MAKİNA ELEMANLARI

Çözümlü Problemler

Doç.Dr. Tezcan ŞEKERCİOĞLU

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü

© Bu kitabın her hakkı saklıdır ve yayın hakları "**BİRSEN BASIM, YAYIN, DAĞITIM TİC. ve SANAYİ LİMİTED ŞİRKETİ**'ne" aittir. Bu kitabın tamamı veya herhangi bir bölümü yayınevinin yazılı izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı dahi olsa kullanılamaz. **TEKSİR, FOTOKOPİ veya başka bir teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarlarda, dizgi makinalarında işlenebilecek bir ortama aktarılamaz.**

Aksi davranışta bulunanlar 5846 sayılı yasanın 7.6.1995 tarihli değiştirilen 4110 No.lu kanunda belirtilen maddelerce Yazarın ve Yayınevinin maddi ve manevi zararını kabul etmiş olurlar. Bu konunun mercii makam'ı T.C. İstanbul Mahkemeleri'dir.

Bu ktap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır. Okuyucularımızın bandrolü olmayan kitaplar hakkında yayınevimize bilgi vermesini ve bandrolsüz yayınları satın almamasını diliyoruz.

Basıldığı Yer ve Tarih	: İstanbul - 2013
Kod No	: Y. 0029
ISBN	: 978-975-511-602-0
Sertifika No	: 22782
Kitabın Adı	: MAKİNA ELEMANLARI ÇÖZÜMLÜ PROBLEMLER
Kitabın Yazarı	: Doç. Dr. Tezcan ŞEKERCİOĞLU
Yayımcının Adı	: Birsen Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
Yayımcının Adresi	: Cağaloğlu Yokuşu Evren Çarşısı No: 17/9 Cağaloğlu – İstanbul Tel: (0212) 527 85 78 – 522 08 29 Faks: (0212) 527 08 95 email: info@birsenyayinevi.com http: www.birsenyayinevi.com
Basımcı	: **Eren Oset**
Basımcının Adresi	: 2. Matbaacılar sitesi 1/ND-21 Topkapı /İST
Matbaacı Sertifka No	: 22782

ÖNSÖZ

Tasarımı yapılacak bir makinanın ödevinin kesin olarak saptanması, uygulanacak temel prensiplerin belirlenmesi, bu prensipleri yerine getirecek elemanların seçimi, mukavemet hesaplarının yapılması, boyutlandırılması, şekillendirilmesi, seçilen elemanların montaj ve imalat resimlerinin çizilmesi işlemlerinin hepsi makina tasarımının aşamalarını oluşturur.

Makina tasarımında, Makina Elemanları dersi önemli bir yer tutmaktadır. İlk üç yılda alınan Teknik Resim, Statik, Dinamik, Malzeme, Mukavemet ve Isı Transferi gibi derslerde elde edilen alt yapı ve Makina Elemanları dersi kapsamında kazanılan bilgiler ışığında, makina tasarımları gerçekleştirilmektedir.

Makina Elemanları kitabında çözümlü problemlere yer verilmemiştir. İlk kitapta anlatılan konuların sayısal uygulaması ve pekiştirilmesi amacıyla böyle bir çözümlü problem kitabının hazırlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Problem çözümlerinde, güncel standart ve katalog değerleri, genel kabul gören simge ve indisler kullanılmaya çalışılmıştır. İçerik 190 adet soru ve cevabından oluşmaktadır. Çözümlü örneklerin, gerçek hayatta ve sanayide karşılaşılabilecek ve uygulanabilecek örnekler olmasına özen gösterilmiştir.

Dişli kutuları, temel makina elemanlarının birçoğunu içermektedir. Bu nedenle ilk kitapta incelenen konulara ek olarak hazırlanan redüktör projeleri bölümünde, helis-düz, konik-helis ve sonsuz vida olmak üzere üç adet proje bulunmaktadır. Bu projelerde, mil, kama, rulman, dişli çark vb. elemanların detaylı hesap yöntemleri, şekillendirme teknikleri ve teknik resimlerinin çizimi uygulamalı olarak verilmiştir.

Problem çözümlerindeki şekiller AutoCAD ortamında çizilmiştir. Resimlerin çizilmesi ve metnin yazılması işlemlerinde büyük katkısı olan asistanım Araş.Gör. Murat Özenç'e, lisans öğrencilerime ve kitabın basımını gerçekleştiren Birsen Yayınevi'ne çok teşekkür ederim. Kavram ve yazım hatalarının tarafıma bildirilmesinden memnuniyet duyarım. Kitabın öğrencilere, ilgili mühendislere ve teknik elemanlara faydalı olmasını dilerim.

Eylül 2013, Denizli

Doç.Dr. Tezcan ŞEKERCİOĞLU
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü
Kınıklı Kampüsü / DENİZLİ
e-posta: tsekerci@pau.edu.tr

İÇİNDEKİLER

Bölüm	Adı	Sayfa
1	Giriş	1
2	Boyut ve Yüzey Durumları	5
3	Mukavemet Hesapları ve Malzeme Seçimi	10
4	Kaynak Bağlantıları	26
5	Lehim ve Yapıştırma Bağlantıları	45
6	Perçin Bağlantıları	49
7	Perno ve Pim Bağlantıları	60
8	Mil - Göbek Bağlantıları	68
9	Cıvata Bağlantıları	79
10	Yaylar	100
11	Aks ve Miller	105
12	Yuvarlanmalı Yataklar	123
13	Kaymalı Yataklar	135
14	Sızdırmazlık Elemanları	144
15	Kaplinler	147
16	Güç ve Hareket İletim Elemanları	152
17	Dişli Çark Mekanizmaları	155
18	Kayış - Kasnak Mekanizmaları	207
19	Zincir Mekanizmaları	220
20	Kademesiz Hız Ayar Mekanizmaları	229
21	Redüktör Projeleri	232
	21.1 İki Kademeli Redüktör (Helis - Düz)	235
	21.2 İki Kademeli Redüktör (Konik - Helis)	271
	21.3 Sonsuz Vida Redüktörü	297
	Kaynaklar	308
	Ekler	310

BÖLÜM 1: GİRİŞ

PROBLEM 1.1

Makina ve makina elemanını tanımlayınız.

ÇÖZÜM:

Makina: Enerji üretebilen, dönüştürebilen, iletebilen veya enerji kullanarak yararlı iş yapabilen teknik sistemlere makina denir.

Makina Elemanı: Çevremizde görmüş olduğumuz her makina, çeşitli makina elemanlarının bir araya getirilmesiyle oluşmuştur. Bu elemanlar veya mekanizmalar vasıtasıyla istenilen fonksiyon yerine getirilmektedir. Makinayı oluşturan her bir elemanın ayrı ayrı işlevi vardır. Çeşitli makinalarda işlev ve görevleri benzer olan, ortak özelliklere sahip, aynı ilke ve prensiplere göre tasarlanan elemanlar bir makine elemanı grubunu oluştururlar. Örnek: Cıvatalar, yuvarlanmalı yataklar vb.

PROBLEM 1.2

Makina elemanlarını sınıflandırınız.

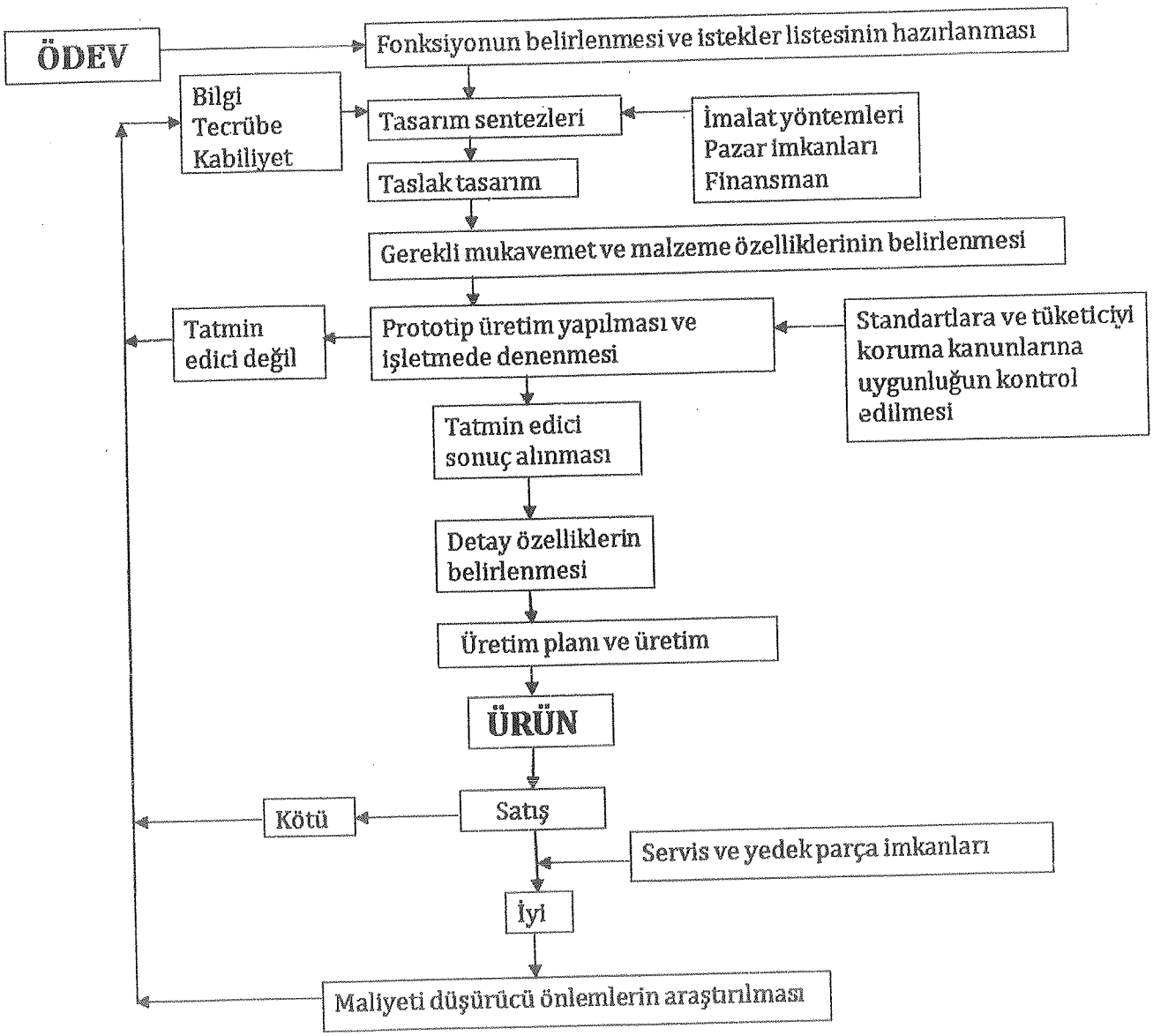
ÇÖZÜM:

MAKİNA ELEMANLARI				
Bağlama Elemanları	Destek Elemanları	İrtibat Elemanları	Hareket İleten Elemanlar	Diğer Elemanlar
Kaynak Lehim Yapıştırma Perçin Cıvata - somun Mil - göbek • Kama • Pim - perno • Konik bilezik çifti • Konik geçme • Sıkı geçme • Sıkma geçme • Gergi diskleri ve gergi kovanları	Mil Aks Yatak • Yuvarlanmalı • Kaymalı Lineer kızak	Kaplin Kavrama Fren	Mil Hareket cıvatası Dişli Kayış - kasnak Zincir Kademesiz hız ayar mekanizmaları (varyatörler)	Yay Emniyet sacı Segman Pul Piston - silindir Krank - biyel Volan Hidrolik ve pnömatik devre elemanları Açma - kapama armatürleri (vana vb.) Halat Makara Teker

PROBLEM 1.3

Makina tasarımının aşamalarını akış diyagramı üzerinde gösteriniz.

ÇÖZÜM:



PROBLEM 1.4

Makina tasarımındaki temel ilkeler nelerdir, açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Bir makina tasarımı yapılırken;

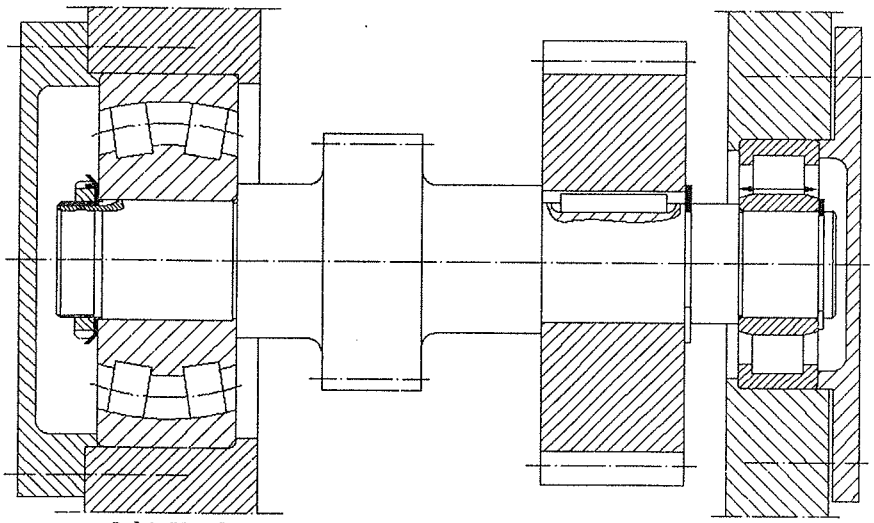
Fonksiyona uygunluk, standartlara ve normlara uygunluk, yükleme şekline uygunluk, uygun malzeme, genleşmeye uygunluk, imal usullerine uygunluk, korozyona karşı uygunluk, uygun maliyet, montaja ve demontaja uygunluk, taşımaya (transport) uygunluk, emniyet, estetik ve ergonomiye uygunluk ilkeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

PROBLEM 1.5

Makina tasarımı yapılırken, genleşmenin dikkate alındığı bir örnek veriniz.

ÇÖZÜM:

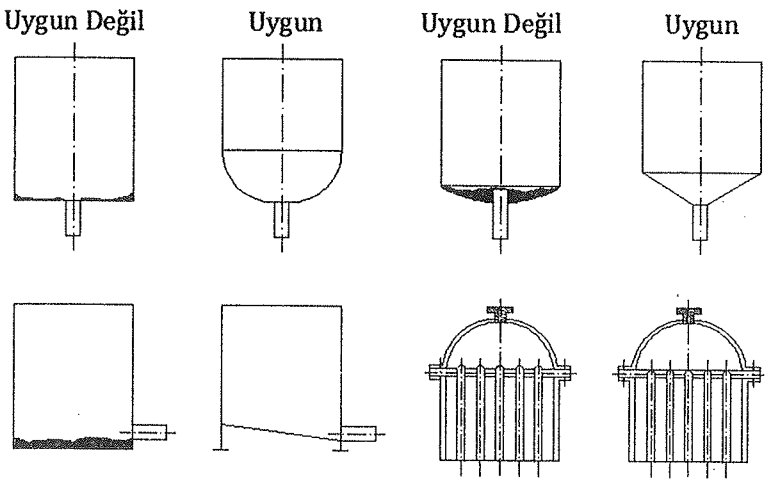
Şekilde verilen redüktör ara milinin yataklanmasında, bir adet oynak makaralı ve bir adet NU tipi silindirik makaralı rulman kullanılmıştır. Çalışma anında milde meydana gelecek uzamaları karşılayabilmek için, silindirik makaralı rulman serbest yatak olarak görev yapmaktadır. Oynak makaralı rulman ise dört tarafından tespit edilerek, sabit yatak olarak kullanılmıştır.



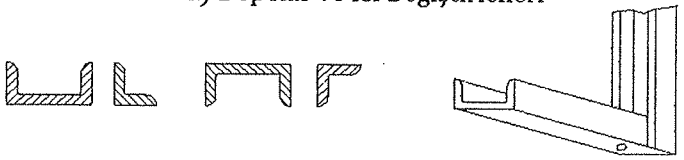
PROBLEM 1.6

Makina tasarımı yapılırken, korozyonun dikkate alındığı örnekler veriniz.

ÇÖZÜM:



a) Depolar ve Isı Değiştiricileri



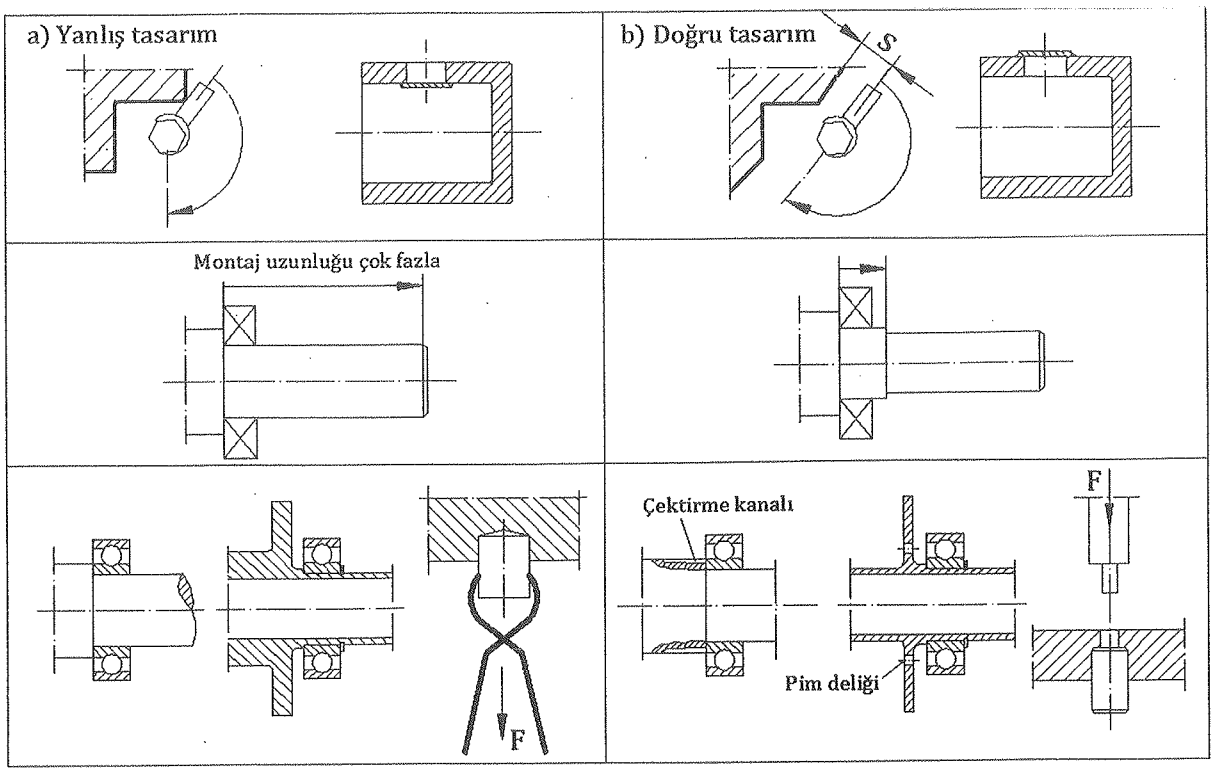
b) Yağışa açık profiller

c) U profiline boşaltma deliği açılması

PROBLEM 1.7

Makina tasarımı yapılırken, montaj ve demontajın dikkate alındığı örnekler veriniz.

ÇÖZÜM:

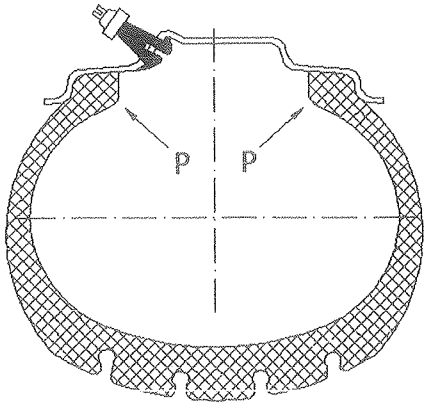


PROBLEM 1.8

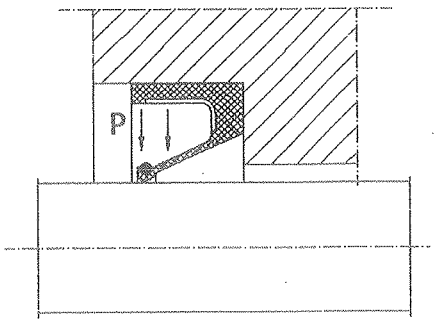
Makina tasarımında "kendi kendine yardım prensibi" nedir, örnekler vererek açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Kendi kendine yardım prensibi, tasarım anında makina elemanının zorlanmasını azaltacak ve elemanın hasara uğramamasını sağlayacak şekilde konstrüktif önlemler almaktır. Örnek olarak, araç tekeri için verilen ilk şekilde hava basıncı arttıkça teker janta daha da yapışarak sızdırmazlığı arttırmaktadır. Radyal sızdırmazlık elemanı uygulamasında ise p basıncı esnek dudağı mile doğru iterek, sızdırmazlığa katkıda bulunmaktadır.



Araç tekerinde sızdırmazlık



Radyal sızdırmazlık elemanı

BÖLÜM 2: BOYUT VE YÜZEY DURUMLARI

PROBLEM 2.1

Boyut toleranslarında kullanılan rakamlar ve harfler ne anlam ifade eder, açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Rakamlar, toleransın kalitesini yani tolerans alanının büyüklüğünü ifade eder. ISO tolerans sistemine göre, IT01, IT0, IT1 ..... IT18 olmak üzere toplam 20 adet tolerans kalitesi (IT) vardır. 01-4 kalite, ölçü aletleri ve mastar imalatında; 5-12 kalite, genel makinacılıkta (ince taşlama H5, ince tornalama H7, delme H9, derin çekme H12 vb.) ve 13-18 kalite ise pres, ekstrüzyon ve kum kalıba döküm işlemlerinde kullanılır. Rakamlar büyüdükçe toleransın kalitesi azalır, buna paralel olarak toleransın gerçekleştirilebilirliği daha kolay olur ve yatırım-işçilik maliyetleri düşer. Örnek: Çap 25 mm için; H6 (+13, 0) ve H12 (+210, 0) bulunur. Kalite değeri arttıkça tolerans alanı artar ve kaba imalat işlemlerinde kullanılır.

Harfler ise kalitelerin önüne gelir. a ile z arasında toplam 28 adet harf ve harf grubu vardır. Harfler, sıfır çizgisine olan uzaklığı ifade eder. Delikler her zaman büyük harfle, miller ise her zaman küçük harfle gösterilir.

PROBLEM 2.2

Nominal çapı Ø40 mm olan bir mil için h6 ve s6 tolerans değerlerini çizelgeden bulunuz.

ÇÖZÜM:

Çizelge 2.6'dan Ø40 mm için; h6 (0; - 16) ve s6 (+59; +43) bulunur.

h6 için EKÖ=39,984 mm, EBÖ=40,000 mm, T=16 μm

s6 için EKÖ=40,043 mm, EBÖ=40,059 mm, T=16 μm

PROBLEM 2.3

Nominal çapı Ø90 mm olan bir delik için H7, P5, D10 ve S7 tolerans değerlerini çizelgeden bulunuz.

ÇÖZÜM:

Çizelge 2.6, 2.8 ve 2.9'dan Ø90 mm için; H7 (+35; 0), P5 (-30; -52), D10 (+260; +120) ve S7 (-58; -93) bulunur.

H7 için EKÖ=90,000 mm, EBÖ=90,035 mm, T=35 μm

P5 için EKÖ=89,948 mm, EBÖ=89,970 mm, T=22 μm

D10 için EKÖ=90,120 mm, EBÖ=90,260 mm, T=140 μm

S7 için EKÖ=89,907 mm, EBÖ= 89,942 mm, T=35 μm

PROBLEM 2.4

Nominal çapı Ø40 mm olan H7/r6 geçmesi için minimum ve maksimum sıkılıkları bulunuz.

ÇÖZÜM:

Çizelge 2.6'dan H7 (+25; 0) ve r6 (+50; +34) bulunur.

H7 için EKÖ=40,000 mm, EBÖ=40,025 mm, T=25 µm

r6 için EKÖ=40,034 mm, EBÖ=40,050 mm, T=16 µm

Minimum sıkılık=9 µm; Maksimum sıkılık=50 µm

PROBLEM 2.5

Nominal çapı Ø80 mm olan H7/g6 geçmesi için maksimum ve minimum boşlukları bulunuz.

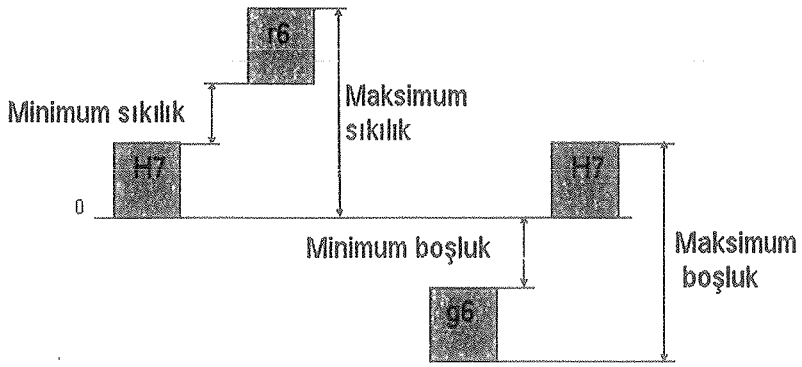
ÇÖZÜM:

Çizelge 2.6'dan H7 (+30; 0) ve g6 (-10; -29)

H7 için EKÖ=80,000 mm, EBÖ=80,030 mm, T=30 µm

g6 için EKÖ=79,971 mm, EBÖ=79,990 mm, T=19 µm

Minimum boşluk: 10 µm; Maksimum boşluk: 59 µm



PROBLEM 2.6

∅175 h12 toleransının en büyük ve en küçük ölçüsünü bulunuz.

ÇÖZÜM:

∅175 h12 mil toleransıdır. h12, Cilt I'deki mevcut tolerans çizelgelerinden bulunamaz. h toleransı sıfır çizgisi ile çakışık olduğu için;

EBÖ=175,000 mm (h, sıfır çizgisi ile çakışık)

EKÖ için Çizelge 2.5'den 120-180 mm çap aralığı ve 12. Kalite için alt sınır 400 µm okunur.

EKÖ=175,000–0,400=174,600 mm bulunur.

PROBLEM 2.7

∅40H7/g6, H7/t6, H7/s6, H7/j6, T7/h6 ve M7/h6 geçmelerinden hangisi ile en fazla döndürme momenti iletilir, nedenini açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Moment iletilebilmesi için geçmenin sıkı olması gerekir. Verilen geçmelerden, H7/t6, T7/h6 ve H7/s6 sıkı geçmedir. Aynı çap değerinde, (t) harfi nominal çizgiye (s) den daha uzak olduğu için sıkılık değeri daha büyüktür. H7/t6'nın birim delik sisteminde, T7/h6'nın ise birim mil sisteminde olması sıkılık değerlerini değiştirmez, dolayısı ile her iki geçmede aynı moment değerini iletir.

PROBLEM 2.8

Sıkı geçme bağlantılarında, minimum sıkılık ve maksimum sıkılık değerleri ne ifade eder, hangi hesaplamalarda kullanılırlar.

ÇÖZÜM:

Minimum sıkılık, bağlantıda meydana gelen minimum yüzey basıncını oluşturarak, en az ne kadar güç-döndürme momenti iletilebileceğini belirler. Maksimum sıkılık da ise oluşan yüzey basıncı ile göbeğin hasar görüp görmeyeceğini kontrol edilir.

PROBLEM 2.9

Aşağıdaki çizelgeyi doldurunuz.

Geçme	Sistemi	Geçme Türü	Açıklama
H12/g11			
P7/h6			
S19/h18			
H7/E6			
H7/k6			
S8/m7			
h6/g5			
H8/r4			
M7/h6			
H7/h6			
I7/h6			
H7/js6			

ÇÖZÜM:

Geçme	Sistemi	Geçme Türü	Açıklama
H12/g11	BDS	Boşluklu	---
P7/h6	BMS	Sıkı	---
S19/h18	---	---	18. kaliteden büyük olamaz
H7/E6	---	---	Her ikisi de büyük harf olamaz
H7/k6	BDS	Ara	---
S8/m7	---	---	H ya da h olmadığı için sistem oluşturmaz.
h6/g5	---	---	Her ikisi de küçük harf olamaz
H8/r4	BDS	Sıkı	Teorik olarak mümkündür. Ancak iki kalite arasındaki fark çok büyük olduğu için uygulamada bir anlam ifade etmez.
M7/h6	BMS	Ara	---
H7/h6	BDS/BMS	Boşluklu	---
I7/h6	---	---	ISO tarafından belirlenen 28 adet harf içerisinde (I) harfi bulunmadığı için, bu geçme oluşmaz.
H7/js6	BDS	Ara	---

PROBLEM 2.10

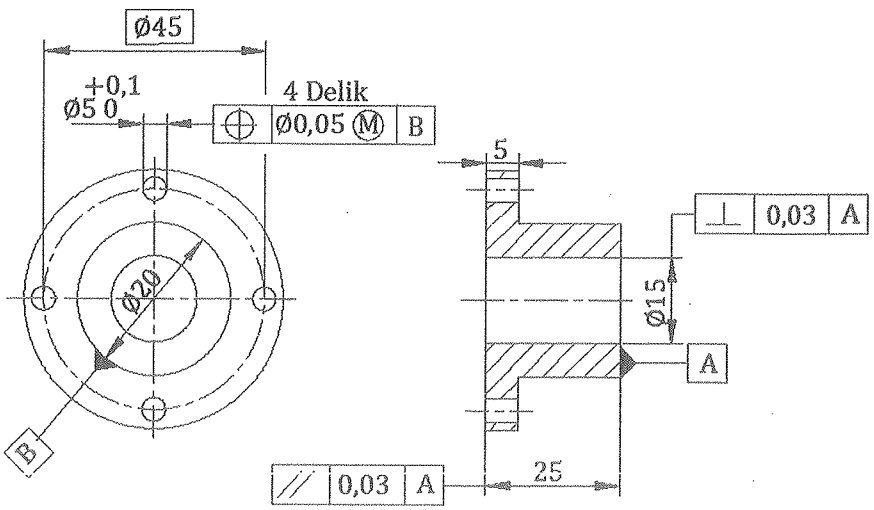
Aşağıdaki geometrik toleransları uygun bir resim (tek parça) üzerinde gösteriniz.

//	0,03	A

⊥	0,03	A

⌖	ϕ0,05 Ⓜ	B

ÇÖZÜM:



PROBLEM 2.11

TS148/3'e göre düz kasnaklar standartlaştırılmıştır. Dış çap olarak ....., 200, 224, 250, 280, 315, 355, ... gibi ölçüler standarda dahil edilmiştir. Standartta niçin 325 ölçüsü değil de 315 ölçüsü kullanılmıştır, açıklayınız.

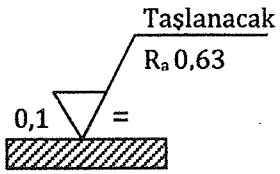
ÇÖZÜM:

İlgili standartta verilen kasnak çapları, R20 norm serisinden bulunan değerlere göre belirlenmiştir. R20 serisi , $\sqrt[10]{20}$ =1,12'in katlarının yuvarlatılması ile elde edilir. İlk sayı normal olarak 1 alınır. İkinci sayı olarak eşitlikten bulunan 1,12 alınır. Bundan sonraki sayıların her biri 1,12 ile çarpılarak, serideki diğer sayıların hepsi bulunmuş olur. Aşağıda verilen serideki rakamlar, 10, 100, 1000, ... ile çarpılarak istenilen boyutlar elde edilir.

R20 serisi; 1; 1,12; 1,25; 1,40; 1,60; 1,80; 2,00; 2,24; 2,50; 2,80; **3,15**; 3,55; 4,00; 4,50; 5,00; 5,60; 6,30; 7,10; 8,00; 9,00; 10,0.

PROBLEM 2.12

Yüzey işleme işareti üzerinde verilen değerleri açıklayınız.



ÇÖZÜM:

İşaretin konulduğu yüzeyden, taşlama yöntemiyle 0,1 mm talaş kaldırılacaktır. Talaş kaldırma izlerinin yönü, yüzeyin iz düşüm düzlemine paralel olacaktır. Yüzey pürüzlülük sınır değeri ise R_a 0,63 μm olacaktır.

PROBLEM 2.13

Yüzey işleme kalitesi ile tolerans arasında nasıl bir ilişki vardır, açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Bir yüzey için seçilen tolerans ve yüzey kalitesi arasında uyum olmalıdır. Tolerans kalitesi yüksek olacaksa yüzey pürüzlülüğü düşük olmalıdır. Uygulamada genel makinacılık için yaklaşık olarak;

$R_z \leq 0{,}5 \cdot T$ eşitliği kullanılabilir.

T: Tolerans aralığı (T=EBÖ-EKÖ)

Bu konu hakkında daha detaylı bilgi Cilt I Çizelge 2.18'den alınabilir.

BÖLÜM 3: MUKAVEMET HESAPLARI VE MALZEME SEÇİMİ

PROBLEM 3.1

Tek eksenli normal ve kayma gerilmelerine maruz kalan bir elemanda, Maksimum Kayma Gerilmesi Hipotezine (Tresca) göre eşdeğer gerilmeyi veren, $\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$ eşitliğini elde ediniz.

ÇÖZÜM:

$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$ ifadesinin elde edilmesi:

Tresca'ya göre;

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{R_e}{2}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2}$$

$$\sigma_{min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2} \quad \text{ve} \quad \sigma_y = 0 \text{ için,}$$

$$\left[\frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2}\right] - \left[\frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2}\right] = R_e$$

$$2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + {\tau_{xy}}^2} = R_e$$

$$\frac{{\sigma_x}^2}{4} + {\tau_{xy}}^2 = \frac{{R_e}^2}{4}$$

$R_e = \sqrt{{\sigma_x}^2 + 4 \cdot {\tau_{xy}}^2}$, $\sigma_x = \sigma$ ve $\tau_{xy} = \tau$ alınarak,

$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$ elde edilir.

PROBLEM 3.2

Tek eksenli normal ve kayma gerilmelerine maruz kalan bir elemanda, Maksimum Şekil Değiştirme Enerjisi Hipotezine (von Mises) göre eşdeğer gerilmeyi veren, $\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$ eşitliğini elde ediniz.

ÇÖZÜM:

von Mises'e göre;

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \left[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6 \cdot (\tau_{xy}{}^2 + \tau_{xz}{}^2 + \tau_{yz}{}^2) \right]^{1/2} = R_e$$

$$\sigma_y = \sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$$

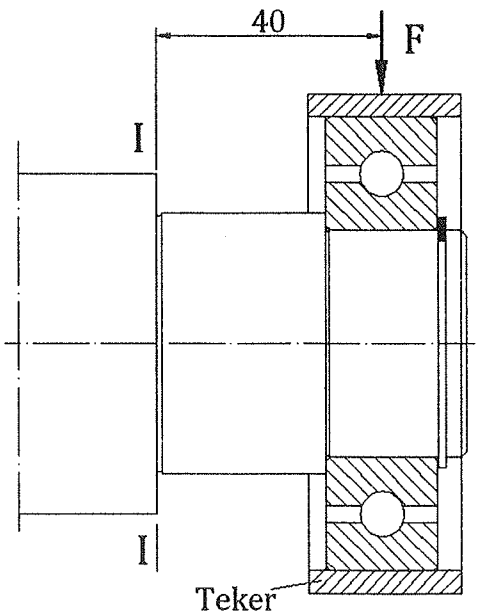
$$\sigma_x{}^2 + \sigma_x{}^2 + 6 \cdot \tau_{xy}{}^2 = 2 \cdot R_e{}^2$$

$$\sigma_x{}^2 + 3 \cdot \tau_{xy}{}^2 = R_e{}^2$$

$$R_e = \sqrt{\sigma_x{}^2 + 3 \cdot \tau_{xy}{}^2} \quad \rightarrow \quad \sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \text{elde edilir.}$$

PROBLEM 3.3

Şekilde dört tekerlekli vagonun tekerleklerinden birisinin sabit aks yataklaması verilmiştir. Vagon 10 ton yük taşımaktadır. Malzeme olarak E335 çeliği kullanılmıştır. d=40 mm ve S=2 alınacaktır.



a) I-I kesitine gelen eşdeğer gerilmeyi bulunuz.

b) Çapın mukavemet kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

a) Aks sabit olup üzerinde kesme ve eğilme gerilmeleri vardır.

Bir tekere gelen yük $= (10 \cdot 10^3 \cdot 10)/4 = 25000$ N

$$\tau_k = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 25000}{\pi \cdot 40^2} = 19{,}9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{32 \cdot 25000 \cdot 40}{\pi \cdot 40^3} = 159{,}2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{159{,}2^2 + 3 \cdot 19{,}9^2} = 162{,}8 \text{ N/mm}^2$$

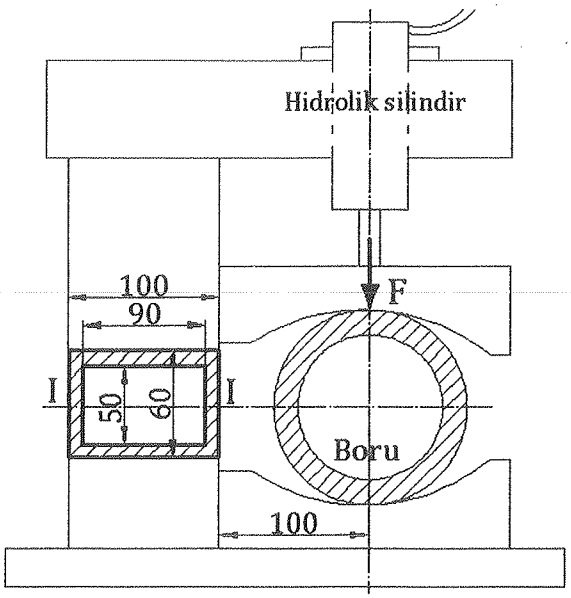
b) E335 $\rightarrow$ $R_e = 335\ N/mm^2$

$$\sigma_{em} = \frac{R_e}{S} = \frac{335}{2} = 167{,}5\ N/mm^2$$

$\sigma_{em} > \sigma_{eş} \rightarrow 167{,}5 > 162{,}8$ olduğu için verilen çap yeterlidir.

PROBLEM 3.4

Şekilde hidrolik boru bükme makinası verilmiştir. Hidrolik silindir, boru üzerine 1,5 ton yük uygulamaktadır. Gövde 100x60 dikdörtgen profilden imal edilmiş olup malzemesi S235JR dir. I-I kesitini kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

$$M_e = F \cdot l$$

$$M_e = 15000 \cdot \left(100 + \frac{100}{2}\right)$$

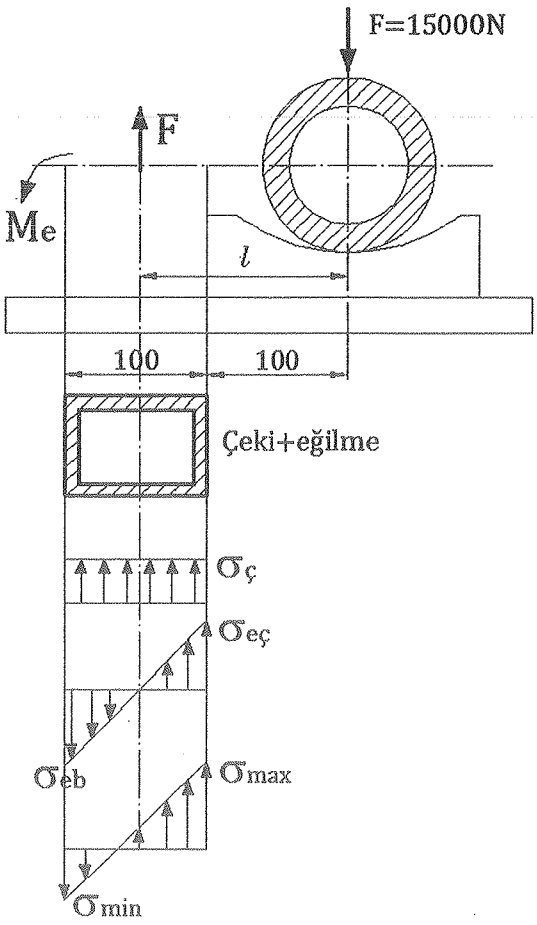
$$M_e = 22{,}5 \cdot 10^5\ Nmm$$

Çekme gerilmesi;

$$\sigma_ç = \frac{F}{A} = \frac{15000}{100 \cdot 60 - 90 \cdot 50} = 10\ N/mm^2$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{22{,}5 \cdot 10^5}{\frac{60 \cdot 100^3 - 50 \cdot 90^3}{12} \cdot \frac{1}{50}} = 57{,}3\ N/mm^2$$



Bileşik gerilmeler:

Çeki kısmında;

$$\sigma_{eş} = \sigma_ç + \sigma_{eç} = 10 + 57{,}3 = 67{,}3\ N/mm^2$$

Bası kısmında;

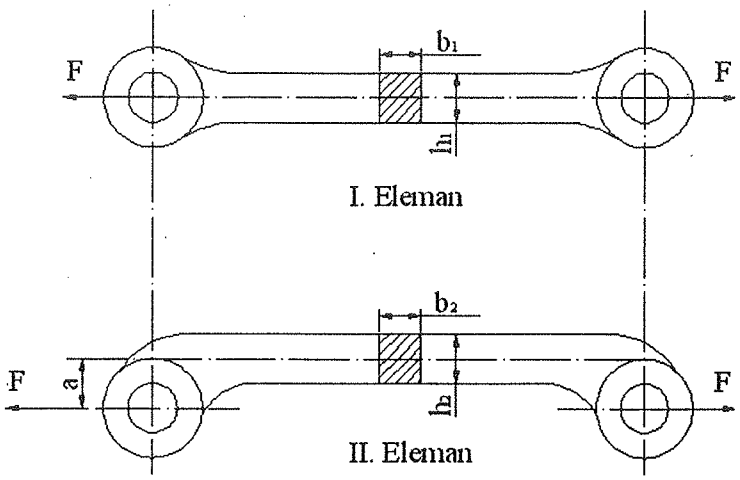
$$\sigma_{eş} = \sigma_ç - \sigma_{eb} = 10 - 57{,}3 = -47{,}3\ N/mm^2$$

$$\sigma_{em} = \frac{R_e}{S} \geq \sigma_{eş} \rightarrow \frac{235}{S} = 67{,}3\ N/mm^2$$

S=3,49 olduğu için, I-I kesiti verilen yükleme için uygun seçilmiştir.

PROBLEM 3.5

Genişliği b_1=50 mm ve yüksekliği h_1=70 mm olan ve sadece çekmeye çalışılan bir makina elemanı, çekmeye ve eğmeye çalışan bir diğer makina elemanı ile değiştirilecektir. Kullanılan malzeme ve maksimum gerilme değerlerinin aynı kalması isteniyor. II. eleman için h_2=70 mm ve a=25 mm olarak verildiğine göre, b_2 genişliğini ne olmalıdır.



ÇÖZÜM:

$$\sigma_1 = \sigma_2$$

$$\sigma_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{F}{b_1 \cdot h_1} = \frac{F}{3500}$$

İkinci elemanda çeki + eğilme gerilmesi oluşur.

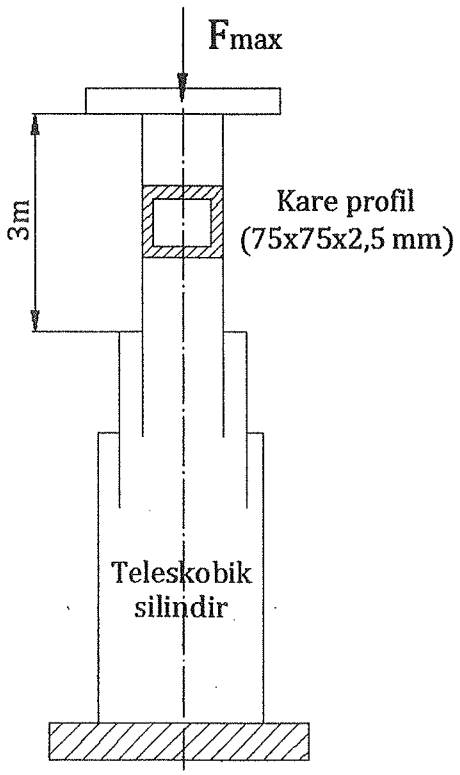
$$\sigma_2 = \sigma_ç + \sigma_e = \frac{F}{A_2} + \frac{M_e}{W_e} = \frac{F}{b_2 \cdot h_2} + \frac{6 \cdot F \cdot a}{b_2 \cdot h_2^2}$$

$$\frac{F}{3500} = \frac{F}{70 \cdot b_2} + \frac{F \cdot 25 \cdot 6}{4900 \cdot b_2}$$

$b_2 = 157{,}14$ mm bulunur.

PROBLEM 3.6

Şekilde taşıma platformunun teleskobik silindiri verilmiştir. Çalışma anında son kademe, maksimum L=3 m açılmaktadır. Kesit ölçüleri 75X75 mm ve et kalınlığı s=2,5 mm olan kare profil, S235 malzemeden imal edilmiştir. Verilen ölçülere sahip profilin burkulma hasarına uğramaması için, en fazla kaç ton yük taşıtılmalıdır.



ÇÖZÜM:

S235, kare profil (75x75x2,5 mm), L=3 m

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$I = \frac{75^4}{12} - \frac{70^4}{12} = 635885\ mm^4; \quad A = 75^2 - 70^2 = 725\ mm^2$$

$$i = \sqrt{\frac{635885}{725}} = 29{,}61\ mm$$

$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 3000 = 6000$ mm (Şekil 3.8'deki ilk duruma benzemektedir)

$$\lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{6000}{29{,}61} = 202{,}63$$

$$\lambda_{kr} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot \pi^2}{R_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{235}} = 132{,}8$$

$\lambda > \lambda_{kr}$ olduğu için uzun çubuk kabul edilir ve Euler eşitliği kullanılır.

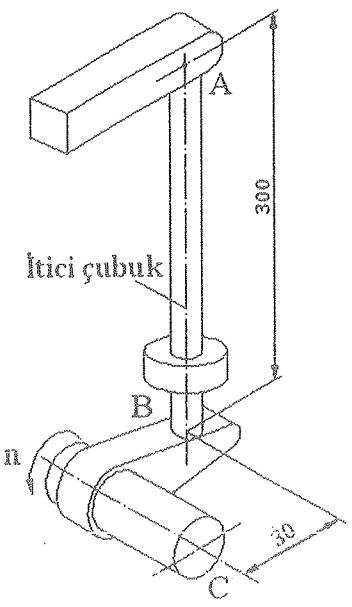
$$F_{br} = \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{L_k^2} = \frac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 635885 \cdot \pi^2}{6000^2} = 36609\ N$$

$F_{br} = F_{max} = 36609$ N

$$F_{max} = \frac{36609}{9{,}81} = 3731\ kg = 3{,}73\ t$$ yük taşıtılmalıdır.

PROBLEM 3.7

Şekildeki BC kam mili, AB iticisini yukarı-aşağı yönde çalıştırmaktadır. Kam mili ile n=1500 d/d' da 30 kW güç iletilmektedir. İticiyi uzun çubuk kabul ederek, burkulmaya göre minimum itici çapını bulunuz. L_K=L ve E=2.10^5 N/mm^2 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

P=30 kW, n=1500 d/d, L_K=L=300 mm, a=30 mm, E= 2,1x10^5 N/mm^2

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{30}{1500} = 191 \text{ Nm}$$

$$M_d = F_{kr} \cdot a \quad \rightarrow \quad F_{kr} = \frac{M_d}{a} = \frac{191000}{30} = 6366{,}6 \text{ N}$$

$$F_{kr} = \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{L_K^{\,2}} \cdot n^2 \quad \rightarrow \quad 6366{,}6 = \frac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot I \cdot \pi^2}{300^2} \cdot 1^2$$

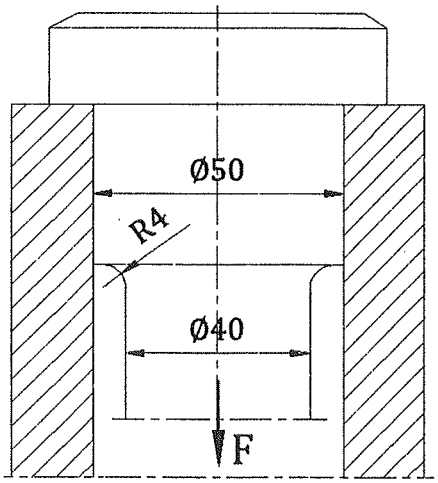
$$I = 290{,}57 \text{ mm}^4$$

$$290{,}57 = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

d = 8,25 mm olmalıdır.

PROBLEM 3.8

Şekildeki makina elemanının malzemesi E335 çeliği olup F değişken kuvveti ile zorlanmaktadır. F_{min}=80 kN ve F_{max}=180 kN olduğuna göre, kritik kesiti kontrol ediniz. Yüzeylerden ince talaş alınmıştır.



ÇÖZÜM:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{180000}{1257} = 143{,}2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{min} = \frac{F_{min}}{A} = \frac{80000}{1257} = 63{,}6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ort} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{143{,}2 + 63{,}6}{2} = 103{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_G = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{143{,}2 - 63{,}6}{2} = 39{,}8 \text{ N/mm}^2$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{63{,}6}{143{,}2} = 0{,}44 \text{ (çeki genel değişken)}$$

Emniyetli gerilmenin bulunması;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{GD}}{K_ç \cdot S}$$

$K_b = 0{,}85$ (Çizelge 3.2, d=40 mm)

$K_y = 0{,}90$ (Çizelge 3.3, $R_m \cong 600$ N/mm^2 ve ince talaş)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

$q = 0{,}83$ (Çizelge 3.4, R_m ve r=4 mm)

$\frac{r}{d} = \frac{4}{40} = 0{,}1$ ve $\frac{D}{d} = \frac{50}{40} = 1{,}25$ için Şekil 3.25'den $K_t = 1{,}73$ okunur.

$K_ç = 1 + 0{,}83 \cdot (1{,}73 - 1) = 1 + 0{,}83 \cdot 0{,}73 = 1{,}60$

Şekil 3.21 a, Smith diyagramından $\rightarrow$ $\sigma_{TD} = 240$ N/mm^2 ($\sigma_{ort} = 0$ N/mm^2)

$\sigma_{GD} = 220$ N/mm^2 ($\sigma_{ort} = 103{,}4$ N/mm^2 için)

Dinamik: $\sigma_G < \sigma_{em}$

$$39{,}8 < \frac{220 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}90}{1{,}60 \cdot S}$$

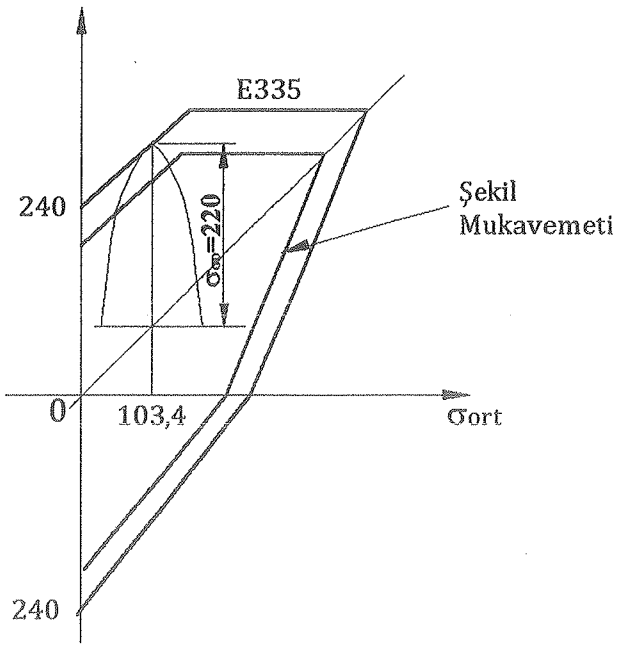
$S = 2{,}64$ bulunur.

Maksimum gerilme dikkate alınarak;

Statik: $\sigma_{max} < \sigma_{em}$

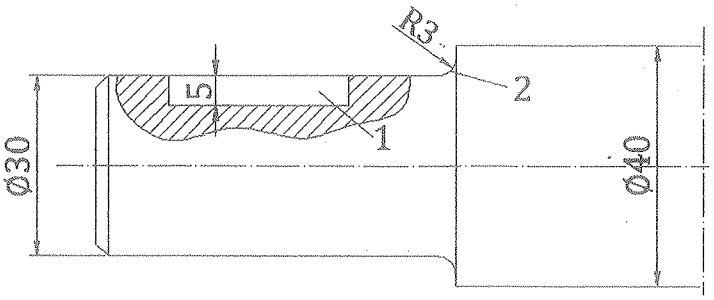
$$143{,}2 < \frac{R_e}{S} \rightarrow 143{,}2 < \frac{335}{S}$$

$S = 2{,}34$ bulunur.



PROBLEM 3.9

Şekildeki mil, 41Cr4 malzemeden imal edilmiş olup M_d=300 Nm lik bir döndürme momenti iletmektedir. Mil dalgalı değişken yüklenmiş olup yüzeyinden ince talaş alınmıştır. Emniyet katsayısı S=1,8'dir.



a) 1 ve 2 ile gösterilen yerler için emniyet gerilmelerini bulunuz.

b) 1 kesiti için mukavemet kontrolü yapınız.

ÇÖZÜM:

a) $\tau_{em1} = \dfrac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{S \cdot K_ç}$

$\tau_{DD} = 500\ N/mm^2$ (Şekil 3.22 c, Smith diyagramından)

$R_m = 1000\ N/mm^2$ ve ince talaş alınmış $\rightarrow$ $K_y = 0{,}88$ (Çizelge 3.3)

$K_b = 0{,}90$ (Çizelge 3.2, d=30 mm)

$K_ç = 2{,}15$ (Şekil 3.26, $R_m = 1000\ N/mm^2$ ve A formu uygu kaması)

$$\tau_{em1} = \frac{500 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}88}{2{,}15 \cdot 1{,}8} = 102{,}32\ N/mm^2$$

τ_{em2} için τ_{DD}, K_b, K_y ve S değerleri aynı $K_ç$ ise farklıdır.

$q = 0{,}91$ (Çizelge 4.4, $r = 3$ mm ve $R_m = 1000\ N/mm^2$)

$\dfrac{D}{d} = \dfrac{40}{30} = 1{,}33$ ve $\dfrac{r}{d} = \dfrac{3}{30} = 0{,}1$ $\rightarrow$ $K_t = 1{,}40$ (Şekil 3.25, burulma)

$$K_ç = 1 + 0{,}91 \cdot (1{,}40 - 1) = 1{,}36$$

$$\tau_{em2} = \frac{500 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}88}{1{,}36 \cdot 1{,}8} = 161{,}76\ N/mm^2$$

b) $\tau_{b1} = \dfrac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot d^3} = \dfrac{16 \cdot 300 \cdot 1000}{\pi \cdot 25^3} = 97{,}83\ N/mm^2$

$\tau_{b1} \leq \tau_{em1}$

$97{,}83 \leq 102{,}32$

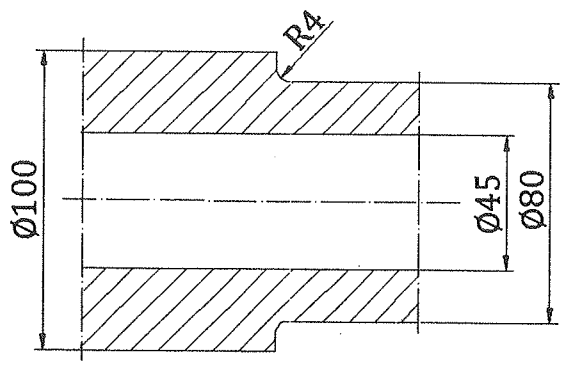
olduğu için mil $S = 1{,}8$ emniyet katsayısı ile çalışır.

PROBLEM 3.10

Şekilde milin kritik kesiti verilmiştir. Mil, M_d=1,6–7 kNm arasında değişen döndürme momenti iletmektedir. Mil malzemesi S275JR, yüzeyden ince talaş alınmış, emniyet katsayısı, S=1,4 ise;

a) Kritik bölgedeki emniyet gerilmesini hesaplayınız.

b) Mil, iletilmek istenilen momenti taşıyabilir mi, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

M_d=1,6–7 kNm, malzeme S275JR, ince talaş alınmış, S=1,4

a) $\tau_{em} = \dfrac{K_b \cdot K_y \cdot \tau_{GD}}{K_ç \cdot S}$

K_b=0,78 (Çizelge 3.2), K_y=0,91 (Çizelge 3.3, R_m=500 N/mm² ve ince talaş)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

q = 0,80 (Çizelge 3.4, r=4 mm)

$\dfrac{r}{d} = \dfrac{4}{80} = 0{,}05$ ve

$\dfrac{D}{d} = \dfrac{100}{80} = 1{,}25$ burulma durumu için Şekil 3.25' den $K_t = 1{,}63$ alınır.

$K_ç = 1 + 0{,}80 \cdot (1{,}63 - 1) = 1{,}50$

$$\tau_{min} = \frac{M_{d_{min}}}{W_b} = \frac{1{,}6 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{16} \cdot \left[\frac{80^4 - 45^4}{80}\right]} = 17{,}7 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{max} = \frac{M_{d_{max}}}{W_b} = \frac{7 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{\frac{\pi}{16} \cdot \left[\frac{80^4 - 45^4}{80}\right]} = 77{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{ort} = \frac{\tau_{min} + \tau_{max}}{2} = \frac{17{,}7 + 77{,}4}{2} = 47{,}5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_G = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} = \frac{77{,}4 - 17{,}7}{2} = 29{,}8 \text{ N/mm}^2$$

$R = \dfrac{\tau_{min}}{\tau_{max}} = \dfrac{17{,}7}{77{,}4} = 0{,}22$ (burulma genel değişken)

Şekil 3.21 c'deki Smith diyagramından burulma durumuna göre $\tau_{ort} = 47{,}5$ N/mm² için

$\tau_{GD} \cong 120$ N/mm² okunur.

$$\tau_{em} = \frac{0{,}78 \cdot 0{,}91 \cdot 120}{1{,}50 \cdot 1{,}4} = 40{,}56 \text{ N/mm}^2$$

b) $\tau_G \leq \tau_{em} \rightarrow 29{,}8 \leq 40{,}65$ olduğu için moment iletilir.

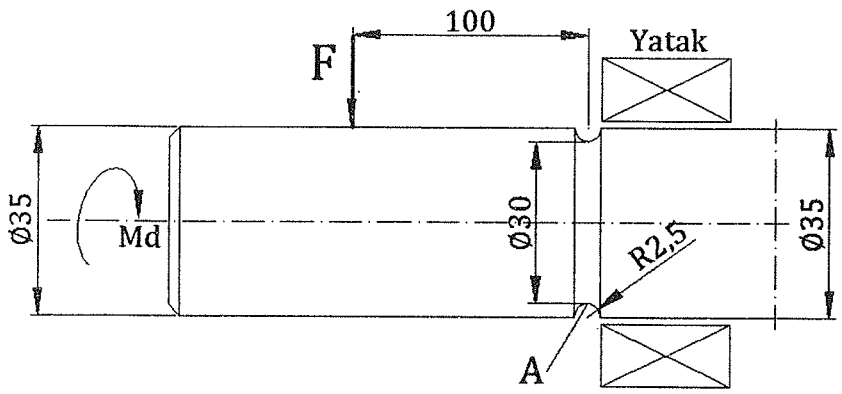
$$S_{gerçek} = \frac{0{,}78 \cdot 0{,}91 \cdot 120}{1{,}50 \cdot 29{,}8} = 1{,}90$$

PROBLEM 3.11

Şekilde gösterilen ve malzemesi 30CrNiMo8 olan mil P=5 kW'lık gücü n=250 d/d ile iletmektedir. Ayrıca mil eksenine dik F=5 kN'luk bir kuvvet etki etmektedir.

a) A kesiti için emniyet gerilmesini, emniyet katsayısını S=1,2 alarak hesaplayınız.
Yüzeylerden ince talaş alınmıştır.

b) A kesitinin çap kontrolünü yaparak, gerçek emniyet katsayısını hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

P=5 kW, n=250 d/d, F=5 kN, malzeme 30CrNiMo8 alaşımlı ıslah çeliği

a) S=1,2 ise $\sigma_{em} = ?$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{TD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$$

Şekil 3.22 b'deki Smith diyagramından $\sigma_{TD} = 630$ N/mm² okunur.

$K_b = 0,9$ (Çizelge 3.2, d=30mm)

$R_m > 1000$ N/mm² ve ince talaş alınmış için, $K_y=0,88$ (Çizelge 3.3)

$$\frac{D}{d} = \frac{35}{30} = 1,16 \quad \text{ve} \quad \frac{r}{d} = \frac{2,5}{30} = 0,08$$

değerleri için $K_t = 2$ okunur (Şekil 3.25).

r=2,5 mm ve $R_m > 1000$ N/mm² için q=0,92 seçilir (Çizelge 3.4).

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,92 \cdot (2 - 1) = 1,92$$

$$\sigma_{em} = \frac{630 \cdot 0,9 \cdot 0,88}{1,92 \cdot 1,2} = 216,56 \text{ N/mm}^2$$

b) Çap kontrolü;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot 100 \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

$$\sigma_e = \frac{5000 \cdot 100 \cdot 32}{\pi \cdot 30^3} = 188{,}62 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_b = \frac{M_d}{W_b}$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{5}{250} = 191 \text{ Nm}$$

$$\tau_b = \frac{191000 \cdot 16}{\pi \cdot 30^3} = 36 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e{}^2 + 3\tau_b{}^2} = \sqrt{188{,}62^2 + 3 \cdot 36^2} = 198{,}65 \text{ N/mm}^2$$

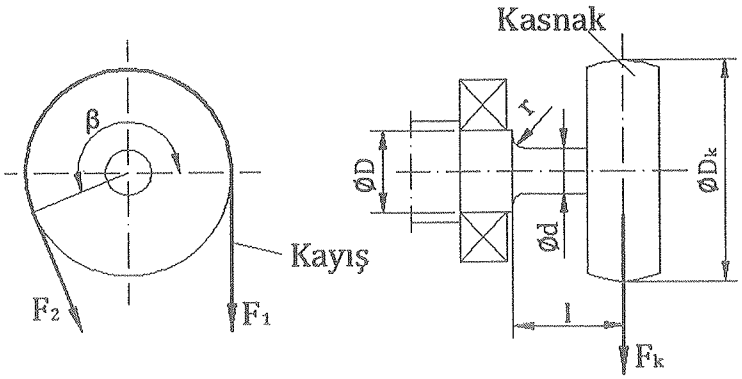
$\sigma_{eş} < \sigma_{em}$ olduğu için çap emniyetlidir.

$$S_{gerçek} = \frac{630 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}88}{1{,}92 \cdot 198{,}65} = 1{,}30$$

NOT: Problem 3.11 ve 3.12'de eğilme ve burulma tam değişken alınarak işlem yapılmıştır. Aslında bu iki problemde, eğilme tam değişken, burulma statik olduğu için, burulma gerilmesi çelikler için α_0=0,7 katsayısı ile çarpılabilir. İkinci bir yol olarak, Problem 11.1'de elde edilen mil çapı eşitliği kullanılabilir.

PROBLEM 3.12

Yandaki şekilde kayış-kasnak mekanizması verilmiştir. Kayış kol kuvvetleri F_1=5 kN, F_2=1,2 kN, sarılım açısı β=200°, kasnak çapı D_k=500 mm, D=70 mm, d=60 mm, l=200 mm, r=4 mm ve mil malzemesi E295 olup taşlanmıştır. d çapını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

Kayış kuvveti;

$$F_k = \sqrt{F_1{}^2 + F_2{}^2 + 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\alpha}$$

$$F_k = \sqrt{5^2 + 1{,}2^2 + 2 \cdot 5 \cdot 1{,}2 \cdot \cos 20} = 6{,}14 \text{ kN}$$

$$M_e = F_k \cdot l = 6{,}14 \cdot 200 = 1228 \text{ kNmm}$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{1228 \cdot 10^3 \cdot 32}{\pi \cdot 60^3} = 57{,}93 \text{ N/mm}^2$$

$$M_d = (F_1 - F_2) \cdot \frac{D_k}{2} = (5 - 1{,}2) \cdot \frac{500}{2} = 950 \text{ kNmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_d}{W_b} = \frac{950 \cdot 10^3 \cdot 16}{\pi \cdot 60^3} = 22{,}41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{{\sigma_e}^2 + 3{\tau_b}^2} = \sqrt{57{,}93^2 + 3 \cdot 22{,}41^2} = 69{,}73 \text{ N/mm}^2$$

Emniyet gerilmesi;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{TD}}{K_ç \cdot S}$$

Ø60 mm için K_b=0,8 (Çizelge 3.2)

R_m = 550 N/mm² ve taşlanmış yüzey için K_y=0,945 (Çizelge 3.3)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$\frac{D}{d} = \frac{70}{60} = 1{,}16; \quad \frac{r}{d} = \frac{4}{60} = 0{,}08$$

değerleri ve eğilme durumu için K_t=1,68 (Şekil 3.25)

R_m=550 N/mm² için q=0,82 (Çizelge 3.4)

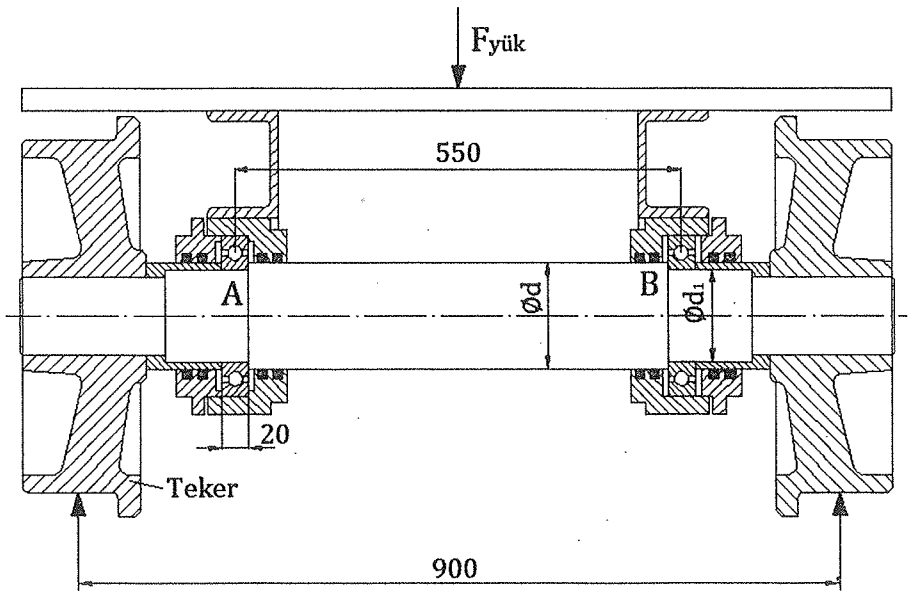
$$K_ç = 1 + 0{,}82 \cdot (1{,}68 - 1) = 1{,}55$$

σ_{TDe} = 250 N/mm² (Şekil 3.21 b, E295 için tam değişken eğilme)

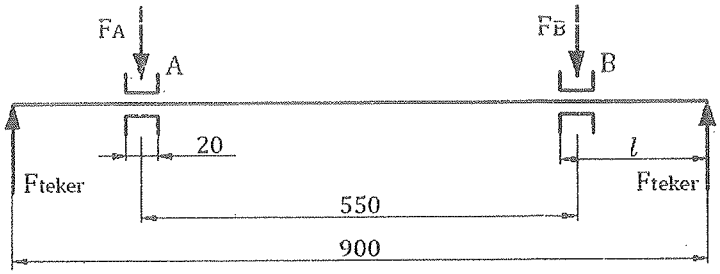
$$\sigma_{em} = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}945 \cdot 250}{1{,}55 \cdot S} \geq 69{,}73 \quad \rightarrow \quad S = 1{,}74 \quad \text{emniyetle taşır.}$$

PROBLEM 3.13

Şekilde 4 tekeri bulunan ve 1,6 ton yük taşıyan bir vagonun arka döner aks yataklaması verilmiştir. Aks malzemesi E335 olup aks yüzeyinden ince talaş alınmıştır. d=50mm, d_1=40mm, rulmanların takıldığı faturada radyüs r=4mm ve rulman genişliği ise 20mm dir. d_1 çapını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:



m=1,6 ton, malzeme E335, d=50 mm, r=4 mm, d_1=40 mm, ince talaş alınmış

$$F_{teker} = \frac{m}{4} = \frac{1600 \cdot 10}{4} = 4000\ N$$

$$M_e = F_{teker} \cdot l = 4000 \cdot \left(\frac{900 - 550}{2} + \frac{20}{2}\right) = 4000 \cdot 185 = 740000\ Nmm$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{740 \cdot 10^3 \cdot 32}{\pi \cdot 40^3} = 117{,}8\ N/mm^2$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{TD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$$

σ_{TD}=300 N/mm² (Şekil 3.21 b), K_b=0,85 (Çizelge 3.2), K_y=0,90 (Çizelge 3.3)

$$\frac{r}{d_1} = \frac{4}{40} = 0{,}1 \text{ ve } \frac{d}{d_1} = \frac{50}{40} = 1{,}25$$

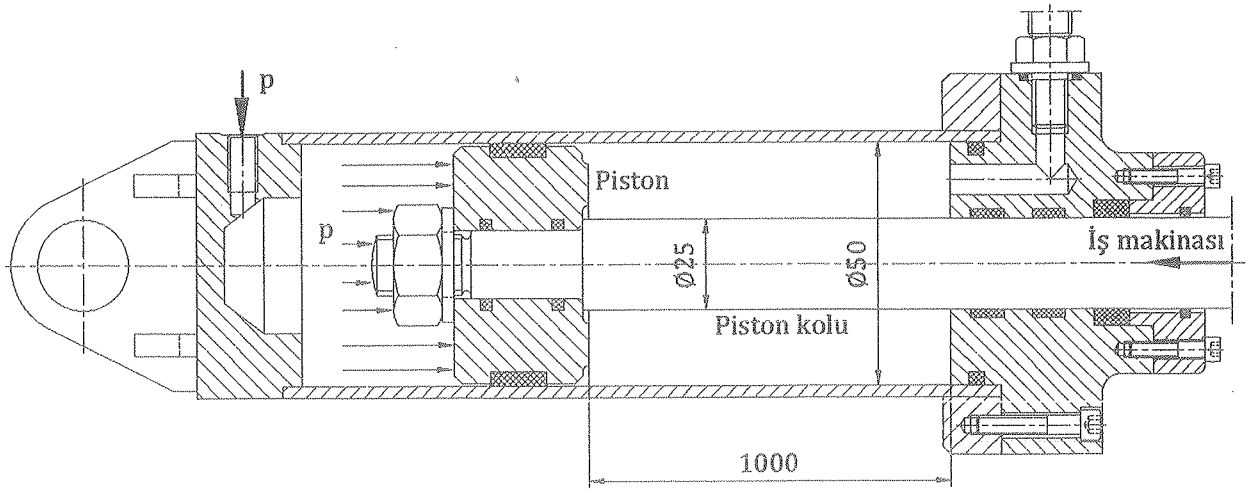
değerlerine göre K_t=1,63 (Şekil 3.25) ve q=0,81 (Çizelge 3.4) alınır.

$$K_ç = 1 + 0{,}81 \cdot (1{,}63 - 1) = 1{,}51$$

$$117{,}8 = \frac{300 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}9}{1{,}51 \cdot S} \quad \rightarrow \quad S = 1{,}29$$ olduğu için verilen d_1 çapı yeterlidir.

PROBLEM 3.14

Şekilde çift etkili hidrolik bir silindirin kesit resmi verilmiştir. Hidrolik sistemdeki yağ basıncı p=250 bar, piston çapı D=50 mm, piston kolu çapı d=25 mm, piston kolunun maksimum stroku L=1000 mm, piston kolu malzemesi E335 ve emniyet katsayısı S=2 olarak verilmektedir. Piston kolunun burkulma kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

p=250 bar, D=50 mm, d=25 mm, L=1000 mm, malzeme E335, S=2

$$F_p = P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 250 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}05^2}{4} = 49062{,}5 \text{ N}$$

$$\lambda_{kr} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot \pi^2}{R_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{335}} = 108{,}5$$

$$L_k = 0{,}5 \cdot L = 0{,}5 \cdot 1000 = 500 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi \cdot 25^4}{64} = 19165 \text{ mm}^4; \; A = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 490{,}6 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{19165}{490{,}6}} = 6{,}25 \text{ mm}; \; \lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{500}{6{,}25} = 80$$

$\lambda_{kr} > \lambda > 30$ olduğu için orta çubuk kabul edilir.

E335 çeliği için, Tetmayer eşitliğinden;

$$\sigma_{br} = 335 - 0{,}62 \cdot \lambda = 335 - 0{,}62 \cdot 80 = 285{,}4 \text{ N/mm}^2$$

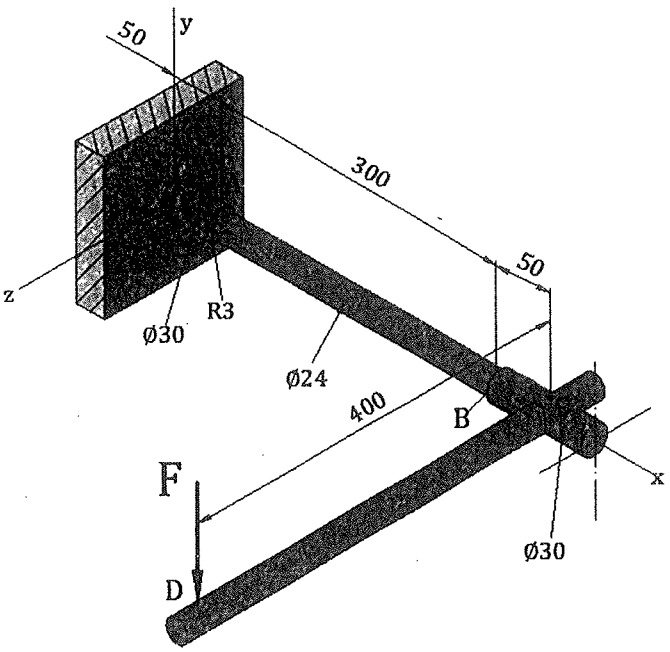
$\sigma_b < \sigma_{br}$ olmalıdır.

$$\sigma_b = \frac{F_p \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{49062{,}5 \cdot 4}{\pi \cdot 25^2} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{br} = \frac{\sigma_{br}}{\sigma_b} = \frac{285{,}4}{100} = 2{,}85 > 2 \text{ olduğu için piston kolu burkulmaz.}$$

PROBLEM 3.15

Şekilde verilen çubuk duvara sabitlenmiştir. Çubuk üzerine dinamik F=0-500 N yükü etki etmektedir. Çubuk malzemesi S235 çeliği olup yüzeylerden ince talaş alınmıştır. A-B noktaları arası verilen 24 mm'lik çap yeterlimidir, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

Kritik A noktası, burulma, kesme ve eğilme gerilmelerine maruz kalır.

$$\tau_b = \frac{F \cdot 400}{W_b} = \frac{F \cdot 400}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{500 \cdot 400}{\frac{\pi \cdot 24^3}{16}} = 73{,}68 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{500}{\frac{\pi \cdot 24^2}{4}} = 1{,}16 \text{ N/mm}^2 \quad \text{(ihmal edilebilir!)}$$

$$\tau_{eş} = \sqrt{\tau_b{}^2 + \tau_k{}^2} = \sqrt{73{,}68^2 + 1{,}16^2} = 73{,}68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot 350}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{500 \cdot 350}{\frac{\pi \cdot 24^3}{32}} = 129{,}68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e{}^2 + 3\tau_{eş}{}^2} = \sqrt{129{,}68^2 + 3 \cdot 73{,}68^2} = 181{,}94 \text{ N/mm}^2$$

Emniyet gerilmesi;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{DDe}}{K_ç \cdot S}$$

$K_b = 0{,}93$ (Çizelge 3.2, $d = 24$ mm)

$K_y = 0{,}92$ (Çizelge 3.3, $R_m = 400$ N/mm^2 ve ince talaş alınmış)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

$\frac{D}{d} = \frac{30}{24} = 1{,}25$ ve $\frac{r}{d} = \frac{3}{24} = 0{,}125$ için $K_t = 1{,}56$ bulunur (Şekil 3.25).

$q = 0{,}75$ (Çizelge 3.4, $R_m = 400$ N/mm^2 ve $r = 3$ mm)

$K_ç = 1 + 0{,}75 \cdot (1{,}56 - 1) = 1{,}42$

$\sigma_{DDe} = 260$ N/mm^2 (Şekil 3.21 b, dalgalı değişken eğilme durumu)

$$\sigma_{em} = \frac{0{,}93 \cdot 0{,}92 \cdot 260}{1{,}42 \cdot S}$$

$$\sigma_{em} \geq \sigma_{eş} \rightarrow \frac{0{,}93 \cdot 0{,}92 \cdot 260}{1{,}42 \cdot S} = 181{,}94 \text{ N/mm}^2$$

$S = 0{,}86 < 1{,}2$ olduğu için sistem emniyetli değildir.

PROBLEM 3.16

Akma sınırı 600 N/mm², çekme dayanımı 900 N/mm², tam değişken sürekli mukavemet değeri 400 N/mm² olan çelik için;

Ölçekli olarak (ölçek: 1 cm = 100 N/mm²) Soderberg ve Düzeltilmiş Goodman eğrilerini çiziniz. Malzeme 400 N/mm² ortalama gerilme ile yüklendiği zaman ne kadar gerilme genliği taşır, grafik üzerinde gösteriniz.

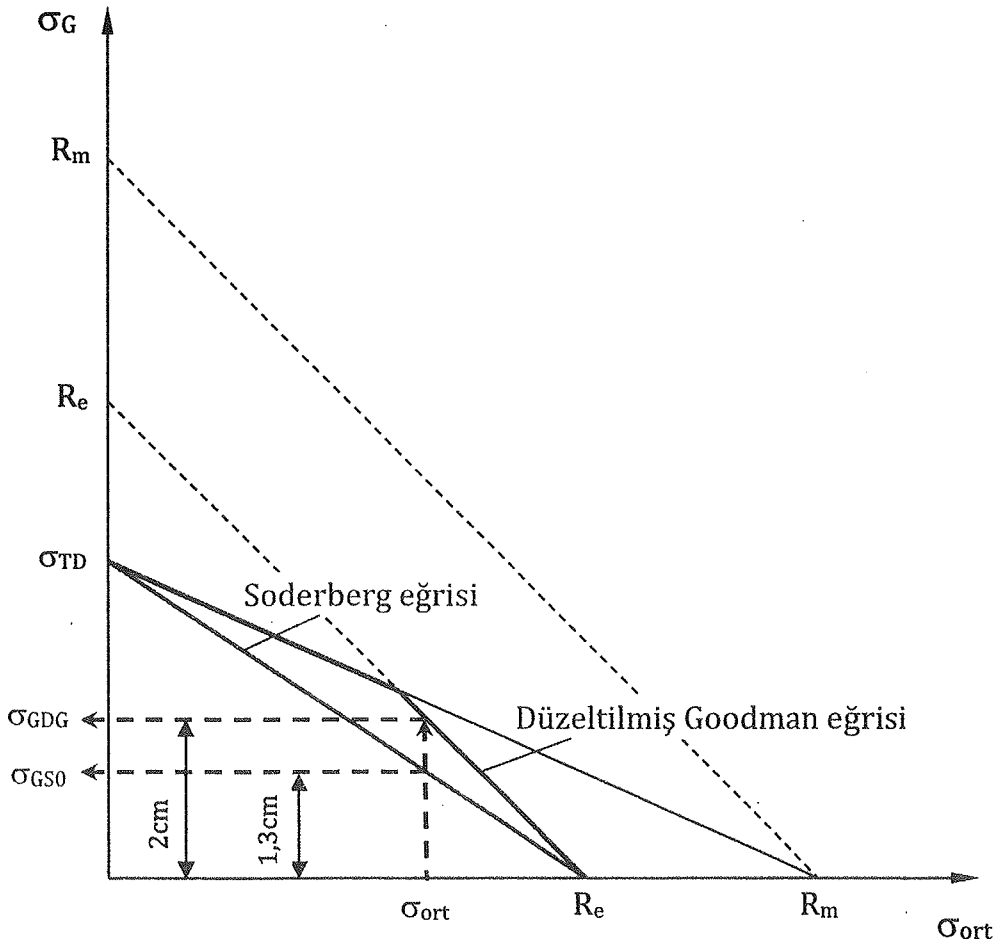
ÇÖZÜM:

R_e=600 N/mm², R_m=900 N/mm², σ_{TD}=400 N/mm²

σ_{ort}=400 N/mm² ise σ_{GDG}=? σ_{GSO}=?

Ölçek: 1 cm = 100 N/mm² alınarak çizim yapıldığında;

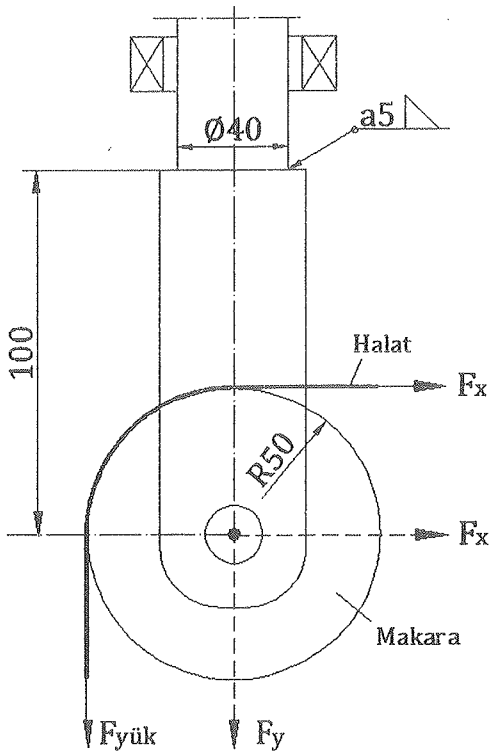
$\sigma_{GDG} \approx$ 2 cm x 100=200 N/mm² ve $\sigma_{GSO} \approx$ 1,3 cm x 100=130 N/mm² bulunur.



BÖLÜM 4: KAYNAK BAĞLANTILARI

PROBLEM 4.1

Şekilde yük taşıma sistemi verilmiştir. Halata etki eden kuvvet $F_{yük}$=600 kg'dır. Kaynak edilen parçalar S235 malzemeden imal edilmiştir. Kaynak kalınlığı a=5 mm ve I. Kalitedir. Kaynak dikişi zayıf darbeye maruz kaldığına göre, verilen kaynak kalınlığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

$F_{yük} = F_y = F_x = 600\ kg = 6000\ N$

F_x'den dolayı kesme ve eğilme gerilmesi oluşur.

$$\sigma_e = \frac{F_x \cdot 100 \cdot 32}{\pi \cdot \left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right)} = \frac{6000 \cdot 100 \cdot 32}{\pi \cdot \left(\frac{50^4 - 40^4}{50}\right)}$$

$$= 82{,}85\ N/mm^2$$

$$\tau_k = \frac{F_x}{A_k} = \frac{6000 \cdot 4}{\pi \cdot (50^2 - 40^2)} = 8{,}49\ N/mm^2$$

F_y'den dolayı çeki gerilmesi oluşur.

$$\sigma_ç = \frac{F_y}{A_k} = \frac{6000 \cdot 4}{\pi \cdot (50^2 - 40^2)} = 8{,}49\ N/mm^2$$

Kaynağı zorlayan eşdeğer gerilme;

$$\sigma_{eş} = \sqrt{(\sigma_e + \sigma_ç)^2 + 3 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{(82{,}85 + 8{,}49)^2 + 3 \cdot 8{,}49^2} = 92{,}5\ N/mm^2$$

Kaynak emniyet gerilmesi;

v_1=0,8 (Çizelge 4.2), v_2=1 (Çizelge 4.3), v_3=0,9 (Çizelge 4.3)

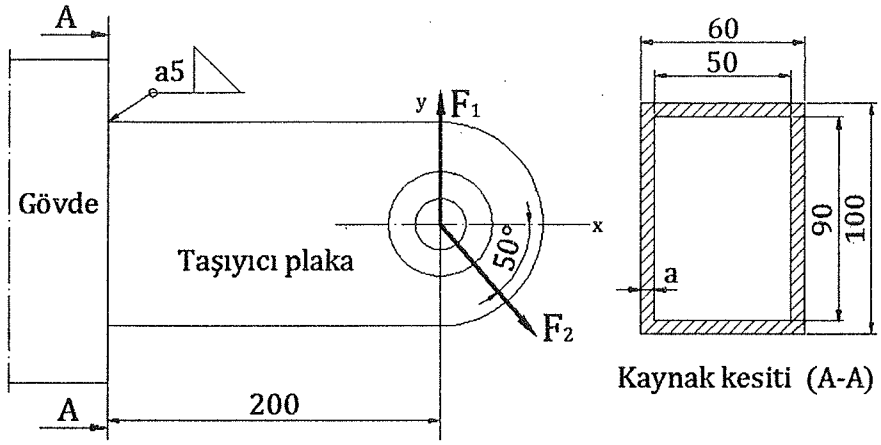
$$\sigma_{em} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{S} = \frac{0{,}8 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 235}{S}$$

$$\sigma_{eş} \leq \sigma_{em} \rightarrow 92{,}5 \leq \frac{0{,}8 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 235}{S} \rightarrow S = 1{,}82 \text{ bulunur.}$$

Kaynak dikişinin kalite kontrolü zor olduğu için S > 1,5 olması istenir. S=1,82 bulunduğu için kaynak kalınlığı a= 5 mm yeterlidir.

PROBLEM 4.2

Malzemesi S355 olan taşıma plakası, gövdeye kaynak kalınlığı a=5 mm olan boğaz kaynak dikişi ile birleştirilmiştir. Yük taşıma anında plaka üzerine F_1=3000 N ve F_2=15000 N halat kuvvetleri etki etmektedir. Kaynak II. Kalite ve darbesiz yükleme olarak kabul edilecektir. Emniyet katsayısını S=2 alarak, kaynağın kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

Kaynak üzerinde meydana gelen gerilmeler:

F_1 den dolayı kesme ve eğilme;

$$\tau_{k1} = \frac{F_1}{A_k} = \frac{3000}{(100 \cdot 60 - 90 \cdot 50)} = 2\ N/mm^2$$

$$\sigma_{e1} = \frac{M_{e1}}{W_e} = \frac{F_1 \cdot 200}{\frac{(b+2a)\cdot(h+2a)^3 - b\cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{h/2 + a}}$$

$$\sigma_{e1} = \frac{3000 \cdot 200}{\frac{60 \cdot 100^3 - 50 \cdot 90^3}{12} \cdot \frac{1}{50}} = \frac{600000}{39250} = 15{,}28\ N/mm^2$$

F_2 den dolayı çekme, kesme ve eğilme;

$$\sigma_ç = \frac{F_{2x}}{A_k} = \frac{15000 \cdot \cos 50}{1500} = 6{,}42\ N/mm^2$$

$$\tau_{k2} = \frac{F_{2y}}{A_k} = \frac{15000 \cdot \sin 50}{1500} = 7{,}66\ N/mm^2$$

$$\sigma_{e2} = \frac{M_{e2}}{W_e} = \frac{F_{2y} \cdot 200}{39250} = \frac{15000 \cdot \sin 50 \cdot 200}{39250} = 58{,}55\ N/mm^2$$

$$\sigma_{keş} = \sqrt{(\sigma_{e2} + \sigma_ç - \sigma_{e1})^2 + 3 \cdot (\tau_{k2} - \tau_{k1})^2}$$

$$\sigma_{keş} = \sqrt{(58{,}55 + 6{,}42 - 15{,}28)^2 + 3 \cdot (7{,}66 - 2)^2} = 50{,}64\ N/mm^2$$

Kaynak emniyet gerilmesi;

$$\sigma_{k\,em} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{S};\ v_1 = 0{,}8\ (\text{Çizelge } 4.2), v_2 = 0{,}8 \text{ ve } v_3 = 1\ (\text{Çizelge } 4.3)$$

$$\sigma_{k\,em} = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{355}{2} = 113{,}6\ \text{N/mm}^2$$

$\sigma_{k_{eş}} \leq \sigma_{k_{em}}$ olduğu için kaynak kalınlığı (a) yeterlidir.

Gerçek emniyet katsayısı; $S_{gerçek} = \dfrac{0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot 355}{50{,}64} = 4{,}48$ bulunur.

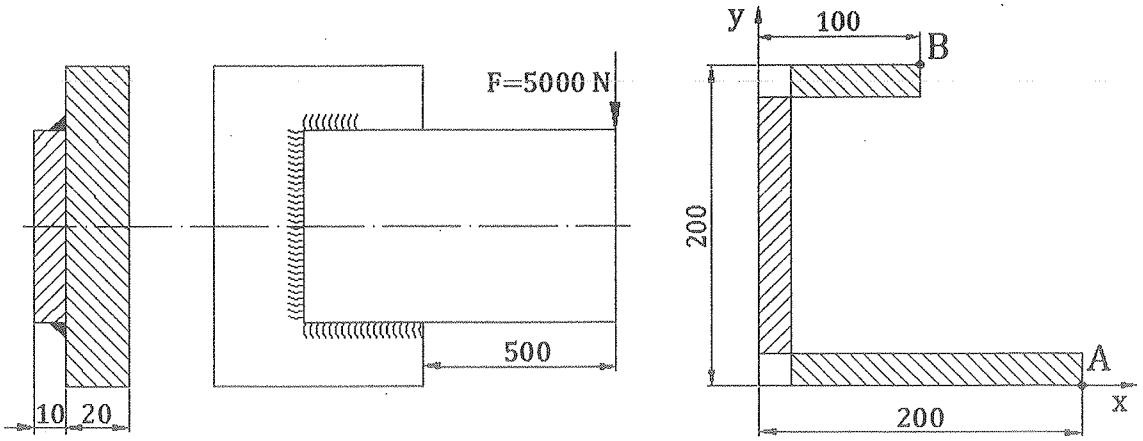
PROBLEM 4.3

Şekilde görülen kaynaklı birleştirme, F=5000 N'luk statik yük taşımaktadır. Kaynak edilen malzemeler S235'dir. Kaynak kalınlığı a=5 mm olup, kaynak II. Kalitedir ve orta şiddette darbeye maruz kalmaktadır.

a) Kaynaklı birleştirmede hangi gerilmeler oluşur.

b) Şekilde görülen A ve B noktalarındaki gerilmeleri bulunuz. En büyük gerilme hangi noktada oluşur, kaynak dikişi S=2 için emniyetli midir, kontrol ediniz.

c) Sisteme etkiyen kuvvet, 0-5000 N arasında değişirse, kaynak dikişi bu yükü kaç emniyetle taşır.



ÇÖZÜM:

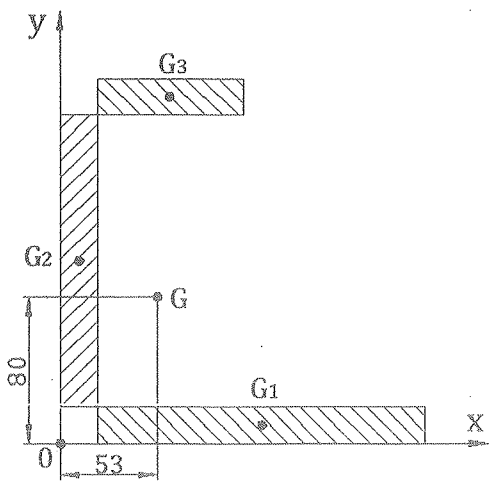
a) Kesme+burulma gerilmeleri oluşur.

b) Kaynağın ağırlık merkezi (G);

x_1=102,5 mm; y_1=2,5 mm

x_2=2,5 mm; y_2=100 mm

x_3=52,5 mm; y_3=197,5 mm



A_1=195 x5 =975 mm²; A_2=190 x5 =950 mm²; A_3=95 x5 =475 mm²

$$x = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{(975 \cdot 102{,}5) + (950 \cdot 2{,}5) + (475 \cdot 52{,}5)}{(975 + 950 + 475)} = 53 \text{ mm}$$

$$y = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{(975 \cdot 2{,}5) + (950 \cdot 100) + (475 \cdot 197{,}5)}{(975 + 950 + 475)} \cong 80 \text{ mm}$$

G_1 (102,5; 2,5) - G_2 (2,5; 100) - G_3 (52,5; 197,5) - G (53; 80)

A (200; 0) - B (100; 200)

$$I_x = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} + A_1 \cdot (y_1 - y)^2 + \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + A_2 \cdot (y_2 - y)^2 + \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + A_3 \cdot (y_3 - y)^2$$

$$I_x = \frac{195 \cdot 5^3}{12} + 975 \cdot (77{,}5)^2 + \frac{5 \cdot 190^3}{12} + 950 \cdot (20)^2 + \frac{95 \cdot 5^3}{12} + 475 \cdot (117{,}5)^2$$

$$I_x = 15654010 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{h_1 \cdot b_1^3}{12} + A_1 \cdot (x_1 - x)^2 + \frac{h_2 \cdot b_2^3}{12} + A_2 \cdot (x_2 - x)^2 + \frac{h_3 \cdot b_3^3}{12} + A_3 \cdot (x_3 - x)^2$$

$$I_y = \frac{5 \cdot 195^3}{12} + 975 \cdot (49{,}5)^2 + \frac{190 \cdot 5^3}{12} + 950 \cdot (50{,}5)^2 + \frac{5 \cdot 95^3}{12} + 475 \cdot (0{,}5)^2$$

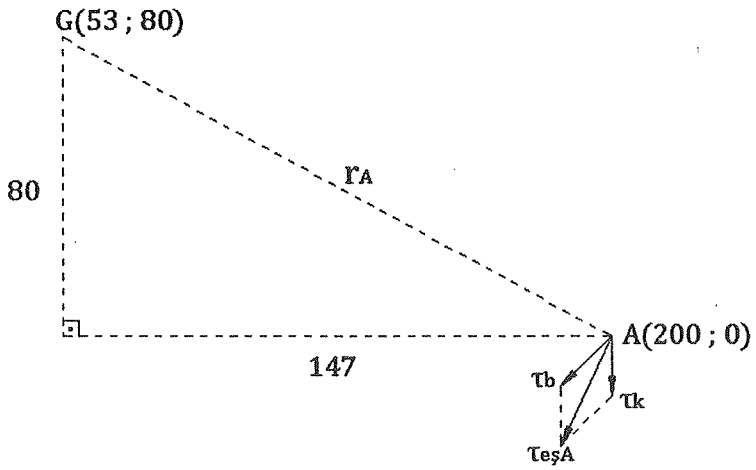
$$I_y = 8260600 \text{ mm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 15654010 + 8260600 = 23914610 \text{ mm}^4$$

$$M_b = F \cdot L$$

$$L = 500 + (200 - 53) = 647 \text{ mm}$$

$$M_b = 3235000 \text{ Nmm}$$



A noktasında oluşan gerilmeler;

$$\tau_{eş_A} = \frac{M_b \cdot r_A}{I_p} + \frac{F}{A_k}$$

$$r_A = \sqrt{147^2 + 80^2} = 167 \text{ mm}$$

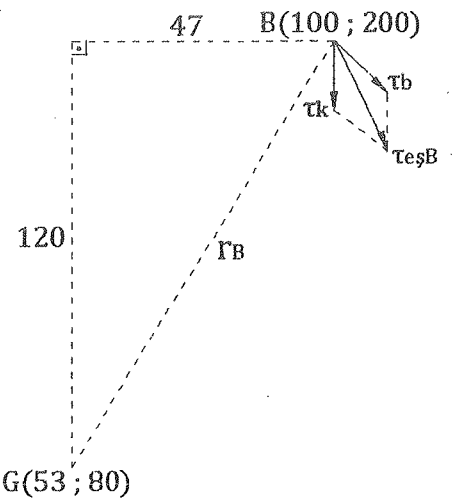
$$\tau_{b_A} = \frac{M_b \cdot r_1}{I_p} = \frac{3235000 \cdot 167}{23914610} = 22{,}6 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{kaynak} = A_1 + A_2 + A_3 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{5000}{2400} = 2{,}08 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{eş_A} = \tau_{b_A} + \tau_k = 22{,}6 + 2{,}08 = 24{,}68\ N/mm^2$

B noktasında oluşan gerilmeler;



$$\tau_{eş_B} = \frac{M_b \cdot r_B}{I_p} + \frac{F}{A_k}$$

$r_B = \sqrt{120^2 + 47^2} = 129\ mm$

$\tau_{k_B} = \tau_{k_A} = 2{,}08\ N/mm^2$

$\tau_{b_B} = 17{,}45 N/mm^2$

$\tau_{eş_B} = 17{,}45 + 2{,}08 = 19{,}53\ N/mm^2$

Kaynak dikişinin emniyet gerilmesi;

$$\tau_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{2S}$$

v_1=0,8 (Çizelge 4.2, köşe dikişi), v_2=0,8 (II. Kalite), v_3=0,8 (Çizelge 4.3, orta darbe)

R_e=235 N/mm², S=2

$$\tau_{kem} = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{235}{2 \cdot 2} = 30\ N/mm^2$$

$\tau_{eş_A} < \tau_{kem} \rightarrow 24{,}68 < 30$ olduğu için emniyetlidir.

$\tau_{eş_B} < \tau_{kem} \rightarrow 19{,}53 < 30$ olduğu için emniyetlidir.

c) Kuvvet F=0 – 5000 N arasında değişirse, dalgalı değişken zorlama gerilmesi oluşur.

$$\tau_{k_{em}} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\tau_{DD}}{S} \rightarrow S = ?$$

v_1=0,3 (Çizelge 4.4, üç taraflı köşe kaynağı, kayma)

v_2=0,8 (Çizelge 4.3, II. Kalite) ve v_3=0,8 (Çizelge 4.3, orta darbe)

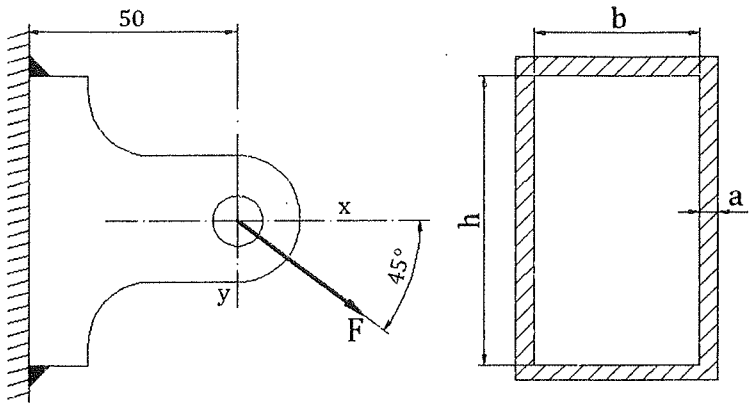
$\tau_{DD} = 160\ N/mm^2$ (Şekil 3.21 c, Smith diyagramı), burulma durumuna göre en tehlikeli yer A noktası olduğu için;

$\tau_{eş_A} = 24{,}68\ N/mm^2$

$$24{,}68 = 0{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{160}{S} \rightarrow S = 1{,}24$$ emniyetlidir.

PROBLEM 4.4

Şekilde verilen yük taşıma elemanı, duvara bütün çevre boyunca I. Kalite boğaz kaynağı ile birleştirilmiştir. Sistem F=0-10 kN aralığında dinamik yük taşımaktadır. Kaynak edilen parçaların malzemesi S275, kaynak kalınlığı a=4 mm, h=32 mm ve b=12 mm dir. Sistem darbesiz kabul edilip, S=1,5 alınacaktır. Kaynağın kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

F_x'den dolayı çekme gerilmesi;

$$\sigma_{kç} = \frac{F_x}{A_k} = \frac{F \cdot \cos\alpha}{(20 \cdot 40 - 12 \cdot 32)} = \frac{10000 \cdot \cos 45}{416} = 17\ N/mm^2$$

F_y' den dolayı eğilme gerilmesi;

$$\sigma_{ke} = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot \sin\alpha \cdot 50}{\frac{(b+2a)\cdot(h+2a)^3 - b\cdot h^3}{12} \cdot \frac{1}{\frac{h}{2}+a}} = \frac{10000 \cdot \sin 45 \cdot 50}{3694} = 95{,}7\ N/mm^2$$

F_y' den dolayı kesme gerilmesi;

$$\tau_{kk} = \frac{F_y}{A_k} = \frac{F \cdot \sin\alpha}{(20 \cdot 40 - 12 \cdot 32)} = \frac{10000 \cdot \sin 45}{416} = 17\ N/mm^2$$

Eşdeğer gerilme;

$$\sigma_{k_{eş}} = \sqrt{(\sigma_{kç} + \sigma_{ke})^2 + 3 \cdot \tau_{kk}{}^2} = \sqrt{(17 + 95{,}7)^2 + 3 \cdot 17^2}$$

$$\sigma_{k_{eş}} = 115{,}2\ N/mm^2$$

$$\sigma_{k_{em}} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\sigma_{DDe}}{S} = 0{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{320}{1{,}5} = 128\ N/mm^2$$

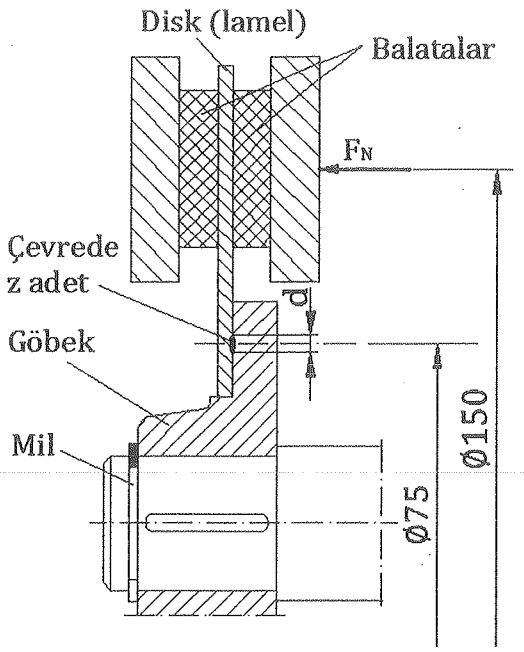
$\sigma_{k_{eş}} \leq \sigma_{k_{em}}$ olduğu için kaynak emniyetlidir.

Gerçek emniyet katsayısı;

$$S_{gerçek} = \frac{0{,}6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 320}{115{,}2} = 1{,}66 \text{ bulunur.}$$

PROBLEM 4.5

Şekildeki sürtünmeli kaplinde, balatalar üzerine F_N=8000 N baskı kuvveti etki etmektedir. Plaka ile balatalar arasındaki sürtünme katsayısı, μ=0,3'dür. Sürtünme diski, milin bağlandığı göbeğe çevrede z adet ve çapı d=5 mm olan punta ile kaynak edilmiştir. Birleştirilen parçaların malzemesi S235 olduğuna göre, çevrede olması gereken punta sayısını bulunuz.



ÇÖZÜM:

$F_N = 8000$ N, $\mu = 0{,}3$

Malzeme S235, z adet punta

Normal kuvvetten dolayı çift taraflı sürtünme kuvveti oluşur.

$$F_s = 2 \cdot \mu \cdot F_N = 2 \cdot 0{,}3 \cdot 8000 = 4800 \text{ N}$$

Mil eksenine göre moment alınırsa;

$$F_s \cdot 75 = F_t \cdot 37{,}5 \quad \rightarrow \quad 4800 \cdot 75 = F_t \cdot 37{,}5$$

Teğetsel kuvvet; $F_t = 9600$ N

Teğetsel kuvvetin puntalarda meydana getirdiği kesme gerilmesi;

İki parça birleştirildiği için tesir sayısı, n=1 alınır.

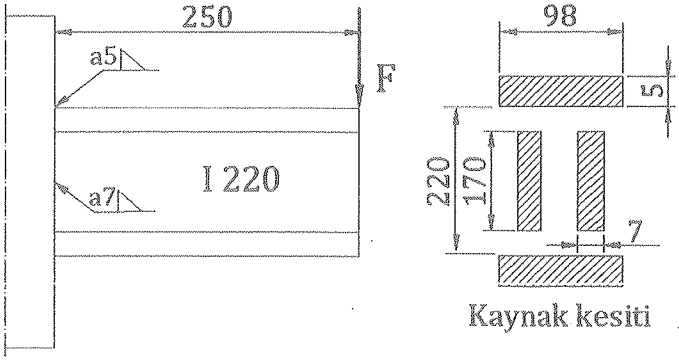
$$\tau_{kn} = \frac{F_t \cdot 4}{n \cdot z \cdot \pi \cdot d^2} \leq \tau_{kem}$$

S235 malzeme için Çizelge 4.5'den τ_{kem}=90 N/mm² alınır.

$$\frac{9600 \cdot 4}{1 \cdot z \cdot \pi \cdot 5^2} \leq 90 \quad \rightarrow \quad z = 5{,}43 = 6 \text{ adet punta gerekir.}$$

PROBLEM 4.6

I220 profili şekildeki gibi kaynakla bağlanmıştır. Kaynak dikişi F=80 kN ile zorlanmakta olup birinci kalitedir. Kaynak edilen malzemeler S275 ise S=1,4 için bağlantıyı kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

F'den dolayı kesme gerilmesi;

$$\tau_k = \frac{F}{A} = \frac{80000}{2 \cdot (98 \cdot 5) + 2 \cdot (170 \cdot 7)} = 23{,}8 \text{ N/mm}^2$$

$F \cdot 250$' den dolayı eğilme gerilmesi;

$$M_e = F \cdot 250 = 80000 \cdot 250 = 2 \cdot 10^7 \text{ Nmm}$$

Dikiş kesitinin atalet momenti;

$$I_k = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{98 \cdot (230^3 - 220^3)}{12} + 2 \cdot \frac{7 \cdot 170^3}{12} = 1{,}81 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$$

$$W_k = \frac{I_k \cdot 2}{(225 + 2a)} = \frac{1.81 \cdot 10^7 \cdot 2}{230} = 157713 \text{ mm}^3$$

Eğilme gerilmesi;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_k} = \frac{2 \cdot 10^7}{157713} = 126{,}8 \text{ N/mm}^2$$

Eşdeğer gerilme;

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e{}^2 + 3 \cdot \tau_k{}^2} = \sqrt{126{,}8^2 + 3 \cdot 23{,}8^2} = 133{,}3 \text{ N/mm}^2$$

Statik zorlama;

$$\sigma_{k_{em}} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{S}$$

$v_1 = 0{,}8$ (Çizelge 4.2, statik, köşe dikişi)

$v_2 = 1$ (Çizelge 4.3, I. Kalite kaynak)

$v_3 = 0{,}9$ (Çizelge 4.3, küçük darbe) küçük darbe al

$R_e = 275 \text{ N/mm}^2$ (Çizelge 3.5)

$$\sigma_{k_{em}} = 0{,}8 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot \frac{275}{1{,}4} = 141{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{k_{eş}} < \sigma_{k_{em}}$

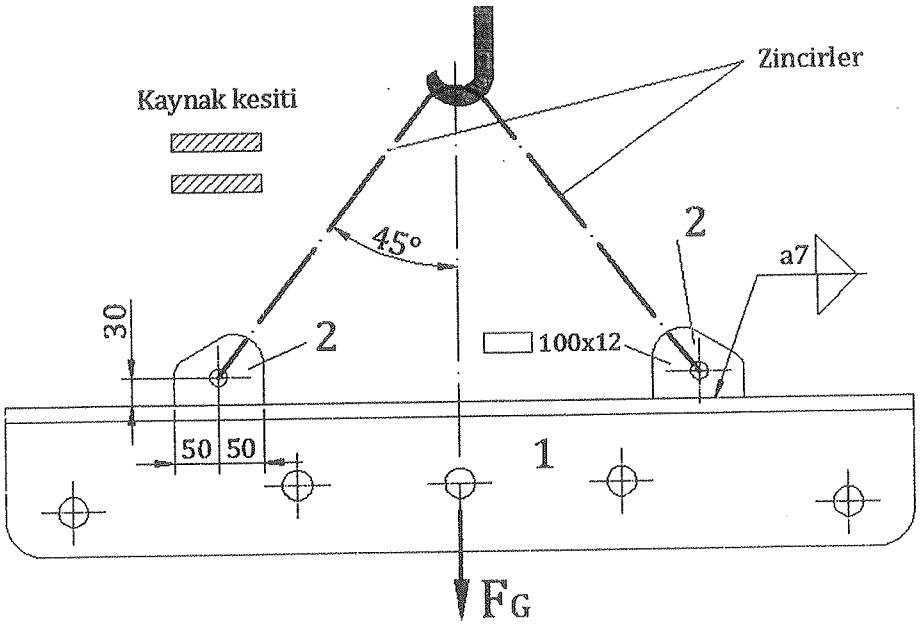
$133{,}3 < 141{,}4$ olduğu için kaynak emniyetlidir.

$$S_{gerçek} = \frac{0{,}8 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 275}{133{,}3} = 1{,}48$$

PROBLEM 4.7

Şekildeki transport sistemi ile F_G=7 ton yük taşınmaktadır. Yük dalgalı değişken olarak düşünülecektir. Zincirlerin bağlı olduğu 12 mm kalınlığındaki (2) nolu kulakçıklar (1) nolu ana gövdeye, kalınlığı a=7 mm ve uzunluğu l_k=100 mm olan çift taraflı köşe dikişi ile kaynak edilmiştir. 12 mm'lik kısımlarda kaynak yoktur.

Malzeme: S235JR, II. Kalite kaynak, darbe yok ve emniyet katsayısı S=1,5 ise sistem belirtilen yükü emniyetle taşıyabilir mi, kontrol ediniz.

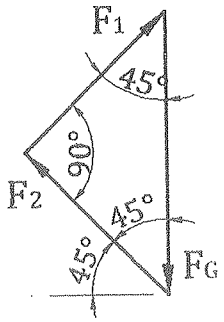


ÇÖZÜM:

F_G=7 ton=70000 N, a=7 mm, l_k=100 mm, S=1,5, malzeme S235JR

v_2=0,8 (Çizelge 4.3, II. kalite kaynak), v_3=1 (Çizelge 4.3, darbe yok)

Sinüs teoreminden;



$$\frac{F_G}{\sin 90} = \frac{F_1}{\sin 45} = \frac{F_2}{\sin 45}$$

$$\frac{70000}{1} = \frac{F_1}{0{,}707} = \frac{F_2}{0{,}707}$$

$$F_1 = F_2 = 49497 \text{ N}$$

$$F_x = F_1 \cdot \cos 45 = 49497 \cdot 0{,}707 \cong 35000 \text{ N}$$

$F_x = F_y = 35000$ N bulunur.

F_y'den dolayı çekme;

$$\sigma_ç = \frac{F_y}{A_k} = \frac{35000}{2 \cdot 7 \cdot 100} = 25 \text{ N/mm}^2$$

F_x'den dolayı kesme;

$$\tau_k = \frac{F_x}{A_k} = \frac{35000}{2 \cdot 7 \cdot 100} = 25 \text{ N/mm}^2$$

F_x'den dolayı eğilme;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{2 \cdot W_k} = \frac{30 \cdot 35000 \cdot 6}{2 \cdot 7 \cdot 100^2} = 45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{(\sigma_e + \sigma_ç)^2 + 3 \cdot \tau_k{}^2} = \sqrt{(25+45)^2 + 3 \cdot 25^2} = \sqrt{4900 + 1875}$$

$$\sigma_{eş} = 82{,}31 \text{ N/mm}^2$$

Çift taraflı köşe dikişi eğilme durumu için v_1=0,6 (Çizelge 4.4)

$$\sigma_{k\,em} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\sigma_{DD_e}}{S} = 0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{260}{1{,}5} = 83{,}2 \text{ N/mm}^2$$

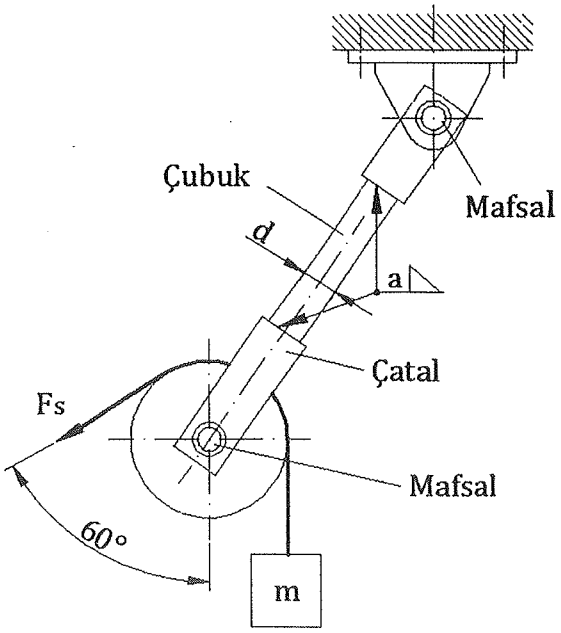
$\sigma_{eş} \leq \sigma_{k\,em}$ $82{,}31 \leq 83{,}2$ olduğu için kaynak emniyetlidir.

PROBLEM 4.8

Şekildeki halat-makara sistemi ile m=500 kg yük taşınmaktadır. Makara, çatala perno ile sabitlenmiştir. Çatal, S235JRG2 malzemeden yapılmış silindirik çubuğa çevresel köşe dikişi ile kaynak edilmiştir. II. Kalite kaynak olup darbe etkisi yoktur. Emniyet katsayısını S=2 ve g=10 m/s² alarak;

a) Çubuk çapını (d) bulunuz.

b) Kaynak kalınlığını (a) bulunuz.



ÇÖZÜM:

m=500 kg, S235JRG2

II. Kalite kaynak, darbe yok ve S=2

a) d = ?

$$F_G = F_s = m \cdot g = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ N}$$

$$F = \sqrt{F_G{}^2 + F_s{}^2 + 2 \cdot F_G \cdot F_s \cdot \cos\alpha}$$

$$F = \sqrt{5000^2 + 5000^2 + 2 \cdot 5000 \cdot 5000 \cdot \cos 60} = 8660{,}25 \text{ N}$$

$$\sigma_ç = \frac{F}{A} \leq \sigma_{em} \rightarrow \frac{8660{,}25 \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{235}{2}$$

$d = 9{,}68$ mm $\cong 10$ mm alınır.

b) Kaynak kalınlığı, a = ?

$$\sigma_{k_ç} = \frac{F}{A_k} \leq \sigma_{k_{em}} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{S}$$

$$\frac{8660{,}25 \cdot 4}{\pi \cdot [(10 + 2a)^2 - 10^2]} \leq 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{235}{2}$$

$$34641 = 236{,}128 \cdot [(10 + 2a)^2 - 10^2]$$

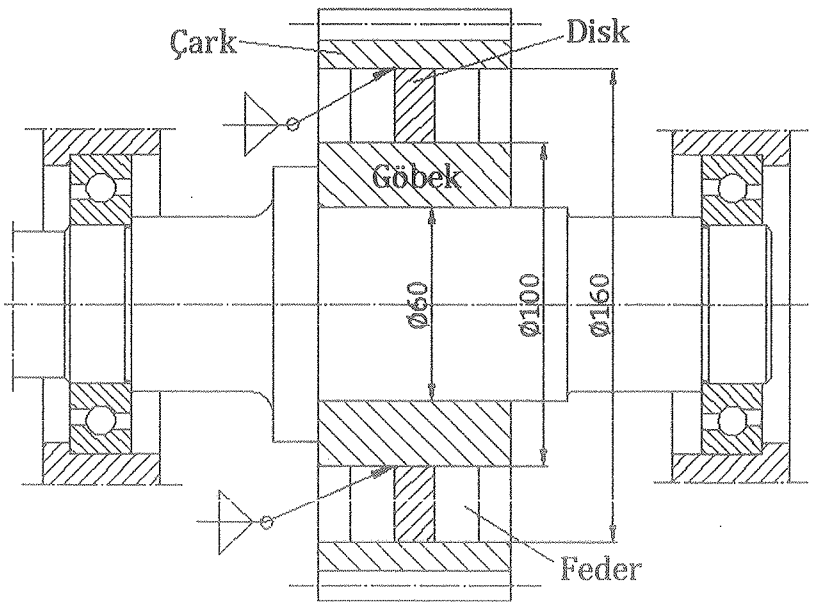
$$146{,}7 = 100 + 40a + 4a^2 - 100$$

$$4a^2 + 40a - 146{,}7 = 0$$

$$a = \frac{-40 \mp \sqrt{1600 + 4 \cdot 4 \cdot 146{,}7}}{8} = 2{,}85 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad a = 3 \text{ mm alınır.}$$

PROBLEM 4.9

Şekildeki düz dişli, kaynaklı birleştirme ile imal edilmiştir. Sistemi tahrik eden motor gücü 10 kW olup milin devir sayısı 100 d/d dır. Çark, perde ve göbek malzemesi E335 olarak verilmiştir. Kaynak II. Kalite olup orta şiddetli darbelere maruz kalmaktadır. Kaynak kalınlığı a=5 mm dir. Sistemin emniyet katsayısı S=1,5 alınacaktır. Dalgalı değişken olarak zorlanan göbekteki ve çarktaki kaynak dikişlerinin emniyetli olup olmadığını kontrol ediniz. Federlerin moment taşımadığı kabul edilecektir.



ÇÖZÜM:

Göbekteki kaynak dikişinde oluşan gerilme;

$$\tau_{k_b} = \frac{M_d}{2 \cdot W_b} = \frac{M_d}{2 \cdot \frac{\pi}{16}\left[\frac{(d+2a)^4 - d^4}{d+2a}\right]}$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{10}{100} = 955000 \text{ Nmm}$$

$$W_b = \frac{\pi}{16}\left[\frac{(100+2\cdot5)^4 - 100^4}{100+2\cdot5}\right] = 82842 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{k_b} = \frac{955000}{2 \cdot 82842} = 5{,}76 \text{ N/mm}^2$$

Çarktaki kaynak dikişinde oluşan gerilme;

$$\tau_{k_b} = \frac{M_d}{2 \cdot W_b}$$

$$W_b = \frac{\pi}{16}\left[\frac{160^4 - (160 - 2\cdot5)^4}{160}\right] = 182985 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{k_b} = \frac{955000}{2 \cdot 182985} = 2{,}6 \text{ N/mm}^2$$

Göbekteki ve çarktaki kaynağın emniyet gerilmesi;

$$\tau_{k_{em}} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\tau_{DD}}{S}$$

v_1=0,42 (Çizelge 4.4, boğaz dikişi, kayma)

v_2=0,8 (Çizelge 4.3, II. Kalite kaynak)

v_3=0,8 (Çizelge 4.3, orta darbe)

E 335 için; $\tau_{DD_b} = 230 \text{ N/mm}^2$ (Şekil 3.21 c, Smith diyagramından)

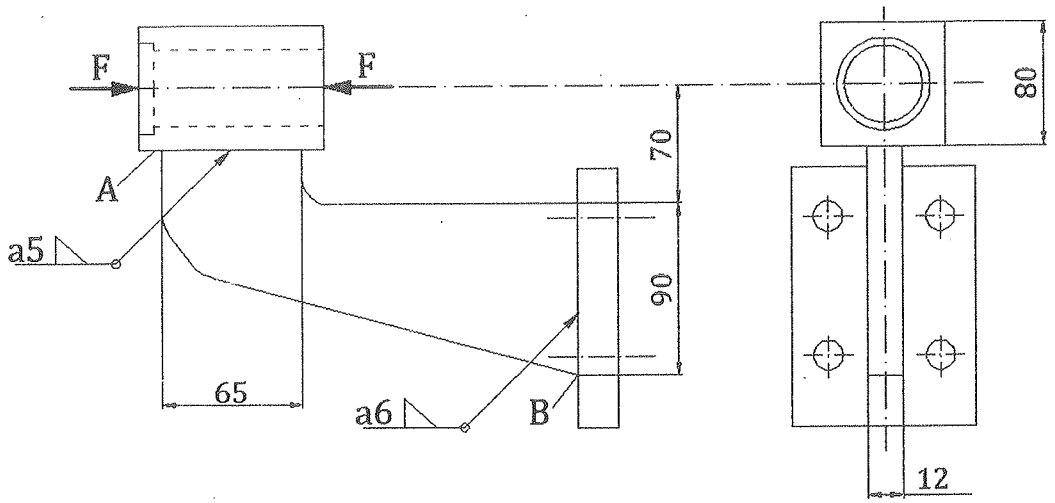
$$\tau_{k_{em}} = 0{,}42 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{230}{1{,}5}$$

$$\tau_{k_{em}} = 41{,}21 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{k_b} < \tau_{k_{em}}$ olduğu için göbekteki ve çarktaki kaynak dikişleri emniyetlidir.

PROBLEM 4.10

Aşağıdaki şekilde, konsol üç parçanın kaynak edilmesiyle üretilmiştir. Konsola F=±8 kN yük etki etmektedir. Birleştirilen parçalar S235JRG2 malzemeden yapılmıştır. II. Kalite kaynak edilmiş olup darbe etkisi yoktur. Kaynaklar bütün çevre boyunca yapılmıştır. A ve B bölgesindeki kaynakların emniyetli olup olmadığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

$F = \mp 8$ kN (tam değişken), S235JRG2

II. kalite kaynak, darbe yok

A – bölgesi;

Kesme ve eğilme gerilmesi vardır.

