

168471

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**40 TON LAMİNASYON PRES
KONSTRÜKSİYON ANALİZLERİ VE DİZAYNI**

Mak. Müh. Pelin TUĞRUL

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr Muharrem BOĞOÇLU

M. Boğoçlu
A.D. Alkan
O.Y. Çolak

İstanbul, 2005

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	İv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	Vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	İx

BÖLÜM 1

1. Giriş.....	1
---------------	---

BÖLÜM 2

2. Dövme Basma Makineleri.....	4
2.1. Şahmerdanlar	4
2.1.1. Düşüm Şahmerdanları.....	4
2.1.2. İletim Şahmerdanları.....	5
2.1.3. Buharlı Şahmerdanlar.....	5
2.2. Özel Dövme Makineleri.....	5
2.2.1. Yığma Makineleri.....	5
2.2.2. Dövme Haddeleri.....	5
2.2.3. Yuvarlanma Dövmesi.....	6
2.2.4. Yüksek Enerjili Dövme Makineleri.....	6
2.3. Presler.....	6
2.3.1. Hidrolik Presler.....	7
2.3.2. Mekanik Presler.....	9
2.3.2.1. Mekanik Preslerde Hareket Tipleri.....	10
2.3.2.2. Mekanik Preslerin Sınıflandırılması.....	11
2.3.2.2.1. Mekanik Preslerin Pres Fonksiyonlarına Göre Sınıflandırılması.....	11
2.3.2.2.2. Gövde Yapılarına Göre Mekanik Preslerin Sınıflandırılması.....	12
2.3.2.3. Mekanik Pres Dizaynı.....	14
2.3.2.4. Laminasyon Presleri.....	15
2.3.2.5. Eksantrik Pres elamanları ve Fonksiyonları.....	15
2.3.2.5.1. Kavrama ve Fren Grubu.....	15
2.3.2.5.2. Eksantrik Dişli Grubu.....	16
2.3.2.5.3. Biyel Kolu.....	16
2.3.2.5.4. Kayıt Ayar Vidası.....	16
2.3.2.5.5. Tablalar.....	16
2.3.2.5.6. Denge Silindiri.....	17
2.3.2.5.7. Hava Yastıkları.....	17
2.3.2.5.8. Aşırı Yük Engelleme Ünitesi.....	18
2.3.2.5.9. Pres Çıkarıcıları.....	19
2.3.2.5.10. Parça Alıcı aparatlar.....	19

BÖLÜM 3

3. 40 Ton Anma Kapasiteli Laminasyon Presi Tasarımı.....	20
3.1. Laminasyon Presinin Kuvvet Hesabı ve Ana Elamanlarının Seçimi	20
3.1.1. Pres Volanının Boyutlandırılması.....	22

3.1.1.1.	Pres Volanı Deformasyon Kontrol Hesabı ve Analizi.....	27
3.1.1.1.1.	Volan Deformasyon Hesabı.....	27
3.1.1.1.2.	Volan Deformasyon Analizi.....	35
3.1.2.	Pres Krank Mili Boyutlandırılması.....	39
3.1.2.1.	Krank Mili Kritik Devir Hesabı.....	41
3.1.2.2.	Krank Mili Yataklarının Seçimi.....	44
3.1.2.3.	Pres Volanının Pres Krank Miline Yataklanması.....	46
3.1.2.4.	Pres Kavrama Sisteminin Seçimi.....	46
3.1.2.5.	Üst Ölü Nokta Kontrol Ünitesi.....	48
3.1.2.6.	Pres Mekanik Kavrama Grubu.....	49
3.1.3.	Pres Biyel Kolunun Boyutlandırılması.....	50
3.1.4.	Pres Kayıt Ayar Vidasının Boyutlandırılması.....	55
3.1.5.	Pres Kayıt Sistemi.....	57
3.1.5.1.	Kayıt Yükseklik Ayarı.....	58
3.1.5.2.	Pres Aşırı Yük Engelleme Sistemi.....	59
3.1.5.3.	Pres Dengeleyici Pistonları.....	61
3.2.	Pres Gövdesinin Boyutlandırılması ve Deformasyon Analizi.....	62
3.2.1.	Gövde Boyutlandırılması.....	62
3.2.2.	Gövdenin Deformasyon Analizi.....	66

BÖLÜM 4

4.	Sonuç.....	70
----	------------	----

KAYNAKLAR.....	72
----------------	----

EKLER

Ek 1	Laminsasyon Presi Volan Teknik Resmi.....	75
Ek 2	Malzeme Mukavemet Dayının Değerleri.....	77
Ek 3	Kayış Malzemelerinin Mekanik Özellikleri.....	79
Ek 4	Rulmanlı Yatak Katalog Değerleri.....	81
Ek 5	Pnömatik Fren – Kavrama Grubu Katalog Değerleri.....	85
Ek 6	Laminsasyon Pres Kayıt Görünüşleri.....	87
Ek 7	Laminsasyon Pres Elma Vida Montaj Detay Görünüşü.....	90
Ek 8	Laminsasyon Pres Gövdesi Görünüşleri.....	92
Ek 9	Laminsasyon Pres Krank Mili Teknik Resmi.....	95

ÖZGEÇMİŞ.....	97
---------------	----

SİMGE LİSTESİ

K	Kinetik Enerji
m	Volan Kütlesi
V	Volanın Teğetsel Hızı
E	Volan İşi
V_1	Volanın Maksimum Hızı
V_2	Volanın Minimum Hızı
δ	Düzensizlik Sayısı
V_{ort}	Volan Ortalama Hızı
G	Volanın Ağırlığı
g	Yer Çekimi İvmesi
D	Volan Anma Çapı
n	Volan (Pres) Devri
B_3	Volan Halka Genişliği
D_3	Volan Halka Çapı
D_2	Volan Disk Çapı
γ	Volan Yoğunluğu
F	Pres Kuvveti
e	Pres Toplam Eksantrikliği
e_1	Krank Mili Eksantrikliği
e_2	Mekanik Kavrama Eksantrikliği
$e_{maks.}$	Pres Maksimum Eksantrikliği
e_{min}	Pres Minimum Eksantrikliği
s	Pres Kuvvet Kolu
W	Pres İşi
v_T	Pres Toplam Verimi
v_1	Pres Volan – Kasnak Verimi
v_2	Pres Kayıt Hareket Verimi
E_g	Gerçek Volan İşi
w	Açısal hız
F_{c3}	Volan Halkasındaki Santrifüj Kuvveti
λ_{3c}	Volan Halkasının Çevresel Uzaması
λ_{3r}	Volan Halka Çapının Uzaması
C_H	Volan Halkasının Çevresi
r_3	Volan Halka Yarı Çapı
F_{c2}	Volan Diskindeki Santrifüj Kuvveti
λ_{2c}	Volan Diskinin Çevresel Uzaması
λ_{2r}	Volan Disk Çapının Uzaması
χ	Radyal Uzama Farkı
σ	Gerilme
E	Elastisite Modülü
ε	Birim Uzama
ΔL	Uzama Miktarı
L_0	Uzama Öncesi Parça Boyu
r_2	Volan Disk Yarı Çapı
r_1	Volan Göbek Yarı Çapı
A_3	Volan Halkasında Santrifüj Kuvvetinin Etki Ettiği Alan

V_3	Volan Halkasının Çizgisel Hızı
y_{03}	Volan Halkasının Ağırlık Merkezi
m_3	Volan Halka Ağırlığı
y_{02}	Volan Diskinin Ağırlık Merkezi
V_2	Volan Diskinin Çizgisel Hızı
m_2	Volan Disk Ağırlığı
A_2	Volan Diskinde Santrifüj Kuvvetinin Etki Ettiği Alan
σ_{em}	Emniyetli Gerilme
σ_K	Kopma Gerilimi
S	Emniyet Katsayısı
F_{C1}	Volan Göbeğindeki Santrifüj Kuvveti
F_{CT}	Volan Üzerindeki Toplam Santrifüj Kuvveti
A_T	Volan Üzerinde Santrifüj Kuvvetlerinin Etki Ettiği Toplam Alan
A_1	Volan Göbeğinde Santrifüj Kuvvetinin Etki Ettiği Alan
F_1	Kayış Gergin Koldaki Çekme Kuvveti
F_2	Kayış Gevşek Koldaki Çekme Kuvveti
μ	Sürtünme Katsayısı
β	Kayış Döndüren Kasnak Üzerindeki Sarılma Açısı
F_t	Kayış Teget Kuvveti
M_{bv}	Volan Üzerindeki Burulma Momanti
τ_{em}	Emniyetli Burulma Gerilmesi
M_b	Burulma Momenti
W_p	Polar Mukavemet Momenti
d	Krank Mili Çapı
τ_b	Burulma Gerilmesi
n_{kr}	Krank Mili Kritik Devri
X	Sistemin Titreşim Genliği
k	Malzemenin Yay Katsayısı
w_{kr}	Krank Mili Kritik Açısal Hızı
I	Atalet Momenti
l	Krank Yatakları Arasındaki Mesafe
d_{oet}	Trapez Dış Ortalama Çapı
d	Trapez Dış Anma Çapı
h	Trapez Dış Hatvesi
t	Trapez Dış Teorik Dış Yüksekliği
z	Dış Adedi
α	Biyel Kolu Açısı
l	Elma Vida Küre Merkezi İle Krank Ana Eksenini Arasındaki Mesafe
F_x	Pres Yan Yüğü
r_d	Biyel Kolu Halkası Dış Çapı
r_i	Biyel Kolu Halkası İç Çapı
f	Mekanik Sigorta Stroğu
P	Basınç
F	Dengeleyici Piston Kuvveti
F_i	Pres Eksantrik Kütle Ek Kuvveti
m_i	Eksantrik Kütle
a	İvme
x	Pres İş Yüksekliği
v	Pres Krank Mekanizması Hızı
F_N	Pres Toplam Kuvveti

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Açık ve Kapalı Gövdeli Hidrolik Presler.....	7
Şekil 2.2	C Gövdeli Eksantrik Pres Örneği.....	13
Şekil 2.3	H Tipi Gövdeli Eksantrik Pres Örneği.....	14
Şekil 2.4	Dengeleyici Piston Montaj Detay Örneği.....	18
Şekil 3.1	Volan Kesiti.....	22
Şekil 3.2	Pres Hareketi.....	25
Şekil 3.3	Volanın Bölümleri.....	28
Şekil 3.4	Volanın Yarı Parçasındaki Santrifüj Kuvvetler ve Uzamalar.....	29
Şekil 3.5	Volan Üzerindeki Kayış Çekme Kuvvetleri.....	36
Şekil 3.6	Volan Deformasyon Analiz Sonucu.....	38
Şekil 3.7	Pres Krank Mili Montaj Detayı.....	41
Şekil 3.8	Pres Krank Milinin Gövdeye Yataklanması.....	45
Şekil 3.9	Pres Pnömatik Kavraması.....	47
Şekil 3.10	Üst Ölü Nokta Kontrol Ünitesi Şematik Gösterimi.....	48
Şekil 3.11	Bir Mekanik Kavrama Uygulaması.....	49
Şekil 3.12	Pres Biyel Kolu Kesiti.....	51
Şekil 3.13	Trapez Diş Kesiti.....	52
Şekil 3.14	Pres Elma Vidasının Biyel Kolu Açısı Maksimum Durumdayken Oluşan Konumu.....	57
Şekil 3.15	Pres Mekanik Sigortası.....	60
Şekil 3.16	Gövde Ana Kolonları.....	63
Şekil 3.17	Pres Gövdesine Etki Ettirilen Kuvvetler ve Mesnet Yüzeyleri.....	67
Şekil 3.18	Gövde Analiz Sonucu.....	68
Şekil 4.1	40 Ton Nominal Kapasiteli Laminasyon Presinin Teşhir Görüntüleri.....	71

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, özel bir eksantrik pres tipi olan laminasyon presine ilişkin bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Sanayinin talebi olan bir konuda gerçekleştirilen bu çalışmanın konuya ilişkin çalışma yapacaklara yararlı olacağını umarım.

Bu Yüksek Lisans Tezi çalışması sürecinde bana önerileriyle yol gösteren Sayın Hocam Y.Doc. Dr. Muharrem Boğoçlu 'ya teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bütün eğitim hayatım boyunca bana gösterdikleri sabır ve hoşgörülerıyla her zaman destek olan ve teşvik eden anneme, babama ve tüm aileme de çok teşekkür ederim.



ÖZET

Makineler hayli çeşitlidir ve amaca uygun olarak da birbirlerinden hayli farklı yapılarda olabilmektedirler. Bunlar içinde yer alan presler, farklı amaçlarla kullanılabilen makinalardır. Bu grup makinalar, belli bir kullanım elemanının imalatı için kullanılabildiği gibi sanayi elemanı olarak kullanılacak elemanların yapımında da kullanılabilmektedirler.

Preslerin kendi içinde farklı tipleri mevcuttur. Ancak, genellikle, şekil verme amaçlı kullanımları söz konusudur. Bu tip makinalarda basınç uygulama esastır. Bir başka deyişle, presler, genel olarak basınçla şekil verme makinalarıdır.

Bu çalışmada, imalat teknolojisinde önemli bir yeri olan preslerden özel bir pres olan laminasyon preslerine ilişkin bir tasarım yapılması hedeflenmiştir. Eksantrik presin rasyonel tasarımının gerçekleştirilmesi için öncelikle, pres gücü seçilmiştir. Bu Yüksek Lisan tezi için tasarımı yapılan pres gücü, sanayinin talebi olan bir güç seviyesi olarak 40 ton olarak belirlenmiştir. Bundan sonra, pres elemanlarının uyumlu şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, preslerin kullanım şekilleri ve önemli kısımları incelenmiş ve bu preslerin kullanımı için gerekli şekiller verilmiştir.

Eksantrik pres tasarımında, ana elemanlardan başlanarak, yan elemanlar ve destekleme elemanları seçimi ve hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca her aşamada kontrol hesaplamalarına da yer verilmiştir. Tasarım yapıldıkça üç boyutlu CAD programlarından SolidWorks programından yararlanılmıştır. Ayrıca, tasarımı üzerinde çalışılan presin gövdesi ve kuvvet depolayan ana elemanı olan volanın katı modelleri CosmoXpress analiz programı yardımı ile deformasyon analizine tabi tutulmuşlardır.

Tüm kontrol, boyutlandırma ve analiz işlemleri sonucunda 40 ton nominal kuvvetine haiz laminasyon presinin konstrüksiyonu gerçekçi bir biçimde tamamlanmış ve hayata geçirilebilir hale getirilmiştir.

Böylelikle, endüstrinin sıkça talebi olan ve farklı amaçlarla kullanılan bir eksantrik pres tasarımı yapılmış, detayları verilmiş ve sanayide kullanılabilecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Pres, Laminasyon presi, Konstrüksiyon, Analiz, Dizayn.

ABSTRACT

There are many types of machines and they have many differences according to each other. One of them are presses and they can be used for the several purposes such for manufacturing of any product and also can be used for manufacturing of the industrial elements.

Presses can be classified at different groups and they have many types. However, generally they can be preferred for using of shapazied. Press application is the main procedure in these machines. So the shapized could be supplied by the press application.

In this study, it is purposed that the design of lamination pres which is a special press type. For the rational design, the press power have been selected firstly. It is selected as 40 tones that is industrial applicable one. Then, the press component should be selected according to each other. So, at once, press elements and auxilary elements are investigated and some related schedules are given in the thesis.

Design calculations have been done for the main and supported elements of eccentric press. Furthermore, control analysis applied at every stage of the design. A CAD-CAM program namely SlolidWorks had been used for design of the press. In additional of them, with a special analysing program, which is called as CosmoXpress, the analysing of the press body and the main force storage element as flywheel had been done.

After taking the results of the calculations and the analysis, design of a lamination press of 40 tones that can be used for the different purposes, had done and submit with details. So, it can be realized as an industrial applicable study.

Keywords: Press, High Speed Press, Construction, Analysis, Design.

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile birlikte, insan yaşamına makine imal eden makineler sistematik olarak girmiş ve yaygınlaşmıştır. Gerçekte, insanoğlu var olduğundan beri, farklı faaliyetleri gerçekleştirmek ve çevresini değiştirmek için alet kullanımından yararlanmıştır. Ancak, alet kullanılmasının karmaşık ve alet yapan makina tarzında geliştirilmesi büyük ölçüde 18. yy ve sonrasında ortaya çıkmıştır. Halen de bu uğraş, artarak süregitmektedir.

Alet kullanımında ana hedef, yapılmak istenen işi, olabildiğince az insan kas kuvvetini kullanarak yapabilmektir. Burada, amaçlanan işlem karmaşıklıklaştıkça, genellikle, kullanılan aletler de komplike hal almaktadır. Ayrıca, otomatik kullanım ve bilgisayarlı kumanda ile günümüzde bu işlev özel teknoloji gelişimleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dolayısı ile, “herhangi bir enerji türünü başka bir enerjiye dönüştürmek veya belli bir etki meydana getirmek için birleştirilmiş mekanizmalar bütünü” olarak tanımlanan makineler geliştirilmiş ve halen de geliştirilmeye devam edilmektedir

Burada, önemli olan bir başka husus ise, makinenin verimidir. Bir başka deyişle, makina ekonomisi önem kazanmıştır. Esas itibarıyla, makineler enerjiyi geri vermemekte, kendilerine sağlanan enerjiyi kullanarak karşılığında bir iş yapmaktadırlar. Bu bağlamda, makinede üç önemli eleman veya eleman grubu mevcuttur. Bunlar; alıcı, operatör ve hareket iletim mekanizması olarak nitelenebilir.

