.1 Gaz besleme konsepti

6.1.1 Gaz yakıtlı makinalar, Emercensi Kapatma (ESD) veya Gaz Emniyet Kavramlarına göre tasarlanmalıdır (tanımlar ve kurallar için **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'a bakınız).

6.1.2 Genel tasarım prensibi (ESD veya Gaz Emniyet Kavramı), makina dairesi yerleşimi, makina dairesi emniyet kavramı yedekleme kavramı, sevk tesisi, v.s ile ilgili kabul edilebilir uygulamaların seviyisini belirleyecektir.

6.2 Tek gaz yakıtlı makinalar için kurallar

6.2.1 Genel olarak, tek gaz yakıtlı makinalar elektrik gücü üreten tesisler için uygundur.

6.2.2 Mekanik pervane tahrikleri için tek gaz yakıtlı makinaların kullanılması için özel değerlendirme yapılmalıdır.

6.3 Çift yakıtlı makinalar için kurallar

6.3.1 Çift yakıtlı makinalar, çift yakıt tipi pilot yakıtı ateşlemesi yapabilen ve hızlı bir şekilde sadece akar yakıt türüne geçebilecek nitelikde olmalıdır.

6.3.2 Makina çalıştırılacağı zaman sadece akaryakıt kullanılmalıdır.

6.3.3 Makinanın işletimi kararsız iken, ve/veya manevra ve liman operasyonları sırasında prensip olarak, sadece akaryakıt kullanılmalıdır.

6.3.4 Gaz yakıt beslemesinin kapatılması veya gaz operasyonu ile ilgili makina arızasında makinalar, sadece akaryakıt ile işletimi devam ettirebilecek kapasitede olmalıdır.

6.3.5 Genel olarak, yakıt değişim prosesi sırasında makinanın gücü ve hızı etkilenmemelidir. Değişim sırasında makina gücü ve hızındaki dalgalanmaları minimuma indirecek bir otomatik sistem donatılmalıdır.

6.3.6 Gaz modundan yakıt moduna değişim her işletme şartında olabilmelidir.

7. Sistemler

TL Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da bahsedilen kurallar göz önünde bulundurulmalıdır.

7.1 Soğutma suyu sistemi

7.1.1 Eğer gaz yakıtın doğrudan soğutma suyu sistemi içerisine sızma olasılığı varsa, soğutma suyu sisteminin gazdan arındırılması sağlanmalıdır.

7.1.2 Uygun gaz detektörleri (algılayıcıları) donatılmalıdır.

7.1.3 Hava borularında alev tutucular donatılmalıdır.

7.2 Yağlama yağı sistemi

7.2.1 Eğer gaz yakıtın doğrudan yağlama yağı sistemi içerisine sızma olasılığı varsa, yağlama yağı sisteminin gazdan arındırılması sağlanmalıdır.

7.2.2 Uygun gaz detektörleri (algılayıcıları) donatılmalıdır.

7.2.3 Hava borularında alev tutucular donatılmalıdır.

7.3 Yakıt sistemi

7.3.1 Eğer gaz yakıtın doğrudan yakıt sistemi içerisine sızma olasılığı varsa, yakıt sisteminin gazdan arındırılması sağlanmalıdır.

7.3.2 Uygun gaz detektörleri (algılayıcıları) donatılmalıdır.

7.3.3 Havalandırma borularında alev tutucular donatılmalıdır.

7.4 Harici gaz besleme sistemi

7.4.1 Harici gaz besleme sistemi, tüm işletme koşullarında üretici tarafından tanımlanan makina girişindeki gerekli gaz koşulları ve özellikleri (sıcaklık, basınç, v.s.) sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

7.4.2 Makina, gazın sıvı durumda çalıştırılması için tasarlanmamışsa makinaya yapılan beslemede gazın sıvı durumda olmadığı garanti altına alacak düzenlemeler yapılmış olmalıdır.

7.4.3 Otomatik besleme kapatma valfine ilave olarak her bir makinanın gaz besleme hattına elle kontrol edilen valf yerleştirilmelidir.

7.5 Makina üzerindeki gaz sistemi

7.5.1 Genel kurallar

7.5.1.1 makina üzerindeki gaz borularının düzenlenmesinde makinanın işletimi sırasında oluşacak titreşimler ve hareketler göz önünde alınmış olmalıdır.

7.5.1.2 Gaz borusunun patlaması veya aşırı basınç kaybı durumunda, gaz beslemesini otomatik olarak kapatacak düzenleme yapılmış olmalıdır.

7.5.2 Düşük basınçlı gaz beslemesi

7.5.2.1 FMEA sistemi tarafından belirlendiği üzere gibi makina üzerindeki gaz besleme sisteminde alev tutucular donatılacaktır.

7.5.2.2 Gaz giriş valfi, her bir silindir girişine doğrudan yerleştirilmelidir. Genel olarak, gaz ile yanma havasının karışımı silindir girişinden önce bir yerde yer almayacaktır.

7.5.2.3 Ortak gaz giriş valfi yoluyla giren gaz ile yanma havasının silindir girişinden önceki karışımı emniyet kavramı ve FMEA sistemi tarafından kabul edilebilir bir risk seviyesi olarak belirlenmiş ise kabul edilebilir.

7.5.3 Yüksek basınçlı gaz beslemesi

7.5.3.1 Çift yakıtlı makinaların gaz besleme manifoldu girişinde alev tutucular donatılmalıdır..

7.5.3.2 Yüksek basınçlı gaz yanma havası ile ön karıştırma yapmaksızın doğrudan silindirlerin içine gönderilecektir.

7.5.3.3 Makina üzerindeki yüksek basınçlı gaz boruları, çift cidar olacak ve sızıntı algılama olanağı düzenlenecektir. Dış boru, içteki yüksek basınç borusunda meydana gelebilecek sızıntılara dayanabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

7.5.4 Gaz giriş valfi

7.5.4.1 Gaz giriş valfi, makinanın gerçek gaz ihtiyacına göre makina kontrol sistemi tarafından kontrol edilmelidir.

7.5.4.2 Kontrolsüz gaz girişi , dizayn önlemleri veya uygun algılama ve alarm sistemleri yardımıyla önlenecektir.

7.6 Ateşleme sistemi

7.6.1 Genel kurallar

Ateşleme sistemleri genel kullanımda elektrik kıvılcımlı buji (tek gaz yakıtlı makinalar) veya pilot akar yakıt enjeksiyonu nu(çift yakıtlı makinalar) kullanır.

7.6.1.1 Ateşleme sistemi, bütün çalışma koşullarında gazın yeterince ateşlemesini sağlamalı ve yeterli ateşleme enerjisini oluşturabilmelidir.

7.6.1.2 Makinayı çalıştırmadan önce, enjeksiyon veya yakıt beslemesi yapılmadan makina havalandırılmalıdır.

7.6.1.3 Makinaya gaz girişini aktif hale getirmeden önce ateşleme sistemi, düzgün çalıştığını doğrulamak amacıyla otomatik olarak kontrol edilmelidir.

7.6.1.4 Her silindir için yanma izlenmelidir. Eksik yanma ve yanma vuruntusu saptanmalıdır.

7.6.1.5 Ateşleme sisteminin FMEA sistemi tarafından emniyetli ve güvenilir çalıştığı ispat ve dökümante edilmelidir.

7.6.1.6 Makinanın durdurulması sırasında gaz yakıtı beslemesi, ateşleme kaynağından önce otomatik olarak kapatılmalıdır.

7.6.2 Kıvılcımlı ateşleme

Kıvılcım ateşlemeli makina için, eğer, gaz giriş valfinin çalışmasından makul ve belirli bir süre içinde her silindirindeki ateşleme makina üzerindeki izleme sistemi tarafından algılanmamışsa, gaz besleme otomatik olarak kapanmalı, harekete geçirme sonlandırılmalıdır. Yanmamış gaz karışımı egzoz sisteminden alınmalıdır.

7.6.3 Pilot enjeksiyon ile ateşleme

7.6.3.1 Gaz yakıtının emilmesinden önce her silindir üzerindeki pilot enjeksiyon sisteminin düzgün çalıştığı doğrulanmalıdır.

7.6.3.2 Bir makina çalıştırılmaya her zaman sadece akaryakıt ile başlanmalıdır.

7.7. Elektrikli sistemler

7.7.1 Tehlikeli alanlara yerleştirilmiş ateşleme kaynağı olabilecek elektrikli ekipman, elektrikli sensörler, v.s' için önlemler alınacaktır.

7.7.2 Tehlikeli alanlardaki elektrikli ekipman ve sensörler için **TL** Elektrik Kuralları, Bölüm 1'de yer alan patlama korumasına yönelik gereklilikler göz önünde bulundurulmalıdır.

7.7.3 Tetikleme sisteminin emniyet sisteminin gaz beslemesini kapatması durumunda, FMEA sistemi tarafından belirlenen sistemler çalışabilir kalacaktır. Her zaman çalışabilir durumda kalması gereken ve belirlenen sistemler. Bu sistemler aşağıdakilerle sınırlı kalmamak kaydıyla havalandırma sistemi, inert gaz sistemi ve gaz algılama sistemleridir.

7.8 Makina kontrol-, izleme-, alarm-, ve emniyet sistemleri

7.8.1 Genel kurallar

7.8.1.1 Makinaya gaz beslemesi ve gazbeslemesi yapan valflerin (çift blok ve sızıntı valfi, merkezi gaz valfi) otomatik aktivasyonu, **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar ve **TL** Cilt C, Kısım 10, Sıvılaştırılmış Gaz Taşıyıcıları kurallarına uygun olacaktır.

7.8.1.2 Vuruntu ve eksik yanmyı önlemek için yanma koşulları kontrol edilecek vuruntu yanması ve eksik ateşleme algılanmalıdır.

7.8.1.3 Makina operasyon modu her zaman operasyon görevlisince açıkça görülebilecektir.

7.8.1.4 İzleme, alarm ve emniyet sistemleri için gerekli araçların kapsamı ile ilgili kılavuz Tablo 2.12'de verilmiştir. Makina tasarımına, emniyet kavramına ve FMEA sistemine bağlı olarak , Tablo 2.12'ye göre olası hata modu sapmaları kabul edilebilir.

7.8.2 Gaz algılama

7.8.2.1 Kesintisiz bir gaz algılama sistemi sağlanmalıdır (**TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar, Bölüm A-1'e bakınız).

7.8.2.2 Gaz algılama sistemi, makinaya gaz beslemesi sürdükçe çalışmalıdır.

7.8.2.3 Kılavuz olarak, gaz algılama sistemi Tablo 2.12'de bahsedilen makinanın bölümlerini kapsamalıdır. Makina tasarımına, emniyet kavramı ve FMEA sisteminin Tablo 2.12'ye göre kabul edilebilir.

7.8.2.4 FMEA sistemince kabul edilebilir bulunuyorsa belirli mahaller için kesintisiz gaz algılama sistemi yerine elle gaz algılama sistemi olabilir.

7.8.3 Hız kontrolü ve yük kabulü

7.8.3.1 Genel olarak, F.1'deki kurallar göz önünde bulundurulmalıdır.

7.8.3.2 Geminin güç yönetim sisteminin tasarımı ile ilgili olarak F.1.2.3'de yer alan kurallar uygulanır.

7.8.3.3 Şekil 2.9'da gösterilen elektrik jeneratörlerini çalıştıran makinaların minimum gerekli kademe yükleme kabiliyeti muhafiyeti, sınırlı kademe yükleme kabiliyetindeki gaz yakıtlı makinalar için de kabul edilebilir.

7.9 Egzoz gaz sistemi ve havalandırma sistemi

7.9.1 Gaz yakıtlı makina egzoz gaz boruları yapısal yangından korunma kuralları dikkate alınarak birbirlerinden ayrı yerleştirilmelidir.

7.9.2 Egzoz gaz sistemi dahil makina, havalandırılmalıdır:

- Her makina çalıştırmaya başlamadan önce,
- Arıza başladıktan sonra,
- Gaz yakıtlı makinanın, akaryakıt operasyonu tarafından takip edilmeyen her bir gaz operasyonundan sonra.

7.9.3 Havalandırma sisteminin kontrolü otomasyon sistemine dahil edilmiş olmalıdır. Arıza durumunda alarma çalışmalıdır.

8. Güvenlik Teçhizatı ve Güvenlik Sistemleri

TL Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da belirtilen temel kurallara uyulacaktır.

8.1 Emniyet kavramı ve FMEA sistemi

8.1.1 Emniyet kavramı gaz yakıtı ve özel olarak bu tür yakıtın oluşturacağı risklerle ilgili güvenlik felsefesini tarif eder . Emniyet kavramı aynı zamanda, olası arıza senaryolarını ve buna bağlı kontrol önlemlerini tarif eder.

8.1.2 FMEA sistemi içerisinde gaz yakıtı ile ilişkili olası arıza modları, makina ve çevre etkileri ve ayrıca oluşma olasılığı ile etkileri azaltma gibi detaylar içerecek şekilde değerlendirilecek ve incelenecektir.

Doğrulama testleri tanımlanmalıdır. Aşağıda belirtilenlerle sınırlanmamak kaydı ile incelemeler;

- Hem makina içine hem de makina dairesine gaz kaçağı – gaz beslemesinin kapatılması (Bu arada , 7.7.3'e göre çalışmasını yürütmesi gereken sistemler göz önünde bulundurulmalıdır)
- Yetersiz /vuruntulu yanma
- Bahsedilen gaz bileşiminden sapma
- Ateşleme sistemi arızası
- Makinaya kontrolsüz gaz girişi
- Çift yakıtlı makinalar için gazdan akaryakıta ve aksi yönde geçiş prosesi
- Krankkeyz , süpürme havası sistemi ve egzoz gaz sistemi patlamaları,
- Eğer silindirin dışındaysa kontrolsüz gaz – hava karışımı prosesi,
- Diğer sistemlerinin etkileşimi, , örneğin; kontrol sistemi, gaz beslemesi

8.2 Krankkeyz emniyet donanımı

8.2.1 Piston arızası

Piston arızası ve anormal piston kaçağı algılanmalı ve alarma geçilmelidir.

8.2.2 Krankkeyz

8.2.2.1 Krankkeyz havalandırma borularında alev tutucular teçhiz edilmelidir.

8.2.2.2 Krankkeyzde gaz birikmesinin potansiyel tehlikesi değerlendirilmeli ve emniyet kavramının içinde kalmalıdır. (8.1'e bakınız).

8.2.3 Krankkeyzden gazın tahliyesi ve Inert Gaz Uygulaması

8.2.3.1 Krankkeyzde gaz konsantrasyonunun ölçümü için önlem alınmalıdır.

8.2.3.2 Makina çalışmıyorken inert gaz enjeksiyonu gibi uygun önlemler yardımıyla gaz – hava karışımının krankkeyzden tahliyesi sağlanmalıdır.

8.2.3.3 Bakım için krankkeyzi açmadan önce uygun önlemlerle krankkeyzden inert gazın boşaltılması sağlanacaktır.

8.2.3.4 Krankkeyz kapakları açılmadan önce yakıt ve inert gaz için serbest atmosfere boşaltıldığı yerlerde kolayca görünen yerlere işaret -tabelalar yerleştirilmelidir.

Not:

Örneğin; aşağıdaki durumlarda gazın krankkeyz içine inert otomatik enjeksiyonu tavsiye edilir,

- *Makina emercensi durdurulması,*
- *Yağ buhar algılama ve ayrıca yatak ve layner sıcaklık alarmı*
- *Makina dairesinde yangın algılama*

8.3 Patlama emniyet valfleri

8.3.1 Genel kurallar

8.3.1.1 Patlama emniyet valfleri, bir patlama olayından sonra sıkıca kapanmalıdır.

8.3.1.2 Patlama emniyet valflerinin boşaltma ağızları, herhangi bir ateşleme kaynağından uzak emniyetli bir yerde boşaltım yapmalıdır. Düzenleme , personel yaralanma riskini minimize etmelidir.

8.3.1.3 Yakıt olarak gaz kullanan içten yanmalı makinaların yanma havası girişi ve egzoz gazı manifoldları için patlama emniyet cihazlarının tip test prosedürü için IACS UR M82'ye bakınız.

8.3.2 Krankkeyz patlama emniyet valfleri

8.3.2.1 Patlama emniyet valfleri için (örneğin; patlama emniyet valfleri, yağ buharı algılama, v.s.) F.4'de bahsedilen kurallar göz önünde bulundurulacaktır.

8.3.2.2 Her bir krank diliminde krankkeyz patlama emniyet valfleri temin edilmelidir.

8.3.2.3 Krankkeyz patlama emniyet valfleri için gerekli minimum toplam emniyet alanı, makina üreticisi tarafından gaz – hava karışımının ve yağ buharının patlamaları düşünülerek değerlendirilmelidir.

Tablo 3.9 Gaz yakıtlı makinalar için gerekli aletlerin belirleyici kapsamı

	Gösterge, alarm kapatma (1)	Her makinaya gaz beslemesinin kapatılması (çift blok ve sızıntı valfi) (1)	Makina dairesine gaz beslemesinin kapatılması (ana gaz valfi) (1)	Yorum
Gaz beslemesi				
Gaz basıncı	I.L.H			
Gaz sıcaklığı	I.L.H			
Gaz giriş valf(ler)i arızası	A.S **(2)**	X		Sızdırmazlık yağ soğutma arızasını v.s dahil
İnert gaz beslemesinin basıncı	I.L			
Gaz borusunun patlaması veya aşırı gaz kaçağı	A.S	X	X	
Arıza korunması veya gaz örtülü boru sisteminin vakumu	A.S **(2)**	X	X	Gaz emniyet kavramı
Gaz algılama				
Hava manifoldunda gaz konsantrasyonu	H			
Krankkeyzde gaz konsantrasyonu	H			
Egzoz manifoldunda gaz konsantrasyonu	H			
Her piston altında gaz konsantrasyonu **(3)**	H			
Gaz örtülü boru sisteminde gaz konsantrasyonu	H.S **(2)**	X	X	
Makina dairesinde gaz konsantrasyonu	H.S	X	X	
Krankkeyz				
Basınç	H.S	X	X	
Sıcaklık **(4)**	H.S	X	X	
Yağ buharı konsantrasyonu	H.S	X	X	
Yanmayı izleme				
Her silindirde eksik ateşleme	A.S **(2)**	X		
Her silindirde vuruntu	A.S **(2)**	X		
Silindir basıncı	H.L.S **(2)**	X		
Yük sapması	A.S **(2)**	X		
Kıvılcım ateşlemeli system veya pilot enjeksiyon sistemi arızası	A.S **(2)**	X		
Egzoz gazı				
Turboşarjer giriş ve çıkışında egzoz gazı sıcaklığı	I.H			
Her silindirde egzoz gazı sıcaklığı	I.L.H.S **(2)**	X		
Egzoz gazı ortalama sıcaklığından sapma	L.H.S **(2)**	X		
Çeşitli				
Gaz yanması kontrol sisteminde arıza	A.S **(2)**	X		
Gaz örtülü boru sisteminin havalandırma arızası	A			Gaz emniyet kavramı
Egzoz gazı havalandırma sistemi arızası	A			
Makina durdurulması	A.S	X		Harici veya elle aktif hale getirilen

I : Gösterge
A : Alarm
L : Düşük seviye alarmı
H : Yüksek seviye alarmı
S : Durdurma
X : Aktivasyon

(1) *Genel olarak, gaz beslemesinin kapatılması ve makina durdurulması ön alarmsız tetikleme ile yapılmayacaktır.*

(2) *Sürekli emniyet uygulanacak çift yakıtlı makinalar için otomotik kapatma yerine ,akaryakıt moduna otomatik değişim yapan sistem. Kullanılmalıdır.*

(3) *Kroset tipi makinalar*

(4) *Laynerlerin ve yatakların sıcaklığı*

8.3.3 Diğer patlama emniyet valfleri

8.3.3.1 **TL** Kuralları Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması için Kurallar'da belirtildiği üzere patlama emniyet valfleri, yanma havası giriş manifoldları ve egzoz manifoldları için donatılmalıdır.

8.3.3.2 Patlama emniyet valfleri genellikle **TL** tarafından gaz yakıtlı makinaların giriş ve egzoz manifoldlarındaki uygulama için onaylı olmalıdır.

8.3.3.3 Emniyet valflerinin onayı için aşağıdaki dökümanlar sunulmalıdır (Genellikle patlama emniyet valfinin üreticisi tarafından):

- Patlama emniyet valfinin resimleri (kesit resimleri, detaylar, montaj, v.s.)
- Patlama emniyet valfinin özelliklerini içeren veriler (maksimum çalışma basıncı ,maksimum çalışma sıcaklığı, açma basıncı, efektif güvenlik alanı gibi operasyon koşullarına ait özellikler) ,
- Test raporları

8.3.3.4 8.3.3.3'deki onaylara ek olarak, her makina tipi için patlama emniyet valflerinin yerleşimi onaylanmalıdır. Aşağıdaki dökümanlar sunulmalıdır (çoğunlukla makina üreticisi tarafından):

- Patlama emniyet valflerinin yerleşim resmi (sayı, tip, lokasyon, v.s. içeren)
- Korunan parçaların resimleri (hava giriş manifoldu, egzoz manifoldu, v.s.) (maksimum çalışma basıncı, maksimum çalışma sıcaklığı, maksimum izin verilen patlama basıncı v.s dahil özellikler ,.)
- Gerçek düzenlemede alev tutucuların etkinliği için kanıt
- Patlamada basınç düşürmenin etkinliği için kanıt (yeterli düşürme hızı, yeterli düşürme basıncı)

Not:

Uygun testlerle veya teorik analizlerle kanıt sağlanabilir.

9. Testler

9.1 Gaz yakıtlı makinalar için tip onay testi

9.1.1 Gaz yakıtlı makinalar **TL**'ndan tip onaylı olmalıdır.

9.1.2 E.4'deki tip onay testinin kapsamı gaz yakıtlı makinalar için geçerli olduğu kadarıyla uygulanır. Belirli gaz durumlarını yansıtan ilave veya farklı gereklilikler aşağıda listelenmiştir. Tip test programı için **TL** ile anlaşılmalıdır.

9.1.3 Testler:

- Yük kabul testi ve yükün kesilmesi
- Yakıt değişim prosedürleri (çift yakıtlı makinalar için)
- Yanmayı izleme
- Emniyet sistemi
- Alarm sistemi
- İzleme sistemi
- Kontrol sistemi
- Gaz algılama
- Gaz borularının ve çift cidarlı boruların ve kanalların sızdırmazlık testleri
- Ateşleme sistemi
- Otomatik gaz kesmesi
- Turboşarjer tahliye kapağı, baypas, v.s.
- Havalandırma sistemi
- Başlatma, durdurma, emercensi durdurma
- FMEA sisteminden kaynaklanan doğrulama testleri

9.2 Atölye denemeleri

E.5'deki gerekliliklere ek olarak aşağıdaki maddeler gaz yakıtlı makinaların atölye denemeleri sırasında test edilmelidir:

- Gaz sisteminin sızdırmazlık testi
- Yanmayı izleme sistemlerinin testi
- Gaz kesmesi ve yakıt değişim (çift yakıtlı makinalar) prosedürlerinin testi

9.3 Gemideki tecrübeler

E.6'daki gerekliliklere ek olarak gemideki tecrübeler sırasında aşağıdaki testler yapılmalıdır:

- Gaz sisteminin sızdırmazlık testi
- Yanmayı izleme sistemlerinin testi
- Gaz kesmesi ve yakıt değişim (çift yakıtlı makinalar) prosedürlerinin testi
- Havalandırma ve gaz algılama sistemlerinin testi

10. Makina Mahalleri

10.1 Patlayıcı, yanıcı veya zehirli gaz konsantrasyonlarının birikmesini önlemek için makina civarında yeterli hava değişimi ve hava akımı sağlanmalıdır.

10.2 Makina dairesindeki hava akımının yönü, gaz kaçaklarının akışının potansiyel ateşleme kaynaklarına doğru olmasını önleyecek şekilde düzenlenmelidir.

10.3 Makina daireleri, mahal içindeki gaz yakıtlı makinalarda oluşabilecek patlama durumunda makina dairesinden dışarıya basınç düşümüne izin verebilecek yeterli açıklıklara sahip olmalıdır.

10.4 Girilecek makina mahallinde gaz yakıtlı makina bulunduğunu bildirmek amacıyla düzenlenen işaret tabelaları uygun yerlerde sabit olarak konumlandırılmalıdır.

11. Eğitim

Gemi içerisindeki gaz yakıtlı makinaları işleten personel, gemiye yerleştirilen özel makina, gaz besleme sistemleri, emniyet- ve kontrol sistemleri, v.s'nin işletimi ile ilgili olarak gerekli eğitimi almış olmaldır.

12. Özel Parçalar

Sınırlı kullanım ömrü olan parçalar ve ayrıca gaz yakıtlı makinaların güvenilir bir şekilde işletimi ve emniyeti için gerekli olan özel parçaların yedekleri , büyük önem taşırlar, , Bölüm 17'de belirtilen isteklere ek olarak gemide bulundurulmalıdır.

13. Tadilat

Mevcut dizel makinalardan gaz yakıtlı veya çift yakıtlı makinalara dönüşüm prosedürü için **TL** ile anlaşma yapılmalıdır.

M. Doğal Gaz Yakıtlı İçten Yanmalı Pistonlu Makinalar

1. Genel

1.1 Kapsam

1.1.1 Makina tipleri

Bu alt bölümde doğal gaz yakıtlı, içten yanmalı pistonlu makinalar ile ilgili istekler verilmektedir.

Alt bölümün kapsamı doğal gaz yakıtlı makinalara yöneliktir. Bio-metan veya sentetik metan gibi ana bileşeni metan olan benzer yakıtları kullanan makinalar için de geçerli olabilir.

Gaz besleme sistemi tarafından makinaya verilen gazın her zaman gaz halinde olması sağlanmalıdır.

Bu alt bölüm sıvı veya kriyojenik gaz için gereklilikleri kapsamaz.

Makinalar çift yakıtlı makinalar (bundan sonra DF makinalar olarak anılacaktır), sadece gaz yakıtlı

makinalar (bundan sonra GF makinalar olarak anılacaktır) veya yakıt paylaşımı kabiliyeti de dahil olmak üzere bunların herhangi bir varyasyonu olabilir.

DF makinalara ve GF makinalara acil durum uygulamaları için izin verilmez.

Bu alt bölüm, makina dizaynına uygulanabilen kapsamda, **TL**'nun içten yanmalı makinalarla ilgili diğer istekleri ile birlikte uygulanacaktır.

Gaz tankerleri ile ilgili uluslar arası kurallar (IGC Code) ve düşük parlama noktalı yakıtlı diğer gemilere uygulanan kurallar (IGF Code) da uygulanabilen kapsamda dikkate alınmalıdır.

Bu alt bölümde atıfta bulunulan IGF Code'un özel istekleri, IGC Code'a atıfta bulunulmadıkça veya özel olarak aksi belirtilmedikçe, tipine, boyutlarına ve sefer bölgesine bakılmaksızın, herhangi bir gemiye konulan, bu alt bölümün kapsamına giren makina tiplerine uygulanacaktır.

1.2 Tanımlar

1.2.1 Emniyet sertifikalı donanım, bağımsız bir ulusal test kuruluşu veya yetkili kuruluş tarafından tehlikeli alanlardaki elektrikli cihazlar için tanınmış bir standarda uygun olduğu onaylanmış donanımdır.

Not:
IEC 60079 series, Explosive atmospheres and IEC 60092-502:1999 Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features'a bakınız.

1.2.2 Çift blok ve boşaltma valfleri, aşağıdaki kurallarda yer alan valf setleri anlamındadır:

- Kısım 10 - Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri, Bölüm 16, Madde 16.4.5 (IGC Code, 16.4.5)

- Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar , Madde 2.2.9 ve Madde 9.4.4 ÷ 9.4.6 (IGF Code, 2.2.9 ve 9.4.4 ÷ 9.4.6).

1.2.3 Çift yakıtlı makina ("DF makina"), pilot yakıtlı veya çok miktarda sıvı yakıtlı olarak sıvı yakıtla birlikte doğal gaz yakabilen (gaz modu) ve ayrıca sadece sıvı dizel yakıtı ile çalışabilen makina anlamındadır.

1.2.4 Patlama emniyet cihazı, bir gaz patlaması durumunda personeli ve bileşeni belirlenen bir aşırı basınca karşı koruyan bir cihaz anlamındadır. Cihaz, duruma göre bir valf, bir patlama diski veya başka bir cihaz olabilir.

1.2.5 Gaz, yakıt olarak kullanılan ve esas olarak metandan oluşan doğal gaz anlamındadır.

Not:
Gaz, ana bileşeni metan olan bio-metan veya sentetik metan vb. olabilir.

1.2.6 Gaz giriş valfi, makinanın gaz ihtiyacına göre silindir (ler)e gaz beslemesini kontrol eden, makina üzerindeki valf veya enjektördür.

1.2.7 Gaz yakıtlı makina, DF makina, GF makina veya bunların herhangi bir varyasyonu anlamındadır.

1.2.8 Sadece gaz yakıtlı makina ("GF makina"), sadece gaz yakıtla çalışabilen ve sıvı yakıtla çalışma olanağı bulunmayan makinadır.

1.2.9 Gaz boru devresi, gaz veya hava/gaz karışımını içeren boru devresi anlamındadır.

1.2.10 Yüksek basınçlı gaz, maksimum çalışma basıncı 10 bar'ın üzerinde olan gaz anlamındadır.

1.2.11 IGC Code'u, "International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk" (değiştirilmiş haliyle) anlamındadır.

1.2.12 IMO, "International Maritime Organisation" anlamındadır.

1.2.13 IGF Code, "International Code of Safety for Ships Using Gases or other Low-Flashpoint Fuels" (IMO Resolution MSC.391(95), değiştirilmiş haliyle) anlamındadır.

1.2.14 Düşük basınçlı gaz, maksimum çalışma basıncı 10 bar'a eşit veya daha düşük olan gaz anlamındadır.

1.2.15 Düşük Isıl Değer ("LHV"), suyun gizli buharlaşma ısısı hariç, belirli bir miktar yakıtın bütünüyle yanmasıyla oluşan ısı miktarı anlamındadır.

1.2.16 Metan Numarası, aynı standart vuruntu yoğunluğunda, vuruntu test ünitesinde çalışmaya dayalı bir test yakıtının esas alındığı gaz yakıtın vuruntu direncinin ölçüsüdür.

Not:

Vuruntu direnci referans yakıtı olarak saf metan kullanılır, saf metanın metan numarası 100'dür. Vuruntuya hassas referans yakıtı olarak saf hidrojen kullanılır, saf hidrojenin metan numarası 0'dır.

1.2.17 Pilot yakıt, DF makinalarda ana gaz-hava karışımını tutuşturmak için silindire püskürtülen yakıt anlamındadır.

1.2.18 Ön-karışımlı makina, gazın tüm silindirler için ortak bir manifold aracılığıyla hava ile karışım halinde sağlandığı, örneğin türboşarjerden önce veya sonra karıştırıldığı makina anlamındadır.

1.2.19 Tanınmış standartlar, **TL** tarafından kabul edilen ilgili uluslararası veya ulusal standartlar veya IMO tarafından kabul edilen standartlara uygun olarak, bir kuruluş tarafından oluşturulan ve güncelleştirilen ve **TL** tarafından kabul edilen standartlardır.

1.2.20 Emniyet kavramı, gaz yakıt ile ilgili emniyet felsefesini tanımlayan bir dokümandır. Bu doküman, makul sınırlar içinde öngörülen anormal durumlarda bu tip yakıtın kontrolü ile ilgili riskleri, olası hata senaryolarını ve bunların kontrolüne ait önlemleri içerir. Risk analizinin sonuçları, bkz. 1.4, emniyet kavramına yansıtılmalıdır.

Not:

Olası bir patlama nedeniyle potansiyel hasar tehlikesi ile ilgili ayrıntılı bir inceleme yapılmalı ve makinanın emniyet kavramına dahil edilmelidir.

1.3 Onay için verilecek dokümanlar ve resimler

1.3.1 DF ve GF makinaların onayı için verilecek dokümanlar ve resimler Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'te istenilenlere ilave olarak, DF ve GF makinaların onayı için aşağıdaki dokümanlar verilecektir.

No	Item
1	Makinadaki gaz sisteminin şematik yerleşimi veya eşdeğeri dokümanlar
2	Gaz boru devresi (uygulanan hallerde çift cidarlı düzenlemeler dahil)
3	Gaz giriş sistemi parçaları **(3)**
4	Patlama boşaltma valfleri (krankkeyz **(1)**, dolgu havası manifoldu, egzost gazı manifoldu ve makinadaki egzost gazı sistemi)
5	Emniyet sertifikalı donanımın listesi ve ilgili sertifikalar
6	Emniyet kavramı (bilgi için)
7	Risk analizi raporu **(2)** (bilgi için)
8	Yakıt olarak kullanılan gazın özellikleri (bilgi için)
(1) *Tablo 3.2 ve 3.3'te isteniyorsa, 2.2.5.1'e de bakınız.* **(2)** *1.4'e bakınız* **(3)** *Doküman basınçları, çalışma basıncını, boru boyutlarını ve malzemeleri içerecektir.*	

1.3.2 DF makinanın onayı için verilecek dokümanlar ve resimler

No	Item
9	Pilot yakıt sistemleri şematik yerleşimi veya eşdeğeri dokümanlar
10	Pilot yakıt sistemi için yüksek basınçlı yakıt borularının muhafazası
11	Pilot yakıt püskürtme sisteminin yüksek basınçlı parçaları **(3)**
(3) *Doküman dizayn basınçlarını, çalışma basıncını, boru boyutlarını ve malzemeleri içerecektir.*	

1.3.3 GF makinanın onayı için verilecek dokümanlar ve resimler

No	Item
12	Püskürtme sisteminin şematik yerleşimi veya eşdeğeri dokümanlar

1.3.4 Gerekli görüldüğü takdirde, **TL**'nun ilave doküman isteme hakkı saklıdır.

1.4 Risk analizi

1.4.1 Risk analizinin kapsamı

Risk analizi aşağıdakileri içerecektir:

- Makinanın gaz işlemleriyle ilgili tüm sistemlerin veya bileşenlerin arızası veya kusurlu çalışması
- Çift blok ve boşaltma valflerinden akım yönünde gaz sızıntısı
- Gazlı çalışma durumunda, emercensi durdurma veya kararma halinde makinanın emniyeti
- Gaz yakıt sistemi ile makine arasındaki karşılıklı etkileşimler.

Not:

Risk analizinin kapsamı ile ilgili olarak, yakıt depolama veya gaz besleme sistemleri gibi, makinanın dışındaki sistemlerdeki arızalar, alarm veya hatalı durumda, makina kontrol ve izleme sisteminden müdahaleyi gerektirdiği göz önüne alınmalıdır. Tersine bu dış sistemlerdeki arızalar, gemi açısından, bu alt bölümün gerektirdiği makina ile sınırlı risk analizi için gerekli olanlara ilave emniyet önlemleri gerektirebilir.

1.4.2 Form of the risk analysis

Risk analizi, "IEC 31010 Risk management- Risk assessment techniques" standardına veya diğer tanınmış standartlara göre yapılacaktır.

Gerekli analizde, tekil arıza kavramı esas alınacaktır, yani aynı anda sadece tek bir arıza dikkate alınacaktır. Hem algılanabilr hem de algılanamaz arızalar göz önüne alınacaktır. Dolaylı arızalar, yani diğer bir bileşenin tekil bir arızasının yol açtığı arızalar da dikkate alınacaktır.

1.4.3 Risk analizi prosedürü

Risk analizi:

Aşağıda belirtilenlere neden olabilecek şekilde ilgili donanım ve sistemlerdeki olası tüm arızaları tanımlayacaktır:

- bu amaçla dizayn edilmemiş bileşenlerde veya yerlerde gaz bulunması ve/veya
- tutuşma, yangın veya patlama.

a) Sonuçları değerlendirecektir (2.1.2'ye de bakınız).

c) Gerektiğinde, arıza algılama yöntemini belirleyecektir.

d) Risk giderilemediği takdirde, düzeltici önlemleri tanımlayacaktır:

- sistem dizaynında (aşağıda belirtilenler gibi):
  - fazlalıklı donanım
  - sistemin sınırlı çalışmasını sağlayan emniyet cihazları, izleme veya alarm koşulları

sistemin çalışmasında (aşağıda belirtienler gibi):

- fazlalıklı donanımın çalıştırılması
- alternatif çalışma modunun devreye alınması.

Risk analizinin sonuçları dokümante edilecektir.

1.4.4 Analiz edilecek donanım ve sistemler

Makinalar için gerekli olan risk analizi asgari olarak aşağıdaki konuları içerecektir:

a) gazla ilgili sistemler veya bileşenlerin arızaları, özellikle;

- varsa, gaz devreleri ve ilişikleri
- gaz giriş valfleri

Not:

Doğrudan makina üzerinde yer almayan gaz besleme bileşenlerinin arızaları (blok ve boşaltma valfleri ve gaz besleme sisteminin diğer bileşenleri gibi) analizde dikkate alınmayacaktır.

b) Ateşleme sistemi arızası (yakıt pilot püskürtme veya ateşleme bujileri, kızdırma bujileri)

c) Hava yakıt oranı kontrol sistemi arızası (dolgu havası by-pas, gaz basınç kontrol valfi, vb.)

d) Turboşarj kompresörünün önünde gaz beslenen makinalar için, bir tutuşma kaynağına neden olabilecek bir bileşenin arızası (sıcak noktalar)

e) Gaz yanma arızası veya anormal yanma (tekleme, vuruntu)

f) Makina izleme, kontrol ve emniyet sistemlerinin arızası

Not:

Makinalar elektronik kontrol sistemine sahipse, Tablo 3.1, dipnot 5'e göre bir hata durumu etki analizi (FMEA) yapılacaktır.

g) Makina bileşenlerinde (örneğin hava giriş manifoldunda veya süpürme mahallinde ve egzost manifoldunda) ve makinaya bağlı harici sistemlerde (örneğin, egzost kanalında, soğutma suyu sisteminde, hidrolik yağ sisteminde, vb.) gaz bulunması

h) DF makinaların çalışma modunun değişimleri

i) Trank pistonlu makinalarda, krankkeyzde gaz yakıt birikmesinin potansiyel tehlikeleri için (Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 10.3.1.2'ye (IGF Code 10.3.1.2) ve IACS UR M10'a bakınız).

j) Krankkeyze harici hava akışı sağlayan aktif krankkeyz havalandırması ile bağlantılı olarak krankkeyz patlama riski (bkz. IACS UR M10).

k)

2. Dizayn İstekleri

2.1 Genel esaslar

2.1.1 Üretici, makina için izin verilen gaz karışımı sınırlarını, minimum ve (varsa) maksimum metan numarasını bildirecektir.

2.1.2 Gaz içeren veya içerme olasılığı bulunan bileşenler, aşağıdaki şekilde dizayn edilecektir:

a) akaryakıtlı makinalarınki ile orantılı olarak uygun emniyet seviyesi sağlanacak şekilde yangın ve patlama riski en aza indirilecek;

b) bileşenlerin mukavemeti sayesinde veya onaylı tipte uygun patlama boşaltma donanımı konularak, olası bir patlamanın sonuçlarını tolere edilebilir bir düzeye indirilecek.

Patlama boşaltma donanımının bileşen(ler)inin mukavemeti belgelenmeli (örneğin, risk analizinin bir parçası olarak) veya en kötü durum patlaması için yeterli olduğu başka bir şekilde gösterilmelidir.

Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 10.2 ve Madde 10.3'e de (IGF Code 10.2 ve 10.3) bakınız.

2.1.3 Patlama boşaltma donanımından boşaltım, makina mahalline alev girişini önleyecek ve personeli tehlikeye düşürmeyecek veya diğer makina bileşen ya da sistemlerini hasara uğratmayacak şekilde yapılacaktır.

2.1.4 Patlama boşaltma donanımına bir alev tutucu konulacaktır.

2.2 Dizayn İstekleri

2.2.1 Gaz boru devresi

2.2.1.1 Genel

Bu alt bölümdeki istekler makinaya monteli gaz borularına uygulanır. Boru devresi, Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Bölüm 7'de (IGF Code Kısım 7) gaz boruları ile ilgili kriterlere göre (dizayn basıncı, et kalınlığı, malzemeler, boru imalat ve birleştirme detayları, vb.) veya Kısım 10 - Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri, Bölüm 5, Madde 5.1 ÷ 5.9 ve Bölüm 16 (IGC Code, Kısım 5.1 ÷ 5.9 ve 16)'da verilen şekilde dizayn edilecektir.

Kısım 78, 7.3.6.4.4'te (IGF Kodu 7.3.6.4.4) belirtilen diğer bağlantılar, IACS UR P2.7 ve P2.11 gerekliliklerine uygun olarak tip onayına tabi olarak kabul edilebilir.

Tüm tek cidarlı veya yüksek basınçlı gaz boruları Sınıf I olarak değerlendirilmelidir.
Düşük basınçlı çift cidarlı gaz boruları Sınıf II olarak değerlendirilmelidir.
Gaz boruları için tüm ikinci cidarlar Sınıf II olarak değerlendirilmelidir.

İzin verildiği takdirde, tek cidarlı gaz hava firar boruları Sınıf I olarak kabul edilmelidir, ancak maksimum oluşan basıncın 5 bar'dan az olduğu gerekçelendirilmediği sürece, bu durumda Sınıf II olarak kabul edilmelidir.

İkinci bir cidarla korunan gaz havala firar boruları Sınıf II olarak değerlendirilmelidir.

Hava firar boruları için ikinci cidar Sınıf III olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 2.13 Gaz boruları için dizayn basıncı

	Dizayn basıncı	
Gaz borusu, düşük basınç	Kısım 78 (IGF Code) 7.3.3.1'e bakınız	Kısım 10 (IGC Code) 5.4.1'e bakınız
Gaz borusu, yüksek basınç	Kısım 78 (IGF Code) 7.3.3.1'e bakınız	Kısım 10 (IGC Code) 5.4.1'e bakınız
Dış boru, düşük basınç	Kısım 78 (IGF Code) 9.8.1'e bakınız	Kısım 10 (IGC Code) 5.4.4'e bakınız
Dış boru, yüksek basınç	Kısım 78 (IGF Code) 9.8.2'ye bakınız	Kısım 10 (IGC Code) 5.4.4'e bakınız
Açık uçlu boru	Kısım 78 (IGF Code) 7.3.3.2'ye bakınız	Kısım 10 (IGC Code) 5.4.1'e bakınız

Makinadaki yakıt gazı sisteminde kullanılan esnek genleşme parçaları, Kısım 78, madde 16.7.2 (IGF Kodu 16.7.2) ve Kısım 10, madde 5.13.1.2 (IGC Kodu 5.13.1.2) gerekliliklerine göre onaylanacaktır.

Genleşme parçasının makinanın fiili çalışmasında karşılaşacağı devir sayısı, basınç, sıcaklık, eksenel hareket, dönme hareketi ve enine hareket makina dizayneri tarafından belirtilmelidir.

Titreşim yüklerinden kaynaklanan yüksek çevrimli yorulmaya karşı dayanıklılık testlerle doğrulanacak veya alternatif olarak Expansion Joint Manufacturers Association, Inc. (EJMA) hesaplaması veya eşdeğeri (yani 10^7 çevrimden fazla) ile belgelenecektir.

Not:
Kısım 78, madde 16.7.2.4'teki (IGF 16.7.2.4) gemi deformasyonlarına bağlı yorulma testinin makinanın ayrılmaz bir parçası olan genleşme parçaları için uygun olmadığı

2.2.2 Gaz boru sisteminin makinaya yerleşimi

Gaz yakıt içeren borular ve donanım, tehlikeli alan bölge 0 olarak tanımlanır (Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar , Madde 12.5.1'e (IGF Code 12.5.1) bakınız).

Gaz boru devresi ile dış boru veya kanal cidarı arasındaki mahal tehlikeli alan bölge 1 olarak tanımlanır (Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 12.5.2.6'ya (IGF Code 12.5.2.6) bakınız).

2.2.2.1 Normal "çift cidar" düzenlemesi

Makine üzerindeki gaz boru devresi, Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 9.6'daki (IGF Code 9.6) esaslara ve isteklere göre düzenlenecektir. Gaz tankerleri için, Kısım 10 - Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri, Madde 16.4.3 (IGC Code 16.4.3) uygulanır.

Çift boru veya kanal ile ilgili dizayn kriterleri Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 9.8 ve 7.4.1.4'de (IGF Code 9.8 ve 7.4.1.4) verilmiştir.

Havalandırmalı çift cidar durumunda, havalandırma girişi, Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 13.8.3'deki (IGF Code, kural 13.8.3) hükümlere göre yerleştirilecektir. Gaz tankerleri için, Kısım 10 - Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri, Madde 16.4.3.2 (IGC Code 16.4.3.2) uygulanır.

Boru veya kanal, gaz geçirmez bütünlüğün sağlanması ve gaz boru devresinin kopması halinde öngörülen maksimum basınca dayanabilmesinin görülmesi için 1.5 x dizayn basıncıyla basınç testine tabi tutulacaktır.

2.2.2.2 Alternatif düzenleme

Tek cidarlı boru sadece aşağıdaki durumlarda kabul edilebilir:

a) Düşük basınçlı gazla beslenen ve Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 5.4.1.2'de (IGF Code 5.4.1.2) tanımlanan ESD korumalı makina mahallerine yerleştirilen ve Kısım 78'in (IGF Code) ilgili diğer kısımlarıyla uyumlu olan (örneğin 5.6) makinalarda

b) Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 9.6.2, dip not (19)'da (IGF Code madde 9.6.2, dip not 18) belirtilen durumlarda.

Gaz tankerleri için IGC Code uygulanır.

Mahaldeki makinanın (ların) durmasına neden olacak olan, ESD korumalı bir makina mahallindeki gaz sızıntısı durumunda, önemli ve emniyet sistemleri dahil yeterli sevk ve manevra kabiliyeti sağlanacaktır.

Bu nedenle, makinanın emniyet kavramında, "çift cidar" veya "alternatif" düzenleme uygulaması açıkça belirtilecektir.

Not:

Sağlanacak minimum güç, geminin operasyonel özellikleri esas alınarak, her durumda ayrı ayrı değerlendirilecektir

.

2.2.3 Makina üzerindeki dolgu havası ve egzost gazı sistemi

Makina üzerindeki dolgu havası sistemi ve egzost gazı sistemi 2.1.2'ye göre dizayn edilecektir. Tek makinalı tesislerde, makinanın, bir patlama halinde patlama boşaltma düzenlerinin açılmasından sonra önemli tüketicilere güç beslemesi sürdürülecek şekilde çalışması mümkün olacaktır. Sevk kabiliyeti için yeterli güç sağlanacaktır.

Not:

Yük azalımı, makina adedine (tek veya çoklu) ve boşaltma mekanizmasına (kendinden kapanır valf veya kırılma diski) bağlı olarak, her durumda ayrı ayrı değerlendirilecektir.

2.2.4 Egzost gazının makina dairesine veya diğer kapalı mahallere devamlı boşaltımı (açık kırılma diski vasıtasıyla) kabul edilmez.

Tutuşan gaz sızıntılarından kaynaklanan en kötü durumdaki aşırı basıncı karşılayacak şekilde tasarlanmadıkça veya makinanın emniyet konsepti tarafından gerekçelendirilmedikçe, hava giriş manifoldları, süpürme alanları ve egzost sistemi için uygun patlama tahliye sistemi sağlanmalıdır. Hava giriş manifoldları, süpürme alanları ve egzost sistemindeki aşırı basıncın tehlike potansiyeline ilişkin ayrıntılı bir değerlendirme yapılmalı ve makinanın emniyet konseptine yansıtılmalıdır.

Hava girişi ve egzost manifoldu için patlama emniyet cihazları IACS UR M82'ye göre tip onaylı olacaktır.

Gerekli toplam tahliye alanı ve patlama tahliye cihazlarının düzeni aşağıda belirtilenler idikkate alınarak belirlenmelidir:

- Başlangıç basıncı ve gaz konsantrasyonuna bağlı olarak en kötü durum patlama basıncı,
- bileşenin hacmi ve geometrisi ve
- bileşenin mukavemeti.

Düzenleme risk analizinde belirlenmeli (bkz. madde 1.4.4.g) ve emniyat konseptine yansıtılmalıdır.

2.2.5 Makina krankkeyzi

2.2.5.1 Krankkeyz patlama boşaltım valfleri

Krankkeyz patlama boşaltım valfleri F.4'e göre monte edilecektir. Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 10.3.1.2'ye de (IGF Code 10.3.1.2) bakınız.

IACS UR M9 kapsamında olmayan makinalar için, 1.4.4.i'de istenen ayrıntılı değerlendirme, krankkeyz patlama tahliye valflerinin gerekli olup olmadığını belirlemek içindir.

2.2.5.2 Durgunlaştırma (inerting)

Krankkeyzin durgunlaştırılması ve havalandırılması ile gaz konsantrasyonu ölçümü için bakım amaçlı bir bağlantı veya diğer düzenlemeler sağlanacaktır.

2.2.5.3 Krankkeyz havalandırması

Krankkeyz havalandırılması (besleme veya emme), eğer düzenlenmişse, IACS UR M10'a uygun olmalıdır. İlgili kanıtlar Emniyet Konseptinde belgelenmelidir.

Krankkeyz, karter ve diğer benzer makina mahalleri için havalandırma sistemleri diğer makinalardaki sistemlerden bağımsız olmalıdır**.**

2.2.6 Silindirde gazın ateşlenmesi

2.2.6.1 Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 10.3'deki (IGF Code 10.3) istekler uygulanır. Gaz tankerleri için, Kısım 10 - Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri, Madde 16.7 (IGC Code 16.7) uygulanır.

2.2.7 Kontrol, izleme, alarm ve emniyet sistemleri

Makina kontrol sistemi emniyet sisteminden ayrı ve bağımsız olacaktır.

Gaz giriş valfleri makina kontrol sistemi veya makina gaz ihtiyacı tarafından kontrol edilecektir.

Yanma, her bir silindir temelinde izlenmelidir.

Bir silindirde zayıf yanma algılanması durumunda, gaz işlemine Kısım 78 – Gaz ya da Diğer Düşük Parlama Noktalı Yakıt Kullanan Gemilerin Klaslanması İçin Kurallar, Madde 10.3.1.6'da (IGF Code 10.3.1.6) belirtilen koşullarda izin verilebilir.

Makina boyutları ve dizaynı nedeniyle, her bir silindirde yanmanın izlenmesi mümkün değilse, ortak yanma izlemesi kabul edilebilir.

Bu alt bölümün 1.4 maddesinde istenilen risk analizinde aksi kanıtlanmadıkça, **TL**'nun genel izleme ve emniyet sistemi işlevlerine ilave olarak, DF veya GF makinaların izleme ve emniyet sistemi işlevleri Tablo 3.10'a göre sağlanacaktır.

Not:

DF makinalar için, Tablo 3.10 sadece gaz moduna uygulanır.

2.2.8 Gaz giriş valfleri

Elektrikle çalışan gaz giriş valfleri, aşağıdaki şekilde emniyet sertifikalı tipte olacaktır:

- Valfin iç kısmı gaz içerir ve bu nedenle Bölge 0'a göre sertifikalandırılacaktır.

- Valfin 2.2.2.1'e göre bir boru veya kanal içinde yer aldığı hallerde, valfin dışı Bölge 1'e göre sertifikalandırılacaktır.

- Valfin, "ESD-korumalı makina mahalli" (2.2.2.2'ye bakınız) kavramına göre muhafazasız düzenlendiği hallerde, mahalde gaz algılanması halinde valfi enerjisinin kesilmesi koşuluyla, valfin dış kısmı için sertifikalandırma gerekli değildir.

Ancak, amaçlandıkları bölge için sınıflandırılmamışsa, bunları o bölgeye uygunluğu dokümante edilecektir. Dokümantasyon ve analizlerde IEC 60079-10-1 veya IEC 60092-502 esas alınacaktır.

Tablo 3.10 DF ve GF makinalar için izleme ve emniyet sistemi işlevleri

Parameter	Alarm	Çift blok ve boşaltma valflerinin otomatik aktivasyonu	Akaryakıt moduna otomatik geçiş (1)	Makinanın durdurulması
Gaz yakıt besleme devresinde anormal basınç	X	X	X	X **(5)**
Gaz yakıt besleme sistemi- arıza	X	X	X	X **(5)**
Pilot yakıt püskürtme veya buji ile ateşleme sistemleri- arıza	X	X **(2)**	X	X **(2) (5)**
Her silindirden sonra egzost gazı sıcaklığı – yüksek	X	X **(2)**	X	X **(2) (5)**
Her silindirden sonra egzost gazı sıcaklığı, ortalamadan sapma – düşük **(3)**	X	X **(2)**	X	X **(2) (5)**
Silindir basıncı veya ateşlemesi, ateşleme hatası, vuruntu ve dengesiz yanma dahil arıza	X	X **(2) (4)**	X **(4)**	X **(2) (4) (5)**
Krankkeyzde yağ buharı konsantrasyonu veya yatak sıcaklığı **(6)** – yüksek	X	X		X **(9)**
Krankkeyzdeki basınç – yüksek **(8)**	X	X	X	
Makinanın durması – her nedenle	X	X		
Blok ve boşaltmayı harekete geçirici maddenin kontrol arızası	X	X	X	
Krankkeyz havalandırma sistemi arızası, eğer varsa	X	X **(7)**	X **(7)**	

Notlar:

(1) *Sadece DF makinada, gaz modunda çalışırkem*

(2) *GF makinalar için, ilgili silindirin tekil olarak durdurulabilmesi ve bu durumda makinanın emniyetli çalışmasının risk analizi ile kanıtlanması koşuluyla, sadece bir silindiri etkileyen özel arızalar durumunda çift blok ve boşaltma valflerinin ve makinanın durdurulması aktive edilmeyebilir.*

(3) *Ateşleme hatasının algılanması için gerekli ise istenir.*

(4) *Arızanın otomatik azaltıcı önlemler vasıtasıyla düzeltilebildiği durumlarda, sadece alarm devreye girebilir. Belirli bir süre sonunda arıza devam ederse, emniyet önlemleri devreye girecektir.*

(5) *Sadece GF makinada*

(6) *TL- R M10'de gereken hallerde.*

(7) *Makina üreticisi tarafından belirtildiği şekilde etkinleştirilecek otomatik emniyet eylemleri, bkz. IACS UR M10*

(8) *Sadece trank pistonlu makinalar için. Bu basınç sensörü bir gaz detektörünün yerini alamaz veya onun yerine kullanılamaz.*

(9) *Sadece trank pistonlu makinalar için. Krosetli makinalar için yavaşlatma uygulanacaktır (bkz. IACS UR M35 Tab.1)*

Hidrolik yağ sistemi tarafından çalıştırılan gaz giriş valfleri, gazın hidrolik yağ sistemine girmesini önlemek için sızdırmazlık düzenlemesine sahip olmalıdır.

3. Özel Dizayn İstekleri

3.1 DF makinalar

3.1.1 Genel

DF makinanın gaz modunda üretebileceği maksimum devamlı güç, gazın bileşimine ve kalitesine veya makinanın dizaynına bağlı olarak, makinanın onaylı (yani akaryakıt modunda) MCR'sinden daha düşük olabilir.

Gaz modundaki mevcut maksimum devamlı güç ve ilgili koşullar makina üreticisi tarafından belirtilecektir.

3.1.2 İlk hareket, değiştirme ve durdurma

DF makinalar, ateşleme için pilot akaryakıtla, akaryakıt veya gaz yakıt kullanılarak çalıştırılacak şekilde düzenlenecektir. Makinalar gaz kullanımından akaryakıt kullanımına hızlı bir şekilde dönüşecek özellikte olacaktır. Her iki yakıt beslemesine dönüşümde makinalar, güç beslemesinde kesinti olmaksızın çalışmaya devam edebilecektir.

Gaz yakıtla çalışmaya dönüşüm sadece testlerde kanıtlanan güvenilir ve emniyetli bir güç düzeyinde ve koşullarda yapılabilecektir.

Gaz yakıtlı çalışmadan akaryakıtlı çalışmaya dönüşüm, her durumda ve güç düzeyinde mümkün olacaktır.

Gaz yakıtlı çalışmadan ve gaz yakıtlı çalışmaya dönüşüm prosesi otomatik olacak, ancak elle müdahale her durumda mümkün olacaktır.

Güç seviyesi veya diğer koşullar emniyetli ve güvenilir gaz çalışmasına izin vermiyorsa, akaryakıt moduna geçiş otomatik olarak gerçekleştirilecektir.

Gaz beslemesinin kesilmesi halinde makinalar sadece akaryakıtla çalışmaya devam edebilecektir.

3.1.3 Pilot püskürtmesi

Yanma odasına gaz beslemesi pilot yakıt püskürtmesi olmaksızın yapılamayacaktır.

Not:
Pilot püskürtme, örneğin akaryakıt basıncı ve yanma parametreleri ile izlenecektir.

3.2 GF makinalar

3.2.1 Buji ile ateşleme sistemi

Buji ateşlemesi arızası durumunda, bu arızanın sadece bir silindirle sınırlı olması durumu hariç, silindire gaz beslemesinin derhal kesilmesi ve makinanın emniyetli çalışmasının risk analizi ve testler vasıtasıyla doğrulanması koşuluyla, makina durdurulacaktır.

3.3 Ön-karışımlı makinalar

3.3.1 Dolgu havası sistemi

Giriş manifoldu, türbo şarjer, dolgu havası kuleri, vb. gaz yakıt besleme sisteminin parçaları olarak kabu edilecektir. Bu bileşenlerin, gaz sızıntısına yol açabilecek arızaları, risk analizinde dikkate alınacaktır (1.4'e bakınız).

Risk analizinde aksi kanıtlanmadıkça, dolgu havası sistemindeki gaz konsantrasyonu, dolgu havası sistemindeki gaz-hava karışımının yolu gibi makinanın dizayn parametreleri dikkate alınarak, her silindir kafasından önce alev tutucular konulacaktır.

3.4 İki zamanlı makinalar

3.4.1 Süpürme havası sistemi

Madde 1.4'te istenen risk analizi, süpürme mahallinde olası gaz birikimini kapsayacaktır.

3.4.2 Krankkeyz

Madde 1.4'te istenen risk analizi piston kolu salmastra kutusunun olası arızasını kapsayacaktır.

4. Tip Testi, Fabrika Kabul Testleri ve Gemideki Tecrübeler

4.1 Tip testi

4.1.1 Genel

DF ve GF makinaların tip onayı, aşağıdaki ilave istekler dikkate alınarak, E.3'e göre yapılacaktır.

4.1.2 Makinanın tipi

Madde E.3.3.3'de verilen kriterlere ilave olarak, makina tipi aşağıda belirtilenlerle tanımlanır:

- gaz giriş yöntemi (sıkıştırma strokundan sonra silindire püskürtme, sıkıştırma strokundan önce silindire özel püskürtme veya ön-karışımlı)
- gaz giriş valfinin çalışması (mekanik veya elektronik kumandalı)

- ateşleme sistemi (pilot püskürtme, bujili ateşleme, ısıtma bujisi veya kendinden tutuşmalı gaz)

- ateşleme sistemi (mekanik veya elektronik kumandalı)

Not:
Sıkıştırma strokundan önce silindire özel püskürtme, silindir giriş valfinden önce hava giriş kanalına port püskürtmesi, sıkıştırma strokundan önce veya sıkıştırma stroku sırasında silindire püskürtme veya benzer düzenlemeler olabilir.

4.1.3 Emniyet önlemleri

Madde E.3.4'te belirtilen emniyet önlemlerine ilave olarak, makinanın ilk çalıştırılmasından önce, makina üzerindeki gaz yakıt borularının gaz sızdırmazlığını doğrulayıcı önlemler alınacaktır.

4.1.4 Test programı

Makinanın tip testi, bu alt bölümün ilave gereklilikleri dikkate alınarak E.3.5'e göre yapılacaktır.

Gaz modunda % 110 yükte teste gerek yoktur.

B aşama tip testleri sırasında, gaz yakıtın metan numarasının ve LVH'nın etkisinin doğrulanması gerekli değildir. Ancak, bunlar iç testler veya hesaplarvasıtasıyla makina dizayneri tarafından doğrulanacak ve tip onayı test raporunda dokümante edilecektir.

4.1.5 Ölçümler ve kayıtlar

Madde E.3.6'da istenilen ölçümler ve kayıtlara ilave olarak aşağıdaki makina verileri ölçülecek ve kaydedilecektir:

- uygulanabildiği ölçüde gaz ve dizel için her yakıtın indeksi (veya eşdeğeri okuma)

- gaz manifoldunun girişindeki gaz basıncı ve sıcaklığı

- Pilot yakıt sıcaklığı ve basıncı (uygun şekilde besleme veya püskürtme sistemi)

- krankkeyzdeki gaz konsantrasyonu.

Not:
Krankkeyzdeki gaz konsantrasyonu normalde krankkeyzin içinde veya krankkeyz çıkışında (krankkeyz hava firar borusu) ölçülmelidir.
Gaz konsantrasyonu ölçümleri, yöntemin ve sonuçların uygun şekilde belgelenmesi halinde Aşama A'nın bir parçası olarak gerçekleştirilebilir.

Dizayn değerlendirmesine bağlı olarak ilave ölçümler gerekli olabilir.

4.1.6 A aşaması – iç testler

Madde E.3.7'de istenilen testlere ilave olarak, aşağıdaki koşullar test edilecektir:

- DF makinalar, tipine uygulanabilir ölçüde gerek gaz ve gerekse dizel modlarında (pilot püskürtme devrede iken ve değilken) madde E.3.7'de tanımlanan yükleme durumlarında çalıştırılır.

- Değişken sıvı/gaz oranlı DF makinalar için yük testleri, izin verilen minimum ve maksimum değerler arasındaki farklı oranlarda yapılacaktır.

- DF makinalar için, çeşitli yüklerde gaz ve dizel modları arasında dönüşüm testleri yapılacaktır.

- Yakıt gazının metan sayısı ve LHV'sinin motorun gaz modunda mevcut maksimum sürekli gücü üzerindeki etkisi doğrulanacaktır.

4.1.7 B aşaması – gözetimli testler

4.1.7.1 Genel

Gaz makinaları, madde E.3.8'de istenilen çeşitli testlere tabi tutulacaktır.

DF makinalarda,

- makina dizayneri tarafından belirtilen makina tiplerine uygulanacak şekilde, gerek gaz ve gerekse dizel modlarında tüm yükleme durumları test edilecektir. Bağımsız aşırı hız koruma cihazı hem gaz hem de dizel modunda test edilmelidir (E.3.8.2).

- Değişken sıvı/gaz oranlı makinalar için seçili yük testleri, izin verilen minimum ve maksimum değerler arasındaki farklı oranlarda yapılacaktır (test için en ilgili ve kritik yükler ve oranlar seçilmelidir).

- Gaz modunda mevcut maksimum sürekli güç (bkz. 3.1.1) gösterilmelidir.

- Aşırı yük durumunda akaryakıt moduna geçişin otomatik olarak gerçekleştirilmesi koşuluyla, DF motorları için gaz modunda aşırı yük testi gerekli değildir.

- Yük testleri dizel modunda ve gaz modunda makinanın MCR'sinin farklı yüzdelerinde gerçekleştirilecektir.

4.1.7.2 İşlev testleri

Madde E.3.8.3'de istenilen işlev testlerine ilave olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır:

- DF makinalar için, dizel ve gaz modlarında, belirtilen en düşük devir doğrulanacaktır.
- DF makinalar için, çeşitli yükleme durumlarında gaz ve dizel modları arasındaki dönüşüm test edilecektir.
- DF motorlar için, yük talebi gaz modunda mevcut maksimum sürekli gücü aştığında dizel moduna otomatik geçiş doğrulanacaktır (bkz. 3.1.1 ve 3.1.2)
- Çift cidarlı gaz boru devresindeki havalandırma düzeneğinin veya onaylanmış diğer esasların etkinliği doğrulanacaktır.

Elektrik gücü üretimi amaçlanan makinalar aşağıdaki şekilde test edilecektir:

- IACS UR M3.2'nin hükümlerine göre ani yüklerin ve yük kaybının alınma kabiliyeti
- GF ve ön-karışımlı makinalarda, dinamik yük tepki testler sonuçları üzerindeki LHV, metan numarası ve ortam koşullarının etkileri teorik olarak hesaplanacak ve test raporunda belirtilecektir. Madde 2.1.1'de belirtilen sınırlamalar dikkate alınarak, dinamik yük etkisini karşılayan sınır belirlenecektir.

Not:

1. *DF makinalar için, test sırasında akaryakıta dönüşüm kabul edilir.*

2. *TL- R M3.2.3'de belirtilen koşullarda, 2 yük kademesinde fazla elektrik yükü uygulamasına izin verilebilir.*

4.1.7.3 Bütünleşme testleri

GF ve DF makinalar, tüm mekanik, hidrolik ve elektronik makina sisteminin tüm çalışma modlarındaki tepkilerinin öngörülen şekilde olduğunun doğrulanması için bütünleşme testine tabi tutulacaktır. Bu testlerin kapsamı için, bu alt bölümün 1.4 maddesinde istenilen risk analizinin esas alındığı seçili durumlar için **TL** ile anlaşmaya varılacak ve asgari olarak aşağıdakileri içerecektir:

- Gerek bir silindir ünitesinde ve gerekse tüm sistemde ateşleme arızası (buji ateşlemesi veya pilot püskürtme sistemi)
- Gaz giriş valfi arızası
- Yanma arızası (örneğin, ateşleme arızası, vuruntu, egzost sıcaklığı sapması, vb. ile algılanacak)
- Anormal gaz basıncı
- Anormal gaz sıcaklığı **(4)**

4.1.8 C aşaması – bileşen muayenesi

Bileşen muayenesi madde E.3.9'un hükümlerine göre yapılacaktır. Test çalıştırmasından sonra yapılacak bileşen muayenesi aşağıdakileri de kapsayacaktır:

- Uygulandığı takdirde ön-oda dahil gaz giriş valfi
- Buji (GF makinalar için)
- Pilot yakıt püskürtme valfi (DF makinalar için).

4.1.9 Makina tip onay sertifikası

DF makinalar için, gaz modunda mevcut maksimum sürekli güç, farklıysa dizel modundaki maksimum sürekli değere ek olarak tip onay sertifikasında belirtilmelidir.

4.2 Fabrika kabul testleri

4.2.1 Genel

DF makinalar için, madde E.4.3.3'de belirtilen yük testleri, makinanın MCR'sinin çeşitli yüzdelerinde dizel modunda ve gaz modunda yapılacaktır. Gaz modunda mevcut maksimum sürekli güç gösterilmelidir(3.1.1'e bakınız). Gaz modunda % 110 yük testi gerekli değildir.

4.2.2 Emniyet önlemleri

Madde E.4.1'de belirtilen önlemlere ilave olarak, makinanın ilk çalıştırılmasından önce, makina üzerindeki gaz yakıt borularının gaz sızdırmazlığını doğrulayıcı önlemler alınacaktır.

4.2.3 Kayıtlar

Madde E.4.3.2'de istenilen kayıtlara ilave olarak, aşağıdaki makina verileri kaydedilecektir:

- uygulanabildiği ölçüde gaz ve dizel için her yakıtın indeksi (veya eşdeğeri okuma)
- gaz basıncı ve sıcaklığı.
- Pilot yakıt sıcaklığı ve basıncı (uygun şekilde besleme veya püskürtme sistemi)

4.2.4 Test yükleri

Çeşitli makine uygulamaları ile ilgili test yükleri madde E.4.3.3'de verilmiştir. DF makinalar, hem dizel hem de gaz modunda test edilecektir. Ayrıca, makine uygulamasına, servis deneyimine veya diğer ilgili nedenlere bağlı olarak tecrübe kapsamı genişletilebilir.

4.2.5 Bütünleşme testleri

GF ve DF makinalar, tüm mekanik, hidrolik ve elektronik makina sisteminin tüm çalışma modlarındaki tepkilerinin öngörülen şekilde olduğunun doğrulanması için bütünleşme testine tabi tutulacaktır.

Bu testlerin kapsamı için, bu alt bölümün 1.4 maddesinde istenilen risk analizinin esas alındığı seçili durumlar için **TL** ile anlaşmaya varılacak ve asgari olarak aşağıdakileri içerecektir:

- Bir silindir ünitesinde ateşleme arızası (buji ateşlemesi veya pilot püskürtme sistemi)
- Gaz giriş valfi arızası
- Yanma arızası (örneğin, ateşleme arızası, vuruntu, egzost sıcaklığı sapması, vb. ile algılanacak)
- Anormal gaz basıncı
- Anormal gaz sıcaklığı

Yukarıdaki testler, **TL**'nun özel olarak değerlendirmesine tabi olarak, simülasyon veya diğer yöntemler kullanılarak yapılabilir.

4.3 Gemideki tecrübeler

Gemiye montajdan sonra gaz boru sistemi için bir sızdırmazlık testi yapılacaktır (Kısım 78, madde 16.7.3.3 (IGF Kodu 16.7.3.3)).

Gemideki tecrübeler, aşağıdaki ilave gereklilikler dikkate alınarak madde E.4.4'ün hükümlerine göre yapılacaktır.

DF makinalar için, madde E.4.4.4'de istenilen testler tüm çalışma modlarında (gaz modu, dizel modu, vb.) yapılacaktır (3.1.1'e bakınız).

Gaz modunda mevcut maksimum sürekli güç gösterilmelidir.

Not:
Bir test yükü kesintisiz olarak tüm uygulanabilir çalışma modlarında gerçekleştirilirse (aynı güç ve hızda doğrudan geçiş), E.4.4.4'te istenen süre tüm yakıt modlarında gösterilen toplam süre olarak kabul edilebilir. Ancak, her bir moddaki gösterim bir saatten az olmamalıdır.

E.4.4.2'de istenen çalıştırma manevraları dizel modunda ve varsa gaz modunda gerçekleştirilmelidir.

(4) *Bu test, sıcaklığın simülasyon sinyali*

DF makianalar için, akaryakıt moduna otomatik geçiş test edilecektir.

Ayrıca, dizelden gaz moduna manuel geçiş ve tersi de test edilecektir.

Çift cidarlı gaz boru sisteminin havalandırma düzenlemesinin veya diğer onaylı prensibin verimliliği doğrulanacaktır.

5. Makina Bileşenlerinin Sertifikalandırılması.

E.2'deki ilkeler, tanımlar ve genel gereklilikler uygulanır.

E.2'de belirtilen bileşenlere ek olarak, Tablo 3.11'de listelenen makina bileşenleri tabloda belirtildiği şekilde dokümante edilecektir.

Tablo 3.11: Makina bileşenleri için gerekli dokümantasyon

Kısım	Malzeme özellikleri	Tahribatsız muayene	Basınç testi	Kaynakların gözle kontrolü	Bileşen sertifikası
Gaz borusu Düşük-basınçlı Cift cidarlı	W (C+M)	W 2), 6)	W 4)	X	
Tek cidarlı Gaz boruları	W (C+M)	W 1)	W 4)	X	SC
Yüksek-basınçlı gaz boruları	W (C+M)	W 1)	W 4)	X	SC
Gaz boruları için ikinci cidar	W (C+M)	W 2)	W 3)	X	
Gaz boruları, Düşük-basınçlı Flençler *	W (C+M)	W 2), 6)		X	
Gaz boruları, Yüksek basınçlı, Flençler	W (C+M)	W 1)		X	SC
Gaz boruları, Düşük-basınçlı Fitingler ve diğer bileşenler	W (C+M)		W 4)	X	
Gaz boruları, Yüksek-basınçlı Fitingler ve diğer bileşenler	W (C+M)		W 4)	X	SC
Gaz boruları, Düşük-basınçlı Valflerin gövdeleri (7)	W (C+M)		W 4)		
Gaz boruları, Yüksek-basınçlı Valflerin gövdeleri	W (C+M)		W 4)		SC
Gaz havalandırma boruları ve flençler.*, oluşan basınç 5.0 bar'dan küçük	TR(C+M)	W 2)	W 4)	X	
Gaz havalandırma boruları ve flençler.*, oluşan basınç 5.0 bar veya daha büyük ikinci cidarlı	TR(C+M)	W 2)	W 4)	X	
Gaz havalandırma boruları ve flençler.*, oluşan basınç 5.0 bar veya daha büyük	W (C+M)	W 1)	W 4)	X	SC
Gaz havalandırma boruları ikinci cidar			W 5)	X	

Dip notlar:

1) Tüm alın kaynaklı birleştirmelerin %100 radyografik veya ultrasonik muayenesi (IGF Kod 16.6.3.1)

2) Alın kaynaklı birleştirmelerin %10 radyografik veya ultrasonik muayenesi (IGF Kod 16.6.3.4)

3) Gaz borusunun patlamasında beklenen maksimum basınçtan daha az olmamak kaydıyla, gaz geçirmez bütünlüğü sağlamak için 1,5 x dizayn basıncında basınç testi (IGF 16.7.3.4 ve 9.8.4 uyarınca)

4) 1,5 x dizayn basıncında basınç testi

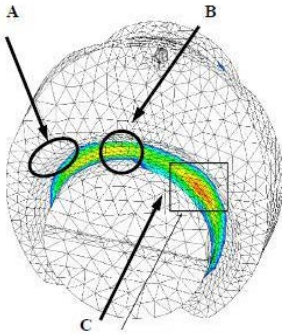
5) Sızdırmazlık testi

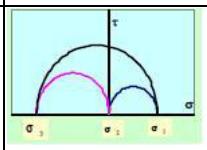
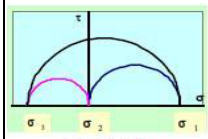
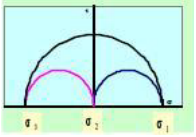
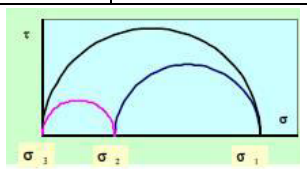
6) İç çap > 75 mm veya et kalınlığı > 10 mm ise: tüm alın kaynaklı birleştirmelerin %100 radyografik veya ultrasonik muayenesi (IGF Kod 16.6.3.1)

7) Nominal çap > 25 mm ise

(*) "Flençler" makinaya yapılan son bağlantı ile sınırlıdır.