$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{8000}{75 \cdot 22 - 65 \cdot 12} = 9{,}2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot 40}{\frac{22 \cdot 75^3 - 12 \cdot 65^3}{12} \cdot \frac{1}{\frac{65}{2} + 5}} = \frac{320000}{13301} = 24{,}05 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eşA} = \sqrt{24{,}05^2 + 3 \cdot 9{,}2^2} = 28{,}85 \text{ N/mm}^2$$

B – bölgesi;

Çeki – bası ve eğilme gerilmesi vardır.

$$\sigma_{ç,b} = \frac{F}{A_k} = \frac{8000}{102 \cdot 24 - 90 \cdot 12} = 5{,}84 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot 115}{\frac{24 \cdot 102^3 - 12 \cdot 90^3}{12} \cdot \frac{1}{\frac{90}{2} + 6}} = \frac{920000}{27321{,}8} = 33{,}67 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eşB} = \sigma_ç + \sigma_e = 39{,}51\ N/mm^2$$

$$\sigma_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\sigma_D}{S} = 0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{180}{S} = \frac{86{,}4}{S}$$

A – bölgesi için;

$$\frac{86{,}4}{S_A} = 28{,}85 \rightarrow S_A = 3$$

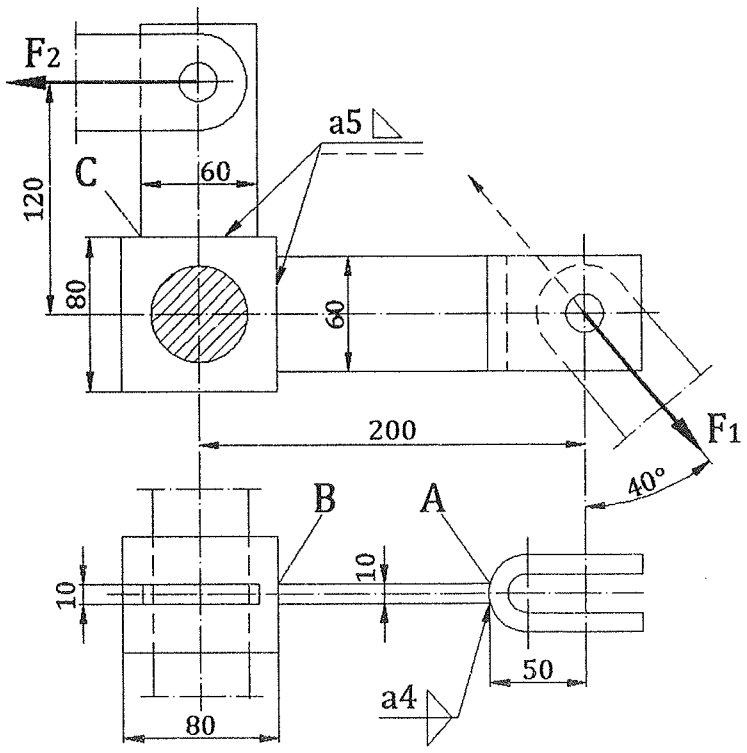
B – bölgesi için;

$$\frac{86{,}4}{S_B} = 39{,}51 \rightarrow S_B = 2{,}18$$

Her iki kaynak bölgesi de emniyetlidir.

PROBLEM 4.11

Şekildeki ara kol, A, B ve C bölgelerinde dört parçanın kaynak edilmesiyle üretilmiştir. Kola F_1=±3 kN yük etki etmektedir. Birleştirilen parçalar S235JRG2 malzemeden yapılmıştır. II. Kalite kaynak edilmiş olup darbe etkisi yoktur. Kaynaklar uzun kenarlar boyunca yapılmıştır. A ve C bölgesindeki kaynakların emniyetli olup olmadığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

F_1=∓3 kN, S235JRG2, II. Kalite, darbe yok.

S_A=? S_C=?

$F_{1x}=F_1 \cdot \sin 40 = 1928{,}36$ N

$F_{1y}=F_1 \cdot \cos 40 = 2298{,}13$ N

A-Bölgesinde;

F_{1x}'den dolayı çekme; $\sigma_ç = \frac{F_{1x}}{A_k} = \frac{F_1 \cdot \sin 40}{2 \cdot 4 \cdot 60} = 4{,}01\ N/mm^2$

F_{1y}'den dolayı kesme; $\tau_k = \frac{F_{1y}}{A_k} = \frac{F_1 \cdot \cos 40}{2 \cdot 4 \cdot 60} = 4{,}78\ N/mm^2$

F_{1y}'den dolayı eğilme; $\sigma_e = \frac{M_e}{2 \cdot W_e} = \frac{F_{1y} \cdot 50 \cdot 6}{2 \cdot 4 \cdot 60^2} = 23{,}93\ N/mm^2$

$\sigma_{eşA} = \sqrt{(\sigma_ç + \sigma_e)^2 + 3 \cdot \tau_k{}^2} = \sqrt{(4{,}01 + 23{,}93)^2 + 3 \cdot 4{,}78^2} \rightarrow \sigma_{eşA} = 29{,}14\ N/mm^2$

C-Bölgesinde;

$\sum M_0 = 0$

$-F_2 \cdot 120 + F_{1y} \cdot 200 = 0 \rightarrow F_2 = \frac{2298{,}13 \cdot 200}{120} = 3830{,}21\ N$

F_2'den dolayı kesme; $\tau_k = \frac{F_2}{A_k} = \frac{3830{,}21}{2 \cdot 5 \cdot 60} = 6{,}38\ N/mm^2$

F_2'den dolayı eğilme; $\sigma_e = \frac{M_e}{2 \cdot W_e} = \frac{F_2 \cdot 80 \cdot 6}{2 \cdot a \cdot 60^2} = 51{,}06\ N/mm^2$

$\sigma_{eşC} = \sqrt{51{,}06^2 + 3 \cdot 6{,}38^2} = 52{,}2\ N/mm^2$

$\sigma_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\sigma_{TD}}{S}$

v_1=0,6 (Çizelge 4.4, çift taraflı köşe dikişi), v_2=0,8 ve v_3=1 (Çizelge 4.3)

$\sigma_{TD} = 180\ N/mm^2$ (Şekil 3.21 b, eğilme tam değişken)

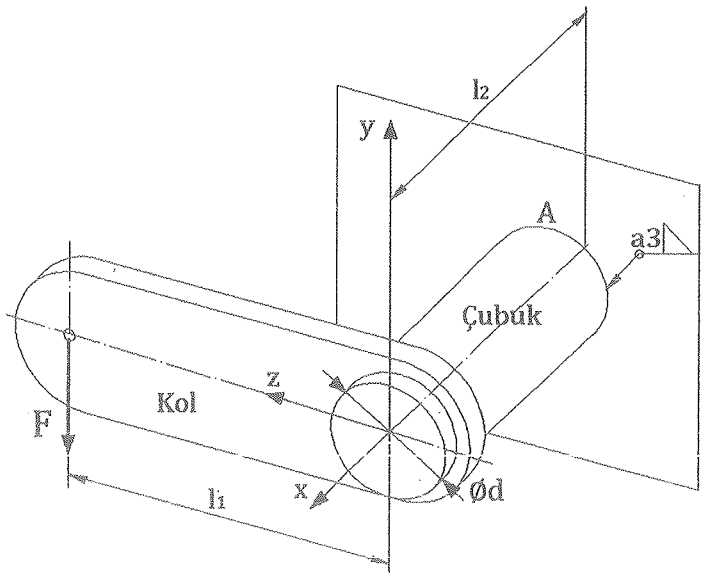
A – Bölgesi: $0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{180}{S_A} = 29{,}14 \rightarrow S_A = 2{,}96$

C – Bölgesi: $0{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot \frac{180}{S_C} = 52{,}2 \rightarrow S_C = 1{,}65$

Her iki bölgede emniyetlidir.

PROBLEM 4.12

Şekildeki kol, çapı d=30 mm olan çubuk ile birleştirilmiş ve çubuk duvara, kalınlığı a=3 mm olan boğaz kaynağı ile kaynak edilmiştir. Kola, F=2 kN yük etki etmektedir. Uzunluklar l_1=l_2=100 mm'dir. Birleştirilen parçalar S235JRG2 malzemeden yapılmıştır. Kaynak I. Kalite olup darbe etkisi yoktur. A bölgesindeki kaynağın emniyetli olup olmadığını kontrol ediniz.
(R_e = 235 MPa , S235JR G2 için)



ÇÖZÜM:

d=30 mm, F=2 kN, a=3 mm, $l_1=l_2=100$ mm, I. Kalite, darbe yok.

Malzeme S235JRG2, S=?

Kaynakta F ·l_1'den dolayı burulma gerilmesi;

$$\tau_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{2000 \cdot 100}{\frac{\pi}{16} \cdot \left(\frac{36^4 - 30^4}{36}\right)} = 42{,}16\ N/mm^2$$

F'den dolayı kesme gerilmesi;

$$\tau_k = \frac{F}{A} = \frac{2000}{\frac{\pi}{4} \cdot (36^2 - 30^2)} = 6{,}43\ N/mm^2$$

C Noktasında

$$\tau_{eş} = \sqrt{\tau_b{}^2 + \tau_k{}^2} = \sqrt{42{,}16^2 + 6{,}43^2} = 42{,}64\ N/mm^2$$

F · l_2'den dolayı eğilme gerilmesi;

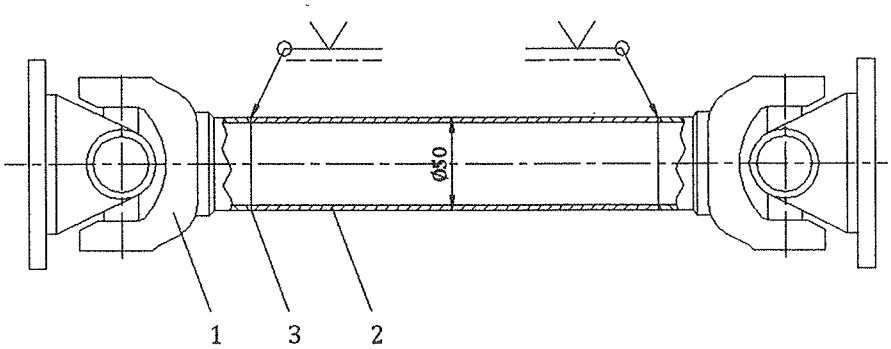
$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{2000 \cdot 100}{\frac{\pi}{32} \cdot \left(\frac{36^4 - 30^4}{36}\right)} = 84{,}33\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e{}^2 + 3 \cdot \tau_{eş}{}^2} = \sqrt{84{,}33^2 + 3 \cdot 42{,}64^2} = 112{,}1\ N/mm^2$$

v_1=0,8 (Çizelge 4.2, her tip köşe dikişi), v_2=1 (I. Kalite), v_3=1 (darbe yok)

$$\sigma_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{R_e}{s} = 0{,}8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{235}{S} = 112{,}1 \rightarrow \quad S = 1{,}67 \text{ olduğu için emniyetlidir.}$$

PROBLEM 4.13



Şekilde bir kardan kaplini verilmiştir. 1 nolu çatal, dış çapı 50 mm olan 2 nolu boruya 3 nolu V dikişi ile kaynak edilmiştir. Kaynak kalınlığı a=5 mm olup borunun et kalınlığına (s) eşittir. Boru malzemesi S235 olup, sistemin tam değişken zorlamaya maruz kaldığı kabul edilecektir. Kaynak II. Kalite, darbe yok ve S=1,5 alınacaktır. Bu kaplin ile n=1000 d/d'da maksimum ne kadar bir güç iletilebilir, hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$D = 50mm, V - dikişi, a = s = 5\ mm$

S235, tam değişken zorlama, II. Kalite, darbe yok, n=1000 d/d, S=1,5

$$\tau_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\tau_{TD}}{S}$$

$v_1 = 0{,}42$ (Çizelge 4.4, alın dikişi, kayma), $v_2 = 0{,}8$ (II. Kalite) ve $v_3 = 1$ (darbe yok)

$\tau_{TD} = 100\ N/mm^2$ (Şekil 3.21 c, Smith diyagramından)

$$\tau_{kem} = 0{,}42 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{100}{1{,}5} = 22{,}4\ N/mm^2$$

Kaynakta burulma gerilmesi vardır.

$$\tau_{kb} = \frac{M_b}{W_b} \leq \tau_{kem}$$

$$\frac{M_b}{\frac{\pi}{16} \cdot \left[\frac{50^4 - 40^4}{50}\right]} = 22{,}4 \quad \rightarrow \quad M_b = 324424\ Nmm = 324{,}4\ Nm$$

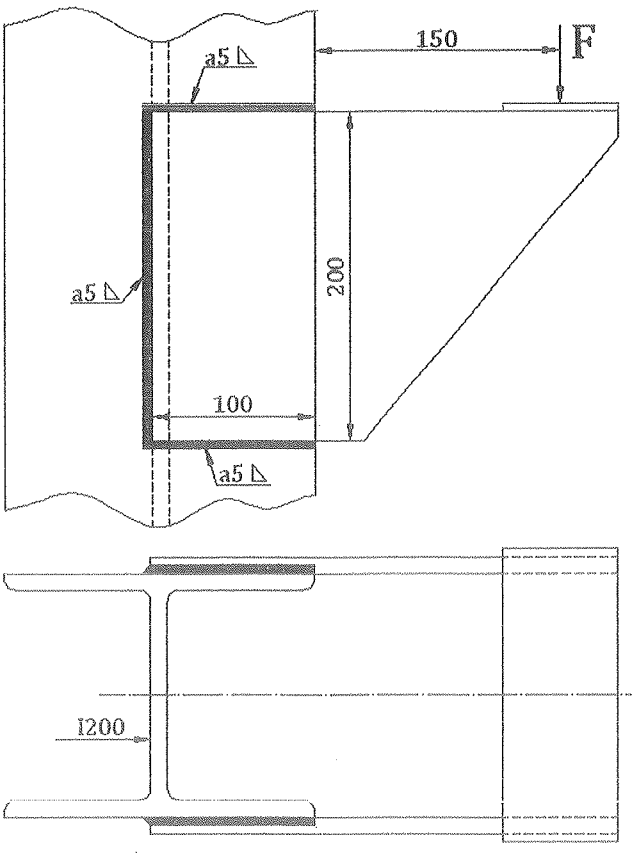
$$M_b = M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n}$$

$$324{,}4 = 9550 \cdot \frac{P}{1000}$$

P = 34 kW iletilebilir.

PROBLEM 4.14

Şekildeki konsol, I200 profiline çift taraflı C–şeklindeki köşe dikişi ile birleştirilmiştir. F=30 kN, sistem için gerilme oranı R=0 ve birleştirilen parçaların malzemesi S235 olarak kabul edilecektir. Kaynak II. Kalite olup, v_1=0,3 ve v_3=1 alınacaktır. Kaynak dikişinin yeterli olup olmadığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

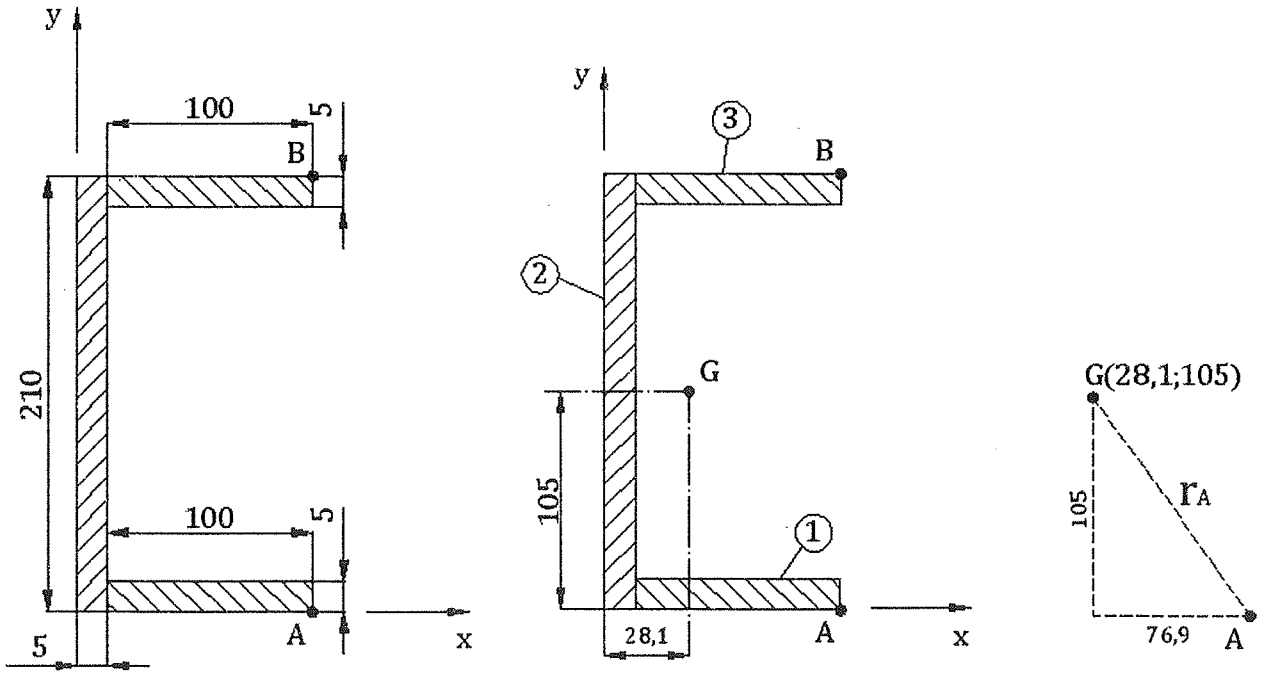
x_1=55 mm; y_1=2,5 mm; x_2=2,5 mm; y_2=105 mm; x_3=55 mm; y_3=207,5 mm

$A_1 = 100 \cdot 5 = 500\ mm^2$; $A_2 = 5 \cdot 210 = 1050\ mm^2$; $A_3 = 100 \cdot 5 = 500\ mm^2$

$$x = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i} = \frac{(500 \cdot 55) + (1050 \cdot 2,5) + (500 \cdot 55)}{500 + 1050 + 500} = 28,1\ mm$$

$$y = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i} = \frac{(500 \cdot 2,5) + (1050 \cdot 105) + (500 \cdot 207,5)}{500 + 1050 + 500} = 105\ mm;$$

G (28,1;105)



$$I_x = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot {h_1}^3}{12} + 2 \cdot A_1 \cdot (y_1 - y)^2 + \frac{b_2 \cdot {h_2}^3}{12} + A_2 \cdot (y_2 - y)^2$$

$$I_x = 2 \cdot \frac{100 \cdot 5^3}{12} + 2 \cdot 500 \cdot (2,5 - 105)^2 + \frac{5 \cdot 210^3}{12} + 0 = 14367083\ mm^4$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{h_1 \cdot {b_1}^3}{12} + 2 \cdot A_1 \cdot (x_1 - x)^2 + \frac{h_2 \cdot {b_2}^3}{12} + A_2 \cdot (x_2 - x)^2$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{5 \cdot 100^3}{12} + 2 \cdot 500(55 - 28,1)^2 + \frac{210 \cdot 5^3}{12} + 1050(2,5 - 28,1)^2 = 2247259\ mm^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 14367083 + 2247259 = 16614342\ mm^4$$

$$M_b = F \cdot L = 30000 \cdot [150 + (105 - 28,1)] = 6807000\ Nmm$$

$\tau_{eşA} = \tau_{eşB}$ (A ve B noktalarının burulma yarıçapları eşit)

$$r_A = \sqrt{105^2 + 76{,}9^2} = 130{,}15 \text{ mm}$$

$$\tau_{eşA} = \frac{M_b/2 \cdot r_A}{I_p} + \frac{F/2}{A_k}$$

$$\tau_{bA} = \frac{M_b/2 \cdot r_A}{I_p} = \frac{6807000/2 \cdot 130{,}15}{16614342} = 26{,}66 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_k = \frac{F/2}{A_k} = \frac{30000/2}{(500 + 1050 + 500)} = 7{,}3 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{eşA} = 26{,}66 + 7{,}3 = 33{,}96 \text{ N/mm}^2$$

R=0 ise 0-30000 N arasında değişen dalgalı yükleme vardır.

$$\tau_{kem} = v_1 \cdot v_2 \cdot v_3 \cdot \frac{\tau_{DD}}{S}$$

$v_1 = 0{,}3$ (Çizelge 4.4, üç taraflı köşe dikişi, kayma); $v_2 = 0{,}8$ (Çizelge 4.3, II. Kalite)

$v_3 = 1$ (Çizelge 4.3, darbe yok)

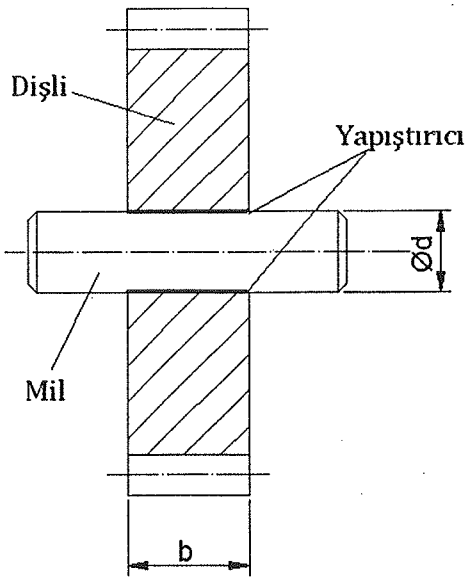
$\tau_{DD} = 160 \text{ N/mm}^2$ (Şekil 3.21 c, Smith diyagramından)

$$33{,}96 = 0{,}3 \cdot 0{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{160}{S} \quad \rightarrow \quad S = 1{,}13 \text{ bulunur.}$$

BÖLÜM 5: LEHİM VE YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI

PROBLEM 5.1

Mil-göbek bağlantısı ile P=1,1 kW güç, n=950 d/d ile iletilmektedir. Bağlantıda Loctite 648 yapıştırıcı kullanılmıştır. Bağlantının dinamik zorlandığı kabul edilecektir. Mil çapı d=10 mm ve emniyet katsayısı S=2 için dişli genişliği (b) ne olmalıdır.



ÇÖZÜM:

P =1,1 kW, n=950 d/d, Loctite 648, d=10 mm, S=2

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{1,1}{950} = 11,05 \text{ Nm}$$

$$M_d = F_t \cdot \frac{D}{2} \rightarrow F_t = \frac{2 \cdot 11,05}{0,01} = 2210 \text{ N}$$

Çizelge 5.2'den, τ_{kY}=23 N/mm² alınır.

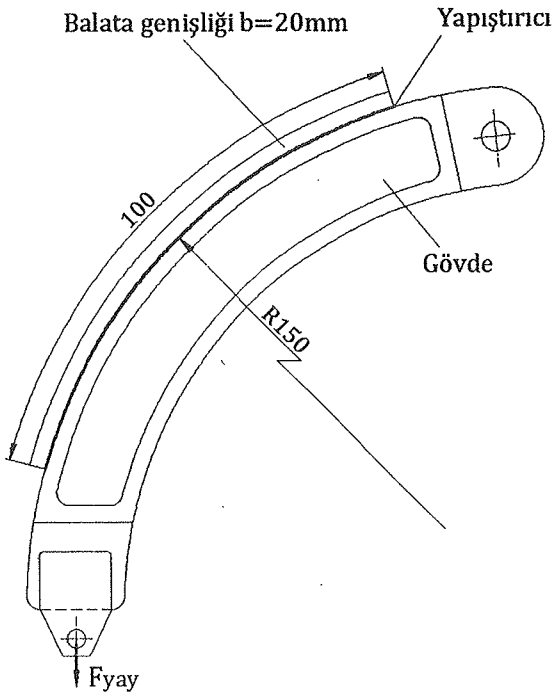
$$\tau_{YemD} = (0,2..0,3)\frac{\tau_{kY}}{S} = 0,25 \cdot \frac{23}{2} = 2,87 \text{ N/mm}^2$$

Konstrüksiyon gereği yapıştırma uzunluğu, l=b alınır.

$$\tau_Y = \frac{F_t}{\pi \cdot d \cdot b} \leq \tau_{Yem} \rightarrow \frac{2210}{\pi \cdot 10 \cdot b} \leq 2,87 \rightarrow b > 24,52 \text{ mm} = 25 \text{ mm olmalıdır.}$$

PROBLEM 5.2

Çevrede dört adet sürtünme elemanına sahip bir fren ile döndürme momentine karşı konulmaktadır. Balata ile gövde arasında 3M AF-163-2M epoksi yapıştırıcı kullanılmıştır. Bu fren ile maksimum ne kadarlık bir döndürme momenti karşılanabilir. Emniyet katsayısı S=4 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

Çizelge 5.2'den 3M AF-163-2M epoksi yapıştırıcı için τ_{kY}=39 N/mm² alınır.

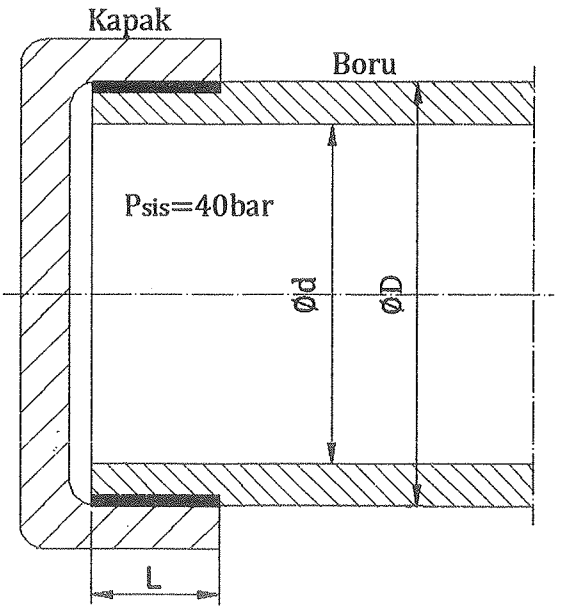
$$\tau_{YemD} = 0{,}25 \cdot \frac{\tau_{kY}}{S} = 0{,}25 \cdot \frac{39}{4} = 2{,}43 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_Y = \frac{F_t}{b \cdot l} \leq \tau_{Yem} \rightarrow \frac{F_t}{20 \cdot 100} \leq 2{,}43 \rightarrow F_t = 4860 \text{ N}$$

$$M_d = n \cdot F_t \cdot R = 4 \cdot 4860 \cdot 150 = 2916000 \text{ Nmm} = 2916 \text{ Nm}$$

PROBLEM 5.3

Şekilde basınçlı yağ tesisatında kullanılan borunun uç kısmına kapak, sert lehim (LMs54) ile birleştirilmiştir. Sistem basıncı maksimum 40 bar, dış çap D=100 mm, iç çap d=90 mm ve emniyet katsayısı S=4 olarak verilmiştir. Basınçtan dolayı oluşan eksenel kuvveti karşılayabilmek için, lehim bindirme uzunluğu (L) en az kaç mm olmalıdır.



ÇÖZÜM:

$$p = 40\text{bar} = 40 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$p = \frac{F_a}{A} \rightarrow F_a = p \cdot A = 40 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} = 31400 \text{ N}$$

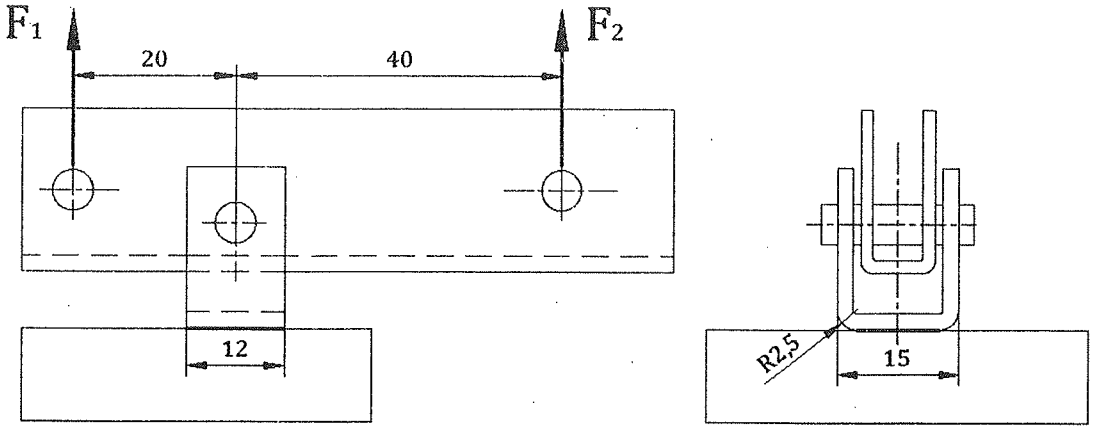
$$\tau_{Lk} = \frac{F_a}{\pi \cdot D \cdot L} = \frac{31400}{\pi \cdot 100 \cdot L} = \frac{100}{L}$$

Çizelge 5.1'den LMs54 sert lehim malzemesi için $\tau_{kL} = 150$ N/mm² alınır.

$$\tau_{Lem} = \frac{\tau_{kL}}{S} = \frac{150}{4} \geq \frac{100}{L} \rightarrow L \geq 2{,}66 \text{ mm} = 3 \text{ mm olmalıdır.}$$

PROBLEM 5.4

Şekildeki kol-çatal bağlantısı ile F_1=4 kN kuvvet iletilmektedir. Çatal alt gövdeye LMs42 sert lehimi ile birleştirilmiştir. Lehim bağlantısı, verilen yüklemeyi S=4 emniyet ile taşıyabilirmi, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

$F_1 \cdot 20 = F_2 \cdot 40 \rightarrow 4 \cdot 20 = F_2 \cdot 40 \rightarrow F_2 = 2\ kN$

$F_{top} = F_1 + F_2 = 4 + 2 = 6\ kN$

$$\sigma_{Lç} = \frac{F_{top}}{A_L} = \frac{6000}{12 \cdot (15 - 2 \cdot 2{,}5)} = 50\ N/mm^2$$

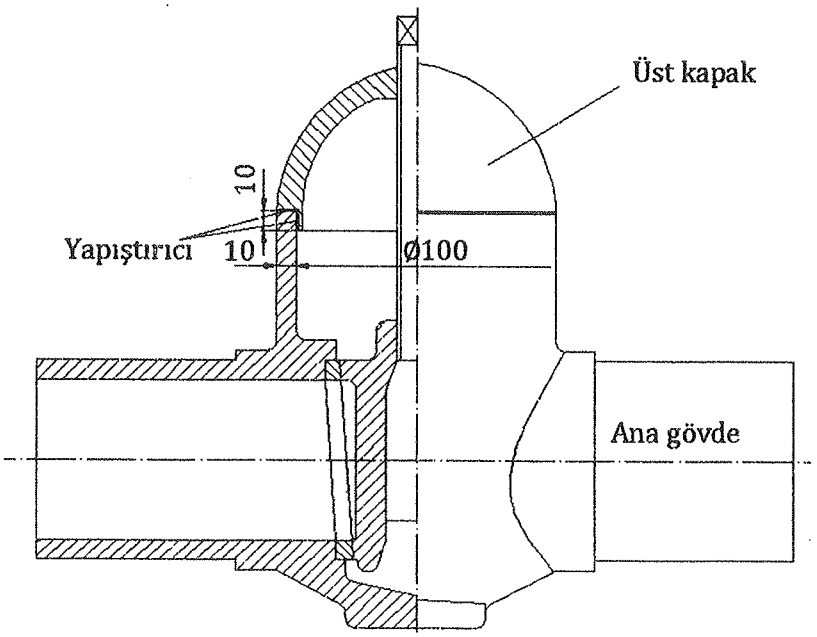
Çizelge 5.1'den LMs42 lehim malzemesi için R_{mL}=250 N/mm² alınır.

$$\sigma_{Lem} = \frac{R_{mL}}{S} = \frac{250}{4} = 62{,}5\ N/mm^2$$

50 < 62,5 N/mm² olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 5.5

Şekildeki vanada, üst kapak ana gövdeye Permabond E04 epoksi ile yapıştırılmıştır. Sistemdeki basınç 0 ile 10 bar arasında değişmektedir. Yapıştırma bağlantısının emniyet katsayısını bulunuz. Bağlantı dört kat emniyetle çalışabilir mi, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

p=0-10 bar (dinamik zorlama), Permabond E04 epoksi yapıştırıcı

Çizelge 5.2'den Permabond E04 epoksi yapıştırıcı için τ_{kY}=21 N/mm² alınır.

Bağlantı, hem kesme hem de çekme gerilmesine maruz kalmaktadır. Yapıştırma bağlantıları genellikle kesme gerilmesine göre tasarlandıkları için, literatürde sadece kesme dayanımları verilmektedir. Çekme değeri mevcut olmadığı zaman, kesme gerilmesi gibi işlem yapılabilir. Bunun için yapıştırma alanı bulunurken kesilen ve çekilen alan toplanmıştır.

Yapıştırma alanı;

$$A_y = A_{Kes} + A_{Çek} = \pi \cdot d \cdot l + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) = \pi \cdot 100 \cdot 10 + \frac{\pi}{4}(120^2 - 100^2) = 6594\ mm^2$$

Bağlantıyı zorlayan eksenel kuvvet;

$$p = 10\ bar = 10 \cdot 10^5\ N/m^2$$

$$p = \frac{F_a}{A} \rightarrow F_a = p \cdot A = 10 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} = 7850\ N$$

$$\tau_{YemD} = 0{,}25 \cdot \frac{\tau_{kY}}{S} = 0{,}25 \cdot \frac{21}{S} = \frac{5{,}25}{S}\ N/mm^2$$

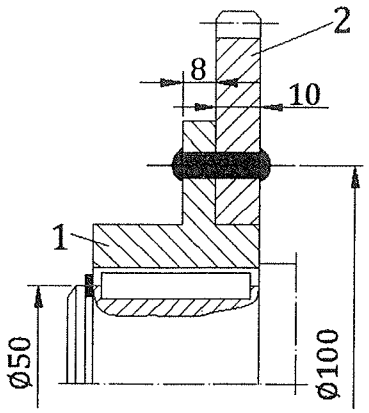
$$\tau_y = \frac{F_a}{A_y} \leq \tau_{YemD} \rightarrow \frac{7850}{6594} \leq \frac{5{,}25}{S} \rightarrow S = 4{,}41 \text{ bulunur.}$$

4,41 > 4 olduğu için bağlantı emniyetlidir.

BÖLÜM 6: PERÇİN BAĞLANTILARI

PROBLEM 6.1

Şekilde 1 nolu göbek ile 2 nolu zincir dişli çark, çevrede 8 adet St34'den yapılmış perçin ile birleştirilmiştir. Zincir dişli n=15 d/d ile P=1,8 kW güç iletmektedir. Perçin çaplarını bulunuz.



ÇÖZÜM:

Çizelge 6.1'den St34 için → $\tau_{em} = 140\ N/mm^2$

$p_{em} = 280\ N/mm^2$

Kesme;

$$\tau_k = \frac{F_t \cdot 4}{n \cdot z \cdot \pi \cdot d_1^2} \leq \tau_{em}$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{1,8}{15} = 1146\ Nm$$

$$M_d = F_t \cdot \frac{D}{2} \quad \rightarrow \quad F_t = \frac{2 \cdot 1146}{0,100} = 22920\ N$$

$$\frac{22920 \cdot 4}{1 \cdot 8 \cdot \pi \cdot d_1^2} = 140 \quad \rightarrow \quad d_1 = 5,1\ mm$$

$d_1 \cong 5$ mm alınabilir.

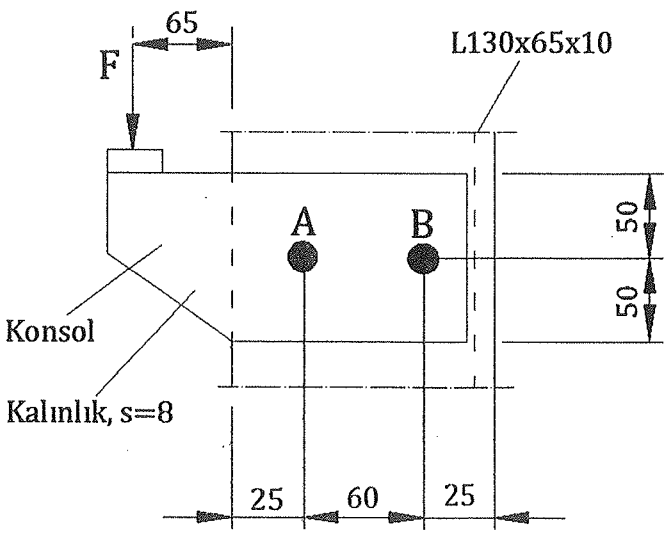
Yüzey basıncı;

$$p_p = \frac{F_{t_1}}{d_1 \cdot s \cdot z} \leq p_{em} \rightarrow \frac{22920}{5 \cdot 8 \cdot 8} \leq 280$$

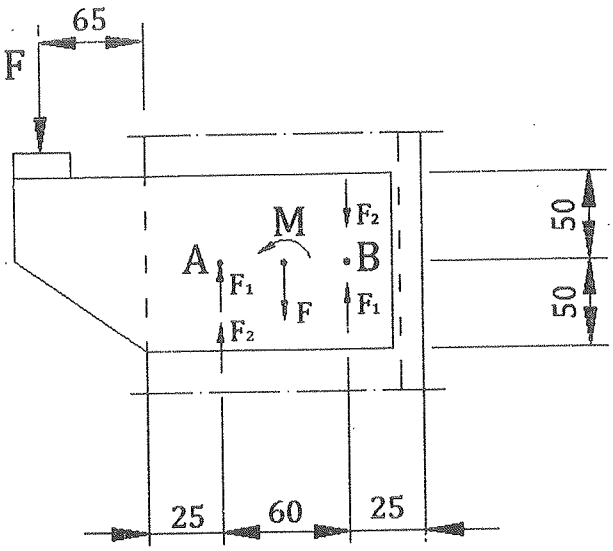
$71,62 \leq 280$ olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 6.2

Şekildeki kiriş–konsol bağlantısına, F=12 kN yük etki etmektedir. Bağlantıda malzemeleri St34 olan 2 adet perçin kullanılmıştır. Perçin malzemesi için, τ_{em}=140 N/mm² ve p_{em}=280 N/mm² ise, A ve B perçin çaplarını bulunuz.



ÇÖZÜM:



Perçinler F ve M=F.120'den dolayı kesme gerilmesine zorlanırlar.

F'den dolayı kesme kuvveti (F_1);

z: Perçin sayısı

$$F_1 = \frac{F}{z} = \frac{12}{2} = 6\ kN = 6000\ N$$

Momentten dolayı kesme kuvveti (F_2);

$$M = F \cdot (65 + 25 + 30) = 12 \cdot 120$$
$$= 1440\ kNmm$$

$$M = F_2 \cdot 60 \quad \rightarrow \quad 1440000 = F_2 \cdot 60$$

$$F_2 = 24000\ N$$

$$F_{max_A} = F_1 + F_2 = 6000 + 24000 = 30000\ N$$

$$F_{max_B} = F_2 - F_1 = 24000 - 6000 = 18000\ N$$

Kesme gerilmesi;

$$\tau_k = \frac{F_{maxA} \cdot 4}{\pi \cdot d_A^{\,2}} \leq \tau_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{30000 \cdot 4}{\pi \cdot d_A^{\,2}} = 140 \rightarrow d_A = 16{,}52\ mm$$

$$\tau_k = \frac{F_{maxB} \cdot 4}{\pi \cdot d_B^{\,2}} \leq \tau_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{18000 \cdot 4}{\pi \cdot d_B^{\,2}} = 140 \rightarrow d_B = 12{,}79\ mm$$

Ayrıca yüzey basıncına göre de kontrol yapılmalıdır.

$$p_A = \frac{F_{max_A}}{s \cdot d_A} \leq p_{em}$$

$$\frac{30000}{8 \cdot d_A} \leq 280 \quad \rightarrow \quad d_A = 13{,}39\ mm$$

$$p_B = \frac{F_{max_B}}{s \cdot d_B} \leq 280 \quad \rightarrow \quad d_B = 8{,}03\ mm$$

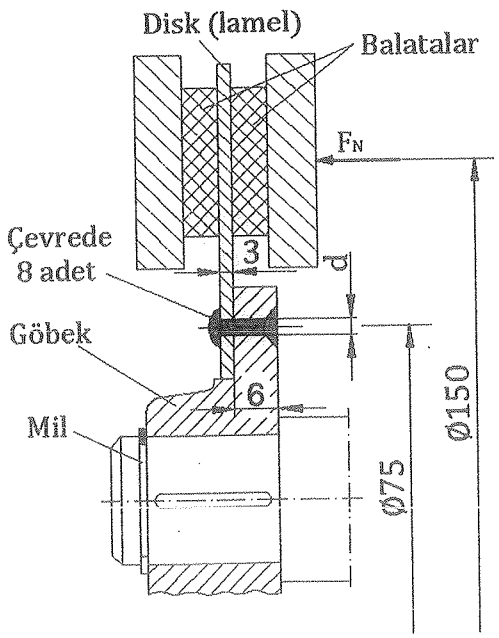
Kesmeden bulunan çaplar daha büyük olduğu için,

$d_A = 16{,}52\ mm \cong 17\ mm$

$d_B = 12{,}79\ mm \cong 13\ mm$ alınabilir.

PROBLEM 6.3

Şekildeki sürtünmeli kaplinde, balatalar üzerine F_N=8000 N baskı kuvveti etki etmektedir. Disk ile balatalar arasındaki sürtünme katsayısı 0,3'dür. 3 mm kalınlığındaki disk, 6 mm kalınlığındaki göbeğe çevrede 8 adet perçin ile birleştirilmiştir. Perçin malzemesi St34 olduğuna göre, yüzey basıncına ve kesmeye göre emniyetli perçin çapını (d) bulunuz.



ÇÖZÜM:

$F_N = 8000$ N, $\mu = 0{,}3$, malzemesi St34 olan 8 adet perçin

$F_s = 2 \cdot \mu \cdot F_N = 2 \cdot 0{,}3 \cdot 8000 = 4800$ N

$F_s \cdot 75 = F_t \cdot 37{,}5 \quad \rightarrow \quad F_t = 9600$ N

Kesilme;

$$\tau_k = \frac{F_t}{z \cdot n \cdot A_p} \leq \tau_{em}$$

Çizelge 6.1'den $\tau_{em} = 140$ N/mm^2 alınır.

$$\frac{9600 \cdot 4}{8 \cdot 1 \cdot \pi \cdot d^2} = 140 \quad \rightarrow \quad d = 3{,}3 \text{ mm}$$

Yüzey basıncı;

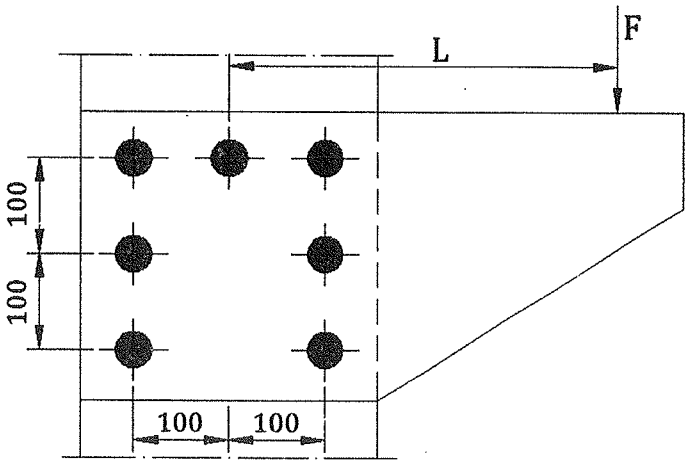
$$p = \frac{F_t}{z \cdot d \cdot s} \leq p_{em}$$

$$\frac{9600}{8 \cdot d \cdot 3} \leq 280 \quad \rightarrow \quad d = 1{,}42 \text{ mm}$$

$d = 3{,}3 \cong 4$ mm seçilir.

PROBLEM 6.4

Şekilde eksantrik olarak yüklenmiş perçin bağlantısı verilmiştir. Bağlantıda 7 adet perçin kullanılmış olup perçin malzemesi St44 alınacaktır. Bütün perçinler aynı çaptadır. Uygulanacak kuvvet F=50 kN, L=400mm ve plaka kalınlığı s=10mm dir. Kullanılan perçin çapını bulunuz.



ÇÖZÜM:

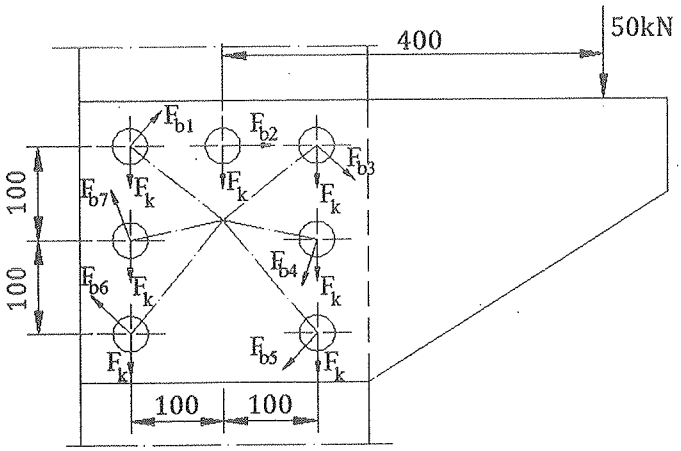
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7}{z}$$

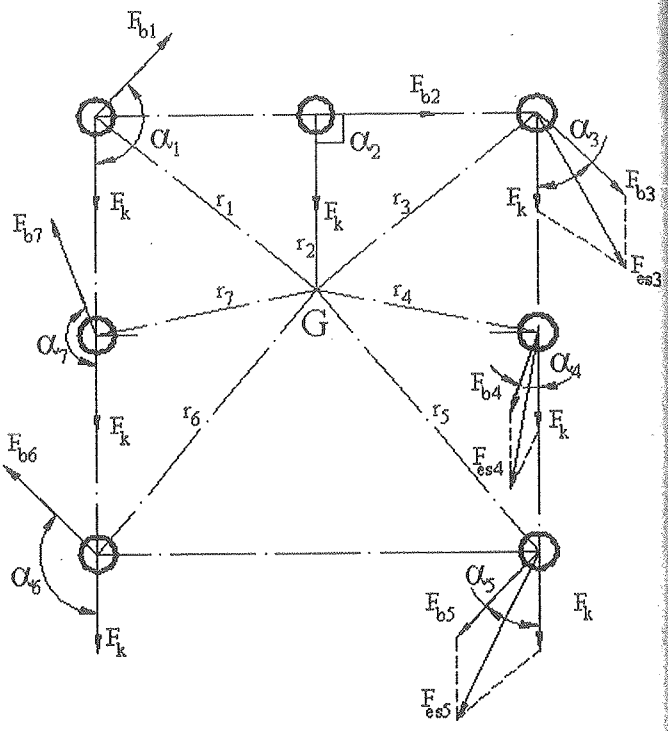
$$= \frac{100 + 200 + 200 + 200}{7} = 100 \text{ mm} \qquad (x_1 = x_6 = x_7 = 0)$$

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7}{z}$$

$$= \frac{200 + 200 + 200 + 100 + 100}{7} = 114{,}3 \text{ mm} \qquad (y_5 = y_6 = 0)$$

Aşağıdaki şekillerden 3, 4 veya 5 nolu perçinlerden birinin maksimum kesme kuvvetine maruz kaldığı görülmektedir.





$$F_k = \frac{F}{Z} = \frac{50 \cdot 10^3}{7} = 7143\ N$$

$$M = F \cdot L = 50 \cdot 10^3 \cdot 400 = 20 \cdot 10^6\ Nmm$$

$$r_1 = r_3 = \sqrt{(100)^2 + (200 - 114{,}3)^2} = 131{,}7\ mm$$

$$r_2 = 200 - 114{,}3 = 85{,}7\ mm$$

$$r_4 = r_7 = \sqrt{(100)^2 + (114{,}3 - 100)^2} = 101\ mm$$

$$r_5 = r_6 = \sqrt{(100)^2 + (114{,}3)^2} = 152\ mm$$

$$\Sigma r^2 = r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + r_4^2 + r_5^2 + r_6^2 + r_7^2 = 108644{,}27\ mm^2$$

$$F_{b_3} = \frac{M \cdot r_3}{\Sigma r^2} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 131{,}7}{108644{,}27} = 24244\ N$$

$$F_{b_4} = \frac{M \cdot r_4}{\Sigma r^2} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 101}{108644{,}27} = 18593\ N$$

$$F_{b_5} = \frac{M \cdot r_5}{\Sigma r^2} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 152}{108644{,}27} = 27981\ N$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{100}{r_3} = \frac{100}{131{,}7} = 0{,}76; \quad \cos \alpha_4 = \frac{100}{r_4} = \frac{100}{101} = 0{,}99$$

$$\cos \alpha_5 = \frac{100}{r_5} = \frac{100}{152} = 0{,}658$$

$$F_{eş_3} = \sqrt{F_{k3}{}^2 + F_{b3}{}^2 + 2 \cdot F_{k3} \cdot F_{b3} \cdot \cos\alpha_3}$$

$$= \sqrt{7143^2 + 24244^2 + 2 \cdot 7143 \cdot 24244 \cdot 0{,}76} = 30033 \text{ N}$$

$$F_{eş_4} = \sqrt{F_{k4}{}^2 + F_{b4}{}^2 + 2 \cdot F_{k4} \cdot F_{b4} \cdot \cos\alpha_4}$$

$$= \sqrt{7143^2 + 18593^2 + 2 \cdot 7143 \cdot 18593 \cdot 0{,}99} = 25684 \text{ N}$$

$$F_{eş_5} = \sqrt{F_{k5}{}^2 + F_{b5}{}^2 + 2 \cdot F_{k5} \cdot F_{b5} \cdot \cos\alpha_5}$$

$$= \sqrt{7143^2 + 27981^2 + 2 \cdot 7143 \cdot 27981 \cdot 0{,}658} = 33121 \text{ N}$$

Çizelge 6.1'den St44 için $\tau_{em} = 210$ N/mm^2 ve $p_{em} = 420$ N/mm^2 alınır. En büyük kuvvet 5 nolu perçinde oluştuğu için;

Kesme gerilmesine göre;

$$\tau_k = \frac{F_{eş_5}}{n \cdot A_p} \leq \tau_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{33121 \cdot 4}{1 \cdot \pi \cdot d_5^2} \leq 210$$

d_5=14,17 mm

Yüzey basıncına göre;

$$p = \frac{F_{eş_5}}{d_5 \cdot s} \leq p_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{33121}{d_5 \cdot 10} \leq 420$$

d_5=7,88 mm

14,17 mm >7,88 mm olduğu için d_5=15 mm alınabilir.

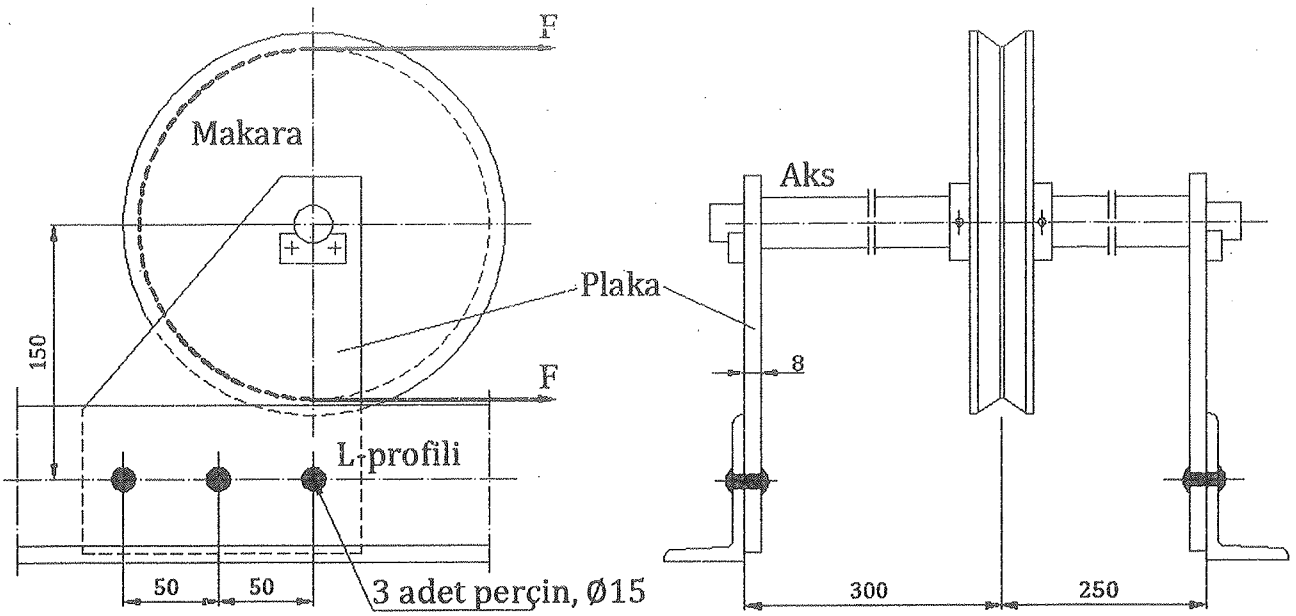
PROBLEM 6.5

Şekilde verilen halat makara sisteminde, makarayı taşıyan aks, 8 mm kalınlığındaki plakaya tespit edilmiştir. Plaka ise L-profile (et kalınlığı s=6 mm) üç adet perçin ile sabitlenmiştir. Perçin malzemesi St44 ve çapları d_p=15 mm dir. Aynı durum hem sağ hem de sol plaka için geçerlidir. Halata F=7,5 kN yük etki etmektedir. Yüzey basıncına ve kesilmeye göre perçin çaplarının yeterli olup olmadığını kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

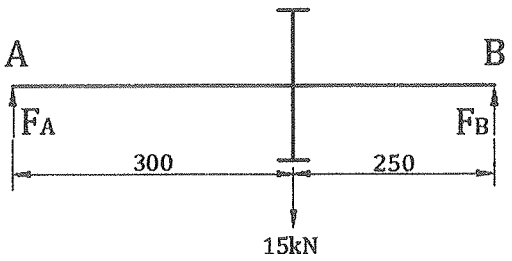
F=7,5 kN, d_p=15 mm, St44, U100 et kalınlığı s=6 mm

$F_{top}=2 \cdot F=2 \cdot 7{,}5=15$ kN



$\sum M_A=0 \quad 15\cdot300-550\cdot F_B=0 \rightarrow F_B=8{,}18\text{kN}$

$F_A=6{,}82\text{kN}$



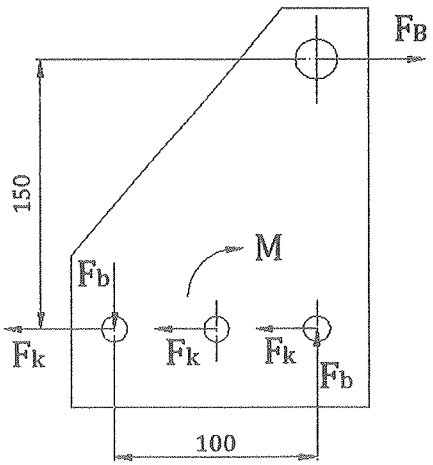
F_B'den dolayı kesme kuvveti (F_k);

$$F_k = \frac{F_B}{3} = \frac{8{,}18}{3} = 2{,}72 \text{ kN}$$

Momentten dolayı kesme kuvveti (F_b);

$F_B \cdot 150 = F_b \cdot 100 \rightarrow F_b = 12{,}27 \text{ kN}$

$$F_{eş} = \sqrt{F_k{}^2 + F_b{}^2} = \sqrt{2{,}72^2 + 12{,}27^2} = 12{,}56 \text{ kN}$$



Kesmeye göre kontrol;

$$\tau_{kp} = \frac{F_{eş}}{n \cdot A_p} \leq \tau_{em}$$

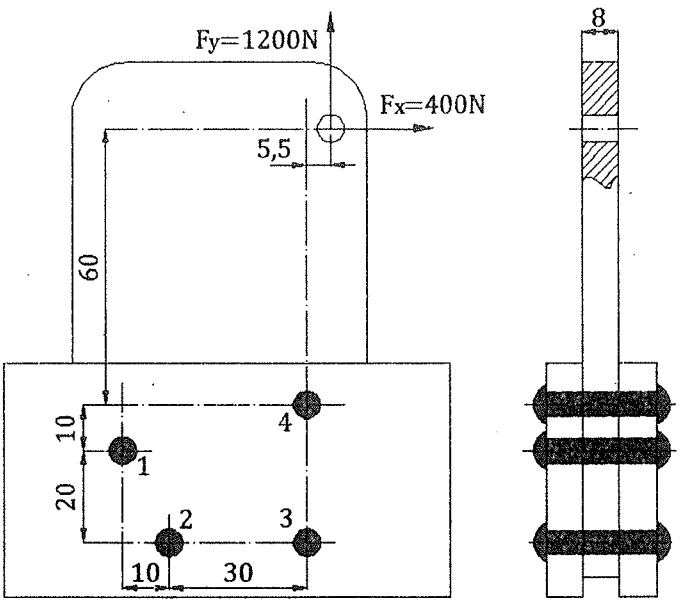
$\frac{12560 \cdot 4}{1 \cdot \pi \cdot 15^2} \leq 210 \rightarrow 71 \leq 210$ olduğu için yeterli,

Yüzey basıncına göre;

$$p = \frac{F_{eş}}{d \cdot s} = \frac{12560}{15 \cdot 6} \leq 420 \quad \rightarrow \quad 139{,}5 \leq 420 \text{ N/mm}^2$$ olduğu için yeterlidir.

PROBLEM 6.6

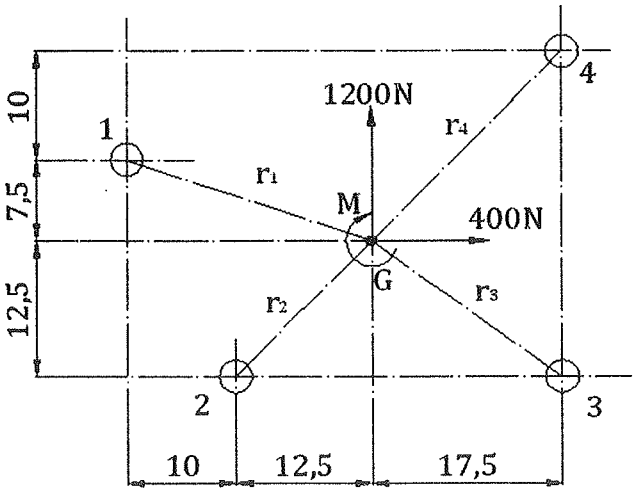
Şekildeki perçin bağlantısında kuvvetler F_y=1200 N ve F_x=400 N dur. Plakalar S235, perçinler S185, plaka kalınlıkları s=8 mm, perçin çapları d=6 mm olarak verilmiştir. En tehlikeli perçin için emniyet katsayısı S'yi statik zorlama şartlarında hesaplayınız.

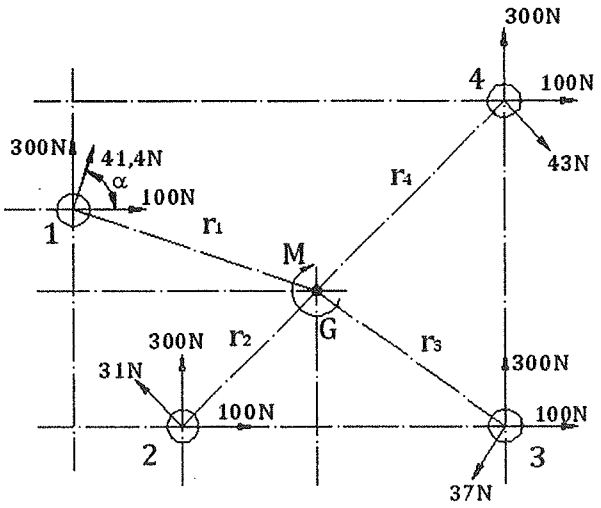


ÇÖZÜM:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{z} = \frac{0 + 10 + 40 + 40}{4} = 22{,}5 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4}{z} = \frac{20 + 0 + 0 + 30}{4} = 12{,}5 \text{ mm}$$





$r_1 = \sqrt{7{,}5^2 + 22{,}5^2} = 23{,}7$ mm; $r_2 = \sqrt{12{,}5^2 + 12{,}5^2} = 17{,}7$ mm

$r_3 = \sqrt{12{,}5^2 + 17{,}5^2} = 21{,}5$ mm; $r_4 = \sqrt{17{,}5^2 + 17{,}5^2} = 24{,}7$ mm

$\Sigma r^2 = 1947 \text{ mm}^2$

$$F_{ky} = \frac{F_y}{z} = \frac{1200}{4} = 300\text{N}; \quad F_{kx} = \frac{F_x}{z} = \frac{400}{4} = 100 \text{ N}$$

$$M = -400 \cdot 77{,}5 + 1200 \cdot 23 = -3400 \text{ Nmm}$$

$$F_{b1} = \frac{M \cdot r_1}{\Sigma r^2} = \frac{3400 \cdot 23{,}7}{1947} = 41{,}4\ N; \quad F_{b2} = \frac{M \cdot r_2}{\Sigma r^2} = \frac{3400 \cdot 17{,}7}{1947} = 31\ N$$

$$F_{b3} = \frac{M \cdot r_3}{\Sigma r^2} = \frac{3400 \cdot 21{,}5}{1947} = 37\ N; \quad F_{b4} = \frac{M \cdot r_4}{\Sigma r^2} = \frac{3400 \cdot 24{,}7}{1947} = 43\ N$$

Şekilden en fazla 1 no'lu perçinin zorlandığı görülmektedir.

$$\cos\alpha = \frac{7{,}5}{r_1} = \frac{7{,}5}{23{,}7} \rightarrow \alpha = 71°$$

$$F_{b1_x} = F_{b1} \cdot \cos\alpha = 41{,}4 \cdot \cos 71 = 13{,}48\ N$$

$$F_{b1_y} = F_{b1} \cdot \sin\alpha = 41{,}4 \cdot \sin 71 = 39{,}1\ N$$

$$\Sigma F_{1x} = F_{kx} + F_{b1_x} = 100 + 13{,}48 = 113{,}48\ N$$

$$\Sigma F_{1y} = F_{ky} + F_{b1_y} = 300 + 39{,}1 = 339{,}1\ N$$

$$F_{eş1} = \sqrt{F_{1x}^{\ 2} + F_{1y}^{\ 2}} = \sqrt{113{,}48^2 + 339{,}1^2} = 357{,}6\ N$$

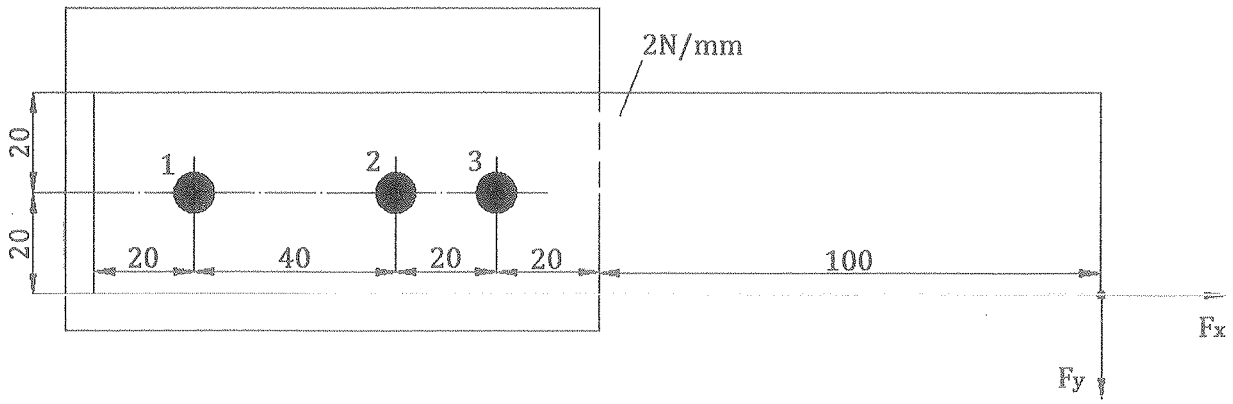
$$\tau_k = \frac{F_{eş1}}{n \cdot A_p} \leq \frac{R_e}{2S}$$

$$\tau_k = \frac{357{,}6}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4}} \leq \frac{185}{2S} \rightarrow S = 14{,}6$$

$$p = \frac{F_{eş1}}{d \cdot s} \leq \frac{R_e}{S} \rightarrow \frac{357{,}6}{6 \cdot 8} \leq \frac{185}{S} \rightarrow S = 24{,}8$$

PROBLEM 6.7

Şekilde verilen perçinli bağlantıya F_X=4000 N, Fy=3000 N ve plaka ağırlığından dolayı 2 N/mm'lik yayılı yükler etki etmektedir. Perçin çapları 8 mm olup, akma sınırı R_e=300 N/mm² dir. Levha kalınlıkları 8 mm dir. En tehlikeli perçin için emniyet katsayısını hesaplayınız.



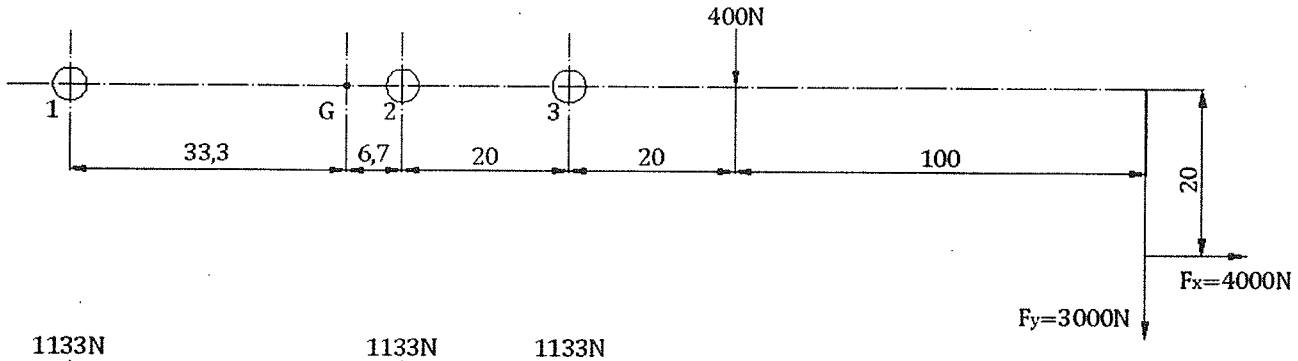
ÇÖZÜM:

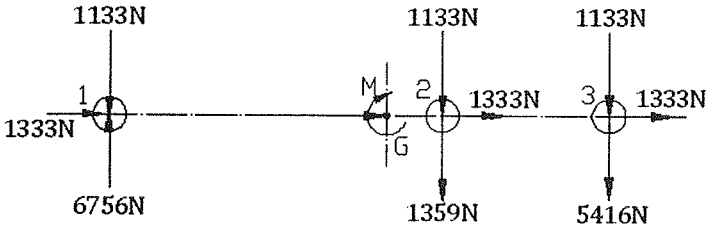
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{z} = \frac{0 + 40 + 60}{3} = 33{,}3 \text{ mm}$$

$$F_{ky} = \frac{\Sigma F_y}{z} = \frac{2 \cdot 200 + 3000}{3} = 1133 \text{ N}; \quad F_{kx} = \frac{F_x}{z} = \frac{4000}{3} = 1333 \text{ N}$$

$$M = 3000 \cdot 146{,}7 + 2 \cdot 200 \cdot 46{,}7 - 4000 \cdot 20 = 378780 \text{ Nmm}$$

$$r_1 = 33{,}3 \text{ mm}, r_2 = 6{,}7 \text{ mm}, r_3 = 26{,}7 \text{ mm}; \quad \Sigma r^2 = r_1{}^2 + r_2{}^2 + r_3{}^2 = 1867 \text{ mm}^2$$





$$F_{b1} = \frac{M \cdot r_1}{\Sigma r^2} = \frac{378780 \cdot 33{,}3}{1867} = 6756 \text{ N}; \; F_{b2} = \frac{M \cdot r_2}{\Sigma r^2} = \frac{378780 \cdot 6{,}7}{1867} = 1359 \text{ N}$$

$$F_{b3} = \frac{M \cdot r_3}{\Sigma r^2} = \frac{378780 \cdot 26{,}7}{1867} = 5416 \text{ N}$$

$$F_{eş_1} = \sqrt{1333^2 + (6756 - 1133)^2} = 5779 \text{ N};$$

$$F_{eş_3} = \sqrt{1333^2 + (5416 + 1133)^2} = 6683 \text{ N}$$

En fazla zorlanan 3 no'lu perçindir.

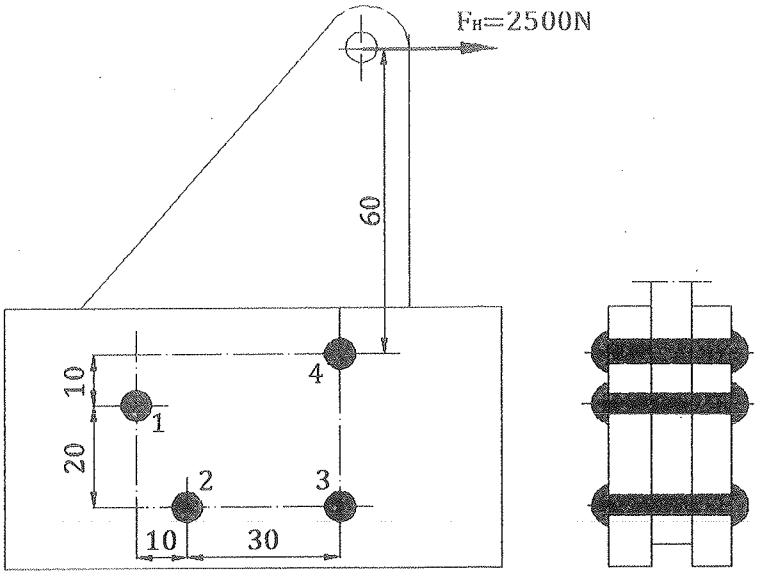
$$\tau_k = \frac{F_{eş_3}}{n \cdot A_p} \leq \frac{R_e}{2S}$$

$$\tau_k = \frac{6683}{1 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4}} \leq \frac{300}{2S} \quad \rightarrow \quad S = 1{,}13$$

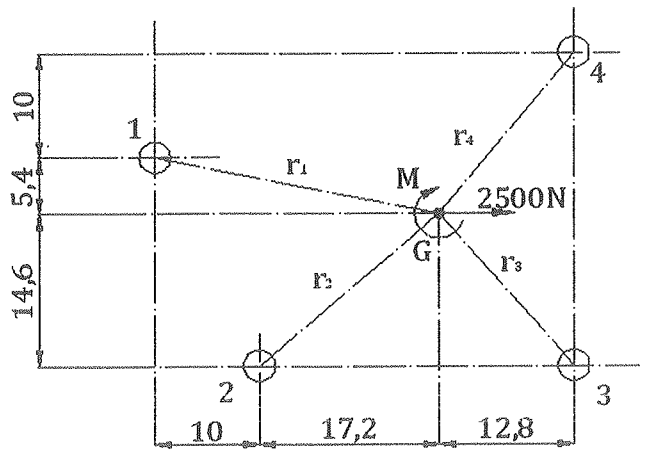
$$p = \frac{F_{eş_3}}{d \cdot s} \leq \frac{R_e}{S} \quad \rightarrow \quad \frac{6683}{8 \cdot 8} \leq \frac{300}{S} \quad \rightarrow \quad S = 2{,}87 \text{ bulunur.}$$

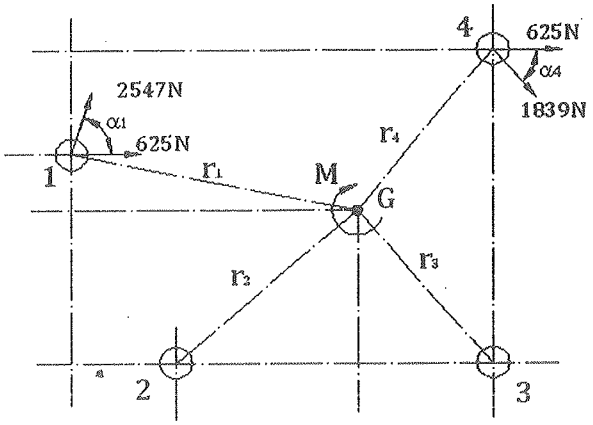
PROBLEM 6.8

Şekildeki perçin bağlantısında, bir halat yardımıyla sisteme F_H=2500 N kuvvet uygulanmaktadır. Perçin malzemeleri St34, perçin çapları d_1=6 mm, d_2=4 mm, d_3=7 mm ve d_4=7 mm olarak verilmiştir. 1 ve 4 nolu perçinleri sadece kesme gerilmesine göre kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:





$$\bar{x} = \frac{x_1 \cdot A_1 + x_2 \cdot A_2 + x_3 \cdot A_3 + x_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}; \quad \bar{y} = \frac{y_1 \cdot A_1 + y_2 \cdot A_2 + y_3 \cdot A_3 + y_4 \cdot A_4}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$A_1 = \pi \cdot \frac{d_1^2}{4} = \pi \cdot \frac{6^2}{4} = 28{,}3 \text{ mm}; \quad A_2 = \pi \cdot \frac{d_2^2}{4} = \pi \cdot \frac{4^2}{4} = 12{,}5 \text{ mm}$$

$$A_3 = \pi \cdot \frac{d_3^2}{4} = \pi \cdot \frac{7^2}{4} = 38{,}5 \text{ mm}; \quad A_4 = \pi \cdot \frac{d_4^2}{4} = \pi \cdot \frac{7^2}{4} = 38{,}5 \text{ mm}$$

$$\bar{x} = \frac{0 + 10 \cdot 12{,}5 + 40 \cdot 38{,}5 + 40 \cdot 38{,}5}{28{,}3 + 12{,}5 + 38{,}5 + 38{,}5} = 27{,}2 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{20 \cdot 28{,}3 + 0 + 0 + 30 \cdot 38{,}5}{28{,}3 + 12{,}5 + 38{,}5 + 38{,}5} = 14{,}6 \text{ mm}$$

$$r_1 = \sqrt{5{,}4^2 + 27{,}2^2} = 27{,}7 \text{ mm}; \quad r_2 = \sqrt{17{,}2^2 + 14{,}6^2} = 22{,}5 \text{ mm}$$

$$r_3 = \sqrt{12{,}8^2 + 14{,}6^2} = 19{,}4 \text{ mm}; \quad r_4 = \sqrt{12{,}8^2 + 15{,}4^2} = 20 \text{ mm}$$

$$\Sigma r^2 = 2050 \text{ mm}^2$$

$$F_k = \frac{F_H}{z} = \frac{2500}{4} = 625\ N;\quad M = 2500 \cdot 75{,}4 = 188500\ Nmm$$

$$F_{b1} = \frac{M \cdot r_1}{\Sigma r^2} = \frac{188500 \cdot 27{,}7}{2050} = 2547\ N;\quad F_{b4} = \frac{M \cdot r_4}{\Sigma r^2} = \frac{188500 \cdot 20}{2050} = 1839\ N$$

$$\cos\alpha_1 = \frac{5{,}4}{r_1} = \frac{5{,}4}{27{,}7} \Rightarrow \alpha_1 = 78{,}7°;\quad \cos\alpha_4 = \frac{15{,}4}{r_4} = \frac{15{,}4}{20} \Rightarrow \alpha_4 = 39{,}6°$$

$$F_{eş1} = \sqrt{F_{k1}{}^2 + F_{b1}{}^2 + 2 \cdot F_{k1} \cdot F_{b1} \cdot \cos\alpha_1}$$

$$F_{eş1} = \sqrt{625^2 + 2547^2 + 2 \cdot 625 \cdot 2547 \cdot \cos 78{,}7} = 2739\ N$$

$$F_{eş4} = \sqrt{F_{k4}{}^2 + F_{b4}{}^2 + 2 \cdot F_{k4} \cdot F_{b4} \cdot \cos\alpha_4}$$

$$F_{eş4} = \sqrt{625^2 + 1839^2 + 2 \cdot 625 \cdot 1839 \cdot \cos 39{,}6} = 2354{,}5\ N$$

Çizelge 6.1'den St34 perçin malzemesi için, τ_{em}=140 N/mm² alınır.

$$\tau_{k_1} = \frac{F_{eş1}}{n \cdot A_{p1}} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_{k_1} = \frac{2739}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2}{4}} \leq 140 \quad \rightarrow \quad 42 \leq 140 \text{ emniyetli,}$$

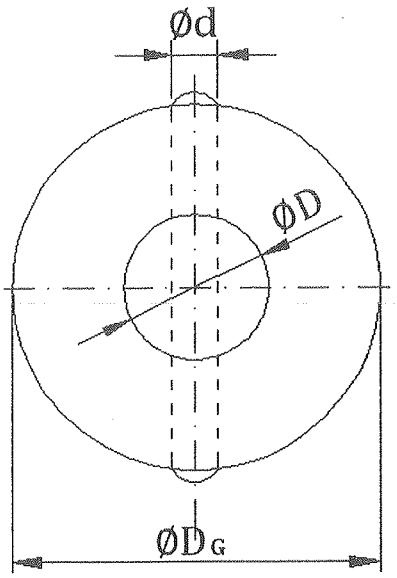
$$\tau_{k_4} = \frac{F_{eş4}}{n \cdot A_{p4}} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_{k_4} = \frac{2354{,}5}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2}{4}} \leq 140 \quad \rightarrow \quad 30{,}6 \leq 140 \quad \text{emniyetlidir.}$$

BÖLÜM 7: PERNO VE PİM BAĞLANTILARI

PROBLEM 7.1

Şekildeki mil göbek bağlantısı, n=210d/d ile P=2,2kW güç iletmektedir. Mil ve göbek malzemesi S295, pim malzemesi E335 olarak verilmektedir. Bağlantı dalgalı değişken yük ile zorlanmaktadır. Emniyet katsayısı S=4 alınacaktır.



Mil için: $\tau_{DD} = 205\ N/mm^2$; $K_b = 0{,}84$; $K_y = 0{,}9$; $K_ç = 1{,}7$
Pim için: $\tau_{em} = 60\ N/mm^2$

a) İletilen momenti ve mil çapını (D) bulunuz.
b) Pim çapını (d) bulunuz.
c) Göbek çapını (D_G) bulunuz.
d) Pim uzunluğunu (l) bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) İletilen moment ve mil çapı;

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{2{,}2}{210} = 100\ Nm$$

$$\tau_b = \frac{M_d}{W_b} = \frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot D^3} \leq \tau_{em} = \frac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{S \cdot K_ç}$$

$$\tau_{em} = \frac{205 \cdot 0{,}84 \cdot 0{,}9}{4 \cdot 1{,}7} = 23{,}34\ N/mm^2$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_d}{\tau_{em} \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 100 \cdot 1000}{23{,}34 \cdot \pi}} = 27{,}94 \cong 28\ mm$$

b) Pim çapı;

$$\tau_k = \frac{M_d}{D \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \tau_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{100 \cdot 1000 \cdot 4}{28 \cdot \pi \cdot d^2} \leq 60 \quad \rightarrow \quad d = 8{,}7 \cong 9\ mm$$

$$p_{max} = \frac{6 \cdot M_d}{d \cdot D^2} \leq p_{em}$$

$$p_{max} = \frac{6 \cdot 100 \cdot 1000}{9 \cdot 28^2} \leq 100 \quad \rightarrow \quad 85{,}03 \leq 100 \text{ olduğu için } d = 9\ mm \text{ uygundur.}$$

c) Göbek çapı;

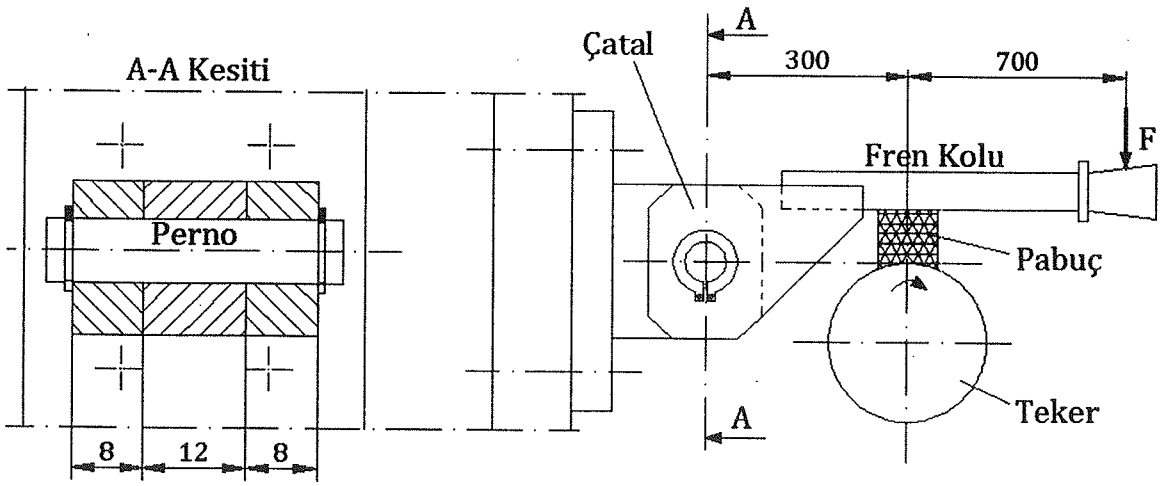
$$p = \frac{4 \cdot M_d}{d \cdot (D_G^2 - D^2)} \leq p_{em}$$

$$p = \frac{4 \cdot 100 \cdot 1000}{9 \cdot (D_G^2 - 28^2)} \leq 100 \quad \rightarrow \quad D_G \cong 35 \text{ mm}$$

d) Pim uzunluğu; $l \cong D_G = 35$ mm

PROBLEM 7.2

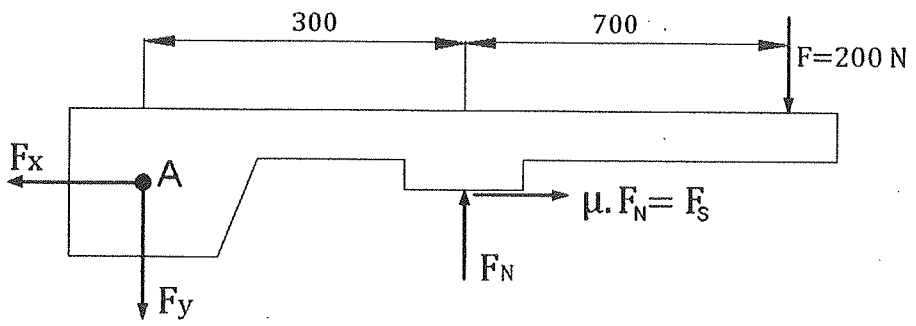
Şekilde görülen fren mekanizmasına F=200 N kuvvet uygulanmaktadır. Fren kolu, perno ile çatala sabitlenmiştir. Perno S235 malzemeden imal edildiğine göre, sadece statik eğilme ve kesme durumuna göre emniyetli perno çapını hesaplayız. Fren pabucu ile teker arasında sürtünme katsayısı 0,3 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

F=200 N, perno malzemesi S235, μ=0,3

$$\sum M_A = 0 \quad \rightarrow \quad -F_N \cdot 300 + F \cdot 1000 = 0 \quad \rightarrow \quad F_N = \frac{F \cdot 1000}{300} = \frac{200 \cdot 1000}{300} = 666{,}6 \text{ N}$$



$\sum F_y = 0$

$F_N - F - F_y = 0 \quad \rightarrow \quad 666{,}6 - 200 - F_y = 0 \quad \rightarrow \quad F_y = 466{,}6\ N$

$F_x = F_s = 0{,}3 \cdot 666{,}6 \cong 200\ N$

$$F_p = \sqrt{F_y^{\,2} + F_x^{\,2}} = \sqrt{466{,}6^2 + 200^2} = 507{,}6\ N$$

Pernodaki eğilme gerilmesi (tekil yük);

σ_{em}=80 N/mm² (Çizelge 7.2, S235)

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F}{4} \cdot \frac{(b + b_1) \cdot 32}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{em}$$

$$\frac{507{,}6}{4} \cdot \frac{(8 + 12) \cdot 32}{\pi \cdot d^3} = 80 \quad \rightarrow \quad d > 6{,}86\ mm$$

Pernodaki kesme gerilmesi;

τ_{em}=50 N/mm² (Çizelge 7.2, S235)

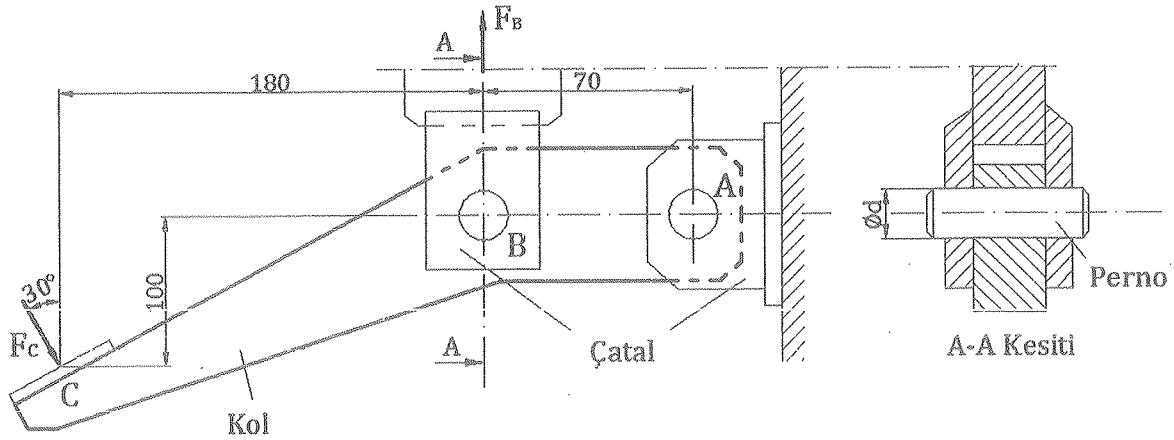
$$\tau_k = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{em} \rightarrow \quad \frac{2 \cdot 507{,}6}{\pi \cdot d^2} = 50 \quad \rightarrow \quad d > 2{,}54\ mm$$

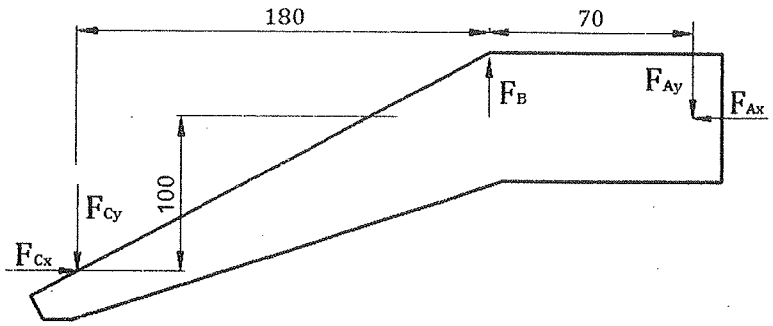
Eğilmeye göre bulunan çap daha büyük olduğu için;

$d_p = 6{,}86 \cong 7\ mm$ alınır.

PROBLEM 7.3

Aşağıdaki şekilde verilen kol, çatala A mafsalından perno ile sabitlenmiştir. Kol üzerine F_C=500 N baskı kuvveti uygulanmaktadır. B noktasındaki ikinci bir mafsal bağlantısı ile F_B dikey çekme kuvveti iletilmektedir. A ve B pernolarının çapı d=6 mm ve perno malzemesi E295 olarak verilmektedir. Perno çaplarını sadece kesme gerilmesine göre kontrol ediniz.





ÇÖZÜM:

F_C=500 N, α=30°

$d_A=d_B$=6 mm, E295

$\tau_{em} = 70\ N/mm^2$ (Çizelge 7.2)

$$F_{C_x} = F_C \cdot \sin 30 = 500 \cdot \sin 30 = 250\ N$$

$$F_{C_y} = F_C \cdot \cos 30 = 500 \cdot \cos 30 = 433\ N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_B \cdot 70 - F_{C_y} \cdot 250 - F_{C_x} \cdot 100 = 0 \rightarrow F_B = 1903{,}5\ N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B - F_{A_y} - F_{C_y} = 0 \rightarrow F_{A_y} = 1470{,}5\ N$$

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F_{C_x} = F_{A_x} \rightarrow F_{A_x} = 250\ N$$

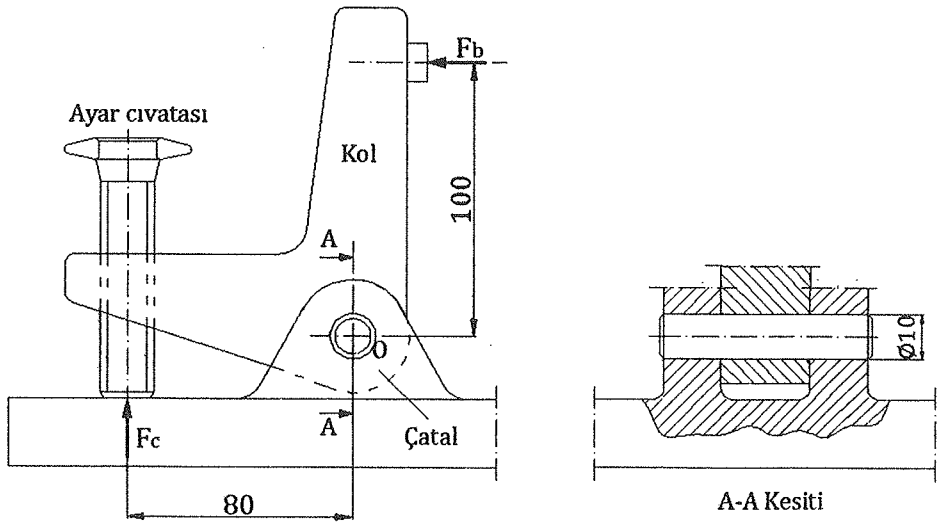
$$F_A = \sqrt{1470{,}5^2 + 250^2} = 1491{,}5\ N$$

$F_B > F_A$ ve perno çapları eşit olduğu için sadece B pernosu kontrol edilir.

$$\tau_k = \frac{2 \cdot F_B}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{em} \rightarrow \frac{2 \cdot 1903{,}5}{\pi \cdot 6^2} \leq 70 \rightarrow 33{,}67 \leq 70\ N/mm^2$$ olduğu için uygundur.

PROBLEM 7.4

Şekilde verilen kol, çatala perno ile sabitlenmiştir. Kol üzerine F_b=3000 N baskı kuvveti uygulanmaktadır. Perno çapı d=10 mm, malzemesi E295 olarak verilmektedir. Sistem ayar cıvatası ile dengede tutulmaktadır. Perno çapını sadece kesme gerilmesine göre kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

F_b=3000 N, d=10 mm, E295

$\sum M_0 = 0$

$F_b \cdot 100 = F_c \cdot 80 \quad \rightarrow \quad F_c = 3750$ N

Kuvvet dengesinden, mafsaldaki kuvvetin F_x bileşeni F_b'ye, F_y bileşeni ise F_c'ye eşitdir.

$$F_p = \sqrt{F_c^2 + F_b^2} = \sqrt{3750^2 + 3000^2} = 4802{,}3 \text{ N}$$

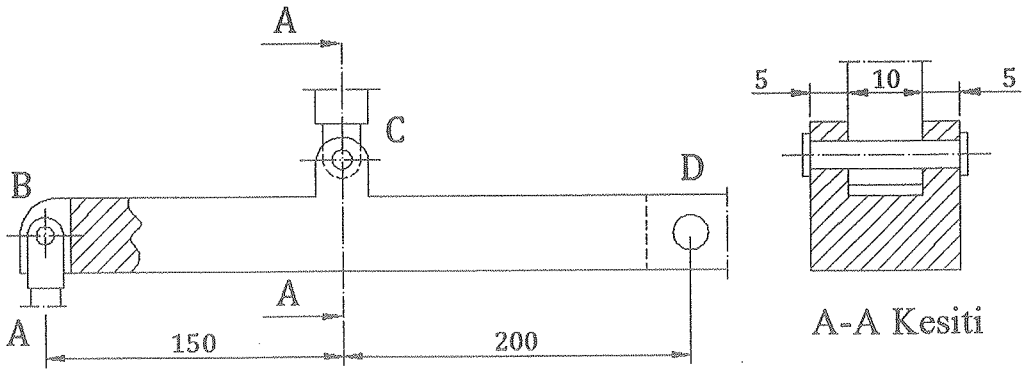
$\tau_{em} = 70$ N/mm^2 (Çizelge 7.2)

$$\tau_k = \frac{F_p}{2 \cdot A_p} = \frac{2 \cdot 4802{,}3}{\pi \cdot 10^2} \leq 70 \text{ N/mm}^2$$

$30{,}58 \leq 70$ olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 7.5

Şekildeki BCD parçası, pernolarla B'deki kontrol çubuğuna, C'deki hidrolik silindire ve D'deki sabit mafsala bağlanmıştır. C noktasında çapı d_c=10 mm ve malzemesi E295 olan perno kullanılmıştır. Pernonun eğilme açısından hasar görmemesi için, AB çubuğuna uygulanabilecek maksimum kuvveti bulunuz. Sistemin dalgalı değişken zorlandığı kabul edilecektir.



ÇÖZÜM:

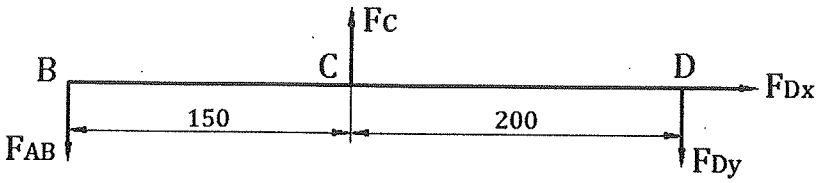
Pernoya etki eden kuvvet, ortadan tekil yük kabul edilerek;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{\frac{F}{4} \cdot (b + b_1)}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} \leq \sigma_{em}$$

Çizelge 7.2'den E295 için dalgalı değişken durumda σ_{em}=80 N/mm^2 alınır.

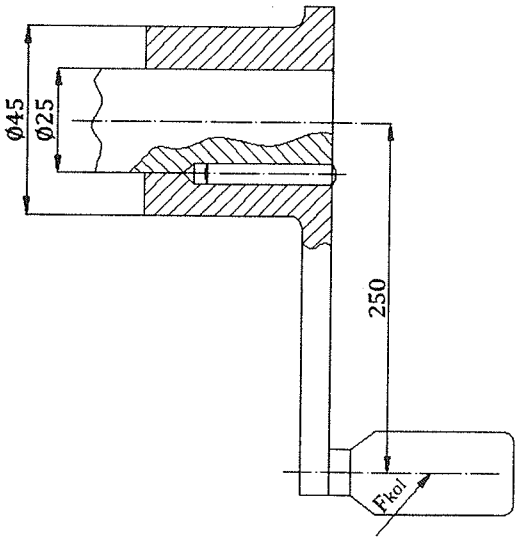
$$\frac{F_C \cdot (10+5) \cdot 32}{4 \cdot \pi \cdot 10^3} = 80 \rightarrow F_C = 2094{,}3 \text{ N bulunur.}$$

$$\sum M_D = 0 \rightarrow F_C \cdot 200 - F_{AB} \cdot 350 = 0 \rightarrow F_{AB}=1196{,}7 \text{ N uygulanabilir.}$$



PROBLEM 7.6

Şekilde elle tahrik edilen mekanizmada mil göbek bağlantısı, Ø5x30 mm boyutlarında S235 malzemeden imal edilmiş enine pim ile sağlanmıştır. Pimin taşıyabileceği maksimum kol kuvvetini bulunuz.



ÇÖZÜM:

Yüzey basıncına göre; S235 ve statik durum için Çizelge 7.1'den, p_{em}=85 N/mm² alınır.

$$p = \frac{4 \cdot M_d}{d \cdot D \cdot L} \leq p_{em}$$

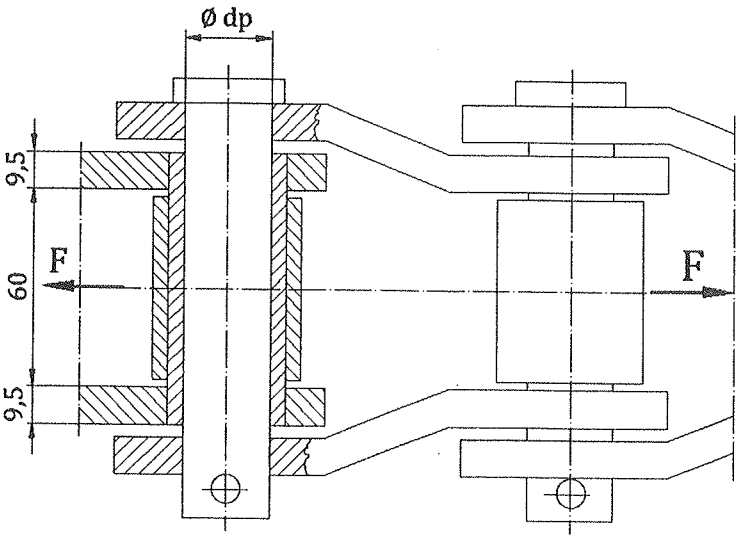
$$\frac{4 \cdot F_{kol} \cdot 250}{5 \cdot 25 \cdot 30} \leq 85 \rightarrow F_{kol} \leq 318{,}7 \text{ N}$$

Kesme durumuna göre; S235 ve statik durum için Çizelge 7.2'den, τ_{em}=50 N/mm² alınır.

$$\tau_k = \frac{2 \cdot M_d}{d \cdot D \cdot L} \leq \tau_{em} \rightarrow \frac{2 \cdot F_{kol} \cdot 250}{5 \cdot 25 \cdot 30} \leq 50 \rightarrow F_{kol} \leq 375 \text{ N};\ F_{max} \leq 318{,}7 \text{ N olmalıdır.}$$

PROBLEM 7.7

Şekilde verilen zincir üzerinde baklalar, burç ve döner makara birbirlerine perno ile birleştirilmiştir. Zincir, v=0,8 m/s çizgisel hız ile dönerken P=3 kW güç iletmektedir. Perno malzemesi E335, b=60 mm ve b_1=9,5 mm alınacaktır. Dalgalı değişken eğilme ve kesme durumuna göre emniyetli perno çapını hesaplayız.



ÇÖZÜM:

P=3 kW, v=0,8 m/s, E335 (dalgalı değişken)

$$P = F_t \cdot v \quad \rightarrow \quad F_t = \frac{P}{v} = \frac{3000}{0,8} = 3750 \text{ N}$$

Pernodaki eğilme gerilmesi (tekil yük);

Zinciri zorlayan kuvvet; $F = F_t$

σ_{em}=95 N/mm² (Çizelge 7.2, dalgalı değişken, E335)

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F}{4} \cdot \frac{(b + b_1) \cdot 32}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{em}$$

$$\frac{3750}{4} \cdot \frac{(60 + 9,5) \cdot 32}{\pi \cdot d^3} = 95 \quad \rightarrow \quad d > 19,11 \text{ mm}$$

Pernodaki kesme gerilmesi;

τ_{em}=60 N/mm² (Çizelge 7.2, dalgalı değişken, E335)

$$\tau_k = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \tau_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{2 \cdot 3750}{\pi \cdot d^2} = 60$$

$d > 6,3$ mm

Eğilmeye göre bulunan çap daha büyük olduğu için;

$d_p = 19,11 \cong 20$ mm alınır.

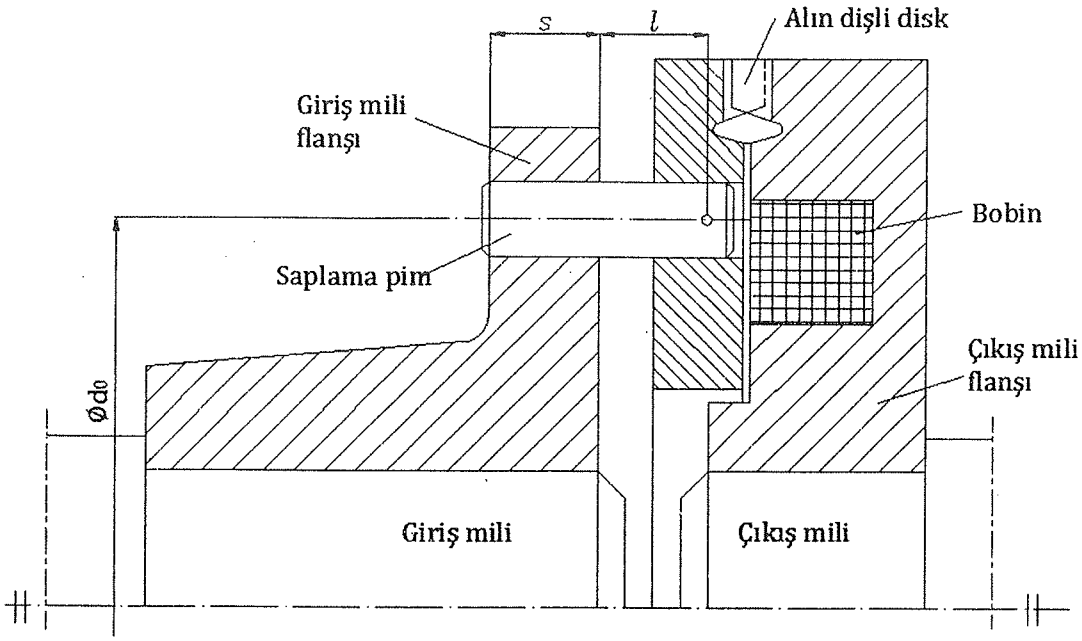
PROBLEM 7.8

Şekilde verilen elektromanyetik kaplin ile n=1450 d/d da P=10 kW güç iletilmektedir. Giriş mili flanşı üzerinde çevrede, çapı d=8 mm ve malzemesi E295 olan z adet saplama pim yerleştirilmiştir. Pim giriş mili flanşı üzerine sıkı, dişli disk üzerine boşluklu olarak montaj edilmiştir. Elektrik akımı verildiğinde alın dişli disk, pim üzerinde sağa doğru hareket ederek çıkış mili flanşı ile temasa geçmekte ve dişler üzerinden moment iletilmektedir. d_0=100 mm, s=12 mm ve l=10 mm olduğuna göre, dalgalı değişken yükleme durumu için pim sayısını (z) bulunuz.

ÇÖZÜM:

P=10 kW, n=1450 d/d (dalgalı değişken)

Saplama pim malzemesi E295, d=8 mm, d_0=100 mm, s=12 mm, l=10 mm



$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{10}{1450} = 65{,}86 \text{ Nm}$$

$$M_d = F_t \cdot \frac{d_0}{2} \quad \rightarrow \quad F_t = \frac{2 \cdot 65{,}86}{0{,}100} = 1317{,}2 \text{ N}$$

Yüzey basıncı;

Çizelge 7.1'den p_{em}=90 N/mm² alınır.

$$p_{max} = \frac{F_t \cdot (6 \cdot l + 4 \cdot s)}{z \cdot d \cdot s^2} \leq p_{em} \quad \rightarrow \quad \frac{1317{,}2 \cdot (6 \cdot 10 + 4 \cdot 12)}{z \cdot 8 \cdot 12^2} \leq 90 \quad \rightarrow \quad z \geq 1{,}37$$

Eğilme;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{z \cdot W_e} = \frac{F \cdot l \cdot 32}{z \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{1317{,}2 \cdot 10 \cdot 32}{z \cdot \pi \cdot 8^3} = \frac{262{,}18}{z}$$

Kesme;

$$\tau_k = \frac{F_t \cdot 4}{z \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{1317{,}2 \cdot 4}{z \cdot \pi \cdot 8^2} = \frac{26{,}21}{z}$$

Çizelge 7.2'den σ_{em}=80 N/mm² alınır.

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \cdot \tau_k^2} \leq \sigma_{em}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{262{,}18}{z}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{26{,}21}{z}\right)^2} \leq 80 \quad \rightarrow \quad z = 3{,}32 = 4 \text{ adet alınmalıdır.}$$

BÖLÜM 8: MİL – GÖBEK BAĞLANTILARI

PROBLEM 8.1

Bir elektrik motorunun çıkış miline bir kasnak bağlanmıştır. Kasnak ile 30 mm çapındaki mil arasında B-tipi uygu kaması vardır. İletilmek istenen güç P=7,5 kW ve milin devir sayısı n=1450 d/d alınacaktır. Kama malzemesi E295 ve S=3 emniyet için gerekli kama uzunluğunu bulunuz ve standart gösterimini yazınız.

ÇÖZÜM:

P=7,5 kW, n=1450 d/d, d=30 mm, B – tipi uygu kaması, kama malzemesi E295, S=3

$$M_d = 9550\frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{7,5}{1450} = 49,39 \text{ Nm}$$

Ø30 mm için Çizelge 8.2'den bxh = 8x7 mm ve t_1=4 mm seçilir.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 49390 \cdot 3}{30 \cdot 4 \cdot 295} \geq 8,37 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 3 \cdot 49390}{30 \cdot (7 - 4) \cdot 295} \geq 11,16 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

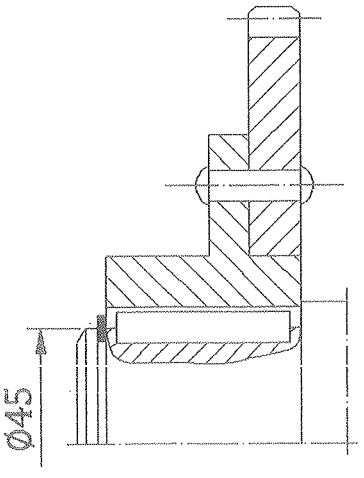
$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 3 \cdot 49390}{30 \cdot 8 \cdot 295} \geq 8,37 \text{ mm}$$

Çizelge 8.2'den minimum kama boyu L=25 mm alınır.

Gösterim : **TS 147/9 - B 8x7x25** şeklindedir.

PROBLEM 8.2

Şekildeki zincir dişli çark ile n=15 d/d' da P=1,8 kW' lık bir güç iletilmektedir. Kama malzemesi E295 ve S=1,5 için göbeğe uygun A-tipi uygu kaması seçimi yapınız.



ÇÖZÜM:

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{1,8}{15} = 1146000 \text{ Nmm} = 1146 \text{ Nm}$$

Çizelge 8.2'den Ø45 mm için bxh = 14x9 mm ve t_1=5,5 mm seçilir.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1146000 \cdot 1,5}{45 \cdot 5,5 \cdot 295} \geq 47,08 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1146000}{45 \cdot (9 - 5,5) \cdot 295} \geq 73,99 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

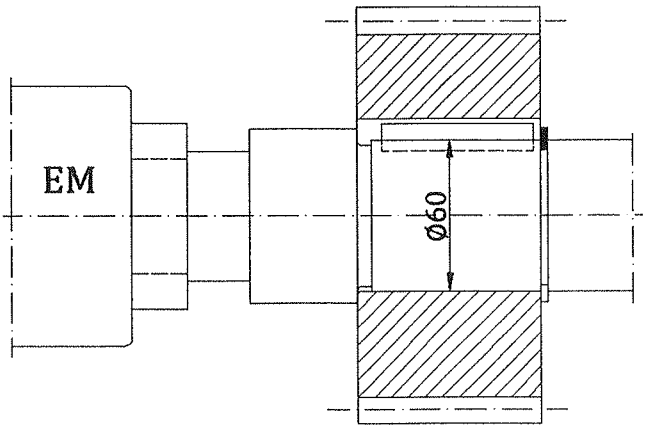
$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1,5 \cdot 1146000}{45 \cdot 14 \cdot 295} \geq 36,99 \text{ mm}$$

$L=L_2+b=73,99+14=87,99$ mm bulunur. Çizelge 8.2'den L=90 mm alınır.

Gösterim: **TS 147/9 - A 14x9x90** şeklindedir.

PROBLEM 8.3

Aşağıdaki mil-dişli bağlantısı ile P=25 kW güç n=500 d/d da iletilmektedir. Bağlantıda A-tipi uygu kaması kullanılmıştır. Kama malzemesi E295 olup, emniyet açısından düzenli yükleme olduğu kabul edilecektir. Kamanın bxhxL değerlerini bulunuz.



ÇÖZÜM:

P= 25kW, n=500 d/d

$$M_d = 9550 \cdot \frac{25}{500} = 477,5 \text{ Nm}$$

Çizelge 8.2'den Ø60 mm için bxh = 18x11 mm ve t_1 = 7 mm seçilir.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 477500 \cdot 1,5}{60 \cdot 7 \cdot 295} \geq 11,56 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 477500}{60 \cdot (11 - 7) \cdot 295} \geq 20{,}23 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

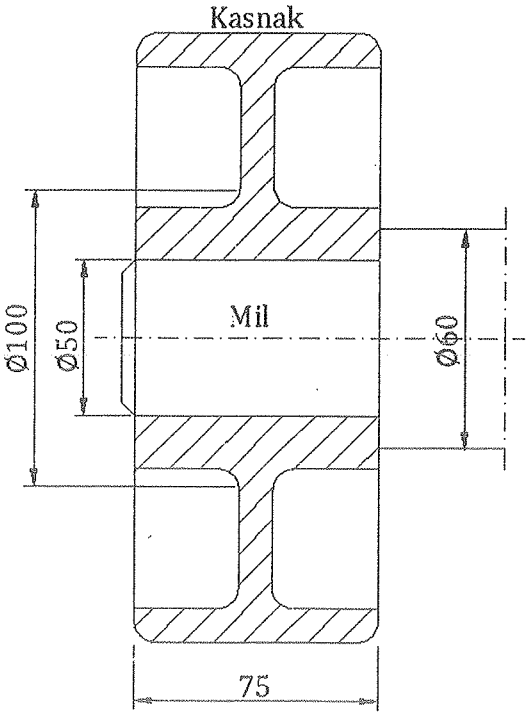
$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1{,}5 \cdot 477500}{60 \cdot 18 \cdot 295} \geq 9 \text{ mm}$$

$L = L_2 + b = 20{,}23 + 18 = 38{,}23$ mm bulunur. Çizelge 8.2'den $L = 50$ mm alınır.

Gösterim: **Kama TS 147/9 - A 18x11x50** şeklindedir.

PROBLEM 8.4

Şekilde verilen düz kayış kasnağı, mil üzerine sıkı geçme bağlantısı ile tespit edilmiştir. Kasnak, P=1,5 kW'lık bir gücü n=100 d/d ile iletmektedir. Sürtünme katsayısı μ=0,15 olup, kaymaya karşı %20 emniyet istenmektedir.



Mil malzemesi E295; E_m=2x10^5 N/mm^2; σ_{em}=250 N/mm^2; $\upsilon_m = 0{,}3$; R_{tm}=8 μm

Göbek malzemesi EN-GJL-300; E_g=9,8x10^4 N/mm^2; σ_{em}=150 N/mm^2; $\upsilon_g = 0{,}25$; R_{tg}=10μm ve ısıl genleşme katsayısını $\alpha_{tg} = 1\text{x}10^{-5}$ 1/°C alarak;

a) Bağlantıda oluşması gereken minimum ve maksimum sıkılık değerlerini bulunuz.

b) Göbek toleransı H7 ise mil toleransı ne olmalıdır.

c) Rahat montaj için göbek ne kadar ısıtılmalıdır.

ÇÖZÜM:

a) İletilen moment: $M_d = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{1{,}5}{100} = 143{,}25$ Nm

Mil - göbek arasında oluşması gereken sürtünme momenti;

$M_s = S_K \cdot M_d = 1{,}20 \cdot 143{,}25 = 171{,}9$ Nm

Bu momentin taşınabilmesi için gerekli minimum yüzey basıncı;

$$p_{min} = \frac{2 \cdot M_s}{\mu \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b} = \frac{2 \cdot 171900}{0{,}15 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 75} = 3{,}89 \text{ N/mm}^2$$

Maksimum kayma gerilmesi hipotezine göre göbekteki p_{max} değeri;

$$p_{max} = \sigma_{em} \cdot \frac{(1 - Q_g^2)}{2}$$

eşitliği ile bulunur. Burada $Q_g = r_{gi}/r_{gd} = 0{,}5$ alınarak,

$$p_{max} = 150 \cdot \frac{(1 - 0{,}5^2)}{2} = 56{,}2 \text{ N/mm}^2$$

Sürtünme momentinin taşınabilmesi için, p_{min} değeriyle minimum sıkılık;

$$\Delta d_{min} = \frac{d \cdot p_{min}}{E_m} \cdot \left[\frac{1 + Q_m^2}{1 - Q_m^2} - \upsilon_m\right] + \frac{d \cdot p_{min}}{E_g} \cdot \left[\frac{1 + Q_g^2}{1 - Q_g^2} + \upsilon_g\right]$$

eşitliğinde Q_m=0 (dolu mil), Q_g=0,5 alınarak,

$$\Delta d_{min} = \frac{50 \cdot 3{,}89}{2 \cdot 10^5} \cdot (1 - 0{,}3) + \frac{50 \cdot 3{,}89}{9{,}8 \cdot 10^4} \cdot 1{,}916 = 4{,}48.10^{-3} \text{ mm} = 4{,}48 \text{ µm}$$ bulunur.

p_{max} değeriyle maksimum sıkılık;

$$\Delta d_{max} = \frac{d \cdot p_{max}}{E_m} \cdot \left[\frac{1 + Q_m^2}{1 - Q_m^2} - \upsilon_m\right] + \frac{d \cdot p_{max}}{E_g} \cdot \left[\frac{1 + Q_g^2}{1 - Q_g^2} + \upsilon_g\right]$$

$$\Delta d_{max} = \frac{50.56{,}2}{2 \cdot 10^5} \cdot (1 - 0{,}3) + \frac{50 \cdot 56{,}2}{9{,}8 \cdot 10^4} \cdot 1{,}916 = 0{,}064 \text{ mm} = 64 \text{ µm}$$ bulunur.

Yüzey pürüzlülüklerinin ezilmesi sonucu kaybolan sıkılık,

$$Z = 1{,}2 \cdot (R_{tm} + R_{tg}) = 1{,}2 \cdot (8 + 10) = 21{,}6 \text{ µm}$$

Gerçek minimum ve maksimum sıkılık değerleri,

$$\Delta d^*_{min} = \Delta d_{min} + Z = 4{,}48 + 21{,}6 = 26{,}08 \text{ µm}$$

$$\Delta d^*_{max} = \Delta d_{max} + Z = 64 + 21{,}6 = 85{,}6 \text{ µm}$$ bulunur.

b) Göbek toleransı H7 olduğuna göre, minimum sıkılık 26,08 µm ve maksimum sıkılık 85,60 µm olacak şekilde mil toleransı seçilir.

$S_{min} > \Delta d^*_{min}$ ve $S_{max} < \Delta d^*_{max}$ şartları sağlanmalıdır.

Çizelge 8.7'den nominal çap d=50 mm için H7 toleransı ile uyumlu olan sıkı geçme toleransları tespit edilir. H7/r6, H7/s6, H7/t6, H7/u6 ve H7/x6 toleranslarından her iki şartı birlikte sağlayan bir tanesi seçilir. H7/t6 seçilerek;

$S_{min} = 29$ µm ve $S_{max} = 70$ µm okunur. Bu seçilen tolerans için,

$S_{min} = 29 \text{ µm} > \Delta d^*_{min} = 26{,}08 \text{ µm}$ şartı sağlanarak moment iletilir.

$S_{max} = 70\ \mu m < \Delta d^{*}_{max} = 85{,}60\ \mu m$ şartı sağlanarak göbek hasar görmez.

İki şart birlikte sağlandığı için seçilen **H7/t6** toleransı uygundur.

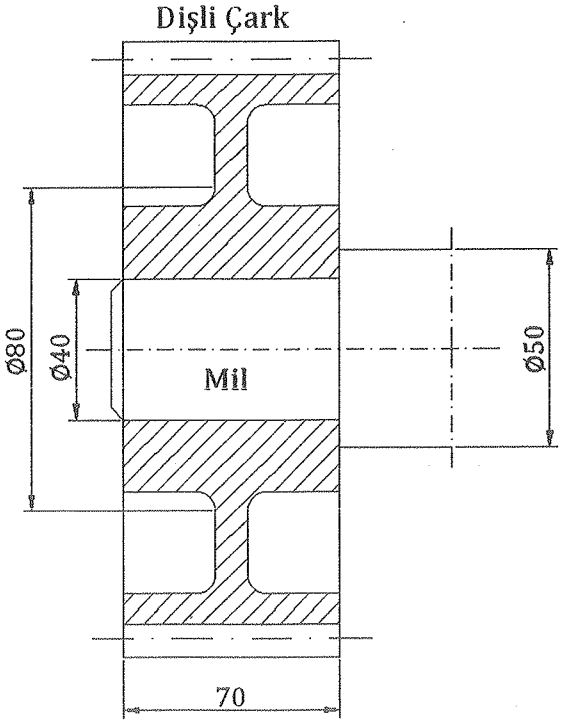
c) Rahat montaj için (S_{max}+b) kadar bir ısıl genleşme olmalıdır. Bu genleşmeyi sağlamak için;

Montaj boşluğu: $b = \frac{S_{max}}{2} = \frac{70}{2} = 35\ \mu m$

$\Delta t = \frac{S_{max} + b}{\alpha_{tg} \cdot d} = \frac{(70 + 35) \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 1 \cdot 10^{-5}} = 210\ °C$ olmalıdır.

PROBLEM 8.5

Şekildeki dişli çark, mil üzerine sıkı geçme ile tespit edilmiş olup, P=3 kW'lık bir gücü n=100 d/d ile iletmektedir. Kaymaya karşı %25 emniyet istenmektedir. Mil ve dişli çark aynı çelik malzemeden yapılmış olup σ_{em}=270 N/mm², E=2x10⁵ N/mm², R_t yüzey pürüzlülükleri toplamı 10 μm ve sürtünme katsayısı μ=0,1 olarak verilmektedir. Yüzeylerdeki ezilmeyi de dikkate alarak bağlantı için uygun tolerans seçimini yapınız.



ÇÖZÜM:

İletilen döndürme momenti;

$M_d = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{3}{100} = 286{,}5\ Nm$

Mil - dişli çark arasındaki sürtünme momenti;

$M_s = S_K \cdot M_d = 1{,}25 \cdot 286{,}5 = 358{,}1\ Nm$

Minimum yüzey basıncı;

$p_{min} = \frac{2 \cdot M_s}{\mu \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b} = \frac{2 \cdot 358100}{0{,}1 \cdot \pi \cdot 40^2 \cdot 70} = 20{,}3\ N/mm^2$

Maksimum yüzey basıncı;

Göbek dış çapı, ara flanşdan dolayı net olarak belli değildir. Q_g bulunurken, şekilde gösterildiği gibi yaklaşık olarak 80 mm alınmıştır.

$$p_{max} = \sigma_{em} \cdot \frac{1 - Q_g^2}{2}$$

$$Q_g = \frac{40}{80} = 0{,}5 \text{ ve } Q_m = 0 \text{ için,}$$

$$p_{max} = 270 \cdot \frac{1 - 0{,}5^2}{2} = 101{,}25 \text{ N/mm}^2$$

Teorik sıkılık değerleri;

$$\Delta d_{min} = \frac{2 \cdot p_{min} \cdot d}{E \cdot (1 - Q_g{}^2)} = \frac{2 \cdot 20{,}3 \cdot 40}{2 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0{,}5^2)} = 0{,}010 \text{ mm} = 10 \text{ µm}$$

$$\Delta d_{max} = \frac{2.p_{max}.d}{E.(1 - Q_g^2)} = \frac{2.101{,}25.40}{2.10^5.(1 - 0{,}5^2)} = 0{,}054 \text{ mm} = 54 \text{ µm}$$

Yüzey pürüzlülüklerinin ezilmesi sonucu kaybolan sıkılık;

$$Z = 1{,}2 \cdot (R_{tm} + R_{tg}) = 1{,}2 \cdot (5 + 5) = 12 \text{ µm}$$

Gerçek minimum ve maksimum sıkılık değerleri;

$$\Delta d^*_{min} = \Delta d_{min} + Z = 10 + 12 = 22 \text{ µm}$$

$$\Delta d^*_{max} = \Delta d_{max} + Z = 54 + 12 = 66 \text{ µm}$$

$S_{min} > \Delta d^*_{min} = 22$ µm ve $S_{max} < \Delta d^*_{max} = 66$ µm şartları sağlanmalıdır.

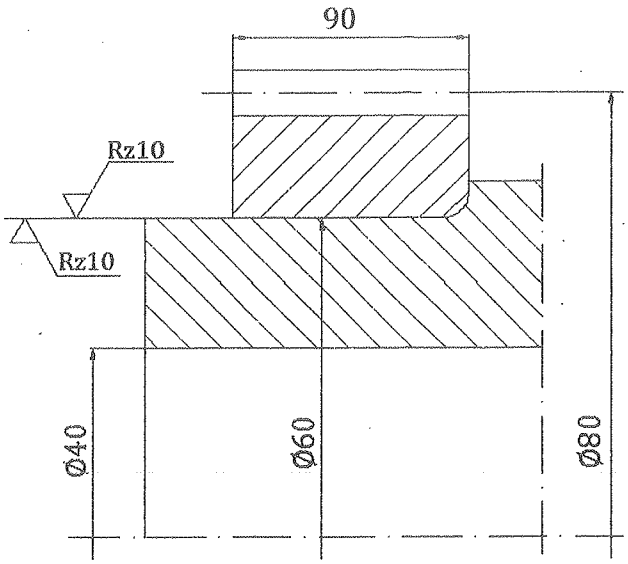
Çizelge 8.7'den Ø40 mm için H7/t6 sıkı geçmesi seçilir.

S_{min}=23 µm ve S_{max}=64 µm okunur. 23 µm>22 µm ve 64 µm<66 µm şartlarının her ikisi birlikte sağlandığı için seçilen **H7/t6** geçmesi uygundur.

Ayrıca aynı çap için Çizelge 8.7'ye bakıldığında, istenilen şartları H6/s5 ve H6/t5 geçmeleri de sağlamaktadır. İşletmenin imkanları ve maliyet göz önünde bulundurularak, üç geçmeden uygun olan bir tanesi seçilir.

PROBLEM 8.6

Şekilde içi boş mil üzerine düz dişli çark, H7/u6 sıkı geçmesi ile sabitlenmiştir. Mil ve dişli çark aynı çelik malzemeden imal edilmiştir. Dişli çark n=100 d/d ile dönmektedir. Bağlantının iletebileceği gücü hesaplayınız. Kaymaya karşı emniyet katsayısı S_K=1,5 ve μ=0,15 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

H7/u6, n = 100 d/d, S = 1,5, R_{zm}=10 µm ve R_{zg}=10 µm

$$Q_m = \frac{40}{60} = 0{,}66 \text{ ve } Q_g = \frac{60}{80} = 0{,}75$$

$$Z = 0{,}8 \cdot (R_{zm} + R_{zg}) = 0{,}8 \cdot (10 + 10) = 16\ \mu m$$

Çizelge 8.7'den Ø 60 ve H7/u6 için S_{min} = 57µm ve S_{max}=106 µm alınır.