Makinelerin çeşitleri mevcuttur. Burada, enerjinin ortaya çıktığı çeşitli şekillerin ve basit organların birleşmesiyle elde edilebilecek mekanizmaların çokluğu, makinaları çeşitlendirmektedir. Dolayısı ile makinaları farklı şekillerde sınıflandırarak incelemek mümkündür.

Makinalarda, hareket ettirici kuvvetlerin doğrudan doğruya etki ettiği kısım, alıcı olarak nitelenen eleman veya eleman grubunu oluşturmaktadır. Kendisine verilen enerjiyi, amaca uygun, yararlı işe dönüştüren kısım da operatör olarak nitelenmektedir. Motoru operatöre bağlayan ve motor gücünü ileten kısım ise hareket iletim mekanizması olmaktadır.

Kolayca anlaşıldığı üzere, makinalarda bir iletim söz konusudur. İletime aracılık eden çeşitli organlar ise doğal olarak pasif dirençlerle karşılaşmaktadırlar. Bu bağlamda, kollar veya millerin yataklarında, akışkanların borularda, vidaların somunlarında sürtünmeleri söz konusu pasif dirençlere örnek olarak gösterilebilir.

Pasif dirençlerin varlığı, esas itibariyle hareket sonucu meydana gelen olaylar sonucu, makinanın yapacağı işten kayba yol açmaktadır. Söz konusu bu kayıp enerji, çoğu kez ısı biçiminde ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak ise, sağlanan enerjinin, sadece bir kısmı amaca uygun, yararlı işe dönüşmektedir.

İşte, “makinanın verimi”, yararlanılan işin, sağlanan işe oranı olarak nitelenmektedir. Ancak, bu verim daima birden küçük olmaktadır. Ne var ki, verim ne kadar bire yaklaşırsa, o kadar verim yüksek olacaktır. Bu ise makina tasarımında önem arz etmektedir.

Makina imalatında, tüm bu hususlar göz önüne alınmaktadır. Makina verimi yüksek makina imalatı ise “makina sanayi”nin ana hedefidir. Bu bağlamda, makina sanayinin belli başlı çalışma alanları; takım tezgahları, sanayi donatımı, kaldırma makinaları, taşıma makinaları, bayındırlık makinaları, sanayi için makina ve özel donanımlar, presler, optik ve ölçme aletleri, mutfak ve ev donanım aletleri, maden makinaları, tarım makinaları ve özel makinalar olarak ifade edilebilir.

Makinaların böylesine çeşitli olması, doğal olarak, amaca uygun birbirlerinden hayli farklı yapılarda makina tasarımlarını ortaya çıkarmıştır.. Bunlar içinde yer alan presler, farklı amaçlarla kullanılabilen makinalardır.

Öte yandan, sanayide şekil verme teknikleri de hayli farklıdır. Plastik şekillendirme, ekstrüzyon , enjeksiyon, kaynak, döküm, talaşlı imalat gibi üretim yöntemleri üretim mühendisliğinde makine mühendislerinin yaygın olarak kullanıldığı vazgeçilmez yöntemlerdir. Presler, bu imal usulleri içinde de önemle yerlerini almış bulunmaktadır. Öz olarak, presler, belli bir kullanım elemanının imalatı için kullanılabildiği gibi sanayi elemanı olarak kullanılacak elemanların yapımında da kullanılabilmektedirler.

Preslerin kendi içinde farklı tipleri mevcuttur. Bu tip makinalarda basınç uygulama esastır. Bir başka deyişle, presler, genel olarak basınçla şekil verme makinalarıdır.

Bu Yüksek Lisans tezinde, imalat teknolojisinde önemli bir yeri olan preslerden özel bir pres olan laminasyon presine ilişkin bir tasarım yapılması amaçlanmıştır. Bu şekilde, eksantrik pres tasarımında önemli olan parametre ve hesaplamalarla uygulamalı bir tez yapılması hedeflenmiştir.

Belirlenen bu hedeflere paralel olarak tez içerisinde kontrol ve boyutlandırma hesapları ile birlikte gerilim dağılım analizleri yardımı ile tasarımı amaçlanan presin imalata uygun hale getirilmesi ile önemli imalat ölçüleri elde edilecektir. Bu katı model analizleri için SolidWorks ve ComsoXpress CAD programlarından faydalanılacaktır. Analizler yapılırken laminasyon presindeki dinamik hallerin en büyük etkilere ulaştıkları durumlar ele alınarak maksimum gerilmeler ortaya çıkarılacaktır.



2. DÖVME BASMA MAKİNALARI

Dövme ve basma işlemleri, genellikle, önemli yatırımları gerektiren faaliyetlerdir. Dövme işleminde, gerekli olan şekil değiştirme kuvveti darbe şeklinde iletilmektedir.

Dövme makinaları, çoğunlukla hızlarına göre sınıflandırılmaktadır (Yurci, 1997). Buna göre; dövme basma makinaları;

1. Şahmerdanlar
2. Özel Makinalar
3. Presler

olarak sınıflandırılmaktadır.

2.1. Şahmerdanlar

Şahmerdanlar, iş parçasının bir örs ve çekiç sistemi ile dövülmesini sağlayan makinelerdir. Dövme işlemleri için yaygın kullanılan makinelerdendir.

Şahmerdanlar, çalışma prensibine bağlı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- a) Düşüm Şahmerdanları
- b) İletim Şahmerdanları
- c) Buharlı Şahmerdanlar

olarak ifade edilebilir.

2.1.1. Düşüm Şahmerdanları

Düşüm Şahmerdanlarında çekiç serbest olarak düşürülmektedir. Bu tip şahmerdanlar da kendi içinde ayrılabilir. Kollu şahmerdanlar, kayışlı şahmerdanlar, tahtalı şahmerdanlar, fırlatmalı şahmerdanlar ve şahmerdan asansörleri düşüm şahmerdanları içinde sayılabilmektedir.

2.1.2. İletim Şahmerdanları

İletim şahmerdanları, bir krank veya eksantrik mekanizması ile hareket ettirilip, çekiç ile hareket mekanizması arasında hareket iletim vasıtası kullanılmaktadır. Kullanılan iletim vasıtasına göre de sınıflanmaktadır. Buna göre; yay kullanılanlarına “yaylı şahmerdanlar” ve hava kullanılması halinde ise “havalı şahmerdanlar” olarak anılmaktadırlar.

2.1.3. Buharlı Şahmerdanlar

Buharlı Şahmerdanlarda, çekiç, bir silindir-piston sistemi ile buhar ile tahrik edilebilir. Bu tip şahmerdanlar ise, “ buharlı şahmerdanlar” olarak nitelenmektedir.

2.2. Özel Dövme Makineleri

Özel amaçlı dövme makineleridir. Başlıca dört ana grupta incelenmektedirler. (Çiğdem, 1996)
Bunlar;

2.2.1. Yığma Makineleri

Yığma makinaları, civata, perçin, çivi ve özel şekilli kafa şekli gösteren çeşitli iş parçaları ile dişli, aks gibi parçalar imal edilebilmektedir. Bu makinalar, esas itibarıyla yatay mekanik pres esaslıdırlar. Yığma makinalarında sıcak ve soğuk çalışma söz konusudur.

2.2.2. Dövme Haddeleri

Çeşitli dövme parçalara, genellikle ön şekil verme için kullanılmaktadırlar. İşlemin haddelenmeden önemli bir farkı yoktur. Gerektiğinde, çeşitli gravürlerde bir işlem sırası izlenerek, kademeli dövme gerçekleştirilebilmektedir.

2.2.3. Yuvarlanma Dövmesi

Bu tip makinaların çalışma prensibi; bir çubuğu çevresel olarak dövülebilecek şekilde düzenlenmiş iki adet dönel çekicin, bir kafes içinde dönerken belirli kısmı inceltip şekillendirmesi esasına dayanmaktadır. Bu tip makinalarda, dakikada birkaç bin vuruş sağlanabilmektedir. İşlem, hayli hızlıdır. Ölçü tamlığı ve yüzey kalitesi iyi şekilde sağlanabilmektedir.

2.2.4. Yüksek Enerjili Dövme Makineleri

Bu tip makinalar, daha çok yüksek hız ve enerji seviyeleri sağlayan özel makinalardır. Karşı vuruşlu olarak tasarımılanmışlardır. Makine gövdesi, dövme kuvvetinin etkisinde kalmayacak şekilde düzenlenmişlerdir.

2.3. Presler

Presler, endüstrinin önemli ve yaygın kullanımı olan imalat makinelerindendir. Bu tip makineler, elektrik motorundan alınan dönme hareketini mekanik enerjiye çeviren ve bu enerjiyi kullanan makinelerdir. Preslerin sınıflandırması esas itibariyle tahrik sistemlerine göre yapılmaktadır.

Tahrik sistemlerine göre presler iki sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Hidrolik Presler
2. Mekanik Presler

Bu yüksek lisans tezinde bir pres tasarımı yapılması hedeflendiğinden, presler aşağıdaki alt bölümler içinde ayrı ayrı tanıtılmaktadır.

2.3.1. Hidrolik Presler

Hidrolik presler yağ basıncı ile çalışan preslerdir. Farklı şekillerde kendi içinde sınıflandırılabilirler. Öncelikle;

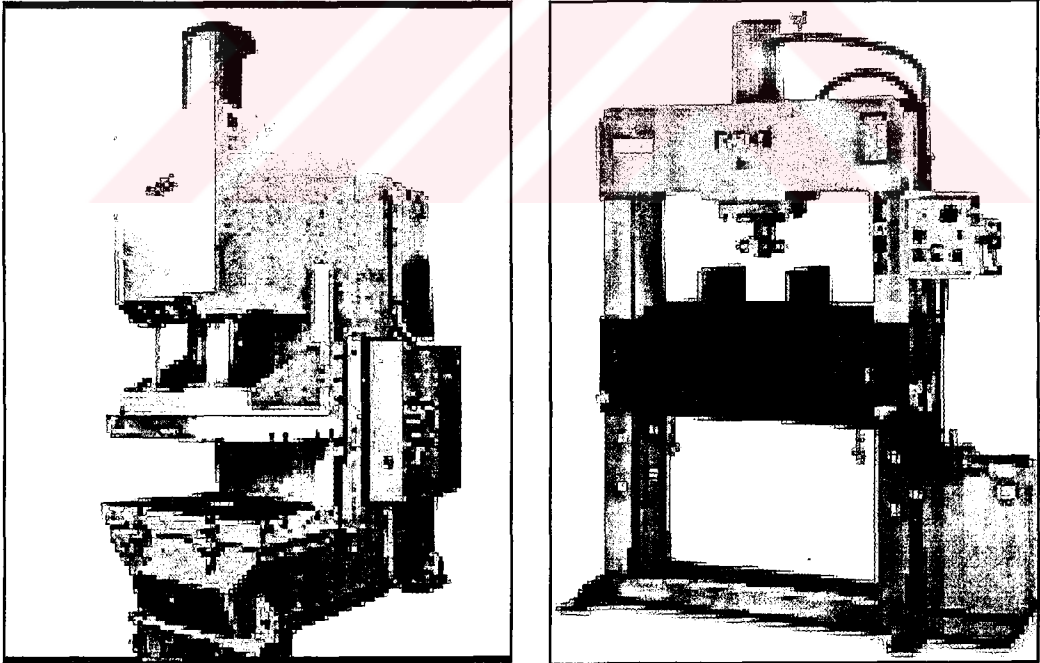
- A. Tek tesirli Hidrolik Presler
- B. Çift tesirli Hidrolik Presler

olarak ayrılmalarıdır. [5]

Bu sınıflamadan ayrı olarak hidrolik presler, gövde yapılarına göre de sınıflandırılabilmektedir. Buna göre ise;

- a. Açık Gövdeli Hidrolik Presler
- b. Kapalı Gövdeli (düz kenarlı) Hidrolik Presler

olarak nitelenmektedirler. Şekil 2.1’de açık ve kapalı gövdeli preslere ait örnekler verilmiştir.



Şekil 2.1 Açık ve Kapalı Gövdeli Hidrolik Presler [3]

Hidrolik preslerde, sisteme basınçlı yağ basılmaktadır. Seçilen bir elektrik motoru yardımı ile elektrik enerjisi kullanılarak yağ basmaya yarayan pompalar çalıştırılmaktadır. Basılan yağ, çeşitli yön denetim valfleri ve basınç ayar regülatörleri ile denetlenerek silindirlere etki ettirilmektedirler. Bu şekilde, silindirlerin ileri geri (doğrusal) hareketleri sağlanabilir. Silindirlere bağlı olan slayt (hareketli kafa) ise, aşağı yukarı hareket ettirilmektedir. [4]

Presin, aşağı yukarı hareket hızları ve tonajı istenen değerlerde ayarlanarak silindirlere gönderilen yağ miktarı ve basıncı kontrol edilebilmektedir. Bu özelliklerden dolayı özellikle derin çekme kalıplarında hidrolik presler tercih edilmektedir.

Çift tesirli preslerde ise, iki tane slayt hareketi vardır. Dışta çalışan slayda “pot çemberi”, içte çalışan slayda ise “iç baskı” denmektedir.

Prese derin çekme kalıbı bağlandığı zaman, önce pot çemberi saça basmakta ve basıncı kilitlemektedir. Bundan sonra, iç baskı devreye girmekte ve saça basarak derin çekme işlemini gerçekleştirmektedir. İç baskı, ayarlanan basınç değerine ulaşınca dış baskı basıncı boşalmakta ve iç baskı yukarıya doğru kalkmaya başlamaktadır. Böylelikle, dış baskıyı yukarıya kaldırmaktadır. Basılan parçanın durumuna göre pot çemberinin dört köşesindeki baskı kuvvetini ayrı ayrı ayarlama imkanı söz konusudur.

Hidrolik preslerde iki tip çalışma pozisyonu bulunmaktadır

1. Kademeli (el ile) çalışma pozisyonu

Burada, aşağı yukarı butonlarına basıldığı sürece pres, aşağı yukarı hareket etmektedir.

2. Pedal konumunda (otomatik) çalışma pozisyonu

Bu çalışma ipinde, dış baskı, basınç tutup kilitlenene kadar pedalla kumanda edilmektedir. Daha sonra, pedal kumandası bırakılsa bile, pres otomatik olarak derin çekme işlemini yapmakta ve üst ölü noktaya kalkmaktadır.

İstenen kurs aralıklarında istenen hızlarda hareket etme imkanı, hidrolik preslerde mevcuttur. Örneğin; pres yukarıdan aşağıya hızla, saca basmasına az bir mesafe kalınca yavaş inebilir. Bu hareket tarzı özellikle derin çekme sac parçaların basılmasında önemlidir. Hidrolik presler, aynı hareketi yukarı kalkarken de yapabilirler.

Bu tip preslerde maksimum tonaja, parça basma anında ulaşılmaktadır. İstenen basınca ulaşıncaya, prosestat denilen basınç kontrol elemanları, ventillerin pozisyonunu değiştirerek presin geri dönmesini sağlar.

Hidrolik preslerde, pres kursu silindir boylarına bağlıdır. Tonaj ise, silindir çaplarına bağlıdır.

Slayt ayarı, hem tek tesirli ve hem de çift tesirli hidrolik preslerde bulunmaktadır. Bu ayar, pot çemberi ile iç baskı arasındaki mesafeyi ayarlama kullanılmaktadır. Tüm bu hareketler; mikroswitch, prosestat vb. kontrol elemanları ile kontrol edilmektedir.

2.3.2. Mekanik Presler

Mekanik preslerde, elektrik motoru ile elde edilen dönme hareketi, kayışlar vasıtasıyla volana aktarılmaktadır. Volanda depolanan enerji ise seçilen aktarma organları ile pres hareketli parçası olan kayıta kadar aktarılır. (Makelt, 1968)

Volana bağlı olan milin üzerinde kavrama ve fren grubu bulunmaktadır. Kavrama ve fren grubu pnömatik veya hidrolik kumanda ile veya mekanik olarak çalışmaktadır. Volan motordan aldığı dönme hareketi ile sürekli dönmekte, ancak volan mili dönmemektedir.

Bu tip preslerde, parça basılmak istendiğinde, kavrama kumandası devreye (pedal yada el butonları ile) sokulur ve volan mili dönmeye başlar. Volan milindeki dönme hareketi, dişliler vasıtasıyla devir sayısı küçültülerek krank (eksantrik) miline aktarılmaktadır.

Eksantrik milin görevi dairesel hareketi doğrusal harekete dönüştürmektir. Presin krank miline, biyel kolu adı verilen kollarla hareketli bir kafa (koç, kayıt, slayt) bağlıdır. Burada, krank milinin eksen kaçıklığının iki katı kadar doğrusal hareket yaptırılır. Buna, presin kursu (strok) denmektedir. Bu strok değeri genellikle ayarlanabilir yapılmaktadır.