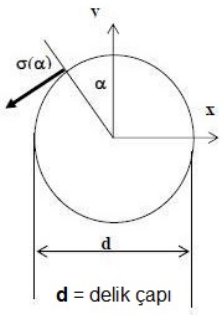
EK I - KRANKŞAFT DOLGULARINDA GERİLME KONSANTRASYON FAKTÖRÜNÜN TANIMI

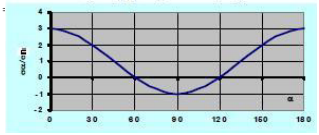
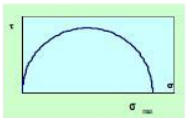
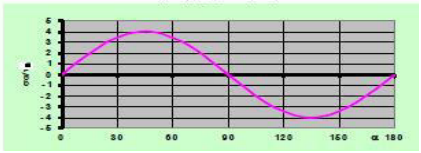
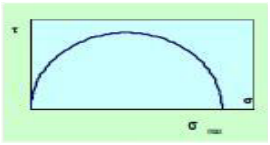
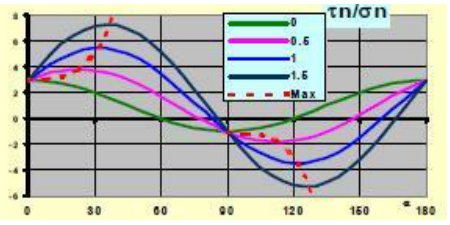
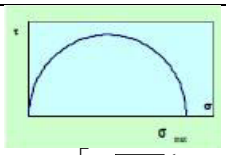


	Gerilme	$\text{Max}\,\|\sigma_3\|$	$\text{Max}\,\sigma_1$	
Burulma yükü	En büyük gerilmelerin lokasyonu	**A**	**C**	**B**
	Tipik temel gerilme sistemi Mohr dairesi diyagramı $\sigma_2 = 0$ ile	 $\|\sigma_3\| > \sigma_1$	 $\sigma_1 > \|\sigma_3\|$	 $\sigma_1 \approx \|\sigma_3\|$
	Eşdeğer gerilme ve gerilme konsantrasyon faktörü	$\tau_{\text{equiv}} = \dfrac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$ $\text{S.C.F.} = \dfrac{\tau_{equiv}}{\tau_n}\ for \alpha_T, \beta_T$		
Eğilme yükü	En büyük gerilmelerin lokasyonu	**B**	**B**	**B**
	Tipik temel gerilme sistemi Mohr dairesi diyagramı $\sigma_3 = 0$ ile	 $\sigma_2 \neq 0$		
	Eşdeğer gerilme ve gerilme konsantrasyon faktörü	$\sigma_{equiv} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^{\,2} - \sigma_1.\sigma_2}$ $S.C.F. = \dfrac{\sigma_{equiv}}{\sigma_n}\ for \alpha_B, \beta_B, \beta_Q$		

Şekil 1.1 Krankşaft dolgularında gerilme konsantrasyon faktörünün tanımı

EK II - YAĞ KANALLARININ KENARINDA GERİLME KONSANTRASYON FAKTÖRLERİ VE GERİLME DAĞILIMI



Gerilme tipi	Nominal gerilme tensörü	Kenar etrafında tek eksenli dağılma	Mohr dairesi diyagramı
Çekme	$\begin{bmatrix} \sigma n & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$		 $\gamma_B = \sigma_{max}/\sigma_n \; for \; \alpha = k\pi$
Kesme	$\begin{bmatrix} 0 & \tau m \\ \tau m & 0 \end{bmatrix}$		 $\gamma_T = \sigma_{max}/\tau_n \; for \;\; \alpha = \frac{\pi}{4} + k\frac{\pi}{2}$
Çekme+kesme	$\begin{bmatrix} \sigma m & \tau m \\ \tau m & 0 \end{bmatrix}$	$\sigma_\alpha = \frac{\gamma_B}{3}\sigma_n\left\{1+2\left[\cos(2\alpha)+\frac{3}{2}\frac{\gamma_\tau}{\gamma_B}\frac{\tau_n}{\sigma_n}\sin(2\alpha)\right]\right\}$ 	 $\sigma_{max} = \frac{\gamma_B}{3}\sigma_n\left[1+2\sqrt{1+\frac{9}{4}\left(\frac{\gamma_T}{\gamma_B}\frac{\tau_n}{\sigma_n}\right)^2}\right]$ $for \; \alpha \frac{1}{2} tg^{-1}\left(\frac{3\gamma_T\tau_n}{2\gamma_B\sigma_n}\right)$

Şekil 2.1 Yağ kanallarının kenarında gerilme konsantrasyon faktörleri ve gerilme dağılımı

EK III – SONLU ELEMANLAR METODU KULLANILARAK KRANKŞAFTLARIN VEB YUVARLATMA YARIÇAPLARINDA GERİLME KONSANTRASYON FAKTÖRLERİNİN HESAPLANMASI İÇİN KILAVUZ

1. Genel

Analizin amacı, krankşaftların yuvarlatmalarında analitik olarak hesaplanmış gerilme konsantrasyon faktörlerine (SCF) alternatif olarak sonlu elemanlar metodu ile hesaplanma yöntemleri geliştirmektir. Analitik metod, değişik krank geometrilerinden alınan gerilme ölçer ölçümlerinden geliştirilen amprik formül temeline dayanır ve benzer şekilde bu formülün uygulaması geometriler ile sınırlandırılmıştır.

Bu dökümanda yer alan kurallara göre hesaplanan gerilme konsantrasyon faktörleri, jurnal ve pin dolgularındaki nominal gerilmelerin sonlu elemanlar metodu kullanılarak hesaplanan gerilmelere oranı olarak tanımlanmıştır. Bu bölümdeki belirtilen yöntem ya da alternatifi bir yöntem kullanıldığında von Misses gerilmeleri, eğilme ve burulma ana gerilmelerinin hesabında kullanılacaktır.

Prosedür ve değerlendirme kılavuzları, hem yekpare kranklar hem de yarı imalat kranklar (jurnal dolguları hariç) için geçerlidir.

Analiz, lineer elastik sonlu elemanlar analizi olarak yürütülmeli ve uygun büyüklükteki birim yükleri bütün yükleme durumlarına uygulanmalıdır.

Yağ deliklerindeki gerilme konsantrasyon faktör (SCF) hesabı bu bölümde yer almamaktadır.

FE çözücüsünün eleman hassasiyetinin kontrol edilmesi tavsiye edilir, örneğin; basit eğilme ve burulma için analitik çözüm ile basit geometrinin sonlu elemanlar metodu ile modellenerek elde edilen sonucun kıyaslanması.

Sınır elemanları metodu (BEM), sonlu elemanlar metodu (FEM) yerine kullanılabilir.

2. Model gereksinimleri

Sonlu elemanlar modelini oluşturmak için tavsiye ve anlayışlar 2.1'de verilmiştir. Nihai sonlu elemanlar modeli için 2.3'deki gereksinimleri karşılamak zorunludur.

2.1 Eleman mesh tavsiyeleri

Mesh kalite kriterini karşılamak için gerilme konsantrasyon faktörlerinin değerlendirilmesi amacıyla sonlu eleman modeli oluşturulması aşağıdaki tavsiyelere göre yapılmalıdır.

- Model, ana yatak merkez hattından karşı taraftaki ana yatak merkez hattına kadar komple bir krankı ihtiva eder

- Yuvarlatma civarında kullanılacak eleman tipleri:
  - 10 nod dört yüzlü eleman
  - 8 nod altı yüzlü eleman
  - 20 nod altı yüzlü eleman

- yuvarlatma yarıçaplarında mesh özellikleri.

Aşağıdakiler krank düzleminden ±90 derece çevresel yönde uygulanmalıdır:

- Maksimum eleman boyutu, bütün yuvarlatma boyunca çevresel yöndeki gibi a=r/4 olacaktır. 20 nodlu altı yüzlü elemanlar kullanıldığında, çevresel yöndeki eleman boyutu 5a'ya kadar çıkartılabilir.

Çoklu yarıçap yuvarlatmalarında r, yerel dolgu yarıçapıdır. (Eğer 8 nodlu altı yüzlü elemanlar kullanılırsa, kalite kriterini karşılamak için daha küçük eleman boyutları gereklidir.)

- Dolgu derinlik yönlerinde eleman boyutları için tavsiye edilen yöntem:
  - Birinci tabaka kalınlığı eleman boyutu a'ya eşit olacak
  - İkinci tabaka kalınlığı eleman boyutu 2a'ya eşit olacak
  - Üçüncü tabaka kalınlığı eleman boyutu 3a'ya eşit olacak
- Veb kalınlığı boyunca minimum 6 eleman
- Genellikle krank yuvası çözücünün nümerik stabilitesi için uygun olmalıdır.
- Karşı ağırlıklar sadece krankın global katılığını önemli derecede etkilediği zamanlarda modellenmelidir.
- Global katılık üzerindeki etkinin ihmal edildiği ve dolguya yakınlık 2r'den fazla olduğunda yağ kanallarının modellenmesine gerek yoktur, şekil 2.1'e bakınız.
- Ağırlık azaltması için açılan kanal ve delikler modellenmelidir.
- Alt modelleme, kullanılabilir.

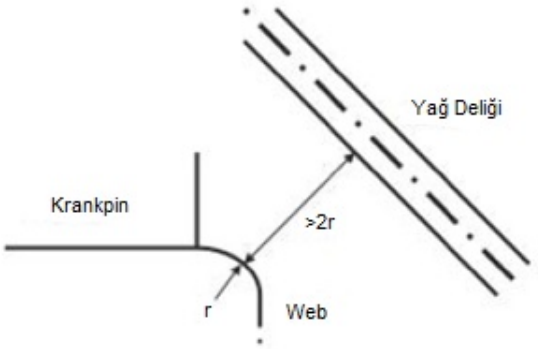
2.2 Malzeme

Sonlu elemanlar analizinde Young Modülü (E) ve Poisson's oranı (ν) gereklidir. Öncelikle gerilim hesaplanır ve gerilme, bu malzeme parametreleri kullanılarak gerilimlerden elde edilir.

Güvenilir malzeme parametreleri kullanılacaktır. Malzeme parametreleri literatürden ya da malzemeyi temsilen malzemeden numunelerdem elde edilebilir.

Çelik için aşağıdaki tavsiye edilir:

E= $2.05 \cdot 10^5$ MPa ve ν =0.3.



Şekil 2.1 Dolguya yakın yağ deliği

2.3 Eleman mesh kalite kriteri

Eğer gerçek eleman meshi SCF değerlendirmesi için kontrol edilen alanda aşağıdaki kriterlerden herhangi birini iyileştirilmiş ikinci bir mesh ile hesaplama yapılacaktır.

2.3.1 Temel gerilmeler kriteri

Mesh kalitesi, yuvarlatma yüzeyine normal gerilme bileşenin kontrolü ile sağlanmalıdır. İdealde bu gerilme sıfır olmalıdır. . Temel gerilmeler σ_1, σ_2 ve σ_3 için aşağıdaki kriter sağlanacaktır:

$$\min(|\sigma 1|, |\sigma 2|, |\sigma 3|) < 0.03.maks(|\sigma 1|, |\sigma 2|, |\sigma 3|)$$

2.3.2 Ortalaması alınmış/alınmamış gerilmeler kriteri

Bu kriter, yuvarlatma için gerilme konsantrasyon faktörünün (SCF) hesaplanmasında elemanların yüzeyndeki gerilme sonuçlarının süreksizliğinin gözlemlenmesi temeline dayanır:

- Nodlara bağlanmış her bir elemandan hesaplanan ortalaması alınmamış nod_a gerilme sonuçları, incelenen bölgede nod_i da %100 ortalaması alınmış nodal gerilme sonuçlarından %5'den az değişiklik gösterebilir.

3. Yükleme durumları

Bu bölümde analitik olarak belirlenen gerilme konsantrasyon faktörünü (SCF) için aşağıda verilen yükleme durumlarının hesaplanması gerekmektedir:

3.1 Burulma

benzer şekilde FVV ile yapılan testler için kullanılan test aparatı yapı sadece burulma ile yüklenecektir. Modelde, uçlardaki yüzeylerde yüzey eğriliği bastırılacaktır.

Krankşaft ekseninde merkez noda moment uygulancaaktır. Bu nod, 6 serbestlik derecesi olan ana nod gibi davranır ve uçtaki yüzeyin tüm nodlarına rijit bir şekilde bağlanmalıdır.

Sınır ve yük koşulları hem sıralı silindirli hem de V tipi makinalar için geçerlidir.

Hem jurnal hem krank pin yuvarlatmalarında da bütün nodlar için temel gerilmeler çıkartılacak ve eşdeğer burulma gerilmesi hesaplanacaktır:

$$\tau_{esdeger} = maks\left(\frac{|\sigma 1 - \sigma 2|}{2}, \frac{|\sigma 2 - \sigma 3|}{2}, \frac{|\sigma 1 - -\sigma 3|}{2}\right)$$

Sonraki gerilme konsantrasyon faktörü hesaplaması için maksimum değer alınır:

$$\alpha_{\tau} = \frac{\tau_{esdeger,\alpha}}{\tau_{n}}$$

$$\beta_{T} = \frac{\tau_{esdeger,\beta}}{\tau_{N}}$$

Burada τ_N, D.2.2.2'de burulma momenti T ile birlikte krankpin ve sırasıyla jurnali referans veren nominal burulma gerilmesidir:

$$\tau_N = \frac{T}{W_p}$$

3.2 Sadece eğilme (4 noktalı eğilme)

Kullanılan test aparatına benzer şekilde FVV tarafından yapılan testler için yapı sadece eğilme ile yüklenecektir. Modelde, uçlardaki yüzeylerde yüzey eğriliği bastırılacaktır. Krankşaft ekseninde yer alan merkez noda moment uygulanmalıdır. Bu nod, 6 serbestlik derecesi olan ana nod gibi davranır ve uçtaki yüzeyin tüm nodlarına rijit bir şekilde bağlanmalıdır. Sınır ve yük koşulları hem sıralı silindirli hem de V tipi makinalar için geçerlidir.

Hem jurnal hem pin dolgularında bütün nodlar için von Mises eşdeğer gerilmeleri $\sigma_{esdeger}$ çıkartılacaktır. Maksimum değere göre gerilme konsantrasyon faktörü hesaplamak için kullanılacaktır:

$$\alpha_{\beta} = \frac{\sigma_{esdeger,\alpha}}{\sigma_{N}}$$

$$\beta_{B} = \frac{\sigma_{esdeger,\beta}}{\sigma_{N}}$$

Nominal gerilme σ_N, D.2.1.2.1'de belirtildiği gibi eğilme moment M ile birlikte hesaplanacaktır.

$$\sigma_{N} = \frac{M}{W_{esdeger}}$$

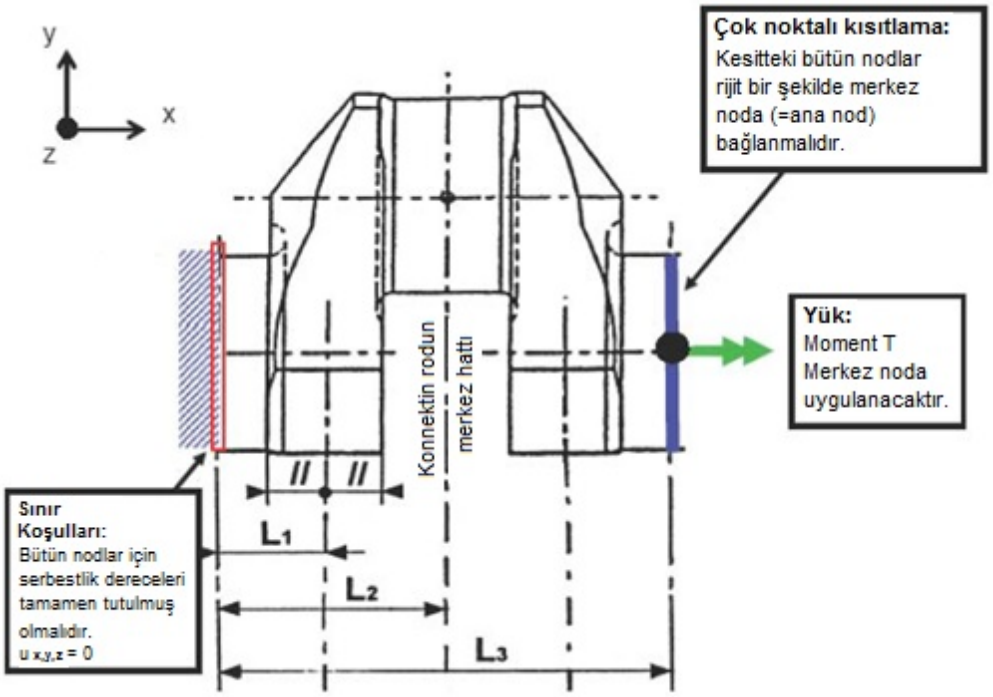
3.3 Kesme kuvveti ile birlikte eğilme (3 noktalı eğilme)

Bu yükleme durumu, jurnal yuvaraltmasında saf enine kuvvet (radyal kuvvet, β_Q) için gerilme konsantrasyon faktörünü hesaplamak için kullanılır.

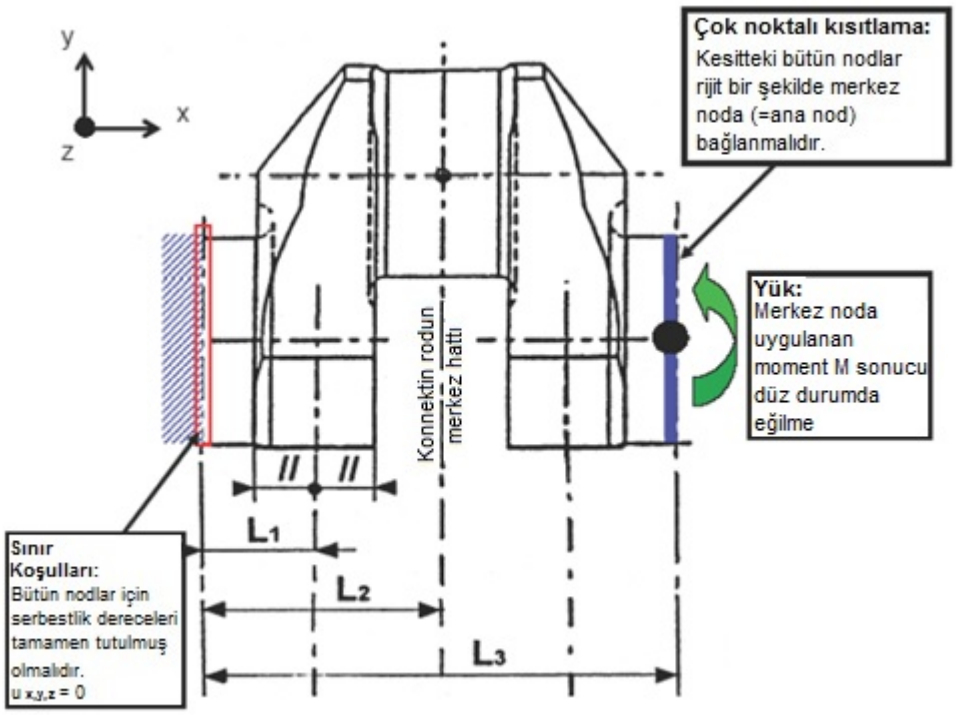
Kullanılan test aparatına benzer şekilde FVV tarafından yapılan testler için yapı 3 noktalı eğilme ile yüklenecektir. Modelde, uçlardaki yüzeylerde yüzey eğriliği bastırılacaktır. Bütün nodlar rijit bir şekilde merkez noda bağlanacak; sınır koşulları merkez nodlara uygulanacaktır. Bu nodlar, 6 serbestlik derecesi olan ana nod gibi davranır.

Konnektin rodun merkez hattında pin üzerinde yer alan merkez noda kuvvet uygulanacaktır. Bu nod, pin kesit alanının bütün nodlarına bağlanacaktır. Kesit alanının eğriliği bastırılmayacaktır.

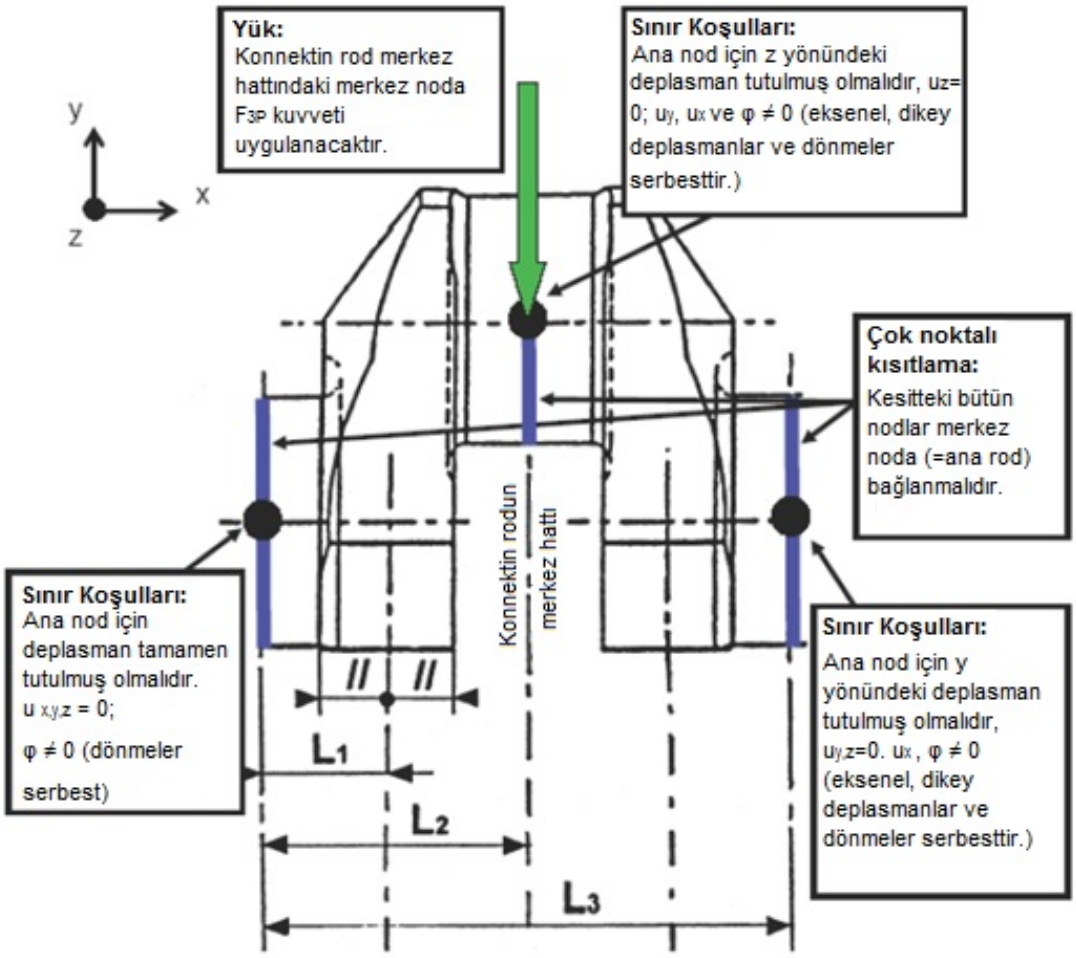
Sınır ve yük koşulları hem sıralı silindirli hem de V tipi makinalar için geçerlidir. V tipi makinalar sadece bir tane konnektin rod kuvveti ile modellenebilir. İki tane konnektin rod kuvveti kullanıldığında, gerilme konsantrasyon faktöründe kayda değer bir değişiklik olmayacaktır.



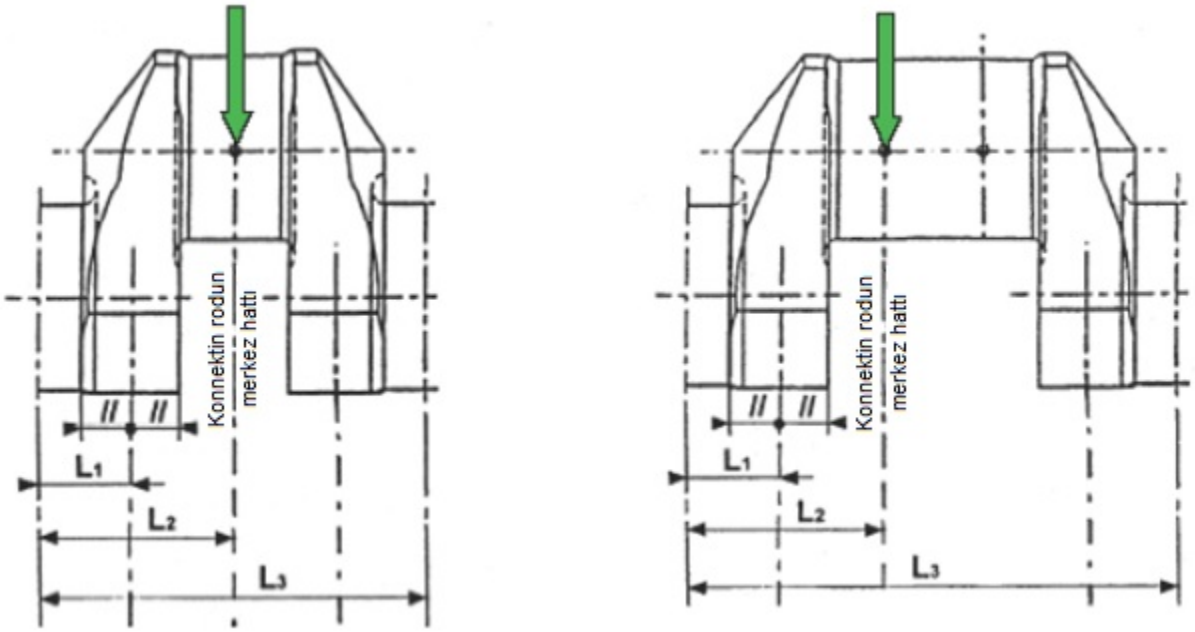
Şekil 3.1 Burulma yükleme durumu için sınır ve yükleme koşulları



Şekil 3.2 Saf eğilme yükleme durumu için sınır ve yükleme koşulları



Şekil 3.3 Sıralı silindirli makinaların 3 noktalı eğilme yükleme durumu için sınır ve yükleme koşulları



Şekil 3.4 Sıralı silindirli ve V tipi makinalarda yükleme uygulamaları

Jurnal yuvarlatmasındaki maksimum eşdeğer von Mises gerilmesi σ_{3P} değerlendirilecektir. Jurnal yuvarlatmasındaki gerilme konsantrasyon faktörü aşağıda gösterildiği şekilde 2 yolla belirlenebilir:

3.3.1 Metod 1

Bu metod FVV testlerine benzerdir. 3 ve 4 noktalı eğilmelerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi birleştirilmiştir:

$$\sigma_{3P} = \sigma_{N3P} \cdot \beta_B + \sigma_{Q3P} \cdot \beta_Q$$

Burada:

σ_{3P} = Sonlu elemanlar hesabı ile bulunur.

σ_{N3P} = Gerçek konnektin rodun merkez hattına uygulanan kuvvetten F_{3P} [N] ötürü veb merkezindeki nominal eğilme gerilmesi , şekil 3.4'e bakınız.

β_B = 3.2'de açıklanmıştır.

$$\sigma_{Q3P} = \frac{Q_{3P}}{(B.W)}$$

Burada Q_{3P}, gerçek konnektin rodun merkez hattına uygulanan kuvvetten F_{3P} [N] ötürü veb'deki radyal (kesme) kuvvetidir, şekil 2.3 ve 2.4'e bakınız.

3.3.2 Metod 2

Bu metod FVV testleri ile benzer değildir. Statik olarak belirlenen, iki yatak ile desteklenen bir krank kolundan oluşan sistemde eğilme momenti ve radyal (kesme) kuvvet orantılıdır. Bu sebepten ötürü jurnal yuvarlatması gerilme konsantrasyon faktörü, doğrudan 3 noktalı eğilme sonlu eleman hesabı ile bulunabilir. Gerilme konsantrasyon faktörü daha sonradan aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

Semboller için 3.3.1'e bakınız.

Bu metod kullanıldığında radyal kuvvet ve gerilme tespiti bu bölümde gereksiz olur. Jurnal yuvarlatmasındaki değişken eğilme gerilmesi D.2.1.3'e göre değerlendirilecektir:

$$\sigma_{BG} A_{-} \pm \left| \beta_{BQ} \cdot \sigma_{BFN} \right|$$

Bu metod krankpin yuvarlatmasına uygulanmaz ve bu gerilme konsantrasyon faktörü (SCF) hesaplama metou, bu bölümde yer alan statik sistem olarak farz edilenlerin dışındakiler için kullanılazmaz..

$$\beta_{BQ} = \frac{\sigma_{3P}}{\sigma_{N3P}}$$

EK IV - YORULMA TESTLERİNİ DEĞERLENDİRME KILAVUZU

Sayfa

A. GİRİŞ ..... **A--** 10

1. Küçük numune testi

2. Tam-boyutlu krank kolu testi

B. TEST SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ..... **A -** 10

1. Prensipler

2. Merdiven yöntemi

3. Modifiye merdiven yöntemi

4. Numunenin ortalaması ve standart sapmasının hesaplanması

5. Ortalama yorulma sınırı için emniyet aralığı

6. Standart sapma için emniyet aralığı

C. KÜÇÜK NUMUNE TESTİ ..... **A -** 13

1. Eğilme yorulma mukavemetinin belirlenmesi

2. Burulma yorulma mukavemetinin belirlenmesi

3. Diğer test konumları

4. Test sonuçlarının birbiriyle bağlantısı

D. TAM BOYUTLU TEST ..... **A -** 15

1. Hidrolik atınım

2. Rezonans testi

3. Sonuçların kullanılması ve krankşaftın kabul edilebilirliği

E. BENZER KRANKŞAFTLAR İÇİN MEVCUT SONUÇLARIN KULLANILMASI ..... **A -** 18

A. Giriş

Yorulma testleri iki ana gruba ayrılabilir; küçük numunelerin testi ve tam boyutlu krank kollarının testi. Testler, bu dokümanda verilen merdiven yöntemi veya modifiye merdiven yöntemi kullanılarak yapılabilir. Diğer istatistiksel değerlendirme yöntemleri de uygulanabilir.

1. Küçük numune testi

Dolgu yüzeyi işlenmemiş krankşaftlar için yorulma mukavemeti, tam boyutlu krank kolundan alınan küçük numunelerin test edilmesi suretiyle belirlenebilir. Dolguların civarındaki diğer alanların, dolguda kalıcı gerilme bırakan yüzey işlemesi yapılıyorsa, bu yaklaşım uygulanamaz.

Bu yaklaşımın bir avantajı, daha sonra imal edilebilecek çok sayıda numune olmasıdır. Diğer bir avantaj ise testlerin çeşitli gerilme oranları (R-oranları) ve/veya çeşitli durumlar için yapılabilmesidir (örneğin aksiyal, eğilme ve burulma, çentikli veya çentiksiz). Bu ise, kritik düzlem kriteri ile kullanılacak olan malzeme verisinin değerlendirilmesi için gereklidir.

2. Tam boyutlu krank kolu testi

Yüzey işlemesine tabi tutulmuş krankşaftlar için yorulma mukavemeti sadece tam boyutlu krank kollarının testi ile belirlenebilir. Maliyet nedeniyle, az sayıda krank kolunun kullanımı söz konusudur. Yük, 3 veya 4 noktalı eğilme düzeneği ile hidrolik aktüatörler vasıtasıyla veya rezonans test donanımında bir uyarıcı vasıtasıyla uygulanabilir. İkincisi daha sık kullanılır, ancak genelde gerilme oranı R= -1 ile sınırlanır.

B. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

1. Prensipler

Krankşaft, yorulma testinden önce, kalite kontrol prosedürlerinin gerektirdiği testlere tabi tutulmalıdır, örneğin kimyasal bileşim, mekanik özellikler, yüzey sertliği, sertlik derinliği ve yayılımı, dolgu yüzey pürüzlülüğü, vb. testleri.

Test numuneleri, kabul aralığının “alt ucu”’nu temsil edecek tarzda hazırlanmalıdır, örneğin, indüksiyonla sertleştirilmiş krankşaftlar için bunun anlamı, kabul edilebilir sertlik derinliğinin alt aralığı, dolgu boyunca en kısa yayılım, vb.’dir. Aksi halde, test sonuçlarının ortalama değeri, bir emniyet aralığı ile düzeltilmelidir: gerek örnek ortalaması ve gerekse standart sapma için % 90 emniyet aralığı kullanılabilir.

M 53’ün uygulanması halinde test sonuçları, yukarıda belirtilen % 90 emniyet aralığı uygulanarak veya uygulanmayarak, ortalama yorulma mukavemetini temsil edecek şekilde değerlendirilecektir. Standart sapma, % 90 emniyet dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Neticede, yorulma mukavemeti olarak kullanılacak sonuç, ortalama yorulma mukavemeti eksi bir standart sapmadır.

Eğer değerlendirmeden amaç, (statik) mekanik özellikler ile yorulma mukavemeti arasındaki bağıntının belirlenmesi ise, bu bağıntıda gerçek (ölçülen) mekanik özellikler esas alınmalıdır. Verilen minimum özellkler esas alınmazlar.

Madde 4’de verilen hesaplama tekniği, original merdiven yöntemi için geliştirilmiştir. Ancak, modifiye merdiven yöntemi için benzeri bir yöntem olmadığından, bu yöntem her ikisi için de uygulanır.

2. Merdiven yöntemi

Orijinal merdiven yönteminde, birinci numune, öngörülen ortalama yorulma mukavemetine karşılık gelen bir gerilmeye tabi tutulur. Eğer numune 10^7 çevrime dayanırsa ayrılır ve diğer numune öncekinden bir kademe yüksek bir gerilmeye tabi tutulur, yani dayanımı takiben bir sonraki numune bir öncekinden bir kademe yüksek gerilme için control edilir. Artım, öngörülen standart sapma seviyesine karşılık gelecek şekilde seçilmelidir.

Bir numunenin 10^7 çevrime dayanamadığı hallerde, elde edilen çevrim sayısı not edilir ve bir sonraki numune öncekinden bir kademe aşağıdaki bir gerilmeye tabi tutulur. Bu yaklaşımda, kusurların ve geçerlerin toplamı numunelerin sayısına eşittir.

Bu original merdiven yöntemi sadece çok sayıda numunenin bulunduğu haller için uygundur. Simülasyonlarda, bir merdiven testinde yaklaşık olarak 25 numunenin kullanımının yeterli hassasiyette sonuç verdiği belirlenmiştir.

3. Modifiye merdiven yöntemi

Sınırlı sayıda numunenin mevcut olduğu hallerde, modifiye merdiven yönteminin uygulanması tavsiye edilir. Burada, ilk numune, ortalama yorulma mukavemetinin oldukça altında br gerilmeye tabi tutulur. Bu numune 10^7 çevrime dayanırsa, aynı numune, bir öncekinden bir kademe üsste bir gerilme seviyesine tabi tutulur. Artım, öngörülen standart sapma seviyesine karşılık gelecek şekilde seçilmelidir. Bu teste, aynı numune dayanımını yitirinceye kadar devam edilir.

Daha sonar çevrim sayısı kaydedilir ve yeni bir numune, önceki numunenin dayanımını yitirdiği gerilmenin en az iki kademe altındaki bir gerilmeye tabi tutulur.

Bu yaklaşımda, dayanımın yitirilme sayısı genelde numune sayısına eşittir. 10^7 çevrime ulaşılan geçer numune sayısı da numunelerin sayısına eşittir.

Bazı sonuçların geçer numunenin bir üst seviyede test edilmesinin (özellikle yüksek ortalama gerilmede) yorulma sınırını arttırma eğilimi gösterdiğinden, modifiye merdiven yöntemi ile elde edilen sonuçlar dikkatle kullanılmalıdır. Ancak, bu deneyim etkisi, yüksek mukavemetli çelikler (örneğin UTS > 800 MPa) daha azdır.

Eğer emniyet hesabı isteniyorsa veya gerekli ise, test numunelerinin minimum sayısı 3'dür.

4. Numunenin ortalaması ve standart sapmasının hesaplanması

5 krank kolu için belirli sayıda örnek bir sonraki teste tabi tutulur. Modifiye merdiven yöntemi ve Dixon and Mood değerlendirme yöntemi kullanıldığında, 5'i geçer 5'i kusur olmak üzere, numune sayısı 10 olacaktır. yani:

Numune sayısı, n=10

Ayrıca, yöntem ikiye ayrılır

Daha seyrek görülen kusurdur C=1

Dah bsyrek görülen geçerdir C=2

Yöntemde sadece, test sonucunda daha seyrek görülme kullanılır yani, geçerden daha fazla kusur varsa, bu durumda geçer sayısı (veya tersi) kullanılır.

Modifiye merdiven yönteminde, geçer ve kusur sayısı genelde eşittir.

Ancak, testler başarısız da olabilir, örneğin, bir numune, daha önceki kusurun iki kademe altındaki testte kusurlu olursa, , geçerlerin sayısı kusurların sayısından az olabilir. Diğer yönden, eğer bu beklenmeyen başlangıç kusuru, nisbeten yüksek çevrim sayısında görülür ise, bundan önceki seviyenin geçer olarak tanımı mümkündür.

Burada da uygulanabilen (özellikle birkaç numunede yapılan testlerde), maksimum olasılık teorisinden elde edilen, Dixon ve Mood yaklaşımı, merdiven yöntemi sonuçlarından numune ortalaması ve standart sapmanın hesabı için basit yaklaşık eşitlikler vermektedir. Numune ortalaması aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\bar{S}_a = S_{a0} + d \cdot \left(\frac{A}{F} - \frac{1}{2} \right) \quad \text{C=1 ise}$$

$$\bar{S}_a = S_{a0} + d \cdot \left(\frac{A}{F} - \frac{1}{2} \right) \quad \text{C=2 ise}$$

Standard sapma aşağıda gibi bulunabilir:

$$s = 1.62 \cdot d \cdot \left(\frac{F \cdot \bar{B} - A^2}{F^2} + 0.029 \right)$$

burada:

S_{a0} , daha seyrek görülen en düşük gerilme seviyesidir.

d , gerilme artımıdır.

$F = \Sigma fi$

$A = \Sigma i \cdot fi$

$B = \Sigma i^2 \cdot fi$

i gerilme seviyesi sayısıdır.

fi , i gerilme seviyesinde numune sayısıdır.

Standart sapma ile ilgili formül yaklaşık olup, aşağıdaki koşullarda kullanılablir:

$$\frac{B \cdot F - A^2}{F^2} > 0{,}3$$

ve

$$0{,}5 \cdot s < d < 1{,}5 \cdot s$$

Eğer bu iki koşuldan herhangibiri sağlanamazsa, yeni bir merdiven testi yapılmalı veya emniyetli tarafta kalmak üzere, standart sapma oldukça büyük alınmalıdır.

Eğer d artımı, s standart sapmasından hayli büyükse, yöntem, daha küçük bir standart sapma ve hafifçe yüksek örnek ortalamasını verir. Bunlar, artım ile standart sapma arasındaki fark nisbeten küçük olduğunda hesaplanan değerlerle karşılaştırılır.

Eğer d artımı, s standart sapmasından çok daha küçükse, yöntem, daha büyük bir standart sapma ve hafifçe küçük bir örnek ortalaması verir.

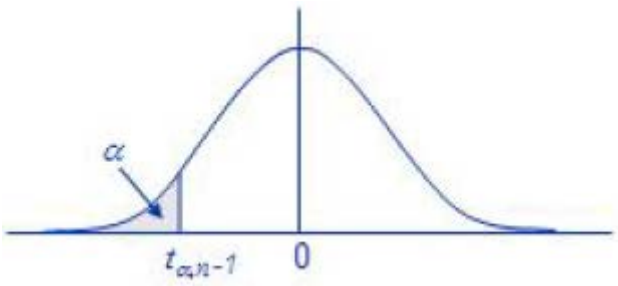
5. Ortalama yorulma sınırı için emniyet aralığı

Eğer merdiven yorulma testi tekrarlanırsa, örnek ortalaması ve standart sapma, büyük olasılıkla önceki testten farklı olacaktır. Bu nedenle, tekrar test değerlerinin, örnek ortalaması için bir emniyet aralığı kullanılarak seçilen yorulma sınırının üzerinde olacağı bir emniyetin garanti edilmesi gereklidir.

Örnek ortalama değeri için belirsiz değişkenli emniyet aralığının, ortalama etrafında simetrik bir dağılım gösteren t-dağılımına (student's t-dağılımı olarak da adlandırılır) göre dağıldığı bilinir.

Eğer S_a n örnek serisinde ampirik ortalama ve s ampirik standart sapma ise (değişken değerlerin normalde belirsiz örnek ortalaması ve belirsiz değişken olarak dağıldığı), (1 - α) · 100% ortalama için emniyet aralığı:

$$P\left(S_a - t_{\alpha,n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < S_{ax\%}\right) = 1 - \alpha$$



Örnek ortalama için normalde kullanılan emniyet seviyesi % 90'dır. Bunun anlamı, tekrar testlerinden elde edilen örnek ortalamasının % 90'ı, seçilen emniyet seviyesi ile hesaplanan değerin üzerinde olduğudur. Şekilde (1 - α) 100 örnek ortalama için emniyet aralığındaki t değeri gösterilmektedir.

Şekil 2.1. Student's t-dağılımı

Bileşke emniyet aralığı, örnek değerlerin ampirik ortalamasına göre simetriktir ve alt uç noktası aşağıdaki gibi bulunabilir:

$$S_{ax\%} = S_a - t_{\alpha,n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Bu değer, azaltılmış yorulma sınırının elde edilmesinde kullanılacak olan ortalama yorulma sınırıdır (popülasyon değeri). Burada kusur olasılığı sınırları dikkate alınmıştır..

6. Standart sapma için emniyet aralığı

Normal gelişigüzel bir değişkenin değişimi ile ilgili emniyet aralığının, n-1 serbestlik dereceli chi-kare dağılımına sahip olduğu bilinmektedir.

n örnekten kabul edilen yorulma test değeri, σ^2 değişimli normal gelişigüzel değişkendir ve s^2 ampirik değişime sahiptir. Burada a $(1 - \alpha) \cdot 100\%$ emniyet aralığı:

$$P\left(\frac{(n-1)s^2}{\sigma^2} < \chi^2_{\alpha,n-1}\right) = 1 - \alpha$$

Standart sapma için $(1 - \alpha) \cdot 100\%$ emniyet aralığı değişimin emniyet aralığının üst sınırının kare kökünden elde edilir ve şu şekilde bulunabilir

$$s_{x\%} = \sqrt{\frac{n-1}{\chi^2_{\alpha,n-1}}} \cdot s$$

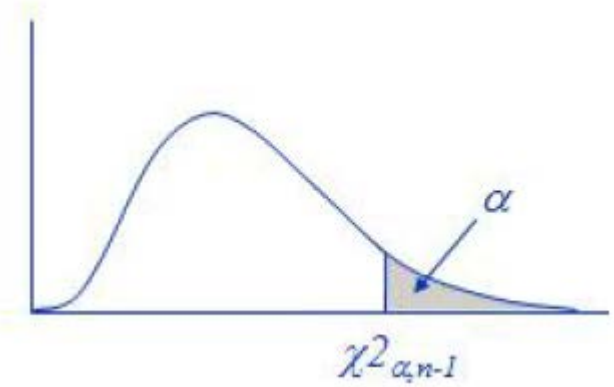
Bu standart sapma (popülasyon değeri), yorulma sınırının elde edilmesinde kullanılacaktır. Burada kusur olasılığı sınırları dikkate alınmıştır

C. Küçük Numune Testi

Bu bağlamda, küçük numunenin, bir krank kolundan alınan numunelerden biri olarak değerlendirilir. Numunelerin dolgu yorulma mukavemetini temsil ettiğinden, bunlar dolguya yakın olarak alınmalıdır. Şekil 3.1'e bakınız.

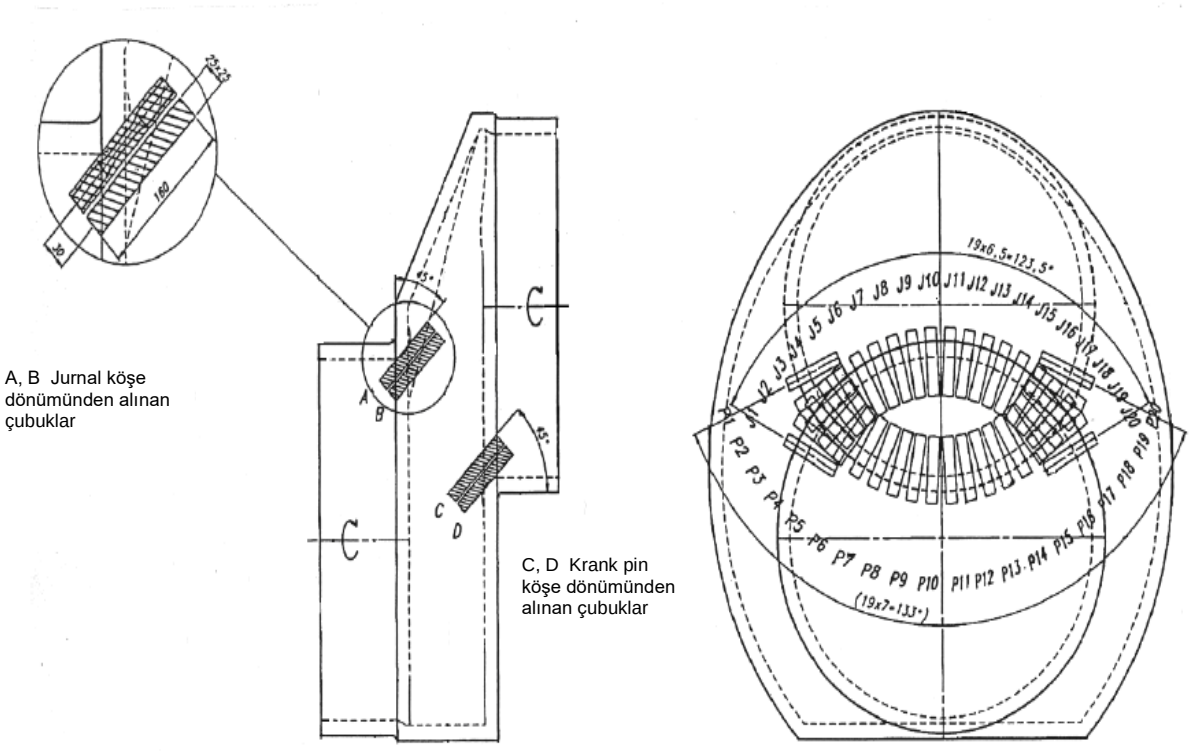
Numune testindeki ana gerilme doğrultusunun, tam boyutlu krank kolundakine eşdeğer olmasına dikkat edilmelidir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak doğrulama yapılması önerilir.

Mekanik özelliklerin (statik) kalite control prosedürlerinde belirtilen şekilde belirlenecektir.



Standart sapmadaki emniyet seviyesi, tekrar testleri Için standart sapmaların, yorulma testi standart sapmasından elde edilen üst sınırın altında olmasını sağlamak için kullanılır. Şekilde $(1 - \alpha)$ 100 değişim için emniyet aralığının chi-kare dağılımı gösterilmektedir.

Şekil 2.2. Chi-kare dağılımı



Şekil 3.1. Bir krank kolunda numunenin alınma yerleri

1. Eğilme yorulma mukavemetinin belirlenmesi

Gerilme değişimi etkisi ile ilgili belirsizliklerin önlenmesi için çentiksiz numunelerin kullanılması önerilir. İtme-çekme test yöntemi (gerilme oranı R=-1) tercih edilir, ancak kritik düzlem kriteri açısından diğer gerilme ranları ve yöntemler de kullanılabilir.

İtme-çekme testindeki ana gerilme doğrultusunun, tam boyutlu krank kolunun ana gerilme doğrultusu ile çakışmasını sağlamak üzere (başka bilgi mevcut değilse) numune, Şekil 3.1'de görüldüğü üzere 45 derece açılı olarak alınacaktır.

A. Eğer testin amacı yüksek pürüzsüzlüğün etkisinin belgelendirilmesi ise, çevresel yönde yaklaşık olarak 120 derecedeki konumlardan alınan test örnekleri kullanılabilir. Şekil 3.1'e bakınız.

B. Eğer testin amacı sürekli tane akışlı (cgf) dövmenin etkisinin belgelendirilmesi ise, numuneler krank düzlemi yakını ile sınırlandırılmalıdır.

2. Burulma yorulma mukavemetinin belirlenmesi

A. Eğer numuneler burulma testine tabi tutulacaksa, örneklerin seçimi yukarıda eğilme için istenilenle aynıdır. Değerlendirmede gerilme değişimi etkisi dikkate alınmalıdır.

B. Eğer numuneler itme-çekme testine tabi tutulacaksa ve başka bir bilgi mevcut değilse, numune ile tam boyutlu krank kolunun ana gerilme doğrultularının çakıştırılması için, numune krank düzlemi ile 45 derece açı yapacak şekilde alınmalıdır. Numunenin dolgu boyunca krankşaftın orta düzleminden alınması halinde, burulma nedeniyle çatlak doğrultusunda yeniden örneklemeyi mümkün kılmak üzere, bu düzlem pin merkez noktası etrafında döner (sonuçlar uygun burulma değerlerine dönüştürülecektir).

3. Diğer test konumları

Eğer tstin amacı yorulma özelliklerini belirlemek is eve krankşaft cgf elde edilecek şekilde dövülmüşse, numuneler genelde mekanik testler için alınan numulerde olduğu gibi, şaftın uzun kısmından boyuna doğrultuda alınabilir. Burada, şaftın uzun kısmının krankşaftın bir parçası olarak ısıl işleme tati tutulmuş olması ve boyutun, krank şaft ile benzeri su verme özelliğini yansıtacak şekilde olması şarttır.

Uzun şaft kısmından elde edilen test sonuçlarını kullanırken, bu partçadaki tane akışının, krank dolgularını ne derecede temsil ettiği dikkate alınmalıdır.

4. Test sonuçlarının birbiriyle bağlantısı

Numunenin testinden elde edilen yorulma mukavemeti, uygun bir yöntemle tam boyutlu krankşaft yorulma mukavemetine dönüştürülecektir (boyut etkisi).

Bu bölümde belirtilen testlerden elde edilen eğilme yorulma özelliklerini kullanırken, diğer (non cgf) dövmelerle karşılaştırıldığında yüksek değerlerin elde edildiği sürekli tane akışlı (cgf) dövmenin, normal olarak burulma yorulma mukavemetini aynı derecede iyileştirmediği göz önüne alınmalıdır.

Bu gibi durumlarda, ya burulma testlerinin de yapılması veya burulma mukavemeti için daha ihtiyatlı değerlendirme yapılması (örneğin cgf hesaba katılmaksızın) önerilir. Bu yaklaşım, Gough Pollard kriterinin kullanılmasında uygulanır. Ancak, bu yaklaşım von Mise veya Findley gibi çok-eksenli bir kriterin kullanımında kabul edilmez.

Eğer bulunan eğilme ve burulma yorulmaları oranı $\sqrt{3}$'den önemli derecede farklı ise, von Mises kriteri yerine Gough Pollard kriterinin kullanılması değerlendirilmelidir. Ayrıca,kritik düzlem kriterleri kullanılırsa, cgf'nin yorulma mukavemeti yönünden malzemeyi homojen olmayan hale getireceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun anlamı, malzeme özelliklerinin düzlemin doğrultusu ile değişeceğidir.

Etki faktörlerinin ilavesi dikkatle yapılmalıdır. Örneğin, pürüzsüz çelik için belirli bir ilave dokümante edilmişse, cgf için K-faktörü ile birleştirilmesine gerek yoktur.

Pürüzsüz ve cgf olarak dövülmüş bir krankşafttan alınan örneklerle doğrudan test tercih edilir.

D. Tam Boyutlu Test

1. Hidrolik atınım

Bir krankşaftın, 3 veya 4 noktalı eğilme ve burulma testi için bir hidrolik test düzeneği kullanılabilir. Burada herhangibir R-oranıyla test mümkündür.

Testin başlangıcında, uygulanan yükün, düz şaft kısımında gerinim ölçer (strain gauge) ölçümü ile doğrulanması gerekli ise de, öçlüm sırasında yükü kontrol etmek için kullanılmasına gerek yoktur. Dolgu gerilmelerinin kontrolu için gerinim ölçer kullanımı uygun olur.

Ayrıca test düzeneği, Ek III (madde 3.1 - 3.3)'de tanımlanan sınır koşullarını da sağlaması önemlidir.

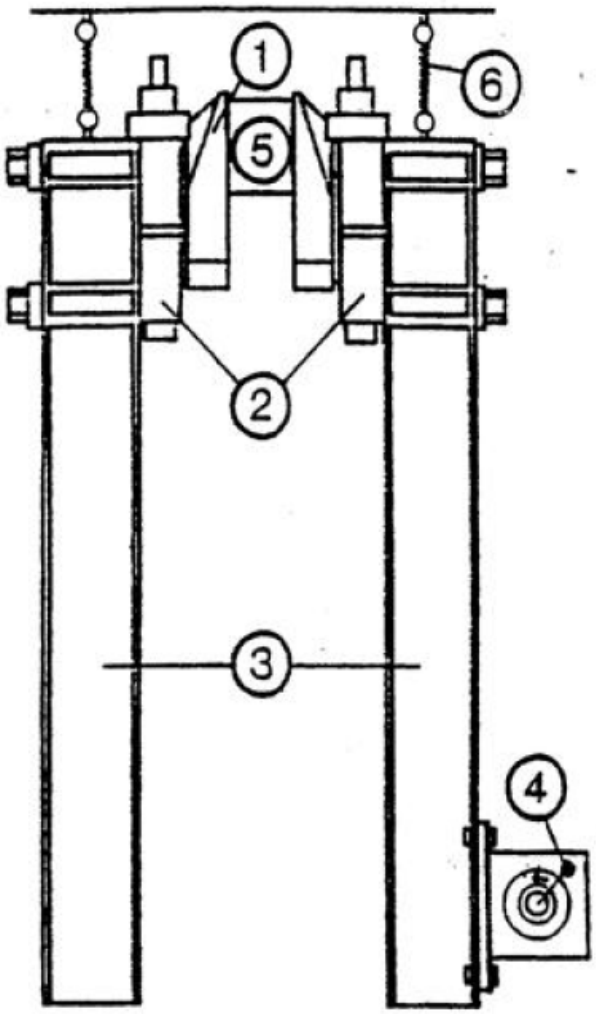
Mekanik özellikler (statik), kalite control prosedürlerinde belirtildiği şekilde belirlenecektir.

2. Rezonans testi

Eğilme yorulması test düzeneği normalde R= -1 oranı ile çalışır. Rezonansa yakın çalışma nedeniyle, enerji tüketimi orta derecededir. Ayrıca, frekans nisbeten yüksektir, yani 10^7 çevrime birkaç günde ulaşılabilir. Şekil 4.1'de test düzeneği yerleşimi gösterilmektedir.

Uygulanan yük, düz şaft kısımında gerinim ölçer (strain gauge) ölçümü ile doğrulanmalıdır. Dolgu gerilmelerinin kontrolu için gerinim ölçer kullanımı uygun olur.

Jurnalin bağlama donanımı, çenelerin kenarları altındaki kısma önemli aşınma hasarı vermesini önleyecek tarzda düzenlenmelidir. Jurnal dolguları ile çeneler arasında belirli bir mesafe varsa, yükleme 4 noktalı eğilmeden oluşur ve bu nedenle jurnal dolgusuna da temsil eder.



1 Krank kolu

2 Montaj elemanları

3 I kirişi

4 Hız kontrollü motorla balanssız tahrik

5 Yükü ayarlama ve izleme için gerinim ölçer (strain gauge)

6 Elastik bağlantı

Şekil 4.1 Eğilme yükü ile rezonans testi düzeneği örneği

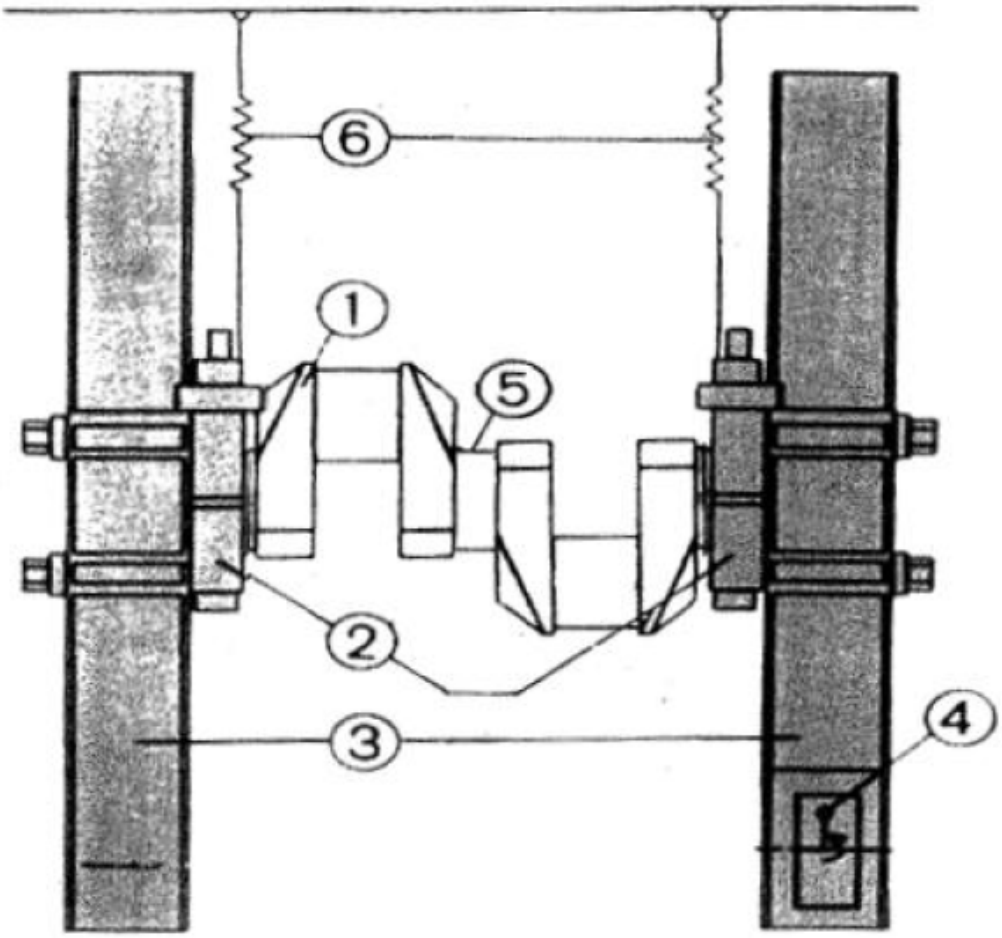
Bir makinada, krank pin dolguları normalde R oranı -1'in biraz üzerinde ve jurnal dolguları -1'in biraz altında çalışır. Gerekli görülürse, bir yay ön yüklemesi ile ortalama bir yükün uygulanması mümkündür (R=-1'den sapma).

Burulma yorulması için Şekil 4.2'de gösterilen bir test düzeneği yapılabilir. Bir krank kolunun burulmaya maruz kalması halinde, krank pinin bükülmesi jurnali yana doğru hareket ettirir. Bir burulma rezonans test düzeneğinde tek bir krank kolu test ediliyorsa, çene ağırlığı ile birlikte jurnaller şiddetle yanlara doğru titreşir.

Çene ile bağlı olan ağırlıkların bu yanal hareketi, özellikle kranklar yaklaşık olarak aynı doğrultuda ise, iki krank kolunun yerleşimi ile azaltılabilir. Ancak ortadaki jurnal daha fazla hareket eder.

Yanal hareketlerin bir miktar eğilme gerilmesine neden olması dolayısıyla, krank pinin düz kısmına da, test sonuçları üzerinde etkisi olabilecek olası eğilmenin ölçülmesi için, gerinim ölçerler konulmalıdır.

Benzer şekilde, eğilme durumu için de, düz şaft kısmında gerinim ölçerler vasıtasıyla, uygulanan yük doğrulanacaktır. Dolgu gerilmelerinin kontrolu için gerinim ölçer kullanımı uygun olur.



1	Krank kolu	4	Motor tahrikli ekzantrik ağırlık
2	Bağlantı çeneleri	5	Gerinim ölçer (strain gauge)
3	I kirişi	6	Elastik bağlantı

Şekil 4.2. Çift krank kolunun burulma yükü ile rezonans testi düzeneği örneği

3. Sonuçların kullanılması ve krankşaftın kabul edilebilirliği

Krankşafın kabulünde, test edilen eğilme ve burulma yorulma mukavemetinin sonuçlarının hesapla kombine edilmesi için (Bölüm 3 D.7'ye bakınız) aşağıdaki durumlarda Gough-Pollard yaklaşımı ve maksimum ana eşdeğer gerilme formülü kullanılabilir:

.

Krank pin dolgusunda:

$$Q = \left(\sqrt{\left(\frac{\sigma_{BH} + \sigma_{add}}{\sigma_{DWCT}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_H}{\tau_{DWCT}} \right)^2} \right)^{-1}$$

burada:

σ_{DWCT} eğilme testinden elde edilen yorulma mukavemeti

τ_{DWCT} burulma testinden elde edilen yorulma mukavemeti

Diğer parametreler için Bölüm 3 D.2.1.3, D.2.2.4 ve D.4'e bakınız.

Krank pin yağ deliği ile ilgili olarak:

$$Q = \frac{\sigma_{DWOT}}{\sigma_v}; \qquad \sigma_v = \frac{1}{3} * \sigma_{BO} * \left[1 + 2 * \sqrt{1 + \frac{9}{4} * \left(\frac{\sigma_{TO}}{\sigma_{BO}} \right)^2} \right]$$

burada:

σ_{DWOT} en büyük asal gerilme yoluyla burulma testinden elde edilen yorulma mukavemeti

Jurnal dolgusunda:

$$Q = \left(\sqrt{\left(\frac{\sigma_{BG} + \sigma_{add}}{\sigma_{DWJT}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_G}{\tau_{DWJT}} \right)^2} \right)^{-1}$$

burada:

σ_{DWJT} eğilme testinden elde edilen yorulma mukavemeti

τ_{DWJT} burulma testinden elde edilen yorulma mukavemeti

Diğer parametreler için Bölüm 3 D.2.1.3, D.2.2.4 ve D.4'e bakınız.

Yüzey işlemi nedeniyle yorulma mukavemetindeki artışın yukarıdaki durumlarda aynı olduğu kabul edilen hallerde, yüzey işlemiminin dikkate alınmadığı hallerdeki hesaplara göre, sadece en kritik yerlerde test yapılması yeterlidir.

E. Benzer Krankşaftlar İçin Mevcut Sonuçların Kullanılması

Yüzey işlemi yapılmamış dolgular veya yağ delikleri için, aşağıdaki koşullarla, benzeri krankşaftlarda yapılan testlerle elde edilen yorulma özellikleri kullanılabilir:

- **Malzeme:**
  - Benzeri tip malzeme
  - Aynı veya daha yüksek düzeyde pürüzsüzlük
  - Aynı mekanik özellikler kabul edilebilir (sertleşebilme-boyut bağlantısı)
- **Geometri:**
  - Gerilme değişiminin boyut etkisindeki farkı önemsiz olmalı, aksi halde dikkate alınmalıdır.
  - Ana gerilme yönü eşdeğer olmalı. Bakınız madde C.
- **Üretim:**
  - Benzeri üretim yöntemi.

İndüksiyonla sertleştirilmiş veya gazlı nitrürlenmiş krankşaftlar, gerek yüzey gerekse öz kısmına geçiş bölgesinde yorulmaya karşı dayanım gösterirler. Tam boyutlu krankşaftların yorulma testleri ile belirlenen yüzey yorulma mukavemeti (yüzeyde yorulma başlangıçı oluşumu durumunda), test edilen krankşaftla aynı veya benzeri dizayna sahip krankşaftlar için kullanılabilir. Benzeri dizaynla, benzeri malzeme tipinin ve yüzey sertliğinin kullanıldığı ve dolgu yarıçapı ile sertleşme derinliğinin, test edilen krankşafta göre farkının ± 30 % arasında olduğu anlaşılmalıdır.

Geçiş bölgesindeki yorulma başlangıcı, ya yüzeyin altında, yani sert tabakanın altında, veya sertleşmenin sona erdiği yüzeyde olabilir. Öz kısmına geçişteki yorulma

mukavemeti, yorulma başlangıcının öz kısmına geçişte oluşması koşuluyla, yukarıda belirtilen yorulma testleriyle belirlenebilir. Sadece öz kısım malzemesi ile yapılan testler, geçiş bölgesinde çekme artık gerilmeleri bulunmadığından, temsili olamaz.

Son zamanlarda yapılan araştırmalarda aşağıda belirtilenler belirlenmiştir: başlangıç noktası olarak işlev gören bazı iç kusurların etrafında difüzyonla biriken hidrojen tutulması nedeniyle yüzey altı çatlak başlangıcı ile çok yüksek çevrimlerde yorulma sınırında azalmalar olabilir.

Bu durumlarda, 10^7'nin her on yıllık çevrim için yorulma sınırında belirli bir yüzde indirim yapılması uygun olacaktır. Yukitaka Murakami'nin "Metal Fatigue: Effects of Small Defects and Non-metallic Inclusions" yayınına göre, özellikle hidrojen miktarının yüksek olduğu hallerde, her on yıl başına % 5 indirim önerilir.

EK V - YÜZEY İŞLEMİNE TABİ TUTULMUŞ DOLGULARIN ve YAĞ DELİĞİ ÇIKIŞLARININ HESABI İLE İLGİLİ BİLGİLER

Sayfa

A. GİRİŞ ..... **A -** 22

B. YÜZEY İŞLEMLERİNİN TANIMI ..... **A -** 22

1. Yüzey işlemi yöntemleri

C. HESAPLAMA ESASLARI ..... **A -** 22

1. Lokal dolgu gerilmelerinin belirlenmesi

2. Yağ deliği gerilmelerinin belirlenmesi

3. Kabul kriterleri

D. İNDÜKSİYONLA SERTLEŞTİRME ..... **A -** 26

1. Lokal yorulma mukavemeti

E. NİTRÜRLEME ..... **A -** 28

1. Lokal yorulma mukavemeti

F. SOĞUK ŞEKİL VERME ..... **A -** 30

1. Bir bilya vasıtasıyla darbe ile sertleştirme

2. Soğuk haddeleme

A. Giriş

Bu Ek yüzey işlemine tabi tutulmuş dolgular ve yağ deliği çıkışları ile ilgilidir. Burada çeşitli yüzey işlemleri tanımlanmış ve hesaplama amacıyla bazı ampirik formüller verilmiştir. Hesaplama açısından emniyetli sahada kalmak amacıyla ihtiyatlı formüller uygulanmıştır.

Ölçümlerin ve varsa özgün bilgilerin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Ancak, geniş dağılım durumunda (örneğin artık gerilmeler) hesaplamada emniyetli saha kalmak amacıyla, değerler aralığın en ucundan seçilmelidir.

B. Yüzey İşlemlerinin Tanımı

"Yüzey işlemi" terimi, yüzeyden öz kısmına kadar, - sertlik, kimyasal özellik veya artık gerilmeler gibi- malzeme özelliklerinde düzgünsüzlüklere neden olan, termal, kimyasal veya mekanik işlemleri kapsar.

1. Yüzey işlemi yöntemleri

Aşağıdaki listede olası işlem yöntemleri ve yorulma mukavemeti için belirleyici olan, özellikler üzerindeki etkileri verilmektedir.

Deniz tipi makinalar için sadece indüksiyonla sertleştirme, nitrürleme, soğuk haddeleme ve darbe ile toklaştırmanın dikkate alındığı, diğer yöntemlerin ve yukarıda belirtilenlerin ikili veya çoklu kombinasyonlarının incelenmediği göz önüne alınmalıdır. Ayrıca, kalıpta su verme de indüksiyonla sertleştirme ile benzer şekilde değerlendirilebilir.

Tablo 2.1 Yüzey işlemi yöntemleri ve etki ettiği özellikler

İşlem yöntemi	Etkileri
• İndüksiyonla sertleştirme	Sertlik ve artık gerilmeler
• Nitrürleme	Kimyasal özellik, sertlik ve artık gerilmeler
• Sementasyon	Kimyasal özellik, sertlik ve artık gerilmeler
• Kalıpta su verme (temperleme yok)	Sertlik ve artık gerilmeler
• Soğuk haddeleme	Artık gerilmeler
• Darbe ile sertleştirme	Artık gerilmeler
• Bilya ile yüzey sertleştirme	Artık gerilmeler
• Lazer ile yüzey sertleştirme	Artık gerilmeler
• Tane baskılama	Artık gerilmeler

C. Hesaplama Esasları

Ana prensip; değişken çalışma gerilmelerinin, ilerleyen çatlaklar görilmeksizin, local yorulma mukavemetinin (yüzey işlemi etkisi dahil) altında kalmasıdır, detaylar için F.1'e de bakınız. Daha sonra belirli bir emniyet faktörüne bölünür. Bu durum, tüm dolguya veya yağ deliği kenarlarına, işlemden etkilenen bölgenin altındaki bir derinliğe kadar yüzeyin altı da dahil olmak üzere (yani öz kısmına kadar olan derinliğe kadar) uygulanır..

Lokal yorulma mukavemeti değerlendirilirken, local sertliğin, artık gerilmenin ve ana çalışma gerilmesinin etkileri dahil edilecektir. Özellikle yüzey altı çatlağının başlangıcı açısından, "giga-çevrim etkisi", emniyet sınırı seçimi ile dikkate alınmalıdır.

Konsantre gerilme alanında sertleştirme/toklaştırma yayılımının dikkate alınması hayati önem arzeder. Sertleştirme/toklaştırmanın sona erdiği geçişlerde, önemli artık çekme gerilmeleri bulunması olasıdır.

Bu durum bir "zayıf nokta" oluşturur ve yüksek gerilmeli bir alanla çakışması önemlidir.

Tüm gerilme yığılması alanında ve işlemin derinliğinin yaklaşık 1,2 katı derinliğe kadar bölgede değişken ve ortalama çalışma gerilmeleri bilinmelidir. Aşağıdaki şekilde, indüksiyonla sertleştirme durumu için bu prensibi gösterir. Yatay eksen dolgu kenarının derinliği (yüzeye dik) veya yüzey boyunca alınır.

Kabul kriteri, yüzeyden öz kısmına ve dolgu yüzeyi boyunca oluşan maksimum gerilme yığılması noktasından gövdeye doğru kademeli olarak uygulanmalıdır.

1. Lokal dolgu gerilmelerinin belirlenmesi

Dolgu kenarları boyunca ve sertleştirilmiş tabakanın bir miktar altına kadar olan derinlikteki yüzey altındaki gerilmelerin bilinmesi gereklidir. Normalde bu gerilmeler, Ek III'de belirtilen şekilde FEA vasıtasıyla bulunacaktır. Ancak, yüzey altı bölgesindeki eleman boyutu ile yüzeydeki boyut aynı olmalıdır. Sadece krank pin sertleştirilmesi için küçük eleman boyutu, sert tabakanın yüzeyi boyunca devam etmelidir.

Eğer FEA yapılmazsa, sadeleştirilmiş bir yaklaşım kullanılabilir. Eğer uygulama aralığında ise ve bağıl gerilme değişimi dolgu yarıçapı ile ters orantılı ise, Bölüm 2 madde D.3'de (UR M53) belirtilen ampirik olarak hesaplanan gerilme yığılması faktörleri (SCFs) esas alınabilir.

Eğilme ve burulma gerilmeleri ayrı ayrı ele alınmalıdır. Bunların kombinasyonları, kabul edilebilirlik kriteri ile incelenir.

Minimum sertleştirme derinlikli yüzey altı geçiş bölgesi gerilmeleri, dolgu yüzeyine dik eksen boyunca local gerilme konsantrasyonu faktörleri vasıtasıyla hesaplanabilir. Bu $\alpha_{B\text{-local}}$ *ve* $\alpha_{T\text{-local}}$ fonksiyonları, farklı gerilme dağılımları nedeniyle farklı formlara sahiptir.

α_B ve α_T SCF'leri yüzeyde geçerlidir. Lokal $\alpha_{B\text{-local}}$ ve $\alpha_{T\text{-local}}$ derinlik arttıkça düşer. Yüzeydeki bağıl gerilme dağılımları, gerilme arttırıcılarının cinsine bağlıdır, ancak krank pin dolguları için , eğilmede $2/R_H$ ve burulmada $1/R_H$ olarak sadeleştirilebilir.

Jurnal dolguları benzer şekilde R_G ve D_G kullanılarak ele alınır. Nominal gerilmelerin, eğilme için yüzeyden, krank pin dolgusu ile jurnal dolgusu arasındaki veb'in orta noktasına kadar ve burulma için krank pin veya jurnal merkezine kadar lineer Kabul edilir.