$S_{min} > \Delta d^*_{min}$ olmalıdır.

$$\Delta d^*_{min} = \Delta d_{min} + Z \rightarrow 57 = \Delta d_{min} + 16 \rightarrow \Delta d_{min} = 41\ \mu m$$

$$\Delta d_{min} = \frac{d \cdot p_{min}}{E} \cdot \left[\frac{1 + Q_m^2}{1 - Q_m^2} + \frac{1 + Q_g^2}{1 - Q_g^2}\right]$$

$$41 \cdot 10^{-3} = \frac{60 \cdot p_{min}}{2{,}1 \cdot 10^5} \cdot \left[\frac{1 + 0{,}66^2}{1 - 0{,}66^2} + \frac{1 + 0{,}75^2}{1 - 0{,}75^2}\right]$$

$$p_{min} = 22{,}15\ N/mm^2$$

$$p_{min} = \frac{2 \cdot M_d \cdot S_K}{\mu \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L} \rightarrow 22{,}15 = \frac{2 \cdot M_d \cdot 1{,}5}{0{,}15 \cdot \pi \cdot 60^2 \cdot 90}$$

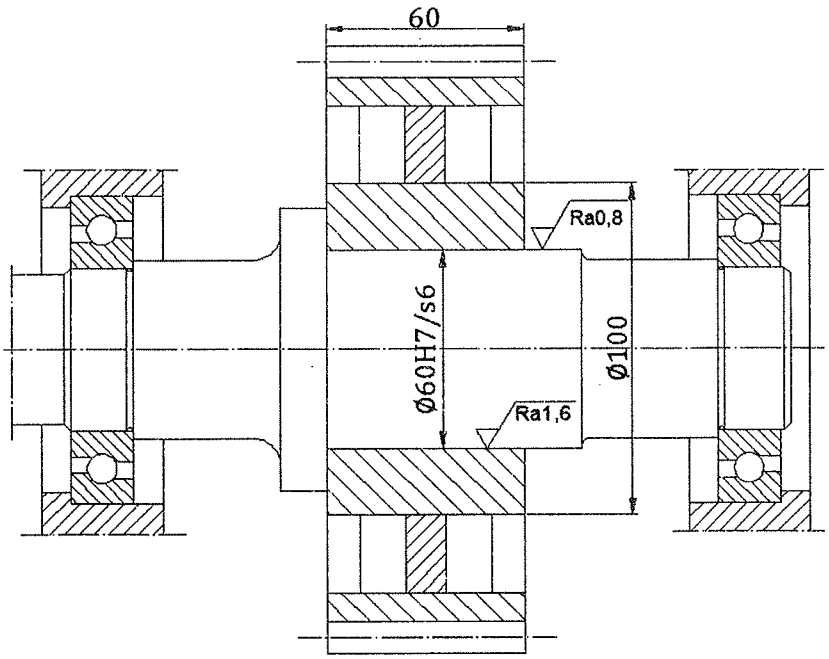
$$M_d = 1126726{,}2\ Nmm = 1126{,}7\ Nm$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n}$$

$$1126{,}7 = 9550 \cdot \frac{P}{100} \rightarrow P = 11{,}79\ kW$$

PROBLEM 8.7

Aşağıdaki şekilde helis dişli, mil üzerine H7/s6 sıkı geçmesiyle sabitlenmiştir. Sistemi tahrik eden motor gücü 10 kW olup milin devir sayısı 100 d/d'dır. Mil malzemesi E295 ve göbek malzemesi E335 olarak verilmiştir. Sistemin emniyet katsayısı S=1,5 ve sürtünme katsayısı μ=0,15 alınacaktır. Mil ve göbek arasında verilen sıkı geçme, verilen motor gücünü iletebilir mi, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

İletilecek moment: $M_{di} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{10}{100} = 955$ Nm

$Z = 6 \cdot (R_{am} + R_{ag}) = 6 \cdot (0{,}8 + 1{,}6) = 14{,}4$ μm (ezilme kaybı)

Çizelge 8.7'den Ø 60 ve H7/s6 için S_{max}=72 μm ve S_{min}=23 μm alınır.

$\Delta d^*_{min} \leq S_{min}$

$\Delta d^*_{min} = \Delta d_{min} + Z \quad \rightarrow \quad 23 = \Delta d_{min} + 14{,}4$

$\Delta d_{min} = 8{,}6$ μm

Dolu mil için;

$$\Delta d_{min} = \frac{2 \cdot p_{min} \cdot d}{E \cdot (1 - Q_g{}^2)}$$

$$Q_g = \frac{r_{g_i}}{r_{g_d}} = \frac{60}{100} = 0{,}6$$

$Q_m = 0$ (dolu mil olduğu için)

$$8{,}6 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot p_{min} \cdot 60}{2 \cdot 10^5 \cdot (1 - 0{,}6^2)}$$

$p_{min} = 9{,}17\ N/mm^2$

$$p_{min} = \frac{2 \cdot M_{ds} \cdot S_K}{\mu \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L} \rightarrow 9{,}17 = \frac{2 \cdot M_{ds} \cdot 1{,}5}{0{,}15 \cdot \pi \cdot 60^2 \cdot 60}$$

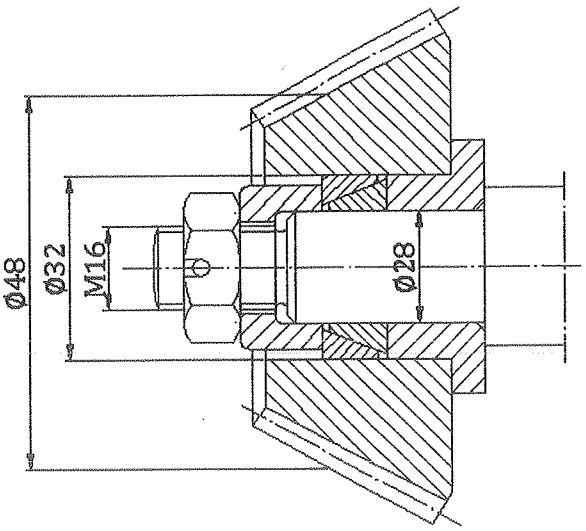
$M_{ds} = 310973$ Nmm (sıkı geçmenin iletebileceği moment)

$M_{di} < M_{ds}$ olmalıdır.

955000 Nmm > 310973 Nmm olduğu için moment iletilemez.

PROBLEM 8.8

Yandaki şekilde konik dişli çark mil üzerine bir adet konik bilezik çifti ile sabitlenmiştir. Dişli çark n=250 d/d ile dönmektedir. Cıvata bağlantısına 30 kN ön gerilme kuvveti verilmiştir.



a) Bağlantının iletebileceği gücü hesaplayınız.

b) Bağlantı maksimum ne kadar eksenel yük taşıyabilir.

ÇÖZÜM:

n=250 d/d, $F_{ön}$=30 kN

Çizelge 8.4'den, 28x32 konik bilezik çifti için, F_0=7,4 kN, f=56 mm², m=0,78 m.mm² ve c=252 mm² alınır.

$$a)\ F_{ön} = \frac{F_0 + c \cdot p}{i} \rightarrow 30000 = \frac{7400 + 252 \cdot p}{1}$$

$p = 89{,}69\ N/mm^2$

$$p = \frac{2 \cdot M_d}{k \cdot m} \rightarrow 89{,}69 = \frac{2 \cdot M_d}{1 \cdot 0{,}78} \rightarrow M_d = 34{,}97\ Nm$$

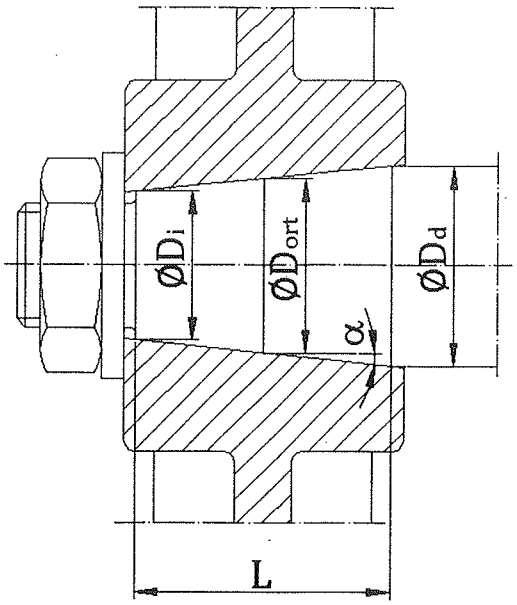
$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} \rightarrow 34{,}97 = 9550 \cdot \frac{P}{250}$$

$P = 0{,}91$ kW

b) $F_{amax} = k \cdot f \cdot p = 1 \cdot 56 \cdot 89{,}69 = 5022{,}6$ N eksenel yük taşınabilir.

PROBLEM 8.9

Şekilde verilen konik mil- göbek bağlantısı ile n=1250 d/d da P=15 kW güç iletilmektedir. Mil malzemesi E295, koniklik=1/10, D_d=35 mm, L=50 mm, mil ile göbek arasındaki sürtünme katsayısı 0,15 ve kaymaya karşı emniyet katsayısı 1,4 olarak verilmektedir. Milin uç kısmına M12 diş açılmıştır. Vida dişleri arasındaki sürtünme katsayısı 0,15'dir.



a) Bağlantıda oluşan yüzey basıncını bulunuz.

b) Vidanın mukavemet kontrolünü (çekme+burulma) yapınız. Malzeme akma sınırının %70'i kullanılacaktır.

ÇÖZÜM:

a) Yüzey basıncı;

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{15}{1250} = 114{,}6 \text{ Nm}$$

$$M_s = S_K \cdot M_d = 1{,}4 \cdot 114{,}6 = 160{,}44 \text{ Nm}$$

$$\text{Koniklik} = \frac{1}{10} = \frac{D_d - D_i}{L} \rightarrow \frac{1}{10} = \frac{35 - D_i}{50} \rightarrow D_i = 30 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha = \frac{D_d - D_i}{2 \cdot L} \rightarrow \tan\alpha = \frac{35 - 30}{2 \cdot 50} \rightarrow \alpha = 2{,}86°$$

$$D_{ort} = \frac{D_d + D_i}{2} = \frac{35 + 30}{2} = 32{,}5 \text{ mm}$$

$$p = \frac{2 \cdot M_s}{\mu \cdot \pi \cdot D_{ort}^{\,2} \cdot l} = \frac{2 \cdot 160{,}44 \cdot 10^3}{0{,}15 \cdot \pi \cdot 32{,}5^2 \cdot 50} = 12{,}89 \text{ N/mm}^2 \text{ bulunur.}$$

b) Vida kontrolü;

Çizelge 9.2'den, M12 için;

$A_s = 84{,}3 \text{ mm}^2$, $d_s = 10{,}358$ mm, $d_2 = 10{,}863$ mm, $h = 1{,}75$ mm alınır.

$$M_s = \mu \cdot F_N \cdot \frac{D_{ort}}{2} \rightarrow F_N = \frac{2 \cdot M_s}{\mu \cdot D_{ort}}$$

$$F_e = F_N \cdot (\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha) = \frac{2 \cdot 160{,}44 \cdot 10^3}{0{,}15 \cdot 32{,}5} \cdot (\sin 2{,}86 + 0{,}15 \cdot \cos 2{,}86)$$

$F_e = F_{ön} = 13145\ N$

$$\sigma_ç = \frac{F_{ön}}{A_s} = \frac{13145}{84,3} = 155,9\ N/mm^2$$

$$M_{s1} = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{1,75}{\pi \cdot 10,863} \rightarrow \alpha = 2,93°$$

$$\mu' = 1,15 \cdot \mu = 1,15 \cdot 0,15 = 0,17$$

$$\rho' = \arctan\mu' \rightarrow \rho' = 9,78°$$

$$M_{s1} = 13145 \cdot \frac{10,863}{2} \cdot \tan(2,93 + 9,78)$$

$$M_{s1} = 16103,1\ Nmm$$

$$\tau_b = \frac{M_{s1}}{W_b} = \frac{16 \cdot 16103,1}{\pi \cdot 10,358^3} = 73,8\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{155,9^2 + 3 \cdot 73,8^2} = 201,6\ N/mm^2$$

$$\sigma_{em} = 0,7 \cdot 295 = 206,5\ N/mm^2$$

$\sigma_{eş} < \sigma_{em}$ olduğu için vida emniyetlidir.

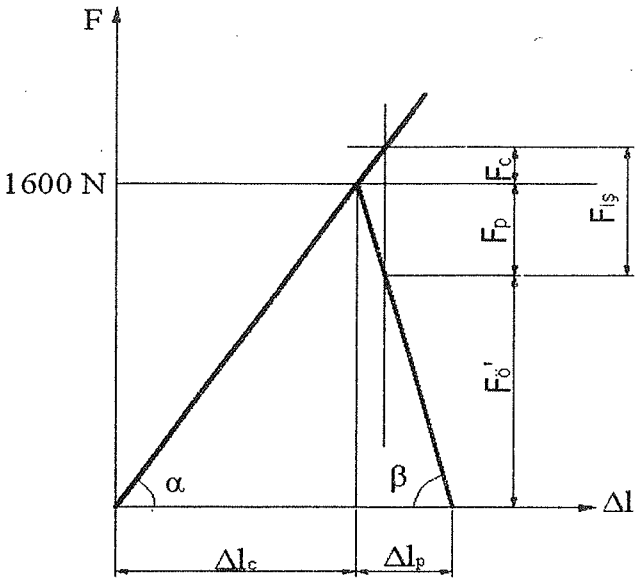
BÖLÜM 9: CIVATA BAĞLANTILARI

PROBLEM 9.1

Ön gerilme kuvveti $F_{ön}$=1600 N, işletme kuvveti $F_{iş}$=600 N olan bir cıvata bağlantısında, cıvatanın rijitliği c_c=32000 N/mm ve sıkılan parçaların rijitliği c_p=80000 N/mm ise;

a) Ölçekli olarak, cıvata bağlantısının kuvvet deformasyon diyagramını çiziniz. (Ölçek: 1 cm=10 μm; 1 cm=200 N)

b) Cıvataya gelen ek yükü bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) $\tan\alpha = \dfrac{F_{ön}}{\Delta l_c} \rightarrow 32000 = \dfrac{1600}{\Delta l_c} \rightarrow \Delta l_c = 0{,}05\ \text{mm} = 50\ \mu\text{m}$

$\tan\beta = \dfrac{F_{ön}}{\Delta l_p} \rightarrow 80000 = \dfrac{1600}{\Delta l_p} \rightarrow \Delta l_p = 0{,}02\ \text{mm} = 20\ \mu\text{m}$

b) $F_c = 0{,}9$ cm ölçülür. $1\text{cm} = 200\text{N} \rightarrow F_c = 0{,}9 \cdot 200 = 180$ N

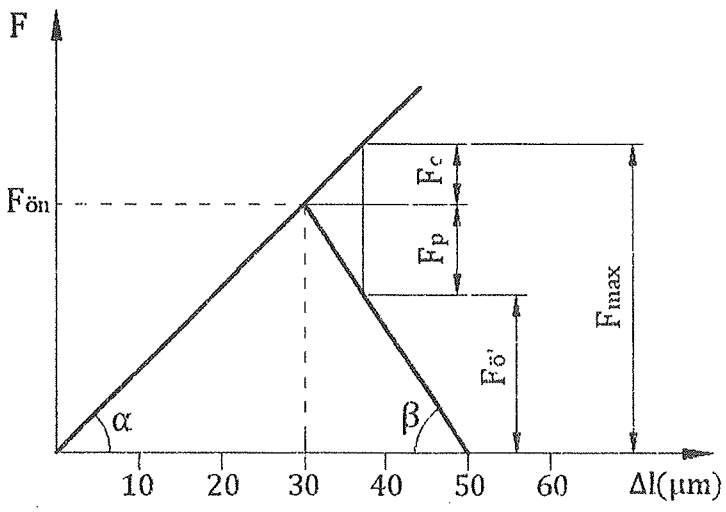
PROBLEM 9.2

Kuvvet-deformasyon diyagramı verilen cıvata bağlantısında, M4-8.8 cıvata kullanılmış olup $F_{ön}$=1500 N' luk bir ön gerilme kuvveti verilmiştir. Daha sonra bağlantı eksenel yönde 600 N' luk bir işletme kuvvetine maruz kalmıştır. Bu durumda;

a) Cıvata ve sıkılan parçaların rijitliklerini bulunuz.

b) F_c ve F_p' yi hesaplayınız.

c) Cıvataya gelen maksimum kuvveti bulunuz.



d) Sıkılan parçalarda ne kadar ön gerilme kuvveti kalır, bulunuz.

e) Cıvatanın kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

a) $\tan\alpha = c_c = \dfrac{F_{ön}}{\Delta l_c} = \dfrac{1500}{0{,}030} = 50000\ \text{N/mm}$

$\tan\beta = c_p = \dfrac{F_{ön}}{\Delta l_p} = \dfrac{1500}{0{,}020} = 75000\ \text{N/mm}$

b) $k = \dfrac{c_c}{c_c + c_p} = \dfrac{\delta_p}{\delta_p + \delta_c} = \dfrac{50000}{50000 + 75000} = 0{,}4$

$F_c = k \cdot F_{iş} = 0{,}4 \cdot 600 = 240\ \text{N}$

$F_p = (1 - k) \cdot F_{iş} = (1 - 0{,}4) \cdot 600 = 360\ \text{N}$

c) $F_{max} = F_{ön} + F_c = 1500 + 240 = 1740\ \text{N}$

d) $F'_{ön} = F_{ön} - F_p = 1500 - 360 = 1140\ \text{N}$

e) Çizelge 9.2'den M4 için,

h=0,7mm, d_2=3,545mm, d_1=3,141mm ve A_1=7,75 mm^2 alınır.

İşletme kuvvetinin statik olması durumunda;

$\sigma_{max} = \dfrac{F_{max}}{A_1} = \dfrac{1740}{7{,}75} = 224{,}5\ \text{N/mm}^2$

$\sigma_{max} \leq 0{,}7 \cdot R_e$

8.8 kalite için $R_e = 10 \cdot 8 \cdot 8 = 640\ \text{N/mm}^2$

$224{,}5 \leq 448\ \text{N/mm}^2$ olduğu için emniyetlidir.

İşletme kuvvetinin dinamik olması durumunda;

$F_g = \dfrac{F_c}{2} = \dfrac{240}{2} = 120\ \text{N}$

$\sigma_g = \dfrac{F_g}{A_1} = \dfrac{120}{7{,}75} = 15{,}48 \leq 0{,}7 \cdot \sigma_G$

Çizelge 9.7'den M4 ve 8.8 kalite için $\sigma_G = 60\ \text{N/mm}^2$ alınır.

$15{,}48 \leq 0{,}7 \cdot 60$

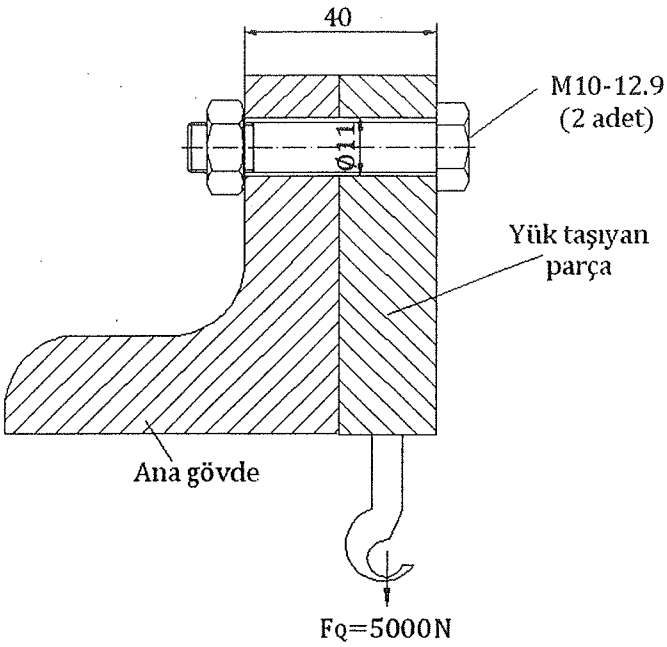
$15{,}48 \leq 42\ \text{N/mm}^2$ olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 9.3

Şekildeki parça gövdeye M10-12.9 kalite iki adet cıvata ile tespit edilmiştir. Kaymaya karşı %50 emniyet istenmektedir. Sürtünme katsayıları μ=0,15 ve μ_s=0,18 alınacaktır.

a) Verilen F_Q=5000 N'luk yükü sürtünme ile taşıyabilmek için cıvatalar ne kadar moment ile sıkılmalıdır.

b) Cıvata çapı %70 emniyetle çalışır mı, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

$$\text{a) } M_{s,ç} = M_{s_1} + M_{s_2} = F_{ön} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_s \cdot \frac{d_d + s}{4}\right]$$

M10 için Çizelge 9.2'den h=1,5 mm, d_2=9,026 mm, d_1=8,160 mm ve A_1=52,3 mm^2 alınır.

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{1,5}{\pi \cdot 9,026} \rightarrow \alpha = 3,028°$$

$$\mu' = \mu \cdot 1,15 = 0,15 \cdot 1,15 = 0,17$$

$$\rho' = \arctan\mu' = \arctan 0,17 \rightarrow \rho' = 9,78°$$

Çizelge 9.6'dan M10 için anahtar ağzı s_{max} = 16 mm alınır.

$$F_Q = \frac{\mu \cdot F_{net} \cdot n}{S_K} \rightarrow F_{net} = \frac{5000 \cdot 1,5}{1 \cdot 0,15} \rightarrow F_{net} = 50000 \text{ N}$$

S_K = 1,5 (%50 emniyet)

$$F_{net_c} = \frac{50000}{2} = 25000 \text{ N}$$

$\frac{l_p}{d} = \frac{40}{10} = 4$ için Çizelge 9.8'den $f_k = 5,3 \cdot 10^{-3}$ mm alınır.

$$F_{net_c} = F_{ön} - \frac{f_k}{\delta_p + \delta_c}$$

Çizelge 9.2'den M10'a göre A_c=78,5 mm^2 alınır.

$$c_c = \frac{E_c \cdot A_c}{l_c} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 78,5}{40} = 412125 \text{ N/mm}$$

$$c_p = \frac{E_p \cdot A_p}{l_p} = \frac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 188{,}49}{40} = 989601 \text{ N/mm}$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(1{,}5 \cdot d + k \cdot \frac{l_p}{2})^2 - d_d^2 \right]$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(1{,}5 \cdot 10 + 0{,}2 \cdot \frac{40}{2})^2 - 11^2 \right] = 188{,}49 \text{ mm}^2$$

$$25000 = F_{ön} - \frac{5{,}3 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{989601} + \frac{1}{412125}} \quad \rightarrow \quad F_{ön} = 26542 \text{ N}$$

$$M_s = 26542 \cdot \left[\frac{9{,}026}{2} \cdot \tan(3 + 9{,}78) + 0{,}18 \cdot \frac{11 + 16}{4} \right]$$

$M_s = 59418$ Nmm $= 59{,}4$ Nm ile sıkılmalıdır.

b) $\sigma_ç = \frac{F_{ön}}{A_1} = \frac{26542}{52{,}3} = 507{,}5 \text{ N/mm}^2$

$$\tau_b = \frac{M_{s_1}}{W_b} = \frac{27170 \cdot 16}{\pi \cdot 8{,}160^3} = 254{,}8 \text{ N/mm}^2$$

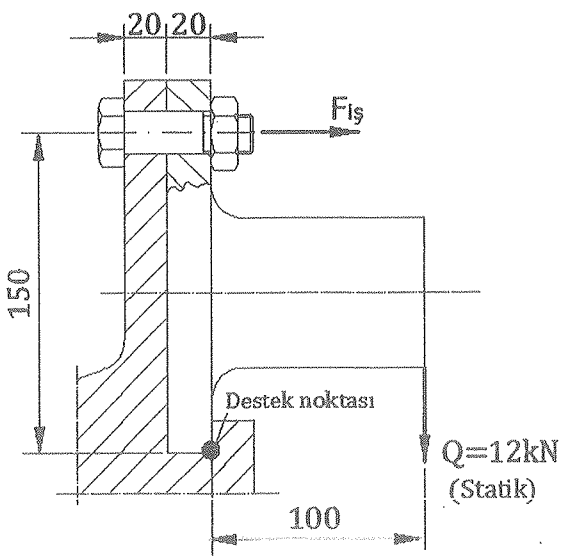
$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \leq 0{,}7 \cdot R_e$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{(507{,}5)^2 + 3 \cdot (254{,}8)^2} \leq 0{,}7 \cdot 12 \cdot 9 \cdot 10$$

$672 \leq 756$ olduğu için akma sınırının %70'i emniyetle çalışır.

PROBLEM 9.4

Şekildeki yük taşıma kancası, gövdeye M16-5.6 cıvata ile sabitlenmiştir. Cıvataya verilen ön gerilme kuvveti $F_{ön}=2{,}5 \cdot F_{iş}$ ve $\mu=0{,}17$ alınacaktır. Cıvata akma sınırının %70'i kullanılacaktır. Sıkma durumundaki burulmayı da dikkate alarak cıvatanın kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

Çizelge 9.2'den M16 için d=16 mm, d_1=13,546 mm, A_1=144 mm², d_2=14,701 mm ve h=2 mm alınır.

Destek noktasına göre moment dengesinden,

$$F_{iş} = Q \cdot \frac{100}{150} = 12000 \cdot \frac{100}{150} = 8000\ N$$

$$F_{ön} = 2{,}5 \cdot F_{iş} = 2{,}5 \cdot 8000 = 20000\ N$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{2}{\pi \cdot 14{,}701} = 0{,}0434 \rightarrow \alpha \approx 2{,}5°$$

$$\mu' = \frac{\mu}{\cos\frac{\beta}{2}} = \frac{0{,}17}{\cos 30} = 0{,}196 \approx 0{,}2$$

$$\rho' = \arctan\mu' = \arctan 0{,}2 \rightarrow \rho' = 11{,}3°$$

$$M_{s_1} = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') = 20000 \cdot \frac{14{,}701}{2} \cdot \tan(2{,}5 + 11{,}3) = 36109{,}1\ Nmm$$

$$\tau_b = \frac{M_{s_1}}{W_b} = \frac{36109{,}1 \cdot 16}{\pi \cdot 13{,}546^3} = 74\ N/mm^2$$

$$c_c = \frac{E_c \cdot A_c}{l_c} = \frac{210 \cdot 10^3 \cdot 201}{40} = 1{,}05 \cdot 10^6\ N/mm$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(1{,}5 \cdot d + k \cdot \frac{l_p}{2})^2 - d_d^2\right] = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(1{,}5 \cdot 16 + 0{,}2 \cdot \frac{40}{2})^2 - 17^2\right]$$

$$A_p = 388{,}7\ mm^2$$

$$c_p = \frac{E_p \cdot A_p}{l_p} = \frac{210 \cdot 10^3 \cdot 388{,}7}{40} = 2{,}04 \cdot 10^6\ N/mm$$

$$F_c = \frac{c_c}{c_c + c_p} \cdot F_{iş} = \frac{1{,}05 \cdot 10^6}{1{,}05 \cdot 10^6 + 2{,}04 \cdot 10^6} \cdot 8000 = 2718{,}4\ N$$

$$F_{max} = F_c + F_{ön} = 2718{,}4 + 20000 = 22718{,}4\ N$$

$$\sigma_ç = \frac{F_{max}}{A_1} = \frac{22718{,}4}{144} = 157{,}7\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = \sqrt{157{,}7^2 + 3 \cdot 74^2} = 203{,}2\ N/mm^2$$

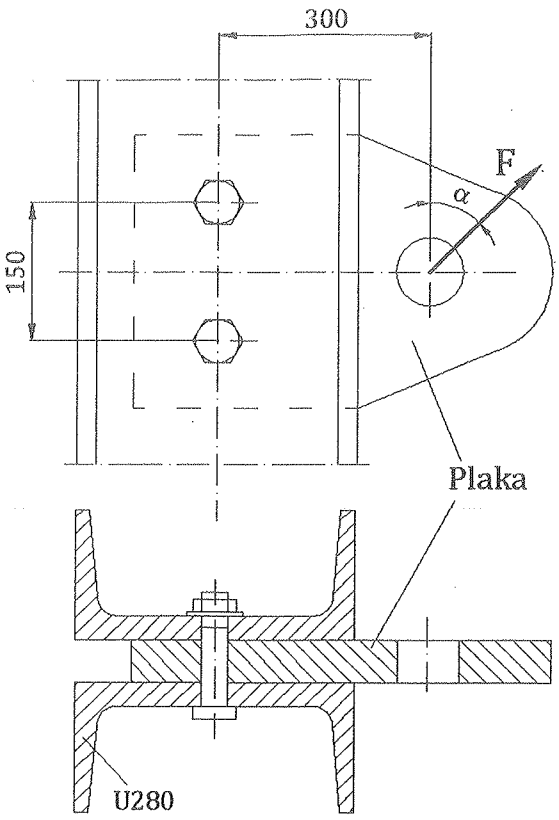
$$\sigma_{eş} \leq \sigma_{em} = 0{,}7 \cdot R_e$$

$$203{,}2 \leq 0{,}7 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 10$$

$203{,}2 \leq 210\ N/mm^2$ olduğu için verilen M16 cıvata uygundur.

PROBLEM 9.5

Şekildeki yük taşıma sisteminde plaka, iki adet U280 profiline iki adet M20x60 - 8.8 cıvata ile sabitlenmiştir. Plakaya $\alpha=45°$ açı altında F=8t halat kuvveti etki etmektedir. Cıvata çaplarını sadece kesilmeye göre kontrol ediniz. Emniyet katsayısı S=1,3 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

$F = 8\,t = 80000\,N = 80\,kN$

$F_x = F_y = 80 \cdot \cos 45 = 56{,}56\,kN$

F_x' den dolayı kesme kuvveti;

$$F_{k1} = \frac{F_x}{2} = 28{,}28\,kN$$

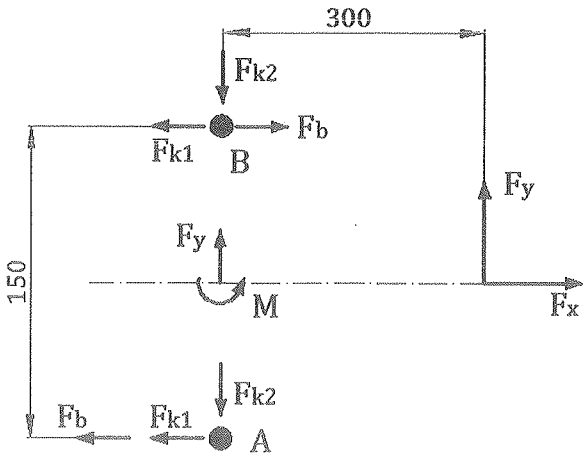
F_y ' den dolayı kesme kuvveti;

$$F_{k2} = \frac{F_y}{2} = 28{,}28\,kN$$

$M=F_y \cdot 300$' den dolayı kesme kuvveti;

$F_y \cdot 300 = F_b \cdot 150$

$$F_b = \frac{56{,}56 \cdot 300}{150} = 113{,}12\,kN$$



Şekilde A olarak gösterilen cıvata daha fazla zorlanır.

$$F_{eş} = \sqrt{(F_{k1} + F_b)^2 + F_{k2}^2}$$

$$= \sqrt{(28{,}28 + 113{,}12)^2 + 28{,}28^2} = 144{,}2\,kN$$

$$\tau_k = \frac{F_{eş}}{n \cdot A} \leq \tau_{em} = \frac{R_e}{2 \cdot S}$$

$$\frac{144{,}2 \cdot 10^3}{2 \cdot 314} \leq \frac{8 \cdot 8 \cdot 10}{2 \cdot S}$$

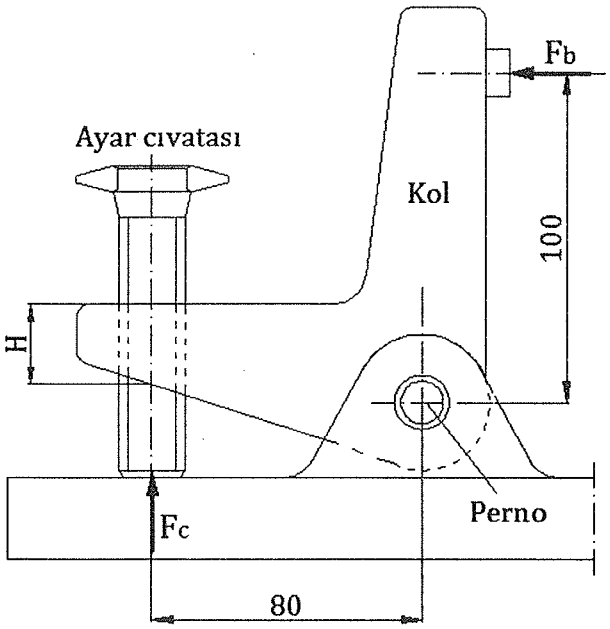
$S = 1{,}39 > 1{,}3$ olduğu için cıvata çapları uygundur.

PROBLEM 9.6

Şekilde verilen kol, çatala perno ile sabitlenmiştir. Kol üzerine F_b=3000 N baskı kuvveti uygulanmaktadır. Sistem M8 - 4.6 ayar cıvatası ile dengede tutulmaktadır.

a) Cıvata-somun arası sürtünme katsayısı μ=0,15 alınacaktır. Cıvata ucu ile çatal arasındaki sürtünme ihmal edilecektir. Sistemi dengeye getirmek için cıvata ne kadar bir moment ile sıkılmalıdır.

b) Cıvata dişlerinin kesilmesine göre, kol içerisinde kalan cıvata uzunluğu (H) ne olmalıdır. S=2 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

a) M8 – 4.6, μ = 0,15, M_{s1} = ?

$$F_b \cdot 100 = F_c \cdot 80 \quad \rightarrow \quad F_c = 3750\ \text{N}; \quad F_c = F_{ön}$$

$$M_{s_1} = F_{ön} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')\right]$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{1{,}25}{\pi \cdot 7{,}188} \quad \rightarrow \quad \alpha = 3{,}16°$$

$$\rho' = \arctan\mu'$$

$$\mu' = 1{,}15 \cdot \mu = 1{,}15 \cdot 0{,}15 = 0{,}1725 \quad \rightarrow \quad \rho' = 9{,}78°$$

$$M_{s_1} = 3750 \cdot \left[\frac{7{,}188}{2} \cdot \tan(3{,}16 + 9{,}78)\right] = 3096\ \text{Nmm} = 3\ \text{Nm}$$

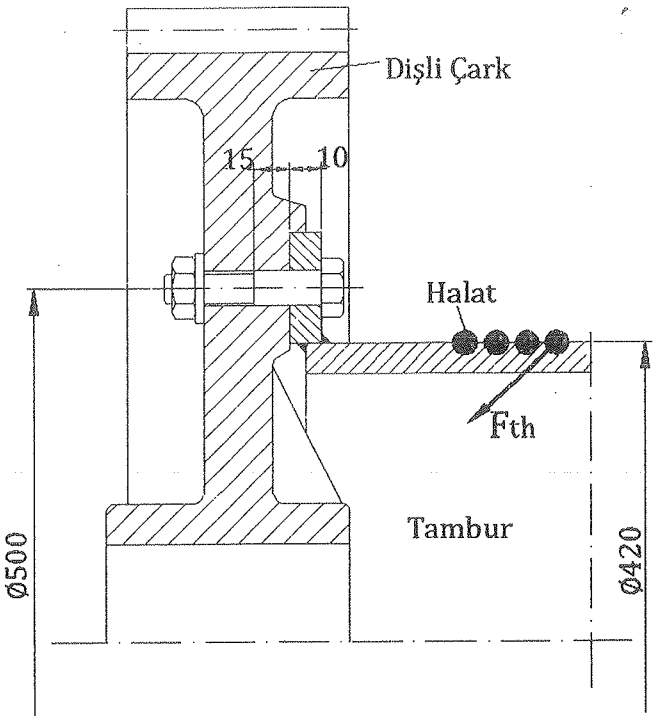
b) $$\tau_k = \frac{F_{ön}}{A_0} = \frac{2 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot d_2 \cdot H} \leq \frac{R_e}{2 \cdot S}$$

$$= \frac{2 \cdot 3750}{\pi \cdot 7{,}188 \cdot H} \leq \frac{240}{2 \cdot 2} \quad \rightarrow \quad H \geq 5{,}53\ \text{mm} = 6\ \text{mm olmalıdır.}$$

PROBLEM 9.7

Şekilde düz dişli çark tambura çevrede z sayıda M12x50-5.6 kalitedeki cıvatalar ile bağlanmıştır. Halat tarafından tambura 30 kN'luk teğetsel bir çekme kuvveti uygulanmaktadır. Yüzey basıncı ve kesme durumunu göz önünde bulundurarak çevrede olması gereken cıvata sayısını (z) bulunuz. S=2 alınacaktır.

($\tau_{em} = \frac{R_e}{2}$ dir.)



ÇÖZÜM:

M12x50-5.6, F_{th}=30 kN, S=2

Tamburdaki moment;

$$M_{dt} = F_{th} \cdot \frac{420}{2} = 30 \cdot 210 = 6300 \text{ kNmm}$$

Cıvatalara etki eden teğetsel kuvvet;

$$M_{dt} = F_{tc} \cdot 250 \rightarrow 6300 = F_{tc} \cdot 250$$

$$F_{tc} = 25{,}2 \text{ kN} = 25200 \text{ N}$$

Yüzey basıncına göre;

$$p = \frac{F_{tc}}{z \cdot d \cdot s} \leq p_{em}$$

$$p = \frac{25200}{z \cdot 12 \cdot 10} \leq \frac{R_e}{S} = \frac{300}{2} \quad \rightarrow \quad z = 1{,}4$$

Kesme durumuna göre;

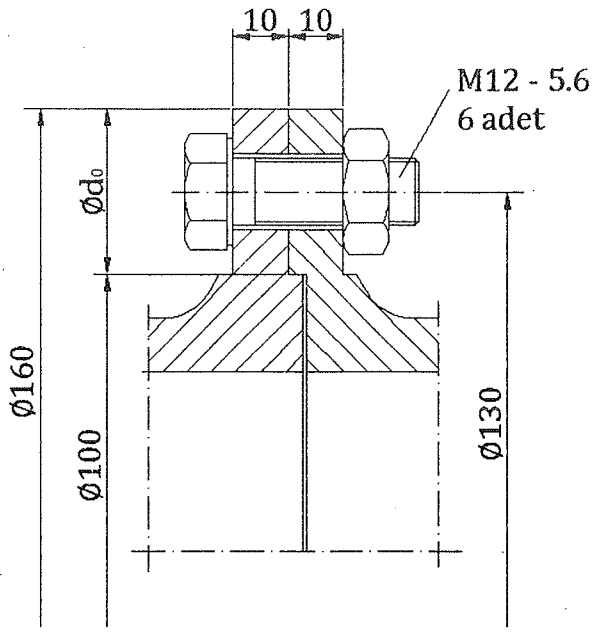
$$\tau_k = \frac{F_{tc} \cdot 4}{z \cdot n \cdot \pi \cdot d^2} \leq \tau_{em} = \frac{R_e}{2 \cdot S}$$

$$\tau_k = \frac{25200 \cdot 4}{z \cdot 1 \cdot \pi \cdot 12^2} \leq \tau_{em} = \frac{300}{2 \cdot 2} \quad \rightarrow \quad z = 2{,}97$$

z=3 adet cıvata alınmalıdır.

PROBLEM 9.8

Yandaki şekilde flanşlı kaplin bağlantısı, M12-5.6 kalitesindeki 6 adet cıvata ile sabitlenmiştir. Cıvataların geçtiği delik çapı d_d=13 mm'dir. Sürtünme ile n=750 d/d ve P=20kW güç iletilmektedir. Kayma emniyet katsayısı 2' dir. İki flanş ve cıvata-somun arasındaki sürtünme katsayıları 0,15'dir. Plastik deformasyondan dolayı ön gerilme kuvvetindeki azalma miktarı (F_k) dikkate alınacaktır. Cıvataların rijitlik hesabında d_s, mukavemet hesabında d_1 çapı ve akma sınırının %70'i kullanılacaktır. Cıvataların mukavemet kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

P=20 kW, n=750 d/d, M12 – 5.6, z=6, n=1, μ=0,15, S_K=2, ν=0,70

Çizelge 9.2'den, M12 için; h=1,75 mm, d_1=9,852 mm, d_2=10,863 mm, A_s=84,3 mm^2, A_1=76,3 mm^2 alınır.

Enine cıvata bağlantısında, sürtünme kuvveti ile moment iletimi vardır.

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{20}{750} = 254{,}6 \text{ Nm} = 254600 \text{ Nmm}$$

$$M_d = F_t \cdot 65 \quad \rightarrow \quad F_t = \frac{254600}{65} = 3916{,}9 \text{ N}$$

$$F_Q = \frac{F_t}{6}$$

$$c_c = \frac{E_c \cdot A_c}{l_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 84{,}3}{20} = 843000 \text{ N/mm}$$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot \left[d_0^2 - d_d^2\right] = \frac{\pi}{4} \cdot [30^2 - 13^2] = 573{,}8 \text{ mm}^2$$

$$c_p = \frac{E_p \cdot A_p}{l_p} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 573{,}8}{20} = 5738000 \text{ N/mm}$$

$$F_Q = \frac{\mu \cdot F_{net} \cdot n}{S_K} \rightarrow \frac{3916{,}9}{6} = \frac{0{,}15 \cdot F_{net} \cdot 1}{2}$$

$$F_{net} = 8704{,}2 \text{ N}$$

$$F_{net} = F_{ön} - \frac{f_k}{\delta_p + \delta_c}$$

$l_p/d = 20/12 = 1{,}66$ için Çizelge 9.8'den $f_k = 3{,}8x10^{-3}$ alınır.

$$8704 = F_{ön} - \frac{3{,}8 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{843000} + \frac{1}{5738000}} \quad \rightarrow \quad F_{ön} = 11498{,}2 \text{ N}$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{1{,}75}{\pi \cdot 10{,}863} \rightarrow \alpha = 2{,}93°$$

$$\mu' = 1{,}15 \cdot \mu = 1{,}15 \cdot 0{,}15 = 0{,}1725$$

$$\rho' = \arctan\mu' = 9{,}78°$$

$$M_{s_1} = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') = 11498{,}2 \cdot \frac{10{,}863}{2} \cdot \tan(2{,}93 + 9{,}78) = 14085{,}7 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{b_1} = \frac{M_{s_1}}{W_b} = \frac{14085 \cdot 16}{\pi \cdot 9{,}852^3} = 75 \text{ N/mm}^2$$

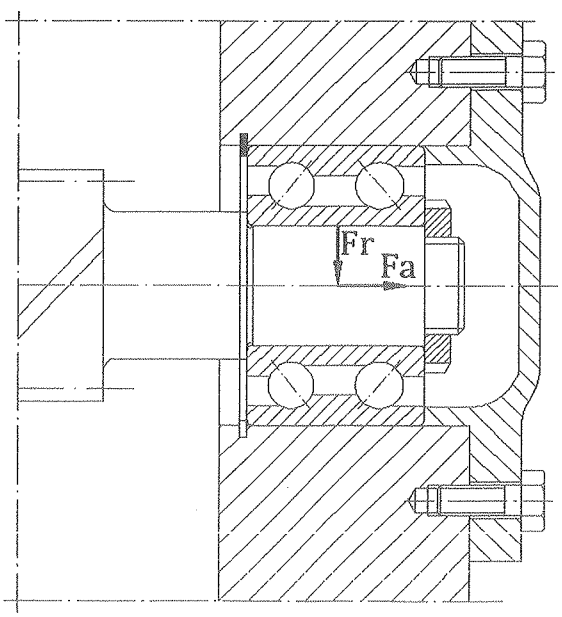
$$\sigma_ç = \frac{F_{ön}}{A_1} = \frac{11498{,}2}{76{,}3} = 150{,}7 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = \sqrt{150{,}7^2 + 3 \cdot 75^2}$$

$198 < 5 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 0{,}7 = 210 \text{ N/mm}^2$ olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 9.9

Şekilde üzerinde helis dişli bulunan milin yataklaması verilmiştir. Rulmanın dış bileziği eksenel yönde kapak ile sabitlenmiştir. Rulmana helis dişliden dolayı F_a=10 kN ve F_r=15 kN yatak kuvvetleri etki etmektedir. Sabitleme için çevrede M8-8.8 kalitede 6 adet cıvata kullanılmıştır. Cıvataların her biri 10Nm lik tork ile sıkılmıştır. Cıvataların rijitliği 400000 N/mm, sıkılan parçaların rijitliği ise 900000 N/mm dir. Sistemdeki sürtünme katsayıları 0,15 ve cıvatanın geçtiği deliğin çapı 9 mm dir.



a) Cıvataları maksimum kuvvete göre kontrol ediniz.

b) Cıvataları gerilme genliği açısından kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

6 adet M8 - 8.8 cıvata, F_a=10 kN, M_s=10 Nm

c_c=400000 N/mm, c_p=900000 N/mm, μ=0,15, d_d=9 mm

Çizelge 9.2'den, M8 için; h=1,25 mm, d_1=6,466 mm, d_2=7,188 mm, A_1=32,8 mm² alınır.

a) F_{max} = ?

$$M_s = F_{ön} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_s \cdot \frac{d_d + s}{4}\right]$$

$$\tan\alpha = \frac{1.25}{\pi \cdot 7{,}188} \rightarrow \alpha = 3{,}16°$$

$$\mu' = 1{,}15 \cdot \mu = 1{,}15 \cdot 0{,}15 = 0{,}1725$$

$$\rho' = \arctan\mu' = 9{,}78°$$

$$10000 = F_{ön} \cdot \left[\frac{7{,}188}{2} \cdot \tan(3{,}16 + 9{,}78) + 0{,}15 \cdot \frac{9 + 13}{4}\right]$$

$$F_{ön} = 6057 \text{ N}$$

$$F_{iş} = \frac{F_a}{n} = \frac{10000}{6} = 1666{,}6 \text{ N}$$

$$F_{max} = F_{ön} + F_c = 6057 + 1666{,}6 \cdot \frac{4}{4+9} = 6570 \text{ N}$$

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_1} = \frac{6570}{32{,}8} = 200{,}3 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{max} \leq \sigma_{em} \rightarrow 200{,}3 \leq 0{,}7 \cdot 640$ olduğu için emniyetlidir.

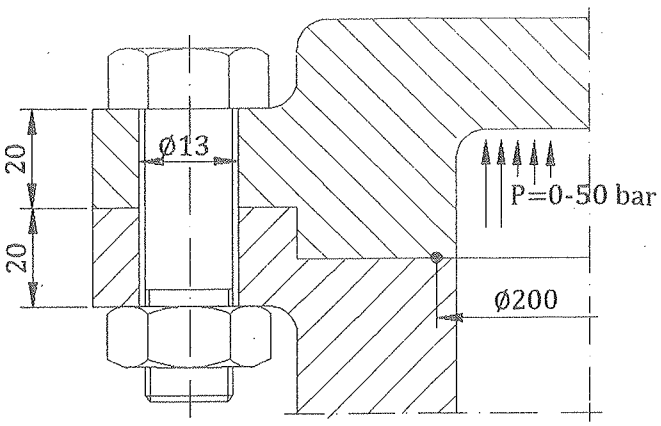
b) $\sigma_g = \frac{F_c}{2 \cdot A_1} = \frac{513}{2 \cdot 32{,}8} = 7{,}8 \text{ N/mm}^2$

M8 ve 8.8 kalite için Çizelge 9.7'den σ_G = 50 N/mm² alınır.

$\sigma_g \leq \sigma_{Gem} \rightarrow 7{,}8 \leq 0{,}7 \cdot 50 = 35$ olduğu için emniyetlidir.

PROBLEM 9.10

Şekilde gösterilen basınçlı kazanın iki parçası birbirine i=10 adet M12 cıvatalarla bağlanmıştır. Ön gerilme kuvveti işletme kuvvetinin 2,5 katıdır. Kazan basıncı 0-50 bardır. E=2,1x10^5 N/mm^2, cıvata kalitesi 10.9' dur. Verilen değerlere göre;



a) Kuvvet - deformasyon diyagramını çiziniz.

b) İşletme kuvvetini bulunuz.

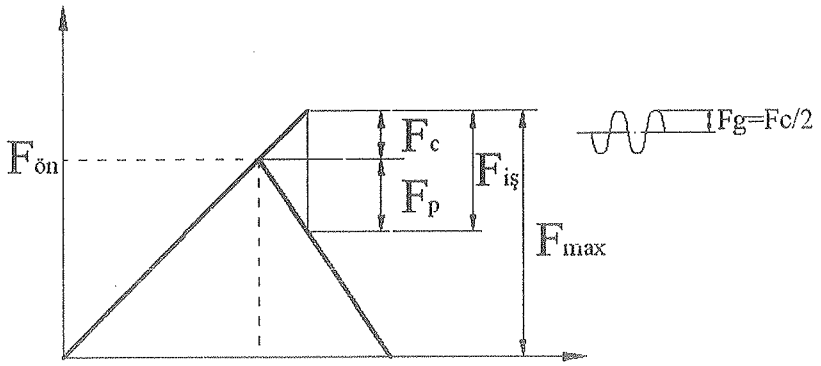
c) Sıkılan cıvata ve parçaların rijitliklerini bulunuz.

d) F_c=? ve F_{max} =?

e) Cıvatanın mukavemet kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

a)



b) $F_{iş} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \frac{1}{i} = \frac{\pi \cdot 0{,}200^2}{4} \cdot 50 \cdot 10^5 \cdot \frac{1}{10} = 15707{,}96\ N$

c) $c_c = \frac{E_c \cdot A_c}{l_c} = \frac{210 \cdot 10^3 \cdot 113}{40} = 593250\ N/mm$

$$A_p = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(1{,}5 \cdot d + k \cdot \frac{l_p}{2})^2 - {d_B}^2 \right] = \frac{\pi}{4} \cdot \left[(18 + 0{,}2 \cdot \frac{40}{2})^2 - 13^2 \right]$$

$$A_p = 247{,}27\ mm^2$$

$$c_p = \frac{E_p \cdot A_p}{l_p} = \frac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 247{,}27}{40} = 1298167\ N/mm$$

d) $k = \frac{c_c}{c_c + c_p} = \frac{593250}{593250 + 1298167} = 0{,}31$

$$F_c = k \cdot F_{iş} = 0{,}31 \cdot 15707{,}96 = 4869{,}46\ N$$

$F_{max} = F_c + F_{ön} = 4869{,}46 + 2{,}5 \cdot 15707{,}96 = 44139{,}36$ N

e) $\sigma_{max} = \dfrac{F_{max}}{A_1} = \dfrac{44139{,}36}{76{,}3} = 578{,}5$ N/mm^2

$578{,}5 \leq 0{,}7 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 10$

$578{,}5 \leq 630$ N/mm^2 olduğu için emniyetlidir.

Dinamik genlik kontrolü;

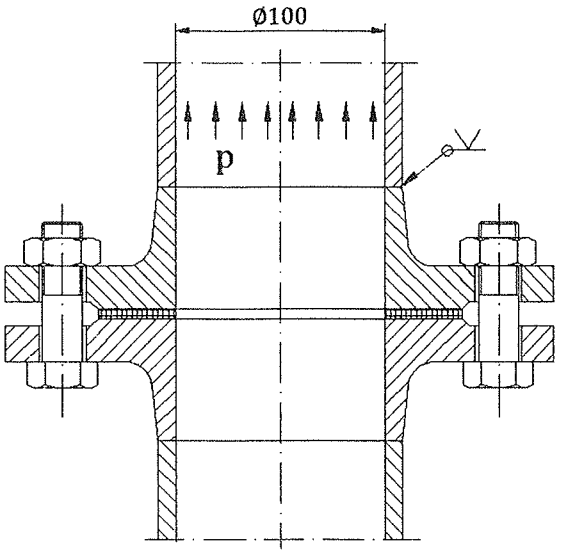
Çizelge 9.7'den M12 ve 10.9 kalite için σ_G=90 N/mm^2 alınır.

$\sigma_g = \dfrac{F_g}{A_1} = \dfrac{F_c}{2 \cdot A_1} = \dfrac{4869{,}46}{2 \cdot 76{,}3} = 31{,}9$ N/mm$^2 \leq 0{,}7 \cdot 90$

$31{,}9 \leq 63$ N/mm^2 olduğu için dinamik açıdan emniyetlidir.

PROBLEM 9.11

Şekildeki basınçlı boru tesisatı birleştirmesinde çevrede z adet M10-4.6 cıvata kullanılmıştır. Sistemdeki basınç statik olup p=20 bardır. Sıkılan parçaların rijitliği, cıvataların rijitliğinin 3 katı alınacaktır. Cıvatalara verilen ön gerilme kuvveti, işletme kuvvetinin 2,5 katı kabul edilecektir. Cıvata akma sınırının % 60'ı kullanılacaktır. Çevrede kullanılması gereken cıvata sayısını (z) bulunuz.



ÇÖZÜM:

p=20 bar, M10 – 4.6, $F_{ön}$=2,5 · $F_{iş}$, c_p=3 · c_c

$F_{iş} = p \cdot A = 20 \cdot 10^5 \cdot \dfrac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} = 15700$ N

$k = \dfrac{1}{1+3} = 0{,}25$

$F_{ön} = 2{,}5 \cdot F_{iş} = 15700 \cdot 2{,}5 = 39250$ N

$F_c = k \cdot F_{iş} = 0{,}25 \cdot 15700 = 3925$ N

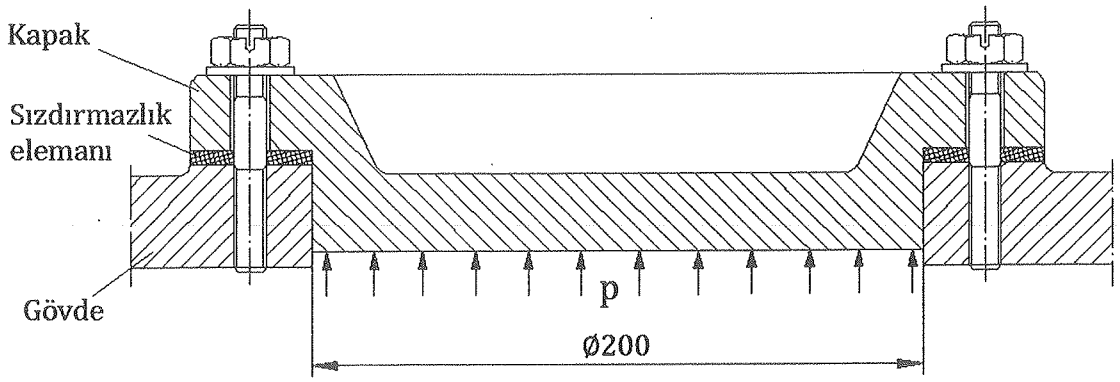
$F_{max} = F_{ön} + F_c = 39250 + 3925 = 43175$ N

$\sigma_{max} = \dfrac{F_{max} \cdot 4}{\pi \cdot {d_1}^2 \cdot z} = \dfrac{43175 \cdot 4}{\pi \cdot 8{,}160^2 \cdot z} = 10 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 0{,}6$

$z = 5{,}73 = 6$ cıvata olmalıdır.

PROBLEM 9.12

Şekildeki basınçlı kabın gövdesi ile kapağının birleştirilmesinde çevrede 6 adet M16 saplama kullanılmıştır. Sistemdeki basınç p=0-40 bar arasında değişmektedir. Sıkılan parçaların rijitliği, saplamaların rijitliğinin 3 katı alınacaktır. Saplamalara verilen ön gerilme kuvveti, işletme kuvvetinin 2,5 katı kabul edilecektir. Malzeme akma sınırının %70'i kullanılacaktır. Bu duruma göre saplamaların kalitesini bulunuz.



ÇÖZÜM:

M16 – 6 adet, $c_p=3.c_c$, p=0 – 40 bar, $F_{ön}=2,5 \cdot F_{iş}$, $\%70 \cdot R_e$

Çizelge 9.2'den M16 için $A_1=144$ mm² alınır.

$$F_{iş} = p \cdot A \cdot \frac{1}{z} = 40 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot \frac{1}{6} = 20943,95 \text{ N}$$

$$F_{ön} = 2,5 \cdot F_{iş} = 52359,87 \text{ N}$$

$$k = \frac{c_c}{c_c + c_p} = \frac{c_c}{c_c + 3 \cdot c_c} = 0,25$$

$$F_c = F_{iş} \cdot k = 20943,95 \cdot 0,25 = 5235,9 \text{ N}$$

$$F_{max} = F_{ön} + F_c = 52359,87 + 5235,9 = 57585,7 \text{ N}$$

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_1} = \frac{57595,7}{144} = 399,9 \text{ N/mm}^2 \leq 0,7 \cdot R_e$$

$R_e \geq 571,3$ N/mm² olmalıdır.

Saplamaların kalitesi 8.8 seçilirse,

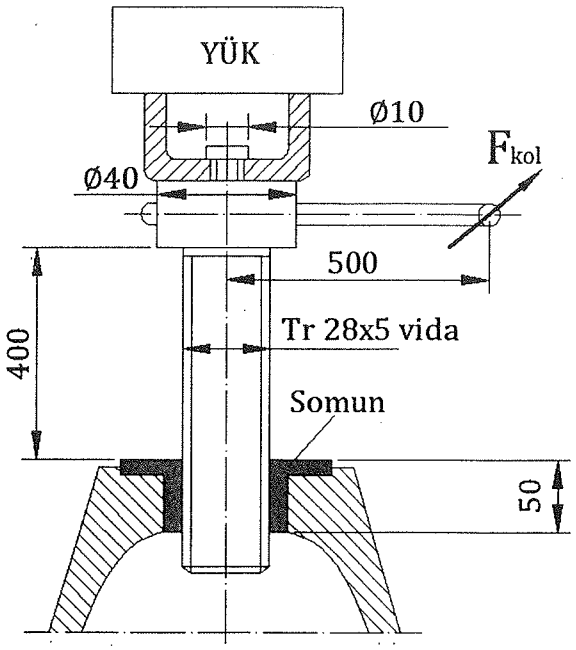
$R_e = 640 \geq 571,3$ N/mm² olduğu için emniyetlidir.

Dinamik açıdan; M16 – 8.8 kalite için Çizelge 9.7'den $\sigma_G = 40$ N/mm² alınır.

$$\sigma_g = \frac{F_c}{2 \cdot A_1} = \frac{5235,9}{2 \cdot 144} \leq 0,7 \cdot 40 \quad \rightarrow \quad 18,1 \leq 28 \text{ N/mm}^2 \text{ emniyetlidir.}$$

PROBLEM 9.13

Şekildeki vidalı kriko ile m=2,5 ton yük kaldırılmaktadır. Hareket iletimi için Tr28x5-4.8 vidalı mil kullanılmıştır. Vida ve somun çelik malzemeden yapılmış olup sistem nadir olarak çalışmaktadır. Sürtünme katsayıları $\mu = \mu_s = 0{,}1$ alınacaktır.



a) Vidalı milin maksimum 400 mm açıldığı durumdaki burkulma kontrolünü yapınız.

b) Vidalı milin gerilme kontrolünü yaparak, akma sınırı kullanım yüzdesini (υ) bulunuz.

c) Kriko üzerindeki yükü kaldırmak için gerekli olan kol kuvvetini bulunuz.

d) Somun dişlerini ezilme ve kesilme durumuna göre kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

a) F_y=2,5 t=25000 N; $R_e = 4 \cdot 8 \cdot 10 = 320$ N/mm²

Tr28x5 için Çizelge 9.3'den d_1=22,5 mm ve $d_2 = d - 0{,}5 \cdot h = 28 - 0{,}5 \cdot 5 = 25{,}5$ mm alınır.

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad ; \quad I = \frac{\pi \cdot 22{,}5^4}{64} = 12580 \text{ mm}^4 \quad ; \quad A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 22{,}5^2}{4} = 397 \text{ mm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{12580}{397}} = 5{,}62 \text{ mm}$$

$L_K = 2 \cdot l = 2 \cdot 400 = 800$ mm (I. Cilt Şekil 3.8'deki ilk yüklemeye uygun)

$$\lambda = \frac{L_K}{i} = \frac{800}{5{,}62} = 142{,}34$$

$$\lambda_{kr} = \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot \pi^2}{R_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot \pi^2}{320}} = 111{,}01$$

$\lambda > \lambda_{kr}$ olduğu için uzun çubuk kabul edilir ve Euler bağıntısı uygulanır.

$$F_{br} = n^2 \cdot \frac{E \cdot I \cdot \pi^2}{L_K^2} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 12580 \cdot \pi^2}{800^2} = 38800 \text{ N}$$

$F_y < F_{br} \rightarrow 25000 < 38800 \rightarrow S = 1{,}55$ emniyetle taşır.

b) Vidalı milde yükten dolayı bası gerilmesi meydana gelir.

$$\sigma_b = \frac{F_y}{A_1} = \frac{25000}{397} = 62{,}9\ N/mm^2$$

Yükü kaldırma anında, kolun döndürülmesinden dolayı vidalı milde burulma gerilmesi oluşur.

$$M_{s_1} = F_y \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')\right]$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{5}{\pi \cdot 25{,}5} \rightarrow \alpha = 3{,}57°$$

$$\tan\rho' = \frac{\mu}{\cos\frac{\beta}{2}} = \frac{0{,}1}{\cos 15} \rightarrow \rho' = 5{,}9°$$

$$M_{s_1} = 25000 \cdot \left[\frac{25{,}5}{2} \cdot \tan(3{,}57 + 5{,}9)\right] = 53168\ Nmm$$

$$\tau_b = \frac{M_{s_1}}{W_b} = \frac{53168 \cdot 16}{\pi \cdot 22{,}5^3} = 23{,}77\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{{\sigma_b}^2 + 3 \cdot {\tau_b}^2} = \sqrt{62{,}9^2 + 3 \cdot 23{,}77^2} = 67{,}24\ N/mm^2$$

$\sigma_{eş} \leq \upsilon \cdot R_e \rightarrow 67{,}24 \leq \upsilon \cdot 320 \rightarrow \upsilon = \%21$ olduğu için emniyetlidir.

c) $M_s = M_{s_1} + M_{s_2} = 53168 + \mu_s \cdot F_y \cdot \frac{d_d + s}{4}$

$$M_s = M_{s_1} + M_{s_2} = 53168 + 0{,}1 \cdot 25000 \cdot \frac{10 + 40}{4} = 84418\ Nmm$$

$$M_s = F_{kol} \cdot L \rightarrow F_{kol} = \frac{84418}{500} = 168{,}8\ N = 17{,}2\ kg$$

d) $p = \frac{4 \cdot F_y}{z \cdot \pi \cdot (d^2 - {d_1}^2)} \leq p_{em}$ Çizelge 9.10'dan $p_{em} = 16\ N/mm^2$ alınır.

$$\frac{4 \cdot 25000}{z \cdot \pi \cdot (28^2 - 22{,}5^2)} \leq 16 \rightarrow z = 7{,}16 \cong 8\ \text{diş}$$

Somun yüksekliği: $H = z \cdot h = 8 \cdot 5 = 40$ mm olmalıdır. z=8 diş için kesme gerilmesi;

$$\tau_k = \frac{F_y}{A_0} = \frac{2 \cdot F_y}{z \cdot \pi \cdot d_2 \cdot h} = \frac{2 \cdot 25000}{8 \cdot 3{,}14 \cdot 25{,}5 \cdot 5} = 15{,}61\ N/mm^2$$

$$\tau_k \leq \frac{R_e}{2 \cdot S} \rightarrow 15{,}61 = \frac{320}{2 \cdot S} \rightarrow S = 10{,}2$$ bulunur. Verilen H = 50 mm uygundur.

PROBLEM 9.14

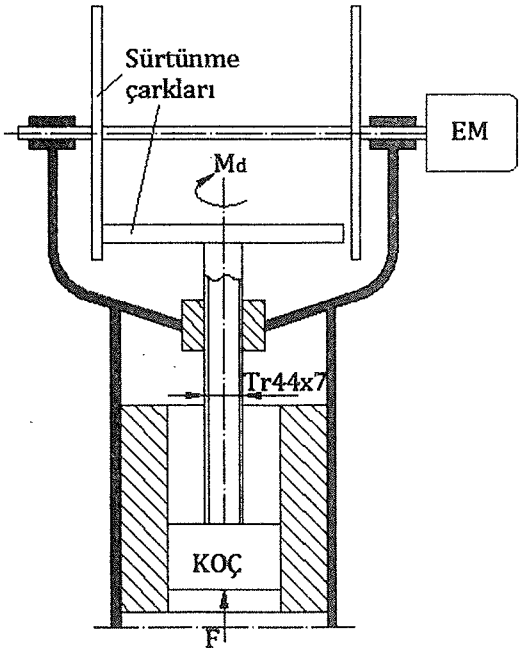
Şekilde verilen sürtünmeli preste, elektrik motoru dikey çarkı, dikey çarkta hareket vidasına bağlı olan yatay çarkı döndürmektedir. Pres ile maksimum F=5 ton kuvvet uygulanabilmektedir. Preste, koç hareketi için kalitesi 6.6 olan iki ağızlı Tr44x7 (d_1=36 mm, d_2=d-0,5.h) hareket vidası kullanılmıştır. Sürtünme katsayısı μ'=0,16 alınacaktır.

a) Vidalı milin akma sınırı kullanım yüzdesini bulunuz.

b) Sadece vida verimini dikkate alarak, koçun v=0,04 m/s ile ilerleyebilmesi için gerekli motor gücünü bulunuz.

ÇÖZÜM:

F=5 ton=50000 N, 6.6 kalite, μ'=0,16, iki ağızlı Tr44x7 için Çizelge 9.3'den d_1=36 mm ve d_2=40,5 mm alınır.



a) Vidalı milin akma sınırı kullanım yüzdesi, υ;

$$M_{s1} = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')$$

$$\tan\alpha = \frac{n \cdot h}{\pi \cdot d_2} \rightarrow \tan\alpha = \frac{2 \cdot 7}{\pi \cdot 40{,}5} \rightarrow \alpha = 6{,}28°$$

$$\rho' = \arctan\mu' = \arctan 0{,}16 \;\rightarrow\; \rho' = 9{,}09°$$

$$M_{s1} = 50000 \cdot \frac{40{,}5}{2} \cdot \tan(6{,}28 + 9{,}09) = 278318{,}6 \text{ Nmm}$$

$$\tau_b = \frac{M_{s1}}{W_b} = \frac{278318{,}6 \cdot 16}{\pi \cdot 36^3} = 30{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{F}{A_1} = \frac{50000 \cdot 4}{\pi \cdot 36^2} = 49{,}1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{49{,}1^2 + 3 \cdot 30{,}4^2} \leq \upsilon \cdot 6 \cdot 6 \cdot 10$$

$$72 \leq 360 \cdot \upsilon \;\rightarrow\; \upsilon = 0{,}2 \;\rightarrow\; \%20$$

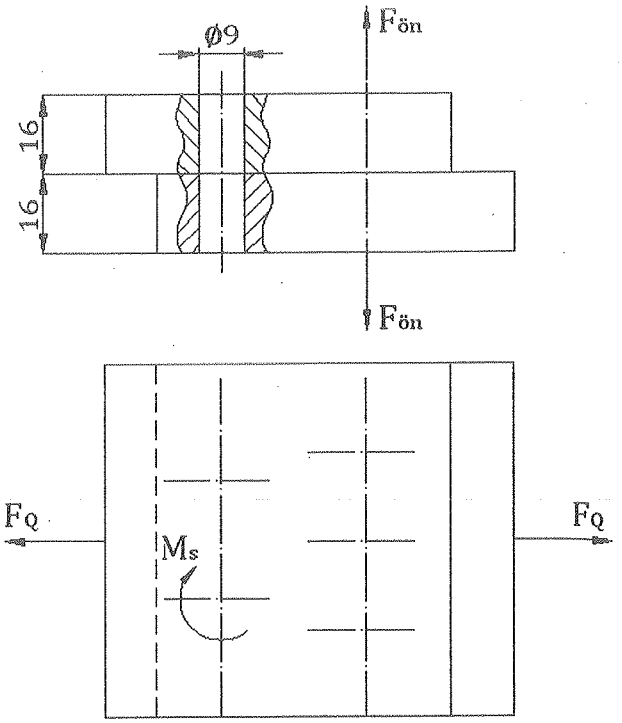
b) Gerekli motor gücü;

$$\eta_v = \frac{\tan\alpha}{\tan(\alpha + \rho')} = \frac{\tan 6{,}28}{\tan(6{,}28 + 9{,}09)} = 0{,}40 \;\rightarrow\; \%40$$

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta_v} = \frac{50000 \cdot 0{,}04}{0{,}40} = 5000 \text{ W}; \quad \text{Ek} - 5\text{'den } P = 5{,}5 \text{ kW seçilir.}$$

PROBLEM 9.15

Şekildeki parçalar birbirlerine M8-4.6 kalitede beş adet cıvata ile birleştirilmiştir. Cıvatada ve parçalar arasında sürtünme katsayısı 0,24 olup kaymaya karşı emniyet katsayısı S_K=2 alınacaktır. Cıvata akma sınırının %70'i kullanılacaktır.



a) Cıvatalara uygulanabilecek maksimum ön gerilme kuvvetini bulunuz.

b) Sistem ile kaymadan ne kadar F_Q kuvveti taşınabilir.

c) Cıvatalara uygulanacak sıkma momenti ne olmalıdır.

ÇÖZÜM:

a) M8, h=1,25 mm, d_2=7,188 mm, d_1=6,466 mm (Çizelge 9.2)

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_b^2} \leq 0{,}7 \cdot R_e$$

$$\sigma_ç = \frac{4 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot d_1^2} = \frac{4 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot 6{,}466^2}$$

$$\tau_b = \frac{16 \cdot M_{s1}}{\pi \cdot d_1^3}$$

$$M_{s1} = F_{ön} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{1{,}25}{\pi \cdot 7{,}188} \Rightarrow \alpha = 3{,}178°$$

$$\rho' = \arctan\mu'$$

$$\mu' = \mu \cdot 1{,}15 = 0{,}24 \cdot 1{,}15 = 0{,}276 \rightarrow \rho' = 15{,}43°$$

$$M_{s1} = F_{ön} \cdot \frac{7{,}188}{2} \cdot \tan(3{,}178 + 15{,}43) = F_{ön} \cdot 1{,}2$$

$$\tau_b = \frac{16 \cdot 1{,}2 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot 6{,}466^3}$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\left[\frac{4 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot 6{,}466^2}\right]^2 + 3 \cdot \left[\frac{16 \cdot 1{,}2 \cdot F_{ön}}{\pi \cdot 6{,}466^3}\right]^2} = 0{,}7 \cdot 240 \rightarrow F_{ön} = 2369{,}5 \text{ N}$$

b) $F_Q = \dfrac{\mu \cdot F_{net} \cdot n}{S_K} \quad \rightarrow \quad F_{net} = F_{ön} - \dfrac{f_k}{\delta_p + \delta_c}$

$\dfrac{l_p}{d} = \dfrac{32}{8} = 4 \rightarrow f_k = 5{,}3 \cdot 10^{-3}\text{mm}$

$\delta_p = \dfrac{1}{c_p}; \qquad c_p = \dfrac{E_p \cdot A_p}{l_p}$

$A_p = \dfrac{\pi}{4} \cdot \left[\left(1{,}5 \cdot d + k \cdot \dfrac{l_p}{2}\right)^2 - {d_d}^2\right] = \dfrac{\pi}{4} \cdot \left[\left(1{,}5 \cdot 8 + 0{,}2 \cdot \dfrac{32}{2}\right)^2 - 9^2\right] = 117{,}8\ \text{mm}^2$

$c_p = \dfrac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 117{,}8}{32} = 773332\ \text{N/mm}$

$A_c = 50{,}3\ \text{mm}^2$ (M8 için Çizelge 9.2)

$c_c = \dfrac{2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 50{,}3}{32} = 330093\ \text{N/mm}$

$F_{net} = 2369{,}5 - \dfrac{5{,}3 \cdot 10^{-3}}{\dfrac{1}{773332} + \dfrac{1}{330093}} = 1143\ \text{N}; \quad \Sigma F_{net} = 5 \cdot 1143 = 5715\ \text{N}$

$F_Q = \dfrac{0{,}24 \cdot 5715 \cdot 1}{2} = 685{,}8\ \text{N}$

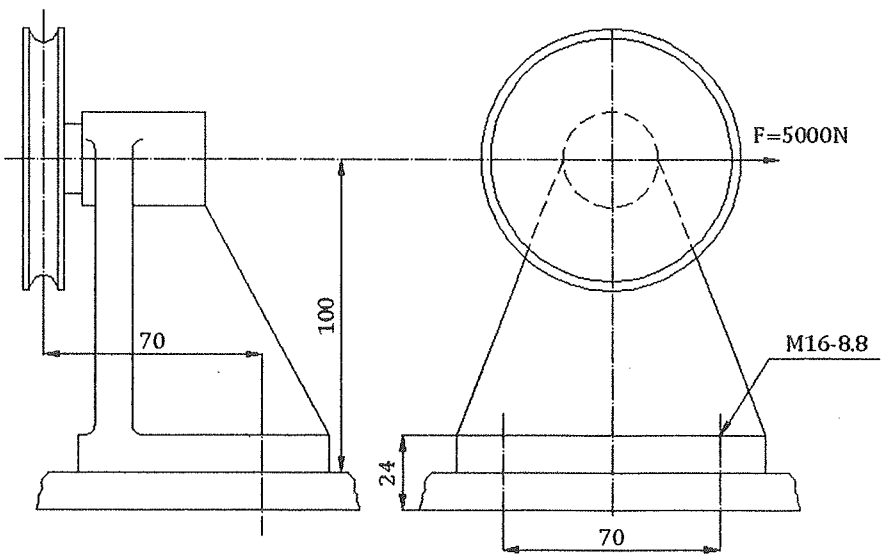
c) $M_s = M_{s1} + M_{s2} = F_{ön} \cdot \left[\dfrac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_s \cdot \dfrac{d_d + s}{4}\right]$

$s = 13\text{mm}$ (M8 için Çizelge 9.6)

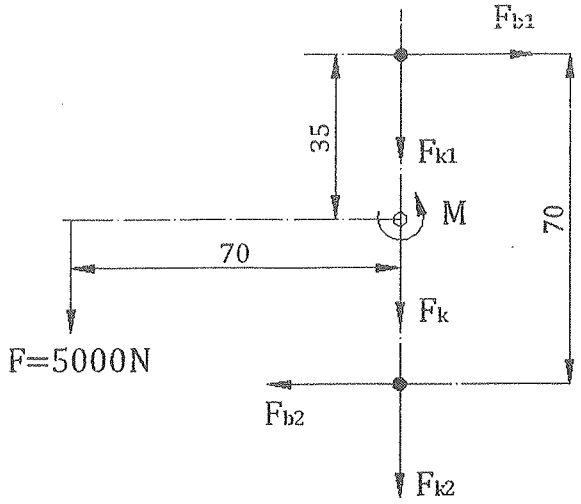
$M_s = 2369{,}5 \cdot \left[\dfrac{7{,}188}{2} \cdot \tan(3{,}178 + 15{,}43) + 0{,}24 \cdot \dfrac{9 + 13}{4}\right] = 5994\ \text{Nmm} = 6\ \text{Nm}$

PROBLEM 9.16

Şekil de verilen kasnak iki adet M16-8.8 kalitesinde cıvata ile sabitlenmiştir. Kasnağa F=5000 N luk halat kuvveti etki etmektedir. Cıvata çaplarını kesme ve eğilmeye göre (bileşik gerilme) kontrol ediniz. S=1,5 alınacaktır.



ÇÖZÜM:



$$F_{k1} = F_{k2} = \frac{5000}{2} = 2500\ N$$

$$M = 5000 \cdot 70 = 350000\ Nmm$$

$$r_1 = r_2 = 35\ mm$$

$$F_{b1} = F_{b2} = \frac{M \cdot r_1}{\Sigma r^2} = \frac{350000 \cdot 35}{35^2 + 35^2}$$

$$F_{b1} = F_{b2} = 5000\ N$$

$$F_{eş1} = F_{eş2} = \sqrt{{F_k}^2 + {F_b}^2} = \sqrt{2500^2 + 5000^2}$$

$$F_{eş1} = F_{eş2} = 5590\ N$$

$$\tau_k = \frac{F_{eş}}{n \cdot A} = \frac{5590}{1 \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4}} = 27{,}8\ N/mm^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{2 \cdot W_e} = \frac{F \cdot l}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{5000 \cdot 100}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 16^3}{32}} = 621{,}7\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{{\sigma_e}^2 + 3 \cdot {\tau_k}^2} = \sqrt{621{,}7^2 + 3 \cdot 27{,}8^2} < \frac{R_e}{S} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10}{1{,}5}$$

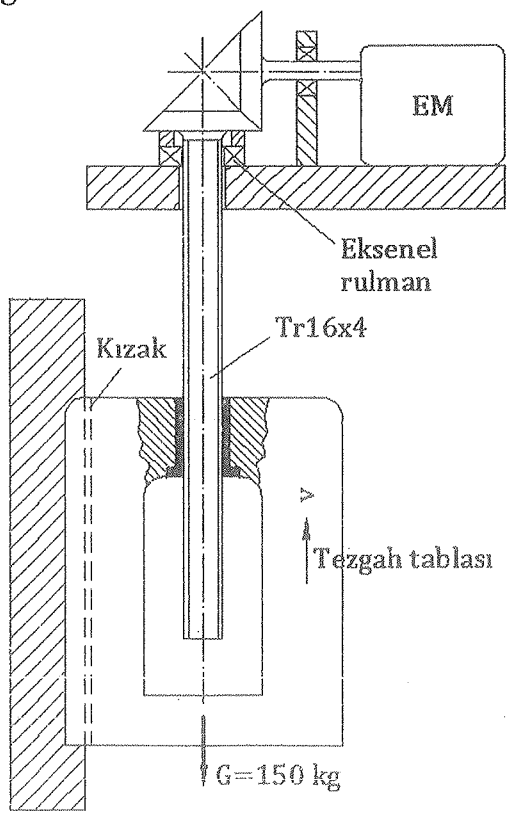
$623{,}5 > 426\ N/mm^2$ olduğu için cıvatalar emniyetli değildir.

PROBLEM 9.17

Şekildeki tezgâh tablasının ağırlığı G=150 kg olup, tablanın aşağı yukarı hareketi, Tr16x4 vidalı mil ile sağlanmaktadır. Sürtünme katsayısı μ=0,12 alınacaktır.

a) Vida malzemesi 4.6 kalitedir. Rulmandaki sürtünme sıfır alınacaktır. Diş dibi çapını dikkate alarak vidanın çap kontrolünü yapınız.

b) Tablanın hızı maksimum 2,4 m/dak olduğuna göre, vida verimini de dikkate alarak, vidayı çeviren motorun gücünü ve devir sayısını (vidanın devir sayısı ile aynı) bulunuz.



ÇÖZÜM:

Tablanın ağırlığı G=150 kg, hızı v=2,4 m/dak, hareket vidası Tr 16x4-4.6, μ=0,12

a) Tr 16x4 için Çizelge 9.3'den d_1=11,5 mm, d_2=d – 0,5 · h=16 – 0,5 · 4 = 14 mm alınır.

Tabla ağırlığından dolayı çeki gerilmesi;

F=G =150 kg=1500 N

$$\sigma_ç = \frac{F}{A_1} = \frac{1500 \cdot 4}{\pi \cdot 11{,}5^2} = 14{,}44\ N/mm^2$$

Döndürme momentinden dolayı burulma gerilmesi;

$$M_{s1} = F \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho')\right]$$

$$\tan\alpha = \frac{h}{\pi \cdot d_2} = \frac{4}{\pi \cdot 14} \rightarrow \alpha = 5{,}19°$$

$$\rho' = \arctan\mu'$$

$$\mu' = \mu \cdot 1{,}035 = 0{,}12 \cdot 1{,}035 = 0{,}1242 \quad \rightarrow \quad \rho' = 7{,}08°$$

$$M_{s1} = 1500 \cdot \left[\frac{14}{2} \cdot \tan(5{,}19 + 7{,}08)\right] = 2283\ Nmm$$

$$\tau_b = \frac{M_{s1}}{W_b} = \frac{2283 \cdot 16}{\pi \cdot 11{,}5^3} = 7{,}64\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_ç^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = \sqrt{14{,}44^2 + 3 \cdot 7{,}64^2} = 19{,}58\ N/mm^2 \leq \frac{4 \cdot 6 \cdot 10}{S}$$

S=12,2 olduğu için çok emniyetlidir.

b) Verim: $\eta = \frac{\tan\alpha}{\tan(\alpha + \rho')} = \frac{\tan 5{,}19}{\tan(5{,}19 + 7{,}08)} = 0{,}41 \rightarrow \%41$

$$n = \frac{v}{h} = \frac{2400\ mm/dak}{4\ mm} = 600\ d/d$$

$$P_{cıvata} = F \cdot v = 1500\ N \cdot 2{,}4\ m/dak \cdot 1/60\ s = 60\ W$$

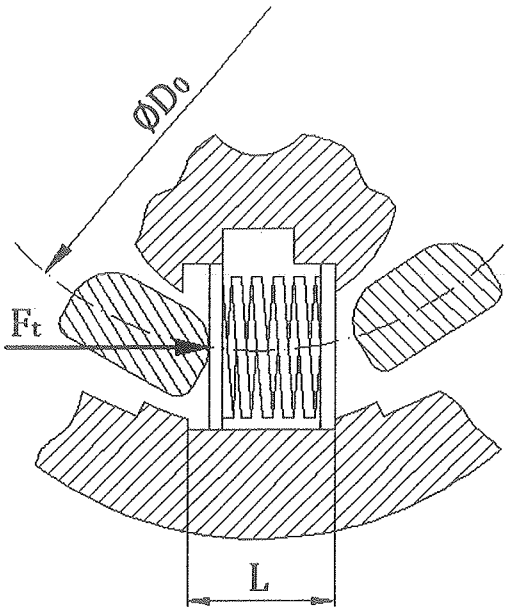
$$P_m = \frac{P_{cıvata}}{\eta} = \frac{60}{0{,}41} = 146\ W$$

EK – 5'den 0,18 kW'lık standart elektrik motoru seçilir.

BÖLÜM 10: YAYLAR

PROBLEM 10.1

P=15 kW ve n=300 d/d olan bir sistemde kullanılan elastik kaplinde, çevrede 6 adet helisel bası yayı bulunmaktadır. Yaylar, D_0=300 mm olan eksen etrafında dizilmişlerdir. Yayların her birinin serbest boyu L=100 mm' dir. Yaylar için tel çapı d=10 mm ve sarım çapı D=50 mm olarak verildiğine göre;



a) Her bir yaya gelen kuvveti bulunuz.

b) Sistem dalgalı değişken şartlarında çalışmakta ve yay malzemesi olarak 65Si7 kullanıldığına göre, yayların emniyetli çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.

c) Her bir yayda 5 mm çökmeye izin verildiğine göre, yayların sarım sayısı ne olmalıdır.

ÇÖZÜM:

a) $M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 477{,}5 \text{ Nm} = 477500 \text{ Nmm}$

$$F_t = \frac{2 \cdot M_d}{D_0} = \frac{2 \cdot 477500}{300} = 3183{,}3 \text{ N}$$

Çevrede 6 adet yay olduğuna göre her bir yaya gelen kuvvet;

$$F_{t1} = \frac{F_t}{z} = \frac{3183{,}3}{6} = 530{,}5 \text{ N}$$

b) Çizelge 10.2'den 65Si7 için $R_m = 1300 \text{ N/mm}^2$

$$\tau_{max} = K_c \cdot K_s \cdot \frac{8 \cdot F_{t1} \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{em}$$

$$\tau_{em} = 0{,}50 \cdot R_m = 650 \text{ N/mm}^2$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{50}{10} = 5$$

$$K_s = \frac{2 \cdot C + 1}{2 \cdot C} = 1{,}1$$

$K_c = 1{,}17$ (Yükleme dinamik, Şekil 10.9, C=5 için)

$$\tau_{max} = 1{,}17 \cdot 1{,}1 \cdot \frac{8 \cdot 530{,}5 \cdot 50}{\pi \cdot 10^3} = 86{,}93 \text{ N/mm}^2$$

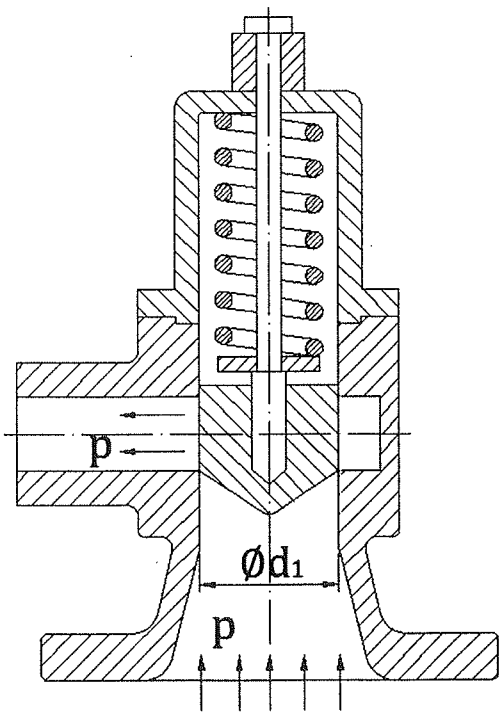
$\tau_{max} < \tau_{em}$ olduğu için emniyetli çalışır.

$$\text{c) } x = \frac{8 \cdot F_{t1} \cdot D^3 \cdot N}{d^4 \cdot G} \quad \rightarrow \quad N = \frac{x \cdot d^4 \cdot G}{8 \cdot F_{t1} \cdot D^3} = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot 80000}{8 \cdot 530{,}5 \cdot 50^3} = 7{,}54$$

N = 8 sarım

PROBLEM 10.2

Şekilde basınçlı bir devrede kullanılan emniyet vanası verilmiştir. Vana giriş çapı d_1=20 mm olup, devredeki basınç 20 barı geçince vana açılmakta ve kapağı düşey doğrultuda 5 mm öteleme hareketi yapmaktadır. Kapağı açıp kapamak için tel çapı d=5 mm ve sarım çapı D=30 mm olan helisel yay kullanılmıştır.



a) Yayın rijitliğini bulunuz.

b) Yay 65Si7 malzemeden yapıldığına göre verilen tel çapı yeterlimidir, kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

a) x=5 mm, k=?

$$F = p \cdot A = 20 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}02^2}{4} = 628{,}3 \text{ N}$$

$$k = \frac{F}{x} = \frac{628{,}3}{5} = 125{,}6 \text{ N/mm}$$

b) Malzeme 65Si7 için Çizelge 10.2'den R_m=1300 N/mm² okunur. Yükleme statik kabul edilerek;

$$\tau_{max} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} \cdot K_s \leq \tau_{em}$$

$$K_s = \frac{2.C + 1}{2 \cdot C} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 6} = 1{,}08$$

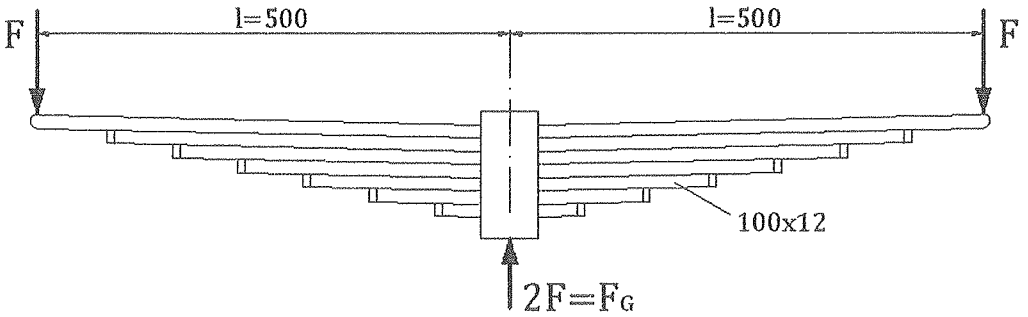
$$\tau_{max} = \frac{8 \cdot 628{,}3 \cdot 30}{\pi \cdot 5^3} \cdot 1{,}08 \leq 0{,}50 \cdot 1300$$

414 N/mm² ≤ 650 N/mm² olduğu için tel çapı yeterlidir.

PROBLEM 10.3

66Si7 malzemesinden üretilmiş olan yaprak yay dalgalı değişken yükleme şartlarında çalışmaktadır. Yaprak sayısı i=8, et kalınlığı s=12 mm, l=500 mm ve b=100 mm olarak verilmektedir.

a) Yayın taşıyabileceği F kuvvetini bulunuz.
b) Yaydaki çökme miktarını bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) $\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{F \cdot l}{W_e} \leq \sigma_{em}$

Dalgalı değişken yükleme durumu için Çizelge 10.1'den,

$\sigma_{em} = 0{,}5 \cdot R_m$ alınır.

Çizelge 10.2'den 66Si7 için $R_m = 1400$ N/mm² alınır.

$B = i \cdot b = 800$ mm

$$W_e = \frac{B \cdot s^2}{6} = \frac{800 \cdot 12^2}{6} = 19200 \text{ mm}^3; \quad I_e = \frac{B \cdot s^3}{12} = 115200 \text{ mm}^4$$

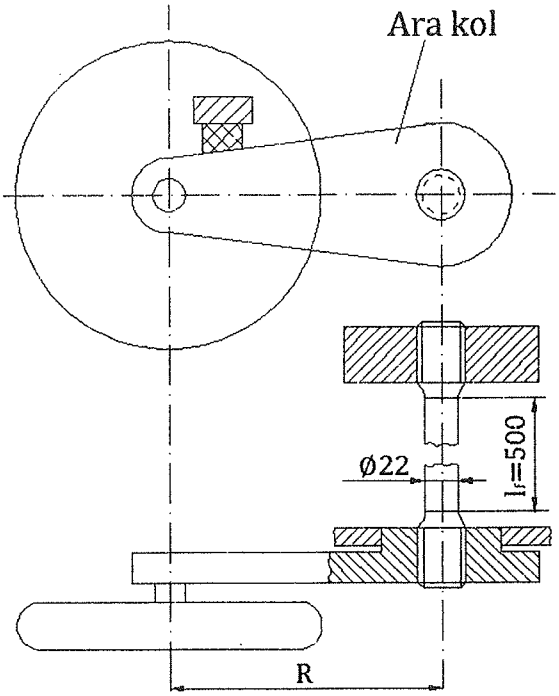
$$\sigma_e = \frac{F \cdot 500}{19200} \leq 0{,}5 \cdot 1400 \rightarrow F = 26880 \text{ N}$$

b) Çizelge 10.1'den $c_1 = 1{,}38$ (b/B = 0,125 için) ve $c_2 = 0{,}75$ (birden fazla yaprak yay)

$$x = c_1 \cdot c_2 \cdot \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I_e} = 1{,}38 \cdot 0{,}75 \cdot \frac{26880 \cdot 500^3}{3 \cdot 210000 \cdot 115200} = 47{,}91 \text{ mm}$$

PROBLEM 10.4

500 kg yük taşıyabilen iki tekerlekli bir araç römorkunda kullanılan çubuk yay için R=350 mm, d=22 mm, l_f=500 mm olarak verilmektedir. Yay malzemesi 50CrV5 olduğuna göre, yayın emniyetli çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

Römork iki tekerlekli olduğu için, iki tane çubuk yay kullanılır. Her bir yaya gelen yük;

$$F = \frac{500 \cdot 10}{2} = 2500\ N$$

$$\tau_b = \frac{16 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{em} = 0{,}5 \cdot R_m$$

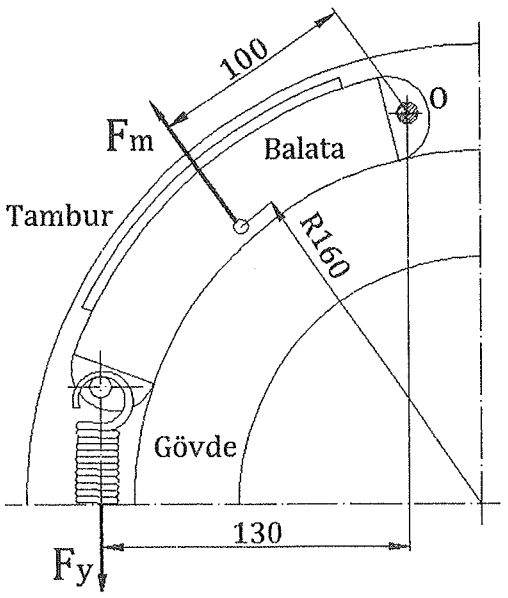
Çizelge 10.2'den 50CrV5 için R_m = 1350 N/mm² alınır.

$$\frac{16 \cdot 2500 \cdot 350}{\pi \cdot 22^3} \leq 0{,}5 \cdot 1350$$

418 < 675 N/mm² olduğu için emniyetle çalışır.

PROBLEM 10.5

Şekilde merkezkaç kuvveti yardımıyla çalışan sürtünmeli bir kaplin verilmiştir. Milden alınan moment tambura aktarılmaktadır. Mil, n=500 d/d ile dönmeye başladığı zaman, merkezkaç kuvvetin (F_m) etkisiyle m=2,5 kg ağırlığındaki balata O-mafsalı etrafında dönerek (savrularak) tambur üzerine temas etmektedir. Balata ucunda, tel çapı d=5 mm, sarım çapı D=20 mm ve malzemesi 66Si7 olan çeki yayı kullanılmıştır. Sistemi dinamik kabul ederek, kullanılan çeki yayını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

n=500 d/d, m=2,5 kg, yay tel çapı d=5 mm ve sarım çapı D=20 mm

Çizelge 10.2'den 66Si7 için R_m = 1400 N/mm² alınır.

Merkezkaç kuvveti;

$$F_m = m \cdot \omega^2 \cdot r = 2{,}5 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 500}{30}\right)^2 \cdot 0{,}160 = 1095{,}5\ N$$

$$\sum M_0 = 0$$

$$F_m \cdot 100 - F_y \cdot 130 = 0 \rightarrow 1095{,}5 \cdot 100 = 130 \cdot F_y \rightarrow F_y = 842{,}7\ N$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{20}{5} = 4$$

$$K_s = \frac{2 \cdot C + 1}{2 \cdot C} = \frac{2 \cdot 4 + 1}{2 \cdot 4} = 1{,}125$$

Dinamik yükleme, Şekil 10.9'dan $C = 4$ için $K_c = 1{,}23$ okunur.

$$\tau_{max} = K_c \cdot K_s \cdot \frac{8 \cdot F_y \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq 0{,}45 \cdot R_m$$

$$1{,}23 \cdot 1{,}125 \cdot \frac{8 \cdot 842{,}7 \cdot 20}{\pi \cdot 5^3} \leq 0{,}45 \cdot 1400$$

$475{,}3 \leq 630\ N/mm^2$ olduğu için emniyetlidir.

BÖLÜM 11: AKS VE MİLLER

PROBLEM 11.1

Soderberg kriterine ve Maksimum Şekil Değiştirme Enerjisi Hipotezine (von Mises) göre mil çapını veren eşitliği bulunuz.

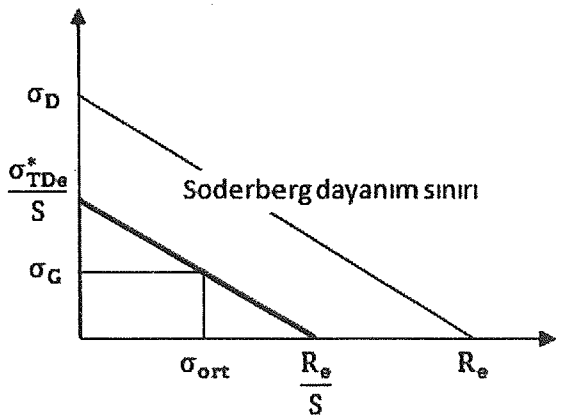
ÇÖZÜM:

Dönen ve eğilmeye zorlanan miller, tam değişken eğilme ($\sigma_{ort} = 0$) ve statik burulma ($\tau_G=0$) gerilmelerine maruz kalırlar. Şekildeki üçgenlerin benzerliğinden, σ için;

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{TDe}}{K_ç}$$

$$\frac{\frac{R_e}{S}}{\frac{\sigma^*_{TDe}}{S}} = \frac{\frac{R_e}{S} - \sigma_{ort}}{\sigma_G} \rightarrow \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}} \cdot \sigma_G = \frac{R_e}{S} - \sigma_{ort}$$

$$\frac{R_e}{S} = \sigma_{ort} + \sigma_G \cdot \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}}$$



Aynı şekilde τ için;

$$\frac{R_{eb}}{S} = \sigma_{ort} + \tau_G \cdot \frac{R_{eb}}{\tau^*_D}, \quad \sigma = \sigma_{ort} + \sigma_G \cdot \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}} \quad \text{ve} \quad \tau = \tau_{ort} + \tau_G \cdot \frac{R_{eb}}{\tau^*_D} \quad \text{yazılabilir.}$$

Maksimum Şekil Değiştirme Enerjisi Hipotezi'ne (von Mises) göre;

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\frac{R_e}{S} = \sqrt{\left(\sigma_{ort} + \sigma_G \cdot \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\tau_{ort} + \tau_G \cdot \frac{R_{eb}}{\tau^*_D}\right)^2}$$

$$\frac{R_e}{S} = \sqrt{\left(\sigma_G \cdot \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + 3 \cdot \tau^2_{ort}} \quad , \quad \sigma_G = \sigma_e = \frac{32 \cdot M_e}{\pi \cdot d^3} \quad \text{ve} \quad \tau_{ort} = \tau_b = \frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot d^3} \quad \text{için,}$$

$$\left(\frac{R_e}{S}\right)^2 = \left(\frac{32 \cdot M_e}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{R_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot M_d}{\pi \cdot d^3}\right)^2 \rightarrow \left(\frac{R_e}{S}\right)^2 = \left(\frac{32}{\pi \cdot d^3}\right)^2 \left[\left(\frac{M_e \cdot R_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot M_d^2\right]$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}} \quad \text{bulunur.}$$

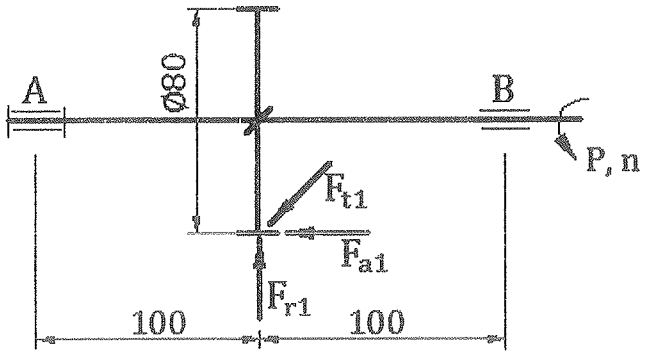
Yukarıdaki işlemler Maksimum Kayma Gerilmesi Hipotezi'ne (Tresca) göre yapılırsa, mil çapı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}}$$ olarak bulunur.

Uygulamada daha çok von Mises kriterine göre bulunan eşitlik kullanılmaktadır.

PROBLEM 11.2

Şekildeki redüktör giriş mili üzerinde bir adet helis bulunmaktadır. Mil, n_1=1500 d/d ile P=4 kW güç iletilmektedir. Helis dişliye etkiyen kuvvetler, F_{t1}=636,5 N, F_{r1}=246,5 N ve F_{a1}=231,6 N dur. Mil malzemesi E335 olup mil üzerinden ince talaş alındığı kabul edilecektir. Emniyet katsayısı S=1,5 alınacaktır. Çentik etkisi açısından dişli ile mil arasında B-tipi uygu kaması kullanıldığı göz önünde bulundurulacaktır.



a) A ve B yatak tepki kuvvetlerini hesaplayınız.

b) Dişlinin bulunduğu noktadaki bileşke eğilme momentini bulunuz.

c) Mil çapını hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

a) Yatak tepki kuvvetlerinin bulunması;

Milin ilettiği döndürme momenti;

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{4}{1500} = 25{,}46 \text{ Nm}$$

x-y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$F_{a_1} \cdot 40 - F_{r_1} \cdot 100 + F_{B_y} \cdot 200 = 0$

$F_{B_y} = 77\ N$

$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{A_y} = 246{,}5 - 77 = 169{,}5\ N$

x-z düzlemi:

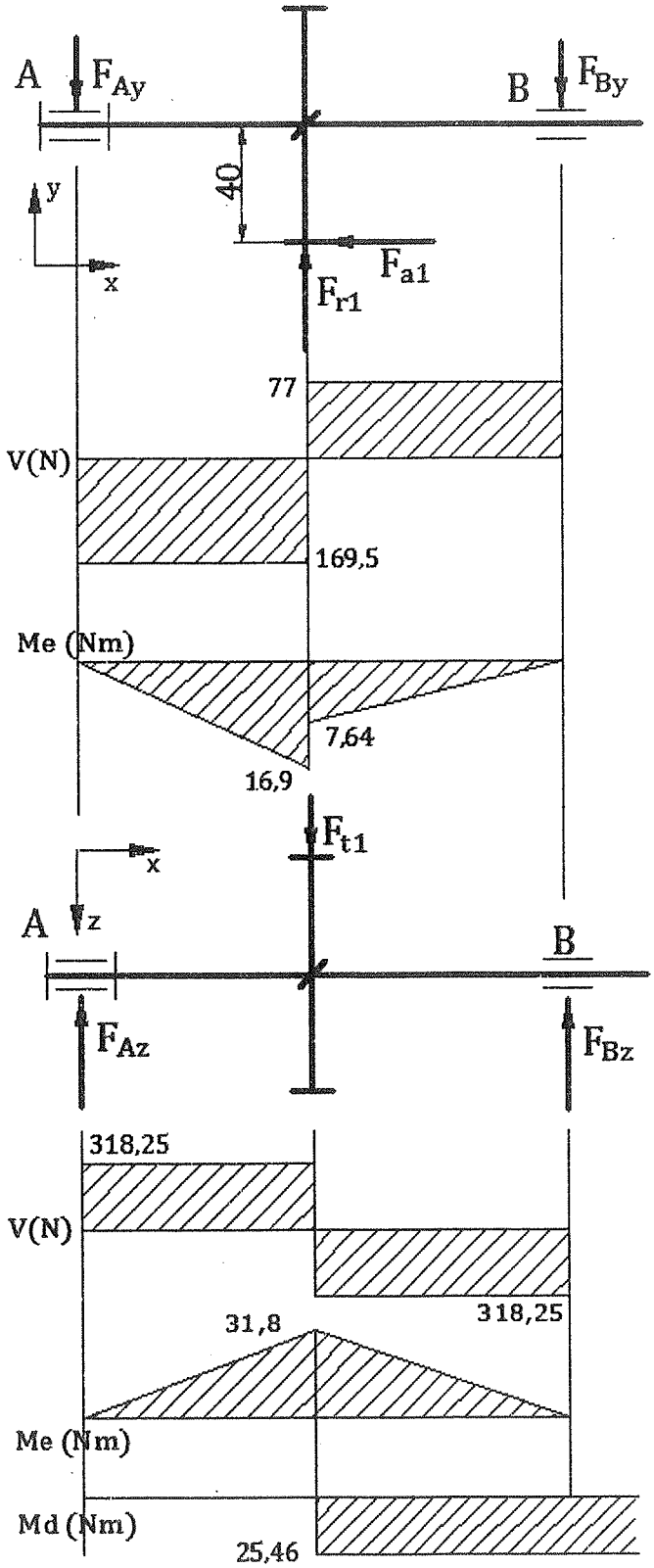
$F_{t_1} = 636{,}5\ N$

$$F_{A_z} = F_{B_z} = \frac{F_{t_1}}{2} = \frac{636{,}5}{2}$$

$F_{A_z} = F_{B_z} = 318{,}25\ N$

$$F_{Ar} = \sqrt{{F_{A_y}}^2 + {F_{A_z}}^2} = 360{,}57\ N$$

$$F_{Br} = \sqrt{{F_{B_y}}^2 + {F_{B_z}}^2} = 327{,}43\ N$$



b) Bileşke eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{{M_{xy}}^2 + {M_{xz}}^2}$$

$$= \sqrt{16{,}9^2 + 31{,}8^2} = 36{,}01\ Nm$$

c) Şekil 3.21 b veya Çizelge 11.1'den E335 için; σ_{TDe}=300 N/mm² alınır.

R_e=335 N/mm² ve

R_m=650 N/mm² (Çizelge 3.5)

Çap 20mm kabul edilerek K_b=0,95 alınır (Çizelge 3.2).

İnce talaş alınmış ve R_m=650 N/mm² için K_y=0,895 (Çizelge 3.3)

B - tipi kama, eğilme durumu ve R_m=650 N/mm² için $K_ç$=1,55 (Şekil 3.26)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{K_y \cdot K_b \cdot \sigma_{TDe}}{K_ç} = \frac{0{,}895 \cdot 0{,}95 \cdot 300}{1{,}55} = 164{,}5\ N/mm^2$$

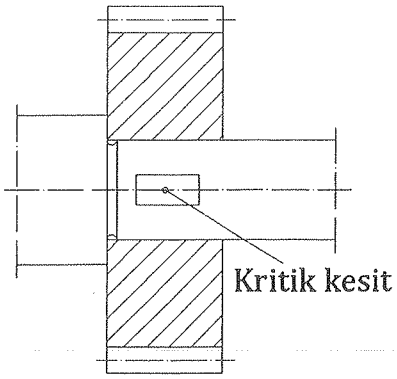
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{36{,}01 \cdot 10^3}{164{,}5}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{25{,}46 \cdot 10^3}{335}\right)^2}}$$

$d = 15{,}17$ mm $\cong 15$ mm alınır.

Çizelge 8.2'den Ø17 – Ø22 mm arası, mildeki kama derinliği $t_1 = 3{,}5$ mm alınır.

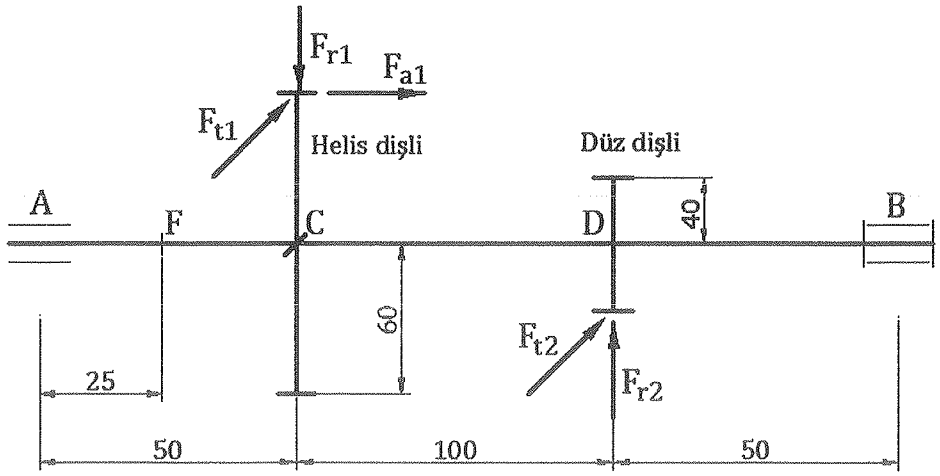
$d_m = d + t_1 = 15 + 3{,}5 = 18{,}5$ mm

Konstrüktif açıdan d_m= 20 mm alınırsa iyi olur.



PROBLEM 11.3

Şekildeki redüktör ara mili üzerinde bir adet helis ve bir adet düz dişli bulunmaktadır. Dişlilere etkiyen kuvvetler, F_{t1}=1200 N, F_{r1}=500 N, F_{a1}=200 N ve F_{r2}=1000 N olarak verilmiştir. Mil malzemesi E335, kritik kesit için K_b=0,90, K_y=0,88, $K_ç$=1,6 ve S=2 olarak alınacaktır.



a) Düz dişliye gelen teğetsel kuvveti ve iletilen momenti bulunuz.

b) Yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

c) Eğilme ve burulma moment diyagramlarını çiziniz.

d) Kritik kesit için mil çapı bulunuz.

e) F noktasında çap, d_F = 20 mm ise çapın kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

a) $F_{t_1} \cdot 60 = F_{t_2} \cdot 40 \quad \rightarrow \quad F_{t_2} = 1800$ N

İletilen moment; $M_d = F_{t_2} \cdot 40 = 1800 \cdot 40 = 72000$ Nmm $= 72$ Nm

b,c) x-y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$F_{r1} \cdot 50 + F_{a_1} \cdot 60 - F_{r_2} \cdot 150 + F_{B_y} \cdot 200 = 0$

$F_{B_y} = 565\ N$

$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{A_y} = 65\ N$

x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$-F_{t1} \cdot 50 - F_{t_2} \cdot 150 + F_{B_z} \cdot 200 = 0$

$F_{B_z} = 1650\ N$

$\sum F_z = 0 \rightarrow F_{A_z} = F_{t_1} + F_{t_2} - F_{B_z} = 1350\ N$

A ve B yatağına gelen radyal kuvvetler;

$F_{A_r} = \sqrt{65^2 + 1350^2} = 1351\ N$

$F_{B_r} = \sqrt{1650^2 + 565^2} = 1744\ N$

$F_{A_a} = 0$ (serbest yatak)

$F_{B_a} = F_{a_1} = 200\ N$ (sabit yatak)

d) $M_C = \sqrt{15{,}25^2 + 67{,}5^2} = 69{,}2\ Nm$

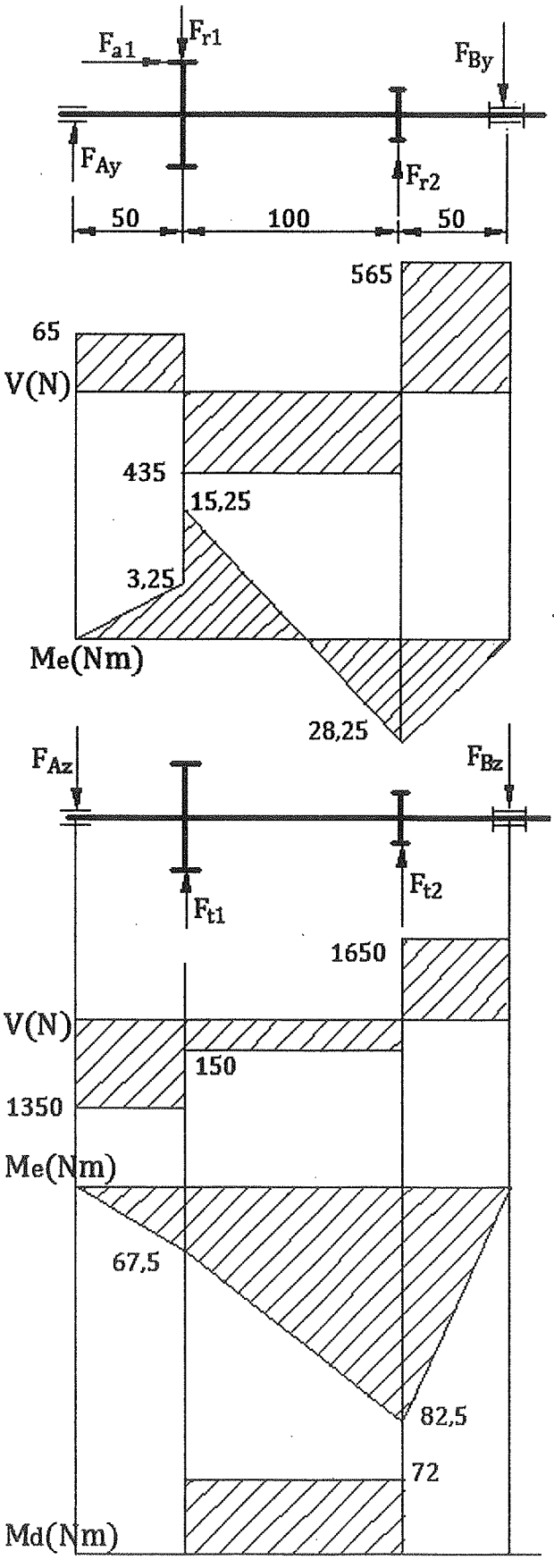
$M_D = \sqrt{82{,}5^2 + 28{,}25^2} = 87{,}5\ Nm$

$M_D > M_C$ olduğu için D noktası kritik kesittir.

Burulma momentleri her iki noktada (C ve D) eşittir.

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}}$$

$\sigma_{TD_e} = 300\ N/mm^2$ (Çizelge 11.1)



$$\sigma^*_{TDe} = \frac{K_y \cdot K_b \cdot \sigma_{TDe}}{K_ç} = \frac{0,88 \cdot 0,90 \cdot 300}{1,6} = 148,5\ N/mm^2$$

$$d_D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{87,5 \cdot 10^3}{148,5}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{72000}{335}\right)^2}} \quad \rightarrow \quad d_D = 23,26\ mm \cong 24\ mm$$

e) Burulma momenti diyagramına göre F noktasında, M_{bF} =0 dır. Bu durumda,

$\tau_{b_F} = 0$ olur.

$M_{ey} = 65 \cdot 25 = 1625$ Nmm

$M_{ez} = 1350 \cdot 25 = 33750$ Nmm

$M_{eF} = \sqrt{1625^2 + 33750^2} = 33790$ Nmm

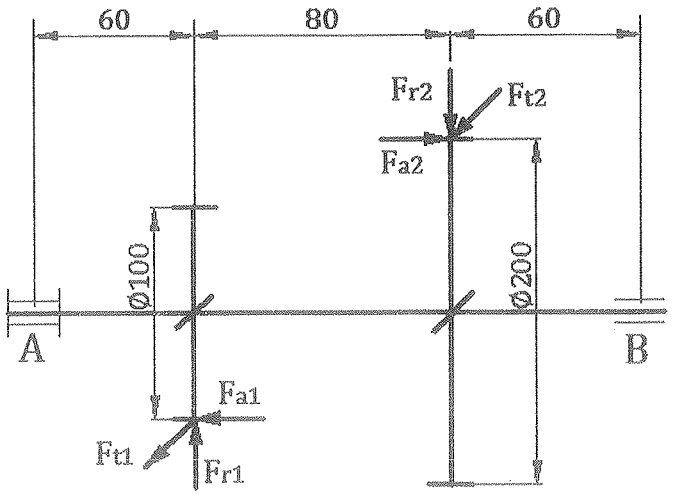
F noktasındaki d_F=20 mm için K_b=0,95 alındı. S, $K_ç$ ve K_y için kritik kesitteki (D noktası) değerler kabul edildi.

$$\sigma_{eF} = \frac{32 \cdot M_{eF}}{\pi \cdot d_F^3} \leq \frac{0,88 \cdot 0,95 \cdot 300}{1,6 \cdot 2}$$

$d_F \geq 16,37$ mm bulunur. d_F=20 mm olarak verildiği için emniyetlidir.

PROBLEM 11.4

Şekilde iki kademeli bir redüktörün ara mili verilmiştir. Mil üzerinde bulunan iki adet helis dişli yardımıyla P=4 kW güç, n=150 d/d'da iletilmektedir. Dişlilere etkiyen kuvvetler, F_{t1}=5092 N, F_{r1}=1972 N, F_{a1}=1853 N, F_{t2}=2546 N, F_{r2}=986 N ve F_{a2}=926 N olarak verilmiştir. Küçük helis dişli çarkın çapı d_1=100 mm, büyük helis dişli çarkın çapı d_2=200 mm' dir. Mil malzemesi E335 olup yüzeyden ince talaş alınmıştır. Kritik kesitte A-tipi uygu kaması kullanılmıştır. Emniyet katsayısı S=1,4 kabul edilecektir.



a) A ve B yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

b) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) Mil üzerindeki kritik kesiti bulunuz ve kritik kesit için mil çapını hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

a,b) Yatak tepki kuvvetleri ve moment diyagramları;

İletilen döndürme momenti;

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{4}{150} = 254{,}6 \text{ Nm}$$

x-y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

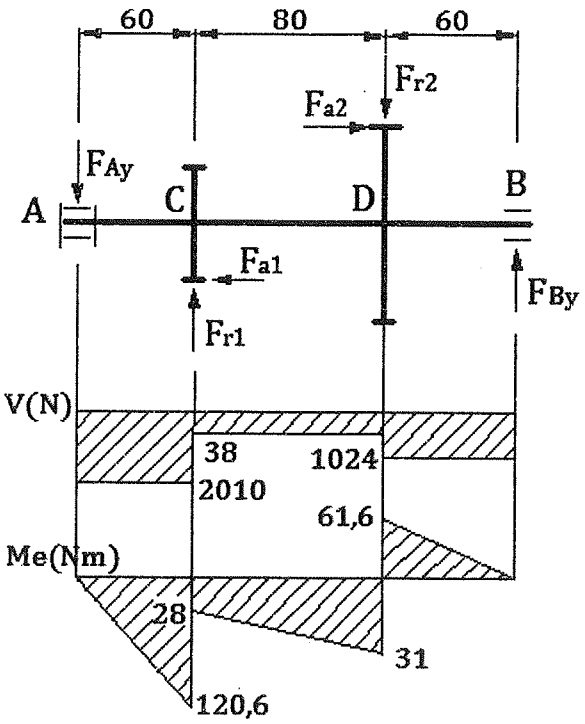
$$-1972 \cdot 60 + 1853 \cdot 50 + 926 \cdot 100 + 986 \cdot 140 - F_{B_y} \cdot 200 = 0$$

$$F_{B_y} = 1024 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{A_y} + 1972 - 986 + 1024 = 0$$

$$F_{A_y} = 2010 \text{ N}$$



x-z düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$5092 \cdot 60 + 2546 \cdot 140 - F_{B_z} \cdot 200 = 0$$

$$F_{B_z} = 3309 \text{ N}$$

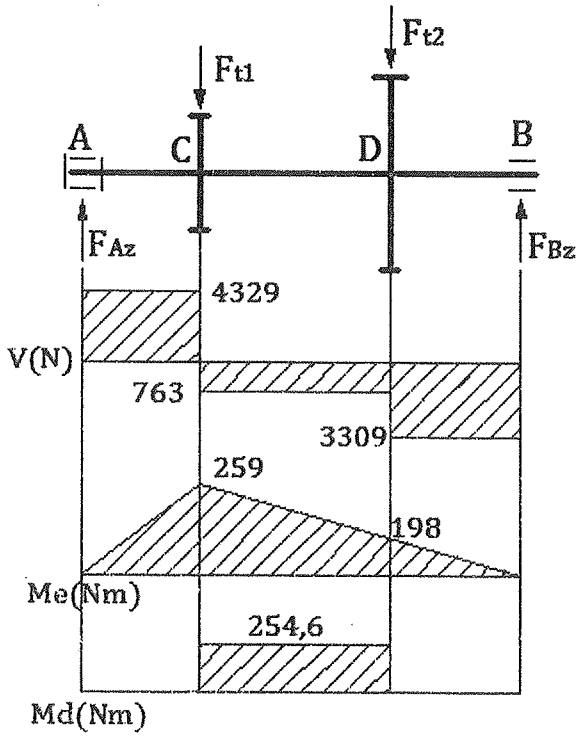
$$\sum F_z = 0$$

$$3309 + F_{A_z} - 5092 - 2546 = 0$$

$$F_{A_z} = 4329 \text{ N}$$

$$F_{Ar} = \sqrt{2010^2 + 4329^2} = 4772 \text{ N}$$

$$F_{Br} = \sqrt{1024^2 + 3309^2} = 3463 \text{ N}$$



c) $M_C = \sqrt{120{,}6^2 + 259^2} = 285{,}7$ Nm

$M_D = \sqrt{61{,}6^2 + 198^2} = 207{,}3$ Nm

$M_C > M_D$ olduğu için kritik kesit C noktası, yani küçük dişlinin olduğu yerdir.

Kritik kesit için mil çapının hesaplanması;

Şekil 3.21 b veya Çizelge 11.1'den E335 için;

σ_{TDe}=300 N/mm² alınır.

R_e=335 N/mm² ve

R_m=650 N/mm² (Çizelge 3.5)

Çap 30mm kabul edilerek Çizelge 3.2'den K_b=0,90 alınır.

İnce talaş alınmış ve R_m=650 N/mm² için K_y=0,895 (Çizelge 3.3)

A – tipi uygu kaması, eğilme durumu ve R_m=650 N/mm² için $K_ç$=1,95 (Şekil 3.26)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{K_y \cdot K_b \cdot \sigma_{TDe}}{K_ç} = \frac{0{,}895 \cdot 0{,}90 \cdot 300}{1{,}95} = 123{,}9 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}4}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{285{,}7 \cdot 10^3}{123{,}9}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{254{,}6 \cdot 10^3}{335}\right)^2}}$$

$d = 32{,}35$ mm $\cong 33$ mm alınır.

Çizelge 8.2'den Ø30 – Ø38 mm arası, mildeki kama derinliği $t_1 = 5$ mm dikkate alınarak,

$d_m = d + t_1 = 33 + 5 = 38$ mm alınması uygun olur.

PROBLEM 11.5

Şekilde gösterilen mil A yatağında sabit, B yatağında serbest olacak şekilde yataklanmıştır. Mil üzerine takılan kasnağa F_1=1200 N, F_2=400 N, helis dişliye ise F_t=1600 N, F_r=620 N ve F_a=580 N kuvvetleri etki etmektedir. Milin devir sayısı n=1500 d/d, a=b=c=100 mm, helis dişli çapı d_1=60 mm, kasnak çapı d_2=120 mm, mil malzemesi E335, çentik katsayısı $K_ç$=1,8, boyut ve yüzey katsayıları K_b=K_y=0,85 ve emniyet katsayısı S=1,5 alınacaktır.

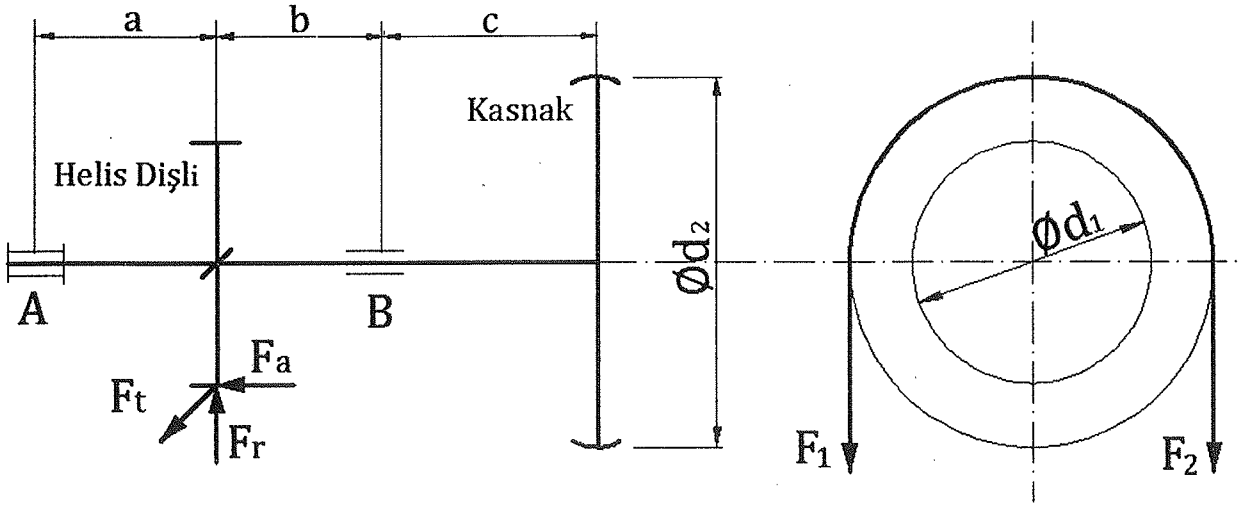
a) A ve B yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

b) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) En fazla hangi kesit zorlanmaktadır, bulunuz.

d) Kritik kesit için mil çapı ne olmalıdır, hesaplayınız.

e) Mil üzerinden iletilen gücü bulunuz.