Değişik yükseklikte kalıp bağlamak için ayrıca slayt ayar mekanizması yapılmaktadır. Mekanik presin slayt aşağıya indiği pozisyonda geri dönüşe geçtiği pozisyona Alt Ölü Nokta (A.Ö.N.) (Hareket başlangıcından 180°) ve yukarıda durduğu pozisyona ise Üst Ölü Nokta (Ü.Ö.N.) (Hareket başlangıcından 360°) adı verilmektedir.

2.3.2.1. Mekanik Preslerde Hareket Tipleri

Mekanik preslerde esas itibariyle dört tip hareket mevcuttur. Bunlar;

1. Kademeli çalışma (Ayar Pozisyonu)

Kademeli çalışma, kalıp bağlamada kullanılmaktadır.

2. Pedal ile çalışma

Pedal ile çalışma ise, parça basmada kullanılmaktadır.

3. El ile çalışma

Pres kumanda paneline yerleştirilen el butonlarına basıldığı anda pres harekete geçmektedir.

4. Sürekli Çalışma

Pres hareket başlatma ve sonlandırma butonları yardımı ile pres istenildiği süre veya baskı adedi boyunca sürekli hareket etmektedir.

Bu çalışma konumlarında el butonlarına, pedala yada hareket başlatma butonuna basınca, kavrama ve fren grubunun ventillerine enerji iletilmiş olmaktadır. Böylece, fren açılmaktadır. Ventiller pozisyon değiştirerek kavramayı devreye sokmakta, slayt aşağıya inmeye başlamaktadır. A.Ö.N 'ya 20° kalana kadar pedala kumanda sonlandırılırsa, pres durmaktadır. Ancak, A.Ö.N 'ya 5°den daha az kalmışsa, pres Ü.Ö.N 'ya çıkana kadar hareketini otomatik olarak yapmaktadır. (Çiftçi, 2003)

Bu olay arzu edilirse presin üzerine bir strok göstergesi eklenerek de görülebilmektedir.

2.3.2.2. Mekanik Preslerin Sınıflandırılması

Mekanik presler için iki farklı sınıflandırma söz konusudur. Bunlar;

1. Pres fonksiyonlarına göre sınıflandırma
2. Gövde Yapılarına göre sınıflandırma

2.3.2.2.1. Mekanik Preslerin Pres Fonksiyonlarına Göre Sınıflandırılması

Mekanik presler, fonksiyonlarına göre üç grupta incelenebilmektedir.

Bunlar;

1. Tek Etkili
2. Çift Etkili
3. Üç Etkili presler

Tek Etkili Mekanik Preslerde, bir slayt hareketi bulunmaktadır. Slayt tabla ölçülerine göre bir, iki ve dört biyel kolu ile bağlı olmaktadır. Tek etkili presler çeşitli metal şekillendirme (Kesme, Delme, Çekme vs.) işlemlerinde kullanılmaktadır.

Çift Etkili Mekanik Preslerde, iki ayrı slayt ve slayt hareketi vardır. Dışta hareket eden slayt “pot çemberi” veya “dış baskı”, içteki ise “iç baskı” olarak nitelenmektedir. Dış baskıya, kalıbın saç tutan kısmı bağlanmaktadır. Şekil verecek göbek de, iç baskıya bağlanmaktadır. Önce dış baskı aşağıya inmekte ve saçı gergin bir şekilde tutmaktadır. Sonra da, iç baskı aşağıya inmekte ve çekme işlemi yapılmaktadır. Çift etkili mekanik presler, derin çekme işlemlerinde kullanılmaktadır. [6]

Üç Etkili Mekanik Presler, çift etkili mekanik preslerdeki gibi, iki slayt hareketli başlığın içinde, bir slayt hareketi de tablanın altında olmaktadır.

2.3.2.2.2. Gövde Yapılarına Göre Mekanik Preslerin Sınıflandırılması

Gövde malzemesi, preslerde dökme demirden yada çelik konstrüksiyondan yapılmaktadır. Çalışma sırasında, pres gövdesi, kendisine etki eden kuvvetler nedeniyle şekil değişimine uğramaktadır. Bu bağlamda, pres gövdesinde meydana gelen bu şekil değişimi, gerek preste imal edilen parçanın kalitesine ve gerekse kalıp ömrü üzerine ters yönde etki etmektedir.

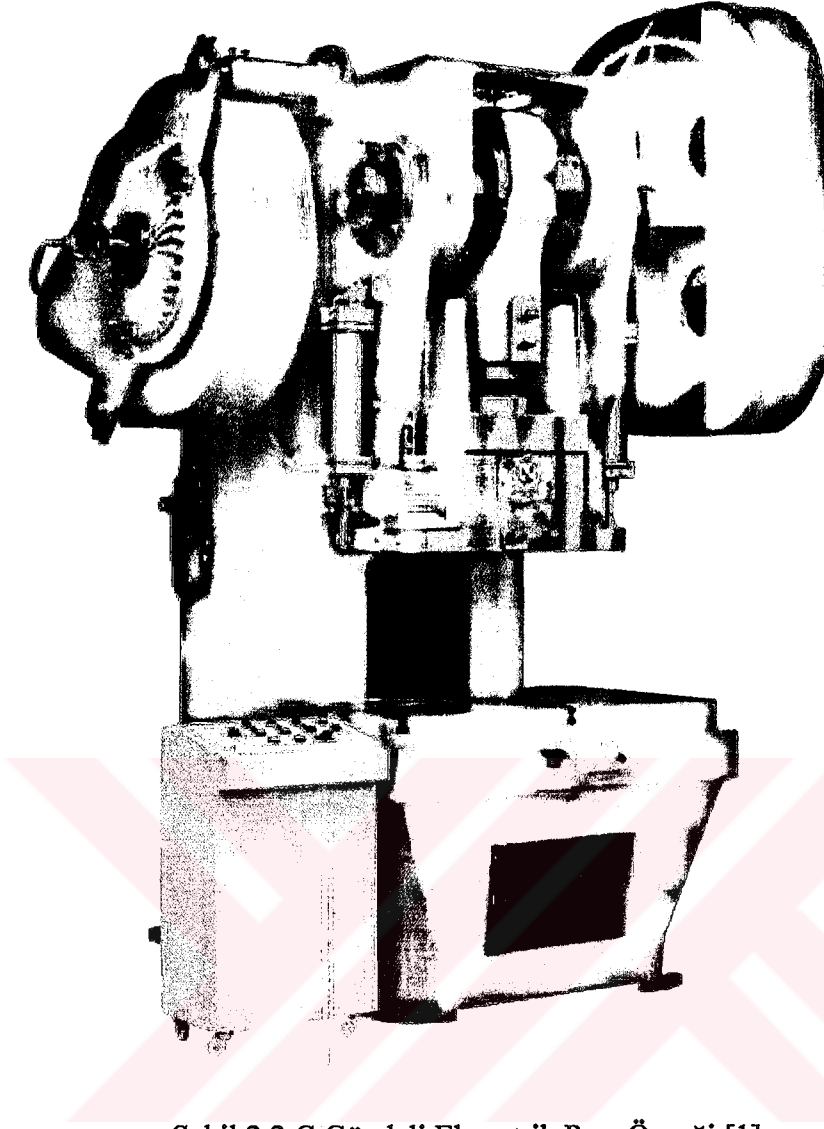
Böylelikle, çalışma sırasında, pres gövdesindeki şekil değişiminin minimum olması için presler mümkün mertebe esneme yapmayacak şekilde imal edilmektedir. Bu nedenle, pres imalatında malzeme tasarrufu gözetmeksizin, çalışma sırasında gövdeye gelecek kuvvetlerin, gövdenin mukavemet edebileceği değerden hayli düşük olmasına dikkat edilmektedir.

Gövde Yapılarına Göre Presler;

1. C Tipi Gövdeli Presler
2. H Tipi Gövdeli Presler

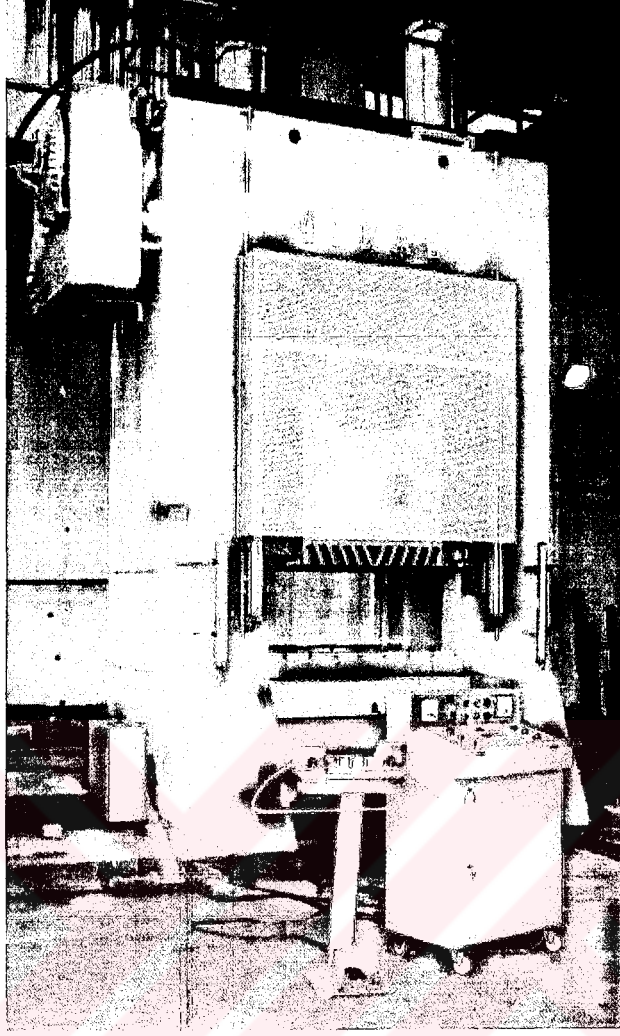
olarak sınıflandırılabilir;

C Gövdeli Mekanik Presler, tek etkili preslerdir. Bu preslerin avantajları, daha düşük fiyatlı olması, malzeme çalışma ve aktarılmasındaki kolaylıktır. Ayrıca, kalıpların kolayca önden ve yandan bağlanabilmesinin yanı sıra, malzeme sürülmesinin kolaylığı da vardır. Basılan parçalar kalıp altına, yanlara, yada arkaya atılabilmektedir. Dezavantajları ise, yük altında gövde yapısı sebebiyle açılmal deformasyona uğraması ve hizalama (alt ve üst tablalardaki paralelliğin bozulması) bozukluklarına sebebiyet vermesidir. Dolayısı ile, zımba ve kalıpların aşınması sorununu ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.2.'de C gövdeli bir eksantrik pres örneği görülmektedir.



Şekil 2.2 C Gövdeli Eksantrik Pres Örneği [1]

H Tipi Gövdeli Mekanik Preslerde ise, hizalamayı sağlayacak en iyi koşullar mevcuttur. Yük altında gövde esnemesi düz ve yere dik olmaktadır ve esneme, kalıp ile aynı doğrultuda olduğundan kalıba da zararı olmamaktadır. Düz kenarlı preslerin büyükleri, küçüklerle oranla daha yavaş vuruş yapmaktadırlar. Bunun sebebi ise, derin çekmeli parçalarda şekillendirme problemi olması, darbeden ötürü kalıp ve pres ömürlerinin azalmasını önlemektir. Aşağıdaki şekilde H tipi bir eksantrik pres örneği görülebilir.



Şekil 2.3 H Tipi Gövdeli Eksantrik Pres Örneği

2.3.2.3. Mekanik Pres Dizaynı

Presin tonaj ve kapasitesi, en büyük kuvveti harcayarak basabileceği parçaya göre belirlenmektedir. Çalışma ve kapasitesini bir diğer presle mukayese edebilmek için o presin öncelikle hangi şartlar ve parçalar için imal edildiğini bilmek gerekmektedir.

Bu bağlamda, preslerin ihtiyaca uygunluğunun ilk kontrolü için öncelikle pres tahrik sisteminin kapasitesinin belirlenmesi bir zorunluluktur. Bu husus, krank ve eksantriğin bağlantılarından başlamayı gerektirmektedir. Daha sonra, diğer elemanların tasarımı yapılmasına gidilmektedir. Pres kursu, en dar kalıpta bile parçayı basabilecek ve açıldığında rahatça parçayı alabilecek yükseklikte seçilmesi gerekmektedir.

2.3.2.4. Laminasyon Presleri

Laminasyon Presler mekanik – eksantrik preslerin bir türü olup asıl ayırt edici özellikleri diğerler preslere göre daha hızlı çalışmalarıdır. Genel olarak sürücü olarak tabir edilen preslere malzeme beslemesi yapan elemanlar ile birlikte otomatikleşmiş haldede kullanılırlar.

Laminasyon preslerin hızlarını beraber kullandıkları sürücüler ile kalıpları tayin eder. Dolayısıyla kalıp ve iletim hatları teknolojisi geliştikçe laminasyon presleri de hızlanacak ve gelişecektir.

2.3.2.5. Eksantrik Pres Elemanları ve Fonksiyonları

2.3.2.5.1. Kavrama ve Fren Grubu

Kavrama ve fren grubu, motordan volana aktarılan dönme hareketini istendiği zaman (pedala basıldığı zaman) şafta aktaran ve dolayısıyla presin aşağı yukarı inip kalkmasını ve istendiği zaman durdurulmasını sağlayan mekanizmadır. Hava ile çalışmaktadır. Kavrama dişlilerinden alınan güç, ara dişlilerle şafta aktarılmaktadır. Dolayısı ile, hareket şaft ile biyel koluna aktarmaktadır.

Güvenli çalışmada, sorunsuz çalışması gereken sistemler, kavrama ve fren sistemleridir. kavrama metal şekillendirmesi için gerek kuvveti sağlar ve kontrol etmektedir. Devamlı çalışıldığında, kavrama volanla şafta güç aktarmaktadır. Vuruş istendiği zaman, kavrama, presin dönen kısımlarını hareketsiz konumdan tam hıza geçirmekte, frenler de bu hızlı hareketi her vuruşun sonunda durağan hale getirmektedir.

Bu bağlamda, frenler ve kavramalar sürekli bakım ve kontrole ihtiyaç göstermektedirler. Kavrama, hava basıncıyla sürtünmeli yüzeyleri birleştirirken, frenlerde yay kullanılmaktadır. Yayların frenlerde kullanılmasının sebebi ise, güç kesilmesi veya hava basıncının düşmesi halinde, frenlerin fonksiyonunu kaybetmemesi içindir.

2.3.2.5.2. Eksantrik Dişli Grubu

Bu grup dişli, kavrama milinden aldığı dönme hareketini, dişliler vasıtasıyla krank miline aktarmaktadır. Krank milinin dönmesi ile biyel kolu krank milinin eksantrik kaçıklığı kadar doğrusal hareket yapmaktadır. Preste istenen hız, eksantrik dişlilerin konstrüksiyon yapısına göre elde edilmektedir. Hız ayarı, pres imalatı sırasında, presin kullanılma amacına göre istenen slayt hızı da göz önüne alınarak ayarlanmaktadır.

2.3.2.5.3. Biyel Kolu

Biyel kolu ara bir elemanır. Eksantrik mildeki dönme hareketini, eksantrik milin eksen kaçıklığı kadar doğrusal harekete çeviren bir elemandır.

2.3.2.5.4. Kayıt Ayar Vidası

Değişik yüksekliklerde kalıp bağlayabilmek için slayt ile tabla arasındaki mesafeyi ayarlayan düzendir.

Preslerde doğrusal hareketi değişmeyeceği için, slayt vidası ile pres kafasını, kalıp yüksekliklerine göre aşağı veya yukarı yönde doğrusal hareket yaptırılabilir.

Biyel kolunun ucuna bir vida bağlı bulunmaktadır. Somun, ayrı bir motor ile döndürülmektedir. Vida sabit olduğundan, somunun bağlı olduğu hareketli kafa aşağı ve yukarı hareket ettirilebilir, böylece istenen kurs ayarı yapılabilir.

2.3.2.5.5. Tablalar

Mekanik ve hidrolik preslerde kalıp ile pres yatağı arasında tablalar kullanılmaktadır. Tablalar, kalıp bağlanmasını uygun düz yüzey sağlarlar ve aşınmaları halinde tekrar taşlanabilirler. Kalıptan yastığa uzanan basınç pimlerinin geçeceği boşluklar bulunmaktadır. Tablaların, kalıplara destek vermesi ve esnemesi açısından yeterince kalın olmalıdır. Bunlarının genişliği ise, uzunluğu ve kalınlığı her pres yatağına göre standarttır.

Standartlaşma ile presler arası kalıp değişimi mümkün olmaktadır. Kimi büyük preslerde kalıp değişimini hızlandırmak için hareketli tablalar kullanılmaktadır.