Lokal SCF'ler, eğilme için Şekil 3.2'de görüldüğü gibi 3.1 eşitliğine göre ve burulma için Şekil 3.3'de görüldüğü gibi 3.2 eşitliğine göre t derinliğinin fonksiyonlarıdır.

$$\alpha_{B-local} = (\alpha_B - 1)\cdot e^{\frac{-2\cdot t}{R_H}} + 1 - \left(\frac{2\cdot t}{\sqrt{W^2 + S^2}}\right)^{\frac{0.6}{\sqrt{\alpha_B}}}$$

(3.1)

$$\alpha_{T-local} = (\alpha_T - 1)\cdot e^{\frac{-t}{R_H}} + 1 - \left(\frac{2\cdot t}{D}\right)^{\frac{1}{\sqrt{\alpha_T}}}$$

(3.2)

Eğer pin sadece sertleştirilmiş ise ve sertleştirilmiş bölgenin sonu, maksimum sertleştirme derinliğinin 3 katından daha yakın ise, geçiş bölgesindeki fiili gerilmelerin belirlenmesi için FEA kullanılmalıdır.

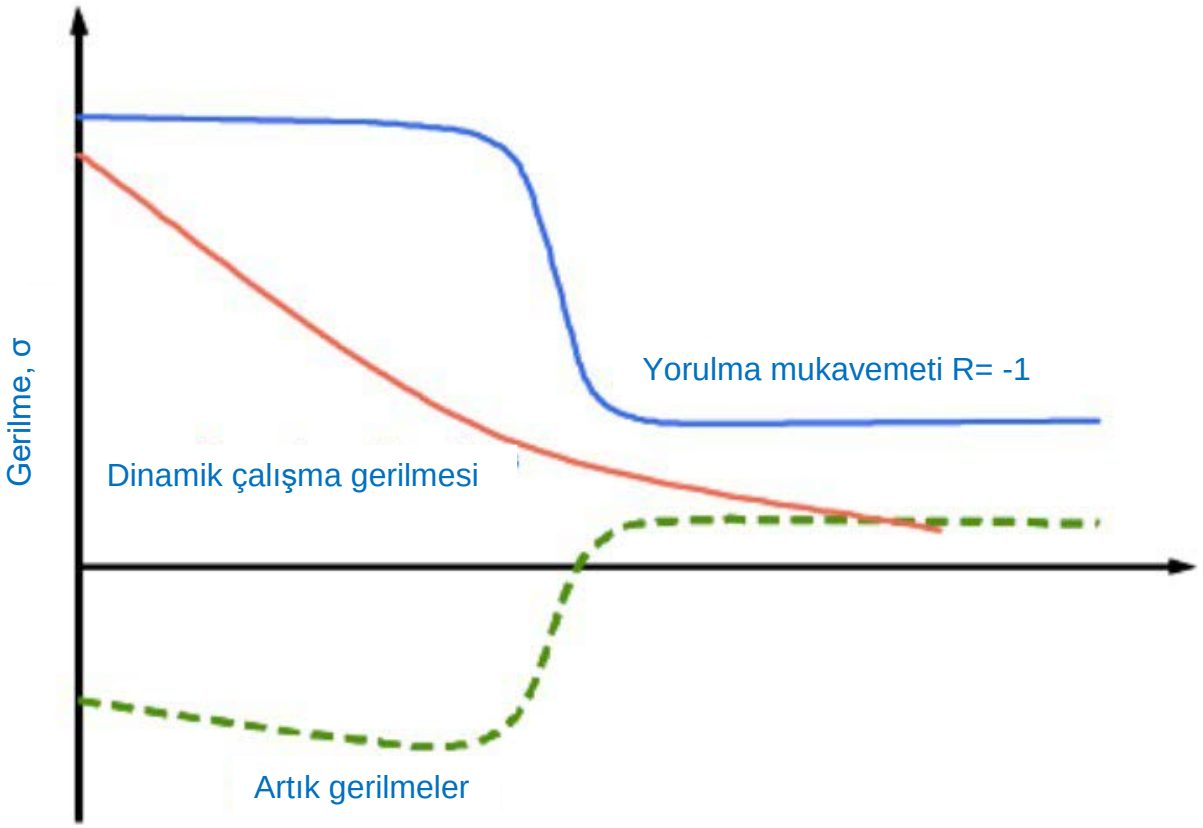
2. Yağ deliği gerilmelerinin belirlenmesi

Yağ deliğindeki gerilmeler de FEA ile belirlenebilir.

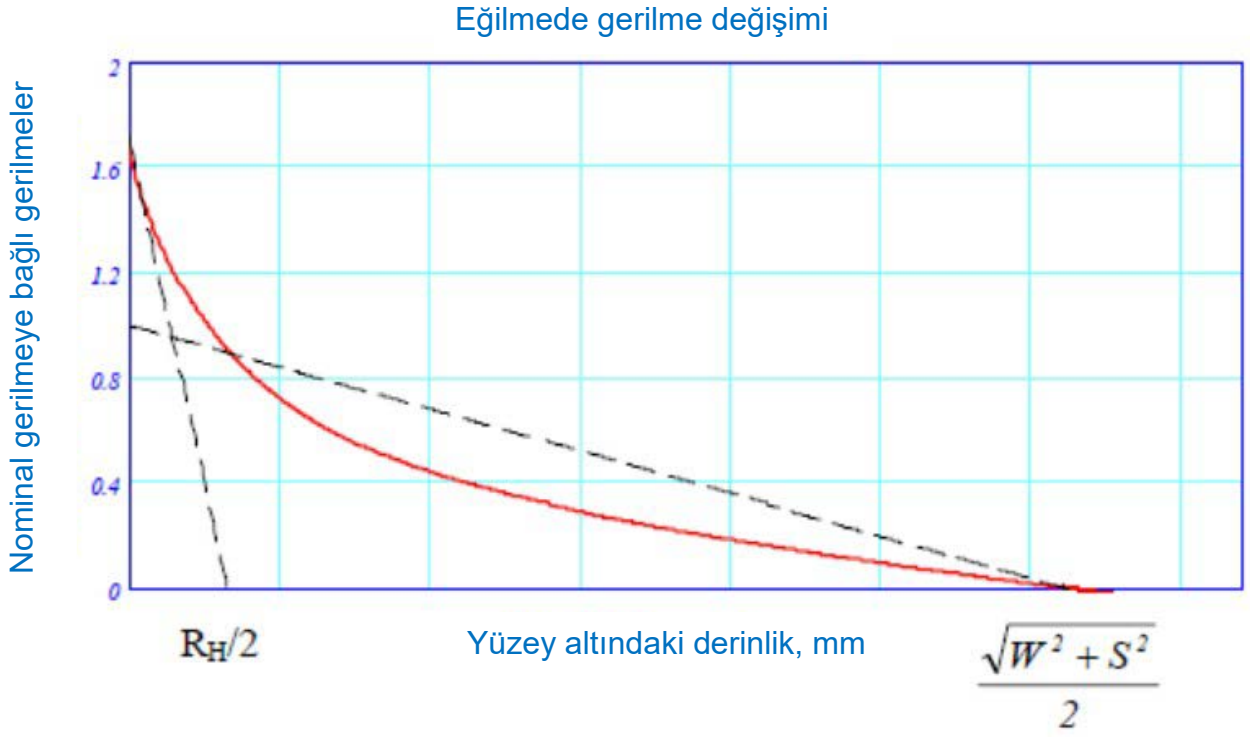
Eleman boyutu D_0 yağ deliği çapının 1/8'inden az ve eleman ağ kalitesi kriterleri Ek III'deki gibi olmalıdır. Eleman ağı, sertleştirme derinliğine karşılık gelen radyal derinliğin yeterince ötesine kadar devam etmelidir.

FEA'nde uygulanacak yükler döndürme moment – Ek III madde 3.1'e bakınız- ve Ek III madde 3.2'de belirtilen 4 noktalı eğilmedeki eğilme momentidir.

Eğer FEA yapılmazsa, sadeleştirilmiş bir yaklaşım kullanılabilir. Eğer uygulama aralığında ise, Bölüm 2 madde D.3'de (UR M53) belirtilen ampirik olarak hesaplanan gerilme yığılması faktörleri (SCFs) esas alınabilir. Pik gerilmelerin olduğu noktadaki eğilme ve burulma gerilmeleri, Bölüm 2 madde D.5'deki (UR M53) gibi birleştirilir.



Şekil 3.1. Derinliğin fonksiyonu olan gerilmeler, genel prensipler



Şekil 3.2. Krank pin'de derinliğin fonksiyonu olan eğilme SCF'leri. Jurnal dolgusu için ilgili SCF, R_H yerine R_G konularak bulunabilir

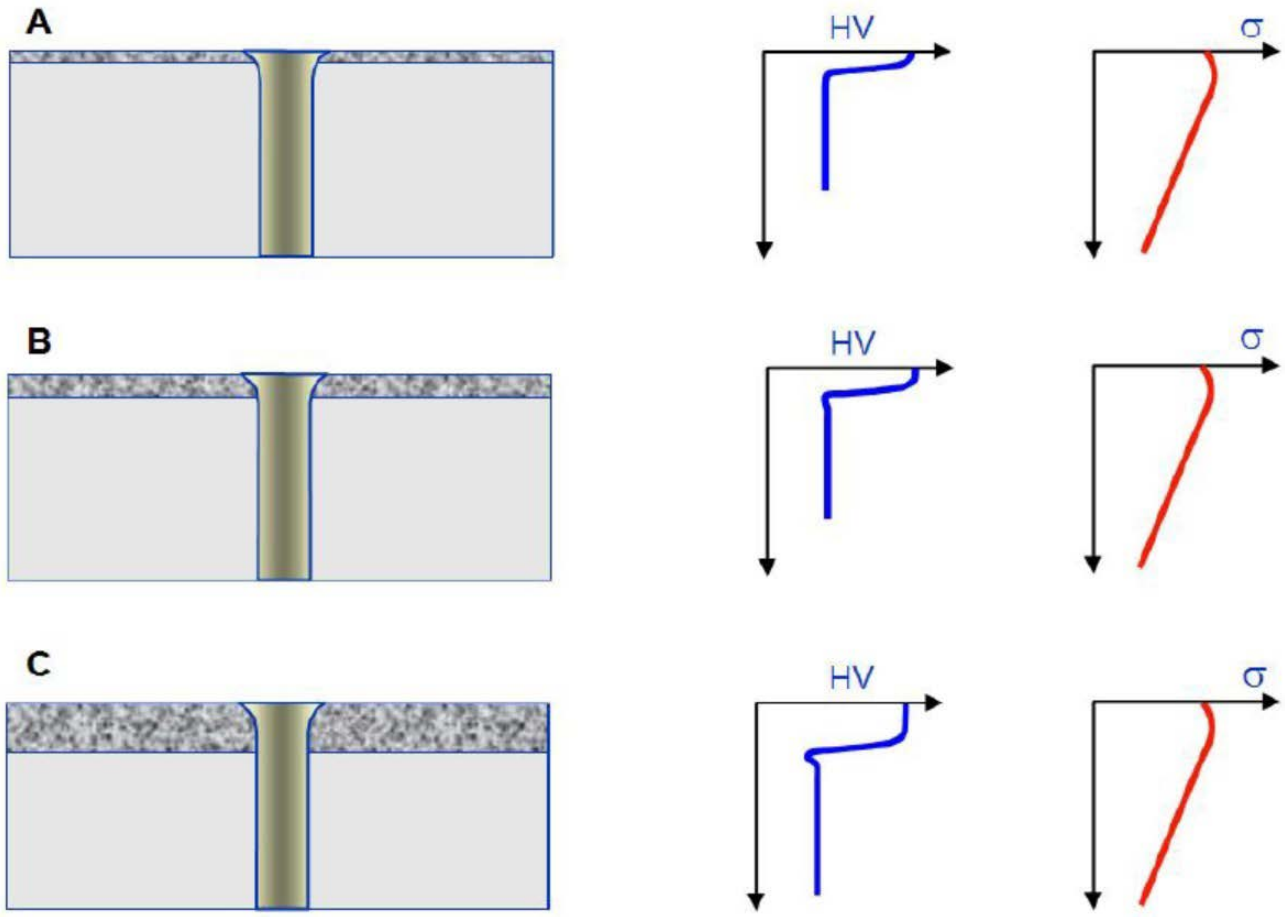
Şekil 3.4'de sert ve yumuşak malzeme arasındaki geçiş bölgesinde sertlikte lokal düşmeyi göstermektedir. Bu düşme, QT yöntemindeki su vermeden sonraki temperleme sıcaklığına da bağlıdır.

Delikteki pik gerilme köşe yuvarlatması sonunda oluşur. Bu bölge içinde gerilme, pin'in merkezine doğru lineer olarak düşer. Şekil 3.4'de görüleceği üzere, sınırlı (A) ve orta (B) sertleştirmede, geçiş noktası yaklaşık olarak maksimum gerilme noktası ile çakışır. Derin sertleştirmede, geçiş noktası pik gerilme noktasının dışına çıkar ve local gerilme, tH sertleştirme derinliği olmak üzere, pik gerilmenin (1-2*tH/D*)'lik kısmı olarak hesaplanabilir.

Yüzey altı geçiş bölgesi gerilmeleri (minimum sertleştirme derinliği kullanılarak), yağ deliği yüzeyine dik eksen boyunca local gerilme konsantrasyonu faktörleri vasıtasıyla hesaplanabilir. Bu $\gamma_{B\text{-local}}$ ve $\gamma_{T\text{-local}}$ fonksiyonları, farklı gerilme dağılımları nedeniyle farklı formlara sahiptir

γ_B ve γ_T SCF'leri yüzeyde geçerlidir. Lokal $\gamma_{B\text{-local}}$ ve $\gamma_{T\text{-local}}$ derinlik arttıkça düşer. Yüzeydeki bağıl gerilme dağılımları, gerilme arttırıcılarının cinsine bağlıdır, ancak krank pin yağ delikleri için , eğilmede $4/D_o$ ve burulmada $2/D_o$ olarak sadeleştirilebilir. Lokal SCF'ler t derinliğinin fonksiyonudur.

Şekil 3.3. Krank pin dolgusunda derinliğin fonksiyonu olan burulma SCF'leri. Jurnal dolgusu için ilgili SCF, R_H yerine R_G ve D yerine D_G konularak bulunabilir



Şekil 3.4. İndüksiyonla sertleştirilmiş yağ deliklerinde gerilmeler ve sertlik

$$\gamma_{B-local} = (\gamma_B - 1) \cdot e^{\frac{-4 \cdot t}{D_0}} + 1 \qquad \textbf{(3.3)}$$

$$\gamma_{B-local} = (\gamma_T - 1) \cdot e^{\frac{-2 \cdot t}{D_0}} + 1 \qquad \textbf{(3.4)}$$

3. Kabul kriterleri

Krankşaftların kabulunde yorulma değerlendirmeleri esas alınır, Bölüm 2 madde D, yağ deliği çıkışı, krank pin dolguları ve jurnal dolguları için Q ≥ 1,15 kabul edilebilirlik faktörü ile eşdeğer değişken gerilme ile yorulma mukavemeti oranını karşılaştırır. Bu kriter, yüzeyin veya geçiş bölgesinin incelenmesine bakılmaksızın yüzey işlemine tabi tutulan alanlara da uygulanır.

D. İndüksiyonla Sertleştirme

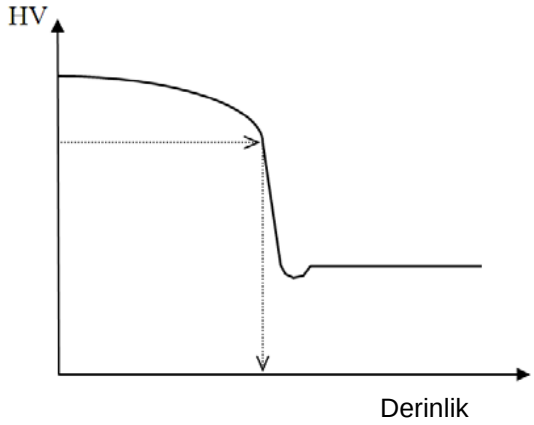
Genelde, sertlik özellikleri, yüzey sertlik aralığı, yani, minimum ve maksimum değerler, dolgunun içinde ve boyunda minimum ve maksimum uzanım ve dolgu hattı boyunca minimum ve maksimum derinlik belirtilecektir. Atıfta bulunulan Vickers sertliği **HV0.5...HV5** olduğu kabul edilir.

İndüksiyonla sertleştirme derinliği, sertliğin, verilen minimum yüzey sertliğinin % 80'i olduğu derinlik olarak tanımlanır.

Sadece krank pin veya jurnal sertleştirilmesinde, Şekil 4.2'de gösterilen ısıdan etkilenen bölgedeki çekme gerilmesi nedeniyle, dolguya olan minimum mesafe belirtilecektir.

Eğer sertlik- derinlik profile ve artık gerilmeler bilinmiyorsa veya verilmediyse, aşağıda belirtilenler kabul edilebilir :

- Sertlik profili iki tabakadan oluşur (Şekil 4.1'e bakınız) :
  - Yüzeyden geçiş bölgesine kadar sabit sertlik



Şekil 4.1. Derinliğin fonksiyonu olarak tipik sertlik. Oklar tanımlanan sertlik derinliğini gösterir. Öz kısmına geçişte potansiyel sertlik düşümüne dikkat edilmelidir. Bu durum local mukavemeti azaltan ve artık çekme gerilmeleri meydana getirebilen zayıf bir nokta olabilir.

  - Geçiş bölgesinden öz malzemeye kadar olan sabit sertlik

- Sert bölgede 200 MPa'lık (bası) artık gerilme
- Lokal sertlik düşümünden kaçınılmadıkça, geçiş bölgesi sertliği, öz sertliğinin % 90'I
- Geçiş bölgesinde 300 MPa'lık maksimum artık çekme gerilmeleri (von Mises).

Eğer krank pin veya jurnal sertleştirmesi, dolguya yakın sonlanıyorsa, artık çekme gerilmelerinin etkisi dikkate alınmalıdır. Eğer sertleştirme bitimi ile dolgunun başlangıcı arasındaki minimum mesafe, maksimum sertleştirme derinliğinin 3 katından fazla ise, etki dikkate alınmayabilir.

1. Lokal yorulma mukavemeti

İndüksiyonla sertleştirilmiş krankşaftlar, gerek yüzeyde gerekse öz'e geçiş bölgesinde yorulmaya dayanımlı olacaktır. Yüzeyde ve geçiş bölgesinde yorulma mukavemeti, Ek IV'de tanımlanan tam boyutlu krankşaftın yorulma testi ile belirlenebilir. Geçiş bölgesinde, yorulmanın başlangıcı ya yüzeyin altında (yani sert tabakanın altında) ya da sertleştirmenin sona erdiği yüzeyde olabilir.

Sadece öz malzemede yapılan testler, geçiş bölgesinde, artık çekme gerilmeleri görülmeyeceğinden, temsili olamaz.

Alternatif olarak, HV yüzey Vickers sertliği olmak üzere, yüzey yorulma mukavemeti, aşağıdaki şekilde ampirik olarak hesaplanabilir. 4.1 eşitliğinde, yorulma gerilmesinin artık gerilme etkisinin dahil edildiği kabuluyle, emniyetli değer verir. Sonuç değeri, R= -1 çalışma gerilmesi oranı için geçerlidir:

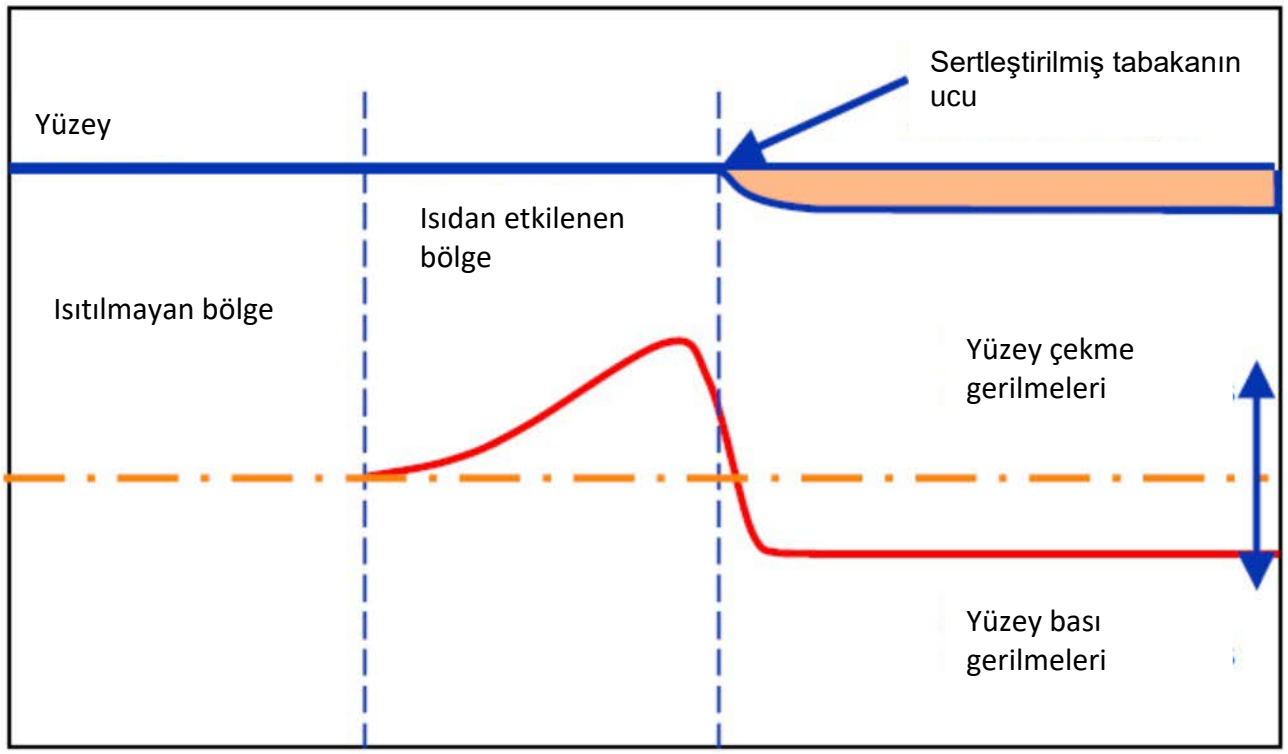
$$\sigma_{\text{Fsurface}} = 400 + 0.5 \cdot (\text{HV} - 400) \quad [\text{MPa}] \qquad \textbf{(4.1)}$$

İndüksiyonla sertleştirilmiş çeliklerin ortalama gerilme etkisinin, QT çeliklerininkine göre önemli oranda yüksek olduğu göz önünde tutulmalıdır.

Olası local sertlik düşümü dikkate alınmaksızın, geçiş bölgesindeki yorulma mukavemeti, UR M53.6'daki eşitlikten hesaplanacaktır.

Jurnal ve krank pin dolgusu için aşağıda verilen uygulanır:

$$\sigma_{\text{Ftransition,cpin}} = \pm K \cdot (0.42 \cdot \sigma_{\text{B}} + 39{,}3) \cdot \left[0.264 + 1.073 \cdot \text{Y}^{-0.2} + \frac{785 - \sigma_{\text{B}}}{4900} + \frac{196}{\sigma_{\text{B}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\text{X}}} \right] \qquad \textbf{(4.2)}$$



Şekil 4.2. Pin'in ve dolgunun yüzeyi boyunca artık gerilmeler

Burada :

Y = D_G ve X = R_G jurnal dolgusu için

Y = D ve X = R_H krank pin dolgusu için

Y = D ve X = D_o/2 yağ deliği dolgusu için

4.2 formülüne artık gerilmenin etkisi dahil edilmemiştir. Sert tabakanın altında, yüzey altı yorulmasının belirlenmesinde, yukarıda hesaplanan değerin % 20 azaltılması suretiyle, artık çekme gerilmelerinin olumsuz etkisi dikkate alınmalıdır. Bu % 20'de artık çekme gerilmesi 300 MPa olan su verilmiş ve temperlenmiş alaşımlı çeliğin ortalama gerilme etkisi esas alınmıştır.

Artık gerilmelerin daha düşük değerde olduğu biliniyorsa daha küçük bir azaltma yapılabilir. Düşük mukavemetli çelikler için seçilen yüzde daha büyük olmalıdır.

Sertleştirilmiş bölgenin sonu yakınındaki – yani Şekil 4.2'deki ısıdan etkilenen bölge- yüzey yorulmasının belirlenmesinde, artık çekme gerilmelerinin etkisi, yukarıdaki formülden hesaplanan değerden Tablo 4.1'e göre belirli bir yüzde azaltarak hesaba katılabilir.

E. Nitrürleme

Sertlik özellikleri, yüzey sertlik aralığı (minimum ve maksimum), minimum ve maksimum derinlik belirtilecektir. Sadece gazlı nitrürleme dikkate alınıacaktır. Atıfta bulunulan Vickers sertliği **HV0.5** olduğu kabul edilir.

Sertleştirme derinliği çeşitli standartlarda ve yayınlarda farklı şekilde tanımlanır. Bu bağlamda kullanılacak en uygun yöntem, nitrürleme derinliği tN'nin, öz sertliğinin 50 HV üzerindeki sertlik derinliği olarak tanımlanmasıdır. .

Sertleştirme profile öz'e kadar belirlenmelidir. Eğer bilinmiyorsa, aşağıdaki ampirik formüle göre hesaplanabilir:

$$HV(t) = HV_{core} + (HV_{surface} - HV_{core}) \cdot \left(\frac{50}{HV_{surface} - HV_{core}} \right)^{\left(\frac{t}{t_N} \right)^2}$$

(5.1)

Burada:

t = Lokal derinlik
HV(t) = t derinliğindeki sertlik
HVcore = öz kısım sertliği (minimum)
HVsurface = yüzey sertliği (minimum)
tN = yukarıda tanımlanan nitrürleme derinliği (minimum)

1. Lokal yorulma mukavemeti

Nitrürlenmiş krankşaftlarda, yorulma ya yüzeyde veya öz kısmına geçiş bölgesinde oluşur. Bu nedenle yorulma mukavemeti Ek IV'de tanımlanan testlerle belirlenebilir.

Alternatif olarak, yüzey yorulma mukavemeti (ana gerilme) ampirik ve emniyetli olarak aşağıdaki şekilde belirlenebilir. Bu formül 600 HV veya daha yüksek yüzey sertliği için geçerlidir

$\sigma_{Fsurface}$ = 450 MPa **(5.2)**

Bu yorulma mukavemetine, artık yüzey gerilme etkisinin dahil edildiği kabul edilir ve R= -1 çalışma gerilmesi oranı için geçerlidir.

Geçiş bölgesindeki yorulma mukavemeti, UR M53.6'daki eşitlikten hesaplanabilir.

Krank pin ve jurnal için aşağıda verilen uygulanır:

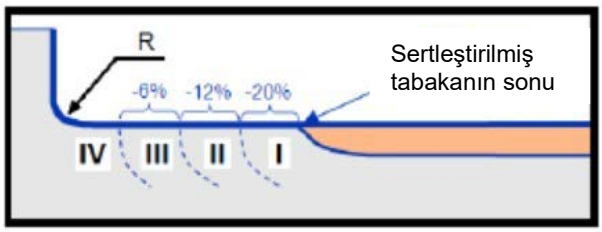
$$\sigma_{Ftransition,cin} = \pm K \cdot (0.42 \cdot \sigma_B + 39{,}3) \cdot \left[0.264 + 1.073 \cdot Y^{-0.2} + \frac{785 - \sigma_B}{4900} + \frac{196}{\sigma_B} \cdot \sqrt{\frac{1}{X}} \right] \quad \textbf{(5.3)}$$

Burada:
Y = D_G ve X = R_G jurnal dolgusu için
Y = D ve X = R_H krank pin dolgusu için
Y = D ve X = D_o/2 yağ deliği dolgusu için

Bu yorulma mukavemetine, artık gerilmelerin etkisinin dahil edilmediği kabul edilmiştir.

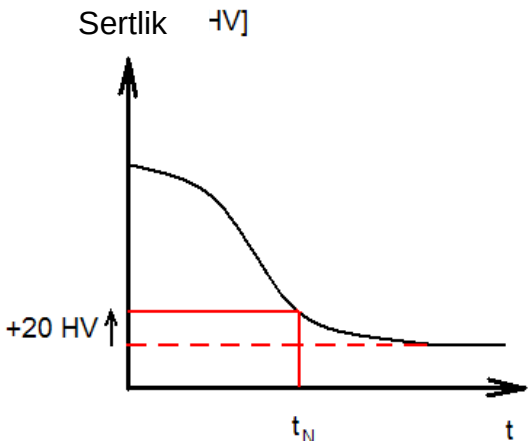
Tablo 4.1. Sertleştirmenin sonundan dolguya doğru belirli bir mesafede artık çekme gerilmelerinin etkisi

I.	Maksimum sertleştirme derinliğinin 0 - 1.0'İ	20%
II.	Maksimum sertleştirme derinliğinin 1.0 - 2.0'si	12%
III.	Maksimum sertleştirme derinliğinin 2.0 - 3.0'ü	6%
IV.	Maksimum sertleştirme derinliğinin 3.0 ve üstü	0%



İndüksiyonla sertleştirmenin tersine nitrürlenmiş bileşenlerin belirgin öz'e geçişi bulunmaz. Yüzeyde artık bası gerilmeleri yüksek ise de, sınırlı olan derinlik nedeniyle, özdeki dengeleyici çekme gerilmeleri orta derecededir. Yüzey altı yorulmasının analizinde, geçiş bölgesinde ve bu bölgenin altında, nitrürleme sertliği profilinin düzgün hatları doğrultusunda, artık çekme gerilmelerinin olumsuz etkisi dikkate alınmayabilir.

İlke olarak, hesaplamanın tüm sertlik profile boyunca yapılması gerektiği halde, bu hesaplama yüzeyin ve yapay bir geçiş noktasının incelenmesi ile sınırlandırılabilir. Bu yapay geçiş noktası, local sertliğin öz sertliğinin yaklaşık olarak 20 HV üzerinde olduğu derinlik olarak alınabilir. Bu durumda, öz malzemenin özellikleri kullanılmalıdır. Bunun anlamı, geçişten öz bölgesine kadar olan gerilmelerin daha önce belirtilen local SCF formülünün t=1,2tN alınarak kullanılması vasıtasıyla hesaplanabileceğidir.



Şekil 5.1. Yapay geçiş noktasının derinlik yönündeki konumu ile ilgili skeç

F. Soğuk Şekil Verme

Dolguları darbe ile sertleştirmesinin veya soğuk haddelenmesinin avantajı, artık bası gerilmelerinin yüksek-yüklü alanda oluşmasıdır. Yüzey artık gerilmelerinin X-ışını kırınımı tekniği vasıtasıyla ve yüzey altı artık gerilmelerinin nötron kırınımı vasıtasıyla hesaplanabilmesine rağmen, uygun ve yeterli bağıntı formüllerinin bulunmaması nedeniyle lokal yorulma mukavemeti değerlendirilemez.

Bu nedenle, yorulma mukavemeti yorulma testleri ile belirlenmelidir, Ek IV'e de bakınız.

Bu testler, normalde, R=-1 çalışma gerilmesi oranıyla, 4 noktalı eğilme olarak yapılır. Testlerin sonuçlarına göre, eğilme yorulma mukavemeti – kusurun cinsine bağlı olarak başlayan yüzeysel veya yüzey altı – hesaplanabilir ve dolguya uygulanan eğilme bakımından temsili yorulma mukavemeti olarak ifade edilebilir.

Eğilme ile karşılaştırıldığında, dolgudaki burulma yorulma mukavemeti √3 oranından (von Mises kriterinde kullanılan) önemli ölçüde farklılık gösterir. Eğilmede yüzey altı yorulmayı önlemeye yeterli olan şekil vermeden etkilenen derinlikte, yüzey altı burulma yorulması mevcuttur. Eğilme ve burulma arasındaki farkın olası diğer nedeni, yüksek gerilmeli alanın büyüklüğü olabilir.

Ana malzemenin (alaşımlı Q+T) benzer tipte olması ve şekil vermenin, yüzeyde ve derinlik boyunca benzeri artık bası gerilmesi elde edilecek şekilde yapılması koşuluyla, tam boyutlu bir krank testinden elde edilen sonuçlar diğer krank boyutları için kullanılabilir. Bunun anlamı, soğuk şekil vermenin kapsamı ve derinliğinin dolgu yarıçapı ile orantılı olmasıdır.

1. Bir bilya vasıtasıyla darbe ile sertleştirme

Elde edilen yorulma mukavemeti, tam boyutlu krank testleri veya emniyetli sahada kullanılan ampirik yöntemlerle kanıtlanabilir. Eğer hem eğilme ve hem de burulma yorulma mukavemeti inceleniyorsa ve √3 oranından farklı iseler, von Mises kriteri uygulanmamalıdır.

Eğer sadece eğilme yorulma mukavemeti incelenmişse, burulma yorulma mukavemeti emniyetli olarak hesaplanmalıdır. Eğer eğilme yorulma mukavemeti, darbe ile sertleştirilmemiş malzemenin yorulma mukavemetinin % x üzerinde belirlenmişse, burulma yorulma mukavemetinin, darbe ile sertleştirilmemiş malzemeninkinin % 2/3 x'inden daha fazla olmayacağı kabul edilir.

Darbe ile sertleştirmenin bir sonucu olarak, maksimum artık bası gerilmesinin yüzey altı alanda bulunur. Bu nedenle, yorulma testi yüküne ve gerilme dağılımına bağlı

olarak, yüzeydeki local yorulma mukavemetine oranla, yüzeyde daha büyük çalışma gerilmelerinin bulunması mümkündür. Bu olgu nedeniyle, diğer yük çevrimlerinde ilerleme göstermeyen ve/veya artık bası gerilmesi profili nedeniyle test yükünün bir miktar artması sonucu, yorulma testinde küçük çatlaklar görülebilir. Basitçe açıklamak gerekirse, yüzey altındaki artık bası gerilmeleri, küçük yüzeysel çatlakları önler.

Bu durum Şekil 6.1'de 2 azalan yükü olarak gösterilmiştir.

Tam boyutlu krankşaftların yorulma testinde bu "kılcal çatlaklar" hasar çatlağı olarak addedilmemelidir. Teknik olarak, hasarlanmaya ve testin durdurulmasına neden olan yorulma çatlağı, hasarlanma yükü seviyesinin belirlenmesi olarak değerlendirilmelidir. Bu durum indüksiyonda sertleştirilmiş dolguların darbe ile sertleştirilmesine de uygulanır.

İndüksiyonla sertleştirilmiş dolguların yorulma mukavemetinin iyileştirilmesi için, gerekli yüzey sertliği için indüksiyonla sertleştirme ve temperlemeden sonra, krankşaft dolgularına darbe ile sertleştirme işleminin uygulanması mümkündür. Eğer bu işlem yapılırsa, darbe ile sertleştirme kuvvetinin, ana malzemenin çekme mukavemetine değil, yüzey tabakasının sertliğine uygulanması gerekli olabilir. İndüksiyonla ve darbe ile sertleştirilmenin, dolguların yorulma mukavemetine etkileri tam boyutlu krankşaft testleri ile hesaplanacaktır.

1.1 Benzer krankşaftlar için mevcut sonuçların kullanılması

Aşağıda belirtilen tüm kriterlerin sağlanması şartıyla, darbe ile sertleştirme uygulanarak elde edilen yorulma mukavemeti artışı, benzeri krankşaftlar için de kullanılabilir:

- Dolgu yarıçapına oranla bilya boyutu, test edilen krankşaftla karşılaştırıldığında ±10% içinde kalmalı
- Darbe ile sertleştirme, asgari olarak, aynı çevresel dağınım göstermeli
- Dolgu yarıçapına göre dolgunun açısal uzanımı, test edilen krankşaftla karşılaştırıldığında ±15% içinde kalmalı ve makinanın çalışması sırasında gerilme yığılmasını karşılayacak şekilde düzenlenmeli
- Benzeri ana malzeme, örneğin, alaşımlı su verilmiş ve temperlenmiş, olmalı
- Bilya beslemesinin yarıçapa göre aynı oranda olmalı
- Bilyaya uygulanan kuvvet, ana malzeme sertliği ile (farklı ise) orantılı olmalı
- Bilyaya uygulanan kuvvet, bilya yarıçapının karekökü ile orantılı olmalı.

2. Soğuk haddeleme

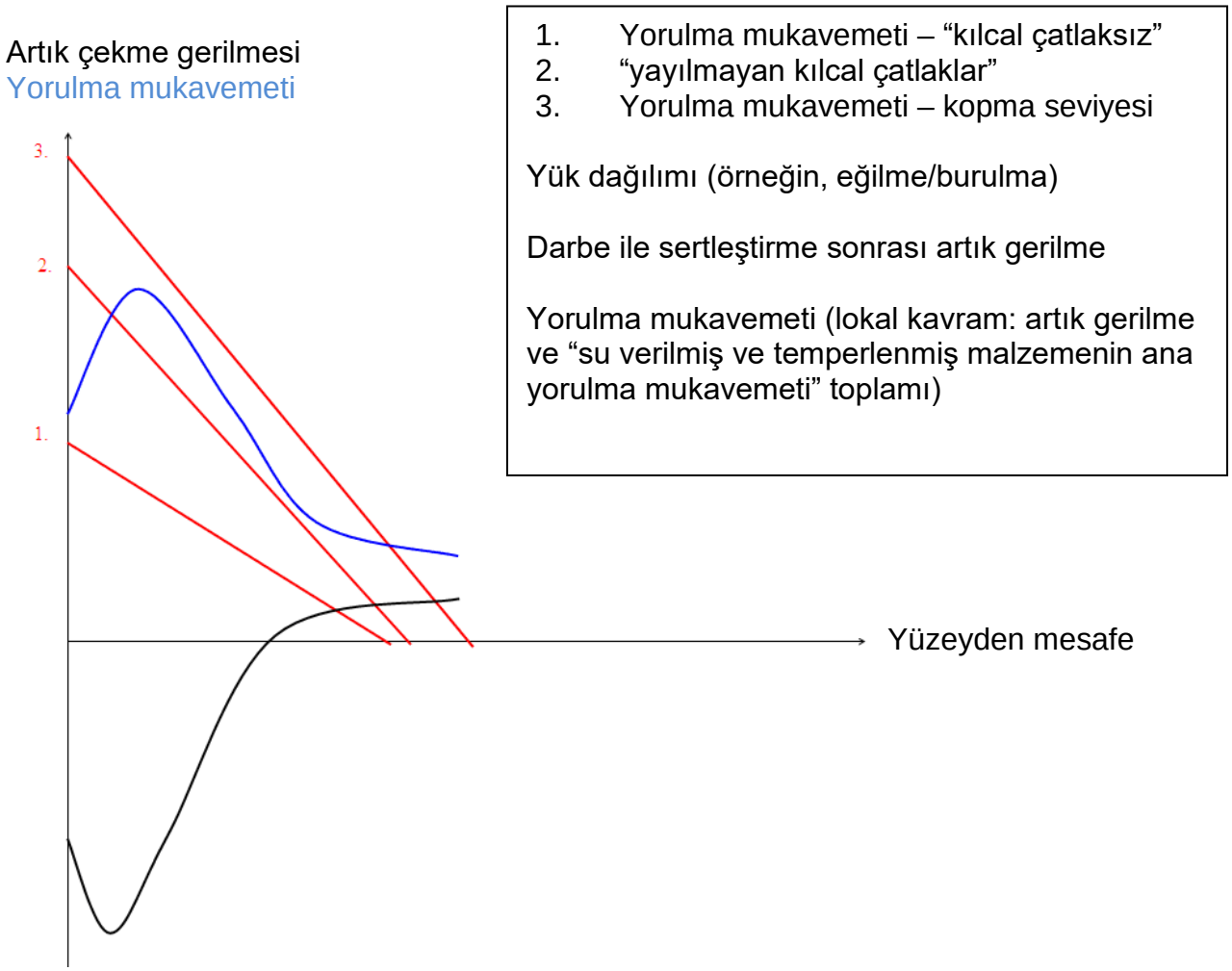
Yorulma mukavemeti, tam boyutlu krank testleri veya emniyetli sahada kullanılan ampirik yöntemlerle elde edilebilir. Eğer hem eğilme ve hem de burulma yorulma mukavemeti inceleniyorsa ve $\sqrt{3}$ oranından farklı iseler, von Mises kriteri uygulanmamalıdır.

Eğer sadece eğilme yorulma mukavemeti incelenmişse, burulma yorulma mukavemeti emniyetli olarak hesaplanmalıdır. Eğer eğilme yorulma mukavemeti, haddelenmemiş malzemenin yorulma mukavemetinin % x üzerinde belirlenmişse, burulma yorulma mukavemetinin, haddelenmemiş malzemeninkinin % 2/3 x'inden daha fazla olmayacağı kabul edilir.

2.1. Benzer krankşaftlar için mevcut sonuçların kullanılması

Aşağıda belirtilen tüm kriterlerin sağlanması şartıyla, soğuk haddeleme uygulanarak elde edilen yorulma mukavemeti artışı, benzeri krankşaftlar için de kullanılabilir:

- Soğuk haddeleme, asgari olarak, aynı çevresel dağınım göstermeli
- Dolgu yarıçapına göre dolgunun açısal uzanımı, test edilen krankşaftla karşılaştırıldığında ±15% içinde kalmalı ve makinanın çalışması sırasında gerilme yığılmasını karşılayacak şekilde düzenlenmeli
- Benzeri ana malzeme, örneğin, alaşımlı su verilmiş ve temperlenmiş, olmalı
- Haddeleme kuvveti, asgari olarak aynı işlem bağıl derinliği (dolgu için) sağlanacak şekilde hesaplanmalı



Şekil 6.1. Darbe ile sertleştirilmiş yüzey altındaki çalışma ve artık gerilmeleri. 1…3 doğruları olası yük gerilme dağılımını ifade eder.

EK VI - KRANKŞAFTLARIN YAĞ DELİĞİ ÇIKIŞLARINDAKİ GERİLME YIĞILMASI FAKTÖRLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK HESAPLAMA ESASLARI

Sayfa

A. GENEL **A-**34

B. MODEL GEREKSİNİMLERİ **A-**34

1. Eleman mesh tavsiyeleri

2. Malzeme

3. Eleman mesh kalite kriteri

C. YÜKLEME DURUMLARI VE GERİLMELERİN HESAPLANMASI **A-**35

1. Burulma

2. Eğilme

A. Genel

Bu dokümanda tanımlanan analizlerin amacı, yağ deliği çıkışındaki gerilme yığılması faktörünün (SCF) analitik hesabı yerine uygun sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanılarak belirlenmesidir. Analitik metod, değişik yuvarlak çubuklardan alınan gerilme ölçer ölçümlerinden veya foto-elastisite ölçümlerinden geliştirilen amprik formül temeline dayanır. Geçerlilik aralığı dışında bu formülün kullanımı hatalı sonuçlara yol açabileceğinden, FEM esaslı yöntem tavsiye edilir.

Bu dökümanda yer alan kurallara göre hesaplanan SCF, sonlu elemanlar metodu kullanılarak hesaplanan gerilmelerin analitik olarak hesaplanan nominal gerilmelere oranı olarak tanımlanmıştır. UR M53'de belirtilen yöntem kullanılarak ana gerilmeler hesaplanacaktır.

Analiz, lineer elastik sonlu elemanlar analizi olarak yürütülmeli ve uygun büyüklükteki birim yükleri bütün yükleme durumlarına uygulanmalıdır.

FE çözücüsünün eleman hassasiyetinin kontrol edilmesi tavsiye edilir, örneğin; analitik çözüm ile basit geometrinin sonlu elemanlar metodu ile modellenerek elde edilen sonucun kıyaslanması.

Sınır elemanları metodu (BEM), sonlu elemanlar metodu (FEM) yerine kullanılabilir.

B. Model Gereksinimleri

Sonlu elemanlar modelini oluşturmak için tavsiye ve kabuller 1.'de verilmiştir. Nihai sonlu elemanlar modeli için 3.'deki gereksinimleri karşılamak zorunludur.

1. Eleman mesh tavsiyeleri

Mesh kalite kriterini karşılamak için gerilme konsantrasyon faktörlerinin değerlendirilmesi amacıyla sonlu eleman modeli oluşturulması aşağıdaki tavsiyelere göre yapılmalıdır.

- Model, ana yatak merkez hattından karşı taraftaki ana yatak merkez hattına kadar komple bir krankı ihtiva eder.
- Dolgu civarında kullanılacak eleman tipleri:
  - 10 nod dört yüzlü eleman
  - 8 nod altı yüzlü eleman
  - 20 nod altı yüzlü eleman
- Yağ deliği çıkışı için aşağıdaki mesh özellikleri kullanılır:
  - Maksimum eleman boyutu, bütün dolgu boyunca çevresel yöndeki gibi a=r/4 olacaktır (Eğer 8 nodlu altı yüzlü elemanlar kullanılırsa, kalite kriterini karşılamak için daha küçük eleman boyutları gereklidir.)
  - Dolgu derinlik yönlerinde eleman boyutları için tavsiye edilen yöntem:
    - Birinci tabaka kalınlığı eleman boyutu a'ya eşit olacak
    - İkinci tabaka kalınlığı eleman boyutu 2a'ya eşit olacak
    - Üçüncü tabaka kalınlığı eleman boyutu 3a'ya eşit olacak
- Genellikle krank yuvası çözücünün nümerik stabilitesi için uygun olmalıdır.
- Ağırlık azaltması için açılan kanal ve delikler modellenmelidir.

Yazılım istekleri karşılanırsa alt modelleme, kullanılabilir.

2. Malzeme

UR M53'de Young Modülü (E) ve Poisson's oranı (ν) gibi malzeme özellikleri dikkate alınmamıştır. FE analizinde bu malzeme özellikleri gereklidir. Öncelikle gerinim hesaplanır ve gerilme, bu malzeme parametreleri kullanılarak gerinimlerden elde edilir.
Güvenilir malzeme parametreleri kullanılacaktır. Malzeme parametreleri literatürden ya da malzemeyi temsilen malzemeden numunelerden elde edilebilir.

Çelik için aşağıdaki tavsiye edilir:

E= $2.05 \cdot 10^5$ MPa ve ν =0.3.

3. Eleman mesh kalite kriteri

Eğer gerçek eleman meshi SCF değerlendirmesi için kontrol edilen alanda aşağıdaki kriterlerden herhangi birini sağlamıyorsa, iyileştirilmiş ikinci bir mesh ile hesaplama yapılacaktır.

3.1 Ana gerilmeler kriteri

Mesh kalitesi, yağ deliği yuvarlatma yüzeyine normal gerilme bileşenin kontrolü ile sağlanmalıdır. Ana gerilmeler σ_1, σ_2 ve σ_3 için aşağıdaki kriter sağlanacaktır:

$$\min\left(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|\right) < 0.03 \cdot \text{maks.}\left(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|\right)$$

3.2 Ortalaması alınmış/alınmamış gerilmeler kriteri

Bu kriter, yuvarlatma için gerilme konsantrasyon faktörünün (SCF) hesaplanmasında elemanların yüzeyindeki gerilme sonuçlarının süreksizliğinin gözlemlenmesi temeline dayanır:

- Nodlara bağlanmış her bir elemandan hesaplanan ortalaması alınmamış nod i gerilme sonuçları, incelenen bölgede nod i'de %100 ortalaması alınmış nodal gerilme sonuçlarından %5'den az değişiklik gösterebilir.

C. Yükleme Durumları ve Gerilmelerin Hesaplanması

UR M53'de analitik olarak belirlenen gerilme yığılması faktörü (SCF) yerini almak üzere, aşağıda verilen yükleme durumlarında hesaplana yapılacaktır.

1. Burulma

Yapı sadece burulma ile yüklenecektir. Modelde, uçlardaki yüzeylerde yüzey eğriliği bastırılacaktır.

Krankşaft ekseninde merkez noda moment uygulanacaktır. Bu nod, 6 serbestlik derecesi olan ana nod gibi davranır ve uçtaki yüzeyin tüm nodlarına rijit bir şekilde bağlanmalıdır.

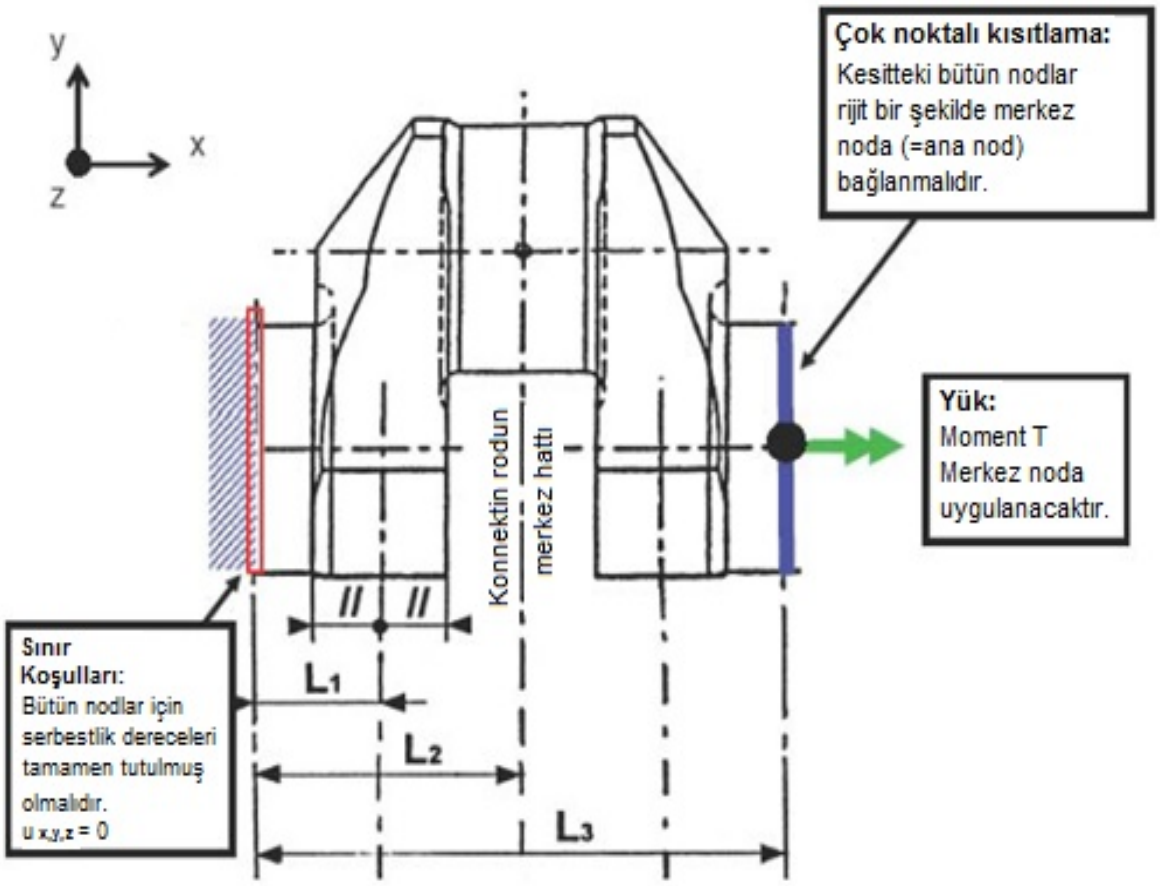
Sınır ve yük koşulları hem sıralı silindirli hem de V tipi makinalar için geçerlidir.

Yağ deliği çıkışlarındaki tüm nodlar için ana gerilmeler elde edilecek ve SCF'nin sonraki hesabı için maksimum değer alınacaktır:

$$\gamma_T = \cdot \frac{\text{maks.}\left(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|\right)}{\tau_N}$$

Burada τ_N nominal burulma gerilmesi, Bölüm 2 madde D.2.2.2'ye göre döndürme momenti T ile hesaplanır:

$$\tau_N = \cdot \frac{T}{W_P}$$



Şekil 3.1 Burulma yükleme durumu için sınır ve yükleme koşulları

2. Eğilme

Yapı sadece eğilme ile yüklenecektir. Modelde, uçlardaki yüzeylerde yüzey eğriliği bastırılacaktır. K

Krankşaft ekseninde yer alan merkez noda moment uygulanmalıdır. Bu nod, 6 serbestlik derecesi olan ana nod gibi davranır ve uçtaki yüzeyin tüm nodlarına rijit bir şekilde bağlanmalıdır.

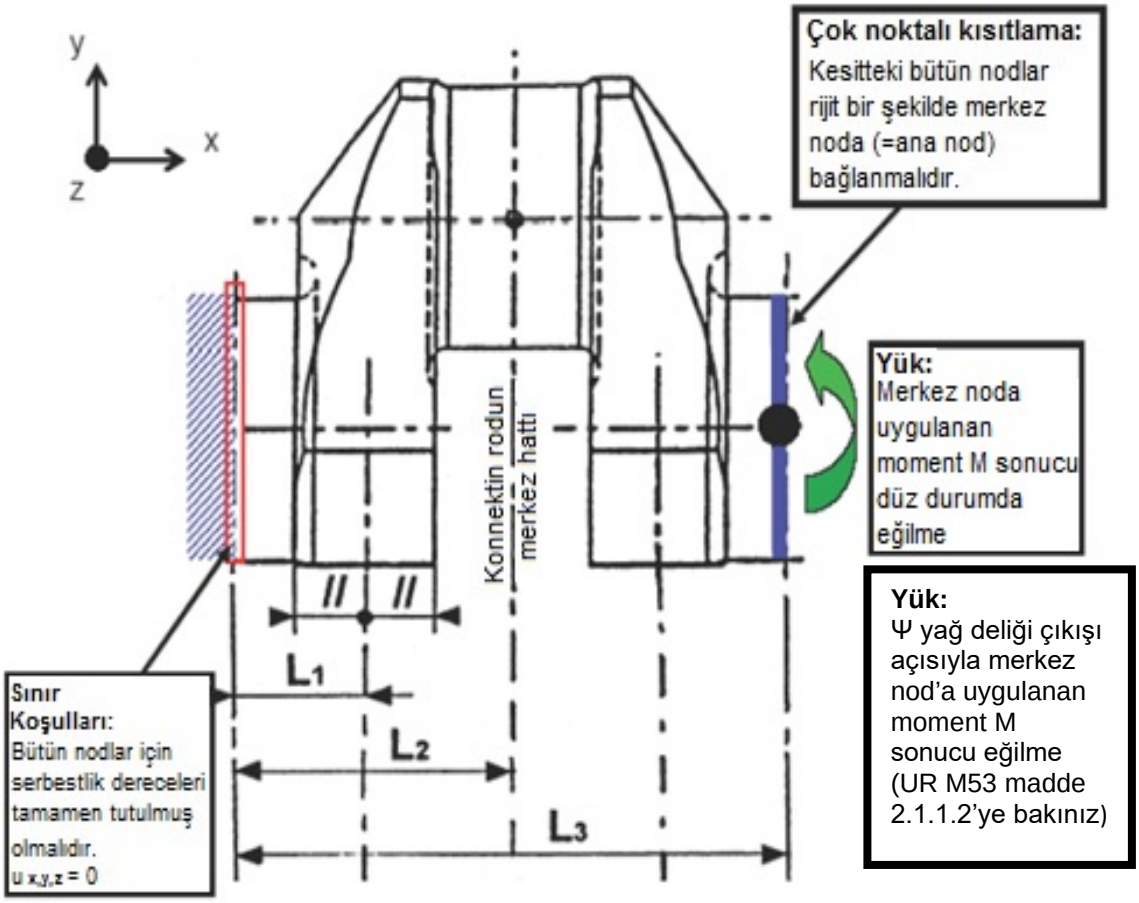
Sınır ve yük koşulları hem sıralı silindirli hem de V tipi makinalar için geçerlidir.

Yağ deliği çıkışındaki bütün nodlar için ana gerilmeler elde edilecek ve SCF'nin sonraki hesabı için maksimum değer alınacaktır:

$$\gamma_B = \cdot \frac{\text{maks.}\left(|\sigma_1|, |\sigma_2|, |\sigma_3|\right)}{\sigma_N}$$

Burada σ_N nominal burulma gerilmesi, Bölüm 2 madde D.2.1.2.2'ye göre eğilme momenti M ile hesaplanır:

$$\sigma_N = \cdot \frac{M}{W_e}$$



Şekil 3.2 Yalnız eğilme yükleme durumu için sınır ve yükleme koşulları

BÖLÜM 4 A

TERMİK TÜRBO MAKiNALAR / GAZ TÜRBİNLERİ

Sayfa

A. Genel 4A-2

1. Uygulama
2. Tanımlar
3. Onaylanacak Dokümanlar
4. Diğer kurallara atıflar
5. Sertifikalandırma

B. Malzemeler 4A-5

C. Dizayn ve Yapım Esasları 4A-5

1. Genel
2. Kanatlar
3. Rotorlar
4. Muhafazalar
5. Brülörler ve Yanma Odaları
6. Ayarlanabilir Kanatlar
7. Dahili Hava Soğutma Sistemi
8. Boşaltma Valfleri
9. Yataklar
10. Gaz Türbini Muhafazası
11. Yangın Emniyeti
12. İlk Hareket Sistemleri
13. Yağlama Yağı Sistemi
14. Yakıt Sistemleri
15. Torna Çark
16. Emercensi Çalışma

D. Kontrol ve İzleme 4A-8

1. Kontrol mantığı
2. Çalışma Karakteristikleri
3. Kontrol İstasyonları
4. Güç Beslemesi
5. İzleme
6. Diğer İstekler

E. Yerleştirme ve Montaj 4A-11

1. Layna Alma ve Montaj
2. Hava Giriş ve Egzost Gazı Çıkış Sistemleri
3. Titreşim Analizleri

F. Testler ve Tecrübeler 4A-12

1. Malzeme Testleri
2. Üretim Yerlerinde Yapım Aşamasındaki Testler
3. Boroskop Muayenesi
4. Seyir Tecrübeleri

A. Genel

1. Uygulama

1.1 Tanımları madde 2'de verilen ve aşağıda belirtilen uygulamalarda kullanılan gaz türbinleri buradaki kurallara tabidir:

- Ana sevk
- İkincil sevk
- Yardımcıların tahriki.

Özel kullanım amacına uygun olarak askeri gemiler, bu bölümdeki isteklere göre dizayn, imal, test edilmeli, sertifikalandırılmalı ve monte edilmelidir.

1.2 **TL** klaslı gemilere monte edilen ve madde 1.1'de tanımlanan amaçlar dışında kullanılan gaz türbinleri bu bölümdeki kurallara tabi değildir. Ancak, bu tür gaz türbinleri pasif emniyet ile ilgili tüm istekleri karşılamalıdırlar (yangından korunma, yerleştirme, bileşenlerin bozulması veya arızalanmasından sonra emniyetli bir durumun tesisi ile ilgili emniyet düzenleri).

1.3 Gücü 500 kW'dan daha düşük olan gaz türbinlerinin bu bölümün isteklerine uyması gerekli değildir, ancak bunlar geçerli deinizcilik uygulamalarına göre dizayn, imal ve teçhiz edilmelidirler.

1.4 Kabullerde, test bencindeki prototipin sonuçları (üretici dokümanları) ve montajdan sonra sörveyör gözetiminde yapılan performans testinin olumlu sonuç vermesi esas alınır. **TL**, üretici ve tersane arasındaki anlaşmaya bağlı olarak, onay amacıyla ilave dokümanlar da istenebilir.

1.5 Onaylama; temeller, boru devreleri, yakıt, yağlama yağı, soğutma, emniyet, kontrol, izleme ve alarm sistemleri dahil olmak üzere komple gaz türbini tesisini kapsar. Özellikle madde 1.1'de belirtilen tesisler olmak üzere, bu bölümdeki kurallar, gaz türbini ünitesine ve komple tesise uygulanır. Manifolda entegre besleme sistemleri, dahili kavramalar, yanma odaları, vb. tip onayına tabi olup, gemi bordalarındaki manifoldların montajı, bağlantısı ve temelleri her proje için özeldir.

Gaz türbini tipi/versiyonu tip onayına tabi olduğundan, projeye özel olan ve tip onayı kapsamına girmeyen resimler verilecektir (3.3 ve 3.4'e bakınız).

2. Tanımlar

Aşağıdaki tanımlar uygulanacaktır:

2.1 Ana sevk

Gaz türbini özellikle sevk elemanı olarak görev görür ve geminin emniyeti ile manevrası için esas teşkil eder.

2.2 İkincil sevk

Diğer sevk sistemleri (örneğin içten yanmalı makinalar veya diğer gaz türbinleri) geminin emniyetini ve manevrasını sağlar ve söz konusu gaz türbini maksimum ileri hızın elde edilmesi için yardımcı olarak geçici bir süre kullanılır.

2.3 Yardımcıların tahriki

Gaz türbini, doğrudan geminin sevkinde kullanılmaz, ancak, jeneratörü veya makina sistemlerinin diğer yardımcı ünitelerini tahrik eder.

2.4 İzin verilen maksimum güç (tipe özel)

İzin verilen maksimum güç, projeye özel uygulamadan bağımsız olarak, fiili durumda gaz türbini tipinin maksimum gücüdür. Bu güç, dizayn hesapları ve tip onayı prosedürü için esas oluşturur.

2.5 Maksimum devamlı güç (projeye özel)

Maksimum devamlı güç % 100 gaz türbini gücünü ifade eder. Gaz türbini, üretim tesislerindeki ve/veya gemiye montajdan sonra yapılan performans testinden sonra, belirlenen maksimum devamlı güç ile sınırlandırılır.

Bu güç, projeye özel uygulamalarda, dişli kutusu, şaft sistemi, vb. gibi tahrik düzenlerinin boyutlandırılmasında esas alınır.

3. Onaylanacak Dokümanlar

3.1 Genel

Gaz türbinlerinin dizayn resimleri onay için **TL'**na verilecektir. Resimler, aşağıdaki isteklere göre inceleme yapılabilmesi için gerekli olan tüm ayrıntıları içerecektir.

3.2 Gaz türbini ünitesi (manifold)

Aşağıdaki resimler, tip onayı prosedürü kapsamında gaz türbini üreticisi tarafından verilecektir:

- Üreticinin terimlere ait açıklamaları ile birlikte, komple manifoldun genel yerleştirme resmi
- Montaj ve kesit resimleri
- Genel boyutlar ve malzemeler dahil, rotor montaj resimleri
- Boyutlar, malzemeler ve işlemler (boya, ısıl işlem, vb.) döner parçaların ayrıntılı resimleri (türbin ve kompresör, gaz jeneratörü ve güç türbini ile ilgili diskler, şaftlar, kanatlar)
- Muhafazalar
- "Kanat kaybı" hata durumu için yerleşim hesapları. Bunun yerine gaz türbininin prototipi ile ilgili dokümante edilmiş deneysel veriler kullanılabilir. Ayrıca, % 115 n_{rated}'den büyük hızlardaki bütünlüğün deneysel doğrulaması da kabul edilebilir (mevcur ve kanıtlanmış dizaynlar için).
- Yataklar, itme yatağı aranjmanı
- Sızdırmazlık sistemi
- Boyutları ve malzemesi ile birlikte brülörler dahil olmak üzere yanma odası
- Temeller ve bağlantılar (postalar)
- Döner parçaların, yanma odasının ve gövdenin mekanik ve kimyasal nitelikleri dahil malzeme özellikleri.

3.3 Gaz türbini sistemleri (kısmen manifolda bütünleşik, kısmen projeye özel)

Aşağıdaki dokümanların birçoğu, projeye özel isteklere göre belirlenmiş olup, gaz türbini üreticisinin sahip olduğu tip onayı kapsamına dahil edilmeyebilir.

- Blok diyagramı ve teknik terimlerle birlikte tüm sistemin genel yerleşim resmi (besleme / kontrol sistemleri ile ilgili tüm bağlantılarla birlikte, gaz türbininin şematik gösterimi)
- Yangın ve emniyeti detaylarınında içerecek şekilde makina dairesi aranjmanı (kapıların, fanların, yangın damperlerinin yerleri, malzeme ve izolasyon, elekrik ve kumanda panellerinin yerleri)
- Yerleşim resimleri, kapasite verileri, gerekli ilk hareket girişimlerini yapabilme yeteneğinin kanıtları, ilk hareket mantığı ve ayar noktalarını içeren ilk hareket sistemi dokümanları
- Boru devresi, arıtma ve filtreleme donanımı, türbin üreticisinin talep ettiği yakıtın özellikleri dahil yakıt sistemi resimleri
- Malzeme özellikleri, akış miktarları, kontrol parametreleri ve cihazlar, kalibrasyon prosesi dahil, yakıt ölçme valfinin özellikleri
- Yakıt sistemi borularının kılıflanması
- Pompalar, valfler, tanklar, göstergeler, filtre donanımı, vb. dahil şematik boru diyagramı formunda yağlama yağı sistemi
- Resimlerde, sistemdeki maksimum ve minimum basınç ve sıcaklıklar gösterilecektir (boşta ve MCR değerleri)
- Önerilen yağlama yağı tipleri ve onaylı yağ listesi
- Yağda izin verilen azami su miktarı

- Kumanda yağı sistemi

- Hava giriş ve egzost gazı sistemi (filtreleme ve susturucu sistemleri dahil)

- Boşaltma/soğutma/sızdırmazlık sistemi

- Soğutma havası sisteminin ısı balansı ve dizaynı, maksimum / minimum akış miktarlarını, güç türbininin nominal güç / devrinde soğutma havası basıncı ile dizayn sıcaklıkları gösterilecek şekilde ayrı bir resim olarak verilecektir

- Su ile yıkama sistemi - kanat temizleme sistemi

- Dişliler, kavramalar, kaplinler dahil eklenen manifoldlar

- Yangından koruma sistemi. Emniyet prosedürlerinin komple dokümanları, örneğin, yangın söndürme maddelerinin tipi ve kapasitesi, yangın (alev) dedektörlerinin yeri ve özellikleri, kontrol sistemi aksiyon sırasının özellikleri

- Temeller ve bağlantılar (temellerin gemi yapısına bağlantısı, varsa elastik bağlama)

- Elektrik donanımı, cihazlar, alarmlar, emniyet sistemleri

- Governör yerleşimi/sistemi

- Kumanda sistemi için, hata durumu etki analizi (HDEA) (kapsamı hakkında üretici ile **TL** arasında anlaşmaya varılacak)

3.4 Projeye özel dizayn verileri

Gaz türbinlerinin projeye özel her uygulamasında aşağıdaki temel dizayn verileri belirlenmelidir:

- Gaz jeneratörü ve güç türbininin maksimum devamlı gücü ve ilgili devir sayısı

- İzin verilen maksimum değerler (proje için sınırlamalar, her durumda tip onayındaki izin verilen maksimum güçten daha düşük)

- Güç türbini nominal giriş sıcaklığı (ve sınır) Kompresör nominal çıkış sıcaklığı (ve sınırı), izin verilen (tolere edilen) yanma odası çıkış sıcaklık sapması

- Nominal gücün elde edildiği maksimum giriş havası sıcaklığı (15 °C'dan daha az olamaz)

- Balans verileri (minimum istekler)

- Uygulanabildiği ölçüde, döner parçaların atalet momentleri ve dayanıklılık şeması

- Kaydedilecek ve dokümante edilecek parametrelerle birlikte, öngörülen performans testinin (FAT=Fabrika Kabul Testi) programı ve tanımı

3.5 Bakım

Planlı bakım ile ilgili olarak yapılacak işlerin aralığı ve kapsamını belirtir bir plan **TL**'na verilecektir. Devamlı Makine Sörveyi durumunda, buna uygun olarak bakım programı hakkında anlaşmaya varılacaktır.

4. Diğer kurallara atıflar

4.1 TL kuralları

Aşağıda belirtilen **TL** kurallarının son versiyonları dikkate alınacaktır:

- Malzeme

- Kaynak

4.2 Diğer kurallar ve kaideler

- ISO 21940-11: Mechanical vibration – Rotor Balancing – Part 11: Procedures and tolerances for rotors with rigid behaviour

- ISO 2314: Gas turbines - Acceptance tests

- DIN 86009: Exhaust gas lines on ships; steel tubes

5. Sertifikalandırma

Bu bölümdeki isteklerin karşılanması ve F.2.3'de

belirtilen tip testlerin başarıyla tamamlanması halinde, bir Tip Onayı Sertifikası düzenlenecektir. Aynı tipte ve A.1'de belirtilen uygulamada kullanılacak diğer gaz türbinleri için F.2.4'de tanımlanan üretim testleri (FAT) yapılacak ve bir sertifika düzenlenecektir.

B. Malzemeler

1. Gaz türbinlerinin malzemeleri, tekil parçaların çalışma durumu bakımından, öngörülen isteklerini sağlamalıdır. Parçaların çalışma esnasında etkilendiği sürünme(creep), termik yorulma, oksitlenme ve korozyon gibi etkiler, malzeme seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır.

2. Malzemeler için kimyasal bileşim, akma mukavemeti, uzama, yorulma özellikleri ve uygulanan ısıl işlemler gibi mekanik özelliklerin uygunluğu hakkında bilgi gereklidir. Kompozit malzemelerin kullanılması söz konusu ise, bu malzemelerin imal yöntemleri açıklanmalıdır.

Türbin kanatlarında sadece korozyona ve ısıya dayanıklı malzemeler kullanılacaktır.

3. Kaynak dahil üretim prosedürleri, tanınmış bir standarda veya ilgili **TL** kurallarına göre değerlendirilecektir.

4. Kaynak dikişleri için, dolgu metali özellikleri, kaynak sonrası ısıl işlem ve yüksek gerilmeli dikişlerdeki NDT ile ilgili tüm ayrıntılar gerekli olup, kaynak prosedürleri, ilgili dokümanlar içine dahil edilecektir.

5. Hava firar boruları, çelik veya eşdeğeri malzemeden olacaktır. Esnek bağlantılar / hortumlar yanmaz olacaktır.

6. Egzost gazı borularında ısıya dayanıklı çelik kullanılacaktır. Çelik tipinin seçiminde, çalışma sıcaklıkları ve korozyona dayanıklılık dikkate alınacaktır, DIN 86009'a da bakınız.

7. Borular ve fitingler paslanmaz çelikten imal edilecektir.

C. Dizayn ve Yapım Esasları

1. Genel

Gaz türbinlerinin dizaynı denizcilik uygulamalarına uygun olacak ve geminin tam olarak manevrasını sağlayacaktır.

Gaz türbinleri, soğuk durumdan hızlı bir şekilde çalıştırmaya uygun olacaktır. Devreye girme veya ilk hareket kusurunun nedeni anlaşıldıktan sonra kontrol sisteminin çalışmaması halinde, elle tekrar ilk hareketi sağlayan diğer olanaklar sağlanacaktır.

Gaz türbinleri, overollerin arasındaki minimum süre (TBO) > 1000 çalışma saati olacak şekilde dizyn edilecektir. Ana sevk ünitesi olarak klaslanan gaz türbininin, önemli bir arıza olmaksızın çalışması öngörülür. Bu durumda, makine klası aralığı, sevk sisteminin gerekli planlı bakım programına göre uyarlanacaktır.

2. Kanatlar

İzin verilen maksimum güç / devir için sonlu elemanlar yöntemine (FEM) ve diğer mühendislik yöntemlerine göre yapılacak kanat mukavemet hesabı, incelenmek üzere verilecektir. Aşağıdaki yükler dikkate alınacaktır: santrifüj ve eksenel yükler, gaz basıncı ve termal yükler. Hesaplarda, tam yükte çalışma saatleri veya kabul edilen yük profili (varsa) dizayn eşdeğeri alınabilir. Gaz türbini çalışması sırasında, kompresör ve türbin kanadındaki birikintilerin giderilmesi için temizleme donanımı sağlanacaktır.

3. Rotorlar

Her şaft ve kompresör ve türbinin dönen tüm aksamı, onaylı kalite kontrol prosedürüne göre dinamik olarak ayrı ayrı balans edilecektir. Balans özellikleri ve balanslama prosedürü sonuçları A.3.4'deki dokümanlara dahildir. Özellikle G2.5 sınıfı olmak üzere, ISO 21940-11 a'da veya eşdeğeri standartta belirtilen istekler uygulanır.

4. Muhafazalar

4.1 Bir kanatın veya çarkın kopması, muhafazanın delinmesine ve bunun sonucu olarak diğer

bileşenlerin kaybına, yaralanmaya ve gemi için tehlikeli durumlar oluşturmasına yol açmamalıdır.

Muhafazanın bütünlüğü, nominal devrin % 115'inden fazla olmamak üzere en kritik devirdeki kanat kopmasında sağlanmalıdır. Bu durum yerleşim hesaplarında veya diğer yöntemlerle kanıtlanacaktır.

4.2 Muhafazada, yanma odasının ve kompresör ile türbinin kademelerinin boroskopla muayenesine imkan verecek yeterli açıklıklar bulunacaktır.

5. Brülörler ve Yanma Odaları

5.1 Yakıt nozulları, yanma odası sistemi sökülmeden çıkarılabilmelidir. Brülörlerle ilgili olarak aşağıdaki parametreler dikkate alınacaktır:

- Yakıtın maksimum / minimum sıcaklığı ve besleme basıncı

- Yakıtın maksimum kütlesel akım miktarı ve öngörülen hava akımı (yakıt/hava oranı)

Brülörün ömrü ve önerilen değiştirme / bakım aralıkları belirtilecektir.

5.2 Çalışma sırasında alevin muayenesi için optik ve/veya termal sensörler sağlanacaktır.