ÇÖZÜM:

a, b)

F_1=1200 N, F_2=400 N

F_t=1600 N, F_r=620 N, F_a=580 N

n=1500 d/d, d_1=60 mm, d_2=120 mm

x-y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$-F_r \cdot 100 - F_{B_y} \cdot 200 + 1600 \cdot 300 + F_a \cdot 30 = 0$$

$$F_{B_y} = 2177 \text{ N}$$

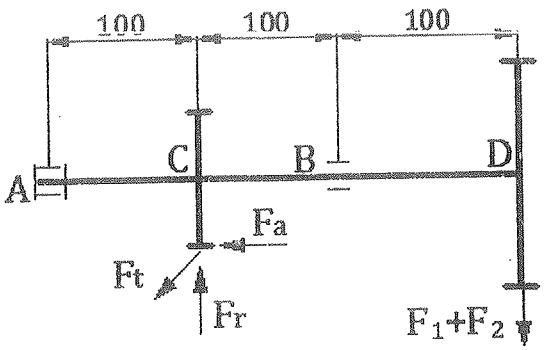
$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{B_y} + F_r - (F_1 + F_2) - F_{A_y} = 0 \rightarrow F_{A_y} = 1197 \text{ N}$$

x-z düzlemi:

$$\sum F_z = 0 \rightarrow F_{A_z} = F_{B_z} = \frac{F_t}{2} = \frac{1600}{2} = 800\ N$$

$$F_{Ar} = \sqrt{1197^2 + 800^2} = 1439\ N$$

$$F_{Br} = \sqrt{2177^2 + 800^2} = 2319\ N$$



c) $M_C = \sqrt{119{,}7^2 + 80^2} = 143{,}97\ Nm$

$M_B = \sqrt{160^2 + 0^2} = 160\ Nm$

$M_B > M_C$ olduğu için B kritik noktadır.

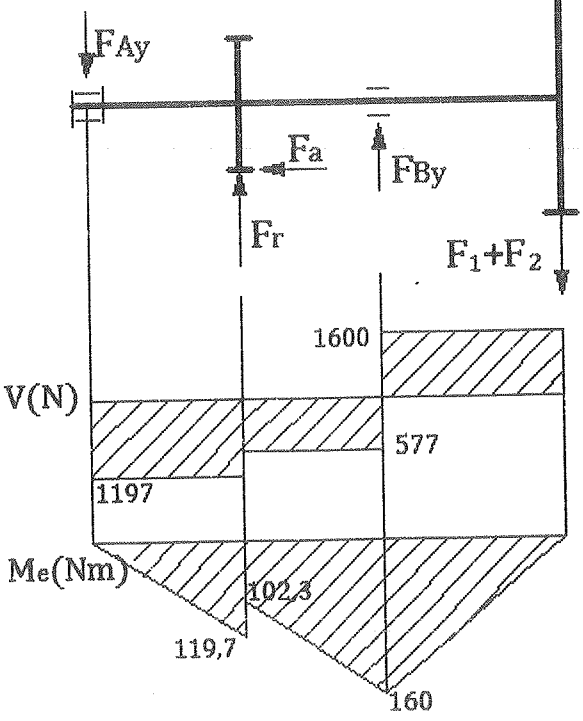
d) E335 için Şekil 3.21 b'den R_e=335 N/mm² ve σ_{TDe}=300 N/mm² alınır.

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}85 \cdot 300}{1{,}8} = 120{,}4\ N/mm^2$$

$$M_d = F_t \cdot \frac{d_1}{2} = 1600 \cdot 0{,}030 = 48\ Nm$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{160 \cdot 10^3}{120{,}4}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{48 \cdot 10^3}{335}\right)^2}}$$

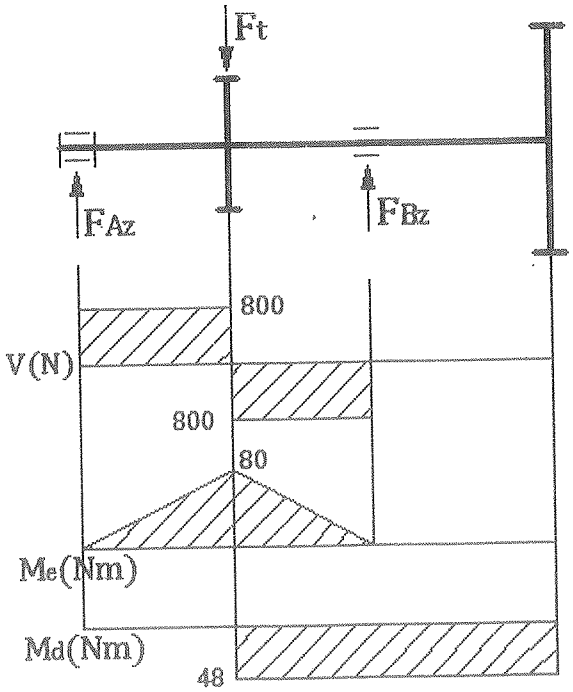
$= 27{,}33\ mm = 28\ mm$ alınır.



e) $M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n}$

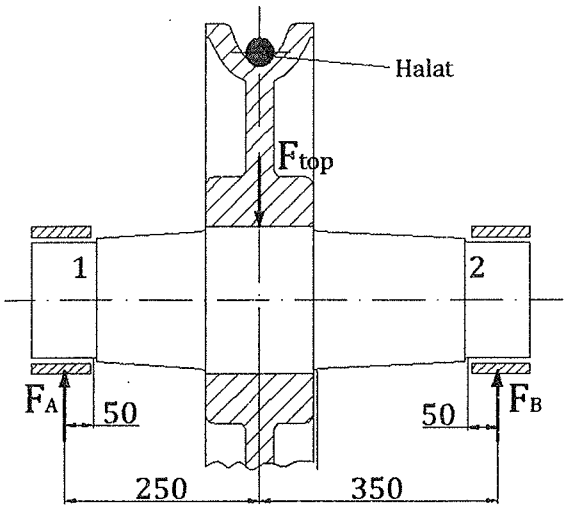
$$P = \frac{M_d \cdot n}{9550} = \frac{48 \cdot 1500}{9550}$$

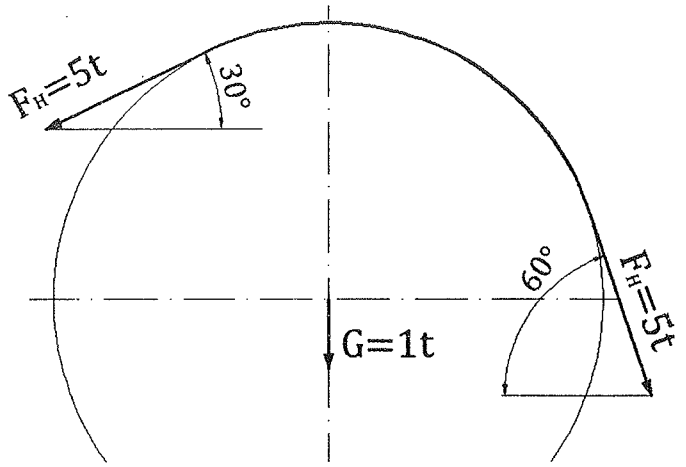
$= 7{,}53\ kW$ iletilmektedir.



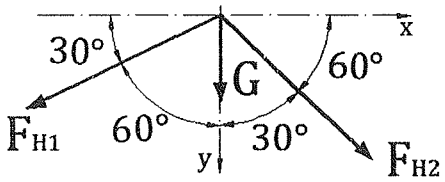
PROBLEM 11.6

Aşağıdaki resimde döner bir aksın yataklanması verilmiştir. Aks üzerindeki makara ve halat yardımıyla yük taşınmaktadır. Makaranın ve halatın toplam ağırlığı G=1t, halat yükü F_H=5t, yatak çapları d_1=d_2=70 mm, aks malzemesi E295, yüzeyler parlatılmış ve çentik faktörü $K_ç$=1,6 ise d_1 ve d_2 çaplarının yeterli olup olmadığını kontrol ediniz.





ÇÖZÜM:



G=1t

F_H=5t

Toplam kuvvet;

$$\Sigma F_y = G + F_{H_2} \cdot \cos 30 + F_{H_1} \cdot \cos 60$$

$$F_y = 1 + 5 \cdot \cos 30 + 5 \cdot \cos 60$$

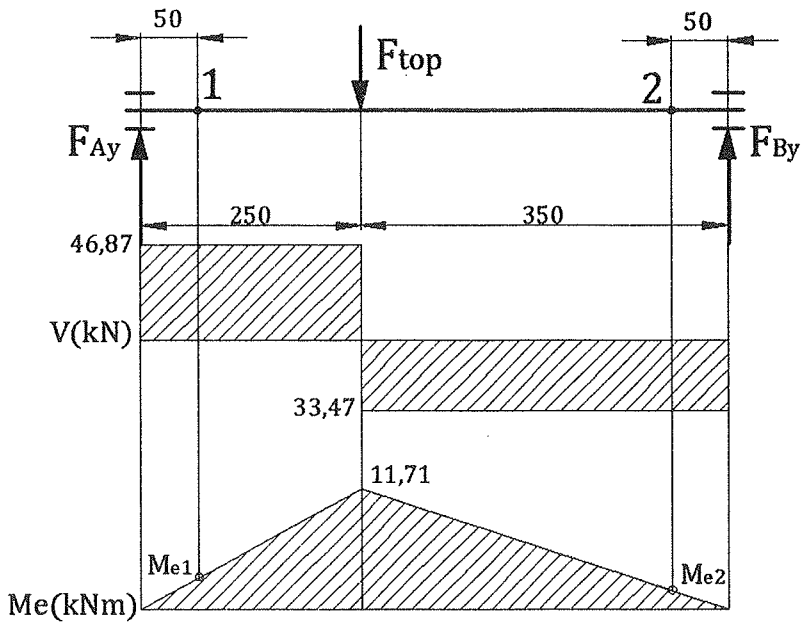
$$F_y = 7{,}83\ \text{t}$$

$$\Sigma F_x = F_{H_2} \cdot \cos 60 - F_{H_1} \cdot \cos 30$$

$$F_x = 5 \cdot \cos 60 - 5 \cdot \cos 30$$

$$F_x = -1{,}8\ \text{t}$$

$$F_{top} = \sqrt{F_y^{\,2} + F_x^{\,2}}$$



$$= \sqrt{7{,}83^2 + (-1{,}8)^2} = 8{,}034\ \text{t} = 80{,}34\ \text{kN}$$

$$\Sigma M_A = 0 \quad \rightarrow \quad F_{top} \cdot 250 - F_{B_y} \cdot 600 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{B_y} = 33{,}47\ \text{kN}$$

$$\Sigma F_y = 0 \ \rightarrow \ F_{A_y} = 80{,}34 - 33{,}47 = 46{,}87\ \text{kN}$$

$$\sigma_{em} = \frac{K_D \cdot K_y \cdot \sigma_{TD}}{K_ç \cdot S}$$

(1) noktasında;

$M_{e1} = 46{,}87 \cdot 50 = 2343{,}5$ kNmm

(2) noktasında;

$M_{e2} = 33{,}47 \cdot 50 = 1673{,}5$ kNmm

$M_{e1} > M_{e2}$ olduğu için sadece (1) kesitinin kontrolü yapılır.

$$\sigma_{e1} = \frac{32 \cdot M_{e1}}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{em}$$

$$\frac{32 \cdot 2343{,}5 \cdot 10^3}{\pi \cdot 70^3} \leq \frac{0{,}78 \cdot 0{,}985 \cdot 260}{1{,}6 \cdot S}$$

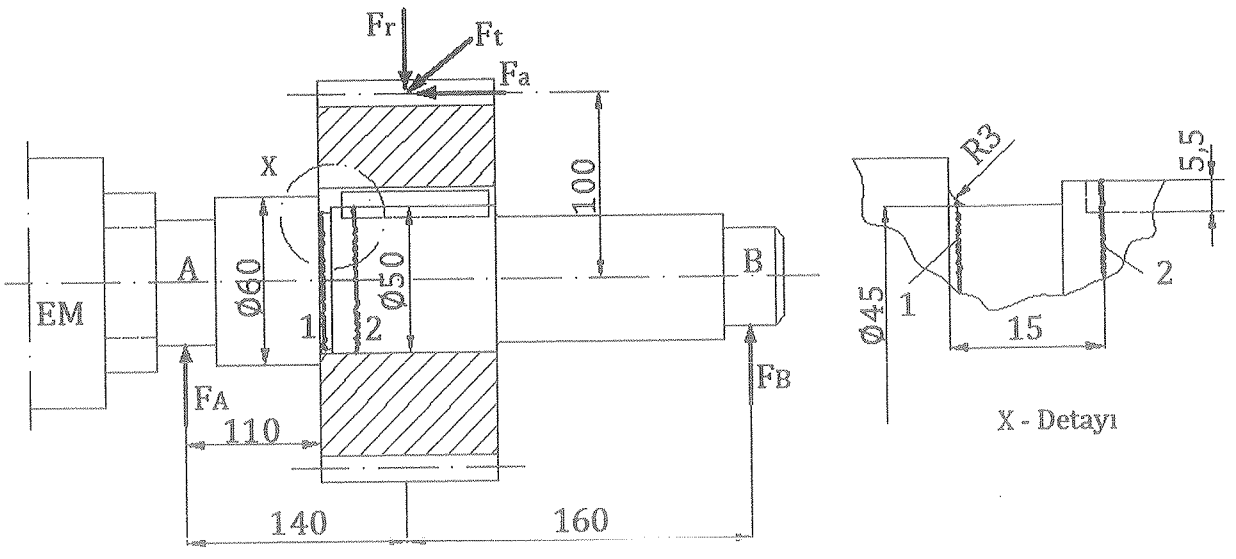
$S = 1{,}79$ bulunur. Verilen çaplar yeterlidir.

PROBLEM 11.7

Şekilde gösterilen mil A yatağında sabit, B yatağında serbest olacak şekilde yataklanmıştır. Helis dişliye, F_t=5000 N, F_r=1936 N ve F_a=1820 N kuvvetleri etki etmektedir. Mil malzemesi E335 olup tüm yüzeylerden ince talaş alınmıştır. Emniyet katsayısı S=1,5 alınacaktır.

a) F_A ve F_B yatak kuvvetlerini bulup, eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

b) (1) nolu fatura ve (2) nolu kama kanalı kesitlerinin çap kontrolünü yapınız.



ÇÖZÜM:

a) P=25 kW, n=500 d/d

<u>x-y düzlemi:</u>

$$M_d = 9550 \cdot \frac{25}{500} = 477{,}5 \text{ Nm}$$

F_t =5000 N, F_r = 1936 N, F_a=1820 N

$$\sum M_A = 0$$

$$1936 \cdot 140 - 1820 \cdot 100 - F_{B_y} \cdot 300 = 0$$

$$F_{B_y} = 296{,}8 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{A_y} + F_{B_y} - F_r = 0$$

$$F_{A_y} = F_r - F_{B_y}$$

$$= 1936 - 296{,}8 = 1639{,}2 \text{ N}$$

<u>x-z düzlemi:</u>

$$\sum M_A = 0$$

$$F_t \cdot 140 - F_{B_z} \cdot 300 = 0$$

$$F_{B_z} = 2333{,}3 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{A_z} + F_{B_z} - F_t = 0$$

$$F_{A_z} = 5000 - 2333{,}3 = 2666{,}7 \text{ N}$$

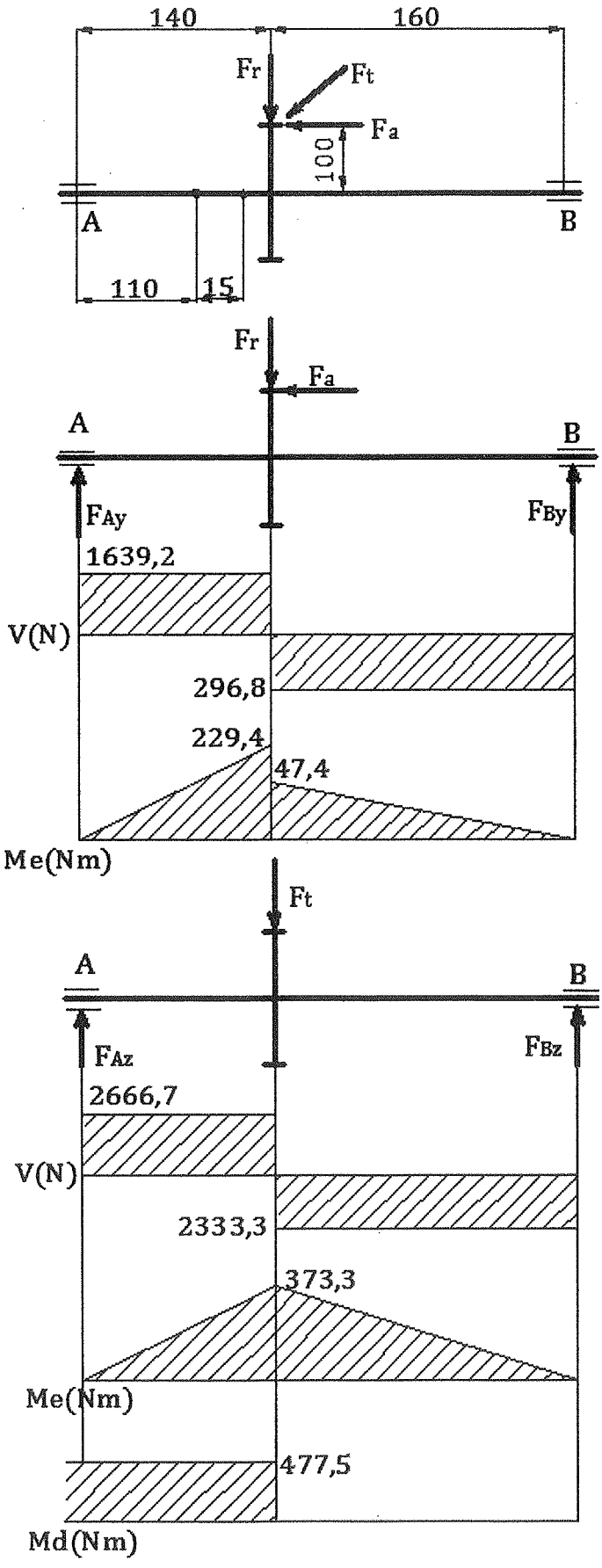
$$F_{Ar} = \sqrt{F_{A_y}{}^2 + F_{A_z}{}^2}$$

$$= \sqrt{1639{,}2^2 + 2667{,}7^2} = 3130{,}2 \text{ N}$$

$$F_{Aa} = F_a = 1820 \text{ N}$$

$$F_{Br} = \sqrt{F_{B_y}{}^2 + F_{B_z}{}^2}$$

$$= \sqrt{296{,}8^2 + 2333{,}3^2} = 2352{,}1 \text{ N}$$



b) (1) noktası için;

$M_{e_{xy}} = 1639{,}2 \cdot 110 = 180{,}3 \text{ Nm}$

$M_{e_{xz}} = 2666{,}7 \cdot 110 = 293{,}3 \text{ Nm}$

$M_{e_1} = \sqrt{180{,}3^2 + 293{,}3^2} = 344{,}2 \text{ Nm}$

Çizelge 3.4'den r=3 mm ve R_m = 650 N/mm² için q=0,84 alınır.

$\frac{D}{d} = \frac{60}{45} = 1{,}33 \quad ; \quad \frac{r}{d} = \frac{3}{45} = 0{,}06$

değerleri ve eğilme durumu için Şekil 3.25'den K_t=1,92 okunur.

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0{,}84 \cdot (1{,}92 - 1) = 1{,}77$

K_b = 0,84 (Çizelge 3.2), ince talaş alınmış ve R_m = 650 N/mm² için K_y = 0,895 (Çizelge 3.3), σ_{TDe}=300 N/mm² (Çizelge 11.1)

$$\sigma^*_{TDe1} = \frac{300 \cdot 0{,}84 \cdot 0{,}895}{1{,}77} = 127{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{344{,}2 \cdot 10^3}{127{,}4}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{477{,}5 \cdot 10^3}{335}\right)^2}}$$

$d_1 = 35{,}67 \text{ mm} < 45 \text{ mm}$ olduğu için 1 kesiti emniyetlidir.

(2) noktası için;

$M_{e_2} = \sqrt{(1639{,}2 \cdot 125)^2 + (2666{,}7 \cdot 125)^2} = 391{,}2 \text{ Nm}$

$K_ç$=2 (Şekil 3.26, R_m = 650 N/mm² ve A tipi uygu kaması için), K_b=0,82, K_y=0,895

$$\sigma^*_{TDe2} = \frac{300 \cdot 0{,}82 \cdot 0{,}895}{2} = 110 \text{ N/mm}^2$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{391{,}2 \cdot 10^3}{110}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{477{,}5 \cdot 10^3}{335}\right)^2}} = 38{,}53 \text{ mm}$$

$d_2 = 38{,}53 \text{ mm} < 50 - 5{,}5 = 44{,}5 \text{ mm}$ olduğu için 2 kesiti de emniyetlidir.

Kama derinliği, t_1=5,5 mm çıkartılarak gerilmeyi taşıyan gerçek çap bulunur.

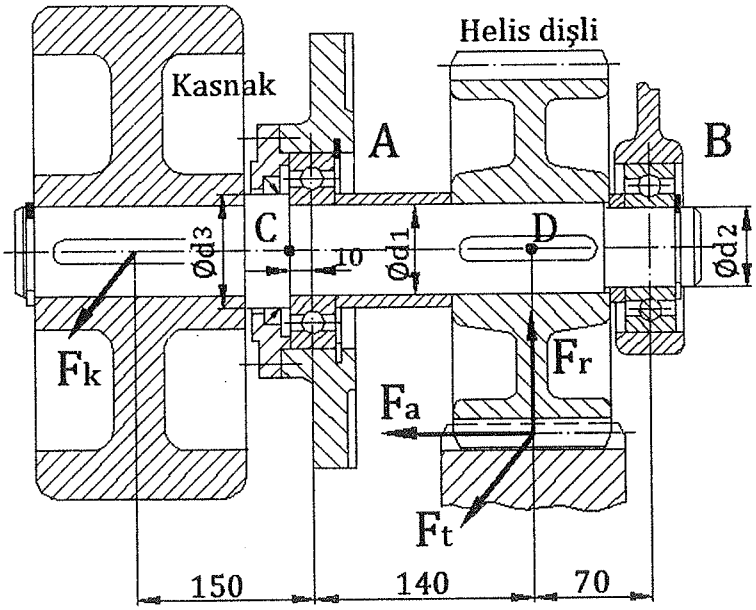
PROBLEM 11.8

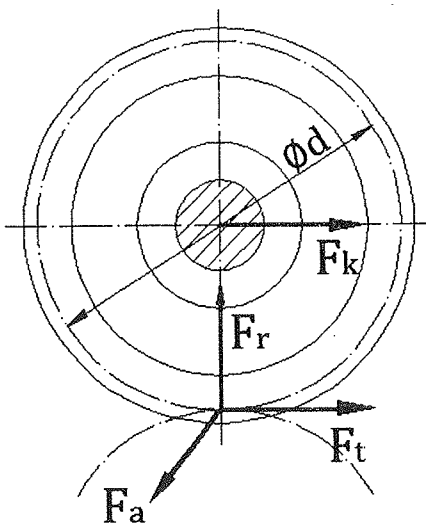
Şekilde gösterilen mil A ve B yatağında sabit bilyalı rulman ile yataklanmıştır. Helis dişliye F_t=4000 N, F_r=1500 N ve F_a=1300 N kuvvetleri etki etmektedir. Dişli bölüm dairesi çapı d=80 mm dir. Mil üzerinde bulunan kasnaktan dolayı F_k= 2500 N kayış kuvveti uygulanmaktadır. d_1=40 mm, d_2=35 mm ve d_3=45 mm olarak verilmektedir. Mil üzerinde faturalardaki radyüsler r=2,5 mm dir. Mil malzemesi E295 olup tüm yüzeylerden ince talaş alınmıştır. Emniyet katsayısı S=1,5 alınacaktır.

a) F_A ve F_B yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

b) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) d_1 çapını, A-yatağındaki faturada ve kama kanalında kontrol ediniz.





ÇÖZÜM:

a, b)

x-y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$-1500 \cdot 140 + 1300 \cdot 40 + F_{By} \cdot 210 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{By} = 752 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{Ay} + F_r - F_{By} = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Ay} = 1500 - 752 = 748 \text{ N}$$

x-z düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$-2500 \cdot 150 + 4000 \cdot 140 - F_{Bz} \cdot 210 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Bz} = 881 \text{ N}$$

$\sum F_z = 0$

$-2500 - 4000 + F_{Az} + 881 = 0$

$F_{Az} = 5619$ N

Yatak Kuvvetleri;

$F_{Ar} = \sqrt{748^2 + 5619^2} = 5668$ N

$F_{Aa} = F_a = 1300$ N (sabit yatak)

$F_{Br} = \sqrt{881^2 + 752^2} = 1158$ N

$F_{Ba} = 0$ (serbest yatak)

c) A-yatağındaki fatura C noktası, $M_{e_{xy}} = 0$

$M_{e_{xz}} = 2500 \cdot 140 = 350000 = 350$ Nm

$M_{e_C} = 350$ Nm; $M_{b_C} = 160$ Nm

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{TDe}}{K_ç}$$

$K_b = 0{,}85$ (Çizelge 3.2, Ø40 mm)

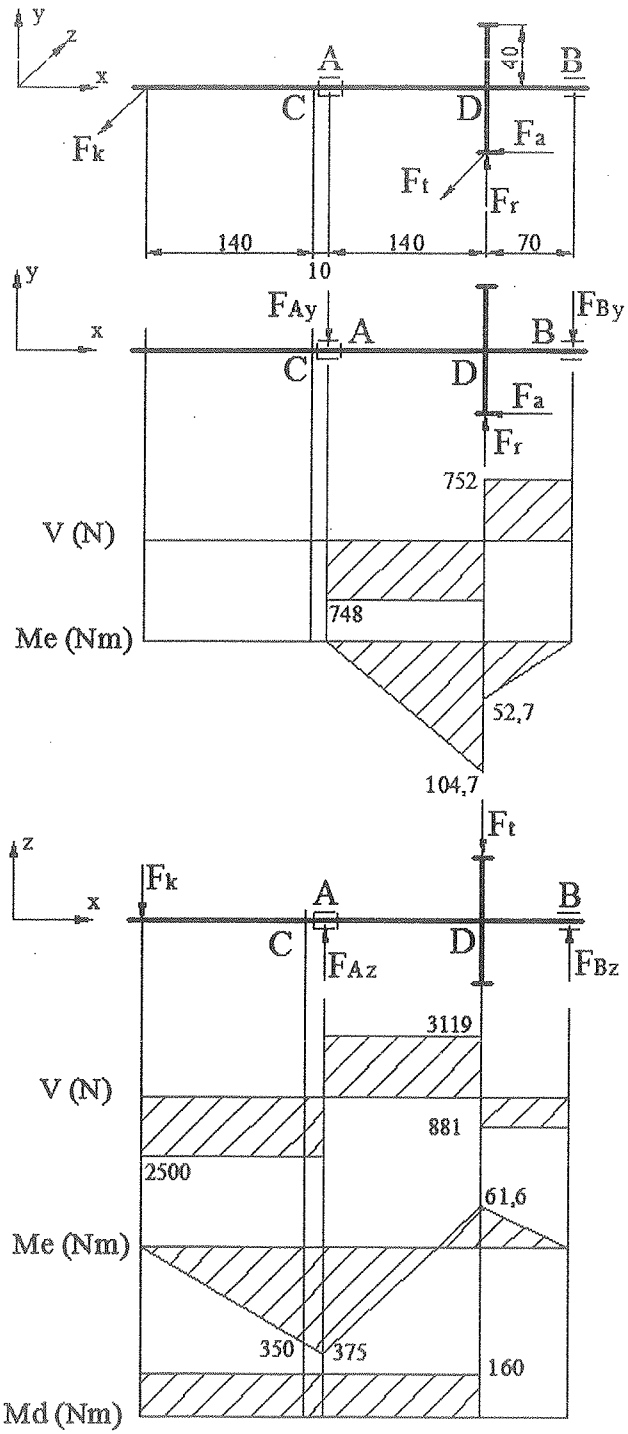
$K_y = 0{,}905$

(Çizelge 3.3, $R_m \cong 550$ N/mm^2 ve ince talaş)

$\sigma_{TDe} = 250$ N/mm^2 (Çizelge 11.1, E295)

$$\frac{D}{d} = \frac{d_3}{d_1} = \frac{45}{40} = 1{,}12 \quad \text{ve} \quad \frac{r}{d_1} = \frac{2{,}5}{40} = 0{,}062$$

$K_t = 1{,}77$ okunur (Şekil 3.25).



$q \cong 0{,}81$ (Çizelge 3.4, $r = 2{,}5$ mm ve $R_m \cong 550$ N/mm^2)

$K_ç = 1 + 0{,}81 \cdot (1{,}77 - 1) = 1{,}62$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}905 \cdot 250}{1{,}62} = 118{,}7 \text{ N/mm}^2$$

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{350000}{118{,}7}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{160000}{295}\right)^2}} = 35{,}73 \text{ mm}$$

d_C=40 mm verildiği için emniyetlidir.

Kama kanalının ortası D noktası,

$M_{e_D} = \sqrt{104{,}7^2 + 61{,}6^2} = 121{,}47\text{Nm};\ M_{b_D} = 160\ \text{Nm}$

K_b ve K_y değerleri C noktası ile aynıdır.

$K_ç \cong 1{,}88$ (Şekil 3.26, $R_m = 550\ \text{N/mm}^2$ ve A – formu eğilme durumu)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{0{,}85 \cdot 0{,}905 \cdot 250}{1{,}88} = 102{,}3\ \text{N/mm}^2$$

$$d_D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{121470}{102{,}3}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{160000}{295}\right)^2}} = 26{,}9\ \text{mm}$$

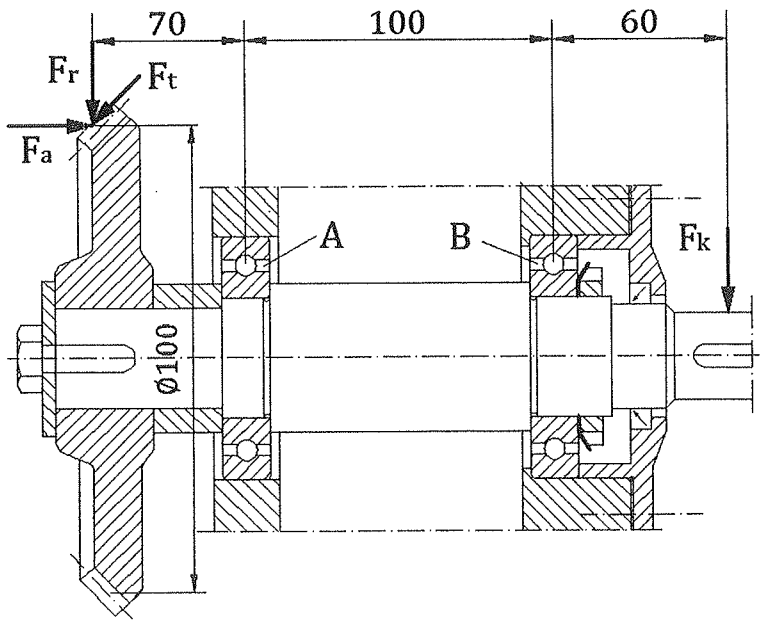
Çizelge 8.2'den Ø40 mm için kama derinliği $t_1 = 5$ mm'dir.

$d_1 - t_1 = 40 - 5 = 35\ \text{mm} > 26{,}9\ \text{mm}$ olduğu için d_D emniyetlidir.

PROBLEM 11.9

Şekildeki gösterilen redüktör giriş mili, konik dişli çark yardımıyla moment iletmektedir. Mil üzerine, F_t=1591 N, F_r=372 N, F_a=443 N dişli kuvvetleri ve F_k=2500N kayış kuvveti etki etmektedir.

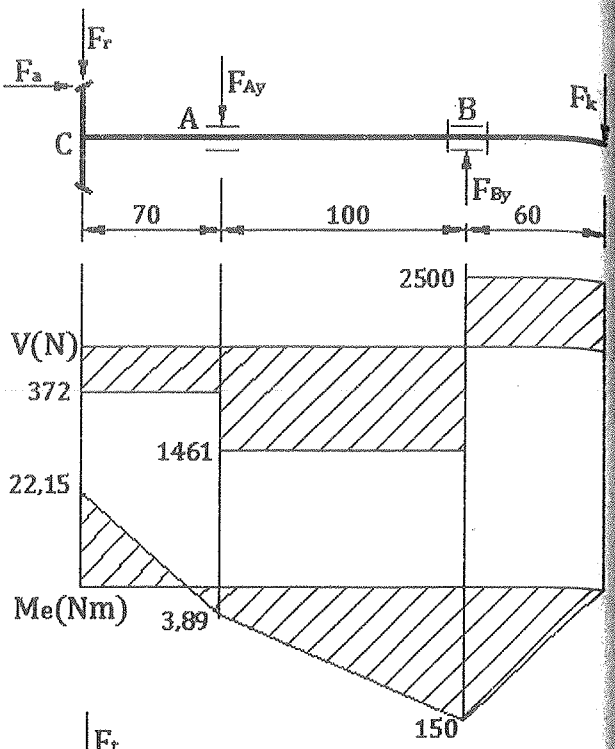
a) A ve B yatak kuvvetlerini bulunuz.
b) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.
c) Mil için $\sigma^*_{TD_e}$ =160 N/mm², S=2 ve R_e=335 N/mm² olduğuna göre B yatağındaki mil çapı en az kaç mm olmalıdır.



ÇÖZÜM:

a, b) $F_t = 1591N,\ F_r = 372\ N,\ F_a = 443N,\ F_k = 2500\ N$

$$M_d = F_t \cdot \frac{d}{2} = 1591 \cdot \frac{100}{2} = 79{,}5\ Nm$$



x-y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$443 \cdot 50 - 372 \cdot 70 - F_{By} \cdot 100 + 2500 \cdot 160 = 0$

$F_{By} = 3961\ N$

$\sum F_y = 0$

$-372 + 3961 - 2500 - F_{Ay} = 0$

$F_{Ay} = 1089\ N$

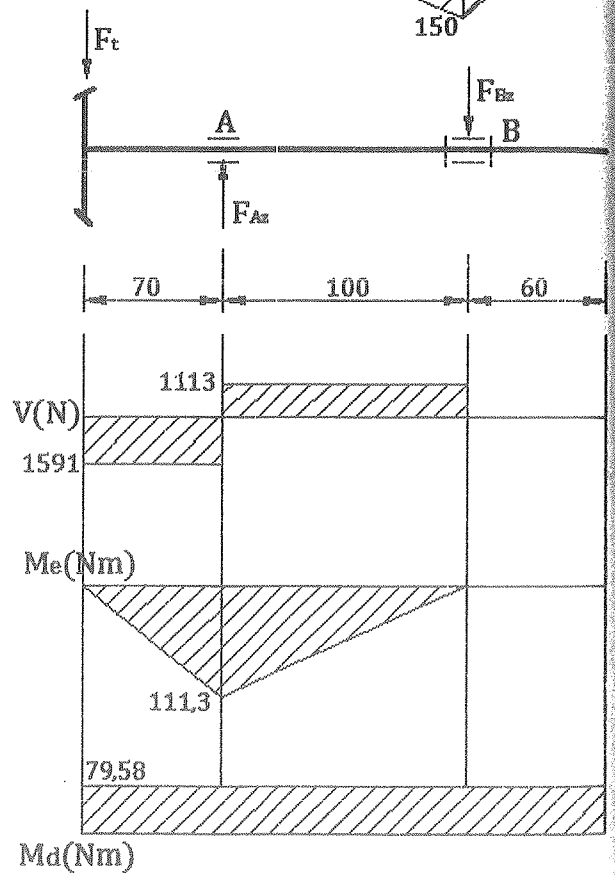
x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$-1591 \cdot 70 + F_{Bz} \cdot 100 = 0$

$F_{Bz} = 1113\ N$

$F_{Az} = 1591 + 1113 = 2704\ N$



$F_A = \sqrt{1089^2 + 2704^2} = 2915\ N$

$F_B = \sqrt{3961^2 + 1113^2} = 4114\ N$

c) $M_{eB} = \sqrt{150^2 + 0^2} = 150\ Nm;$

$M_{dB} = 79{,}58\ Nm$

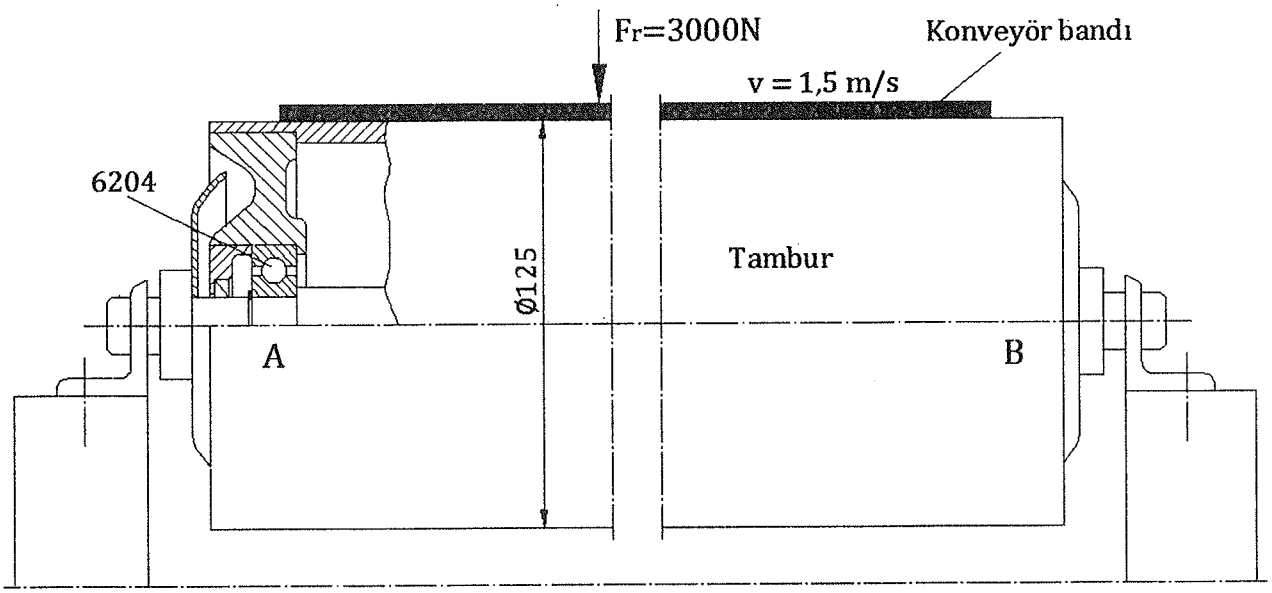
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eB}}{\sigma^*_{TD_e}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{dB}}{R_e}\right)^2}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{150000}{160}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{79500}{335}\right)^2}} = 26{,}93\ mm = 27\ mm\ olmalıdır.$$

12. BÖLÜM: YUVARLANMALI YATAKLAR

PROBLEM 12.1

Aşağıdaki şekilde, bantlı konveyörün tamburu her iki taraftan 6204 sabit bilyalı rulman ile yataklanmıştır. Bant, v=1,5 m/s hız ile dönmekte ve üzerine orta noktasından F_r=3000 N yük etki etmektedir. Ayrıca çalışma şartlarından dolayı A rulmanına radyal yükün %10'u kadar eksenel yük geldiği kabul edilecektir. A yatağının ömrünü, çalışma saati cinsinden bulunuz.



ÇÖZÜM:

v=1,5 m/s, F_r =3000N, 6204 sabit bilyalı rulman

$$F_{Ar} = \frac{F_r}{2} = \frac{3000}{2} = 1500\ N; \quad F_{Aa} = 0{,}1 \cdot F_r = 0{,}1 \cdot 3000 = 300\ N$$

$$v = \omega \cdot r \ \rightarrow \ 1{,}5 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot \frac{0{,}125}{2} \ \rightarrow \ n = 229{,}3\ d/d$$

Çizelge 12.13'den 6204 rulmanı için C= 13500 N, C_0=6550 N ve f_0=13 alınır.

$$f_0 \cdot \frac{F_a}{C_0} = 13 \cdot \frac{300}{6550} = 0{,}595 \ \rightarrow \ e = 0{,}25 \text{ (Çizelge 12.10)}$$

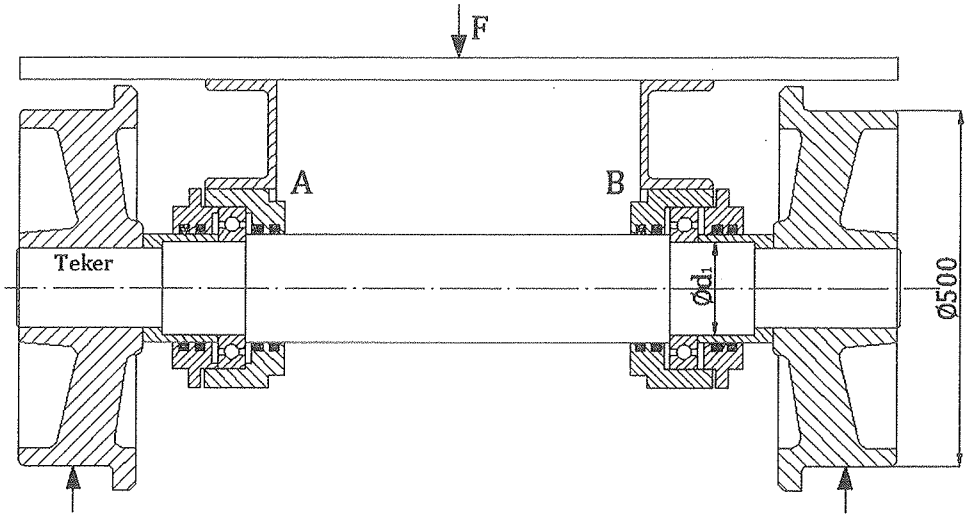
$$\frac{F_{Aa}}{F_{Ar}} = \frac{300}{1500} = 0{,}2 < 0{,}25 \ \rightarrow \ X = 1 \text{ ve } Y = 0$$

$$F_A = X \cdot F_{Ar} + Y \cdot F_{Aa} = 1 \cdot 1500 + 0 \cdot 300 = 1500\ N$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 229{,}3} \cdot \left(\frac{13500}{1500}\right)^3 = 52987\ h$$

PROBLEM 12.2

Aşağıdaki resimde iki saniyede bir metre yol alan, toplam 4 tekeri bulunan ve 2 ton yük taşıyan bir vagonun arka döner aks yataklaması verilmiştir. d_1=40 mm ve teker çapı D_T=500 mm alınacaktır. 10000 çalışma saati için B - yatağına sabit bilyalı rulman seçimi yapınız.



ÇÖZÜM:

v=0,5 m/s (iki saniyede bir metre yol), D_T=500 mm, L_{hB}=10000 h

$$v = \omega \cdot r \rightarrow 0{,}5 = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot 0{,}250 \quad \rightarrow \quad n = 19{,}1 \text{ d/d}$$

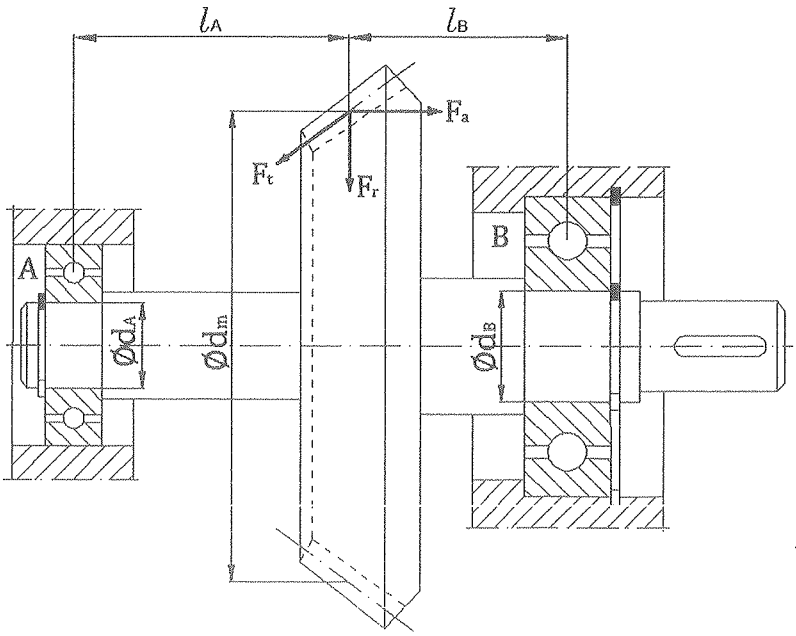
$$F_B = F_{Br} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 10}{4} = 5000 \text{ N}; \quad F_{Ba} = 0 \text{ (serbest yatak)}$$

$$L_{hB} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F_B}\right)^3 \rightarrow 10000 = \frac{10^6}{60 \cdot 19{,}1} \cdot \left(\frac{C}{5000}\right)^3 \rightarrow C = 11272{,}8 \text{ N}$$

Çizelge 12.13'den d_1=40 mm için SKF – 61908 (C=13,8 kN) veya 16008 rulmanı seçilir.

PROBLEM 12.3

Şekilde üzerinde konik dişli bulunan bir milin yataklanması görülmektedir. Dişliye etki eden kuvvetler; F_a=700 N, F_r=3000 N, F_t=1000 N, dişli çapı d_m=100 mm, yatak çapları d_A=30 mm, d_B=40 mm ve l_A=100 mm, l_B=50 mm olarak verilmiştir. n=1500 d/d ve 15000 çalışma saatine göre A ve B yatakları için sabit bilyalı rulman seçimi yapınız.



ÇÖZÜM:

F_a=700 N, F_r=3000 N, F_t=1000 N, d_A=30 mm, d_B=40 mm ve L_h=15000 h

x – y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$F_r \cdot l_A + F_a \cdot 50 - F_{B_y} \cdot (l_A + l_B) = 0$$

$$3000 \cdot 100 + 700 \cdot 50 - F_{B_y} \cdot (100 + 50) \rightarrow F_{B_y} = 2233{,}3 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{B_y} - F_r + F_{A_y} = 0 \rightarrow 2233{,}3 - 3000 + F_{A_y} = 0$$

$$F_{A_y} = 766{,}7 \text{ N}$$

x – z düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$F_t \cdot l_A - F_{B_z} \cdot (l_A + l_B) = 0$$

$$1000 \cdot 100 - F_{B_z} \cdot (100 + 50) \rightarrow F_{B_z} = 666{,}6 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{A_z} = 1000 - 666{,}6 = 333{,}4 \text{ N}$$

$$F_{Ar} = \sqrt{(F_{A_y})^2 + (F_{A_z})^2} = \sqrt{766{,}7^2 + 333{,}4^2} = 836 \text{ N}$$

$$F_{Br} = \sqrt{(F_{B_y})^2 + (F_{B_z})^2} = \sqrt{2233{,}3^2 + 666{,}6^2} = 2330 \text{ N}$$

A – yatağı serbest olduğu için $F_{Aa} = 0$ ve $F_{Ar} = 836$ N alınır.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F_A}\right)^3 = 15000 = \frac{10^6}{60 \cdot 1500} \cdot \left(\frac{C}{836}\right)^3 \rightarrow C = 9239{,}5 \text{ N}$$

Çizelge 12.13'den Ø30 mm için 16006 rulmanı (C=11,9 kN) seçilir.

B – yatağı sabit olduğu için $F_{Ba} = F_a = 700$ N ve $F_{Br} = 2330$ N alınarak,

6208 rulmanı seçilir. C=32,5 kN, C_0=19 kN ve f_o=14 (Çizelge 12.13)

$$f_o \cdot \frac{F_a}{C_0} = 14 \cdot \frac{700}{19000} = 0{,}515 \rightarrow e = 0{,}24 \text{ (Çizelge 12.10)}$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{700}{2330} = 0{,}30 > e$$

olduğu için X=0,56 ve Y=1,80 alınır.

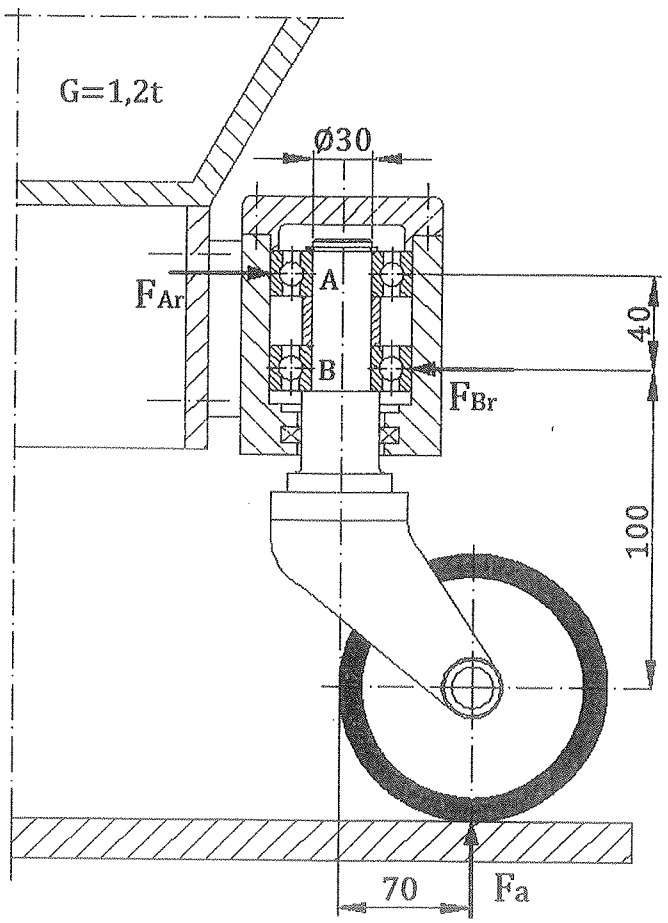
$$F_B = 0{,}56 \cdot 2330 + 1{,}80 \cdot 700 = 2565\ N$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F_B}\right)^3 = \frac{10^6}{60 \cdot 1500} \cdot \left(\frac{32500}{2565}\right)^3 = 22628\ h$$

$L_h = 22628\ h > 15000\ h$ olduğu için 6208 rulmanı uygundur.

PROBLEM 12.4

Şekildeki vagon ile maksimum 1,2 ton yük taşınmaktadır. Dört tekerleği bulunan yük vagonunun, tekerleklerinden birisinin yataklaması verilmiştir. Emniyet katsayısını S=1,2 alarak A yatağı için uygun sabit bilyalı rulman seçiniz.



ÇÖZÜM:

G=1,2 t=12000 N

$$F_a = \frac{G}{4} = 3000\ N$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow F_a \cdot 70 - F_{B_r} \cdot 40 = 0$$

$$F_{B_r} = 5250\ N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{B_r} = F_{A_r} = 5250\ N$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{3000}{5250} = 0{,}571 < 0{,}8 \rightarrow X_0 = 1 \text{ ve } Y_0 = 0 \text{ (Çizelge 12.8, statik rulman)}$$

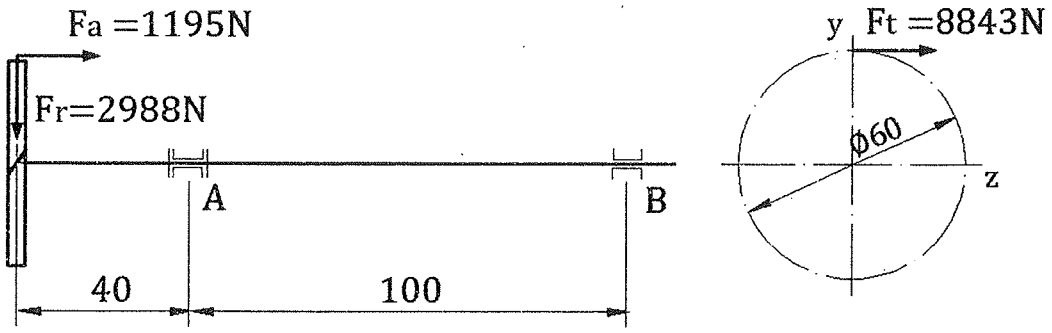
$$F_0 = X_0 \cdot F_r = 1 \cdot 5250 = 5250\ N$$

$$S = \frac{C_0}{F_0} \rightarrow 1{,}2 = \frac{C_0}{5250} \rightarrow C_0 = 6300\ N$$

Çizelge 12.13'den, muylu çapı d = 30 mm için C_0 = 7,35 kN=7350 N olan SKF 16006 rulmanı seçilir. B - yatağı için de aynı rulman kullanılabilir.

PROBLEM 12.5

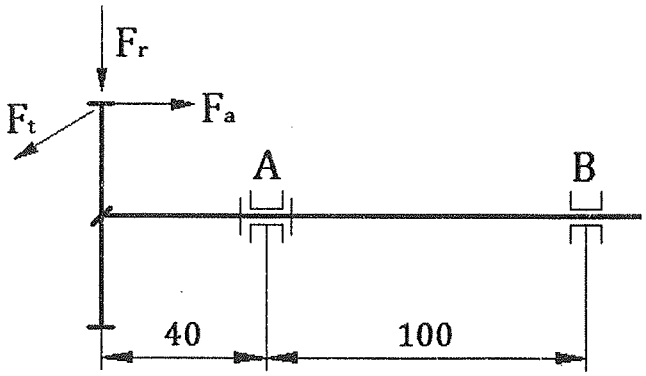
Aşağıdaki resimde üzerinde helis dişli bulunan bir milin yataklanması verilmiştir. A yatağında O-düzeninde iki adet 7208 BECBY eğik bilyalı rulman kullanılmıştır. B yatağında ise silindirik makaralı NU1005 rulmanı kullanılmıştır. Milin devir sayısı, n=100 d/d ise A ve B yataklarında kullanılan rulmanların ömürlerini saat cinsinden hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

F_a=1195 N, F_r=2988 N, F_t=8843 N, d_m=60 mm, n=100 d/d

x – y düzlemi:



$\sum M_A = 0$

$-F_r \cdot 40 + F_a \cdot 30 + F_{B_y} \cdot 100 = 0$

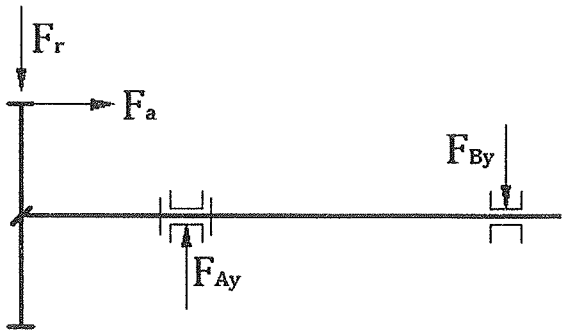
$-2988 \cdot 40 + 1195 \cdot 30 + F_{B_y} \cdot 100 = 0$

$F_{B_y} = 836\ N$

$\sum F_y = 0$

$-2988 + F_{A_y} - 836 = 0$

$F_{A_y} = 3824\ N$



x – z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

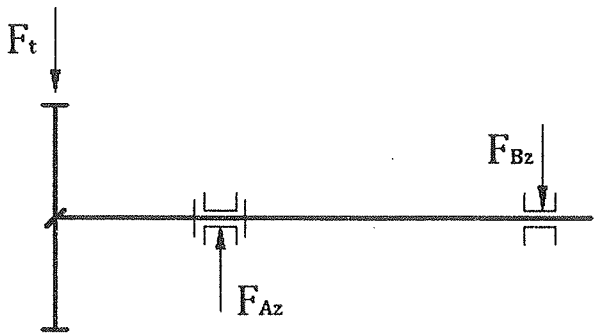
$-8843 \cdot 40 + F_{B_z} \cdot 100 = 0$

$F_{B_z} = 3537\ N$

$\sum F_z = 0$

$-8843 + F_{A_z} - 3537 = 0$

$F_{A_z} = 12380N$



$F_{Ar} = \sqrt{3824^2 + 12380^2} = 12957$ N ; $F_{Aa} = 1195$ N (sabit yatak)

$F_{Br} = \sqrt{836^2 + 3537^2} = 3634$ N ; $F_{Ba} = 0$ (serbest yatak)

A yatağı için iki adet 7208 BECBY rulmanı veriliyor. $C_{tek} = 36400$ N (Çizelge 12.14)

$C = 1{,}62 \cdot C_{tek} = 1{,}62 \cdot 36400 = 58960$ N

Çizelge 12.11'den (O-düzeni iki adet eğik bilyalı rulman) e=1,14 alınır.

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{1195}{12957} = 0{,}09 < e \quad \rightarrow \quad X = 1 \text{ ve } Y = 0{,}55$$

$$F_A = 1 \cdot 12957 + 0{,}55 \cdot 1195 = 13614 \text{ N}$$

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{60 \cdot 100} \cdot \left(\frac{58960}{13614}\right)^3 = 13538 \text{ h}$$

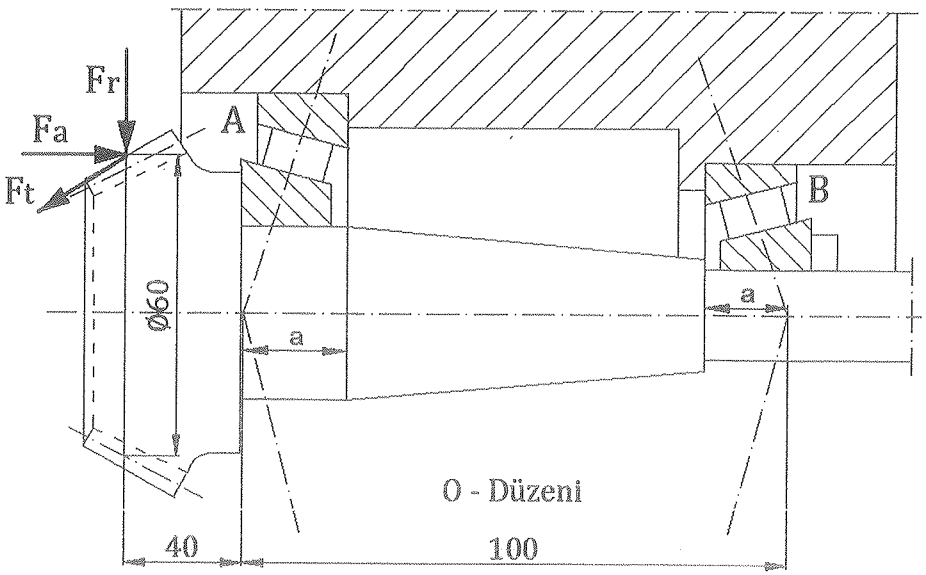
B yatağı için NU 1005 rulmanı veriliyor. Çizelge 12.15'den C = 14200 N alınır.

$F_{Br} = F_B$; $F_{Ba} = 0$ (serbest yatak)

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{60 \cdot 100} \cdot \left(\frac{14200}{3634}\right)^{3{,}333} = 15654 \text{ h}$$

PROBLEM 12.6

Problem 2.5'deki redüktör giriş milinde, helis dişli yerine konik dişli kullanılmıştır. Dişli kuvvetleri F_a=1195 N, F_r=2988 N, F_t=8843 N, devir sayısı n=100 d/d ve yataklar arası mesafe aynı alınarak, A-yatağı için 32206J2/Q ve B-yatağı için 30204J2/Q konik makaralı rulmanlar O-düzeninde montaj edilmiştir. Rulman ömürlerini saat cinsinden hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

Problem 12.5'deki kuvvet ve boyutlar kullanıldığı için;

$F_{Ar} = 12957\ N$, $F_{Br} = 3634\ N$ ve $F_a = 1195\ N$ kuvvetleri değişmez.

Çizelge 12.10'dan; A - yatağı için (32206J2/Q) e=0,37; X=0,4 ve Y_A=1,6

B - yatağı için (30204J2/Q) e=0,35; X=0,4 ve Y_B=1,75

Çizelge 12.16'dan; C_A=50100 N ve C_B=27500 N alınır.

Yataklama düzeni, Şekil 12.24 a'ya benzemektedir. Çizelge 12.12'ye göre;

$$F_a + \frac{F_{Br}}{2 \cdot Y_B} < \frac{F_{Ar}}{2 \cdot Y_A} \rightarrow 1195 + \frac{3634}{2 \cdot 1,75} < \frac{12957}{2 \cdot 1,6}$$

$2233 < 4049$ olduğu için,

$$F_{Aa} = 0;\ F_{Ba} = \frac{F_{Ar}}{2 \cdot Y_A} - F_a$$

$$F_{Ba} = \frac{12957}{2 \cdot 1,6} - 1195 = 2854\ N$$

A - yatağının ömrü;

$F_{Aa} = 0$ olduğu için $F_A = F_{Ar} = 12957\ N$

$$L_{Ah} = \frac{10^6}{60 \cdot 100} \cdot \left(\frac{50100}{12957}\right)^{3,333} = 15115\ h \text{ bulunur.}$$

B - yatağının ömrü;

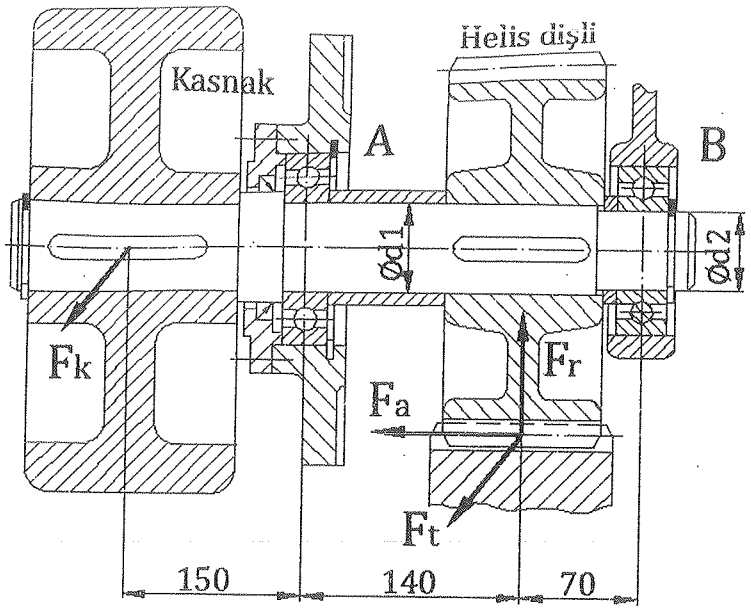
$$\frac{F_{Ba}}{F_{Br}} = \frac{2854}{3634} = 0,78 > e = 0,31$$

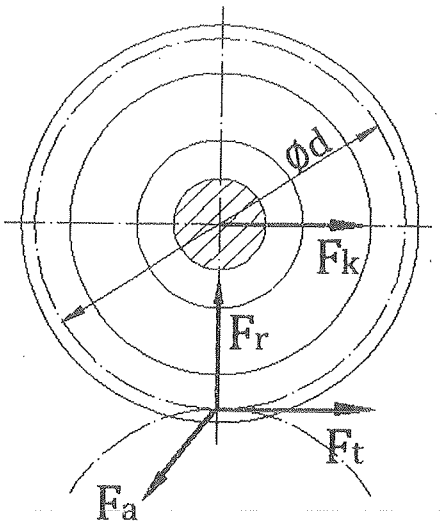
$$F_B = X \cdot F_{Br} + Y \cdot F_{Ba} = 0,4 \cdot 3634 + 1,75 \cdot 2854 = 6448\ N$$

$$L_{Bh} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^{3,333} = \frac{10^6}{60 \cdot 100} \cdot \left(\frac{27500}{6448}\right)^{3,333} = 20957\ h$$

PROBLEM 12.7

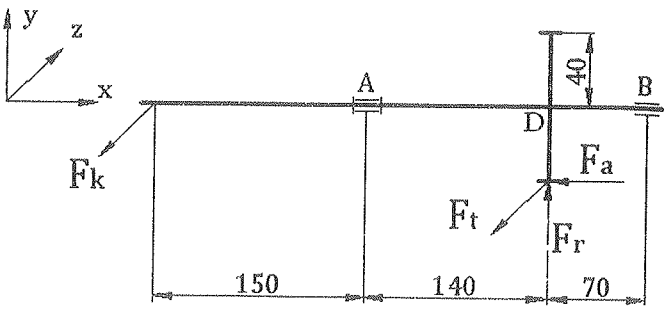
Şekilde gösterilen mil A ve B yatağında sabit bilyalı rulman ile yataklanmıştır. Helis dişliye F_t = 4000 N, F_r = 1500 N ve F_a = 1300 N kuvvetleri etki etmektedir. Dişli bölüm dairesi çapı d=80mm dir. Mil üzerinde bulunan kasnaktan dolayı F_k=2500 N kayış kuvveti uygulanmaktadır. d_1=40 mm, d_2=35 mm olarak verilmektedir. A ve B yatağına, n=350 d/d ve 10000 çalışma saati için sabit bilyalı rulman seçiniz.





ÇÖZÜM:

x-y düzlemi:



$\sum M_A = 0$

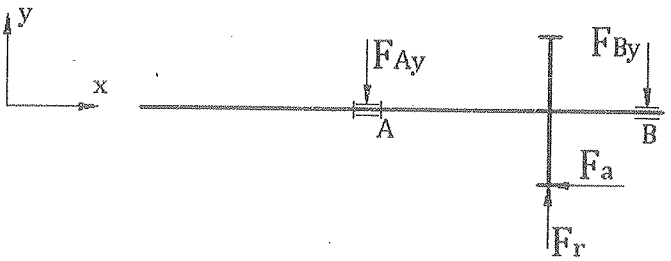
$-1500 \cdot 140 + 1300 \cdot 40 + F_{By} \cdot 210 = 0$

$F_{By} = 752\ N$

$\sum F_y = 0$

$-F_{Ay} + F_r - F_{By} = 0$

$F_{Ay} = 1500 - 752 = 748\ N$

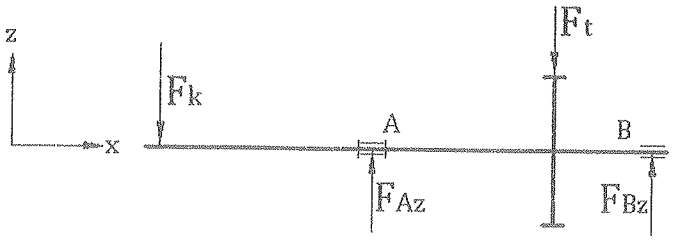


x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$-2500 \cdot 150 + 4000 \cdot 140 - F_{Bz} \cdot 210 = 0$

$F_{Bz} = 881\ N$



$\sum F_z = 0$

$-2500 - 4000 + F_{Az} + 881 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Az} = 5619\ N$

Yatak kuvvetleri;

$F_{Ar} = \sqrt{748^2 + 5619^2} = 5668\ N$

$F_{Aa} = F_a = 1300\ N$ (sabit yatak)

$F_{Br} = \sqrt{881^2 + 752^2} = 1158\ N$

$F_{Ba} = 0$ (serbest yatak)

A-Yatağı; $d_A = 40$ mm, $F_{Ar} = 5668$ N ve $F_{Aa} = 1300$ N için,

6208 ETN9 rulmanı seçilir. Çizelge 12.13'den C = 35,8 kN, $C_0 = 20{,}8$ kN ve $f_0 = 13$

$f_0 \cdot \frac{F_a}{C_0} = 13 \cdot \frac{1300}{20800} = 0{,}81 \rightarrow e \cong 0{,}265$ ve $\frac{F_a}{F_r} = \frac{1300}{5668} = 0{,}22$ için Çizelge 12.10'dan,

$\frac{F_a}{F_r} < e \rightarrow X = 1$ ve $Y = 0$ alınır. Bu durumda, $F_A = F_{Ar} = 5668$ N olur.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 350} \cdot \left(\frac{35800}{5668}\right)^3 = 11998\ h > 10000\ h$$

B-Yatağı; $d_B = 35$ mm, $F_{Br} = 1158$ N, $F_{Ba} = 0$ N ve n = 350 d/d için,

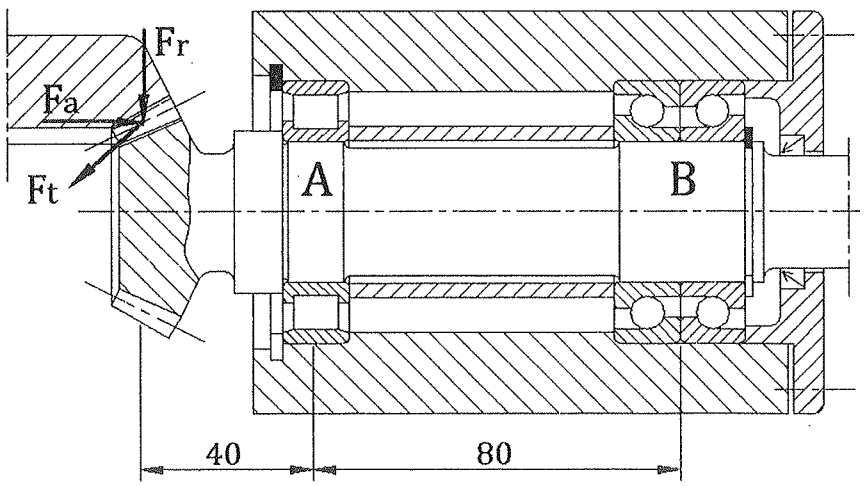
Çizelge 12.13'den 61907 rulmanı seçilerek C = 10,8 kN alınır.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 350} \cdot \left(\frac{10800}{1158}\right)^3 = 38630\ h > 10000\ h$$ olduğu için uygundur.

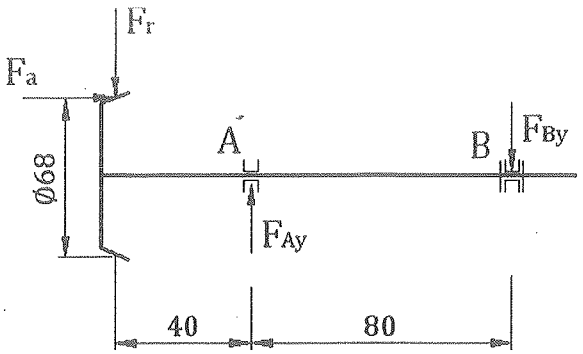
Çizelgede bir üst sırada bulunan rulman 61807, 2541 h çalıştığı için uygun değildir.

PROBLEM 12.8

Şekilde üzerinde konik dişli bulunan bir milin yataklanması verilmiştir. Konik dişliye, F_t=4681 N, F_r=1616 N ve F_a=538 N kuvvetleri etki etmektedir. A yatağında N205 ECP silindirik makaralı rulman kullanılmıştır. B yatağında ise O-düzeninde iki adet 7205 BECBPH eğik bilyalı rulman kullanılmıştır. Pinyon konik çarkın ortalama bölüm dairesi çapı d_m=68 mm ve devir sayısı 750 d/d dır. Yataklara gelen kuvvetleri bularak rulmanların ömürlerini saat cinsinden hesaplayınız.



ÇÖZÜM:



x-y düzlemi:

$\Sigma M_B = 0$

$-F_r \cdot 120 + F_{Ay} \cdot 80 + F_a \cdot \frac{d_m}{2} = 0$

$-1616 \cdot 120 + F_{Ay} \cdot 80 + 538 \cdot 34 = 0$

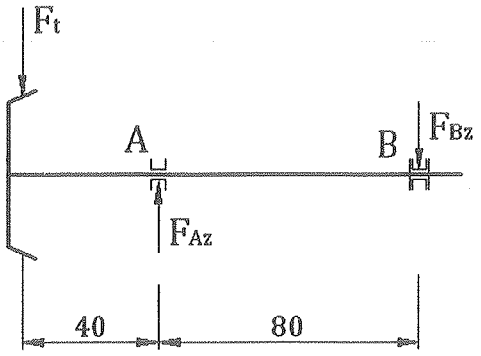
$F_{Ay} = 2195\ N$

$\Sigma F_y = 0$

$-F_r + F_{Ay} - F_{By} = 0$

$-1616 + 2195 - F_{By} = 0$

$F_{By} = 579\ N$



x-z düzlemi:

$\Sigma M_B = 0$

$-F_t \cdot 120 + F_{Az} \cdot 80 = 0 \quad \rightarrow \quad -4681 \cdot 120 + F_{Az} \cdot 80 = 0$

$F_{Az} = 7021\ N$

$\Sigma F_z = 0$

$-F_t + F_{Az} - F_{Bz} = 0 \quad \rightarrow \quad -4681 + 7021 - F_{Bz} = 0$

$F_{Bz} = 2340\ N$

$F_{Ar} = \sqrt{2195^2 + 7021^2} = 7356\ N; \quad F_{Aa} = 0$ (serbest yatak)

$F_{Br} = \sqrt{579^2 + 2340^2} = 2410\ N; \quad F_{Ba} = F_a = 538\ N$ (sabit yatak)

A - yatağının ömrü;

A yatağında N205 ECP rulmanı kullanılmıştır. Çizelge 12.15'den C=28,6 kN alınır.

$F_{A_r} = F_A = 7356\ N$

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{60 \cdot 750} \cdot \left(\frac{28600}{7356}\right)^{3,33} = 1963\ h$$

B - yatağının ömrü;

B yatağında iki adet 7205 BECBPH rulmanı kullanılmıştır.

C_{tek}=15,6 kN (Çizelge 12.14)

$$C = 1{,}62 \cdot C_{tek} = 1{,}62 \cdot 15{,}6 = 25{,}27 \text{ kN}$$

e=1,14 (Çizelge 12.11'den, iki adet O-düzeni rulman)

$$\frac{F_{B_a}}{F_{B_r}} = \frac{538}{2410} = 0{,}22 < 1{,}14 \text{ için,}$$

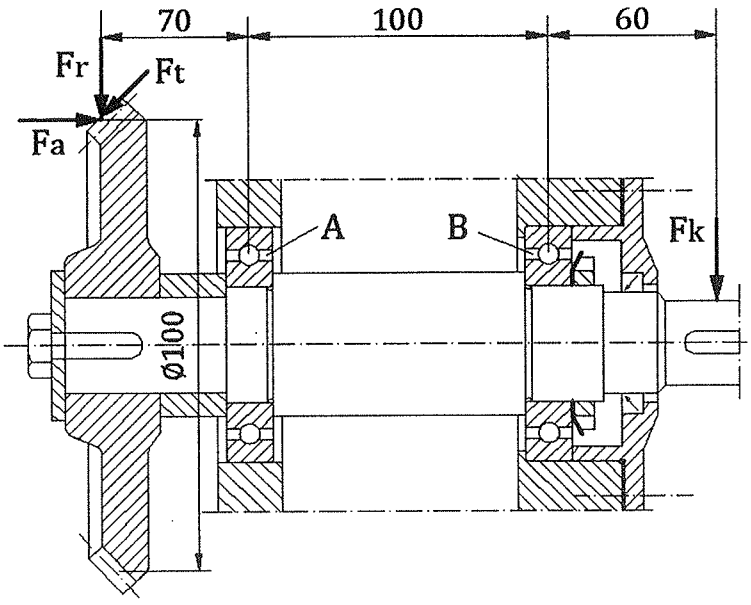
X=1 ve Y=0,55 alınır.

$$F_B = X \cdot F_{B_r} + Y \cdot F_{B_a} = 1 \cdot 2410 + 0{,}55 \cdot 538 = 2706 \text{ N}$$

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 750} \cdot \left(\frac{25270}{2706}\right)^3 = 18097 \text{ h}$$

PROBLEM 12.9

Şekilde gösterilen redüktör giriş mili, konik dişli çark yardımıyla moment iletmektedir. Mil üzerine, F_t=1591 N, F_r=372 N, F_a=443 N dişli kuvvetleri ve kayış mekanizmasından gelen F_k=2500 N radyal kuvveti etki etmektedir. Mil n=900 d/d ile dönmektedir. A yatağında mil çapını d_A=25 mm kabul ederek, L_h=12000 h için uygun sabit bilyalı rulman seçiniz.



ÇÖZÜM:

A yatağı için mil çapı d_A=25 mm, L_h=12000 h, n=900 d/d

$$F_t = 1591 \text{ N},\ F_r = 372 \text{ N},\ F_a = 443 \text{ N},\ F_k = 2500 \text{ N}$$

x-y düzlemi:

$$\sum M_A = 0 \quad \rightarrow \quad 443 \cdot 50 - 372 \cdot 70 - F_{B_y} \cdot 100 + 2500 \cdot 160 = 0$$

$F_{By} = 3961$ N

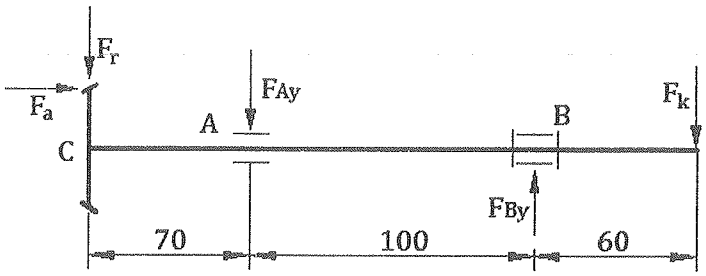
$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad -372 + 3961 - 2500 - F_{Ay} = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Ay} = 1089$ N

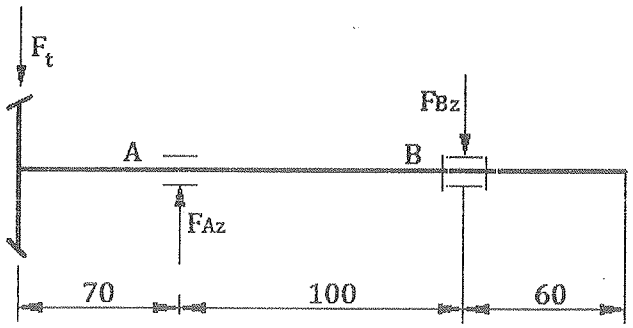
x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$-1591 \cdot 70 + F_{Bz} \cdot 100 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Bz} = 1113$ N

$F_{Az} = 1591 + 1113 = 2704$ N





$F_A = \sqrt{1089^2 + 2704^2} = 2915$ N

A – yatağı serbest olduğu için; $F_{Aa} = 0$ ve $F_A = F_{Ar} = 2915$ N alınır.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F_A}\right)^3$$

$$12000 = \frac{10^6}{60 \cdot 900} \cdot \left(\frac{C}{2915}\right)^3$$

$C = 25224$ N $= 25{,}2$ kN bulunur.

Çizelge 12.13'den Ø25 mm için SKF 6305 ETN9 rulmanı (C=26 kN) seçilir.

BÖLÜM 13: KAYMALI YATAKLAR

PROBLEM 13.1

Bir hidrodinamik radyal kaymalı yatağın üzerine F_r=10000 N yük gelmektedir. Yatak çapı D=80 mm, B/D=1 ve milin devir sayısı n=2800 d/d dır. Yatağın ve milin yüzey pürüzlülükleri toplamı 12 μm dir. Kullanılan ISO VG 22 numara yağın giriş sıcaklığı t_g=20°C, çıkış sıcaklığı $t_ç$=60°C, özgül ısısı c=2000 j/kgK ve yoğunluğu ρ=900 kg/m³ dür. Yatak malzemesinin, ısı taşınım katsayısı α=30 W/m²K ve emniyet basıncı p_{em}=5 N/mm² alınacaktır.

a) Yatağın kontrolünü yapınız.
b) Gerekli yağ debisini hesaplayınız.
c) Yatağın sıcaklık kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

a) Yatağa gelen ortalama basınç;

$$\bar{p} = \frac{F_r}{B \cdot D} = \frac{10000}{80 \cdot 80} = 1{,}56\ \text{N/mm}^2 < p_{em}$$

olduğu için uygundur.

Hidrodinamik kontrol;

$$v = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2800}{60} \cdot \frac{0{,}08}{2} = 11{,}7\ \text{m/s}$$

İzafi yatak boşluğu;

$$\psi \approx 0{,}8 \cdot \sqrt[4]{v} \cdot 10^{-3} = 1{,}47.10^{-3}$$

Şekil 13.16'dan t_{ort}=40°C için η=22 mPa·s = 22·10⁻³ Pa.s olarak bulunur.

$$S_o = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} = \frac{1{,}56 \cdot 10^6 \cdot (1{,}47 \cdot 10^{-3})^2}{22 \cdot 10^{-3} \cdot 293{,}2} = 0{,}52$$

$S_o = 0{,}52 < 1$ olduğu için az yüklenen yüksek hızlar bölgesinde çalışan yataktır.

Şekil 13.15'den B/D=1 ve S_o=0,52 için ε=0,35 olarak okunur.

Minimum yağ filmi kalınlığı;

$$h_0 = 0{,}5 \cdot D \cdot \psi \cdot (1 - \varepsilon) = 0{,}5 \cdot 80 \cdot 1{,}47 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0{,}35) = 0{,}038\ \text{mm} = 38\ \mu\text{m}$$

$h_{0min} = 1{,}2 \cdot (R_{tyatak} + R_{tmil})$

$R_{tyatak} + R_{tmil} = 12\ \mu m$ olarak verildi.

$h_{0min} = 1{,}2 \cdot 12 = 14{,}4\ \mu m$

$h_0 > h_{0min} \rightarrow 38\ \mu m > 14{,}4\ \mu m$ olduğu için sıvı sürtünme oluşur.

Geçiş devir sayısı kontrolü;

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot h_{0min}}{s}$$

$s = \psi \cdot D = 1{,}47.10^{-3} \cdot 80 = 0{,}117\ mm = 117\ \mu m$

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot 14{,}4}{117} = 0{,}75$$

Şekil 13.15'den B/D = 1 ve $\varepsilon_g = 0{,}75$ için $S_{og} = 2{,}8$ bulunur.

$$n_g = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot S_{o_g}} = \frac{1{,}56 \cdot 10^6 \cdot (1{,}47 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 22 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}8} = 522\ d/d$$

$$\frac{n}{3} = \frac{2800}{3} = 933{,}3\ d/d$$

$n_g < \frac{n}{3} \rightarrow 522\ d/d < 933{,}3\ d/d$

olduğu için geçiş anında sorun yoktur.

b) Yağ debisi;

Soğutma için gerekli yağ debisi;

$S_o = 0{,}52 < 1$ olduğu için $\mu = \frac{3 \cdot \psi}{S_o} = \frac{3 \cdot 1{,}47 \cdot 10^{-3}}{0{,}52} = 8{,}4.10^{-3}$

$P_s = F_r \cdot \mu \cdot v = 10000 \cdot 8{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}7 = 982{,}8\ W$

$$Q_s = \frac{P_s}{\rho \cdot c \cdot (t_ç - t_g)} = \frac{982{,}8}{900 \cdot 2000 \cdot 40} = 1{,}36 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$$

Yağlama için gerekli yağ debisi;

$Q_y = 0{,}25 \cdot B \cdot v \cdot s = 0{,}25 \cdot 0{,}08 \cdot 11{,}7 \cdot 117 \cdot 10^{-6}$

$Q_y = 2{,}73 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$

1,63 l/d yağ debisi hem yağlama hem de soğutma için yeterli olur.

c) Yatağın sıcaklık kontrolü;

Sürtünmeye harcanan güç, doğal taşınım ile dışarıya verilen güce eşitlenir.

Yatak yüzey alanı: $A \approx 20.B.D = 20.0{,}08.0{,}08 = 0{,}128\ m^2$

$$P_s = P_t = \alpha \cdot A \cdot (t_y - t_0) \rightarrow t_y = \frac{P_s}{\alpha \cdot A} + t_0 = \frac{982{,}8}{30 \cdot 0{,}128} + 20 = 255 + 20 = 275 \gg 40°C$$

Doğal taşınım ile yatağın soğutulması imkânsızdır. İlave soğutma tedbirleri alınmalıdır.

PROBLEM 13.2

Bir hidrodinamik radyal kaymalı yatak üzerine F_r=22000 N kuvvet etki etmektedir. Mil ile yatak arasına H7/f7 boşluklu geçmesi verilmiştir. Milin devir sayısı n=3000 d/d, genişlik-çap oranı B/D=0,9, yüzey pürüzlülükleri $R_{tm}=R_{ty}$=2 μm, kullanılan yağ ISO VG 100, yağın giriş-çıkış sıcaklıkları t_g=30°C, $t_ç$=60°C, özgül ısısı c=2000 j/kgK, yoğunluğu ρ=900 kg/m³ ve yatak malzemesi için p_{em}=5 N/mm² ise;

a) Uygun mil çapını bulunuz.
b) Yatağı kontrol ediniz ve gerekli debi miktarını bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Yatağa gelen ortalama basınç;

$$\bar{p} = \frac{F_r}{B \cdot D} \leq p_{em}$$

$\frac{22000}{B \cdot D} \leq 5$ ve $\frac{B}{D} = 0{,}9$ için,

$B \cdot D \geq 4400\ mm^2 \rightarrow 0{,}9 \cdot D \cdot D \geq 4400$

$D \geq 69{,}9\ mm = 70\ mm$ ve $B = 0{,}9 \cdot 70 = 63\ mm$ alınabilir.

b) $\bar{p} = \frac{22000}{70 \cdot 63} = 4{,}98\ N/mm^2$

Çizelge 2.6'dan $\emptyset 70\ H7_0^{+30}$ (Yatak − D) / $f7_{-60}^{-30}$ (Mil − d)

Yatak boşlukları: s_{max}=90 μm, s_{min}=30 μm ve s_{ort}=60 μm

İzafi yatak boşlukları;

$$\psi_{ort} = \frac{s_{ort}}{D} = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{70} = 0{,}85.10^{-3}$$

Geçiş devir sayısı kontrolü;

$$h_{0_{min}} = 1{,}2 \cdot \left(R_{t_{yatak}} + R_{t_{mil}}\right) = 1{,}2 \cdot (2+2) = 4{,}8\ \mu m$$

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot h_{0_{min}}}{s_{ort}} = 1 - \frac{2 \cdot 4{,}8 \cdot 10^{-3}}{0{,}06} = 0{,}84$$

Şekil 13.15'den B/D=0,9 ve $\varepsilon_g = 0{,}84$ için $S_{og} \cong 5$ bulunur.

Şekil 13.16'dan t_{ort}=45°C için η=80 mPa·s = $8 \cdot 10^{-2}$ Pa·s alınır.

$$n_g = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot S_{o_g}} = \frac{4{,}98 \cdot 10^6 \cdot (0{,}85 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 5} = 86\ d/d$$

$n_g < \frac{n}{3} \rightarrow 86 < 1000$ oduğu için geçiş devir sayısı uygundur.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3000}{60} = 314\ 1/s$$

$$v = \omega \cdot \frac{D}{2} = 314 \cdot \frac{70}{2} = 10990\ mm/s \cong 11\ m/s$$

$$S_o = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} = \frac{4{,}98 \cdot 10^6 \cdot (0{,}85 \cdot 10^{-3})^2}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 314} = 0{,}14$$

$S_o = 0{,}14 < 1$ için;

$$\mu = \frac{3 \cdot \psi}{S_o} = \frac{3 \cdot 0{,}85 \cdot 10^{-3}}{0{,}14} = 18{,}21 \cdot 10^{-3}$$

$$P_s = F_r \cdot \mu \cdot v = 22000 \cdot 18{,}21 \cdot 10^{-3} \cdot 11 = 4406\ W$$

$$Q_s = \frac{P_s}{\rho \cdot c \cdot (t_ç - t_g)} = \frac{4406}{900 \cdot 2000 \cdot 30} = 8{,}15 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$$

$$Q_y = 0{,}25 \cdot B \cdot v \cdot s = 0{,}25 \cdot 0{,}063 \cdot 11 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 1{,}03 \cdot 10^{-5}\ m^3/s$$

Hem yağlama hem de soğutma için yaklaşık 5,7 l/d debi kullanılmalıdır.

PROBLEM 13.3

Bir radyal kaymalı yatağın yatak çapı 80 mm, genişliği 40 mm ve yatak boşluğu 80 μm olarak verilmektedir. Yatak ilk çalışırken sıvı sürtünme haline geçildiğindeki Sommerfeld sayısı 0,3 olarak tespit ediliyor. Milin yüzey pürüzlülüğü R_t=10 μm ise yatağın yüzey pürüzlülüğü kaç μm olmalıdır.

ÇÖZÜM:

Şekil 13.15'den $\frac{B}{D} = \frac{40}{80} = 0,5$ ve $S_{og} = 0,3$ için $\varepsilon_g = 0,5$ okunur.

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot h_{0_{min}}}{s}$$

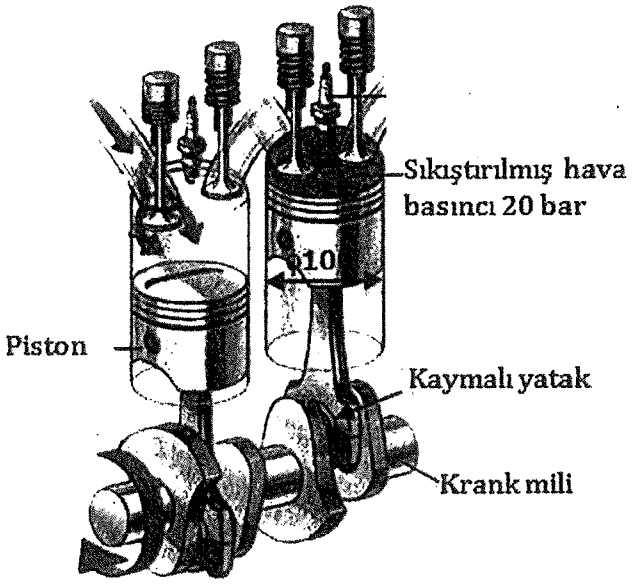
$$0,5 = 1 - \frac{2 \cdot h_{0_{min}}}{80} \quad \rightarrow \quad h_{0_{min}} = 20\ \mu m$$

$$h_{0_{min}} = 1,2 \cdot (R_{tmil} + R_{tyatak})$$

$$20 = 1,2 \cdot (10 + R_{tyatak}) \quad \rightarrow \quad R_{tyatak} = 6,6\ \mu m$$

PROBLEM 13.4

Resimde görülen bir dizel motorunun krank mili yataklamasında hidrodinamik kaymalı yatak kullanılmaktadır. Pistona 20 barlık bir basınç etki etmektedir. Piston çapı d_p=100 mm, mil çapı d=80 mm, B/D=0,5, çalışma anındaki en ince yağ tabakası kalınlığı 0,01 mm, krank milinin devir sayısı n=2000 d/d, yağın sıcaklığı 40°C ve yatak malzemesi bakır-kurşun alaşımı olduğuna göre;



a) Yatağın yüzey basıncı kontrolünü yapınız.

b) Yatakta kullanılan yağın numarasını bulunuz.

ÇÖZÜM:

p_s=20 bar, d_p=100 mm

d=80 mm, B/D=0,5, h_0= 0,01 mm, n=2000 d/d, $t_{yağ}$=40°C

Çizelge 13.2'den bakır-kurşun alaşımı için p_{em}=7 N/mm² alınır.

$$\text{a) } \bar{p} = \frac{F_r}{B \cdot D}; \qquad F_p = F_r = p_s \cdot A_p = 20.10^5 . \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 15707\ N$$

$$\bar{p} = \frac{15707}{40 \cdot 80} = 4,9\ N/mm^2$$

$4,90\ N/mm^2 \leq 7\ N/mm^2$ olduğu için emniyetlidir.

b) $\varepsilon = 1 - \frac{2 \cdot h_0}{s}$

$s = \psi \cdot D$

$\psi = 0{,}8 \cdot \sqrt[4]{v} \cdot 10^{-3}$

$v = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot r = \frac{\pi \cdot 2000}{30} \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 8{,}3 \text{ m/s}$

$\psi = 0{,}8 \cdot \sqrt[4]{8{,}3} \cdot 10^{-3} = 1{,}35 \cdot 10^{-3} = 0{,}00135$

$s = 0{,}00135 \cdot 80 = 0{,}108 \text{ mm}$

$\varepsilon = 1 - \frac{2 \cdot 0{,}01}{0{,}108} = 0{,}81$ ve Şekil 13.15'den $\frac{B}{D} = 0{,}5$ değeri için $S_0 = 2$ okunur.

$\eta = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot S_0} = \frac{4{,}9 \cdot 10^6 \cdot (0{,}00135)^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 2000 \cdot 2} = 0{,}021 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 21 \text{ mPa} \cdot \text{s}$

η ve t=40°C için Şekil 13.16'dan ISO VG 22 yağı bulunur.

PROBLEM 13.5

Bir radyal kaymalı yatak üzerine F_r=6000 N yük etki etmektedir. Genişlik-çap oranı B/D=1, milin nominal devir sayısı n=1500 d/d'dır. n_g=400 d/d'da geçiş anındaki yağ filmi kalınlığının en az 0,01 mm olması istenmektedir. Yatak malzemesi için p_{em}=5 N/mm² olarak alınacaktır.

a) Yatak çapını bulunuz.
b) Kullanılan yağın viskozitesini bulunuz.
c) Nominal devirde sistem için gerekli yağlama debisini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

F_r=6000 N, n_g=400 d/d, B/D=1, h_0=0,01 mm, n=1000 d/d, P_{em}=5 N/mm²

a) $\bar{p} = \frac{F_r}{B \cdot D} \leq p_{em} \rightarrow \frac{6000}{D^2} = 5 \rightarrow D \geq 35 \text{ mm}$

b) $\psi = 0{,}8 \cdot \sqrt[4]{v} \cdot 10^{-3}$

$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{60} = 0{,}73 \text{ m/s}$

$\psi = 0{,}8 \cdot \sqrt[4]{0{,}73} \cdot 10^{-3} = 0{,}00073$ alınabilir.

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot h_{0\,min}}{s} = 1 - \frac{2 \cdot 0{,}01}{0{,}00073 \cdot 35} = 0{,}21$$

$\varepsilon_g = 0{,}21$ ve B/D = 1 için Şekil 13.15'den $S_{og} = 0{,}25$ okunur.

$$\eta = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot S_{0_g}} = \frac{6000}{35 \cdot 35} \cdot \frac{(0{,}00073)^2 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 400 \cdot 0{,}25} = 2{,}5 \cdot 10^{-7} \text{N/mm}^2 \cdot \text{s} = 250 \text{ mPa} \cdot \text{s}$$

c) Sistem için gerekli yağlama debisi;

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 10^{-3} \cdot 1500}{60} = 2{,}74 \text{ m/s}$$

$$Q_y = 0{,}25 \cdot B \cdot v \cdot s = 0{,}25 \cdot 0{,}035 \cdot 2{,}74 \cdot 0{,}00073 \cdot 0{,}035$$

$Q_y = 6{,}12 \cdot 10^{-7}$ m^3/s $= 0{,}036$ l/d bulunur.

PROBLEM 13.6

Bir eksenel kaymalı yatak üzerine F_a=25000 N yük etki etmektedir. Mil 200 d/d ile dönmektedir. Yatak dış çapı 300 mm, iç çapı 150 mm dir. Yatakda kullanılan yağın dinamik viskozitesi η=30 mPa·s, özgül ısısı c=2000 j/kgK ve yoğunluğu ρ=900 kg/m^3 dür. Sistemde doluluk oranı φ=0,75 ve lokma sayısı z=10 olarak verilmiştir.

a) Maksimum yük taşıma durumu için, sürtünmeye harcanan gücü bulunuz.
b) Yağ debisini bulunuz.
c) Yağdaki sıcaklık artışını kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

a) Yatakta sürtünmeye harcanan güç;

$$P_s = k_s \cdot \sqrt{\eta \cdot v^3 \cdot \pi \cdot D_0 \cdot \varphi \cdot F_a}$$

Şekil 13.12'den maksimum yük taşıma durumu için m'= 1,28 alındı.

$$m = \frac{1}{m'} = \frac{1}{1{,}28} \quad \rightarrow \quad m = 0{,}78$$

$$B = \frac{D_d - D_i}{2} = \frac{300 - 150}{2} = 75 \text{ mm}; \qquad D_0 = \frac{D_d + D_i}{2} = \frac{300 + 150}{2} = 225 \text{ mm}$$

$$L = \frac{\varphi \cdot \pi \cdot D_0}{z} = \frac{0{,}75 \cdot \pi \cdot 225}{10} = 53 \text{ mm}; \qquad \frac{L}{B} = \frac{53}{75} = 0{,}70$$

L/B=0,70 ve m=0,78 için Şekil 13.13'den k_s=2,9 alınır.

$$v = \omega \cdot \frac{D_0}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 200}{60} \cdot \frac{225}{2} = 2356\ mm/s = 2{,}35\ m/s$$

$$P_s = 2{,}9 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}35^3 \cdot \pi \cdot 0{,}225 \cdot 0{,}75 \cdot 25000} = 208\ W$$

b) Yağ debisi;

$$Q_{top} = q_0 \cdot z \cdot B \cdot v \cdot h_0$$

Maksimum yük taşıma durumu için, Şekil 13.12'den $q_0 = 0{,}7$ alınır.

$$h_0 = \sqrt{\frac{k_B \cdot z \cdot L \cdot B^2 \cdot v \cdot \eta}{F_a}}$$

Şekil 13.13'den m=0,78 ve L/B=0,70 için k_B=0,064 alınır.

$$h_0 = \sqrt{\frac{0{,}064 \cdot 10 \cdot 53 \cdot 10^{-3} \cdot (75 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2{,}35 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{25000}} = 23{,}2 \cdot 10^{-6}\ m = 23{,}2\ \mu m$$

$$Q_{top} = 0{,}7 \cdot 10 \cdot 75 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}35 \cdot 23{,}2 \cdot 10^{-6} = 29{,}1 \cdot 10^{-6}\ m^3/s = 1{,}75\ l/d$$

c) Yağdaki sıcaklık artışı;

$$\Delta t = \frac{P_s}{c \cdot \rho \cdot Q_{top}} = \frac{208}{2000 \cdot 900 \cdot 29{,}1 \cdot 10^{-6}} = 4°C < 20°C$$

PROBLEM 13.7

Bir hidrodinamik radyal kaymalı yatağın üzerine F_r=20000 N yük gelmektedir. Yatak çapı D=100 mm, yatak genişliği B=80 mm ve milin devir sayısı n=500 d/d' dır. Yatağın ve milin yüzey pürüzlülükleri toplamı 20 μm ve izafi yatak boşluğu $\psi = 1{,}5.10^{-3}$ dür. Kullanılacak yağ ISO VG 100 olup, ortalama yağ sıcaklığı 40°C kabul edilecektir. Yatak malzemesinin emniyet basıncı p_{em}=4 N/mm² alınacaktır.

a) Yatağı yüzey basıncı açısından kontrol ediniz.
b) Yatak da hidrodinamik yağ filmi oluşup oluşmadığını kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

a) Yatağa gelen ortalama basınç;

$$\bar{p} = \frac{F_r}{B \cdot D} = \frac{20000}{80 \cdot 100} = 2{,}5\ N/mm^2 < p_{em}$$ olduğu için uygundur.

b) Hidrodinamik kontrol;

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 500}{60} = 52{,}3\ 1/s$$

İzafi yatak boşluğu, $\psi = 1{,}5.10^{-3}$

Şekil 13.16'dan $t_{ort}=40°C$ için $\eta = 100$ mPa·s $= 100 \cdot 10^{-3}$ Pa.s olarak bulunur.

$$S_0 = \frac{\bar{p} \cdot \psi^2}{\eta \cdot \omega} = \frac{2{,}5 \cdot 10^6 \cdot (1{,}5 \cdot 10^{-3})^2}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 52{,}3} = 1{,}07$$

B/D=0,8 ve $S_0=1{,}07$ için Şekil 13.15'den $\varepsilon=0{,}6$ olarak okunur.

Minimum yağ filmi kalınlığı;

$$h_0 = 0{,}5 \cdot D \cdot \psi \cdot (1 - \varepsilon) = 0{,}5 \cdot 100 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0{,}6)$$

$$h_0 = 0{,}03\ mm = 30\ \mu m$$

$$h_{0min} = 1{,}2 \cdot (R_{tyatak} + R_{tmil}) = 1{,}2 \cdot 20 = 24\ \mu m$$

$h_0 > h_{0min} \rightarrow 30\ \mu m > 24\ \mu m$ olduğu için sıvı sürtünme oluşur.

PROBLEM 13.8

Bir radyal kaymalı yatağın yatak çapı 70 mm, genişliği 50 mm'dir. Mil ile yatak arasında H7/f7 boşluklu geçmesi verilmiştir. Yatak ilk çalışırken sıvı sürtünme haline geçildiği anda Sommerfeld sayısı 0,3 olarak tespit ediliyor. Milin ve yatağın yüzey pürüzlülük değerleri eşit ise, milin yüzey pürüzlülüğü kaç μm olmalıdır.

ÇÖZÜM:

Şekil 13.15'den $\frac{B}{D} = \frac{50}{70} = 0{,}71$ ve $S_{og} = 0{,}3$ için $\varepsilon_g = 0{,}35$ okunur.

Çizelge 2.6'dan $\emptyset 70 H7_0^{+30}$ (Yatak – D) / $f7_{-60}^{-30}$ (Mil – d)

Yatak boşlukları; $S_{max} = 90\ \mu m$, $S_{min} = 30\ \mu m$ ve $S_{ort} = 60\ \mu m$

$$\varepsilon_g = 1 - \frac{2 \cdot h_{0_{min}}}{S_{ort}} \rightarrow 0{,}35 = 1 - \frac{2 \cdot h_{0_{min}}}{60} \rightarrow h_{0_{min}} = 19{,}5\ \mu m \text{ bulunur.}$$

Mil ve yatağın yüzey pürüzlülükleri eşit olduğu için,

$$h_{0_{min}} = 1{,}2 \cdot (R_{tmil} + R_{tyatak}) = 1{,}2 \cdot 2 \cdot R_{tmil}$$

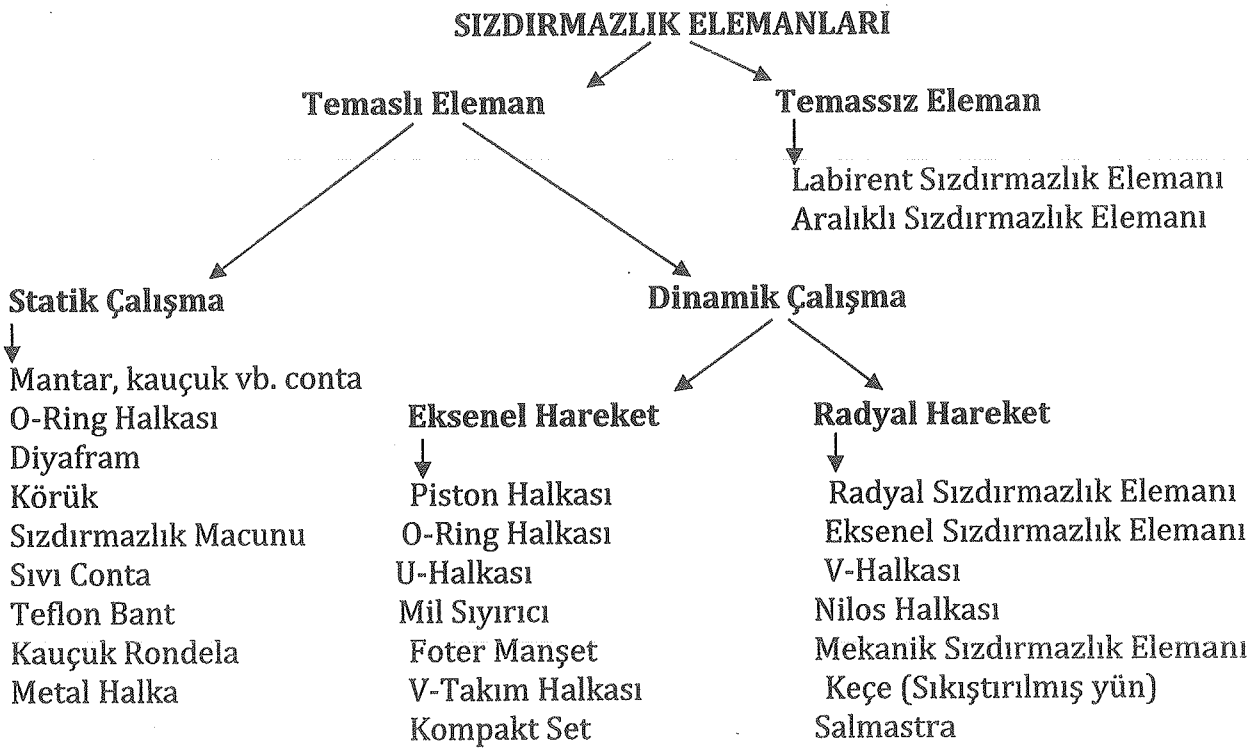
$19{,}5 = 2{,}4 \cdot R_{tmil} \rightarrow R_{tmil} = 8{,}12\ \mu m$ olmalıdır.

BÖLÜM 14: SIZDIRMAZLIK ELEMANLARI

PROBLEM 14.1

Sızdırmazlık elemanlarını sınıflandırınız.

ÇÖZÜM:



PROBLEM 14.2

Sızdırmazlık elemanı seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken temel faktörler nelerdir, açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Sızdırmazlık elemanı seçerken genel olarak aşağıdaki faktörlere dikkat edilmelidir;

- Çalışma sıcaklığı,
- Çalışma ortamı, sistemdeki akışkan (hava, asidik ortam, mineral yağ vb.),
- Sistem basıncı,
- Kayma (ötelenme) ve dönme hızı,
- Mil yüzey kalitesi ve yuva toleransları.

PROBLEM 14.3

Radyal sızdırmazlık elemanlarında yüksek miktarlarda kullanılan NBR'yi açıklayınız.

ÇÖZÜM:

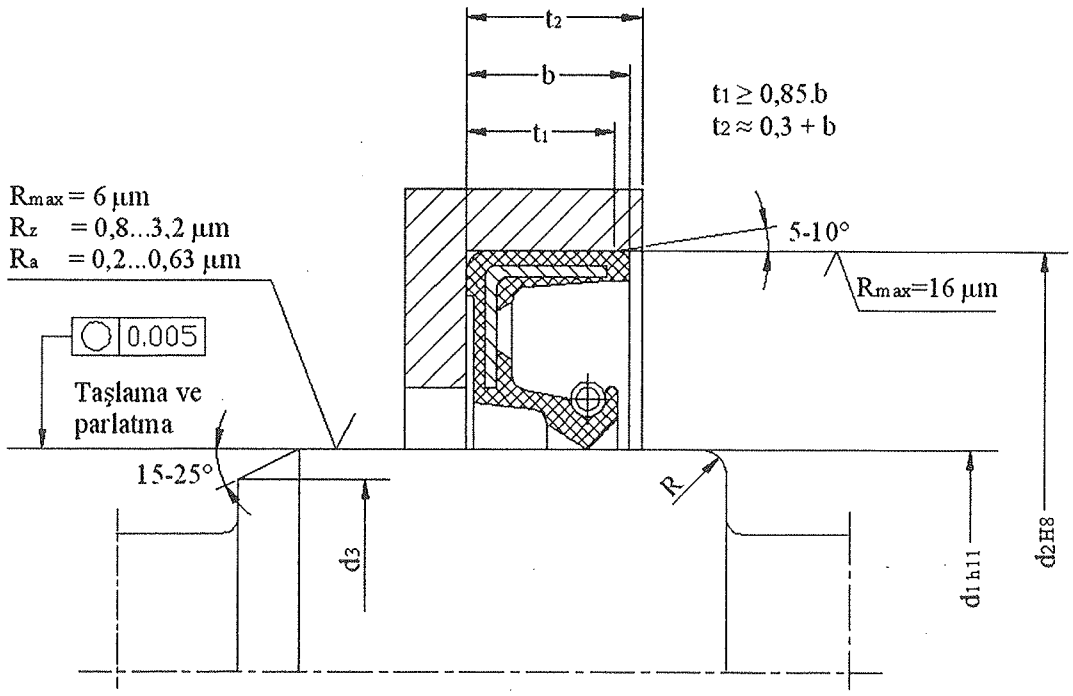
NBR, kimyasal bileşim olarak akronitril bütadien kauçuktur. Sızdırmazlık elemanları uygulamalarının büyük bir kısmı için önerilir ve çok yaygın bir kullanıma sahiptir. Alifatik hidrokarbonlar (propan, bütan, petrol) mineral yağları, yağlama yağları, grup H, HL, HLP tip yağlar ve gresler, HFA, HFB, HFC, bitkisel ve hayvansal gres yağları, hafif ısıtma ve dizel yakıtında oldukça iyi dayanım gösterir. Perbunan, Paracril, Butacril, Nipol ve Buna-N gibi ticari örnekleri vardır.

PROBLEM 14.4

Radyal sızdırmazlık elemanları için, mil ve gövdeye verilmesi gereken toleranslar, açılar ve yüzey kalitelerini nedir, resim üzerinde göstererek açıklayınız.

ÇÖZÜM:

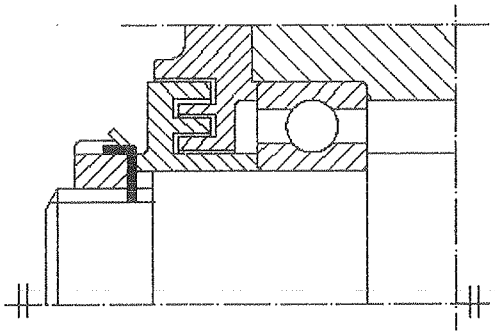
Radyal sızdırmazlık elemanları için ISO standartlarında mil için h11, gövdede takılacağı yer için H8 toleransları önerilmiştir. Montaj esnasında elemanın esnek dudağının yırtılmaması için, milin bir tarafına 15°-25° pah verilmesi gerekir. Ayrıca elemanın gövdeyi rahat ağızlayabilmesi için de gövdeye 5°-15° açı verilmelidir. Dudak ile mil sürekli temas halinde olduğu ve mil döndüğü için, mil yüzeyi hassas olarak (R_a=0,2-0,6 μm) işlenmelidir. Milin dairelik toleransına da dikkat edilmelidir.



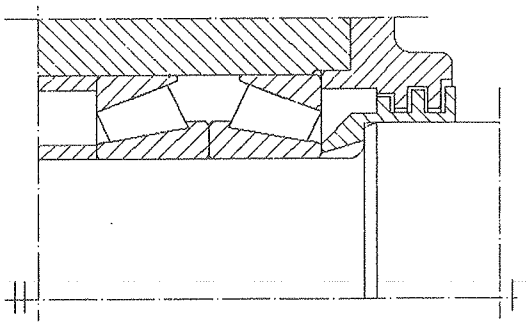
PROBLEM 14.5

Bir mil üzerinde radyal ve eksenel labirent sızdırmazlık elemanlarını gösteriniz.

ÇÖZÜM:



Radyal labirent



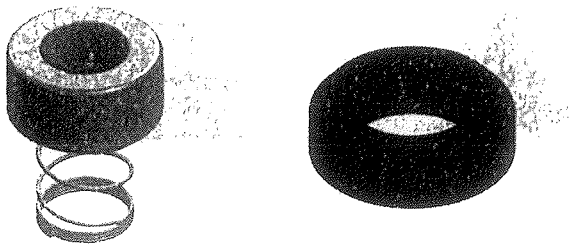
Eksenel labirent

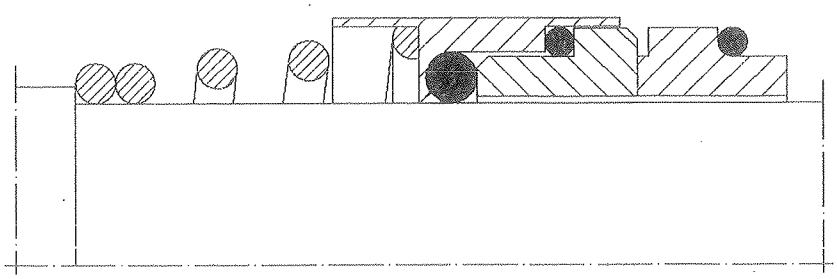
PROBLEM 14.6

O-ring kullanılan mekanik sızdırmazlık elemanları için bir örnek vererek, çalışma prensibini açıklayınız.

ÇÖZÜM:

Bu tip mekanik sızdırmazlık elemanları genel olarak O-ring, yay ve burçlardan oluşur. Ön gergili olarak yerleştirilmiş olan helisel bası yayının uyguladığı baskı kuvvetinin O-ringleri eksenel yönde sıkıştırmasıyla tek veya çift yönlü sızdırmazlık sağlanır.

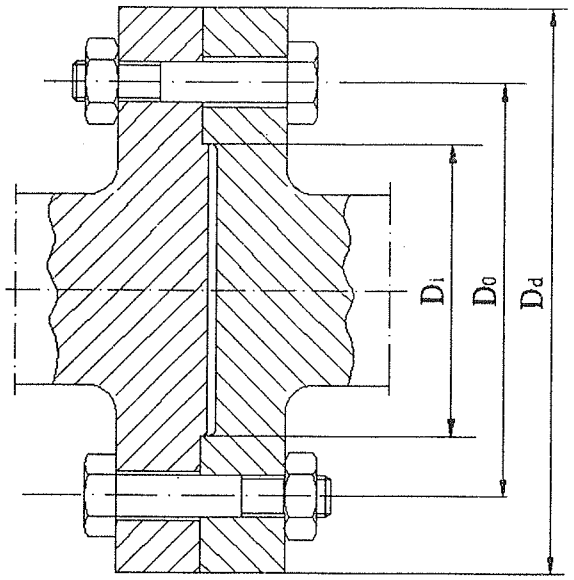




BÖLÜM 15: KAPLİNLER

PROBLEM 15.1

Şekilde verilen kaplin ile n=2000 d/d'da güç iletilmektedir. Çevrede beş cıvata kullanılmış olup her birine 3000 N ön gerilme kuvveti verilmiştir. Flanşlar arasındaki sürtünme katsayısı 0,1 olup kaymaya karşı %20 emniyet alınacaktır. D_i=60 mm, D_d=120 mm, D_o=90 mm olduğuna göre;



a) Kaplinin iletebileceği gücü bulunuz.

b) Flanşlar arasındaki sürtünme kuvvetinin sıfır olması durumunda, cıvataların boşluksuz yerleştirildiğini düşünerek, cıvataları sadece kesilmeye göre kontrol ediniz. Kullanılan cıvatalar, M8-4.6 dir.

ÇÖZÜM:

n=2000 d/d, D_i=60 mm, D_d=120 mm, D_0=90 mm

Çevrede 5 cıvata, $F_{ön}$=3000 N, S_K=1,20 (%20) ve μ=0,1

a) $$M_s = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot n \cdot F_{ön} \cdot \frac{r_d^3 - r_i^3}{r_d^2 - r_i^2}$$

$$M_s = \frac{2}{3} \cdot 0{,}1 \cdot 5 \cdot 3000 \cdot \frac{60^3 - 30^3}{60^2 - 30^2} = 70000 \text{ Nmm} = 70 \text{ Nm}$$

$$M_s = S_K \cdot M_d \rightarrow 70 = 1{,}20 \cdot M_d$$

$$M_d = 58{,}3 \text{ Nm}$$

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} \rightarrow 58{,}3 = 9550 \cdot \frac{P}{2000}$$

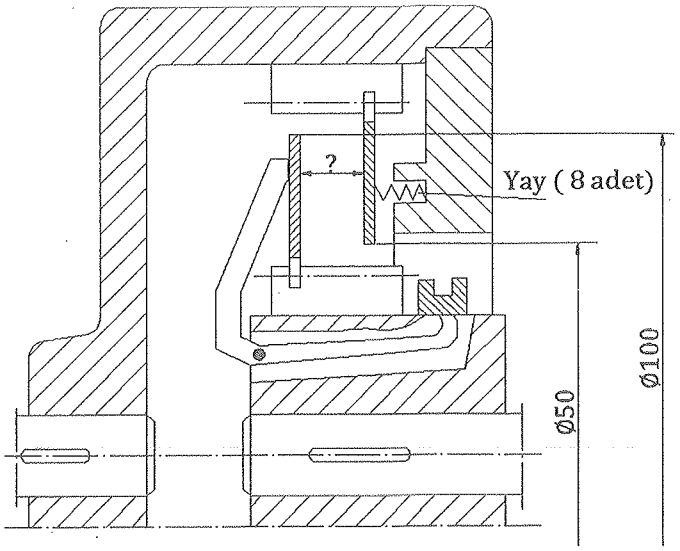
$$P = 12{,}2 \text{ kW}$$

b) $$F_t = \frac{2 \cdot M_d}{n \cdot D_0} = \frac{2 \cdot 58{,}3}{5 \cdot 0{,}090} = 259{,}1 \text{ N}$$

$$\tau_k = \frac{4 \cdot F_t}{\pi \cdot 8^2} \rightarrow \frac{4 \cdot 259{,}1}{\pi \cdot 8^2} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 10}{2 \cdot S} \rightarrow S = 23{,}2 \text{ emniyetle taşır.}$$

PROBLEM 15.2

Şekilde görülen lamelli kaplin ile iki mil arasında güç ve hareket iletimi sağlanacaktır. Çevrede 8 adet yay bulunmakta ve baskı kuvvetinden dolayı her bir yayda 5 mm kısalma meydana gelmektedir. Yay sabiti k=150 N/mm, μ=0,15 ve p_{em}=2,5 N/mm² olarak verilmektedir. Motor momentinin 1,2 kat emniyetle iletilmesi istenmektedir. Sistemde motor gücü P=25 kW ve mil devri 850 d/d olarak verildiğine göre;



a) Sistem, yüzey basıncı açısından emniyetli midir, kontrol ediniz.

b) İstenen momentin iletilebilmesi için gerekli olan lamel sayısını (z) bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Bir adet yayda meydana gelen baskı kuvveti;

$$F_{b_1} = k \cdot x = 150 \cdot 5 = 750 \text{ N}$$

Yaylar paralel bağlı olduğu için toplam yay kuvveti;

$$F_b = 8 \cdot F_{b_1} = 8 \cdot 750 = 6000 \text{ N}$$

$$A_s = (50^2 - 25^2) \cdot \pi = 5890 \text{ mm}^2$$

$$p = \frac{F_b}{A_s} = \frac{6000}{5890} = 1{,}018 \text{ N/mm}^2$$

$p < p_{em}$ olduğu için emniyetlidir.

b) $$M_d = 9550 \cdot \frac{25}{850} = 2808{,}882 \text{ Nm} = 280882 \text{ Nmm}$$

$$M_s = 1{,}2 \cdot M_d = 337058 \text{ Nmm}$$

$$r_{ort} = \frac{r_i + r_d}{2} = 37{,}5 \text{ mm}$$

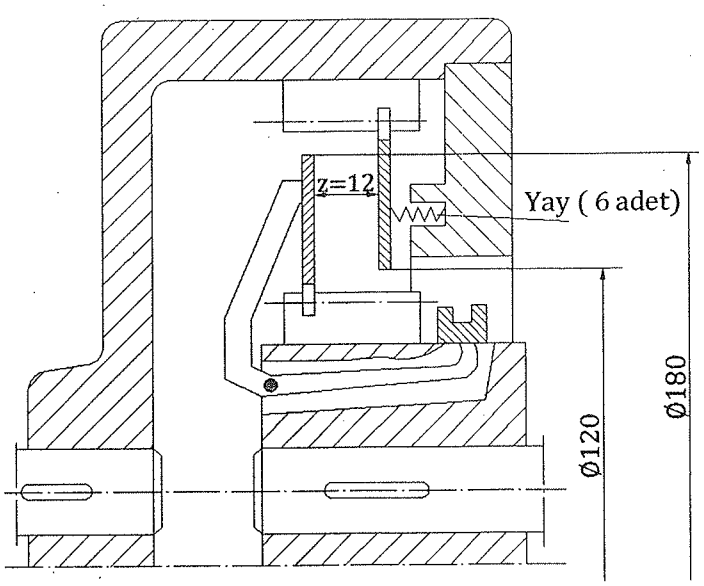
$$M_s = \mu \cdot A_s \cdot P \cdot r_{ort} \cdot i$$

$$i = \frac{337058}{0{,}15 \cdot 5890 \cdot 1{,}018 \cdot 37{,}5} = 9{,}9$$

i = 10 alınabilir. Toplam lamel sayısı, z = i + 1 = 11 bulunur.

PROBLEM 15.3

Şekilde görülen lamelli kaplin ile P=25 kW'lık güç 1,5 kat emniyetle n=850 d/d da iletilmektedir. Kaplin, z=12 lamelden meydana gelmektedir. Disk yarıçapları r_i=60 mm, r_d=90 mm ve sürtünme katsayısı μ=0,15 olarak verilmektedir.



a) Eksenel baskı kuvvetini bulunuz.

b) Çevrede 6 adet helisel bası yayı kullanılmıştır. Her bir yay için tel çapı d=5mm, sarım çapı D=15 mm, sarım sayısı N=5 ve G=80000 N/mm² olarak verilmektedir. Bir yaydaki çökme miktarını bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) $M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{25}{850} = 280882$ Nmm

$M_s = 1{,}5 \cdot M_d = 421323$ Nmm

$r_{ort} = \frac{r_d + r_i}{2} = 75$ mm

$i = z - 1 = 12 - 1 = 11$ adet sürtünme yüzeyi vardır.

$M_s = F_s \cdot r_{ort} = \mu \cdot F_b \cdot r_{ort} \cdot i \quad \rightarrow \quad F_b = \frac{M_s}{\mu \cdot r_{ort} \cdot i} = \frac{421323}{0{,}15 \cdot 75 \cdot 11} = 3404$ N

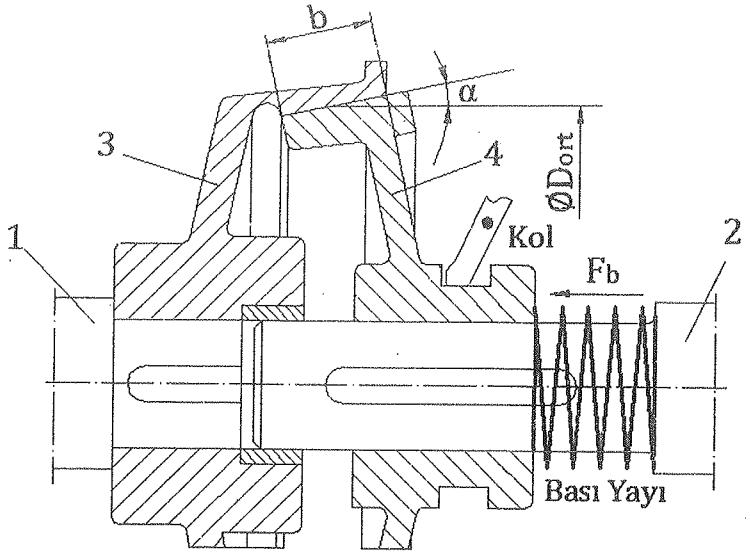
b) n=6 adet, D=15 mm, d=5 mm, N=5, G=80000 N/mm²

$F_{b1} = \frac{F_b}{n} = \frac{3404}{6} = 567{,}3$ N

$x = \frac{8 \cdot F_{b1} \cdot D^3 \cdot N}{d^4 \cdot G} = \frac{8 \cdot 567{,}3 \cdot 15^3 \cdot 5}{5^4 \cdot 80000} = 1{,}53$ mm kısalır.