2.3.2.5.6. Denge Silindiri

Üst kalıbın ağırlığı her kalıp için değişmektedir. Slaydın volandan aldığı ve vuruş esnasında kullandığı enerjiyi üst ölü noktaya çıkarken boşa harcamamak için, değişen kalıp ağırlıklarına karşı slayda hava basıncı yardımıyla fazladan bir güç kazandırılmaktadır. Gücün değeri her kalıp için ayrı olmaktadır. Değişim, denge silindirlerinin basıncını değiştirmek suretiyle yapılmaktadır. Öz olarak, bu ağırlığın slayt üzerindeki etkisini ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır. Denge silindiri hızlı ve darbeli hareketler sonucu oluşabilecek dişlilerin aşınmasını ve boşluk doğmasını engellemektedir.

Slaydın her iki yanındaki kolonlar içinde, denge silindirleri yer almaktadır. Hava ile çalışmaktadırlar. Denge silindirleri kolonlar içinde dik konuma sahiptir. Pres üst başlıklarına üstten bağlı olarak ve alttan ise piston mili ile slayda bağlı olarak tasarımlanmaktadır.

Dengesiz basınç verilirse, kalıp kolonlarında sıyırma olabilir ve parçada çeşitli etkiler meydana getirebilir. Vuruş tam olmaz (örneğin; kesme kalıbı tam kesmez veya çapaklı keser), pres kızaklarında çeşitli sıyırmalara sebep olabilir. Denge silindiri basıncı düşerse, pres durmaktadır.

Basıncın, kalıp ağırlık farklılıklarına göre değiştirilebilmesi için bir kontrol vanası mevcuttur. Denge silindiri basıncı düşük olduğu zaman pres tablası devamlı aşağı salma yapmaktadır.

2.3.2.5.7. Hava Yastıkları:

Pres alt tablasının altında yer almaktadırlar. Küçük preslerde tek yastık, büyük preslerde çift yastık bulunmaktadır. Bunlar, pot çemberi görevi görerek parçanın düz ve çevresel olarak eşit kuvvetle tutulmasını sağlamaktadırlar. Hava yastıkları, aynı zamanda basılmış veya kesilmiş parçayı kalıptan çıkarıcı görev de yapmaktadır.

Bu hava yastıkları, bir hava pistonu ve silindirden ibarettir. Hava miktarına göre, karşı yönde bir kuvvet oluşturmaktadırlar. Yukarıdan gelen kuvvetlerle de tahliyeden havayı atarak pistonun aşağı yukarı hareket etmesini sağlamaktadırlar.

Derin çekme ve ütüleme kalıplarında parçayı tutarak gerdirmede, hava yastıkları, kesme kalıplarında parça çıkarıcı görevi yapmaktadırlar. Hava yastıklarına fazla basınç verilirse parça yırtma yapar, az basınç verildiğinde de pot yapar.

Hava yastık ayarları, kalıp pim boylarına göre yapılmaktadır. Az sayıda pim kullanılan kalıplarda, yastık basıncının mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir. Yüksek basınç verildiğinde, kalıbın dengeleme pimi yok ise pimler sıyırmaya maruz kalırlar. Bu şartlarda, kasıtlı çalışılacağı için pim boyunda kısalma olur. Kalıp tablasında şişmeden dolayı pim sıkışır, sonuçta da kalıp zarar görebilir. Şekil 2.4’de bir dengeleyici silindir montaj detay örneği görülebilir.



Şekil 2.4 Dengeleyici Piston Montaj Detay Örneği

2.3.2.5.8. Aşırı Yük Engelleme Ünitesi

Biyel kolunun hareketli kafaya bağlandığı yerde vuruş ayarını dengeleyen bir silindirden ibarettir. Silindirin içerisinde bir hava pompası ile yağ basılmaktadır. Yağın basıncı, presin maksimum basınç değerinde olmaktadır.

Prese herhangi bir nedenle maksimum basıncın üzerinde bir vuruş verilirse, pres aşırı yüke girer ve bu durumda kavrama devre dışı kalır. Bu şekilde, silindirdeki yağ boşaltılarak tahliye edilmektedir. Böylelikle, presin sıkışmasını önlemektedir.

Sıkışma olduğunda, kolonlardaki saplamalar rezistans ile ısıtılıp uzatılır ve sıkışmaya neden olan ön yük kaldırılmaktadır. O zaman, pres geri kademeye alınarak sıkışmadan kurtarılmaktadır.

2.3.2.5.9. Pres Çıkarıcıları

Preste basılan parçanın üst kalıptan düşürülmesini sağlamaktadır. Kesme kalıplarında kullanılmaktadır. Bu tip kalıplar, üst sıyrıcıda yay olmayan kalıplardır. Genelde, düşürücü sistemi olan kalıplarda, kalıp üstündeki itici pimlerine göre pres düşürücü ayakları ayarlanmaktadır. Kalıbın zarar görmemesi ve pres düşürücü ayakların zorlanmaması için düşürücü ayar hatası yapılmaması gereklidir. Düşürücü mesafe az verilirse parça kalıptan düşmez.

Düşürücü mesafesi fazla verilirse:

- Kalıp iç göbeğini tutan pimler (saplamalar) kırılabilir,
- Pres düşürücü cıvataların zorlanmasına, eğilmesine sebep olabilir,
- Kalıp itici pimlerin kırılmasına sebep olabilir.

2.3.2.5.10. Parça Alıcı Aparatlar

Kesme kalıplarında, kesilen (veya delinen) parçanın alınmasını sağlayan aparatlar her kalıp yüksekliğine göre ayarlanmaktadır. Pres bağlantı çubuğu, aparatın gidip-geldiği uç noktalarına göre ayarlanmaktadır.

Hareketli uç, aparat kolunun kenarına değmeyecek şekilde getirilmekte ve alıcı tepsi bağlantı kolu takılmaktadır. Alıcı tepsi bağlantı kolu, kalıp ve slayt yüksekliğine (dişi ve erkek kalıp arasındaki mesafeye göre) ayarlanarak sıkıştırılmaktadır. Tepsinin dişi ve erkek kalıba çarpıp-maması gerekmektedir.

3. 40 TON ANMA KAPASİTELİ LAMİNASYON PRESİ TASARIMI

3.1. Laminasyon Presinin Kuvvet Hesabı Ve Ana Elemanlarının Seçimi

Enerji veya iş makineleri genellikle ihtiyaçları olan hareketi bir dönme momenti ile karşılarlar. Eksantrik presler de bu tip makinelere örnek teşkil ederler. Motor ve kayış kasnak sistemi ile elde ettikleri enerjiyi volan yardımı ile depolar ve krank – biyel mekanizması ile doğrusal harekete dönüştürürler. Bu enerji zincirinde kilit noktası volandır.

Volanın kazandığı enerji, geometrik şekli itibari ile sahip olduğu kütle (m) ve teğetsel hızına bir başka değişle kinetik enerjisine bağlıdır.

$$K = \frac{m.V^2}{2} \quad (3.1)$$

Bu formülde;

K : Kinetik Enerji (Nm)

m : Volan Kütlesi (kg)

V : Volanın Teğetsel Hızı (m/sn)

Bu denklemden yola çıkarak volan enerjisini dolayısıyla pres kuvvetini etkileyen iki önemli faktör volanın hızı ve ağırlığı olduğu sonucuna varılabilir. Buna göre volan pres üzerinde en hızlı bölgeye yani devrin en yüksek olduğu yere bağlanmalıdır. Bu nedenle motor devrinden faydalanabilmek için volan – kasnak oranı bir başka değişle volan ve kasnağın çapları oldukça önemlidir.

Esas olarak volan mekanik bir akü olarak kabul edilebilir. Her bir turunda pres işi için gerekli olan enerjiyi toplamaktadır. Eksantrik presler dünya standartlarına uygun olarak krank milinin 360 derecelik turunun son 30 derecesinde istenilen kuvveti verecek şekilde dizayn edilirler. Bu durumda direkt volandan tahrikli bir pres için volan turunun 330 derecesinde gerekli enerjiyi depolamalı ve presi işe hazır konuma getirmelidir.

Pres üzerindeki kalıbın işe girmesi ile birlikte volanda bir hız düşüşü gözlemlenir. Bunun nedeni volanın topladığı enerjinin çekilmesidir. Kinetik enerjisinin düşmesi ile 3.1 nolu formüle bağlı olarak volan hızı düşer. Bu hız düşüşü presin çektiği gücün bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bir başka deyişle pres, krank mili turunun son 30 derecesinde gözlemlenen hız düşüşüne orantılı bir enerji harcamaktadır. Volanın maksimum hızını V_1 ve minimum hızını da V_2 olarak kabul edersek, Volan İş (E);

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (V_1^2 - V_2^2) \quad (3.2)$$

formülü ile hesaplanabilir.

Ayrıca volandaki hız farkının ortalama hıza oranı, hareketteki dengesizliği ifade eder, ve δ ile gösterilerek düzgünsüzlük sayısı olarak ifade edilir.

$$\delta = \frac{(V_1 - V_2)}{V_{ort.}} \quad (3.3)$$

Düzgünsüzlük sayısı ne kadar büyük olursa hız farkı da o derecede büyük demektir ve makine o derecede düzensiz çalışır, küçük olması oranında ise daha düzenli çalışır. Makinenin tam olarak düzgün çalışması için hız farkının sıfır olması gerekir. Bu durum teorik olarak limit değer olmakla birlikte ancak özel uygulamalar ile laboratuvar şartlarında gerçekleştirilebilmektedir. (Çakmak., 1993)

3.2 nolu formül göz önüne alınıp iki kare farkı şeklinde düzenlenir ve ortalama hız değeri ve düzgünsüzlük sayısı cinsinden ifade edilecek olur ise, Volan İş (E);

$$E = m \cdot V_{ort}^2 \cdot \delta \quad (3.4)$$

şeklini alır. Ayrıca formülde geçen pres kütlesi (m) ve volan ortalama hızını (V_{ort}), volan yaralı ağırlığı (G), yerçekimi ivmesi (g), volan çapı (D) ve volan devri (n) cinsinden yazılacak olur ise;

$$m = \frac{G}{g} \quad (3.5)$$

ve

$$V_{ort} = \frac{\pi.D.n}{60} \quad (3.6)$$

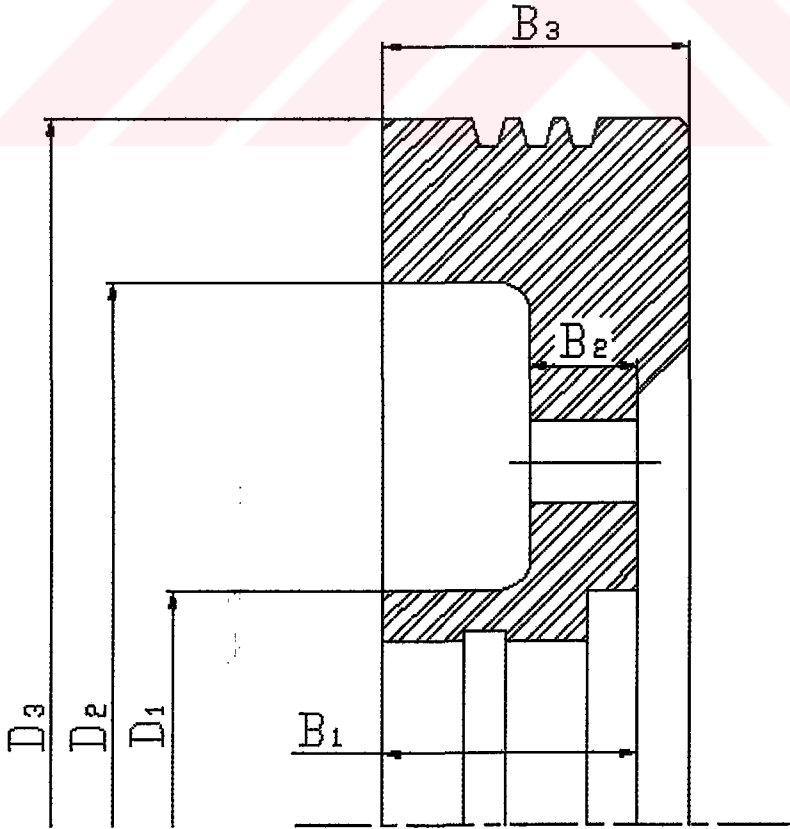
terimleri elde edilir ve burada π^2/g ifadesi 1 olarak kabul edilirse Volan İşi (E) aşağıdaki şekli alır;

$$E = G.D^2 \cdot \frac{n^2}{3600} \cdot \delta \quad (3.7)$$

Bu ifadedeki GD^2 volanın geometrik büyüklüğünü ifade eder ve Volan Momenti veya Volan Savurma Momenti olarak da anılır.

3.1.1. Pres Volanının Boyutlandırılması

Volanın dönel bir cisim olduğu göz önüne alınarak volan şekillendirilmesi ve boyutlandırılması yapılmalıdır. Pratik olarak Volan Savurma Momentini, volanın dış halkasının yarattığı kabul edilir. Böylelikle volan merkezi ve merkezi çembere bağlayan kolonlar mukavemet sağlaması kaydıyla bağımsız olarak makinenin diğer aksamlarına göre boyutlandırılır. Şekil 3.1.'de şematik olarak çok kullanılan bir volan kesiti görülmektedir.



Şekil 3.1 Volan Kesiti

Görülen volan kesitine yakın bir volanda daha önceki denklemlerde de geçen yararlı volan ağırlığı (G) volanın D3 ve D2 çapları arasında kalan halkasının ağırlığı olarak kabul edilir ise, yararlı volan ağırlığı volan yoğunluğu (γ) da dikkate alınarak şu şekilde hesaplanabilir;

$$G = \frac{B_3 \cdot \pi}{4} \cdot (D_3^2 - D_2^2) \gamma \quad (3.8)$$

Buna bağlı olarak volan çapı (D) Şekil 3.1’de görülen D3 olarak alınarak denklem şu şekilde ifade edilebilir;

$$E = \frac{B_3 \cdot \pi}{4} \cdot (D_3^2 - D_2^2) D_3^2 \cdot \frac{n^2}{3600} \cdot \delta \cdot \gamma \quad (3.9)$$

Burada volanın hızı düştükçe depolayabildiği enerji değeri de düştüğünden, hesaplar için pres minimum devir ile çalışıyor olarak değerlendirilir.

Volan halkasının boyutlarını saptayabilmek için, öncelikle volanın her bir turunda depolaması gereken Volan İşi (E) hesaplanır. Bunun için pres kuvvetinden yola çıkılabilir. Eksantrik preslerde volanın işi yada momenti krank mili tarafından biyel koluna taşınır ve bu moment kuvvet kolu çarpı kuvvet prensibine uygun olarak Pres Kuvveti (F) haline dönüşür.

Eğer sistemde volan ile krank mili arasında bir dişli sistemi söz konusu ise aktarılan moment bu angrenaj sistemi üzerinden krank miline ve biyel koluna ulaşacağından angrenaj oranları da göz önüne alınmalıdır. Angrenaj sistemi, çoğunlukla volan ölçüleri konstrüksiyonun genel ölçülerinin çok üzerinde olması gerektiği durumlarda tercih edilir. Böylelikle volan ebatları istenilen sınırlar dahilinde tutulurken moment angrenaj oranı ile orantılı olarak artar. Konstrüksiyonun gerektirdiği durumlarda, sisteme iki veya daha fazla angrenaj sistemi de eklenebilir. Angrenaj sisteminin gerekliliğine karar verebilmek için tasarlanan konstrüksiyona uygun bir volan kabul edilir ve Pres Kuvvetine bağlı olarak uygunluğu saptanır. Bu hesaplama sırasında istenilen Pres Kuvvetinin seçilen volan ile sağlanamadığı görülürse uygun bir angrenaj oranı tespit edilerek Pres Kuvvetinin sağlanması yoluna gidilir. Tespit edilen bu oran ve angrenaj dişlilerinin ve diğer elemanlarının mukavemetleri de göz önüne alınarak dişli boyutları, angrenaj mili ve onun yataklarının boyutları belirlenir.

Bu çalışmada dizaynı gerçekleştirilen, laminasyon presinin nominal kuvveti 40 tondur. Hesaplamalar sırasında pres çalışmasının rahat ve sağlıklı olması için Pres Kuvveti nominal değer in yaklaşık %10 kadar fazlası olarak alınır. Buna göre hesaplamalar esnasında Pres Kuvveti 45 ton (450.000 N) olarak kabul edilecektir.

Eksantrik preslerde krank milinin taşıdığı moment, bir başka de ğış ile angrenaj sisteminin söz konusu olmadığı durumlarda Volan İşi, Pres Kuvvetinin kuvvet koluyla çarpımına eşit olmaktadır. Kuvvet kolu ise bu tip preslerde pres eksantrikliği (e) kadardır. Pres eksantrikliği aynı zamanda pres stroğunun iki katına eşittir.