6. Ayarlanabilir Kanatlar

6.1 Kompresördeki hava akımı, yönlendirici değişken kanatlar (VGV), yönlendirici giriş kanatları (IGV) ve/veya değişken stator kanatları (VSV) tarafından kontrol edildiğinden, ilgili kütlesel akım diyagramı, yönlendirici değişken kanadı açısı/hareketi bağlısı olarak bir diyagramda veya tabloda gösterilecektir.

6.2 Aktüatör, tüm koşullarda kanatların ayarlama mekanizmasını çalıştırabilecek tarzda dizayn edilecektir. Talep halinde ilgili diyagramlar / tablolar verilecektir.

7. Dahili Hava Soğutma Sistemi

Dizayn, tüm yük koşullarında güç türbinindeki sıcaklığı dizayn sınırları içinde emniyetle tutmaya yetecek kapasitede hava akımı sağlanacak şekilde olacaktır.

8. Boşaltma Valfleri

8.1 Boşaltma valflerinin yerleşimi, konumları ve ölçüleri de belirtilmek üzere bir resimde dokümante edilecektir. Türbinin ilgili (maksimal) güç kaybı, boşaltma valflerinin maksimum akış miktarı için belirtilecektir.

8.2 Boşaltma havasının, buz giderme amacıyla kullanıldığı hallerde, bu sistem ve akım miktarı, besleme basıncı, maksimum hava sıcaklığı ve basitleştirilmiş enerji balansı gibi teknik parametreleri bilgi amacıyla verilecektir.

9. Yataklar

9.1 Yataklar, genellikle, uygun bir ömürde türbinin tam kapasitedeki çalışmasından kaynaklanan yükler esas alınarak, üretici standartlarına göre dizayn edilecektir (1.'e bakınız). Yataklar, uygun ve değiştirilebilir sızdırmazlık elemanları ile teçhiz edilecek ve kesilme, kararma, vb.'inden kaynaklanan durdurma koşulu gibi, istisnai geçiş koşullarında ve normal koşullarda kısa süreli çalışmaya da karşı koyabilecek şekilde güvenilir bir şekilde yağlanacaktır.

9.2 Uygulamaya bağlı olarak, yatak durumunun titreşiminin izlenmesi **TL** tarafından istenebilir.

10. Gaz Türbini Muhafazası

10.1 Muhafazada bir yangın algılama ve otomatik yangın söndürme sistemi bulunacaktır.

10.2 Gaz türbininin muhafaza havalandırma veya soğutma havası, bağımsız elektrik güç kaynaklı fazlalıklı fanlardan beslenecektir. Havalandırma havasının dağılımı, gaz türbininin kabul edilebilir sıcaklık profili sağlanacak ve gaz karışımlarının lokal olarak birikimi önlenecek şekilde olacaktır.

Emercensi durumda, lokal aşırı ısınma nedeniyle başka hasarların önüne geçmek üzere, havalandırma kanalının kapatılması kontrollü surette ve kısa sürede mümkün olacaktır.

10.3 Muhafazada, birbirinin aksi taraflarında yer alan en az iki adet çıkış bulunacaktır. Çıkışlar, muhafaza içindeki tüm konumlardan kolayca kaçışı

sağlayacaktır.

Personel muhafazanın içinde iken zararlı olan yangın söndürücü maddenin yayımına engel olmak üzere kapılarda kilitleme düzeni sağlanacaktır. Personel muhafazanın içinde iken ve muhafazası açıkken gaz türbinin çalışması kilitlenecektir. Çalışma sırasında kapılar kilitlenmelidir.

10.4 Eğer makine dairesinde NBC koruması gerekli ise, muhafaza içindeki hava basıncı, makina dairesi basınçtan en az 0,5 mbar düşük tutulacaktır.

11. Yangın Emniyeti

11.1 Makina dairesi yangın söndürme sistemine ilave olarak, her bir gaz türbini muhafazası için onaylı bir otomatik yangın söndürme sistemi sağlanacaktır. Doğrulanan bir yangın algılandığı zaman, muhafaza havalandırma kanalları otomatik olarak kapanacaktır.

11.2 Muhafaza içinde, farklı yerlerde yer alan 4 adet alev dedektörü düzenlenecektir. Alev dedektörleri için tip onayı gereklidir.

Muhafazada veya makina dairesinde algılana yangın, bir alarmı harekete geçirmeli ve yakıt beslemesi otımatik olarak kesilmelidir.

11.3 Yanıcı akışkanların muhafazanın dibinde birikmesi dreyn vasıtasıyla önlenmelidir.

11.4 Ateşlemeden önce sıvı veya gaz yakıtın boşaltılması için gaz türbininin tüm iç kısımları temizlenecektir. Temizleme, ateşleme sinyali verilmeden önce, yeterli süre için otomatik olarak başlamalıdır.

11.5 Yüzey sıcaklığı 220 °C'ı aşan durumlarda, asbest içermeyen malzemeden yapılan izolasyon uygulaması yapılmalıdır. İzolasyon malzemesine yakıt girmesi olasılığı bulunan hallerde, izolasyon ince çelik sacla veya eşdeğeri ile kaplanacaktır.

12. İlk Hareket Sistemleri

12.1 Elektrikli, pnömatik veya hidrolik tahrikli ilk hareket sistemi, teknik dizayn ve fiziki yerleşim bakımından fazlalıklı olacaktır. Eğer her birinin kendi ilk hareket sistemi olan fazlalıklı sevk gaz türbinleri varsa, fazlalıklı ilk hareket sistemine gerek yoktur. Dizel makinaları veya elektrik motorları gibi, yedekleme için diğer güç üniteleri ile birlikte kullanılan tesislere de aynısı uygulanır.

12.2 İlk hareket sisteminin kapasitesi, ana sevk işlemleri için, gaz türbinini birbirini takip eden 6 (altı) kez çalıştırabilecek (kumanda edilebilir piçli pervaneler veya karşı tork gerekmeksizin harekete geçmeyi sağlayan diğer düzenler) ve ikincil sevk ve yardımcıların tahrikinde kullanılan gaz türbinleri için birbirini takip eden 3 (üç) kez çalıştırabilecek şekilde dizayn edilecektir. İlk hareket sisteminin tekrar çalışma süresi, ilk hareket ve kontrol çevrimlerinin esas alındığı, ilk hareket teşebbüsleri arasındaki minimum süreye bağlıdır.

12.3 Ateşleme prosesinden önce, tüm ilk hareket ve tekrar hareket için otomatik temizleme gereklidir. Temizleme süresi, biriken yakıtın bütünüyle temizlenmesi için yeterli sürede olacaktır.

12.4 İlk hareket kontrol sisteminde, ateşleme algılama düzenleri bulunacaktır. Eğer önceden belirlenmiş sürede temizleme sağlanamazsa, kontrol sistemi otomatik olarak ateşlemeyi iptal etmeli, ana yakıt valfini kapatmalı ve temizleme çevrimini serbest bırakmalıdır.

12.5 İlk hareket sistemi, aşırı devir veya ateşleme devrine erişmede kusur nedeniyle oluşacak hasarları önlemek üzere, kendi koruma sistemine sahip olacaktır. İlk hareket sistemi mekanik ve elektriksel aşırı yüke karşı korunacaktır.

13. Yağlama Yağı Sistemi

13.1 Çoklu gaz türbini düzenlemelerinde, her türbinin ayrı ve bağımsız yağlama yağı sistemi bulunacaktır.

13.2 Yatak yağlaması, kızgın gazlardan veya bitişik kızgın parçalardan zarar görmemelidir.

13.3 Yağlama yağı sistemi, olağan denizcilik uygulamalarına göre, filtreleme, ısı değişimi, manyetik parçacık algılama ve sudan arıtma donanımları ile

teçhiz edilmelidir.

Bir gaz türbininin yağlama yağı donanımı, bir sızıntı durumunda yağlama yağının döner parçalara veya sıcaklığı 220 °C'dan yüksek olan yüzeylere ulaşması mümkün olmayacak şekilde düzenlenecek ve korunacaktır.

Yağlama yağı sistemi; temizlenmesi türbini durdurmadan mümkün olan bir filtre ile teçhiz edilmelidir. Fazlalıklı tesisler ve 12.1'de belirtilen diğer uygulamalarda, duble filtrelere gerek yoktur. Filtrelerin durumu, basınç farkının gösterilmesi veya diğer uygun düzenlerle izlenecektir. Tanklarda, düşük seviye alarmı ile birlikte yağ durumu göstergeleri bulunacaktır. Çalışmayı durdurmaksızın yağ ilavesi mümkün olmalıdır. Analiz amacıyla yağ örneklerinin alınması ile ilgili düzenlemeler yapılacaktır.

13.4 Özellikle sentetik yağların uygulandığı durumlarda, yağlama yağının sızdırmazlık elemanlarının ve ısı değiştiricilerin malzemesi ile uyumluluğuna dikkat edilmelidir. Isı değiştiricilerdeki sızıntılar, yağlama yağının tamamen kirlenmesine neden olmamalıdır.

14. Yakıt Sistemleri

Gaz yakıtlar veya kombine gaz/sıvı yakıtlar bu bölüm'ün kapsamına dahil değildir.

14.1 Yakıt nozulları, değişimden sonra önemli bir ayarlamayı gerektirmeyecek şekilde, komple ünite olarak değiştirilebilecektir.

14.2 Yakıt sistemindeki yakıt manifoldu ve nozulları, kapatmadan (normal ve emercensi) kaynaklanan aşırı yakıtın emniyetle giderilebilmesi için, uygun dreyn tertibatına sahip olacaktır.

14.3 Yanma odaları, başarısız ilk hareket işleminden sonra yakıt birikimini önlemek üzere, ayrı bir dreyn sistemi ile teçhiz edilecektir.

14.4 Gaz türbinine yakıt beslemesi yapılan günlük tankın kapasitesi, geminin menziline ve gaz türbininin ana sevk sistemi olarak kullanılış amacına uygun olacaktır. Günlük tank, gaz türbini üreticisinin talimatlarına göre, kullanıma hazır halde işlem görmüş yakıt içermelidir.

15. Torna Çark

Gerek gaz üreticisi ve gerekse güç türbini olarak ana sevk türbinleri, torna çark düzeni ile donatılmalıdır.

Yardımcı türbinlerin rotorları en az elle döndürülebilmelidir.

16. Emercensi Çalışma

16.1 Birden fazla şaftlı sistemlerde, bir şaftı döndüren tesisin devre dışı kalması esnasında, diğer sevk sistemleri bağımsız olarak çalışmaya devam edebilmelidir.

16.2 İki veya daha fazla ana gaz türbinli tek şaftlı sistemlerde, bir gaz türbininin arızalanması veya devre dışı kalması durumunda, diğerlerinin azaltılmış güç seviyesinde çalışmaya devam edebilmesi sağlanmalıdır. Her gaz türbini, asgari olarak emniyetli manevrayı sağlayabilecek şekilde azaltılmış güç düzeyinde sevki sağlayabilecek tarzda dizayn edilecektir.

16.3 Yalnız bir ana gaz türbinli tek şaftlı sistemlerde ise, bileşenler / sistemler bazında yeterli fazlalıkların sağlanması ile ilgili özel koşullar için, **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

D. Kontrol ve İzleme

1. Kontrol mantığı

1.1 Gaz türbinlerinde tip onaylı kontrol ve izleme sistemi bulunacaktır.

1.2 Kontrol mantığı aşağıdakileri içerecektir:

- Sınırlar ve ayar noktaları dahil, titreşim, sıcaklık, devir sayısı, vb. gibi kontrol amaçlı çalışma parametrelerinin izlenmesi
- Normal ve emercensi durdurma ve çalıştırma sıraları
- Yük kontrolü
- Normal çalışmada yakıt kontrolü

- Durdurmada yakıt kontrolü
- Alarmlar ve durdurma
- Otomatik temizleme periyodu
- Diğer sistemler (yardımcı besleme sistemleri ve emniyet sistemleri)
- İptal işlemleri

1.3 Ana sevk için kullanılan gaz türbinlerinin kontrol sistemindeki lojik bağlantıların doğrulanması için bir Hata Durumu Etki Analizi (HDEA-FMEA) gereklidir. Herhangibir mod'daki çalışma sırasında, herhangibir sistemdeki veya kumandadaki tekil bir arıza, geminin emniyeti ile ilgili özelliklerinin kontrolünün kaybına neden olmayacaktır (örneğin, sevkle ilgili kontrolün kaybı, sevk ünitelerinin manevra yeteneğinin kaybı, yardımcı türbinlerin elektrik beslemesinin kaybı, vb.). Buradaki kurallara tabi olan bir gaz türbini ünitesinin kısmen veya tamamen arızalanması veya devre dışı kalmasından sonra geminin emniyetle çalıştığı, HDEA (FMEA) ile kanıtlanacaktır.

2. Çalışma Karakteristikleri

2.1 Otomasyon

Çalıştırmayı ve kontrolü basitleştirmek ve birbirine zorunlu olarak bağlı olan çalıştırma prosedürlerin otomatik olarak harekete geçirilmesi ile işletimsel hataları gidermek için otomasyon kullanılacaktır. Ayrıca, otomasyon sevk tesisinin merkezi olarak idaresi ve kontrolünü sağlayacaktır. Lokal elle idare ve kontrol donanımı, otomasyon derecesinden bağımsız olarak, tam kapsamda mevcut olmalıdır.

Gemiyi denize hazırlama prosedürleri, otomasyona dahil edilmeyecektir.

2.2 İlk hareket

İlk hareket belirlenen sırayla otomatik olarak gerçekleşecektir. Bu sıranın (ateşleme devrine ulaşılması, ateşleme, alev izleme) takip edilmesinin sağlanması ile ilgili dahili bağlantılar yapılacaktır.

Ateşleme arızası durumunda, ilk hareket devre dışı kalacak ve ana yakıt valfi önceden belirlenen sürede kapanacaktır.

Temizleme modu, gerek normal ilk harekette ve gerekse ilk hareket arızasında kontrol sistemine entegre edilecektir. Gerekli temizleme süresi, normal olarak, tekrar çalıştırma girişiminden önce, egzost sistemi hacmini üç kez boşaltımına yeterli olmalıdır.

2.3 Devir sayısı kontrolü

2.3.1 Buradaki kurallar kapsamına giren gaz türbinleri, ani olarak yükten kurtulma durumlarında, çabuk kapama devir sayısının üstünde bir devir sayısına yükselmelerinin önlenmesi için, hız regülatörü ile donatılmalıdır

2.3.2 Elektrik jeneratörlerini tahrik eden gaz türbinlerinde, % 100 yükten, boşta çalışmaya geçişteki devir sayısı yükselmesi, nominal devrin % 10'unu aşmamalı ve 2 sn. içinde, maksimum % 5 sapma ile kararlı duruma gelmelidir. Geçici devir sayısı yükselmesi, aşırı devir sayısı sınırları içinde emniyette kalacaktır.

2.3.3 Gaz türbini kontrol sistemi, türbin devir sayısının, maksimum devamlı devirin (proje ile ilgili devir) % 115'den fazla aşılmasını önleyecek aşırı devir koruması ile teçhiz edilecektir.

2.4 Emniyet sistemi, gaz türbini kontrolünden bağımsız çalışmalıdır. Bir emniyet düzeninin harekete geçmesi halinde, manuel alındıdan sonra, yeni bir ilk harekete karşı bloke edilmelidir. Blokaj çözme cihazları, gaz türbininin yeniden hızlı çalışmasına olanak verecek şekilde düzenlenmelidir.

3. Kontrol İstasyonları

3.1 Gaz türbininin, makine kontrol odasından (MCC) uzaktan kumandası mümkün olacaktır. Kontrol kabloları, diğer sistemlerden bağımsız olacaktır.

3.2 Gaz türbini muhafazasında ilave bir el kumandası ve durdurma butonu sağlanacaktır. Bu buton yakıt beslemesini ani olarak kesecektir.

Kolay ulaşılabilir bir konumda uygun çalıştırma donanımı sağlanacaktır.

3.3 Gaz türbini kontrol sisteminin çalışması, geminin ortak kontrol sisteminden bağımsız olacaktır.

4. Güç Beslemesi

Kontrol sistemi, kararma durumu dahil beslemenin sağlanacağı şekilde dizayn edilen kesintisiz güç kaynağına sahip olacaktır.

Kontrol sistemi gücünün tamamen kaybı durumunda, türbin kontrollü ve emniyetli bir şekilde duracaktır.

5. İzleme

Ana sevk gaz türbinleri için, Tablo 4A.1'e göre, sensörleri, tipi, ayar noktalarını ve ölçüm sınırlarını gösteren cihaz listesi onay için gereklidir.

6. Diğer İstekler

Kontrol, çalıştırma ve izleme mahalleri ve merkezlerindeki tüm donanım için, özellikle Bölüm 1 olmak üzere **TL** Otomasyon Kural'ları uygulanır. Eğer Askeri otorite tarafından çalıştırma ve kontrol donanımı için ilave isteklerde bulunuluyorsa, bu durum yapım şartnamesinde tanımlanmalıdır.

Tablo 4A.1 Ana sevk gaz türbininin alarmları ve göstergeleri

Sinyal **F = Arıza** **L = Alt sınır** **H = Üst sınır** **S = Durdurma**	**Tekil Alarm Gösterge**	**Grup Alarmı Gösterge**	**Durdurma**
Yakıt sıcaklığı		H	
Yakıt besleme basıncı	L		
Yakıt filtresi, basınç farkı **(2)**	H		
Yağlama yağı toplama tankı seviyesi		LH	
Yağlama yağı basıncı	L		LS
Yağlama yağı sıcaklığı, giriş	H		
Yağlama yağı filtresi, basınç farkı	H		
Soğutma suyu sıcaklığı		H	
Soğutma suyu basıncı	L		
Konpresör giriş basıncı veya hava giriş filtresi, basınç farkı	HL		HS LS
Buzlamayı önleme sistemi arızası		F	
Güç turbine aşırı devri, devir sensörü	H		HS
Rölanti devrine ulaşım arızası **(2)**	F		
Ateşleme arızası	F		FS
Sönme algılaması	F		FS
Güç turbine giriş sıcaklığı **(1)**	L		
Egzost sıcaklığı (güç turbine çıkışı)	H		HS
Yatak sıcaklığı	H		
İtme yatağı sıcaklığı	H		
Titreşim, titreşim sensörü (her yatak için) **(3)**	H		HS
Güç türbininin eksenel yer değişimi, itme yatağı değeri	H		HS
İzleme sisteminin güç kaybı	F		
Kontrol sisteminin güç kaybı	F		
Soğutma havası beslemesi kaybı (basınç veya akış)	L		

Sinyal F = Arıza L = Alt sınır H = Üst sınır S = Durdurma	Tekil Alarm Gösterge	Grup Alarmı Gösterge	Durdurma
İlk hareket sistemi arızası	F		
Gaz turbine muhafazası içindeki yangın algılama	F		FS
(1) *Türbin başına en az 6 sıcaklık sensörü* **(2)** *Jeneratörü tahrik eden türbinler için gerekli değildir.* **(3)** *Ayrıntılar, gaz türbini üreticisinin izleme kavramına bağlıdır.*			

Birincil olmayan sevk gaz türbinleri ve yardımcıları tahrik eden gaz türbinleri için alarmların ve göstergelerin kapsamı, bu ünitelerin emniyetli çalışması dikkate alınarak, **TL** ile anlaşmaya varılarak belirlenecektir.

E. Yerleştirme ve Montaj

1. Layna Alma ve Montaj

1.1 Bir bütün olarak tahrik sisteminin şaft laynı hesapları onay için verilecektir. Hesaplara, sıcak ve soğuk durumlar dahil edilecektir. **TL** tarafından sevk amacıyla istenilen şaft laynı hesapları, dişli kutusu ile pervane arasında kısım için yeterlidir. Türbinin dahili olarak layna alınması üreticinin tavsiyelerine göre yapılacaktır.

1.2 Genel olarak, elastik bağlı gaz türbini temelleri ve takviyeler, geminin şekil değişiminin, gaz türbininin bütünleşik manifoldunda deformasyona neden olmayacağı şekilde dizayn edilecektir. Gaz türbini ünitesi ile dişli kutusu arasındaki dizayn esaslı şekil değişimleri, uygun esnek elemanlar vasıtasıyla karşılanacaktır (elastik, dişli, takviyeli plastik membran, çelik levha kaplinler, vb.).

1.3 Askeri gemiler için gerekli olabilen diğer hesaplar, temel klaslama prosedürüne tabi değildir. Bu hesaplar şunlardır:

- Verilen ivme profillerinden kaynaklanan azami yükler
- Gemi yapısının şekil değiştirmesi nedeniyle temel yapısına iletilen kuvvetler
- Temellerden türbine iletilen özel iç ivme yüklerinin uygulanması
- Ani durma yükleri
- Kanat kırılmasının yol açtığı kanat kaybı kuvvetleri
- Uygulamada önemli olabilecek diğer operasyonel yükler.

Bu hesaplar, özel istek üzerine ve verilecek şartnameye uygun olarak **TL** tarafından incelenebilir.

1.4 Gaz türbini (güç kısmı) herhangibir tüketiciye, sevk sistemine veya dişli kutusuna, tüm emniyet işlevlerini sağlayan elastik kaplinlerle bağlanacaktır. Birden fazla gaz türbininin ortak bir dişli kutusuna bağlandığı veya piç kontrollü pervanenin kullanılmadığı durumlarda, ilave ayırma düzenleri (kavramalar) sağlanacaktır.

1.5 Kullanılan esnek bağlantılar, elastik veya diğer kompanse edici kaplinler ve kavramalar tercihen tip onaylı olacaktır. Türbin ünitelerinin bağlayıcı bileşenlerinin özel gereksinimleri nedeniyle (yüksek devir, büyük yer değişimleri), üreticinin tavsiyeleri dikkate alınarak, her durum için özel dizayn/onay yapılacaktır.

2. Hava Giriş ve Egzost Gazı Çıkış Sistemleri

2.1 Gaz türbinine toz, zararlı parçacıklar ve deniz tuzu çökeltisinin girmesini önlemek üzere hava girişlerine hava filtreleri konulacaktır. Filtredeki basınç düşüşü izlenecek ve izin verilen maksimum değer yönünden gösterilecektir.

Hava filtresinin buzlanmaya karşı, özel uygulamalarda istenilen şekilde, buzlanmayı önleyici bir sistemle korunacaktır. Hava girişlerinin emişleri, serpintilerin girişi en az olacak şekilde düzenlenecek ve dizayn edilecektir. Hava girişleri, suyun dreynini sağlayan düzenlerle teçhiz edilecektir.

2.2 Hava girişleri ve egzost çıkışları, egzost gazlarının tekrar girişi en az olacak şekilde düzenlenecektir.

2.3 Çok makinalı tesislerde, her gaz türbini için ayrı giriş ve çıkışlar bulunacaktır.

2.4 Gerektiği takdirde, gürültü seviyesini sınırlamak üzere, giriş ve egzost susturucuları kullanılacaktır. Gaz türbini sisteminden 1 m mesafedeki maksimum gürültü seviyesi, adamsız makina dairelerinde (tipik olarak gaz türbini muhafazasında) 110 dB'i veya adamlı makina kontrol merkezinde (MCC) 80 dB'i aşmayacaktır.

3. Titreşim Analizleri

3.1 Bir pervaneyi veya su jetini tahrik eden sevk sistemleri için, gaz türbini ve sevk sisteminin tamamını kapsayan bir burulma titreşimi analizi onay için verilecektir. Sistem için ana uyarım olarak pervanenin / kanadın periyodik kuvvetleri dikkate alınabilir (1. ve 2. kanat uyarımı).

3.2 Üretici tarafından özellikle belirtilmedikçe, güç türbini tarafından üretilen uyarımlar ihmal edilebilir. 100 Hz'i aşan uyarımlar, burulma titreşimi hesaplarında ihmal edilebilir.

3.3 Gaz türbini üreticisi tarafından, eğilme titreşimleri gibi, diğer titreşim analizlerinin yapılması gerekli görülebilir. Bu konudaki üretici tavsiyeleri uygulanacaktır.

F. Testler ve Tecrübeler

1. Malzeme Testleri

1.1 Talep halinde, Tablo 4A.2'de listelenen bileşenler için malzeme sertifikaları sunulacaktır. Her durumda ayrı ayrı olmak üzere, üretim yöntemleri ve temin ediciler ile ilgili özel anlaşmalara uyulmalıdır. Testleri kapsamı, asgari olarak, üreticinin onaylı kalite sistemine uygun olacaktır.

1.2 Tahribatsız muayeneler

Rotorlar, kanatlar, diskler ve döner parçaların kaynaklı birleştirmeleri tahribatsız muayeneye tabi tutulacaktır. Kaynaklı birleştirmeler için diğer üretim kontrol yöntemleri eşdeğer olarak kabul edilebilir. Muayeneler üretici tarafından yapılacak ve test yöntemi ayrıntıları ile birlikte sonuçlar, tanınmış kabul kriterlerine göre değerlendirilecek ve bir kabul protokolü ile dokümante edilecektir.

2. Üretim Yerlerinde Yapım Aşamasındaki Testler

2.1 Bileşen testleri

Her gaz türbini için aşağıdaki bileşen testleri yapılmalıdır:

2.1.1 Basınç ve sızdırmazlık testi

Türbin gövdeleri, dizayn basıncının 1,5 katı ile test edilecektir. Dizayn basıncı, normal çalışma koşullarında, gövdeye gelmesi öngörülen en yüksek basınçtır (normal koşullarda izin verilen maksimum çalışma basıncının en az 1,25 katı).

Uygulama zorlukları nedeniyle, türbin gövdesinin sızdırmazlık testi yerine, **TL** ile anlaşmak suretiyle diğer alternatif yöntemler uygulanabilir.

Soğutucular, ısı değiştiriciler, vb gibi diğer basınçlı kaplar, dizayn basınçlarının 1,5 katı ile basınç testine tabi tutulacaktır.

Tablo 4A.2 Birincil bileşenler için gerekli olan malzeme sertifikası tipleri

Bileşen	Malzeme sertifikası
Kanatlar	**TL** Malzeme Sertifikası veya Üretici Muayene Sertifikası Üreticinin uyguladığı kalite güvence sistemine bağlı olarak her durumda ayrı ayrı olmak üzere **TL** tarafından karar verilecektir.
Çarklar	
Şaftlar	
Diskler	
Bağlantı civataları	
Yanma odaları	
Yakıt nozulları	
Gaz jeneratörü gövdesi	
Türbin jeneratör gövdesi	
Labirant sızdırmazlık elemanları	Üretici Muayene Sertifikası
Yataklar, hidrodinamik	

2.1.2 Rotor balansı

Monte edilen diskler dahil, üretimi tamamlanmış tüm rotorlar, nihai montajdan önce dinamik olarak balans edilecektir. Balans prosedürü ve balans öncesi ve sonrası sonuçlar dokümante edilecektir.
Değerlendirme için ISO 21940-11 veya eşdeğeri kaideler kullanılabilir.

2.1.3 Soğuk olarak aşırı hız testi

Türbin ve kompresör çarkları, anma devir sayısının en az %15 fazlası bir devir sayısıyla, en az üç dakika süreyle test edilecektir.

Konu edilen devir sayısında yapının kusursuz bir hesabı yapılabiliyorsa ve hareketli parçaların hatasız oluşu tahribatsız muayene ile ayrıntılı olarak araştırılmış ise, **TL**, döner parçaların aşırı devir sayısındaki zorlanmalarının hesapla bulunmuş sonuçlarını, söz konusu test yerine kabul edebilir.

2.2 Gaz türbinlerinin testi ile ilgili genel istekler

2.2.1 Komple gaz türbini ünitesinin tip testi, fabrika testi ve seyir tecrübeleri ile ilgili planlı prosedürler onay için verilecektir. Testler **TL** sörveyörünün gözetiminde yapılacaktır.

2.2.2 Tip testi, özel tip bir makinaya (yeni veya geliştirilmiş dizayn) ait olup, önemli dizayn farklılıkları bulunan diğer tip makinaları kapsamaz. Kompresör ve güç türbininin maksimum devir sayısı, ateşleme sıcaklığı, türbin giriş sıcaklığı, egzost sıcaklığı, kütle akış miktarı ve güç, bir türbin tipinin tipik sabit dizayn değerleridir.

Karakteristik parametrelere ait böyle bir liste, tip onayı sertifikasında referans olarak yer alacaktır.

2.2.3 Prototipinin kapsamlı olarak tip testine tabi tutulmuş olmasının yanısıra her gaz türbini, madde 2.4'e göre, teslimden önce atölye testlerine (Fabrika Kabul Testi) ve madde 4'e göre seyir tecrübesine tabi tutulacaktır. Testler **TL** sörveyörü gözetiminde yapılacak ve uygun şekilde dokümante edilecektir.

2.2.4 Madde A.3'de listelenen karakteristik gaz türbini parametrelerinin yanısıra, değişen ortam koşullarındaki performansı ve tüketimi gösteren parametreler de kaydedilecektir:

- Ortam hava sıcaklığı
- Ortam hava basıncı
- Bağıl nem
- Sıvı veya gaz yakıt için alt ısıtma değeri

- Absorbe edici dinamometre veya şaft tork ölçeri ile ölçülen tork

Yukarıda listelenen ölçülen ortam parametreleri, Tablo 4A.3'de verilen referans koşulları ile birlikte, Askeri otorite tarafından istenilen referans özgül yakıt tüketiminin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Tablo 4A.3 ISO 2314'e göre standart referans koşulları

Sıcaklık	15 °C
Nem	% 60 bağıl
Barometrik basınç	1013 mbar

2.2.5 Gaz türbini üreticisinin yaptığı FAT (üretici test düzeninde) sırasında kullanılan izleme ve kontrol sistemi, gemide veya manifoldun toplanması sırasında uygulanacak olan eşdeğer ve benzer parametreleri sisteme vermelidir. Bu sistemler gaz türbini üreticisi tarafından onaylanacak ve **TL** tip onaylı olacaktır.

2.2.6 Test bed'de çalıştırıldıktan sonra sevk gaz türbinlerinin yakıt besleme sistemi, % 100 güç'e ayarlanacak ve sınırlanacaktır. Jeneratörleri tahrik eden gaz türbinlerinin yakıt sistemi daha yüksek bir değerle sınırlandırılabilir, fakat be değer % 110 çıkış gücünü geçemez. Sınır değer, A.2'de tanımlanan "izin verilen maksimum güç" 'ü geçmeyecektir.

2.3 Tip testi prosedürü çerçevesindeki testler (FAT prototip)

2.3.1 Genel

Gaz türbinlerinin tip onayı, türün ilk gaz türbini için genişletilmiş tip testlerini kapsar. Tip testi üreticinin tesisinde ve normalde **TL** sörveyörü gözetiminde yapılacaktır. Halihazırda mevcut ve kanıtlanmış dizaynlar için üretici tarafından yapılan, uygun şekilde dokümante edilen ve bağımsız bir kuruluş veya tanınmış bir klas kuruluşunun nezaret ettiği komple tip testi prosedürü, dokümanların kapsamlı olarak imcelenmesini takiben **TL** tarafından kabul edilebilir.

2.3.2 Testlerin kapsamı

Tip testi şunları içermelidir:

- İlk hareket testi
- Emercensi durdurma tesi
- Performans testi
- Emercensi çalıştırma testi

Test prosedürü, testlere başlanılmadan önce **TL** tarafından onaylanacaktır.

Aşağıda belirtilen testler, tercihen gerçek kontrol sistemi monte edilmiş ve tam olarak çalışır durumda iken yapılacaktır. Kontrol sisteminin tip testi ve atölye testi sırasında geçici olarak, ayrıca seyir tecrübesi öncesi ve sonrasında sistemin gemiye nihai olarak montajı yapıldıktan sonra kontrol edilmesi tavsiye edilir.

2.3.3 İlk hareket testi

En az bir hatalı ilk hareket simülasyonu ve normal start girişiminden önce üreticinin belirlediği minimum yakıt dreyn süresi testi yer almalıdır.

Emercensi durdurmadan sonra en az 3 normal ilk hareket testi yapılmalıdır.

2.3.4 Emercensi durdurma testi

Emercensi durdurma aşağıdaki nedenlerden kaynaklanabilir:

- Tam yükte, sıcak durdurma, kilitlemeden önce ve 30 dakika içinde tekrar çalıştırma sağlanacaktır
- Başarısız ilk hareket sırasından kaynaklanan ateşleme hatası
- Yanmanın durması.

Bu test sırasında, aşırı devirde durdurma işlevinin doğrulanması için gaz türbini aşırı devir sınırına doğru (% 115) ivmelendirilir

2.3.5 Performans testi (tip testi)

2.3.5.1 Test sırası

Test sırası aşağıdaki gibidir:

- sevk uygulamaları (pervane eğrisi) için, maksimum devamlı türbin devri ile minimum boşta çalışma devri arasındaki farklı kısmi yüklerde ve zaman artımı ile veya jeneratör uygulamaları için senkron devrinde ve farklı yüklerde (yük değişimi) toplam 100 saat. Ayrıntılar için 2.3.5.2 ve 2.3.5.3'e bakınız.

- Sonra, maksimum nominal devamlı güçte toplam en az 1 saat (% 100 devirde, % 100 torkta, % 100 güçte)

- % 110 güçte 30 dakika.

Ana hatlarıyla burada ve 2.4'te verilen performans testleri asgari isteklerdir. Üreticinin, birinci makina için uzun süreli çalıştırma tecrübelerini yapması, bunları dokümante etmesi ve talep halinde sunması kabul edilir.

Gaz türbininin hem sevk hem de jeneratör amacıyla kullanımı öngörülen hallerde, performans testi hem değişken devirdeki yük değişimlerini (pervane eğrisi) hem de sabit devri kapsayacaktır. Testlerin olumlu olması halinde tip onayı her iki uygulama için geçerli olur.

2.3.5.2 Sevk tesisleri

Performans testi temel olarak, % 100 ve % 110 güçte yapılır. Mevcut imkanlara göre, kararlı durumdaki diğer noktalar için inceleme gereklidir. Genelde, pervane eğrisine karşılık gelen değişken devirlerdeki % 90, % 75, % 50, % 25 güç noktaları gösterilecek ve dokümante edilecektir.

2.3.5.3 Jeneratör tesisleri

Jeneratör tesisleri için, yük düşümü ve yük artımı ile kısmi yükte çalışmadaki testler de gereklidir. Önerilen test prosedürünü onaylarken, belirli bir türbinin ve üreticinin özel koşullarını dikkate almak üzere, bu testler ayrı ayrı yapılacaktır.

Genelde jeneratör tesislerinde, % 100'den % 0'a yük düşümü, % 0'dan % 100'e yük artımı ve güç ihtiyacına göre diğer yük değişimleri, rpm'de +/- % 10'dan fazla geçici bir değişime neden olmamalıdır. Kararlı durumda, nominal devirdeki sabit devir dalgalanması, nominal devirin + % 1'ini aşmayacaktır.

2.3.6 Emercensi çalıştırma testi

Emercensi çalıştırma durumu için aşağıdaki testler yapılacaktır:

- Ani çalıştırma

- İptal işlevleri.

Üretici, kanıtlı deneyimlerle veya dizayn hesapları ile, bu emercensi çalıştırmanın, gaz türbininde arızalanmaya veya hasarlanmaya neden olmayacağı göstermelidir.

2.3.7 Tip testi raporu

Onaylanmak üzere verilecek olan izlenen tüm performans verileri dahil, gaz türbini üreticisinin kayıtları, bir tip test raporunda dokümante edilecektir. Bileşenleri kusurları, parçaların uyumsuzluğu, vb. gibi bozukluklar oluşursa, bunların nedeni analiz edilmeli ve giderilmelidir. Hasar/kusurlar ve uygulanan karşı önlemler raporda yer almalıdır.

2.4 Atölye test prosedürü çerçevesindeki testler (FAT tekil gaz türbini)

2.4.1 Genel

A.5'e göre sertifikalandırmaya tabi olan tip onaylı her gaz türbini, sertifikalandırmadan ve montaj için teslimden önce, üreticinin işyerindeki düzenekte atölye testine tabi tutulacaktır.

Testten önce, atölyenin test prosedürü **TL** tarafından onaylanacaktır.

2.4.2 Testlerin kapsamı

Atölye testleri aşağıdakileri kapsamalıdır:

- 2.3.3'e göre ilk hareket testi

- 2.3.4'e göre emercensi durdurma testi
- 2.4.3'e göre performans testi
- 2.3.6'ya göre emercensi çalıştırma testi

2.4.3 Performans atölye testi

Test sırası aşağıdaki gibidir:

- % 100 güçte, % 100 torkta ve % 100 devirdeki maksimum nominal devamlı güçte toplam 1 saat
- % 110 güçte 30 dakika
- Değişken devirde (ana sevk türbinleri için) veya senkronize devirde(jeneratörler için) kısmi yükte ilave çalıştırma (toplam 1 h)

İlave testler veya "yerine" yapılacak testler gibi özel askeri gemi uygulamaları gerekli olabilir. Bu konuda **TL** ile üretici arasında anlaşmaya varılacaktır. Bu husus Askeri otoritenin özel isteklerine bağlıdır.

Diğer ayrıntılar için 2.3.5'e bakınız.

3. Boroskop Muayenesi

3.1 Boroskop muayenesi, 2.3'teki tip testi ve 2.4'teki atölye testinden sonra yapılacaktır.

Tip testinden sonra, normal olarak türbin ünitesi sökülecek ve ana bileşenler ayrıntılı olarak kontrol edilecektir. Eğer bu yöntem uygulanırsa boroskop muayenesi gerekli değildir.

İlgili tarafların özel talebi veya kusurların belirlenmesi halinde, seyir tecrübesinden sonra da bir boroskop muayenesi gerekebilir.

Boroskop muayenesi, **TL** tarafından gerekli görülürse, **TL** sörveyörü tarafından veya onun gözetiminde yapılacaktır.

3.2 Eğer muayene açıklıkları varsa, aşağıdaki parçaların boroskop muayenesi yapılacaktır:

- Kompresör (kanatlar ve nozullar)
- Yanma odası
- Yakıt brülörü
- Yüksek basınç türbini (kanatlar ve nozullar)
- Güç türbini (kanatlar ve nozullar)

3.3 Yeni gaz türbininin testinden sonra, genel olarak, döner parçalarda çatlak veya önemli bir aşınma görülmeyecektir.

Dokümante edilen kabul kriterleri esas alınarak, kritik olmayan parçalardaki küçük çatlaklar, çentikler ve ya çizikler kabul edilebilir.

4. Seyir Tecrübeleri

4.1 Tecrübe prosedürü

Seyir tecrübeleri; tipik start-stop çevrimleri, boşta çalışma, devir arması ve azalması dahil, makinanın askeri geminin servis koşullarındaki çalışma durumunu simüle etmelidir.

Seyir tecrübesi prosedürü, tecrübelerden önce **TL** tarafından onaylanacaktır.

4.2 Yüksüz çalışma, ayarlama

Seyir tecrübelerine başlamadan önce, makina ile kontrol ve izleme sistemi, 20 dakika süreyle sorunsuz çalıştığının belirlenmesi için yüksüz halde çalıştırılmalıdır.

Jeneratör gaz türbinleri için, mümkünse, yük paylaşım karakteristiklerinin testi ve ayarlaması yapılacaktır. Bu ayarlama jeneratör seti üreticinin yerinde veya toplanma sırasında yapılabilir.

4.3 Performans testi

Asgari olarak, makina aşağıda belirtilen şekilde en az 6 saat çalıştırılmalıdır:

- Nominal devirde en az 4 saat

- Normal devamlı ileri seyir hızı v_M'ye karşılık gelen makina devrinde en az 2 saat

Birincil olmayan sevk sistemi gibi özel amaçlı gaz türbinleri için, Askeri otoritenin şartnamesine göre özel istekler uygulanabilir.

4.4 Özel testler

Tam yoldan ani durma koşulu test edilecektir. Bu test, gaz türbininin kumandasının izin verdiği en hızlı sürede yapılacaktır.

Normal çalıştırma girişiminden önce, süpürme süresini takiben, çalışmayan türbinin en az bir startı gösterilecektir. Startın, termal kilitlenme oluşmadan önce mümkün olduğunun doğrulanması için, türbinin tekrar çalıştırılması için gerekli minimum süre kontrol edilecektir.

4.5 Titreşim ölçümleri

Seyir tecrübeleri sırasında titreşim ölçümleri kaydedilecektir. Sevk tesisinin olası çalışma durumları dikkate alınarak (örneğin kumanda edilebilir piçli pervane ve sabit türbin devri veya sabit piçli pervane ve değişken türbin devri) titreşim sinyalleri kaydedilecektir.

Talep halinde, kavrama prosedürleri, start ve stop, vb. ayrıca incelenecektir.

4.6 Son muayene

Seyir tecrübesinden sonra, **TL** tarafından madde 3'de belirtilen boroskop muayenesi istenebilir.

BÖLÜM 4 B

TERMİK TÜRBO MAKiNALAR / EGZOST GAZI TÜRBOŞARJERLERİ

Sayfa

A. Genel 4B-2

1. Kapsam
2. Tanımlar
3. Tip onayı
4. Sertifikalandırma

B. Dizayn ve Montaj 4B-3

1. Genel
2. Temel Dizayn Değerlendirmeleri
3. Hava Girişi
4. Sıcak Yüzeyler
5. Yatak Yağlaması
6. Boru ve Kanal Bağlantıları
7. Alarmlar ve İzleme

***C. Testler*..... 4B-4**

1. Malzeme Testleri
2. Dayanım Testi
3. Tip Testi
4. Yedek Parçalar

D. Atölyelerin Onaylanması..... 4B-8

1. Malzemeler ve Üretim
2. Seri Olarak Üretilen Egzost Gazı Türboşarjerleri
3. Egzost Gazı Türboşarjerlerinin Lisans Anlaşması Altında Üretilmesi

A. Genel

1. Kapsam

1.1 Buradaki kurallar, türboşarjerlerin dizayn onayı, tip testleri, sertifikalandırılması ve makina ile eşlenmelerine uygulanır. Türboşarjerler, ya ayrı olarak ya da makinanın bir parçası olarak tip onaylı olacaktır. İstekler, egzost gazı ile çalışan türboşarjerler için verilmiş olup, prensip olarak, makinadan tahrikli olanlara da uygulanır.

1.2 İstekler, türboşarjerin boyutu ile artış gösterirler. Boyut parametresi, türboşarjerin beslediği silindir gruplarının temin ettiği makina gücüdür (MCR'de) (örneğin, her sıra için bir türboşarjeri bulunan V-makinalarda boyut, toplam makina gücünün yarısıdır).

1.3 Türboşarjerler, beslediği silindir gruplarının gücüne bağlı olarak üç sınıfa ayrılırlar:

- Sınıf A : ≤ 1000 kW
- Sınıf B : > 1000 kW ve ≤ 2500 kW
- Sınıf C : > 2500 kW

2. Tanımlar

Türboşarjer devrine ait olarak, aşağıdaki tanımlar uygulanacaktır:

- İzin verilen maksimum devir:
  Uygulamadan bağımsız olarak maksimum türboşarjer devri

- Maksimum çalışma devri:
  Dizel makinanın % 110 gücündeki devir

- çalışma devri:
  MCR'yi (maksimum devamlı güç) temsil eden dizel makinanın % 100 gücündeki devir.

Maksimum çalışma devri ve izin verilen maksimum devire eşit olabilir.

3. Tip onayı

3.1 Genelde türboşarjerler tip onaylı olacaktır. Madde 3.2'ye göre düzenlenecek Tip Onayı Sertifikası 5 yıl geçerlidir.

3.2 Onaylanacak dokümanlar

Aşağıda belirtilen dokümanlar onay için TL'na verilecektir: (I – Bilgi, A – Onay)

Sınıf A :

Talep halinde

- Dayanım test raporu, (A)
- Ana ölçüleri ve bileşen isimlerini de içeren kesit resimleri. (I)
- Test programı (A)

Sınıf B ve C :

- Ana ölçüleri ve dayanımın değerlendirilmesi ile ilgili olarak muhafaza bileşenlerinin malzemelerini içeren kesit resimleri (I)
- Disk çatlaması durumundaki dayanım dokümanları, (A)
- Çalışma verileri ve sınırlamalar (I):
- İzin verilen maksimum çalışma devri (rpm)
- Aşırı devir için alarm düzeyi
- Türbinden önce, izin verilen maksimum egzost gazı sıcaklığı
- Türbinden önce, egzost gazı sıcaklığının alarm düzeyi
- Yağlama yağı minimum giriş basıncı
- Yağlama yağı giriş basıncı düşük düzey alarmı ayar noktası
- Yağlama yağı maksimum çıkış sıcaklığı
- Yağlama yağı çıkış sıcaklığı yüksek düzey alarmı ayar noktası
- İzin verilen maksimum titreşim düzeyleri, yani, kendinden ve dış kaynaklı titreşimler

(Alarm düzeyleri, izin verilen sınırlara eşit olabilir, ancak, makina % 110 güçte veya % 110'un dışında onaylı herhangibir aralıklı aşırı devirde çalışırken ulaşılmayacaktır).

- Yağlama yağı sistemi yerleşimi, çalışma aralığındaki tüm varyantlar. (A)

- Tip testi raporu. (A)

- Test programı. (A)

Sınıf C :

- Kanat bağlantı detayları dahil, muhafazanın ve döner parçaların resimleri (I)
- Yukarıda belirtilen tüm parçaların malzeme özellikleri (kimyasal bileşim ve mekanik özellikler) (A)
- Uygulaması varsa, yukarıda belirtilen parçaların kaynak detayları ve kaynak prosedürü. (A)
- Disk'in sıkı geçme ile şafta bağlantısında, emniyetli tork iletimi dokümanları (*) C.3'e bakınız.(I)
- Sürünme, düşük çevrimli yorulma ve yüksek çevrimli yorulma dikkate alınarak, öngörülen ömür hakkında bilgi. (I)
- Çalıştırma ve bakım elkitapları (*).(I)

(*) Genel türboşarjerler içinden iki boyuta uygulanır.

Aşağıda belirtilen ilave bilgiler de **TL**'na verilecektir:

- Döner parçalar ve muhafazalar için taşeronların bilgileri (isim ve adres),

- Belirli bir tipte türboşarjer üretimi ve teslimi için yetki verilmişse, lisans verilen kuruluşların bilgileri (isim ve adres)

4. Sertifikalandırma

4.1 Üretici, dizaynerin isteklerini karşılamak ve üretimin onaylı resimleri uygun olarak yapılmasını sağlamak üzere tasarlanan bir kalite sistemini uygulayacaktır.

4.2 Sınıf C için, bu sistem, **TL** tarafından, Alternatif Sertifikalandırma Programı (ACS, Klaslama ve Sörveyler, Bölüm 2, F'ye bakınız) çerçevesinde yapılan periyodik ürün denetimleri ile doğrulanacaktır.

4.3 Bu denetimlerde aşağıdaki hususlara odaklanılacaktır:

- Döner parçaların malzemelerinin kimyasal bileşimi.
- Döner parçaları ve muhafazayı temsil eden malzeme örneğinin mekanik özellikleri.
- Döner parçaların UT ve çatlak algılaması
- Döner parçaların boyut kontrolü.
- Rotor balansı.
- Soğutma mahallerinin, 4 bar veya maksimum çalışma basıncının 1,5 katı ile(hangisi büyükse) ile hidrolik testi.
- İlgili basınç oranında fiili muhafaza ile test edilirken, ya oda sıcaklığında alarm düzeyi devrinin % 20 üzerinde veya 45 °C giriş sıcaklığında alarm düzeyi devrinin % 10 üzerinde, tüm kompresör kanatlarının 3 dakika süreyle aşırı devir testi. Onaylı tahribatsız bir yöntem ile test edilmiş dövme kanatlarda aşırı devir testi yapılmayabilir.

4.4 Türboşarjerler aşağıda belirtilen şekilde teslim edilecektir:

- C sınıfı için, asgari olarak, uygulanan tip onayına ve uygulanmışsa ACS'ye atıfta bulunan klas sertifikası,

- B sınıfı için, asgari olarak, ürün değerlendirmesini içeren tip onayına atıfta bulunan üretici sert6ifikası.

4.5 Aynı koşullar, döner parçaların ve muhafazanın değişimi halinde de geçerlidir.

4.6 Yukarıda belirtilen periyodik üretim denetimlerine alternatif olarak, **TL**'nun kararına göre, türboşarjerin ve parçalarının tekil olarak sertifikalandırılması yapılabilir. Ancak, C sınıfı türboşarjer ve parçalarının tekil olarak sertifikalandırılmasında, yukarıda belirtilen test gereksinimleri esas alınacaktır.

B. Dizayn ve Montaj

1. Genel

Türboşarjerler, asgari olarak, TL-R M46 ve TL-R M28'de verilen ortam koşullarında çalışmak üzere dizayn edilecektir. Bileşen ömrü ve devir alarm düzeyi için 45 °C hava giriş sıcaklığı esas alınacaktır.

2. Temel Dizayn Değerlendirmeleri

Türboşarjerlerin kabulü ve sertifikalandırılması için,

resim onayı, dokümante edilmiş tip testi ve çalışma bütünlüğünün doğrulanması gereklidir.

Türboşarjer rotorlarının doğal kırılma devri kriterine göre dizayn edilmesi gerekir. Genelde, kompresörün kırılmasından sonra, kompresördeki enerji absorbsiyonunun kaybolması nedeniyle türbinin aşırı devrini önlemek üzere türbinin kırılma devri, kompresörün kırılma devrinden az olacaktır.

3. Hava Girişi

Türboşarjerin hava girişinde, toz veya su girişini en aza indirmek üzere bir filtre bulunacaktır.

4. Sıcak Yüzeyler

4.1 Yüzey sıcaklığı 220°C'ın üzerinde olan kısımlar, eğer yanıcı yağların, yağlama yağlarının veya yakıtın bu yüzeylere teması söz konusu ise, yangın riski en aza indirilecek şekilde izole edilecektir.

4.2 Boru birleşimleri, püskürtme veya damlama şeklinde sızan yağın yüzey sıcaklığı 220°C'dan fazla olan yüzeylere temas etmesi önlenecek tarzda düzenlenecek veya muhafazaya alınacaktır.

4.3 Yürüyüş yollarındaki veya türboşarjerin çalışma alanı içindeki sıcak elemanlar, temas ile yanıklar oluşmayacak şekilde izole edilecek veya korunacaktır.

4.4 Basıncı 1.8 bar'dan yüksek olan türboşarjerlerdaki yağlama yağ devresindeki boru bağlantıları muhtemel yağ sızıntı veya püskürtülerinin, sıcak yüzeylere, makinaların hava emme yerlerine, veya diğer sıcak yüzeylere erişmesini önlemek için örtülecek ya da uygun şekilde korunacaktır. Bu devrelerdeki boru bağlantılarının sayısı minimumda tutulacaktır.

5. Yatak Yağlaması

5.1 Yatak yağlaması egzost gazları veya bitişik sıcak bileşenler nedeniyle zarar görmemelidir.

5.2 Sızan yağlar ve yağ buharları, sıcaklıkları kendinden tutuşma sıcaklığına eşit veya büyük olan parçalarla teması önlenecek şekilde giderilecektir.

5.3 Dizel makina ile ortak bir yağlama sistemine sahip olan ve elektrikli yağlama yağı pompası ile beslenen türboşarjerlerde emercensi yağlama yağı tankının konulması önerilir.

5.4 Türboşarjerden, patlayıcı gaz içeren bitişik elemanlara (örneğin; krankşaft muhafazası) gaz akışı, uygun bir havalandırma sistemi ile önlenmelidir.

6. Boru ve Kanal Bağlantıları

Türboşarjer muhafazasına boru veya kanal bağlantıları türboşarjerlere aşırı yük veya moment iletilmesini önleyecek şekilde yapılacaktır.

7. Alarmlar ve İzleme

7.1 B ve C sınıfı tüm türboşarjerler için, Tablo 4B.1'de listelenen göstergeler ve alarmlar gereklidir.

7.2 Göstergeler, lokal veya uzaktaki mahalde olabilir.

C. Testler

1. Malzeme Testleri

1.1 Genel

Kanatlar dahil olmak üzere, muhafazalar, şaft, kompresör ve türbin çarkı için malzeme testi gereklidir.

Egzost gazı türboşarjerlerinin bileşenlerinde kullanılan malzemeler, öngörülen amaca uygun olacak ve onaylı üretici koşullarının minimum gereklerini sağlayacaktır.

Tüm malzemeler; yeterince denenmiş tekniklere göre imal edilmeli ve istenilen özelliklere sahip olmalıdır. Yeni teknolojilerin uygulandığı hallerde, bunların uygunluğunun ön doğrulaması **TL**'na verilecektir. **TL**'nun kararına göre, bu doğrulama, özel prosedür testleri şeklinde ve/veya üreticinin ya da bağımsız test kuruluşunun test sonuçlarının sunulması suretiyle yapılabilir.

Türboşarjer muhafazaları sünek malzemelerden (min. %90 ferritik yapı) olacak ve gerekli mikro yapı ile süneklik değerlerinin sağlanması ve artık gerilmelerin giderilmesi için uygun şekilde ısıl işleme tabi tutulacaktır. Standart ısıl işlemlerden farklılıklar **TL** tarafından ayrıca onaylanmalıdır.

1.2 Teslim koşulları ve ısıl işlem

Malzemeler öngörülen ısıl işleme tabi tutulmuş halde teslim edilecektir. Nihai ısıl işlemin, malzeme sağlayıcısı tarafından yapıldığı hallerde, malzemenin teslim edildiği fiili koşul, ilgili sertifikada açık olarak belirtilecektir. Bileşenlere ait malzeme özelliklerinin son doğrulaması, üretim prosedürüne göre uyarlanmalı ve koordine edilmelidir. Isıl işlem prosedürlerinden sapmalar, **TL** tarafından onaylanmalıdır.

Tablo 4B.1

Poz.	İzlenen parametreler	Türboşarjer sınıfı				Notlar
		B		C		
		Alarm	Gösterge	Alarm	Gösterge	
1	Devir sayısı	Yüksek (4)	X (4)	Yüksek (4)	X (4)	
2	Her türboşarjer girişinde egzost gazı sıcaklığı	Yüksek (1)	X (1)	Yüksek	X	Makinanın her silindiri için yüksek sıcaklık alarmı kabul edilir (2)
3	Türboşarjer çıkışındaki yağlama yağı sıcaklığı			Yüksek	X	Cebri sistem değilse, yatakların yanındaki yağ sıcaklığı
4	Türboşarjer girişindeki yağlama yağı basıncı	Düşük	X	Düşük	X	Sadece cebri yağlama sistemleriiçin (3)

(1) *Türbin için alarm düzeyi emniyetli bir değere ayarlanmış ve giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki oranın doğrulanmış olması koşuluyla, B sınıfı türboşarjerler için, alternatif olarak, türboşarjer çıkışındaki egzost gazı sıcaklığı izlenebilir.*

(2) *Her silindir için egzost gazı sıcaklığına ait alarm ve göstergelerin sağlanmış olması ve alarm düzeyinin türboşarjer için emniyetli bir değere ayarlanmış olması halinde, türboşarjer girişindeki egzost gazı sıcaklığı alarmı ve göstergesinden vazgeçilebilir.*

(3) *Türboşarjerin yağlama yağı sisteminin, dizel makinasının yağlama yağı sistemi ile bütünleşik olmaması veya dizel makinasının yağlama yağı sisteminden bir kısma valfi ya da basınç düşürücü valfle ayrılmış olması halinde, ayrı sensörler sağlanacaktır.*

(4) *Türboşarjerlerin sıralı olarak aktive edildiği türboşarjer sistemlerinde, tüm türboşarjerlerin aynı giriş filtresini paylaşması ve tahliye kapağının bulunmaması koşuluyla, en son aktive olan türboşarjer (ler) için devir sayısı izlemesi gerekli değildir.*

1.3 Kimyasal bileşim ve mekanik özellikler

Malzemeler ve ürünler, **TL** Malzeme Kuralları'nda veya varsa, her tip için onaylanan ilgili üretici malzeme özelliklerinde belirtilen kimyasal bileşim ve mekanik özelliklerle ilgili isteklere uygun olmalıdır.

1.4 Tahribatsız testler

Çarklar, kanatlar ve döner parçaların kaynaklı birleştirmeleri için tahribatsız testler yapılacaktır.

Kaynaklı birleştirmeler için eşdeğer üretim kontrolü kabul edilebilir. Testler üretici tarafından yapılacak ve test yönteminin ayrıntıları ile birlikte test sonuçları, tanınmış kalite kriterlerine göre değerlendirilecek ve sertifikada belirtilecektir.

1.5 Malzeme Sertifikaları

Malzeme Sertifikaları, asgari olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Ürünün miktarı, tipi, varsa malzemenin boyutları, tipi teslim koşulları ve ağırlığı,
- Sipariş ve iş numaraları (varsa) ile birlikte sağlayıcının adı,
- Biliniyorsa, yapım numarası,
- Üretim prosesi,
- Eriyik numarası ve kimyasal bileşim,
- Isıl işlemin ayrıntısı ile birlikte teslim koşulu,
- Belirleyici işaretler,
- Ortam sıcaklığında malzemede yapılan mekanik özelliklerin testleri sonuçları.

Türboşarjerin üretilen bileşenlerine bağlı olarak, malzeme test sertifikaları üretici veya **TL** tarafından düzenlenmelidir. Gerekli sertifikalar Tablo 4B.2'de gösterilmiştir.
Malzemeler, her durumda tip onayı ile birlikte onaylanan özelliklere uygun olmalıdır.

Eğer üretici, silindir çapı ≤300 mm. olan dizel makinalara konulan, seri olarak üretilen egzost gazı türboşarjeri üreticisi olarak D.2'ye göre onaylı ise, bu parçaların malzeme özellikleri için Üretici Muayene Sertifikaları düzenleyebilir ve bunların **TL** sörveyörünce doğrulanması gerekmez.

Tablo 4B.2 Malzeme sertifikaları

Bileşen	Sertifika tipi
Şaft	**TL** Malzeme Sertifikası
Rotorlar (kompresör ve türbin)	**TL** Malzeme Sertifikası
Kanatlar	**TL** Malzeme Sertifikası
Muhafazalar	Üretici Test Raporu

2. Dayanım Testi

2.1 Türboşarjerler, rotorun kırılması durumundaki dayanım isteklerini karşılamalıdır. Bunun için, rotorun kırılması halinde hiçbir parçanın, türboşarjer muhafazasını delip geçmemesi veya hava girişinden dışarı çıkmaması gereklidir. Dokümantasyonda kullanılmak amacıyla (test/hesaplama), disklerin olası en olumsuz şekilde parçalara ayrıldığı kabul edilecektir.

2.2 B ve C sınıfları için, dayanım testlerle dokümante edilecektir. Bu isteğe uygunluk, belirli bir ünitede yapılan testler esas alınarak, türboşarjerlerin belirli türü** için geçerlidir.

Belirli bir tür içinde, küçük bir üniteye göre büyük bir ünitenin testi tercih edilir. Her durumda, seçilen test ünitesinin, belirli bir türün tümünü temsil ettiği dokümante edilmelidir (örneğin hesaplama yoluyla).

Türboşarjerin tip onayı için, aşağıdaki madde 2.3 ve 2.4'deki istekler uygulanır.

*** Belirli bir tür, aynı tasarıma sahip ancak birbirine göre ölçeklendirilmiş bir dizi türboşarjer anlamına gelir.*

2.3 Dayanım testi için minimum devir sayıları aşağıda verilmiştir:

Kompesör : ≥ izin verilen maksimum devir sayısının % 120'si

Türbin : ≥ izin verilen maksimum devir sayısının % 140'ı veya doğal kırılma devir sayısı (hangisi düşükse)

2.4 Dayanım testi, imalatçı tarafından belirtilecek olan türboşarjerin izin verlen maksimum sıcaklığından daha düşük olmayan bir sıcaklıkta yapılmalıdır.

Kompresör ve türbinin teorik (dizayn) doğal kırılma devir sayısı bilgi için verilmelidir.

2.5 İmalatçılar, dayanum emniyeti açısından madde 2.3 ve 2.4'te tanımlananlardan daha kritik durumların mevcut olup olmadığını belirleyecektir. Böyle bir durumun belirlenmesi durumunda, bu durum için dayanım emniyetine ilişkin kanıtlar da sağlanacaktır.

2.6 Aşağıdaki koşullar dahilinde, bir simülasyon modeli vasıtasıyla yapılan hesaplar esas alınarak, muhafazanın yeterli dayanım bütünlüğünün Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) gibi nümerik kanıtı kabul edilebilir:

- Nümerik simülasyon modelinin; bir referans uygulaması için yapılan fiili dayanım testi (referans dayanım testi) ile hesaplama sonuçlarının doğrudan karşılaştırılması suretiyle test edilmiş olması ve uygulanabilirliği/hassasiyetinin doğrulanmış olması. Bu kanıtlama, nümerik simülasyonun kabulü için başvurmak isteyen üretici tarafından sağlanmalıdır.
- Dayanım ile ilgili nümerik simülasyon, dayanım testi için belirlenenle aynı devir sayısında yapılır (yukarıya bakınız).
- Geometri ve kinematik bakımında türboşarjerin dizaynı referans dayanım testi için kullanılan türboşarjerininkine benzer olmalıdır.
- Nümerik simülasyonda, yüksek devirdeki deformasyonların malzeme özellikleri uygulanacaktır. Normal özellikler ile ilgili deformasyon devirindeki özellikler doğrulanacaktır.

2.7 Tamamen yeni dizaynda*** bir türboşarjer için tip onay sertifikası başvurusu yapılması durumunda, yeni referans dayanım testleri yapılacaktır.

*** Tamamen yeni dizayn, yeni bir türboşarjer ile öncekiler arasında temel farkların geometri ve kinematik yönlerinden olduğu anlamına gelir. Türboşarjer gövdesinin yapısı ve/veya malzemesi değiştirilirse veya bunlarla sınırlı olmamak üzere aşağıdaki öğelerden herhangi biri önceki dizayna göre değiştirilirse, türboşarjerin tamamen yeni bir dizayna sahip olduğu kabul edilecektir.

- izin verilen maksimum egzost gazı sıcaklığı
- yatakların sayısı
- türbin kanatlarının sayısı
- türbin çarklarının ve/veya kompresör çarklarının sayısı
- giriş havası ve/veya egzost gazının yönü (örneğin eksenel akış yönü, radyal akış yönü)
- Türboşarjerin tahrik tipi (örneğin eksenel türbin tipi, radyal türbin tipi, karışık akışlı türbin tipi)

2.8 Genelde, dayanım testine **TL** sörveyörü katılmalıdır. Fiziki dayanım testinin dokümanları ve simülasyon sonuçlarına ait rapor, onay prosedürü kapsamında, **TL**'na verilmelidir.

3. Disk-şaft sıkı geçmesi

3.1 C sınıfı için uygulanır.

3.2 Diskin şafta sıkı geçme ile bağlandığı durumlarda, maksimum devir, maksimum tork, maksimum sıcaklık değişimi ve minimum çekme gibi ilgili tüm çalışma koşullarında emniyetli tork iletiminin sağlandığı hesaplamalarla doğrulanacaktır.

4. Tip Testi

4.1 B ve C sınıfları için uygulanır.

4.2 Belirli bir türboşarjer türü ile ilgili tip testi, makina üzerinde (türboşarjerin monte edileceği) veya bir test düzeneğinde yapılabilir.

4.3 Düşük, orta ve yüksek devirli makinalar için türboşarjerler, çalışma sınırlarında en az 500 çevrimlik teste tabi tutulacaktır. Makine ile birlikte, bu tür düşük çevrimli teste tabi tutulmuş türboşarjerlerde bu test yapılmayabilir.

4.4 Türboşarjerin bu tür çalışmaya uygunluğu, üretici tarafından öncelikle bildirilecektir.

4.5 Olası senkron altı titreşimler ve rezonansların belirlenmesi amacıyla, rotor titreşim karakteristikleri ölçülecek ve kaydedilecektir.

4.6 Tip testi, izin verilen maksimum devir sayısında ve izin verilen maksimum sıcaklıkta, en az bir saatlik sıcak çalıştırma testi ile tamamlanacaktır. Testten sonra, türboşarjer, özellikle sürtünme ve yatak durumlarına dikkate edilmek üzere, muayene için açılacaktır.

4.7 Tip testlerinin çeşitli kısımlarındaki sörveyör gözetiminin süresi **TL**'na bırakılmıştır.

5. Yedek Parçalar

Döner parçalar (rotor, çarklar ve kanatlar) ve türboşarjer muhafazaları; daha önce onaylanmış olan resimlere ve malzeme özelliklerine göre **TL** tarafından onaylanmış üreticiler tarafından üretilen yedek parçalarla değiştirilmelidir. Üreticiler, orijinal tip onayı sahibi tarafından tanınıyor olmalıdır.

D. Atölyelerin Onaylanması

1. Malzemeler ve Üretim

Döner parçaların ve muhafazaların malzeme üreticileri ve üretim prosedürleri **TL** tarafından onaylanmalıdır.

2. Seri Olarak Üretilen Egzost Gazı Türboşarjerleri

2.1 Kalite yönetim sistemi uygulayan ve silindir çapı ≤ 300 mm. olan seri olarak üretilen **TL** onaylı dizel makinalara monte edilen egzost gazı türboşarjerlerini seri olarak üreten türboşarjer üreticileri, **TL**'ye atölyelerinin onayı için başvurabilirler.

Atölye onayı, yıllık takip denetimlerinin yapılması kaydıyla 3 yıl geçerlidir.

2.2 Atölye onayından sonra, C.1'de belirtilen parçaların malzeme testleri Üretici Muayene Sertifikası'na dahil edilebilir ve sörveyör tarafından doğrulanması gerekmez.

2.3 Seri-üretilen türboşarjerler için **TL** sertifikası düzenlenmez. Seri-üretilen türboşarjerler, dizel makinaların nihai sertifikalarında seri numarası ile birlikte belirtilecektir.

3. Egzost Gazı Türboşarjerlerinin Lisans Anlaşması Altında Üretilmesi

3.1 Egzost gazı türboşarjerlerini lisans anlaşması altında üreten üreticilerin atölyeleri **TL** tarafından onaylanmalıdır.

Atölye onayı, aşağıdaki isteklerin sağlanması koşuluyla, geçerli lisans anlaşmasına ek olarak düzenlenebilir:

- Üretilen türboşarjerlerin lisans üreticisinin geçerli **TL** tip onayı bulunmalıdır.

- Resimler, malzeme özellikleri ve işletim prosedürleri, lisans vericinin türboşarjer tip onayı kapsamında onaylanan resimler ve özellikler ile uyumlu olmalıdır.

3.2 **TL** Sörveyörünün katılımı ile gerçekleştirilen örnekleme esaslı çalıştırma testi ile birlikte yapılan değerlendirmenin olumlu sonuç vermesi halinde, resim onayı ve testlerin yapılmasına gerek yoktur.

3.3 Atölye onayı, yıllık takip denetimleri ile birlikte 3 yıl geçerli olup, seri-üretilen türboşarjerlerin üreticisi olarak verilen onay ile birlikte gerekli ise verilebilir.

Lisans anlaşması sona ererse, onay geçersiz hale gelir. Lisans vericinin, sona erme tarihi hakkında **TL** Merkez Ofisine bilgi vermesi zorunludur.

BÖLÜM 5

ANA ŞAFT DONANIMI

Sayfa

A. Genel 5-2

1. Kapsam
2. Onaylanacak Dokümanlar

B. Malzemeler 5-2

1. Onaylı Malzemeler
2. Malzemelerin Testi

C. Şaftların Boyutlandırılması 5-3

1. Genel
2. Alternatif Hesaplama
3. En Küçük Çap
4. Şaft Çapının Azaltılması
5. Borulardan Yapılar Şaftlar
6. Şok Yüklerinin Dikkate Alınması

D. Dizayn 5-7

1. Genel
2. Şaft Konikleri ve Pervane Somunu Dişleri
3. Pervane Şaftlarının Korunması
4. Kaplinler
5. Şaft Yatakları

E. Balans ve Testler 5-13

1. Genel
2. Şaft gömlekleri (Laynerleri)
3. Kıç Kovanlar (Stern Tüpler)

F. Elyaf Tabakalı Şaftlar için Özel İstekler 5-13

1. Teorik Mukavemet Hesapları
2. Burkulma Kusuru
3. Deneysel Mukavemet İncelemesi
4. Yangından Korunma
5. Nihai Dokümantasyon

Ek 1 Ara şaft malzemesi için kullanılan alaşımlı çeliklerin özel onayı 5-15

A. Genel

1. Kapsam

1.1 Aşağıdaki kurallar, standart ve alışılmış ana ve yardımcı sevk sistemi ile yanal iticilerin şaft donanımına uygulanır. Farklı dizaynlar **TL**'nun özel onayını gerektirir.

1.2 Zor ve özel çalışma koşulları için uygun takviyeler sağlanmalıdır.

1.3 **TL**, pervanenin düzenlenme tarzı nedeniyle eğilme gerilmesinin artması halinde, bu bölümdeki kural isteklerinin üzerinde bir pervane şaft boyutunu isteme hakkını saklı tutar.

1.4 Buz sınıfındaki gemiler için, Bölüm 9'daki kuvvetlendirme faktörleri göz önüne alınacaktır.

2. Onaylanacak Dokümanlar

2.1 Aşağıdaki resimler üç kopya halinde, tüm hesaplama ve destekleyici dokümanlar bir kopya halinde, onay için verilecektir.

- Ana makinanın kaplin flencinden pervaneye kadar tüm şaft sisteminin yerleştirmesi,
- Özellikle şaftlar, kaplinler ve diğer bileşenler olmak üzere, döndürme momentini ileten tüm bileşenlerin ayrıntılı resimleri ve malzeme verileri,
- Şaft yatakları yerleştirmesi,
- Stern tüp sızdırmazlığı ve ilgili yağlama yağı sistemi dahil, stern tüpün ve şaft yataklarının yerleşimi ve ayrıntılı resimleri,
- Çalışma sırasında şafta etki eden tüm statik ve dinamik dış kuvvetler dikkate alınarak şaft layn hesapları (örneğin; kaplin ağırlığı, pervane ağırlığı ve pervane kuvvetleri, dişlilerin diş kuvvetleri, vb.). **TL**'nun izni ile ara şaftları çapları < 200 mm olan şaftlar için layn hesapları verilmeyebilir.
- Burulma titreşimleri hesabı,
- Özel hallerde, eğilme ve aksiyal titreşim hesapları istenebilir,
- Şaft bileşenlerinin dökme reçine temelleri için uyarlama parçaları ve cıvataların yerleşim ve dizayn resimleri.

Verilen dokümanlarda, gelen gerilmelerin hesaplanabilmesi için gerekli tüm teknik veriler bulunmalıdır.

B. Malzemeler

1. Onaylı Malzemeler

1.1 Pervane şaftları, ara şaftlar ve srast şaftları, flenç ve manşon kaplinlerle beraber, dövme çelikten yapılmalıdır. Kaplinler, gerekirse, çelik dökümden yapılabilir. Flençsiz düz şaftlar için haddelenmiş yuvarlak çelikler kullanılabilir.

Şaft donanımı (şaftlar, flenç kaplinleri, cıvatalar/raybalı cıvatalar) için kullanılan çeliklerin çekme mukavemeti, genelde 400 N/mm^2 ve 800 N/mm^2 arasında olmalıdır. Şaft sisteminin, C. ve D'de verilen formüllere göre dizayn edilen, dinamik yüklü kısımları için ve şaftlar ile flençli bağlantıların birleştirme / raybalı cıvataları için genelde çekme mukavemeti 500 N/mm^2'den büyük su verilmiş ve tavlanmış çelikler kullanılmalıdır.

Ancak, malzeme faktörünün (C_w) hesabı için (2) formülündeki (R_m) değeri aşağıda belirtilenleri aşmamalıdır:

- Karbon, karbon manganez ve alaşımlı çelikten yapılmış pervane şaftları için 600 N/mm^2,

-

Diğer tüm uygulamalar için;

- Karbon ve karbon manganez çelikler için 760 N/mm^2.
- Alaşımlı çelikler için 800 N/mm^2.

Yukarıda verilen değerlerden daha büyük teorik veya fiili çekme gerilmesine sahip malzemeler kullanılırsa,

yukarıdaki sınırlamalar geçerli olup, malzemelerin konvansiyonel çeliklerle aynı yorulma ömrü özelliklerine sahip olduğu **TL** tarafından doğrulanmadıkça, (1) ve (2) no.lu formüllerden elde edilen şaft ölçüleri azaltılmayacaktır.

1.2 Özel hallerde şaftlar için deniz suyuna dayanıklı döğme bakır alaşımların kullanılmasında, **TL**'nun izni alınmalıdır.

1.3 Elyaf takviyeli plastikten yapılan şaftlar için, Kısım 2, Malzeme Kuralları – Fiber Takviyeli Plastik, Bölümü uygulanır.

2. Malzemelerin Testi

2.1 Geminin sevk donanımının verdiği döndürme momentini ileten şaft donanımının tüm bileşenleri, Kısım 2, Malzeme Kurallarına tabidir ve test edilmelidir. Bu istekler, metal pervane şaftı laynerleri için de geçerlidir.

2.2 Eğer deniz suyunda çalışan pervane şaftları metal bir layner yerine, deniz suyunun girmesine karşı özel plastik kaplamayla korunmuş ise, kullanılan plastik kaplama tekniği **TL** tarafından onaylanmalıdır.

C. Şaftların Boyutlandırılması

1. Genel

1.1 Aşağıdaki istekler, geleneksel düz dövme dizayna sahip ve dizel makinaları, türbinler yada elektrik motorları gibi döner makinalar tarafından tahrik edilen, ara ve pervane şaftları gibi sevk sistemi şaftlarına uygulanır.