PROBLEM 15.4

Şekildeki konik sürtünmeli kaplin ile 1. Milden 2. Mile P=10 kW güç, n=950 d/d'da iletilmektedir. Konik yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı 0,15 olup kaymaya karşı %50 emniyet istenmektedir. Koniklik açısı α=25° ve ortalama çap D_{ort}=120 mm alınacaktır. Baskı kuvvetini (F_b) karşılamak için kullanılan bası yayı için, tel çapı d=6 mm, sarım çapı D=30 mm ve τ_{em}=700 N/mm² olarak verilmektedir. Yayın emniyetli olup olmadığını kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

P=10 kW, n=950 d/d, μ=0,15, S_K=1,5, α=25°, D_{ort}=120 mm

Bası yayı için; d=6 mm, D=30 mm ve τ_{em}=700 N/mm²

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{10}{950} = 100{,}52 \text{ Nm}$$

$$M_s = M_d \cdot S_K = 100{,}52 \cdot 1{,}5 = 150{,}78 \text{ Nm}$$

$$M_s = \mu \cdot F_N \cdot \frac{D_{ort}}{2}$$

$$150780 = 0{,}15 \cdot F_N \cdot \frac{120}{2} \quad \rightarrow \quad F_N = 16753{,}3 \text{ N}$$

$$F_N = \frac{F_b}{(\mu \cdot \cos\alpha + \sin\alpha)}$$

$$F_b = 16753{,}3 \cdot (0{,}15 \cdot \cos 25 + \sin 25) = 9357{,}7 \text{ N}$$

Yayın kontrolü;

$$\tau_{max} = K_c \cdot K_s \cdot \frac{8 \cdot F_b \cdot D}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{em}$$

$$C = \frac{D}{d} = \frac{30}{6} = 5 ; \quad K_s = \frac{2 \cdot C + 1}{2 \cdot C} = 1{,}1$$

Şekil 10.9'dan $C = 5$ için $K_c = 1{,}17$ alınır.

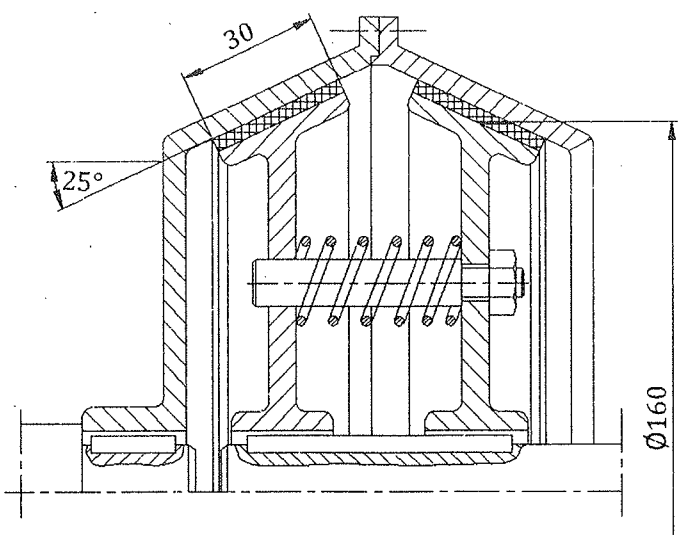
$$\tau_{max} = 1{,}17 \cdot 1{,}1 \cdot \frac{8 \cdot 9357{,}7 \cdot 30}{\pi \cdot 6^3} = 4259{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$\tau_{max} > \tau_{em}$

$4259{,}4 > 700$ N/mm² olduğu için yay emniyetli çalışmaz.

PROBLEM15.5

Şekilde çift konik sürtünme yüzeyi bulunan bir emniyet kavraması verilmiştir. Konik disklerin arasına konmuş 6 adet helis yay ile baskı kuvveti oluşturulmaktadır. Yaylara verilen ön gerilme ile 120 Nm'ye kadar moment iletilebilmektedir. Yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı μ=0,3'dür.



a) Her bir yaya verilmiş olan ön gerilme kuvveti ne kadardır.
b) Kullanılan yayların sarım çapı D=30 mm, tel çapı d=5 mm ve yay malzemesi 66Si7 ise mukavemet kontrolünü yapınız.
c) Sürtünme yüzeyleri arasında, yüzey basıncı kontrolü yapınız (p_{em}=2 N/mm²).

ÇÖZÜM:

a) $M_s = \mu \cdot F_N \cdot \frac{D_{ort}}{2}$

$\frac{120}{2} = 0{,}3 \cdot F_N \cdot 0{,}08 \rightarrow F_N = 2500\ N$

$F_b = F_N \cdot (\mu \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) = 2500 \cdot (0{,}3 \cdot \cos 25 + \sin 25) = 1736\ N$

$F_{yay} = \frac{F_b}{6} = \frac{1736}{6} = 289{,}3\ N$

b) $C = \frac{D}{d} = \frac{30}{5} = 6$

$K_s = \frac{2 \cdot C + 1}{2 \cdot C} = \frac{2 \cdot 6 + 1}{2 \cdot 6} = 1{,}08$

$K_c = \frac{2 \cdot C \cdot (4 \cdot C + 2)}{(4 \cdot C - 3) \cdot (2 \cdot C + 1)} = \frac{2 \cdot 6 \cdot (4 \cdot 6 + 2)}{(4 \cdot 6 - 3) \cdot (2 \cdot 6 + 1)} = 1{,}14$

$\tau_{max} = K_c \cdot K_s \cdot \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} = 0{,}56 \cdot R_m$

$1{,}08 \cdot 1{,}14 \cdot \frac{8 \cdot 289{,}3 \cdot 30}{\pi \cdot 5^3} \leq 0{,}56 \cdot 1400$

$217{,}8\ N/mm^2 \leq 784\ N/mm^2$ emniyetlidir.

c) $p = \frac{F_N}{\pi \cdot D_m \cdot b} = \frac{2500}{\pi \cdot 160 \cdot 30} = 0{,}165\ N/mm^2 \leq p_{em} = 2\ N/mm^2$ emniyetlidir.

BÖLÜM 16: GÜÇ VE HAREKET İLETİM ELEMANLARI

PROBLEM 16.1

Döndürme momenti (iletilen moment) ve güç arasındaki bağıntıyı elde ediniz.

ÇÖZÜM:

Güç, iletilen moment ile açısal hızın çarpımına eşittir.

$$P = M_d \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{\pi \cdot n\,(d/d)}{30}\ (1/s)$$

$$P\,(W) = M_d\,(Nm) \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}\ (1/s)$$

$$1000 \cdot P\,(kW) = M_d\,(Nm) \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}\ (1/s)$$

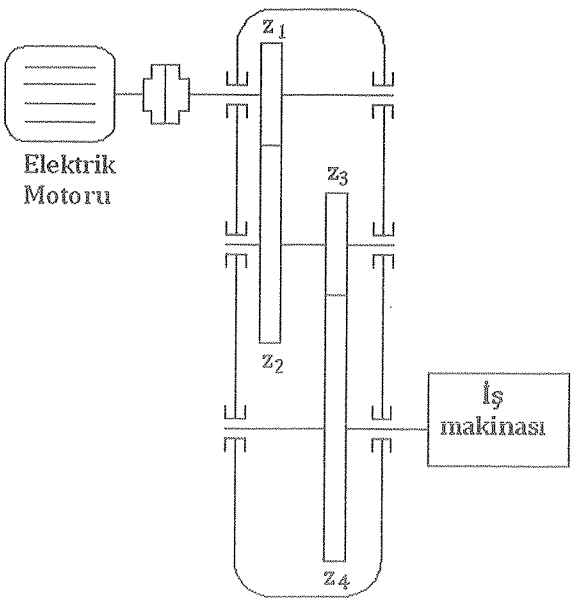
$$M_d = \frac{30000 \cdot P}{\pi . n} = 9550 \cdot \frac{P}{n}\ (Nm)$$

PROBLEM 16.2

Şekilde görülen dişli çark sisteminde, çıkış milinin devir sayısı $n_ç$=30 d/d, motor gücü P=6 kW, toplam çevrim oranı i_{top}=40, i_{12}=6,66, z_1=18 ve z_3=20 olarak verilmiştir.

a) z_2 ve z_4 diş sayılarını bulunuz.

b) Motorun dönme hızı ve çıkıştaki döndürme momentini hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

a) $i_{top} = i_{12} \cdot i_{34} = 40 \rightarrow i_{34} = \frac{40}{6,66} = 6$

$z_2 = i_{12} \cdot z_1 = 6,66 \cdot 18 = 119,88 \simeq 120$

$z_4 = i_{34} \cdot z_3 = 6 \cdot 20 = 120$

b) Motorun dönme hızı ve momenti;

$n = i_{top} \cdot n_ç = 40 \cdot 30 = 1200$ d/d

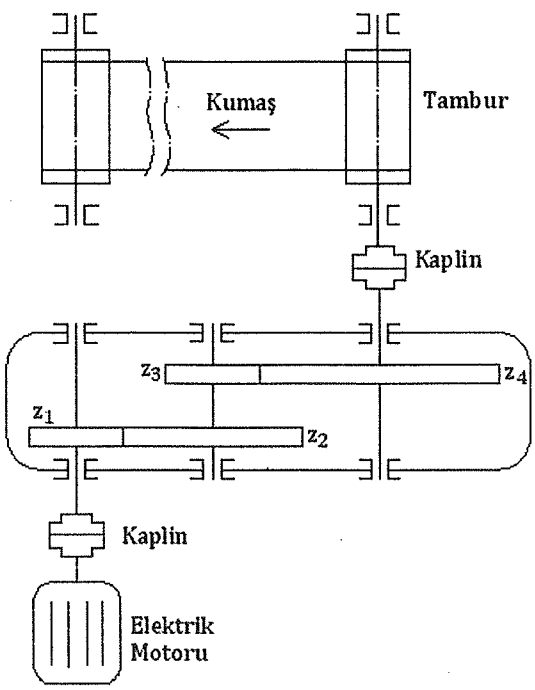
$$M_d = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{6}{1200} = 47{,}75 \text{ Nm}$$

Çıkış momenti;

$M_{dç} = i_{top} \cdot M_d = 40 \cdot 47{,}75 = 1910$ Nm olarak bulunur.

PROBLEM 16.3

Şekilde verilen kumaş boya-baskı sisteminde, güç ve hareket motordan makinanın tamburuna iletilmektedir. Redüktör iki kademelidir. Dişlilerin diş sayıları z_1=17, z_2=85, z_3=18, z_4=72, bir çift dişlinin verimi $\eta_d = 0{,}97$, redüktöre ve tamburun yataklanmasına ait rulman çiftlerinden her birinin verimi $\eta_r = 0{,}98$ olarak verilmiştir.



Tamburun çapı D=200 mm, kumaş hızı v=1 m/s ve bandı harekete geçirmek için gerekli çekme kuvveti F=2000 N olarak alınacaktır.

a) Motorun devir sayısını bulunuz.

b) Kumaşı harekete geçirmek için gerekli motor gücünü bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Toplam çevrim oranı;

$$i_{top} = i_{12} \cdot i_{34} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{85}{17} \cdot \frac{72}{18} = 20$$

Tamburun devir sayısı;

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad \rightarrow \quad n_t = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 1}{\pi \cdot 0{,}2} = 95{,}49 \text{ d/d}$$

Motorun devir sayısı;

$n_m = i_{top} \cdot n_t = 20 \cdot 95{,}49 = 1909{,}8$ d/d

b) Sistemin verimi;

Sistemde iki adet dişli çifti ve beş adet rulman çifti olduğu için,

$\eta_{top} = \eta_d^2 \cdot \eta_r^5 = 0{,}97^2 \cdot 0{,}98^5 = 0{,}85$

Tamburu döndürmek için gerekli moment;

$$M_{dt} = \frac{F_t \cdot D}{2} = \frac{2000 \cdot 200}{2} = 200000 \text{ Nmm} = 200 \text{ Nm}$$

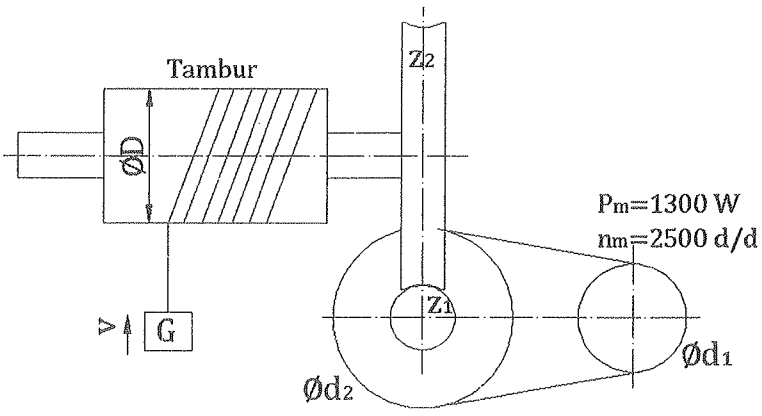
Motor momenti ve gücü;

$$M_{dm} = \frac{M_{dt}}{i_{top} \cdot \eta_{top}} = \frac{200}{20 \cdot 0{,}85} = 11{,}76 \text{ Nm}$$

$$M_{dm} = 9550\frac{P}{n} \quad \rightarrow \quad P = \frac{M_{dm} \cdot n}{9550} = \frac{11{,}76 \cdot 1909{,}8}{9550} = 2{,}35 \text{ kW}$$

PROBLEM 16.4

Şekildeki G yükü sonsuz vida ve kayış kasnak mekanizması ile kaldırılmaktadır. Sistemi tahrik eden motor gücü P_m=1300 W, devir sayısı 2500 d/d dır. Kasnak verimi $\eta_k = 0{,}95$; d_1=100 mm; d_2=200 mm dir. Sonsuz vida mekanizmasında, vida tek ağızlı olup, çarkın diş sayısı 40 ve verim $\eta_{sv} = 0{,}8$'dir. Tambur verimi ise $\eta_t = 0{,}8$ olup tambur çapı D=150 mm dir. Kaldırılabilecek G yükünü ve yükün yukarı çıkış hızını (v) bulunuz.



ÇÖZÜM:

$$M_{dt} = G \cdot \frac{D}{2} = G \cdot 75 \text{ Nmm}$$

$$i_k = \frac{200}{100} = 2; \; i_{sv} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{1} = 40; \quad i_{top} = 2 \cdot 40 = 80$$

$$\eta_{top} = \eta_t \cdot \eta_{sv} \cdot \eta_k = 0{,}8 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95 = 0{,}608$$

$$M_{dt} = M_{d1} \cdot i_{top} \cdot \eta_{top}$$

$$G \cdot 75 = 9550 \cdot \frac{1300}{2500} \cdot 80 \cdot 0{,}608 \quad \rightarrow \quad G = 3220 \text{ N} = 322 \text{ kg}$$

$$i_{top} = \frac{n_1}{n_t} \quad \rightarrow \quad 80 = \frac{2500}{n_t} \quad \rightarrow \quad n_t = 31{,}25 \text{ d/d}$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_t}{60} = \frac{\pi \cdot 150 \cdot 10^{-3} \cdot 31{,}25}{60} = 0{,}25 \text{ m/s}$$

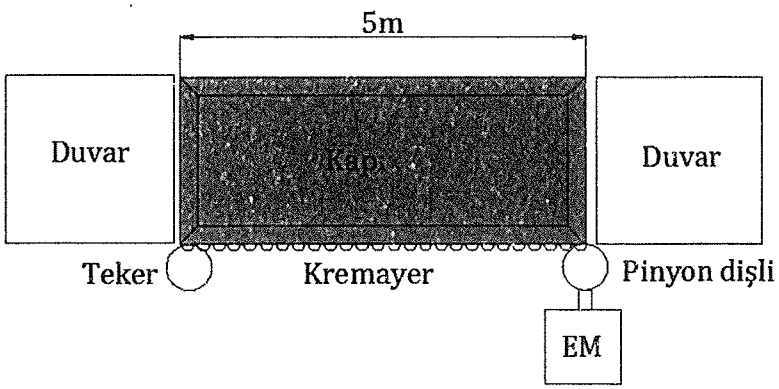
BÖLÜM 17: DİŞLİ ÇARK MEKANİZMALARI

PROBLEM 17.1

Otomatik olarak elektrik motoru-pinyon-kremayer yardımıyla açılıp kapanan bir kapının şematik resmi aşağıda verilmiştir. Kapının tam olarak 30 saniye içinde açılması isteniyor. Redüktörlü elektrik motorunun devir sayısı n=50 d/d, pinyon dişlinin modülü m=2,5 mm dir. Kapıyı açmak için kremayere 3000 N'luk bir teğetsel kuvvet uygulamaktadır.

a) Pinyon dişlinin bölüm dairesi çapını ve diş sayısını bulunuz.

b) Sistemin verimi %90 ise, elektrik motorunun gücünü bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) $v = \frac{x}{t} = \frac{5}{30} = 0{,}166 \text{ m/s}$

$v = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot \frac{d}{2}$

$0{,}166 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{60} \cdot \frac{d}{2} \quad \rightarrow \quad d = 0{,}063 \text{ m} = 63{,}4 \text{ mm}$

$d = m \cdot z$

$63{,}4 = 2{,}5 \cdot z \quad \rightarrow \quad z = 25{,}36 \cong 26$

$d = 2{,}5 \cdot 26 = 65 \text{ mm}$

b) $M_d = F_t \cdot \frac{d}{2} = 3000 \cdot \frac{65}{2} = 97{,}5 \text{ Nm}$

$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} \quad \rightarrow \quad 97{,}5 = 9550 \cdot \frac{P}{50} \quad \rightarrow \quad P = 0{,}51 \text{ kW}$

$P_{motor} = \frac{0{,}51}{0{,}9} = 0{,}56 \text{ kW} \quad \rightarrow \quad EK - 5'\text{den } P = 0{,}55 \text{ kW}'\text{lık elektrik motoru seçilir.}$

PROBLEM 17.2

Sertleştirme işlemi yapılmış bir düz dişlide, z=17, m=4 mm ve α=20° olarak verilmektedir. Diş üstü çapında oluşan diş kalınlığı yeterli midir, kontrol ediniz.

ÇÖZÜM:

$$d = m \cdot z = 17 \cdot 4 = 68 \text{ mm}$$

$$d_a = d + 2 \cdot m = 68 + 2 \cdot 4 = 76 \text{ mm}$$

$$s = \frac{p}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{\pi \cdot 4}{2} = 6{,}28 \text{ mm}$$

$$\cos \alpha_a = \frac{d \cdot \cos \alpha}{d_a} = \frac{68 \cdot \cos 20}{76} = 0{,}84$$

$$\alpha_a = 32{,}77°$$

$$s_a = d_a \cdot \left[\frac{s}{d} + (\text{inv}\,\alpha - \text{inv}\,\alpha_a\right]$$

Çizelge 17.1'den α=20 ° için invα = 0,01490 alınır.

$$\text{inv}\,32{,}77 = \tan 32{,}77 - 32{,}77 \cdot \frac{\pi}{180} = 0{,}64371 - 0{,}57194 = 0{,}07177$$

$$s_a = 76 \cdot \left[\frac{6{,}28}{68} + (0{,}01490 - 0{,}07177)\right] = 2{,}69 \text{ mm}$$

Sertleştirilmiş dişlilerde, $s_{amin} \geq 0{,}4.m$ olmalıdır.

$$s_{a_{min}} = 0{,}4 \cdot m = 0{,}4 \cdot 4 = 1{,}6 \text{ mm}$$

$s_a > s_{amin}$ olduğu için diş üstü çapındaki diş kalınlığı yeterlidir.

PROBLEM 17.3

Bir kren sisteminin hareket mekanizmasında bulunan ve elektrik motoru ile tahrik edilen düz dişli çarkın dişleri çalışma esnasında kırılmıştır. Dişli çark taşlanmış ve yüksek kaliteli olup az yük geldiği kabul edilecektir. Dişli çarkın bağlı bulunduğu mil iyi yataklanmış olup sehimi azdır. Modül m=3 mm, genişlik b=35 mm, diş sayısı z=18, dişli malzemesi 16MnCr5, n=1400 d/d, ε_α=1,25 ve S=2 olarak verilmektedir. Dişli çarkı döndüren elektrik motoru gücünün en az ne kadar olduğunu bulunuz.

ÇÖZÜM:

Dişler kırıldığı için diş dibi mukavemeti esas alınır.

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_d \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon}{\psi_m \cdot z \cdot \sigma_{em}}}$$

z=18 diş için K_f=3,05 (Şekil 17.29) ve kren - elektrik motoru için K_i=1,25 (Çizelge 17.5)

$$d = m \cdot z = 3 \cdot 18 = 54 \text{ mm}$$

$$v = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot \frac{d}{2} = \frac{6{,}28 \cdot 1400 \cdot 0{,}054}{120} = 4 \text{ m/s}$$

olduğu için Çizelge 17.6'den K_v=1,1 alınır.

İyi yataklanmış durum için K_m=1,3 (Çizelge 17.8)

ε_α=1,25 için Çizelge 17.7'den,

$$K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{1{,}25} = 0{,}85$$

$$\psi_m = \frac{b}{m} = \frac{35}{3} = 11{,}66$$

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{FE}}{K_ç \cdot S}$$

$m < 5$ için K_b=1 alınır. K_y=0,93 (Çizelge 3.3, taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

r=0,38·m=0,38·3=1,14 mm ve $R_m \approx 1000$ N/mm² için q=0,86 (Çizelge 3.4)

$$K_t = 0{,}18 + \left(\frac{3 \cdot \pi}{2 \cdot 1{,}14}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 1{,}28$$

$$K_ç = 1 + 0{,}86 \cdot (1{,}28 - 1) = 1{,}24; \qquad \sigma_{FE} = 860 \text{ N/mm}^2 \text{ (Çizelge 17.4)}$$

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0{,}93 \cdot 860}{1{,}24 \cdot 2} = 322{,}5 \text{ N/mm}^2$$

$$3^3 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot 3{,}05 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}85}{11{,}66 \cdot 18 \cdot 322{,}5}$$

$$M_d > 197183 \text{ Nmm} = 197 \text{ Nm}$$

$$197 = 9550 \cdot \frac{P}{1400} \quad \rightarrow \quad P = 28{,}87 \text{ kW} \text{ bulunur.}$$

PROBLEM 17.4

Bir dişli kutusunda bir kademe için pinyon diş sayısı z_1=25, çevrim oranı i=2 ve modül m=5 mm olarak verilmektedir. Kullanılacağı yer açısından eksenler arası mesafenin e=190 mm tam sayı olması gerekmektedir. Ayrıca, dişlilerin yüksek mukavemetli ve yüksek kavrama oranına sahip olmaları istenmektedir. İstenilen eksenler arası mesafeyi elde etmek için dişlilerin profil kaydırma miktarları (x_1 ve x_2) ne olmalıdır.

ÇÖZÜM:

z_1=25, i=2, m=5 mm, e=190 mm

$$z_2 = i \cdot z_1 = 50$$

$$e_0 = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2} = \frac{5 \cdot (25 + 50)}{2} = 187{,}5 \text{ mm}$$

$$e = e_0 \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} \rightarrow 190 = 187{,}5 \cdot \frac{\cos 20}{\cos\alpha_w} \rightarrow \alpha_w = 21{,}97°$$

$$\text{inv}\,\alpha = \tan 20 - \left(\frac{\pi}{180} \cdot 20\right) = 0{,}01490$$

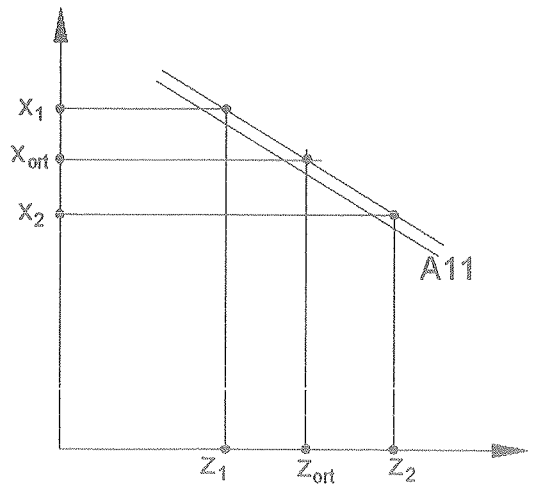
$$\text{inv}\,\alpha_w = \tan 21{,}97 - \left(\frac{\pi}{180} \cdot 21{,}97\right) = 0{,}01996$$

$$x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan\alpha} \cdot (\text{inv}\,\alpha_w - \text{inv}\,\alpha)$$

$$x_1 + x_2 = \frac{25 + 50}{2 \cdot \tan 20} \cdot (0{,}01996 - 0{,}01490) = 0{,}52$$

$$z_{ort} = \frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{25 + 50}{2} = 37{,}5$$

$$x_{ort} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0{,}52}{2} = 0{,}26$$

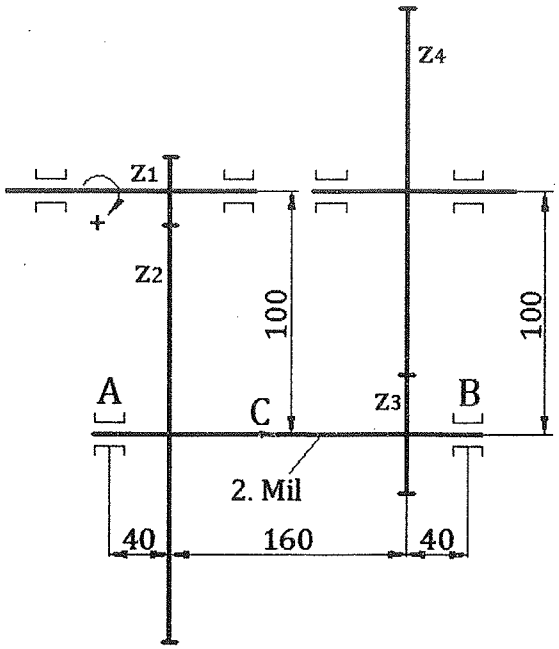


Cilt I Şekil 17.22'den yaklaşık olarak,

$x_1 = +0{,}33$ ve $x_2 = +0{,}19$ bulunur.

PROBLEM 17.5

Şekilde verilen iki kademeli düz dişli çark redüktöründe; P=6 kW, n_g=1200 d/d, e_1=100 mm, e_2=100 mm, m_1=2 mm, m_2=3 mm, z_1=17, z_2=81, z_3=14, z_4=51 olarak verilmiştir.



a) İkinci mildeki A ve B yataklarına gelen kuvvetleri bulunuz.

b) A yatağından 100 mm uzakta olan C noktasındaki mil çapı d_c=24 mm olarak verildiğine göre, C noktasındaki bileşke gerilmeyi bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) $i_{top} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{81}{17} \cdot \frac{51}{14} = 17{,}357$

1. Kademe için;

$$e_{01} = \frac{m_1}{2} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{2}{2} \cdot (98) = 98 \text{ mm}$$

e_1 = 100 mm olması istendiğine göre, pozitif profil kaydırma yapmak gerekir.

$$e_1 = e_{01} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_{w_1}} \rightarrow 100 = 98 \cdot \frac{\cos 20}{\cos\alpha_{w_1}} \rightarrow \alpha_{w_1} = 22{,}94°$$

$$d_1 = m_1 \cdot z_1 = 2 \cdot 17 = 34 \text{ mm}$$

$$d_{w_1} = \frac{d_1 \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{w_1}} = \frac{34 \cdot \cos 20}{\cos 22{,}94} = 34{,}69 \text{ mm}$$

$$M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 47{,}75 \text{ Nm} = 47750 \text{ Nmm}$$

$$F_{t_1} = F_{t_2} = \frac{2 \cdot M_{d_1}}{d_{w_1}} = \frac{2 \cdot 47750}{34{,}69} = 2753 \text{ N}$$

$$F_{r_1} = F_{r_2} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha_{w_1} = 2753 \cdot \tan 22{,}94 = 1165 \text{ N}$$

2. Kademe için;

$$e_{02} = \frac{m_2}{2} \cdot (z_3 + z_4) = \frac{3}{2} \cdot (14 + 51) = 97{,}5 \text{ mm}$$

e_2=100 mm olarak verilmişti. Bu durumda pozitif profil ötelemesi yapmak gerekir.

$$e_2 = e_{02} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_{w_2}}$$

$$100 = 97{,}5 \cdot \frac{\cos 20}{\cos\alpha_{w_2}} \rightarrow \alpha_{w_2} = 23{,}62°$$

$$d_3 = m_2 \cdot z_3 = 3 \cdot 14 = 42 \text{ mm}$$

$$d_{w_3} = \frac{d_3 \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{w_2}} = \frac{42 \cdot \cos 20}{\cos 23{,}62} = 43{,}07 \text{ mm}$$

$$i_{12} = \frac{81}{17} = 4{,}764$$

$$M_{d_2} = i_{12} \cdot M_{d_1} = 4{,}764 \cdot 47750 = 227481 \text{ Nmm}$$

$$F_{t_3} = \frac{2 \cdot M_{d_2}}{d_{w_3}} = \frac{2 \cdot 227481}{43{,}07} = 10563 \text{ N}$$

$$F_{r_3} = F_{t_3} \cdot \tan\alpha_{w_2} = 4620 \text{ N}$$

<u>x – y düzlemi:</u>

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{r_2} \cdot 40 + F_{r_3} \cdot 200 = -F_{B_y} \cdot 240 = 0$$

$$F_{B_y} = 4044 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{r_2} + F_{r_3} = F_{A_y} + F_{B_y}$$

$$F_{A_y} = 1741 \text{ N}$$

<u>x – z düzlemi:</u>

$$\sum M_A = 0$$

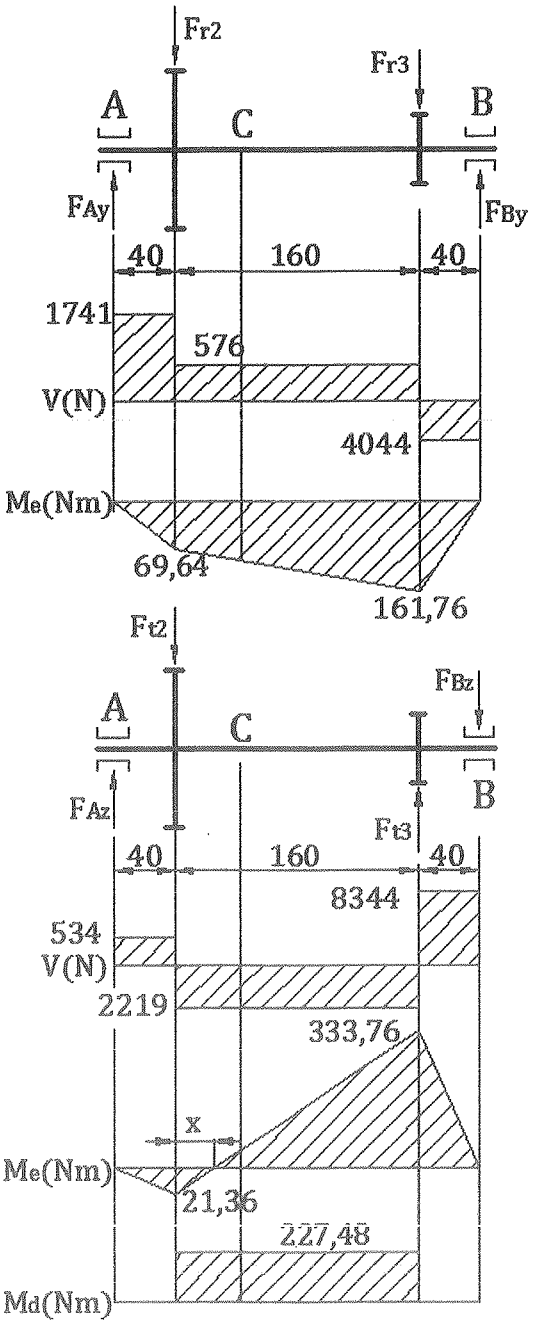
$$F_{t_2} \cdot 40 - F_{t_3} \cdot 200 + F_{B_z} \cdot 240 = 0$$

$$F_{B_z} = 8344 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{A_z} = F_{t_2} + F_{B_z} - F_{t_3}$$

$$F_{A_z} = 534 \text{ N}$$



$$F_A = \sqrt{F_{A_y}{}^2 + F_{A_z}{}^2} = \sqrt{1741^2 + 534^2} = 1821 \text{ N}$$

$$F_B = \sqrt{F_{B_y}{}^2 + F_{B_z}{}^2} = \sqrt{4044^2 + 8344^2} = 9272 \text{ N}$$

b) C noktasında hem burulma hem de eğilme gerilmesi vardır.

Eğilme gerilmesi;

$$M_{e_{xy}} \rightarrow \frac{60}{160} = \frac{x}{161760 - 69640} \rightarrow x = 34545$$

$$M_{e_{xy}} = 69640 + 34545 = 104185 \text{ Nmm}$$

$$M_{e_{xz}} \rightarrow \frac{21360}{333760} = \frac{x}{160 - x} \rightarrow x = 9{,}62 \text{ mm}$$

$$\frac{50{,}38}{150{,}38} = \frac{M_{e_{xz}}}{333760} \rightarrow M_{e_{xz}} = 111815 \text{ Nmm}$$

$$M_{ec} = \sqrt{M_{e_{xy}}{}^2 + M_{e_{xz}}{}^2} = \sqrt{104185^2 + 111815^2} = 152830 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_e = \frac{M_{ec}}{W_e} = \frac{152830 \cdot 32}{\pi \cdot 24^3} = 112{,}6 \text{ N/mm}^2$$

Burulma gerilmesi;

$$\tau_b = \frac{M_{d2}}{W_b} = \frac{227481 \cdot 16}{\pi \cdot 24^3} = 83{,}8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eşC} = \sqrt{\sigma_e{}^2 + 3 \cdot \tau_b{}^2} = 183{,}7 \text{ N/mm}^2$$

PROBLEM 17.6

Diş sayıları z_1=20, z_2=50 ve modülü m=3 mm, olan bir mekanizmada, birinci dişliye x_1=+0,5 profil ötelemesi yapılıyor. Öteleme yapılmamış duruma göre eksenler arası mesafenin değişmemesi için x_2 ne olmalıdır, hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

K – 0 Mekanizması

$x_1 + x_2 = 0$ → Eksenler arası değişmez.

$x_1 = -x_2 = -0{,}5$ olmalıdır.

PROBLEM 17.7

Bir helisel dişli çark mekanizması için diş sayıları z_1=20, z_2=80, kavrama açısı α_n=20°, helis açışı β=22° ve normal modül m_n=3 mm olarak verilmiştir.

a) Helisel dişli çark mekanizmasını boyutlandırınız.

b) Her iki dişli çarka x_1=+0,4 ve x_2=+0,3 değerlerinde pozitif profil öteleme işlemi uygulanırsa yeni oluşacak boyutları ve eksenler arası mesafeyi bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Alın kavrama açısı (α_a);

$$\tan\alpha_a = \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 22} = 0{,}392 \quad \rightarrow \quad \alpha_a = 21{,}43°$$

Bölüm dairesi çapları;

$$d_1 = m_1 \cdot z_1 = \frac{m_n}{\cos\beta} \cdot z_1 = \frac{3}{\cos 22} \cdot 20 = 64{,}71 \text{ mm}$$

$$d_2 = m_2 \cdot z_2 = \frac{m_n}{\cos\beta} \cdot z_2 = \frac{3}{\cos 22} \cdot 80 = 258{,}84 \text{ mm}$$

h_a=m_n=3 mm; h_f=1,25 · m_n=3,75 mm

Temel dairesi çapları;

$$d_{b_1} = d_1 \cdot \cos\alpha_a = 60{,}23 \text{ mm}$$

$$d_{b_2} = d_2 \cdot \cos\alpha_a = 240{,}94 \text{ mm}$$

Diş üstü çapları;

$$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot h_a = 64{,}71 + 2 \cdot 3 = 70{,}71 \text{ mm}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2 \cdot h_a = 258{,}84 + 2 \cdot 3 = 264{,}84 \text{ mm}$$

Diş dibi çapları;

$$d_{f_1} = d_1 - 2 \cdot h_f = 64{,}71 - 2 \cdot 3{,}75 = 57{,}21 \text{ mm}$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2 \cdot h_f = 258{,}84 - 2 \cdot 3{,}75 = 251{,}34 \text{ mm}$$

Adımlar;

$$p_n = \pi \cdot m_n = \pi \cdot 3 = 9{,}42 \text{ mm}$$

$$p_a = \frac{\pi \cdot m_n}{\cos\beta} = 10{,}15 \text{ mm}$$

Eksenler arası mesafe;

$$e_0 = \frac{m_n \cdot (z_1 + z_2)}{2 \cdot \cos\beta} = \frac{3 \cdot (20 + 80)}{2 \cdot \cos 22} = 161{,}78 \text{ mm}$$

b) Yukarıda verilen dişli çarklara x_1=+0,4 ve x_2=+0,3 değerlerinde profil öteleme işlemi uygulandığında mekanizmada oluşacak yeni boyutlar:

Diş üstü çapları;

$$d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot m_n(1 + x_1) = 64{,}71 + 2 \cdot 3 \cdot (1 + 0{,}4) = 73{,}11 \text{ mm}$$

$$d_{a_2} = d_2 + 2 \cdot m_n(1 + x_2) = 258{,}84 + 2 \cdot 3 \cdot (1 + 0{,}3) = 266{,}64 \text{ mm}$$

Diş dibi çapları;

$$d_{f_1} = d_1 - 2 \cdot (h_f - x_1 \cdot m_n) = 64{,}71 - 2 \cdot (3{,}75 - 0{,}4 \cdot 3) = 59{,}61 \text{ mm}$$

$$d_{f_2} = d_2 - 2 \cdot (h_f - x_2 \cdot m_n) = 258{,}84 - 2 \cdot (3{,}75 - 0{,}3 \cdot 3) = 253{,}14 \text{ mm}$$

İşletme kavrama açısı;

$$\text{inv}\,\alpha_{wa} = \text{inv}\,\alpha_a + 2 \cdot \frac{x_1 + x_2}{z_1 + z_2} . \tan\alpha_n$$

$$\text{inv}\,\alpha_{wa} = \text{inv}\,21{,}43 + 2 \cdot \frac{0{,}4 + 0{,}3}{20 + 80} . \tan 20 = 0{,}01847 + 0{,}00509 = 0{,}02356$$

için Çizelge 17.1'den $\alpha_{wa} \cong 23{,}2°$ bulunur.

Buna göre pozitif kaydırmalı mekanizmanın yeni eksenler arası mesafesi:

$$e = e_0 \cdot \frac{\cos\alpha_a}{\cos\alpha_{wa}} = 161{,}78 \cdot \frac{\cos 21{,}43}{\cos 23{,}2} = 163{,}84 \text{ mm olur.}$$

Profil öteleme işlemi yapıldığı için bölüm dairesi çapları ile yuvarlanma daireleri çakışmaz. Bu durumda,

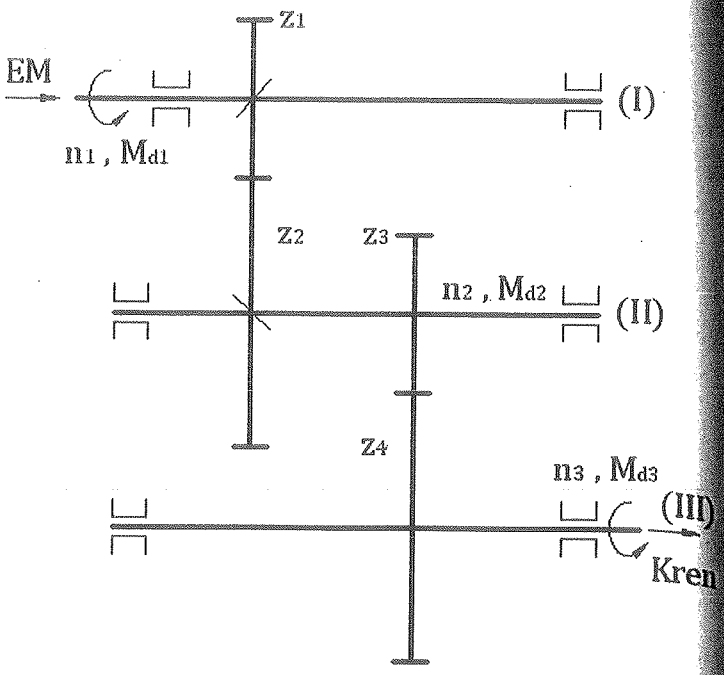
Yuvarlanma dairesi çapları;

$$d_{w_1} = d_1 \cdot \frac{\cos\alpha_a}{\cos\alpha_{wa}} = 64{,}71 \cdot \frac{\cos 21{,}43}{\cos 23{,}2} = 65{,}63 \text{ mm}$$

$$d_{w_2} = d_2 \cdot \frac{\cos\alpha_a}{\cos\alpha_{wa}} = 258{,}84 \cdot \frac{\cos 21{,}43}{\cos 23{,}2} = 262{,}14 \text{ mm olarak bulunur.}$$

PROBLEM 17.6

İlk kademesi helis, ikinci kademesi düz dişlilerden oluşan iki kademeli bir redüktör şematik olarak verilmiştir. Bir krene hareket veren redüktör ile P=3,5 kW güç n_1=1250 d/d'da iletilmektedir. i_T=30, modül genişlik oranı ψ_m=12, β=20°, α=20° ve S=2 olarak verilmektedir.



a) Diş sayılarını belirleyiniz. Millerdeki moment ve devir sayılarını bulunuz.

b) Birinci kademenin modülünü (m_{n1}) bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Diş sayılarının bulunması;

$i_T = i_{12} \cdot i_{34}$ küçük boyut için çevrim oranlarının yaklaşık aynı olması istenir.

$i_{12} = 5$ ve $i_{34} = 6$ alınır.

$z_1 = 18$ (Diş dibi kesilmesi oluşmaması için helis dişli en az 12 alınabilir)

$z_2 = z_1 \cdot i_{12} = 18 \cdot 5 = 80$

$z_3 = 18$ (Diş dibi kesilmesi oluşmaması için düz dişli en az 14 alınabilir)

$z_4 = z_4 \cdot i_{34} = 18 \cdot 6 = 108$

Moment ve devir sayılarının bulunması;

$$M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{3,5}{1250} = 26,74 \text{ Nm}$$

$$M_{d_2} = M_{d_1} \cdot i_{12} = 26,74 \cdot 5 = 133,7 \text{ Nm}$$

$$M_{d_3} = M_{d_1} \cdot i_T = M_{d_2} \cdot i_{34} = 133,7 \cdot 6 = 802,2 \text{ Nm}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{12}} = \frac{1250}{5} = 250 \text{ d/d}; \quad n_3 = \frac{n_1}{i_T} = \frac{1250}{30} = 41,7 \text{ d/d}$$

b) I. Kademenin modül hesabı;

Diş dibinden kırılmaya göre

Öncelikle gerekli hesaplamalar için Şekil 17.28'den yaklaşık modül kabulü yapılır.

P=3,5 kW ve n_1=1250 d/d için m_n = 2 mm olarak kabul edildi.

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d_1} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon \cdot \cos\beta}{\psi_m \cdot z \cdot \sigma_{em}}}$$

K_i = 1,25 (Çizelge 17.5, giriş elektrik motoru - çıkış kren)

$$z_{e_1} = \frac{z_1}{(\cos\beta)^3} = \frac{18}{0{,}82976} = 21{,}6 \cong 22$$

K_f = 2,85 (Şekil 17.29, z_{e1} = 22 için)

$$v = \omega \cdot r$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad \text{ve} \quad r = \frac{d_1}{2}$$

$$d_1 = \frac{m_n \cdot z}{\cos\beta} = \frac{2 \cdot 18}{\cos 20} = 38{,}31 \text{ mm}$$

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1250}{60} \cdot \frac{38{,}31 \cdot 10^{-3}}{2} = 2{,}5 \text{ m/s}$$

K_v=1,05 (Çizelge 17.6, v = 2,5 m/s, yüksek kalite taşlanmış ve az yük gelen dişli)

K_m=1,2 (Çizelge 17.8, Ψ_m=12; b= $\psi_m \cdot m_n$ = 12 · 2 = 24 mm için iyi yataklanmış ve sehimi az durum)

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{{r_{a_1}}^2 - {r_{b_1}}^2} + \sqrt{{r_{a_2}}^2 - {r_{b_2}}^2} - e_0 \cdot \sin\alpha_a}{\pi \cdot m_a \cdot \cos\alpha_a}$$

$$r_{a_1} = \frac{d_{a_1}}{2};\ d_{a_1} = d_1 + 2 \cdot h_a$$

$$r_{a_1} = \frac{38{,}31 + (2 \cdot 2)}{2} = 21{,}15 \text{ mm}$$

$$r_{a_2} = \frac{d_{a_2}}{2};\quad d_{a_2} = d_2 + 2 \cdot h_a$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos\beta} = \frac{2 \cdot 90}{\cos 20} = 191{,}55 \text{ mm}$$

$$r_{a_2} = \frac{191{,}55 + (2 \cdot 2)}{2} = 97{,}77 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha_a = \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 20} \quad \rightarrow \quad \alpha_a = 21{,}17°$$

$$r_{b_1} = \frac{d_{b_1}}{2} = \frac{d_1 \cdot \cos\alpha_a}{2} = \frac{38{,}31 \cdot \cos 21{,}17}{2} = 17{,}86 \text{ mm}$$

$$r_{b_2} = \frac{d_{b_2}}{2} = \frac{d_2 \cdot \cos\alpha_a}{2} = \frac{191{,}55 \cdot \cos 21{,}3}{2} = 89{,}23 \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{38{,}31 + 191{,}55}{2} = 114{,}93 \text{ mm}$$

$$m_a = \frac{m_n}{\cos 20} = \frac{2}{\cos 20} = 2{,}12 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{21{,}15^2 - 17{,}86^2} + \sqrt{97{,}77^2 - 89{,}23^2} - 114{,}93 \cdot \sin 21{,}17}{\pi \cdot 2{,}12 \cdot \cos 21{,}17} = 1{,}57$$

$\tan\beta_b = \tan\beta \cdot \cos\alpha_a = \tan 20 \cdot \cos 21{,}17 \rightarrow \quad \beta_b = 18{,}74°$

$$\varepsilon_{\alpha n} = \frac{\varepsilon_\alpha}{\cos^2\beta_b} = \frac{1{,}57}{\cos^2 18{,}74} = 1{,}75$$

Çizelge 17.7'den $K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{\varepsilon_{\alpha n}} = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{1{,}75} = 0{,}67$

Malzeme 16MnCr5 sementasyon çeliği olduğuna göre;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{DD}}{K_ç \cdot S}$$

$m_n < 5$mm için $K_b = 1$ alınır. Çizelge 3.3'den $K_y = 0{,}78$ alınır.

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$$r = 0{,}38 \cdot m_n = 0{,}76 \text{ mm}$$

$$K_t = 0{,}18 + \left(\frac{m \cdot \pi}{2 \cdot r}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 0{,}18 + \left(\frac{2 \cdot \pi}{2 \cdot 0{,}76}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 1{,}28$$

r=1 ve $R_m \approx 1000$ N/mm² için Çizelge 3.4'den q=0,85 bulunur.

$$K_ç = 1 + 0{,}85 \cdot (1{,}28 - 1) = 1{,}23$$

Malzeme cinsine göre, Çizelge 17.4'den $\sigma_{DD} = 860$ N/mm² alınır.

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0{,}98 \cdot 860}{1{,}23 \cdot 2} = 342{,}6 \text{ N/mm}^2$$

$$m_{n_1} \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 26{,}74 \cdot 10^3 \cdot 2{,}85 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}67 \cdot \cos 20}{12 \cdot 18 \cdot 342{,}6}} = 1{,}26 \text{ mm}$$

Yüzey basıncına göre

$$m_n \geq 0{,}7 \cdot \cos\beta \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{d_1} \cdot K_\alpha{}^2 \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon \cdot E \cdot (i_{12}+1)}{\psi_m \cdot z^2 \cdot p_{em}{}^2 \cdot i_{12}}}$$

eşitliğinde hesaplanması gereken birkaç değişken var. Diş dibi mukavemetine göre olan hesaplamadaki,

K_i=1,25; K_v=1,05; K_m=1,2; M_{d1}=26740 Nmm; ψ_m=12 ve i_{12}=5 değerleri aynı kalır.

K_ε değeri yüzey basıncına göre modül hesabında değişir. Bu değeri bulabilmek için $\varepsilon_\beta \geq 1$ veya $\varepsilon_\beta < 1$ bilinmelidir.

$$\varepsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin\beta}{\pi \cdot m} = \frac{\psi_m \cdot m \cdot \sin\beta}{\pi \cdot m} = \frac{12 \cdot 2 \cdot \sin 20}{\pi \cdot 2} = 1{,}3$$

Çizelge 17.7'den $\varepsilon_\beta \geq 1 \rightarrow K_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_\alpha} = \frac{1}{1{,}54} = 0{,}65$

$\beta = 20°$ ve x = 0 değerlerine göre Şekil 17.30'dan K_α = 2,35 okunur.

Çelik için E=2,1x10^5 N/mm^2

$$p_{em} = \frac{\sigma_{H\lim} \cdot K_{ö}}{S}$$

Malzeme için Çizelge 17.4'den σ_{Hlim}=1470 N/mm^2 alınır.

10^7 yük tekrarı için $K_ö$ = 1 alınır.

$$p_{em} = \frac{1470 \cdot 1}{2} = 735 \text{ N/mm}^2$$

$$m_n \geq 0{,}7 \cdot \cos 20 \cdot \sqrt[3]{\frac{26740 \cdot 2{,}35^2 \cdot 1{,}25 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}65 \cdot 210000 \cdot 6}{12 \cdot 18^2 \cdot 735^2 \cdot 5}} = 1{,}72 \text{ mm}$$

Diş dibi mukavemetine göre ilk bulduğumuz modül küçük olduğu için emniyetsizdir. Yüzey basıncına göre büyük olan modül dikkate alınır. Çizelge 17.2' deki ikinci standart modül serisinden 1,72 mm'nin bir üstü olan 1,75 mm seçilir. I. Kademenin modülü, m_n=1,75mm alınır.

NOT: Başlangıçta m_n=2 mm kabul edilmişti. Kabul edilen ve hesaptan bulunan iki değer aynı olmadığı için tekrar başa dönülüp hesapların yeniden yapılması gerekir. Ancak hesaplar yeniden yapıldığında, K_v, K_m, ve K_ε faktörlerinde küçük değişimler olacağı için, modül değerinde fazla bir sapma meydana gelmez. Modül kontrol hesabı sadece pinyon dişliye göre yapılır.

PROBLEM 17.9

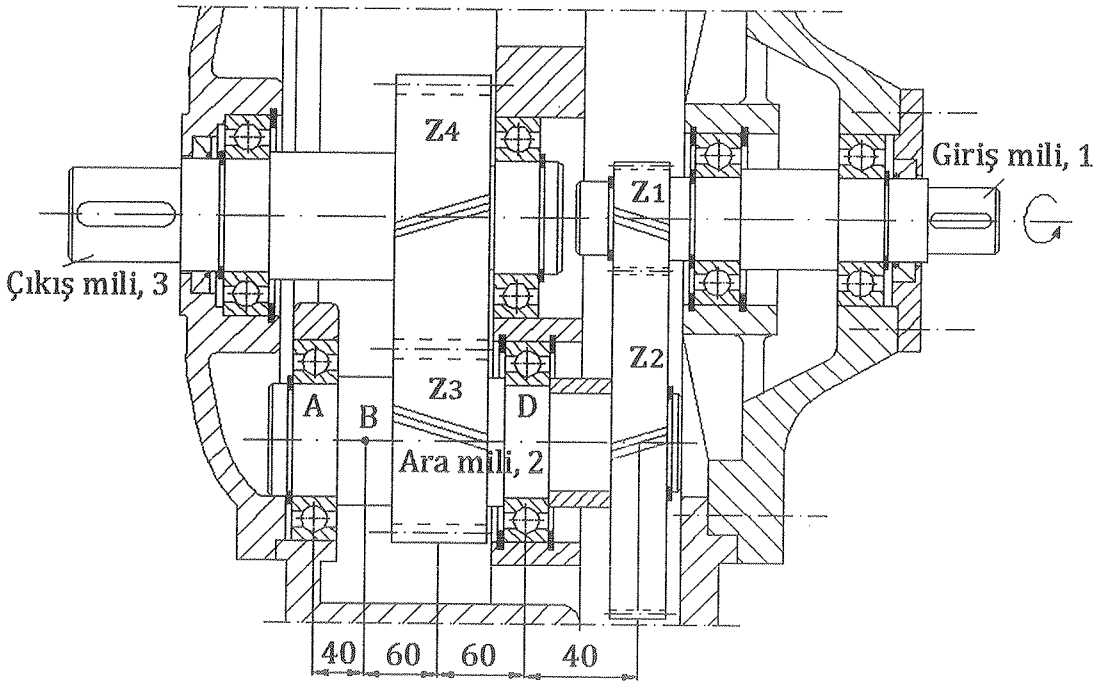
Aşağıda helis dişlilerden oluşan iki kademeli bir redüktör verilmiştir.

Verilen değerler: P_1=30 kW, n_1=1500 d/d, çıkış devir sayısı n_3=125 d/d, z_1=16, z_4=54, i_{12}=4, m_{n1}=3 mm, m_{n2}=3,25 mm, β_1=20° ve α=20° dir.

a) Konstrüksiyona göre ikinci kademenin helis açısı (β_2) ne olmalıdır, hesaplayınız.

b) İkinci mil için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz. A yatağındaki eksenel ve radyal kuvvetleri hesaplayınız. İkinci kademenin helis açısı 20° alınarak çözüm yapılacaktır.

c) B noktasındaki eşdeğer (bileşke) gerilmeyi hesaplayınız. Mil çapı d_B=40 mm alınacaktır.



ÇÖZÜM:

a) Konstrüksiyona göre eksenler arası mesafe eşit olmalıdır.

$e_{01} = e_{02}$ olmalıdır.

$$i_T = \frac{1500}{125} = 12$$

i_{12}=4 ise i_{34}=3 bulunur.

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow 4 = \frac{z_2}{16} \rightarrow z_2 = 64; \quad i_{34} = \frac{z_4}{z_3} \rightarrow 3 = \frac{54}{z_3} \rightarrow z_3 = 18$$

$$\frac{m_{n_1}}{2 \cdot \cos\beta_1} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{m_{n_2}}{2 \cdot \cos\beta_2} \cdot (z_3 + z_4)$$

$$\frac{3}{2\cdot\cos 20}\cdot(16+64)=\frac{3{,}25}{2\cdot\cos\beta_2}\cdot(18+54)\ \rightarrow\ 127{,}7=\frac{117}{\cos\beta_2}\ \rightarrow\ \beta_2=23{,}62°$$

b) $\beta_2 = 20°$ alındı.

$$M_{d_1}=9550\cdot\frac{P}{n_1}=9550\cdot\frac{30}{1500}=191\ \text{Nm};\quad M_{d_2}=i_{12}\cdot M_{d_1}=4\cdot 191=764\ \text{Nm}$$

$$F_{t_2}=\frac{2\cdot M_{d_2}}{d_2}=\frac{2\cdot 764000\cdot\cos 20}{64\cdot 3}=7478{,}3\ \text{N}$$

$$F_{r_2}=F_{t_2}\cdot\frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta_1}=7478{,}3\cdot\frac{\tan 20}{\cos 20}=2896{,}5\ \text{N}$$

$$F_{a_2}=F_{t_2}\cdot\tan\beta_1=7478{,}3\cdot\tan 20=2721{,}8\ \text{N}$$

$$F_{t_3}=\frac{2\cdot M_{d_2}}{d_3}=\frac{2\cdot 764000\cdot\cos 20}{18\cdot 3{,}25}=24544{,}4\ \text{N}$$

$$F_{r_3}=F_{t_3}\cdot\frac{\tan\alpha}{\cos\beta}=24544{,}4\cdot\frac{\tan 20}{\cos 20}=9506{,}7\ \text{N}$$

$$F_{a_3}=F_{t_3}\cdot\tan 20=8933{,}4\ \text{N}$$

<u>x – y düzlemi:</u>

$\sum M_A = 0$

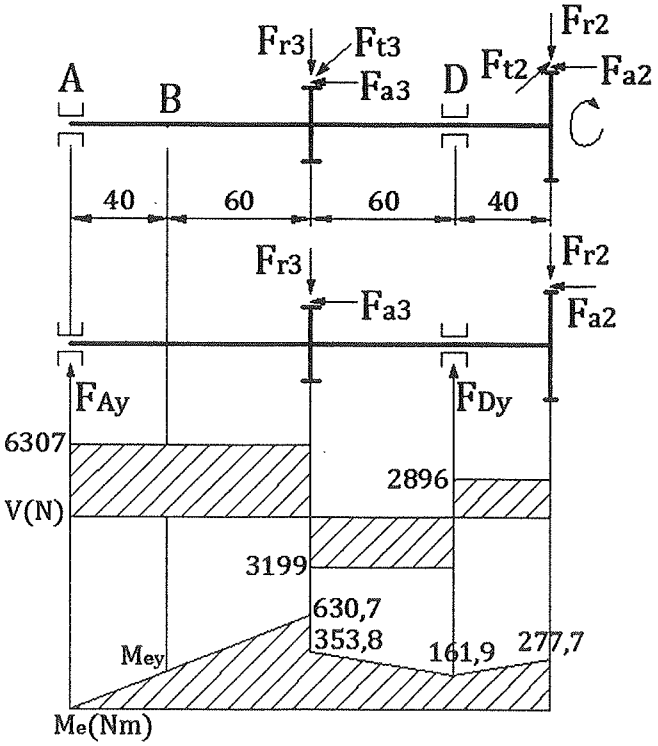
$100.9506 - 31\cdot 8933 - F_{Dy}\cdot 160 + 2896\cdot 200 - 2721\cdot 102 = 0$

$F_{Dy} = 6095{,}8\ \text{N}$

$\sum F_y = 0$

$F_{Ay} + 6095 - 9506 - 2896 = 0$

$F_{Ay} = 6307\ \text{N}$



<u>x – z düzlemi:</u>

$\sum M_A = 0$

$24544\cdot 100 - F_{D_z}\cdot 160 - 7478\cdot 200 = 0\ \rightarrow\ F_{D_z} = 5992{,}5\ \text{N}$

$\sum F_z = 0$

$F_{A_z} - F_{t_3} + F_{D_z} + F_{t_2} = 0\ \rightarrow\ F_{A_z} = 11074\ \text{N}$

$$F_{r_A} = \sqrt{F_{A_y}{}^2 + F_{A_z}{}^2} = \sqrt{6307^2 + 11074^2}$$

$F_{r_A} = 12744$ N, $\quad F_{a_A} = 0$ (serbest yatak)

c) B noktasında, burulma gerilmesi sıfırdır.

($M_{dB} = 0$)

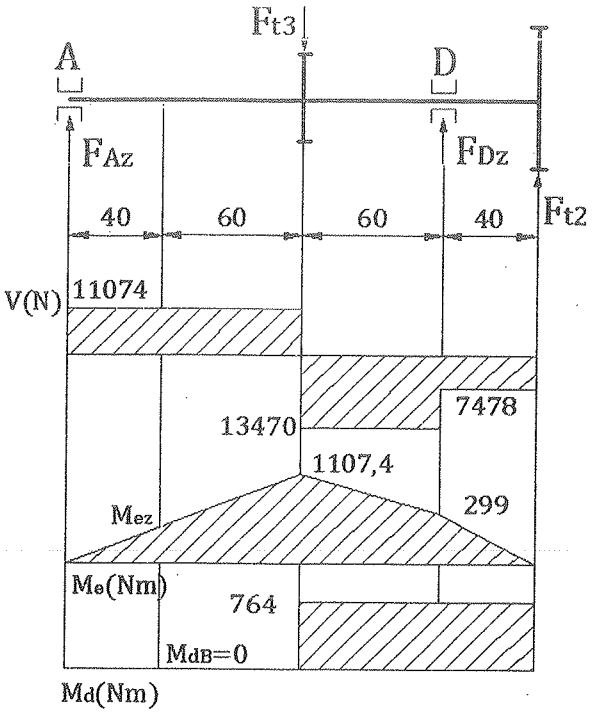
Sadece eğilme gerilmesi vardır.

$$M_{e_y} = F_{A_y} \cdot 40 = 6307 \cdot 40 = 252{,}28 \text{ Nm}$$

$$M_{e_z} = F_{A_z} \cdot 40 = 11704 \cdot 40 = 442{,}96 \text{ Nm}$$

$$M_{e_B} = \sqrt{M_{e_y}{}^2 + M_{e_z}{}^2} = \sqrt{252{,}28^2 + 442{,}96^2}$$
$$= 509{,}76 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{e_B} = \frac{M_{e_B} \cdot 32}{\pi \cdot d^3} = \frac{509{,}76 \cdot 32}{\pi \cdot 40^3} = 81{,}13 \text{ N/mm}^2$$

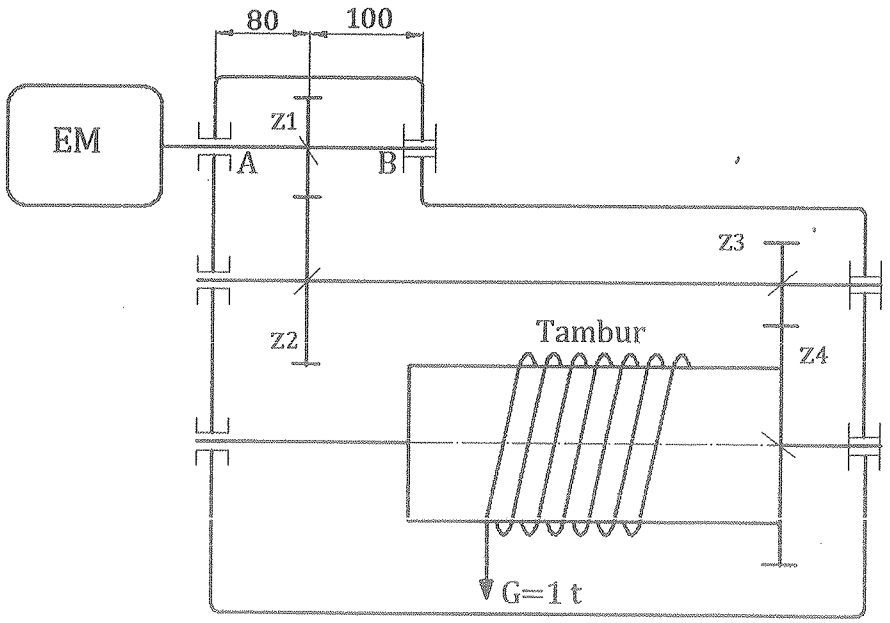


PROBLEM 17.10

Yük asansörü tahrik sisteminin şematik resmi verilmiştir. Asansör, G=1 tonluk yükü 1,2 m/s hızla yukarı kaldırmaktadır. Tahrik sisteminde kullanılan helis dişlilerin diş sayıları z_1=16, z_2=72, z_3=18 ve z_4=72, normal modülleri m_n=4 mm, kavrama ve helis açıları 20° dir. Kullanılan tambur çapı 200 mm ve sistemin toplam verimi %82 dir.

a) Elektrik motorunun gücünü ve devir sayısını bulunuz.

b) z_1 dişlisi sağ helis olup, saat yönü tersinde dönmektedir. B yatağı sabit yatak olduğuna göre, yatak kuvvetlerini bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) Kaldırılan yük, tamburdaki teğetsel kuvvete eşit olduğu için,

$$P = F_t \cdot v = G \cdot v = 10000 \cdot 1{,}2 = 12000\ W = 12\ kW$$

$$P_m = \frac{P}{\eta_s} = \frac{12}{0{,}82} = 14{,}63\ kW\ ; \qquad EK-5'den\ 15\ kW\ alınır.$$

Tamburun devir sayısı;

$$n_t = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot d_t} = \frac{1{,}2 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 0{,}200} = 114{,}5\ d/d$$

Elektrik motorunun devir sayısı;

$$n_m = n_t \cdot i_{12} \cdot i_{34} = 114{,}5 \cdot \frac{72}{16} \cdot \frac{72}{18} = 2061\ d/d$$

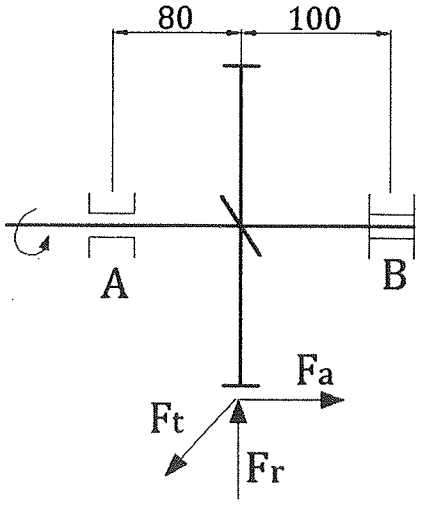
b) $M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P_m}{n_m} = 9550 \cdot \frac{15}{2061} = 69{,}5\ Nm$

$$d_1 = m_n \cdot \frac{z_1}{\cos\beta} = 4 \cdot \frac{16}{\cos 20} = 68{,}1\ mm$$

$$F_t = \frac{2 \cdot M_{d_1}}{d_1} = \frac{2 \cdot 69{,}5}{68{,}1 \cdot 10^{-3}} = 2041\ N$$

$$F_r = 2041 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 20} = 790\ N$$

$$F_a = 2041 \cdot \tan 20 = 742\ N$$



x – y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$-790 \cdot 80 - 742 \cdot 34{,}05 + F_{B_y} \cdot 180 = 0 \ \rightarrow \ F_{B_y} = 491\ N$$

x – z düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$2041 \cdot 80 - 180 \cdot F_{B_z} \ \rightarrow \ F_{B_z} = 907\ N$$

$$F_{Br} = \sqrt{{F_{B_y}}^2 + {F_{B_z}}^2} = \sqrt{491^2 + 907^2} = 1031\ N$$

$F_{Ba} = F_a = 742\ N$ (B – yatağı sabit yatak)

PROBLEM 17.11

Bir dişli kutusunda bir kademe için verilen çevrim oranı $i_{12}=3$, helis dişlilerin normal modülü 5 mm, normal kavrama açısı 20°, helis açıları 22°, birinci dişlinin diş sayısı 25 dir. Konstrüksiyon gereği eksenler arası mesafenin e=267 mm olması gerekmektedir. Bu mesafeyi gerçekleştirmek için birinci dişli $x_1=-0,2$ ötelenirse, ikinci dişlinin profil öteleme miktarı ne olmalıdır.

ÇÖZÜM:

$i_{12}=3;\ m_n=5mm;\ z_1=25$

$\alpha_n=20°;\ \beta=22°;\ e=267\ mm$

$x_1=-0,2;\ x_2=?$

$$i_{12}=3=\frac{z_2}{z_1}=\frac{z_2}{25}\rightarrow z_2=75$$

$$e_0=\frac{m_n}{2\cdot\cos\beta}\cdot(z_1+z_2)=\frac{5}{2\cdot\cos 22}\cdot(25+75)$$

$$e_0=269,63\ mm$$

$$\tan\alpha_a=\frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}=\frac{\tan 20}{\cos 22}\quad\rightarrow\quad\alpha_a=21,43°$$

$$\cos\alpha_{wa}=\frac{e_0}{e}\cdot\cos\alpha_a=\frac{269,63}{267}\cdot\cos 21,43$$

$$\alpha_{wa}=19,94°$$

$$\text{inv}\,19,94=\tan 19,94-19,94\cdot\frac{\pi}{180}=0,01477$$

$$\text{inv}\,21,43=\tan 21,43-21,43\cdot\frac{\pi}{180}=0,01847$$

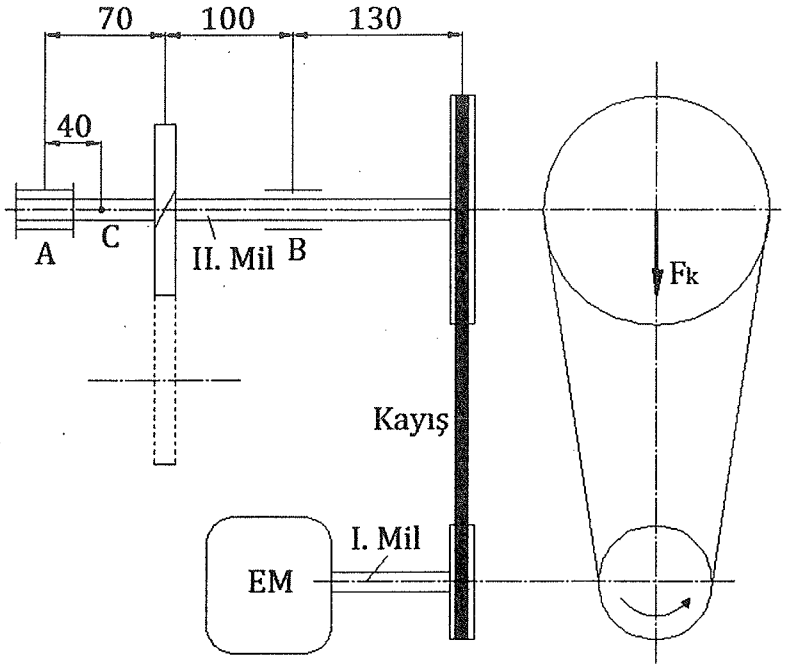
$$x_1+x_2=\frac{z_1+z_2}{2\cdot\tan\alpha_n}\cdot(\text{inv}\,\alpha_{wa}-\text{inv}\,\alpha_a)$$

$$x_1+x_2=\frac{25+75}{2\cdot\tan 20}\cdot(0,01477-0,01847)$$

$$x_1+x_2=-0,50\rightarrow-0,2+x_2=-0,50$$

$x_2=-0,30$ bulunur.

PROBLEM 17.12



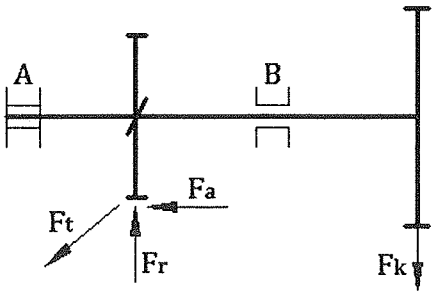
Şekilde, elektrik motoruna bağlı kayış mekanizması ile ikinci mile moment iletilmektedir. Mil sağdan bakıldığında saat dönme yönünün tersi yönde dönmektedir. İkinci mil üzerindeki sol helis dişli çarkın helis açısı β=22° ve kavrama açısı α_n=20°'dir. Helis dişli çarkın bölüm dairesi çapı d_1=100 mm, iletilmek istenen güç P=12 kW ve elektrik motorunun devir sayısı n=1250 d/d. İkinci mile etkiyen toplam kayış kuvveti F_k=2200 N, kayış kasnak mekanizmasının çevrim oranı i_k=3 ve verimi η_k=0,95 olarak verilmektedir.

a) Dişli kuvvetlerinin yönünü ve değerlerini bulunuz.

b) A ve B yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

c) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

d) C noktasındaki bileşke gerilmeyi bulunuz. Mil çapı d_C=20 mm alınacaktır.



ÇÖZÜM:

P=12 kW, n_1=1250 d/d, F_k=2200 N

d=100 mm, β=22°, α_n= 20°, i_k=3; η_k=0,95

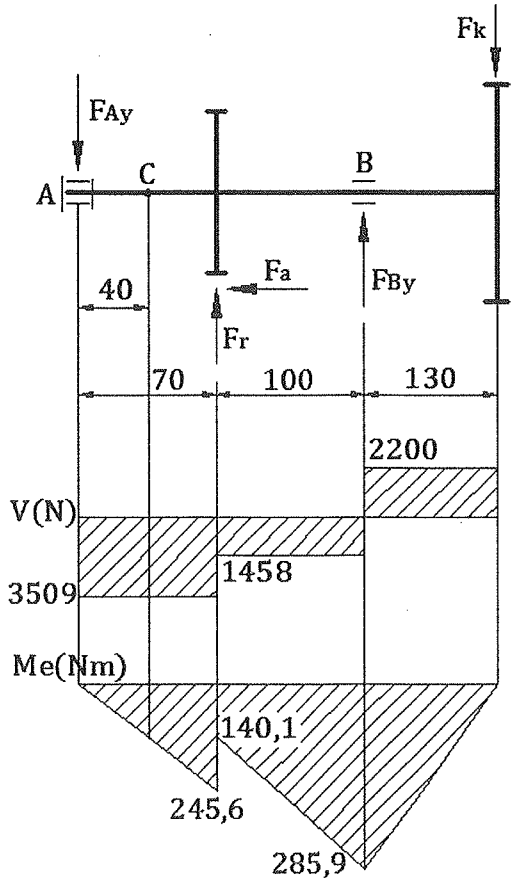
a) $M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 91{,}68 \text{ Nm}$

$M_{d_2} = M_{d_1} \cdot i_k \cdot \eta_k = 91{,}68 \cdot 3 \cdot 0{,}95 = 261{,}28 \text{ Nm}$

$F_t = \frac{M_{d_2} \cdot 2}{d} = \frac{261{,}28 \cdot 2}{0{,}1} = 5225 \text{ N}$

$F_r = F_t \cdot \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{5225 \cdot \tan 20}{\cos 22} = 2051 \text{ N}$

$F_a = F_t \cdot \tan\beta = 5225 \cdot \tan 22 = 2111 \text{ N}$



b, c) A ve B yatak kuvvetleri;

x – y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

$-2051 \cdot 70 + 2111 \cdot 50 - F_{By} \cdot 170 + 2200 \cdot 300 = 0 \rightarrow F_{By} = 3658\ N$

$\sum F_y = 0$

$-F_{Ay} + 2051 + 3658 - 2200 = 0$

$F_{Ay} = 3509\ N$

x – z düzlemi:

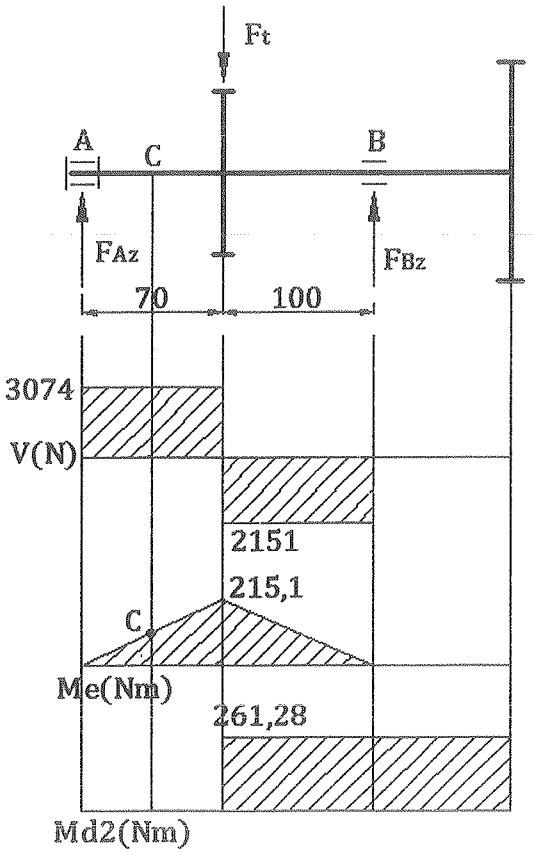
$\sum M_A = 0$

$5225 \cdot 70 - F_{Bz} \cdot 170 = 0$

$F_{Bz} = 2151\ N$

$\sum F_z = 0$

$F_{Az} = 5225 - 2151 = 3074N$



d) $M_{dC} = 0\ Nmm \rightarrow \tau_{bC} = 0\ N/mm^2$

$M_{eC_y} = 3509 \cdot 40 = 140{,}3\ Nm$

$M_{eC_z} = 3074 \cdot 40 = 122{,}9\ Nm$

$M_{eC} = \sqrt{140{,}3^2 + 122{,}9^2} = 186{,}5\ Nm$

$$\sigma_e = \sigma_{eş} = \frac{32 \cdot M_{eC}}{\pi \cdot d_C{}^3} = \frac{32 \cdot 186 \cdot 10^3}{\pi \cdot 20^3} = 236\ N/mm^2$$

PROBLEM 17.13

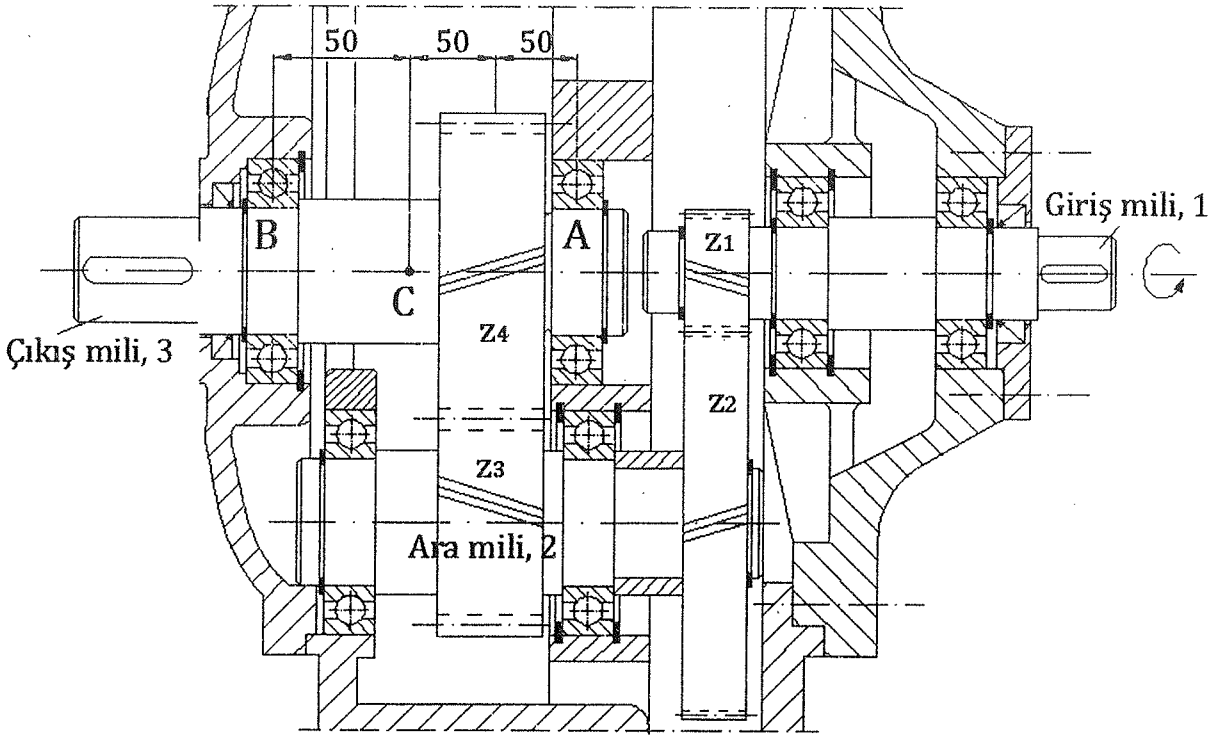
Aşağıda helis dişlilerden oluşan iki kademeli bir redüktör verilmiştir.

Verilen değerler: P_1=25 kW, n_1=1500 d/d, çıkış devir sayısı n_3=125 d/d, z_1=17, z_2=68, z_3=20, m_{n1}=3 mm, m_{n2}=3,25 mm, β_1=25°, β_2=20°, x_1=x_2=0 ve α_n=20°'dir.

a) Konstrüksiyona göre, x_3=0,4 ise x_4 ne olmalıdır, hesaplayınız.

b) Profil ötelemesi yapılmamış duruma göre (x_3=x_4=0), çıkış mili için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz. A yatağındaki eksenel ve radyal kuvvetleri hesaplayınız.

c) C noktasındaki eşdeğer (bileşke) gerilmeyi hesaplayınız. Mil çapı d_C=40 mm alınacaktır.



ÇÖZÜM:

$P_1=25$ kW, $n_1=1500$ d/d, $n_3=125$ d/d

$\beta_1=25°$, $\beta_2=20°$, $x_1=x_2=0$, $\alpha=\alpha_n=20°$

$z_1=17$, $z_2=68$, $z_3=20$, $m_{n1}=3$ mm, $m_{n2}=3{,}25$ mm

a) $$i_{12}=\frac{z_2}{z_1}=\frac{n_1}{n_2} \rightarrow \frac{68}{17}=\frac{1500}{n_2} \rightarrow n_2=375 \text{ d/d}$$

$$n_3=n_2=375 \text{ d/d}$$

$$i_{34}=\frac{z_4}{z_3}=\frac{n_3}{n_4} \rightarrow \frac{z_4}{20}=\frac{375}{125} \rightarrow z_4=60$$

$$e_{01}=\frac{m_{n_1}}{2\cdot\cos\beta_1}\cdot(z_1+z_2)=\frac{3}{2\cdot\cos 25}\cdot(17+68)=140{,}68 \text{ mm}$$

$$e_{02}=\frac{m_{n_2}}{2\cdot\cos\beta_2}\cdot(z_3+z_4)=\frac{3{,}25}{2\cdot\cos 20}\cdot(20+60)=138{,}34 \text{ mm}$$

$$\Delta e=140{,}68-138{,}34=+2{,}34 \text{ (pozitif öteleme)}$$

$$\tan\alpha_a=\frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta_2}=\frac{\tan 20}{\cos 20} \rightarrow \alpha_a=21{,}17°$$

$$e_{01}=e_{02}\cdot\frac{\cos\alpha_a}{\cos\alpha_{wa}} \rightarrow 140{,}68=138{,}34\cdot\frac{\cos 21{,}17}{\cos\alpha_{wa}} \rightarrow \alpha_{wa}=23{,}5°$$

$$x_3 + x_4 = \frac{z_3 + z_4}{2 \cdot \tan \alpha_n} \cdot (\text{inv}\,\alpha_{wa} - \text{inv}\,\alpha_a)$$

$$x_3 + x_4 = \frac{20 + 60}{2 \cdot \tan 20} \cdot (\text{inv}\,23{,}5 - \text{inv}\,21{,}17)$$

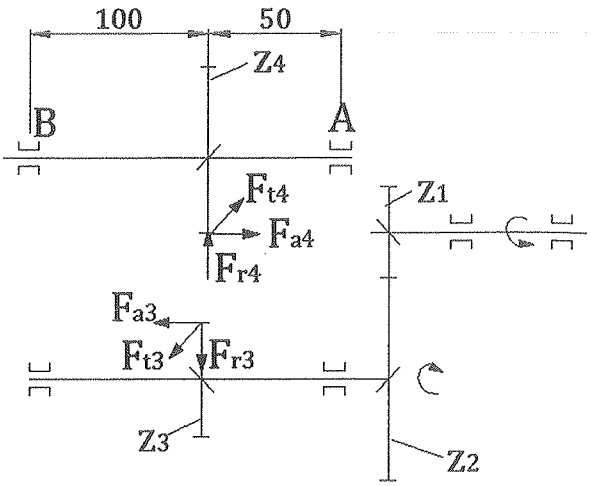
$$x_3 + x_4 = \frac{40}{\tan 20} \cdot \left[\left(\tan 23{,}5 - \frac{\pi}{180} \cdot 23{,}5\right) - \left(\tan 21{,}17 - \frac{\pi}{180} \cdot 21{,}17\right)\right]$$

$$x_3 + x_4 = +0{,}75$$

$$x_3 = +0{,}4 \quad \rightarrow \quad x_4 = +0{,}35$$

b) z_4=60, P=25 kW, m_{n2}=3,25 mm,

n_4=125 d/d



$$M_{d_4} = 9550 \cdot \frac{25}{125} = 1910 \text{ Nm}$$

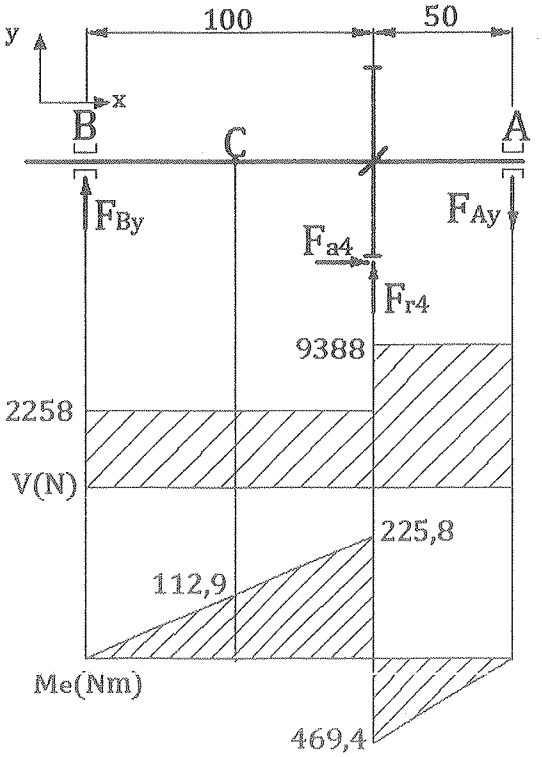
$$M_{d_4} = 1910000 \text{ Nmm}$$

$$d_4 = \frac{m_{n_2} \cdot z_4}{\cos \beta_2} = \frac{3{,}25 \cdot 60}{\cos 20} = 207{,}5 \text{ mm}$$

$$F_{t_4} = \frac{2 \cdot M_d}{d_4} = \frac{2 \cdot 1910000}{207{,}5} = 18410 \text{ N}$$

$$F_{r_4} = F_{t_4} \cdot \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta_2} = 18410 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 20} = 7130 \text{ N}$$

$$F_{a_4} = F_{t_4} \cdot \tan \beta_2 = 18410 \cdot \tan 20 = 6700 \text{ N}$$



<u>x – y düzlemi:</u>

$$\sum M_B = 0$$

$$-F_{r_4} \cdot 100 - F_{a_4} \cdot \frac{d_4}{2} + F_{A_y} \cdot 150 = 0$$

$$-7130 \cdot 100 - 6700 \cdot \frac{207{,}5}{2} + F_{A_y} \cdot 150 = 0$$

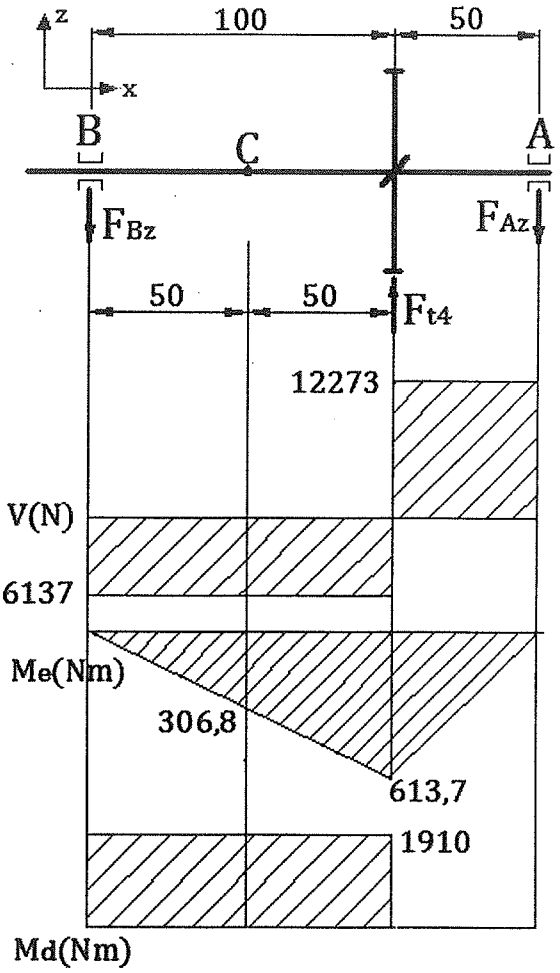
$$F_{A_y} = 9388 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{A_y} + F_{B_y} + F_{r_4} = 0$$

$$F_{B_y} = 9388 - 7130 = 2258 \text{ N}$$

x – z düzlemi:



$\sum M_B = 0$

$F_{A_z} \cdot 150 - F_{t_4} \cdot 100 = 0$

$F_{A_z} \cdot 150 - 18410 \cdot 100 = 0$

$F_{A_z} = 12273\ N$

$\sum F_z = 0$

$-F_{A_z} - F_{B_z} + F_{t_4} = 0$

$-12273 - F_{B_z} + 18410 = 0$

$F_{B_z} = 6137\ N$

A – yatak kuvvetleri;

$$F_{Ar} = \sqrt{{F_{A_y}}^2 + {F_{A_z}}^2} = \sqrt{9388^2 + 12273^2}$$

$$= 15451\ N$$

$F_{Aa} = 0$ (serbest yatak)

c) $M_d = M_{d4} = 1910000\ Nmm$

$M_{e_C} = \sqrt{306850^2 + 112900^2} = 326960\ Nmm$

$F_C = \sqrt{2258^2 + 6137^2} = 6539\ N$

$$\tau_k = \frac{6539}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{6539 \cdot 4}{\pi \cdot 40^2} = 5{,}2\ N/mm^2$$

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{326960}{\frac{\pi \cdot 40^3}{32}} = 52\ N/mm^2$$

$$\tau_b = \frac{M_d}{W_b} = \frac{1910000}{\frac{\pi \cdot 40^3}{16}} = 152\ N/mm^2$$

$$\tau_{eş} = \sqrt{{\tau_b}^2 + {\tau_k}^2} = \sqrt{152^2 + 5{,}2^2} = 152{,}1\ N/mm^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{{\sigma_e}^2 + 3 \cdot {\tau_{eş}}^2} = \sqrt{52^2 + 3 \cdot 152{,}1^2} = 268{,}5\ N/mm^2$$

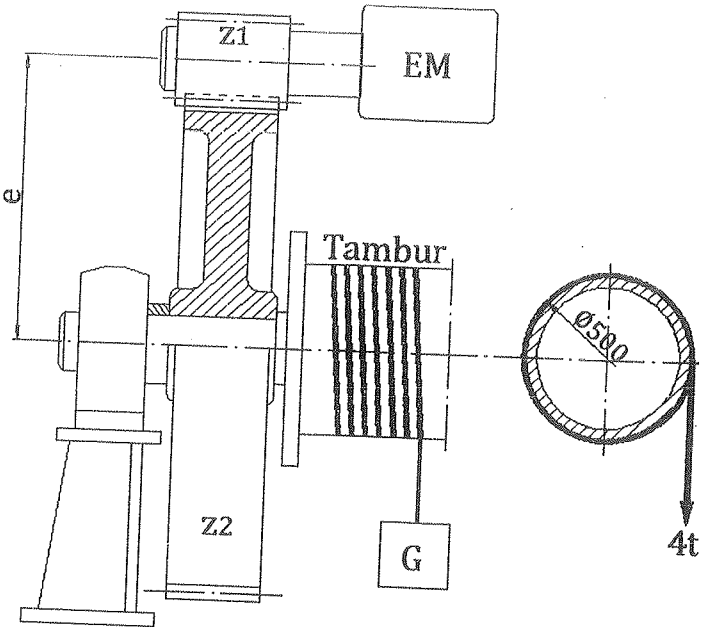
PROBLEM 17.14

Şekilde, elektrik motoru, helis dişli çark ve halat-tambur sistemi ile 4 ton yük taşınmaktadır.

n_1=250 d/d, z_1=14 (sıfır dişli), m_n=8 mm, i=5, α_n=20°, β=25°, tambur verimi %90, dişli verimi %95 alınacaktır.

a) Motor gücünü bulunuz.

b) e=368 mm olması için ikinci dişliye verilmesi gereken profil öteleme miktarını bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) $M_t = G \cdot \frac{D}{2} = 40000 \cdot \frac{500}{2} = 10\ \text{kNm}$

$M_m = \frac{M_t}{i} = \frac{10}{5} = 2\ \text{kNm}$

$M_m = 9550 \cdot \frac{P}{n_1} \rightarrow 2 \cdot 10^3 = 9550 \cdot \frac{P}{250} \rightarrow P = 52{,}3\ \text{kW}$

$P_m = \frac{P}{\eta_t \cdot \eta_d} = \frac{52{,}3}{0{,}9 \cdot 0{,}95} = 55{,}2\ \text{kW} \rightarrow$ EK – 5'den 55 kW'lık motor seçilir.

b) e=368 mm olması için x_1=0 ise x_2= ?

$z_2 = i \cdot z_1 = 5 \cdot 14 = 70$

$e_0 = \frac{m_n}{2 \cdot \cos\beta} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{8}{2 \cdot \cos 25} \cdot (14 + 70) = 370{,}73\ \text{mm}$

$\tan\alpha_a = \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 25} \rightarrow \alpha_a = 21{,}88°$

$e = e_0 \cdot \frac{\cos\alpha_a}{\cos\alpha_{wa}} \rightarrow 368 = 370{,}73 \cdot \frac{\cos 21{,}88}{\cos\alpha_{wa}} \rightarrow \alpha_{wa} = 20{,}79°$

$\text{inv}\,\alpha_{wa} = \tan 20{,}79 - \frac{\pi}{180} \cdot 20{,}79 = 0{,}01699$

$\text{inv}\,\alpha_a = \tan 21{,}88 - \frac{\pi}{180} \cdot 21{,}88 = 0{,}01991$

$0 + x_2 = \frac{14 + 70}{2 \cdot \tan 20} \cdot (0{,}01699 - 0{,}01991) \rightarrow x_2 = -0{,}33$

PROBLEM 17.15

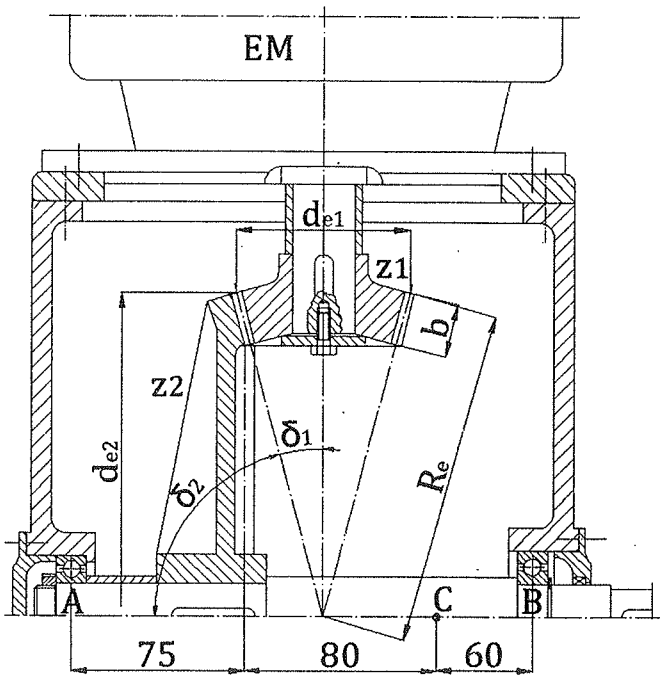
Bantlı konveyöre hareket veren tek kademeli konik dişli redüktör verilmiştir. Elektrik motorunun gücü P=5,5 kW, devir sayısı n=960 d/d, z_1=14, i=4,5 Σ=90° ve m_e=6 mm olarak verilmektedir. Dişli malzemesi 16MnCr5, emniyet katsayısı 1,5, diş genişliği 30 mm ve dişler taşlanmış kabul edilecektir.

a) Diş dibi mukavemetine göre modül kontrolünü yapınız.

b) Çıkış mili için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) A ve B yatak kuvvetlerini bulunuz.

d) C noktasındaki bileşke gerilmeyi hesaplayınız. C noktasındaki mil çapı d_c=30 mm alınacaktır.



ÇÖZÜM:

P=5,5 kW, n_1=960 d/d, z_1=14, i=4,5 , Σ=90°, m_e=6 mm, 16MnCr5, S=1,5, b=30 mm

a) Modül kontrolü;

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d1} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m}{\psi_m \cdot z \cdot \sigma_{em}}}$$

$$M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{5,5}{960} = 54,713 \text{ Nm} = 54713 \text{ Nmm}$$

$$d_e = m_e \cdot z = 6 \cdot 14 = 84 \text{ mm}$$

$$\Sigma = 90° \rightarrow \tan \delta_1 = \frac{1}{i} \rightarrow \delta_1 = 12,52°$$

$$R_e = \frac{d_{e_1}}{2 \cdot \sin \delta_1} = 193,74 \text{ mm}$$

$$m_m = m_e \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot b}{R_e}\right) = 6 \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot 30}{193,74}\right) = 5,53 \text{ mm}$$

$$z_e = \frac{14}{\cos 12,52} = 14,34 \cong 15$$

Şekil 17.29'dan z_e=15 için K_f=3,25 alınır.

K_v=1 (Çizelge 17.6); K_i=1 (Çizelge 17.5, elektrik motoru – bantlı konveyör)

K_m=1,15 (Çizelge 17.11, dişlinin bir tanesi iki taraftan yataklanmış)

$$\psi_m = \frac{b}{m_m} = \frac{30}{5,53} = 5,42$$

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{DD}}{K_ç \cdot S}$$

K_b=0,75 (m_m > 5 mm için)

Çizelge 3.8'den 16MnCr5 için R_m=1000 N/mm² alınır.

Çizelge 3.3'den K_y=0,93 alınır.

$$r = 0,38 \cdot m_m = 2,1 \text{ mm}$$

r=2,1mm ve R_m=1000 N/mm² için Çizelge 3.4'den q = 0,9 alınır.

σ_{DD}=860 N/mm² (Çizelge 17.4)

$$K_t = 0,18 + \left(\frac{m \cdot \pi}{2 \cdot r}\right)^{0,15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0,45} = 1,29$$

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0,9 \cdot (0,29) = 1,26$$

$$\sigma_{em} = \frac{0,75 \cdot 0,93 \cdot 860}{1,26 \cdot 1,5} = 317,38 \text{ N/mm}^2$$

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 54713 \cdot 3,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,15}{5,42 \cdot 14 \cdot 317,38}}$$

$m_m \geq 2,57$ mm olmalıdır.

$2,57 \leq 5,53$ mm olduğu için emniyetlidir.

b) $d_{m_1} = m_{m_1} \cdot z_1 = 77,4$ mm

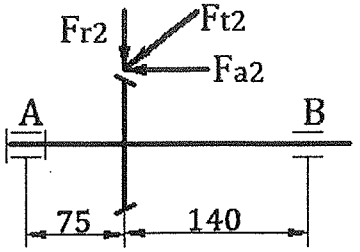
$$F_{t_1} = F_{t_2} = \frac{2 \cdot M_{d_1}}{d_{m_1}} = 1412 \text{ N}$$

$F_{r_1} = F_{a_2} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 501{,}7$ N; $F_{a_1} = F_{r_2} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 111{,}4$ N

x – y düzlemi:

F_{a2}' den dolayı oluşan eğilme momenti;

$$M_{e_a} = F_{a_2} \cdot \frac{d_{m_2}}{2} = 501{,}7 \cdot \frac{77{,}4 \cdot 4{,}5}{2} = 87371 \text{ Nmm}$$



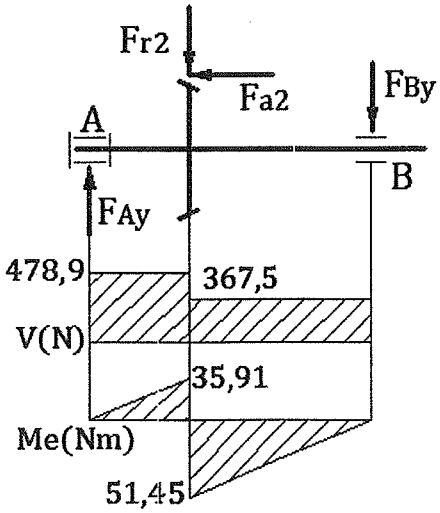
$\sum M_A = 0$

$F_{r_2} \cdot 75 + F_{B_y} \cdot 215 - M_{e_a} = 0$

$F_{B_y} = 367{,}5$ N

$\sum F_y = 0$

$F_{A_y} - F_{B_y} = F_{r_2} \rightarrow \ F_{A_y} = 478{,}9$ N



x – z düzlemi:

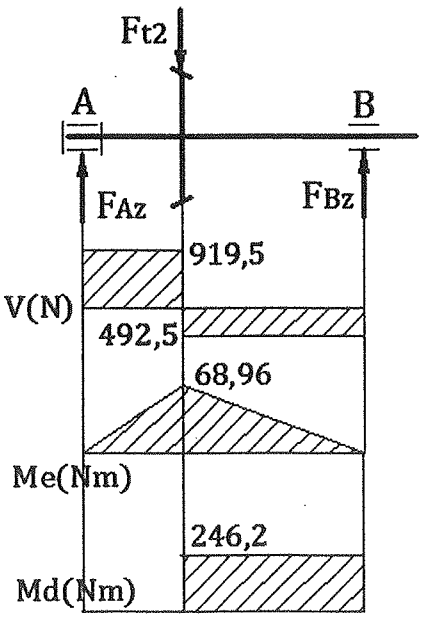
$\sum M_A = 0$

$F_{t_2} \cdot 75 - F_{B_z} \cdot 215 = 0$

$F_{B_z} = 492{,}5$ N

$\sum F_z = 0$

$F_{A_z} + F_{B_z} - F_{t_2} = 0 \rightarrow F_{A_z} = 919{,}5$ N



Döndürme momenti;

$M_{d_2} = i \cdot M_{d_1} = 246208{,}5$ Nmm

c) A yatağında meydana gelen kuvvetler;

$$F_{A_r} = \sqrt{{F_{A_y}}^2 + {F_{A_z}}^2} = \sqrt{478{,}9^2 + 919{,}5^2} = 1036{,}7 \text{ N}$$

$F_{a2} = F_{A_a} = 501{,}7$ N (sabit yatak)

B yatağında meydana gelen kuvvetler;

$$F_{B_r} = \sqrt{{F_{B_y}}^2 + {F_{B_z}}^2} = \sqrt{367{,}5^2 + 492{,}5^2} = 614{,}5 \text{ N}$$

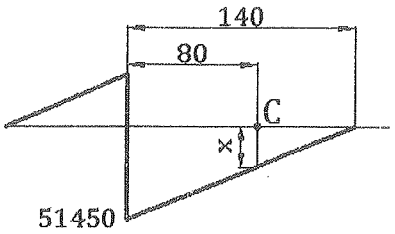
$F_{B_a} = 0$ (serbest yatak eksenel yük taşımaz)

d) C noktasında hem eğilme hem de burulma gerilmesi oluşur.

x – y düzlemi için;

$$\frac{60}{140} = \frac{x}{51450} \rightarrow x = 22050$$

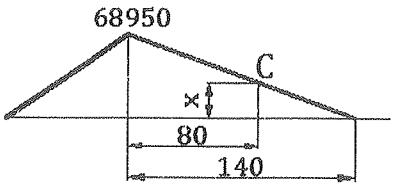
$M_{e_{xy}} = 22050$ Nmm



x – z düzlemi için;

$$\frac{60}{140} = \frac{x}{68950} \rightarrow x = 29550$$

$M_{e_{xz}} = 29550$ Nmm



$$M_e = \sqrt{M_{e_{xy}}^{\,2} + M_{e_{xz}}^{\,2}} = 36870 \text{ Nmm}$$

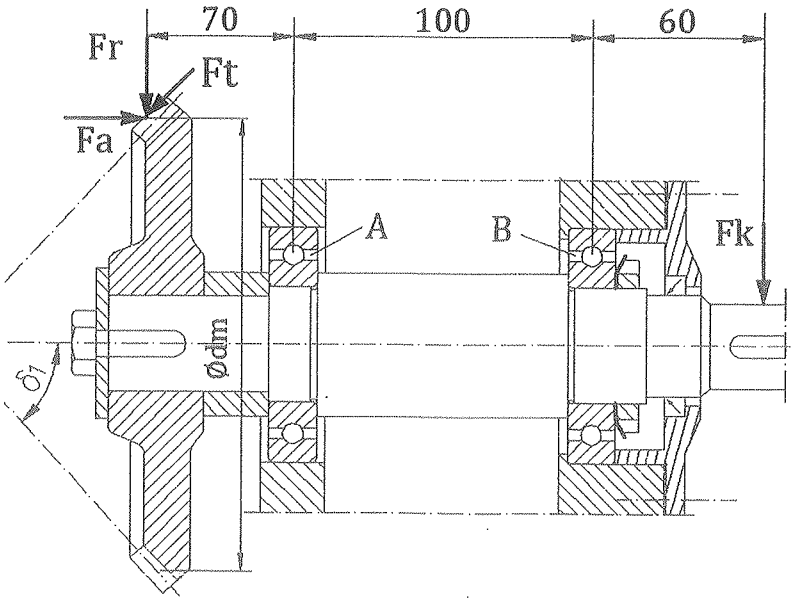
$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{36870}{\pi \cdot \frac{30^3}{32}} = 13{,}87 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_b = \frac{M_{d2}}{W_b} = \frac{246208{,}5}{\pi \cdot \frac{30^3}{16}} = 46{,}44 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e^{\,2} + 3 \cdot \tau_b^{\,2}} = \sqrt{13{,}87^2 + 3 \cdot 46{,}44^2} = 81{,}62 \text{ N/mm}^2$$

PROBLEM 17.16

Şekildeki gösterilen mil, konik dişli çark yardımıyla moment iletmektedir. İletilmek istenen güç P=7,5 kW ve devir sayısı n=900 d/d'dır. Mil üzerine kayış mekanizmasından gelen F_k=2500 N radyal kuvveti etki etmektedir. Koniklik açısı $\delta_1 = 50°$ ve kavrama açısı $\alpha = 20°$ dir. Konik dişli çarkın ortalama çapı d_m=100 mm dir.



a) Dişli kuvvetlerini bulunuz.

b) A ve B yatak kuvvetlerini bulunuz.

c) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

d) Milin kritik kesitini bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) $M_d = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{7,5}{900} = 79,58\ \text{Nm}$

$F_t = \frac{2 \cdot M_d}{d_m} = \frac{2 \cdot 79580}{100} = 1591\ \text{N}$

$F_r = F_t \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 372\ \text{N}$

$F_a = F_t \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 443\ \text{N}$ bulunur.

b, c) x-y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

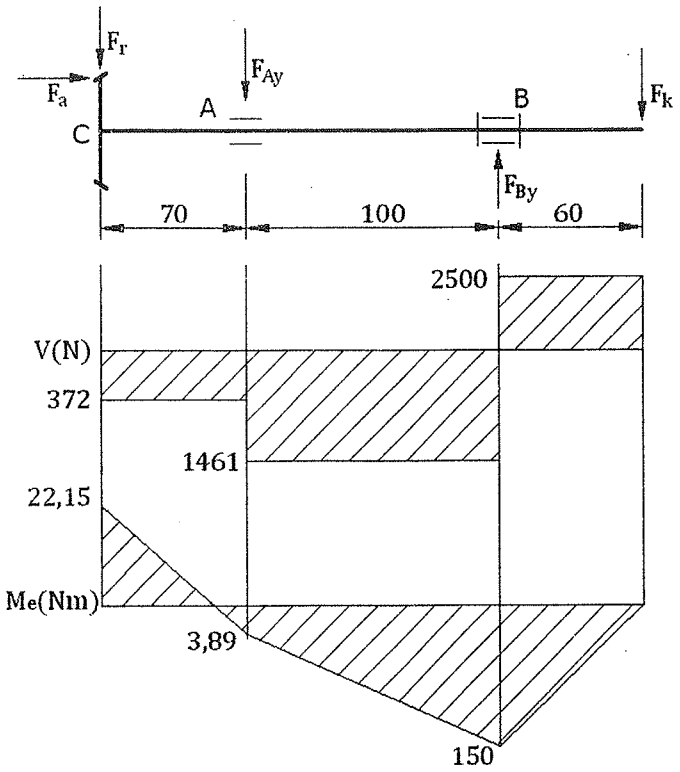
$443 \cdot 50 - 372 \cdot 70 - F_{By} \cdot 100 + 2500 \cdot 160 = 0$

$F_{By} = 3961\ \text{N}$

$\sum F_y = 0$

$-372 + 3961 - 2500 - F_{Ay} = 0$

$F_{Ay} = 1089\ \text{N}$



x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

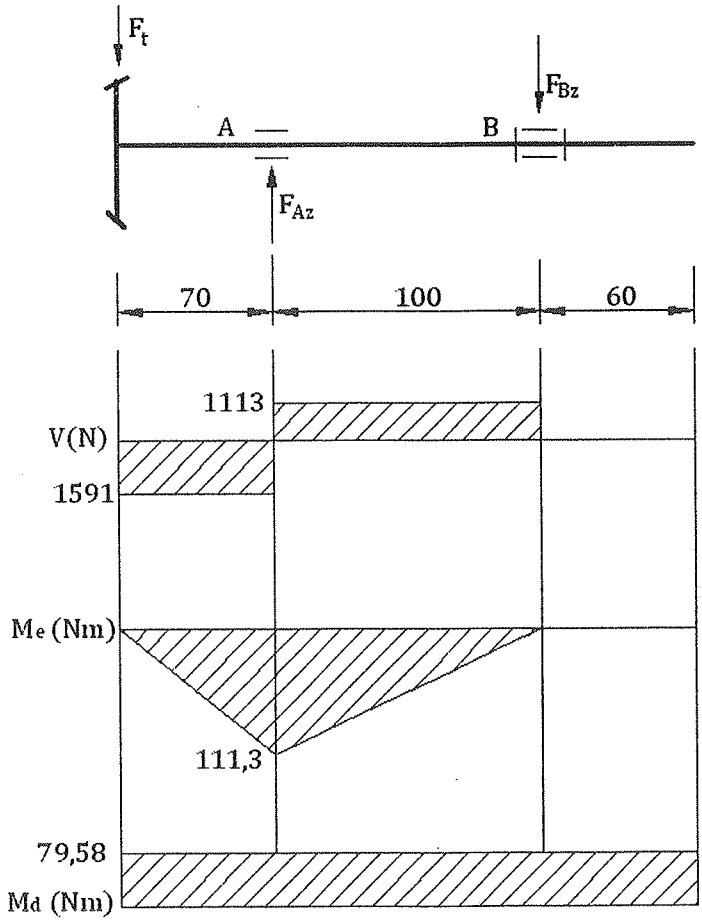
$-1591 \cdot 70 + F_{Bz} \cdot 100 = 0$

$F_{Bz} = 1113\ \text{N}$

$F_{Az} = 1591 + 1113 = 2704\ \text{N}$

$F_A = \sqrt{1089^2 + 2704^2} = 2915\ \text{N}$

$F_B = \sqrt{3961^2 + 1113^2} = 4114\ \text{N}$



d) $M_A = \sqrt{3,89^2 + 111,3^2} = 111,36\ \text{Nm}$

$M_B = \sqrt{150^2 + 0^2} = 150\ \text{Nm}$

B yatağındaki eğilme momenti maksimum olduğu için kritik kesit, B yatağının olduğu bölgedir. Burulma momenti bütün mil boyunca aynıdır.

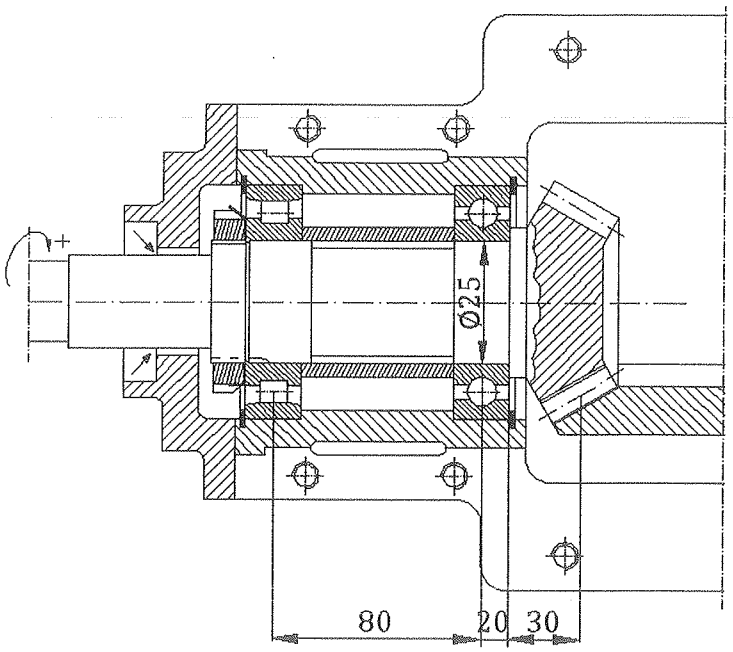
PROBLEM 17.17

Şekilde birinci kademesi konik dişli olan redüktörün bir bölümü verilmiştir.

Verilen değerler: P=2,5 kW, n_1=750 d/d, çevrim oranı i_{12}=3, z_1=16, m_e=5 mm, dişli genişliği b=35 mm, dişli malzemesi 16MnCr5, $K_ç$=1,5; K_y=1 ve S=1,5 ise;

a) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz. Sabit bilyalı rulmanın takıldığı faturadaki 25 mm'lik çapı kontrol ediniz.

b) Silindirik makaralı rulmana gelen eksenel ve radyal kuvvetleri bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) $\tan\delta_1 = \frac{1}{i} = \frac{1}{3} = 0{,}333 \rightarrow \delta_1 = 18{,}43°$

$$m_e = m_m + \frac{b}{z_1} \cdot \sin\delta_1$$

$$5 = m_m + \frac{35}{16} \cdot \sin 18{,}43 \rightarrow m_m = 4{,}30 \text{ mm}$$

$$d_m = m_m \cdot z_1 = 4{,}3 \cdot 16 = 68{,}8 \text{ mm}$$

$$M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{2{,}5}{750} = 31{,}83 \text{ Nm}$$

Dişli kuvvetleri;

$$F_{t_1} = \frac{2 \cdot M_{d_1}}{d_{m_1}} = \frac{2 \cdot 31830}{68{,}8} = 925{,}3 \text{ N}$$

$$F_{r_1} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 925{,}3 \cdot \tan 20 \cdot \cos 18{,}43 = 319{,}4 \text{ N}$$

$$F_{a_1} = F_{t_1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 925{,}3 \cdot \tan 20 \cdot \sin 18{,}43 = 106{,}4 \text{ N}$$

x - y düzlemi:

$\sum M_A = 0$

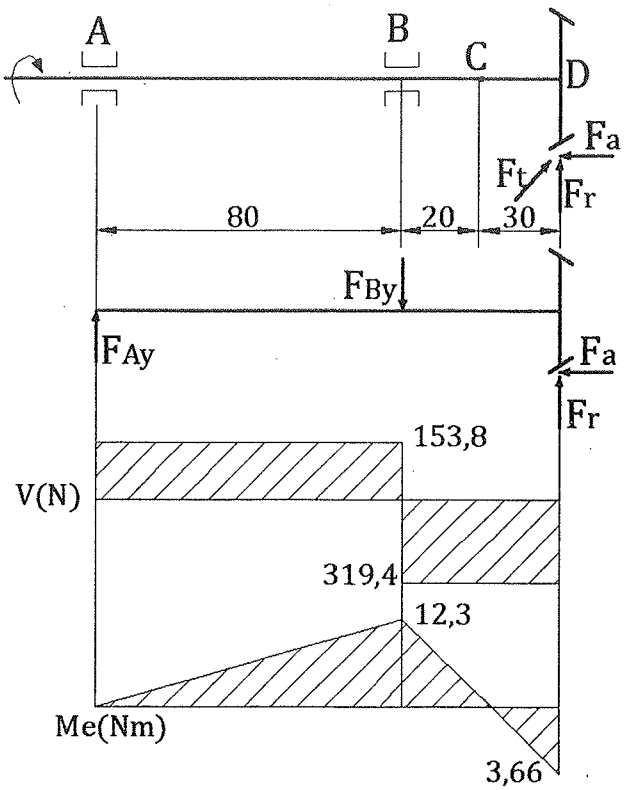
$F_{B_y} \cdot 80 + F_a \cdot \frac{d_m}{2} - F_r \cdot 130 = 0$

$F_{B_y} = 473{,}2\ N$

$\sum F_y = 0$

$F_{A_y} - F_{B_y} + F_r = 0$

$F_{A_y} = 153{,}8\ N$



x - z düzlemi:

$\sum M_A = 0$

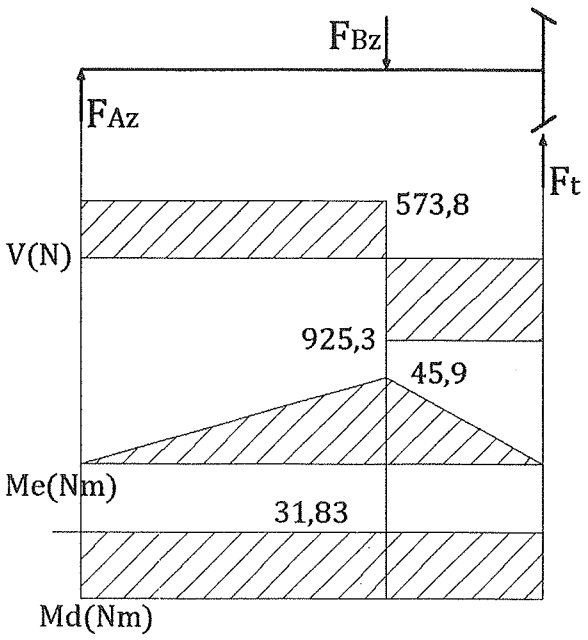
$F_{B_z} \cdot 80 - F_t \cdot 130 = 0$

$F_{B_z} = 1503{,}6\ N$

$\sum F_z = 0 \quad \rightarrow \quad F_{A_z} - F_{B_z} + F_t = 0$

$F_{A_z} = 1503{,}6 - 925{,}3 = 578{,}3\ N$

C noktasındaki eğilme momenti;



$M_{e_y} = -F_a \cdot \frac{d_m}{2} + F_r \cdot 30 = 5{,}92\ Nm$

$M_{e_z} = F_t \cdot 30 = 925{,}3 \cdot 30 = 27{,}75\ Nm$

$M_{eC} = \sqrt{5{,}92^2 + 27{,}75^2} = 28{,}37\ Nm$

$\sigma_{TD_e}{}^* = \frac{460 \cdot 1 \cdot 0{,}925}{1{,}5} = 283{,}6\ N/mm^2$

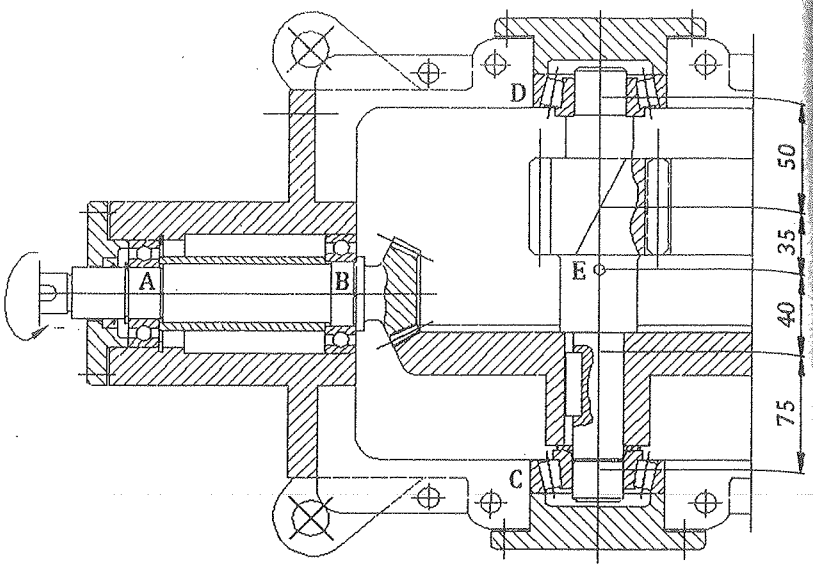
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{28{,}37 \cdot 10^3}{283{,}6}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{31{,}83 \cdot 10^3}{630}\right)^2}}$$

$d = 11{,}86\ mm < 25\ mm$ emniyetlidir.

b) $F_{Aa} = 0$; $F_{Ar} = \sqrt{{F_{A_y}}^2 + {F_{A_z}}^2} = \sqrt{153{,}8^2 + 578{,}3^2} = 598{,}4\ N$

PROBLEM 17.18

Yandaki şekilde iki kademeli redüktör verilmiştir. Redüktör gücü P_1=20 kW, giriş devir sayısı n_g=1500 d/d ve çevrim oranı i_{12}=3,5 olarak verilmiştir. Konik dişli kademesinde z_1=20, m_e=4 mm, Σ=90°; b=30 mm alınacaktır. Helis dişli kademesinde m_n=3 mm, z_3=20, β=20° ve her iki kademedeki kavrama açısı α=20° dir.

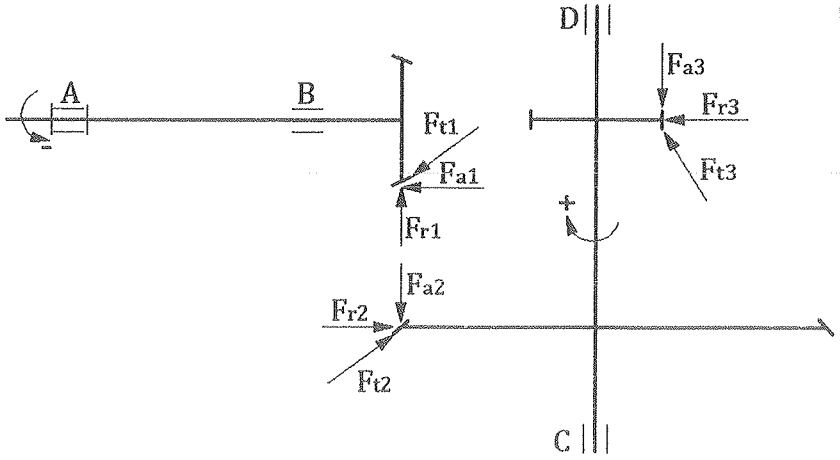


a) Her iki mile etkiyen dişli kuvvetlerini bulunuz.

b) 2. Mil için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) E noktasındaki mil çapı d=30 mm olduğuna göre, bu noktadaki bileşke (eşdeğer) gerilmeyi bulunuz.