Eksantrik presler uygulama alanlarına göre ve beraber kullanıldıkları kalıpların özelliklerine göre farklı stroklarda çalıştırılmak istenir. Bu iste ği karşılaya bilmek ve strok değerini de ğışken olarak kullanabilmek için krank mili üzerine, krank mili ile biyel kolu arasına mekanik kavrama adı verilen bir eleman yerleştirilir. Mekanik kavrama presin çalışması sırasında, pres ile beraber hareket edecek fakat istenildiğinde pres durdurulup krank milinden bağımsız şekilde döndürülebilecek şekilde dizayn edilir ve belirli bir eksantrikliğe sahiptir. Bu sayede pres kuvvet hattı üzerinde iç içe geçmiş iki eksantriklik yaratılmış olur. Bunlar krank mili eksantrikliği (e_1) ve mekanik kavrama eksantrikliği (e_2) olarak anılır. Bu değerlere ba ğlı olarak maksimum ve minimum eksantriklik;

$$e_{maks.} = e_1 + e_2 \quad (3.10)$$

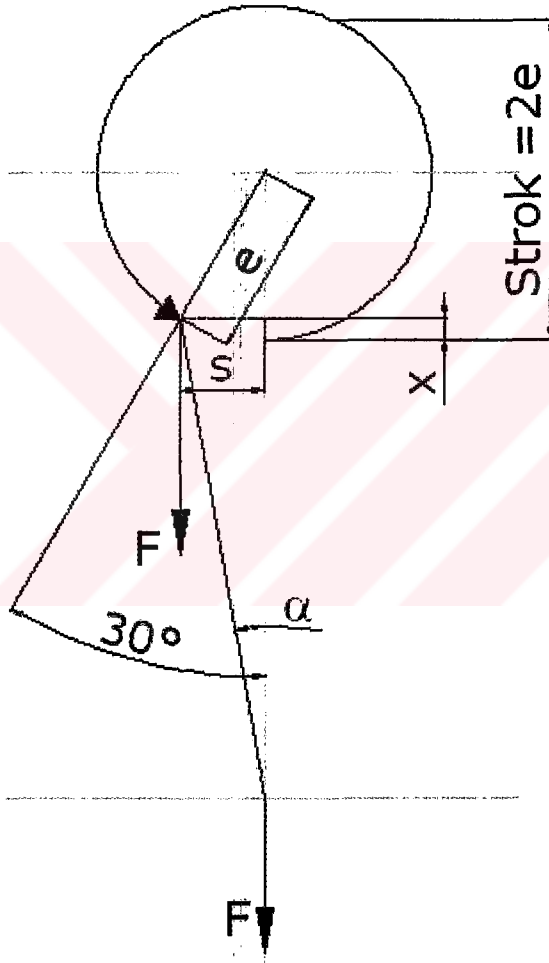
$$e_{min.} = e_1 - e_2 \quad (3.11)$$

Burada mekanik kavramanın eksantrikliğinin her zaman krank mili eksantrikliğinden küçük olması gereklili ği gözden kaçırılmamalıdır. Pres çalışırken eksantrikliğ in minimum konumda olduğu varsayılırsa ve mekanik kavramanın eksantrikliği krank mili eksantrikliğine eşit veya ondan daha büyük değerlere sahip ise teorik olarak karşımıza sonsuza yaklaş an ve pratik olarak kontrolsüz derecede büyük kuvvetler çıkabilir. Bu kontrolsüz yükler altında pres ara ve bağlantı parçaları ve hatta pres gövdesi aşırı yüklenmiş konumda kalabilir ve deformasyonlar baş gösterebilir. Bu nedenle pres emniyetini her koşulda sağlayabilmek için dizayn aşamasında mekanik kavrama eksantrikliği krank mili eksantrikliğinden daha küçük seçilir.

Pres kuvvet kolu yani eksantrikliği büyüdükçe moment ilkelerine göre pres kuvvetinin sağlanması için gereken moment de artacaktır. Bir başka deyişle pres stroğu arttıkça gereken Volan İşi de artmaktadır. Bu nedenle pres kuvveti hesaplarında presin maksimum stroğu esas alınarak hareket edilir.

Pres İşi hesaplanırken krank milinin bir turluk hareketi göz önüne alınarak kuvvet kolu tespit edilir. Kuvvet Kolu (s) Şekil 3.2'e bağlı olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$s = e \cdot \sin 30^\circ \quad (3.12)$$



Şekil 3.2 Pres Hareketi

Bu çalışmada ele alınan laminasyon presin maksimum stroğu 30mm olarak istendiğine göre maksimum eksantrikliği de 15mm olmaktadır. Dolayısıyla pres kuvvet kolu (s);

$$s = 15 \cdot \sin 30^\circ = 7,5 \text{ mm}$$

olarak hesaplanır. Buna göre Pres İşi (W);

$$W = F \cdot s \quad (3.13)$$

olduğuna göre gerekli Pres İşi;

$$W = 45000 \cdot 0,0075 = 337,5 \text{ daNm}$$

olarak elde edilir.

Ek 1'de görülen teknik resimdeki volanın kullanılacağı kabulü ile volandaki hız kaybı %30 olarak kabul edilerek düzgünsüzlük sayısı (δ) 3.3 nolu denkleme göre aşağıdaki gibi hesaplanabilir. (Bouche vd., 1961);

$$\delta = \frac{V - 0,3V}{\frac{V + 0,3V}{2}} = \frac{0,7V}{0,65V} = 1,07$$

ve pres minimum devri 150 d/dak. alınarak, Volan İşi (E);

$$E = \frac{0,150 \cdot \pi}{4} \cdot (0,690^2 - 0,530^2) \cdot 0,690^2 \cdot \frac{150^2}{3600} \cdot 1,07 \cdot 7850 = 574,7 \text{ daNm}$$

olarak elde edilir. Bu değer teorik volan işidir. Gerçek volan işi (E_g) için ise pres toplam verimi (v_T) dikkate alınır. Bu çalışmada ele alınan eksantrik pres için tezgahta angrenaj sistemi olmadığı kabul edilerek pres toplam verimi volan-kasnak sistemini verimi (v_1) ile Kayıt veriminin (v_2) çarpımına eşit olur.

$$v_T = v_1 \cdot v_2 \quad (3.14)$$

Pres üzerindeki iki verim de %90 kabul edilirse;

$$v_T = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$$

Bu durumda gerçek volan işi (E_g);

$$E_g = 0,81.574,7 \cong 460daNm > 337,5daNm$$

$$E_g > W$$

Olduğuna göre hesapları yapılan 40 Ton Laminasyon Presi için angrenaj sistemine gerek olmaksızın Ek 1’de teknik resmi gösterilen volanın kullanılması uygun olmaktadır.

3.1.1.1. Pres Volanı Deformasyon Kontrol Hesabı ve Analizi

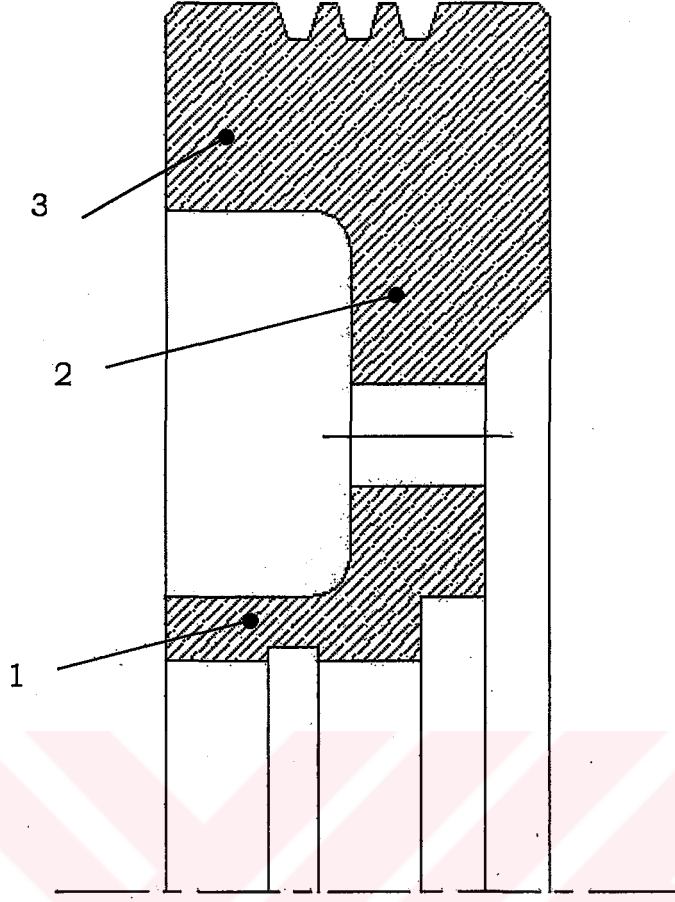
3.1.1.1.1. Volan Deformasyon Hesabı

Volan yüksek açısal hızı (w) ve özellikle dış halkasındaki volan ağırlığı (G) nedeniyle yüksek santrüfuj kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu da radyal doğrultuda zorlamalar meydana getirir. Bu zorlamalar sonucu volan göbeği ile halkasını bağlayan disk veya kollar üzerinde deformasyonlar ve şekil değişiklikleri oluşabilir.

Yukarıda, kuvvet hesabına göre kontrolü yapılan volan gibi çember volanlarda, şekil 3.3’de gösterildiği gibi volan genel olarak 3 gruba ayrılarak incelenir. Bunlar;

1. Volan Göbeği
2. Volan Diski
3. Volan Halkası

olarak sayılabilir.



Şekil 3.3 Volanın Bölümleri

Bu tip bir volanda iki kritik durum incelenir. Bunlar;

- I. Santrifüj kuvvetlerinden sırasıyla 1 ve 2 nolu kısımlar etkilenir. 3 nolu volan halkası ise santrifüj etkilerinden ihmal edilebilecek derecede az etkilenir. Ve santrifüj etki sonucu oluşan elastik genleşmeler ile 3 nolu volan halkası 2 nolu volan diskinden ayrılmaya çalışır. (Çakmak, 1993)
- II. Santrifüj etki ile oluşan gerilmeler parçaları birbirlerinden ayıramadığı durumlarda volan merkezinden dışarı doğru oluşan gerilmeler ile zorlanır. (Çakmak, 1993)

Çember volan dayanımının kontrolü için yukarıda geçen bu iki zorlanma durumu içinde ayrı ayrı mukavemet analizi yapmak gerekir.

Volan diskinin de halkasına benzer olarak santrifüj kuvveti (F_{C2}) etkisinden dolayı, çevresel olarak λ_{2c} ve çapsal olarak da λ_{2r} kadar uzadığı kabul edersek, bu iki değer arasındaki bağıntı de aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\lambda_{sr} = \frac{\lambda_{2c}}{\pi} \quad (3.17)$$

Dönel yapıdaki bir cismin, dinamik ilkelerine bağlı olarak, merkezinden dışarı doğru gidildikçe çizgisel hızının artacağını ve buna bağlı olarak santrifüj kuvvetinin de artacağını göz önün alarak bu kuvvetlere bağlı olan uzamaları birbirleri ile şu şekilde ilişkilendirebiliriz.

$$\lambda_{3r} > \lambda_{2r} \quad (3.18)$$

Buna göre bu radyal uzamaların farkı (χ):

$$\chi = \lambda_{3r} - \lambda_{2r} \quad (3.19)$$

olarak kabul edildiğinde volan halkasının ve diskinin birleşme kesitlerinde oluşan kritik gerilme uzama farkının maksimum değerinde oluşmaktadır. Hooke Kanunu gereği elastisite modülüne (E) bağlı olarak uzama gerilmesi (σ);

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (3.20)$$

olarak ifade edilir. Burada geçen birim uzama (ε) ise;

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.21)$$

olarak Hooke Kanununa bağlı olarak gösterilir. Burada;

ΔL : Uzama Miktarı (m)

L_0 : Uzama Öncesi Parça Boyu (m)

olarak alınır. Volan halkası ve diski arasındaki hareket göz önüne alınarak bu çalışma için birim uzama (ε) şu şekilde yazılabilir;

$$\varepsilon = \frac{\chi}{r_2 - r_1} \quad (3.22)$$

3.20 nolu denklem, bu değer yerine konarak yazılırsa volan halka ve diskinin birleşme kesitindeki kritik uzama gerilmesini elde etmiş oluruz.

$$\sigma = E \cdot \frac{\chi}{r_2 - r_1} \quad (3.23)$$

Başka bir yaklaşım ile 3.22 ve 3.23 nolu denklemleri gerilim ana denklemi ile bağdaştırarak volan halkası için yazacak olursak;

$$\sigma = \frac{F_{c3}}{A_3} = \frac{\lambda_{3r}}{R_2} \cdot E \quad (3.24)$$

Burada;

A_3 : Volan Halkası Kesit Alanı (m^2)

F_{c3} : Volan Halkasındaki Santrifüj Kuvveti (da.N)

3.24 nolu bağıntı sayesinde volan halka çapındaki uzamayı aşağıdaki denklem yardımı ile hesaplayabiliriz;

$$\lambda_{3r} = \frac{2 \cdot F_{c3} \cdot r_2}{A_3 \cdot E} \quad (3.25)$$

Volan halkasındaki santrifüj kuvveti (F_{c3}) ise aşağıdaki şekilde halka ağırlık merkezi göz önüne alınarak hesaplanabilir.

$$F_{c3} = m_3 \cdot \frac{V_3}{\gamma_{03}} \quad (3.26)$$

Buradaki volan halkasının çizgisel hızı (V_3);

$$V_3 = \frac{\pi \cdot r_3 \cdot n}{30} \quad (3.27)$$

ve volan halkasının ağırlık merkezi (y_{03}) ise;

$$y_{03} = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{r_3^3 - r_2^3}{r_3^2 - r_2^2} \quad (3.28)$$

şeklinde hesaplanır. Bu durumda, Ek 1'deki volan resmi de dikkate alınarak;

$$y_{03} = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{0,345^3 - 0,265^3}{0,345^2 - 0,265^2} = 0,1952m$$

olarak hesaplanır.

Halka çizgisel hızı (V_3) değeri hesaplanırken ise, kritik durum hesabı yapılmak istendiğinden, volanın maksimum devri göz önüne alınmalıdır. Bu bölümde dizayn hesapları anlatılan 40 Ton Laminasyon Presinin maksimum devri 600 d/dak. olarak istendiğinden, volan halkasının maksimum çizgisel hızı hesaplanırken bu değer dikkate alınacaktır. Buna göre;

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 0,345 \cdot 600}{30} = 21,7m/sn$$

olarak bulunur. Bunlara bağlı olarak halka santrifüj kuvveti (F_{c3}) de sayısal olarak 3.27 nolu denkleme göre hesaplanabilir. Denklemden geçen halka ağırlığı (m_3) ise daha önceki hesaplamalara benzer olarak hesaplanır.

$$m_3 = \frac{0,150 \cdot \pi}{4} \cdot (0,345^2 - 0,265^2) \cdot 7850 = 45kg$$

$$F_{c3} = 45 \cdot \frac{21,7^2}{0,1952} = 108594N$$

olarak elde edilir.

Volan halkasının santrifüj kuvvetinden (F_{c3}) etkilenen alanı (A_3) ise şu şekilde hesaplanabilir;

$$A_3 = \frac{\pi}{2} \cdot (r_3^2 - r_2^2) \quad (3.29)$$

ve buna göre,

$$A_3 = \frac{\pi}{2} \cdot (0,345^2 - 0,265^2) = 0,076m^2$$

olur.

Elastiklik modülü (E) $2,1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ olarak alınarak, elde edilen değerler yerine konursa;

$$\lambda_{3r} = \frac{2.108594.0,265}{0,076.2,1.10^9} = 3.5710^{-4} m = 0,357mm$$

olarak hesaplanır.

Benzer hesaplamalar volan diski için de yapılarak λ_{2r} de hesaplanır;

$$y_{02} = \frac{4}{3\pi} \cdot \frac{0,265^3 - 0,115^3}{0,265^2 - 0,115^2} = 0,127m$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 0,265 \cdot 600}{30} = 16,6m/sn$$

$$m_2 = \frac{0,053 \cdot \pi}{4} \cdot (0,265^2 - 0,115^2) \cdot 7850 = 18,6kg$$

$$F_{c2} = 18,6 \cdot \frac{16,6^2}{0,127} = 40582,4N$$

$$A_2 = \frac{\pi}{2} \cdot (0,265^2 - 0,115^2) = 0,09m^2$$

$$\lambda_{2r} = \frac{2.40582,4.0,115}{0,09.2,1.10^9} = 4,9.10^{-5} m = 0,049mm$$

Elde edilen değerler yardımı ile radyal uzama farkı (χ) elde edilir.

$$\chi = 0,3 - 0,049 = 0,251mm$$

3.23 nolu gerilme denklemi göz önüne alınarak ve elde edilen değerler yerlerine yazılarak santrifüj kuvvetleri etkisi altında volan halkası ve diski arasındaki kritik kesitte oluşan gerilme hesaplanmış olur.

$$\sigma = 2,1 \cdot 10^9 \cdot \frac{3,07 \cdot 10^{-4}}{0,265 - 0,115} = 4310546 N/m^2 = 0,43 daN/mm^2$$

Hesaplamalarının yapıldığı pres volanının malzemesi DIN 1691'e göre Lamel Grafitli Dökme Demirlerden GG20 olarak seçilmiştir. Buna göre volanın kopma dayanımı (σ_k) Ek 2'deki tablo dikkate alınarak $20 daN/mm^2$ olarak kabul edilir. Emniyet katsayısı (S) ise 3,5 alınarak emniyetli volan gerilmesi (σ_{em}) aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_k}{S} \geq \sigma \quad (3.30)$$

Buna göre emniyetli volan gerilmesi;

$$\sigma_{em} = \frac{20}{3,5} = 5,7 daN/mm^2 \geq 0,43 daN/mm^2$$

olarak hesaplanır ve emniyetli sınırlar dahilinde olduğu için seçilen volan emniyetli olarak kabul edilir.