1.2 Dişli kutuları (Bölüm 6'ya bakınız), pod'lu üniteler, elektrik motorları ve/veya jeneratörler, iticiler, türbinler gibi donanıma bağlı ve genelde özel dizayn karakteristiklerine sahip şaftlar için, boyutlarla ilgili ilave kriterler dikkate alınmalıdır. Bu tür donanımlardaki şaftlar için, aşağıda belirtilen istekler, genelde burulmaya maruz olan ve geleneksel dizayn özelliklerine sahip şaftlara uygulanır. Dayanım dizaynı, yüksek sıcaklık, vb. gibi diğer sınırlamalar ilave olarak dikkate alınacaktır.

1.3 Özellikle, aşağıda belirtilen uygulamalar, bu Bölüm'deki isteklerin kapsamına girmez:

- Buzda seyir için takviye edilen gemilerdeki şaftların ilave güçlendirilmesi (Bölüm 9'a bakınız).
- Dişli şaftları (Bölüm 6'ya bakınız).
- Elektrik motorları ve jeneratör rotor şaftları,
- Türbin rotor şaftları (Bölüm 4A'ya bakınız),
- İçten yanmalı makina krankşaftları (Bölüm 3'e bakınız).

İlave olarak, şaft sisteminin tüm parçaları, burulma titreşimleri ile ilgili olarak, Bölüm 8'de belirtilen isteklere uygun olacak şekilde dizayn edilecektir.

1.4 Genelde, şaft donanımının boyutlandırılmasında toplam nominal kurulu güç esas alınmalıdır.

1.5 Bir parçanın özel şekli nedeniyle bu formüllere göre boyutlandırılması yapılamıyorsa, ilgili parçanın mekanik mukavemetinin özel kanıtı **TL**'na verilecektir.

2. Alternatif Hesaplama

TL alternatif şaft hesaplarını (örneğin DIN 743'e göre) kabul edebilir. Bu gibi durumlarda, uygulanan standardın esas alındığı tüm hesaplamalar onay için **TL**'na verilecektir.

Alternatif hesaplamalarda, izin verilen tüm işletme koşulları altında, komple dinamik şaft sistemine ait yükler dikkate alınmalıdır. Tüm şaft bağlantılarının boyutları ve yerleşimine özel olarak dikkat edilmelidir. Ayrıca, alternatif hesaplarda, devamlı ve geçici işletim yükleri ile ilgili (yorulma mukavemeti için boyutlandırma) ve pik işletim yükleri ile ilgili (akma mukavemeti için boyutlandırma) dizayn kriterleri

dikkate alınmalıdır. Çeşitli yük kabulleri için ayrı ayrı yorulma mukavemeti analizi yapılabilir, örneğin;

- Düşük çevrimli yorulma kriteri (tipik olarak $<10^4$), yani birincil çevrimler sıfırdan tam yüke ve tekrar sıfıra gelmek üzere ifade edilir (varsa ters döndürme torku dahil). Bu (1) formülü ile tanımlanır.

- Yüksek çevrimli yorulma kriteri (tipik olarak $>10^7$), yani devamlı işletmede izin verilen burulma titreşimi gerilmeleri ve ters eğilme gerilmeleri. Burulma gerilmeleri ile ilgili sınırlar, Bölüm 8'de verilmiştir. Ters eğilme gerilmelerinin etkisi formül (1)'deki emniyet artımı içine dahildir.

- Yasaklanmış devir sayısı bölgesinden geçişte veya devamlı çalışma için izin verilenin dışında gerilmeler oluşturan diğer bir geçici durumda oluşan burulma titreşiminden kaynaklanan biriken yorulma, Bölüm 8'deki geçici gerilme ile ilgili kriter ile ifade edilir.

3. En Küçük Çap

En küçük şaft çapı Formül (1) ile hesaplanır.

$$d_a \geq d \geq F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P_W}{n \cdot \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right]} \cdot C_W} \qquad \textbf{(1)}$$

d [mm] = Şaftın gereken minimum dış çapı

d_i [mm] = İçi boş olan şaftlarda gerçek iç çap. Eğer bu çap 0,4xd ye eşit veya bundan küçük ise, $[1 - (d_i/d_a)^4] = 1,0$ alınabilir.

d_a [mm] = Gerçek şaft dış çapı,

P_w [kW] = Sevk motorunun nominal gücü, dişli kutusu ve yatak kayıpları düşülmemelidir.

n [dak^{-1}] = Nominal güçte şaftın devir sayısı,

F [-] = Sevk sisteminin tipine ait faktör.

a) Ara şaftlar, srast şaftları,

Türbinli sevk sistemleri, hidrolik (kayıcı tip) kaplin içeren dizel makinalı sevk sistemleri, elektrik makinalı sevk sistemleri için,
= 95

Geri kalan tüm sevk sistemleri için,
= 100

b) Pervane şaftları,

Bütün sevk sistemleri için,
= 100

C_w [-] = Malzeme faktörü,

$$= \frac{560}{R_m + 160} \qquad \textbf{(2)}$$

R_m [N/mm^2] = Şaft malzemesinin çekme mukavemeti,

k [-] = Şaft tipine ait faktör, (bkz. Tablo 5.1)

4. Şaft Çapının Azaltılması

(1) no.lu formüle göre hesaplanandan daha küçük bir şaft çapının onaylanması, aşağıdaki koşullarda mümkündür:

- Çalışma maddesi içinde kullanılan malzemenin yorulma mukavemeti değerleri verilmelidir,

- Gelişmiş bir hesaplama yöntemi (2.'de belirtilen gibi) uygulanmalıdır.

Tablo 5.1 Ara ve pervane şaftları için form faktörleri

c_K [–]	k [-]	Şaft tipi / dizaynı
		Ara şaftlar
1.00	1.00	Ayrılmaz kaplin flenci ve düz kesitler **(1)**
1.00	1.00	Sıkı geçme kaplinler **(2)**
0.60	1.10	Kama, konik bağlantı (yasaklı devir aralığı olan tesislerde kullanılmaz) **(3) (4)**
0.45	1.10	Kama, silindirik bağlantı **(3) (4)**
0.50	1.10	Standart dizaynın radyal delikleri (örneğin CP tesislerinin OD şaftları) **(5)**
0.30 **(7)**	1.20	Standart dizaynın boyuna uzun delikleri (slot) ile birlikte (örneğin CP tesislerinin OD şaftları) **(6)**
		Makinenin haricindeki itme şaftları
0.85	1.10	Bir pabuç vasıtasıyla, torka ilave olarak itme ileten şaftlar (eğilme)
0.85	1.10	Eksenel yatak şeklinde rulman yatağının itme yatağı olarak kullanıldığı durum
		Pervane şaftları
0.80	1.15	Kıç yatağın ileri ucu ile ileri kıç kovan arası
0.55	1.22	Flençli veya kamasız konik pervaneler **(8)**
0.55	1.26	Kamalı pervaneler (yasaklı devir aralığı olan tesislerde genelde kullanılmaz) **(8)**

Not:

Çapların geçişi, düz konik veya yarıçapa geçiş olacak şekilde tasarımlanmalıdır.
Kılavuzluk için, yarıçapa geçişin çaptaki değişime eşit olması önerilir.
Dipnotlar

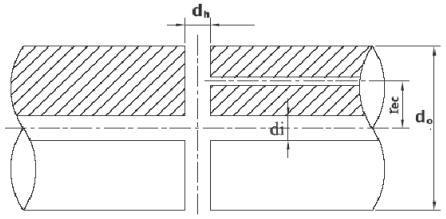
(1) *Yuvarlatma yarıçapı $0.08d_0$ dan az olmamalıdır.*

(2) *k ve c_K, sadece düz kesitli şaftlara atıfta bulunur.Şaftlarda sürekli çalışma için izin verilen gerilmelere yakın titreşim gerilmeleri ile karşılaşıldığında, sıkı geçme çapında bir artış olmalıdır, örneğin; % 1'den 2'ye kadar çap artışı ve not kısmında tanımlanan yarıçapa geçiş.*

(3) *Kamanın bitiminden itibaren $0.2d_0$ mesafeden az olmayacak şekilde k=1.0 ile hesaplanan şaft çapı azaltılabilir.*

(4) *Kamalar, yasaklı devir aralığındaki montajlarda genellikle kullanılmaz.*

(5) *Radyal delik çapı (d_h), $0.3d_0$'ı aşmamalıdır.*
Radyal ve eksantrik (rec) eksenel delik arasındaki kesişim burada anlatılmamıştır. (aşağıdaki resme bakınız)



(6) *Uzun delik (slot) uzunluğu (l)/dış çap < 0.8 ve iç çap (di)/dış çap < 0.7 ve uzun delik (slot) genişliği (e)/dış çap > 0.15 gibi sınırlandırmalara bağlı olarak. Uzun deliklerin (slot) yuvarlatma sonları (e)/2 den az olmamalıdır. Gerilme konsantrasyonunun artması gibi bir durum karşısında tercihen kenar yuvarlatmalarından kaçınılmalıdır.*
k ve c_K değerleri 1, 2 ve 3 uzun delik (slot) için geçerlidir, örneğin; uzun deliklerle (slot) birlikte sırasıyla ayrı olarak 360, 180 ve 120 dereceler.

(7) *c_K = 0.3, **(6)** daki sınırlandırmalar dahilinde güvenli bir yaklaşımdır. Gerilme konsantrasyon faktörü (scf) için daha güvenilir yaklaşım, 2.6 dan ya da sonlu elemanlar hesaplamasının doğrudan uygulanması vasıtası ile elde edilebilir. Bu durumda:*
$c_K = 1.45/scf$
scf 'nin, maksimum lokal asal gerilme ile √3 kat anma burulma gerilimi arasındaki oran olarak tanımlandığı dikkate alınmalıdır. (Uzun delik (slot)siz delikli şaft için belirlenir).

(8) *Pervane şaftının parçası, en kıçtaki şaft yatağının ileri ucu ile pervane göbeğinin (veya şaft flenci) ön yüzüne uygulanabilir, ancak gerekli çapın 2.5 katından az olmamalıdır.*

<u>k ve c_K nın açıklaması</u>

k (düşük çevrim yorulması için) ve c_K (yüksek çevrim yorulması için) faktörleri aşağıdakilerin etkisinde dikkate alınmalıdır:

- $0.08d_0$ yuvarlatma yarıçaplı bir flenç için gerilme konsantrasyonu ile ilgili gerilme konsantrasyon faktörleri (scf) (geometrik gerilme konsantrasyonu yaklaşık olarak 1.45).

$$c_K = \frac{1.45}{scf} \qquad k = [\frac{scf}{1.45}]^x$$

bu formülde yer alan x üssü düşük çevrim çentik hassasiyetini hesaba katar.

- *Çentik hassasiyeti: Seçilen değerler esas olarak sırasıyla yumuşak çelikler için (σ_B <600), dik gerilme eğimlerinin etkisi kombinasyon halinde yüksek mukavemetli çelikler ile daha büyük olabilir.*
- *Boyut faktörünün c_D sadece çap fonksiyonu olduğu, tam olarak istatiksel boyut etkisini temsil etmemektedir, ancak daha doğrusu istatiksel etkinin ve çentik hassasiyetinin kombinasyonu.*

k ve c_K için gerçek değerler yuvarlatılmıştır.

5. Borulardan Yapılar Şaftlar

Nispeten kalın etli boru şeklindeki şaftlarda, burkulma probleminin genelde incelenmesine gerek yoktur. İnce et kalınlıklı ve büyük çaplı şaftlarda, burkulma davranışı kontrol edilmelidir. İzotropik malzemeler için, kritik döndürme momenti, aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$M_{tkrit} = C \cdot \frac{0{,}272 \cdot E \cdot 2 \cdot r_m^{0,5} \cdot t^{2,5} \cdot \pi}{(1-\nu^2)^{0,75}} \quad [Nm] \qquad \textbf{(2a)}$$

C = Özel koşullara ait faktör

= 1,0 genelde

E = Elastisite modülü [N/mm^2]

ν = Poisson oranı

t = Boru et kalınlığı

= $(d_a - d_i) \cdot 0{,}5$ [mm]

r_m = Borunun ortalama yarıçapı [mm]

= $0{,}25\ (d_a + d_i)$

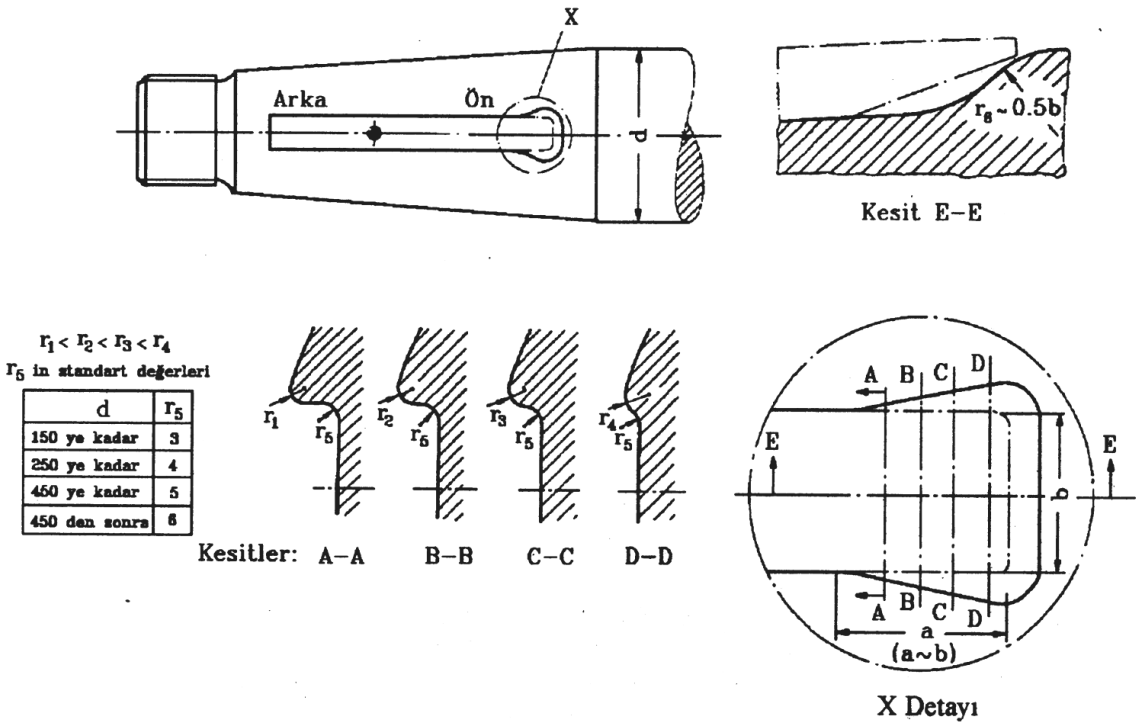
Dizayn kriteri:

$$3{,}5 \,.\, M_t \le M_{crit} \qquad \textbf{(2b)}$$

M_t = Maksimum devamlı çalışmadaki nominal döndürme momenti [Nm]

6. Şok Yüklerinin Dikkate Alınması

Askeri gemiye **SHOCK** ek klas işareti verilecekse, şok yüklerinden kaynaklanan ilave ivmelerin etkisi (şok spektrumu) Askeri Otorite tarafından tanımlanacaktır.



Şekil 5.1 Pervane şaftındaki kama yuvasının dizaynı

D. Dizayn

1. Genel

Şaftların dizaynında, yüksek gerilme yığılmalarından kaçınılarak, düzgün bir gerilme dağılımının elde edilmesini sağlamak amaçlanmalıdır.

Çap değişimleri, koniklikler veya büyük yuvarlatmalarla sağlanmalıdır. Yarıçap, asgari olarak çap değişimine eşit olmalıdır.

Dövme flençlerin yuvarlatma yarıçapı ara şaftlar ve srast şaftları için ilgili yerdeki hesaplanan tam şaftın en az % 8'i, pervane şaftının arka flencinde ise en az % 12,5'i olmalıdır.

Şaftın yüzey kalitesi, yük tipine ve malzemenin çentik hassasiyetine göre seçilmelidir. Yataklar arasındaki alanlarda, minimum R_a = 10-16 μm aritmetik ortalama pürüzlük kalitesi, yatağın çalışan yüzeyleri ve geçiş bölgelerinde R_a = 1,6-2,5 μm değeri genelde gereklidir.

2. Şaft Konikleri ve Pervane Somunu Dişleri

2.1 Pervane şaftının pervane tarafındaki koniğinde kama yuvaları, yuvanın ön ucu dolu şaft kesitine, tedrici geçiş yapacak şekilde dizayn edilmelidir. Kama yuvasının ön ucu ayrıca kaşık şeklinde olmalıdır. Pervane koniğinin üst yüzeyinde kama yuvası kenarları keskin olmamalıdır. Yuvarlatılmış kama yuvasının ön ucu pervane göbeğinin oturma yüzeyinin içinde olmalıdır. Pervane kamasının tespit vidalarının vida delikleri, kama yuvasının yalnız arka yarısında bulunmalıdır (şekil 5.1'e bakınız).

2.2 Kama ile bağlanmış flençli kaplinlerin emniyeti için olan konikler, genellikle 1:10 ila 1:20 arası bir konikliğe sahip olmalıdır. Pervane şaftının pervane tarafındaki konikliği için Bölüm 7A'ya bakınız.

2.3 Pervane somununun takılacağı vidanın dış çapı, koniğin hesaplanan büyük çapının %60'ından daha küçük olmamalıdır.

3. Pervane Şaftlarının Korunması

3.1 Sızdırmazlık

Yağ veya gres içinde çalışan pervane şaftları, stern tüp nihayetlerinde, uygun ve **TL** tarafından onaylanmış sızdırmazlık elemanları ile donatılmalıdır. Bunun için Kısım 101, Klaslama ve Sörveyler, Bölüm 3'e göre pervane şaftı sörveyi kapsamındaki stern tüp dış sızdırmazlığına ait isteklere bakınız.

Sızdırmazlığın korunması için bir kum kapağı öngörülür.

Pervane göbeğinin oturduğu yer, deniz suyunun girmesine karşı etkin bir şekilde korunmalıdır. Pervane şaftının korozyona dayanıklı malzemeden yapılması halinde sızdırmazlık elemanı bulunmayabilir.

IWS ek klas işareti için sızdırmazlık elemanı, gemi yüzme durumunda iken, yatak hareketinin ölçülebileceği bir düzen vasıtasıyla yerleştirilmelidir

3.2 Şaft laynerleri

3.2.1 Deniz suyunda çalışan, korozyona dayanıklı malzemeden yapılmamış pervane şaftları, deniz suyuna dayanıklı metal laynerler veya **TL**'nca onaylanmış diğer laynerler vasıtasıyla ve pervanede uygun sızdırmazlık elemanları ile deniz suyunun girmesine karşı korunmalıdır.

3.2.2 Deniz suyu içinde çalışan, 3.2.1'e uygun metal laynerler, tek bir parça olarak yapılmalıdır. Yalnız **TL**'nun kesin onayı ile bilhassa uzun laynerler iki parçalı yapılabilir, ancak bunlar şafta geçirildikten sonra birleşme yerinde, **TL**'nca bilinen bir yöntem ile sızdırmaz bir şekilde birleştirilmeli ve birleşme bölgesi özellikle muayene edilmelidir.

3.2.3 Şaft laynerlerinin minimum et kalınlığı

Metal şaft laynerlerinin s [mm] minimum et kalınlığı, 3.2.1'e uygun olarak aşağıdaki gibi belirlenir:

$$s = 0{,}03 \cdot d + 7{,}5 \quad \textbf{(3)}$$

d [mm] Layner içindeki şaft çapı,

Sürekli laynerlerde et kalınlığı, yatak yerleri arasında 0,75s'e kadar azaltılabilir.

4. Kaplinler

4.1 Tanımlar

(4), (5), (6) ve (7) Formüllerinde aşağıda belirtilen semboller kullanılır:

A [mm^2] = Sıkı geçmede etkin temas alanı,

c_A [-] = Tahrik ünitesinin cinsine bağlı olarak, sıkı geçme birleştirmeler için katsayı,

= 1,0 Dizel makina ve türbin dişli donanımı için,

= 1,2 Direkt bağlı dizel makina ile sevk için,

C [-] = Şaft nihayetlerinin konikliği,

$$= \frac{\text{Konik Çapları arasındaki fark}}{\text{Konik uzunluğu}}$$

d [mm] = Manşon kaplin civarında şaft çapı,

d_s [mm] = Sıkı geçme cıvatalarının çapı,

d_k [mm] = Başlı cıvatanın diş dibi çapı,

D [mm] = Cıvata dairesinin bölüm çapı,

E [N/mm^2] = Elastisite modülü,

f [-] = Sıkı geçmeli birleştirme için katsayı,

Q [N] = Sıkı geçmeli bir birleştirmenin ortalama birleşme yeri çapında çevresel kuvvet,

n [dak^{-1}] = Şaft devir sayısı,

p [N/mm^2] = Sıkı geçmeli birleştirmede yüzey basıncı,

P_w [kW] = Tahrik motorunun nominal gücü,

s_{fl} [mm] = Cıvata bölüm dairesi alanında flenç kalınlığı,

S [-] = Şaft donanımındaki sıkı geçmeli birleştirmelerde kaymaya karşı emniyet katsayısı,

= 3,0 Motor ile dişli donanımı arasında,

= 2,5 Diğer bütün uygulamalarda,

T [N] = Pervanenin itme kuvveti, aksiyal kuvvet

z [-] = Sıkı geçme veya normal cıvataların sayısı,

R_m [N/mm^2] = Sıkı geçme veya normal cıvataların malzemelerinin çekme mukavemeti,

μ_o [-] = Statik sürtünme katsayısı,

=0,15 Basınçlı yağ yardımı ile sıkı geçirilmiş birleştirmeler için,

= 0,18 Kuru olarak sıkı geçirilmiş birleştirmeler için,

θ [-] = Şaft nihayetlerinin konikliğinin yarısı.

= C/2

4.2 Kaplin flençleri

Ara ve srast şartlardaki ve pervane şaftının ön ucundaki kaplin flençlerinin kalınlıkları, ilgili yerde dolu şaft için hesaplanan minimum şaft çapının %20'sinden daha az olmamalıdır.

Pervanenin, pervane şaftına dövme bir flenç ile bağlanması durumunda, bu flencin kalınlığı ilgili yerde dolu şaft için hesaplanan minimum şaft çapının %25'inden daha az olmamalıdır.

Belirtilen flençlerin kalınlığı hesaplamalarında, şaft malzemesiyle aynı çekme mukavemeti değeri alınması kaydıyla, sıkı geçme flenç cıvatalarının kural çapından daha az olamaz.

4.3 Cıvatalar

4.3.1 Flençli kaplinlerin kaplin cıvataları, kural olarak sıkı geçmeli cıvatalar olmalıdır. Kaplin flençlerinin birleşme yerinde yer alan sıkı geçme cıvataların (d_s) en küçük çapı aşağıdaki formülle belirlenir:

$$d_s = 16 \cdot \sqrt{\frac{10^6 \cdot P_W}{n \cdot z \cdot D \cdot R_m}} \quad \textbf{(4)}$$

Kaplin civataları, flenç temasının, gerek şaft eğilme momenti ile ve gerekse geri itmede olumsuz etkilenmeyecek şekilde sıkılacaktır.

4.3.2 Sıkı geçme cıvataları kullanmanın mümkün olmadığı özel hallerde, aynı değerde sürtünme direncini sağlayan bir bağlantı, **TL**'nca kabul edilebilir.

4.3.3 Manşon kaplinlerin birleştirme cıvatalarının (d_k) en küçük diş dibi çapı, aşağıdaki formülle belirlenir:

$$d_k = 12 \cdot \sqrt{\frac{10^6 \cdot P_W}{n \cdot z \cdot d \cdot R_m}} \quad \textbf{(5)}$$

4.3.4 İnce gövdeli cıvataların gövdesi, diş dibi çapının en az 0,9 katı bir çapta yapılabilir. Eğer cıvata bağlantısı dönme momentinden başka önemli ek kuvvetleri taşımak zorunda ise, bu taktirde cıvataların ölçüleri uygun olarak artırılmalıdır.

4.3.5 Raybalı kaplin cıvata somunları ve kaplin flanşları için şaft somunları, istem dışı gevşemeye karşı uygun şekilde sabitlenecektir. Kamasız monte edilen kaplinler için şaft somunları şafta sabitlenmelidir.

4.4 Sıkı geçmeli kaplinler

Şaftların, sıkı geçirilmiş flençli veya kovanlı kaplinlerle birleştirilmesi halinde sıkı geçmenin boyutlandırılması, eleman tarafındaki maksimum "v. Mises" eşdeğer gerilmesi, ilgili malzemenin akma sınırının çalışma sırasında %80'ini, montaj ve demontaj sırasında % 95'ini geçmeyecek şekilde yapılmalıdır.

4.4.1 Normal çalışma

Bağlantının kaymaya karşı emniyet sınırı hesabında maksimum boşluk uygulanacaktır. Bu boşluk, üretim resimlerine göre, delik ile şaft için, en küçük ve en büyük çaplar arasındaki farktan elde edilmelidir. Gerekli emniyet payını sağlamak için sıkı geçmeli bağlantıdaki temas basıncı, p [N/mm^2], (6) ve (7) formülleriyle belirlenir:

$$p = \frac{\sqrt{\theta^2 \cdot T^2 + f \cdot (c^2 \cdot Q^2 + T^2)} \pm \theta \cdot T}{A \cdot f} \quad \textbf{(6)}$$

Eğer pervane itmesi, konik kısımdaki yüzey basıncını arttırıyorsa, T pozitif değer olarak alınır. Güç ve itme az olduğu taktirde pervane itme yönünün değişimi ihmal edilecektir.

Eğer pervane itmesi, konik kısımdaki yüzey basıncını azaltıyorsa, T negatif değer olarak alınır, örneğin, çekici pervaneler.

$$f = (\mu_o / s)^2 - \theta^2 \quad \textbf{(7)}$$

4.4.2 Rezonansta çalışma

Yasaklı bir devir aralığına sahip doğrudan bağlı sevk sistemleri için, ana rezonanstaki titreşim torkunun güvenli bir şekilde iletildiğinin ayrı bir hesaplamayla doğrulanması gerekir. Bu kanıt için, transmisyon torku için kaymaya karşı emniyet en az S = 1.8 olmalıdır, c_A katsayısı 1.0 olarak alınabilir. Bu ek kanıt için, itmenin ilgili etkisi dikkate alınmayacaktır.

5. Şaft Yatakları

5.1 Şaft yataklarının tertiplenmesi

Eğer dizayn ayrıntıları şaft aranjmanı resminde verilmemişse, kıç kovan (strentüp) yatakları, ara yataklar ve itme yatakları gibi tüm şaft yataklarını gösteren resimler onay için verilmelidir. İzin verilen yatak yükleri gösterilmelidir. İzin verilen en düşük şaft devir sayısı da dikkate alınmalıdır.

Kıç kovanın içindeki ve dışındaki şaft yatakları, çalışma sıcaklığındaki tesiste, geminin yükleme durumundan bağımsız olarak, pozitif yatak etkisi gösterecek şekilde tertiplenmelidir.

Yatak aralıklarının seçiminde, makinanın veya dişli donanımının döndürme flencine doğru şaft sisteminin layna alınmasında, çalışma sıcaklığındaki tesisin dişli donanımı şaftlarında veya krankşaftta, kabul edilmeyen büyük enine kuvvetlerin veya eğilme momentlerinin oluşmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca gemi bünyesinin şekil değiştirmesi veya bizzat yatağın kayması veya aşınması nedeniyle bir veya birkaç yatağın yerinin değişmesi halinin, şaft taşıyıcı yataklarındaki ve dişli donanımının döndürücü milinin yataklanmasındaki yatak etkilerinde, kayda değer bir etki oluşturmasından sakınacak şekilde, uygun yatak aralıkları seçilmelidir.

Kabul edilebilen en büyük yatak aralıkları için yönlendirici değerler, ℓ_{maks} [mm] (8) formülü ile belirlenebilir.

$$\ell_{maks} = K_1 \cdot \sqrt{d} \qquad \textbf{(8)}$$

d [mm] = Yataklar arasındaki şaft çapı,

K_1 = 450
yağlamalı beyaz metal yataklar için,

= 280
gresle yağlamalı, kır dökme demir sterntüp yatakları için,

= 280 - 350
su ile yağlanan stern tüp ve şaft braketi kauçuk yatakları için (üst değerler yalnız özel uygulamalar içindir).

350 d/dak'nın üzerindeki şaft devir sayılarında, en büyük yatak aralıklarının, müsaade edilmeyen yüksek eğilme titreşimlerinin yükünden kaçınmak için, (9) formülü ile belirlenmesi ve sınır durumunda şaft sistemi için bir eğilme titreşimi hesabının yapılması tavsiye edilir.

$$\ell_{maks} = K_2 \cdot \sqrt{d/n} \qquad \textbf{(9)}$$

n [dak^{-1}] = Şaft devir sayısı,

K_2 = 8400 Yağ ile yağlamalı beyaz metal yataklar için,

= 5200 Gresle yağlamalı, kır döküm yataklar için ve stern tüp ve şaft braketi içindeki kauçuk yataklar için.

Genelde yataklar arası mesafe, (8) veya (9) formülleri kullanılarak hesaplanan izin verilen maksimum mesafenin % 60'ından az olmamalıdır.

5.2 Stern tüp yatakları

5.2.1 Pervane şaftları, kıç kovan içinde genellikle iki yatak yeri ile desteklenmelidir. Boyu kısa kovanlarda ön yatak kaldırılabilir. Bu durumda serbest duran en az bir jurnal yatağı öngörülür

5.2.2 Pervane şaftının, stern tüp içinde yağ ile yağlamalı beyaz metal veya yağlı stern tüp yataklarında kullanılan suni kauçuk veya takviye edilmiş reçine veya plastik malzemelerden yataklarda çalışması halinde, arka stern tüp yatak uzunluğu, şaft çapının yaklaşık 2 ve öndekinin uzunluğu ise, yaklaşık 0,8 katına eşit olmalıdır.

Pervane ağırlığı da göz önüne alınarak statik yüklerden gelen temas basıncı, beyaz metalle yataklanmış şaftlarda 0,8 MPa dan ve sentetik malzemeden yapılmış yataklarda 0,6 MPa dan küçükse, kıç stern tüp yataklarının boyu 1,5 d_a'ye kadar kısaltılabilir.

Onaylı malzemeler için daha yüksek yüzey basınç değerleri uygulanabilir.

5.2.2.1 Yağ ile yağlamalı beyaz metal yatakları

Onaylı yağ sızdırmaz conta ile donatılmış beyaz metal kaplamalı ve yağ ile yağlamalı kıç yatak boyu, gerekli kuyruk şaft çapının iki katından az olamaz. Ancak, şaft ve pervane ağırlığının yalnızca kıç yatak üzerine etkidiği kabul edilerek, bu yataktaki statik yatak reaksiyon kuvvetinin, yatak projeksiyon alanına bölünmesi ile bulunan nominal yatak basıncı değerinin 0,80 N/mm^2'den az olması koşuluyla daha küçük yatak boylarına müsaade edilebilir. Ancak minimum boy, gerçek çapın 1,5 katından az olamaz.

5.2.2.2 Yağ ile yağlamalı sentetik malzeme yatakları

Onaylı yağ sızdırmaz conta ile donatılmış sentetik conta, takviye edilmiş reçine veya plastik yağ yağlamalı kıç yatak boyu, gerekli pervane şaft çapının iki katından az olamaz. Ancak, şaft ve pervane ağırlığının yalnızca kıç yatak üzerine etkidiği kabul edilerek, bu yataktaki statik yatak reaksiyon kuvvetinin, yatak projeksiyon alanına bölünmesi ile bulunan nominal yatak basıncı değerinin 0,60 N/mm^2'den az olması koşuluyla daha küçük yatak boylarına müsaade edilebilir. Ancak minimum boy, gerçek çapın 1,5 katından az olamaz. Malzeme, test sonuçlarının uygun olması ve uygulamada elde edilen tecrübeler değerlendirilerek daha yüksek yatak basıncına müsaade edilebilir.

Yağ ile yağlamalı kıç kovan yatağı uygulamasındaki sentetik malzemeler, tip onaylı olacaktır.

5.2.2.3 Yağ ile yağlamalı dökme demir veya bronz yataklar

Onaylı yağ sızdırmaz conta ile donatılmış yağ ile yağlamalı dökme demir veya bronz yatakların boyları, gerekli kuyruk şaft çapının dört katından az olmaz.

5.2.2.4 Şaft kovan yatağı yağlama yağı numunesi alma düzeneği

Yağ numunelerinin doğru ve kolay bir şekilde alınabilmesini sağlayacak bir düzenleme yapılmış olmalıdır. Numune alma noktası, mümkün olduğunca yağlama yağı sisteminin en alt noktasından olmalıdır. Aynı zamanda düzenleme, kirliliğe sebep olan maddelerin yağlama yağı sisteminden efektif olarak alınmasına izin vermelidir.

5.2.3 Su ile yağlamalı yataklar

Pervane şaftının, su ile yağlanan yataklara sahip kıç kovan içinde çalışması halinde, kıç yatak uzunluğu, şaft çapının 4 katından az olamaz ve öndekinin uzunluğu 1,5 katından az olamaz.

Yatağın dizaynının ve malzemesinin, **TL**'nun uygun bulacağı şekilde tecrübelerle doğrulanmış olması koşuluyla, sentetik malzemeden yapılmış yatağın boyunun, yatak bölgesindeki şaft çapının 2,0 katından az olmaması değerlendirilebilir.

Su ile yağlamalı stern tüp yatağı uygulamasındaki sentetik malzemeler, tip onaylı olacaktır.

Not: *Kapalı devre tatlı su yağlama sistemli stern tüpte; numune, pozitif olarak işaretlenen ve karar kılınmış aynı yerden alınacaktır. Numune, stern tüpte dolaşan suyu temsil edecek şekilde olacaktır (Kapalı devre tatlı su yağlama sistemli stern tüpte, metal ve diğer kirlilik faktörleri içeriğinin tespitinde tavsiye edilen prosedür için ayrıca TL- G 143' e bakınız).*

5.2.4 Gres ile yağlamalı yataklar

Gresle yağlanmış yataklarda yatak boyu uzunluğu, yatak yolundaki şaftın kural çapının 4.0 katından az olmamalıdır.

5.2.5 Rulmanlı yatakların kullanıldığı hallerde, madde 5.3.2'deki istekler dikkate alınacaktır.

5.3 Ara yataklar

5.3.1 Kaymalı yataklar

Ara yataklar için 5.2'de tanımlanan kısa yatak boyları veya yüksek özel yükler **TL** tarafından kabul edilebilir.

5.3.2 Rulmanlı yataklar

Rulmanlı yatakların kullanılması durumunda tasarım, özel gereklilikler için uygun olmalıdır.

Şaft hatıında dikkate değer deflekşın ve eğimler dikkate alınmalıdır. Bunlar olumsuz sonuçlara yol açmamalıdır.

Rulmanlı yatak uygulamaları için üretici tarafından belirtilen minimum yükler dikkate alınmalıdır.

Minimum L_{10a} (ISO 281'e göre) ömür süresi, belirtilen bakım aralıkları ile uyumlu olmak zorundadır.

5.4 Yatak yağlaması

5.4.1 Şaft donanımındaki kaymalı veya rulmanlı yatakların yağlaması ve malzemeleri denizde çalışma gereklerine uygun olmalıdır.

5.4.2 Kıç kovan yatağı veya eğer varsa iki parçalı olan ön ve arka yataklarının yağsız kalmaması, yağlama

güvenliğinin mutlak sağlanması için; gres veya yağlama yağı gerekli ve yeterli ölçüde verilebilmelidir.

Gresle yağlamada, ön ve arka yatağa gres ikmalini sağlayacak bağlantılar sağlanmalıdır. Sürekli gres temini için, mümkünse, şafttan hareket alan bir gres pompası kullanılmalıdır. Kıç kovan içinde yağda çalışan şaftlar için, geminin yüklü su hattı üzerinde yeterli yükseklikte bir yağ besleme tankı tertiplenmelidir. Yağ tankının doluluğu, her zaman kontrol edilebilmelidir.

Kıç kovan yataklarının sıcaklığı (genelde, yatağın alt kıç kenarı yakınında) gözlemlenebilmelidir. Çapı 400 mm. nin altında olan pervane şaftlarında alternatif olarak kovanın yağ sıcaklığı görüntülenebilir. Burada sıcaklık algılayıcısı (sensör) mümkün olduğu kadar kıç kovana yakın konuşlanmalıdır.

5.4.3 Otomasyonlu gemilerde, **TL** Otomasyon Kuralları dikkate alınmalıdır.

5.5 Stern tüp bağlantıları

Yağla yağlanan stern tüpler, bir doldurma, muayene ve boşaltma bağlantısı ve ayrıca havalandırma borusu ile donatılmalıdır. Pervane şaftı deniz suyunda çalışıyorsa, ön stern tüp yatağının ön tarafında, doldurma bağlantısı yerine bir yıkama devresi bulundurulmalıdır. Gerekirse, bu yıkama devresi cebri su ile yağlama devresi olarak kullanılacaktır.

5.6 Kovan şaftının durumunun izlenmesi

5.6.1 Pervane şaftının kıç kovan içinde yağda çalışması halinde, şaftın çekimi aralıklarının azaltılması olanağı vardır. Bu amaçla, aşağıdaki dizayn önlemleri alınmalıdır:

- Kıç kovan yatağının sıcaklığının ve deniz suyu sıcaklığının ölçümü için bir cihaz (ve ölçülen değerlerin düzenli dokümantasyonu), 5.4.2 ile karşılaştırınız.

- Kıç kovan içindeki yağ tüketiminin belirlenme olanağı (ve düzenli dokümantasyon),

- Kıç yatağın aşınmasının ölçülme düzeneği,

- Yağ kalitesinin analizi için (yaşlanma etkileri ve H_2O, demir, bakır, kalay, silisyum, yatak metali, vb. miktarı) çalışır durumda kovanın arka ucundan temsili yağ örneklerinin alınma sistemi ve bunları akredite laboratuarlara göndermek için uygun kaplar (örnekler, en çok 6 ayda bir alınacaktır),

- Yağ örneklerinin alınması için yazılı prosedürler,

- Yağlama yağında su miktarının gemide belirlenmesi için bir test düzeni (ayda bir kullanılacak),

- Rulmanlı yatak varsa, düzenli olarak ilave titreşim ölçümleri yapılacak ve dokümante edilecektir. Ölçümlerin ve dokümantasyonun kapsamı hakkında, her tesis için **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

5.6.2 Bu sistemin ilk sörveyi ile yıllık ve klas yenileme sörveylerindeki kontrollere ait istekler, ilgili CM-PS kayıt dosyasında tanımlanır.

5.6.3 Eğer 5.6.1 ve 5.6.2'deki istekler sağlanırsa **CM-PS** ek klas işareti verilebilir.

5.7 Dökme reçine ile yataklama

Stern tüpün ve stern tüp yataklarının dökme reçine ile yataklanması ve yatak gövdesinin dökme reçine parçalarına oturtulması **TL**'nun gözetiminde ve **TL** onaylı yetkili firmalar tarafından yapılmalıdır.

Yataklamada yalnız **TL** tarafından onaylanan dökme reçine kullanılmalıdır.

Dökme reçine üreticisinin yerleştirme talimatı göz önüne alınmalıdır.

5.8 Şaftın layna alınması

5.8.1 Tahrik hattının ilgili tüm işletim koşullarında şaft, dişli kutusu ve makina yatakları ile ilgili isteklerin karşılandığı, layn hesapları ile doğrulanmalıdır. Burada, tüm temel statik, dinamik ve termal etkiler dikkate alınmalıdır.

Verilecek hesaplama raporlarında, kullanılan giriş verilerinin tamamı yer almalı ve nihai şaft deflekşını, eğilme gerilmesi ve yatak yükleri gösterilmeli ve üretici isteklerine uygunluk dokümante edilmelidir.

5.8.2 Gemide layna alma uygulaması için, açık flençli birleştirmeler için izin verilen boşluk ve çökme değerleri veya yatak yüklerinin ölçümü için kaldırma yüklerini gösteren bir prosedür oluşturulmalıdır.

5.8.3 Pervane şaftının montajından önce, kıç kovan yatağının doğru şekilde layna alındığı kontrol edilecektir.

Gemideki nihai layna alma, gemi yüzer durumda iken, **TL** sörveyörü gözetiminde, uygun yöntemler ile kontrol edilmelidir.

5.9 Şaft kilitleme düzenleri

5.9.1 Çok şaftlı sistemlerin her bir şaftı için Bölüm 2, E.2.4'e göre bir kilitleme düzeni sağlanmalıdır.

5.9.2 Kilitleme düzeni, geminin diğer şaftlarla düşük güçte çalıştığı hallerde, şaftın dönmesini sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Bu düşük güç, gemiye genelde 8 deniz mili/saat'den daha az olmamak üzere, tam manevra kapasitesi sağlayacak bir hız temin etmelidir.

5.9.3 Eğer kilitleme düzeni, geminin diğer şaftlarının tam güç ve hız sağlamasına göre tasarımlanmamışsa, bu konudaki çalışma sınırlaması uygun işaretlerle kullanıcıya gösterilmelidir.

5.10 Şaftın topraklanması

Şaftın topraklanması, Bölüm 3,E, 5.5'e göre yapılmalıdır.

E. Balans ve Testler

1. Genel

Örneğin içi boş şaftların delik ekzantrikliği nedeniyle şaftların balanssızlığı, uygulanabilen hallerde, ISO ISO 21940-11,'a göre G 16 kalite sınıfında olmalıdır.

2. Şaft gömlekleri (Laynerleri)

Şaft laynerleri, şafta geçirilmeden evvel, işlenmiş durumda, 2 bar'lık bir basınç ile bir sızdırmazlık testine tabi tutulmalıdır.

3. Kıç Kovanlar (Stern Tüpler)

Döküm kıç kovanlar (stern tüpler), montajdan evvel, işlenmiş durumda, 2 bar'lık basınç ile bir sızdırmazlık testine tabi tutulmalıdır.
Diğer bir sızdırmazlık testi montajdan sonra uygulanmalıdır.

Çelik saçlardan kaynakla yapılmış stern tüpler için, stern tüplerin geçtiği gemi bölmelerinde yapılan basınç testleri esnasındaki sızdırmazlık muayenesi yeterlidir.

F. Elyaf Tabakalı Şaftlar için Özel İstekler

1. Teorik Mukavemet Hesapları

Mukavemet hesapları, asgari olarak verilen yük durumları ile birlikte, aşağıdaki hata durumlarını kapsamalıdır:

- Statik hata

  Nominal döndürme momentine göre, 3 emniyetli olarak boyutlandırma yapılacaktır.

- Yorulma nedeniyle oluşan hata (yüksek çevrim)

  Şaftın eğilme gerilmelerine maruz olmaması durumunda, nominal döndürme momenti +%30 burulma titreşimi döndürme momentine göre yorulma analizi yapılabilir.

- Burkulma hata durumu

  Nominal döndürme momentinin 3 katına karşılık gelen bir yüke ve formül 2'ye göre boyutlandırma yapılabilir.

Mukavemet analizi için; geometrik ve üretim kusurları ve çevresel etkenler (nem, sıcaklık) gibi rastgele etki faktörlerini karşılamak üzere, nominal malzeme

mukavemeti 0,7 faktörü ile çarpılarak azaltılır.

Gerilme hesabı, CLT (Classical Laminate Theory) veya FEM gibi kabul görmüş analitik yöntemlerle yapılabilir. Bu gerilmelerle, elyafla ve elyaflar arası ile ilgili hata durumu grubu girdileri kontrol edilmelidir. Bu hata durumu grubu tutarlı (yani eksiksiz ve kabul edilmiş bir teori) olmalıdır.

2. Burkulma Kusuru

Elyaf tabakalı şaftlar gibi, anizotropik malzemelerden yapılmış şaftlarda, burkulma mukavemeti, kritik döndürme momentine göre, aşağıdaki formülle kontrol edilebilir:

$$M_{tkrit} = C_s \cdot \frac{\pi^3}{6000} \cdot \frac{r_m^{5/4} \cdot t^{9/4} \cdot E_x^{3/8}}{\ell^{0,5}} \cdot \left(\frac{E_y}{1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{yz}} \right)^{5/8} \text{[Nm]}$$

C_s = Mesnetin sınır koşullarına bağlı faktör

= 0,800 uçlar serbest mesnetli ise

= 0,925 uçlar basit mesnetli ise

E_x = x-doğrultusundaki elastisite modülü [N/mm^2]

E_y = Enine doğrultudaki elastisite modülü [N/mm^2]

ℓ = Şaftın desteklenmeyen boyu [mm]

r_m, t = C.5'e bakınız

ν_{xy} = Boyuna doğrultuda tabakanın Poisson oranı

ν_{yx} = Çevresel doğrultuda tabakanın Poisson oranı

Dizayn kriteri:

$3,5 \cdot M_t \leq M_{tkrit}$

M_t = Maksimum devamlı çalışmadaki nominal döndürme momenti [Nm]

3. Deneysel Mukavemet İncelemesi

Deneysel mukavemet incelemesi talep üzerine yapılmalıdır. Bu husus, özellikle, şunları kapsar:

- Malzeme verilerinin doğrulanması için gerekli ise, örneklerin testleri,

- **TL** sörveyörü gözetiminde, teorik analizin doğrulanması için prototip testi / proses kontrolü,

- Hangisi daha erken ouşursa, bir yıl veya 3000 çalışma saati sonunda, **TL** sörveyörü tarafından elyaf tabakalı bileşenlerin bir göz muayenesi ve opsiyonel olarak bir çatlak veya delaminasyon kontrolü yapılacaktır.

4. Yangından Korunma

Özellikle yangından koruma perdelerinden geçişlerde ve/veya fazlalıklı sevk sisteminde, kompozit şaftlar için yangından korunma istekleri söz konusu ise, gerekli özelliklerin sağlanması için **TL'**nun onayı ile uygun önlemler alınacaktır.

5. Nihai Dokümantasyon

Bileşenlerin üretiminin tamamlanmasından sonra, nihai tüm analizler ve dokümanların listesi formunda güncel dokümanlar **TL**'na verilecektir. Dokümanlar, mevcut durumu göstermeli, dizayn ve üretim işlemlerinde yapılan değişimleri veya optimizasyonları, elde edilen ve ölçülen özellikleri dikkate alınmalıdır.

Ek 1 Ara şaft malzemesi için kullanılan alaşımlı çeliklerin özel onayı

1. Uygulama

Bu ek; ara şaft malzemesi olarak kullanımı öngörülen, minimum çekme mukavemeti 800 N/mm²'den büyük ve 950 N/mm²'den küçük olan alaşımlı çeliklerin onayına uygulanır.

2. Burulma yorulması testi

Malzemenin, konvansiyonel çeliklerle aynı yorulma ömrü özelliklerine sahip olduğunun doğrulanması için bir burulma yorulması testi yapılacaktır. Söz konusu malzemenin burulma yorulması mukavemeti, Bölüm 8,C.1'deki formülde verilen τ_1 müsaade edilen burulma titreşimi gerilmesine eşit veya ondan büyük olacaktır.

Test, çentikli ve çentiksiz numunelerle yapılacaktır. Çentikli numunenin gerilme yığılması faktörünün hesabı için, β yorulma mukavemeti azaltım faktörü, dizayn kriterlerindeki en olumsuz burulma gerilmesi yığılması dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

2.1 Test koşulları

Test koşulları Tablo 5.1'e göre olacaktır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü < 0.2µm Ra olacak ve ISO 1352, Bölüm 8.4'de istenilen şekilde, düşük büyütmeli (x20) göz muayenesi ile doğrulanan lokal işleme izleri bulunmayacaktır.

Test prosedürleri, ISO 1352, Bölüm 10'a uygun olacaktır.

Tablo 5.1 Test koşulları

Yük tipi	Burulma
Gerilme oranı	R= -1
Yük dalga formu	Sabit-genlikli sinüsoidal
Değerlendirme	S-N eğrisi
Testin tamamlanma çevrimi sayısı	1 x 10^7 çevrim

2.2 Kabul kriterleri

Ölçülen yüksek-çevrim burulma yorulması mukavemeti τ_{C1} ve düşük-çevrim burulma yorulması mukavemeti τ_{C2} aşağıdaki formüllerde verilen değerlere eşit veya onlardan büyük olacaktır:

$$\tau_{c1} \geq \tau_{c\lambda-0} = \frac{\sigma_B + 160}{6} \cdot C_K \cdot C_D$$

$$\tau_{c2} \geq 1.7 \cdot \frac{1}{\sqrt{c_K}} \tau_{c1}$$

Burada,

C_K = şaftın dizayn özelliklerine bağlı faktör, Bölüm 8,C.1'e bakınız

scf = gerilme yığılması faktörü, aşağıya bakınız (*) (çentiksiz numune için, 1,0.)

C_D = boyut faktörü, Bölüm 8, C.1.'ye bakınız.

σ_B = şaft malzemesinin minimum çekme mukavemeti [N/mm²]

(*) Yarıkların gerilme yığılması faktörü

Yarıkların nihayetindeki gerilme yığılması faktörü (scf), aşağıdaki ampirik formüle göre hesaplanabilir:

$$s_{cf} = \alpha_{t(hole)} + 0{,}8 \cdot \frac{(1-e)/d}{\sqrt{\left(1-\frac{d_i}{d}\right) \cdot \frac{e}{d}}}$$

Bu formül aşağıda belirtilenlere uygulanır:

- 120 veya 180 veya 360 derece aralıklı yarıklar
- yarı dairesel nihayetli yarıklar. Çoklu yarıçaplı yarık nihayetleri lokal gerilmeleri azaltabilir, fakat bu durum ampirik formüle dahil edilmemiştir.

- kenar yuvarlatması olmayan yarıklar (pah kırma hariç), kenar yuvarlatması scf'yi az miktarda arttırır.

$\alpha_{t\ (hole)}$ radial deliklerin gerilme yığılmasını ifade eder (burada e=delik çapı) ve aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\alpha_{t(hole)} = 2.3 - 3 \cdot \frac{e}{d} + 15 \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^2 + 10 \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^2$$

veya sadeleştirerek $\alpha_{t\ (hole)}$ = 2,3 alınabilir.

3. Temizlik istekleri

Çelikler, ISO 4967 Yöntem A'ya göre test edildiklerinde, Tablo 5.2'de gösterilen temizlik derecesine sahip olacaktır. Numuneler, dövülmüş veya haddelenmiş ürünlerin her bir eriyiğinden alınacaktır.

Çelikler, genel olarak, **TL** Kuralları, Kısım 2, Bölüm %, Tablo 5.2'deki minimum isteklere uygun olacaktır. Burada temizlik isteklerini sağlamak üzere, kükürt, fosfor ve oksijen konsantrasyoların en aza indirilmesine dikkat edilecektir. Çelik bileşiminin **TL** tarafından onaylanması gereklidir.

Tablo 5.2 Temizlik istekleri

İçerme grubu	Seriler	Sınırlayıcı diyagram indeksi I
Tip A	İnce	1
	Kalın	1
Tip B	İnce	1,5
	Kalın	1
Tip C	İnce	1
	Kalın	1
Tip D	İnce	1
	Kalın	1
Tip DS	-	1

4. Muayene

Kabulden önce, **TL** Kuralları, Kısım 2, Bölüm 5'de istenilen ultrasonik testler yapılacaktır. Kabul kriterleri, IACS Recommendation No.68'e veya tanınmış ulusal ya da uluslar arası bir standarda uygun olacaktır.

BÖLÜM 6

DİŞLİ DONANIMLARI, KAPLİNLER

Sayfa

A. Genel 6-2

1. Kapsam
2. Onaylanacak Dokümanlar

B. Malzemeler 6-2

1. Onaylanan Malzemeler
2. Malzeme Testleri

C. Dişlinin Yük Taşıma Kapasitesinin Hesabı 6-2

1. Genel
2. Alın ve Konik Dişliler için Yük Kapasitesi Hesabı
3. Semboller, Tanımlar ve Giriş Verileri
4. Yük Hesapları için Etki Faktörleri
5. Temas Gerilmesi
6. Diş Dibi Eğilme Gerilmesi

D. Dişli Şaftları 6-9

1. En Küçük Çap

E. Donanım 6-10

1. Dişlilerin Yağlanması
2. Çalıştırma, kontrol ve emniyet donanımı
3. Dişli donanımı gövdeleri
4. Dişlilerin temellerine yerleştirilmesi

F. Balans Ayarı ve Testler 6-11

1. Balans Kalitesi
2. Testler

G. Kaplinlerin Dizaynı ve Yapımı 6-12

1. Genel
2. Flençli ve sıkmalı-tip kaplinler
3. Dişli Kaplinler
4. Elastik Kaplinler
5. Kavramalar
6. Hidrolik Kavramalar / Döndürme Momenti Konvertörleri
7. Çoklu Makina Senkronizasyonu için Mekanik Kavramalar
8. Testler

A. Genel

1. Kapsam

1.1 Bu bölümün kuralları, alın, planet ve konik dişli donanımları ile, ana sevk sistemlerinde veya Bölüm 1, B.4'de belirtilenlere uygun, önemli yardımcı makinalarda kullanılması gerekli her çeşit kaplinler için geçerlidir. Burada kaydedilen dizayn istekleri, Bölüm 1, B.4'de belirtilenlerin dışındaki yardımcı makinaların dişlileri ve kaplinleri için de uygulanabilir.

1.2 Buradaki kuralların 1.1'de belirtilen yardımcı makine kaplinlerine uygulanması, **TL**'nun belirli bir kaplin tipinin genel onayı çerçevesinde sınırlandırılabilir. Jeneratör guruplarının elastik kaplinlerinin dizaynı hakkında G.4.4.6'ya bakınız.

1.3 Buz klaslı gemilerin dişli ve kaplinlerinin boyutsal dizaynı için Bölüm 9'a bakınız.

2. Onaylanacak Dokümanlar

Gerekli detay resimleri ve parça listeleriyle birlikte, montaj ve kesit resimlerinin herbirinden üçer kopya, onay için **TL**'na gönderilir. Bunlarda, zorlanma hesaplarının kontrolleri için bütün veriler bulunmalıdır.

B. Malzemeler

1. Onaylanan Malzemeler

1.1 Ana sevk sistemi dişli donanımındaki şaftlar, pinyon dişlileri, dişliler ve dişli bandajları tercihen dövme çelikten yapılmış olmalıdır. Flençsiz düz şaftlar için haddelenmiş yuvarlak çelikler de kullanılabilir. Dişli gövdeleri, kır **(1)** veya nodüler dökme demir malzemeden veya kaynaklı konstrüksiyon olarak çelik veya çelik döküm göbekli çelik levhalardan yapılabilir.
Dişlilerin malzemeleri için, ISO 6336, Part 5'deki istekler dikkate alınacaktır.

1.2 Ana sevk sistemindeki kaplinler, çelikten, çelik dökümden veya özellikle ferritik bünyeli nodüler dökme demirden yapılmalıdır. Kaplinlerin az zorlanan dış kısımları, hidrolik kaymalı kaplinlerin rotor ve gövdeleri, kır dökümden veya uygun bir alüminyum döküm alaşımından da yapılabilir.

1.3 Bölüm 1, B.4'deki önemli yardımcı makinaların dişlileri için 1.1'deki malzeme koşulları geçerlidir. Bölüm 1, B.4'de sözü edilen yardımcı makinaların dışındakilerde kullanılan dişliler için ise, diğer malzemeler kabul edilebilir.

1.4 Bölüm 1, B.4'deki önemli yardımcı makinaların elastik kaplinlerinin gövdeleri genel olarak kır dökümden, kaplin gövdelerinin dışındakiler uygun bir alüminyum alaşımından da yapılabilir. Bununla birlikte, elektrik akımı üreten jeneratör grupları için tercihen ferritik esas bünyeli nodüler dökme demir, çelik veya çelik döküm yapımlı kaplin gövdeleri kullanılmalıdır. Bununla, kısa devre esnasında meydana gelen moment darbelerine karşı kaplinin dayanması sağlanır. **TL**, yardımcı tahrik ünitelerine ait kaplinler için, benzer isteklerde bulunma hakkını saklı tutar.

2. Malzeme Testleri

Ana sevk donanımlarında kullanılan, dişli donanımlarının ve kaplinlerin döndürme momenti iletimine katılan bütün parçaları, **TL**'nun Malzeme Kurallarına göre ve **TL** gözetiminde test edilmeli ve **TL** sertifikası alınmalıdır. Bu husus, jeneratörlerin dişli donanımlarının ve kaplinlerinin, döndürme momenti iletimine esas itibariyle katılan parçalarının malzemeleri için de geçerlidir.

Bölüm 1, B.4'e uygun olan diğer bütün önemli yardımcı makinaların, dişli donanımlarına ve kaplinlerine ait esas parçalarının malzemelerinin uygunluğu, dokümanlarla kanıtlanmalıdır.

Bu kanıt, Üretici Muayene Sertifikası ile sağlanabilir.

C. Dişlinin Yük Taşıma Kapasitesinin Hesabı

1. Genel

1.1 Dişli sisteminin bileşenleri şunlardır:

- Dişli,

(1) *Genel olarak çevresel hız, demir döküm dişli tekerlekleri için 60m/s'yi, demir döküm manşon kaplinler için ise, 40 m/s'yi geçmemelidir.*

- Dişli yağlama ve yağ kontrol donanımı,
- Soğutma suyu donanımı
- Kavrama-bırakma sistemi.

1.2 Dişliler, yapım şartnamesinde belirtilen gürültü düzeyini sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Düşük-gürültülü dişlilerle ilgili aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır:

- Dişlilerin doğrudan gemi yapısına elastik montajı,
- Dişlilerin ve tahrik ünitesinin, tekne yapısına elastik olara monte edilen bir ara sisteme sabitlenmesi,
- Tahrik ünitesine ve pervane şaftına elastik kaplinle birleşim,
- Çift helisli dişliler gibi, düşük gürültülü tip dişlerin kullanımı,
- Dişli yağlaması için, örneğin döner dişli pompalar, vb. gibi düşük gürültülü bileşenlerin kullanımı. Kavitasyon gürültüsünü önlemek için, düşük emme yükseklikli pompaların kullanımı.

2. Alın ve Konik Dişliler için Yük Kapasitesi Hesabı

2.1 Genel

2.1.1 Geminin sevk sisteminin ana ve yardımcı dişlilerinin yük taşıma kapasitelerinin hesabı, yanak ve diş dibi yükleri için Tablo 6.1'deki emniyet değerleri sınırlarını muhafaza ederek, düz dişli sistemleri için ISO 6336, ISO 9083 veya DIN 3990'a, konik dişliler için ISO 10300 veya DIN 3991'e göre yapılacak yük taşıma kapasite hesapları ile kanıtlanacaktır.

2.1.2 Bu bölümdeki formüllere göre, ana sevk sisteminde diş dibi ve diş mukavemetinin sağlanması, dişlinin düzgün çalışması için dişin kusursuz olarak işlenmiş olması ve dişin dinamik olarak yüklenme kapasitesinden yeterli olarak faydalanma şartlarına da bağlıdır.

Bu nedenle, tekil adım hatası (f_p) ile, toplam profil hatası ($F_ç$) değerleri, kalite derecesinin en az değeri olarak, bölüm dairesindeki çevresel hızın 25 m/sn den az olduğu durumda, DIN 3962'ye göre kalite 5'e ve ISO 1328'e göre kalite 4'e ve daha yüksek hızlarda ise, DIN 3962'ye göre 4'e ve ISO 1328'e göre de 3 kalitelerine uygun olmalıdır. Yanak eğrisi / açısal hata ($f_{H\beta}$), DIN 3962'nin en az 5 kalitesine, dişli millerinin paralelliğinde kabul edilebilir hata, DIN 3964 veya ISO 1328'e göre sırası ile en az 5 veya 4 kalitesine uymalıdır.

Diş yanaklarının üst yüzey pürüzlülüğü R_Z, çalışmadan önce frezede veya planyada açılmış dişlilerde, genel olarak 10 μm'den, diş profili taşlanmış veya traşlanmış dişlilerde, genel olarak 4 μm'den büyük olmamalıdır. Diş dibi yuvarlatma yarıçapı (ρ_{ao}), takım referans profilinde en az $0,25 \cdot m_n$ olmalıdır

TL, söz konusu olan diş açma makinalarının hassasiyetinin kanıtlanmasını ve dişlerin sertleştirme işlemi için bir uygulama testini isteme hakkını saklı tutar.

3. Semboller, Tanımlar ve Giriş Verileri

3.1 İndisler

1 = pinyon
2 = çark
m = alın genişliğinin ortasında
n = normal kesit
t = enine kesit
o = alet (takım)

3.2 Parametreler

a	[mm]	=	Eksenler arası uzaklık,
b	[mm]	=	Diş genişliği,
b_{eff}	[mm]	=	Etkin diş genişliği (konik dişliler),
B_{Z0}	[mm]	=	Başlangıç hattı öteleme ölçüsü,
d	[mm]	=	Standart piç çapı
d_a	[mm]	=	Diş başı çapı

Tablo 6.1 Yanak ve diş dibi gerilmesi için minimum emniyet sınırı

Durum	Uygulama	Sınır Koşulları	S_H	S_F
1.1	Gemi sevk sistemindeki ve jeneratör tahrik sistemindeki dişliler	Modül m_n=16	1,3	1,8
1.2		Modül m_n>16	0,024 m_n+ 0,916	0,02 m_n+ 1,48
1.3		Giriş dönme momenti = 8000 Nm'ye kadar olan birbirinden bağımsız iki ana sevk sisteminde	1,2	1,55
2.1	Dinamik yük etkisinde olan yardımcı tahrik sistemlerindeki dişliler		1,2	1,4
2.2	Dinamik konumlandırma için kullanılan yardımcı tahrik sistemlerindeki dişliler (Klas işareti DK)		1,3	1,8
2.3	Statik yük etkisinde olan yardımcı tahrik sistemlerindeki dişliler	$N_L \leq 10^4$	1,0	1,0

Not:

*Diş dibi yorulma mukavemeti **TL**'nun onayladığı bir yöntemle arttırılıyorsa, örneğin; çekiçleme (shot peening) gibi, semante edilmiş dişlilerde $m_n \leq 10$ için minimum emniyet sınırı S_F **TL** ile anlaşarak %15'e kadar azaltılabilir.*

d_f [mm] = Diş dibi çapı,

F_t [N] = Referans dairesindeki dairesel kuvvet,

$F_{\beta x}$ [µm] = Başlangıçtaki eşdeğer sapma hatası,

f_{pe} [µm] = Normal piç hatası,

f_f [µm] = Profil form hatası,

h_{a0}* [mm] = Takım referans profilinde baş yüksekliği katsayısı,

h_{f0}* [mm] = Takım referans profilinde diş dibi yüksekliği katsayısı,

h_{FfP0}* [-] = Takım referans profilinde tahrik dişlisinin faydalı diş dibi yüksekliği katsayısı,

K_A [-] = Uygulama faktörü,

$K_{F\alpha}$ [-] = Enine yük dağılım faktörü (kök dibinde)

$K_{F\beta}$ [-] = Genişlik yük dağılım faktörü (kök dibinde),

$K_{H\alpha}$ [-] = Enine yük dağılım faktörü (yanaklarda),

$K_{H\beta}$ [-] = Genişlik yük dağılım faktörü (yanaklarda),

$K_{H\beta be}$ [-] = Taşıma faktörü (konik dişliler),

K_v [-] = Dinamik yük faktörü,

K_γ [-] = Yük dağılım faktörü,

m_n [mm] = Normal modül,

m_{nm} [mm] = Ortalama normal modül (konik dişli çarklarda),

n [min^{-1}] = Devir sayısı,

N_L [min^{-1}] = Yük değişim sayısı,

P [kW] = Güç,

pr [mm] = Takımdaki çıkıntı,

Q [-] = Dişli kalitesi DIN'e göre,

q [mm] = Mekanik işleme payı,

R_a [μm] = Ortalama aritmetik pürüzlülük,

R_{zF} [μm] = Kökün ortalama pürüzlülük derinliği,

S_F [-] = Diş kopmasına karşı emniyet katsayısı,

S_{FG} [N/mm^2] = Diş dibi gerilme sınırı,

S_H [-] = Pitinge karşı emniyet katsayısı,

T [Nm] = Dönme momenti,

u [-] = Diş sayısı oranı,

x [-] = Diş başı değişim faktörü,

x_{hm} [-] = Ortalama diş başı değişim faktörü (konik dişliler),

x_{sm} [-] = Kalınlık değişim faktörü,

Y_F [-] = Diş form faktörü (diş dibi),

Y_{NT} [-] = Ömür faktörü (diş dibi),

$Y_{\delta\ bağ\ T}$ [-] = Bağıl çentik hassasiyeti faktörü,

$Y_{R\ bağ\ T}$ [-] = Bağıl yüzey durum faktörü,

Y_S [-] = Gerilme düzeltme faktörü,

Y_{ST} [-] = Referans dişli testleri gerilme düzeltme faktörü,

Y_X [-] = Diş dibindeki gerilme için boyut faktörü,

Y_β [-] = Diş dibindeki gerilme için helis açısı faktörü,

z [-] = Diş sayısı,

Z_E [-] = Elastik faktörü,

Z_H [-] = Yanak form faktörü (temas gerilmesi),

Z_L [-] = Yağlama faktörü,

Z_{NT} [-] = Ömür faktörü (temas gerilmesi) yanaklarda,

Z_v [-] = Hız faktörü,

Z_R [-] = Pürüzlülük faktörü,

Z_W [-] = Malzeme işleme katsayısı,

Z_X [-] = Boyut katsayısı (temas gerilmesi) yanaklarda,

Z_β [-] = Helis açısı faktörü (temas gerilmesi) yanaklarda,

Z_ε [-] = Temas oranı faktörü (yanaklarda),

α_n [°] = Normal basınç açısı,

α_{pr} [°] = Çıkıntı açısı,

β [°] = Helis açısı,

β_m [-] = Ortalama helis açısı (konik dişli),

ν_{oil} [°] = Yağ sıcaklığı,

ν_{40} [mm^2/s] = 40°C'daki yağın kinematik viskozitesi,

ν_{100} [mm^2/s] = 100°C'daki yağın kinematik viskozitesi,

ρ_{a0}^* [-] = Aletin (takımın) yuvarlatma yarıçapı katsayısı

Σ [°] = Şaft açısı (konik dişli),

σ_F [N/mm^2] = Diş dibindeki eğilme gerilmesi,

σ_{FE} [N/mm^2] = Diş dibi gerilmesi,

σ_{FG} [N/mm^2] = Diş dibi sınır gerilmesi,

σ_{F0} [N/mm^2] = Nominal diş dibi gerilmesi,

σ_{Flim} [N/mm^2] = Eğilme gerilmesi için dayanma sınırı (devamlı mukavemet),

σ_{FP} [N/mm^2] = Müsaade edilebilen diş dibi gerilmesi,

σ_H [N/mm^2] = Hesaplanan temas gerilmesi (yanak basıncı),

σ_{HG} [N/mm^2] = Değiştirilmiş temas gerilmesi sınırı (yanak mukavemeti),

σ_{Hlim} [N/mm^2] = Temas gerilmesi için dayanma sınırı (yanaklarda devamlı mukavemet),

σ_{HP} [N/mm^2] = Müsaade edilebilen temas gerilmesi (yanak basıncı),

σ_{H0} [N/mm^2] = Nominal temas temas gerilmesi (yanak basıncı),

3.3 Yük taşıma kapasitesinin hesabı için giriş verileri Tablo 6.2'de toplu olarak gösterilmiştir.

4. Yük Hesapları için Etki Faktörleri

4.1 Nominal döndürme momenti

Nominal döndürme momenti hesabında planlanan maksimum devamlı verim esas alınmalıdır.

4.2 Uygulama faktörü K_A

Uygulama faktörü K_A da, süperpoze edilmiş dinamik veya darbe yüklerinden dolayı nominal dönme momenti artışı göz önüne alınır. Ana ve yardımcı sistemler için K_A değerleri Tablo 6.3'den hesaplanır.

4.3 Yük dağılım faktörü K_γ

Yük dağılım faktörü K_γ de yük dağılımındaki sapmalar göz önüne alınır. Örneğin; 2 veya daha fazla yük dağılımı olan dişli çarklarda veya 3'den fazla planet dişlisi olan planet dişli çarklarda.

Planet dişli çarklar için aşağıdaki değerler uygulanır.

3 planet dişliye kadar K_γ = 1,0
4 planet dişliye kadar K_γ = 1,2
5 planet dişliye kadar K_γ = 1,3
6 planet dişliye kadar K_γ = 1,6

Yük dağılımı olmayan dişli çarklarda K_γ =1 alınır.

Diğer bütün hallerde K_γ için **TL** ile anlaşmaya varılmalıdır.

4.4 Alın yükü dağılım faktörleri $K_{H\beta}$ ve $K_{F\beta}$

Alın yükü dağılım faktörü, düzgün olmayan yük dağılımın dış yanakları üzerindeki yanak basıncında ($K_{H\beta}$) ve diş dibi zorlanmasında ($K_{F\beta}$) göz önüne alır.

Yanak düzeltilmesi durumu, $K_{H\beta}$ ve $K_{F\beta}$ değerleri verilerek bilinen hesap yöntemleri ile belirlenir. Gemi işletiminin yük dağılımı üzerindeki özel etkileri dikkate alınmalıdır.

4.5 Enine yük dağılım faktörleri $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$

Enine yük faktörü dağılım $K_{H\alpha}$ ve $K_{F\alpha}$, bir çok dişli çiftinin aynı zamanda kavramasındaki düzgün olmayan kuvvet dağılımını göz önüne alır.

Ana sevk sisteminin dişli çarkları için 2.1.2'de belirtilen dişli kalitesi ile $K_{H\alpha} = K_{F\alpha}$=1,0 alınabilir. Diğer dişliler için enine yük dağılım faktörü 2.1.1 ve 2.1.2'de belirtilen DIN/ISO'ya göre hesaplanabilir.

5. Temas Gerilmesi

5.1 Hesaplanan temas gerilmesi σ_H izin verilen yanak gerilmesi $\sigma_{Hmüs}$ (Herz'e göre yanak basıncı) nı aşmamalıdır.

$$\sigma_H = \sigma_{Ho} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}} \leq \sigma_{HP} \qquad \textbf{(1)}$$

Burada;

$$\sigma_{Ho} = Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_i}{d_1 \cdot b} \cdot \frac{u+1}{u}}$$

Tablo 6.2 Yük taşıma kapasitelerinin hesabı için giriş verileri

Tersane/Yeni inşa					Kayıt No.				
Yapımcı				Tipi					
Uygulama				Silindirik dişli ☐		Konik dişli **(1)** ☐			
Nominal güç	P		kW	Buz sınıfı					-
Devir sayısı no.	n_1		1/min	Planet no.					-
Uygulama faktörü	K_A		-	Dinamik faktör	K_v				-
Genişlik yük faktörü	$K_{H\beta}$			Yük dağılım faktörü	K_γ				
	$K_{H\beta be}$ **(1)**		-	Enine yük dağılım faktörleri	$K_{H\alpha}$				
	$K_{F\beta}$		-		$K_{F\alpha}$				
Geometrik Veriler		Pinyon	Dişli çark		**Takım verileri**		Pinyon	Dişli çark	
Diş sayısı	z			-	Diş başı değişim faktörü	x/x_{hm}			-
Normal modül	m_n/m_{nm} **(1)**			mm	Ortalama diş başı değişim faktörü	x_{hm}**(1)**			-
Ortalama normal modül	m_{nm}**(1)**			mm	Kalınlık değişim katsayısı	x_{sm}**(1)**			-
Normal basınç açısı	α_n			°	Yuvarlatma yarıçapı katsayısı	ρ_{a0}*			-
Eksenler arası uzaklık	a			mm	Baş yüksekliği katsayısı	h_{a0}*			-
şaft açısı	Σ**(1)**			°	Diş dibi yüksekliği katsayısı	h_{f0}*			-
Bağıl etkin genişlik oranı	b_{eh}/b**(1)**			-	Tahrik dişlisinin faydalı diş dibi yüksekliği katsayısı	h_{FfP0}*			
Helis açısı	β			°	Çıkıntı	pr			mm
Ortalama helis açısı	β_m**(1)**			°	Çıkıntı açısı	α_{pr}			°
Diş genişliği				mm	Mekanik işleme payı	q			mm
Diş başı çapı	d_a			mm	Takımdaki BZ ölçüsü	B_{ZO}			mm
Diş dibi çapı	d_{fe}			mm	Diş boşluğu payı/toleransı				-
Yağlama verileri					**Kalite**				
Kinematik viskozite 40°C	ν_{40}			mm^2/s	DIN'e göre kalite	Q			-
Kinematik viskozite 100°C	ν_{100}			mm^2/s	Yanakta ortalama pürüzlülük derinliği	R_{zH}			µm
Yağ sıcaklığı	δ_{Oil}			°C	Diş dibinde ortalama pürüzlülük derinliği	R_{zF}			µm
FZG sınıfı				-	Başlangıçtaki eşdeğer sapma hatası	$F_{\beta x}$			µm
Malzeme verileri					Normal piç hatası	f_{pe}			µm
Malzeme tipi					Profil form hatası	f_f			µm
Temas gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Hlim}			N/mm^2	Tarih :				
Eğilme gerilmesi için dayanma sınırı	σ_{Flim}			N/mm^2					
Yüzey sertliği				HV					
Göbek sertliği				HV	İmza :				
Isıl işlem yöntemi				-					

(1) *Konik dişliler için verilmiştir.*

Tablo 6.3 Uygulama faktörü KA

Sistemin tipi	K_A faktörü
Ana sistem:	
Türbinler ve elektrikli tahrik sistemleri	1,1
Dişli donanımı ve makina arasında hidrolik kaplinli dizel makinası sevk sistemleri	1,1
Dişli donanımı ve makina arasında elastik kaplinli dizel makinası sevk sistemleri	1,3
Dişli donanımı ve makina arasında elastik kaplini olmayan dizel makinası sevk sistemi	1,5
Jeneratör tahrik sistemleri	1,5
Yardımcı sistem:	
Elektrik tahrikli itici	1,1 (20000 h) **(1)**
Dizel makina tahrikli itici	1,3 (20000 h) **(1)**
Demir ırgatları	0,6 (300 h) **(1)** 2,0 (20 h) **(1)**
Kombine demir ve halat vinçleri	0,6 (1000 h) **(1)** 2,0 (20 h) **(2)**

Not :

(1) *Öngörülen çalışma saati*

(2) *Demir ırgatının öngörülen maksimum yükü*

Diğer tipteki sistemler için K_A faktörleri ayrıca kararlaştırılır.