ÇÖZÜM:



a) 1. Mile etkiyen kuvvetler;

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{20}{1500} = 127{,}33 \text{ Nm}$$

$$\tan\delta_1 = \frac{1}{i_{12}} = \frac{1}{3{,}5} \rightarrow \delta_1 = 15{,}94°$$

$$d_{m1} = m_e \cdot z_1 - b \cdot \sin\delta_1$$

$$= 4 \cdot 20 - 30 \cdot \sin 15{,}94 = 71{,}76 \text{ mm}$$

$$d_{m2} = i_{12}.d_{m1} = 3{,}5 \cdot 71{,}76 = 251{,}66 \text{ mm}$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = 3548{,}8 \text{ N}$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 1242 \text{ N}$$

$$F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 355 \text{ N}$$

2. Mile etkiyen kuvvetler;

Konik dişliden gelen;

$F_{t2} = F_{t1} = 3548{,}8$ N; $F_{a2} = F_{r1} = 1242$ N; $F_{r2} = F_{a1} = 355$ N

Helis dişliden gelen;

$$d_3 = \frac{m_n \cdot z_3}{\cos\beta} = \frac{3 \cdot 20}{\cos 20} = 63{,}85 \text{ mm}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_3} = \frac{2 \cdot 3{,}5 \cdot 127333}{63{,}85} = 13960 \text{ N}$$

$$F_{r3} = F_{t3} \cdot \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = 5407 \text{ N}$$

$$F_{a3} = F_{t3} \cdot \tan\beta = 5081 \text{ N}$$

b) <u>x - y düzlemi:</u>

$$\sum M_C = 0$$

$$F_{r2} \cdot 75 - F_{a2} \cdot 125{,}58 - F_{r3} \cdot 150 + F_{a3} \cdot 31{,}92 + F_{Dy} \cdot 200 = 0$$

$$F_{Dy} = 3891 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{Cy} - F_{r2} - F_{Dy} + F_{r3} = 0$$

$$F_{Cy} = 1161 \text{ N}$$

<u>x - z düzlemi:</u>

$$\sum M_C = 0$$

$$-F_{t2} \cdot 75 - F_{t3} \cdot 150 + F_{Dz} \cdot 200 = 0$$

$$F_{Dz} = 11800 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0$$

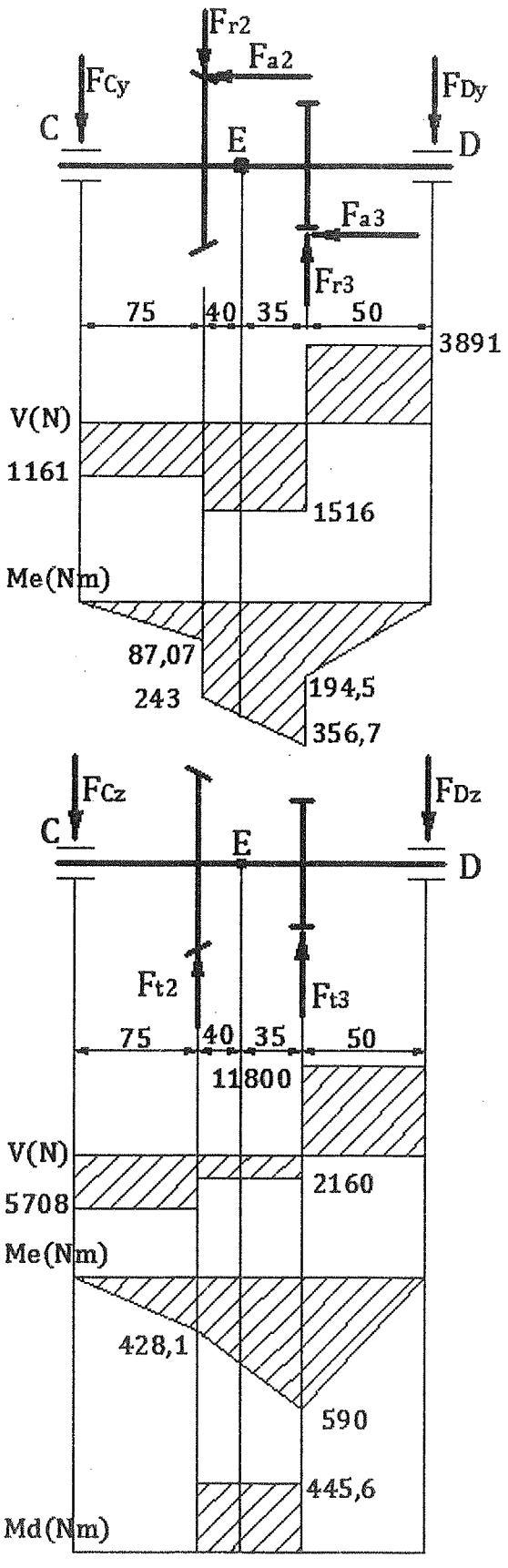
$$-F_{Cz} - F_{Dz} + F_{t2} + F_{t3} = 0$$

$$F_{Cz} = 5708 \text{ N}$$

c) E noktasında hem eğilme hem de burulma gerilmesi vardır.

$$\tau_b = \frac{M_{d2}}{W_b} = \frac{16 \cdot 445665{,}5}{\pi \cdot 30^3} = 84 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{exy} \rightarrow \frac{x_1}{40} = \frac{(356745 - 243045)}{75}$$

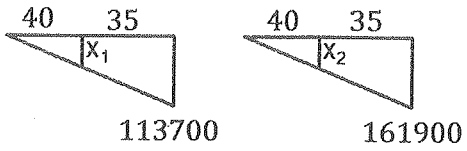


$x_1 = 60640 \rightarrow M_{exy} = 243045 + 60640 = 303685$ Nmm

$$M_{exz} \rightarrow \frac{x_2}{40} = \frac{(590000 - 428100)}{75}$$

$x_2 = 86346 \rightarrow M_{exz} = 428100 + 86346 = 514446$ Nmm

$$M_e = \sqrt{M_{exz}^2 + M_{exy}^2} = 597393 \text{ Nmm}$$



$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_e} = \frac{32 \cdot 597393}{\pi \cdot 30^3} = 225{,}37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{eş} = \sqrt{\sigma_e^2 + 3 \cdot \tau_b^2} = 268 \text{ N/mm}^2$$

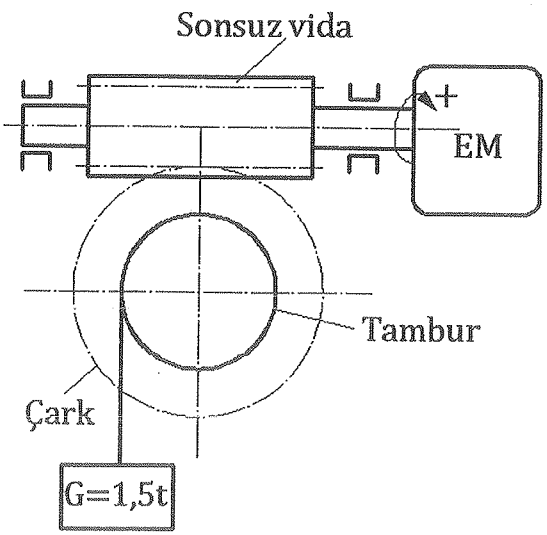
PROBLEM 17.19

Şekilde verilen yük kaldırma sisteminde kullanılan sonsuz vida mekanizmasında, 2 ağızlı vida ve diş sayısı 100 olan çark kullanılmıştır. Çark tarafından döndürülen tamburun çapı d_t=255 mm ve sistemin verimi %60 alınacaktır.

a) Kaldırılan yükün v=0,2 m/s ile yukarı çıkabilmesi için motor gücü ve devir sayısı ne olmalıdır.

b) Sağdan bakıldığında, motor saat yönünde döndüğüne göre, ağırlığın yukarı kaldırılabilmesi için sonsuz vidanın helis yönü ne olmalıdır.

c) Bu durumda çarkın helis yönü ne olur.



ÇÖZÜM:

a) G=F_t=1,5t=15000 N; v=0,2 m/s

Halatta harcanan güç: $P_H = F_t \cdot v = 15000 \cdot 0{,}2 = 3000 \text{ W} = 3 \text{ kW}$

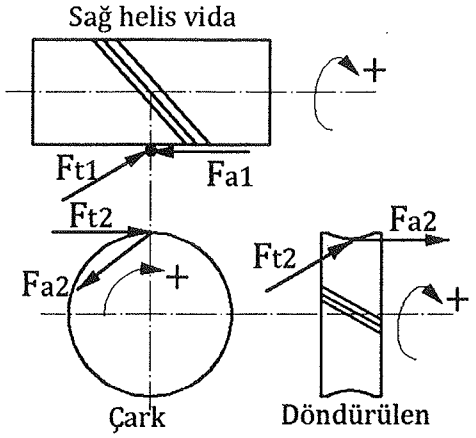
$$P_m = \frac{P_H}{\eta} = \frac{3}{0{,}6} = 5 \text{ kW} \rightarrow \text{EK} - 5\text{'den } 5{,}5 \text{ kW'lık motor seçilir.}$$

$$v_t = \frac{\pi \cdot d_t \cdot n_t}{60}$$

$$n_t = \frac{0{,}2 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 0{,}255} = 14{,}98 \text{ d/d}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{100}{2} = 50 \quad \rightarrow \quad n_m = i \cdot n_t = 50 \cdot 14{,}98 = 749 \; = 750 \text{ d/d alınabilir.}$$

b) Yükün yukarı çıkması için çark saat yönünde dönmelidir. Çark döndürülen olduğu için dönme yönü ile teğetsel kuvvet aynı yönlüdür. Çarktaki teğetsel kuvvet ile vidadaki eksenel kuvvet zıt yönlü olduğu ve vida motor ile birlikte saat yönünde döndürüldüğü için sağ helis olmalıdır.



c) Sonsuz vida mekanizmalarında vida ve çarkın helis yönleri her zaman aynı olduğu için, çark da sağ helistir. Yukarıdaki resimde F_{a2}, dönme yönü ve döndürülen olma durumuna göre de sağ helis olması gerektiği belirtilmiştir.

PROBLEM 17.20

Bir tekstil makinasında sonsuz vida redüktörü kullanılacaktır. Redüktöre bağlanacak olan motor gücü P=1,75 kW, motorun devir sayısı n_1=1450 d/d, redüktör çevrim oranı i_{12}=30, vida ağız sayısı z_1=1, vida şekil sayısı q=12, çark genişliği b_2=20 mm, sürtünme katsayısı μ=0,1 ve α_n =20° alınacaktır. Sonsuz vida malzemesi olarak 16MnCr5 ve çark malzemesi olarak da bronz D-CuSn12 malzeme kullanılacağına göre mekanizma için modül hesabını yapınız.

ÇÖZÜM:

Diş dibinden kırılmaya göre

$$m_a \geq \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot M_{d2}}{\sigma_{em} \cdot b_2 \cdot (\cos\gamma_m)^3 \cdot z_2}}$$

$$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_{12} \cdot \eta_s$$

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{1{,}75}{1450} = 11{,}525 \text{ Nm} = 11525 \text{ Nmm}$$

$$\eta_s = \frac{\tan\gamma_m}{\tan(\gamma + \rho)}$$

$$\tan\gamma_m = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{12} = 0{,}083 \rightarrow \gamma_m = 4{,}75^\circ \text{ (helis açısı)}$$

$$\tan\rho = \frac{\mu}{\cos\alpha_n} = \frac{0{,}1}{\cos 20} = 0{,}106 \rightarrow \rho = 6^\circ \text{ (sürtünme açısı)}$$

$$\eta_s = \frac{\tan 4{,}75}{\tan(4{,}75+6)} = 0{,}43 \rightarrow \%43 \text{ (sistemin verimi)}$$

$$M_{d2} = 11525 \cdot 30 \cdot 0{,}43 = 148672 \text{ Nmm}$$

$\sigma_{em} = 50 - 70 \text{ N/mm}^2$ (bronz malzeme)

$\sigma_{em} = 50 \text{ N/mm}^2$ kabul edildi.

$z_2 = i \cdot z_1 = 1 \cdot 30 = 30$ diş

$$m_a \geq \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot 148672}{50 \cdot 20 \cdot (\cos 4{,}75)^3 \cdot 30}} \rightarrow m_a \geq 2{,}74 \text{ mm}$$

Çizelge 17.14'den m_a=3,15 mm alındı.

Yüzey basıncına göre

$$m_a \geq \sqrt{\frac{30 \cdot M_{d2}}{p_{em} \cdot K_v \cdot z_2^{\,2} \cdot b_2}}$$

Hız faktörü K_v' yi belirleyebilmek için hızı bilmek gerekir, hızı hesaplayabilmek için çark çapının bilinmesi gerekir, çark çapının hesaplanabilmesi için de modül bilinmesi gerekir. Problemin çözümü için diş dibinden kırılmaya göre bulunan modül değeri kullanılabilir.

$d_{m1} = q \cdot m_a = 12 \cdot 3{,}15 = 37{,}8$ mm

$$v_g = \frac{d_{m1} \cdot \pi \cdot n_1}{\cos\gamma_m} = \frac{37{,}8 \cdot \pi \cdot 1450}{\cos 4{,}75 \cdot 60 \cdot 1000} = 2{,}87 \text{ m/s}$$

v_g<15,4 m/s olduğu için K_v=1 alınır.

p_{em}=10-15 N/mm² (Bronz malzeme)

p_{em}=10 N/mm² kabul edildi.

$$m_a \geq \sqrt{\frac{30 \cdot 148672}{10 \cdot 1 \cdot 30^2 \cdot 20}} \rightarrow m_a \geq 4{,}97 \text{ mm}$$

Yüzey basıncından bulunan değer daha büyük olduğu için mekanizmanın modülü olarak, Çizelge 17.14'den bir üst standart değer olan m_a=5 mm alınır.

PROBLEM 17.21

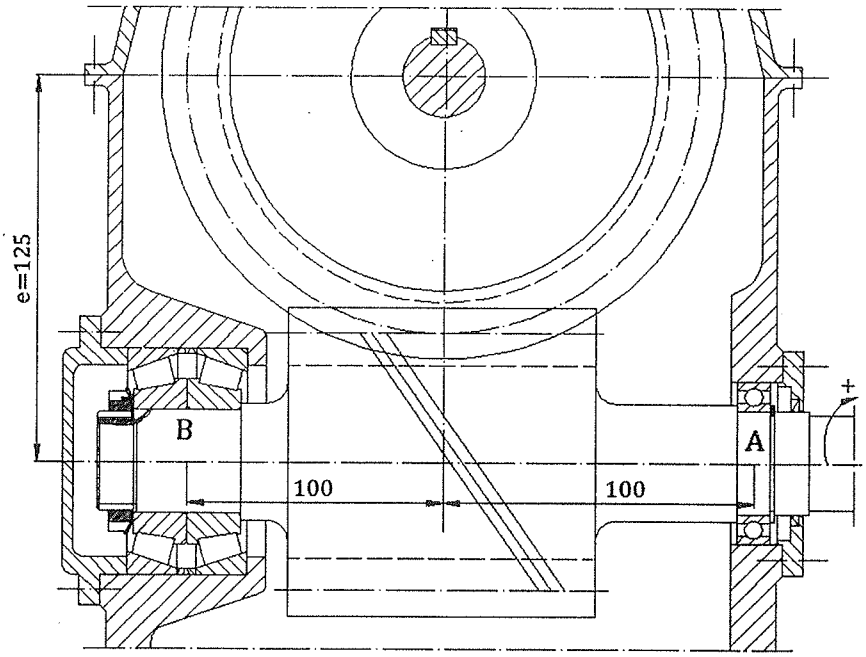
Sonsuz vidalı redüktör ile P=2,6 kW güç iletilmektedir. Sonsuz vida tek ağızlı sağ helis olup saat yönünde dönmektedir. Giriş devir sayısı n_g=950 d/d ve çıkış devir sayısı $n_ç$=32,75 d/d olarak verilmektedir. Vida şekil sayısı q=10, modül m_a=6,3 mm ve vida ile çark arasında μ=0,1 alınacaktır.

a) Eksenler arası mesafenin e=125 mm olabilmesi için çarka yapılması gereken profil öteleme miktarını bulunuz.

b)Sonsuz vidalı mile etkiyen kuvvetleri bulunuz.

c) Mil için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

d) A yatağında 61804 sabit bilyalı rulman kullanılırsa, saat cinsinden ömrü ne olur.



ÇÖZÜM:

a) $i = \frac{n_g}{n_ç} = \frac{950}{32,75} = 29 \rightarrow i = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow 29 = \frac{z_2}{1} \rightarrow z_2 = 29$

$e = \frac{m_a}{2} \cdot (q + z_2 + 2 \cdot x) \rightarrow 125 = \frac{6,3}{2} \cdot (10 + 29 + 2 \cdot x) \rightarrow x = 0,34$ ötelenmesi gerekir.

b) Mile etkiyen kuvvetler;

$d_{m1} = q \cdot m_a = 10 \cdot 6,3 = 63$ mm ; $\tan \gamma_m = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{10} \rightarrow \gamma_m = 5,7°$

$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{2,6}{950} = 26,13$ Nm; $F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 26130}{63} = 829$ N

$\tan \rho = \frac{\mu}{\cos \alpha_n} = \frac{0,1}{\cos 20} \rightarrow \rho = 6°$

$$F_{a1} = \frac{F_{t1}}{\tan(\gamma_m + \rho)} = \frac{829}{\tan(5{,}7 + 6)} = 4003\ N$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\tan\alpha_n \cdot \cos\rho}{\sin(\gamma_m + \rho)}$$

$$F_{r1} = 829 \cdot \frac{\tan 20 \cdot \cos 6}{\sin(5{,}7 + 6)} = 1480\ N$$

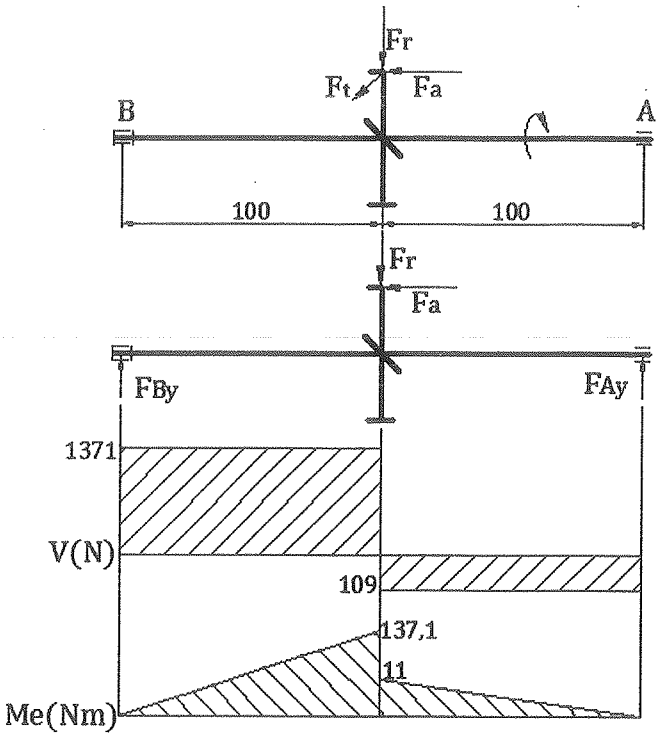
c) <u>x-y düzlemi:</u>

$$\sum M_B = 0$$

$$F_r \cdot 100 - F_a \cdot \frac{63}{2} - F_{Ay} \cdot 200 = 0$$

$$F_{Ay} = 109\ N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_{By} = 1371\ N$$



<u>x-z düzlemi:</u>

$$\sum M_B = 0 \rightarrow F_t \cdot 100 - F_{Az} \cdot 200 = 0$$

$$F_{Az} = 414\ N$$

$$\sum F_z = 0$$

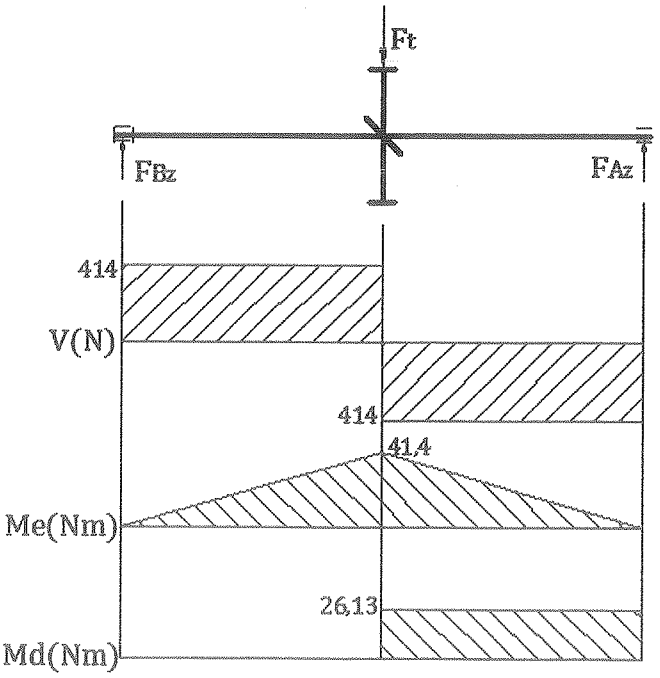
$$-F_t + F_{Az} + F_{Bz} = 0 \rightarrow F_{Bz} = 414\ N$$

d) A yatağı serbest $\rightarrow$ $F_{Aa} = 0$

$$F_{Ar} = \sqrt{{F_{Ay}}^2 + {F_{Az}}^2} = \sqrt{109^2 + 414^2}$$

$$= 428\ N$$

$$F_A = F_{Ar} = 428\ N$$



Çizelge 12.13'den 61804 rulmanı için C = 4,03 kN alınır.

$$L_{hA} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F_A}\right)^P = \frac{10^6}{60 \cdot 950} \cdot \left(\frac{4030}{428}\right)^3 = 14645\ h \text{ bulunur.}$$

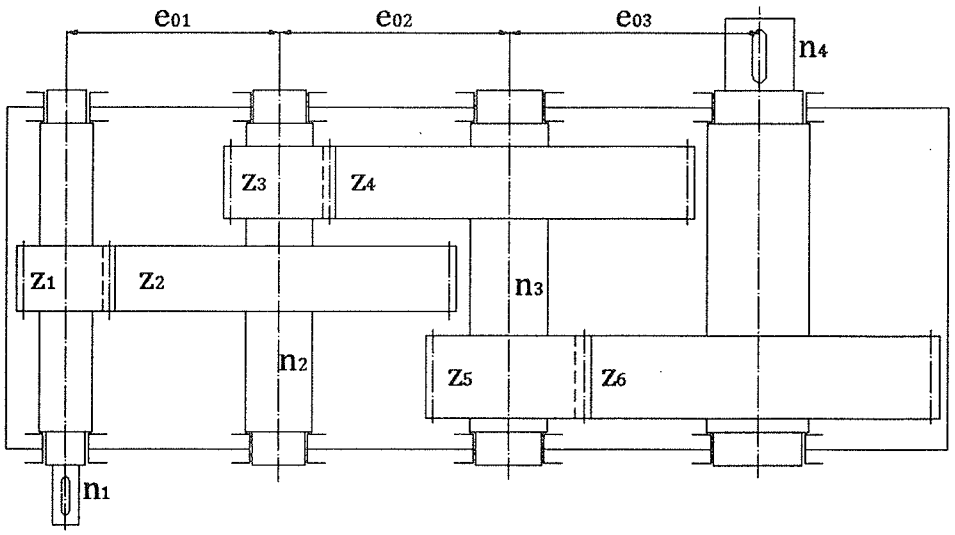
PROBLEM 17.22

Şekildeki üç kademeli redüktör ile P_1=7,5 kW güç iletilmektedir. Giriş devir sayısı n_1=1000 d/d ve çıkış devir sayısı n_4=10 d/d olarak verilmektedir.

I. Kademe düz dişli; i_{12}=4, z_1=16, m_1=3 mm, η_1=0,95

II. Kademe helis dişli; i_{34}=5, z_3=17, m_{n3}=3,5 mm, η_2=0,96

III. Kademe helis dişli; z_5=18, m_{n5}=4 mm, η_3=0,97, β_5=20° alınacaktır.



a) Çıkış gücünü bulunuz.

b) Birinci dişli (z_1) sıfır dişli ise, e_1=118 mm olabilmesi için ikinci dişliye (z_2) ne kadar profil ötelemesi yapılmalıdır.

c) e_{02}=192 mm ise 3. Dişlinin temel dairesi çapı nedir.

d) Üçüncü ve dördüncü milin eksenler arası mesafesi (e_{03}) kaç mm dir.

ÇÖZÜM:

a) $P_ç = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 7{,}5 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}97 = 6{,}63\ \text{kW}$

b) $x_1 = 0;\ e_1 = 118;\ x_2 = ?$

$$i_{12} = 4 = \frac{z_2}{z_1} \rightarrow z_2 = 4 \cdot 16 = 64$$

$$e_{01} = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{3}{2} \cdot (16 + 64) = 120\ \text{mm}$$

$$e_1 = e_{01} \cdot \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha_w} \rightarrow 118 = 120 \cdot \frac{\cos 20}{\cos\alpha_w} \rightarrow \alpha_w = 17{,}13°$$

$$x_1 + x_2 = \frac{z_1 + z_2}{2 \cdot \tan\alpha} \cdot (\text{inv}\alpha_w - \text{inv}\alpha)$$

$$inv\alpha_w = tan17{,}13 - \frac{\pi}{180}\cdot 17{,}13 = 0{,}00923$$

$$inv\alpha = tan20 - \frac{\pi}{180}\cdot 20 = 0{,}01490$$

$$x_2 = \frac{16+64}{2\cdot tan20}(0{,}00923 + 0{,}01490) \quad \rightarrow \quad x_2 = -0{,}62$$

c) $d_{b3} = ?$ $\quad z_3 = 17;\ i_{34} = 5 \quad \rightarrow \quad z_4 = 5\cdot 17 = 85$ diş

$$e_{02} = \frac{m_{n3}}{2\cdot cos\beta_3}\cdot(z_3+z_4) \quad \rightarrow \quad 192 = \frac{3{,}5\cdot(17+85)}{2\cdot cos\beta_3} \quad \rightarrow \quad \beta_3 = 21{,}61°$$

$$tan\alpha_a = \frac{tan20}{cos21{,}61} \quad \rightarrow \quad \alpha_a = 21{,}37°$$

$$d_3 = \frac{z_3\cdot m_n}{cos\beta_3} = \frac{17\cdot 3{,}5}{cos21{,}61} = 63{,}99\ mm; \quad d_{b3} = d_3\cdot cos\alpha_a = 63{,}99\cdot cos21{,}37 = 59{,}59\ mm$$

d) $e_{03} = ?$ $\quad z_5 = 18, \quad m_{n5} = 4, \quad \beta_5 = 20°$

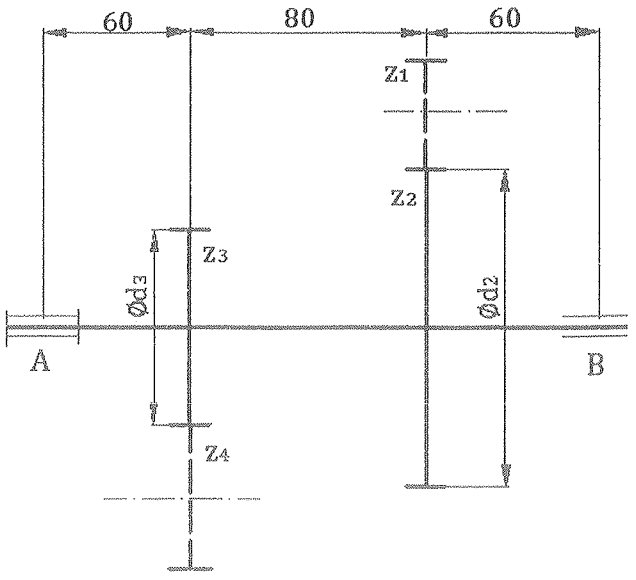
$$i_T = \frac{n_1}{n_4} = \frac{1000}{10} = 100$$

$$i_T = i_{12}\cdot i_{34}\cdot i_{56} \quad \rightarrow \quad 100 = 4\cdot 5\cdot i_{56} \quad \rightarrow \quad i_{56} = 5; \quad z_6 = 5\cdot 18 = 90$$

$$e_{03} = \frac{m_{n5}}{2\cdot cos\beta_5}\cdot(z_5+z_6) = \frac{4\cdot(18+90)}{2\cdot cos20} = 229{,}86\ mm$$

PROBLEM 17.23

Şekilde iki kademeli bir redüktörün ara mili verilmiştir. Saat yönünde dönen ara mil üzerinde bulunan ve helis yönleri sağ olan iki adet helis dişli yardımıyla P=4 kW güç, n=150 d/d'da iletilmektedir. Helis ve kavrama açıları 20°dir. Döndüren küçük helis dişli çarkın çapı d_3=100 mm, döndürülen büyük helis dişli çarkın çapı d_2=200 mm' dir.



a) Helis dişlilere etkiyen kuvvetleri bulunuz.

b) A (sabit) ve B (serbest) yatak tepki kuvvetlerini bulunuz.

c) Eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

d) A yatağında NUP204 ECP rulmanı kullanılırsa, saat cinsinden ömrü ne olur.

ÇÖZÜM:

a)

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{4}{150} = 254{,}6 \text{ Nm}$$

$$F_{t_3} = \frac{2 \cdot M_d}{d_3} = \frac{2 \cdot 254{,}6 \cdot 1000}{100} = 5092 \text{ N}$$

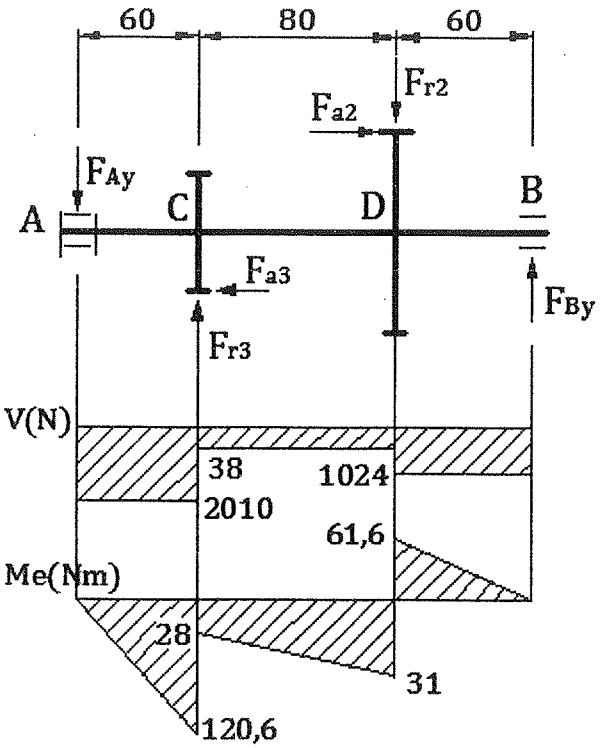
$$F_{r_3} = \frac{F_{t_3} \cdot \tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{5092 \cdot \tan 20}{\cos 20} = 1972 \text{ N}$$

$$F_{a_3} = F_{t_3} \cdot \tan\beta = 5092 \cdot \tan 20 = 1853 \text{ N}$$

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot M_d}{d_2} = \frac{2 \cdot 254{,}6 \cdot 1000}{200} = 2546 \text{ N}$$

$$F_{r_2} = \frac{F_{t_2} \cdot \tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{2546 \cdot \tan 20}{\cos 20} = 986 \text{ N}$$

$$F_{a_2} = F_{t_2} \cdot \tan\beta = 2546 \cdot \tan 20 = 926 \text{ N}$$



b, c) x-y düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$-1972 \cdot 60 + 1853 \cdot 50 + 926 \cdot 100 + 986 \cdot 140 - F_{B_y} \cdot 200 = 0$$

$$F_{B_y} = 1024 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -F_{A_y} + 1972 - 986 + 1024 = 0$$

$$F_{A_y} = 2010 \text{ N}$$

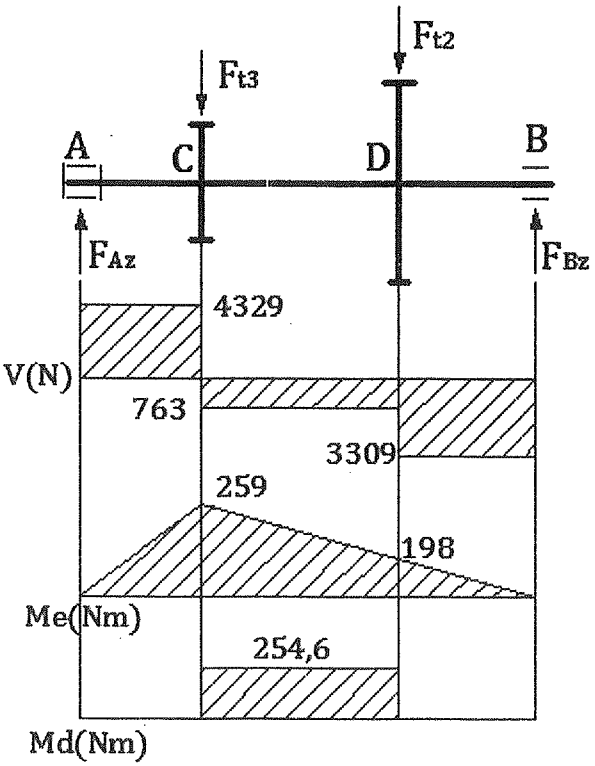
x-z düzlemi:

$$\sum M_A = 0$$

$$5092 \cdot 60 + 2546 \cdot 140 - F_{B_z} \cdot 200 = 0$$

$$F_{B_z} = 3309 \text{ N}$$

$$\sum F_z = 0 \rightarrow 3309 + F_{A_z} - 5092 - 2546 = 0 \rightarrow F_{A_z} = 4329 \text{ N}$$



Yatak kuvvetleri;

$F_{Ar} = \sqrt{2010^2 + 4329^2} = 4772$ N

$F_{Aa} = F_{a3} - F_{a2} = 1853 - 926 = 927$ N (sabit yatak)

$F_{Br} = \sqrt{1024^2 + 3309^2} = 3463$ N; $F_{Ba} = 0$ (serbest yatak)

d) A yatağı için NUP204 ECP rulmanı verildi. Çizelge 12.15'den C = 25,1 kN alınır.

Çizelge 12.10'dan, tek sıralı silindirik makaralı rulmanlar için e=0,20 alınır.

$F_{Ar} = 4772$ N; $F_{Aa} = 927$ N

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{927}{4772} = 0{,}194 < e \rightarrow X = 1 \text{ ve } Y = 0 \text{ alınır.}$$

$$F_A = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 1 \cdot 4772 + 0 = 4772 \text{ N}$$

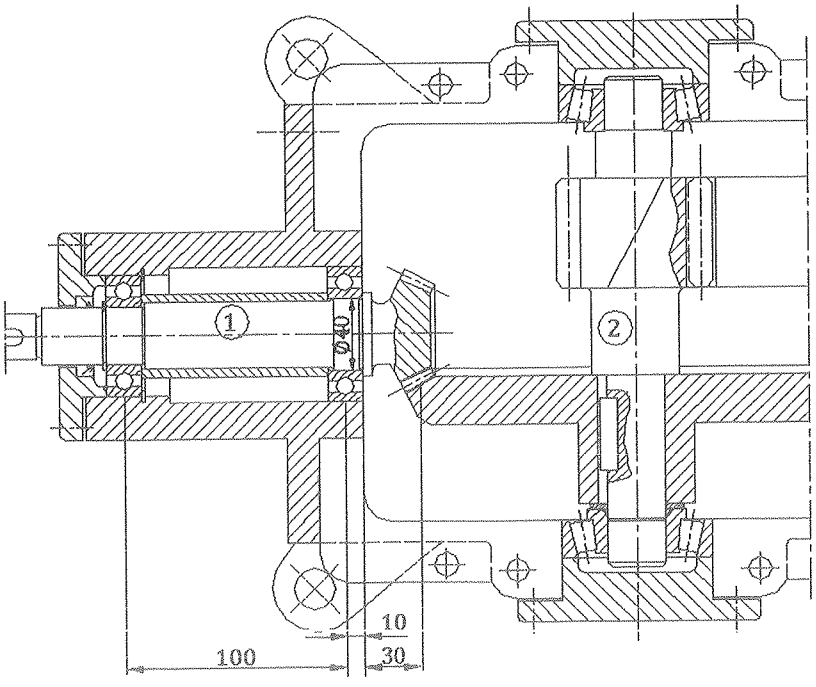
$$L_{hA} = \frac{10^6}{60 \cdot 150} \cdot \left(\frac{25100}{4772}\right)^{3{,}333} = 28103 \text{ h}$$

PROBLEM 17.24

Şekilde verilen redüktörde motor gücü 25 kW ve devir sayısı 900 d/d'dır. Birinci kademedeki çevrim oranı 2,5 dir. Pinyon konik çarkın ortalama bölüm dairesi çapı 60 mm, pinyon helis çarkın bölüm dairesi çapı 120 mm dir. Mil malzemesi 16MnCr5, $K_ç$=1,5 ve S=1,5 dir.

a) 2 no'lu milde eksenel kuvvetin oluşmaması için dönme yönü ve helis dişli çarkın helis açısı ne olmalıdır.

b) Sabit bilyalı rulmanın takıldığı fatura çok ince parlatılmış ise verilen 40 mm lik çap yeterli midir, kontrol ediniz.



ÇÖZÜM:

a) 2. Milde eksenel kuvvet oluşmaması için; $F_{a2}=F_{a3}$ ve yönleri ters olmalıdır.

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{25}{900} = 265{,}278 \text{ Nm}$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 265278}{60} = 8843\text{N};\ F_{a2} = F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1$$

$$\tan\delta_1 = \frac{1}{i} = \frac{1}{2{,}5} \quad \rightarrow \quad \delta_1 = 21{,}8°$$

$$F_{a2} = 8843 \cdot \tan 20 \cdot \cos 21{,}8 = 2988 \text{ N}$$

$$F_{a2} = F_{a3} = 2988 \text{ N}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_3}$$

$$M_{d2} = i_{12} \cdot M_{d1} = 2{,}5 \cdot 265278 = 663195 \text{ Nmm}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot 663195}{120} = 11053 \text{ N}$$

$$F_{a2} = F_{a3} = F_{t3} \cdot \tan\beta \quad \rightarrow \quad 2988 = 11053 \cdot \tan\beta \Rightarrow \beta = 15{,}1°$$

Giriş mili dönme yönü, sağdan bakıldığında saat dönme yönündedir.

b) $M_{d1} = 265278$ Nmm

$F_{t1} = 8843$ N

$F_{r1} = 2988$ N

$F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1$

$F_{a1} = 8843 \cdot \tan 20 \cdot \sin 21{,}8 = 1195$ N

<u>x-y düzlemi:</u>

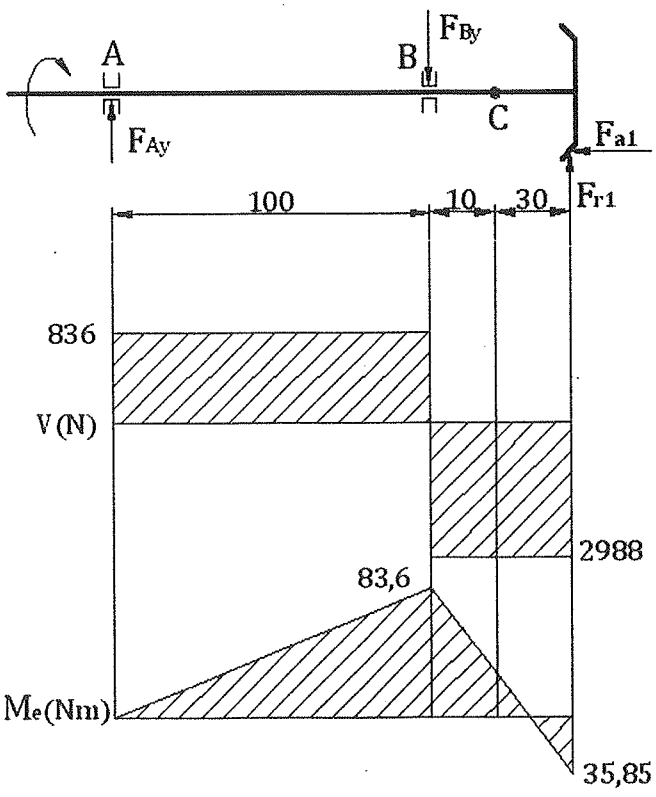
$\Sigma M_A = 0$

$$F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + F_{By} \cdot 100 - F_{r1} \cdot 140 = 0$$

$$1195 \cdot \frac{60}{2} + F_{By} \cdot 100 - 2988 \cdot 140 = 0$$

$F_{By} = 3824$ N

$\Sigma F_y = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Ay} - F_{By} + F_{r1} = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Ay} = 836$ N



x-z düzlemi:

$\Sigma M_A = 0$

$F_{t1} \cdot 140 - F_{Bz} \cdot 100 = 0$

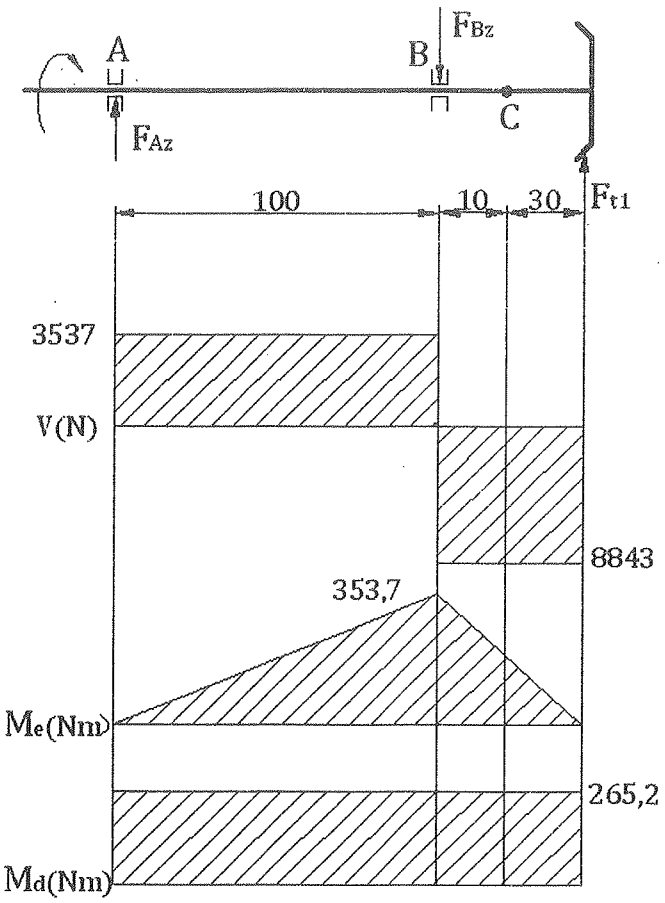
$8843 \cdot 140 - F_{Bz} \cdot 100 = 0$

$F_{Bz} = 12380\ N$

$\Sigma F_z = 0$

$F_{Az} - F_{Bz} + F_{t1} = 0$

$F_{Az} = 3537\ N$



C noktasındaki eğilme momenti:

$$M_{ey} = -F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + F_{r1} \cdot 30$$

$$M_{ey} = -1195 \cdot \frac{60}{2} + 2988 \cdot 30$$

$M_{ey} = 53790\ Nmm$

$M_{ez} = F_{t1} \cdot 30 = 8843 \cdot 30 = 265290\ Nmm$

$$M_{eC} = \sqrt{M_{ey}^2 + M_{ez}^2} = \sqrt{53{,}79^2 + 265{,}29^2} = 270{,}7\ Nm$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eC}}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_d}{R_e}\right)^2}}$$

K_y=1 (Çizelge 3.3, çok ince parlatılmış), K_b=0,85 (Çizelge 3.2, d=40 mm)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_y \cdot K_b}{K_ç} = \frac{460 \cdot 1 \cdot 0{,}85}{1{,}5} = 260\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{270{,}7 \cdot 10^3}{260}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{265278}{600}\right)^2}} = 25{,}68 = 26\ mm$$

40 mm >26 mm olduğu için emniyetlidir.

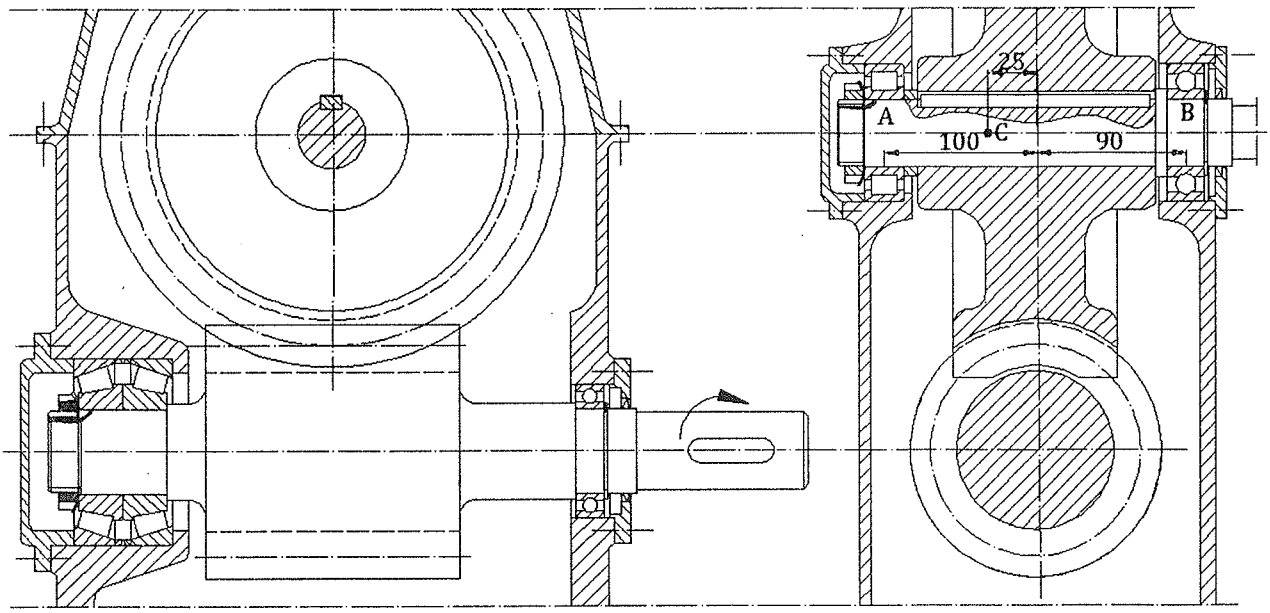
PROBLEM 17.25

Şekilde görülen sonsuz vida redüktöründe sonsuz vida 2 ağızlı, sol helis ve saat yönünde dönmektedir. P=5 kW, μ=0,1, i_{12}=20, n_g=800 d/d, m_a=8 mm ve q=10 olarak verildiğine göre;

a) Çarkta meydana gelen kuvvetleri bulunuz.

b) Çark mili için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) Mil malzemesi için $\sigma^*_{TD_e}$ =160 N/mm², S=2 ve R_e=335 N/mm² olduğuna göre C noktasındaki mil çapı en az kaç mm olmalıdır.



ÇÖZÜM:

a) $d_2=m_a\cdot z_2=8\cdot20\cdot2=320$ mm; $d_{m1}=q\cdot m_a=10\cdot8=80$ mm

$$M_{d1}=9550\cdot\frac{5}{800}=59{,}6875 \text{ Nm}=59687 \text{ Nmm}$$

$$\alpha_n=20^\circ \rightarrow \tan\rho=\frac{\mu}{\cos\alpha_n}=\frac{0{,}1}{\cos20} \rightarrow \rho=6{,}07^\circ$$

$$\tan\gamma_m=\frac{z_1}{q}=\frac{2}{10} \rightarrow \gamma_m=11{,}3^\circ;\ \eta_s=\frac{\tan\gamma_m}{\tan(\gamma_m+\rho)}=0{,}63$$

$$M_{d2}=M_{d1}\cdot i_{12}\cdot\eta_s=59687\cdot20\cdot0{,}63=752056 \text{ Nmm}$$

$$F_{t2}=\frac{2\cdot M_{d2}}{d_2}=\frac{2\cdot752056}{320}=4700 \text{ N};\quad F_{a2}=F_{t1}=\frac{2\cdot M_{d1}}{d_{m1}}=\frac{2\cdot59687}{80}=1492 \text{ N}$$

$$F_{r2}=F_{t1}\cdot\frac{\tan\alpha_n\cdot\cos\rho}{\sin(\gamma_m+\rho)}=1492\cdot\frac{\tan20\cdot\cos6{,}07}{\sin(11{,}3+6{,}07)}=1808 \text{ N}$$

b) <u>x-y düzlemi:</u>

$\Sigma M_A=0 \rightarrow -F_{r2}\cdot 100 + F_{a2}\cdot\frac{d_2}{2} - F_{By}\cdot 190=0$

$F_{By}\cdot 190=-180800+238720$

$F_{By}=304{,}8$ N

$\Sigma F_y=0 \rightarrow -F_{Ay}+F_{r2}+F_{By}=0$

$-F_{Ay}+304{,}8+1808=0$

$F_{Ay}=2112{,}8$ N

<u>x-z düzlemi:</u>

$\Sigma M_A=0 \rightarrow F_{t2}\cdot 100-F_{Bz}\cdot 190=0$

$F_{Bz}=2474$ N

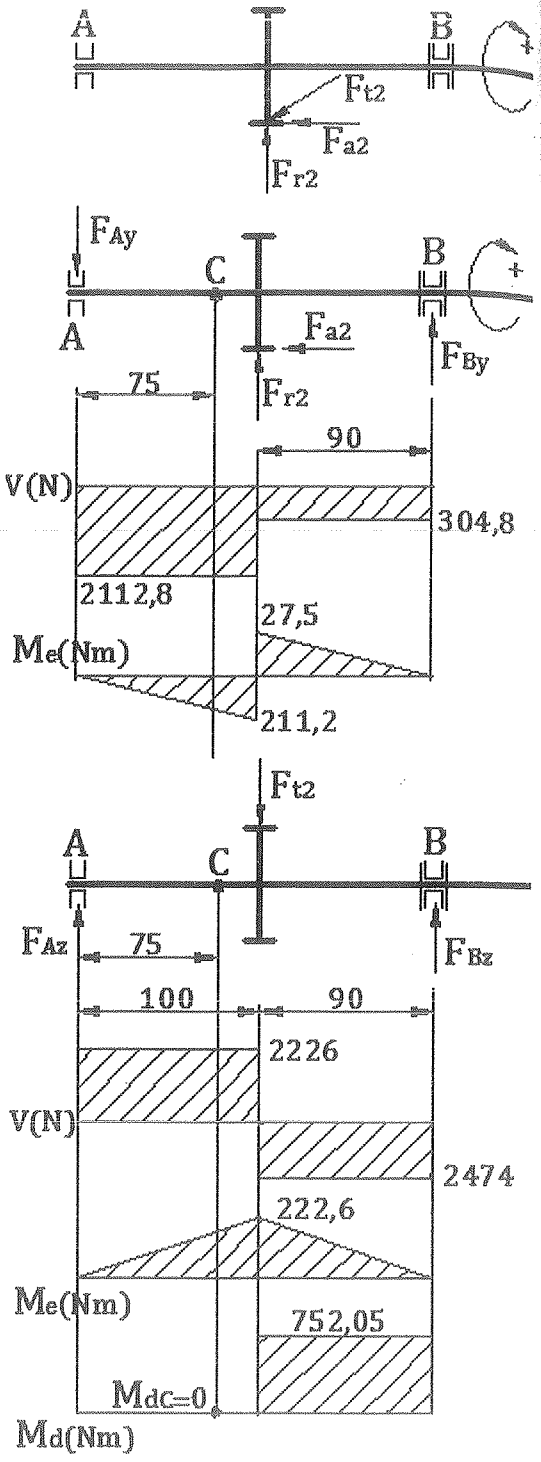
$\Sigma F_z=0 \rightarrow F_{Az} - F_{t2} + F_{Bz}=0$

$F_{Az}=4700-2474=2226$ N

$F_{Ar}=\sqrt{F_{Ay}^2+F_{Az}^2}=3069$ N

$F_{Br}=\sqrt{F_{By}^2+F_{Bz}^2}=2492$ N

$F_{Ba}=F_{a2}=1492$ N



c)

$M_{eC}=F_{Ar}\cdot 75 = 3069\cdot 75 = 230175$ Nmm

$M_{dC}=0$ Nmm

$$d_C = \sqrt[3]{\frac{32\cdot S}{\pi}\cdot\sqrt{\left(\frac{M_{eC}}{\sigma^*_{TD_e}}\right)^2+\frac{3}{4}\cdot\left(\frac{M_{dC}}{R_e}\right)^2}} = \sqrt[3]{\frac{32\cdot 2}{\pi}\cdot\sqrt{\left(\frac{230175}{160}\right)^2+0}}$$

$= 30{,}83$ mm $= 31$ mm olmalıdır.

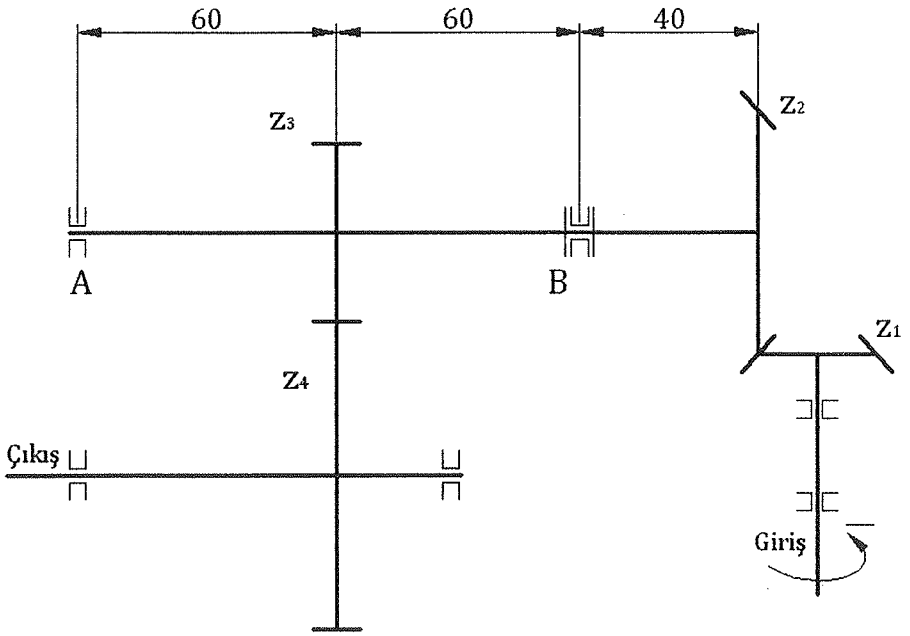
PROBLEM17.26

Şekildeki giriş mili ile 250 d/d'da P=7,5 kW güç iletilmektedir. Ara mil üzerinde ise bir adet sol helis ve bir adet konik dişli bulunmaktadır. Her iki dişli için kavrama açısı 20° dir. Konik dişli kademesinde z_1=18, z_2=72, m_e=2,5 mm, b=25 mm ve $\sum$=90° verilmiştir. Helis dişli kademesinde z_3=30, m_n=3 mm ve β=22° dir.

a) 2. Mile etkiyen kuvvetleri ve yönlerini bulunuz.

b) 2. Mil için eğilme ve burulma momenti diyagramlarını çiziniz.

c) B yatağında NUP205 ECP rulmanı kullanılırsa ömrü ne kadar olur, hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

a) $M_{d1} = 9550 \cdot \frac{7,5}{250} = 286,5 \text{ Nm}$

$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{72}{18} = 4$

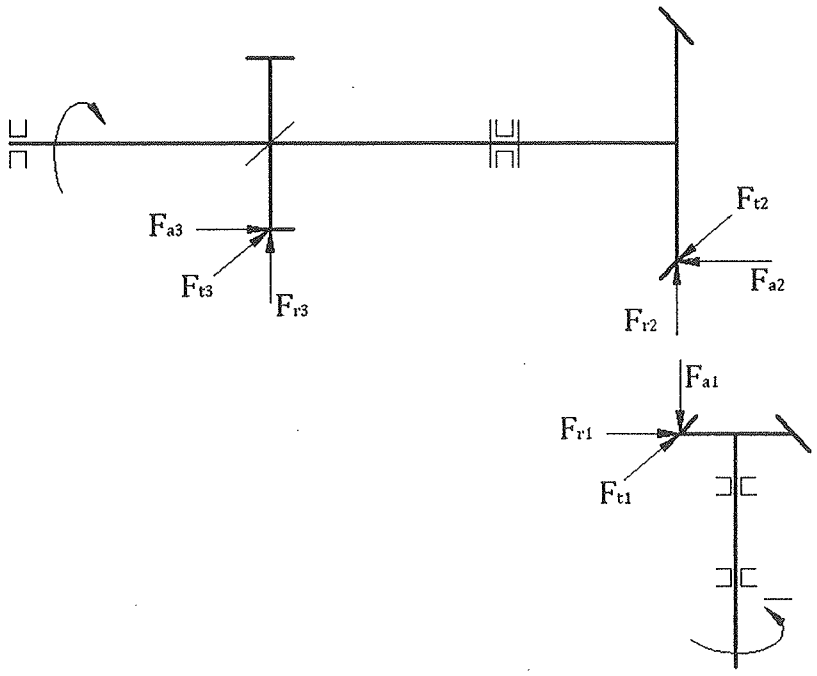
$M_{d2} = i_{12} \cdot M_{d1} = 4 \cdot 286,5$
$= 1146 \text{ Nm}$

$\tan \delta_1 = \frac{1}{i_{12}} = \frac{1}{4} \rightarrow \delta_1$
$= 14,03°$

$d_{m1} = m_e \cdot z_1 - b \cdot \sin \delta_1$

$d_{m1} = 2,5 \cdot 18 - 25 \cdot \sin 14,03$
$= 38,9 \text{ mm}$

$d_{m2} = i_{12} \cdot d_{m1} = 4 \cdot 38,9 = 155,75 \text{ mm}$



$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 286{,}5 \cdot 10^3}{38{,}9} = 14730\text{N}$$

$$F_{r1} = F_{a2} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 5201\ \text{N}$$

$$F_{a1} = F_{r2} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 1300\ \text{N}$$

$$F_{t1} = F_{t2} = 14730\ \text{N}$$

$$d_3 = \frac{m_n \cdot z_3}{\cos\beta} = \frac{3 \cdot 30}{\cos 22} = 97\ \text{mm}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_3} = \frac{2 \cdot 1149 \cdot 10^3}{97} = 23629\ \text{N}$$

$$F_{r3} = F_{t3} \cdot \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = 9275{,}6\ \text{N}$$

$$F_{a3} = F_{t3} \cdot \tan\beta = 9546{,}7\ \text{N}$$

b) <u>x-y düzlemi:</u>

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{r3} \cdot 60 + F_{a3} \cdot \frac{d_3}{2} - F_{By} \cdot 120 + F_{r2} \cdot 160 - F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} = 0$$

$$F_{By} = 6854{,}3\ \text{N}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{Ay} - F_{r3} + F_{By} - F_{r2} = 0$$

$$F_{Ay} = 3721{,}3\ \text{N}$$

<u>x-z düzlemi:</u>

$$\Sigma M_A = 0$$

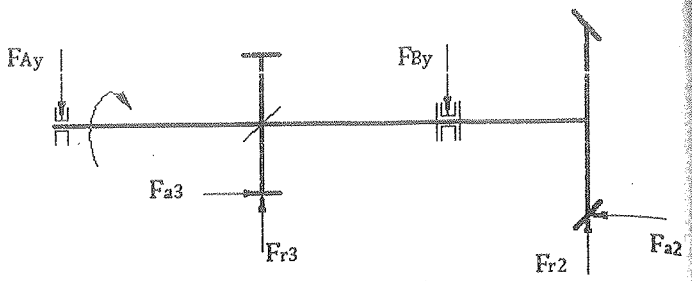
$$F_{t3} \cdot 60 + F_{Bz} \cdot 120 - F_{t2} \cdot 160 = 0$$

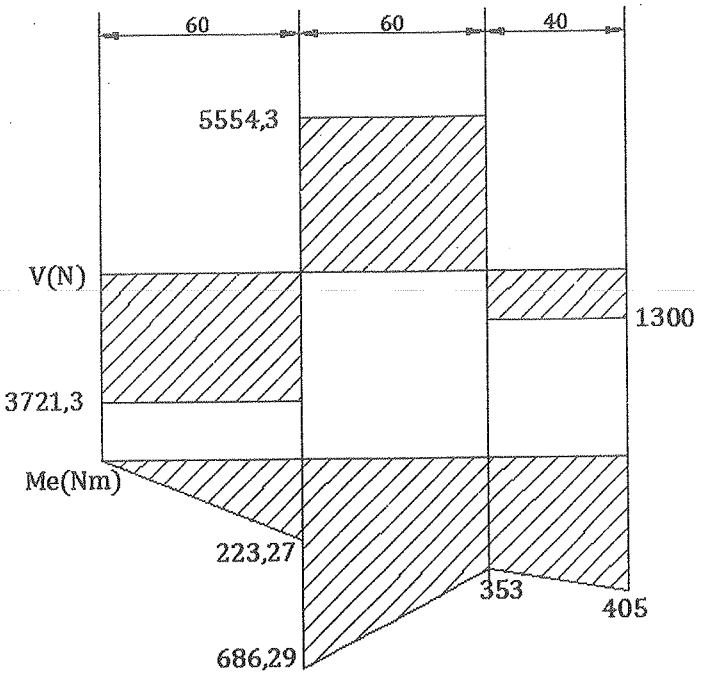
$$F_{Bz} = 7825{,}5\ \text{N}$$

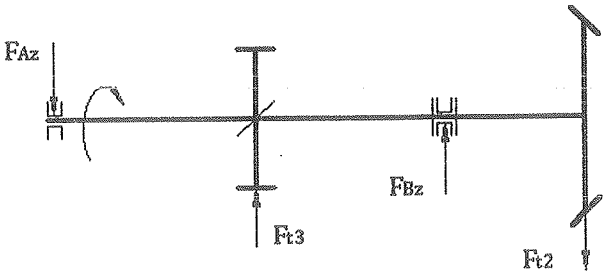
$$\Sigma F_z = 0$$

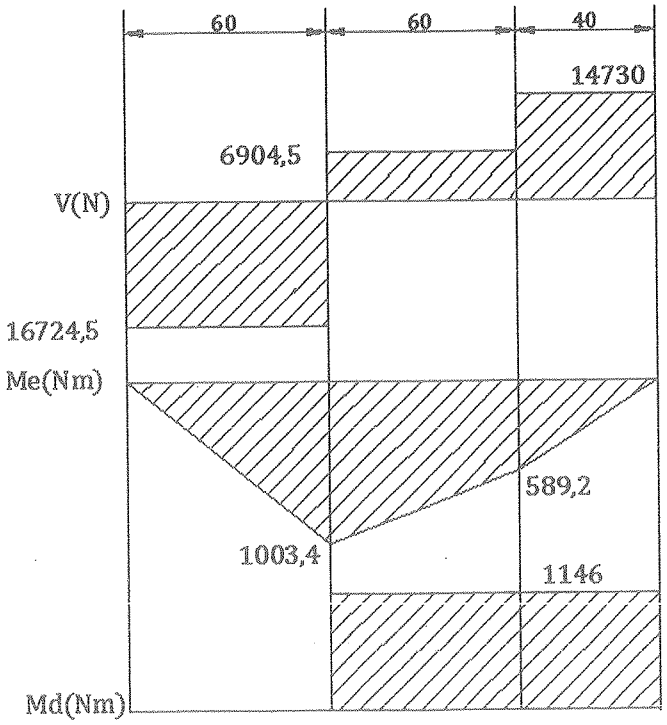
$$F_{Az} - F_{t3} - F_{Bz} + F_{t2} = 0$$

$$F_{Az} = 16724{,}5\ \text{N}$$









c) B yatağına gelen bileşke radyal yük; $F_{Br} = \sqrt{F_{Bz}{}^2 + F_{By}{}^2} = 10402{,}9$ N

B yatağına gelen bileşke eksenel yük; $F_{Ba} = F_{a3} - F_{a2} = 4345{,}7$ N

Çizelge 12.15'den NUP205 ECP için C=28,6 kN ve Çizelge 12.10'dan e=0,20 alınır.

$$\frac{F_{B_a}}{F_{B_r}} = \frac{4345{,}7}{10402{,}9} = 0{,}41 > e = 0{,}20 \quad \rightarrow \quad X = 0{,}92 \text{ ve } Y = 0{,}6$$

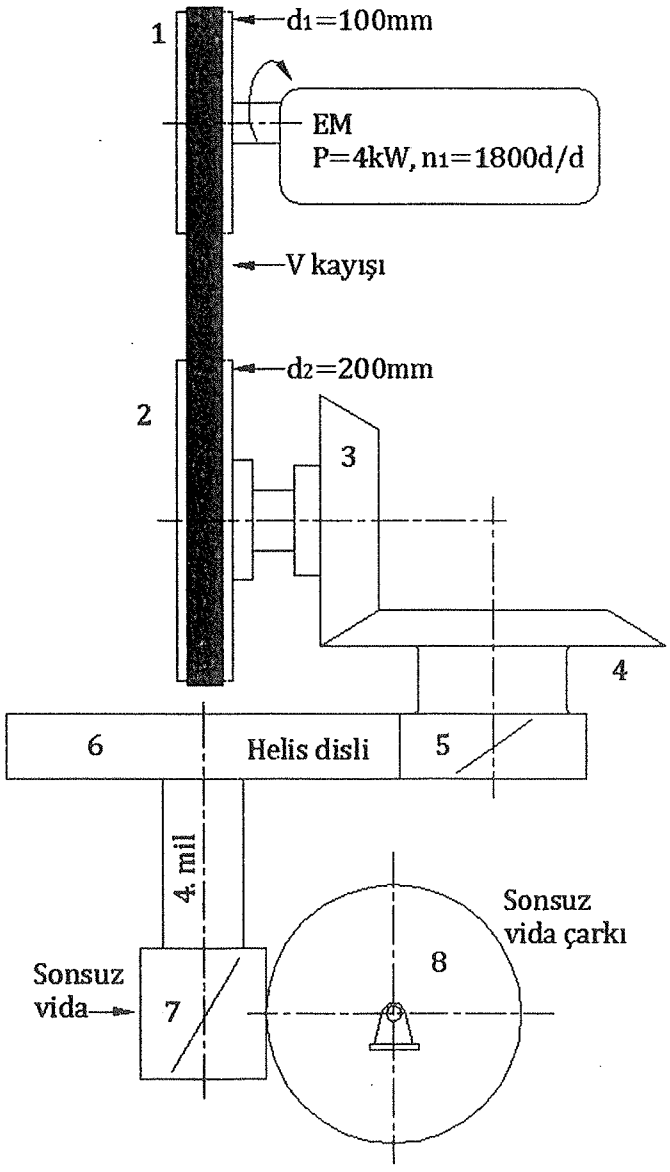
$$F_B = X \cdot F_{B_r} + Y \cdot F_{B_a} = 0{,}92 \cdot 10402{,}9 + 0{,}6 \cdot 4345{,}7 = 12178 \text{ N}$$

$$n_2 = \frac{250}{4} = 62{,}5 \text{ d/d}$$

$$L_{hB} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 62{,}5} \cdot \left(\frac{28600}{12178}\right)^{3{,}33} = 4578{,}25 \text{ h}$$

PROBLEM 17.27

Şekildeki güç aktarma sisteminde, kayış-kasnak, konik dişli, helis dişli ve sonsuz vida mekanizmaları kullanılmıştır. Giriş mili saat yönünde dönmekte olup, iletilen güç P=4 kW, giriş devir sayısı n_1=1800 d/d ve sonsuz vida çarkının çıkış devir sayısı 10 d/d dır. Kasnak çapları d_1=100 mm, d_2=200 mm, konik dişli kademesinde, pinyon konik dişli (3) tepe açısı $\delta_3 = 18{,}43°$, helis dişli kademesinde, z_5=20 sağ helis, z_6=50, sonsuz vida kademesinde, vida sağ helis olup iki ağızlıdır.



a) Sonsuz vida çarkının diş sayısını ve dönme yönünü bulunuz.

b) 4. Milin şematik resmini çizerek, üzerine etkiyen kuvvetlerin yönlerini gösteriniz. Dişli boyutlarını ve mil uzunluklarını değiştirmeden, 4 nolu milde yatak kuvvetlerini azaltmak için nasıl bir işlem yapılabilir, açıklayınız.

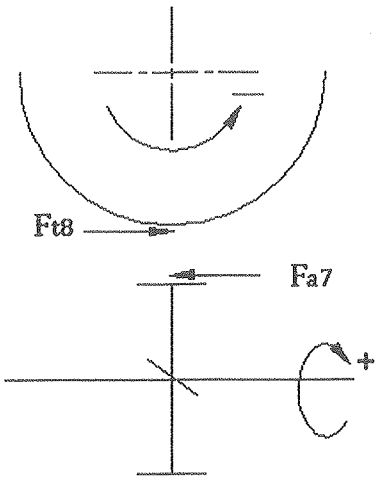
c) Sonsuz vida mekanizmasında eksenler arası mesafenin e_0=70 mm olması için ortalama eğim açısı (γ_m) ne olmalıdır. Modül, m_a=4 mm alınacaktır.

ÇÖZÜM:

$P = 4\,kW, n_1 = 1800\ d/d, n_5 = 10\ d/d, d_1 = 100\,mm,\ d_2 = 200\,mm,\ \delta_3 = 18{,}43°$

$z_5 = 20$ (sağ helis), $z_6 = 50$, vida sağ helis ve iki ağızlı (z_7=2)

a) z_8=? Dönme yönü=?



$$i_T = \frac{n_1}{n_5} = \frac{1800}{10} = 180$$

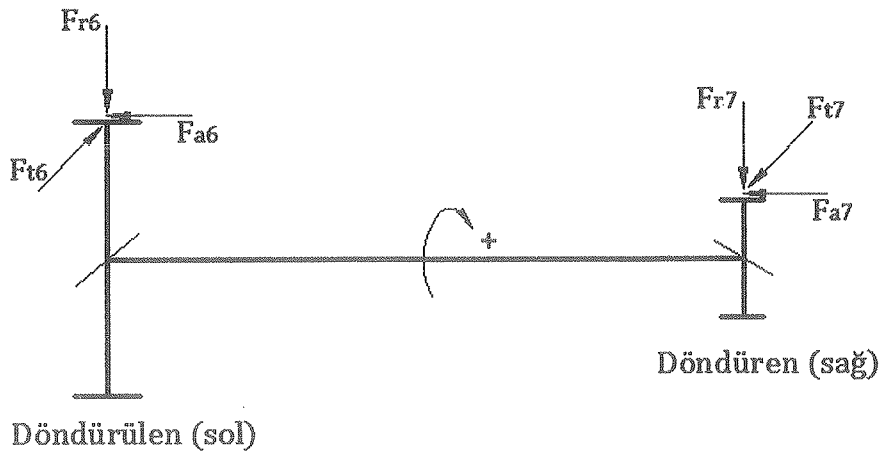
$$i_{12} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{200}{100} = 2; \quad i_{34} = \frac{1}{\tan\delta_3} = \frac{1}{\tan 18{,}43} = 3$$

$$i_{56} = \frac{z_6}{z_5} = \frac{50}{20} = 2{,}5; \quad i_{78} = \frac{z_8}{z_7} = \frac{z_8}{2}$$

$$i_T = i_{12} \cdot i_{34} \cdot i_{56} \cdot i_{78} = 1 \cdot 3 \cdot 2{,}5 \cdot \frac{z_8}{2} = 180 \rightarrow z_8 = 24$$

Çarkın dönme yönü: Vida üzerinde oluşan eksenel kuvvetin tersi, çark üzerine teğetsel kuvvet olarak etkir. Çark döndürülen olduğu için teğetsel kuvvet ile aynı yönde döner. Bu yönde saat yönü tersidir.

b) 4. Mil kuvvetleri:



Sonsuz vida sağ helis yerine sol helis yapılarak net F_a kuvveti azaltılabilir.

c) m_a=4 mm ve e_0=70 mm

$$e_0 = \frac{m_a}{2} \cdot (q + z_8)$$

$$70 = \frac{4}{2} \cdot (q + 24) \rightarrow \quad q = 11$$

$$\tan\gamma_m = \frac{z_7}{q} = \frac{2}{11} \rightarrow \quad \gamma_m = 10{,}3°$$

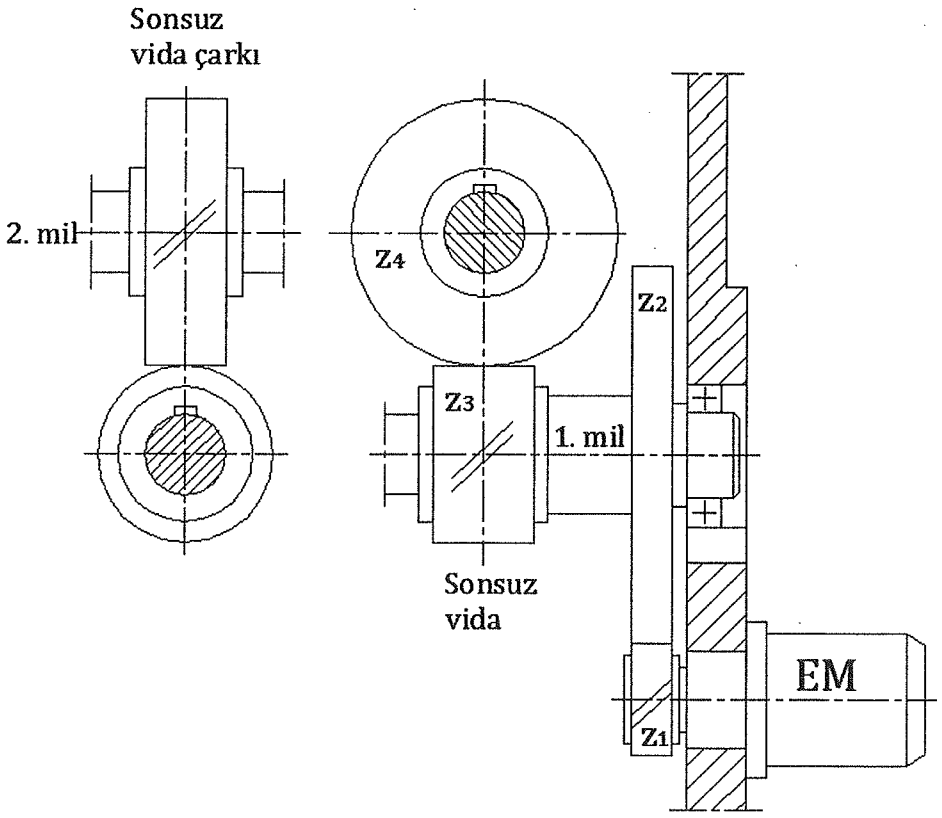
PROBLEM 17.28

Şekildeki motor saat yönünde dönmektedir. Motor çıkışına helis dişli ve sonsuz vida mekanizmaları yerleştirilmiştir. Sistemin toplam çevrim oranı 120'dir. z_1=16 (sol helis), z_2=80, z_4=48, q=12 ve m_a=4 mm olarak verilmektedir.

a) Sonsuz vidanın ağız sayısını ve çarkın dönüş yönünü ispat ederek bulunuz.

b) I. ve II. Mil arasındaki eksenler arası mesafenin e=120 mm olması için çarka yapılması gereken profil öteleme miktarını bulunuz.

c) I. Mili şematik çizerek, üzerinde oluşan kuvvetleri ve yönlerini gösteriniz.



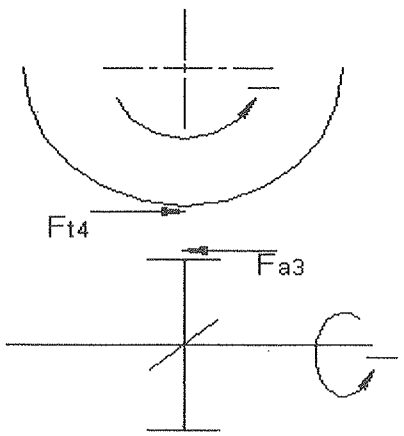
ÇÖZÜM:

a) i_T=120, z_1=16 (sol helis), z_2=80, z_4=48, q=12, m_a=4 mm, z_3=?

$$i_T = \frac{z_2}{z_1}\cdot\frac{z_4}{z_3} = \frac{80}{16}\cdot\frac{48}{z_3} = 120 \rightarrow z_3 = 2 \text{ ağızlı}$$

Çarkın dönüş yönü saat yönü tersidir.

$F_{a3} = F_{t4}$

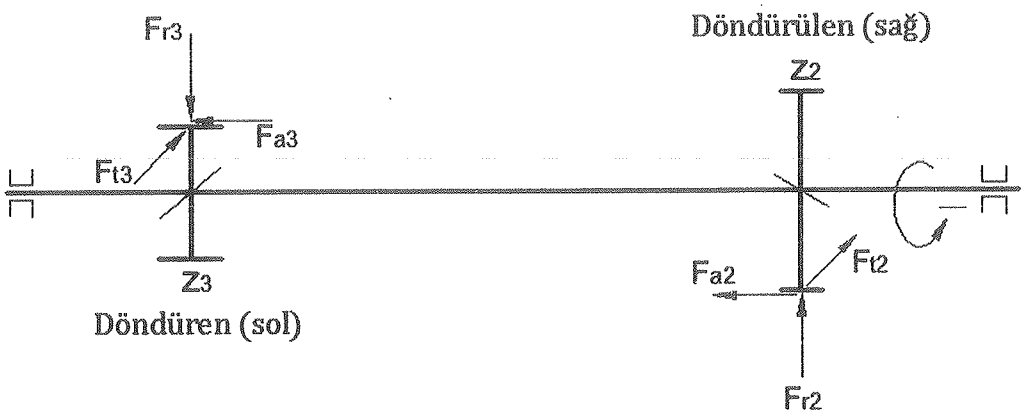


b) e=120 mm

$$e = \frac{m_a}{2} \cdot (q + z_4 + 2 \cdot x)$$

$$120 = \frac{4}{2} \cdot (12 + 48 + 2 \cdot x) \rightarrow x = 0 \text{ (ötelemeye gerek yok, sıfır dişli)}$$

c) I. Mil kuvvetleri:



BÖLÜM 18: KAYIŞ-KASNAK MEKANİZMALARI

PROBLEM 18.1

Un değirmeninde kullanılan bir elevatör, gücü P=30 kW ve giriş devir sayısı n_k=1450 d/d olan bir elektrik motoru tarafından tahrik edilmekte ve günde 16 saatten fazla çalışmaktadır. Tahrik için Dar V kayışı kullanılacak olup, çevrim oranı i=1,5 ve eksenler arası mesafe e=750 mm alınacaktır.

a) Çıkış devir sayısını bulunuz.
b) Kayış tipini seçiniz ve kayış boyunu hesaplayınız.
c) Gerçekleşen eksenler arası mesafeyi bulunuz.
d) Seçilen kayışı, eğilme frekansı açısından kontrol ediniz.
e) Kayış sayısını hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

a) $i_{12} = \frac{n_k}{n_b} \rightarrow 1{,}5 = \frac{1450}{n_b} \rightarrow n_b = 966{,}6 \text{ d/d}$

b) Çizelge 18.4'den elevatör ve h>16 için c_i=1,3 alınır.

$P_H = P \cdot c_i = 30 \cdot 1{,}3 = 39 \text{ kW}$

Şekil 18.15'den P_H = 39 kW ve n_k = 1450 d/d için **SPA** tipi dar V kayışı seçilir.

d_{ek} = 200 mm (200-250 mm aralığında) ve d_{eb} = 1,5 · 200=300 mm seçilir.

$$\sin\alpha = \frac{300-200}{2 \cdot 750} \rightarrow \alpha = 3{,}82°$$

$$\beta = 180° - 2 \cdot \alpha = 180 - 2 \cdot 3{,}82 = 172{,}36°$$

$$L_e = 2 \cdot 750 \cdot \cos 3{,}82 + \frac{\pi}{2} \cdot (200+300) + \frac{\pi \cdot 3{,}82}{180}(300-200)$$

L_e = 2288,3 mm için Çizelge 18.11'den L_e = 2240 mm seçilir.

$$\text{c) } e = \frac{2240}{4} - \frac{\pi}{8}(200+300) + \sqrt{\left[\frac{2240}{4} - \frac{\pi}{8}(500)\right]^2 - \frac{(300-200)^2}{8}} = 725{,}7 \text{ mm}$$

$$\text{d) } v = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 1450}{60} = 15{,}18 \text{ m/s}$$

$f = \frac{15{,}18 \cdot 2}{2{,}24} = 13{,}55 \text{ 1/s} \leq f_{em} = 60$ olduğu için emniyetlidir.

e) $z = \dfrac{P \cdot c_i}{P_N \cdot c_B \cdot c_u}$

Çizelge 18.2'den β=172,3° için c_β=0,98 ve

Çizelge 18.11'den L_e=2240 mm için c_u=0,98 alınır.

Çizelge 18.13'den Profil SPA, n_k=1450 d/d ve d_{ek}=200 mm için yaklaşık olarak,

P_N=8,5 kW okunur.

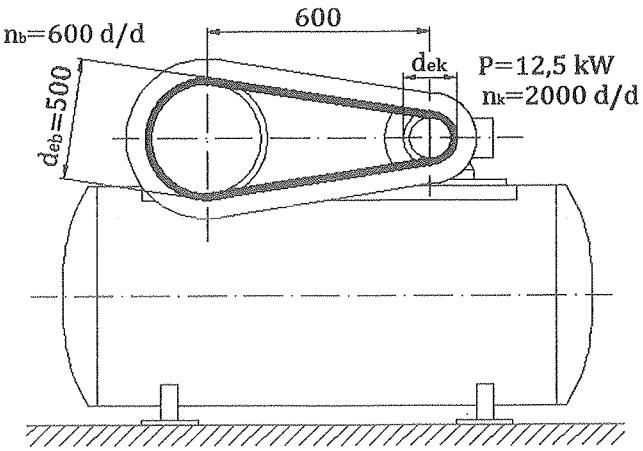
$$z = \frac{30 \cdot 1,3}{8,5 \cdot 0,98 \cdot 0,98} = 4,77$$

z = 5 kayış alınır.

Künye: SPA - 2240 - 5 adet

PROBLEM 18.2

Şekilde verilen pistonlu kompresörde, tahrik için dar V kayışı kullanılacaktır. Sistem günde 12 saat çalıştırılacaktır. Kayış tipini belirleyerek uzunluğunu ve sayısını bulunuz.



ÇÖZÜM:

Dar V kayışı, günde 12 saat çalışma, iş makinası, pistonlu kompresör.

P=12,5 kW, n_k=2000 d/d, n_b=600 d/d, d_{eb}=500 mm, e=600 mm

$$i = \frac{2000}{600} = 3,333$$

$$i = \frac{d_{eb}}{d_{ek}} \rightarrow 3,333 = \frac{500}{d_{ek}}$$

d_{ek} = 150 mm

c_i = 1,4 (Çizelge 18.4, pistonlu kompresör, 12 saat)

Şekil 18.15'den $P_H = P \cdot c_i = 12,5 \cdot 1,4 = 17,5$ kW ve n_k=2000 d/d için SPZ kayış formu seçilir.

$$\sin\alpha = \frac{500-150}{2\cdot 600} \rightarrow \alpha = 16{,}95°$$

$$\beta = 180 - 2\cdot 16{,}95 = 146{,}1°$$

$$L_e = 2\cdot 600\cdot\cos 16{,}95 + \frac{\pi}{2}\cdot(150+500) + \frac{\pi\cdot 16{,}95}{180}\cdot(500-150)$$

$$L_e = 2271 \text{ mm}$$

Çizelge 18.11'den standart L_e = 2240 mm seçilir.

$$z = \frac{P\cdot c_i}{P_N\cdot c_\beta\cdot c_u}$$

L_e = 2240 mm için Çizelge 18.11'den c_u=1,05 alınır.

Çizelge 18.2'den β=146° için c_β=0,905 alınır.

n_k=2000 d/d ve d_{ek}=150 mm için Çizelge 18.13'den $P_N \approx$6,15 kW bulunur.

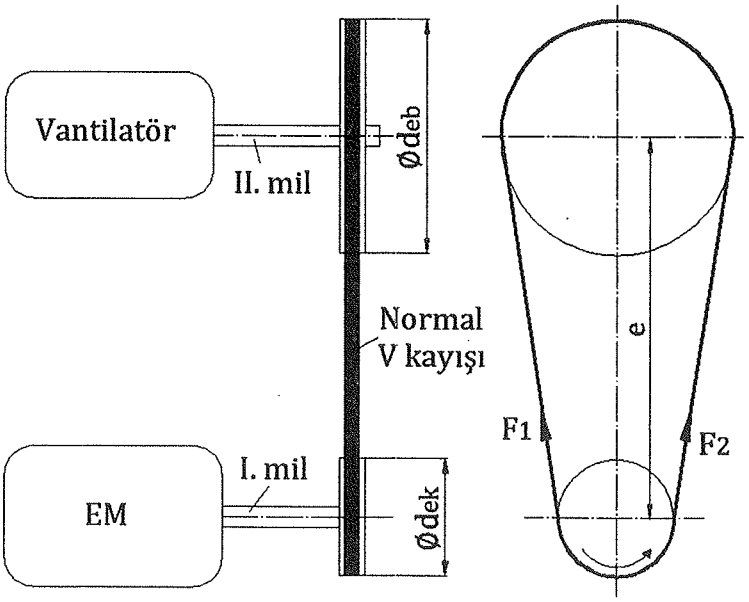
$$z = \frac{12{,}5\cdot 1{,}4}{6{,}15\cdot 0{,}905\cdot 1{,}05} = 2{,}99 \rightarrow z = 3 \text{ adet alınır.}$$

Künye: SPZ - 2240 - 3 adet

PROBLEM 18.3

Şekildeki elektrik motoruna bağlı normal V kayış mekanizması ile ikinci mile (vantilatör, günde 10 saatten az) moment iletilmektedir. İletilen güç P=12,5 kW ve elektrik motorunun devir sayısı n=1600 d/d. Eksenler arası mesafe e=800 mm, kasnak çapları d_{ek}=150 mm, d_{eb}=450 mm ve kayış-kasnak arasındaki sürtünme katsayısı μ=0,15 dir.

a) I. Mile etkiyen kuvveti bulunuz.
b) İletilen güce uygun normal V kayışı tipini seçiniz ve kayış adedini bulunuz.



ÇÖZÜM:

P=12,5 kW, n_1=1600 d/d, e=800 mm, d_{ek}=150 mm, d_{eb}=450 mm, μ=0,15

a) $M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{12,5}{1600} = 74,6\ Nm$

$M_d = (F_1 - F_2) \cdot \frac{d_{ek}}{2} \rightarrow 74,6 = (F_1 - F_2) \cdot \frac{150 \cdot 10^{-3}}{2}$

$F_1 - F_2 = 994\ N$ ..... (1)

$\sin\alpha = \frac{d_{eb} - d_{ek}}{2 \cdot e} = \frac{450 - 150}{2 \cdot 800} \rightarrow \alpha = 10,8°$

$\beta_1 = 180 - 2 \cdot \alpha = 180 - 2 \cdot 10,8 = 158,4°$

$\frac{F_1}{F_2} = e^{\frac{3 \cdot \mu \cdot \pi \cdot \beta}{180}} \rightarrow F_1 = F_2 \cdot e^{\frac{3 \cdot 0,15 \cdot \pi \cdot 158,4}{180}}$

$F_1 = 3,46 \cdot F_2$ ..... (2)

(1) ve (2)' nin ortak çözümünden;

Kayış kol kuvvetleri, $F_1 = 1398\ N$ ve $F_2 = 404\ N$ bulunur. Mile etkiyen kuvvet;

$F_{mil} = \sqrt{{F_1}^2 + {F_2}^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\beta_1} = \sqrt{1398^2 + 404^2 - 2 \cdot 1398 \cdot 404 \cdot \cos 158,4}$

$F_{mil} = 1759\ N$ bulunur.

b) $P_H = P \cdot c_i$

c_i=1,2 (Çizelge 18.4, <10 saat, vantilatör)

Şekil 18.14'den $P_H = 12,5 \cdot 1,2 = 15\ kW$ ve n_k=1600 d/d için profil **B (17)** kayışı seçilir.

$L_e = 2 \cdot 800 \cdot \cos 10,8 + \frac{\pi}{2} \cdot (150 + 450) + \frac{\pi \cdot 10,8}{180} \cdot (450 - 150) = 2570\ mm$

Çizelge 18.11'den standarda göre kayış uzunluğu L_e=2693 mm ve L_i=2650 mm seçilir.

c_u=1,03; c_β=0,95 (Çizelge 18.2, β=158,4°)

$P_N \cong 3,85\ kW$ (n_k=1600 d/d ve d_{ek}=150 mm için Çizelge 18.12'den okunur.)

$z = \frac{P \cdot c_i}{P_N . c_\beta \cdot c_u} = \frac{15}{3,85 \cdot 0,95 \cdot 1,03}$

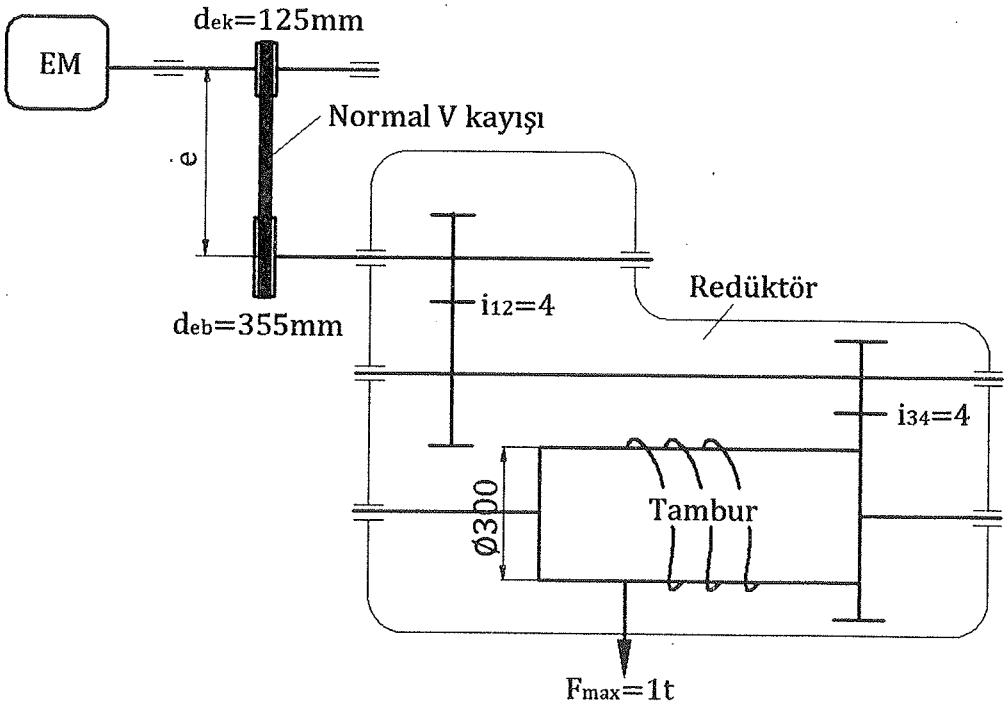
$z = 3,98 = 4$ adet

Künye: B (17) - 2693/2650 - 4 adet

PROBLEM 18.4

Günde 3 saat çalışan şekildeki yük asansörü ile maksimum 1 ton yük kaldırılmaktadır. Halatın sarıldığı tambur, normal V kayış mekanizması ve iki kademeli redüktör sistemiyle hareket ettirilmektedir. Kayış mekanizmasının eksenler arası mesafesi e=600 mm olması istenmektedir. Sistemin toplam verimi %95 alınacaktır.

a) Elektrik motorunun devir sayısı $n_1=n_k=950$ d/d ise olması gereken gücünü bulunuz.
b) Kayış tipini seçerek uzunluğunu ve sayısını bulunuz.
c) Yük bir dakikada ne kadar yükseğe çıkar, hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

$F_{max}=1t$, $n_1=n_k=950$ d/d, $i_{12}=i_{34}=4$

Normal V kayış, e=600 mm, günde 3 h, yük asansörü

$$M_t = F_{max} \cdot \frac{d_t}{2} = 10000 \cdot 150 = 1{,}5.10^6 \text{ Nmm} = 1500 \text{ Nm}$$

$$i_k = \frac{d_{eb}}{d_{ek}} = \frac{355}{125} = 2{,}84$$

$$i_T = i_k \cdot i_{12} \cdot i_{34} = 2{,}84 \cdot 4 \cdot 4 = 45{,}44$$

$$M_m = \frac{M_t}{i_T} = \frac{1500}{45{,}44} = 33 \text{ Nm}$$

$$M_m = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} \rightarrow 33 = 9550 \cdot \frac{P_1}{950} \rightarrow P_1 = 3{,}28 \text{ kW}$$

$$P_m = \frac{P_1}{\eta_T} = \frac{3,28}{0,95} = 3,45 \text{ kW}, \quad \text{Ek} - 5 \text{ den } P = 4 \text{ kW seçilir.}$$

b) c_i=1,1 (Çizelge 18.4, < 10 h, yük asansörü)

$$P_H = P \cdot c_i = 5 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ kW}$$

Şekil 18.14'den P_H=5,5 kW ve n_k=950 d/d için profil **A (13)** seçilir.

$$\sin \alpha = \frac{355 - 125}{2 \cdot 600} \rightarrow \alpha = 11,05°$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot 11,05 = 157,9°$$

$$L_e = 2 \cdot 600 \cdot \cos 11,05 + \frac{\pi}{2} \cdot (125 + 355) + \frac{\pi \cdot 11,05}{180}(355 - 125)$$

$$L_e = 1583,4 + 753,6 + 33,1 = 1975,6 \text{ mm}$$

Çizelge 18.11'den L_e=2030 mm ve L_i=2000 mm seçilir.

c_u=1,03 (L_e=2030 mm)

Çizelge 18.12'den d_{ek}=125 mm ve n_k=950 d/d için P_N=1,57 kW okunur.

c_β=0,945 (Çizelge 18.2, β=157,9°)

$$z = \frac{5,5}{1,57 \cdot 1,03 \cdot 0,945} = 3,59$$

z=4 kayış alınır.

Künye: A (13) - 2030/2000 - 4 adet

c) $i_T = 45,44$

Tamburun bağlı olduğu mil için;

$$n_t = \frac{n_1}{i_T} = \frac{950}{45,44} = 20,9 \text{ d/d}$$

Tambur 20,9 d/d ile döner. Tamburun çevresel hızı yükün hızını verir.

$$v_t = \frac{\pi \cdot d_t \cdot n_t}{60} = \frac{\pi \cdot 0,300 \cdot 20,9}{60} \cong 0,328 \text{ m/s}$$

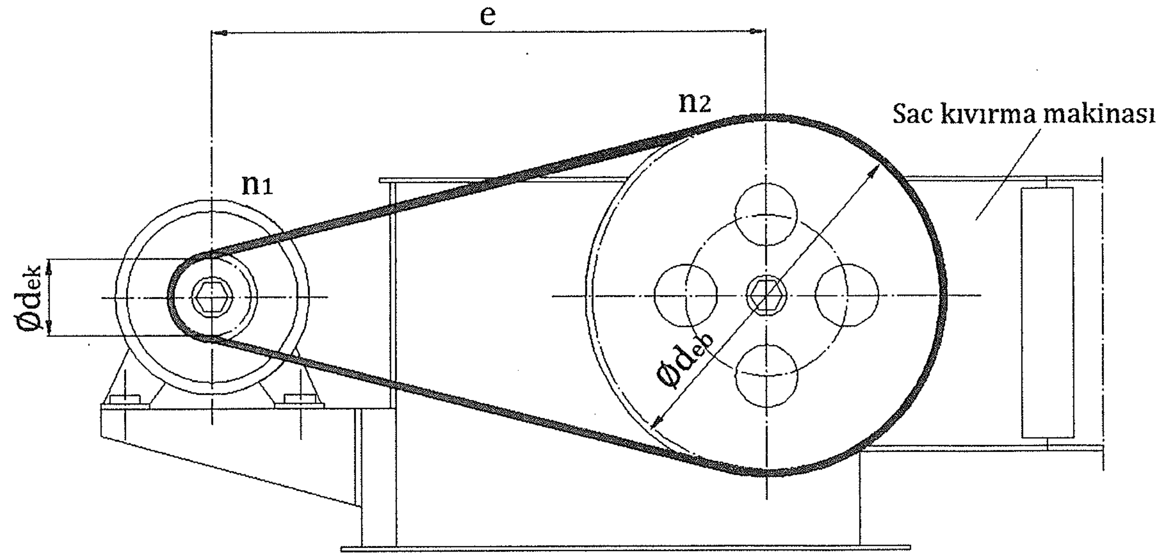
Yük bir dakikada,

$x = v \cdot t = 0,328 \cdot 60 = 19,68$ m yükseğe çıkar.

PROBLEM 18.5

Şekilde görüldüğü gibi bir elektrik motoruna bağlı dar V kayış mekanizması ile günde 12 saat çalışan bir sac kıvırma makinasına moment iletilmektedir. İletilmek istenen güç 15 kW ve elektrik motorunun devir sayısı 950 d/d'dır. Eksenler arası mesafe 1000 mm, küçük kasnak çapı 160 mm, çevrim oranı 1,475 ve kayış kasnak arasındaki sürtünme katsayısı μ=0,15 dir.

a) Kayış kuvvetlerini bulunuz.
b) İletilmek istenen güce uygun dar V kayışını seçiniz ve kayış adedini bulunuz.



ÇÖZÜM:

P=15 kW, n_k=950 d/d, dar V kayışı, e=1000 mm, d_{ek}=160 mm, i=1,475, μ=0,15

a) Kayış kuvvetleri;

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{15}{950} = 150{,}78 \text{ Nm}$$

$$M_d = F \cdot r_{ek} = (F_1 - F_2) \cdot r_{ek}$$

$$r_{ek} = \frac{d_{ek}}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ mm}$$

$$F_1 - F_2 = \frac{150780}{80} = 1884 \text{ N} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$d_{eb} = i \cdot d_{ek} = 1{,}475 \cdot 160 = 236 \text{ mm}$$

$$\sin\alpha = \frac{d_{eb} - d_{ek}}{2 \cdot e} \rightarrow \alpha = 2{,}17°$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \alpha = 175{,}6°$$

$F_1 = F_2 \cdot e^{\frac{3 \cdot 0,15 \cdot \pi \cdot 175,6}{180}} \rightarrow F_1 = 3,96 \cdot F_2$ .... (2)

(1) ve (2)' nin ortak çözümünden;

$3,96 \cdot F_2 - F_2 = 2,96 \cdot F_2 = 1884 \rightarrow F_2 = 636\ N$

$F_1 = 1884 + 636 = 2520\ N$

b) c_i=1,2 (Çizelge 18.4, saç kıvırma makinası ve 12 h)

Şekil 18.15'den $P_H = P \cdot c_i = 15 \cdot 1,2 = 18\ kW$ ve d_{ek}=160 mm için **SPA** tipi dar V kayışı seçilir.

$$L_e = 2 \cdot e \cdot \cos\alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{ek} + d_{eb}) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (d_{eb} - d_{ek})$$

$$L_e = 2 \cdot 1000 \cdot \cos 2,17 + \frac{\pi}{2} \cdot (160 + 236) + \frac{\pi \cdot 2,17}{180}(236 - 160) = 2623\ mm$$

Çizelge 18.11'den L_e=2800 mm seçilir ve c_u=1,02 alınır.

P_N=4,6 kW (Çizelge 18.13, SPA kayışı, d_{ek}=160 mm, n_k=950 d/d ve i=1,475)

c_β=0,99 (Çizelge 18.2, β=175,6°)

$$z = \frac{P \cdot c_i}{P_N \cdot c_\beta \cdot c_u} = \frac{15 \cdot 1,2}{4,6 \cdot 0,99 \cdot 1,02} = 3,87 \rightarrow z = 4\ adet$$

Künye: SPA - 2800 - 4 adet

PROBLEM 18.6

Günde 8 saat çalışan bir dokuma tezgâhında trapez dişli kayış kullanılacaktır. İletilmek istenen güç 4 kW ve elektrik motorunun devir sayısı n_k=2800 d/d'dır. Çevrim oranının i=2 ve eksenler arası mesafenin yaklaşık e=600 mm olması istenmektedir.

a) Kayış tipini seçip, diş sayısını ve kayış uzunluğunu bulunuz.
b) Kayış genişliğini bulunuz.
c) Kayışın mukavemet kontrolünü yapınız.
d) Mili etkileyen kuvveti bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) Kayış tipinin seçilmesi;

P=4 kW için Çizelge 18.18'den **T10** kayışı (20 kW'a kadar) seçilir.

T10 için, p=10 mm, m=3,183 mm ve z_k=15 alınır.

$z_b = i \cdot z_k = 2 \cdot 15 = 30$

$d_k = m \cdot z_k = 3{,}183 \cdot 15 = 47{,}74$ mm; $d_b = m \cdot z_b = 3{,}183 \cdot 30 = 95{,}49$ mm

Diş sayısının bulunması;

$$\sin\alpha = \frac{d_b - d_k}{2 \cdot e} = \frac{95{,}49 - 47{,}74}{2 \cdot 600} \quad \rightarrow \quad \alpha = 2{,}28°$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \alpha = 175{,}4°$$

$$L = 2 \cdot e \cdot \cos\alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (d_k + d_b) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (d_b - d_k)$$

$$L = 2 \cdot 600 \cdot \cos 2{,}28 + \frac{\pi}{2} \cdot (47{,}74 + 95{,}49) + \frac{\pi \cdot 2{,}28}{180}(95{,}49 - 47{,}74) = 1425 \text{ mm}$$

$$X = \frac{L}{p} = \frac{1425}{10} = 142{,}5$$

T10 için Çizelge 18.18'den X=142 diş alınır.

Gerçek kayış uzunluğu: $L = X \cdot p = 142 \cdot 10 = 1420$ mm

b) Kayış genişliğinin bulunması;

$$b = \frac{P \cdot c_i}{z_e \cdot P_N}$$

Dokuma tezgahı ve günde 8 h için Çizelge 18.4'den c_i=1,3 alınır.

$z_e = z_k \cdot \frac{\beta}{360} = 15 \cdot \frac{175{,}4}{360} = 7{,}3 \leq 15$ olduğu için uygundur.

Emniyetli kayış genişliğini bulmak için z_e=7 adet alınabilir.

Çizelge 18.20'den T10, z_k=15 ve n_k=2800 d/d için orantı yapılarak,

$$P_N = \frac{2800 \cdot 168}{3000} = 156{,}8 \text{ W/cm bulunur.}$$

$$b = \frac{4000 \cdot 1{,}3}{7 \cdot 156{,}8} = 4{,}73 \text{ cm}$$

Çizelge 18.18'den b=50 mm ve B=55 mm alınır.

c) Mukavemet kontrolü;

$$v = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n_k}{60} = \frac{\pi \cdot 47{,}74 \cdot 10^{-3} \cdot 2800}{60} = 6{,}99 \text{ m/s}$$

$$F_t = \frac{P}{v} = \frac{4000}{6,99} = 572,24\ N$$

T10 için Çizelge 18.18'den, F_N=720 N/cm alınır.

$$F_{em} = \frac{F_N \cdot b}{c_i} = \frac{720 \cdot 5}{1,3} = 2769,23\ N > 572,24\ N$$ olduğu için emniyetlidir.

d) Mili etkileyen kuvvet;

c_i=1,3 için k=1,5 alınır.

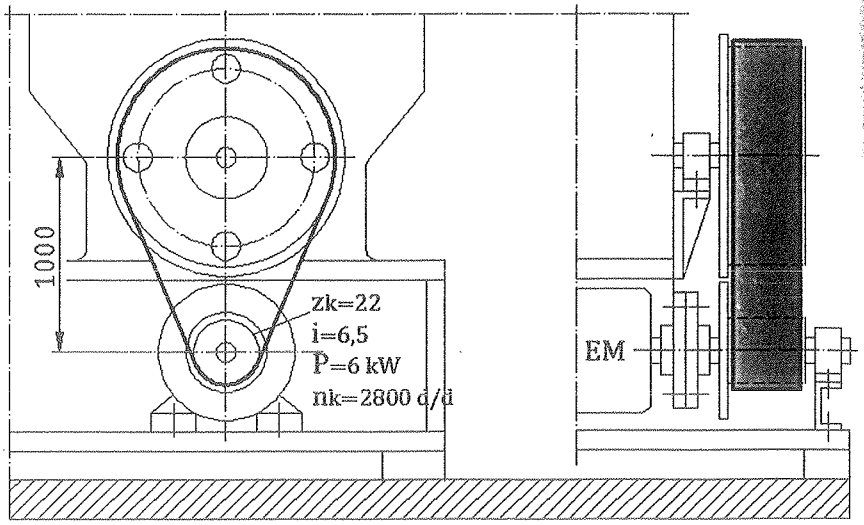
$$F_{mil} = k \cdot F_t = 1,5 \cdot 572,24 = 858\ N$$

Künye: 1420 - T10 - 50

PROBLEM 18.7

Günde 12 saat çalışan bir matbaa makinasında (A grubu tahrik), HTD dişli kayış mekanizması kullanılacaktır.

a) Kayış tipini belirleyerek uzunluğunu bulunuz.
b) Kayış genişliğini bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) Kayış tipinin seçilmesi;

$$\frac{P}{n_{döndüren}} = \frac{6}{2800} = 0,002 < 0,02$$ olduğu için Çizelge 18.21'den **8M** dişli kayışı seçilir.

8M için, p=8 mm, m=2,5465 mm alınır.

$$z_b = i \cdot z_k = 6,5 \cdot 22 = 143$$

$$d_k = m \cdot z_k = 2,5465 \cdot 22 = 56\ mm$$

$$d_b = m \cdot z_b = 2,5465 \cdot 143 = 364\ mm$$

Diş sayısının bulunması;

$$\sin\alpha = \frac{d_b - d_k}{2 \cdot e} = \frac{364 - 56}{2 \cdot 1000} \rightarrow \alpha = 8,85°$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \alpha = 162,3°$$

$$L = 2 \cdot e \cdot \cos\alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (d_k + d_b) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (d_b - d_k)$$

$$L = 2 \cdot 1000 \cdot \cos 8{,}85 + \frac{\pi}{2} \cdot (56 + 364) + \frac{\pi \cdot 8{,}85}{180}(364 - 56) = 2683 \text{ mm}$$

$$X = \frac{L}{p} = \frac{2683}{8} = 335{,}4$$

8M için Çizelge 18.21'den X=350 diş alınır.

Gerçek kayış uzunluğu: $L=X \cdot p=350 \cdot 8=2800$ mm bulunur.

b) Kayış genişliğinin bulunması;

$$b \cdot k = \frac{P \cdot c_u \cdot (c_i + c_m)}{P_N}$$

c_u=1,2 (Çizelge 18.22, L=2800 mm); c_m=0 (Yavaşlatıcı mekanizma)

c_i=1,3 (Çizelge 18.4, matbaa makinası ve günde 12 h)

P_N=2255 W/cm (Çizelge 18.23, z_k=22 ve n_k=2800 d/d)

$$b \cdot k = \frac{6000 \cdot 1{,}2 \cdot (1{,}3 + 0)}{2255} = 4{,}15 \text{ cm}$$

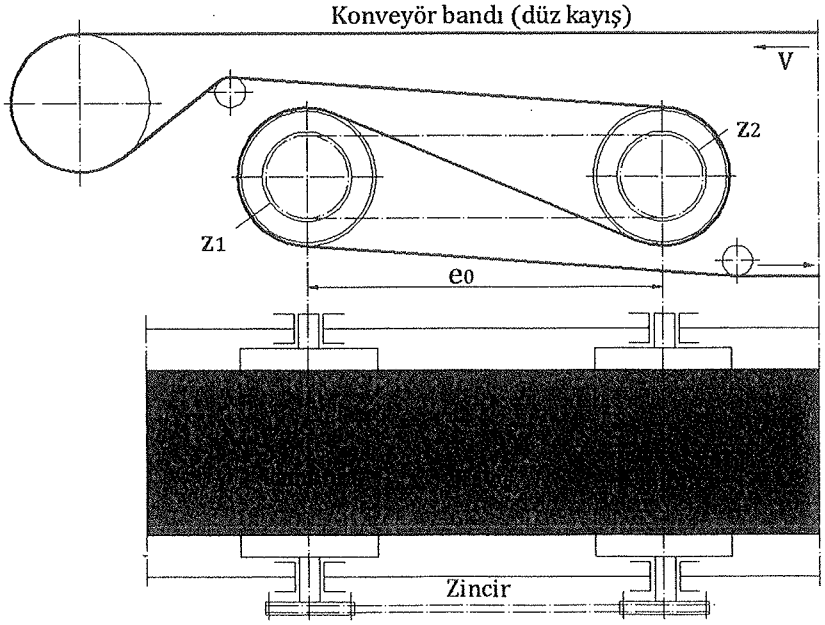
41,5 mm ≤ 54 mm olduğu için Çizelge 18.24'den k = 1,08 alınır.

b=41,5/1,08=38,4 mm olduğu için Çizelge 18.21'den standart genişliğe yuvarlatılarak b=50 mm alınır.

Künye: HTD 2800 - 8M - 50

PROBLEM 18.8

Şekilde ilk tahriki zincir vasıtasıyla sağlanan, günde 16 saat çalışan, hafif yük konveyör sistemi verilmiştir. Elektrik motoru gücü P=10 kW, z_1=z_2=19, e_0=800 mm, bandın hızı v=0,8 m/s, tambur çapı D=400 mm olarak alınacaktır. Konveyörde kullanılan düz kayışın genişliğini bulunuz. Kauçuk gövdede PA-elyaflı, PU-sürtünme tabakalı kompozit kayış kullanılacaktır. Çalışma ortamı faktörü 1,0 alınacaktır.



ÇÖZÜM:

P = 10 kW, v_b = 0,8 m/s, günde 16 h, hafif yük konveyörü

Kauçuk gövdede PA- elyaflı, PU-sürtünme tabakalı kompozit kayış

Çalışma ortamı faktörü c_0=1alındı.

$$b = \frac{P \cdot c_i}{c_0 \cdot c_\beta \cdot F_{çmax} \cdot v}$$

c_i = 1,1 (Çizelge 18.4, günde 16 h, hafif yük konveyörü)

c_β = 1,0 (sarım açısı 180° 'den büyük)

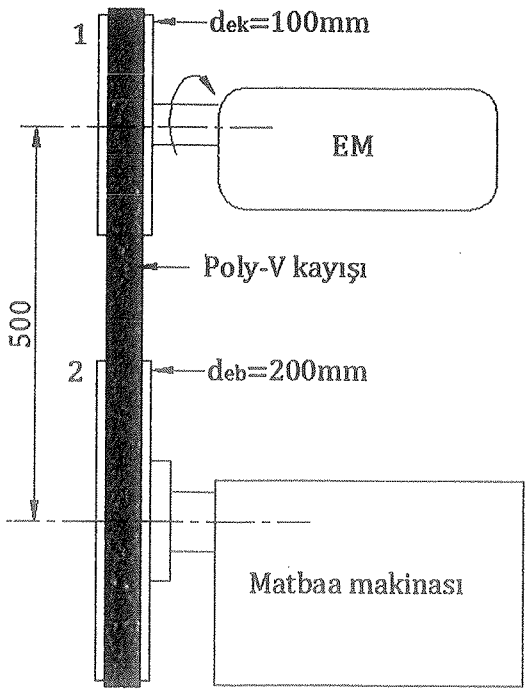
Çizelge 18.5'den $F_{çmax}$ = 200 N/mm (PA – PU kayma tabakası)

$$b = \frac{10000 \cdot 1,1}{1 \cdot 1 \cdot 200 \cdot 0,8} = 68,75 \text{ mm}$$

b = 70 mm alınabilir

PROBLEM 18.9

Şekildeki güç aktarma sisteminde, elektrik motoru matbaa makinasına Çok profilli (Poly) V kayışı yardımıyla hareket vermektedir. İletilen güç P=4 kW ve giriş devir sayısı n_k=2000 d/d dır. Kasnak çapları d_{ek}=100 mm, d_{eb}=200 mm ve eksenler arası mesafe e=500 mm alınacaktır. Makina günde 12 saat çalıştığına göre, kullanılan kayışın tipini, uzunluğunu ve yiv sayısını bulunuz.



ÇÖZÜM:

Çok profilli V kayışı, matbaa makinası, günde 12 saat çalışıyor.

Kayış tipinin seçimi;

c_i = 1,3 (Çizelge 18.4, matbaa, günde 12 saat)

Şekil 18.21'den $P_H = P \cdot c_i = 4 \cdot 1,3 = 5,2$ kW ve n_k = 2000 d/d için profil **PL** seçilir.

Kayış uzunluğu;

$$\sin\alpha = \frac{d_{eb} - d_{ek}}{2 \cdot e} = \frac{200 - 100}{2 \cdot 500} \rightarrow \alpha = 5,73°$$

$$\beta = 180 - 2 \cdot \alpha = 180 - 2 \cdot 5{,}73° = 168{,}5°$$

$$L_e = 2 \cdot e \cdot \cos\alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{ek} + d_{eb}) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (d_{eb} - d_{ek})$$

$$L_e = 2 \cdot 500 \cdot \cos 5{,}73 + \frac{\pi}{2} \cdot (100 + 200) + \frac{\pi \cdot 5{,}73}{180}(200 - 100) = 1476 \text{ mm}$$

Kayış kataloğundan;

L_e=1499 mm standart uzunluk alınır.

Yiv sayısı;

$$z = \frac{P \cdot c_i}{P_N \cdot c_\beta \cdot c_u}$$

$c_\beta = 0{,}975$ (Çizelge 18.2, $\beta = 168{,}5°$)

$c_u = 0{,}93$ (Standart uzunluğa göre katalogdan alınmalıdır.)

$P_N \cong 1{,}85$ kW (Çizelge 18.16, $n_k = 2000$ d/d ve $d_{ek} = 100$ mm)

$$z = \frac{4 \cdot 1{,}3}{1{,}85 \cdot 0{,}975 \cdot 0{,}93} = 3{,}09 \quad \rightarrow \quad z = 3 \text{ yiv olmalıdır.}$$

Künye: 3 - PL - 1499

BÖLÜM 19: ZİNCİR MEKANİZMALARI

PROBLEM 19.1

Zincir ile tahrik edilen P=50 kW gücünde bir beton mikseri, düzgün olmayan işletme şartlarında çalışıyor. z_1=18, i=3, n_1=300 d/d ve e_0=600 mm olduğuna göre uygun zincir tipini seçerek mekanizmayı boyutlandırınız ve mukavemet kontrolünü yapınız.

ÇÖZÜM:

$$P_H = P \cdot f_1 \cdot f_2$$

Çizelge 19.1'den beton mikseri için f_1=1,5 alınır.

Çizelge 19.2'den z_1=18 için f_2=1,04 alınır.

$$P_H = 50 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}04 = 78 \text{ kW}$$

Şekil 19.16'dan P_H=78 kW ve n_1=300 d/d için **24B Üç Sıralı Zincir** seçilir. Çizelge 19.3'den üç sıralı 24B zinciri için, p=38,1 mm, A=16,43 cm², q=21 kg/m, F_B=425 kN alınır.

$$z_2 = i \cdot z_1 = 3 \cdot 18 = 54$$

$$f_3 = \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\frac{54 - 18}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 32{,}86$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{e_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{f_3 \cdot p}{e_0}$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{600}{38{,}1} + \frac{18 + 54}{2} + \frac{32{,}86 \cdot 38{,}1}{600}$$

X_0 = 69,57 adet (bir üst çift tam sayıya yuvarlanır)

X = 70 adet bakla alınır.

$$f_4 = X - \frac{z_1 + z_2}{2} = 70 - \frac{18 + 54}{2} = 34$$

$$e = \frac{p}{4} \cdot \left[f_4 + \sqrt{{f_4}^2 - 8 \cdot f_3}\right]$$

$$e = \frac{38{,}1}{4} \cdot \left[34 + \sqrt{34^2 - 8 \cdot 32{,}86}\right]$$

e = 608,5 mm

$L = p \cdot X = 38{,}1 \cdot 70 = 2667$ mm

Mukavemet kontrolü;

$$v = \frac{z \cdot p \cdot n}{60} = \frac{18 \cdot 38{,}1 \cdot 300 \cdot 10^{-3}}{60} = 3{,}43 \text{ m/s}$$

$$F_{ts} = \frac{P}{v} = \frac{50000}{3{,}43} = 14570 \text{ N}$$

$F_{td} = F_{ts} \cdot f_1 = 14570 \cdot 1{,}5 = 21850$ N

$F_a \cong 4 \cdot q \cdot e = 4 \cdot 21 \cdot 0{,}6085 \cdot 10 = 511$ N

$F_m = q \cdot v^2 = 21 \cdot 3{,}43^2 = 247$ N

$F_{top} = F_{td} + F_a + F_m = 22600$ N

$S_d = \frac{F_B}{F_{top}} = \frac{425000}{22600} = 18{,}8 \geq 5$ olduğu için emniyetlidir.

Aşınmaya göre kontrol;

$$p = \frac{F_{top}}{A} = \frac{22600}{16{,}43} = 1375 \text{ N/cm}^2$$

$p_{em} = p_0 \cdot \lambda \cdot c$

Çizelge 19.5'den, v = 3,43 m/s ve z_1=18 için p_0=2200 N/cm² alınır.

λ=0,92 (X=70 ve i=3), c=0,85 (üç sıralı zincir)

$p_{em} = 2200 \cdot 0{,}92 \cdot 0{,}85 = 1720$ N/cm², $p < p_{em}$ olduğu için emniyetlidir.

$$\frac{p_{em}}{p} = \frac{1720}{1375} = 1{,}25$$

$1{,}25 > 1{,}2$ olduğu için $L_h > 50000$ h çalışır.

PROBLEM 19.2

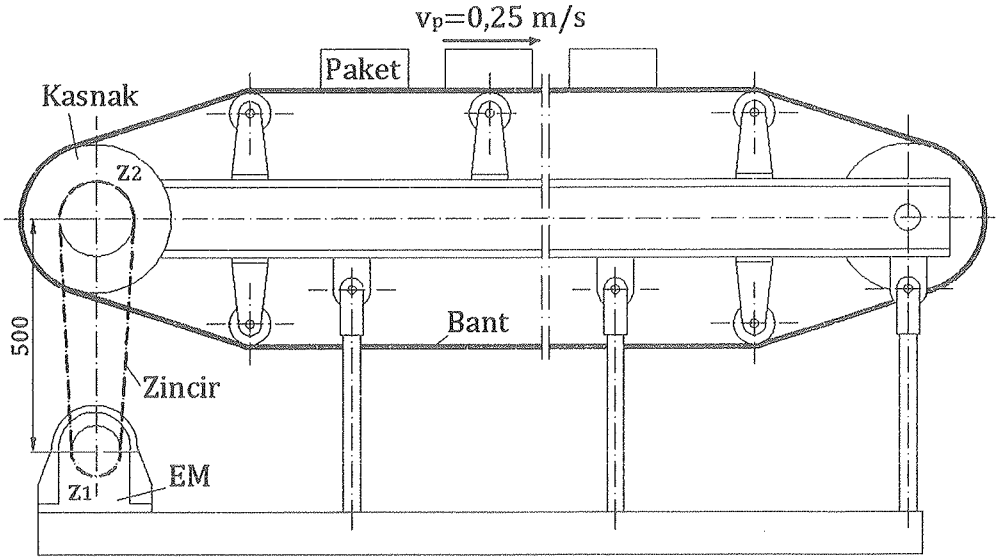
Aşağıdaki şekilde zincir mekanizmasıyla tahrik edilen bantlı konveyör verilmiştir. Bandın üzerindeki paketler 0,25 m/s hızla yol almaktadır. Elektrik motoru zinciri, zincir de konveyörün kasnağını hareket ettirmektedir. Zincir mekanizmasını döndüren redüktörlü motorun gücü P=1 kW, devir sayısı n_1=40 d/d, küçük zincir dişli çarkın diş sayısı z_1=16, eksenler arası mesafe e_0=500 mm ve konveyör bandını döndüren kasnağın çapı d_k=300 mm olarak verilmiştir. Sistemin darbeli çalıştığı kabul edilecektir.

a) B-tipi iki sıralı uygun zincir tipini belirleyiniz.

b) Büyük zincir dişli çarkın diş sayısını (z_2) bulunuz.

c) Bakla sayısını ve gerçek eksenler arası mesafeyi hesaplayınız

d) Dinamik emniyet katsayısını ve zincirin ömrünü çalışma saati (L_h) cinsinden yaklaşık olarak hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

P=1 kW, n_1=40 d/d, z_1=16, e_0=500 mm, v_p=v_b=0,25 m/s, d_k=300 mm

a) Tek sıralı zincir seçimi;

$$P_H = P \cdot f_1 \cdot f_2$$

f_1 = 2 (Çizelge 19.1, darbeli çalışma) ; f_2=1,17 (Çizelge 19.2, z_1=16)

$$P_H = 1 \cdot 2 \cdot 1{,}17 = 2{,}34 \text{ kW}$$

Şekil 19.16'dan P_H=2,34 kW ve n_1=40 d/d için **16B İki Sıralı Zincir** seçilir.

$$\text{b) } v_b = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n_k}{60} \rightarrow 0{,}25 = \frac{\pi \cdot 0{,}300 \cdot n_k}{60} \rightarrow n_k = 15{,}92 \text{ d/d}$$

n_2=n_k=15,92 d/d (kasnak ve büyük dişli çark aynı mil üzerinde)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{40}{15{,}92} = 2{,}512 \; ; \; z_2 = z_1 \cdot i = 16 \cdot 2{,}512 = 40{,}2 \cong 40 \text{ alınır.}$$

c) $f_3 = \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\frac{40 - 16}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 14{,}6$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{e_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{f_3 \cdot p}{e_0}$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{500}{25{,}4} + \frac{(16 + 40)}{2} + \frac{14{,}6 \cdot 25{,}4}{500} = 68{,}11 \rightarrow X = 68 \text{ adet alınır.}$$

$$f_4 = X - \frac{z_1 + z_2}{2} = 68 - \frac{(16 + 40)}{2} = 40$$

$$e = \frac{p}{4} \cdot \left[f_4 + \sqrt{{f_4}^2 - 8 \cdot f_3}\right]$$

$$e = \frac{25{,}4}{4} \cdot \left(40 + \sqrt{40^2 - 8 \cdot 14{,}6}\right) = 498{,}55 \text{ mm}$$

$$L = p \cdot X = 25{,}4 \cdot 68 = 1727{,}2 \text{ mm}$$

d) $v_z = \frac{z \cdot p \cdot n}{60} = \frac{16 \cdot 25{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 40}{60} = 0{,}27 \text{ m/s}$

$$F_{td} = F_{ts} \cdot f_1 = \frac{1000}{0{,}27} \cdot 2 = 7268{,}3 \text{ N}$$

$$F_a = 4 \cdot q \cdot e = 4 \cdot 5{,}4 \cdot 498{,}55 \cdot 10^{-3} = 10{,}76 \text{ kg} = 107{,}6 \text{ N}$$

$$F_m = q \cdot v^2 = 5{,}4 \cdot 0{,}27^2 = 0{,}40 \text{ N}$$

$$F_{top} = F_{td} + F_a + F_m = 7268{,}3 + 107{,}6 + 0{,}4 = 7366{,}3 \text{ N}$$

F_B=106 kN (Çizelge 19.3)

$S_d = \frac{106000}{7366} = 14{,}39 \geq 5$ olduğu için emniyetlidir.

Çizelge 19.5'den, v_z = 0,27 m/s ve z_1=16 için yaklaşık olarak p_0=2950 N/cm² okunur.