Volan kısımlarının birbirlerinden farklı uzamalar sonucu kopma tehlikesinin olmadığına göre, çember tip volan için ikinci kritik durum olan bir bütün olarak deformasyona uğrama durumu incelenir. Bunun için kısımların santrifüj kuvvetleri toplanarak elde edilen toplam santrifüj kuvveti (F_{CT}) etkisine karşı gerilme hesabı ve mukavemet kontrolü yapılmalıdır.

$$F_{CT} = F_{C1} + F_{C2} + F_{C3} \quad (3.31)$$

Toplam santrifüj kuvvetine karşı oluşan toplam gerilme (σ) şu şekilde hesaplanabilir;

$$\sigma = \frac{F_{CT}}{A_T} \quad (3.32)$$

Bu denklem içerisinde yer alan toplam etki alanı (A_T) ise volan halka, disk ve göbeğindeki santrifüj etkisine maruz kalan alanların toplamıdır.

$$A_T = A_{C1} + A_{C2} + A_{C3} \quad (3.33)$$

Buna göre önceki denklemlerden ve Ek 1’de görülen volan ölçüleri göz önüne alınarak volan göbeğini etkileyen santrifüj kuvveti (F_{C1}),

$$F_{C1} = 3144,6 \text{ N}$$

olarak hesaplanır ve göbek santrifüj etki alanı (A_1) ise 3.29 nolu denklemden faydalanılarak şu şekilde hesaplanır;

$$A_1 = \frac{\pi}{2} \cdot (0,115^2 - 0,09^2) = 0,008 \text{ m}^2$$

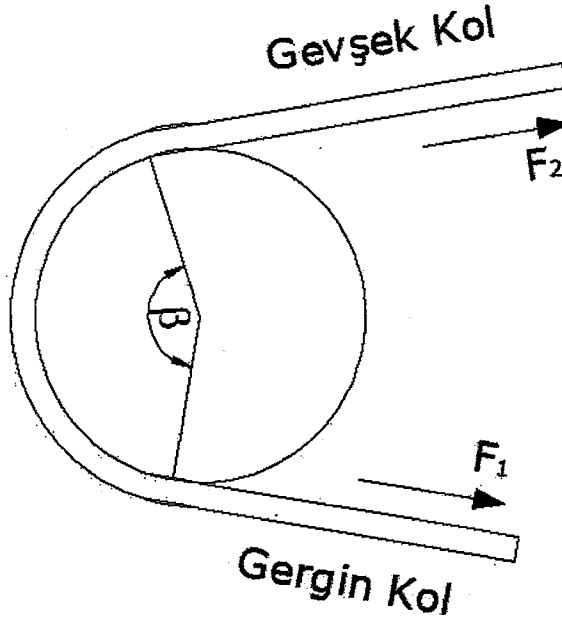
Daha önce hesaplanan volan halka ve diskinin santrifüj kuvvetleri ve santrifüj etki alanları yardımı ile,

$$\sigma = \frac{3144,6 + 40582,4 + 108594}{0,008 + 0,09 + 0,076} = 0,087 \text{ daN/mm}^2$$

olarak elde edilir. Bu değer hesaplanan emniyetli gerilme sınır değeri $5,7 \text{ daN/mm}^2$ ‘den küçük olduğuna göre volanın deformasyonu söz konusu olmamaktadır.

3.1.1.1.2. Volan Deformasyon Analizi

Yukarıda deformasyon hesapları yapılan ve Ek 2’de görünüşleri ve belirli ölçüleri verilen volanın SolidWorks yazılım programı yardımı ile CosmoXpress analiz programında deformasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sırasında pres volanın katı modeli üzerine yukarıda hesaplanan santrifüj kuvvetlerinin toplamı volan dış yüzeyine etki ettirilmiştir. Ayrıca volan dış yüzeyinde kayışların bağlandığı yuvalara teğet olacak şekilde çekme kayış kuvvetleri de etki ettirilmiştir. Aşağıdaki şekilde bu çekme kuvvetleri gösterilmektedir.



Şekil 3.5 Volan Üzerindeki Kayış Çekme Kuvvetleri

Kayış çekme kuvvetleri volana, çalışma esnasında oluşan sürtünmelerden dolayı birbirine eşit olmayan iki kuvvet halinde etki etmektedirler. Bu iki kuvvet arasında Euler Denklemi olarak bilinen

$$F_1 = F_2 e^{\mu\beta} \quad (3.34)$$

bağıntısı mevcuttur. (Akkurt, 2000)

Burada;

F_1 : Gergin Koldaki Kuvvet (N)

F_2 : Gevşek Koldaki Kuvvet (N)

μ : Sürtünme Katsayısı

β : Döndüren Kasnak Üzerindeki Sarılma Açısı (rad.)

Ayrıca gergin ve gevşek kollardaki kuvvetlerin farkı da volanın dış yüzeyindeki teğet kuvvetini (F_t) vermektedir.

$$F_t = F_1 - F_2 \quad (3.35)$$

3.34 ve 3.35 nolu denklemler birleştirilir ise;

$$F_T = F_2.(e^{\mu\beta}-1) \quad (3.36)$$

iki çekme arasındaki bu ilişki elde edilir.

Volan dış yüzeyindeki teget kuvvet (F_t) aynı zamanda daha önce volan işi şeklinde 5747 N olarak hesaplanan, volanın gereken pres gücünü oluşturabilmek için üzerinde topladığı momentine (M_{bv}) ve volan dış çapına (D_3) aşağıdaki şekilde bağlıdır.

$$F_t = 2 \cdot \frac{M_{bv}}{D_3} \quad (3.37)$$

Bu formüllerdeki değerler yerlerine koyularak teget kuvvet elde edilebilir.

$$F_t = 2 \cdot \frac{5747}{0,690} = 16657,97N$$

3.34 nolu Euler Denkleminden gevşek koldaki kayış kuvveti (F_2) çekilirse, sürtünme katsayısı Ek 3 'e bakılarak 0,3 ve kasnak sarılma açısı 140° olarak alınarak hesaplama yapılabilir.

$$F_2 = \frac{16657,97}{(e^{0,3 \cdot 2,79} - 1)} = 12704,44N$$

3.35 nolu denkleme göre ise;

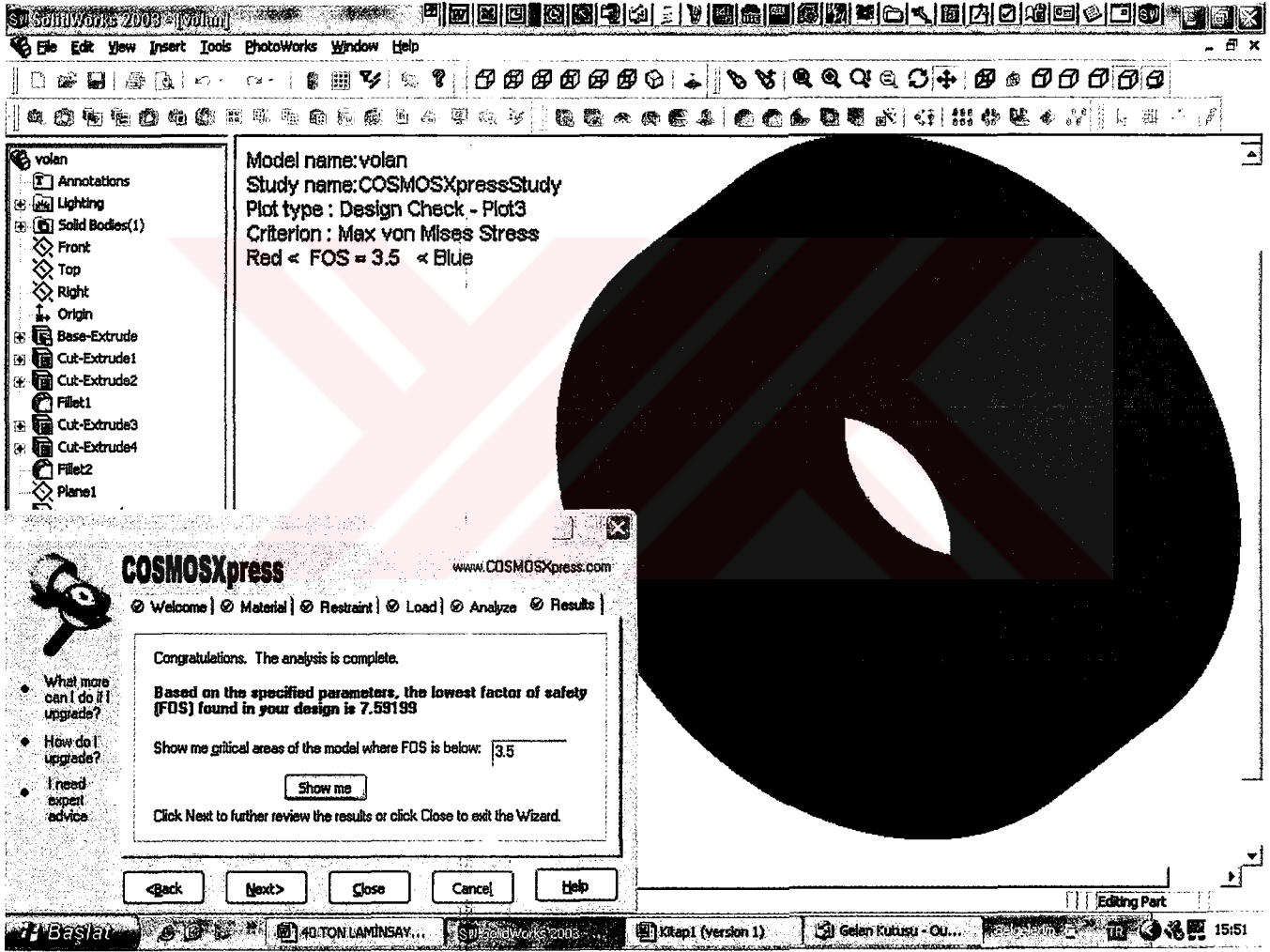
$$F_1 = 16657,97 + 12704,44 = 29362,41 N$$

olarak elde edilir.

Hesaplanan tüm bu kuvvetler ile yapılan stres dağılım analizi sonucunda pres volanı üzerindeki en düşük emniyet faktörü 7,59199 olarak CosmaXpress programı tarafından hesaplanmıştır. Ayrıca aynı analizde gerilim dağılım hesaplamalarında volan üzerindeki maksimum stres değeri Von Mises teoremlerine bağlı olarak $25,83 \text{ N/mm}^2$ olarak elde edilmiştir. Ortaya çıkan bu sonuçlar ile volan deformasyonun görülmeyeceği sonucuna

varılarak verilen ölçülere sahip volanın bu çalışmada incelenen laminasyon presi için uygun bulunmuştur.

Öngörülen emniyet katsayısı ile analiz programı tarafından hesaplanan emniyet katsayısı arasında fark çıkmasının bir sebebi de volan boyutlandırılması yapılırken mukavemet değerlerinin yanı sıra gereken kuvveti depolayabilecek momentleri yaratacak kütlelerin oluşturulma kaygısıdır. Aşağıdaki şekilde incelenen volanın ComsoXpress programına ait analiz görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3.6 Volan Deformasyon Analiz Sonucu

Böylelikle yapılan kuvvet hesapları, deformasyon kontrolleri ve analizleri doğrultusunda Ek 1'de gösterilen volanın, bu çalışmada dizaynı yapılan eksantrik pres için uygun olduğu belirlenmiş olur.

3.1.2 .Pres Krank Mili Boyutlandırılması

Eksantrik preslerde güç akışı volan üzerinden motordan krank miline doğru gerçekleşir. Bu akış sırasında kuvvet iletim elemanlarının aktarma oranına bağlı olarak artar ve krank milinde maksimum seviyeye ulaşır. Bu durum pres elemanlarının malzeme seçimi sırasında göz önüne alınır. Bu bağlamda, yapılan çalışma için eksantrik presler krank mili malzemesi olarak Ek 2’de dayanım değerleri görülen DIN 17200 Islah Çeliklerinden 50CrMo4 olarak seçildi.

Bir krank milinde kritik kesitler gövde ve biyel kolu yatakları olarak kabul edilir. Bu kesitler burulma ile zorlandıklarından, mukavemet hesaplarında emniyetli burulma gerilmesi (τ_{em}) dikkate alınır ve aşağıdaki gibi hesaplanır. (Dikmen, 1999);

$$\tau_{em} = \frac{M_b}{W_p} \quad (3.38)$$

Burada;

M_b : Burulma Momenti (Nmm)

W_p : Polar Mukavemet Momenti (mm³)

Mukavemet hesabı sırasında kritik durum incelendiği için en yüksek momentin olduğu an üzerinde durulur. Bu da presin maksimum kuvvetle yüklendiği andır. Presin 45 ton bir başka deyişle 45.000 daN değerinde kuvvetle (F) yüklenebileceğini ve maksimum stroğunun (e) da 30mm olduğunu daha önce kabul etmiştik. Bu durumda pres krank mili üzerindeki maksimum burulma momenti (M_b) kuvvet çarpı kuvvet kolu prensibi ile şekil 3.2 dikkate alınarak hesaplanabilir.

$$M_b = F.e \quad (3.39)$$

Bu durumda sayısal değerleri yerine koyarak,

$$M_b = 450\,000 \cdot 30 = 13\,500\,000 \text{ Nmm}$$

burulma momenti elde edilmiş olur.

3.38 nolu denklemde yer alan polar mukavemet momenti (W_p) ise aşağıdaki ana denklemle hesaplanabilir.

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (3.40)$$

Bu denklemde görülen mil çapı (d), mukavemet denklemleri yardımı ile hesaplanması istenen değer olduğuna göre, bu denklem 3.38 nolu denklem ile birlikte ele alınarak mil çapı elde edilebilir.

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_b}{\pi \cdot \tau_{em}}} \quad (3.41)$$

Emniyetli burulma gerilmesi (τ_{em}) ise Ek 2'de görülen malzemenin statik burulma dayanımının (τ_b) emniyet katsayısına (S) bölümüne eşit olduğuna göre;

$$\tau_{em} = \frac{\tau_b}{S} \quad (3.42)$$

emniyet katsayısının (S) 3,5 kabulü ile,

$$\tau_{em} = \frac{630}{3,5} = 180 \text{ N/mm}^2$$

olarak bulunur ve buna bağlı olarak emniyetli mil çapı (d);

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 13500000}{\pi \cdot 180}} = 72,55 \text{ mm}$$

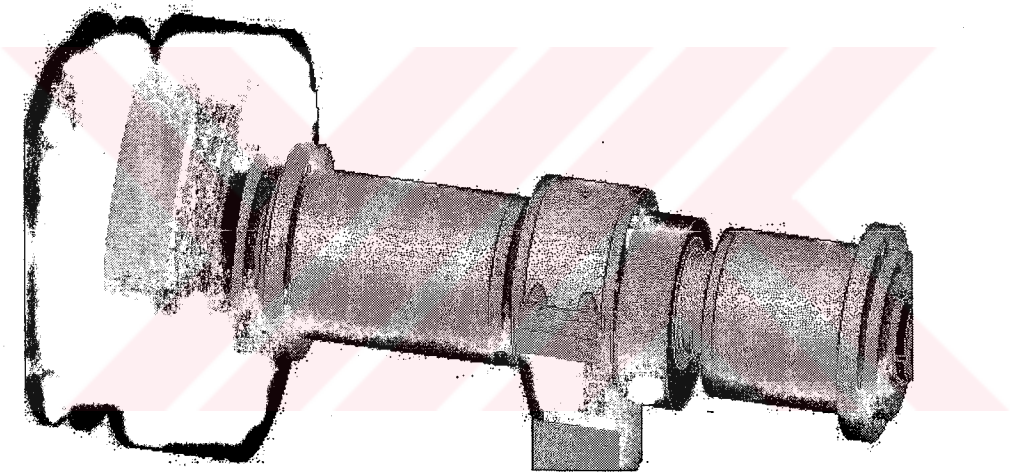
hesaplanmış olur.

Bu durumda krank mili yataklarındaki minimum mil çapı 75mm olarak alınmalıdır. Fakat krank milinin nihai ölçüleri üzerindeki ekipmanların boyutlarına ve montaj durumlarına göre belirlenir. Hesaplamalar ve montaj durumları göz önüne alınarak oluşturulan krank mili teknik resmi Ek 9'da verilmiştir.