5.2 İzin verilen temas gerilmesi σ_{HP}; Z_{NT}, Z_L, Z_V, Z_R, Z_W, Z_X gerilme düzeltme faktörleri dikkate alınarak, Tablo 6.4 **(2)**'den elde edilen malzemeye bağlı yorulma mukavemeti σ_{Hlim}'den hesaplanan σ_{HG} temas gerilmesi sınırının Tablo 6.1'de verilen S_H emniyet sınırına bölünmesi ile elde edilir.

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{HG}}{S_H} \qquad \textbf{(2)}$$

Burada;

$$\sigma_{HG} = \sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT} \cdot Z_L \cdot Z_V \cdot Z_R \cdot Z_W \cdot Z_X$$

Tablo 6.4 Temas gerilmeleri için dayanma sınırı σ_{Hlim} (3)

Malzeme	σ_{Hlim} [N/mm^2]
Semantasyon çelikleri, semante edilmiş	1500
Nitrurasyon çelikleri gazda nitrurasyona tabi tutulmuş	1250
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler banyoda veya gazda nitrurasyona tabi tutulmuş	850 - 1000
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler,endüksiyonla sertleştirilmiş	0,7HV10+800
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler	1,3HV10+350
Alaşımsız ısıl işlem görebilen çelikler	0,9HV10+370
Yapı çelikleri	1,0HB+200
Çelik döküm, dökme demir ve nodüler grafitli döküm	1,0HB+150

6. Diş Dibi Eğilme Gerilmesi

6.1 Hesaplanan maksimum diş dibi eğilme gerilmesi σ_F, müsaade edilen diş dibi gerilmesi σ_{FP} yi aşmamalıdır.

Diş dibi gerilmesi pinyon ve çark için ayrı ayrı hesaplanır.

$$\sigma_F = \sigma_{F0} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_\gamma \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha} \le \sigma_{FP} \qquad \textbf{(3)}$$

$$\sigma_{F0} = \frac{F_t}{b \cdot m_n} \cdot Y_F \cdot Y_S \cdot Y_\beta$$

(2) ***TL**'nun onayı ile, kalitesi kanıtlanmış sementasyon çelikleri için yüksek dayanım mukavemetine izin verilebilir.*

(3) ***TL**'nun onayı ile kalite kanıtlanmış sementasyon çelikleri için daha yüksek yorulma mukavemeti değerleri kabul edilebilir.*

6.2 Müsaade edilen diş dibi gerilmesi σ_{FP}, Tablo 6.5 **(2)**'de malzemeye bağlı olarak verilen yorulma mukavemeti σ_{FE} veya σ_{Flim}, gerilme düzeltme faktörleri Y_{ST}, Y_{NT},$Y_{\delta bağıl\ T}$ $Y_{Rbağıl\ T}$, Y_X göz önüne alınarak elde edilen diş dibi gerilme sınırı σ_{FG} yerine bu değerin Tablo 6.1'de verilen emniyet sınırına S_F bölünmesi ile elde edilir.

$$\sigma_{FP} = \frac{\sigma_{FG}}{S_F} \qquad \textbf{(4)}$$

Burada;

$\sigma_{FG} = \sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT} \cdot Y_{\delta bağıl\ T} \cdot Y_{Rbağıl\ T} \cdot Y_X$

Tablo 6.5 Diş dibi eğilme gerilmesi için dayanma sınırı $\sigma_{FE} = \sigma_{Flim} \cdot Y_{ST}$, burada Y_{ST} =2'dir.

Malzeme	**$\sigma_{FE}=\sigma_{Flim} \cdot Y_{ST}$** [N/mm^2]
Semantasyon çelikleri, semante edilmiş	860-920
Nitrurasyon çelikleri gazda nitrurasyona tabi tutulmuş	850
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler banyoda veya gazda nitrurasyona tabi tutulmuş	740
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler,endüksiyonla sertleştirilmiş	700
Alaşımlı ısıl işlem görebilen çelikler	0,8HV10+400
Alaşımsız ısıl işlem görebilen çelikler	0,6HV10+320
Yapı çelikleri	0,8HB+180
Dökme çelik, nodüler grafitli dökme demir	0,8 HB+140
Not : *Değişen gerilmelere maruz dişler için bu değerlerin %70'ine izin verilir.*	

D. Dişli Şaftları

1. En Küçük Çap

Yön değiştirici ve devir düşürücü dişli donanımlarının şaftları, aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$d \geq F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n\left[1-\left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right]} \cdot C_W} \qquad \textbf{(5)}$$

$$\frac{d_i}{d_a} \leq 0{,}4$$

$$\left[1-\left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4\right] = 1$$

d [mm] = Gerekli şaft dış çapı,

d_i [mm] = İçi boş şaftlarda, şaft iç çapı

d_a [mm] = Gerçek şaft çapı,

P [kW] = Şaft sevk gücü,

n [dak^{-1}] = Şaft devir sayısı,

F [-] = Sevk türü için faktör,

= 95 Türbin donanımları, elektrik sevk sistemleri ve kaymalı kaplinli makina donanımları için,

= 100 Diğer bütün sevk sistemleri için.

TL, donanımın yüklenme durumu nedeniyle gerekli görüldüğü takdirde, daha yüksek F değeri belirleme hakkını saklı tutar.

C_W [-] = Malzeme faktörü,

R_m = Şaft malzemesinin çekme mukavemeti

Dişli şaftları için, 800 N/mm^2'den daha yüksek bir değer kullanılmaz. Pinyon şaftlarında, R_m yerine genelde fiili çekme mukavemeti kullanılabilir.

k [-] = 1,10 Dişli şaftları için,

= 1,15 şafta kama vasıtasıyla tespit edilmiş pinyon gövdesi ve dişli gövdesi sahasında ve basınç şaftları ve çok kamalı dişli şaftları için

Yatak düzenlemesi, gövde yapısı, diş basıncı, vs. gibi nedenlerle, şaftta yüksek eğme zorlaması hesaplama zorunluluğu varsa, bu takdirde, **TL** tarafından daha yüksek (k) değeri tespit edilebilir.

E. Donanım

1. Dişlilerin Yağlanması

1.1 Genel

Dişli sistemi, herhangi bir sınırlama olmaksızın yağlama yağı sıcaklığının 0°C'dan yukarıda olması durumunda çalışmaya başlayabilecek şekilde dizayn edilmelidir.

Boşanmaz kaplinler için G.5'deki esaslar uygulanır.

Dişli yağlama maddesindeki su miktarını ve dişlideki nemi sınırlamak üzere, dişlinin korozyona uğramasını önleyecek uygun önlemler alınmalıdır.

1.2 Yağ seviye göstergesi

Ana ve yardımcı dişlilerin yağlama yağı seviyesinin izlenmesi için, yağ seviyesini tespit edebilecek tertibat bulunmalıdır.

1.3 Basınç ve sıcaklık kontrolü

Yağlama yağı basıncının ve yağlama yağı sıcaklığının kontrolü için yağlama yağı soğutucusunun çıkışında, yağın dişli donanımına girişinden evvel, sıcaklık ve basınç göstergeleri bulunmalıdır.

Kaymalı yataklar da sıcaklık göstergeleri ile donatılmalıdır.

Dişliler, rulmanlı yataklarla donatılmış ise, bir sıcaklık göstergesi uygun yere konulmalıdır. 2000 kW'a kadar olan dişli donanımlarında, **TL** ile özel tertipler için anlaşmaya varılabilir.

Otomasyon sistemli gemiler için, Kısım 106, Otomasyon'daki isteklere uyulmalıdır.

1.4 Yağlama yağı pompaları

Dişli donanımı tarafından döndürülen yağlama yağı pompaları kolay ulaşılabilir ve gemide mevcut aletlerle değiştirilebilir olmalıdır.

Yağlama yağı beslemesi; bir ana pompa ve bağımsız bir stand-by pompa ile sağlanmalıdır. Eğer bir dişli donanımı; tahrik döndürme momentinin %75'inde, kendi kendine yeterli yağlama yapabilmesi yönünden onaylanmış ise, stand-by pompa P/n_1 [kN/dk^{-1}] ≤ 3,0 performans değerine kadar konulmayabilir.

2. Çalıştırma, kontrol ve emniyet donanımı

Çalıştırma ve kontrol donanımı, uzaktan kumanda ile ve doğrudan dişli üzerinden kumanda ile emniyetli bir çalışma sağlamalıdır. Düzenli bir çalışma için önemli olan tüm parametreler doğrudan dişli üzerinde gösterilmelidir. Bu gösterge cihazları, mümkün olduğu taktirde, yardımcı bir kontrol mahallinde toplanmalıdır.

3. Dişli donanımı gövdeleri

Ana sevk donanımındaki ve önemli yardımcı makinalardaki dişli donanımlarının gövdeleri, dişlerin muayenesine ve srast yatağındaki boşluğun ölçülmesine ve yağ tortularının temizlenmesine olanak verecek şekilde, sökülebilir gözetleme kapakları ile donatılmalıdır.

4. Dişlilerin temellerine yerleştirilmesi

Tekne yapısının bir parçası olarak, temellerdeki deformasyonların neden olduğu kabul edilemeyecek kuvvetlerin dişlere aktarılmamasının sağlanmasına dikkat edilmelidir.

Dişli donanımlarının temellerine, çelik ayar parçaları veya dökme reçine ayar parçaları üstünde yerleştirilmeleri, **TL**'nun sevk Sisteminin Temellere Yerleştirilmesi için kurallara uygun yapılmalıdır.

Dökme reçine temellerde, itme, stoperler tarafından karşılanmalıdır. Aynı husus, ayrı srast yataklı dökme reçina temellere de uygulanır.

F. Balans Ayarı ve Testler

1. Balans Kalitesi

1.1 Dişliler, pinyonlar, şaftlar, dişli kaplinler ve mümkünse devir hızı yüksek elastik kaplinler de, balans edilmiş durumda monte edilmelidir.

1.2 Genel olarak müsaade edilebilen kalıcı balanssızlık (U), dişlilerin her bir dengeleme yüzeyinde, üretim şekli, çalışma ve yükleme şartları nedeniyle, statik veya dinamik bir balans gerektiğinde aşağıdaki formül uygulanabilir:

$$U = 9.6\frac{Q \cdot G}{z \cdot n} \quad \text{[kgmm]} \qquad \textbf{(6)}$$

Burada;

G = Balans edilecek cismin kütlesi, [kg]

n = Balans edilecek cisimlerin çalışma devir sayısı, [dak^{-1}]

z = Balans düzlemlerinin sayısı, [-]

Q = Balans derecesi, [-]

- 6,3 Dişli şaftları, pinyonlar ve makina dişlilerine ait kaplin elemanları için,
- 2,5 Burulma şaftları ve dişli kaplinleri, türbin transmisyonuna ait pinyonlar ve dişli çarklar için.

2. Testler

2.1 Üretici atölyesindeki testler

Ana sevk sistemlerine ve Bölüm 1,B.4'e göre önemli yardımcılara ait dişliler, üretici atölyesinde, malzeme ve parça testlerinin başarılması sonunda, son muayene ve çalışma denemesi için, **TL**'na sunulmalıdır. Son muayene, kısmi veya tam yükte, yeterli bir süre devam eden, bir seyir tecrübesiyle birleştirilmelidir. Bu esnada, dişlilerin diş boşlukları ve temas durumları da kontrol edilmelidir. Bir tam yük deneyinde, dişlinin gerçekleşebilecek her türlü çalışma şartında, denenmesi tamamlanmış olmalıdır.

Büyük dişli donanımlarının çalışma ve yükleme denemeleri için üretici olanakları sınırlı ise, bu denemeler liman tecrübesi sırasında da uygulanabilir.

Sızdırmazlık testlerinin öngörüldüğü bileşenlerde bu testler yapılacaktır.

Deney kapsamının azaltılması, **TL**'nun onayını gerektirir.

2.2 Geminin seyir tecrübesi esnasında yapılacak denemeler

2.2.1 Seyir tecrübesine başlamadan önce, ana sevk sisteminin dişli donanımının dişleri, temas izlerinin kontrolü için, uygun bir temas rengiyle boyanır. Seyir tecrübesi esnasında bütün ileri ve geri seyir kademelerinde, kusursuz çalışmaları, düzgün dönmeleri, yatak sıcaklıkları ve yağlama yağının temizliği bakımından, dişliler kontrol edilir. Seyir tecrübesinin sonunda dişliler, muayene deliklerinden tetkik edilir ve temas izleri kontrol edilir. Mümkünse, temas izleri her yük kademesinin tamamlanmasından sonra kontrol edilmelidir. Bu esnada dişlerin, eksenel ve radyal doğrultuda temas kısımları için Tablo 6.6'da verilen başvuru değerleri, seyir tecrübesi esnasında dişlilerin yükleme ve çalışma süresi göz önüne alınarak, esas kabul edilmelidir.

2.2.2 Çok kademeli ve yıldız düzenli dişli donanımlarında, kanıtlanmış yüksek üretim hassasiyetli durumlarda ve üreticinin iş yerinde yapılan kontrol tatmin edici bulunmuşsa, **TL**'nun onayı ile seyir

tecrübesi sonrasındaki temas izi kontrolünün kapsamı daraltılabilir.

2.2.3 Örneğin, dümen pervaneler ve azimuth sevk sistemleri gibi ana sevk sistemi olarak kullanılan Z-tahrik dişlilerinin kontrolü için Bölüm 7B,D.8'e bakınız.

2.3 Akustik özellikler, Kısım 102, Tekne Yapısı ve Donanımı, Bölüm 16, B.3'e uygun olmalıdır.

Tablo 6.6 Temas alanları yüzdesi

Dişlilerin malzemesi-Üretim şekli	Ortak diş yüksekliği (tip kabartmasız)	Diş genişliği (son kabart-masız)
Isıl işlem görmüş, frezeyle açılmış, şekillenmiş	%33 ortalama	%70
Üst yüzeyler sertleştirilmiş, taşlanmış, traşlanmış	%40 ortalama	%80

G. Kaplinlerin Dizaynı ve Yapımı

1. Genel

Dişliler, strast yatağı, makina, vb. gibi ana sistem elemanlarının yerini değiştirmeksizin, gemideki mevcut takımları kullanarak, tüm kaplinleri dişlilerden ayırmak ve dişlilere bağlamak bakımından, ayırmak mümkün olmalıdır.

2. Flençli ve sıkmalı-tip kaplinler

Kaplin gövdelerinin, flençli ve sıkmalı-tip kaplinlerin flençleri ve cıvatalarının boyutlandırılmasında, Bölüm 5'de belirtilen kurallara uyulmalıdır.

3. Dişli Kaplinler

3.1 Çok-dişli kaplinler gibi, burkulmaya dayanıklı kaplinler, radyal ve eksenel doğrultudaki sapmaları önlemek üzere kullanılabilirler.

3.2 Düz yan yüzlü dişli kaplinlerin, yeterli yan yüz taşıma kabiliyeti için:

$$p = \frac{2{,}55 \cdot 10^7 \cdot P \cdot K_A}{b \cdot h \cdot d \cdot z \cdot n} \le p_{perm} \qquad \textbf{(7)}$$

geçerlidir.

p [N/mm^2] = Yanağın fiili temas basıncı

P [kW] = Kaplindeki tahrik gücü,

d [mm] = Bölüm dairesi çapı,

K_A [-] = C.4.2'ye göre çalışma faktörü,

z [-] = Diş sayısı,

n [dak^{-1}] = Devir sayısı,

h [mm] = Ortak diş yüksekliği,

b [mm] = Taşıyıcı diş genişliği,

σ_{HP} [N/mm^2] = İzin verilen Hertz yanak basıncı,

p_{perm} [N/mm^2] = Sünek çelikler için 0,7 R_{eH},

p_{perm} [N/mm^2] = Gevrek çelikler için 0,7 R_m

Bombeli yan yüzlü dişli kaplinlerin, Hertz yanak basıncının hesaplanması için, **TL**'nca bilinen yöntemler kullanılıyorsa, müsaade edilebilen Hertz basınçları, C.4.2'de verilen σ_{HP} değerlerinin %75'ine eşit olmalıdır. Burada etki faktörleri $Z_{NT} \div Z_X$ 1,0 alınır.

P_{perm} = 400-600 N/mm^2

Su verilen ve temperlenen çelikten yapılmış dişliler için;
Üstün üretim kaliteli dişliler ve yüksek mukavemetli çelikler için daha yüksek değerler uygulanır.

= 800-1000 N/mm^2

Sertleştirilmiş çelikten yapılmış dişliler (sementasyon veya azot) için;
Üstün üretim ve yüzey kaliteli dişliler için daha yüksek değerler uygulanır.

3.3 Kaplin dişlilere etkili bir yağlama yapılmalıdır. Bunun için genellikle kaplinin sabit bir yağ seviyesi,

$$d \cdot n^2 < 6 \cdot 10^9 \quad [\text{mm/dakika}^2] \qquad \textbf{(8)}$$

olması halinde, yeterli görülebilir. $d \cdot n^2$ nin büyük değerleri için, ana sevk sistemindeki kaplinlerde, bir dolaşım yağlaması öngörülür.

3.4 Dişli kaplinlere ait manşon, flenç ve cıvataların boyutlandırılması için, Bölüm 5'de verilen formüller göz önüne alınır.

4. Elastik Kaplinler

4.1 Elastik kaplinler, üretici tarafından belirlenen yüklere ve ana sevk sistemlerinde ve önemli yardımcı makinalarda kullanımlarına göre onaylanmalıdır. Genelde, elastik kaplinler tip onaylı olacaktır.

4.2 Dokümanlar

Verilecek dokümanlar aşağıda belirtilenleri içerecektir:

- Montaj resimleri
- Malzeme özelikleri ile birlikte detay resimleri
- Ana parametreler
  - Lastik Shore sertliği
  - Nominal döndürme momenti (tork) T_{KN}
  - Start/stop, rezonanslardan geçiş, elektriksel veya mekanik kilitlenme, buz darbesi, vb. gibi normal geçici durumlar için izin verilen döndürme momenti T_{Kmax1}
  - Kısa devre, emercensi durdurma, vb. gibi anormal darbe yükleri için izin verilen döndürme momenti T_{Kmax2}
  - Devamlı çalışma için izein verilen titreşim döndürme momenti $\pm T_{KW}$
  - Isı yayılımından kaynaklanan izin verilen güç kaybı P_{KV}
  - İzin verilen dönüş hızı n_{max}
  - Dinamik burulma rijitliği c_{Tdyn} , radyal rijitlik c_{rdyn}
  - Bağıl sönümlenme ψ, sönümlenme özellikleri
  - İzin verilen eksenel, radial ve açısal yer değiştirme
  - İzin verilen kalıcı bükülme
- Dizayn hesapları
- Test raporları

4.3 Testler

Madde 4.2'de belirtilen özellikler, test kuruluşlarında yapılacak ölçümlerle doğrulanacak ve dokümante edilecektir.

Tekil onaylar için testlerin kapsamı, **TL** ile anlaşmak suretiyle daraltılabilir.

4.4 Dizayn

4.4.1 Kaplin gövdeleri, flençleri ve kaplin civataları ile ilgili olarak Bölüm 5, D'de verilen istekler göz önüne alınmalıdır.

4.4.2 Lastik kaplinlerin elastik elemanları, T_{KN}'ye karşılık gelen lastik/metal temas yüzeyindeki ortalama kesme gerilmesi 0,5 N/mm^2'yi aşmayacak şekilde dizayn edilecektir.

4.4.3 T_{KN} nedeniyle lastik elemandaki kesme gerilmesinin, Tablo 6.7'de Shore sertliğine bağlı olarak verilen değeri aşmaması önerilir.

Lastik malzemelerin mukavemetinin yeterliliği, ilgili testler ve hesaplarla dokümante edilirse, daha yüksek değerler kabul edilebilir.

Tablo 6.7 Kesme gerilmesi sınırları

Shore sertliği [-]	Kesme gerilmesi sınırı [N/mm^2]
40	0,4
50	0,5
60	0,6
70	0,7

Özel malzemeler için (örneğin silikon) ilgili sınır değerleri, deneylerden ve tecrübelerden elde edilecektir.

4.4.4 Ana sevk sistemlerindeki ve elektrik enerjisi üreten sistemlerdeki elastik kaplinler, belirli bir süre için, herhangi bir silindirin devre dışı kalması durumundaki bir çalışmaya dayanacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Bölüm 8,C.4.2'ye bakınız. Buz klaslı gemiler için, Bölüm 9'a göre ilave dinamik yükler dikkate alınacaktır.

4.4.5 Eğer bir elastik kaplin, tahrik mekanizmasının bağlanan elemanları üzerinde eksenel bir itme oluşturacak şekilde dizayn edilmişse, bu itmenin emilmesi için gerekli düzenlemeler yapılacaktır.

Eğer burulma sınırlayıcı cihazlar kullanılıyorsa, işlevsellikleri doğrulanacaktır.

4.4.6 Dizel jeneratör sistemindeki elastik kaplinler, elektrik kısa devrelerinden dolayı, tesisin nominal döndürme momentinin 6 katına kadar olan darbe momentlerini karşılayabilmelidir.

5. Kavramalar

5.1 Genel

5.1.1 Tanımlar ve uygulama

Kavramalar; mekanik, hidrolik ve pnömatik olarak kavrayan ve ayrılan kaplinlerdir. Aşağıdaki istekler, şaft sistemlerinde ve dişli kutularında kullanım için geçerlidir. Trol işlemleri için öngörülen kavramalar, özel değerlendirmelere tabidir.

5.1.2 Dokümanlar

Yeni tip tüm kavramalar için tüm dokümanlar onay için **TL**'na verilmelidir. Bu dokümanlar, örneğin, aşağıda belirtilenleri içermelidir:

- Montaj resimleri
- Malzeme özellikleri dahil, döndürme momenti ileten bileşenlerin detay resimleri
- Kavrama/ayrılma ile ilgili sistemlerin dokümanları
  - Hidrolik veya pnömatik sistemler için maksimum ve minimum çalışma basınçları [bar]
  - Statik ve dinamik sürtünme torku [kNm]
  - Kavrama prosedürü ile ilgili zaman diyagramı
  - İzin verilen devreye girip çıkma frekansı tanımını da içeren çalıştırma el kitabı.
- Özel durumlarda, **TL** tarafından istenildiği takdirde ısı balansı hesabı.

5.2 Malzemeler

Kavrama elemanlarında kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri **TL** Malzeme Kurallarına uygun olacaktır.

5.3 Dizayn istekleri

5.3.1 Emniyet faktörleri

Kavramanın her iki tarafındaki şaft bağlantıları ve tüm döndürme momenti ileten parçalar için Bölüm 5'teki istekler dikkate alınmalıdır. Kavramanın mekanik kısmı, çoklu disk tipinde olabilir. Çoklu disk paketinde dış aksiyal kuvvetler gelmeyecektir. Tüm bileşenler; tahrik tesisinin nominal döndürme momentine göre 1,8 ÷ 2,5 sürtünme emniyet faktörü ile statik yüklere karşı koyacak şekilde dizayn edilecektir.

Kavrama sırasında, tahrik tesisinin nominal döndürme momentinin 1,3 katı bir dinamik değiştirilebilir döndürme momenti dikkate alınmalıdır. Kombine çoklu makina

tesislerinde, gerçek döndürme momenti istekleri özel olarak değerlendirilecektir.

5.3.2 Buz sınıfı

Buz sınıfı gemilerdeki sevk sisteminde kullanılan kavramalar için, Bölüm 9'daki takviyeler dikkate alınmalıdır.

5.3.3 Tüm çalışma koşullarında, kavramanın kontrollü olarak devreye alınması ve yeterli soğutma ile ilgili önlemler alınmalıdır.

5.3.4 Kavrama / ayrılma için yardımcı sistemler

Tek sevk tesisli bir geminin sevk sistemlerindeki bir kavramanın kavraması / ayrılmasında, hidrolik veya pnömatik sistemler kullanılıyorsa, emercensi çalıştırma mümkün olmalıdır. Bu kavrama / ayrılma için fazlalıklı güç sistemi ile veya mekanik bir yolla (örneğin; bağlantı cıvataları konularak) yapılabilir. Yerleşik kaplinler için bunun uygulanması, döndürme düzeni ile donatılmış tahrik tesisinin yanlarına normalde, bağlantı cıvatalarının konulması şeklindedir.

Emercensi çalıştırma prosedürü, kavramanın çalıştırma talimatında tanımlanmalı ve makul bir süre içinde yerine getirilmelidir

5.3.5 Kumandalar ve Alarmlar

Sevk tesisleri ile ilgili uzaktan kumandalı kavramaların yerel kumandası mümkün olacaktır.

Kavramayı çalıştıran maddenin basıncı, yerel olarak gösterilmelidir. **TL** Otomasyon Kuralları, Bölüm 9,E'ye göre belirtilen uygun alarmlar sağlanmalıdır.

5.4 Testler

5.4.1 Üreticinin atölyesindeki testler

Yüksek gerilme düzeyli, yüzeyi sertleştirilmiş bölgelerde ve ayrıca çekmiş yüzeylerde manyetik parçacık veya sıvı girinim muayenesi uygulanacaktır. Üretici, Üretici Muayene Sertifikası düzenleyecektir.

Gemi sevk tesislerine, jeneratör setlerine ve yanal iticilere ait kavramalar, son muayene için ve gerekirse işlevsellik ve sızdırmazlık testleri için **TL**'na sunulacaktır.

Tip onayı talebi varsa, istekler, her durum için ayrı ayrı olmak üzere **TL** tarafından belirlenecektir.

5.4.2 Gemideki testler

Seyir tecrübesinin bir parçası olarak, kavramalar, **TL** sörveyörü gözetiminde, gemide işlev yönünden test edilecektir.

6. Hidrolik Kavramalar / Döndürme Momenti Konvertörleri

Hidrolik kavramanın döndürme momenti karakteristiği çalışma koşullarına ayarlanmalıdır. Hidrolik yağ olarak, dizel makinalar veya dişliler için gereken yağlama yağı kullanılacaktır.

Kavrama açıkken ve devir düşürücü dişli donanımı boş durumdayken, tahrik makinası tüm hız aralıklarında çalışabilir. Fiili çalışma koşulu gösterilmelidir (bunun için Bölüm 2.'ye de bakınız).

7. Çoklu Makina Senkronizasyonu için Mekanik Kavramalar

7.1 Ana tanımlar

Çeşitli tipte çoklu güç kaynakları (dizel makinalar ve türbinler gibi) ile tahrik edilen sevk tesisleri için, genelde ara durdurma veya tahrik makinasının devir sayısında azaltma olmaksızın, alternatif çalıştırma durumlarına geçiş gerekebilir. Bu amaçla, çalışan makinalar ile boştaki makinanın devir sayılarının senkronizasyonu, mekanik kavramanın devreye girmesinden önce gerçekleştirilmelidir.

Senkronizasyonun amacı, kavramanın devreye girmesi halindeki şoku ve oluşan pik döndürme momentlerini en aza indirmek ve aynı zamanda çalışma şeklini değiştirirken sarsıntısız ve düzgün, sürekli bir çalışmayı sağlamaktır. Kavramanın devreye girmesinden önce devir sayısı farkı %10'dan fazla olmamalı veya tahrik

eden ve edilen parçaların atalet momentlerine bağlı olarak, kavrama işleminden sonra geçiş devri düşüşü veya artışı %5'den az olmalıdır.

7.2 Dizayn istekleri

Kavramanın mekanik kısmı, çoklu disk veya mekanik diş tipinde olabilir. Tüm bileşenler; 2,5 emniyet faktörüyle iletilen nominal döndürme momentine göre dizayn edilmelidir. Devir sayısının, 7.1'e göre senkronize edilmediği hallerde, 3,5 emniyet faktörü kullanılmalıdır. Çoklu disk plakalarının ve diğer sürtünmeli düzenlerinin kullanıldığı hallerde, bunlar üreticinin isteklerine bağlı olarak, kayma noktasına, nominal döndürme momentinin %150'si ile %250'si arasındaki nominal döndürme momentinde ulaşılacak şekilde ayarlanmalıdır.

Kilitlenme / çözülme kontrolü veya konum gösterme gibi ilave fonksiyonlar, sevk tesisinin genel dizaynına bağlı olarak, gerekli olabilir.

8. Testler

Geminin sevk tesisleri ve jeneratör grupları ile yanal iticilerin kaplinleri, son muayene için ve gerekirse işlevsel ve sızdırmazlık testlerinin yapılması için **TL**'na sunulacaktır.

BÖLÜM 7 A

PERVANELER

Sayfa

A. Genel 7-3

1. Kapsam
2. Onaylanacak Dokümanlar
3. Dizayn
4. İşaretleme

B. Malzemeler 7-4

1. Pervaneler ve Pervane Göbekleri
2. Kumanda Edilebilir Piçli Pervanelerin ve Sabit Piçli Pervanelerin Bileşenleri
3. Malzeme Parametreleri
4. Yeni Türdeki Malzemeler
5. Malzeme Testi

C. Pervanelerin Dizaynı ve Boyutlandırılması 7-5

1. Semboller ve Terimler
2. Kanat Kalınlığının Hesaplanması

D. Kumanda Edilebilir Piçli Pervaneler 7-9

1. Genel
2. Dizayn
3. Emercensi Kumanda
4. Hidrolik Kumanda Donanımı
5. Piç Kumanda Mekanizması
6. Kanat Tespit Cıvataları
7. Göstergeler

E. Pervanenin Yerine Takılması 7-12

1. Sabit Pervaneler için Konik Bağlamalar
2. Flençli Bağlama

F. Balans Ayarı ve Testler 7-14

1. Balans Ayarı
2. Testler
3. Gemide Yapılan Testler
4. Pervanelerin Kalite Sınıfları

G. Yan İticiler 7-15

1. Genel
2. Malzemeler
3. Boyutlandırma ve Dizayn
4. Üretici Atölyesinde Yapılan Denemeler
5. Gemide Yapılan Denemeler
6. Döküm Hataları

H. Sevk Sistemlerinin Özel Şekilleri 7-16

1. Genel
2. Sikloidal Pervaneler
3. Süper Kavitasyonlu Pervaneler
4. Kısmen Suya Giren Pervaneler

5. Su Jeti ile Sevk Sistemleri

I. Dinamik Konumlandırma Sistemleri (DK Sistemleri) 7-18

1. Genel
2. Ek Klaslama İşareti ile İlgili İstekler
3. İşlevsel İstekler
4. Testler
5. Diğer Ayrıntılar

J. Pervanelerin Kavitasyon Gürültüsü 7-20

A. Genel

1. Kapsam

Buradaki Kurallar uskur pervanelere (kumanda edilebilir ve sabit piç) ve çeşitli sevk sistemlerine uygulanır. Buz klaslı gemilerin pervanelerinin boyutlandırılması ve malzemeleri için Bölüm 9'a bakınız.

2. Onaylanacak Dokümanlar

2.1 Makina gücü 300 kW'dan fazla olan ana sevk sistemi ve 500 kW'dan fazla olan yanal itici sistemin pervanelere ait dizayn resimleri 3 nüsha olarak, incelenmek üzere **TL**'na verilecektir. Resimler; aşağıdaki isteklere göre incelenmesi bakımından, gerekli tüm ayrıntıları içermelidir.

2.2 Kumanda edilebilir piçli pervanelerin kanat, pervane göbeği ve piç kumanda mekanizmasının konstrüksiyon resimlerine ek olarak, genel görünüm ve kesit resimleri de verilmelidir. Kumanda ve hidrolik diyagramlarına, çalışma özellikleri de eklenmelidir. Yeni dizaynlarda veya **TL** klaslı bir gemiye kumanda edilebilir piçli pervanenin ilk kez konulmasında, ilave olarak kumanda edilebilir piçli pervanenin bir tanımlaması da verilmelidir.

3. Dizayn

3.1 Pervaneler; güç tüketimleri, tahrik makinasının özellikleri çerçevesinde yer alacak şekilde dizayn edilecektir.

- Kumanda edilebilir piçli tesislerin pervaneleri, nominal devir sayısında tahrik makinasının devamlı gücünü alacaktır.

- Sabit piçli pervaneler, yapım şartnamesinde belirtilen alınan güç/devir sayısı ilişkisine ulaşacaktır.

3.2 Pervane parametrelerinin belirlenmesi için, bilinen ve kabul edilmiş yöntemler kullanılabilir.
Pervanenin yerleştirilmesinde, yapım şartnamesindeki gürültü istekleri (örneğin; minimum çevresel hız, vb.) dikkate alınmalıdır. İleri nominal devir sayısı ve pervane çapı, kavitasyon olmaksızın maksimum gemi hızına göre seçilecektir. Kavitasyon gürültüsü limit eğrisi için J.'deki Sigma n-C_{Th} diyagramı kullanılabilir. Pervanelerden yayılan gürültü, düşünce aşamasında değerlendirilecektir.

3.3 Gürültü Davranışı

3.3.1 Kavitasyon gürültüsü

Pervaneler, özellikle nominal akustik operasyon noktasında düşük gürültü oluşturacak şekilde dizayn edilmelidir. Kavitasyon gürültüsünden kaçınılacaktır.

Not:
Kavitasyondan kaçınma ile ilgili bilgi değerleri J.'de verilmiştir.

3.3.2 Çınlama davranışı

Pervanenin doğal frekanslarının hesaplanması ve takip kenarındaki hidrodinamik uyarı ile karşılaştırılması ile pervanenin çınlama tehlikesi belirlenmeli ve en aza indirilmelidir. Eğer tecrübeler sırasında çınlama gözlemlenirse, ilgili karşı önlemler alınmalıdır.

Not:
Pervanenin çınlaması, gürültü spektrumunda kuvvetli bir pik tondur. Bu durum, takip kenarında girdap oluşumu sonucu olarak, doğal frekansların uyarılması ile oluşur.

3.3.3 Hava sönümlendirme düzeni

3.3.3.1 Pervane kavitasyonu devirlerinde düşük gürültülü olarak çalışması istenilen askeri gemilerde, hava sönümlendirme düzeni dikkate alınabilir. Eğer yapım şartnamesinde bir hava sönümlendirme düzeni istenilmişse, sistem için **TL** ile Askeri Otorite arasında anlaşmaya varılmalıdır. Dizaynın ayrıntıları yapım şartnamesine dahil edilmelidir.

3.3.3.2 Sönümlendirilmiş hava çıkışları, kompakt hava tabakası kanat yüzeyini kaplayacak şekilde düzenlenmelidir. Sevk sistemine hava beslemesi, pervane şaftının ön ucundan yapılmalıdır. Şaft girişindeki hava sıcaklığı 40 °C'dan fazla olmamalıdır. Yapımdaki özel önlemlerle, hidrolik sisteme hava girişi önlenmelidir. Ayrıca, hava sistemine yakıt ve su girmemelidir.

3.3.3.3 Pervane kanadında etkin bir hava tabakasının oluşumu için gereken hava hacmi pervane devir sayısına bağlıdır. Bu nedenle hız ayarlı hava kompresörleri gereklidir.

3.3.3.4 Hava sisteminin tüm bileşenleri ve boruları paslanmaz çelikten olmalıdır.

3.3.3.5 NBC korumalı gemilerde hava, zırhlı bölme dışından emilmelidir. Havalandırma ve dreyn boruları, kapalı formda dışarıya iletilecektir.

3.3.4 Sudan yayılan gürültü ölçümleri

3.3.4.1 Sudan yayılan gürültü ölçümleri, yapım şartnamesine göre derin ve sığ suda yapılmalıdır.

3.3.4.2 Kavitasyon gürültüsünün değerlendirilmesi için aşağıdaki test kriterleri aynı anda uygulanacaktır:

- 30 Hz – 20 kHz frekans aralığında işitilebilir gürültü kaydı.
- İlgili üçünce filtre analizinin karşılaştırmalı analizi. 1 kHz'in üzerindeki tüm frekans aralığında, gürültü seviyesinde net bir artış gözlemlenip gözlemlenmediğinin veya arttırılmış devirde gürültü pikinin 100 Hz'lik aralığa aktarılıp aktarılmadığının kontrolü.
- DEMON (Demolition of Envelop Modulation of Noise) spektrumun oluşturulması.
- Doğrusal bir antenle hedef düzeyinin ölçümü.

3.3.4.3 Ölçümlerin yapılması ve sonuçların dokümantasyonu **TL** ile koordine edilmelidir.

4. İşaretleme

Her pervane ve kumanda edilebilir pervanelerin döndürme momenti iletimi ve kanat ayarlaması ile ilgili ana elemanlar, uygun çelik damga ile işaretlenmelidir. Çentik etkisinden kaçınmak üzere, markalar yuvarlak kenarlı çelik damga numaraları ile yapılmalıdır.

B. Malzemeler

1. Pervaneler ve Pervane Göbekleri

Sevk sisteminin malzemesi, fiili işlevsel isteklere göre seçilmelidir. Özel malzemeler öngörülmez.

Malzemeler ve bunların parametreleri **TL** Kısım 2, Malzeme Kuralları'ndan alınabilir.

Metal pervaneler, deniz suyuna dayanıklı dökme bakır alaşımlarından veya dökme çelik alaşımlarından imal edilmelidir. Bunların minimum çekme mukavemeti R_m=440 N/mm^2 ve yeterli eğilme yorulması mukavemetinde olmalıdır.

Pervane kanatlarının kalınlığı ile ilgili aşağıdaki boyutlandırma ve dizayn kurallarının uygulanabilmesi için, dökme bakır veya dökme çelik alaşımlarının deniz suyuna karşı dirençlerinin yeterli olduğu, aşağıdaki şartlarda kabul edilebilir. Bunun için, kullanılan alaşımların, %3'lük NaCl çözeltisi içinde minimum çekme mukavemetinin takriben %20'si bir zorlama ile, 10^8 kere tekrarlanan değişken eğilme gerilmeleri altında yapılan yorulma deneyine dayandıkları, ayrıca doğal deniz suyu içerisindeki değişken eğilme gerilmeleri altındaki yorulma mukavemetlerinin de, %3'lük NaCl çözeltisi içerisinde elde edilenlere göre, %65'inden daha az olmadıkları gösterilebilmelidir. Değişken eğilme gerilmeleri altındaki yorulma mukavemetinin yeterliliğinin gösterilmesi, **TL** tarafından kabul edilen bir yönteme göre olmalıdır.

2. Kumanda Edilebilir Piçli Pervanelerin ve Sabit Piçli Pervanelerin Bileşenleri

Piç kumanda mekanizmasının esas elemanlarının ve kanatları ve göbeği birleştiren cıvataların malzemeleri **TL** Malzeme Kurallarına uygun olmalıdır.

Sabit piçli veya kumanda edilebilir piçli pervanelerin kanatlarının birleştirilmesinde kullanılan cıvatalar, bunların deniz suyu ile temasları önlenemediği taktirde, aynı şekilde deniz suyuna dayanıklı malzemelerden imal edilmelidir.

3. Malzeme Parametreleri

Malzemeler, **TL** Kısım 2, Malzeme Kuralları, Bölüm 12.'ye göre dokümante edilmelidir.

Eğer **TL** kalitelerine uygun olmayan malzemeler kullanılacaksa, aşağıdaki parametreler **TL**'na verilecektir:

- Malzemenin tanım işareti (sembol),
- Kimyasal kompozisyon,
- Malzeme örneğinin çekme mukavemeti, akma gerilmesi ve uzaması (malzemenin belirlenmesine yardımcı olmak üzere),
- Darbe enerjisi, gerekirse
- Deniz suyu serpinti sisi içindeki eğilme yorulması mukavemeti (mukavemet hesapları için sınır değer olarak yardımcı olmak üzere),
- Malzemenin yoğunluğu, elastisite modülü, termal genleşme katsayısı,
- Varsa, manyetik özellikler,
- Onarım özelliklerine ait bilgiler (kaynak edilebilirlik, ısıl işlem),
- Korozyon ve erozyona dirençle ilgili bilgiler.

4. Yeni Türdeki Malzemeler

Pervane malzemesinin olarak, yeterli bir süre pratik deneyimden geçirilmemiş malzeme kullanımı halinde, **TL**'na bu çeşit malzemenin kullanılmaya elverişli olduğu özel olarak kanıtlanmalıdır.

5. Malzeme Testi

Pervaneler, pervane göbekleri ve dönme momentinin iletimine ve piç ayarına iştirak eden diğer bütün ana elemanlar **TL** malzeme kurallarına göre test edilir. Bu, kanatların kumandasının ve 300 kW'tan küçük ana sevk sisteminin pervanesinin, 500 kW'tan küçük yanal itme sisteminin yapı elemanlarına da uygulanır.

C. Pervanelerin Dizaynı ve Boyutlandırılması

Yeterli emniyeti sağladığı kanıtlanan alternatif dizayn yöntemleri, onay için **TL**'na sunulabilir.

1. Semboller ve Terimler

A [mm^2] = Sıkı geçmede etkin temas alanı,

A_D [m^2] = Pervane düzlemi alanı,

B [mm] = 0,25R, 0,35R ve 0,6R yarıçaplardaki silindirik kesitlerin kanat açınım genişlikleri,

c_A [-] = Sıkı geçirilmiş bağlantılara ait katsayı,

= 1,0 dişli donanımlı dizel makinalı ve türbinli tahrik sistemi ile elektrik motorlu tahrikler için,

= 1,2 direkt dizel makinalı tahrik için,

C_G [-] = Formül (2) ile tanımlanan büyüklük faktörü,

C_{Din} [-] = Formül (3) ile tanımlanan dinamik faktör,

C_W [-] = Pervane malzemesine ait karakteristik değer olup, Tablo 7A.1'de verilmiştir. (Bu değer, B.1'e göre değişken eğilme gerilmeleri altında, yeterli yorulma mukavemetinin bulunduğunun kanıtlanması halinde, pervane malzemesine ait minimum çekme mukavemeti R_m'e karşıt gelir)

C [-] = Şaft nihayetinin konikliği,

$$= \frac{\text{koniklikteki çap farkı}}{\text{koniklik uzunluğu}}$$

C_{Th} [-] = İtme yükü katsayısı,

$$= \frac{T}{0{,}5 \cdot \rho \cdot v_A^2 \cdot A_D}$$

d [mm] = Kanat veya pervane tespit cıvatalarına ait piç dairesi bölüm çapı,

Tablo 7A.1 Karakteristik C_W değerleri

Malzeme	Tanımlama (1)	C_W
Cu 1	Manganezli dökme pirinç	440
Cu 2	Manganezli ve nikelli dökme pirinç	440
Cu 3	Nikel-alüminyum dökme bronz	590
Cu 4	Manganez-alüminyum dökme bronz	630
Fe 3	Martensitik krom dökme çelik 13/1-6	600
Fe 4	Martensitik-östenitik dökme çelik 17/4	600
Fe 5	Ferritik-östenitik dökme çelik	600
Fe 6	Tam östenitik dökme çelik 17/8-11	500
Fe 7	Kır dökme demir	200

(1) *Alaşımların kimyasal bileşimi için, **TL**'nun Malzeme Kurallarına bakınız.*

d_i [mm] = Çaft iç çapı

d_k [mm] = Kanat veya pervane tespit cıvatalarına ait diş dibi çapı,

D [mm] = Pervane çapı,

= $2 \cdot R$

d_m [mm] = Ortalama koniklik çapı,

D_N [mm] = Pervane göbeğinin ortalama dış çapı

e [mm] = Şekil 7A.1' göre kanat eğimi,

= $R \cdot \tan\varepsilon$

E_N [N/mm^2] = Göbek malzemesinin elastisite modülü

E_W [N/mm^2] = Şaft malzemesinin elastisite modülü

E_T [-] = (5) Formülünde geçen itme uyarma faktörü,

f, f_1, f_2 [-] = (2), (4) ve (11) Formüllerinde geçen faktörler,

H [mm] = 0,25R, 0,35R ve 0,6R'deki pervane kanadının basınç tarafındaki piçi

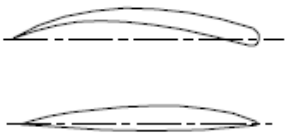
H_m [mm] = Değişken piçli pervanelerde, kanat yönüne ait ortalama basınç tarafı piçi,

$$= \frac{\sum(R \cdot B \cdot H)}{\sum(R \cdot B)}$$

burada R, B ve H lar farklı kesitlerde ölçülerdir.

k [-] = Çeşitli profil kesit şekilleri için, Tablo 7A.2'den alınacak katsayı,

Tablo 7A.2 Çeşitli profil biçimleri için k değerleri

Profil biçimi	k değerleri		
	0,25R	0,35R	0,6R
Emme tarafı dairesel segmental profiller	73	62	44
Emme tarafı parabolik segmental profiller	77	66	47
Wageningen B serisi veya benzeri kanat profilleri 	80	66	44

K_N [-] = Göbeğin çap oranı = d_m/D_N

K_W [-] = Şaftın çap oranı = d_i/d_m

L [mm] = Pervanenin koniklik üzerindeki ilerletme uzunluğu,

L_{act} [mm] = Seçilen ilerletme mesafesi

L_M [mm] = 0,9 R deki kanat genişliğinin giriş kenarı parçasının uzunluğunun 2/3'ü, fakat kanat eğiminin oldukça fazla

olduğu pervanelerde ise, 0,9 R deki toplam kanat genişliğinin en az 1/4'ü,

L_{mek} [mm] = t = 35°C'da ilerletme uzunluğu,

L_{temp} [mm] = t < 35°C için sıcaklığın bağlısı olarak ilerletme uzunluğu,

n_2 [dak^{-1}] = MCR'deki Pervane devir sayısı,

p [N/mm^2] = Pervane ile şaft arasındaki sıkı geçmedeki yüzey basıncı,

p_{act} [N/mm^2] = L_{act}'daki sıkı geçme yüzey basıncı

P_L [N/mm^2] = Pervane kanat yüzeyindeki lokal basınç,

P_s [N/mm^2] = Pervane dönme eksenindeki statik basınç,

P_v [N/mm^2] = Buhar basıncı,

P_w [kW] = MCR'de tahrik makinasının nominal gücü,

Q [N] = Ortalama koniklik çapındaki çevresel kuvvet,

$R_{p0,2}$ [N/mm^2] = Pervane malzemesinin %0,2 uzama sınırı,

R_{eH} [N/mm^2] = Minimum nominal üst akma mukavemeti,

R_m [N/mm^2] = Çekme mukavemeti,

r [mm] = İç köşe yarıçapı,

S [-] = Koniklik üzerinde pervanenin kaymasına karşı emniyet faktörü = 2,8,

$SIGMA_n$ = Kavitasyon başlama numarası,

t [mm] = 0,25R($t_{0,25}$), 0,35R ($t_{0,35}$), 0,6R ($t_{0,6}$) ve 1,0R ($t_{1,0}$) 'deki pervane silindirik kesitlerinin açılmış haldeki en büyük kanat kalınlığı,

T [N] = Pervane itmesi,

T_M [Nm] = Çarpma momenti,

V_A [m/sn] = Pervaneye göre ortalama su hızı,

V_S [kn] = MCR'deki Gemi hızı,

w [-] = İz katsayısı,

$W_{0,35R}$ [mm^3] = $W_{0,6R}$ 0,35R ve 0,6R yarı çapında silindirik kesitlerin kesit modülü,

W_x [mm^3] = Silindirik kesitin x yarıçapındaki kesit modülü,

Z [-] = Bir kanadı bağlamak için veya pervane için kullanılan toplam cıvata sayısı,

z [-] = Pervane kanat sayısı,

α [-] = 0,25R, 0,35R ve 0,6R deki profillere ait piç açısı,

$$\alpha_{0,25} = \arctan \frac{1,27 \cdot H}{D}$$

$$\alpha_{0,35} = \arctan \frac{0,91 \cdot H}{D}$$

$$\alpha_{0,60} = \arctan \frac{0,53 \cdot H}{D}$$

α_A [-] = Tespit cıvata ve saplamaları için sıkma faktörü ,
(Bakınız; VDI 2230 veya eşdeğer standartlar).

Bilgi değerleri:

= 1,2 açı kontrolü için
= 1,3 cıvata uzama kontrolü için
= 1,4 tork kontrolü için

σ_N [1/°C] = Göbek malzemesinin lineer ısıl genleşme katsayısı

σ_W [1/°C] = Şaft malzemesinin lineer ısıl genleşme katsayısı

ε [-] = Pervane yüzeyi doğuray hattı ile bu yüzeyin normali arasındaki açı,

θ [-] = Şaft nihayetlerindeki yarı koniklik, = C/2

μ_o [-] = Statik sürtünme katsayısı,

= 0,13

Hidrolik yağla sıkı geçme birleştirmeler için,

= 0,15

Sıkı geçme birleştirmelerin kuru olarak gerçekleştirildiği haller için- bronz/çelik

= 0,18

Sıkı geçme birleştirmelerin kuru olarak gerçekleştirildiği haller için- çelik/çelik,

ν_N [-] = Göbek malzemesinin Poisson oranı

ν_W [-] = Şaft malzemesinin Poisson oranıl

Ψ [°] = Şekil 7A.1'e göre eğim açısı,

ρ [kg/m^3] = Deniz suyu yoğunluğu,

σ_{maks}/σ_m [-] = Kanadın basınç tarafındaki maksimum gerilmenin ortalama gerilmeye oranı.

σ_V [N/mm^2] = von Mises eşdeğer gerilmesi

2. Kanat Kalınlığının Hesaplanması

2.1 Sabit piçli pervaneler için 0,25R ve 0,6 R deki kanat kalınlıklarına ait değerler, (1) Formülüne göre hesaplananlardan daha az alınmamalıdır.

$$t = K_o \cdot k \cdot K_1 \cdot C_G \cdot C_{Din} \quad \textbf{(1)}$$

$$K_O = 1 + \frac{e \cdot \cos\alpha}{H} + \frac{n_2}{15000}$$

k, Tablo 7A.2'den alınacaktır.

k = k' Tablo 7A.2'de belirtilen diğer profiler için.

$$k' = k \cdot \sqrt{\frac{\beta_x}{\beta_x'}}$$

β_x = Tablo 7A.2'de belirtilen profil şekilleri için kanadın piç hattına göre silindirik kesitin, kesit modülü faktörü,

β_x' = Tablo 7A.2'de belirtilenlerin dışındaki profil şekilleri için kanadın piç hattına göre silindirik kesitin kesit modülü faktörü.

$$= \frac{W_x}{t^2 \cdot B}$$

$$K_1 = \sqrt{\frac{P_W \cdot 10^5 \cdot [2 \cdot (D/H_m) \cdot \cos\alpha + \sin\alpha]}{n_2 \cdot B \cdot z \cdot C_W \cdot \cos^2\varepsilon}}$$

C_G [-] = Büyüklük faktörü,

$$1{,}1 \geq \sqrt{\frac{f_1 + 0{,}001D}{12{,}2}} \geq 0{,}85 \quad \textbf{(2)}$$

f_1 = 7,2 yekpare pervaneler için,

= 6,2 kanadı ayrı olarak dökülmüş değişken piçli veya parçaları birleştirilerek oluşturulmuş pervaneler için,

C_{Din} [-] = Dinamik yük faktörü,

$$\sqrt{\frac{(\sigma_{maks}/\sigma_m - 0{,}8)}{0{,}7}} \geq 1{,}0 \quad \textbf{(3)}$$

$\frac{\sigma_{maks}}{\sigma_m} > 1,5$ için aksi halde

= 1,0

σ_{max}/σ_m, genel olarak, 2.5'deki detaylı hesaplamadan alınacaktır. Eğer, istisnai hallerde, bu hesaplama mevcut değilse, gerilme oranı (4) formülüne göre yaklaşık olarak hesaplanabilir.

$$\frac{\sigma_{maks}}{\sigma_m} = f_2 \cdot E_T + 1 \qquad \textbf{(4)}$$

Burada;

$$E_T \approx \frac{4,3 \cdot 10^{-9} \cdot \nu_S \cdot n_2 \cdot (1 - w) \cdot D^3}{T} \qquad \textbf{(5)}$$

Tek pervaneli gemiler için,

f_2 = 0,4 - 0,6

Pervane kanat uçları ile gemi kıç bodoslaması arasındaki aralığın büyük olduğu ve dümen topuğu bulunmayan hallerde küçük değer, bu aralığın küçük olduğu dümen topuğu bulunan hallerde büyük değer alınmalıdır. Bu ikisi arasındaki durumlar için, ara değerler alınır.

Çift pervaneli gemiler için,

f_2 = 0,2

2.2 Kumanda edilebilir piçli pervanelerde kanat kalınlıkları 0,35R ve 0,6R de (1) Formülünü uygulamak suretiyle tayin edilmelidir.

Römorkör, trol gemileri, vb. hariç, maksimum makina gücünde (MCR = maksimum sürekli güç) , açık su seyirine uygulanan D/H_m değerİ alınarak (1) formülünde kullanılabilir.

2.3 (1) formülünü kullanmak suretiyle hesaplanan kanat kalınlıkları, işlenmiş durumdaki pervanelerdeki minimum değerlerdir.

2.4 Kanatların basınç ve emme taraflarının göbekle birleşme yerlerindeki yuvarlak geçişlerin yarıçapları, üç ve dört kanatlı pervaneler için, yaklaşık pervane çapının %3,5'i civarında olmalıdır. Kanat sayısı daha fazla olan pervanelerde maksimum geçiş yarıçapları, pervane dizaynının öngördüğü şekilde olmalı ve hiçbir halde kanat kök kalınlığının % 40'ından daha küçük yapılmamalıdır.

Üniform bir gerilme dağılımı elde etmeyi sağlayan değişken geçiş yarıçapları, her durum için ayrı ayrı olmak üzere, gerilme hesaplarının uygun olduğu kanıtlanan hallerde uygulanabilir. Ancak, hesaplanan maksimum gerilme, 2.4'ün ilk paragrafına göre sabit geçiş yarıçaplı dizayndaki değerleri geçmemelidir.

2.5 Eğim açısı $\psi \geq 25°$ olan pervaneler, "end-plate" pervaneler, "tip fin" pervaneler, özel profiller, vb. gibi özel dizaynlar için yapılan mukavemet hesapları **TL**'na verilecektir.

Geometri dataları ve ölçülen iz ayrıntıları, bu özel dizaynların kanat gerilmelerinin incelenmesinin yapılması ile ilgili dizayn dokümanları ile birlikte **TL**'na verilecektir.

2.6 Pervane önemli bir aşınmaya maruz ise (örneğin, gelgit zeminindeki ve nehirlerdeki aşındırma etkileri), yeterli ömür eldesi bakımından, 2.1'den elde edilen kalınlığa bir aşınma payı eklenmelidir. Eğer serviste fiili kalınlık, kanat ucunda 2.1'den elde edilen kural kalınlığının % 50'sinin veya diğer yarıçaplarda % 90'ının altına düşerse, etkili önlemler alınmalıdır.

2.5'de belirtilen alışılmışın dışındaki kanat geometrileri için, onaylı resimde gösterilen dizayn kalınlığı, 2.1'deki kural kalınlığı yerine kullanılacaktır.

D. Kumanda Edilebilir Piçli Pervaneler

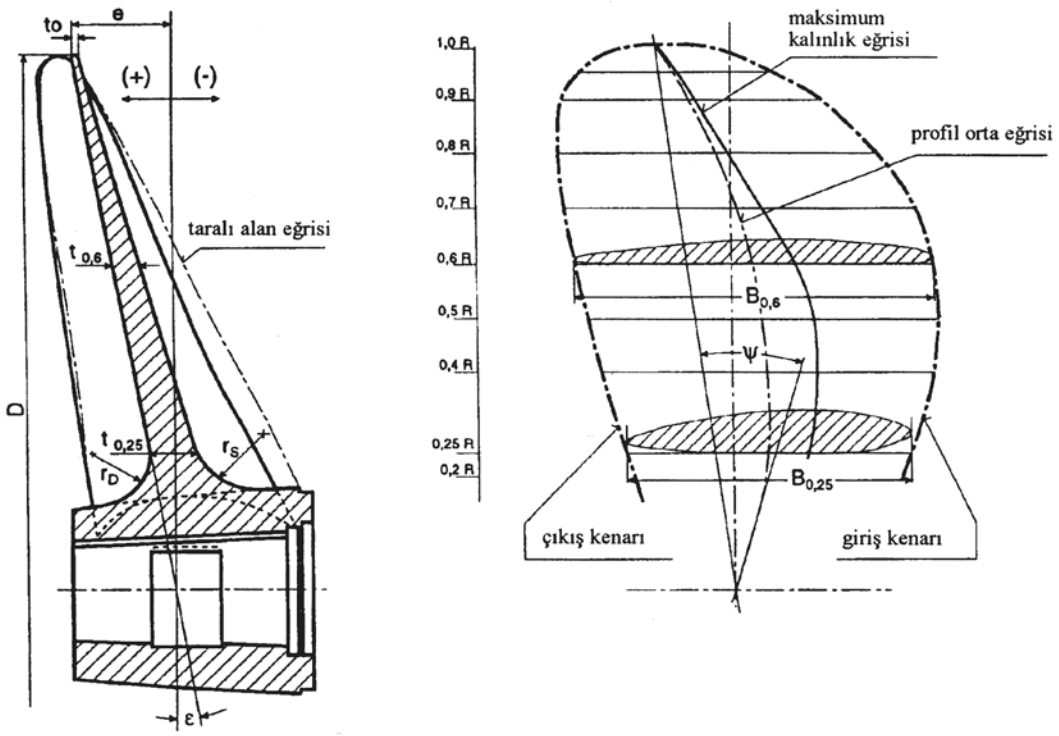
1. Genel

Çok şaftlı sevk tesislerinde, her kumanda edilebilir piçli pervane için ayrı hidrolik sistemler sağlanmalıdır.

2. Dizayn

Bileşenlerin dizaynında, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

.



Şekil 7A.1 Kanat kesitleri

2.1 Kumanda edilebilir piçli pervanelerin ayarlanması; çalıştırma kolunun "sıfır" konumunda ve minimum işletme devrinde, sıfır itme oluşacak şekilde yapılmalıdır. Eğer ayarlama toleransları nedeniyle sapmalar oluşuyorsa, sadece ileri itme oluşturulacaktır

Not:

Ayarlanabilir maksimum ileri piç, dizayn piçinin [mm] en az % 108'i, maksimum tornistan piçi dizayn piçinin [mm] en az %70'i olacaktır.

2.2 Kumanda edilebilir piçli pervane donanımının yapısı, yapım şartnamesinde isteniliyorsa, su dolumu emniyetli olmalıdır.

2.3 Kumanda edilebilir piçli pervanelerin montajı ve sökülmesi, şaftların eksenel hareketi olmaksızın mümkün olacaktır. Kanadın önder kenarı, kanat kökü diskine sarkmaksızın devam edecektir.

2.4 Göbek güvenilir bir şekilde sıkılacaktır. Kanat contasından önceki mahal, piç değişimi sırasında contadaki basınç ve hacim değişimlerini önlemek üzere, sabit basınç altında kalmalıdır. Gemi yüzer durumda iken göbek içini temizlemek üzere bir düzen sağlanmalıdır. Bu işlem için kanat konumu, teknedeki pervane şaftının flencinde "P" harfi ile işaretlenmelidir.

2.5 Her kanadın aşağıda belirtilen konumları, göbek üzerine kalıcı olarak işaretlenecektir:

- Maksimum ileri piç,
- Dizayn piçi,
- Sıfır itme konumu,
- Maksimum ileri ve geri piç.

3. Emercensi Kumanda

3.1 Uzaktan kumanda sisteminin arızalanması halinde, kumanda edilebilir piçli pervane, işlevini sürdürmek üzere emercensi çalıştırma düzeniyle teçhiz edilecektir. "Tam yol ileri" konumunda pervane kanatlarını kilitleyecek bir tertibat ile teçhiz edilmesi önerilir.

Piç, en düşük tahrik makinasıyla ve geminin durma halinde sevk sisteminin harekete geçirilmesi mümkün olacak şekilde seçilecektir. Daha sonra, sistemi sabit piçli bir pervane gibi çalıştırmak mümkün olmalıdır.

3.2 Sistem, kanat konumunun aşırı yüklemeye veya tahrik makinasının durmasına neden olacak şekilde değişmesini önleyecektir.
Kumanda sistemi arızalanırsa, kanat konumunun;

- Değişmediği veya

- İleri nihayet konumuna, emercensi çalıştırma düzeninin harekete geçmesi için yeterli süre kalacak şekilde yavaşça hareket etmesi,

sağlanmalıdır.

4. Hidrolik Kumanda Donanımı

4.1 Piç kumanda mekanizması hidrolik olarak çalışıyorsa, bu tertibat birbirinden bağımsız olarak çalışabilen iki adet makina-pompa grubu ile donatılmalıdır. 200 kW güce kadar sevk donanımına sahip gemilerde, bir makina-pompa grubu yeterlidir. Ancak, buna ek olarak, yeteri kadar kısa süre içerisinde, kanatları tam ileri durumdan tam geri duruma çevirebilecek şekilde, piç kumanda mekanizmasını çalıştırabilen bir el pompası da mevcut olmalıdır.

Filtrelerin seçimi ve yerleşimi, filtrelenmiş yağın kesintisiz olarak beslenmesi sağlanacak (filtrenin temizlenmesi veya değişimi sırasında dahi) şekilde olmalıdır. Genelde, ana filtreler, pompanın hemen çıkışında basınç tarafında yer alacaktır. Ayrıca pompadan önce de, hidrolik yağın filtrelenmesi sağlanacaktır.

Tüm çalışma koşullarında, dizayn piçi ile maksimum geri piç arasındaki ayar süresi yapım şartnamesinde tanımlanacaktır. Bilgi değerleri aşağıda verilmiştir:

- Çapı D ≤ 3,0 m. olan pervane çapları için maksimum 22 sn.

- Çapı D > 3,0 m. olan pervane çağları için maksimum 30 sn.

4.2 Hidrolik sistemin yerleşimi, aşağıdaki durumlarda elektrik tahrikli pompaların devreye girmesini sağlayacaktır.

- Mekanik tahrikli pompa arızası,

- Mekanik tahrikli pompanın düşük devir sayısı aralığında paralel çalışması istendiğinde,

- Kısa ayar süreleri gerektiğinde (örneğin; manevra işleminde).

4.3 Kumanda yağına ait her pompa, kanat ayarına uygun bir açısal hıza göre dizayn edilmelidir. Kılavuz değer olarak saniyede 2,5° olarak verilebilir. Bu hız şunlar için geçerlidir:

- Tüm devir sayısı aralıklarında elektrik tahrikli pompa ile çalışma,

- Pervanenin nominal devir sayısında mekanik tahrikli pompa ile çalışma.

4.4 Hidrolik borular ve pompalar için, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 8 uygulanmalıdır.

5. Piç Kumanda Mekanizması

Piç kumanda mekanizması, çarpma momentlerine maruz ise, mekanizmayı oluşturan parçaların, kullanılan malzemelere ait akma mukavemetine göre, en az 1,5 katı emniyet faktörüne sahip olduklarının gösterilmesi gereklidir. Çarpma momenti T_M , (6) formülüne göre hesaplanmalı ve çeşitli bileşenlerdeki eşdeğer gerilmeler, akma mukavemetleri ile karşılaştırılmalıdır.

$$T_M = 1{,}5 \frac{R_{p0,2} \cdot W_{0,6}}{\sqrt{\left(\frac{0{,}15D}{L_M}\right)^2 + 0{,}75}} \qquad \textbf{(6)}$$

$W_{0,6R}$ formül (7)'den elde edilebilir.

$$W_{0,6R} = 0{,}11\ (Bt^2)_{0,6R} \qquad \textbf{(7)}$$

Bileşenler, maksimum basınca göre yorulmaya dayanıklı olarak dizayn edilmelidir.

6. Kanat Tespit Cıvataları

6.1 Kanat tespit cıvataları, 0,9 R'de kanata etki eden kuvvetin neden olduğu 0,35 R'de kanatın plastik deformasyonu halinde oluşan kuvvetlere dayanacak şekilde dizayn edilecektir. Cıvata malzemesinin emniyet payı, minimum nominal üst akma gerilmesine göre 1,5 olacaktır.

Kanat tespit civatalarının diş dibi çapı aşağıdaki formülle verilenden küçük olamaz:

$$d_k = 2{,}6 \cdot \sqrt{\frac{M_{0,35R} \cdot \alpha_A}{d \cdot Z \cdot R_{eH}}} \qquad \textbf{(8)}$$

$M_{0,35R} = W_{0,35R} \cdot R_{p0,2}$

$W_{0,35R}$ benzer şekilde formül (7) veya (9)'a göre hesaplanabilir.

Kanadın kök alanındaki yaklaşık olarak eliptik olan kesitlerde aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$W_{0,35R} = 0{,}10 \,.\, (B \,.\, t2)_{\,0,35R} \qquad \textbf{(9)}$$

6.2 Kanat tespit cıvataları, cıvatalardaki gerilme, minimum nominal üst akma gerilmelerinin yaklaşık %60-70'i kadar olacak şekilde, kontrollü olarak sıkılacaktır.

Kanat tespit cıvatalarının gövde kısmı çapı, en az diş kökü çapının 0,9 katı kadar yapılabilir.

6.3 Kanat tespit cıvataları, istenmeyen gevşeme ve çözülmelere karşı, emniyete alınmalıdır.

7. Göstergeler

7.1 Kumanda edilebilir piçli pervane sistemleri, kanatların ayarlandıkları gerçek konumu gösteren ve makina dairesinde bulunan bir gösterge ile donatılmalıdır. Bundan başka, kanatların konumunu belirten iki ayrı göstergeden biri kaptan köprüsüne, diğeri de makina kontrol merkezine konulacaktır (Kısım 106, Otomasyon, Bölüm 4, ve Kısım 105, Elektrik, Bölüm 9,B.'ye bakınız).

7.2 Hidrolik piç kontrol sistemleri, yağ seviyesi izleme donanımı ile teçhiz edilecektir. Piç kontrolü yağ basıncı için gösterge sağlanacaktır. Filtrenin tıkanıklığı için uygun bir gösterge bulunacaktır. Uygun bir yere yağ sıcaklığı göstergesi konulacaktır.
Makina otomasyonlu gemilerde, **TL** Otomasyon Kurallarının isteklerine uyulacaktır.

E. Pervanenin Yerine Takılması

1. Sabit Pervaneler için Konik Bağlamalar

1.1 Eğer konik bağlama yerinde şaftla pervane arasına bir kama takılmışsa, pervane konik şaft üzerine, ortalama döndürme momentinin yaklaşık % 120'sinin şafttan pervaneye sürtünme yoluyla taşınabilmesini sağlayacak şekilde geçirilmelidir.

Yasaklı devir aralığı olan tesislerde, kamalı birleştirmeler genelde kullanılmayacaktır.

1.2 Eğer pervane şaftı koniği ile pervanenin bağlantısı, kamasız olarak basınçlı hidrolik yağ yöntemine göre yapılıyorsa, konik şaft üzerindeki gerekli ilerletme uzunluğu L, aşağıdaki formüle göre (10) tayin edilmelidir. Gereği halinde, yüzey düzgünlüğüne göre, L boyunda ayrıca bir arttırma yapılır.

$$L = L_{mek} + L_{temp} \qquad \textbf{(10)}$$

Burada; L_{mek}, sıkı geçme bağlamalar için, 35°C su sıcaklığında ve ortalama koniklik çapında, (11) formülüne göre hesaplanan yüzey basınç değerinin p [N/mm^2], elastisite teorisi formüllerinde kullanılması suretiyle tayin edilir.

$$p = \frac{\sqrt{\theta^2 \cdot T^2 + f \cdot (c_A^2 \cdot Q^2 + T^2)} - \theta \cdot T}{A \cdot f} \qquad \textbf{(11)}$$

Pervane itmesi koniklikteki yüzey basıncını arttırıyorsa T pozitif değer olarak konulacaktır. Emilen gücün ve itmenin esas olarak düşük olması nedeniyle pervane itmesinin yönünün değişmesi ihmal edilecektir.

Pervane itmesi koniklikteki yüzey basıncını azaltıyorsa T negatif değer olarak konulacaktır (örneğin çekici pervaneler).

Burada;

$$f = \left(\frac{\mu_o}{S}\right)^2 - \theta^2 \qquad \textbf{(11a)}$$

$$L_{temp} = (d_m / C) \cdot \left(\alpha_N - \alpha_W\right)(35 - t) \qquad \textbf{(12)}$$

t [°C] = Pervanenin takıldığı esnadaki sıcaklık derecesi

α_N ve α_W değerleri Tablo 7A.3'den alınabilir. Asgari olarak 0 °C ile 35 °C arasındaki sıcaklık aralığı dikkate alınmalıdır

1.3 Ara kovansız, kamasız pervane bağlantısı için, gerekli ilerletmemesafesi ve pervane göbeği ile şafttaki gerilmeler aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

Bağlantı dayanım faktörü:

$$K_{el} = \frac{d_m}{C} \cdot \left[\frac{1}{E_N} \cdot \left(\frac{1+K_N{}^2}{1-K_N{}^2} + \nu_N \right) + \frac{1}{E_W} \cdot \left(\frac{1+K_W{}^2}{1-K_W{}^2} - \nu_W \right) \right]$$

E_N, E_W, ν_N ve ν_W değerleri Tablo 7A.3'den alınabilir.

35°C montaj sıcaklığındaki gerekli minimum ilerletme mesafesi :

$L_{mech} = p \cdot K_{el}$

t °C montaj sıcaklığındaki gerekli minimum ilerletme mesafesi :

$L = L_{mech} + L_{temp}$

Seçilen ilerletme mesafesi L_{act}'da [mm] ortalama konik çapındaki yüzey basıncı:

$p_{act} = L_{act} / K_{el}$

$$\sigma_V = \frac{p_{act}}{1 - K_N{}^2} \cdot \sqrt{3 + K_N{}^4} \quad \text{(hub)}$$

İlgili von Mises eşdeğer gerilmeleri:

$\sigma_V = p_{act}$ (dolu şaft)

$\sigma_V = p_{act} \cdot 2 / (1 - K_W{}^2)$ (boş şaft)

1.4 Maksimum yüzey basıncı p'den kaynaklanan Von Mises bileşik gerilmesi ve pervane göbeği deliğindeki teğetsel gerilme, pervane malzemesinin takılmış durumdaki %0,2 uzama sınırındaki gerilmesinin veya akma sınırının %75'ini ve montaj-demontaj sırasındakilerin % 90'ını aşmamalıdır.

Tablo 7A.3 Malzeme değerleri

Malzeme	Elastisite modülü E [N/mm²]	Poisson's oranı ν [-]	Lineer termal genleşme katsayısı α [1/°C]
Çelik	205000	0,29	$12,0 \cdot 10^{-6}$
Bakır esaslı alaşımlar CU1 ve CU2	105000	0,33	$17,5 \cdot 10^{-6}$
Bakır esaslı alaşımlar CU3 ve CU4	115000	0,33	$17,5 \cdot 10^{-6}$
Not *Östenitik paslanmaz çelik için üretici özelliklerine bakınız.*			

1.5 Basınçlı yağ tekniğine göre pervane şaftına takılan pervanelerde koniklik 1:15 den fazla ve 1:25 den az olmamalıdır. Kamalı bağlantılarda koniklik 1:10'dan daha dik olmayacaktır.

1.6 Pervane somunu pervane şaftına sıkıldıktan sonra, boşalmaya karşı etkin bir şekilde emniyet altına alınmalıdır.

2. Flençli Bağlama

2.1 Flençli olarak takılan pervaneler ve kumanda edilebilir piçli pervanelerin göbeği sıkı geçmeli pinler ve tespit cıvataları ile bağlanacaktır (tercihen başlı civatalar).

2.2 Sıkı geçmeli pinlerin çapı Bölüm 5, D.4.3'deki Formül (4)'ten hesaplanır.

2.3 Pervane tespit civataları D.6'ya göre dizayn edilecektir, ancak diş dibi çapı aşağıda verilenden daha az olmayacaktır:

$$d_k = 4{,}4 \cdot \sqrt{\frac{M_{0,35R} \cdot \alpha_{A\cdot}}{d \cdot Z \cdot R_{eH}}}$$

2.4 Pervane tespit civataları, istenilmeyen gevşemelere karşı emniyete alınmalıdır.

F. Balans Ayarı ve Testler

1. Balans Ayarı

Monte edilmeye hazır monoblok pervaneler ile kumanda edilebilir piçli pervaneler ve işlenmiş sabit piçli pervanelerde dahil olmak üzere tüm pervanelerin statik balans ayarları onaylı planda tanımlanan ISO 484 (ya da eşdeğeri) sınıfına göre ve sörveyör gözetiminde yapılmalıdır. Kumanda edilebilir piçli veya sabit piçli pervanelerin kanatları arasındaki kütle farkı %1,5'dan fazla olmamalıdır.