λ=0,90 (X=68 ve i=2,512 için); c=0,9 (iki sıra zincir)

$$p_{em} = p_0 \cdot \lambda \cdot c = 2950 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}9 = 2389{,}5 \text{ N/cm}^2$$

$$p = \frac{F_{top}}{A} = \frac{7366}{4{,}21} = 1749{,}6 \text{ N/cm}^2$$

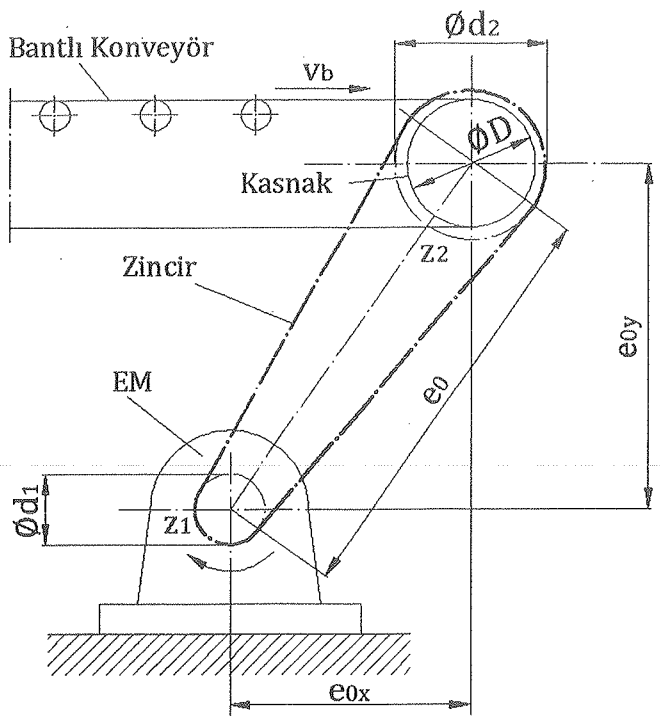
$\frac{p_{em}}{p} = \frac{2389{,}5}{1749{,}6} = 1{,}36 > 1{,}2$ olduğu için $L_h > 50000$ h

PROBLEM 19.3

Şekilde verilen konveyör sisteminde, redüktörlü elektrik motoruna bağlı olan 08B tek sıralı zincir, D=200 mm olan konveyör bandının kasnağını döndürmektedir. Bandın hızı v_b=0,15 m/s, n_1=50 d/d, z_1=18, $e_{0x}=e_{0y}$=400 mm ve zincir ömrü L_h=10000 h alınacaktır.

a) İkinci dişlinin diş sayısını, bakla sayısını ve gerçekleşen eksenler arası mesafeyi bulunuz.

b) Zincir ile iletilen gücü hesaplayınız. Zincir ağırlık kuvveti ve merkezkaç kuvvet ihmal edilecektir.



ÇÖZÜM:

n_1=50 d/d, z_1=18, D=200 mm, v_b=0,15 m/s, L_h=10000 h, $e_{0x}=e_{oy}$=400 mm

Çizelge 19.3'den **08B Tek Sıralı Zincir** için p=12,7 mm ve A=0,50 cm² alınır.

$$\text{a) } v_b = \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{60} \rightarrow 0{,}15 = \frac{\pi \cdot 0{,}200 \cdot n_k}{60}$$

$$n_k = 14{,}33 \text{ d/d}$$

$$n_k = n_2 = 14{,}33 \text{ d/d}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{50}{14{,}33} = 3{,}489$$

$$z_2 = i \cdot z_1 = 3{,}489 \cdot 18 = 62{,}8 = 63 \text{ diş alınır.}$$

$$f_3 = \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\frac{63 - 18}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 51{,}34$$

$$e_0 = \sqrt{400^2 + 400^2} = 565{,}68 \text{ mm}$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{e_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{f_3 \cdot p}{e_0}$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{565{,}68}{12{,}7} + \frac{(18 + 63)}{2} + \frac{51{,}34 \cdot 12{,}7}{565{,}68} = 130{,}73$$

X=132 alınır.

$$f_4 = X - \frac{z_1 + z_2}{2} = 132 - \frac{(18+63)}{2} = 91{,}5$$

$$e = \frac{p}{4} \cdot \left[f_4 + \sqrt{{f_4}^2 - 8 \cdot f_3} \right] = \frac{12{,}7}{4} \cdot \left[91{,}5 + \sqrt{91{,}5^2 - 8 \cdot 51{,}34} \right] = 573{,}8 \text{ mm}$$

b) Çizelge 19.5'den, L_h=10000 h için p_{em}/p=0,95 alınır.

$$v_z = \frac{z_1 \cdot p \cdot n_1}{60} = \frac{18 \cdot 12{,}7 \cdot 10^{-3} \cdot 50}{60} = 0{,}19 \text{ m/s}$$

z_1=18 ve v_z=0,19m/s için p_0=3060 N/cm² alınır.

X=132 için λ=1,05 ve c=1 alınır.

$$p_{em} = p_0 \cdot \lambda \cdot c = 3060 \cdot 1{,}05 \cdot 1 = 3213 \text{ N/cm}^2$$

$$p = \frac{p_{em}}{0{,}95} = \frac{3213}{0{,}95} = 3382{,}1 \text{ N/cm}^2$$

$$p = \frac{F_{top}}{A} \quad \rightarrow \quad F_{top} = 3382{,}1 \cdot 0{,}5 = 1691 \text{ N}$$

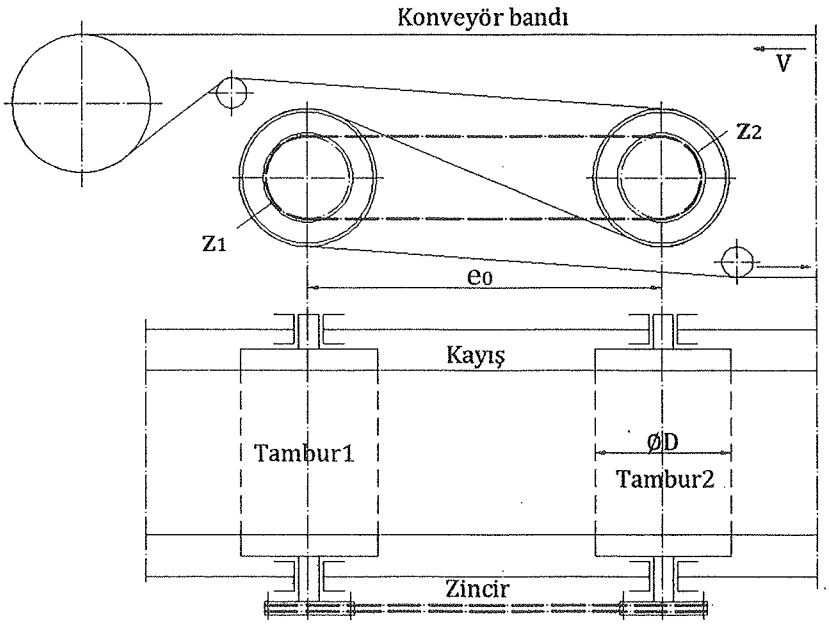
$$F_{top} = F_{td} + F_a + F_m$$

$$F_a = F_m = 0 \rightarrow F_{top} = F_{td} = 1691 \text{ N}$$

$$F_{td} = \frac{P}{v} \cdot f_1 \quad \rightarrow \quad 1691 = \frac{P}{0{,}19} \cdot 1{,}04 \quad \rightarrow \quad P = 308 \text{ W} = 0{,}3 \text{ kW}$$

PROBLEM 19.4

Şekilde ilk tahriki zincir vasıtasıyla sağlanan, günde 16 saat çalışan, hafif yük konveyör sistemi verilmiştir. Elektrik motor gücü P=10 kW, z_1=z_2=19, e_0=800 mm, bandın hızı v=0,8 m/s, tambur çapı D=400 mm olarak alınacaktır. Sistemde kullanılan tek sıralı B-tipi zincirin numarasını, bakla sayısını ve gerçekleşen eksenler arası mesafeyi bulunuz. Düzgün doldurma olmayan konveyör kabul edilecektir.



ÇÖZÜM:

$P = 10$ kW, $z_1 = z_2 = 19$, $e_0 = 800$ mm, $v_b = 0{,}8$ m/s, $D = 400$ mm

$P_H = P \cdot f_1 \cdot f_2$

$f_1 = 1{,}5$ (Çizelge 19.1, düzgün doldurma olmayan konveyör)

$f_2 = 1$ (Çizelge 19.2, $z_1 = 19$)

$P_H = 10 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 15$ kW

$$v_b = \frac{\pi \cdot D \cdot n_t}{60} \rightarrow 0{,}8 = \frac{\pi \cdot 0{,}4 \cdot n_t}{60} \rightarrow n_t = 38{,}2 \text{ d/d}$$

Tambur ve z_1 dişlisi aynı mil üzerinde olduğu için, n_t=n_1 olur.

Şekil 19.16'dan $P_H = 15$ kW ve $n_1 = 38{,}2$ d/d için **32B Tek Sıralı Zincir** seçilir.

p=50,8 mm

$$f_3 = \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\frac{19 - 19}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 0$$

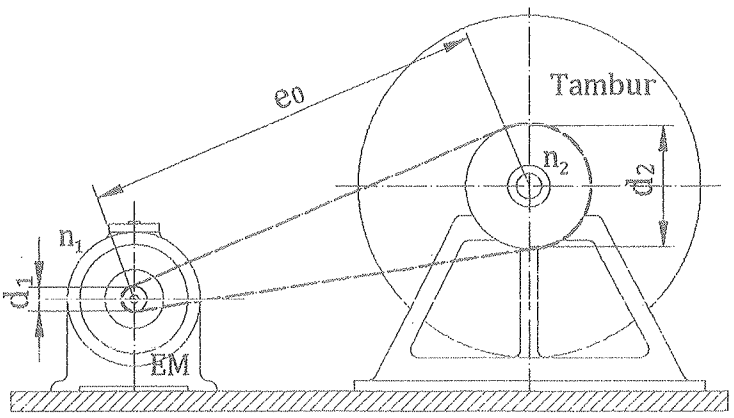
$$X_0 = 2 \cdot \frac{800}{50{,}8} + \frac{19 + 19}{2} + \frac{0 \cdot 50{,}8}{800} = 50{,}49 \text{ adet} \rightarrow X = 52 \text{ alındı.}$$

$$f_4 = X - \frac{z_1 + z_2}{2} = 52 - \frac{19 + 19}{2} = 33$$

$$e = \frac{p}{4} \cdot \left(f_4 + \sqrt{{f_4}^2 - 8 \cdot f_3}\right) = \frac{50{,}8}{4}\left(33 + \sqrt{33^2 - 8 \cdot 0}\right) = 838 \text{ mm}$$

PROBLEM 19.5

Şekilde zincir mekanizmasıyla tahrik edilen döner tambur verilmiştir. Elektrik motoru zinciri, zincir de tamburu hareket ettirmektedir. Zincir mekanizmasını döndüren motorun gücü P=1 kW, devir sayısı n_1=750 d/d, küçük zincir dişli çarkın diş sayısı z_1=19, çevrim oranı i=3 ve eksenler arası mesafe e_0=1000 mm olarak verilmiştir. Sistem düzgün olmayan çalışma kabul edilecektir. Sistem için B-tipi tek sıralı zincir seçilmesi durumunda, saat cinsinden yaklaşık ömrü ne olur, hesaplayınız.



ÇÖZÜM:

$z_2 = i \cdot z_1 = 3 \cdot 19 = 57$

$P_H = P \cdot f_1 \cdot f_2$

f_1=1,5 (Çizelge 19.1, düzgün olmayan çalışma)

f_2=1 (Çizelge 19.2, z_1=19)

$P_H = 1 \cdot 1{,}5 \cdot 1 = 1{,}5$ kW

Şekil 19.16'dan P_H=1,5 kW ve n_1=750 d/d için **06B Tek Sıralı Zincir** seçilir. Tek sıralı 06B zinciri için Çizelge 19.3'den p=9,525 mm, A=0,28 cm², q=0,41 kg/m, F_B=9 kN değerleri alınır.

$$f_3 = \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi}\right)^2 = \left(\frac{57 - 19}{2 \cdot \pi}\right)^2 = 36{,}6$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{e_0}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{f_3 \cdot p}{e_0}$$

$$X_0 = 2 \cdot \frac{1000}{9{,}525} + \frac{19 + 57}{2} + \frac{36{,}6 \cdot 9{,}525}{1000}$$

$X_0 = 248{,}3$ adet (bir üst çift tam sayıya yuvarlanır)

$X = 250$ adet bakla alınır.

$$f_4 = X - \frac{z_1 + z_2}{2} = 250 - \frac{19 + 57}{2} = 212$$

$$e = \frac{p}{4} \cdot \left[f_4 + \sqrt{{f_4}^2 - 8 \cdot f_3}\right]$$

$$e = \frac{9{,}525}{4} \cdot \left[212 + \sqrt{212^2 - 8 \cdot 36{,}6}\right]$$

$e = 1008$ mm

$L = p \cdot X = 9{,}525 \cdot 250 = 2381{,}25$ mm

Mukavemet kontrolü;

$$v = \frac{z \cdot p \cdot n}{60} = \frac{19 \cdot 9{,}525 \cdot 750 \cdot 10^{-3}}{60} = 2{,}26 \text{ m/s}$$

$$F_{ts} = \frac{P}{v} = \frac{1000}{2{,}26} = 442{,}4 \text{ N}$$

$F_{td} = F_{ts} \cdot f_1 = 442{,}4 \cdot 1{,}5 = 663{,}6$ N

$F_a \cong 4 \cdot q \cdot e = 4 \cdot 0{,}41 \cdot 1{,}008 \cdot 10 = 16{,}5\ N$

$F_m = q \cdot v^2 = 0{,}41 \cdot 2{,}26^2 = 2{,}1\ N$

$F_{top} = F_{td} + F_a + F_m = 682{,}2\ N$

$S_d = \frac{F_B}{F_{top}} = \frac{9000}{682{,}2} = 13{,}19 \geq 5$ olduğu için emniyetlidir.

Aşınmaya göre kontrol;

$p = \frac{F_{top}}{A} = \frac{682{,}2}{0{,}28} = 2436{,}4\ N/cm^2$

$p_{em} = p_0 \cdot \lambda \cdot c$

Çizelge 19.5'den, v = 2,26 m/s ve z_1=19 için p_0=2395N/cm² alınır.

λ=1,22 (X=250 ve i=3), c=1 (tek sıralı zincir)

$p_{em} = 2395 \cdot 1{,}22 \cdot 1 = 2922\ N/cm^2$, $p < p_{em}$ olduğu için emniyetlidir.

$\frac{p_{em}}{p} = \frac{2922}{2436{,}4} = 1{,}19 \approx 1{,}2$

olduğu için $L_h \approx 50000$ h çalışır.

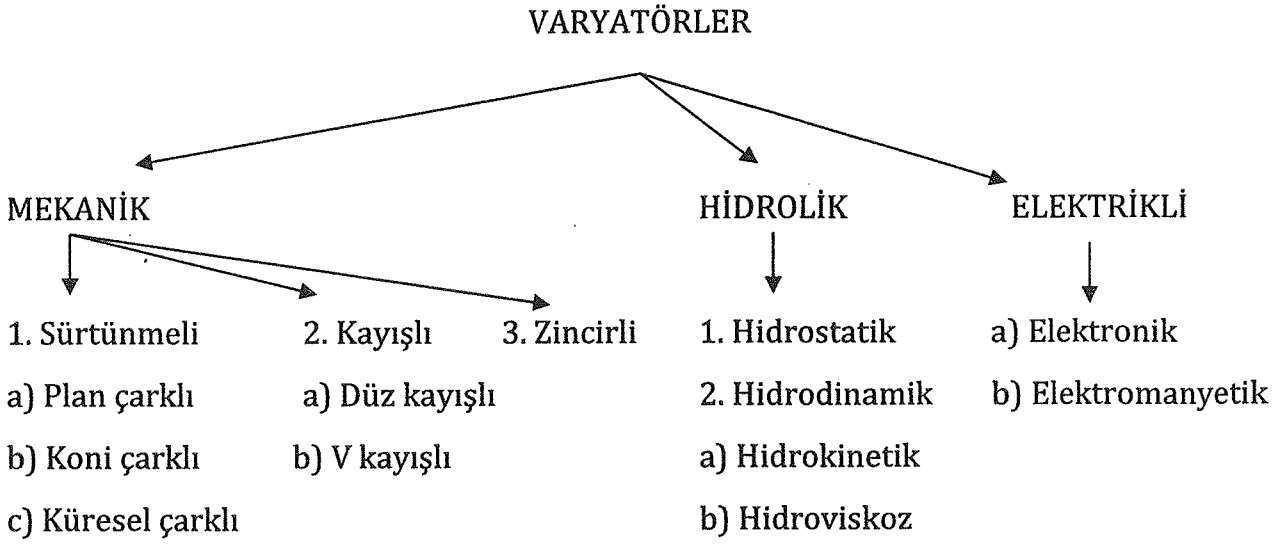
BÖLÜM 20:
KADEMESİZ HIZ AYAR MEKANİZMALARI

PROBLEM 20.1

Varyatörleri sınıflandırınız.

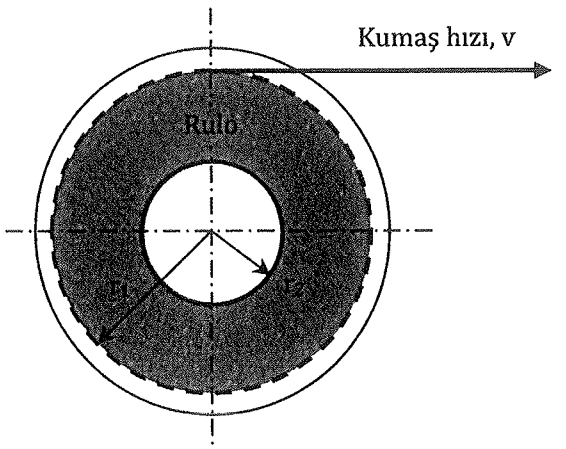
ÇÖZÜM:

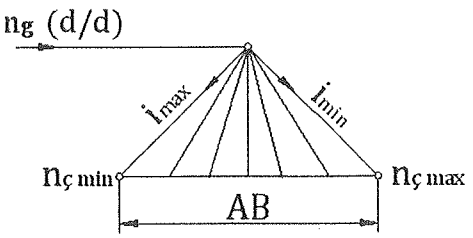
Günümüzde kullanılan varyatörler, mekanik, hidrolik ve elektrikli olmak üzere üç ana gruba ayrılabilir.



PROBLEM 20.2

Şekilde bir tekstil boyama makinasında kullanılan kumaş rulosu verilmiştir. Boyama esnasında kumaş hızının v=0,4 m/s olarak sabit kalması gerekmektedir. Ancak işlem esnasında kumaş boyandıkça sarılı olduğu yarıçap, r_1=380 mm ve r_2=126 mm arasında değişmektedir. Yarıçapın değişmesiyle çizgisel hızın sabit kalabilmesi için ruloya bağlı varyatör kullanılmıştır. Varyatörün çalışma devir aralığını bulunuz.





ÇÖZÜM:

İstenilen hızı elde edebilmek için;

$$v_1 = \omega_1 \cdot r_1 \rightarrow \ 0{,}4 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \cdot 0{,}380 \ \rightarrow n_1 = n_{çmin} = 10 \text{ d/d bulunur.}$$

İşlem anında hızın sabit kalabilmesi için, $v_1=v_2$ alınarak,

$$n_1 \cdot r_1 = n_2 \cdot r_2 \ \rightarrow \ 10 \cdot 0{,}38 = n_2 \cdot 0{,}126 \ \rightarrow \ n_2 = n_{çmax} = 30 \text{ d/d bulunur.}$$

Ayar bölgesi (AB),

$$AB = \frac{r_1}{r_2} = \frac{n_{ç\,max}}{n_{ç\,min}} = \frac{30}{10} = 3$$

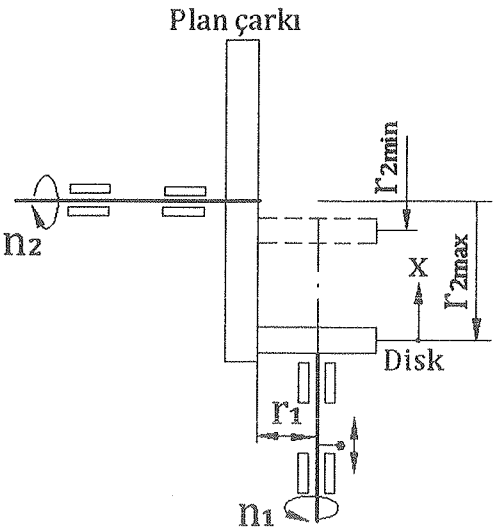
Devir sayıları küçük olduğu için, redüktörlü elektrik motoru kullanılmalıdır. Redüktörün çıkışına da varyatör bağlanmalıdır.

PROBLEM 20.3

Şekildeki plan çarklı sürtünmeli varyatör ile n_1=1250 d/d'da P=2 kW'lık bir güç iletilmektedir. Giriş diskinin yarıçapı r_1=30 mm, ve sürtünme katsayısı μ=0,25 olarak verilmektedir.

a) Momentin iletilmesi için çarka ne kadar normal kuvvet (F_N) uygulanmalıdır. Kaymaya karşı %30 emniyet alınacaktır.

b) Maksimum çıkış devir sayısı 750 d/d ve ayar bölgesinin AB=5 olabilmesi için plan çarkının yaklaşık boyutlarını bulunuz.



ÇÖZÜM:

a) Giriş momenti;

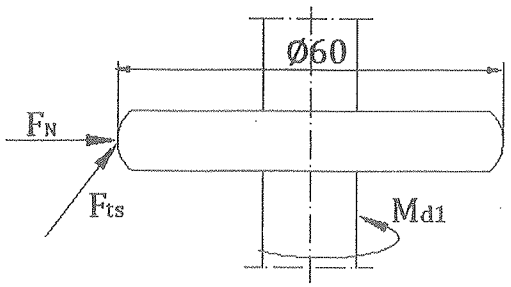
$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{2}{1250} = 15{,}28 \text{ Nm}$$

$$M_s = M_{d1} \cdot S_K = 15{,}28 \cdot 1{,}3 = 19{,}86 \text{ Nm}$$

Teğetsel sürtünme kuvveti;

$$M_s = F_{ts} \cdot r_1$$

$$19{,}86 = F_{ts} \cdot 0{,}03 \rightarrow \ F_{ts} = 662 \text{ N}$$



Normal kuvvet;

$$F_{ts} = \mu \cdot F_N \rightarrow \quad F_N = \frac{F_{ts}}{\mu} = \frac{662}{0{,}25} = 2648 \text{ N uygulanmalıdır.}$$

b) $n_{çmax}$=750 d/d ve AB=5 için,

$$AB = \frac{n_{ç\,max}}{n_{ç\,min}} \ \rightarrow \ 5 = \frac{750}{n_{ç\,min}} \ \rightarrow \ n_{ç\,min} = 150 \text{ d/d}$$

Plan çark boyutları;

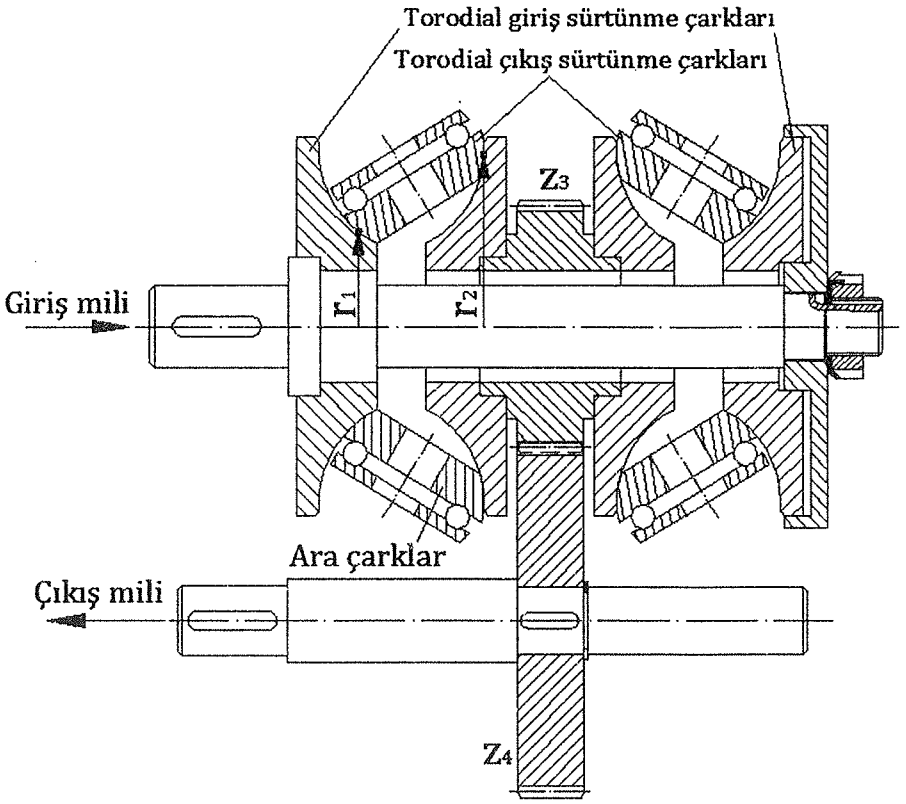
$$i_{min} = \frac{r_{2\,min}}{r_1} = \frac{n_1}{n_{2\,max}} \rightarrow \frac{r_{2\,min}}{30} = \frac{1250}{750} \rightarrow r_{2\,min} = 50 \text{ mm ve}$$

$$i_{max} = \frac{r_{2\,max}}{r_1} = \frac{n_1}{n_{2\,min}} \rightarrow \frac{r_{2\,max}}{30} = \frac{1250}{150} \rightarrow r_{2\,max} = 250 \text{ mm} \quad \text{arasında değişir.}$$

Dış çapı yaklaşık D=275 mm olan plan çark kullanılmalıdır.

PROBLEM 20.4

Şekilde torodial sürtünmeli varyatör ile n_1=950 d/d'da P=5 kW'lık bir güç iletilmektedir. Giriş torodial çarkı temas yarıçapı r_1=30 mm, diş sayıları z_3=30 ve z_4=75 olarak verilmektedir. Sistemin toplam verimi %70 olarak alınacaktır. Çıkış milinden M_{d2}=250 Nm moment elde edebilmek için çıkış çarkındaki temas yarıçapı r_2 ne olmalıdır.



ÇÖZÜM:

Giriş momenti;

$$M_{d_1} = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{5}{950} = 50{,}26 \text{ Nm}$$

Sistemin toplam çevrim oranı;

$$i_{top} = i_{12} \cdot i_{34} = \frac{r_2}{r_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} = \frac{r_2}{30} \cdot \frac{75}{30} = 0{,}083 \cdot r_2$$

Çıkış momenti;

$$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_{top} \cdot \eta \rightarrow 250 = 50{,}26 \cdot 0{,}083 \cdot r_2 \cdot 0{,}7 \rightarrow r_2 = 85{,}6 \text{ mm olmalıdır.}$$

BÖLÜM 21: REDÜKTÖR PROJELERİ

Dişli kutularının tasarımında, temel makina elemanlarının birçoğu kullanılmaktadır. Bu nedenle Cilt I'de verilen bölümlere ek olarak hazırlanan Redüktör Projeleri bölümünde;

- I. Kademe helis - II. Kademe düz,
- I. Kademe konik - II. Kademe helis,
- Sonsuz vida,

olmak üzere üç adet proje örneği verilmiştir. Bu projelerde, mil, kama, rulman, dişli çark vb. elemanların hesap yöntemleri, şekillendirme teknikleri ve teknik resimlerinin çizimi uygulamalı olarak gösterilmiştir. Redüktörler ve elemanları hakkında kısaca bilgi vermek gerekirse;

Dişliler

Dişliler genellikle sementasyon çeliklerinden imal edilmektedir. Dişlilerin talaş kaldırma işlemleri (torna, diş açma, çapak alma) yapıldıktan sonra, dişli modülüne uygun sementasyon derinliğinde ve 56 - 60 HRC yüzey sertliği sağlanacak şekilde ısıl işlemleri yapılır. Isıl işlemden sonra dişlilerin diş profilleri taşlanır. Diş profillerinin taşlanması, aşınmayı azaltır ve redüktörün daha sessiz çalışmasını sağlar. Montaj hatalarını ortadan kaldırmak için, mil ile yekpare olarak üretilmiş pinyon dişlilerin genişliği, çark genişliğinden biraz daha büyük yapılır. Yönetmeliklere göre, redüktörün gürültü seviyesi 90dB'i geçmemelidir. Bunun için düz dişliler yerine helis dişliler tercih edilir.

Miller

Redüktörlerin giriş milleri genellikle pinyon dişli ile birlikte yekpare olarak üretilir. Bundan dolayı giriş millerinin malzemesi de sementasyon çeliğidir. Redüktör giriş mili ve pinyon dişli parçalı yapılacaksa, mil malzemesi olarak en çok genel yapı çelikleri (E295, E335, E360) kullanılır. Yüksek zorlamalara maruz kalan yerlerde 40Mn4, 34Cr4 gibi ıslah çelikleri veya 16MnCr5, 20MnCr5 gibi sementasyon çelikleri kullanılabilir. İki kademeli redüktörlerdeki ara mil de pinyon dişli ile yekpare imal edilebilir. Rulman yerleri, çevre yükü olma durumuna göre ara ya da sıkı geçme toleranslarında taşlanır. Giriş ve çıkış milleri üzerindeki kama yuvaları standartlara göre işlenir.

Yataklar

Redüktör millerinin yataklanmasında, gelen kuvvetlere ve devir sayısına göre rulman seçilir. Rulman ömürleri en az 20.000 saat olacak şekilde seçim yapılmalıdır. Çalışma şartlarına göre 100000 saat ömürlere kadar da seçim yapılabilir.

Gövdeler

Gövde döküm veya kaynak ile üretilebilir. Üretim sayısı çok ise dökme demir, çelik döküm veya hafif metal döküm gövdeler ekonomik çözüm sağlar. Döküm konstrüksiyonlar, titreşimleri sönümleme özelliğine sahip oldukları için özellikle tercih

edilirler. Seri üretimde redüktör gövdeleri genellikle EN-GJL-200, 250 ve 300 lamel grafitli dökme demirden üretilir. Bazı durumlarda küresel grafitli dökme demir de kullanılabilir. Dik ayaklı tip olan redüktörlerin gövdesi genellikle tek parça ve yan kapaklardan oluşur. Genellikle küçük güçlerin iletildiği durumlarda kullanılır. Yatık tip büyük redüktörlerde, gövde genellikle alt ve üst kutu olmak üzere iki parçalı olarak yapılır. İki parçalı tasarımda, alt ve üst kutu, ayrım düzleminde önceden tespit edilmiş iki yada daha fazla merkezleme pimi ile birbirlerine oturtulur, daha sonra saplama veya cıvatalarla birbirlerine bağlanır. Az sayıda üretim veya çok büyük boyutlu gövdelerde kaynaklı imalat yöntemi tercih edilir.

Yatak tepki kuvvetlerini karşılayabilmek için, gövde rijit bir yapıya sahip olmalıdır. Büyük kutularda yan duvarlar federler yardımıyla desteklenir. Sonsuz vida redüktörlerinin gövdesi, çalışma esnasındaki kayma olayından dolayı çok ısınır. Alüminyum alaşımlarından kanatçıklı gövde üretilerek ısı transfer yüzey alanı arttırılır ve soğuma gerçekleştirilir. Redüktör tepki momentinin karşılanabilmesi için gövdeye, ayak , flanş veya kulakçıklar eklenir.

Gövdelerin üzerinde yağ doldurma-boşaltma tapaları ve yağ seviye göstergesi bulunur. Redüktörlerin yağ doldurma tapaları aynı zamanda havalandırma deliği görevini de üstlenir. Bazı redüktör kutularında bütün dişlilerin görülebileceği gözetleme pencereleri ve ağır redüktörlerde taşıma halkaları da bulunur.

Sızdırmazlık Elemanları

Redüktör gövde ve yan kapakları arasındaki sızdırmazlık, klasik kağıt veya sıvı conta ile giriş ve çıkış millerinin sızdırmazlığı ise radyal sızdırmazlık elemanları ile sağlanır.

Yağlama

Yatay konumda çalışan redüktörler, genellikle banyo (daldırma) yöntemi ile yağlanır. Redüktörün ileteceği güç büyük ise ısınma da fazla olacağı için, redüktörün yağlanması cebri sirkülasyonlu, püskürtmeli ve gerekirse cebri soğutmalı yağlama sistemleri ile sağlanır. Düşey konumda çalışan redüktörler de yatay konumlu redüktörler gibi banyolu yağlama ile yağlanır. Ancak düşey konumlu redüktörlerde, dişlilerin çarparak yağlanma imkanı olmadığı için redüktörün yağ seviyesinin biraz yüksek olması gerekir. Düşey konumlu redüktörlerin yağlanmasında diğer bir yol cebri sirkülasyonlu yağlamadır. Redüktörün üst kısmında bulunan dişli ve rulmanlara, yağ direkt olarak püskürtülerek yağlanmaları sağlanır.

Verim

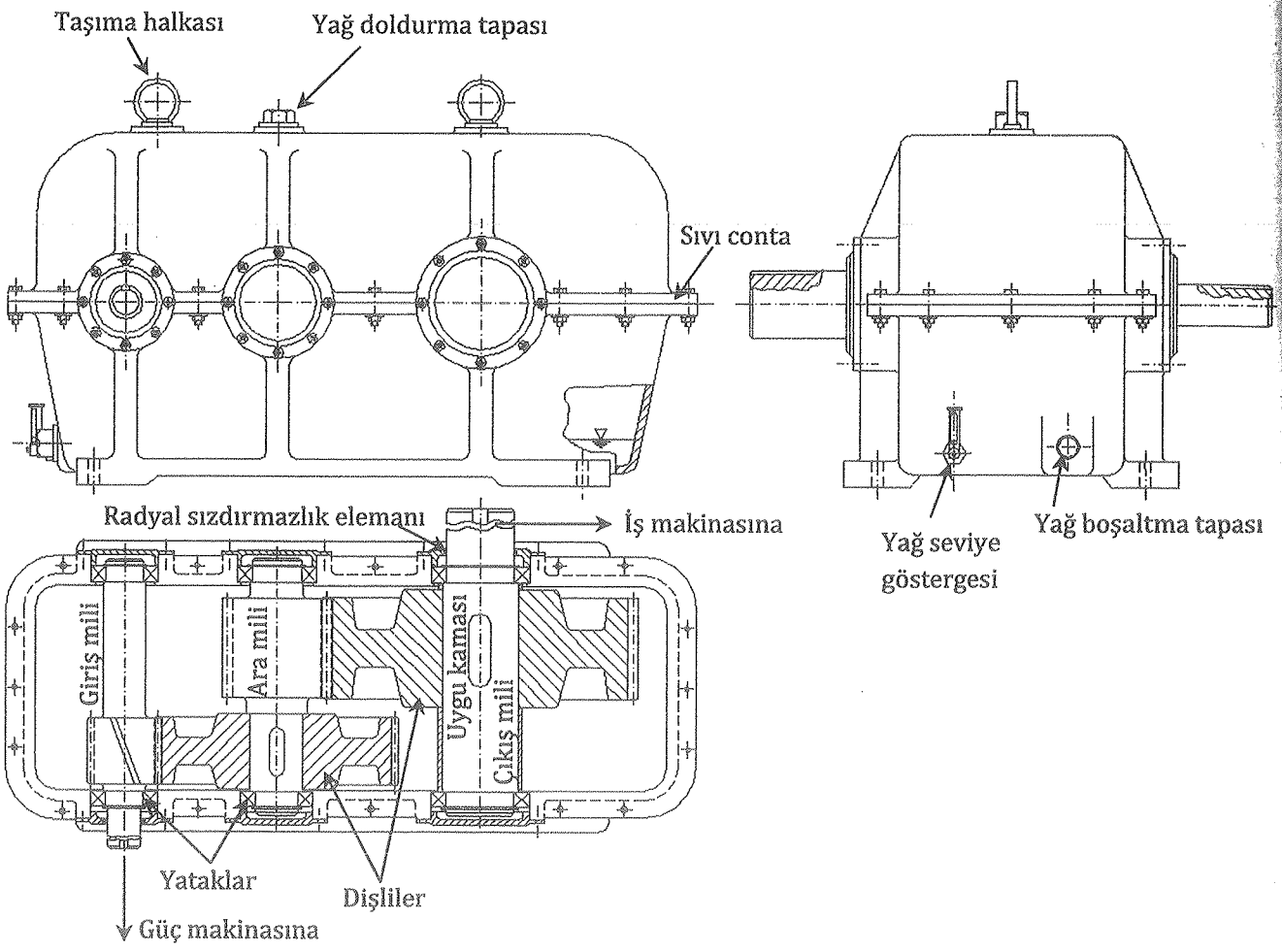
Genel olarak düz ve helis alın dişli kullanılan redüktörlerin her bir kademesinde %1,5 oranında güç kaybı olur. Helis konik dişlili redüktörlerde güç kaybı, her bir kademe için %2,5-3 arasındadır. Sonsuz vidalı redüktörün güç kaybı; vida ağız sayısı, vida helis açısı, giriş devri, dişli çiftinin malzemesi ve işleme kalitesine bağlı olarak %5-%50 arasında değişir.

Redüktörün devreye alınması

Redüktör giriş milleri, güç makinalarına, kayış-kasnak mekanizmaları, kaplinler (dişli, elastik, hidrolik veya elektromanyetik lamelli) aracılığıyla bağlanırlar. Kaplinlerle bağlamada millerin eş eksenli, kayış-kasnak mekanizmalarında ise millerin paralel olması gerekir. Bu motor ve redüktör mili rulmanlarının ömrünü arttırır ve sistemin titreşimsiz çalışmasını sağlar.

Redüktörlerin çıkış milleri ise, iş makinalarına elastik veya rijit kaplinlerle, alın dişlilerle, zincir dişli mekanizmaları ile bağlanabilir. Kaplinler ile bağlamada mil eksenlerinin çok iyi ayarlanması, mil eksenleri arasındaki açısal ve doğrusal sapmaların minimuma indirilmesi gerekir. Konstrüksiyon gereği sapmalar önlenemiyorsa, duruma uygun kaplin seçilmelidir. Dişlilerle bağlamada redüktör ve iş makinası millerinin birbirine paralel olması ve dişlilerin tüm diş genişliği boyunca birbirini kavraması gerekir.

İki kademeli yatık tip bir redüktörün üç görünüşü ve temel elemanları Şekil 21.1'de verilmiştir.



Şekil 21.1 Redüktörü oluşturan temel elemanlar

21.1 İKİ KADEMELİ REDÜKTÖR (HELİS – DÜZ)

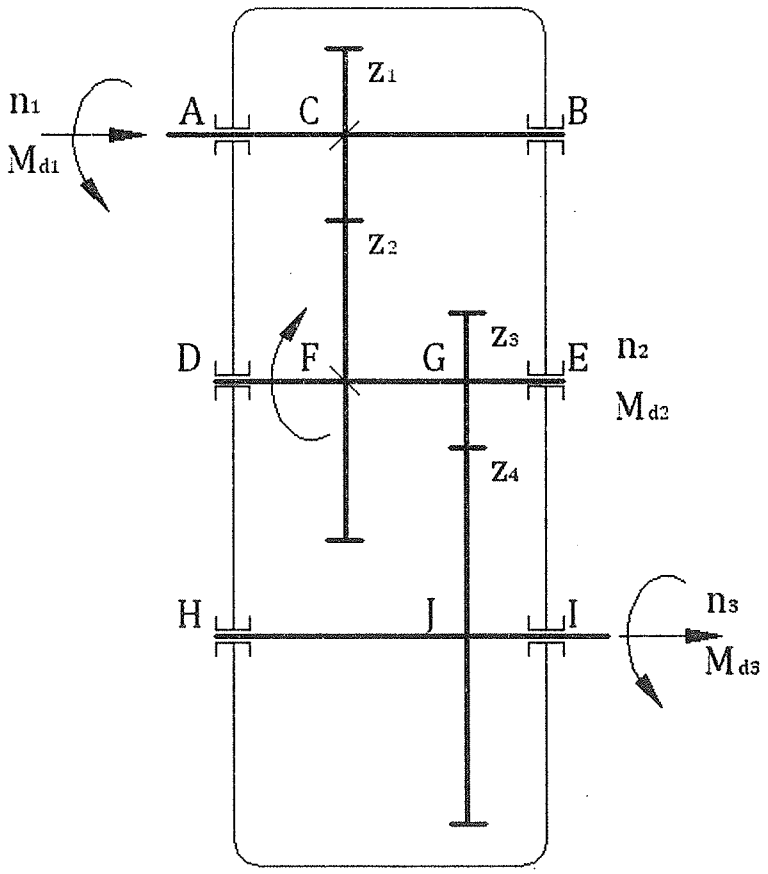
VERİLENLER:

Giriş gücü, P=11 kW

Toplam çevrim oranı, i_T=16

Giriş devir sayısı, n_1=1000 d/d

21.1.1 ÖN HESAPLAMALAR VE MEKANİZMA ÖZELLİKLERİ



Redüktörün şematik gösterimi

Toplam çevrim oranı: i_T=16

$i_T = i_{12} \cdot i_{34} = 4 \cdot 4 = 16$

Birinci ve ikinci dişli arasındaki çevrim oranı (I. Kademe): i_{12}=4

İkinci ve üçüncü dişli arasındaki çevrim oranı (II. Kademe): i_{34}=4

z_1: Giriş mili pinyon helis dişlinin diş sayısı, z_1=16 alınmıştır.

z_2: Ara mili üzerindeki döndürülen helis dişlinin diş sayısı, $z_2=z_1 \cdot i_{12}=16 \cdot 4=64$ bulunur.

z_3: Ara mili üzerinde bulunan pinyon düz dişlinin diş sayısı, z_3=17 alınmıştır.

z_4: Çıkış mili üzerindeki döndürülen düz dişlinin diş sayısı, $z_4 = z_3 \cdot i_{34}$=17 · 4=68 bulunur.

Ψ_m: Modül genişlik oranı, her iki kademe için Ψ_m=12 olarak alınmıştır.

α: Her iki kademe için kavrama açısı, α=20° alınmıştır.

β: Helis açısı, II. Kademe için β=20° alınmıştır.

Bütün hesaplamalarda emniyet katsayısı S=1,5 alınmıştır.

Dişli kutusunun tahrikinde düzgün çalışan elektrik motoru kullanılacak olup, iş makinası olarak kren çalıştırılacaktır.

Dişliler azdırma yöntemiyle imal edilmiş ve dişleri parlatılmıştır.

Miller, iyi yataklanmış ve sehimleri az olan mil kabul edilmiştir.

Bütün mekanizmada verim, η=1 alınmıştır.

Mil döndürme momentleri ve devir sayıları

1 numaralı giriş mili için;

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{P}{n_1} = 9550 \cdot \frac{11}{1000} = 105{,}050 \text{ Nm} = 105050 \text{ Nmm}$$

$n_1 = 1000$ d/d

2 numaralı ara mili için;

$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_{12} = 105050 \cdot 4 = 420200$ Nmm

$n_2 = n_1/4 = 250$ d/d

3 numaralı çıkış mili için;

$M_{d3} = M_{d2} \cdot i_{34} = 420200 \cdot 4 = 1680800$ Nmm

$n_3 = n_2/4 = 62{,}5$ d/d

21.1.2 DİŞLİLERİN MODÜL HESABI VE BOYUTLANDIRILMASI

21.1.2.1 HELİS DİŞLİLER İÇİN MODÜL HESABI

Diş dibi mukavemetine göre kontrol

Eş çalışan dişlilerde kontrol, pinyon dişliye göre yapılır. Pinyon dişli, daha çok devir sayısı ve yük tekrarına maruz kaldığı için çabuk hasar görür.

Helis dişli grubu için 17CrNiMo6 sementasyon çeliği seçilmiştir.

$m_{n1}=m_{n2}$: 1 ve 2 numaralı helis dişlilerin modülleri

$$m_{n1} \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d1} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon}{\Psi_m \cdot z_1 \cdot \sigma_{em}} \cos\beta}$$

Modül değeri m_{n1} = 2,5 mm kabul edilir.

M_{d1} = 105050 Nmm

$K_f = 2{,}9$ $\quad \left(z_1 = 16, z_{e1} = \frac{z_1}{(\cos\beta)^3} = \frac{16}{(\cos 20)^3} = 19{,}2 \text{ ve } x = 0 \right)$

K_i =1,20 (Düzgün çalışan elektrik motoru ve kren)

$K_v = 1{,}04$ $\quad \left(v_1 = \omega_1 \cdot r_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60} \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1000}{60} \cdot \frac{0{,}0025 \cdot 16}{2} = 2{,}1 \text{ m/s} \right.$

ve yüksek kalite az yük gelen dişli)

K_m=1,20 $\quad (b = \Psi_m \cdot m_{n1} = 12 \cdot 2{,}5 = 30$ mm ve iyi yataklanmış az sehimli mil)

$K_\varepsilon = 0{,}69$ $\quad$ (Helis dişli ve diş dibinden kırılmaya göre kontrol, $\quad K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{\varepsilon_{\alpha n}}$)

Helis dişlilerde kavrama oranı;

$$\varepsilon = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a1}{}^2 - r_{b1}{}^2} + \sqrt{r_{a2}{}^2 - r_{b2}{}^2} - e_{01} \cdot \sin\alpha_a}{\pi \cdot m_{n1} \cdot \cos\alpha_a}; \quad \varepsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin\beta}{\pi \cdot m_{n1}}$$

$$d_1 = \frac{z_1 \cdot m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{16 \cdot 2{,}5}{\cos 20} = 42{,}567 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{z_2 \cdot m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{64 \cdot 2{,}5}{\cos 20} = 170{,}268 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha_a = \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 20} = 0{,}387 \rightarrow \alpha_{a1} = 21{,}17°$$

$$m_{a1} = \frac{m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{2{,}5}{\cos 20} = 2{,}66$$

$$e_{01} = \frac{m_{n1}}{2 \cdot \cos\beta} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{2{,}5}{2 \cdot \cos 20} \cdot (16 + 64) = 106{,}418 \text{ mm}$$

$$h_a = m_{n1} = 2{,}5 \text{ mm}$$

$$r_{a1} = \frac{d_1 + 2 \cdot h_a}{2} = \frac{42{,}567 + 2 \cdot 2{,}5}{2} = 23{,}784 \text{ mm}$$

$$r_{b1} = \frac{d_1 \cdot \cos\alpha_t}{2} = \frac{42{,}567 \cdot \cos 21{,}173}{2} = 19{,}847 \text{ mm}$$

$$r_{a2} = \frac{d_2 + 2 \cdot h_a}{2} = \frac{170{,}268 + 2 \cdot 2{,}5}{2} = 87{,}634 \text{ mm}$$

$$r_{b2} = \frac{d_2 \cdot \cos\alpha_t}{2} = \frac{170{,}268 \cdot \cos 21{,}173}{2} = 79{,}387 \text{ mm}$$

$$b = \Psi_m \cdot m_{n1} = 12 \cdot 2{,}5 = 30 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{23{,}784^2 - 19{,}847^2} + \sqrt{87{,}634^2 - 79{,}387^2} - 106{,}418 \cdot \sin 21{,}17}{\pi \cdot 2{,}66 \cdot \cos 21{,}17} = 1{,}51$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{30 \cdot \sin 20}{\pi \cdot 2{,}5} = 1{,}30 \; ; \qquad \varepsilon = 1{,}51 + 1{,}30 = 2{,}81$$

$$\tan\beta_b = \tan\beta \cdot \cos\alpha_{a1} = \tan 20 \cdot \cos 21{,}17 \rightarrow \quad \beta_b = 18{,}74°$$

$$\varepsilon_{\alpha n} = \frac{\varepsilon_\alpha}{\cos^2\beta_b} = \frac{1{,}51}{\cos^2 18{,}74} = 1{,}68 \qquad K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{1{,}68} = 0{,}69$$

Diş dibinden kesilmeye göre emniyetli gerilme;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{DD}}{K_ç \cdot S}$$

K_b=1 (m_{n1}=2,5 mm < 5 mm)

K_y=0,968 (R_m=1200 N/mm² ve parlatılmış dişler)

σ_{DD} =1000 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve $\sigma_{FE}=\sigma_{DD}$ için çizelgeden)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

q=0,88 ($r = 0{,}38 \cdot m_{n1} = 0{,}38 \cdot 2{,}5 = 0{,}95$ mm ve R_m=1200 N/mm²)

$$K_t = 0{,}18 + \left(\frac{m_{n1} \cdot \pi}{2 \cdot r}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 0{,}18 + \left(\frac{2{,}5 \cdot \pi}{2 \cdot 0{,}95}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 1{,}28$$

$$K_ç = 1 + 0{,}88 \cdot (1{,}28 - 1) = 1{,}24$$

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0{,}968 \cdot 1000}{1{,}24 \cdot 1{,}5} = 520{,}4 \text{ N/mm}^2$$

$\beta = 20°$; $\Psi_m = 12$; $z_1 = 16$

$$m_{n1} \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 105050 \cdot 2{,}9 \cdot 1{,}20 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}20 \cdot 0{,}69}{12 \cdot 16 \cdot 520{,}4}} \cos 20 = 1{,}97 \text{ mm}$$

2,5 mm > 1,97 mm olduğu için kabul edilen 2,5 mm' lik modül diş dibi mukavemetine göre emniyetlidir. Yüzey basıncına göre de hesap yapılması gerekir. Büyük olan modül değeri kullanılacaktır.

Yüzey basıncına göre kontrol

Bu işlem yine pinyon dişliye göre yapılacaktır.

$$m_{n1} \geq 0{,}7 \cdot \cos\beta \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{d1} \cdot K_\alpha^2 \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon \cdot E \cdot (i_{12} + 1)}{\Psi_m \cdot z_1^2 \cdot p_{em}^2 \cdot i_{12}}}$$

$M_{d1} = 105050$ Nmm

K_α=2,36 ($\beta = 20°$ ve $x = 0$)

K_i=1,20 (Düzgün çalışan elektrik motoru ve kren)

$K_v = 1{,}04$ ($v_1 = \omega_1 \cdot r_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60} \cdot \frac{m_1 \cdot z_1}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1000}{60} \cdot \frac{0{,}0025 \cdot 16}{2} \cong 2{,}1$ m/s

ve yüksek kalite az yük gelen dişli)

K_m=1,20 ($b = \Psi_m \cdot m_{n1} = 12 \cdot 2{,}5 = 30$ mm ve iyi yataklanmış az sehimli mil)

$K_\varepsilon = 0{,}66$ (Helis dişli ve yüzey basıncına göre kontrol,

$\varepsilon_\beta = 1{,}30 > 1$ için Çizelge 17.7'den $K_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_\alpha} = \frac{1}{1{,}51} = 0{,}66$)

$E=2{,}1 \cdot 10^5$ N/mm², i_{12} =4, Ψ_m=12, z_1=16

Yüzey basıncına göre emniyetli gerilme;

$$p_{em} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot K_{ö}}{S}$$

σ_{Hlim} = 1510 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve σ_{Hlim} için çizelgeden)

$K_{ö}$ = 1 (N=10^7)

$$p_{em} = \frac{1510 \cdot 1}{1,5} = 1006,66 \text{ N/mm}^2$$

$$m_{n1} \geq 0,7 \cdot \cos 20 \cdot \sqrt[3]{\frac{105050 \cdot 2,36^2 \cdot 1,20 \cdot 1,04 \cdot 1,20 \cdot 0,66 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot (4+1)}{12 \cdot 16^2 \cdot 1006,66^2 \cdot 4}} \geq 2,40 \text{ mm}$$

Ön hesaplamalarda m_n=2,5 mm kabul edilmişti. Yüzey basıncına göre bulunan modül değeri kabul edilen değere yakın çıkmıştır. 2,40 mm > 1,97 mm olduğu için en yakın standart değer olan 2,50 mm alınarak boyutlandırma hesaplarında kullanılacak olan standart modül değeri elde edilir.

21.1.2.2 DÜZ DİŞLİLER İÇİN MODÜL HESABI

Diş dibi mukavemetine göre kontrol

Aynı şekilde ikinci dişli takımı içinde pinyon dişliye göre kontrol yapılmalıdır. Düz dişliler için 17CrNiMo6 sementasyon çeliği seçilmiştir.

m_3=m_4: 3 ve 4 numaralı düz dişlilerin modülleri

$$m_3 \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d2} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon}{\Psi_m \cdot z_3 \cdot \sigma_{em}}}$$

Modül değeri m_3=4,5 mm kabul edilir.

M_{d2} = 420200 Nmm

K_f =3,25 (z_3=17 ve x=0)

K_i=1,20 (Düzgün çalışan elektrik motoru ve kren)

K_v = 1,02 ($v_3 = \omega_3 \cdot r_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \cdot \frac{m_3 \cdot z_3}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 250}{60} \cdot \frac{0,0045 \cdot 17}{2} \cong 1$ m/s ve yüksek kalite az yük gelen dişli)

K_m=1,40 ($b = \Psi_m \cdot m_3 = 12 \cdot 4,5 = 54$ mm ve iyi yataklanmış az sehimli mil)

$K_\varepsilon = 0{,}70$ (Düz dişli ve diş dibinden kırılmaya göre kontrol, $K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{\varepsilon_\alpha}$)

Düz dişlilerde kavrama oranı;

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{r_{a3}{}^2 - r_{b3}{}^2} + \sqrt{r_{a4}{}^2 - r_{b4}{}^2} - e_{02} \cdot \sin\alpha}{\pi \cdot m_3 \cdot \cos\alpha}$$

$d_3 = m_3 \cdot z_3 = 4{,}5 \cdot 17 = 76{,}5 \text{ mm}$

$d_4 = m_4 \cdot z_4 = 4{,}5 \cdot 68 = 306 \text{ mm}$

$$e_{02} = \frac{m_3}{2} \cdot (z_3 + z_4) = \frac{4{,}5}{2} \cdot (17 + 68) = 191{,}25 \text{ mm}$$

$h_a = m_3 = 4{,}5 \text{ mm}$

$h_f = 1{,}25 \cdot m_3 = 1{,}25 \cdot 4{,}5 = 5{,}625 \text{ mm}$

$$r_{a3} = \frac{d_3 + 2 \cdot h_a}{2} = \frac{76{,}5 + 2 \cdot 4{,}5}{2} = 42{,}75 \text{ mm}$$

$$r_{b3} = \frac{d_3 \cdot \cos\alpha}{2} = \frac{76{,}5 \cdot \cos 20}{2} = 35{,}943 \text{ mm}$$

$$r_{a4} = \frac{d_4 + 2 \cdot h_a}{2} = \frac{306 + 2 \cdot 4{,}5}{2} = 157{,}5 \text{ mm}$$

$$r_{b4} = \frac{d_4 \cdot \cos\alpha}{2} = \frac{306 \cdot \cos 20}{2} = 143{,}773 \text{ mm}$$

$b = \Psi_m \cdot m_3 = 12 \cdot 4{,}5 = 54 \text{ mm}$

$$\varepsilon_\alpha = \frac{\sqrt{42{,}75^2 - 35{,}943^2} + \sqrt{157{,}5^2 - 143{,}773^2} - 191{,}25 \cdot \sin 20}{\pi \cdot 4{,}5 \cdot \cos 20} = \frac{22{,}041}{13{,}285} = 1{,}659$$

$$K_\varepsilon = 0{,}25 + \frac{0{,}75}{1{,}659} = 0{,}70$$

Ψ_m=12, z_3=17

Diş dibinden kesilmeye göre emniyetli gerilme;

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{DD}}{K_ç \cdot S}$$

K_b=1 (m_3 = 4,5 mm < 5 mm)

K_y=0,968 (R_m=1200 N/mm² ve parlatılmış dişler)

σ_{DD} =1000 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve $\sigma_{FE} = \sigma_{DD}$ için çizelgeden)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

$q = 0,9$ ($r = 0,38 \cdot m_3 = 0,38 \cdot 4,5 = 1,71$ mm ve $R_m = 1200$ N/mm² için)

$$K_t = 0,18 + \left(\frac{m_3 \cdot \pi}{2 \cdot r}\right)^{0,15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0,45} = 0,18 + \left(\frac{4,5 \cdot \pi}{2 \cdot 1,71}\right)^{0,15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0,45} = 1,27$$

$$K_ç = 1 + 0,9 \cdot (1,27 - 1) = 1,24$$

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0,968 \cdot 1000}{1,24 \cdot 1,5} = 520,4 \text{ N/mm}^2$$

$$m_3 \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 420200 \cdot 3,25 \cdot 1,20 \cdot 1,02 \cdot 1,4 \cdot 0,70}{12 \cdot 17 \cdot 520,4}} = 3,14 \text{ mm}$$

4,5 mm > 3,14 mm olduğu için kabul edilen 4,5 mm' lik modül diş dibi mukavemetine göre emniyetlidir. Büyük olan modül değeri kullanılacağı için yüzey basıncına göre de hesap yapılması gerekir.

Yüzey basıncına göre kontrol

Bu işlem yine pinyon dişliye göre yapılacaktır.

$$m_3 \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d2} \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_\varepsilon \cdot E \cdot (i_{34} + 1)}{\Psi_m \cdot z_3^2 \cdot p_{em}^2 \cdot i_{34}}}$$

$M_{d2} = 420200$ Nmm

K_i=1,20 (Düzgün çalışan elektrik motoru ve kren)

$K_v = 1,02$ ($v_3 = \omega_3 \cdot r_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \cdot \frac{m_3 \cdot z_3}{2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 250}{60} \cdot \frac{0,0045 \cdot 17}{2} \cong 1$ m/s ve yüksek kalite az yük gelen dişli)

K_m=1,40 ($b = \Psi_m \cdot m_3 = 12 \cdot 4,5 = 54$ mm ve iyi yataklanmış az sehimli mil)

$K_\varepsilon = 0,78$ (Düz dişli ve yüzey basıncına göre, $K_\varepsilon = \frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3} = \frac{4 - 1,659}{3} = 0,78$)

E=2,1·10⁵ N/mm², i_{34}=4, Ψ_m=12, z_3=17

Yüzey basıncına göre emniyetli gerilme;

$$p_{em} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot K_ö}{S}$$

σ_{Hlim}=1510 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve σ_{Hlim} için Çizelge 17.4'den)

$K_{ö}=1 \quad (N=10^7)$

$$p_{em} = \frac{1510 \cdot 1}{1,5} = 1006,667 \text{ N/mm}^2$$

$$m_3 \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 420200 \cdot 1,20 \cdot 1,02 \cdot 1,4 \cdot 0,78 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot (4+1)}{12 \cdot 17^2 \cdot 1006,667^2 \cdot 4}} = 4,37 \text{ mm}$$

Ön hesaplamalarda m_3=4,5 mm kabul edilmişti. Yüzey basıncına göre göre bulunan modül değeri, kabul edilen değere yakın çıkmıştır. 4,37 mm > 3,13 mm olduğu için, standart değer olan 4,5 mm ye yuvarlatılarak boyutlandırma hesaplarında kullanılacak olan standart modül değeri elde edilir.

21.1.3 HELİS DİŞLİLERİN BOYUTLARI

Pinyon dişlinin boyutlandırılması (z_1)

Helis dişli takımının modülü, hesaplardan $m_{n1} = m_{n2}$=2,5 mm bulunmuştur.

1 numaralı helis dişlinin boyutları;

z_1=16, m_{n1}=2,5 mm

$$d_1 = \frac{z_1 \cdot m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{16 \cdot 2,5}{\cos 20} = 42,567 \text{ mm}$$

$$m_{a1} = \frac{m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{2,5}{\cos 20} = 2,66 \text{ mm}$$

$$h_{a1} = m_{n1} = 2,5 \text{ mm}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot h_{a1} = 42,567 + 2 \cdot 2,5 = 47,567 \text{ mm}$$

$$h_{f1} = 1,25 \cdot m_{n1} = 1,25 \cdot 2,5 = 3,125 \text{ mm}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot h_{f1} = 42,567 - 2 \cdot 3,125 = 36,317 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha_{a1} = \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 20} = 0,387 \rightarrow \alpha_{a1} = 21,173°$$

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos\alpha_{a1} = 42,567 \cdot \cos 21,173 = 39,693 \text{ mm}$$

$$p_{n1} = p_{n2} = m_{n1} \cdot \pi = 2,5 \cdot \pi = 7,854 \text{ mm}$$

$$p_{a1} = p_{a2} = m_{a1} \cdot \pi = 2,66 \cdot \pi = 8,357 \text{ mm}$$

$$h_1 = h_2 = h_{a1} + h_{f1} = 2{,}5 + 3{,}125 = 5{,}625 \text{ mm}$$

$$b_1 = b_2 = \Psi_m \cdot m_{n1} = 12 \cdot 2{,}5 = 30 \text{ mm}$$

$$e_{01} = \frac{m_{n1}}{2 \cdot \cos\beta} \cdot (z_1 + z_2) = \frac{2{,}5}{2 \cdot \cos 20} \cdot (16 + 64) = 106{,}418 \text{ mm}$$

Çark dişlisinin boyutlandırılması (z_2)

2 numaralı helis dişlinin boyutları;

z_2=64, m_{n2}=2,5 mm

$$d_2 = \frac{z_2 \cdot m_{n2}}{\cos\beta} = \frac{64 \cdot 2{,}5}{\cos 20} = 170{,}26 \text{ mm}$$

$$m_{a2} = \frac{m_{n2}}{\cos\beta} = \frac{2{,}5}{\cos 20} = 2{,}66 \text{ mm}$$

$$h_{a2} = m_{n2} = 2{,}5 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot h_{a2} = 170{,}268 + 2 \cdot 2{,}5 = 175{,}268 \text{ mm}$$

$$h_{f2} = 1{,}25 \cdot m_{n2} = 1{,}25 \cdot 2{,}5 = 3{,}125 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot h_{f2} = 170{,}268 - 2 \cdot 3{,}125 = 164{,}018 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha_{a2} = \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 20} = 0{,}387 \rightarrow \alpha_{a2} = 21{,}173°$$

$$d_{b2} = d_2 \cdot \cos\alpha_{a2} = 170{,}26 \cdot \cos 21{,}173 = 158{,}77 \text{ mm}$$

21.1.4 DÜZ DİŞLİLERİN BOYUTLARI

Pinyon dişlinin boyutlandırılması (z_3)

Düz dişli takımının modülü, hesaplardan $m_3=m_4=4,5$ mm bulunmuştur.

3 numaralı düz dişlinin boyutları;

$z_3=17$, $m_3=4,5$ mm

$$d_3 = m_3 \cdot z_3 = 4,5 \cdot 17 = 76,5 \text{ mm}$$

$$h_{a3} = m_3 = 4,5 \text{ mm}$$

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot h_{a3} = 76,5 + 2 \cdot 4,5 = 85,5 \text{ mm}$$

$$h_{f3} = 1,25 \cdot m_3 = 1,25 \cdot 4.5 = 5,625 \text{ mm}$$

$$d_{f3} = d_3 - 2 \cdot h_{f3} = 76,5 - 2 \cdot 5,625 = 65,25 \text{ mm}$$

$$d_{b3} = d_3 \cdot \cos\sigma = 76,5 \cdot \cos 20 = 71,866 \text{ mm}$$

$$p_3 = p_4 = m_3 \cdot \pi = 4,5 \cdot \pi = 14,137 \text{ mm}$$

$$b_3 = b_4 = \Psi_m \cdot m_3 = 12 \cdot 4,5 = 54 \text{ mm}$$

$$e_{02} = \frac{m_3}{2} \cdot (z_3 + z_4) = \frac{4,5}{2} \cdot (17 + 68) = 191,25 \text{ mm}$$

Çark dişlisinin boyutlandırılması (z_4)

4 numaralı düz dişlinin boyutları;

$z_4=16$, $m_4=4,5$ mm

$$d_4 = m_4 \cdot z_4 = 4,5 \cdot 68 = 306 \text{ mm}$$

$$h_{a4} = m_4 = 4,5 \text{ mm}$$

$$d_{a4} = d_4 + 2 \cdot h_{a4} = 306 + 2 \cdot 4,5 = 315 \text{ mm}$$

$$h_{f4} = 1,25 \cdot m_4 = 1,25 \cdot 4,5 = 5,625 \text{ mm}$$

$$d_{f4} = d_4 - 2 \cdot h_{f4} = 306 - 2 \cdot 5,625 = 294,75 \text{ mm}$$

$$d_{b4} = d_4 \cdot \cos\alpha = 306 \cdot \cos 20 = 287,546 \text{ mm}$$

21.1.5 MİLLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE YATAK KUVVETLERİ

21.1.5.1 GİRİŞ MİLİ (I. MİL)

1 numaralı pinyon dişlinin bölüm dairesi çapı;

$$d_1 = \frac{z_1 \cdot m_{n1}}{\cos\beta} = \frac{16 \cdot 2{,}5}{\cos 20} = 42{,}567 \text{ mm}$$

Dişli çark tasarımında yekpare üretilecek mil ve dişli için;

$d_1 \cong (1{,}2 \ldots 1{,}4) \cdot d_{mil}$ olmalıdır.

$$d_{mil} = \frac{42{,}567}{1{,}2} = 35{,}473 \text{ mm} \cong 35 \text{ mm}$$ en fazla mil çapı değeri.

$$d_{mil} = \frac{42{,}567}{1{,}4} = 30{,}405 \text{ mm} \cong 31 \text{ mm}$$ en az mil çapı değeri.

$d_1 > d_{mil} + 3 \cdot m_{n1}$ durumu da göz önünde bulundurulmalıdır.

$42{,}567 > d_{mil} + 3 \cdot 2{,}5$

$35{,}067 > d_{mil} \rightarrow d_{mil} < 35{,}067$ mm

Giriş mili için eğilme ve burulma momenti diyagramları;

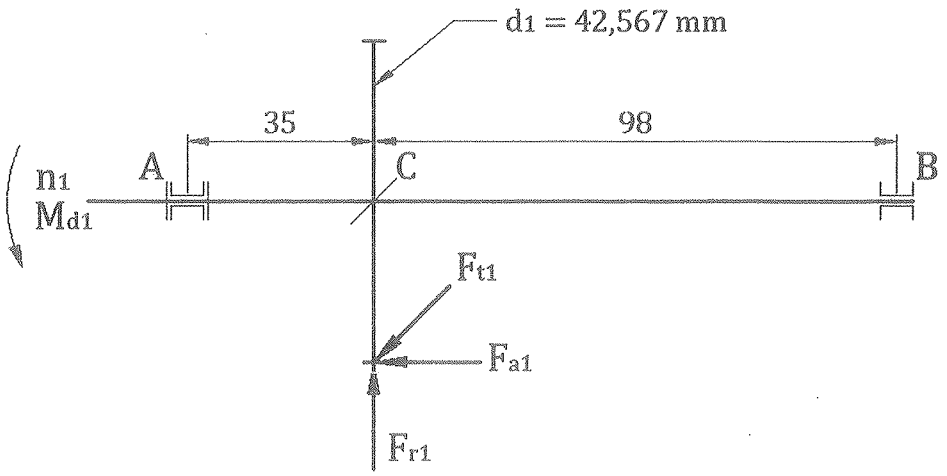
1. Dişli Kuvvetleri:

$M_{d1} = 105050$ Nmm

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_1} = \frac{2 \cdot 105050}{42{,}567} = 4935{,}748 \text{ N}$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = 4935{,}748 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 20} = 1911{,}759 \text{ N}$$

$$F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan\beta = 4935{,}748 \cdot \tan 20 = 1796{,}465 \text{ N}$$



x-y düzlemi:

$\Sigma M_A = 0$

$F_{r1} \cdot 35 - F_{a1} \cdot \frac{d_1}{2} - F_{By} \cdot 133 = 0$

$1911{,}759 \cdot 35 - 1796{,}465 \cdot \frac{42{,}567}{2} - F_{By} \cdot 133 = 0$

$F_{By} = 215{,}613\ N$

$\Sigma F_y = 0$

$F_{r1} - F_{By} - F_{Ay} = 0$

$1911{,}759 - 215{,}613 - F_{Ay} = 0$

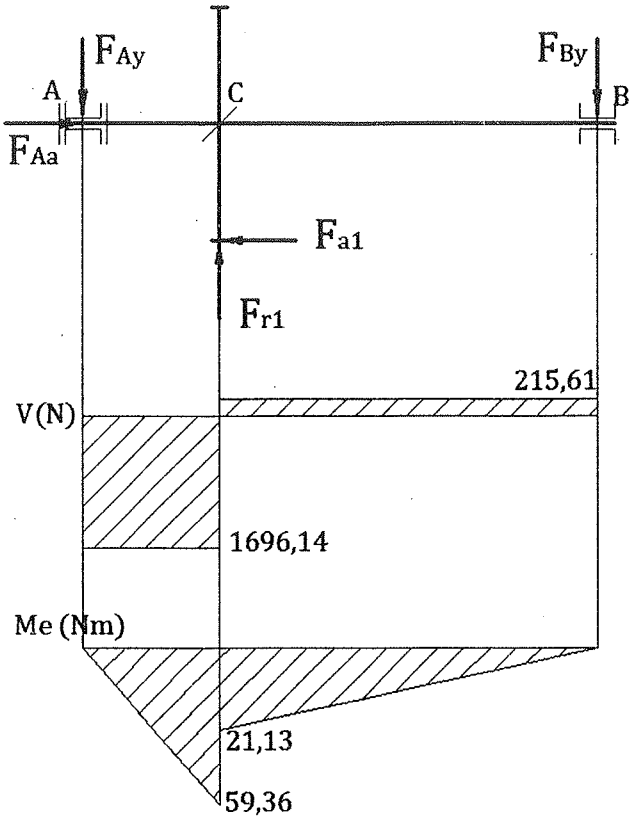
$F_{Ay} = 1696{,}146\ N$

$\Sigma F_x = 0$

$F_{Aa} - F_{a1} = 0$

$F_{Aa} - 1796{,}465 = 0$

$F_{Aa} = 1796{,}465\ N$



x-z düzlemi:

$\Sigma M_A = 0$

$F_{t1} \cdot 35 - F_{Bz} \cdot 133 = 0$

$4935{,}748 \cdot 35 - F_{Bz} \cdot 133 = 0$

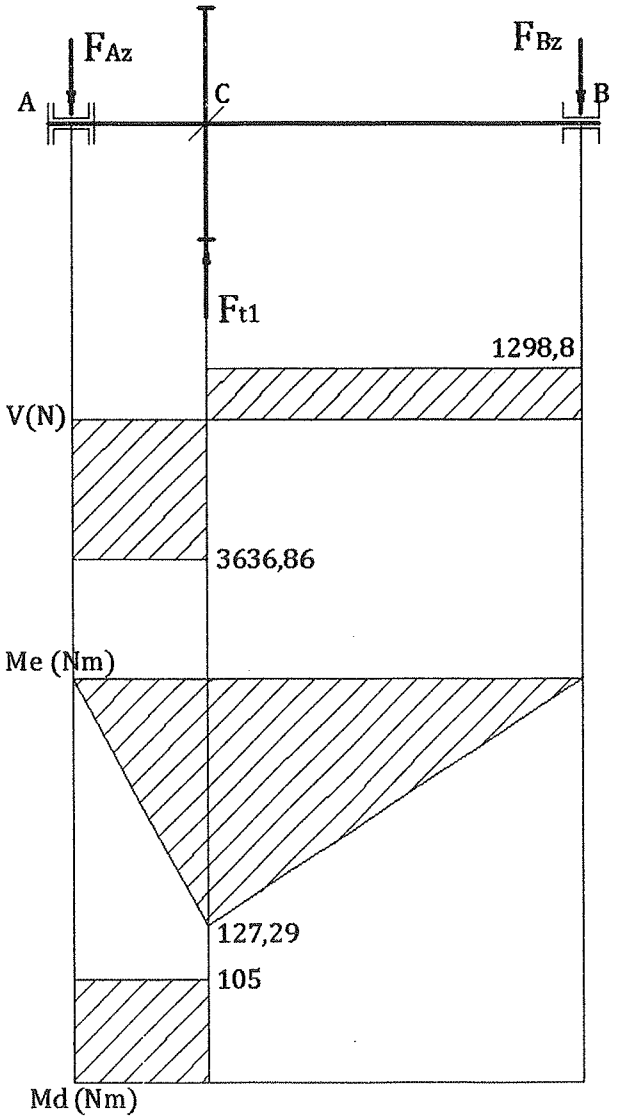
$F_{Bz} = 1298{,}881\ N$

$\Sigma F_z = 0$

$F_{t1} - F_{Bz} - F_{Az} = 0$

$4935{,}748 - 1298{,}881 - F_{Az} = 0$

$F_{Az} = 3636{,}867\ N$



Burulmadan oluşan gerilme C noktası ile kama bağlantısı arasındadır. En fazla gerilmeye maruz nokta C noktasıdır. Bu noktadaki bileşke eğilme momenti ve burulma momenti;

$$M_{eC} = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2} = \sqrt{59{,}365^2 + 127{,}29^2} = 140{,}453 \text{ Nm} = 140453 \text{ Nmm}$$

$M_{dC} = 105050$ Nmm

Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eC}}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{dC}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDe} = 580$ N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0{,}88$ (d=35 mm)

$K_y = 0{,}98$ (R_m=1200 N/mm² ve yüzey parlatılmış)

$K_ç = 1{,}15$ (Modül hesaplarında helis dişli için hesaplanan çentik katsayısı)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}98}{1{,}15} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$R_e = 780$ N/mm² (d=35 mm için)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{140453}{435}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{105050}{780}\right)^2}} = 17{,}3 \text{ mm}$$

Alınan çap bu bulunan çap değerinden büyüktür dolayısıyla C noktası emniyetlidir.

Kama bağlantısından B yatağına kadar kritik noktaların kontrolü;

Giriş milinin kama bağlantısından A yatağına kadarki kısmı dalgalı değişken burulma gerilmesi etkisindedir. Dolayısıyla eğilme durumu söz konusu değildir. En tehlikeli kısım kama kanalının bulunduğu çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{d1} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{em}}}$$

$M_{d1} = 105050$ Nmm

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$$

τ_{DD} = 575 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve burulma durumu)

K_b = 0,93 (d=25 mm)

K_y = 0,94 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç$ = 1,75 (Burulma durumu ve R_m=1200 N/mm²)

$$\tau_{em} = \frac{575 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}94}{1{,}75 \cdot 1{,}5} = 191{,}491 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{105050 \cdot 16}{\pi \cdot 191{,}491}} = 14{,}08 \text{ mm}$$

25 mm > 14,08 mm olduğu için emniyetlidir.

A yatağından C noktasına kadarki kısmın çap kontrolü;

Bu kısımdaki çap tam değişken eğilme ve burulma gerilmesi etkisindedir. Kritik kesit A yatağından dişliye doğru 8 mm uzaklıktaki kesittir.

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{8}{35} \cdot 59{,}365 = 13{,}569 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{8}{35} \cdot 127{,}29 = 29{,}095 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2} = \sqrt{13{,}569^2 + 29{,}095^2} = 32{,}104 \text{ Nm} = 32104 \text{ Nmm}$$

$$M_{d1} = 105050 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{d1}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe} =580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,90 (d=30 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

q=0,84 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,5 (D/d=35/30=1,167 ve r/d=0,5/30=0,017)

$K_ç = 1 + 0{,}84 \cdot (2{,}5 - 1) = 2{,}26$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}93}{2{,}26} = 214{,}805 \text{ N/mm}^2$$

R_e = 780 N/mm² (d=30 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{32104}{214{,}805}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{105050}{780}\right)^2}} = 14{,}255 \text{ mm}$$

30 mm > 14,255 mm olduğu için emniyetlidir.

C noktasından B yatağına kadarki kısmın çap kontrolü;

Bu kısım tam değişken eğilme momenti etkisindedir. Burulma gerilmesi yoktur.

İlk kritik kesit C noktasından B yatağına doğru 27 mm uzaklığındaki kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{98 - 27}{98} \cdot 21{,}13 = 15{,}308 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{98 - 27}{98} \cdot 127{,}29 = 92{,}22 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{15{,}308^2 + 92{,}22^2} = 93{,}482 \text{ Nm} = 93482 \text{ Nmm}$$

Burulma gerilmesi sıfır olduğu için; $d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}}$ şeklinde yazılır.

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,90 (d=30 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

q=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve r=2,5 mm)

K_t=1,7 (D/d=35/30=1,167 ve r/d=2,5/30=0,083)

$K_ç = 1 + 0{,}93 \cdot (1{,}7 - 1) = 1{,}651$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}93}{1{,}651} = 294{,}04 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \frac{93482}{294{,}04}} = 16{,}936 \text{ mm}$$

30 mm > 16,936 mm olduğu için emniyetlidir.

İkinci kritik kesit C noktasından B yatağına doğru 90,5 mm uzaklığındaki kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{98 - 90{,}5}{98} \cdot 21{,}13 = 1{,}617 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{98 - 90{,}5}{98} \cdot 127{,}29 = 9{,}742 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{1{,}617^2 + 9{,}742^2} = 9{,}875 \text{ Nm} = 9875 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,93 (d=25 mm)

K_y=0,94 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

q=0,84 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

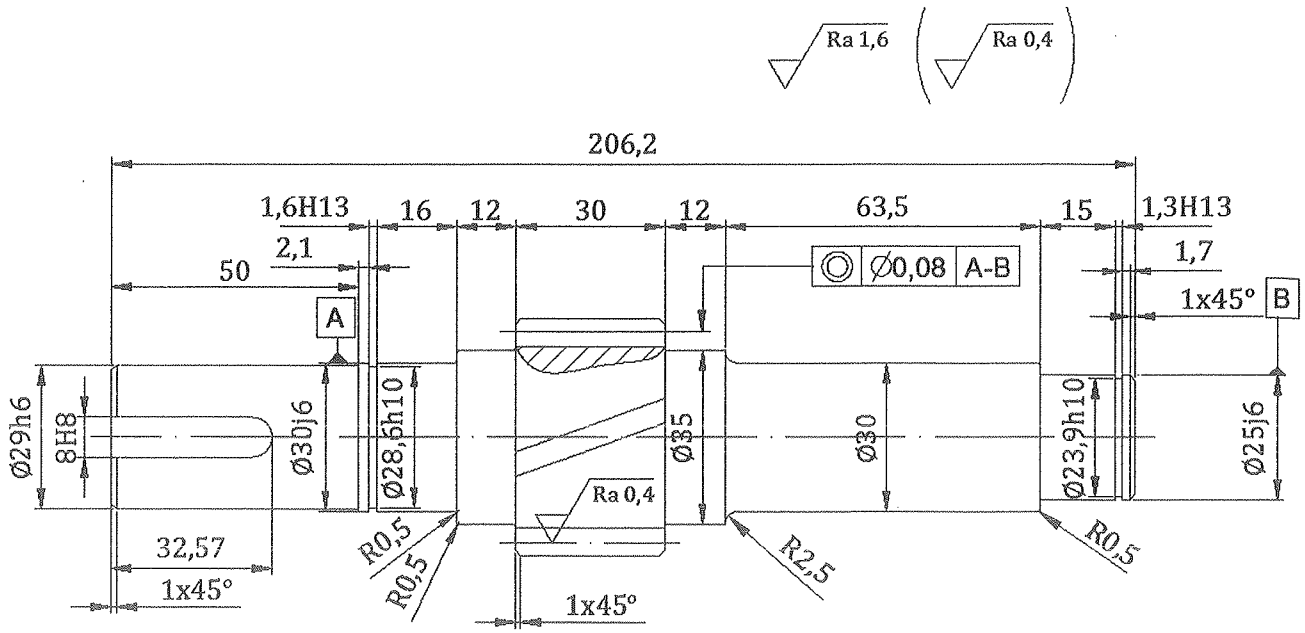
K_t=2,45 (D/d=30/25=1,2 ve r/d=0,5/25=0,02)

$$K_ç = 1 + 0{,}84 \cdot (2{,}45 - 1) = 2{,}218$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}94}{2{,}218} = 228{,}601\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \frac{9875}{228{,}601}} = 8{,}7\ mm < 25\ mm$$

olduğu için emniyetlidir.



Giriş milinin imalat resmi

21.1.5.2 ARA MİLİ (II. MİL)

3 numaralı pinyon dişlinin bölüm dairesi çapı; $d_3 = z_3 \cdot m_3 = 17 \cdot 4{,}5 = 76{,}5$ mm

Dişli çark tasarımında yekpare üretilecek mil ve dişli için;

$d_3 \cong (1{,}2 \ldots 1{,}4) \cdot d_{mil}$ olmalıdır.

$d_{mil} = \dfrac{76{,}5}{1{,}2} = 63{,}75 \text{ mm} \cong 63 \text{ mm}$ en fazla mil çapı değeri.

$d_{mil} = \dfrac{76{,}5}{1{,}4} = 54{,}643 \text{ mm} \cong 55 \text{ mm}$ en az mil çapı değeri.

$d_3 > d_{mil} + 3 \cdot m_3$ durumu da göz önünde bulundurulmalıdır.

$76{,}5 > d_{mil} + 3 \cdot 4{,}5$

$63 > d_{mil} \rightarrow d_{mil} < 63$ mm

Ara mil için eğilme ve burulma momenti diyagramları;

2. Dişli Kuvvetleri: $M_{d2} = 420200$ Nmm

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_2} = \frac{2 \cdot 420200}{170{,}268} = 4935{,}748 \text{ N}$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \frac{\tan\alpha}{\cos\beta} = 4935{,}748 \cdot \frac{\tan 20}{\cos 20} = 1911{,}759 \text{ N}$$

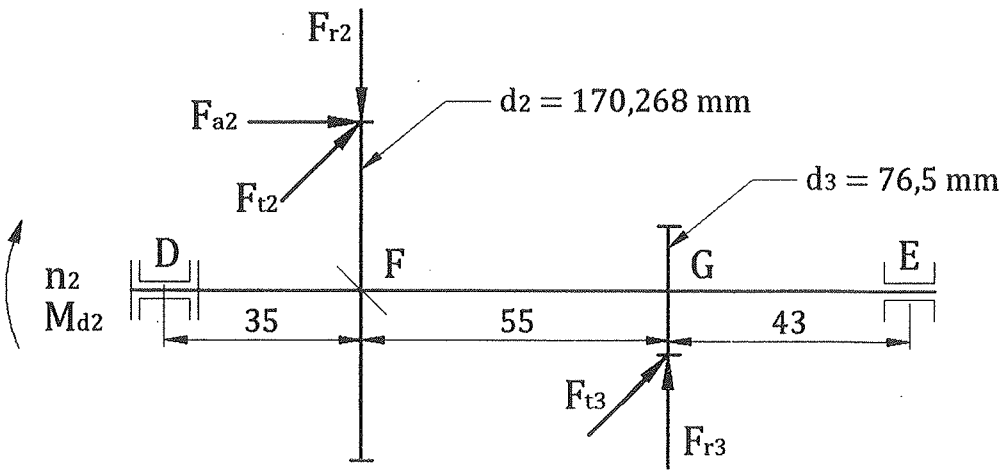
$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \tan\beta = 4935{,}748 \cdot \tan 20 = 1796{,}465 \text{ N}$$

3. Dişli kuvvetleri:

$M_{d2} = 420200$ Nmm

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_3} = \frac{2 \cdot 420200}{76{,}5} = 10985{,}621 \text{ N}$$

$$F_{r3} = F_{t3} \cdot \tan\alpha = 10985{,}621 \cdot \tan 20 = 3998{,}439 \text{ N}$$



<u>x-y düzlemi:</u>

$\Sigma M_D = 0$

$$F_{r2} \cdot 35 + F_{a2} \cdot \frac{d_1}{2} - F_{r3} \cdot 90 + F_{Ey} \cdot 133 = 0$$

$$1911{,}759 \cdot 35 + 1796{,}465 \cdot \frac{170{,}268}{2} - 3998{,}43 \cdot 90 + F_{Ey} \cdot 133 = 0$$

$F_{Ey} = 1052{,}689$ N

$\Sigma F_y = 0$

$F_{r3} - F_{Dy} - F_{r2} - F_{Ey} = 0$

$3998{,}439 - F_{Dy} - 1911{,}759 - 1052{,}689 = 0$

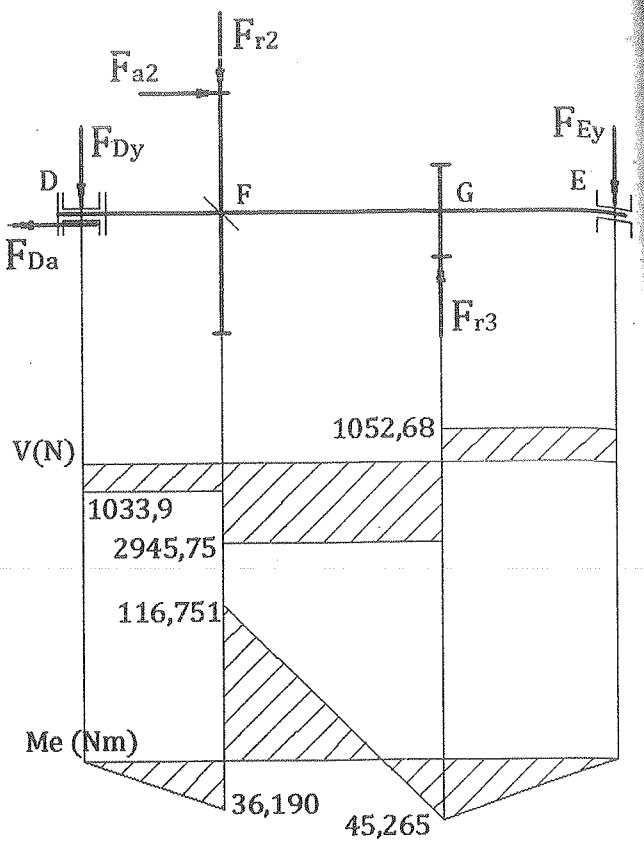
$F_{Dy} = 1033{,}991$ N

$\Sigma F_x = 0$

$F_{Da} - F_{a2} = 0$

$F_{Da} - 1796{,}465 = 0$

$F_{Da} = 1796{,}465$ N



<u>x-z düzlemi:</u>

$\Sigma M_D = 0$

$F_{t2} \cdot 35 + F_{t3} \cdot 90 - F_{Ez} \cdot 133 = 0$

$4935{,}74 \cdot 35 + 10985{,}62 \cdot 90 - F_{Ez} \cdot 133 = 0$

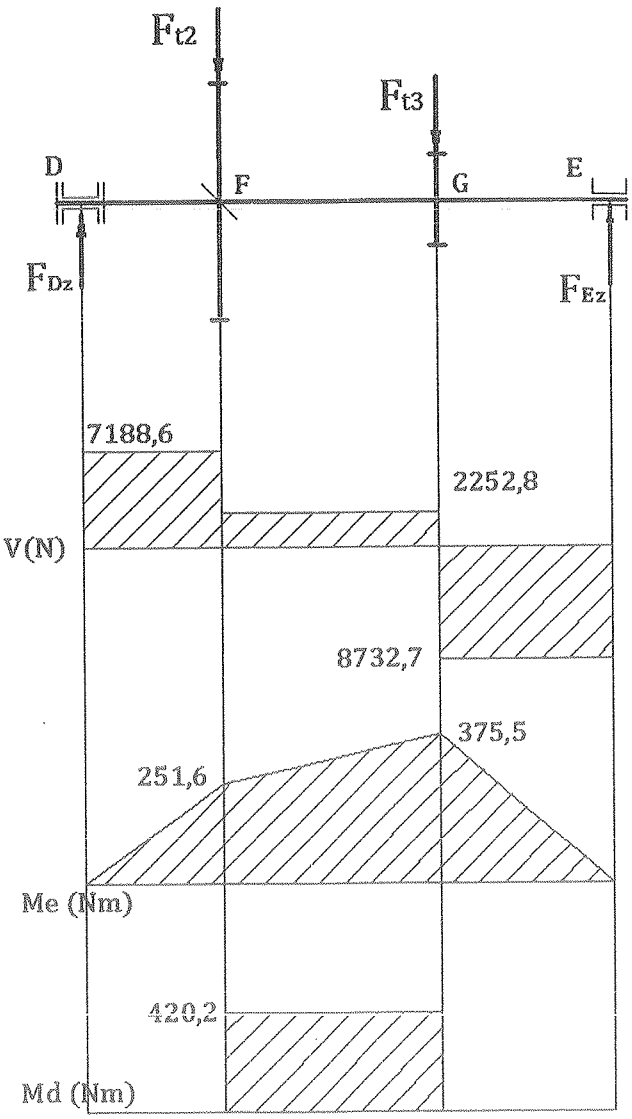
$F_{Ez} = 8732{,}768$ N

$\Sigma F_z = 0$

$F_{Dz} - F_{t2} - F_{t3} + F_{Ez} = 0$

$F_{Dz} - 4935{,}748 - 10985{,}621 + 8732{,}768 = 0$

$F_{Dz} = 7188{,}601$ N



Burulmadan oluşan gerilme G noktası ile F noktası arasındadır (aynı mil üzerinde çalışan iki dişli arasındadır). Bu noktadaki burulma momenti;

$M_{dG} = 420{,}2\ \text{Nm}$

En fazla eğilme momenti G noktasındadır. Dolayısıyla en fazla gerilmeye maruz nokta G noktasıdır. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_{eG} = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2} = \sqrt{45{,}46^2 + 375{,}508^2} = 378{,}22\ \text{Nm}$$

Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eG}}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{dG}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,80 (d=60 mm)

K_y=0,98 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey parlatılmış)

$K_ç$=1,265 (Modül hesaplarında düz dişli için hesaplanan çentik katsayısı)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}98}{1{,}265} = 359{,}462\ \text{N/mm}^2$$

R_e = 680 N/mm² (d=60 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{378220}{359{,}462}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{420200}{680}\right)^2}} = 26{,}23\ \text{mm}$$

Alınan çap bu bulunan çap değerinden büyüktür dolayısıyla G noktası emniyetlidir.

D yatağından E yatağına kadar kritik noktaların kontrolü;

Ara milde D yatağından F noktasına kadarki kısım tam değişken eğilme momenti etkisindedir. Burulma gerilmesi yoktur.

Dolayısıyla bu kısımdaki kritik kesit rulmanın yive dayandığı noktadır. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{8,5}{35} \cdot 36,190 = 8,789 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{8,5}{35} \cdot 251,601 = 61,103 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{8,789^2 + 61,103^2} = 61,732 \text{ Nm} = 61732 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,875 (d=35 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

q=0,85 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,5 (D/d=42/35 = 1,2 ve r/d=0,5/42=0,012)

$$K_ç = 1 + 0,85 \cdot (2,5 - 1) = 2,275$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0,875 \cdot 0,93}{2,275} = 207,462 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \frac{61732}{207,462}} = 16,566 \text{ mm}$$

35 mm > 16,566 mm olduğu için emniyetlidir.

F noktasından G noktasına kadarki çapın kontrolü;

Bu kısımdaki çap tam değişken eğilme ve burulma gerilmesi etkisindedir.

İlk kritik kesit F noktasında bulunan kama kanalının bulunduğu kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$M_{eY} = 116{,}751$ Nm

$M_{eZ} = 251{,}601$ Nm

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2} = \sqrt{116{,}751^2 + 251{,}601^2} = 277{,}37 \text{ Nm} = 277370 \text{ Nmm}$$

$M_{d2} = 420{,}2$ Nm $= 420200$ Nmm

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{d2}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,845 (d=42 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç$=2,5 (Form A eğilme + burulma durumu ve R_m=1200 N/mm²)

$K_{çT} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25$ (İki adet kama kanalı)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}845 \cdot 0{,}93}{6{,}25} = 72{,}92 \text{ N/mm}^2$$

R_e = 770 N/mm² (d=42 mm için)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{277370}{72{,}92}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{420200}{770}\right)^2}} = 38{,}8 \text{ mm}$$

38,8 mm <42 mm olduğu için emniyetlidir.

İkinci kritik kesit F noktasından G noktasına doğru 15 mm uzaklığındaki kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{39{,}634 - 15}{39{,}634} \cdot 116{,}751 = 72{,}565 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{15}{55} \cdot (375{,}508 - 251{,}601) + 251{,}601 = 285{,}394 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{72{,}566^2 + 285{,}394^2} = 294{,}475 \text{ Nm} = 294475 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{d2}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,845 (d=42 mm)

K_y=0,9 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

q=0,85 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,55 (D/d=50/42=1,19 ve r/d=0,5/42=0,012)

$$K_ç = 1 + 0{,}85 \cdot (2{,}55 - 1) = 2{,}318$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}845 \cdot 0{,}9}{2{,}318} = 190{,}289 \text{ N/mm}^2$$

R_e = 770 N/mm² (d=42 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{294475}{190{,}289}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{420200}{770}\right)^2}} = 29{,}132 \text{ mm}$$

42 mm > 29,132 mm olduğu için emniyetlidir.

G noktasından E yatağına kadarki kısmın çap kontrolü;

Bu kısım tam değişken eğilme momenti etkisindedir. Burulma gerilmesi yoktur. Kritik kesit G noktasından E yatağına doğru 34 mm uzaklığındaki kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$M_{eY} = \frac{9}{43} \cdot 45{,}265 = 9{,}47 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{9}{43} \cdot 375{,}508 = 78{,}59 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{9{,}47^2 + 78{,}59^2} = 79{,}15 \text{ Nm} = 79150 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}} \quad ; \quad \sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe} =580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,85 (d=40 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

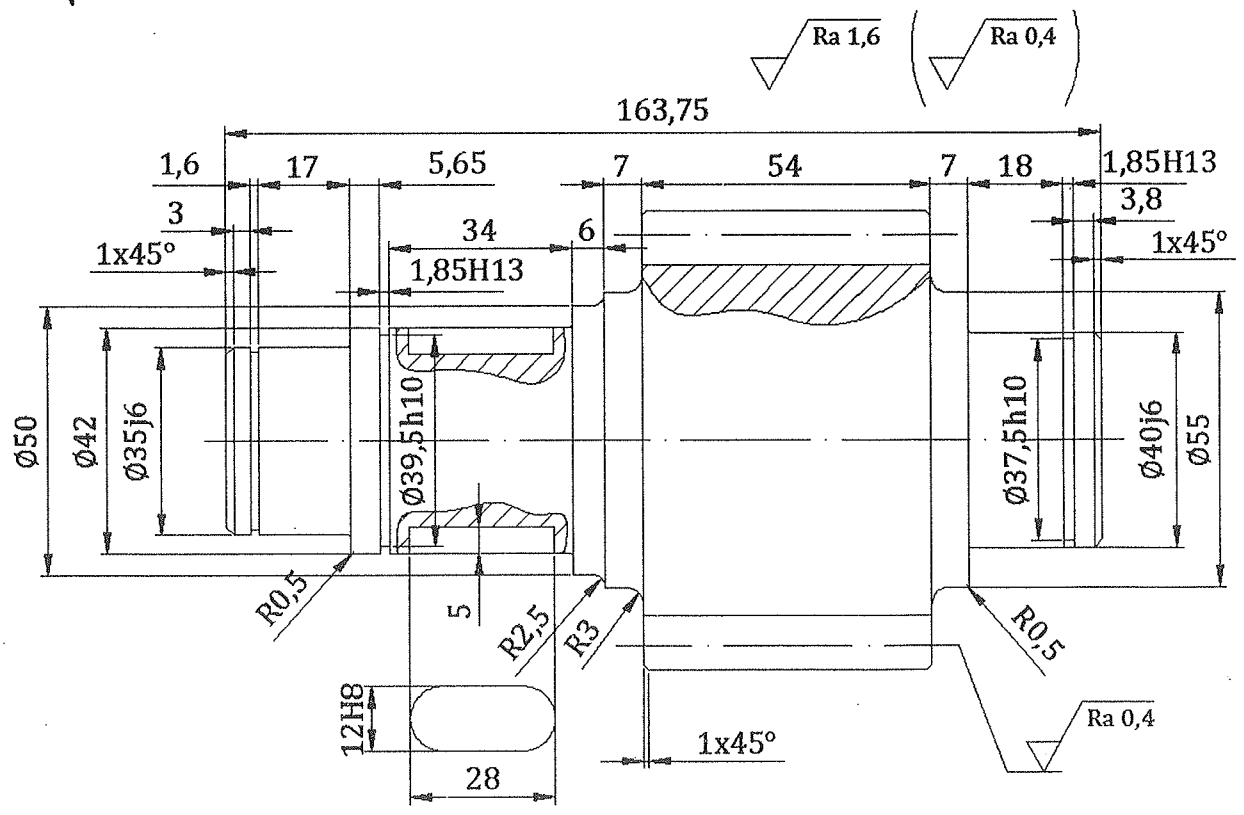
q=0,84 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,65 (D/d=55/40=1,375 ve r/d=0,5/40=0,013)

$$K_ç = 1 + 0{,}84 \cdot (1{,}85 - 1) = 2{,}386$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}93}{2{,}386} = 192{,}158 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \frac{79150}{192{,}158}} = 18{,}45 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \text{ emniyetlidir.}$$



Ara milin imalat resmi

21.1.5.3 ÇIKIŞ MİLİ (III. MİL)

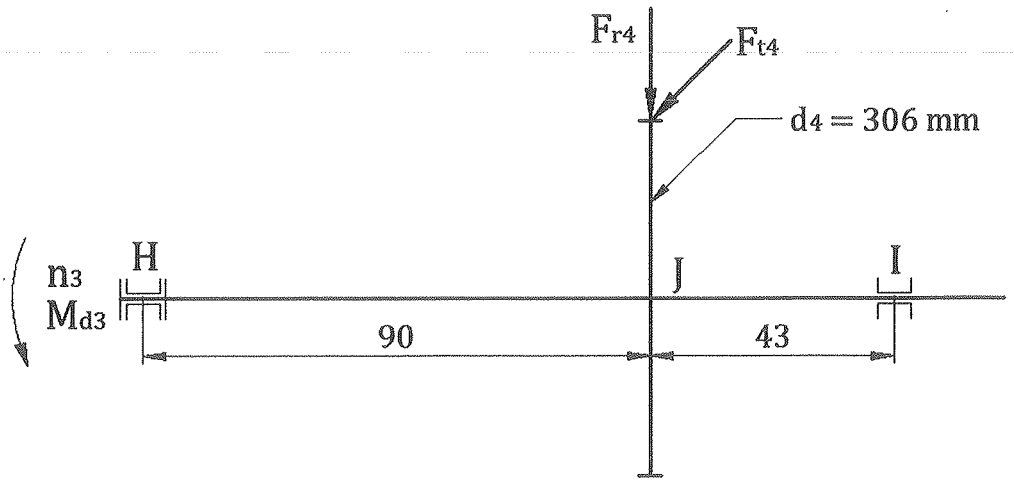
Çıkış mili için eğilme ve burulma momenti diyagramları;

4. Dişli Kuvvetleri;

$M_{d3} = 1680800$ Nmm

$$F_{t4} = \frac{2 \cdot M_{d3}}{d_4} = \frac{2 \cdot 1680800}{306} = 10985{,}621 \text{ N}$$

$$F_{r4} = F_{t4} \cdot \tan\alpha = 10985{,}621 \cdot \tan 20 = 3998{,}439 \text{ N}$$



x-y düzlemi:

$\Sigma M_H = 0$

$F_{r4} \cdot 90 - F_{Iy} \cdot 133 = 0$

$3998{,}439 \cdot 90 - F_{Iy} \cdot 133 = 0$

$F_{Iy} = 2705{,}711$ N

$\Sigma F_y = 0 \rightarrow F_{r4} - F_{Hy} - F_{Iy} = 0$

$3998{,}439 - F_{Hy} - 2705{,}711 = 0$

$F_{Hy} = 1292{,}728$ N

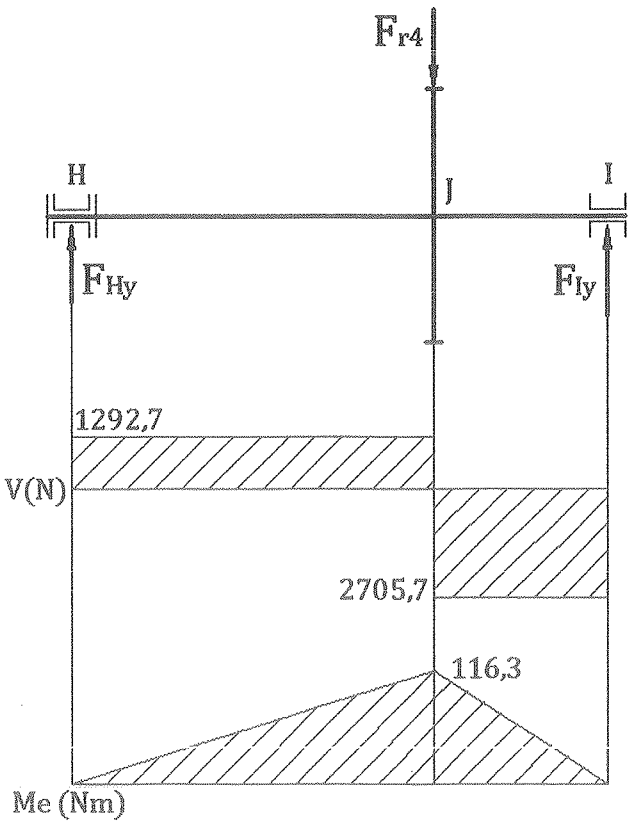
x-z düzlemi:

$\Sigma M_H = 0$

$F_{t4} \cdot 90 - F_{Iz} \cdot 133 = 0$

$10985{,}621 \cdot 90 - F_{Iz} \cdot 133 = 0$

$F_{Iz} = 7433{,}879$ N

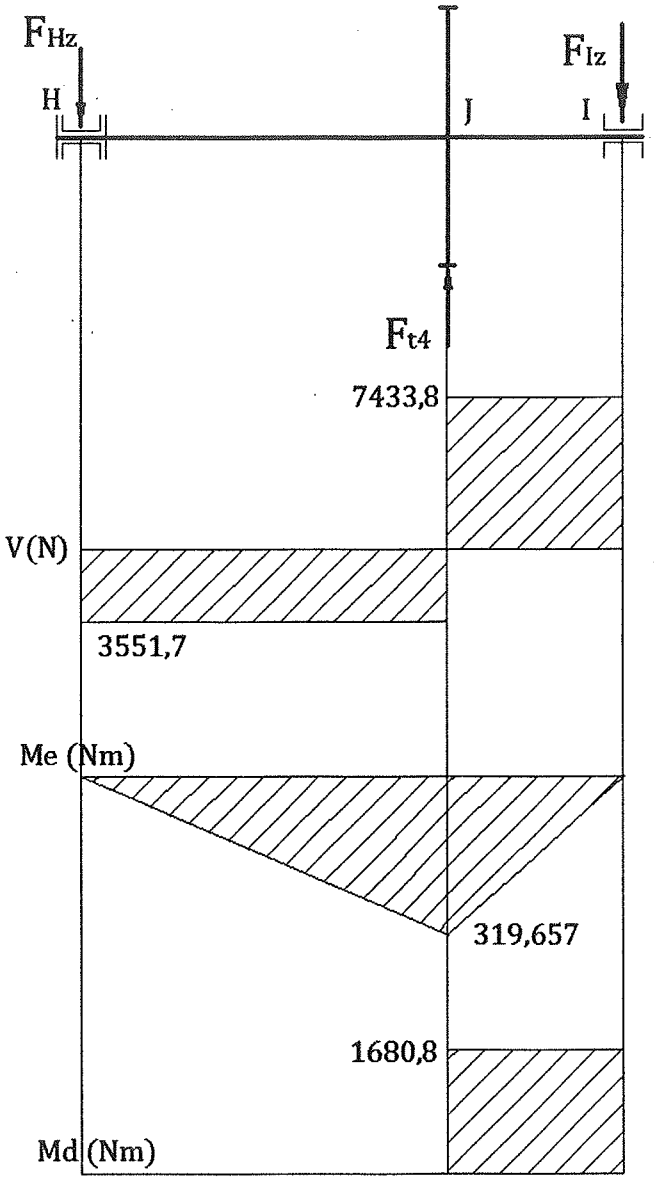


$\Sigma F_y = 0$

$F_{t4} - F_{Hz} - F_{Iz} = 0$

$10985{,}621 - F_{Hz} - 7433{,}879 = 0$

$F_{Hz} = 3551{,}742$ N



Burulmadan oluşan gerilme J noktası ile çıkış mili üzerindeki kama bağlantısı arasındadır. En fazla gerilmeye maruz nokta J noktasıdır. Bu noktadaki bileşke eğilme momenti ve burulma momenti;

$$M_{eJ} = \sqrt{M_{eY}^2 + M_{eZ}^2}$$

$$= \sqrt{116{,}346^2 + 319{,}657^2}$$

$$= 340{,}172 \text{ Nm} = 340172 \text{ Nmm}$$

$M_{dJ} = 1680{,}8$ Nm $= 1680800$ Nmm

Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eJ}}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{dJ}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,825 (d=50 mm)

K_y=0,90 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç$=2,5 (Form A eğilme + burulma durumu ve R_m=1200 N/mm²)

$K_{çT} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 = 6{,}25$ (İki adet kama kanalı)

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}825 \cdot 0{,}90}{6{,}25} = 68{,}9 \text{ N/mm}^2$$

$R_e = 750\ N/mm^2$ (d=50 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{340172}{68,9}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1680800}{750}\right)^2}} = 43,2\ mm$$

43,2 mm < 50 mm olduğu için emniyetlidir.

H yatağından çıkıştaki kama kanalına kadar kritik noktaların kontrolü;

Çıkış milinin H noktasından J noktasına kadarki kısmı tam değişken eğilme gerilmesi etkisindedir. Dolayısıyla burulma durumu söz konusu değildir. Tehlikeli kısım H noktasından kama kanalına doğru 7,5 mm uzaklığındaki çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDe}}}$$

$$M_{eY} = \frac{7,5}{90} \cdot 116,346 = 9,696\ Nm$$

$$M_{eZ} = \frac{7,5}{90} \cdot 319,657 = 26,638\ Nm$$

$$M_e = \sqrt{9,696^2 + 26,638^2} = 28,348\ Nm = 28348\ Nmm$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe} =580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,85 (d=40 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

q=0,84 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,6 (D/d=50/40=1,25 ve r/d=0,5/40=0,013)

$$K_ç = 1 + 0,84 \cdot (2,6 - 1) = 2,344$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0,85 \cdot 0,93}{2,344} = 195,602\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \frac{28348}{195,602}} = 13,034\ mm < 40\ mm$$ emniyetlidir.

J noktasından I noktasına kadarki kısmı tam değişken eğilme ve burulma gerilmesi etkisindedir. Kritik kesit, J noktasından I noktasına doğru 35,5 mm uzaklıktaki çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_{eJ}}{\sigma^*_{TDe}}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{M_{dJ}}{R_e}\right)^2}}$$

$$M_{eY} = \frac{43 - 35{,}5}{43} \cdot 116{,}346 = 20{,}293 \text{ Nm}$$

$$M_{eZ} = \frac{43 - 35{,}5}{43} \cdot 319{,}657 = 55{,}754 \text{ Nm}$$

$$M_e = \sqrt{20{,}293^2 + 55{,}754^2} = 59{,}332 \text{ Nm} = 59332 \text{ Nmm}$$

$$M_d = 1680{,}8 \text{ Nm} = 1680800 \text{ Nmm}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

σ_{TDe}=580 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

K_b=0,85 (d=40 mm)

K_y=0,93 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

q=0,84 (R_m=1200 N/mm² ve r=0,5 mm)

K_t=2,6 (D/d=50/40=1,25 ve r/d=0,5/40=0,013)

$$K_ç = 1 + 0{,}84 \cdot (2{,}6 - 1) = 2{,}344$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{580 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}93}{2{,}344} = 195{,}602 \text{ N/mm}^2$$

R_e = 770 N/mm² (d=40 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{59332}{195{,}602}\right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{1680800}{770}\right)^2}} = 30{,}81 \text{ mm}$$

40 mm > 30,81 mm olduğu için emniyetlidir.

I noktasından kama bağlantısına kadarki kısmı dalgalı değişken burulma gerilmesi etkisindedir. Dolayısıyla eğilme durumu söz konusu değildir. En tehlikeli kısım kama kanalının bulunduğu çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{d3} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{em}}} \quad ; \quad \tau_{em} = \frac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$$

M_{d3} = 1680800 Nmm

τ_{DD} =575 N/mm² (17CrNiMo6 sementasyon çeliği ve burulma durumu)

K_b=0,86 (d=38 mm)

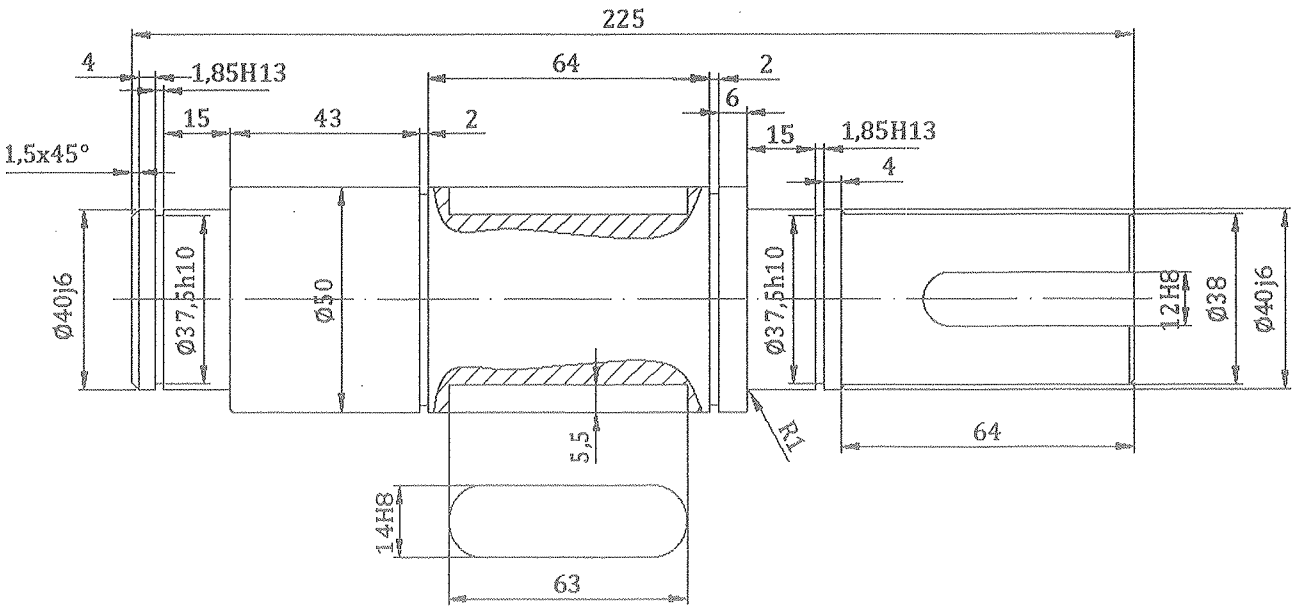
K_y=0,94 (R_m=1200 N/mm² ve yüzey taşlanmış)

$K_ç$=1,75 (Burulma durumu ve R_m=1200 N/mm²)

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S} = \frac{575 \cdot 0,86 \cdot 0,94}{1,75 \cdot 1,5} = 177 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{1680800 \cdot 16}{\pi \cdot 177}} = 36,4 \text{ mm}$$

36,4 mm < 38 mm olduğu için emniyetlidir.



Çıkış milinin imalat resmi

21.1.6 YATAK SEÇİMİ

21.1.6.1 GİRİŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

A yatağı:

1 numaralı pinyon dişli helis dişli olduğu için eksenel kuvvet vardır.

A yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Ar} = \sqrt{{F_{Ay}}^2 + {F_{Az}}^2} = \sqrt{1696{,}465^2 + 3636{,}867^2} = 4012{,}943 \text{ N}$$

A yatağına etkiyen eksenel kuvvet;

$$F_{Aa} = 1796{,}465 \text{ N}$$

A yatağı için silindirik makaralı 30 mm çapında NUP206 ECP rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; C = 44 kN =44000 N

Çizelgeden standart değerler;

$$\frac{F_{Aa}}{F_{Ar}} = \frac{1796{,}465}{4012{,}943} = 0{,}448 > e = 0{,}2 \rightarrow X = 0{,}92 \text{ ve } Y = 0{,}6$$

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$F = F_A = X \cdot F_{Ar} + Y \cdot F_{Aa} = 0{,}92 \cdot 4012{,}943 + 0{,}6 \cdot 1796{,}465 = 4769{,}787 \text{ N}$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_1 = 1000$ d/d ve $p = 3{,}333$ (silindirik makaralı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1000} \cdot \left(\frac{44000}{4769{,}787}\right)^{3{,}333} = 27418 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

B yatağı:

B yatağında eksenel kuvvet yoktur.

B yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Br} = \sqrt{{F_{By}}^2 + {F_{Bz}}^2} = \sqrt{215{,}613^2 + 1298{,}881^2} = 1316{,}655 \text{ N}$$

B yatağı için sabit bilyalı 6205 rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; C = 14,8 kN =14800 N

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$F = F_{Br} = 1316{,}655\ N$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_1 = 1000\ d/d$ ve $p = 3$ (sabit bilyalı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1000} \cdot \left(\frac{14800}{1316{,}655}\right)^3 = 23671\ h > 20000\ h$$

21.1.6.2 ARA MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

D yatağı:

2 numaralı dişli helis dişli olduğu için eksenel kuvvet vardır.

D yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Dr} = \sqrt{{F_{Dy}}^2 + {F_{Dz}}^2} = \sqrt{1033{,}991^2 + 7188{,}601^2} = 7262{,}584\ N$$

D yatağına etkiyen eksenel kuvvet; $F_{Da} = 1796{,}465\ N$

D yatağı için silindirik makaralı 35 mm çapında NUP207 E rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; $C = 50\ kN = 50000\ N$

Çizelgeden standart değerler;

$$\frac{F_{Da}}{F_{Dr}} = \frac{1796{,}465}{7262{,}584} = 0{,}247 > e = 0{,}2 \rightarrow X = 0{,}92 \text{ ve } Y = 0{,}6$$

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$F = F_D = X \cdot F_{Dr} + Y \cdot F_{Da} = 0{,}92 \cdot 7262{,}584 + 0{,}6 \cdot 1796{,}465 = 7759{,}456\ N$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_2 = 250\ d/d$ ve $p = 3{,}333$ (silindirik makaralı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 250} \cdot \left(\frac{50000}{7759{,}456}\right)^{3{,}333} = 33171\ h > 20000\ h$$

E yatağı:

E yatağında eksenel kuvvet yoktur. E yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Er} = \sqrt{{F_{Ey}}^2 + {F_{Ez}}^2} = \sqrt{1052{,}689^2 + 8732{,}768^2} = 8795{,}987 \text{ N}$$

E yatağı için silindirik makaralı 40 mm çapında NU208 E rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; C = 53 kN=53000 N

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$F = F_{Er} = 8795{,}987$ N

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_2 = 250$ d/d ve $p = 3{,}333$ (silindirik makaralı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 250} \cdot \left(\frac{14800}{8795{,}987}\right)^{3{,}333} = 26522 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

21.1.6.3 ÇIKIŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

H yatağı:

4 numaralı dişli düz dişli olduğu için eksenel kuvvet yoktur.

H yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Hr} = \sqrt{{F_{Hy}}^2 + {F_{Hz}}^2} = \sqrt{1292{,}728^2 + 3551{,}742^2} = 3779{,}685 \text{ N}$$

H yatağı için sabit bilyalı 6008 rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; C = 17,8 kN =17800 N

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$F = F_{Hr} = 3779{,}685$ N

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_3 = 62{,}5$ d/d ve $p = 3$ (sabit bilyalı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 62,5} \cdot \left(\frac{17800}{3779,685}\right)^{3,333} = 27852 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

I yatağı:

I yatağında eksenel kuvvet yoktur.

I yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Ir} = \sqrt{F_{Iy}^2 + F_{Iz}^2} = \sqrt{2705,711^2 + 7437,879^2} = 7914,728 \text{ N}$$

I yatağı için silindirik makaralı NU1008 M1 rulmanı seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değer; C = 29 kN=29000 N

Dinamik eşdeğer kuvvet; $F = F_{Ir} = 7914,728$ N

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$n = n_3 = 62,5$ d/d ve $p = 3,333$ (silindirik makaralı rulman)

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 62,5} \cdot \left(\frac{29000}{7914,728}\right)^{3,333} = 20214 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

21.1.7 KAMA SEÇİMİ

21.1.7.1 (2) NOLU HELİS DİŞLİ - MİL BAĞLANTISINDA KULLANILAN KAMA

Ara mil üzerinde 2 numaralı helis dişlinin kama bağlantısının yapılacağı çap 42 mm' dir. Kama uzunluğu büyük çıktığı için, tasarımın gereksiz yere büyümemesi için, dişli iki adet kama ile mile montaj edilecektir. Dolayısıyla tek bir kamaya etkiyen moment;

$$M_d = \frac{M_{d2}}{2} = \frac{420200}{2} = 210100 \text{ Nmm}$$

$d = 42$ mm için $b = 12$ mm, $h = 8$ mm ve $t_1 = 5$ mm alınır.

Kama malzemesi olarak E335 genel yapı çeliği seçilir ve S=1,5 alınır.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 210100 \cdot 1,5}{42 \cdot 5 \cdot 335} \geq 8,95 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 210100}{42 \cdot (8 - 5) \cdot 335} \geq 14{,}93 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1{,}5 \cdot 210100}{42 \cdot 12 \cdot 335} \geq 7{,}46 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında oluşan yüzey basıncına göre yapılan kontrolde, kama uzunluğu maksimum çıkmıştır. Kama türü olarak A tipi uygu kaması seçilmiştir. Dolayısıyla eşdeğer kama uzunluğu;

$L_{eş} = L_2 + b = 14{,}93 + 12 = 26{,}93$ mm olmalıdır. Standarttan, TS 147/9-A 12x8x28 şeklinde iki adet kama seçilir.

21.1.7.2 (4) NOLU DÜZ DİŞLİ - MİL BAĞLANTISINDA KULLANILAN KAMA

Çıkış mili üzerinde 4 numaralı düz dişlinin kama bağlantısının yapılacağı çap 50 mm' dir. Kama uzunluğu büyük çıktığı için, tasarımın gereksiz yere büyümemesi için, dişli iki adet kama ile mile montaj edilecektir. Dolayısıyla tek bir kamaya etkiyen moment;

$$M_d = \frac{M_{d3}}{2} = \frac{1680800}{2} = 840400 \text{ Nmm}$$

$d = 50$ mm için $b = 14$ mm, $h = 9$ mm ve $t_1 = 5{,}5$ mm alınır.

Kama malzemesi olarak E335 genel yapı çeliği seçilir ve S=1,5 alınır.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 840400 \cdot 1{,}5}{50 \cdot 5{,}5 \cdot 335} \geq 27{,}36 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 840400}{50 \cdot (9 - 5{,}5) \cdot 335} \geq 43 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1{,}5 \cdot 840400}{50 \cdot 14 \cdot 335} \geq 21{,}5 \text{ mm}$$

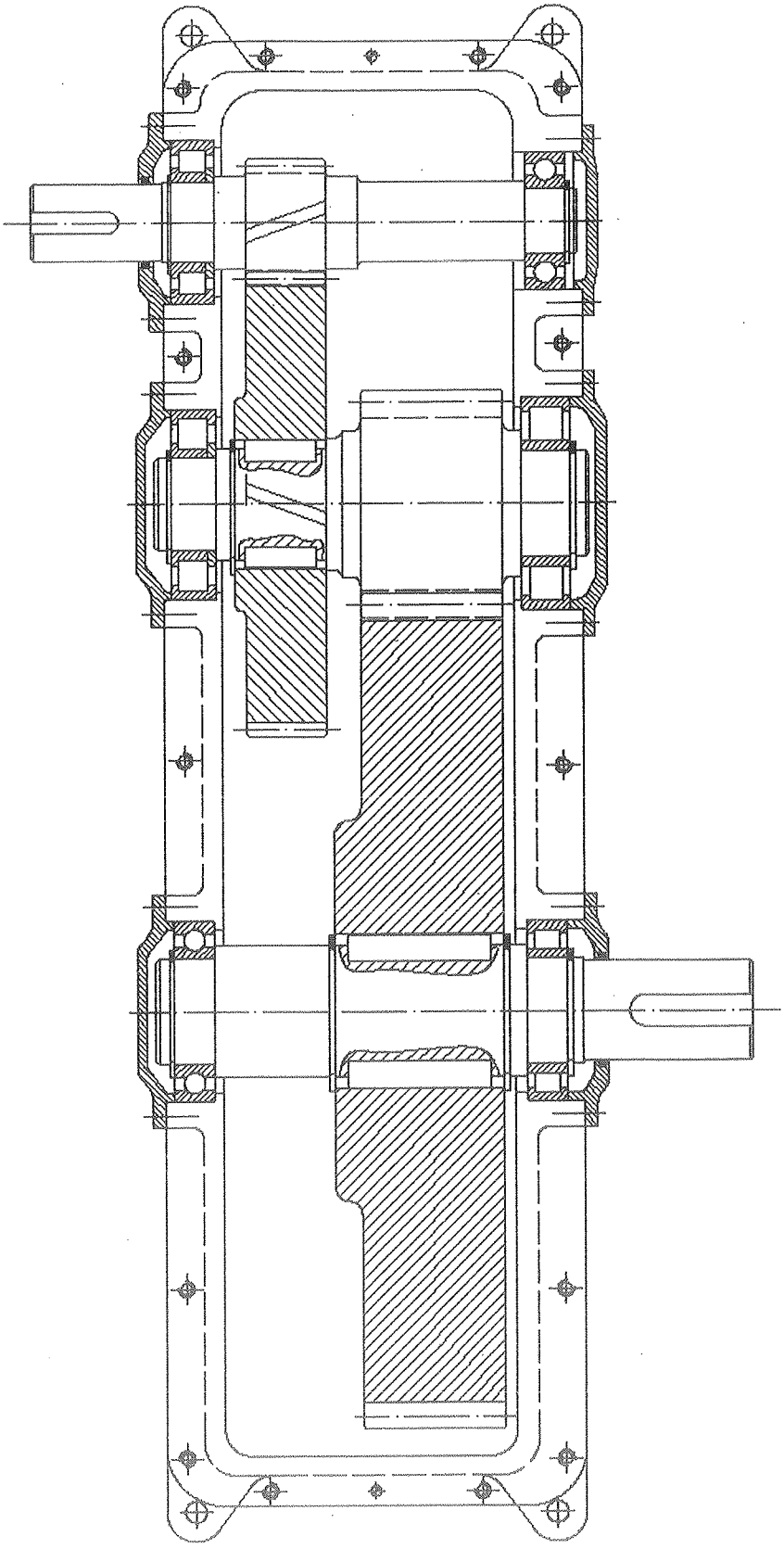
Kama ile göbek arasında oluşan yüzey basıncına göre yapılan kontrolde, kama uzunluğu maksimum çıkmıştır. Kama türü olarak A tipi uygu kaması seçilmiştir. Dolayısıyla eşdeğer kama uzunluğu;

$L_{eş} = L_2 + b = 43 + 14 = 57$ mm olmalıdır.