Pres ana mili konumundaki krank mili üzerindeki elamanlar şu şekilde adlandırılabilir;

- Fren - Kavrama Grubu
- Volan
- Krank Yatakları
- Mekanik – Eksantrik Kavrama Grubu
- Hareket Kontrol Ünitesi

Şekil 3.7’de görülen şematik gösterimde krank mili üzerinde yukarıda sıralanan elamanların yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Pres Krank Mili Montaj Detayı

3.1.2.1. Krank Mili Kritik Devir Hesabı

Periyodik olarak salınım veya eksantrik bir kütle dönme hareketi yapan cisimlerde hareketlerinin hızına ve kütlelerine bağlı olarak bir titreşim meydana gelir. Oluşan titreşimden dolayı sistemin yaptığı salınımların miktarına ise titreşim genliği denir. Bu tip titreşimlerin karakterlerine uygun bir de frekansları ve buna bağlı olarak devirleri vardır. Bu frekans sistemin doğal frekansı olarak adlandırılır. Ayrıca sistemin ağırlığına ve geometrik büyüklüğüne bağlı olan bir de kritik devri mevcuttur. Sistem bu kritik frekansa yaklaştıkça, sistemin titreşim genlikleri büyür ve teorik olarak sonsuza yaklaşır. Bu da pratikte sistem parçalarının kırılması yada deformasyona uğraması ile sonuçlanır. (Köse, 2003)

Eksantrik preslerdeki pres eksantrikliğinden doğan titreşimlerde benzer şekillerde davranarak bir doğal ve bir de kritik devir oluştururlar. İşletim sırasında ise genel olarak pres devrinin kritik devirden %20 aşağıda veya %20 yukarıda olması istenir. (Dikmen, 1999) Bu durum ;

$$n \leq 0,8.n_{kr} \quad (3.43)$$

veya

$$n \geq 1,2.n_{kr} \quad (3.44)$$

olarak formülize edilir.

Burada;

n : Sistemin Çalışma Devri (d/dak.)

n_{kr} : Sistemin Kritik Devri (d/dak.)

Eğer pres devri kritik devrinden yukarıda olacak ise çalışmaya başlama anında devir yükselirken kritik devir mertebelerinden olabildiğince az etki almak için olabildiğince hızlı geçmelidir.

Tek kütleli titreşim yaratan dönel bir sistemin genlik (X) formülü aşağıdaki gibidir. (Güçlü, 2000)

$$X = \frac{m.e.w^2}{k - m.w^2} \quad (3.45)$$

Burada ise;

X : Sistemin Titreşim Genliği (m)

m : Eksantrik Kütle (kg)

e : Eksantriklik (m)

k : Malzemenin Yay Katsayısı

w : Açısal Hız (rad.)

Bu durumda, kritik devir değerinde genliklerin sonsuza gitmesi için denklemin paydasının sıfıra gitmesi gerekir.

$$k - m \cdot \omega_{kr}^2 = 0 \quad (3.46)$$

ve buna bağlı olarak

$$\omega_{kr} = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.47)$$

olur. Buradaki kritik açısal hız (ω_{kr}) kritik devir olarak da yazılabilir.

$$n_{kr} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.48)$$

Diğer yandan malzeme yay katsayısı (k) malzeme karakterine bağlı olarak şu şekilde ifade edilir;

$$k = \frac{48 \cdot E \cdot I}{l^3} \quad (3.49)$$

Burada ise;

E : Elastsite Müdüğü (N/m^2)

I : Mil Atalet Momenti (m^4)

l : Mil Yataklama Uzunluğu (m)

Pres krank mili gibi dairesel kesitli millerin atalet momenti (I) formülü mil çapına (d) bağlı olarak;

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (3.50)$$

olduğuna göre. Kritik devir hesaplaması tek kütleli sistemler için aşağıdaki formül vasıtasıyla yapılabilir.

$$n_{kr} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot E}{4} \cdot \frac{d^4}{m \cdot l^3}} \quad (3.51)$$

Bu çalışmada ele alınan 40 ton kapasiteli laminasyon presi için krank mili ile dönen eksantrik kütle kayıt ile beraber olarak yaklaşık 400 kg ve milin yataklar arası uzunluğu ise 800mm olarak alınmıştır. Krank mili emniyetli çapı ise 75 mm olarak daha önce hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında laminasyon presinin kritik devri hesaplanabilir.

$$n_{kr} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{3 \cdot \pi \cdot 2,1 \cdot 10^9}{4} \cdot \frac{0,075^4}{400 \cdot 0,800^3}} = 264,02 rad. = 15127 d / dak.$$

Bu durumda;

$$n_{kr,0,8} = 12101 d / dak.$$

olur.

Dizayn hesapları ve mukavemet kontrol ve analizleri yapılan 40 Ton kapasiteli laminasyon presinin çalışma devir aralıkları 150 ile 600 değiştiğine göre de;

$$n < n_{kr,0,8}$$

olur. Bu durumda tasarımılanan krank mili değerleri ve presin çalışma devri uygun olmaktadır.

3.1.2.2. Krank Mili Yataklarının Seçimi

Krank mili üzerindeki kuvvetler olabildiğince az eleman kullanılarak ana gövde saçlarına aktarılmalıdır. Bu aktarım hattı üzerinde ne kadar çok eleman kullanılırsa, o kadar çok titreşim ve moment kaynağı oluşacaktır. Bu nedenle krank yatakları ana gövde saçlarından yan saçlara kaynaklanmış boru veya takozların içerisine alınır. Saç yanı sıra boru veya takoz kullanımının nedeni yatak boyunu uzatarak daha sağlıklı bir yataklamanın sağlanmasıdır. Pratikte yataklama boyunun en az mil çapının 1,5 katı olmasına dikkat edilir.

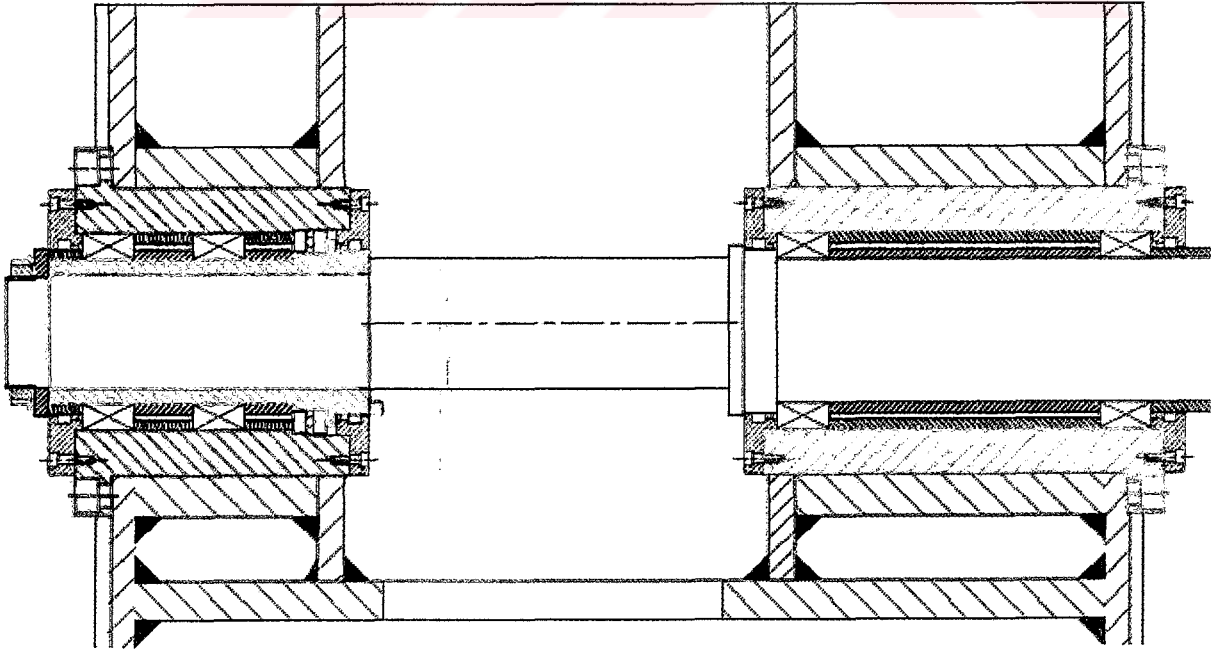
Eksantrik preslerde genellikle belirli bir boşluk miktarı ile mili yataklayan bronz alaşımlı yataklar kullanılır. Böylelikle yataklara gelen yüksek değerlerdeki kuvvetlere dayanabilen ve sürekli olarak yağ filmi içerisinde tutulan yataklar ile krank mili gövde içerisinde kalmış olur.

Fakat bu tez ile dizaynı yapılan pres gibi yüksek hızların söz konusu olduğu sistemlerde bronz yatakların kullanımı, bronz alaşımlı malzemelerin yüksek hızlara dayanamayarak aşındığından dolayı uygun olmamaktadır.

Eksantrik pres koçunun tam güç ile altındaki malzemeye vurduğu anda krank miline doğru aynı büyüklükte bir tepki kuvveti oluşur. Krank mili yatakları da bu tepki kuvvetini pres gövdesine iletmek ile görevlidir. Krank milinin iki yatak ile yataklandığı kabul edilirse her bir yatak pres maksimumu kuvvetinin yarısını taşıyabilme kapasitesine sahip olmalıdır.

Kısaca bu hızdaki bir makinede bronz yatak kullanamayacağımıza göre hem yüksek hıza hem de kuvvette dayanabilecek yataklar seçilmelidir. Bu çalışma için iğne rulman seçimi ön görülmüştür.

Her bir krank yatağına ikişer adet iğne rulman konularak, her bir rulmanın pres kuvvetinin dörtte birini taşıması amaçlanmıştır. Fakat iğne rulmanlar eksenel yükler karşısında zayıf olduğu ve eksantrik preslerde biyel kolu açısına bağlı olarak azda olsa eksenel yük bulunduğu için krank mili üzerine, yataklardan birine büte (eksenel bilyalı rulmanlı) yatak konarak ve bu rulmanı çekirmek üzere konuşlandırılmış bir emniyet somunu ve sacı kullanarak, krank milinin olası eksenel yüklere karşı korunması sağlanmış olur. Şekil 3.8’de pres krank milinin gövdeye bağlanma ve yataklama şekli görülebilir.



Şekil 3.8 Pres Krank Milinin Gövdeye Yataklanması

Bu bağlamda, krank mili üzerindeki radyal ve eksenel yükler ve krank mili çalışma devri dikkate alınarak, mili radyal yüklere karşı yataklamak amacı iğne rulmanlardan NA 4922 ve mili eksenel yüklere karşı yataklamak amacı ile de büte rulmanlardan 511 24 nolu rulmanlı yataklar seçilmiştir. Seçilen yataklarla ilgili değerler Ek 4'deki kataloglarda görülebilir.

3.1.2.3. Pres Volanının Pres Krank Miline Yataklanması

Pnömatik kavrama volan üzerine ve krank miline bağlanacağı ve volanın da aynı zamanda krank mili ile çalışacağı unutulmamalıdır. Aynı zamanda volan gereken enerjiyi depolayabilmek için pnömatik kavrama fren durumunda iken bile dönmelidir. Bu şartlar göz önünde bulundurularak volanın krank mili üzerine rulmanlı yataklar ile yataklanması uygun görülmüştür. Böylelikle volan krank milinden bağımsız olarak dönebilmektedir.

Volan üzerindeki çevresel ve radyal yükler ve volan hızı göz önüne alınarak tek sıra sabit bilyalı yataklardan 6220 nolu rulmanlı yatak seçilmiştir. Volan göbeğinden bu yataklardan iki adet kullanılarak volanın salınımı azaltılması ön görülmüştür.

Rulmanlı yatakları volan göbeği içerisinde kontrol altında alabilmek için yatakların iç ve dış bilezikleri burçlar ile sıkıştırılarak sabitlenmelidir. Ayrıca montaj sırasında yağlanarak yerlerine yerleştirilen yataklar göbeğin iki tarafına yerleştirilen keçeli kapaklar ile dışarıdan gelebilecek kir ve tozlara karşı korunmalıdır.

3.1.2.4. Pres Kavrama Sisteminin Seçimi

Genel olarak eksantrik preslerde kullanılan iki tip kavrama mevcuttur. Bunlar;

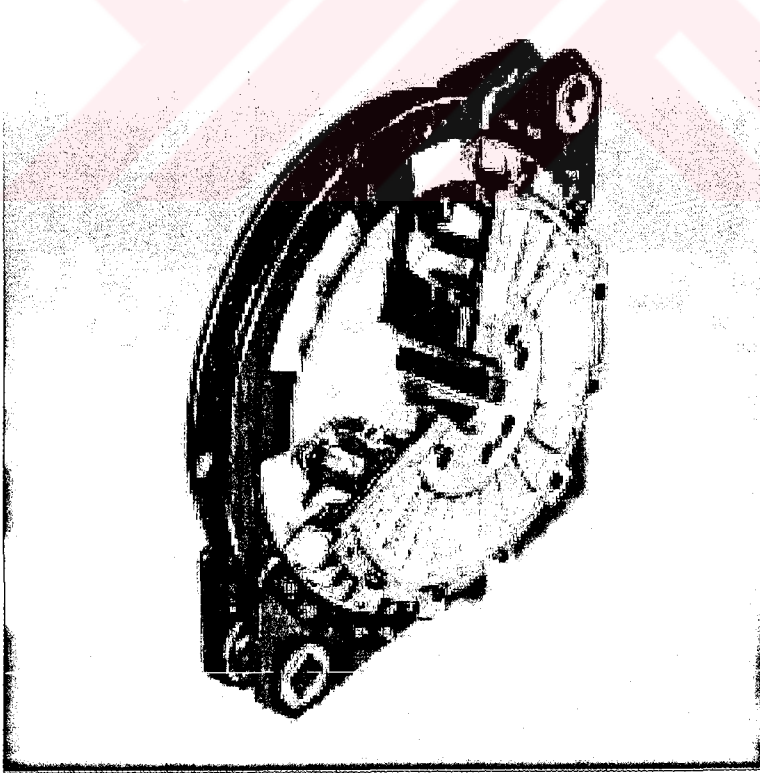
- Mekanik – Mandallı Kavrama
- Pnömatik Fren – Kavrama Grubu

olarak adlandırılır. Pres hareket enerjisini, volanın dönme hareketinden aldığı için, bu iki tip kavramanın da kullanımı sırasında pres fren pozisyonunda olsa bile volanın dönmesi sağlanır. Pres harekete geçirilmek istendiğinde volan hareketi ve enerjisi kavrama yardımı ile aktarılır.

Yukarıda geçen iki tip kavramadan mekanik bir başka deyişle mandallı tip kavrama daha ilkel ve iş güvenliğini tehdit eden bir sistem olarak değerlendirilir. Üç veya dört yuvalı bir burç içinde çalışan bir mandaldan oluşur. Mandalın belirli bir açı ile döndürülmesi ile yuvalardan birine oturmakta ve frenlemeyi sağlamaktadır.

Burada mandal, frenleme amacı ile döndürüldüğünde presin hareketinin durdurulması için dönüş yönüne göre mandala en yakın yuva mandal hizasına gelmesi gerekir. Bu sırada pres koçu hareketine devam etmiş olacaktır. Bu durum iş kazalarına sebep olmakta ve presin gelişmiş kalıplarla çalışıldığında gerekli olan gelişmiş kontrol sistemleri ile kontrolünü imkansız hale getirmektedir.

Bu nedenler ile mekanik kavramaya karşılık pnömatik kavrama geliştirilmiştir. Şekil 3.9'da da görüldüğü gibi Pnömatik kavrama Küresel Grafitli Dökme Demirden imal edilmiş (GGG50) üzerinde soğutma kanalları bulunan iki tane sabit gövdeye ve bir tane hareketli kısma ve bunlar arasında çalışan iki adet balatalı diskten oluşur. Disklerden biri hareketli tarafa, volana, diğeri sabit tarafa, pres gövdesine bağlıdır. Kavramanın sabit gövdeleri ise iş mili, krank mili üzerindedir. Pnömatik kavrama fren durumunda iken hareketli kısmı üzerinde bulunan yaylar vasıtasıyla fren diskine doğru itilmiş durumdadır ve krank mili hareketi söz konusu değildir. Kavrama durumunda ise kavrama içine verilen en az 6,5 bar basınç değerine sahip hava yay kuvvetlerini yenerek kavramanın hareketli kısmını volana bağlı olan hareketli diske doğru iter ve böylelikle volanın hareketi krank miline aktarılmış olur.