Çalışma hızı 500 rpm'den yüksek ve uç hızı 60 m/s'yi aşan sevk pervaneleri için dinamik balans gerçekleştirilecektir. İmalatçı monte edilen pervanenin belirlenen limitler içinde olduğunu kanıtlamalıdır.

Birçok parçadan oluşan pervaneler için, gerekli statik balans, kanat ağırlığı ve ağırlık merkezi konumunun kontrolü ile değiştirilebilir.

2. Testler

Sabit piçli pervanelerin, kumanda edilebilir piçli pervanelerin ve kumanda edilebilir piçli pervane sistemlerinin son incelemeleri ve doğrulamaları , **TL** tarafından yapılacaktır.

Boyutların, boyutsal ve geometrik toleransların doğrulanması üreticinin sorumluluğundadır.

İlgili boyut kontrol raporu sörveyöre sunulmalıdır. Sörveyör, boyut kontrolünün, gözetiminde yapılmasını isteyebilir.

TL, yüzeysel çatlakların ve döküm hatalarının tespiti amacıyla, tahribatsız muayeneler yapılmasını isteyebilir.

Bundan başka, kumanda edilebilir piçli pervane sistemlerinde basınç ve sızdırmazlık testleri ile sistemin çalışma deneyleri de gerçekleştirilecektir.

2.2 Korozyona karşı koruma amacını da yerine getiren döküm pervane bosası kepleri, üreticinin atölyesinde sızdırmazlık testine tabi tutulacaktır. **TL** monte edilmiş durumda pervane kıç bosası sızdırmazlığının test edilmesini isteme hakkı saklıdır.

2.3 Eğer pervane, şafta hidrolik sıkı geçmeli olarak monte ediliyorsa, temas alanının en az % 70'ini gösterir bir konik alıştırma testi yapılarak sörveyörün onayına sunulmalıdır. İzleri özellikle baş konik ucunda olmak üzere, temas edilmeyen büyük alanlar göstermemelidir. Konik alıştırma izleri, orijinal bileşenler kullanılarak gösterilmelidir.

Eğer alternatif olarak, bir erkek/dişi kalibre sistemi kullanılırsa, en az 80'lik bir temas alanı gösterilmeli ve belgelenmelidir. 10 uygulamadan veya 5 yıl sonra, konik alıştırmanın kanıtlanması tekrar edilmelidir.

2.4 Pervane kanatları belirlenen tolerans sınıfına (ISO 484) uygun olarak imal edilmelidir. En az aşağıdakilerin doğrulanması gerekmektedir:

- Yüzey düzgünlüğü
- Piçler (lokal ve ortalama piçler)
- Kanat kesitlerinin kalınlık ve boyu
- Kanat kesitlerinin formu
- Kanatların, referans hattı ve kanat kenarlarının yerleşimi
- Balans (ayrıca 1'e bakınız)
- Nozul ya da tünel içinde çalışan pervaneler için:
  - Kanatların en büyük yarıçapı (dış kesitli kontrol edilebilir piçli pervaneler için sıfır piçte)

Kanat kesit formunun doğrulaması ISO 484'te imalat tolerans sınıfı S ve I için belirtilen kenar kalıbının kullanımını içerebilir. Eş değer yöntemler kabul edilebilir, örneğin, belirtilen yüzey düzgünlüğünü elde etmek için yalnızca hafif bir öğütmenin gerekli olduğu kadar bir hassasiyetle belirtilen geometriyi üretebildiğini kanıtlayan çok eksenli freze makinelerinin kullanımı.

3. Gemide Yapılan Testler

3.1 Amaç

Bu maddede istenilen testlerin amacı, ana sevk için CP pervanelerinin piç kontrol sisteminin doğru

çalıştığının tespit edilmesidir.

3.2 Uygulama

Bu maddedeki gereklilikler, tüm yeni inşalar ve ana sevk için piç kontrolünü veya tepki özelliklerini etkileyebilecek tüm değiştirme, modifikasyon, onarım veya yeniden ayarlamalar için uygulanır.

3.3 Testlerin kapsamı

3.3.1 Piç tepki testi

Piç tepkisini elde etmek ve bunun pervanenin kombinatör eğrisi (nota bakınız) ile örtüştüğünü doğrulamak için bir dizi test yapılmalıdır. Testler, kontrol kolunun ileri ve geri yönlerde en az üç konumu için yapılmalıdır (örneğin, çok ağır ileri/ tornistan, yarım ileri/ tornistan , tam ileri/ tornistan).

Testler normal ve emercensi çalışma koşullarında yapılmalıdır.

Kontrol konumundan etkilenmeyen testler yalnızca bir kontrol konumundan gerçekleştirilebilir.

Not: *Kombinatör eğrisi pervane piç ayarı ile pervane devri arasındaki ilişkidir.*

3.3.2 Emniyette hata özelliklerinin testi

Piç kumandası ve kontrolü veya geri besleme sinyallerindeki arızaların alarm verdiğini ve herhangi bir itme değişikliğine neden olmadığını göstermek için pervane piç kontrol sisteminin emniyette hata özelliklerinin testi yapılmalıdır. Bu tür arızalar açıkça tanımlanmalı ve test prosedürüne dahil edilmelidir.

3.3.3 Test prosedürü

Test prosedürü, piç kontrol sistemi üreticisi veya birleştiricisi tarafından hazırlanıp önerilecek ve **TL** ile mutabık kalınacaktır.

3.4 Kaydedilecek parametreler

Bu gereklilik kapsamındaki piç tepki testi sırasında kaydedilecek parametrelerin listesi, piç kontrol sistemi üreticisi veya birleştiricisi tarafından belirlenecek ve **TL** ile mutabık kalınacaktır. Bu parametreler en az aşağıda belirtilenleri içermelidir:

- Kontrol kolunun konumu
- Gerçek piç gösterimi (lokal gösterim, uzaktan gösterim)
- Pervanenin dönüş hızı
- Piç değiştirme komutu (kol konumunun değiştirilmesi) ile piç ve pervane devrinin son konumlarına ulaştığı an arasındaki tepki süresi
- Kontrolün bir konumdan diğer bir konuma aktarımı sırasında itici güç değişimi.

3.5 Test sonuçları

Testler şunları gösterecektir:

- Kontrolün bir konumdan diğer bir konuma aktarımında ve piç kumanda ve kontrolündeki veya geri besleme sinyallerindeki arızalar durumunda itici gücün önemli ölçüde değişmediği.
- Test sırasında ölçülen piç tepki sürelerinin, piç kontrol sistemi üreticisi veya birleştiricisi tarafından tanımlanacak olan maksimum değeri geçmediği.

4. Pervanelerin Kalite Sınıfları

4.1 Madde 4.1'de kullanılan kalite sınıflarına ait istekler, ISO 484/1 ve 484/2 standartlarında verilmiştir.

4.2 Pervanelerin üretim kalitesi ve boyut hassasiyeti, kullanımlarına uygun olmalıdır.

G. Yan İticiler

1. Genel

1.1 Kapsam

G. maddesinde verilen kurallar; yan itici üniteler, kontrolistasyonları ve kontrol istasyonlarından yan itici ünitelere kadar olan tüm iletici elemanlar için geçerlidir.

1.2 Onaylanacak dokümanlar

Gücü 1000 kW ve daha fazla olan yanal iticiler için, montaj ve kesit resimleri ile dişli sistemi ve pervanelerin detay resimleri ve ayrıca kontrolde gerekli görülen tüm veriler, **TL**'nun onayına sunulmalıdır.

Bu husus, pervanelerde, sevk gücünün 500 kW'ın üzerinde olduğu durumlarda uygulanır.

2. Malzemeler

Malzemeler, Bölüm 6, B., G.'deki kurallara tabi olup, bu kurallar pervanelerin malzemelerine ve malzeme testlerine benzeşim yoluyla uygulanır.

3. Boyutlandırma ve Dizayn

3.1 Genel istekler

Yan itici birimlerin hareket ettirici mekanizmaları, Bölüm 5 ve 6.'ya ve pervaneleri, C.'ye göre boyutlandırılabilir.

Hidrolik tahrik sistemlerdeki boru birleştirmeleri için, Bölüm 7B., F.'deki kurallar, uygun olması halinde geçerlidir.

Yan itici birimler, diğer bağlı sistemlerden bağımsız olarak çalıştırılabilmelidir.

Kanallardan geçişler sırasında pervanenin boşta dönmesi ilave bir yük durumu olarak dikkate alınmalıdır. Aksi halde, boşta dönmeyi önlemek için etkin karşı önlemler alınmalıdır (örneğin, şaft freni).

Pervane alanında, itme kanakı, kavitasyon erozyonu nedeniyle oluşan hasarlara karşı etkin önlemlerle korunmalıdır (paslanmaz çelik kaplama gibi).

Yağlama yağı seviyesinin izlenmesi amacıyla, yağ seviyesinin belirlenebileceği donanım konulacaktır.

Yan itici birimlerin elektrik donanımı için, Kısım 107, Elektrik, Bölüm 7, B'ye bakınız.

3.2 Dinamik konumlandırmada kullanılan yan iticiler için ilave istekler

Yataklar, sızdırmazlık elemanları, yağlama, hidrolik sistem ve dizaynla ilgil tüm diğer hususlar, devamlı çalışmaya elverişli olacaktır.

Dişliler, Bölüm 6, Tablo 6.1'de belirtilen DK ile ilgili emniyet paylarına uygun olacaktır. Dişli kutusunun yağlama yağı sistemi Bölüm 6;E'ye uygun olacaktır.

Kumanda edilebilir piçli pervaneye sahip ünitelerde hidrolik sistem, D.7.2'ye uygun olmalıdır. Filtrelerin seçimi ve yerleşimi, temizleme ve değiştirme durumları dahil, filtrelenmiş yağın kesintisiz olarak beslenmesini sağlamalıdır.

Makina otomasyonlu gemilerde, itici üniteler, ana dişliler ve ana pervaneler için **TL** Otomasyon kurallarında belirtilen isteklere uygun olmalıdır.

4. Üretici Atölyesinde Yapılan Denemeler

Bunun için uygun olması halinde Bölüm 7B.H. uygulanır.

Tahrik gücü 100 kW ve daha fazla olan hidrolik pompa ve motorların testleri **TL** sörveyörünün gözetiminde yapılmalıdır.

Giriş gücü 100 kW'dan küçük olan yan iticilerin son muayeneleri ve işlev testleri, ilgili Üretici Muayene Sertifikasını düzenleyecek olan üretici tarafından yapılabilir.

5. Gemide Yapılan Denemeler

Seyir tecrübesinde çalışma zamanlarının belirlenmesi için bir deneme yapılacaktır.

6. Döküm Hataları

Pervanelerde çatlak bulunmamalıdır. Dökme bakır alaşımları için hataların düzeltilmesi, **TL** Kısım 2, Malzeme Kuralları, Bölüm 12, A ya göre, paslanmaz çelikler için ise Bölüm 12, B'ye göre yapılmalıdır.

H. Sevk Sistemlerinin Özel Şekilleri

1. Genel

1.1 Askeri gemilere en uygun sevk sistemi araştırmaları özel sevk şekillerini içermelidir. Bu sevk sistemlerinin yerleşimi ve düzenlenmesi, sistemin üreticisi ile yakından koordine edilmelidir.

1.2 Dizayn ve üretim istekleri yapım şartnamesinde belirtilmelidir. Mukavemet ve model testleri ile ilgili olarak pervane kuralları benzer şekilde uygulanmalıdır. Özel performans özelliklerinin güvenirliği ve kontrolünün kanıtlanması için model testleri yapılmalıdır.

1.3 Çeşitli sevk sistemlerinin dizayn karakteristikleri aşağıda verilmektedir. Kapsam, istekleri bütünüyle karşılamaz.

2. Sikloidal Pervaneler

2.1 Sikloidal pervaneler, kanatları düşey bir eksen etrafında dönen ve itmenin boyutunu ve yönünü değiştirebilen sevk düzenleridir.

2.2 Eğer düşük gürültü yayımı isteniyorsa, aşağıdaki esaslara dikkat edilmelidir:

- Cihazın boyutu nominal akustik yerleşim noktasında, teker gövdesinin çevresel hızı minimum olacak şekilde seçilmelidir.
- İtmenin ayarlanmasının, devir sayısının değiştirilmesi ile elde edildiği bir işletim modu kullanılmalıdır.
- Teknenin aranjmanı sonar sistemine mümkün olduğu kadar büyük mesafede kalabilecek şekilde olacaktır (kıç aranjmanı).
- Giriş hızının azaltılması için düşük gürültülü bir dişli sağlanmalıdır.
- Gövdenin gemi temeline bağlantısı elastik olarak yapılacaktır. Tekne yapısının bir parçası olan temeller, uygun sağlamlıkta olacaktır.
- Geminin dibi ile aynı düzeyde olan teker gövdesinin yüzeyi sesi yaymayan malzeme ile kaplanmalıdır.

2.3 Eğer düşük manyetik iz isteniyorsa, yüksek miktarda manyetize olmayan malzeme kullanılmalıdır, bilgi için Kısım 103, Askeri Gemiler için Özel Malzemeler'e bakınız.

3. Süper Kavitasyonlu Pervaneler

Süper kavitasyonlu pervanelerin kanatları, nominal yerleşim noktasında, tüm kanat yüzeyi üzerinde kararlı bir kavitasyon tabakası elde edilecek şekilde dizayn edilecektir. Yerleşim ve dizaynda, öngörülen işletme özellikleri ve arzu edilen ters dönme ve manevra yetenekleri dikkate alınmalıdır.

4. Kısmen Suya Giren Pervaneler

Kısmen suya giren pervaneler, pervane kanatlarının su yüzeyini yardığı gemiler için düzenlenmek üzere dizayn edilirler.

Yüksek enine kuvvetlerden dolayı bu tip sevk sadece çok şaftlı sevk sistemlerinde uygulanabilir. Dalma derecesi, emme tarafında kararlı bir havalanma elde edilecek şekilde seçilmelidir.

5. Su Jeti ile Sevk Sistemleri

5.1 Kapsam

Buradaki istekler, jet vasıtasıyla bir itme sağlayan tüm düzenlere uygulanır. Bu uygulama içine pump-jetler, su jetleri ve benzeri tahrik sistemleri dahildir.

5.2 Dizayn

5.2.1 Yerleştirme verileri, su jeti sevk düzeni üreticisi ile koordine edilmelidir. Tüm işletim koşullarında, bileşenlerde hasarlanmalara yol açabilecek olan pompada kavitasyon oluşmamalıdır. Bunu dizayn aşamasında sağlamak üzere, üretici aşındırıcı kavitasyon tehlikesi olan alanları belirtmelidir.

5.2.2 Manevra kabiliyeti ile ilgili istekler, yapım şartnamesinde belirtilmelidir.

5.2.3 Çok şaftlı geminin tüm sevk ünitelerinin manevra düzeni ile teçhizi planlanmışsa, yapım

şartnamesinde dümen etkisi, durma süresi, beka kabiliyeti ve fazlalıkla ilgili isteklerin tanımlanmış olması ve karşılanabileceği sağlanmalıdır.

5.3 Yerleştirme

Pompa şaftı ve giriş kanalı, geminin boyuna orta düzlemine paralel olarak düzenlenmelidir. Pompa, geminin trimli durumunda, su hattına paralel olmalıdır. Pompa, geminin minimum draftında, sistemin ani çalıştırılması sağlanacak bir yüksekliğe konulacaktır.

5.4 Yapım İstekleri

5.4.1 Pompa; ivmelenme veya çarpma-durması işlemi sırasında ve manevra durumunda, maksimum manevra konumundaki jet ile oluşan boyuna ve enine kuvvetlere karşı koyabilecek şekilde tekne yapısına entegre edilmelidir.

Gemi teknesine sökülebilir bağlantı yapılması, pompa ünitesinin kolay montajı ve sökülmesini sağlar.

5.4.2 Giriş kanalı formu, su jeti ünitesinin üreticisi ile koordine edilmelidir. Pompaya doğru akım devamlı olmalı ve tüm giriş alanında kavitasyondan kaçınılmalıdır. Giriş kanalı, hava girişi olasılığı bulunmayacak şekilde düzenlenmelidir.

5.4.3 Pompayı molozlardan korumak için, giriş kanalının uygun bir yerinde koruyucu bir kafes düzenlenmelidir. Bu kafesten önce, bir muayene kapağı bulunmalıdır. Bu kapağı, gemi yüzer halde iken açmak ve içine girmek mümkün olmalıdır. Akım yönünü tersine çevirerek giriş koruyucu kafesini temizlemek mümkün olmalıdır.

5.5 Manevra Olanakları

5.5.1 Manevra nozulu

Manevra nozulunun ayar açısı her iki tarafa da 30°'ye ulaşacaktır. Yapım şartnamesinde, ayar için bir süre tanımı yoksa, tüm 60°'lik aralık için, 8 sn.'den daha az bir değer kabul edilmelidir.

5.5.2 İtmeyi değiştirme düzeni

Eğer yapım şartnamesinde, ayar için bir süre tanımı yoksa, "tam yol ileri" den "tam yol geri" ye dönüşüm için 10 sn.'den fazla olmayan bir değer kabul edilmelidir.
İtmeyi değiştirme düzeninin nötr konumu (sıfır itme konumu) kontrol düzeninde işaretlenmelidir.

5.6 Hidrolik Sistem

5.6.1 Çok-şaftlı sistemlerde, her pervane ünitesi, kendi bağımsız hidrolik sistemi ile teçhiz edilmelidir.

5.6.2 Kontrol yağı pompaları

Kontrol yağı pompalarının yerleşimi, D.4'deki gibi olacaktır.

I. Dinamik Konumlandırma Sistemleri (DK Sistemleri)

1. Genel

1.1 Kapsam

TL tarafından klaslanacak ve DK 1 ÷ DK 3 ek klaslama işareti verilevek olan gemilere Dinamik Konumlandırma Sistemleri ile ilgili **TL** Kuralları uygulanır.

Aşağıda, bu kurallara ait genel bilgiler verilmektedir.

Kurallarda tekil arıza kavramı esas alınmıştır.

1.2 Tanımlar

Kontrol modları

DK kontrol sisteminin olası modları şunlardır:

- Otomatik mod (otomatik konum ve rota kontrolü)
- Joystik modu (seçmeli otomatik veya manuel rota kontrolü ve manuel konum kontrolü)
- Otomatik izleme modu (referans noktasının programlı hareketi ile birlikte, otomatik konum kontrolünün bir türü olarak kabul edilir)
- Manuel mod (her iticinin piçinin ve devrinin, açısının, start ve stop'unun bağımsız kontrolü)

DK-sistemi

DK sistemi, yeterli derecede güvenilir şekilde konumu muhafaza kapasitesini elde etmek için birlikte etki eden bileşenleri ve sistemleri içerir.

Tesisin bütünü aşağıdaki alt sistemlerden oluşur:

- Güç sistemi
- İtici sistem ve
- Kontrol sistemi.

Çeşitli klaslama işaretleri için DK sistemi konfigürasyonuna ait istekler Tablo 7A.4'de gösterilmiştir.

Konumu muhafaza

Kritik seyirlerde veya DK sisteminin çalıştırma elkitabında belirtilen diğer koşullarda ve belirlenen ortam koşullarında, istenilen konumun ve önceden belirlenmiş rotanın takibinin muhafaza edilmesi.

Tekil arıza

Tekil arıza kavramında, sadece tek bir arızanın istenilmeyen durumların başlaması nedeni olarak kabul edilir. Bağımsız arızaların bir arada görülmesi dikkate alınmaz. Ancak, ortak mod arızaları incelenecektir.

WCF – En olumsuz durum arızası

DK sisteminde, FMEA analizi ile belirlenmek üzere, DK kapasitesinde maksimum etkiye neden olan, tekil arıza durumu.
En olumsuz durum arızası, sonuş analizinde kullanılabilir.

1.3 Onay için verilecek dokümanlar

1.3.1 Aşağıda belirtilen dokümanlar ve resimler onay için **TL**'na verilecektir:

- Sistemin genel tanımı
- Fabrika kabul testleri ve DK kotrol tecrübesi programı
- Test programı dahil, kontrol, emniyet ve alarm sistemlerine ait dokümanlar
- İtici dokümanları
- Elektrik güç sistemi dokümanları
- Çalıştırma ve bakım el kitabı

1.3.2 Hata Durumu ve Etki Analizi (FMEA)

DK 2 ve DK 3 klas işaretleri için, tekil bir arıza sonrasında DK sisteminin elverişliliği ile ilgili olarak hata durumu ve etki analizi (FMEA) yapılacaktır.

2. Ek Klaslama İşareti ile İlgili İstekler

2.1 Güvenilirlik

DK sistemi, yeterli derecede güvenilir konum muhafaza yeteneği sağlayacak tarzda çalışan elemanlar ve sistemlerden oluşur. Gerekli güvenilirlik, konum muhafaza yeteneği kaybının sonuçlarına göre belirlenir. Daha büyük sonuçlar daha güvenli DK sistemini gerektirir.

Bu nedenle istekler 3 ayrı ek klaslama işareti altında gruplandırılmıştır. Her ek klaslama işareti ile ilgili tekil arıza kriteri tanımlanmıştır.

Belirli bir işletim için gerekli olan ek klaslama işareti için, konum kaybı sonuçlarının risk analizi esas alınır.

2.2 Ek klaslama işaretleri

2.2.1 DK 1 ek klaslama işaretinde, konum kaybı, tekil bir arıza durumunda oluşabilir. Tablo 7A.4'de belirtilen fazlalık isteklerine uyulacaktır.

2.2.2 DK 2 ek klaslama işaretinde, konum kaybı, herhangi bir aktif eleman veya sistemdeki tekil bir arıza durumunda oluşmaz. Hasarlanmalara karşı yeterli korumanın kanıtlandığı ve güvenilirliğin **TL** tarafından yeterli bulunduğu durumlarda, statik elemanlarda arıza oluşması dikkate alınmaz.

2.2.3 DK 3 ek klaslama işaretimde, konum kaybı, herhangi bir aktif eleman veya statik bileşen ya da sistemdeki tekil bir arıza durumunda oluşmaz.

Bu durum, yangın veya su dolumu nedeniyle, bir bölmenin tüm olarak göçmesine de uygulanır.

2.2.4 DK 2 ve DK 3 ek klaslama işaretleri için, eğer yapılması olasılığı varsa, hatalı tekil bir hareket, tekil bir arıza olarak kabul edilecektir.

2.2.5 Eğer DK kontrol sistemi özel “hardware-in-the-loop” testine tabi tutulursa (FAT sırasında ve gemide), Klas Sertifikasının Teknik Dosyasına ilgili girdinin yapılması mümkündür.

2.2.6 DK 2 veya DK 3 klaslama işareti ile ilgili isteklerden daha fazlasına sahip DK sistemleri (örneğin, her dizel makinası için bağımsız yakıt, soğutma suyu sistemi) için, Klas Sertifikasının Teknik Dosyasına ilgili girdinin yapılması mümkündür.

3. İşlevsel İstekler

3.1 DK 1 klaslama işaretli gemiler, asgari olarak otomatik mod’da ve joystik mod’unda konumlarını muhafaza ederler.

3.2 DK 2 klaslama işaretli gemiler, DK 1’in isteklerini sağlarlar ve aktif bir bileşendeki tekil arıza durumunda konumlarını muhafaza ederler.

3.3 DK 3 klaslama işaretli gemiler, DK 2’nin isteklerini sağlarlar ve aktif veya statik bir bileşendeki tekil arıza durumunda konumlarını muhafaza ederler.
Bu durum, yangın veya su dolumu nedeniyle, bir bölmedeki donanımın tüm olarak göçmesine de uygulanır.

3.4 Tekil arıza kriterlerini sağlamak için, elemanlarda aşağıda belirtilen fazlalık gereklidir:

- DK 2 ek klaslama işareti için, tüm aktif elemanların fazlalığı,

- DK 3 ek klaslama işareti için, tüm elemanların fazlalığı ve DK ile ilgili sistemlerin fiziksel olarak ayrılması.

4. Testler

4.1 Fabrika kabul testi (FAT)

Yeni bir tesisin sörveylere ve testlere tabi tutulmasından önce, üretim yerinde fabrika kabul testleri yapılacaktır. Bu testler, onaylı programa göre yapılacak ve uygulaması varsa, fazlalıklı kavramına tam olarak uyulduğu gösterilecektir.

4.2 Yeni inşa sörveyi

4.2.1 Yeni inşa sörveyi kurallara tam olarak uygunluğun sağlanması için DK sisteminin bütününde yapılacak sörveyleri içerir:

4.2.2 Bu sörvey; DK ile ilgili tüm sistemlerin ve bileşenleri bütünüyle testini içerir (DK kontrol tecrübesi). Detaylar için madde 5’deki **TL** kurallarına bakınız.

5. Diğer Ayrıntılar

Dinamik konumlandırma ile ilgili diğer istekler, **TL** Kuralları, Kısım 22, Dinamik Konumlandırma Sistemleri’nde tanımlanmıştır.

J. Pervanelerin Kavitasyon Gürültüsü

Şekil 7A.2’de; itme yükü katsayısına bağlı olarak kavitasyon için olası ve olası olmayan alanlar gösterilmiştir.

Kavitasyon başlangıç numarası:

$$SIGMA_n = \frac{p_S - p_V}{0{,}5 \cdot \rho \cdot (\pi \cdot D \cdot n_2/60)^2}$$

D, metre olarak alınacaktır.

İtme yükü katsayısı:

$$C_{Th} = \frac{T}{0{,}5 \cdot \rho \cdot v_A^2 \cdot A_D}$$

Tablo 7A.4 DK Sistemleri için minimum istekler

Alt sistem veya eleman			Ek klaslama işaretleri için minimum istekler			
			DK1	DK 2	DK 3	
Güç sistemi	Jeneratörler ve tahrik üniteleri		Fazlalıklı değil	Fazlalıklı	Fazlalıklı, ayrı bölmeler	
	Ana tablo		1	1	2 Ayrı bölmelerde	
	Bus-tie kesici		0	1	2	
	Dağıtım sistemi		Fazlalıklı değil	Fazlalıklı	Fazlalıklı ayrı bölmeden	
	Güç yöntemi		Hayır	Fazlalıklı	Fazlalıklı, ayrı bölmeler	
İtici sistem	İticilerin yerleşimi		Fazlalıklı değil	Fazlalıklı	Fazlalıklı, ayrı bölmeler,	
Yardımcı sistemler ile ilgili DK			-	Fazlalıklı **(3)**	Fazlalıklı, ayrı bölmeler, WCF'nin aşılmaması kaydıyla	
DK kumanda sistemi	Oto kontrol; Bilgisayar sistemleri adedi		1	2	2+1 Backup kontrol istasyonunda	
	Manuel kontrol; Otomatik rotalı joystik		Evet	Evet	Evet	
Sensörler	Konum referans sistemi		2	3	3 1'i back-up kumanda sistemine bağlı	
	Geminin sensörleri	Rüzgar	1	3	3	Her birinden bir adedi back-up kumanda sistemine bağlı
		Düşey referans sensörü (VRS)	1	3	3	
		Rota referans sistemi	1	3 **(1)**	3	
DK' lı olmayan ana sistemler **(2)**			Fazlalıklı değil	Fazlalıklı	Fazlalıklı, ayrı bölmeler	
Yazıcılar			evet	evet	evet	
DK kontrol sistemiiçin UPS			1	2	2+1 Ayrı bölmelerde	

(1) *Rota referans sistem(ler)i IMO Res. A424(XI) Cayro-pusulalar için performans standardı'na uygun olacaktır.Üç rota referans sistemi gerektiğinde, üç sistemden biri, başka bir prensiple çalışan bir rota ölçüm cihazı ile değiştirilebilir. Ancak, bu cihazın, IMO Res. MSC.116 (73)'de belirtildiği üzere, bir THD (transmitting heading device) olarak tip onaylı olması gerekir.*

(2) *Bölüm 2, B.6'ya bakınız.*

(3) *Aktif bileşenler kullanıldığında.*

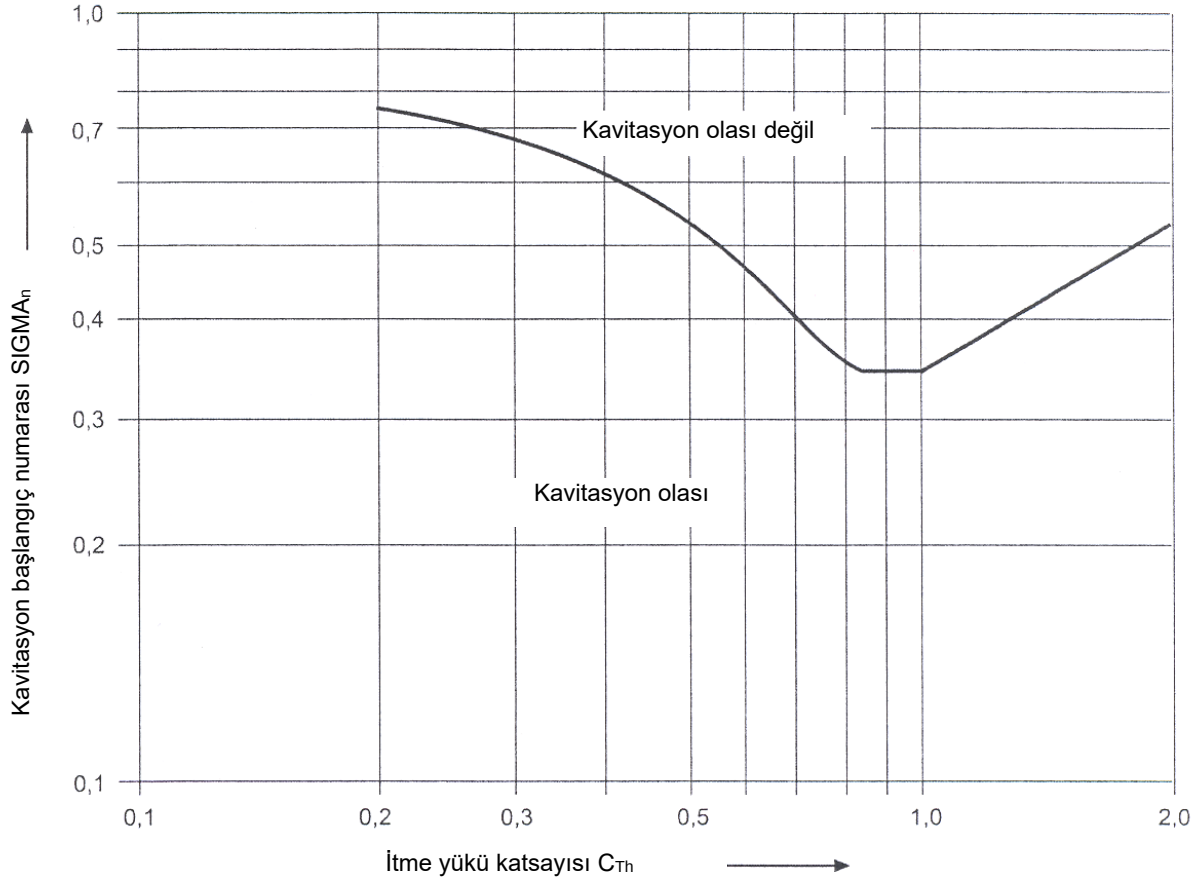


Fig. 7A.2 Pervanelerin kavitasyon gürültüsü için $SIGMA_n$ - C_{Th} diyagramı

BÖLÜM 7B

AZİMUT SEVK SİSTEMLERİ

Sayfa

A. Genel 7B-2

1. Kapsam
2. Onaylanacak Dokümanlar
3. Diğer Kurallara Atıflar

B. Malzemeler 7B-4

1. Onaylanan Malzemeler
2. Malzemelerin Testi

C. Azimut Sevk Sistemlerinin Dizaynı 7B-4

1. Azimut Sevk Sistemlerinin Adedi
2. Boyutlandırma için Yük Durumları
3. Pervaneler
4. Elektrikli Sevk Motoru
5. Dişliler ve Kaplinler
6. Şaft Sistemi
7. Sintine Sistemi (Sadece Pod'lu Tahrikler için)
8. Gemi Temelleri, Destek Borusu, Gondola

D. Manevra Donanımının Dizaynı 7B-7

1. Manevra Donanımının Adedi
2. Aşırı Yük Koruması ve Dümen Açısının Sınırlanması
3. Ana Dümen Donanımı
4. Yardımcı Dümen Donanımı (Sadece Podlu Tahrikler için)
5. Kilitleme Mekanizması
6. Güç Ünitesi
7. Kontrol ve İzleme
8. Bileşenlerin Boyutlandırılması

E. Yardımcı Donanım 7B-11

1. Civatalar ve Vidalar
2. Bağlama Sistemleri
3. Soğutma Sistemleri

F. Hidrolik Sistemler 7B-12

1. Boru Devresi
2. Boyutlandırma
3. Dümen Donanımı Uygulaması
4. Filtreler
5. Tanklar

G. Elektrik Donanımı 7B-13

1. Sensörler ve Otomasyon
2. Diğer İstekler

H. Testler ve Tecrübeler 7B-14

1. Kalite Güvencesi ve Muayene Planı
2. Yapım Sırasındaki Testler ve Gözetim
3. Seyir Tecrübeleri

A. Genel

1. Kapsam

1.1 Sevk tipleri

Azimut sevk sistemleri, dişli döndürme momenti ileten tüm dönebilir düzenleri (dümen pervane) ve su altındaki bir gondolada yer alan (podlu tahrikler) ana sevk motorunu içerir. Sabit podlu tahrikler (buster) mümkün olduğunca bu Bölümde istenilenlere uyacaktır.

Bu bölümdeki istekler, ana sevk sistemi olarak kullanılan azimut donanımına uygulanır. Geminin manevra istasyonu ve manevra istasyonundan azimut sevk sistemine kadar olan tüm iletim elemanları **TL** Elektrik Kuralları, Kısım 105, Bölüm 13'de verilmiştir.

1.2 İşletim koşulları

Belirlenen ortam ve çalışma koşullarında arızasız sürekli çalışma gereklidir. Gemi havuzlanmadan ve servis dışına alınmadan kolaylıkla değiştirilemeyecek olan veya yeterli fazlalığa sahip bileşenler, en az 5 yıllık ömür ve/veya 6 yıllık servis ömrü sürelerine göre dizayn edilmelidir. Eğer bu süre garanti edilemiyorsa, klas başvurusu sırasındaki arızasız sürekli çalışma servis ömrü hakkında **TL**'na bilgi verilecektir.

Azimut sevk sistemleri tahrik ve manevra düzeni olarak görev görür. Manevra amacıyla kullanıldığında, itmenin belirli bir kısmı ileri yönde tahrik için mevcut değildir. Askeri otorite ve tersane tarafından oluşturulan gemi konseptinde, ağır hava koşullarındaki seyirde dahi, kalan itme kısmının geminin ileri yönde hareketi için yeterli olduğu dikkate alınmalıdır. Bu, tüm yük koşulları için sağlanmalıdır. **TL** gerekli kanıtı isteme hakkına sahiptir.

Azimut sevk sisteminin monte edildiği mahaller dümen makinası dairesi olarak kabul edilecektir. İlgili çevre koşulları uygulanır.

Pod'lu tahrik dizaynında, bileşenlerin bir çoğuna ulaşılamayacağı dikkate alınmalıdır.

2. Onaylanacak Dokümanlar

2.1 Genel

Ana sevk sistemindeki azimut sevk sisteminin dizayn resimleri, onay için **TL**'na verilecektir. Resimlerin, aşağıdaki isteklere göre incelenebilmesine olanak verecek tüm detaylar yer alacaktır.

Resimlerde gerekli boyutlar ve malzeme özellikleri/mekanik özellikler yer alacaktır.

Tüm bileşenlerin mukavemet hesaplarında esas alınmak üzere, yük durumlarının tanımı dahil, genel işlevsel tanımlar verilecektir.

Aşağıda belirtilen resimler ve dokümanlar onay için verilecektir.

2.2 Genel olarak sistem

- Komple azimut sevk sisteminin yerleştirme resmi ve tekneye etki eden kuvvetlerin tanımı
- Tüm azimut sisteminin kesit resimleri
- Sensörlerin listesi ve başlangıç sınırları dahil koruma kavramı (doküman)
- Detaylı tanımları ile birlikte ölçüm noktalarının listesi, emniyet ve alarm sistemi sensör tipleri, (resim ve doküman)
- Yangından korunma (doküman), sadece pod'lu tahrikler
- Havalandırma sistemi (resim) sadece pod'lu tahrikler
- Isı balansı ve soğutma sistemi (doküman ve resim) sadece pod'lu tahrikler
- Çeşitli montaj aşamalarında, liman ve seyir tecrübelerinde yapılacak test prosedürlerinin tanımı (doküman)
- Kalite güvencesi ve muayene planı (doküman) sadece pod'lu tahrikler

- Tüm kontrol sisteminin tanımı
- Hata Durumu ve Etki Analizi (FMEA) sadece pod'lu tahrikler (gerekirse)

2.3 Yapısal bileşenler

- Muhafazanın, manevra borusu/desteğinin ve kuyunun yapısal kısımlarının boyutları (resim)
- Normal seyirde, manevrada ve emercensi koşullardaki en büyük yükleri temsil eden yük koşulları (doküman)
- Gerilme hesabı, özellikle hesaplanan/izin verilen oranı (doküman)
- Gerekiyorsa, yorulma hesabı (hesaplama)
- Temeller ve gemi yapısına bağlantı (resim).

2.4 Mekanik bileşenler

- Pervane (resim)
- Şaft sistemi (resim)
- Şaft bilyalı yatakları (ömür hesabı)
- Cıvata, kaplin, kavrama, vb. gibi bağlantı elemanları (resim ve hesap)
- Döner ve kaymalı bilezik yatakları
- Yağlama ve hidrolik sistemi (şema)
- Varsa, emercensi sızdırmazlık sistemi dahil, sızdırmazlık elemanları, sızdırmazlık sistemleri (resim ve işlev tanımı)
- Gereken burulma titreşimi hesapları (Bölüm 8'e bakınız), ilave olarak aşağıdaki yük durumu için:
  - Kanat kaybı durumu
- Şaft kilitleme düzeni (resim ve hesap):
  - Durdurma momenti hesabı, kilitleme prosedürünün açıklaması
  - Dreyn için sintine sistemi, sadece pod'lu tahrikler (şema)
- Dümen makinası:
  - Tüm önemli yük ve döndürme momenti ileten bileşenlerin detey ve montaj resimleri
  - Dişli hesabı
  - Hidrolik diyagram
  - Hidrolik güç ünitesi (veya azimut'un dönmesi için eşdeğeri)
  - Döner yatakların mekanik kiliti, kilitleme düzeni (resim)
  - Sadece pod'lu tahrikler ve yeni dizaynlar için işlevsel tanım.

2.5 Elektrik bileşenleri

Elektrik bileşenleri dokümanları, **TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 13'de belirtilmiştir.

2.6 Bakım

(sadece pod'lu tahrikler ve 2500 kW'ın üzerindeki sevk sistemleri için)

- Bakım planı (öngörülen ömür)
- Muayene planı (su altı, pod'un içi)
- Döner yatak boşlukları (normal ve kritik)
- Durum izleme planı, üst ve alt sınırlar.

3. Diğer Kurallara Atıflar

3.1 TL Kuralları

- Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler
- Kısım 105, Elektrik

- Kısım 106, Otomasyon

- Kısım 104, Sevk Tesisleri, Bölüm 7A.

3.2 Diğer kural ve kaideler

- IEC 60092: Electrical Installations in Ships, Part 501: Special features – Electric propulsion plant, Podded Drives

B. Malzemeler

1. Onaylanan Malzemeler

Malzemelerin seçimi, **TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107) Bölüm 2, B.2.1'de ve Bölüm 5,6 ve 7A'da onaylı malzemeler için tanımlanan isteklere tabidir.
Malzemeler **TL** Malzeme Kurallarına (Kısım 2) uygun olmalıdır. Özel istekler ilgili Kısımda belirtilmiştir.

2. Malzemelerin Testi

Döndürme momenti, itme, eğilme momenti veya hidrolik basınç iletiminde kullanılan azimut sevk sisteminin tüm önemli bileşenleri, **TL** Malzeme Kuralları'na (Kısım 2) göre **TL** gözetimi altında test edilecektir.

C. Azimut Sevk Sistemlerinin Dizaynı

1. Azimut Sevk Sistemlerinin Adedi

Her gemi en az iki adet azimut sevk sistemi ile teçhiz edilecektir.Her iki ünite de birbirinden bağımsız olarak çalıştırılabilmelidir. Bir azimut sevk sisteminde veya kontrol sistemindeki, konvertöründeki ya da motorundaki arıza, diğer sistemlerde arızalanmaya neden olmayacaktır (IEC standardı 60092-501, 4.1.4'e bakınız). Bu durum bir HDEA (FMEA) ile kanıtlanacaktır.

2. Boyutlandırma için Yük Durumları

Bileşenlerin boyutlandırılması için, ömür hesapları hariç, ilgili en kötü durum dikkate alınmalıdır. İlgili rpm'de ulaşılabilir maksimum döndürme momenti dikkate alınmalıdır. Asgari olarak, aşağıdaki yük durumları dikkate alınmalıdır:

- Tam ileri (elektrik motorunun olası aşırı yüklenmesi dahil maksimum döndürme momenti)

- Uygulanabilirse, babada ileri ve geri

- 0,35 R'de bir pervane kanadının kaybı (tam devirde balanssızlık, eğilme momenti)

- Tam yolda maksimum manevra (dönüş dairesindeki seyirde)

- Maksimum manevra hızında, maksimum Manevra

- Ani durma

İlave olarak, ana sevk elektrik motoru için (IEC 60092-501, 4.3) :

- Ani durma değerlerinden fazla ise, motorun trifaze kısa devresindeki en yüksek kararlı durum döndürme momenti

- Ani durma değerlerinden fazla ise, motorun iki fazlı kısa devresi sırasındaki en yüksek osilasyon döndürme momenti

Eğer askeri gemi buz sınıfı klaslı ise, ilave istekler Bölüm 9'da belirtilmiştir.

3. Pervaneler

Pervaneler, Bölüm 7A'daki isteklere ugun olmalıdır.
Pervane sıkı geçme hesapları için, çekici pervanelerde itme negatif işaretli olarak alınmalıdır.

4. Elektrikli Sevk Motoru

Elektrikli sevk motoruna ait istekler, **TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 13'de belirtilmiştir. Yapımın gözetimi, ilgili güç besleme sistemlerini de içermelidir.

Kapalı havalandırmalı sistemde çalışan elektrik motorlarının hava nemi izlenmelidir.

5. Dişliler ve Kaplinler

5.1 Dişli dizaynı

5.1.1 Dişliler veya dişli bağlantılar, Bölüm 6'da tanımlanan isteklere uygun olmalıdır.

Elektrik tahrikli azimut sevk sisteminde, diş dibi ve diş yanağı için, 1,6 M nominal statik yüke (1000 yük çevriminden az) karşı sırasıyla S_F = 1,35 ve S_H = 1,15 emniyet kanıtlanmalıdır.

5.1.2 Bombe dişli kaplinler, Bölüm 6,G.3'de dişli kaplinler için verilen steklere göre boyutlandırılacaktır.

5.2 Yağlama

Yağlama ve/veya soğutma yağı beslemesi bir ana pompa ve bağımsız bir yardımcı (stand-by) pompa ile sağlanacaktır.

Ana yağlama yağı pompasının gemideki mevcut düzenlerle değiştirilebildiği bağımsız yağlama sistemlerinde, yardımcı pompa (stand-by) yerine komple bir yedek pompa bulundurulabilir. Bu yedek pompa gemide bulundurulacak ve monteja hazır durumda olacaktır.

Yağ seviye göstergeleri ve filtreler, F.4 ve F.5'deki isteklere tabidir.
Yağ sıcaklığı ölçülmelidir. En olumsuz ortam koşullarında, izin verilenden daha yüksek sıcaklıklar öngörülüyorsa, bir ısı değiştirici sağlanmalıdır.

6. Şaft Sistemi

6.1 Şaft

6.1.1 Pervane ile dişli çark arasındaki pervane şaftının boyutlandırılması için Bölüm 5'e bakınız.
Bu şaftın kalan kısımlarının ve diğer dişli şaftlarının boyutlandırılması için Bölüm 6'ya bakınız.

6.1.2 Pervane şaftı ile elektrik motoru şaftının çakıştığı durumda, sıcak ve soğuk durumlarda ve tüm olağan kuvvetlerin etki ettiği hallerde, şaftın; motorun rotoru ile statoru arasında uygun boşluğun bulunmasını temin etmeyi garanti edecek derecede rijid olması sağlanmalıdır.

6.2 Şaft yatakları

6.2.1 Şaft yatakları normalde rulmanlı tip olacaktır. Bunlar, tüm çalışma koşullarında yeterli yük uygulanacak şekilde düzenlenecektir. Yağ sıcaklığı ölçülmelidir.

6.2.2 Öngörülen ömür belirtilmeli ve bir ömür hesabı ile kasıtlanmalıdır. Bakım talimatları sağlanmalıdır. Yatakların muayenesi (örneğin endoskop ile) mümkün olmalıdır.

6.2.3 Pod'lu tahriklerde, ulaşılamayan hallerde, yatakları aşınması izlenmelidir. Yağ örneği alınması mümkün olacaktır.

6.2.4 Pod'lu tahriklerde, şaftın ve muhafaznın ısıl genleşmesi dikkate alınmalıdır. Yatakların sıcaklığı fazlalıklı ve alarm sisteminden bağımsız olarak izlenmeli ve iki kademeli bir alarm sağlanmalıdır. Yeterli cebri yağlama yağı akımının uygulandığı istisnai hallerde, sıcaklık yerine yağ sıcaklığı ölçülebilir. Cebri yağlama için yeterli fazlalık sağlanmalı, örneğin; ikinci bir pompa ile (IEC 60092-501, 12.2.1'e de bakınız) ve akım izlenmelidir. Fazlalıklı sisteme aktarım otomatik olacak ve bir alarm verilecektir.

6.2.5 Pod'lu tahriklerde, yağlamanın devamlı olarak kontrolü, fazlalıklı olarak ve alarm sisteminden bağımsız olarak sağlanmalıdır (IEC 60092-501, 13.2.2'ye bakınız). İli kademeli bir alarm sağlanmalıdır.

Yağ ile yağlamalı yataklarda, maksimum ve minimum yağ seviyesi izlenmelidir. Minimum seviyenin izlenmesi tüm normal koşullarda mümkün olacaktır.

6.2.6 Pod'lu tahriklerde, şaft ile yataklar arasında elektrik akımının sirkülasyonunu önleyici önlemler alınmalıdır.

6.3 Şaft sızdırmazlık elemanları

6.3.1 Pod'lu tahriklerde, şaft sızdırmazlık elemanları, motoru ve diğer işlevsel önemi olan bileşenleri sıvı girişine karşı yeterli emniyet ve fazlalıkla korumalıdır. Sızdırmazlık elemanlarının baskı elemanlarından birinin işlevini görmemesi durumunda, geminin bilgi sistemine alarm olarak sızıntı bilgisinin verilmesini sağlayıcı önlemler alınmalıdır. Bu durumda dahi, sızdırmazlık

elemanı, işlevsel önemi olan elemanı korumaya devam etmelidir.

6.3.2 Şaft sızdırmazlık elemanları şaftın eksenel genleşmelerine ve hareketlerine karşı koyabilmelidir.

6.3.3 Gravite tankı minimum seviye sensörü ile teçhiz edilmelidir. Maksimum seviye sensörü önemle tavsiye edilir. Gravite tankı boru devresi, konumu ve seviye sensörlerinin tipi onay için sunulmalıdır. Eğer sızdırmazlık elemanı tip onaylı ise, şematik boru devresi yeterlidir, aksi halde tüm resimler verilmelidir.

6.3.4 Sızdırmazlık elemanı, bir yağ kaçağı durumunda, deniz suyunu kirlenmeye karşı korumalıdır. Belirlenen izin verilen maksimum sızıntının aşılması durumunda da yağ sızıntısı gösterilecektir.

6.3.5 Pod'lu tahriklerde, şaft kilitleme düzeni aktifken pervane şaftının sızdırmazlığını sağlayan bir emercensi sızdırmazlık düzeni sağlanmalıdır IEC 60092-501, 13.2.3'e de bakınız). Sistemin çalışabilirliği gösterilecek ve düzenli aralıklarla kontrol edilecektir. Sistemdeki herhangibir arıza alarm verecektir.

6.4 Kilitleme düzeni

6.4.1 Her azimut sevk sistemi için, bir arıza durumunda pervane şaftının istenilmeden dönmesini önlemek üzere, bir kilitleme düzeni sağlanacaktır (IEC 60092-501, 13.2.3'e de bakınız). Pervane şaftının kilitleme düzeni, gemi geri kalan sevk sistemi ile maksimum güçte çalışırken, devre dışı kalan pervaneyi emniyetli olarak kilitleyecek şekilde dizayn edilecektir. Ancak, gemi hızı 8 kn.'dan az olmayacaktır.

6.4.2 Kavrama/fren

Kilitleme düzeni olarak, bir kavrama / fren kulanıldığında, istenilmeden çalıştırmadan kaçınılacaktır. Kavrama/fren'in maksimum motor döndürme momentine göre boyutlandırılmadığı hallerde, düzenin aşırı yüklenmesini önlemek üzere, bir önleyici önlem sağlanmalıdır. Kavrama / fren'in kavrama durumu kontrol istasyonunda gösterilmelidir.

7. Sintine Sistemi (Sadece Pod'lu Tahrikler için)

7.1 Pod'lu tahriklerin gondola ve diğer kapalı mahalleri (örneğin elektrikli sevk motorunun konulduğu), motora veya işlevsel önemi olan diğer bileşenlere sıvı girişini önlemek üzere etkin bir sintine sistemi ile teçhiz edilmelidir. Gondola sintinesi, sızdırmazlık elemanının bozulması durumunda sıvıyı emniyeli bir şekilde toplayacak kadar büyük olmalı ve borunun sıvıyı güvenilir şekilde gondola dışına atmasını sağlamalıdır. Sistem, tüm sızdırmazlık elemanlarının izin verilen maksimum sızıntı miktarının en az 5 katını emebilecek kapasiteyi sürekli olarak sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Emme borusu, en yüksek seviyede bir arıza sonucunda, boru içindeki akışkanın temizlenmesi, motora veya diğer donanıma herhangibir zarar vermeyecek şekilde konumlandırılacaktır.

Sevk motoruna koruyan sintineler için ana ve yardımcı sintine sistemi sağlanmalıdır.

7.2 Sintine seviyesi en az iki bağımsız sensör ile izlenecektir. Anormal sızıntılarda bir alarm verilecektir. "yüksek" ve "çok yüksek" olmak üzere iki kademeli alarm düzeyi gereklidir.

Gondoladaki sintine, sintine seviyesini ve değişimini izleyen analog bir sensör ile donatılmalıdır. Eğer boru(lar) sintineyi boşaltamıyorsa, "çok yüksek" alarmı, gondolanın su ile dolması olasılığını göstermeli ve motorun durdurulması istenilmelidir. Otomatik durdurmaya izin verilir.

8. Gemi Temelleri, Destek Borusu, Gondola

8.1 Destek borusunun, gondolanın, bunların birbiriyle ve tekne ile olan bağlantılarının dizaynında, dinamik bileşenler dahil, pervane ve nozul itmesi ve manevra nedeniyle oluşan yükler dikkate alınmalıdır. Yük durumu senaryoları için 2'ye bakınız.

8.2 Ayrıca, ilgili ısıl ve mekanik yük koşullarında güvenilir çalışmayı sağlamak üzere, gemideki temeller ve sevk sistemi gövdesi, döner mekanik parçalar ile birleşim noktalarındaki çökmeleri sınırlamaya yeterli olacak sağlamlıkta olmalıdır.

D. Manevra Donanımının Dizaynı

Aşağıdaki maddeler, diğer düzenlemeler sağlanmadıkça, SOLAS Chapter II-1, 29'da istenilen şekilde, geminin manevra kabiliyetini sağlamaya aittir.

Pod'lu tahrikler için IEC 60092-501, 13.7'ye de bakınız.

Bir gemiye monte edilen 2500 kW veya daha fazla enerji tüketen azimut sevk sistemleri, SOLAS Kural 29'a uygunluğun sağlanması yönünden, en az 250 mm dümen rotu çapına sahip bir manevra düzeni olarak kabul edilir.

Tüm manevra düzeninin ani olarak devre dışı kalması durumunda (örneğin, kararma durumu), emercensi manevra mümkün oluncaya kadar, tüm hava ve deniz koşullarında dümen açısı muhafaza edilmelidir.

1. Manevra Donanımının Adedi

Her azimut sevk sistemi, en az bir ana ve bir yardımcı manevra donanımı ile teçhiz edilmelidir. Her iki manevra donanımı birbirinden bağımsız olacak ve mümkünse, sevk sistemi üzerine ayrı ayrı etki edecektir (döner yatak). Bir manevra donanımındaki arıza diğer(ler)ini etkilemeyecektir. **TL**, bileşenlerin ana ve yardımcı manevra donanımı tarafından ortak olarak kullanımını kabul edebilir. Konvansiyonel dümen bileşenleri ve azimut sevk sisteminin ilgili parçalarının karşılaştırılması Tablo 7B.1'de verilmiştir.

Pod'lu tahriklerde, bir manevra donanımındaki tekil bir arızanın her iki donanımın da devre dışında kalmasına neden olmayacağı kapsamlı bir HDEA (FMEA) ile kanıtlanmalıdır.

Tekil bir arıza, geminin hızı ve dümen konumu diğer manevra donanımının SOLAS isteklerine uygunluğu önlememelidir (3 ve 4'e bakınız)

2. Aşırı Yük Koruması ve Dümen Açısının Sınırlanması

2.1 Mekanik güçle çalıştırılan manevra donanımı sistemleri, manevra donanımının zarar görmesini önlemek üzere, aşırı yüke karşı korunacaktır (kaymalı kaplin, emniyet valfi veya eşdeğerleri).Aşırı yük koruma donanımı yetkisiz kişilerin ayarlama yapmasına karşı emniyete alınacaktır. Gemi serviste iken ayarın kontrolü ile ilgili düzenler sağlanacaktır.

2.2 Normal çalışmada (deniz modu) dümen açısı, önceden belirlenen dümen açısı ile sınırlandırılacaktır (örneğin, limit sviçler ile). Azimut sevk sistemi 360 ° dönebilecek özellikte olduğundan, normal dümenler için gerekli olan mekanik durdurucular yerine, uygun alternatif düzenlemeler kullanılacaktır. Bu alternatif düzenlemeler, önceden belirlenen dümen açısı limit sviçlerinden bağımsız olacaktır.

Bu sınırlama, geminin emniyetini tehlikeye düşüren manevradan kaçınmak üzere, düzenler çalışır çalışmaz (örneğin hız, güç sınırlaması) kaldırılabilecektir (liman modu).

En olumsuz koşulda (örneğin maksimum hız), manevra sisteminin istenilmeden kullanılması gemiyi tehlikeye düşürmüyorsa (seyir tecrübeleri sırasında kanıtlanmalıdır) manevra açısının sınırlamasından vazgeçilebilir.

Manevra modülünün kullanışı, çalışma aralığı ve ilgili tüm sınırlamalar (örneğin, manevra açısı önceden belirlenen değeri geçerse güç azatlımı) ile ani durma prosedürü tanımlanmalı ve verilmelidir.

2.3 Bir gemi için gerekli manevra kabiliyeti açısından SOLAS uygulanacaksa, "önceden belirlenen dümen açısı" **(1)** bahis konusu olur. Gemi maksimum hızda (deniz modu) seyrederken, azimut sevk sistemi tarafından her iki yana yönlendirilen maksimum açı Askeri otorite tarafından belirlenecektir. Bu maksimum açı genelde, her iki yana 35 ° 'den az olacaktır.

2.4 Manevra donanımının istenmeden kullanımında, geminin emniyetinin tehlikeye düşmeyeceği belirli gemi hızlarında (manevra modu) önceden belirlenen dümen açısını geçen dümen açısı kullanılabilir. Geminin emniyetinin tehlikeye düşmemesi bakımından güç sınırlaması gerekli olabilir.

2.5 Azimut sevk sisteminin veya geminin dizayn özellikleri ile çelişen olası manevralar otomatik kontrol vasıtasıyla bloke edilmelidir.

Tablo 7B.1 Konvansiyonel dümen makinası ile azimut sevk sisteminin karşılaştırılması

Gereki fazlalık	Konvansiyonel dümen makinası	Azimut sevk sistemi
Hayır	Dümen rotu	Döner bilezik, muhafaza (taşıyıcı konik)
Hayır	Yeke göbeği	Dişli bağlantının temas alanı (diş/diş) **(1)**
Evet	Yeke kolları, mahal cidarları (yanlar)	Pinyon dişliler ve şaftlar (ve varsa redüksiyon dişlisi)
Evet	Hidrolik silindirler, döner donanımi mahalleri	Hidrolik / elektrik motorları
Evet	Hidrolik boru devresi	Hidrolik boru devresi /elektrik güç beslemesi
Evet	Hidrolik güç ünitesi	Hidrolik güç ünitesi / konvertörler

(1) *SOLAS tarafından tavsiye edilen fazlalıkla ilgili olarak, ana ve yardımcı manevra sistemi dümen rotu üzerine bağımsız olarak etkimelidir. Bu durum, sıralı hidrolik / elektrik güç beslemesi / elektrik motoru olmaksızın, birden fazla harekete geçirici hidrolik / elektrik motoru varsa, bunlar ayrılabiliyorsa ve açılabiliyorsa (blokajın önlenmesi) garanti edilir.*

3. Ana Dümen Donanımı

Ana dümen donanımı, maksimum gemi servis hızında, azimut sevk sistemini, bir yandaki önceden belirlenen dümen açısından diğer yandaki belirlenen dümen açısına kadar 2,5 s/° hızla döndürebilmelidir.

Elektrikli sevk motorları için, ana dümen donanımı motorla aynı tablo kısmından beslenmelidir.

4. Yardımcı Dümen Donanımı (Sadece Podlu Tahrikler için)

Yardımcı dümen donanımı, geminin maksimum hızının % 50'sinde (minimum 8 knots), azimut sevk sistemi sakin suda tamamen suya batmış durumda iken, azimuth sistemini 15° iskeleden 15° sancağa veya tersine 60 saniye içinde döndürebilecektir. Hidrolik olarak çalıştırılan yardımcı dümen donanımları, ana dümen donanımından bağımsız olan kendi boru donanımına sahip olacaktır.

Manevra donanımlarının boru veya hortum bağlantıları, doğrudan basınçlı gövdeden kapatılabilecektir.

Ana dümen donanımının arızası halinde, yardımcı dümen donanımı asgari olarak, azimuth sevk sistemini gemi ekseni doğrultusuna getirebilecektir. Ünite bu durumda kilitlenebilecektir. Eğer yardımcı sistem arızalanırsa, emercensi çözüm olarak elle çalıştırma kabul edilebilir.

Gemi tam yolla seyir halinde iken dahi, ana dümen sistemi arızalanırsa, yardımcı dümen donanımı sevk sistemini mevcut konumunda tutabilmelidir.

Elektrikle tahrikli yardımcı dümen donanımı istekleri benzer şekilde uygulanacaktır.

5. Kilitleme Mekanizması

Azimut sevk sistemini istenilen konumda sabitleyebilmek için bir kilitleme mekanizması sağlanacaktır. Mekanizma, sistemin maksimum güçte çalışırken karşılaşabileceği tüm yüklere dayanabilmelidir. Kilitleme sisteminin, hava ve deniz koşullarından bağımsız olarak, makul bir süre içinde uygulanabildiği gösterilecektir.

(1) *Önceden belirlenen dümen açısı, konvansiyonel bir dümenle teçhiz edilen bir geminin maksimum manevra kuvvetiyle 35° dümen açısında göstermiş olduğui manevra davranışına eşdeğer bir davranış göstereceği minimum dümen açısıdır.*

6. Güç Ünitesi

6.1 Hidrolik donanım

6.1.1 Mekanik güçle çalışan ana hidrolik dümen makinasının iki veya daha fazla sayıda özdeş güç ünitesi ile teçhiz edildiği hallerde, aşağıdaki belirtilenlerin sağlanması koşuluyla, yardımcı dümen makinasının konulmasına gerek yoktur :

- Herbiri madde 3. ve 4.'deki istekleri sağlayan, iki bağımsız ve ayrı güç sisteminin (güç ünitesi (leri), hidrolik borular, güç aktüatörü), bulunması veya

- Madde 3. ve 4.'deki istekleri sağlayan, normal çalışmada birlikte etki eden, en az iki adet özdeş güç sisteminin bulunması.

6.1.2 Boru devresi dahil, döner yataklar hariç, ana dümen makinasının tekil bir bileşeninin arızası durumunda, bir dümen sisteminin, hızlı bir şekilde yeniden kumanda edilebilmesini sağlayıcı düzenler bulunacaktır (sacede pod'lu tahriklerde).

6.1.3 Hidrolik yağın kaybı halinde, ikinci dümen sisteminin tam olarak çalışmaya devam etmesi sağlanacak şekilde, hasarlı sistemi ayırmak mümkün olmalıdır.

6.1.4 En az bir adet elektrik tahrikli hidrolik pompa, diğer bir tablodan beslenmelidir.

6.2 Elektrik donanımı

TL Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 7A'daki istekler sağlanmalıdır.

Elektrikli ana dümen donanımı, elektrik güç üretim tesisinin tablosundan beslenmelidir. En az bir (yardımcı) dümen donanımı diğer bir tablodan beslenmelidir.

Elektrik donanımı, aşırı akıma ve kısa devreye karşı korunmalıdır.

7. Kontrol ve İzleme

7.1 Her azimut sevk sisteminin, pervane tahrik düzeni ve dümen donanımı, kaptan köşkündeki manevra istasyonundan kontrol edilecektir.

Herbir azimut sevk sisteminin kumandaları birbirinden bağımsız olacak ve azimut sevk sistemi istem dışı olarak çalıştırılamayacak şekilde dizayn edilecektir. Tüm azimut sevk sisteminin ilave olarak kombine kontrolüne izin verilir.

7.2 Manevra kabiliyetinin yitirilmesine yol açabilecek şekilde tek bir kontrol bileşeninin (örneğin deplasman pompasının veya akış kontrol valfinin kontrol sistemi) arızası, manevra kabiliyetinin yitirilmesi başka önlemlerle önlenemiyorsa, kaptan köşkünde sesli ve görsel bir alarmla izlenecektir.

7.3 Normal serviste (deniz modu), dümen açısını her iki yönde önceden belirlenen dümen açısını sınırlama ile ilgili amaca yönelik donanım sağlanmalıdır.

Bu donanım, düman açısını etkin olarak sınırlayacak ve sevk motorunun güç azatlımı tetikleyecektir. Bu istekten, tam güçte ve gemi hızında, azimut sevk sisteminin herhangibir açıya istemsiz olarak dönmesinin gemi için bir tehlike oluşturmayacağı hallerde, **TL** tarafından vazgeçilebilir. Dümen açısı sınırlamasının sağlanamadığı hallerde, **TL** Elektrik kuralları (Kısım 105), Bölüm 9,C'ye göre emniyet sistemi devreye girmelidir. Dümen açısı sınırlaması arıxasında bir alarm verilecektir. Deniz mod'unda, sınırlamanın, emercensi ani durma manevrasıyla iptal edilmesi mümkün olacaktır.

7.4 Bir ünitenin kontrol sistemi ve hidrolik / elektrik azimut sisteminin tek bir elemanının arızası, diğer ünitede bir arızaya neden olmayacaktır.

7.5 Eğer, birden fazla azimut sevk sisteminin hidrolik / elektrik sistemleri kombine ise, hidrolik yağın yitirilmesi veya elektrik arızası durumunda, diğer kontrol sistem(ler)i tam olarak çalışacak şekilde, hasarlı sistemi ayırabilmek mümkün olmalıdır.

7.6 Lokal kontrol

Kontrolün sevk makinası bölmesinden yapılmasını

sağlayıcı donanım bulunacaktır. İletim sistemi, ana kontrol istasyonuna hizmet edenden farklı olacaktır. Lokal kontrol istasyonu ile ilgili istekler, **TL** Elektrik kurallar (Kısım 105), Bölüm 13,H'de belirtilmiştir.

Azimut sevk sistemini en uygun konuma getirmek ve ana sevk motorunu tekrar harekete geçirmek (örneğin, kararmadan sonra) mümkün olacaktır.

7.7 Dümen açı göstergesi

Azimut sevk sisteminin konumu, kaptan köşkünde ve tüm manevra istasyonlarında açık olarak gösterilecektir. Dümen donanımının elektrikle veya hidrolik olarak çalıştırıldığı hallerde, dümen açısı, ya dümen donanımı tarafından veya dümen donanımına rijid olarak bağlı kısımlar tarafından mekanik olarak harekete geçirilen, bir donanım (lokal dümen açı göstergesi) tarafından gösterilecektir. Ana ve yardımcı dümen donanımının zamana bağlı kontrolü durumunda, dümen donanımının gemi ortası konumu, ilave bir düzen vasıtasıyla (sinyal lambası veya benzeri), kaptan köşkünde gösterilecektir.

Genelde, ikinci kontrol sisteminin elle çalıştırılan hidrolik sistem olması halinde dahi, bu gösterge bulunacaktır. **TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 9,C'ye bakınız.

Azimut sevk sisteminin her andaki dümen konumu, dümen donanımı üzerinde de gösterilecektir.

Makina kontrol merkezine, ilave bir dümen açı göstergesi konulması tavsiye edilir.

8. Bileşenlerin Boyutlandırılması

8.1 Dümen döndürme momentini ileten bileşenlerin boyutlandırılması

Bileşenlere etki eden ve madde C.2'de belirtilen yük durumlarından hesaplanan en büyük yükler, kullanılan malzemelerin akma sınırını geçmeyecektir. Boyutlandırma için ayrıca, akma mukavemetine göre 1,3 emniyet faktörü ile, maksimum çalışma döndürme momentinin (dümen rotu akma döndürme momentine karşılık gelen) 2,5 katı bir tork kullanılmalıdır.Aşırı yük korumalı dümen donanımı parçalarının dizaynında, 1,3 emniyet faktörü ile, aşırı yük korumasının cevap eşiğine karşılık gelen yükler esas alınacaktır.

En şiddetli yükün nadiren oluştuğu kabul edilir. Daha sık olarak görülmesi halinde, bunun yorulma üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır.

8.2 Döner yataklar

8.2.1 Ömür hesabı ve statik yük için emniyet faktörünün hesabı yapılmalıdır. Ömür hesabı, 40 000 saatlik bir ömür elde edilmesine uygunluğu göstermelidir. Statik yük hesabından, en az 1,8 emniyet faktörü elde edilmelidir.

8.2.2 Diş temas izinin ve yağlama durumunun muayenesi için en az bir adet muayene açıklığı bulunacaktır.

8.2.3 Döner yatakları su girişinden ve yağ/yakıt sızıntısından korumak üzere sızdırmazlık elemanları konulacaktır. Eğer sızdırmazlık elemanları gresle yağlanıyorsa, bir havuzlama periyodu içinde kullanılmış yağın biriktirileceği yeterli bir mahal sağlanmalıdır.

8.3 Döner dişli

Genelde döner dişliler, emniyet valfi veya aşırı yük koruma düzeni devreye girinceye kadar bir manevra monenti uygulayan, silindirik, konik veya helisel dişli olarak dizayn edilecektir.

8.3.1 Boyutlandırma

Döner dişlilerin boyutlandırılması, Bölüm 6'da tanımlanan prosedüre göre yapılmalıdır.

K_A uygulama faktörü, ISO 6336, Part 6'da verilen yük spektrumu için hesap edilmelidir.

Üretici, emniyet valfinin açıldığı veya emniyet kavramasının açtığı maksimum döndürme momentini vermelidir.

Uygulamaya bağlı olarak, ilgili yük spektrumu verilmeli ve uygunluğu kanıtlanmalıdır. Boyutlandırma için üç aşamalı yük spekturumu kullanılmalı ve bunun uygunluğu gösterilmelidir. Eşdeğer bileşke yük için, sınırsız yük çevriminde, S_F = 1,8 ve S_H = 1,3 emniyet gösterilmelidir.

Helisel dişlilerde, minimum ömür çevrimi, minimum aşınma emniyeti S_W = 1,3 olmak üzere, en az bir klas periyodundan daha az olmayacaktır. Helislerin yağlanması, bağımsız bir devre vasıtasıyla yapılmalıdır.

8.3.2 Çalıştırma

Yeterli bir yağlama sağlanmalı ve makul zaman aralıkları ile yağlamanın kontrolü mümkün olmalıdır.

Dişlerin gözle muayenesi için bir açıklık bulunmalıdır (muayene kapağı).

E. Yardımcı Donanım

1. Civatalar ve Vidalar

1.1 General

TL, Standart civataların kullanılması halinde, A.2.4'de belirtilen detay resimlerin verilmesinden vazgeçebilir.

Eğer civata boyutu M 39'dan küçükse ve gözetim altında seri olarak üretilmişse, **TL,** malzeme sertifikasının verilesinden de vazgeçebilir.

1.2 Civatalar

Gereken hallerde, sevk döndürme momentini, itmeyi ve eğilme momentini ileten önemli bağlantılar için, genelde akma noktasının % 90'ına kadar bir gerilme oluşturan bir döndürme momenti uygulayarak civatanın boy uzatımı kanıtlanmalıdır.

Pervane kanatlarının montajında kullanılan civataların çap hesabı için Bölüm 7A, D.6'ya, göbek ve flençli kaplinlerde kullanılanlar için Bölüm 7A, E.2'ye bakınız. Temel için kullanılanlar hariç, diğer tüm civatalar için, en olumsuz yük durumunda, akmaya göre 1,5 emniyet faktörü bulunduğu kanıtlanmalıdır.

Normalde, pullara izin verilmez.

Civatalar, istemsiz gevşemelere karşı emniyete alınmalıdır.

Civatalarla ilgili malzeme isteklerine uyulmalıdır, **TL** Malzeme kurallarına (Kısım 2) bakınız.

1.3 Sıkı geçme civatalar ve emniyet pimleri

Döndürme momenti veya kesme kuvvetleri, cıvata/pim bağlantısı vasıtasıyla iletilecekse, sıkı geçmeli civatalar ve emniyet pimleri kullanılmalıdır. **TL**'nun kararına bağlı olarak, aynı bağlantının civatalar tarafından oluşturulan sürtünme ile döndürme momenti/kesme iletimi dikkate alınabilir. Pervane kanatlarının montajında kullanılan sıkı geçme civataların/pimlerin çap hesabı için Bölüm 7A, D.6'ya, göbek ve flençli kaplinlerde kullanılanlar için Bölüm 7A, E.2'ye bakınız. Elverişli uygulamalarda, sıkı geçme civatalar/pimler yerine stoperler kullanılabilir. Diğer tüm civatalar için, en olumsuz yük durumunda, akmaya göre 1,5 emniyet faktörü bulunduğu kanıtlanmalıdır.

Sıkı geçme civatalar, istemsiz gevşemelere karşı emniyete alınmalıdır.

Dövme parçalarla ilgil malzeme isteklerine uyulmalıdır, **TL** Malzeme kurallarına (Kısım 2) bakınız.

2. Bağlama Sistemleri

2.1 Sıkı geçme

Döndürme momenti iletimi, akılkan sızdırmaz bağlantılar veya emniyetle ya da işlevsel olarak önemli bileşenler ile ilgili tüm sıkı geçmeli birleştirmeler için sıkı geçme hesabı verilmelidir. Eşit bir biçimde dağılmış en az % 70'lik bir temas alanı sağlanmalıdır. Aşağıdaki minimum bilgi değerleri kullanılarak, ilgili uygulamaya bağlı olarak kaymaya karşı emniyet faktörü seçilmelidir:

- Pervaneler : 2,8
- Pervane ile dişli kutusu arasındaki kaplinler : 2,5
- Dişli kutusu içinde : 3,0
- Dişli kutusu ile motor arasında : 3,0.

Aşağıdaki minimum bilgi değerleri kullanılarak, ilgili bileşene (geometri ve üretim prosesi nedeniyle) bağlı olarak akmaya karşı emniyet faktörü seçilmelidir:

- Pervane 1,33 servis için (akma mukavemetinin % 75'i)

		1,11 montaj ve demontaj için (akma mukavemetinin % 90'ı)
-	kaplin	1,25 servis için (akma mukavemetinin % 80'i)
		1,051 montaj ve demontaj için (akma mukavemetinin % 95'i)

2.2 Kamalı şaft bağlantıları

Sevk sistemi için Bölüm 7A'da ve ana şaft sistemi için Bölük 5'de verilen istekler uygulanmalıdır.

3. Soğutma Sistemleri

3.1 Motorun veya yağın soğutma sistemi, en krtik koşullara göre boyutlandırılmalıdır:

- Tam güç
- En yüksek ortam sıcaklığı
- Geminin olası en düşük hızı.

3.2 Genelde, en zorlu koşul, maksimum su ve hava sıcaklığı (Bölüm 1,D'ya bakınız) ve sevk sisteminin maksimum şaft devrinde çalışması olarak tanımlanır.

3.3 Eğer, tanımlanan koşullarda, soğutma sistemi maksimum güçün verilmesine izin vermiyorsa, A.1.2'yi sağlamak üzere, ulaşılabilen maksimum güç dikkate alınmalıdır. Yukarıda açıklanan durum, talep halinde onay için verilecek olan ısı balansı hesabında yansıtılmalıdır.