Standarttan, TS 147/9-A 14x9x63 şeklinde iki adet kama seçilir.

21.1.8 MONTAJ RESMİ

Hesapları yapılan iki kademeli redüktörün montaj resminin üst görünüşü aşağıdaki şekilde verilmiştir.



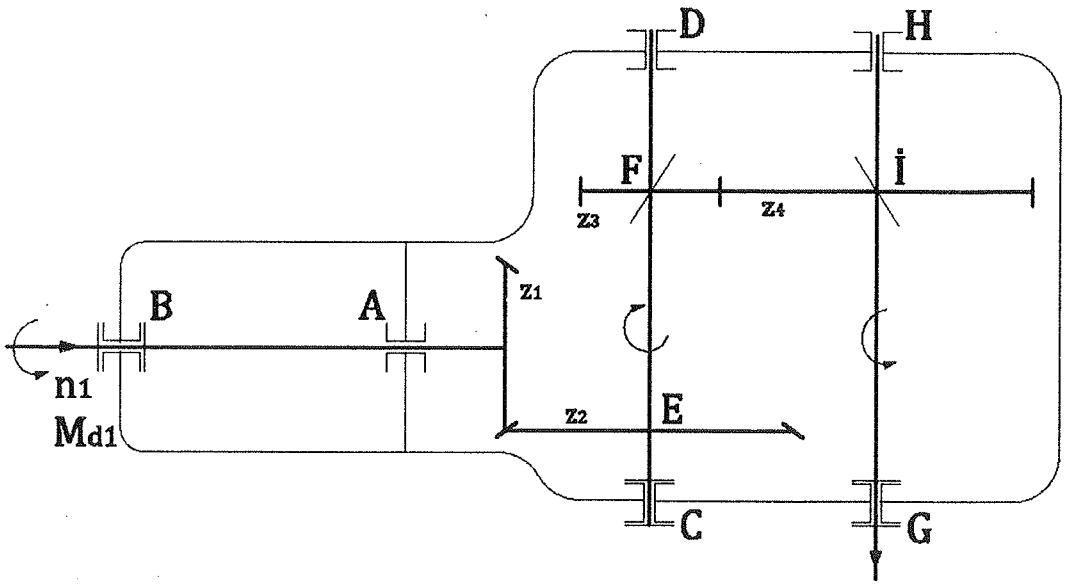
Montaj resmi üst görünüş

21.2 İKİ KADEMELİ REDÜKTÖR (KONİK - HELİS)

VERİLENLER:

Giriş gücü, P = 2,2 kW
Toplam çevrim oranı, $i_T = 16$
Giriş devir sayısı, $n_1 = 800$ d/d

21.2.1 ÖN HESAPLAMALAR VE MEKANİZMA ÖZELLİKLERİ



Redüktörün şematik gösterimi

Toplam çevrim oranı, $i_T = 16$; $i_T = i_{12} \cdot i_{34} = 3,58 \cdot 4,5 = 16$
Birinci ve ikinci dişli arasındaki çevrim oranı, $i_{12} = 3,58$
Üçüncü ve dördüncü dişli arasındaki çevrim oranı, $i_{34} = 4,5$
z_1 : Giriş mili üzerindeki pinyon konik dişlinin diş sayısı, $z_1 = 14$ alınmıştır.
z_2 : Ara mili üzerindeki döndürülen konik dişlinin diş sayısı, $z_2 = z_1 \cdot i_{12} = 14 \cdot 3,58 = 50$
z_3 : Ara mili üzerindeki pinyon helis dişlinin diş sayısı, $z_3 = 12$ alınmıştır.
z_4 : Çıkış mili üzerindeki döndürülen helis dişlinin diş sayısı, $z_4 = z_3 \cdot i_{34} = 12 \cdot 4,5 = 54$
ψ_m : Modül genişlik oranı, her iki kademe için $\psi_m = 10$ olarak alınmıştır.
α : Her iki kademe için kavrama açısı, $\alpha = 20°$ alınmıştır.
β : Helis dişliler için helis açısı, $\beta = 20°$ alınmıştır.
Bütün hesaplamalarda emniyet katsayısı, S=1,5 alınmıştır.
Dişli kutusunun tahrikinde, düzgün çalışan elektrik motoru kullanılacak olup iş makinesi olarak kren çalıştırılacaktır.
Dişliler azdırma yöntemi ile imal edilmiş olup dişleri taşlanmıştır.
Miller, iyi yataklanmış ve sehimleri az olan mil kabul edilmiştir.
Bütün mekanizmanın verimi, $\eta = 1$ alınmıştır.
Birinci kademe konik dişliler için $\Sigma = 90°$ kabul edilmiştir.

Mil döndürme momentleri ve devir sayıları

1 numaralı giriş mili için;

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{2,2}{800} = 26,26 \text{ Nm}$$

2 numaralı ara mili için;

$$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_{12} = 26,26 \cdot 3,58 = 94,01 \text{ Nm};\ i_{12} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow 3,58 = \frac{800}{n_2} \rightarrow n_2 = 223,46 \text{ d/d}$$

3 numaralı çıkış mili için;

$$M_{d3} = M_{d2} \cdot i_{34} = 223,4 \cdot 4,5 = 423 \text{ Nm};\ i_{34} = \frac{n_2}{n_3} \rightarrow 4,5 = \frac{223,46}{n_3} \rightarrow n_3 = 49,6 \text{ d/d}$$

21.2.2 DİŞLİLERİN MODÜL HESABI VE BOYUTLANDIRILMASI

21.2.2.1 KONİK DİŞLİLER İÇİN MODÜL HESABI

Diş dibi mukavemetine göre kontrol

Eş çalışan dişlilerde kontrol, pinyon dişliye göre yapılır. Pinyon dişli, daha çok devir sayısı ve yük tekrarına maruz kaldığı için çabuk hasar görür.

Konik dişli grubu için 16MnCr5 sementasyon çeliği seçilmiştir.

$m_{e1} = m_{e2} = 2,5$ mm seçilmiştir.

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d1} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_v \cdot K_m}{\psi_m \cdot z_1 \cdot \sigma_{em}}}$$

$M_{d1} = 26260$ Nmm (P = 2,2 kW, n = 800 d/d) , $\tan\delta_1 = \frac{1}{i_{12}} = \frac{1}{3,58} \rightarrow \delta_1 = 15,6°$

$$z_{e1} = \frac{z_1}{\cos\delta_1} = \frac{14}{\cos 15,6} = 14,53 \approx 15$$

$K_f = 3,15$ (x =0, z_e =15), K_i =1,25 (Düzgün çalışan elektrik motoru, kren)

K_v =1 (Konik dişli), ψ_m =10, z_1 =14

K_m =1,18 (Dişlinin bir tanesi iki tarafından yataklanmış, genel amaçlar)

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{FE}}{K_ç \cdot S}$$

$K_b = 1$ ($m_e < 5mm$)

$K_y = 0,933$ (taşlanmış, $R_m = 900\ N/mm^2$)

$\sigma_{FE} = 860\ N/mm^2$ (16MnCr5)

$r = 0,38 \cdot m_e = 0,38 \cdot 2,5 = 0,95$ mm; $q = 0,81$ ($r = 0,95$ mm, $R_m = 900\ N/mm^2$)

$$K_t = 0.18 + (\frac{m_e \cdot \pi}{2 \cdot r})^{0,15} \cdot (\frac{\pi}{4})^{0,45} = 0,18 + (\frac{2,5 \cdot \pi}{2 \cdot 0,95})^{0,15} \cdot (\frac{\pi}{4})^{0,45} = 1,298$$

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0.81(1,298 - 1) = 1,241$$

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0,933 \cdot 860}{1,241 \cdot 1,5} = 431\ N/mm^2$$

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 26260 \cdot 3,15 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,18}{10 \cdot 14 \cdot 431}} = 1,59\ mm$$

Yüzey basıncına göre kontrol

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d1} \cdot K_{i12} \cdot K_i \cdot K_m \cdot E}{\psi_m \cdot {z_1}^2 \cdot {p_{em}}^2}}$$

$M_{d1} = 26260$ Nmm (P = 2,2 kW, $n_1 = 800$ d/d)

$K_i = 1$ (düzgün çalışan elektrik motoru, kren)

$$K_{i12} = \frac{\sqrt{{i_{12}}^2 + 1}}{i_{12}} = \frac{\sqrt{3,58^2 + 1}}{3,58} = 1,038$$

$K_m = 1,18$ (dişlinin bir tanesi iki tarafından yataklanmış, genel amaçlar)

$E = 2,1.10^5\ N / mm^2$

$\psi_m = 10$, $z_1 = 14$

$K_ö = 1$ ($N = 10^7$), $S = 1,5$

$\sigma_{Hlim} = 1470\ N / mm^2$ (16MnCr5, sementasyonla sertleştirilmiş)

$$p_{em} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot K_ö}{S} = \frac{1470 \cdot 1}{1,5} = 980\ N/mm^2$$

$$m_m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 26260 \cdot 1 \cdot 1{,}038 \cdot 1{,}18 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5}{10 \cdot 15^2 \cdot 980^2}} = 1{,}84 \text{ mm}$$

$$m_e = m_m + \frac{b}{z_1} \cdot \sin\delta_1 = 1{,}84 + \frac{10 \cdot 2{,}5}{14} \cdot \sin 15{,}6 = 2{,}32 \text{ mm}$$

Bir üst standart değer olan 2,5 mm' ye yuvarlanarak boyutlandırma hesaplarında kullanılacak olan standart modül değeri elde edilir.

$m_{e1} = m_{e2} = 2{,}5$ mm

21.2.2.2 HELİS DİŞLİLER İÇİN MODÜL HESABI

Diş dibi mukavemetine göre kontrol

$m_{n3} = m_{n4} = 3{,}5$ mm alınmıştır.

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot M_{d2} \cdot K_f \cdot K_i \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_\varepsilon}{\psi_m \cdot z_3 \cdot \sigma_{em}} \cdot \cos\beta}$$

$M_{d2} = 94020$ Nmm (P = 2,2 kW, $n_2 = 223{,}46$ d/d)

$$z_{e3} = \frac{z_3}{\cos^3\beta} = \frac{12}{\cos^3 20} = 14{,}46 \approx 15$$

$K_f = 3{,}15$ ($x = 0$, $z_{e3} = 15$)

$K_i = 1$ (Düzgün çalışan elektrik motoru, kren)

$b = \psi_m \cdot m_n = 10 \cdot 3{,}5 = 35$ mm

$K_m = 1{,}2$ (İyi yataklanmış sehimi az olan mil, düzgün helis dişli ve b=50 mm)

$$v_3 = \frac{\pi \cdot n_2 \cdot d}{60} = \frac{\pi \cdot n_2 \cdot m_n \cdot z_3}{60} = \frac{\pi \cdot 223{,}46 \cdot 3{,}5 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{60} = 0{,}14 \text{ m/s}$$

$K_v = 1$ (Yüksek kalitede az yük gelen dişli ve v=0,14 m/s)

$K_\varepsilon = 0{,}9$ alındı.

$$\sigma_{em} = \frac{K_b \cdot K_y \cdot \sigma_{FE}}{K_ç \cdot S}$$

$K_b = 1$ ($m_n < 5$ mm)

$K_y = 0{,}933$ (Taşlanmış, $R_m = 900$ N/mm^2)

σ_{FE}=860 N/mm² (16MnCr5)

$r = 0{,}38 \cdot m_n = 0{,}38 \cdot 3{,}5 = 1{,}33$ mm ; $q = 0{,}858$ ($r = 1{,}33$ mm, $R_m = 900$ N/mm²)

$$K_t = 0{,}18 + \left(\frac{m_n \cdot \pi}{2 \cdot r}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 0{,}18 + \left(\frac{3{,}5 \cdot \pi}{2 \cdot 1{,}33}\right)^{0{,}15} \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0{,}45} = 1{,}28$$

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0{,}84 \cdot (1{,}28 - 1) = 1{,}24$$

$$\sigma_{em} = \frac{1 \cdot 0{,}933 \cdot 860}{1{,}24 \cdot 1{,}5} = 431{,}38 \text{ N/mm}^2$$

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 94020 \cdot 3{,}15 \cdot 1 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 0{,}9}{10 \cdot 12 \cdot 431{,}38}} \cdot \cos 20 = 2{,}26 \text{ mm}$$

Yüzey basıncına göre kontrol

$$m_n \geq 0{,}7 \cdot \cos\beta \sqrt[3]{\frac{M_{d2} \cdot K_\alpha{}^2 \cdot K_i \cdot K_m \cdot K_v \cdot K_\varepsilon \cdot E \cdot (i_{34} + 1)}{\Psi_m \cdot z_3{}^2 \cdot p_{em}{}^2 \cdot i_{34}}}$$

M_{d2} = 94020 Nmm

K_α=2,37 ($\beta = 20°$ ve x = 0)

K_i=1 (Düzgün çalışan elektrik motoru, kren)

K_m=1,2 (İyi yataklanmış sehimi az olan mil, düzgün helis dişli ve b=50 mm)

K_v=1 (Yüksek kalitede az yük gelen dişli ve v=0,14 m/s için)

K_ε=0,9; $K_ö$ = 1 ($N=10^7$); S = 1,5 alındı.

σ_{Hlim} = 1470 N / mm² (16MnCr5, sementasyonla sertleştirilmiş)

$$p_{em} = \frac{\sigma_{Hlim} \cdot K_ö}{S} \rightarrow P_{em} = \frac{1470 \cdot 1}{1{,}5} = 980 \text{ N/mm}^2$$

$$m_n \geq 0{,}7 \cdot \cos 20 \sqrt[3]{\frac{94020 \cdot 2{,}37^2 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot (4{,}5 + 1)}{10 \cdot 12^2 \cdot 980^2 \cdot 4{,}5}} = 3{,}1 \text{ mm}$$

I. seride standart değer olan 3,5 mm'ye yuvarlanarak boyutlandırma hesaplarında kullanılacak olan standart modül değeri elde edilir.

$m_{n3} = m_{n4}$ =3,5 mm

21.2.3 KONİK DİŞLİLERİN BOYUTLARI

Pinyon dişlinin boyutlandırılması (z_1)

Konik dişli takımının modülü, hesaplamalardan $m_{e1} = m_{e2} = 2,5$ mm bulunmuştur.

1 numaralı konik dişlinin boyutları;

$d_{e1} = m_e \cdot z_1 = 2,5 \cdot 14 = 35$ mm

$h_{ae1} = m_e = 2,5$ mm

$h_{fe1} = 1,25 \cdot m_e = 1,25 \cdot 2,5 = 3,125$ mm

$d_{ae1} = d_e + 2 \cdot h_{ae1} \cdot \cos\delta_1 = 35 + 2 \cdot 2,5 \cdot \cos 15,6 = 39,82$ mm

$d_{fe1} = d_e - 2 \cdot h_{fe1} \cdot \cos\delta_1 = 35 - 2 \cdot 3,125 \cdot \cos 15,6 = 28,98$ mm

$P_e = m_e \cdot \pi = 2,5 \cdot \pi = 7,853$ mm

$$R_e = \frac{d_{e1}}{2 \cdot \sin\delta_1} = \frac{35}{2 \cdot \sin 15,6} = 65,08 \text{ mm}$$

$b_1 \approx \Psi_m \cdot m_e = 8 \cdot 2,5 = 20$ mm

$$m_m = m_e \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot b}{R_e}\right) = 2,5 \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot 20}{65,08}\right) = 2,11 \text{ mm}$$

$d_{m1} = m_m \cdot z_1 = 2,11 \cdot 14 = 29,54$ mm

Çark dişlisinin boyutlandırılması (z_2)

2 numaralı konik dişlinin boyutları;

$d_{e2} = m_e \cdot z_2 = 2,5 \cdot 50 = 125$ mm

$h_{ae2} = m_e = 2,5$ mm

$h_{fe2} = 1,25 \cdot m_e = 1,25 \cdot 2,5 = 3,125$ mm

$d_{ae2} = d_{e2} + 2 \cdot h_{ae} \cdot \cos\delta_2 = 125 + 2 \cdot 2,5 \cdot \cos 75,4 = 126,35$ mm

$d_{fe2} = d_{e2} + 2 \cdot h_{fe} \cdot \cos\delta_2 = 125 - 2 \cdot 2,5 \cdot \cos 75,4 = 123,3$ mm

$b_2 \approx \Psi_m \cdot m_e = 8 \cdot 2,5 = 20$ mm

$d_{m2} = m_m \cdot z_2 = 2,11 \cdot 50 = 105,5$ mm

21.2.4 HELİS DİŞLİLERİN BOYUTLARI

Pinyon dişlinin boyutlandırılması (z_3)

Helis dişli takımının modülü, hesaplamalardan $m_n = m_{n3} = m_{n4} = 3,5$ mm bulunmuştur.

3 numaralı helis dişlinin boyutları;

$$d_3 = \frac{z_3 \cdot m_n}{\cos\beta} = \frac{12 \cdot 3,5}{\cos 20} = 44,7 \text{ mm}$$

$$m_a = \frac{m_n}{\cos\beta} = \frac{3,5}{\cos 20} = 3,72 \text{ mm}$$

$$h_{a3} = m_n = 3,5 \text{ mm}$$

$$h_{f3} = 1,25 \cdot m_n = 1,25 \cdot 3,5 = 4,375 \text{ mm}$$

$$h_3 = h_a + h_f = 3,5 + 4,375 = 7,875 \text{ mm}$$

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot h_{a3} = 44,7 + 2 \cdot 3,5 = 51,7 \text{ mm}$$

$$d_{f3} = d_3 - 2 \cdot h_{f3} = 44,7 - 2 \cdot 4,375 = 35,95 \text{ mm}$$

$$\tan\alpha_{a3} = \frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = \frac{\tan 20}{\cos 20} \rightarrow \alpha_{a3} = 21,16°$$

$$d_{b3} = d_3 \cdot \cos\alpha_{a3} = 44,7 \cdot \cos 21,16 = 41,69 \text{ mm}$$

$$P_n = m_n \cdot \pi = 3,5 \cdot \pi = 10,99 \text{ mm};\ P_a = m_a \cdot \pi = 3,72 \cdot \pi = 11,69 \text{ mm}$$

$$b_3 = \Psi_m \cdot m_n = 10 \cdot 3,5 = 35 \text{ mm}$$

$$e_{02} = \frac{m_n}{2 \cdot \cos\beta} \cdot (z_3 + z_4) = \frac{3,5}{2 \cdot \cos 20} \cdot (12 + 54) = 122,912 \text{ mm}$$

Çark dişlisinin boyutlandırılması (z_4)

4 numaralı helis dişlinin boyutları;

$$d_4 = \frac{z_4 \cdot m_n}{\cos\beta} = \frac{54 \cdot 3,5}{\cos 20} = 201,13 \text{ mm}$$

$$d_{a4} = d_4 + 2 \cdot h_a = 201,13 + 2 \cdot 3,5 = 208,13 \text{ mm}$$

$$d_{f4} = d_4 - 2 \cdot h_f = 201,13 - 2 \cdot 3,5 \cdot 1,25 = 192,38 \text{ mm}$$

$$d_{b4} = d_4 \cdot \cos\alpha_a = 201,13 \cdot \cos 21,16 = 187,56 \text{ mm}$$

21.2.5 MİLLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE YATAK KUVVETLERİ

21.2.5.1 GİRİŞ MİLİ (I. MİL)

1 numaralı pinyon dişlinin bölüm dairesi çapı;

$d_{e1} = m_e \cdot z_1 = 2{,}5 \cdot 14 = 35$ mm

Dişli çark tasarımında yekpare üretilecek mil ve dişli için;

$d_{e1} \approx (1{,}2 \ldots\ldots 1{,}4).d_{mil}$ olmalıdır.

$d_{mil} = \dfrac{35}{1{,}2} = 29{,}46$ mm önerilen en fazla mil çapı değeri

$d_{mil} = \dfrac{35}{1{,}4} = 25$ mm önerilen en az mil çapı değeri

$d_{e1} > d_{mil} - 3 \cdot m_e$ durumu da göz önünde bulundurulmalıdır.

$35 > d_{mil} - 3 \cdot 2{,}5 \rightarrow d_{mil} < 42{,}5$ mm

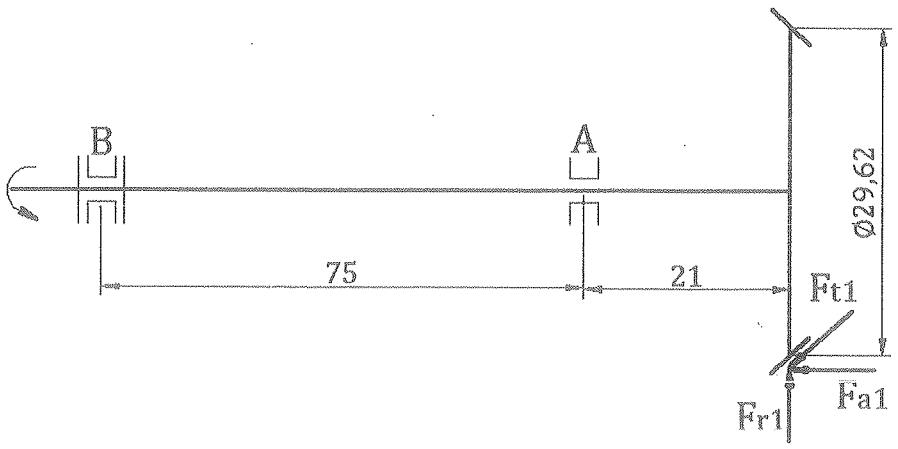
Giriş mili için eğilme ve burulma momenti diyagramları;

1. Dişli kuvvetleri:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 26260}{29{,}6} = 1773{,}12 \text{ N}$$

$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \cos\delta_1 = 1773{,}12 \cdot \tan 20 \cdot \cos 15{,}6 = 621{,}6$ N

$F_{a1} = F_{t1} \cdot \tan\alpha \cdot \sin\delta_1 = 1773{,}12 \cdot \tan 20 \cdot \sin 15{,}6 = 173{,}6$ N



x-y düzlemi:

$\Sigma M_A = 0$

$F_{By} \cdot 75 - F_{r1} \cdot 21 + F_{a1} \cdot \frac{d_m}{2} = 0$

$F_{By} \cdot 75 - 621{,}6 \cdot 21 + 173{,}6 \cdot \frac{29{,}54}{2} = 0$

$F_{By} = 139{,}86\ N$

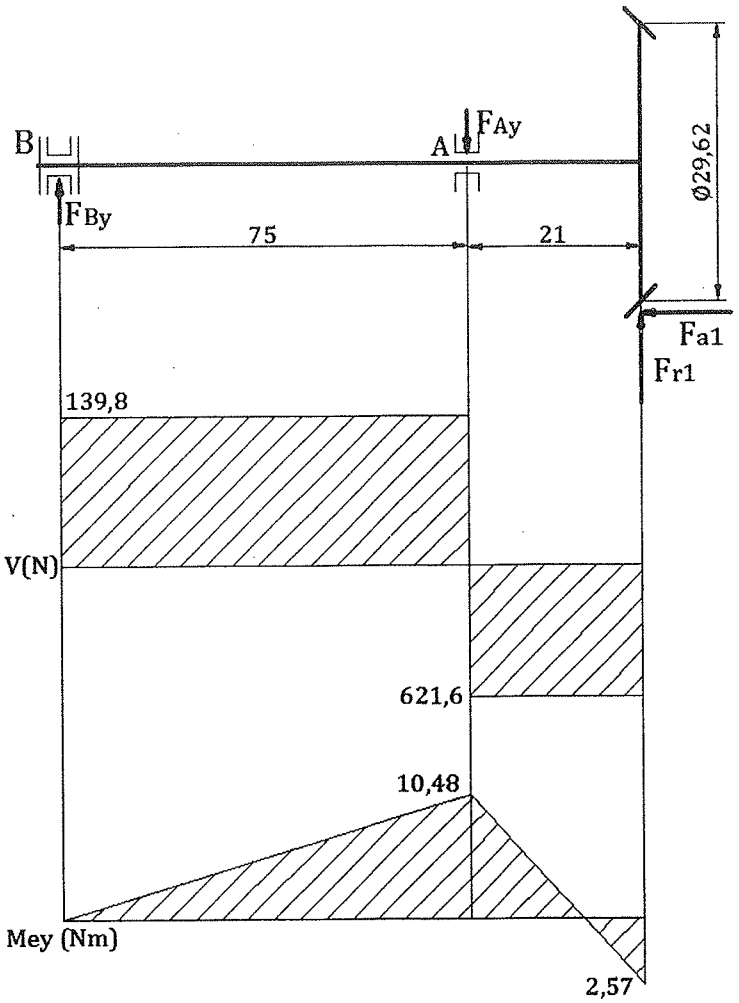
$\Sigma y = 0$

$F_{By} - F_{Ay} + F_{r1} = 0$

$F_{Ay} + 139{,}86 + 621{,}6 = 0$

$F_{Ay} = 761{,}4\ N$

$F_{Ba} = F_{a1} = 173{,}6\ N$



x-z düzlemi:

$\Sigma M_A = 0$

$-F_{Bz} \cdot 75 + F_{t1} \cdot 21 = 0$

$-F_{Bz} \cdot 75 + 1773{,}12 \cdot 21 = 0$

$F_{Bz} = 496{,}5\ N$

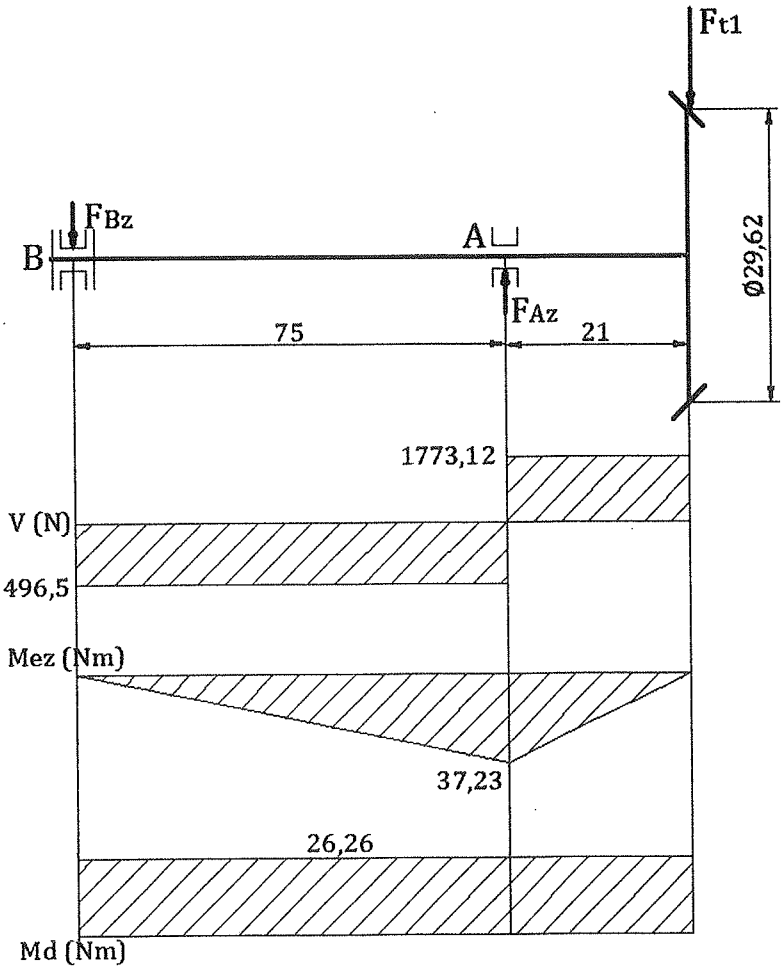
$\Sigma F_Z = 0$

$-F_{Bz} + F_{Az} - F_{t1} = 0$

$-F_{Az} + 5385{,}095 - 3769{,}567 = 0$

$F_{Az} = 2269{,}6\ N$

Burulmadan dolayı oluşan gerilme dişli çark ile kama bağlantısı arasındadır. En fazla gerilmeye maruz kalan nokta A noktasıdır. Bu noktadaki bileşke eğilme momenti ve burulma momenti;



$M_{eA} = \sqrt{M_{ey}^2 + M_{ez}^2}$

$= \sqrt{10{,}48^2 + 37{,}23^2}$

$= 38{,}68\ Nm$

$M_{dA} = 26{,}26\ Nm$

Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesapları;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}\sqrt{\left(\frac{M_{eA}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{dA}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TDE} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç} \quad ; \qquad \sigma_{TDE} = 450\ N/mm^2 (16MnCr5, eğilme durumu)$$

$K_b = 0{,}95 \quad (d_{mil} = 20\ mm)$; $K_y = 0{,}933$ $(R_m = 900\ N/mm^2$, taşlanmış)

$K_ç = 1{,}226$ (Modül hesaplarında konik dişli için hesaplanan çentik faktörü)

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}933}{1{,}226} = 325{,}33\ N/mm^2 \ ; \ R_e = 600\ N/mm^2 \ (d = 20\ mm)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi}\sqrt{\left(\frac{38{,}68 \cdot 1000}{325{,}33}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{26{,}26 \cdot 1000}{600}\right)^2}} = 12{,}4\ mm$$

Alınan çap, bulunan çap değerinden büyüktür. Dolayısıyla C noktası emniyetlidir.

Kama bağlantısından dişli çarka kadar olan kritik noktaların kontrolü;
Giriş milinin kama bağlantısından A yatağına kadar ki kısmı dalgalı değişken burulma gerilmesi etkisindedir. Dolayısıyla eğilme durumu söz konusu değildir. En tehlikeli kısım kama kanalının bulunduğu çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{d1} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{em}}}; \qquad M_{d1} = 26260\ Nmm$$

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$$

$\tau_{DD} = 435\ N/mm^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve burulma durumu)

$K_b = 0{,}95$ $(d = 25\ mm)$, $\quad K_y = 0{,}933$ (Taşlanmış, $R_m = 900\ N/mm^2$)

$\frac{D}{d} = \frac{20}{18} = 1{,}11$ ve $\frac{r}{d} = \frac{1}{18} = 0{,}0556 \rightarrow K_t = 1{,}588$

$q=0{,}811$ $(r=1\ mm, R_m = 900\ N/mm^2)$

$$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0{,}811\ (1{,}588 - 1) = 1{,}476$$

$$\tau_{em} = \frac{435 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}933}{1{,}476 \cdot 1{,}5} = 174{,}14\ N/mm^2 \quad ; \quad d = \sqrt[3]{\frac{26260 \cdot 16}{\pi \cdot 174{,}14}} = 9{,}15\ mm$$

18 mm > 9,15 mm olduğu için emniyetlidir.

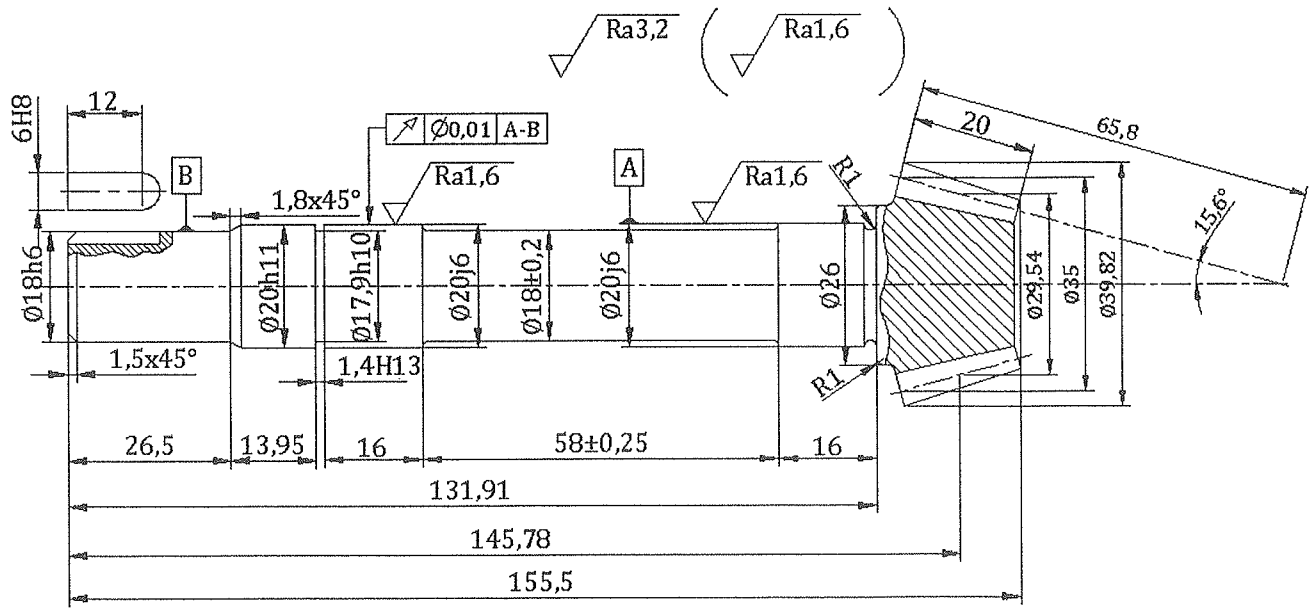
A yatağından B yatağına kadar ki kısmın çap kontrolü;

Bu kısımdaki çap tam değişken eğilme ve burulma gerilmesi etkisindedir. Kritik kesit olan A yatağının kontrolü daha önce yapılmıştır. Alınan çap bulunan çap değerinden büyük olduğu için emniyetlidir. B yatağında sadece burulma momenti vardır. Eğilme momenti sıfırdır. A yatağının çap kontrolü;

$$M_{d1} = 26260\ Nmm \quad ; \quad R_e = 600\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}\sqrt{\left(\frac{M_{eB}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{dB}}{R_e}\right)^2}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi}\sqrt{\frac{3}{4} \cdot \left(\frac{26260}{600}\right)^2}} = 8{,}33\ mm$$

(18 mm > 8,4 mm) alınan çap, bulunan çaptan büyük olduğu için emniyetlidir.



Giriş mili imalat resmi

21.2.5.2 ARA MİLİ (II. MİL)

3 numaralı pinyon dişlinin bölüm dairesi çapı;

$$d_3 = \frac{z_3 \cdot m_n}{\cos\beta} = \frac{12 \cdot 3{,}5}{\cos 20} = 44{,}7 \text{ mm}$$

Dişli çark tasarımında yekpare üretilecek mil ve dişli için;

$d_3 = (1{,}2 \ldots\ldots 1{,}4) \cdot d_{mil}$ olmalıdır.

$$d_{mil} = \frac{44{,}7}{1{,}2} = 37{,}24 \text{ mm} \quad \text{ile} \quad d_{mil} = \frac{44{,}7}{1{,}4} = 31{,}92 \text{ mm arasında olmalıdır.}$$

$$d_3 > d_{mil} - 3 \cdot m_n \;;\quad 44{,}7 > d_{min} - 3 \cdot 3{,}5 \rightarrow d_{mil} < 55{,}2 \text{ mm}$$

Ara mil için eğilme ve burulma momenti diyagramları;

2. Dişli kuvvetleri:

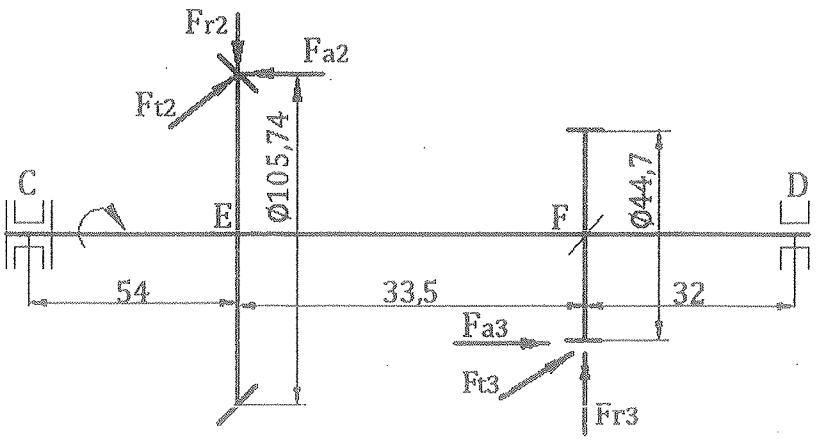
$$F_{t1} = F_{t2} = 1773{,}12 \text{ N}, \quad F_{r1} = F_{a2} = 621{,}6 \text{ N}, \quad F_{a1} = F_{r2} = 173{,}6 \text{ N}$$

3. Dişli kuvvetleri:

$$F_{t3} = F_{t4} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{d_1} = \frac{2 \cdot 94000}{44{,}7} = 4194{,}4 \text{ N}$$

$$F_{r3} = F_{r4} = F_{t3}\frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta} = 4194{,}4\frac{\tan 20}{\cos 20} = 1624{,}6 \text{ N}$$

$$F_{a3} = F_{a4} = F_{t3} \cdot \tan\beta = 4194{,}4 \cdot \tan 20 = 1526{,}6 \text{ N}$$



x-y düzlemi:

$\Sigma F_x = 0$

$F_{Cx} - F_{a2} + F_{a3} = 0$

$F_{Cx} - 621,6 + 1526,6 = 0$

$F_{Cx} = 905\ N$

$\Sigma M_C = 0$

$$F_{r2} \cdot 54 - F_{a2} \cdot \frac{105,47}{2} - F_{r3} \cdot 87,5 - F_{a3} \cdot \frac{44,7}{2} + F_{Dy} \cdot 119,5 = 0$$

$$332,7 \cdot 30 - 1331 \cdot \frac{190}{2} - 3258,6 \cdot 80 - 3062 \cdot \frac{85,13}{2} + F_{Ey} \cdot 110 = 0$$

$F_{Dy} = 1671,6\ N$

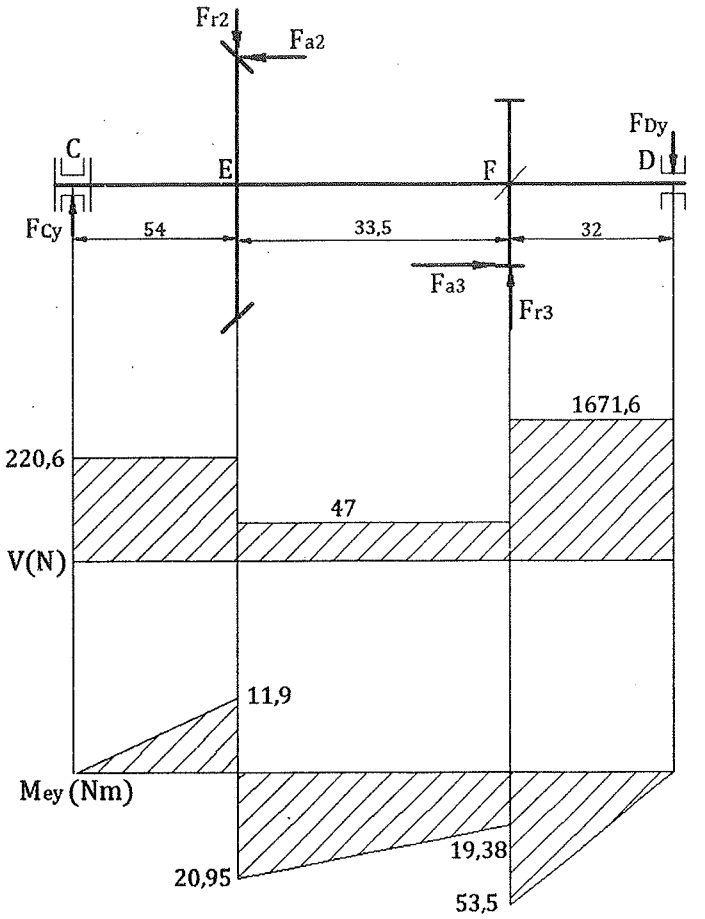
$\Sigma F_y = 0$

$F_{Cy} - F_{r2} + F_{r3} - F_{Dy} = 0$

$F_{Cy} - 173,6 + 1624,6 - 1671,6 = 0$

$F_{Cy} = 220,6\ N$

$F_{Ca} = F_{a3} - F_{a2} = 1526,6 - 621,6 = 905N$



x-z düzlemi:

$\Sigma M_C = 0$

$-F_{t2} \cdot 54 - F_{t3} \cdot 87,5 + F_{Dz} \cdot 119,5 = 0$

$-1773,1 \cdot 54 - 4194,4 \cdot 87,5 + F_{Dz} \cdot 119,5 = 0$

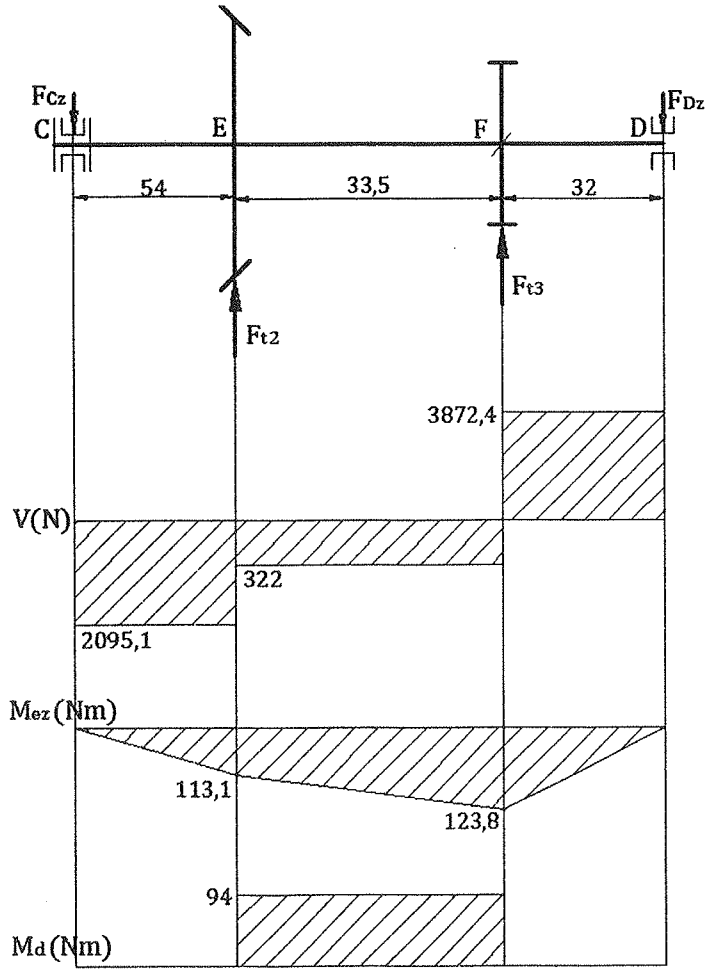
$F_{Dz} = 3872,4\ N$

$\Sigma F_z = 0$

$-F_{Cz} + F_{t2} + F_{t3} - F_{Dz} = 0$

$-F_{CZ} + 1773,1 + 4194,4 - 3872,4 = 0$

$F_{Cz} = 2095,1\ N$



Burulmadan dolayı oluşan gerilme E ile F noktası arasındadır. Bu noktalar arasındaki burulma momenti;

$M_d = 94\ Nm'dir.$

En fazla eğilme momenti F noktasındadır. Dolayısıyla en fazla gerilmeye maruz kalan nokta F noktasıdır.
Bu noktadaki maksimum eşdeğer eğilme momenti;

$$M_{eF} = \sqrt{M_{ey}{}^2 + M_{ez}{}^2} = \sqrt{53{,}5^2 + 123{,}8^2} = 134{,}8 \text{ Nm}$$

Dinamik yükleme durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}\sqrt{\left(\frac{M_{eF}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{dF}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TD} = 450 \text{ N/mm}^2$ (16 MnCr5 sementasyon çeliği eğilme durumu)

$K_b = 0{,}9$ (d = 30 mm)

$K_y = 0{,}9347$ ($R_m = 900$ N/mm^2 ve yüzey taşlanmış)

$K_ç = 1{,}24$ (Modül hesaplarında helis dişli için hesaplanan çentik katsayısı değeri)

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}937}{1{,}24} = 306 \text{ N/mm}^2$$

$R_e = 600$ N/mm^2 (d =30 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi}\sqrt{\left(\frac{134800}{306}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{94010}{600}\right)^2}} = 19{,}1 \text{ mm}$$

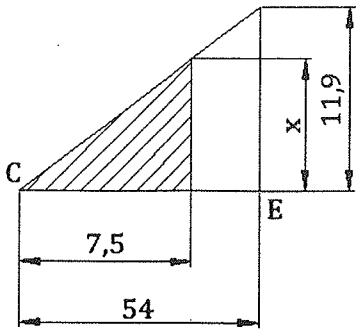
Alınan çap bulunan çap değerinden büyüktür. Dolayısıyla F noktası emniyetlidir.

C yatağından D yatağına kadar kritik noktaların kontrolü;

Ara milde C yatağından E noktasına kadarki kısım tam değişken eğilme momenti etkisindedir. Burulma gerilmesi yoktur. Dolayısıyla bu kısımdaki kritik kesit rulmanın yive dayandığı noktadır. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

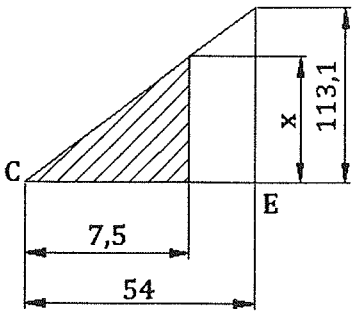
$$M_e = \sqrt{M_{ey}{}^2 + M_{ez}{}^2}$$

(Rulman genişliği B=15 mm, B/2=7,5 mm)



$$\frac{7,5}{x} = \frac{54}{11,9} \rightarrow x = 1,652$$

$M_{ey} = 1,652$ Nm



$$\frac{7,5}{x} = \frac{54}{113,1} \rightarrow x = 15,7$$

$M_{ez} = 15,7$ Nm

$M_e = \sqrt{1,652^2 + 15,7^2} = 15,78$ Nm

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDE}}}$$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TDE} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDE} = 450$ N/mm^2 (16MnCr5 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0,925$ (d =25mm)

$K_y = 0,933$ ($R_m = 900$ N/mm^2 ve yüzeyi taşlanmış)

$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

$q = 0,811$ ($R_m = 900$ N/mm^2 ve r = 2,5 mm)

$K_t = 2$ (D/d = 28/25 = 1,12 ve r/d = 1/25 = 0,04)

$K_ç = 1 + 0,811 \cdot (2 - 1) = 1,811$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0,925 \cdot 0,933}{1,811} = 214,44 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \cdot \frac{15700}{214,44}} = 10,38 \text{ mm}$$

Alınan çap bulunan çaptan büyük olduğu için emniyetlidir.

İkinci kritik kesit E noktasında bulunan kama kanalının bulunduğu kesittir. Bu noktadaki eşdeğer eğilme momenti;

$$M_e = \sqrt{M_{ey}^2 + M_{ez}^2} = \sqrt{20,95^2 + 113,1^2} = 115 \text{ Nm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M_{eE}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{d2}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDE} = 450 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0,93$ (d =28 mm)

$K_y = 0,933$ ($R_m = 900 \text{ N/mm}^2$ ve yüzeyi taşlanmış)

$K_ç = 2,24$ (Form A eğilme durumu ve $R_m = 900 \text{ N/mm}^2$)

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0,93 \cdot 0,933}{2,24} = 174,3 \text{ N/mm}^2$$

$R_e = 600 \text{ N/mm}^2$ (d =30 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1,5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{115000}{174,3}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{94010}{600}\right)^2}} = 21,75 \text{ mm}$$

Alınan çap bulunan değerden (çaptan) büyük olduğu için emniyetlidir.

F noktasından D yatağına kadar ki kısmın çap kontrolü;

Bu kısım tam değişken eğilme momenti etkisindedir. Burulma gerilmesi yoktur.

(Rulman genişliği B=17 mm)

$$M_{ey} = F_{Dy} \cdot \frac{B}{2} = 1671{,}6 \cdot \frac{17}{2} = 14208{,}6 \text{ Nmm}$$

$$M_{ez} = F_{Dz} \cdot \frac{B}{2} = 3872{,}4 \cdot \frac{17}{2} = 32915{,}4 \text{ Nmm}$$

$$M_e = \sqrt{M_{ey}^{\,2} + M_{ez}^{\,2}} = 35{,}83 \text{ Nm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \frac{M_e}{\sigma^*_{TDE}}} \quad ; \qquad \sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDE} = 450 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0{,}9$ (d = 30 mm); $K_y = 0{,}9343$ ($R_m = 900 \text{ N/mm}^2$ ve yüzeyi taşlanmış)

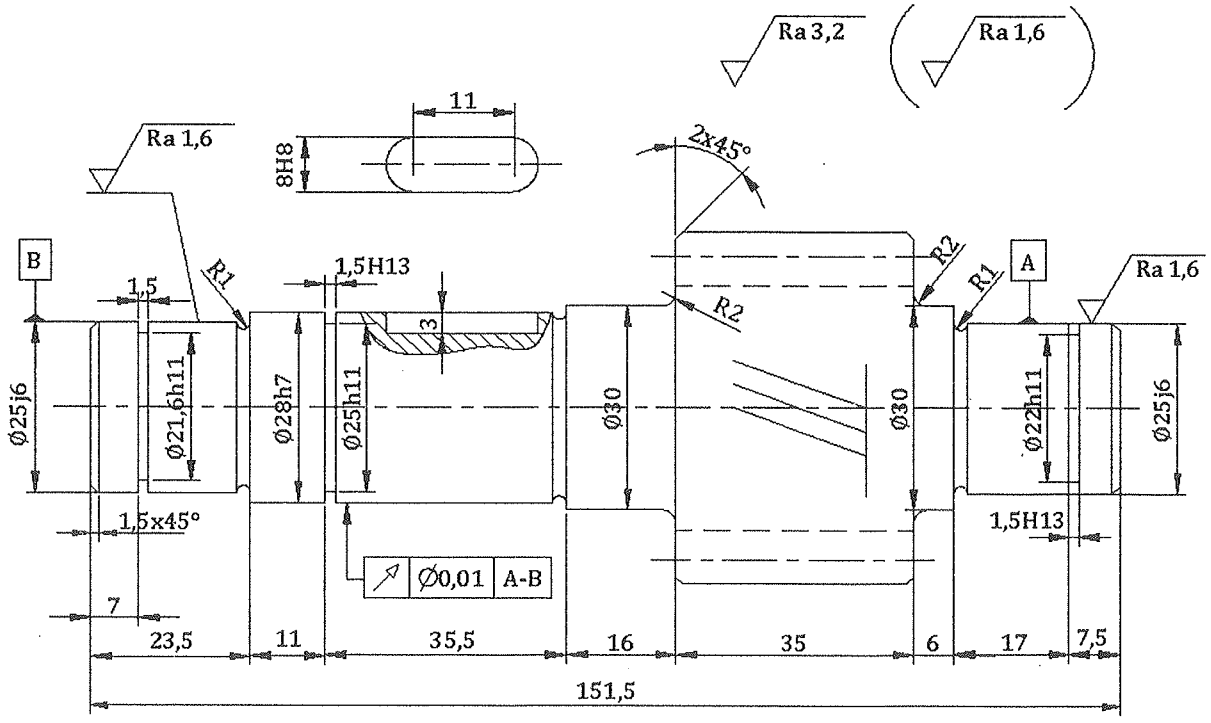
$K_ç = 1 + q \cdot (K_t - 1)$

$q = 0{,}811$ ($R_m = 900 \text{ N/mm}^2$ ve r = 1 mm)

$K_t = 2{,}04$ (D/d = 30/25 = 1,2 ve r/d = 1/25 = 0,04)

$$K_ç = 1 + 0{,}811 \cdot (2{,}04 - 1) = 1{,}84 \; ; \; \sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}933}{2{,}04} = 185{,}22 \text{ N/mm}^2$$

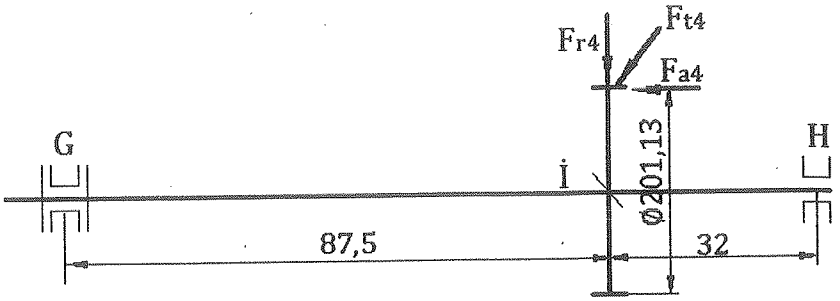
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \frac{35830}{185{,}22}} = 14{,}35 \text{ mm}$$



Ara mili imalat resmi

21.2.5.3 ÇIKIŞ MİLİ (III. MİL)

4. Dişli kuvvetleri:



$M_{d3} = 423$ Nm

$F_{t4} = 4194{,}4$ N

$F_{r4} = 1624{,}6$ N

$F_{a4} = 1526{,}6$ N

<u>x-y düzlemi:</u>

$\Sigma M_G = 0$

$$F_{r4} \cdot 87{,}5 - F_{a4} \cdot \frac{d_4}{2} + F_{Hy} \cdot 119{,}5 = 0$$

$$1624{,}6 \cdot 87{,}5 - 1526{,}6 \cdot \frac{201{,}13}{2} + F_{Hy} \cdot 119{,}5 = 0$$

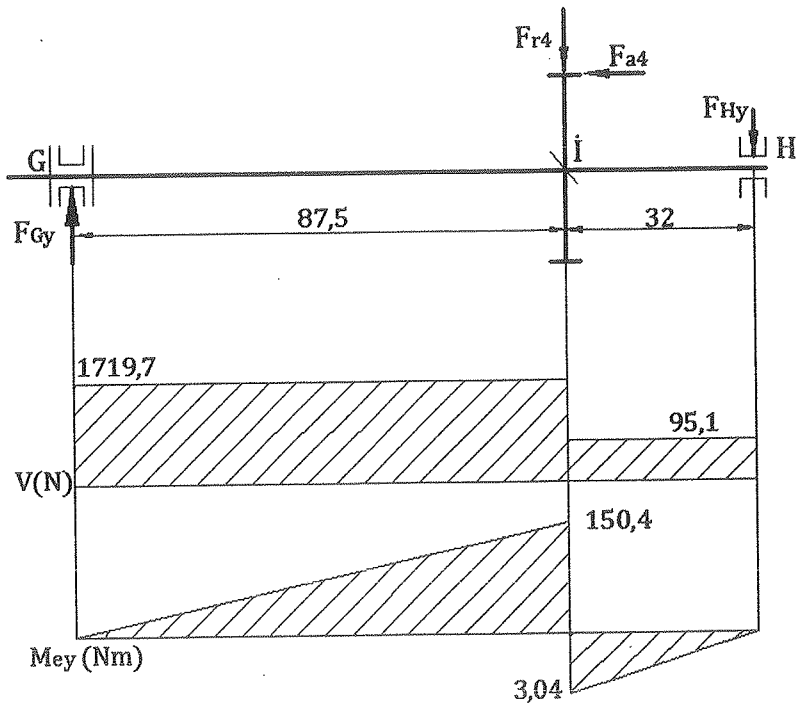
$F_{Hy} = 95{,}1$ N

$\Sigma F_y = 0$

$F_{Gy} - F_{r4} - F_{Hy} = 0$

$F_{Gy} - 1624{,}6 - 95{,}1 = 0$

$F_{Gy} = 1719{,}7$ N



$\Sigma F_x = 0$

$F_{Ga} - F_{a4} = 0$

$F_{Ga} = F_{a4} = 1526{,}6$ N

<u>x-z düzlemi:</u>

$\Sigma M_G = 0$

$F_{t4} \cdot 87{,}5 - F_{Hz} \cdot 119{,}5 = 0$

$4194{,}4 \cdot 80 - F_{Hz} \cdot 119{,}5 = 0$

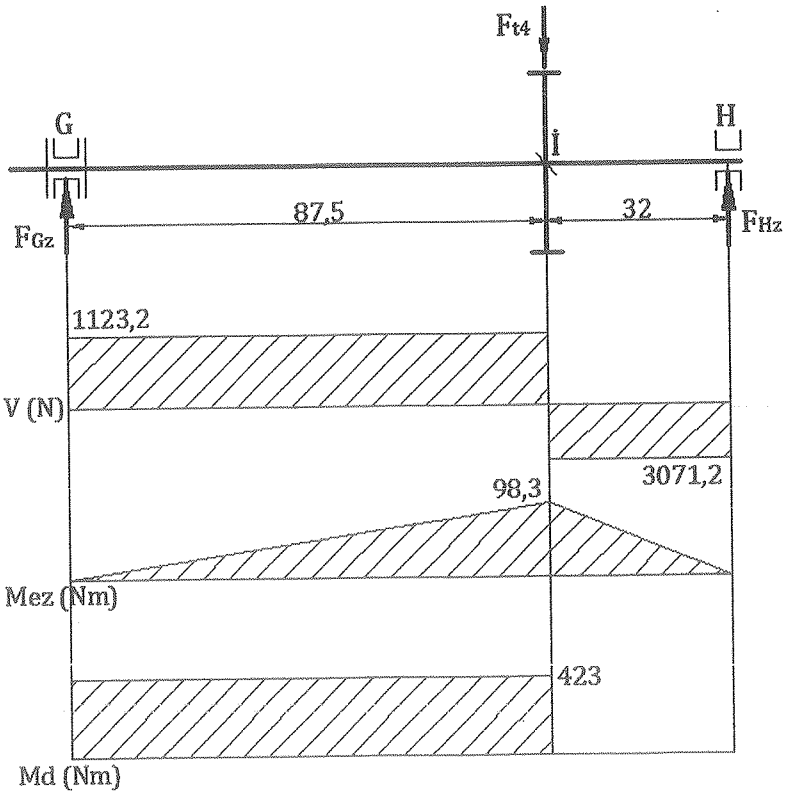
$F_{Hz} = 3071{,}2$ N

$\Sigma F_z = 0$

$F_{Gz} - F_{t4} + F_{Hz} = 0$

$F_{Hz} - 4194{,}4 + 3071{,}2 = 0$

$F_{Hz} = 1123{,}2$ N



Eğilme ve burulma diyagramlarından görüleceği üzere İ noktasında tam değişken eğilme ve statik burulma gerilmeleri mevcut olduğu için kritik nokta olarak dikkate alınır. Bu noktadaki bileşke eğilme ve burulma momenti;

$$M_{ei} = \sqrt{M_{ey}{}^2 + M_{ez}{}^2} = \sqrt{150{,}4^2 + 98{,}3^2} = 178 \text{ Nm}$$

$$M_{di} = 423 \text{ Nm}$$

Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı;

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}\sqrt{\left(\frac{M_{ei}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{di}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TDE} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDE} = 450 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0{,}85$ (d = 40 mm)

$K_y = 0{,}935$ ($R_m = 700 \text{ N/mm}^2$ ve yüzey taşlanmış)

$K_ç = 1{,}7$ (Form A eğilme durumu ve $R_m = 700 \text{ N/mm}^2$)

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}935}{1{,}7} = 210{,}37 \text{ N/mm}^2$$

$R_e = 500 \text{ N/mm}^2$ (d = 40 mm)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi}\sqrt{\left(\frac{178000}{210{,}37}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{423000}{500}\right)^2}} = 25{,}76 \text{ mm}$$

Alınan çap, bulunan çaptan büyük olduğu için emniyetlidir.

H yatağından çıkıştaki kama kanalına kadar kritik noktaların kontrolü;

Çıkış milinin G noktasından İ noktasına kadar olan kısmı, tam değişken eğilme ve statik burulma gerilmesi etkisindedir. Tehlikeli kesit G noktasından kama kanalına doğru (rulman genişliği B=17 mm) B/2 mm uzaklıktaki çaptır.

$$M_{ey} = F_{Gy} \cdot \frac{B}{2} = 1719{,}7 \cdot \frac{17}{2} = 14617{,}45 \text{ Nmm}$$

$$M_{ez} = F_{Gz} \cdot \frac{B}{2} = 1123{,}2 \cdot \frac{17}{2} = 9547{,}2 \text{ Nmm}$$

$$M_e = \sqrt{M_{ey}^{\,2} + M_{ez}^{\,2}} = \sqrt{14{,}61^2 + 9{,}54^2} = 17{,}5 \text{ Nm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \sqrt{\left(\frac{M_{eG}}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{dG}}{R_e}\right)^2}}$$

$$\sigma^*_{TDe} = \frac{\sigma_{TDe} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç}$$

$\sigma_{TDE} = 450 \text{ N/mm}^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve eğilme durumu)

$K_b = 0{,}85$ (d = 40 mm)

$K_y = 0{,}935$ ($R_m = 700 \text{ N/mm}^2$ ve yüzey taşlanmış)

$K_t = 1{,}9$ (D/d = 40/35 = 1,14 , r/d = 1,25/35 = 0,0357)

$q = 0{,}775$ ($R_m = 700 \text{ N/mm}^2$ ve r = 1,25 mm)

$K_ç = 1 + 0{,}775 \cdot (1{,}9 - 1) = 1{,}697$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{450 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}935}{1{,}697} = 210{,}75 \text{ N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \sqrt{\left(\frac{175000}{210{,}75}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{423000}{500}\right)^2}} = 22{,}4 \text{ mm}$$

Alınan çap bulunan çaptan büyük olduğu için emniyetlidir.

Çıkış kama kanalı ile G noktası arası sadece dalgalı değişken (statik olarak da alınabilir) burulma gerilmesi etkisindedir. Dolayısıyla eğilme durumu söz konusu değildir. En tehlikeli kısım kama kanalının bulunduğu çaptır. Bu çapın kontrolü;

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{d3} \cdot 16}{\pi \cdot \tau_{em}}}$$

$M_{d3} = 423$ Nm; $\tau_{em} = \dfrac{\tau_{DD} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç \cdot S}$

$\tau_{DD} = 435\ N/mm^2$ (16MnCr5 sementasyon çeliği ve burulma durumu)

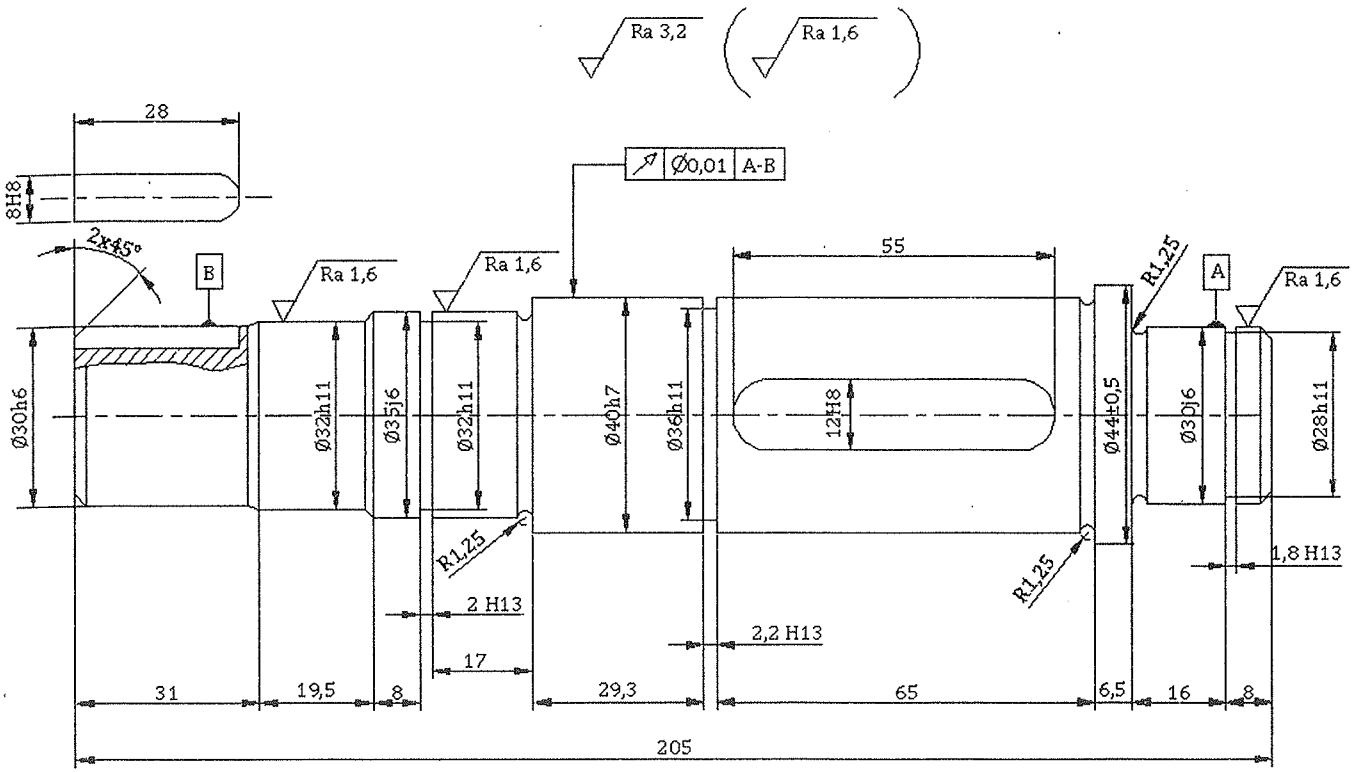
$K_b = 0{,}9\ (d = 30\ mm), K_y = 0{,}935$ (taşlanmış, $R_m = 800\ N/mm^2$)

$K_ç = 1{,}9$ (Form A ve burulma gerilmesi var)

$$\tau_{em} = \frac{435 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}935}{1{,}9 \cdot 1{,}5} = 128{,}44\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{423000 \cdot 16}{\pi \cdot 128{,}44}} = 25{,}6\ mm$$

Alınan çap bulunan çaptan (30 mm > 25,6 mm) büyük olduğu için emniyetlidir.



Çıkış mili imalat resmi

21.2.6 YATAK SEÇİMİ

21.2.6.1 GİRİŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

A yatağı:

A yatağında eksenel kuvvet yoktur. A yatağına etkiyen bileşke kuvvet;

$$F_{Ar} = \sqrt{F_{Ay}^2 + F_{Az}^2} = \sqrt{761{,}6^2 + 2269{,}6^2} = 2394\ N$$

A yatağı için NUP204 ECP silindirik makaralı rulman seçilir, C = 25,1 kN

Dinamik eşdeğer kuvvet; $F = F_{Ar} = 2394$ N

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 800}\left(\frac{25100}{2394}\right)^{3,333} = 52142 > 20000 \text{ h}$$

B yatağı:

B yatağı sabit yatak olduğu için eksenel kuvvet taşır.

B yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Br} = \sqrt{{F_{By}}^2 + {F_{Bz}}^2} = \sqrt{139,8^2 + 496,5^2} = 515,8 \text{ N}$$

B yatağına etkiyen eksenel kuvvet; $F_{Ba} = 173,6$ N

B yatağı için 6204 sabit bilyalı rulman seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değerler; $C_o = 6,55$ kN, $f_o = 13$, $C = 13,5$ kN

$$f_o \cdot \frac{F_a}{C_o} = 13 \cdot \frac{173,6}{6550} = 0,34 > e = 0,24 \rightarrow X = 0,56 \text{ ve } Y = 2$$

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$F = F_A = X \cdot F_{Br} + Y \cdot F_{Ba} = 0,56 \cdot 515,8 + 2 \cdot 173,6 = 636 \text{ N}$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 800}\left(\frac{6550}{636}\right)^3 = 199245 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

21.2.6.2 ARA MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

C yatağı:

C yatağı sabit yatak olduğu için eksenel kuvvet vardır.

C yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Cr} = \sqrt{{F_{Cy}}^2 + {F_{Cz}}^2} = \sqrt{220,6^2 + 2095,1^2} = 2106,6 \text{ N}$$

C yatağına etkiyen net eksenel kuvvet;

$$F_{Ca} = F_{a3} - F_{a2} = 1526{,}6 - 621{,}6 = 905\ N$$

C yatağı için 6205 ETN9 sabit bilyalı rulman seçilir.

Rulman kataloğundan seçilen standart değerler; $C_o = 9{,}8\ kN$, $f_o = 13$, $C = 17{,}8\ kN$

$$f_o \cdot \frac{F_a}{C_o} = 13 \cdot \frac{905}{9800} = 1{,}5 > e = 0{,}32 \rightarrow X = 0{,}56 \text{ ve } Y = 1{,}4$$

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$F = F_C = X \cdot F_{Cr} + Y \cdot F_{Ca} = 0{,}56 \cdot 2106{,}6 + 1{,}4 \cdot 905 = 2446{,}6\ N$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 224}\left(\frac{17800}{2446{,}6}\right)^3 = 28653\ h > 20000\ h$$

D yatağı:

D yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Dr} = \sqrt{{F_{Dy}}^2 + {F_{Dz}}^2} = \sqrt{1671{,}6^2 + 3872{,}4^2} = 4217\ N$$

D yatağı için 6405 rulmanı seçilir, $C = 35{,}8\ kN$

Dinamik eşdeğer kuvvet; $F = F_{Dr} = 4217\ N$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 224}\left(\frac{35800}{4217}\right)^3 = 45523\ h > 20000\ h$$

21.2.6.3 ÇIKIŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

G yatağı:

G yatağı sabit yatak olduğu için eksenel kuvvet vardır.

G yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Gr} = \sqrt{{F_{Gy}}^2 + {F_{Gz}}^2} = \sqrt{1719{,}7^2 + 1123{,}2^2} = 2054\ N$$

G yatağına etkiyen eksenel kuvvet; $F_{Ga} = 1526{,}6$ N

G yatağı için 6207 rulmanı seçilir, $C_o = 15{,}3$ kN, $f_o = 14$, $C = 27$ kN

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$f_o \cdot \frac{F_a}{C_o} = 14 \cdot \frac{1526{,}6}{15300} = 1{,}4 > e = 0{,}31 \rightarrow X = 0{,}56 \text{ ve } Y = 1{,}45$$

$$F = X \cdot F_{Gr} + Y \cdot F_{Ga} = 0{,}56 \cdot 2054 + 1{,}45 \cdot 1526{,}6 = 3363{,}8 \text{ N}$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 49{,}6}\left(\frac{27000}{3363{,}8}\right)^3 = 173767 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

H yatağı:

H yatağında eksenel kuvvet yoktur. H yatağına etkiyen bileşke radyal kuvvet;

$$F_{Hr} = \sqrt{{F_{Hy}}^2 + {F_{Hz}}^2} = \sqrt{95{,}1^2 + 3071{,}2^2} = 3072 \text{ N}$$

H yatağı için NU1006 silindirik makaralı rulman seçilir, $C = 17{,}3$ kN

Dinamik eşdeğer kuvvet;

$$F = F_{Hr} = 3072 \text{ N}$$

Yatağın nominal ömrü;

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p = \frac{10^6}{60 \cdot 49{,}6}\left(\frac{17300}{3072}\right)^{3{,}333} = 106708 \text{ h} > 20000 \text{ h}$$

21.2.7 KAMA SEÇİMİ

21.2.7.1 (2) NOLU KONİK DİŞLİ - MİL BAĞLANTISINDA KULLANILAN KAMA

Ara mil üzerinde konik dişlinin (2. Dişli) kama bağlantısının yapılacağı çap 28 mm'dir. $d = 28$ mm için; $b = 8$ mm, $h = 7$ mm ve $t_1 = 4$ mm alınır.

Kama malzemesi olarak E335 genel yapı çeliği seçilir ve S=1,5 alınır.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 94010 \cdot 1{,}5}{28 \cdot 4 \cdot 335} \geq 7{,}51 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 94010}{28 \cdot (7 - 4) \cdot 335} \geq 10{,}02 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1{,}5 \cdot 94010}{28 \cdot 8 \cdot 335} \geq 7{,}52 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında oluşan yüzey basıncına göre yapılan kontrolde, kama uzunluğu maksimum çıkmıştır. Kama türü olarak A tipi uygu kaması seçilmiştir. Dolayısıyla eşdeğer kama uzunluğu;
$L_{eş} = L_2 + b = 10{,}02 + 8 = 18{,}02$ mm olmalıdır.
Standarttan, TS 147/9-A 8x7x20 şeklinde kama seçilir.

21.2.7.2 (4) NOLU HELİS DİŞLİ - MİL BAĞLANTISINDA KULLANILAN KAMA

Çıkış mili üzerinde helis dişlinin (4. Dişli) kama bağlantısının yapılacağı çap 40 mm'dir.
d = 40 mm için; b = 12 mm, h = 8 mm ve $t_1 = 5$ mm alınır.

Kama malzemesi olarak E335 genel yapı çeliği seçilir ve S=1,5 alınır.

Kama ile mil arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_d \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 423000 \cdot 1{,}5}{40 \cdot 5 \cdot 335} \geq 18{,}94 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında yüzey basıncı kontrolü;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1{,}5 \cdot 423000}{40 \cdot (8 - 5) \cdot 335} \geq 31{,}56 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

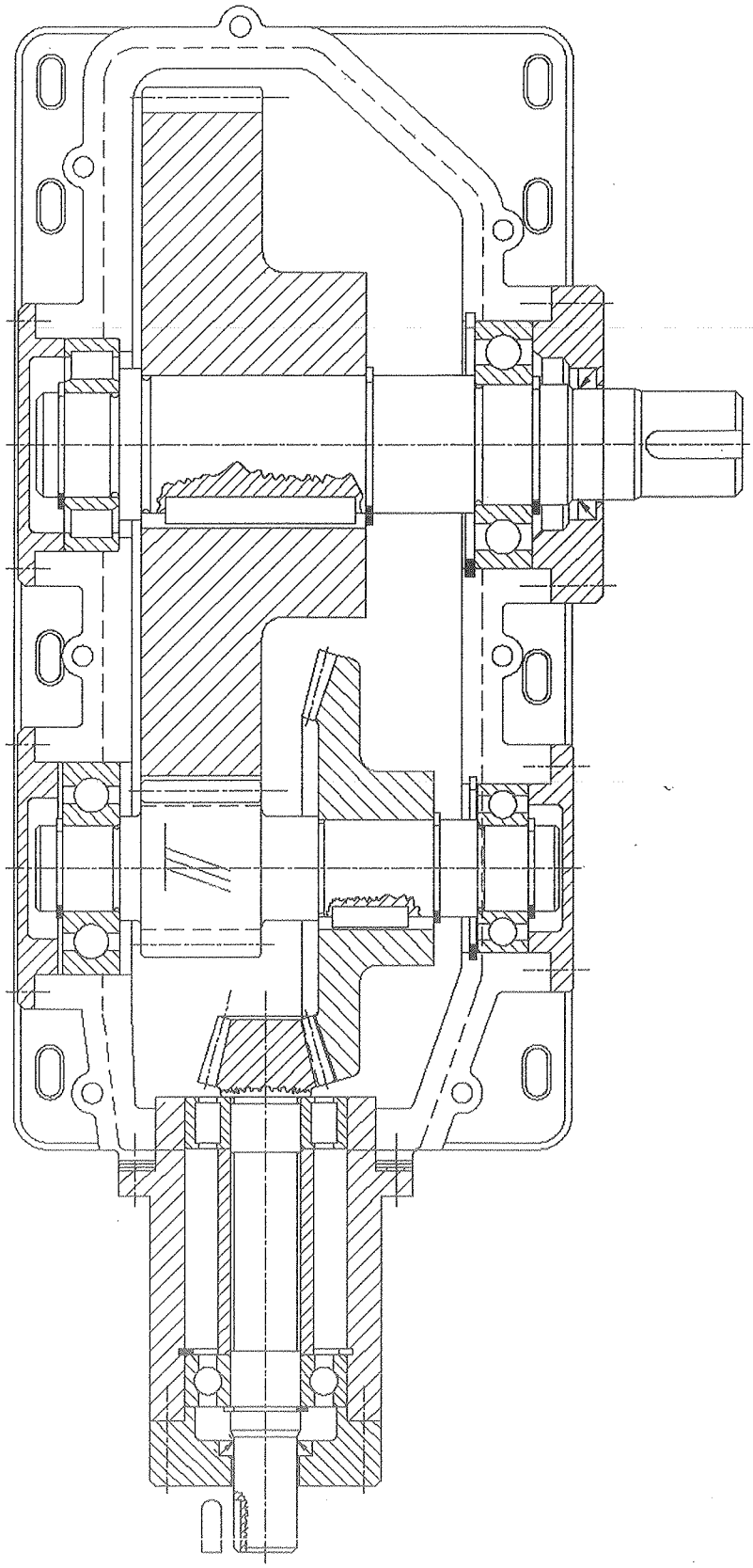
$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_d}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1{,}5 \cdot 423000}{40 \cdot 12 \cdot 335} \geq 15{,}78 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasında oluşan yüzey basıncına göre yapılan kontrolde, kama uzunluğu maksimum çıkmıştır. Kama türü olarak A tipi uygu kaması seçilmiştir. Dolayısıyla eşdeğer kama uzunluğu;

$L_{eş} = L_2 + b = 31{,}56 + 12 = 43{,}56$ mm olmalıdır.
Standarttan, TS 147/9-A 12x8x45 şeklinde kama seçilir.

21.2.8 MONTAJ RESMİ

Hesapları yapılan iki kademeli redüktörün montaj resminin üst görünüşü aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Montaj resmi üst görünüş

21.3 SONSUZ VİDA REDÜKTÖRÜ

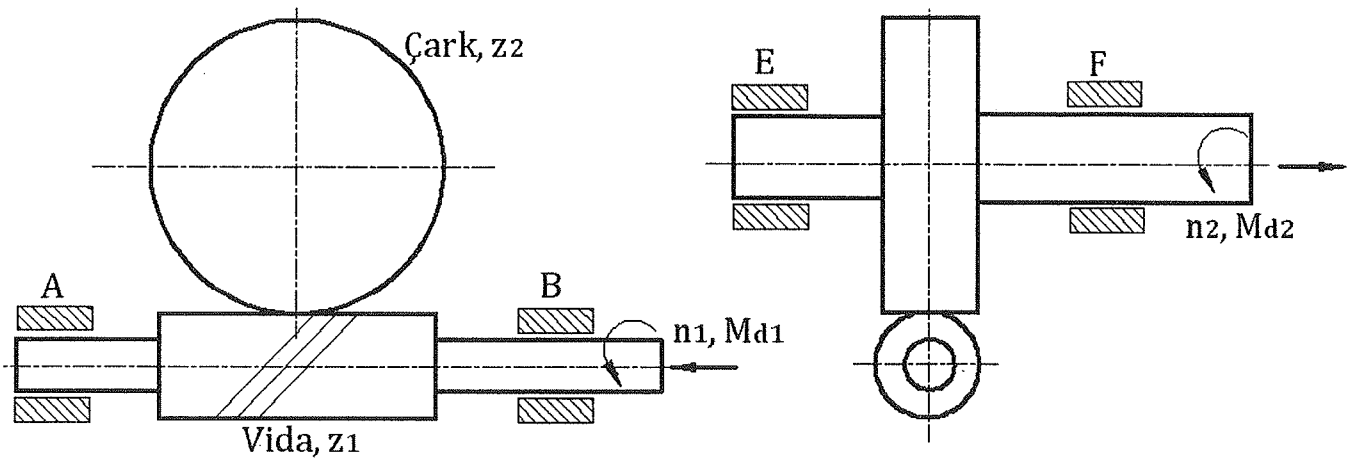
VERİLENLER:

Giriş gücü, P =11 kW

Toplam çevrim oranı, i_T =20

Giriş devir sayısı, n_1=900 d/d

21.3.1 ÖN HESAPLAMALAR VE MEKANİZMA ÖZELLİKLERİ



Redüktörün şematik gösterimi

$İ_T$: Toplam çevrim oranı, i_T=20

z_1: Sonsuz vida ağız sayısı, z_1=1 alınmıştır.

z_2: Çarkın diş sayısı, z_2=20 bulunur.

α: Kavrama açısı, α =20° alınmıştır.

Bütün hesaplamalarda emniyet katsayısı, S=1,5 alınmıştır.

Dişli kutusu tahrikinde düzgün çalışan elektrik motoru kullanılacak olup, iş makinası olarak kren çalıştırılacaktır.

Miller iyi yataklanmış olup, sehimleri az olan mil kabul edilmiştir.

Mil döndürme momentleri ve devir sayıları

Giriş mili için;

n_1=900 d/d

$$M_{d1} = 9550 \cdot \frac{11}{900} = 116{,}72 \text{ Nm}$$

Çıkış mili için;

$M_{d2} = M_{d1} \cdot i_{12} = 116{,}72 \cdot 20 = 2334{,}4$ Nm (verim % 100 için)

$n_2 = n_1 / i_{12} = 45$ d/d

21.3.2 DİŞLİLERİN MODÜL HESABI

m_a=12,5 mm (standart çizelgeden) ve vida şekil sayısı q=10 alındı.

$P_a = m_a \cdot \pi = 12{,}5 \cdot \pi = 39{,}26$ mm

$b_2 = 2{,}5 \cdot P_a = 2{,}5 \cdot 39{,}26 = 98{,}17$ mm

$b_1 = 12 \cdot m_a = 12 \cdot 12{,}5 = 150$ mm

$d_{m1} = q \cdot m_a = 10 \cdot 12{,}5 = 125$ mm

$$\tan \gamma_m = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{10} = 0{,}1 \quad \rightarrow \quad \gamma_m = 5{,}7° \text{ (eğim açısı)}$$

$$v_g = \frac{d_{m1} \cdot \pi \cdot n_1}{\cos \gamma_m \cdot 60} = \frac{0{,}125 \cdot \pi \cdot 900}{\cos 5{,}7 \cdot 60} = 5{,}91 \text{ m/s} < 15{,}4 \text{ m/s için } K_v = 1 \text{ alınır.}$$

$\rho = 1{,}15°$ ($v_g = 5{,}91$ m/s, sertleştirme ve taşlama işlemi yapılmış)

$$\eta_s = \frac{\tan \gamma_m}{\tan (\gamma_m + \rho)} = \frac{\tan 5{,}7}{\tan (5{,}7 + 1{,}15)} = 0{,}83 \quad \rightarrow \quad \% 83$$

$M_{d2} = M_{d1} \cdot i \cdot \eta_s = 116{,}72 \cdot 20 \cdot 0{,}83 = 1937{,}5$ Nm

Diş dibi mukavemetine göre kontrol

$$m_a \geq \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot M_{d2}}{\sigma_{em} \cdot b_2 \cdot (\cos \gamma_m)^3 \cdot z_2}}$$

$\sigma_{em} = 50$ N/mm^2 (bronz malzeme)

$$12{,}5 \geq \sqrt{\frac{1{,}5 \cdot 1937500}{50 \cdot 98{,}17 \cdot (\cos 3{,}7)^3 \cdot 20}}$$

12,5 mm ≥ 6,68 mm olduğu için seçilen modül uygundur.

Yüzey basıncına göre kontrol

$$m_a \geq \sqrt{\frac{30 \cdot M_{d2}}{p_{em} \cdot K_v \cdot z_2^2 \cdot b_2}}$$

$p_{em} = 10\ N/mm^2$ (bronz malzeme)

$$12{,}5 \geq \sqrt{\frac{30 \cdot 1937500}{10 \cdot 1.20^2 \cdot 98{,}17}}$$

12,5 mm ≥ 12,16 mm olduğu için seçilen modül uygundur.

21.3.3 SONSUZ VİDA BOYUTLARI

$m_n = m_a \cdot \cos \gamma_m = 12{,}5 \cdot \cos 5{,}7 = 12{,}43$ mm

$P_a = m_a \cdot \pi = 12{,}5 \cdot \pi = 39{,}26$ mm

$P_n = P_a \cdot \cos \gamma_m = 39{,}26 \cdot \cos 5{,}7 = 39{,}06$ mm

$h_{a1} = m_a = 12{,}5$ mm

$h_{f1} = 1{,}2 \cdot m_a = 1{,}2 \cdot 12{,}5 = 15$ mm

$d_{m1} = q \cdot m_a = 10 \cdot 12{,}5 = 125$ mm

$d_{a1} = d_{m1} + 2 \cdot h_{a1} = 125 + (2 \cdot 12{,}5) = 150$ mm

$d_{f1} = d_{m1} - 2 \cdot h_{f1} = 125 - (2 \cdot 15) = 95$ mm

$b_1 = 2 \cdot m_a \cdot \sqrt{1 + z_2} = 12 \cdot 12{,}5 \cdot \sqrt{1 + 20} = 115$ mm

21.3.4 ÇARK BOYUTLARI

$h_{a2} = m_a = 12{,}5$ mm

$h_{f2} = m_a + 0{,}2 \cdot m_a = 12{,}5 + 0{,}2 \cdot 12{,}5 = 15$mm

$$d_2 = m_a \cdot z_2 = 12{,}5 \cdot 20 = 250 \text{ mm}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot h_{a2} = 250 + (2 \cdot 12{,}5) = 275 \text{ mm}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot h_{f2} = 250 - (2 \cdot 15) = 220 \text{ mm}$$

$$b_2 = 0{,}45 \cdot (d_{a1} + 4 \cdot m_a) = 0{,}45 \cdot (150 + 4 \cdot 12{,}5) = 90 \text{ mm}$$

$$e_0 = \frac{(d_{m1} + d_2)}{2} = \frac{125 + 250}{2} = 187{,}5 \text{ mm}$$

21.3.5 MİLLERİN BOYUTLANDIRILMASI VE YATAK KUVVETLERİ

21.3.5.1 GİRİŞ MİLİ (SONSUZ VİDALI MİL)

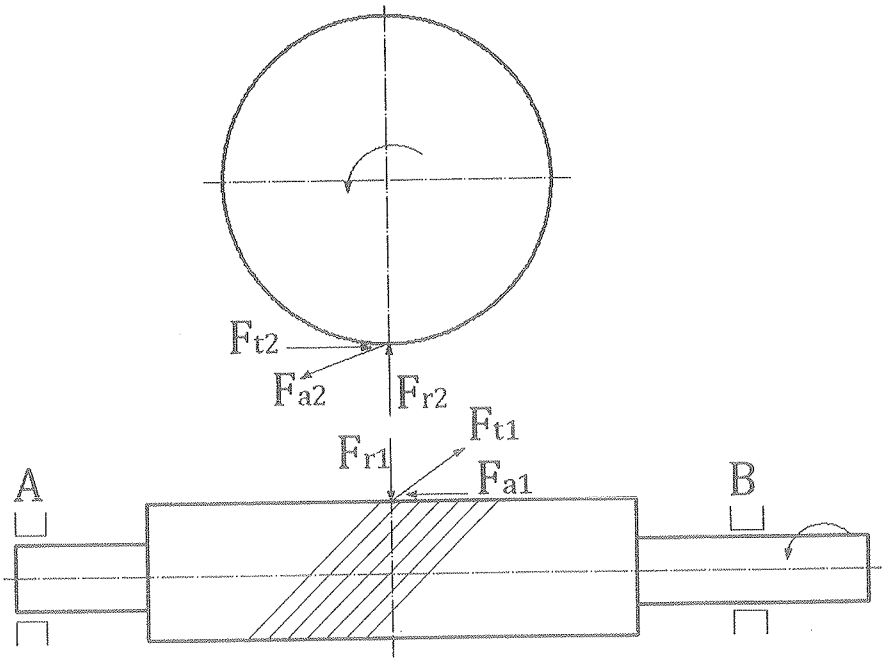
Sonsuz vida kuvvetleri;

$$M_{d1} = 116720 \text{ Nmm}$$

$$F_{t1} = F_{a2} = \frac{2 \cdot M_{d1}}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 116720}{125} = 1867{,}5 \text{ N}$$

$$F_{a1} = F_{t2} = \frac{F_{t1}}{\tan(\gamma_m + \rho)} = \frac{1867{,}5}{\tan 7{,}01} = 15187{,}6 \text{ N}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} \cdot \frac{\tan\alpha \,.\, \cos\rho}{\sin(\gamma_m + \rho)} = 1867{,}5 \cdot \frac{\tan 20 \,.\, \cos 1{,}31}{\sin 7{,}01} = 5568 \text{ N}$$



x-y düzlemi:

$\sum M_A = 0 \quad \rightarrow \quad -F_{a1} \cdot 62{,}5 + F_{r1} \cdot 125 + F_{By} \cdot 250 = 0$

$-15187{,}6 \cdot 62{,}5 + 5568 \cdot 125 + F_{By} \cdot 250 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{By} = 1012{,}9\ N$

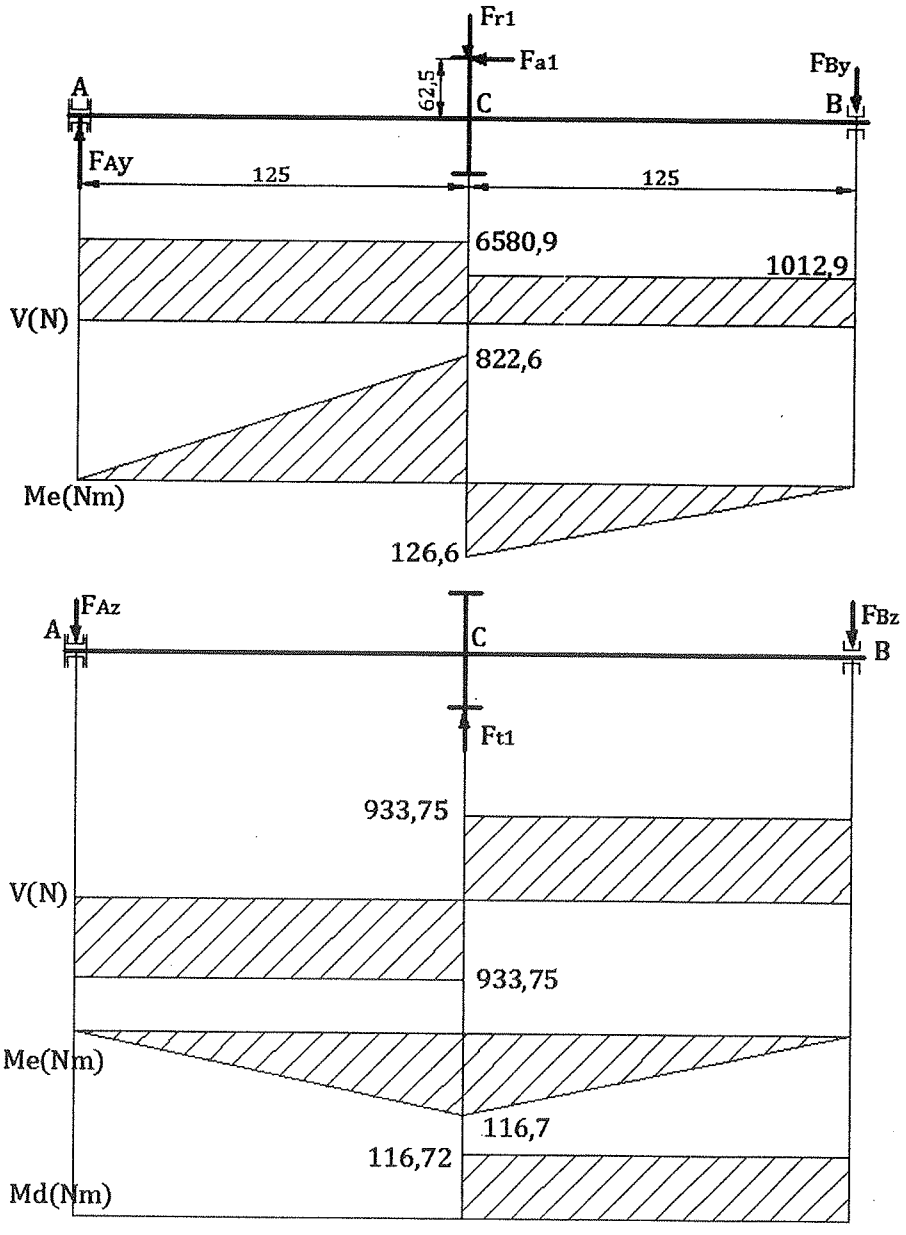
$\sum F_y = 0 \quad \rightarrow \quad -F_{By} + F_{Ay} - F_{r1} = 0 \quad \rightarrow -1012{,}9 + F_{Ay} - 5568 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Ay} = 6580{,}9\ N$

x-z düzlemi:

$\sum M_A = 0 \quad \rightarrow \quad -F_{t1} \cdot 125 + F_{Bz} \cdot 250 = 0$

$-1867{,}5 \cdot 125 + F_{Bz} \cdot 250 = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Bz} = 933{,}75\ N$

$\sum F_z = 0 \quad \rightarrow \quad F_{Az} = 933{,}75\ N$



Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı; (C noktasına göre)

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{d1}}{R_e}\right)^2}}$$

$$M_e = \sqrt{822{,}6^2 + 116{,}7^2} = 830{,}8 \text{ Nm}$$

$R_e = 750 N/mm^2$, $R_m = 1050\ N/mm^2$, $\sigma_{TD} = 580\ N/mm^2$ (17CrNiMo6)

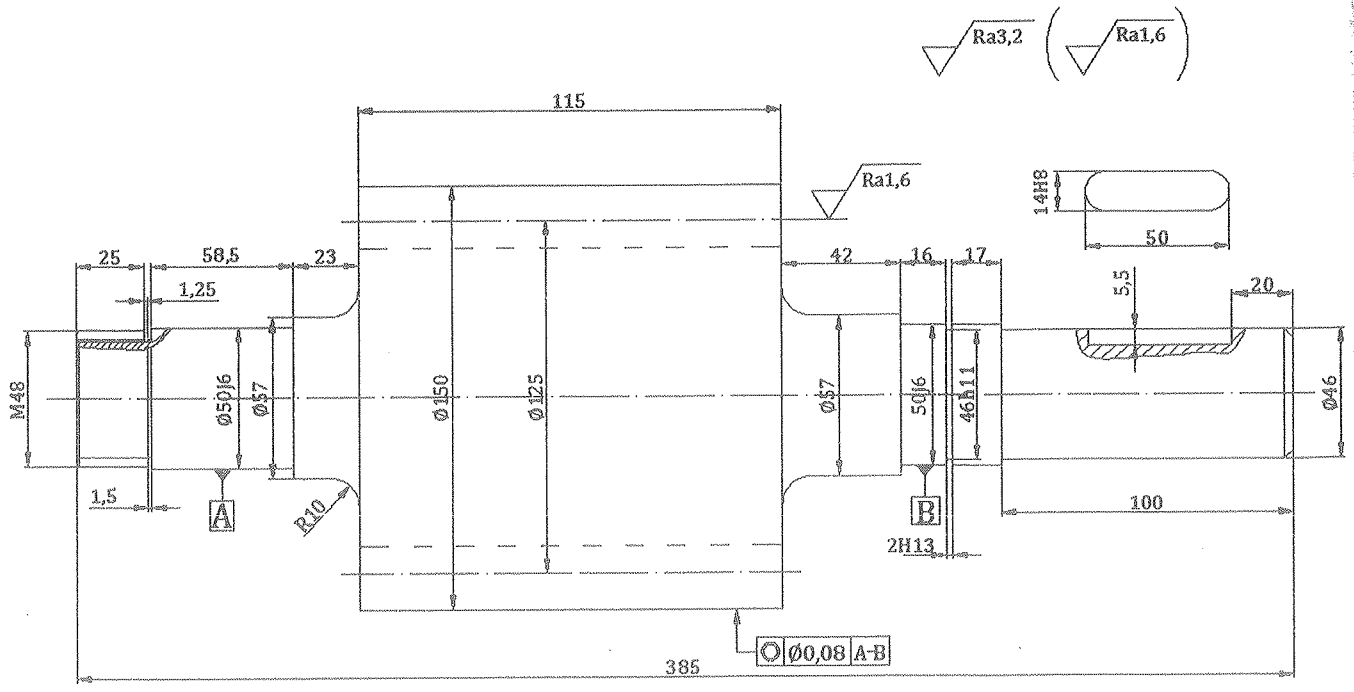
$K_y = 0{,}93$ (Taşlanmış ve $R_m = 1050\ N/mm^2$) , $K_b = 0{,}83$ (Ø50)

$q = 0{,}91$ ($R_m = 1050 N/mm^2$ ve $r = 2{,}5$ mm) $K_t = 1{,}5$ alındı.

$K_ç = 1 + q(K_t - 1) = 1 + 0{,}91(1{,}5 - 1) = 1{,}45$

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TDE} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç} = \frac{580 \cdot 0{,}83 \cdot 0{,}93}{1{,}45} = 308\ N/mm^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32.1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{830800}{308}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{116700}{750}\right)^2}} = 34{,}5 \text{ mm yeterlidir.}$$



Sonsuz vida imalat resmi

21.3.5.2 ÇIKIŞ MİLİ (ÇARK MİLİ)

x-y düzlemi:

$\sum M_E = 0 \rightarrow F_{r2} \cdot 90 + F_{a2} \cdot 125 - F_{Fy} \cdot 180 = 0$

$5568 \cdot 90 + 1867{,}5 \cdot 125 - F_{Fy} \cdot 180 = 0 \rightarrow F_{Fy} = 4080{,}8\ N$

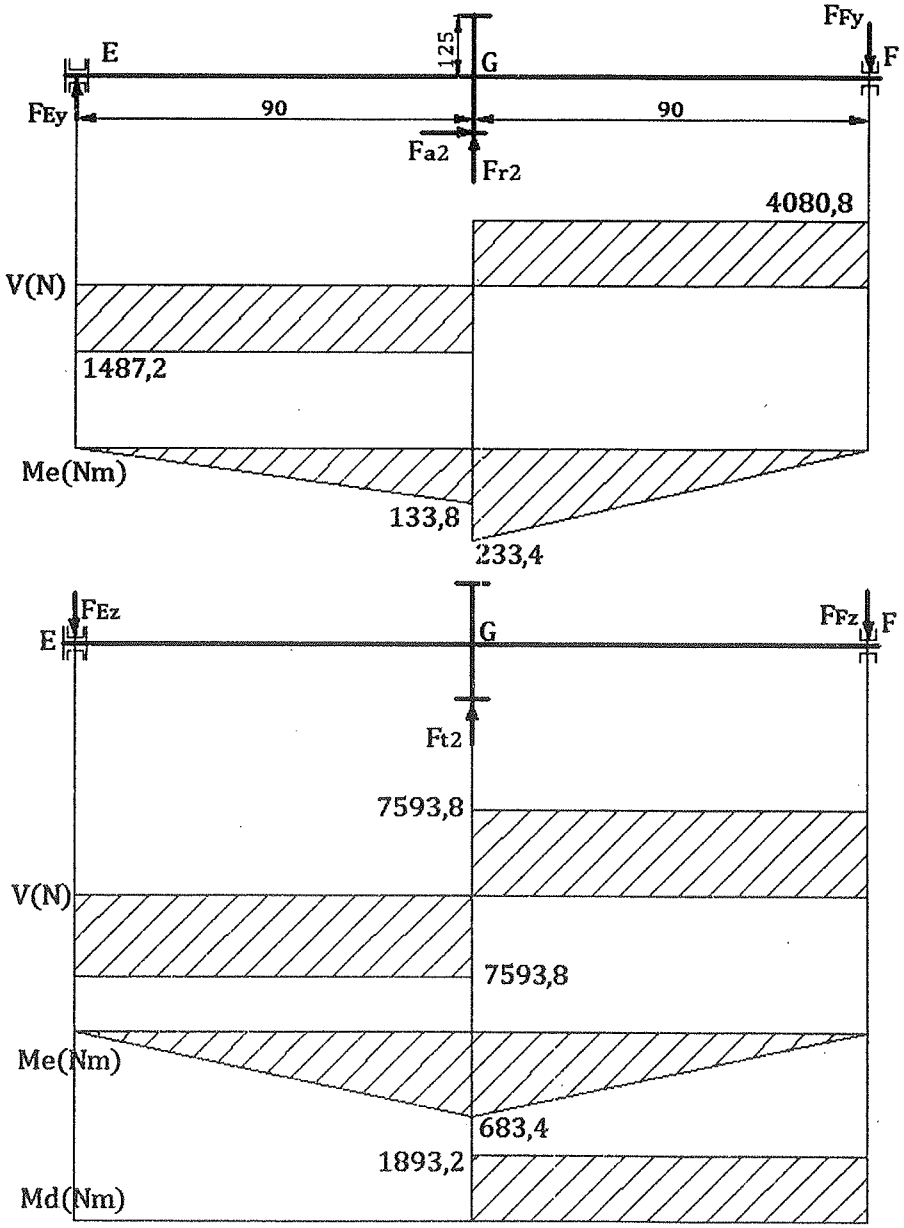
$\sum F_y = 0 \rightarrow -F_{r2} + F_{Fy} + F_{Ey} = 0$

$-4080{,}8 + 5568 + F_{Ey} = 0 \rightarrow F_{Ey} = -1487{,}2\ N$

x-z düzlemi:

$\sum M_E = 0 \rightarrow F_{t2} \cdot 90 - F_{Fz} \cdot 180 = 0 \rightarrow 15187{,}6 \cdot 90 - F_{Fz} \cdot 180 = 0 \rightarrow F_{Fz} = 7593{,}8\ N$

$\sum F_z = 0 \rightarrow F_{Ez} = 15187{,}6 - 7593{,}8 = 7593{,}8\ N$



Dinamik yükleme (yorulma) durumunda eğilme ve burulma gerilmesi etkisindeki mil çapı hesabı (G noktasına göre);

$$d = \sqrt[3]{\frac{32.S}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{M_e}{\sigma^*_{TDE}}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{M_{d2}}{R_e}\right)^2}}$$

$$M_e = \sqrt{233{,}4^2 + 683{,}4^2} = 722{,}15 \text{ Nm} \quad \text{(F noktası için)}$$

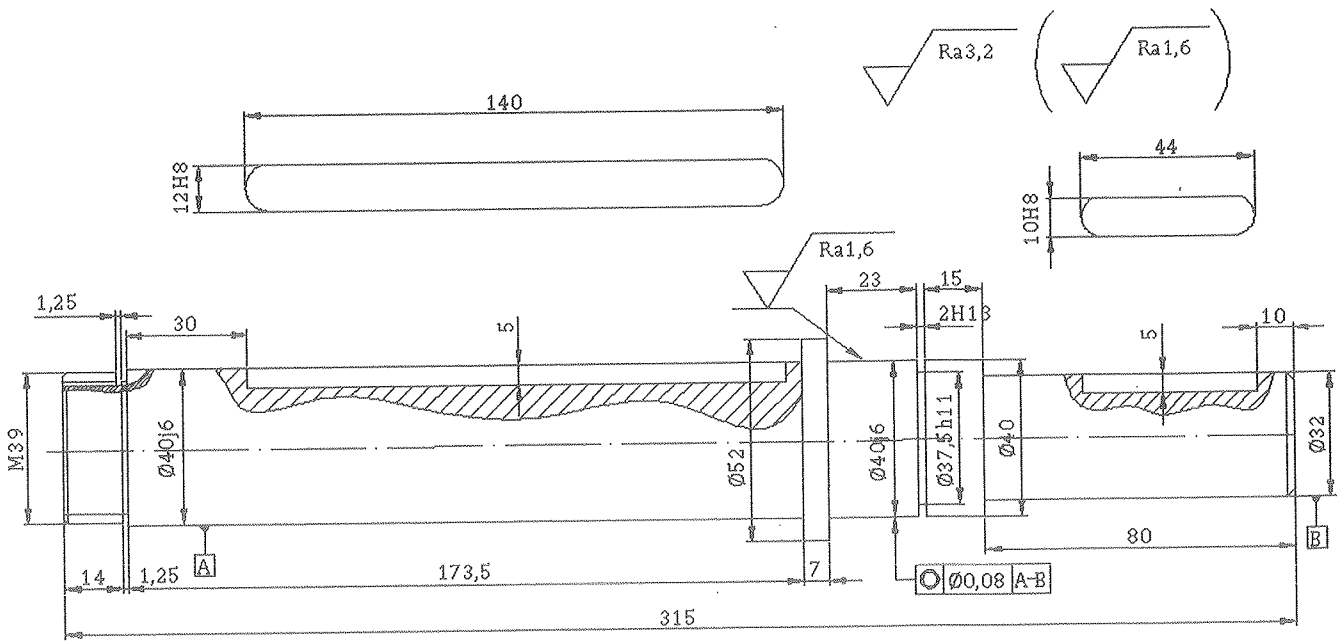
$$\sigma_{TD} = 580 \text{ N/mm}^2, R_m = 1000 \text{N/mm}^2$$

$K_y = 0{,}93$ (Taşlanmış ve $R_m = 1000$ N/mm^2), $K_b = 0{,}80$ (Ø40)

$K_ç = 2{,}2$ (Diyagramdan, A tipi uygu kaması)

$$\sigma^*_{TDE} = \frac{\sigma_{TDE} \cdot K_b \cdot K_y}{K_ç} = \frac{580 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}93}{2{,}2} = 196{,}1 \text{N/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1{,}5}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{722150}{196{,}1}\right)^2 + \frac{3}{4}\left(\frac{1937500}{750}\right)^2}} = 40{,}3 = 40 \text{ mm yeterlidir.}$$



Çıkış milinin imalat resmi

21.3.6 YATAK SEÇİMİ

21.3.6.1 GİRİŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

A yatağı:

$F_{Ay} = 6580{,}9\ N,\ F_{Az} = 933{,}75\ N,\ F_{Aa} = 15187{,}6\ N$

$$F_{Ar} = \sqrt{{F_{Ay}}^2 + {F_{Az}}^2} = \sqrt{6580{,}9^2 + 933{,}75^2} = 6646{,}8\ N$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{15187{,}6}{6646{,}8} = 2{,}28$$

oran büyük olduğu için 31310 çift sıralı konik makaralı rulman seçilir.

31310 rulmanı için; C=208 kN, e= 0,83

$F_a/F_r > e$ için X=0,67 ve Y=1,22 alınır.

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0{,}67 \cdot 6646{,}8 + 1{,}22 \cdot 15187{,}6 \cong 23\ kN$$

$$20000 = \frac{10^6}{60.900}\left(\frac{C}{23}\right)^{3{,}33}$$

$C = 188\ kN \rightarrow$ Ø50 mm için 31310 rulmanı seçilir.

B yatağı:

$$F_{Br} = \sqrt{{F_{By}}^2 + {F_{Bz}}^2} = \sqrt{1012{,}9^2 + 933{,}75^2} = 1377{,}6\ N$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$$20000 = \frac{10^6}{60 \cdot 900}\left(\frac{C}{1{,}3}\right)^3$$

$C \cong 14{,}3\ kN$ ve Ø50 mm için 61910 rulmanı seçilir.

21.3.6.2 ÇIKIŞ MİLİNDEKİ YATAKLARIN SEÇİMİ

E yatağı:

$$F_{Er} = \sqrt{{F_{Ey}}^2 + {F_{Ez}}^2} = \sqrt{1487{,}2^2 + 7593{,}8^2} = 7738\ N;\ F_{Ea} = 1867{,}5\ N$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{1867,5}{7738} = 0,24 > e$$

olduğu için, X=0,92 ve Y=0,60 alınır.

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,92 \cdot 7738 + 0,60 \cdot 1867,5 = 8,2 \text{ kN}$$

$$20000 = \frac{10^6}{60 \cdot 45}\left(\frac{C}{8,2}\right)^{3,33}$$

$C = 27,1$ kN ve Ø40 mm için NUP 208 rulmanı seçilir.

F yatağı:

$$F_{Fr} = \sqrt{{F_{Fy}}^2 + {F_{Fz}}^2} = \sqrt{4080,8^2 + 7593,8^2} = 8621 \text{ N}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^p$$

$$20000 = \frac{10^6}{60 \cdot 45}\left(\frac{C}{8,6}\right)^3$$

$C \cong 32,5$ kN ve Ø40 mm için 6208 rulmanı seçilir.

21.3.7 KAMA SEÇİMİ

Kama malzemesi olarak E335 çeliği seçilir ve S=1,5 alınır. Ø40 mm için Çizelge 8.1'den; b=12 mm, h=8 mm ve t_1=5 mm alınır.

Kama ile mil arasındaki yüzey basıncına göre;

$$L_1 \geq \frac{2 \cdot M_{d2} \cdot S}{d \cdot t_1 \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1937500 \cdot 1,5}{40 \cdot 5 \cdot 335} \geq 86,75 \text{ mm}$$

Kama ile göbek arasındaki yüzey basıncına göre;

$$L_2 \geq \frac{2 \cdot S \cdot M_{d2}}{d \cdot (h - t_1) \cdot R_e} \geq \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 1937500}{40 \cdot (8 - 5) \cdot 335} \geq 144,5 \text{ mm}$$

Kesilme kontrolü;

$$L_3 \geq \frac{4 \cdot S \cdot M_{d2}}{d \cdot b \cdot R_e} \geq \frac{4 \cdot 1,5 \cdot 1937500}{40 \cdot 12 \cdot 335} \geq 72,3 \text{ mm}$$

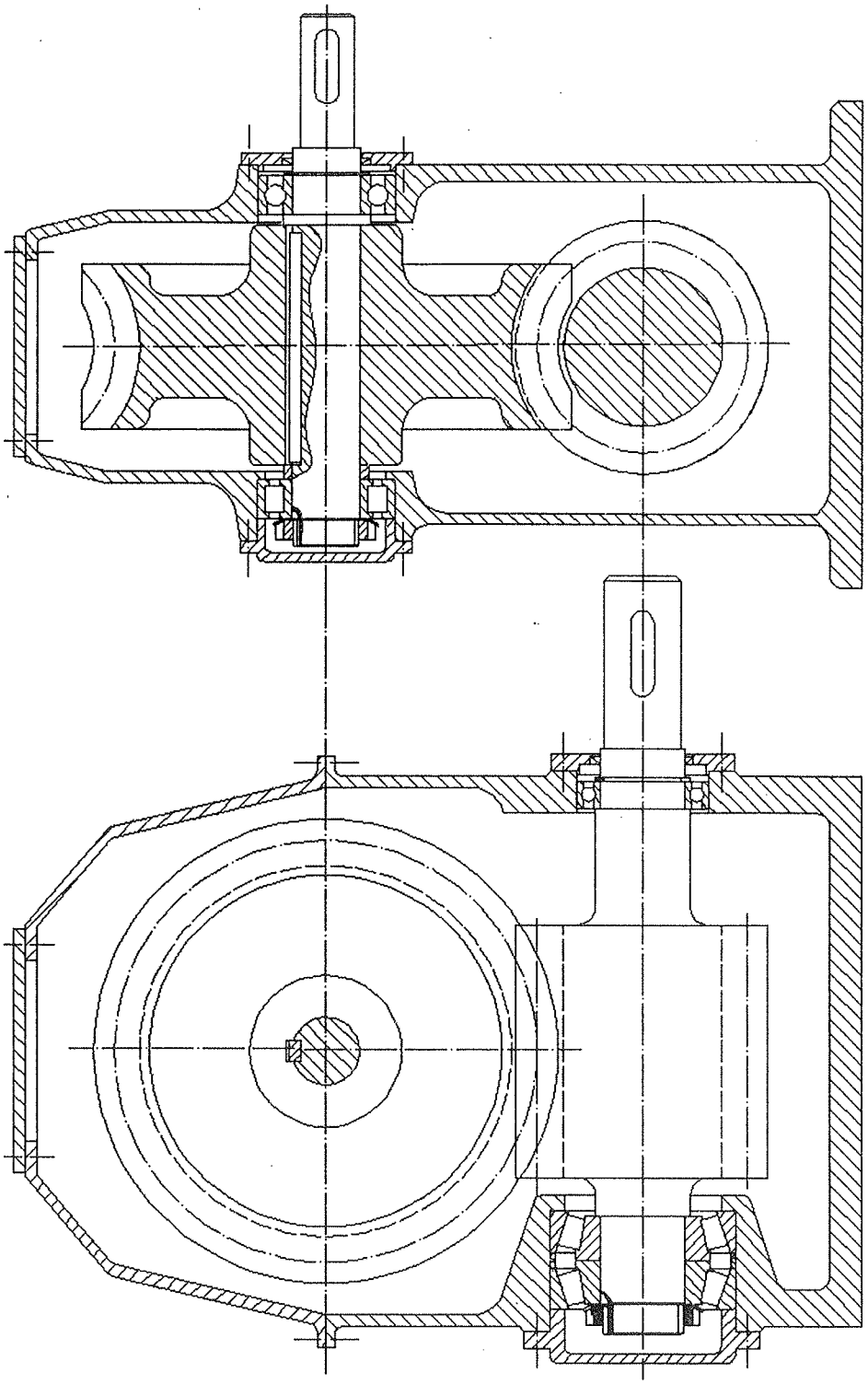
Kama türü olarak A tipi uygu kaması seçilmiştir. Dolayısıyla eşdeğer kama uzunluğu;

$L_{eş} = L_2 + b = 144,5 + 12 = 156,5$ mm olmalıdır.

Standarttan, TS 147/9-A 12x8x160 şeklinde kama seçilir.

21.3.8 MONTAJ RESMİ

Hesapları yapılan sonsuz vida redüktörünün montaj resmi ön ve sol yan görünüş olarak verilmiştir.



Montaj resmi ön ve sol yan görünüş

KAYNAKLAR

[1] D. MUHNS, H. WITTEL H, D. JANNASCH, J. VOBIEK, Rolof/Matek Maschinenelemente Aufgabensammlung, 15. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2010.

[2] D. MUHNS, H. WITTEL H, D. JANNASCH, J. VOBIEK, Rolof/Matek Maschinenelemente, 20. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2011.

[3] K.H. DECKER, K. KABUS, Maschinenelemente Aufgaben, 11. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2002.

[4] K.H. DECKER, K. KABUS, Maschinenelemente, 15. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2002.

[5] H. HABERHAUER, F. BODENSTEIN, Maschinenelemente, 15. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2009.

[6] G. NIEMAN, H. WINTER, B.R. HOHN, Maschinenelemente, Band I, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2005.

[7] H. THEUMERT, B. FLEISCHER, Entwickeln Konstruieren Berechnen, 1. Auflage, Friedr. Vieweg-Sohn Verlag, Wiesbaden, 2007.

[8] R.G. BUDYNAS, J.K. NISBETT, Shigley's Mechanical Engineering Design, 9. Edition, Mc Graw Hill, New York, 2011.

[9] B.J. HAMROCK, S.T. SCHMİD, B.O. JACOBSON, Fundamental of Machine Elements, 2. Edition, Mc Graw Hill, New York, 2005.

[10] R.C. JUVINALL, K. M. MARSHEK, Fundamentals of Machine Component Design Student Solutions Manual, John Wiley and Sons, New York, 2003.

[11] R.L. NORTON, Machine Design An Integrated Approach, 4. Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2011.

[12] R.L. MOTT, Machine Element in Mechanical Design, 4. Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2004.

[13] H. RENDE, Soru ve Yanıt Şeklinde Makina Elemanları, Seç Yayınevi, İstanbul, 2000.

[14] H. RENDE, Makina Elemanları, Cilt 1, Seç Yayınevi, İstanbul, 1996.

[15] H. RENDE, Makina Elemanları, Cilt 2, Seç Yayınevi, İstanbul, 1997.

[16] M. AKKURT, Makina Elemanları Problemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1994.

[17] M. AKKURT, Makina Elemanları, Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1986.

[18] M. AKKURT, Makina Elemanları, Cilt 2, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1986.

[19] M. AKKURT, Makina Elemanları, Cilt 3, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1986.

[20] M. GEDİKTAŞ, V. TEMİZ, İ.M. PALABIYIK, Z. PARLAR, Makina Elemanları Problemleri, 3. Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1999.

[21] E. KOÇ, Makina Elemanları Çözümlü Problemler, Nobel Kitabevi, Adana, 2006.

[22] E. KOÇ, Makina Elemanları, Cilt 1, Nobel Kitabevi, 2. Baskı, Adana, 2004.

[23] E. KOÇ, Makina Elemanları, Cilt 2, Nobel Kitabevi, Adana, 2004.

[24] F.C. BABALIK, K. ÇAVDAR, N. GERGER, F. KARPAT, N. KIRAÇ, Makina Elemanları Çözümlü Problem Kitabı, Dora Yayınevi, Bursa, 2009.

[25] F.C. BABALIK, Makina Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, 4. Baskı, Dora Yayınevi, Bursa, 2009.

[26] A.Ç. CAN, Makina Elemanları Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.

[27] İ. CÜRGÜL, Makina Elemanları ve Çözümlü Problemleri, Cilt 1, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.

[28] İ. CÜRGÜL, Makina Elemanları ve Çözümlü Problemleri, Cilt 2, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.

[29] A. BOZACI, İ. KOÇAŞ, Ö.Ü. ÇOLAK, Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 2001.

[30] M.G. KUTAY, Cıvatalar, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.

[31] M.G. KUTAY, Dişli Çarklar ve Redüktörleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2006.

[32] SKF, Rolling Bearings, PUB BU/P1 10000 EN, 2012.

[33] FAG, Rolling Bearings, Schaeffler KG, 2008.

[34] CONTINENTAL, Kayış Kataloğu.

EKLER

EK – 1 Temel ve türetilmiş SI birimleri

Büyüklük	Sembol	Birim	Birim (sembol)	Açıklama
Uzunluk	l	Metre	m	1m=100cm=1000mm 1inç=25,4mm
Alan	A	Metrekare	m^2	$1m^2=10^6mm^2$
Hacim	V	Metreküp Litre	m^3 *l*	$1m^3=10^9mm^3$ $1l=1dm^3=10^{-3}m^3$
Açı	α	Derece Radyan	° rad	1°=60′=360″ $\alpha=\alpha^{\circ}.\pi/180$
Zaman	t	Saniye	s	1min=60s, 1h=60min
Hız	v	-	m/s	-
İvme	a	-	m/s^2	-
Devir sayısı	n	-	min^{-1} (d/d)	-
Açısal hız	ω	-	s^{-1}	$\omega=2.\pi.n$
Frekans	f	Hertz	Hz	1Hz=1/s
Kütle	m	Kilogram	kg	1kg=1000g=0,001t
Yoğunluk	ρ	-	kg/m^3	$1kg/m^3=10^{-3}kg/dm^3$
Kuvvet	F	Newton	N	$1N=1kgm/s^2$
Enerji, iş	W	Joule	J	1J=1Nm=1Ws
Güç	P	Watt	W	1W=1J/s=1Nm/s
Basınç	p	Pascal	Pa	$1Pa=1N/m^2=10^{-5}bar$
Gerilme	σ, τ	Megapascal	MPa	$1MPa=1N/mm^2$
Sıcaklık	T t	Kelvin Celcius	K °C	0°C=273,15K t = T-273,15K
Isı iletim katsayısı	λ	-	W/mK	-
Isı taşınım katsayısı	α	-	W/m^2K	-
Isıl kapasite	c	-	J/kgK	-
Viskozite	Dinamik, η Kinematik, ν	Pascalsaniye -	Pa.s m^2/s	$1Pa.s=1Ns/m^2$ $\nu=\eta/\rho$

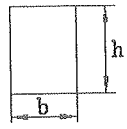
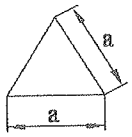
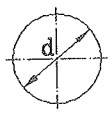
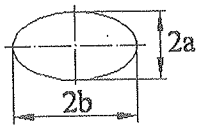
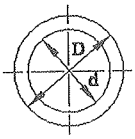
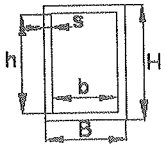
EK – 2 SI birimleri ile birlikte kullanılan ön ekler

Kuvvet	İsim	Sembol
10^{24}	Yotta	Y
10^{21}	Zetta	Z
10^{18}	Exa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T
10^{9}	Giga	G
10^{6}	Mega	M
10^{3}	Kilo	k
10^{2}	Hecto	h
10	Deka	da
10^{-1}	Deci	d
10^{-2}	Centi	c
10^{-3}	Milli	m
10^{-6}	Micro	μ
10^{-9}	Nano	n
10^{-12}	Pico	p
10^{-15}	Femto	f
10^{-18}	Atto	a
10^{-21}	Zepto	z
10^{-24}	Yocto	y

EK - 3 Yunan alfabesi

Küçük Harf	Büyük Harf	İsim
α	A	Alpha
β	B	Beta
γ	Γ	Gamma
δ	Δ	Delta
ε	E	Epsilon
ζ	Z	Zeta
η	H	Eta
θ, ϑ	Θ	Theta
ι	I	Iota
κ	K	Kappa
λ	Λ	Lambda
μ	M	Mu
ν	N	Nu
ξ	Ξ	Xi (Ksi)
ο	O	Omicron
π	Π	Pi
ρ	P	Rho
σ	Σ	Sigma
τ	T	Tau
υ	Y	Upsilon
φ	Φ	Phi
χ	X	Chi
ψ	Ψ	Psi
ω	Ω	Omega

EK - 4 Bazı kesitlerin alanları ve atalet momentleri

Kesit	Alan (m^2)	I_{xx} (mm^4)	I_p (mm^4)	W_e (mm^3)	W_b (mm^3)
	$b.h$	$\frac{b.h^3}{12}$	$\frac{b.h^3}{12}\left(1-0{,}58\frac{b}{h}\right)$	$\frac{b.h^2}{6}$	$\frac{b^2.h^2}{(3.h+1{,}8.b)}$
	$\frac{\sqrt{3}}{4}.a^2$	$\frac{a^4}{32\sqrt{3}}$	$\frac{a^4\sqrt{3}}{80}$	$\frac{a^3}{32}$	$\frac{a^3}{20}$
	$\frac{\pi.d^2}{4}$	$\frac{\pi.d^4}{64}$	$\frac{\pi.d^4}{32}$	$\frac{\pi.d^3}{32}$	$\frac{\pi.d^3}{16}$
	$\pi.a.b$	$\frac{\pi}{4}.a^3.b$	$\frac{\pi.a^3.b^3}{(a^2+b^2)}$	$\frac{\pi}{4}.a^2.b$	$\frac{\pi}{2}.a^2.b$
	$\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$	$\frac{\pi}{64}(D^4-d^4)$	$\frac{\pi}{32}(D^4-d^4)$	$\frac{\pi}{32}\frac{(D^4-d^4)}{D}$	$\frac{\pi}{16}\frac{(D^4-d^4)}{D}$
	H.B-h.b	$\frac{1}{2}(B.H^3-b.h^3)$	$\frac{2.s.B^2.H^2}{(H+B)}\left(1-\frac{s}{H}\right)$	$\frac{B.H^3-b.h^3}{12}\frac{1}{\left(\frac{h}{2}+s\right)}$	$2.s.B.H.\left(1-\frac{s}{H}\right)^2$

EK - 5 Standart motor güçleri

kW	HP	kW	HP	kW	HP
0,06	0,08	3	4	55	75
0,09	0,12	4	5,5	75	100
0,12	0,16	5,5	7,5	90	125
0,18	0,25	7,5	10	110	150
0,25	0,35	11	15	132	180
0,37	0,50	15	20	160	220
0,55	0,75	18,5	25	185	250
0,75	1	22	30	200	270
1,1	1,5	30	40	250	340
1,5	2	37	50	315	425
2,2	3	45	60	355	480