Pod'lu tahrik motorlarının soğutma sistemi için IEC 60092-501, 7.3 ve 12.3'e de bakınız.

F. Hidrolik Sistemler

1. Boru Devresi

1.1 Emniyet valflerinin dizaynı ve ayarı, tepki eşiklerinin, izin verilen maksimum çalışma basıncının % 10'dan fazla aşılması önlenecek tarzda yapılacaktır.

1.2 Borular gemi bordasından yeterli bir mesafede yer alacaktır. Borular, mümkün olduğunca, kargo mahallerinden geçmemelidir. Elektrik donanımı veya bağlantıları civarında flençli boru bağlantılarına izin verilmez.

Tehlikeye maruz bulunan noktalarda, kontrol devrelerinin bakır boruları için koruyucu kılıflar sağlanacak ve uygun bağlantılar kullanılmak suretiyle titreşim nedeniyle sertleşmeye karşı emniyete alınacaktır.

1.3 **TL,** hareketli parçalara bağlantılarda veya benzeri durumlarda, boru yerine kısa hortumların veya metal kompensatörlerin (esnek borular) kullanımına izin verebilir.

1.4 Diğer hidrolik sistemlere bağlantılara izin verilmez.

2. Boyutlandırma

Boruların, valflerin, fitinglerin, vb.'nin dizaynı ve boyutlandırılması için **TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107), Bölüm 8'e ve basınçlı kaplar için Bölüm 16'ya bakınız.

İzin verilen maksimum çalışma basıncının belirlenmesi için, boru devresi dahil dümen makinasındaki sürtünme kayıpları dikkate alınacaktır. Emniyet valfleri, bu basınç değerine ayarlanacaktır.

3. Dümen Donanımı Uygulaması

3.1 Azimut sevk sisteminin dümen makinasında hidrolik güç kullanılıyorsa, diğer hidrolik sistemlerle bağlantısı olmayacaktır.

3.2 Hidrolik dümen donanımının boru devreleri, dikişsiz veya boyuna dikişli kalın etli çelik borulardan yapılacaktır. Soğuk çekilmiş, tavlanmamış borulara izin verilmez.

3.3 Hidrolik dümen donanımının boru devresi, kolayca ulaşılabilir olmasının yanı sıra, maksimum koruma sağlanacak tarzda düzenlenecektir.

4. Filtreler

Boru devresine, işletim akışkanının temizlenmesi için filtreler konulacaktır. Yağlama yağı beslemesi kesilmeksizin yağ temizleme filtrelerinin değiştirilmesi mümkün olacaktır.

5. Tanklar

Hidrolik sistemin bir parçasını oluşturan tanklara yağ seviye göstergeleri konulacaktır.

İzin verilen en düşük yağ seviyesi izlenecektir. Kaptan köşkünde ve makine mahallinde sesli ve görsel bir alarm verilecektir. Kaptan köşkündeki alarmlar tekil alarmlar olacaktır.

Güç tahrikli hidrolik dümen sistemlerinde, servis tankı dahil en az kontrol sistemlerinden birini doldurmaya yetecek kapasiteye sahip ilave bir sabit depolama tankı konulacaktır.

Bu depolama tankı, dümen makinası bölmesi içindeki bir yerden yeniden doldurulabilecek şekilde kontrol sistemine borularla kalıcı olarak bağlanacaktır.

G. Elektrik Donanımı

1. Sensörler ve Otomasyon

1.1 Sensörler, mümkün olduğunca, tip onaylı dizaynda ve kendinden kontrollü tip olacaktır.

Seviye sensörler, yer aldıkları sistemdeki akışkanın cinsinden bağımsız olarak sinyal vermelidir. Özellikle istenilen durumlar hariç, sadece belirli sıvıların seviyesini gösteren sensörlere izin verilmez. Seviye sensörleri her iki yönde de emniyetli şekilde sinyal vermelidir.

İşletim için önemli olan ve ulaşılamaz alanlara monte edilen sensörler, çiftli sensör olarak dizayn edilecek ve bağımsız olarak fazlalıklı olacaktır. Eğer diğer sensör, farklı fakat doğrudan ilişkili parametreleri ölçüyorsa, bağımsız olarak fazlalıklılık sağlanacaktır. Makul olan sinyallerin kontrolü yapılmalı, olmayanlar alarm vermelidir.

1.2 Alarmlar ve göstergeler Tablo 7B.2'de özetlenmiştir.

Aşağıdaki tabloda, yukarıdaki metinde verilen gerekli sensörler ve alarmlar verilmiştir. Tabloki sensörler ve alarmlar, normalde uygulanan gerekli sensör ve alarmlara ilavedir, **TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107) ve IEC 60092-501'e de bakınız.

1.3 Emniyet sistemleri

Durdurmaya neden olan veya durdurmayı talep eden ya da önemli bir emercensi işlevi gerektiren tüm sinyaller, çalışmadan ve alarm sisteminden bağımsız olarak üretilecek ve aktarılacaktır.

TL Elektrik kuralları (Kısım 105), Bölüm 9,B'deki isteklere benzeşim yoluyla uyulmalıdır.

1.4 Veri aktarımı (sadece pod'lu tahrikler için)

Bilezik ünitesinin onay prosesi içinde, veri aktarım sisteminin kontrolü de dahil edilmelidir.

Özel elektro-manyetik ortamın etkilerine özel olarak dikkat edilecektir.

Sinyaller, bilezik ünitesinin bileşenleri vasıtasıyla aktarılıyorsa, bu bileşenler fazlalıklı olarak yapılacaktır. Sinyal devresindeki bir arıza alarm verecektir.

1.5 Pod'lu tahrikte kritik durumlar oluşursa, bunlar iki kademeli bir alarmla bildirilecektir. Mürettebat sorunu belirleyebilmeli ve gerekli önlemleri alabilmelidir.

2. Diğer İstekler

2.1 Elektrik donanımı ile ilgili diğer istekler için, **TL** Elektrik kuralları (Kısım 105), Bölüm 13'e bakınız.

2.2 Yangın alarmı (sadece pod'lu tahrikler)

Bilezik ünitesi üzerindeki alan ve ulaşılabilir alanlar duman dedektörleri ile teçhiz edilmelidir.

2.3 Ulaşılabilir alanlar

Normalde bakım işlerinde kullanılan ulaşılabilir alanlarda yeterli aydınlatma ve havalandırma sağlanacaktır. Personelin tehlikeye düşmemesi için giriş kilitlenlenmelidir.

H. Testler ve Tecrübeler

1. Kalite Güvencesi ve Muayene Planı

Testler ve gözetim, **TL** tarafından onaylı kalite güvencesi ve muayene planına göre yapılmalıdır.

2. Yapım Sırasındaki Testler ve Gözetim

2.1 Malzeme sertifikasyonu ve bileşenlerin onayı

Önemli bileşenlerin malzemelerinin sertifikasyonu ve bunların muayenesi ve testleri Tablo 7B.3'de özetlenmiştir.

2.2 Sevk ve manevra güç ünitesinin testleri

2.2.1 Güç üniteleri, üreticinin atölyesindeki test mahallinde testlere tabi tutulmalıdır.

Dizel makinalar için Bölüm 3'e bakınız.

Elektrik motorları için **TL** Elektrik kuralları (Kısım 105), Bölüm 14'e bakınız.

2.2.2 Hidrolik pompalar ve motorlar için **TL'**nun Pompaların Dizayn, Yapım ve Testleri için Kuralları benzeşim yoluyla uygulanacaktır. Tahrik gücü 50 kW ve üzerinde ise, testler **TL** sörveyörünün gözetiminde yapılacaktır.

2.3 Basınç ve sızdırmazlık testleri

Basınçlı bileşenler bir basınç testine tabi tutulacaktır.

Test basıncı p_p :

$p_p = 1{,}5 \cdot p_{e,perm}$

$p_{e,perm}$ = İzin verilen maksimum çalışma basıncıdır [bar] = emniyet valfinin açıldığı basınç. Ancak, 200 bar'ın üzerindeki çalışma basınçları için test basıncının p + 100 bar'dan büyük alınmasına gerek yoktur.

Boruların, valflerin ve fitinglerin basınç testleri için **TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107), Bölüm 8'e bakınız.

Sızdırmazlık testleri, ilgili bileşenlere uygulanacaktır (örneğin, pod'lu tahriklerin gondolaları).

2.4 Son muayene ve çalıştırma testi

2.4.1 Tekil bileşenlerin muayenesi ve montajın tamamlanmasından sonra, azimut sevk sistemleri, üretim yerinde son muayeneye ve çalıştırma testine tabi tutulacaktır. Son muayene, kısmi ve tam yükte birkaç saat devam edecek olan çalıştırma testi ile birleştirilecektir. Mümkün olduğunca, diş boşlkları ve diş temas izleri kontrolü yapılacaktır.

2.4.2 Azimut sevk sistemlerinin çalıştırma ve yük testleri için uygun bir test tezgahı yoksa, bu testler liman tecrübeleri veya seyir tecrübeleri sırasında yapılabilir.

2.4.3 Testlerin kapsamının daraltılması için **TL** onayı alınmalıdır.

3. Seyir Tecrübeleri

3.1 Azimut ve pod'lu sevk sistemlerinin seyir tecrübelerinin kapsamı Tablo 7B. 4'de belirtilmiştir.

3.2 Dişlilerin ve kontrol sisteminin hatasız çalışması, düzgün işlev görmesi ve yatak sıcaklıkları, seyir tecrübesinde tüm manevra koşullarında kontrol edilecektir.

3.3 Seyir tecrübesinin tamamlanmasını takiben, dişliler muayene delikleri vasıtasıyla muayene edilecek ve temas izleri kontrol edilecektir. Diş temas izleri, Bölüm 6, Tablo 6.6'da verilen temas alanı yüzdesi ile ilgili referans değerler esas alınarak değerlendirilecektir.

Seyir tecrübesinden sonraki temas izlerinin kontrolünün kapsamı, 2.4.1 ve 2.4.2'de istenilen temas izlerinin kontrolünün uygun sonuçlanması koşuluyla, sörveyörün onayıyla daraltılabilir.

3.4 Seyir tecrübelerin olumlu sonuçlarla tamamlanmasından sonra, pod'lu tahriklerin nihai motor parametreleri ve ilgili tüm diğer verileri pod'lu tahrik posterine damgalanmalıdır. Güç, seyir tecrübesi sonuçları esas alınarak, en yüksek su ve makina dairesi sıcaklığı için hesaplanacaktır. Hesaplama, onay için **TL**'na verilmelidir.

Tablo 7B. 2 Alarmlar ve göstergeler

Tanımlar **L = Düşük** **I = Gösterim** **H = Yüksek** **S = Durdurma** **HH= Çok yüksek** **A = Alarm**	**Sadece pod'lar için uygulanabilir**	**Parametre**	**Bilgi türü**	**Bilgi aktarımı**
Sevk motoru:				
Kapalı havalı sistemli elektromotor (C.4)	X	Nem	I	Gösterge
Kapalı devre soğutma (E.3)	X	Sıcaklık	H	
		Akış	I	
Dişli donanımı:				
Yağlama yağı (C.5.2)		Sıcaklık	H	
		Basınç	L	
Yağlama yağı tankı (C.5.2)		Min + maks seviye	L H	
Şaft donanımı:				
Şaft yatakları (C.6.2)	X	(Aşınma) İvmeler Metal parçacık algılama (yağ örnekleri veya online sensor)	 I I	
		Sıcaklık	H	Alarm, iki kademe
Şaftın yağlanması :				
Fazlalıklı yağlama yağı pompası (C.6.2.3)		Akış	I iki kademede	Gösterge
	X	Aktarım	I	Gösterge
Yağlama yağı (C.6.2.3)		Sıcaklık	H	Alarm
		Min + maks seviye	L + H	L-alarm / H-gösterge
Şaft sızdırmazlığı: (C.6.3)				
Gravite tankı		Min + maks seviye	L + H	Alarm
Sızıntı		Sızıntı	H	Alarm
Emercensi sızdırmazlık düzeni	X	Çalışabilirlik	I	Alarm (arıza olursa)
Şaft hareketi				
Pervane şaftı kilitleme düzeni (C.6.4.1)		Kavrama	I	Gösterge
Güç aktarım kavraması (C.6.4.2)		Kavrama	I	Gösterge

Tablo 7B. 2 Alarmlar ve göstergeler (devam)

Tanımlar **L = Düşük** **I = Gösterim** **H = Yüksek** **S = Durdurma** **HH= Çok yüksek** **A = Alarm**	**Sadece pod'lar için uygulanabilir**	**Parametre**	**Bilgi türü**	**Bilgi aktarımı**
Sintine sistemi: (C.7.2)				
Gondoladaki sıvı	X	Sintine seviyesi	H HH	Alarm, iki kademe
Gondoladaki sıvı	X	Sintine seviyesi izlemesi	L HH	Alarm, S
Motordaki sıvı	X	Sintine seviyesi	H HH	Alarm, iki kademe, S
Dümen donanımı:				
Kontrol bileşenleri (D.7.2)		Arıza	I	Alarm
Dümen açısı sınırlaması (D.7.3)		Arıza	I	Gösterge
Hidrolik sistemler:				
Tanklardaki izin verilen yağ seviyesi (F.5)	X	Seviye	L H	Gösterge
Elektrik sistemleri:				
Ölçüm için fazlalıklı parametrelerin karşılaştırılması (G.1.1)		Makullüğün yitimi	I	Gösterge
Veri aktarımı (G.1.4)		Sinyal hatası	I	Gösterge
Kritik durum (G.1.5)	X	Oluşum	I	Gösterge
Yangın alarmı (G.2.2)	X	Duman algılama	I	Gösterge

Tablo 7B. 3 Bileşenlerin sertifikasyonu ve onayı

Bileşen, montaj grubu (1)	Sertifika (2)		Özel onay testleri
	Malzeme	Bileşen, son	
Dümen donanımı temel levhası	B	B	
Döner yatak	B	A	Ultrasonik test, çalıştırma testi, yatak toleransları
Döndürme motoru planet dişlisi	B	A	Son testler ve muayene
Döndürme dişlisi	A	A	Temas izi, görsel muayene
Hidrolik güç ünitesi - dümen motoru için - CPP için	A	A	Borular ve hortumlar için **TL** Makina Kurallarına (Kısım 4) bakınız. İşlev testi, basınç testi
Hidrolik motor Azimut tahrik	A	A	**TL** Makina Kurallarına (Kısım 4) bakınız. İşlev testi, basınç testi
Azimut motor konvertörü ve güç aktarımı	A	A	**TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 2,C'ye bakınız.
Elektrik motor Azimut tahrik	A	A	**TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 14'e bakınız.
Azimut kilitleme donanımı	B	B	Son muayene ve işlev testi
Konik, kuyu kısımları, itmeyi aktaran ana gövde kısımları	A metal levha	A	Isıl işlem ve kum raspası sonrası son muayene
Elektrik ve hidrolik donanım ile birlikte pod'un konik kısmı		A	**TL** tarafından son muayene**,** FAT
Pod muhafazası (gondola)	Ham döküm: A	A	Görsel muayene, basınç testi, ultrasonik test. İşlemeden sonra yüzey çatlağı algılama testi ve ölçü protokolü
Döner sızdırmazlık elemanı	B	A	Stern tüp sızdırmazlığı gibi
Elektrikli sevk motoru, komple	A	A	Yapım sırasında **TL** gözetimi, muayeneler hakkında üreticinin QA planı esas alınarak anlaşmaya varılacak, **TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 14.B'ye bakınız
Sevk elektrik, aktarım sistemi, kayar bilezik (pod'lu tahrik)	A	A	Yapım sırasında **TL** gözetimi, muayeneler hakkında üreticinin QA planı esas alınarak anlaşmaya varılacak, **TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105), Bölüm 13'e bakınız
Sevk döndürme momentini aktaran dişli kısımları	A	A	Bölüm 6'ya bakınız
Pervane şaftı	A	A	Bölüm 5'e bakınız
Şaft kaplini	A	A	**TL** tarafından montajın gözetimi

Tablo 7 B. 3 Bileşenlerin sertifikasyonu ve onayı (devam)

Bileşen, montaj grubu (1)	Sertifika (2)		Özel onay testleri
	Malzeme	Bileşen, son	
Pervane şaftı kilitleme donanımı	B	B	Üretici Muayene Sertifikası, **TL** tarafından işlev testi
Şaft (rulmanlı) yatağı + muhafaza, vb.	B	B	Üretici Muayene Sertifikası,
Pervane şaftı sızdırmazlığı	B	A	Basınç testi
Pervane, piç kontrollü, sabit piçli monte edilmiş veya monoblok	A	A	Bölüm 7A'ya bakınız
Komple azimut sevk sistemi		A	İşlev ve sızdırmazlık testi
Yardımcı donanım			
Basınçlı kapl	A	A	**TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107), Bölüm 16'ya bakınız.
Emercensi pervane şaftı sızdırmazlık donanımı	B	A	Bölüm 5'e bakınız
Hidrolik borular ve hortumlar	B / A	A	Borular ve hortumlar için **TL** Makina Kurallarına (Kısım 4) bakınız. Basınç testi
Sensörler	Tip onaylı		**TL** tarafından, monte edilmiş durumda fiziksel işlev testi (FAT)
Diğer bileşenler, ilgili **TL** Kurallarında belirtilen ve sörveyörün uygun bulacağı şekilde test ve muayene edilecektir.			

(1) *fiili azimut sevk sistemine uygulanabilen ölçüde*

*A: **TL** Malzeme / Muayene Sertifikası, B: Üretici Malzeme / Muayene Sertifikası*

Tablo 7B.4 Seyir tecrübelerinin kapsamı

Test grubu/test	Detay-testler	Test açıklamaları
1. Döndürme mekanizması	a) Deniz / liman mod'unda açı ölçümü sensörünün testi	
	b) Deniz mod'undan liman mod'una ve tersine aktarım testi	Gemi hızı, rpm, dümen açısı, vb. kontrol edilecektir.
	c) Dümen açısı sınırlama (deniz / liman mod'u) ve ilgili azaltmaların testi	Azaltmalar: güç, rpm
	d) Aşırı, fakat olası manevraların gemiyi tehlikeye düşürüp düşürmediğinin testi	Sınırlamaların doğrulanması veya düzeltilmesi
	e) Dümen tahrik sistemi ve emercensi konumlandırmanın kilitleme testi	
	f) Manevra tahrik arızası testi	Yardımcı tahrik sisteminin, frenin ve aşırı yük kavramasının kontrolü
	g) Döner yatağın aşınma ölçümü	Temel ölçüm olarak
2. Dümen manevraları	**TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107), Bölüm 2,B'ye göre dümen manevraları	SOLAS II-1, Reg. 29 ile de karşılaştırma
3. Çalıştırma testi	Geminin rota tutma yeteneğinin ve hangi hıza kadar aktif olmayan azimut sevk sisteminin geminin rotasına etki ettiğinin kontrolü	
4. Pervane şaftı kilidi		
5. Bir pod'un sevk kaybı		
6. Ani durma	a) SOLAS isteklerine uygunluk testi	
	b) Olumsuz koşullarda test	Elle çalıştırma
	c) Otomasyon prosedürü testi	Sadece uygulanabilen ölçüde
7. Dayanım testi		
8. Motor ters çalıştırma testi		
9. **TL** Kurallarına göre manevra testleri		**TL** Gemilerde Yapılacak Seyir Tecrübeleri ile İlgili Esaslar
10. Lokal kontrol istasyonlarının testi		
11. İşletimsel durum izleme testi	a) Komple seyir tecrübesi sırasında ölçülen ve izlenen veriler kaydedilmelidir.	Güç, yatak sıcaklığı, titreşimler, vb ölçülecektir.
	b) Elektrik akımı kalitesi	**TL** Elektrik Kuralları (Kısım 105)
	c) Yatak titreşimleri diyagramı	Sadece Pod'lu tahrikler

BÖLÜM 8

BURULMA TİTREŞİMLERİ

Sayfa

A. Genel 8-2
1. Kapsam
2. Tanımlar

B. Burulma Titreşimlerinin Hesabı 8-2

C. İzin Verilen Burulma Titreşimi Gerilmeleri 8-3
1. Şaft Donanımı
2. Krank Şaftlar
3. Dişli Donanımı
4. Elastik Kaplinler
5. Şaft Jeneratörleri
6. Bağlı Üniteler

D. Burulma Titreşimi Ölçümleri 8-6

E. Yasaklı Çalışma Sahaları 8-7

F. Yardımcı Makinalar 8-7
2. Jeneratörler
3. Baş Pervane

A. Genel

1. Kapsam

Bu bölümdeki istekler; ana şaft sisteminin bileşenlerine ve önemli donanımlara uygulanır. Bölüm 1, B.5 ile karşılaştırınız.

Buradaki kurallar, içten yanmalı makinalar tarafından tahrik edilen dümen pervane ünitelerine benzeşim yoluyla uygulanabilir. Kurallar, elektrikle tahrik edilen azimut sevk sistemlerine (sabit veya dönebilir) uygulanmaz.

2. Tanımlar

2.1 Bu kurallarda sözü edilen burulma titreşimi gerilmeleri, burulma titreşimlerinin neden olduğu ilave gerilmelerdir. Bunlar, ortalama döndürme momenti üzerine değişken döndürme momentinin yüklenmesi suretiyle oluşur.

2.2 Tesisin devamlı çalışacağı devir aralığı, servis devir aralığıdır. Bu aralık n_{min} (minimum devir) ile 1,05 n_N (nominal devir) aralığını kapsar.

B. Burulma Titreşimlerinin Hesabı

1. Ana şaft sisteminde ve ilgili eklentilerinde öngörülen burulma titreşim gerilmelerine ait titreşim hesapları, kontrol için **TL**'na sunulur. Aşağıdaki bilgiler hesaplarda yer almalıdır:

Giriş verileri:

- Eşdeğer burulma titreşimi sistemi
  tüm sistem için atalet momentleri ve ataletsiz burulma elastisiteleri / katılıkları,

- Ana tahrik makinası,
  Makina tipi, anma gücü, anma devir sayısı, çalışma ilkesi, dizayn (sıralı /V-tip), silindir sayısı, ateşleme sırası, silindir çapı, strok, krank-biyel oranı, bir krank tahrik düzeninin salınan ağırlığı, yüzeysel katsayılar şeklinde makinanın uyarı spektrumu (yeni/ alışılmışın dışındaki makinalar için)

- Titreşim damperleri,
  tip, söndürme katsayı, atalet momentleri, dinamik katılık,

- Elastik kaplinler,
  tip, söndürme katsayısı, atalet momentleri, dinamik katılık,

- Redüksiyon / PTO dişlileri
  Tip, dişli ve pinyonların atalet momentleri, diş başına dişli oranı

- Şaft donanımı
  Krankşaftlar, ara şaftlar, dişli donanımı şaftları, srast şaftları ve pervane şaftları çapları

- Pervaneler
  Tip, çap, kanat sayısı, piç ve açınım alanı oranı, havadaki atalet momenti, hareketli suyun atalet momenti (CP pervaneler için sıfır ve tam piç için)

Çıkış verileri :

- Doğal frekanslar,
  İlgili titreşim biçimleri (modları) ile birlikte

- Zorlanmış titreşim yükleri (döndürme momentleri veya gerilmeler)
  Tüm önemli sistem elemanlarını içine alan ve özellikle kesin belirlenmiş rezonans devir sayıları ve sürekli çalışma sahaları için, hesaplanan burulma döndürme momentleri / kesme gerilmeleri. Sonuçlar, döndürme momentleri / gerilmeler için değerleri (tüm harmoniklerin toplamı) içermelidir.

2. Hesaplar, hem normal çalışma için (tüm silindirlerde üniform basınç dağılımı veya basınç dağılımında küçük sapmalar, örneğin ±%5) ve hem düzensiz ateşlemeler (bir silindirde ateşleme yok, silindirde sıkıştırma sürüyor) için yapılacaktır.

3. Tesis yapısı, farklı çalışma şekillerine müsaade ediyorsa, tüm farklı çalışma şekilleri için burulma titreşim karakteristikleri incelenmelidir (Örneğin; sıfır ve tam piç için kumanda edilebilir piçli pervane tesislerinde, jeneratörlerin tam yüklü ve yüksüz durumlarında ana dişliye entegre edilen veya baş krankşaft ucunda yer alan güç aktarma kutulu

donanımlarda, kavrama ve ayırma için kullanılan kavramalı tesislerde).

4. Sistemin belirlenmesinde önemli olan ve çok sayıda hormaniğin (birleştirici değerler) üst üste binmesinden meydana gelen gerilmeler/döndürme momentleri de, burulma titreşiminin hesabında göz önüne alınmalıdır.

5. Sistem içindeki değişiklikler, burulma titreşim karakteristiklerini önemli ölçüde etkiliyorsa, yeni bir burulma titreşim hesabı yapılır ve bu hesap, onay için sunulur.

6. Bir elektrikli makinadan çıkan ve toplam sistemin burulma titreşim gerilmelerine neden olan periyodik uyarılar (örneğin; statik redresör kontrollü motorlar), burulma titreşim hesabında göz önüne alınır. Elektrik makina üreticisi, burulma titreşimi hesabının yapılabilmesi için uyarı spektrumu vermekle yükümlüdür.

C. İzin Verilen Burulma Titreşimi Gerilmeleri

1. Şaft Donanımı

Şaft donanımının hiç bir kısmında değişken burulma titreşim gerilmeleri, aşağıda belirtilmiş, sürekli çalışmada τ_1 ve geçiş durumlarındaki τ_2 değerlerini aşmamalıdır. Şekil 8.1'de gösterilen τ_1 ve τ_2 sınır değerleri, alışılagelmiş dizayndaki ara şaftlar ve pervane şaftları ile, aşırı zorlandığı kabul edilen yerler için (C_K = 0,55 veya C_K = 0,45 pervane şaftı için ve C_K = 1,0 ve C_K = 0,8 ara şaftlar için) belirtilmiştir. Bu sınırlar, bunların dizaynına ve bulundukları yere bağlıdır ve özel durumlarda, Şekil 8.1'de belirtilen sahalar dışında bulunabilirler. Sınır değerleri, (1)-(4) numaralı denklemler ve Tablo 5.1 yardımıyla hesaplanır.

Devamlı çalışmada izin verilen τ_1 değerlerini aşan devir sayısı sahaları, $n/n_o \le 0{,}8$ sahası içinde müsaade edilebilen τ_2 değerini aşmayacak şekilde hızlı olarak geçilmelidir (devamlı çalışmada yasaklı devir aralıkları).

$$\tau_1 = \pm\ C_W \cdot C_K \cdot C_D \cdot (3 - 2 \cdot \lambda^2) \quad [N/mm^2] \qquad \textbf{(1)}$$

Devir sayısı oranı $\lambda < 0{,}9$ için

$$\tau_1 = \pm\ C_W \cdot C_K \cdot C_D \cdot 1{,}38 \quad [N/mm^2] \qquad \textbf{(2)}$$

$0{,}9 \le \lambda \le 1{,}05$ için;

$$\tau_2 = \pm\ 1{,}7 \cdot 6{,}0 \cdot \tau_1 / \sqrt{C_K \cdot C_W} \quad [N/mm^2] \qquad \textbf{(3a)}$$

Alternatif ve malzeme ile dizayna bağlı olarak, (3a) yerine aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$\tau_2 = \pm 1{,}7 \cdot \tau_1 / \sqrt{C_K} \qquad \textbf{(3b)}$$

d [mm] = Şaft çapı,

λ [-] = Devir sayısı oranı = n/n_o,

n [dak^{-1}] = Devir sayısı,

n_o [dak^{-1}] = Anma devir sayısı,

R_m [N/mm^2] = Şaft malzemesinin çekme mukavemeti,

c_W [-] = Malzeme faktörü.

$$= \frac{R_m + 160}{18} \qquad \textbf{(4)}$$

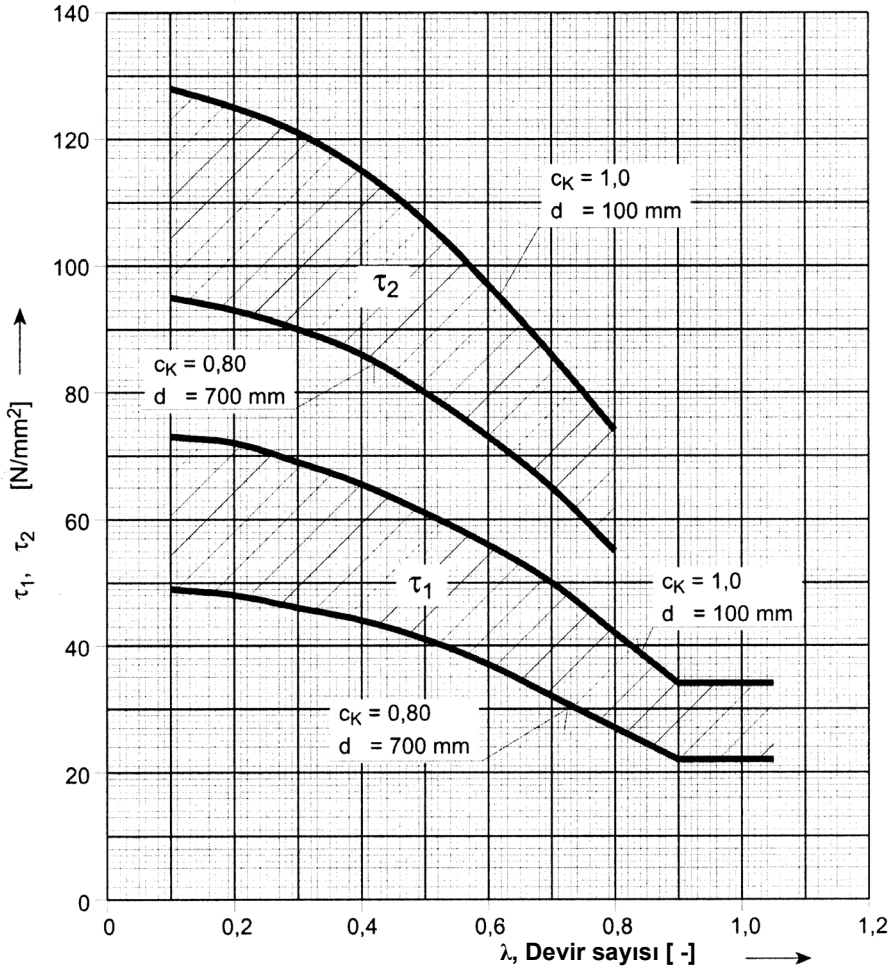
(1), (2), (3a) ve (3b) formüllerinde, hesaplamada kullanılan çekme mukavemeti değeri, aşağıdaki sınırları aşmamalıdır:

R_m = 600 N/mm^2

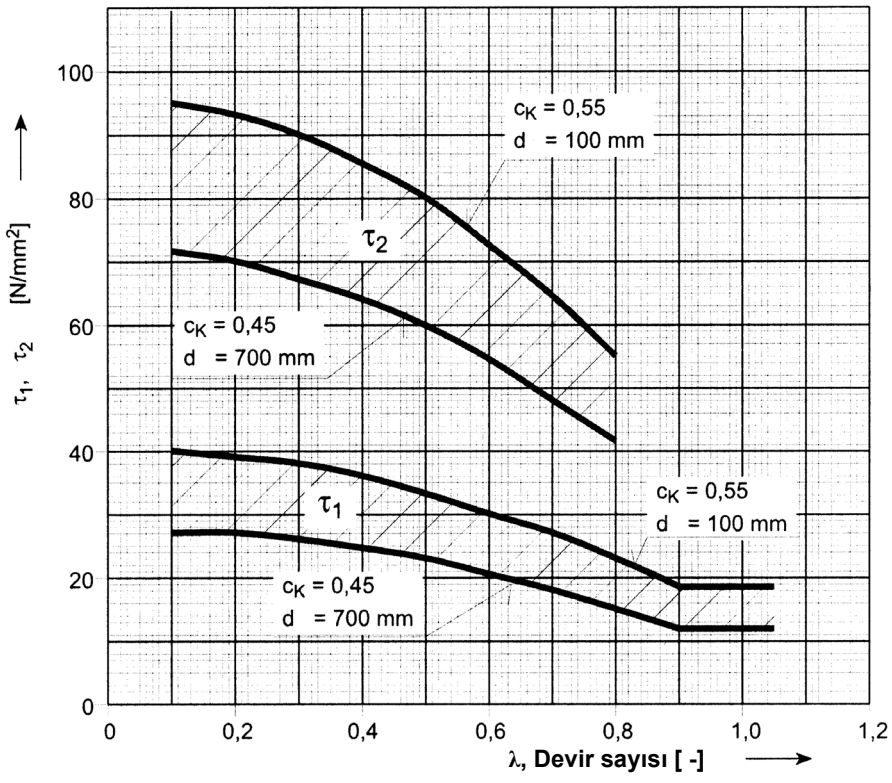
- Genel olarak pervane şaftları için
- Düşük karbon alaşımlı veya karbon manganez dövme çeliklerden yapılan, özellikle ara şaftlar olmak üzere diğer şaftlar için

R_m = 800 N/mm^2.

- Yüksek alaşımlı dövme çeliklerden yapılan pervane şaftları hariç tüm şaftlar için, (3a) formülü sadece bu çelikler ve özel dizayn nitelikleri ile birlikte kullanılmalıdır.



Ara şaftlar



Pervane şaftları

Şekil 8.1 Şaft malzemesinin çekme mukavemeti 450 N/mm^2 olan ve formül 1,2,3'e uygun şaft donanımında müsaade edilebilen burulma titreşimi gerilmeleri

c_D [-] = Büyüklük faktörü,

$0,35 + 0,93 \cdot d^{-0,2}$

c_K [-] = Form faktörü.

Şaft donanımındaki bağlantı elemanlarının dizayn ve tipine bağlı olarak, ara şaftlar ve pervane şaftları için, form faktörü C_K değeri Tablo 5.1'den alınır.

2. Krank Şaftlar

2.1 Krankşaftlar, Bölüm 3, D'ye göre dizayn edilmelidir.

Bu Esasların uygulanması için, makina üreticisi tarafından, krank açısına göre silindirdeki gaz basıncı dağılımı verilecektir. Makina üreticisi ayrıca, krankta, ortalama döndürme momenti ve eğilme nedeniyle oluşan en büyük yük olarak belirtilen maksimum ilave (titreşim) kesme gerilmesinin onayı için başvurabilir. Normalde bu onaylı ilave kesme gerilmesi, krankşafttaki hesaplanan titreşim gerilmelerinin burulma titreşimi modeli vasıtasıyla ilk değerlendirilmesi için uygulanabilir. Genel değerler; orta ve yüksek devirli makinalar için 30 ÷ 90 N/mm^2 olup alınan değerin değerlendirilmesi için **TL**'nun özel doğrulaması gereklidir.

Diğer ayrıntılar için Bölüm 3, C.1'e de bakınız.

2.2 Madde 2.1'de belirtilen şekilde, makinanın krankşaftı için titreşim gerilmelerinin onaylanmış sınırları aşılıyorsa, incelenen durum için daha yüksek bir sınırın tanımlanması için özel değerlendirmeler yapılabilir. Bunun için, ayrıntılı sistem hesapları (kombine aksiyal/burulma modeli) ve **TL** Kuralları, İçten Yanmalı Makinaların Krankşaftlarının Hesaplanması ile İlgili Esaslar" a göre modelden hesaplanan filli verilerin uygulanması gereklidir.

2.3 Krank şaftdaki burulma gerilmelerini azaltmak için yerleştirilen burulma titreşim damperleri, dizel motorlarında kullanım için uygun olmalıdır. **TL,** bunların kanıtlanmasını isteme hakkını saklı tutar, F. ile karşılaştırınız.

Burulma titreşimi damperleri monte edilmiş durumda performans bakımından kontrol edilebilmeli veya muayene için kolaylıkla sökülebilir olmalıdır.

Damperin değişimi, makinanın düzenli servisinin bir parçası olması ve sabit değişim aralığının, makina krankşaftı onayının gereği olması nedeniyle, orta veya yüksek devirli küçük makinalar için, bu istek uygulanmaz.

3. Dişli Donanımı

3.1 Çalışma devir sayısı alanında $0,9 \leq \lambda \leq 1,05$ olması halinde, genelde hiçbir dişli donanımı kademesinde, bu kademenin ortalama anma devir sayısındaki döndürme momentinin %30'undan daha fazla değişken döndürme momentleri oluşmamalıdır. Genel olarak, dişli kademesi tarafından aktarılan maksimum döndürme momenti değeri, inceleme amacıyla ortalama nominal döndürme momenti olarak uygulanmalıdır.

Dişlinin daha yüksek güç için dizayn edilmiş olduğu kanıtlanabiliyorsa, bu takdirde **TL**'nun onayıyla ilgili dişli donanımı kademesinde, dizayn döndürme momentinin %30'u, sınır olarak kabul edilebilir.

3.2 Devreye girme ve çıkma durumlarında, çalışma devir aralığı altındaki rezonans devirlerinden geçişte, dişlideki değişken döndürme momenti, dişlinin dizayn edildiği nominal ortalama döndürme momentinin iki katından fazla olmamalıdır.

3.3 Değişken döndürme momentlerinin oluşturduğu yük değişimine, genelde sadece $\lambda \leq 0,35$'e kadar olan düşük devir sahasından geçişler sırasında, izin verilebilir.

Eğer özel durumlarda, çalışma devir sayısı aralığında dişli çekiçlemesi kaçınılmaz olursa, E.1'e uygun yasaklı bir saha belirlenecektir.

Bu kurallar, yüksüz boşta çalışan dişli donanımı kademeleri için (örneğin; tornistan düzeninin boşta çalışan kademesi, yüksüz şaft jeneratörün boşta çalışan dişlisi) kullanılmaz. Bunlar için, 3.4'deki kurallar kullanılır.

3.4 Dişli donanımı kısımları yüksüz olarak birlikte çalışan tesislerde, yüksüz kısımların sürekli çalışmadaki burulma titreşimi döndürme momenti,

Dişli çekiçlemesi nedeniyle meydana gelen izin verilmeyen gerilmeleri azaltmak için, anma döndürme momentinin %20'sini aşmamalıdır. Bu durum, yalnız dişli donanımı kademeleri için değil, aynı zamanda burulma titreşimiyle özellikle zorlanan kısımlar için de (örneğin; çok diskli kavramalar) geçerlidir. Dişli donanımı sisteminin yüklenmiş kısımları için, 3.1'dekiler de geçerlidir.

Yüksek değişken döndürme momentleri, dişlilerin bu zorlamaları karşılaması için önlemlerin alındığı **TL**'na kanıtlandıktan sonra, onaylanır (3.1'e de bakınız).

4. Elastik Kaplinler

4.1 Elastik kaplinler, geminin çalışması sırasında oluşan burulma titreşim yüklerine dayanacak şekilde dizayn edilir. Burada, B.4'e uygun olarak bir çok titreşim mertebelerinin üst üste eklenmesinden meydana gelen toplam yük göz önüne alınır (Bölüm 6'ya da bakınız).

4.2 Elastik kaplinler, servis devri aralığındaki devamlı çalışmada, B.2'deki normal çalışmadan sapmalar sırasında oluşabilen daha büyük değişken döndürme momentini alabilmelidir.

Anormal çalışma koşullarında, sürekli çalışmaya izin verilmeyen devir sayıları E.2'ye uygun olarak gösterilecektir.

5. Şaft Jeneratörleri

5.1 Ana makinadan doğrudan hareketli şaft jeneratörlü tesislerde, ivmelerin, jeneratörün her kısmında, üretici tarafından belirtilmiş değerlerin üzerine çıkmaması sağlanmalıdır.

Önemli ölçüt, teğetsel ivmedir. Bu teğetsel ivme, açısal ivme ile etkin yarıçapın çarpımına eşittir. Açısal ivme, zorlanmış burulma titreşim hesaplarıyla belirlenir ve tüm önemli mertebelerin toplamı olarak anlaşılır. Buna rağmen, rezonansın tesbit edildiği noktalar için, bunun yerine, tek tek harmonik titreşim değerleri, değerlendirmede esas alınır.

5.2 Şaft jeneratörlerinin açısal titreşim genliği, genelde $\pm$ 5° elektriksel değerleri aşmamalıdır. Elektriksel titreşim genliği, mekanik titreşim genliği ile kutup çifti sayısının çarpımıyla bulunur. Yüksek değerler, **TL** tarafından, gemideki elektrik sisteminin yapısına bağlı olarak, kabul edilebilir.

6. Bağlı Üniteler

6.1 Ana sevk sistemine, güç itibariyle veya şekil itibariyle bağlı olan diğer üniteler de (örneğin; güç türbinleri veya kompresörler), burulma titreşimleri yüklerinin belirlenmesinde göz önüne alınır. Bu ünitelere ait dinamik zorlamaların değerlendirilmesinde, 1'de sözü edilen faktörlere ek olarak, ilgili üreticinin koyduğu sınır değerleri de, göz önüne alınmalıdır. Bu sınırların aşılması halinde, ya ilgili ünite devreden ayrılır veya E.1'deki yasaklı çalışma sahası tanımlanır. Bu ünitelerden birinin devreden ayrılması ile, genel olarak, şaft donanımı için τ_2 sınırının ve elastik kaplin için maksimum momentin ve diğer bileşenler için benzeri düşük çevrim kriterlerinin aşılması nedeniyle, ana sistem önemli aşırı zorlamalarla karşılaşmamalıdır.

6.2 Özel kritik durumlarda, hasarlı çalışma (devreden ayrılmış ünite) için yapılan zorlanmış burulma titreşim hesapları, B.1'e uygun olarak, **TL**'na sunulur. Böyle durumlarda, hasarlı çalışma için de, **TL**, ölçme tekniğine uygun bir kanıt isteme hakkını saklı tutar (D'ye bakınız).

D. Burulma Titreşimi Ölçümleri

1. Geminin seyir tecrübesinde, sevk sistemi burulma titreşimi ölçümleri, tüm çalışma sahası içinde yapılır. Ölçümler normal ve hatalı ateşleme durumlarını kapsayacaktır. Hatalı ateşlemeler için E.1'den yasaklı devir sayısı aralığı olarak belirtilen devir sayısı aralığı, bu aralığın güvenilir ve onaylı hesaplamalarla "yasaklı" olarak kesin bir şekilde belirlenmiş olması nedeniyle ölçümlerle araştırılmamalıdır.

Nominal döndürme momenti 40 kNm'yi aşan tüm tesisler için ölçüm yapılması, kural olarak **TL** isteğidir. Bu koşula uymayan diğer tesisler için de

hesap sonuçlarına bağlı olarak, **TL'**nun ölçüm yapılmasını isteme hakkı saklıdır. Ölçüm isteği, burulma titreşimi hesaplarının onay yazısında tersane/makina sağlayıcısına bildirilir.

Benzer sevk sistemlerinin (özellikle kardeş gemilerde) ölçümleri varsa, **TL**'nun uygun görmesiyle ölçümler tekrarlanmayabilir. Ölçüm sonuçlarının, hesaplarla yeterince uyumlu olmaması halinde, **TL** ayrıntılı araştırmaların yapılmasını veya revize ve edilmiş hesaplama modelinin yeniden onaylanmasını isteyebilir.

2. Mevcut sevk sisteminin değişmesi durumunda, burulma titreşim karakterisitiklerinin yeniden kanıtlanmasını isteme hakkını **TL** saklı tutar.

E. Yasaklı Çalışma Sahaları

1. Burulma titreşim gerilmelerinin büyüklüğü nedeniyle, sürekli çalışmayıp, sadece geçiş yapılabilen sahalar, yasaklanmış çalışma sahaları olarak gösterilir. Kumanda yerinde, bu bölgeler takometre üzerinde kırmızı renkle markalanır veya uygun şekilde belirlenir.

Normal çalışmada $\lambda \geq 0{,}8$ hız sahası, yasaklanmış çalışma sahası dışında bırakılmalıdır.

Yasaklanmış sahanın belirlenmesinde, seyir ve manevra çalışmalarının aşırı şekilde sınırlandırılmamasına, dikkat edilmelidir. Yasaklı devir sayısı / sayılarının aralığı / aralıklarının genişliği, takometrelerin ve devir ayar düzenlerinin hata payları için yeterli toleransları dikkate alarak, şafttaki gerilmeler devamlı çalışmadaki izin verilen τ_1 sınırını geçmeyecek şekilde seçilecektir. Varsa, dişli donanımlı tesislerdeki yasaklı devir sayısı aralıkları, genelde dişli kademeleri ve elastik kaplinlerle ilgilidir ve bu bileşenler için izin verilen devamlı titreşim döndürme momentleri veya güç kayıpları esas alınarak, benzer şekilde hesaplanacaktır (C.4 ve C.5'in ilgili maddelerine bakınız).

2. Normal çalışma şartlarından sapmalarda, sevk sisteminin aşırı yüklenmesinden kaçınılması için, gerekli önlemleri içeren uyarıcı levhalar, bütün makina kontrol istasyonlarına konulur.

F. Yardımcı Makinalar

1. Önemli yardımcı makinaların (örneğin; dizel jeneratörler, baş pervaneler ve içten yanmalı makinalarla tahrik edilen diğer üniteler) çalışma devir sayılarına ait sahalar, aşırı burulma titreşim gerilmelerinden uzak olacak şekilde, Bölüm C'ye uygun olarak dizayn edilir.

2. Jeneratörler

2.1 Jeneratör seti, alternatör, şaftlar, kaplin ve damper için izin verilen sınırlarla uyumlu burulma titreşim seviyelerini gösterecektir.

2.2 Jeneratör seti için kaplin seçiminde, sistemin burulma titreşimi tarafından uygulanan gerilmeleri ve torkları dikkate alınacaktır.
Gücü 110 kW'dan büyük olan dizel jeneratör grupları için, burulma titreşim hesapları onay için **TL**'na verilecektir. İncelemelerde, doğal frekanslar ve zorlanmış titreşim hesapları da yer alacaktır. Tam yükte (nominal güçte) nominal devrin %90 ÷ %105'i aralığındaki devir sayıları incelenmelidir.

2.3 Rijid olarak bağlı jeneratörler (elastik kaplinsiz), jeneratör şaftının çıkış tarafındaki titreşim tork'u, jeneratör grubunun nominal döndürme momentinin %250'sini aşmamalıdır. Bu kurallar kapsamında, nominal döndürme momenti dizel makinasının fiili verileri uygulanarak hesaplanan döndürme momenti anlamındadır (nominal güç / nominal devir).

Nominal devrin %90 ÷ %105 aralığındaki %250 sınır değeri, kanıtlanacaktır. Bu devir aralığındaki hesaplar, yukarıda belirtilen nominal döndürme momentine karşılık gelen güç kullanılarak yapılmalıdır.

Jeneratör üreticisinin, jeneratörü daha yüksek dinamik döndürme momentine uygun olarak dizayn etmesi koşuluyla, özel durumlarda %250 sınırının aşılması değerlendirilebilir. Ancak bu durumda, yukarıda belirtilen fiili nominal döndürme momentinin en çok %300 aşılmasına izin verilir.

3. Baş Pervane

3.1 Gücü 150 kW'ın üstünde olan dizel tahrikli baş pervaneler ve diğer önemli yardımcı makinaların doğal ve zorlanmış burulma titreşim hesapları onay için **TL**'na verilecektir. Burulma titreşimi hesaplarında, grubun fiili yük profili esas alınmalıdır.

3.2 Elektrik tahrikli baş pervaneler ve diğer önemli yardımcı makinalar için üretici, ilgili tahrik kuvvetlerinin (pervane kanat frekansı) aşırı burulma titreşimi yükleri oluşmasına neden olmadığına dikkat etmelidir. Özel hallerde, **TL** ilgili hesapların verilmesini isteyebilir.

BÖLÜM 9

BUZ KLASLI GEMİLER İÇİN MAKİNA DONANIMI

Sayfa

A. Genel 9-2

1. ICE-B Ek Klas İşareti
2. Buzda Seyirle İlgili Diğer Koşullar için Önlemler

B. ICE-B Ek Klas İşareti İle İlgili İstekler..... 9-2

1. Gerekli Sevk Gücü
2. Pervane şaftları, ara şaftlar, itme şaftları
3. Sıkı geçmeli birleştirmeler
4. Pervaneler
5. Dişliler
6. Deniz Sandıkları ve Boşaltma Valfleri
7. Dümen Makinası
8. Elektrikle Pervane Tahriki

A. Genel

1. ICE-B Ek Klas İşareti

B.'deki kuralların sağlanması koşuluyla, nehir ağızlarında ve kıyı bölgelerindeki sürüklenen buzlu sularda seyir yapabilmek için makina donanımı takviye edilmiş olan askeri gemilere **ICE-B** ek klas işareti verilir.

2. Buzda Seyirle İlgili Diğer Koşullar için Önlemler

2.1 **ICE-B1, ICE-B2, ICE-B3** ve **ICE-B4** buz klasları ile ilgili kurallar, Fin-İsveç buz klaslari IC, IB, IA ve IA Super ile ilgili kurallara eşdeğer olup **TL** Makina Kuralları, Kısım 4, Bölüm 13'de verilmiştir.

2.2 Cilt C, Kısım 33, **TL** Kutup Sınıfı Gemilerin Yapımı ile İlgili Esaslar'da belirtilen isteklere uyulması şartıyla, kutup sınıfı gemilere **PC1** ÷ **PC7** ek klas işareti verilebilir.

2.3 Buzda çalışma için gerekli olan özel güverte ve makine donanımı ile ilgili ilave istekler **TL** Kuralları Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler (Kısım 107). Bölüm 19'da verilmiştir. Bu isteklere uygun olan gemilere **ICEOPS** ek klas işareti verilbelir.

2.4 Madde 1 ve 2.1÷2.3'de belirtilen koşullardan farklı olarak, buzda seyirle ilgili önlemler hakkında her durumda ayrı ayrı olmak üzere **TL** ile anlaşmaya varılabilir.

B. ICE-B Ek Klas İşareti İle İlgili İstekler

1. Gerekli Sevk Gücü

Bölüm 3, A.3'e göre ana makinaların nominal gücü; söz konusu buz ek klası koşulları ve devamlı servis için gerekli olan sevk tesisi güç ihtiyacını karşılayacak şekilde olmalıdır.

2. Pervane şaftları, ara şaftlar, itme şaftları

2.1 Genel

Bölüm 5, C.3'deki formül ve faktörlerle birlikte, formül (1)'e göre yapılması gerekli olan pervane şaft takviyeleri, pervane koniğinin ön ucundan veya pervane şaftı kıç kaplin flencinden itibaren minimum 2,5 · d eksenel mesafeye kadar kıç stern tüp yatağı veya şaft braketi yatağı alanına uygulanır.

Pervane şaftının stern tüpü terk ettiği noktaya kadar olan bitişik kısmının çapı, buz klası için formül (2)'ye göre elde edilen takviye faktörü %15 azaltılarak dizayn edilebilir.

Pervane şaftının, stern tüpün baş tarafında yer alan kısmı, ara şaft olarak kabul edilebilir. Ara şaftın ve itme şaftının takviye edilmesine gerek yoktur.

2.2 Takviyeler

$$d_E = C_{EW} \cdot d \qquad \textbf{(1)}$$

d_E [mm] = Pervane şaftının arttırılmış çapı,

d [mm] = Bölüm 5, C.3'e göre şaft çapı,

C_{EW} [-] = Buz klası takviye faktörü,

$$C_{EW} = c \cdot \sqrt[3]{1 + \frac{85 \cdot m}{P_W^{0,6} \cdot n_2^{0,2}}} \geq 1,0 \qquad \textbf{(2)}$$

P_W [kW] = Ana makina gücü,

n_2 [dak^{-1}] = Pervane şaftı devir sayısı (devir/dak.),

m [-] = Buz klası faktörü,

= 8

c [-] = 0,7 dişli donanımdaki sıkı geçmeler için,

= 0,71 sabit piçli pervanelere ait pervane şaftları için,

= 0,78 kumanda edilebilir piçli pervanelerin şaftları için,

Eğer pervane bir nozul içinde çalışıyorsa, c değeri %10 azaltılabilir.

3. Sıkı geçmeli birleştirmeler

Şaft sistemi ve dişli kutularındaki sıkı geçme bağlantıların dizaynında gerekli olan yüzey basıncı p_E [N/mm^2] (3) formülüne göre hesaplanır:

$$p_E = \frac{\sqrt{\theta^2 \cdot T^2 + f \cdot (c_A^2 \cdot c_e^6 \cdot Q^2 + T^2)} - \theta \cdot T}{A \cdot f} \quad \textbf{(3)}$$

Pervane itmesi, konikteki yüzey basıncını arttırıyorsa T pozitif değer olarak alınacaktır. Performans ve itme genelde düşük olduğundan, eksenel kuvvetin yön değişimi ihmal edilebilir. .

Eksenel kuvvet, konikteki yüzey basıncını düşürüyorsa, T negatif değer olarak alınacaktır, örneğin çekici pervaneler.

$f = (\mu_0 / S) - \theta^2$ **(4)**

c_A [-] = Bölüm 5'e bakınız.

c_e [-] = $0{,}89 \cdot C_{EW} \geq 1{,}0$ **(5)**

C_{EW} [-] = 2.2'ye göre hesaplanacaktır. Kaplin için bağlı şaft ucunun yüksek değeri alınacaktır.

Diğer semboller için Bölüm 5, D.4'e bakınız.

4. Pervaneler

4.1 Genel

ICE-B buz klasına sahip gemilerin pervaneleri, Bölüm 7A.'da verilmiş olan dökme bakır alaşımından veya dökme çelik alaşımından üretilmelidir.

4.2 Takviyeler

4.2.1 Kanat kesitleri

$t_E = C_{EP} \cdot t$ **(6)**

t [mm] = Bölüm 7A, C.2'ye göre kanat kesit kalınlığı,

t_E [mm] = Kanat kesitinin arttırılmış kalınlığı,

= t ; $C_{EP} \leq C_{din}$ ise

= $\frac{C_{EP}}{C_{din}} \cdot t$; $C_{EP} > C_{din}$ ise

C_{EP} [-] = Buz klası takviye faktörü,

$$C_{EP} = f \cdot \sqrt{1 + \frac{21 \cdot z \cdot m}{P_w^{0,6} \cdot n_2^{0,2}}} \geq 1{,}0 \quad \textbf{(7)}$$

f= 0,62 dolu pervaneler için,

f= 0,72 kumanda edilebilir pervaneler için,

Nozullu pervanelerde f değeri % 15 azaltılabilir.

z [-] = Kanat sayısı,

C_{din} [-] = Bölüm 7A, formül (3)'e göre dinamik faktör,

m, P_W, n_2 için, 2.2'ye bakınız.

4.2.2 Kanat uçları

$$t_{1,0E} = \sqrt{\frac{500}{C_W}} \cdot (0{,}002 \cdot D + t') \quad \textbf{(8)}$$

$t_{1,0E}$ [mm] = Takviye edilmiş kanat ucu,

t' [mm] = Kalınlık arttırılması,

= 10, buz klası **ICE-B** için

D [mm] = Pervane çapı,

C_w [N/mm^2] = Bölüm 7A, C.1 Tablo 7A.1'e göre malzeme faktörü.

Nozullu pervanelerde, kanat ucu kalınlığı % 15 azaltılabilir.

4.2.3 Pervane önder ve takip kenarları

Kanat ucu kalınlığı $t_{1,0E}$ olmak üzere, kanat kenarından $1,25 \cdot t_{1,0E}$ uzaklıkta ölçülen, sabit kanatlı pervanelerin önder ve takip kenarları kalınlıkları ve kumanda edilebilir piçli pervanelerin önder kenarı kalınlığı**, ICE-B** buz klası için en az $t_{0,1E}$'nin %35'ine eşit olmalıdır.

Nozullu pervanelerde, önder ve takip kenarlarındaki takviyelerde, formül (8)'e göre azaltılmamış uç kalınlığı esas alınmalıdır.

4.2.4 Kanat aşınması

Eğer çalışpma sırasında, kanat ucundaki fiili kalınlık 4.2.1 ve 4.2.2'den elde edilen değerlerin, kanat ucunda % 50'nin ve diğer yarıçaplarda % 90'ın altına düşerse, gerekli önlemler alınmalıdır. 4.2.1 ve 4.2.2'ye göre buz klası takviye faktörü ilave aşınma toleransından dolayı arttırılmayacaktır.

Not:

Eğer pervane önemli derecede aşınmaya maruzsa (örneğin, gelgit zeminindeki aşınma etkileri), elde edilen kalınlık yeterli ömür elde edilmesi bakımından arttırılmalıdır.

4.2.5 Pervanenin montajı

Eğer pervane, pervane şaftına basınçlı yağ yöntemine göre sıkı geçmeli olarak monte ediliyorsa, ortalama koniklik çapındaki gerekli yüzey basıncı p_E [N/mm^2], formül (9)'a göre belirlenir:

$$p_E = \frac{\sqrt{\theta^2 \cdot T^2 + f \cdot (c_A^2 \cdot c_e^6 \cdot Q^2 + T^2)} \pm \theta \cdot T}{A \cdot f} \qquad \textbf{(9)}$$

Pervane itmesi, konikteki yüzey basıncını arttırıyorsa T pozitif değer olarak alınacaktır. Performans ve itme genelde düşük olduğundan, eksenel kuvvetin yön değişimi ihmal edilebilir. .

Pervane itmesi, konikteki yüzey basıncını düşürüyorsa, T negatif değer olarak alınacaktır, örneğin çekici pervaneler.

$$f = (\mu_0 / S) - \theta^2 \qquad \textbf{(10)}$$

c_e [-] = Formül (5)'e göre buz klası takviye faktörü,

Diğer semboller, Bölüm 7A, C.1.'e göredir.

Flençli pervanelerde, ayar piminin gerekli d_{sE} çapı formül (11)'e göre hesaplanır:

$$d_{sE} = C_{EW}^{1,5} \cdot d_s \qquad \textbf{(11)}$$

d_{sE} [mm] = Ayar piminin takviye edilmiş diş dibi çapı,

d_s [mm] = Bölüm 5, D.4.3'e göre pervane ayar piminin çapı,

C_{EW} [-] = Formül (2)'ye göre buz klası takviye faktörü.

5. Dişliler

ICE-B buz klaslı gemilerin ana sevk tesisindeki dişliler takviye edilmeyecektir.

6. Deniz Sandıkları ve Boşaltma Valfleri

Deniz sandıkları ve boşaltma valfleri, Kısım 107, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 8'e göre dizayn edilecektir.

7. Dümen Makinası

Dümen makinası bileşenlerinin boyutsal dizaynında, Kısım 102, Tekne Yapısı ve Donanımı, Bölüm 12.'de belirtilen dümen rotu çapı göz önüne alınmalıdır.

8. Elektrikle Pervane Tahriki

Elektrikle pervane tahrik sistemi kullanılıyorsa, Kısım 105, Elektrik, Bölüm 13.'deki koşullar sağlanmalıdır.

BÖLÜM 10

YEDEK PARÇALAR

Sayfa

A. Genel 10-2

B. Yedek Parçaların Kapsamı..... 10-2

1. İçten Yanmalı Makinalar
2. Gaz Türbinleri
3. Dişliler ve İtme Yatakları
4. Önemli Servislere ait Hava Kompresörleri
5. Pompalar
6. Hidrolik Sistemler
7. Diğer Yedek Parçalar

A. Genel

1. Seyir sırasındaki hasarlanma olayında makinanın çalışmasının ve geminin seyir kabiliyetinin sürdürülebilmesi için; ana tahrik donanımı ve önemli donanım (Bölüm 1, B.5'e bakınız) ile ilgili yedek parçalar, gerekli takımlarla birlikte gemide bulundurulacaktır.

Geminin teslimi aşamasında, fiilen gemide yer alan sistemler ve bileşenler dikkate alınarak, yedek parçaların kapsamı aşağıdaki tablolarda verilenlere uygunsa buradaki isteklerin karşılandığı kabul edilir.

2. Makina tesisinin dizaynı ve yerleşimine, geminin amaçlanan servis ve çalışmasına ve üreticinin önerilerine bağlı olarak, yedek parçaların kapsamı hakkında Askeri Otorite ile **TL** arasında anlaşmaya varılabilir.

Yedek parçaların kapsamının Askeri Otorite ile **TL** arasında özel anlaşmaya bağlı olarak belirlendiği hallerde, teknik dokümanlar sağlanacaktır.

İlgili yedek parçaların bir listesi gemide bulundurulacaktır.

3. Aşağıdaki tablolarda yer almayan sevk sistemleri ve önemli donanımlar için, yedek parçaların kapsamı, her durumda ayrı ayrı olmak üzere; Askeri Otorite, tersane ve **TL** arasında belirlenecektir.

4. Gemide bulundurulması önerilen yedek parçaların değerlendirilmesi, risk değerlendirmesi yoluyla belirlenebilir ve Askeri Otorite ile Türk Loydu tarafından onaylanmalıdır. Ayrıntılar için, Bölüm B, Bölüm 4, Makineler, Bölüm 17'ye bakınız

B. Yedek Parçaların Kapsamı

Yedek parçaların kapsamı, aşağıdaki tablolara uygun olmalıdır.

A= Sınırsız sefer bölgesi ve **Y**
B= Diğer sefer bölgeleri

Açıklamalar:

Yakın sefer – Y

Bu sefer bölgesi, genelde kıyı boyunca yapılan seferler için en yakın sığınma limanına ve kıyıya olan uzaklığı, 200 deniz mili ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca Kuzey Denizi ile, Akdeniz, Karadeniz, Hazar Denizi gibi kapalı denizlerle, benzer deniz şartlarının oluştuğu diğer denizlerin de tüm bölgelerinde sefer yapılabilir.

2.3.2.2 Kıyı seferi - K50/K20

Bu sefer bölgesi, genelde kıyı boyunca yapılan seferler için en yakın sığınma limanına ve kıyıya olan uzaklığı, sırasıyla 50/20 deniz mili ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca Baltık Denizi, Marmara Denizi gibi kapalı denizlerde ve benzer deniz şartlarının oluştuğu körfezlerde sefer yapılabilir.

2.3.2.3 Kıyı seferi - K6

Bu sefer bölgesi, kıyı boyunca yapılan seferler için en yakın sığınma limanına ve kıyıya olan uzaklığı, 6 deniz mili ile sınırlandırılmış gemilere verilir. Bu sefer bölgesi, sığ sular, koylar, körfezler, haliçler, veya ağır deniz koşullarının oluşmadığı benzer sularla sınırlandırılmıştır.

1. İçten Yanmalı Makinalar

İçten yanmalı makinalara (Bölüm 3.'e bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.1 ÷ 10.3'de verilmiştir.

2. Gaz Türbinleri

Gaz türbinlerine (Bölüm 4A'ya bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.4'de verilmiştir.

3. Dişliler ve İtme Yatakları

Dişliler ve srast yataklarına (Bölüm 6.'ya bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.5'de verilmiştir.

4. Önemli Servislere ait Hava Kompresörleri

Hava kompresörlerine (**TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 6,12 ve 18'e bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.6'da verilmiştir.

5. Pompalar

Pompalara (**TL** Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 8'e bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.7'de verilmiştir.

6. Hidrolik Sistemler

Hidrolik sistemlere (TL Kuralları, Gemi İşletim Tesisleri ve Yardımcı Sistemler, Bölüm 14'e bakınız) ait yedek parçaların kapsamı Tablo 10.8'de verilmiştir

7. Diğer Yedek Parçalar

Ana ve yardımcı makinalara ait diğer yedek parçaların kapsamı Tablo 10.9'da verilmiştir.

Tablo 10.1 Ana makina için yedek parçalar (1), (4), (5)

Yedek parça kapsamı		A	B
Ana yataklar	Ana yataklar veya yatak şelleri, her tip ve büyüklükte, şimleri, cıvataları ve somunları ile birlikte komple	1	
Ana srast bloğu (gömme)	Michell tipi srast bloğunun "ileri" yüzüne ait pedler veya komple "white" metal baskı çemberi	1 Takım 1	1 Takım 1
Konnektin rot yatakları	Krank pin yatakları veya yatak şelleri, her tip ve büyüklük için, şimleri, cıvataları ve somunları ile birlikte, bir silindir için	1 Takım	-
	Trank piston tipi; Gacın pin burç/yatak şelleri ve emniyet halkaları ile birlikte, bir silindir için komple	1 Takım	-
Silindir layneri	Silindir layneri, contalarıyla birlikte, tam donanımlı ve montaja hazır halde, komple	1	-
Silindir kaveri	Silindir kaveri, contalarıyla birlikte, tam donanımlı ve montaja hazır halde, komple	1	-
	Silindir kaveri, tam teçhizatlı montaja hazır, gasketi dahil,	¼ Takım	-
Valfler	Egzost valfleri, bir silindir için tam teçhizatlı ve montaja hazır	1 Takım	1 Takım
	Emme valfleri, bir silindir için tam teçhizatlı ve montaja hazır	1 Takım	1 Takım
	İlk hareket valfi, tam teçhizatlı ve montaja hazır	1	1
	Aşırı basınç kontrol valfı, komple	1	1
	Yakıt püskürtme valfları, her tip ve büyüklük için, ilgili teçhizatıyla birlikte komple, bir makina için **(2)**	1 Takım	¼ Takım
Hidrolik valf hareket mekanizması	Yüksek basınç borusu/hortumu, her tip ve büyüklük için	1	-
Piston - Trank piston tipi	Pistonun her tipi için, segmanlar, gacın pin, konnektin rot, saplamalar ve somunlarla birlikte komple	1	-
Segmanlar	Piston segmanları, bir silindir için	1 Takım	-
Piston soğutması	Teleskopik veya mafsallı, soğutma boruları ve fitingleri, bir silindir için	1 Takım	-
Silindir yağlayıcıları	Yedek parçaların kapsamı, yağlayıcı dizaynına göre belirlenecek ve onaya tabi olacaktır	1	-
Yakıt püskürtme pompaları	Yakıt püskürtme pompası, komple veya seyirde değiştirme pratik olarak mümkünse, hareketli kısımların komple seti, bir pompa için (plencerler, bilezikler, valflar, yaylar, vs.) veya yüksek basınçlı yakıt pompası	1	-
Yakıt püskürtme yüksek basınç boruları	Yakıt püskürtme yüksek basınç boruları, her tip ve büyüklük için komple, bağlantı elemanlarıyla birlikte	1	-
Dolgu havası sistemi (3)	Yedek körükler, tahrik sistemi dahil komple	1	-
	Egzost gazı türboşarjerleri; Rotorlar, yataklar ile birlikte komple nozul ringleri ve bağlı yağlama yağı pompası	1 Takım	-
	Emici ve basıcı valfler, her tip bir pompa veya bir silindir için	1 Takım	-
Contalar ve salmastralar	Silindir kaveri ve layneri için özel contalar ve salmastralar, bir silindir için	-	1 Takım
Egzost gazı sistemi	Her tipte kompensatör	1	-

(1) *Birden fazla makinalı tesislerde, yedek parça sadece bir makina için önerilir.*

(2) **a)** *Silindir başına bir veya iki yakıt püskürtme valfine sahip makinalar : Komple bir takım yakıt valfi*

b) *Silindir başına ikiden daha fazla sayıda yakıt püskürtme valfine sahip makinalar : Her silindir için 2 adet komple valf, keza bunlara ait yeterli sayıda valf parçaları (valf gövdesi hariç), sökülen valflerin çalışabilir kısımlarını tekrar kullanmak üzere komple yedek parçalar.*

(3) *Arıza durumunda ana makinanın emercensi çalıştırılmasının mümkün olduğu açıkça görülüyorsa, egzost gaz türboşarjeri ve yardımcı körük için yedek parçalardan vazgeçilebilir.*

(4) *Tavsiye edilen yedek parçaların tespiti için gerekli alet ve teçhizatın gemide bulundurulması tavsiye edilir.*

(5) *Kullanılan yedek parçaların yerine yenisi konulmalıdır.*

Tablo 10.2 Önemli hizmetlerde kullanılan elektrik jeneratörlerini çalıştıran makinalar için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı		A
Ana yataklar	Yataklar veya şeller, her tip ve büyüklük için şimleri, cıvataları ve somunları ile, komple	1
Valfler	Egzost valfleri, kovanları, valf sitleri, yayları ve diğer teçhizatıyla birlikte komple, bir silindir için	2 Takım
	Emme valfleri, kovanları, valf sitleri, yaylar ve diğer teçhizatıyla birlikte komple, bir silindir için	1 Takım
	İlk hareket valfi, kovanı, siti, yayları ve teçhizatıyla birlikte komple	1
	Aşırı basınç kontrol valfi, komple	1
	Yakıt püskürtme valfleri, her tip ve büyüklük için, tüm teçhizatıyla birlikte komple, bir makina için	¼ Takım
Konnektin rot yatakları	Krank pin yatakları veya yatak şelleri, her tip ve büyüklük için, teçhizatı ile birlikte, komple	1
	Gacın pin, burcu ile birlikte, bir silindir için	1
Segmanlar	Segmanlar, bir silindir için	1 Takım
Yakıt püskürtme pompaları	Yakıt püskürtme pompası, komple veya seyirde değiştirilebilen, hareketli kısımların komple seti, bir pompa için (salmastralar, valfler, yaylar v.s.) veya eşdeğeri yüksek basınçlı yakıt pompası	1
Yakıt püskürtme boruları	Her tip ve büyüklük için yakıt yüksek basınç boruları, komple, bağlantı elemanlarıyla birlikte	1
Contalar ve salmastralar	Silindir kaveri ve silindir layneri için her tip ve büyüklükte özel contalar ve salmastralar, bir silindir için	1 Takım
Kontrol, alarm ve emniyet sistemi	Makinanın emniyetli çalışması için önemli parçalar	1 takım

1. *Jeneratör set sayısı (standby dahil), kurallarda öngörülenden fazla ise, bu durumda yardımcı makinalar için yedek parça önerilmez.*
2. *Jeneratörü çalıştırmak üzere aynı tipte birçok makina tertiplenmişse, yalnız bir makina için yedek parça önerilir.*
3. *Emercensi jeneratörleri çalıştıran makinalar için yedek parça önerilmez.*

Tablo 10.3 Jeneratörler hariç, önemli amaçlar için kullanılan yardımcıları harekete geçiren makinalar için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı
Önemli amaçlar için kullanılan yardımcıları harekete geçiren makinalar için gerekli yedek parçaların kapsamı Tablo 10.2 uygun olarak belirlenir.
Not: *Aynı kullanım amaçlı ek bir ünite var ise, bu takdirde yedek parça önerilmez.*

Tablo 10.4 Gaz türbinleri için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı
Birincil ana sevk sistemi için: her gaz turbini için, çok deneyimli olmayan mürettebat tarafından gemide değiştirilebilen, aşınma ve yıpranmaya maruz parçaların komple takımı.
Ikincil sevk sistemi için: **TL** tarafından yedek parça öngörülmez. Gerekirse, üretici tarafından tanımlanacaktır.
Yardımcıların tahriki için: iki gaz turbini için, çok deneyimli olmayan mürettebat tarafından gemide değiştirilebilen, aşınma ve yıpranmaya maruz parçaların bir takımı.

Tablo 10.5 Ana sevk sistemindeki dişliler ve srast yatakları için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı	A	B
Makinadan hareketli dişli yağlama yağı pompasının kullanmadan dolayı değiştirilecek parçaları veya standby yağlama yağı pompası bulunmuyorsa, komple bir yağlama yağı pompası	1 Takım 1	-
Srast yataklarının baş kısmı için oynak pedler	1 Takım	1 Takım

Tablo 10.6 Önemli servislere ait hava kompresörleri için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı	A	B
Bir piston için her tip ve boyutta segmanlar	1 takım	1 takım
Bir ünitede her boyutta komple emme ve basma valfleri	½ takım	½ takım

Tablo 10.7 Pompalar için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı		A	B
Pistonlu pompalar	Valfleri, sitleri ve yayları ile birlikte, mevcut her boyut için	1 takım	1 takım
	Bir piston için, her tip ve boyutta segmanlar	1 takım	1 takım
Santrifüj pompalar	Her tip ve boyutta yataklar	1	1
	Her tip ve boyutta şaft salmastraları	1	1
Dişli ve vidalı pompalar	Her tip ve boyutta yataklar	1	1
	Her tip ve boyutta şaft salmastraları	1	1
Not *Bir sistemde yeterli kapasitede bir standby pompa varsa, bu durumda yedek parçalardan vazgeçilebilir.*			

Tablo 10.8 Hidrolik sistemler için yedek parçalar

Yedek parça kapsamı	A	B
Her boyuttan en az bir adet basınçlı hortumlar ve esnek borular	%20	%20
Sızdırmazlık elemanları, contalar	1 takım	1 takım
Not *Yukarıda belirtilen sızdırmazlık elemanlar, sadece gemi olanakları ile yapılabilecek değişim durumlarında uygulanır.* *Bir hidrolik system birbirinden bağımsız iki ayrı kısımdan oluşuyorsa, bu durumda sadece bir kısım için yedek parça sağlanacaktır.*		

Tablo 10.9 Diğer yedek parçalar

Yedek parça kapsamı	A	B
Basınçlı kaplar için, her tipte emniyet valfi veya valf yayı ile birlikte valf koniği	1	1
Hortumlar ve genleşme parçaları	%20	%20
Yakıt püskürtme valflerinin testi için gerekli teçhizat	1	1
Not: *Gemide onarım ve bakım işlerinin yapılabilmesi için, makina tesisinin büyüklüğüne göre yeterli sayıda uygun ve özel aletlerin bulundurulması gereklidir.*		