Şekil 3.9 Pres Pnömatik Kavraması [2]

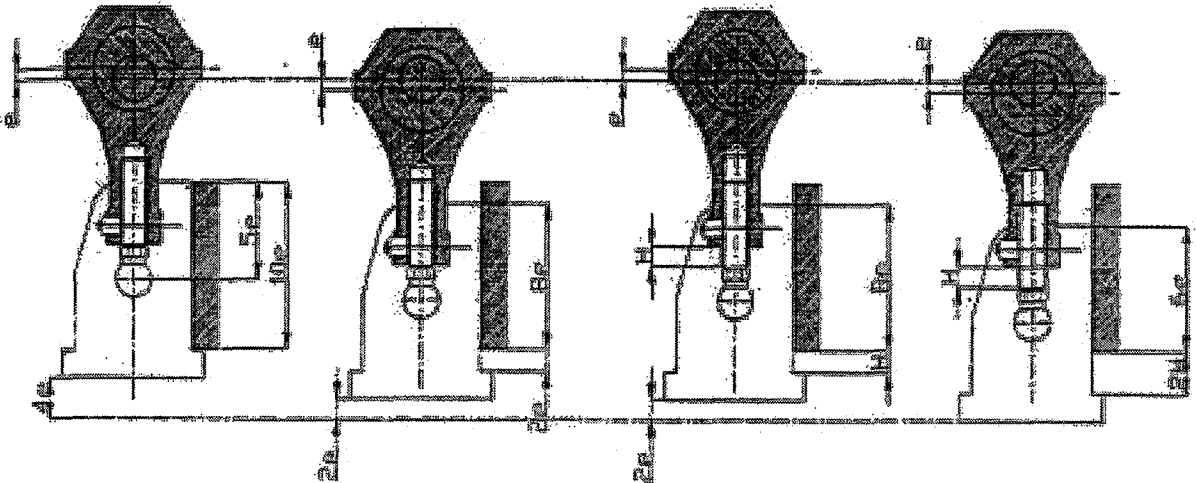
Burada 2 nolu çembere yerleştirilen bir sensör ve 3 nolu burca kaynatılmış köşegen sayesinde sensör köşegeni gördüğü anda presin durması sağlanır. Sensörün konumu ise 1 nolu parçanın döndürülmesi ile ayarlanır. Bu durumda pres elektrik panosuna yerleştirilen sensör kontağı sayesinde pres hareketi durdurulmak istendiğinde otomatik olarak sensörün köşegeni görmesi beklenecektir.

3.1.2.6. Pres Mekanik Kavrama Grubu

Daha öncede belirtildiği gibi pres eksantrikliği krank eksantrikliği ve mekanik – eksantrik kavrama eksantrikliğinin toplamından ibarettir. Mekanik – eksantrik kavrama kullanımının amacı pres eksantrikliğini dolayısıyla stroğunun ayarlanabilir olmasını sağlamaktır.

Mekanik – eksantrik kavrama genel olarak biyel kolu ile krank mili arasında çalışan bir yüzeyine diş açılmış ve biyel kolu içerisindeki kısmı eksantrik olarak işlenmiş bir burçtan ibarettir. Burcu krank mili üzerinde ve biyel kolu içerisinde döndürebilmek için, mekanik – eksantrik kavrama karşılığı adı verilen ve üzerine kavramada bulunan dişlerin karşılığı açılmış olan disk kullanılır. Ayrıca bir üçüncü parça yardımı ile dişlilerin hareketinin krank mili çalışırken kilitlenmesi sağlanır.

Böylelikle krank mili dolayısıyla pres durmuş iken döndürülen mekanik – eksantrik kavrama sayesinde, krank milinin çalışması sırasındaki pres eksantrikliği ve ona bağlı olarak pres stroğu değiştirilmiş olur. Mekanik – eksantrik kavrama çok değişik şekillerde imal edilebilir. En yaygın olarak kullanılan tipe ait bir uygulama örneği Şekil 3.11.’deki şematik gösterimde görülmektedir.



Şekil 3.11 Bir Mekanik Kavrama Uygulaması (Erdoğan, 2003)

Bu çalışmada da yukarıda görülen kavramadan farklı olmakla beraber aynı şekilde çalışan bir mekanik kavrama krank mili ölçüleri de göze alınarak dizayn edilmiştir.

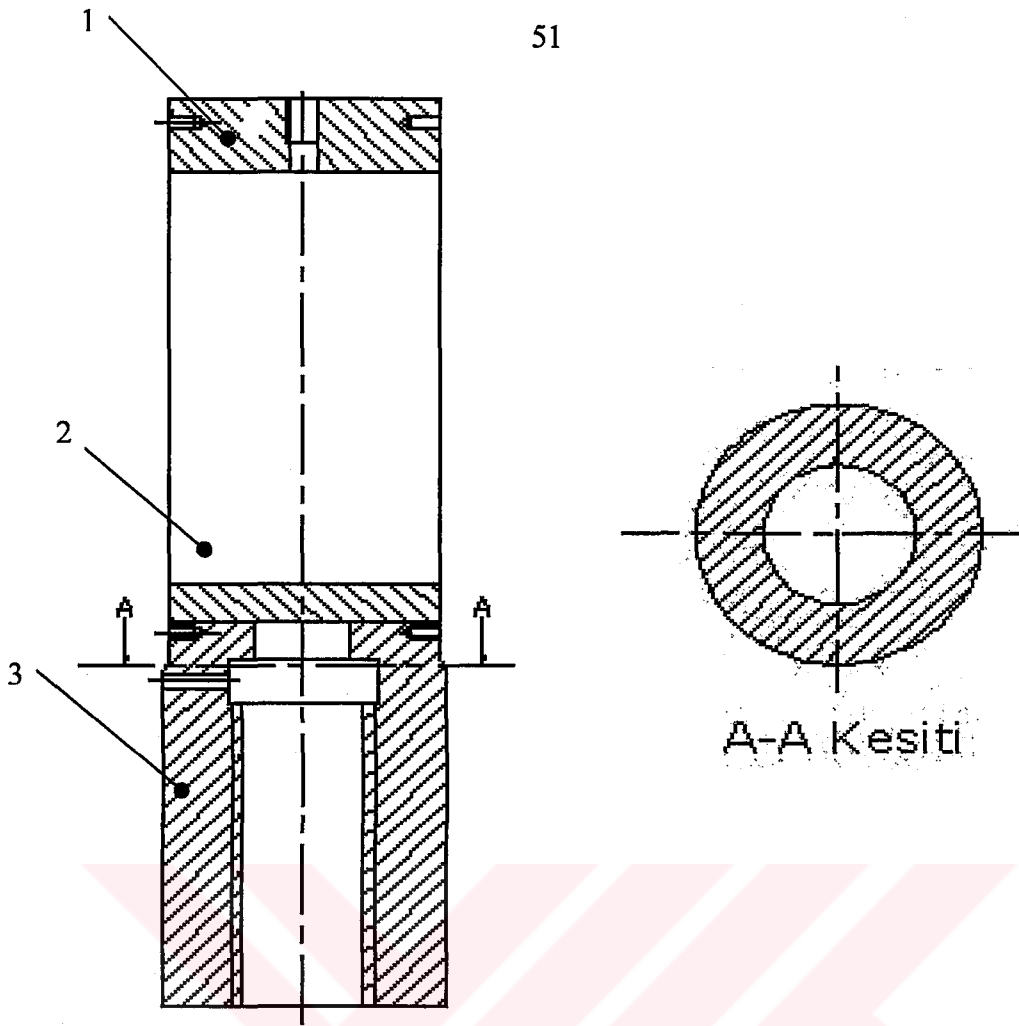
Mekanik – Eksantrik Kavrama ile birlikte çalışan bir sistem ilavesi ile kavramaya ulaşmanın yada insan gücü ile döndürmenin zor olduğu durumlarda strok ayarı bir step motor yardımı ile otomatik olarak yapılabilir. Fakat bu çalışma için pres boyutları rahatlıkla ulaşmayı sağlayacak ölçülerde olduğu için pres strok ayarının manuel olarak yapılması ön görülmüştür.

3.1.3. Pres Biyel Kolu Boyutlandırılması

Biyel kolu mekanik – eksantrik kavrama üzerine, krank milinin gövdeye yataklığı şeklinde yataklanır. Bu yataklama elemanı seçilirken de yine krank mili için dikkate alınan kriterler dikkate alınmalıdır. Ayrıca eksenel yönde olabilecek hareketleri kontrol altına almak için mekanik – eksantrik kavramanın krank mili üzerinde ve biyel kolunun da mekanik – eksantrik kavrama üzerinde segman ve bilezikler yardımı ile çektilerle sabit kalması sağlanmalıdır.

Mekanik – eksantrik kavramanın boyutları ve gerekli et kalınlıkları göz önüne alınarak biyel kolu üzerindeki tepki kuvvetleri taşıyarak dakikada 600 devire dayanabilecek olan NA 4928 nolu iğne rulmanlı yatak seçilmiştir. Biyel kolu içerisinde bu rulmandan iki adet kullanılacaktır. Seçilen rulmanlı yatağa ait özellikler Ek 4’de görülebilir.

Biyel kolu üç parça halinde irdelenecek olur ise Şekil 3.12’de gösterilen 1 ve 2 nolu üst parçalar boyutlandırılırken yukarıda seçilen rulmanların boyutları dikkate alınır.



Şekil 3.12 Pres Biyel Kolu Kesiti

Şekilde gösterilen 3 nolu parça üzerinde elma vida ile çalışan dişler görülmektedir. Buradaki diş boyunun tespiti için öncelikle yükü taşıyabilecek minimum diş sayısı hesaplanmalıdır. Pres üzerine dengeleyici piston yerleştirilerek kayıt ağırlığının sıfırlanacağı kabul edilirse elma vida dişleri üzerinde sadece tepki kuvvetlerinin etkili olur.

Söz konusu tepki kuvvetleri açılan dişlere dikey ekseninde etkiyerek, dişleri kesmeye çalışacaktır. Buna göre gerekli mukavemet kontrolünü yapabilmek için biyel koluna Tr 60x9 diş çekildiğini varsayalım. Biyel kolunun kaynak konstrüksiyon olarak DIN17100 genel konstrüksiyon çeliklerinden St 44-2 malzemesinden imal edildiğini kabul edersek Ek 2’de verilen malzeme değerlerine göre ilgili malzemenin kopma dayanım değeri 440 N/mm^2 olarak alınır. Buna göre malzemenin emniyetli kopma gerilimi (σ_{em}) emniyet katsayısı (S) 3,5 alınarak hesaplanabilir.

$$\sigma_{em} = \frac{440}{3,5} = 125,7 \text{ N/mm}^2$$

Pres tepki kuvveti 45000 daN olduğunda kesme etkisine tabii tutulan emniyetli alan (A) daha önceki hesaplamalara benzer olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$A = \frac{450000}{125,7} = 3579,5mm^2$$

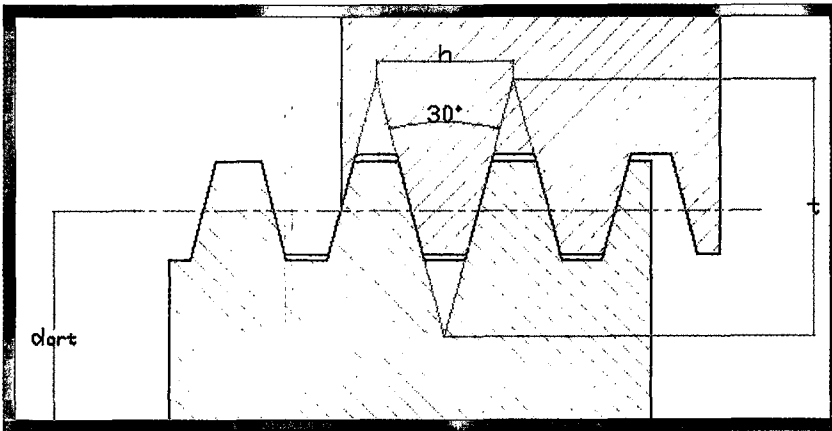
Trapez diş ortalama çapı (d_{ort}), diş üstü çapı (d) ve diş hatvesi (h) değerlerine bağlı olarak şu şekilde formülize edilebilir.

$$d_{ort} = d - \frac{h}{2} \quad (3.52)$$

Buna göre diş ortalama çapı,

$$d_{ort} = 60 - \frac{9}{2} = 55,5mm$$

olarak hesaplanır.



Şekil 3.13 Trapez Diş Kesiti

Şekil 3.13'deki diş kesitinde gösterilen teorik diş yüksekliği (t) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$t = 1,866.h \quad (3.53)$$

Diş hatvesi (h) 9mm alındığına göre teorik diş yüksekliği;

$$t = 1,866.9 = 16,794mm$$

olarak bulunur. Buna göre gerekli diş sayısı (z), daha önce hesaplanan emniyetli alandan (A) yola çıkılarak hesaplanır.

$$z = \frac{A}{d_{ort} \pi t} \quad (3.54)$$

Bu durumda gerekli diş sayısı (z);

$$z = \frac{3579,5}{55,5 \pi \cdot 16,794} \cong 4,5a \det$$

olarak hesaplanır. Bu durumda, diş hatvesi 9mm olduğuna göre minimum diş boyu yaklaşık 40mm olarak alınır.

Eksantrik preslerde iki tabla arasındaki mesafeyi ayarlamak için elma vida dişleri kullanılır. Hesaplanan emniyetli diş boyu, iki tabla arasında ön görülen mesafe minimum iken biyel kolunun içinde kalması gereken elma vida boyu olarak kabul edilir. Hesapları yapılan pres için ayar miktarı 100mm olarak alınır ise toplam diş boyu en az 140mm olmalıdır.

Biyel Kolu üzerine diş çekmeyi kolaylaştırmak amacı ile diş çekilen çapın arkasına yaklaşık 20mm civarında bir delik de işlenir. Bu durumda biyel kolundaki toplam delik boyu 160mm olarak alınmalıdır.

Eksantrik preslerde krank – biyel hareketinden dolayı az da olsa yan yükler oluşmaktadır. Bu yükler daha önce Şekil 3.2'de gösterilen biyel kolu açısı (α) ile orantılıdır. Bu açı ne kadar az olur ise oluşan yan yüklerde o kadar az olur. Teorik olarak biyel kolu açısı 7^0 'nin altında tutularak bu yükler kontrol altında alınır. Biyel kolu açısını etkileyen ve değişiklik yapılabilecek en kolay parametre biyel kolu boyudur.

Krank mili ana eksenini ile elma vida küre merkezi arasındaki mesafenin (l), pres kuvvet koluna (s) bölümü trigonometrik ilkelere göre biyel kolunun tanjant değerini vermektedir.

$$\tan \alpha = \frac{s}{l} \quad (3.55)$$

Bu denklemden merkezler arası mesafe (l) çekilir ise,

$$l = \frac{s}{\tan \alpha} \quad (3.56)$$

Pres kuvvet kolu (s) daha önce 7,5mm olarak hesaplandığına ve biyel kolu açısı en az 7° olacağına göre;

$$l \geq \frac{7,5}{\tan 7} = 61mm$$

Hesaplanan biyel kolu dış uzunluğu bu değerden daha büyük olduğuna biyel kolu açısı emniyetli sınırlar dahilindedir. Yine de biyel kolu mukavemet hesapları bu açı 7° kabul edilerek yapılır. Böylelikle hesaplanan değerlerin emniyet sınırları içerisinde kalması ön görülür.

Biyel kolu için boyutlandırılması gereken bir diğer kritik kesit de Şekil 3.12.'de gösterilen biyel kolu ara kesitidir. Bu halka şeklindeki kesit yan yükler tarafından zorlanmaktadır. Biyel kollarında sık rastlanan bir deformasyon da bu kesitin zayıflığından dolayı oluşan kırılmalardır.

Gösterilen halka kesitin iç çapı açılan dıştan büyük olmalıdır. Seçilen dış Tr60 olduğuna göre halka çapı 64mm olarak kabul edilebilir. Bu kesite gelen yan yük (F_x) ise bileşke yük prensibine göre aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$F_x = F \cdot \tan 7 \quad (3.57)$$

Pres kuvvetini (F) 450.000 daN alarak,

$$F_x = 450000 \cdot \tan 7 = 55253N$$

olarak hesaplanır. Daha önce hesaplanan biyel kolu malzemesinin emniyetli kopma gerilmesi 125,7 N/mm² olduğuna göre emniyetli kesit alanı aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$A = \frac{55253}{125,7} = 439,5 \text{ mm}^2$$

Halka alanı formülünden halka dış çapını çekersek;

$$r_d = \sqrt{\frac{A}{\pi} + r_i^2} \quad (3.58)$$

Burada;

r_d : Halka Dış Çapı (mm)

r_i : Halka İç Çapı (mm)

Buna göre;

$$r_d = \sqrt{\frac{439,5}{\pi} + 32^2} = 34,11 \text{ mm}$$

olarak elde edilir. Daha önce yapılan tüm hesaplamalar dikkate alınarak oluşturulan biyel kolunun diş kesitine dik en dar dış çapı 115mm olduğuna göre biyel kolu kritik halka kesiti de emniyetli değerler dahilinde olmaktadır.

3.1.4. Pres Kayıt Ayar Vidasının Boyutlandırılması

Kayıt ayar vidası yada bir başka deyiş ile elma vida biyel kolu ile çalışacağı için seçilen diş ölçüleri ve hesaplanan diş boyu da biyel kolu ile aynı olmalıdır. Burada dikkat edilecek bir nokta elma vida diş dibi kesitinin pres tepki kuvvetlerini taşıyabilecek durumda olmasıdır.

Elma vida DIN17200 Islah Çeliklerinden 46Cr2'den imal edilecektir. Buna göre Ek 2'de verilen malzeme dayanım değerlerine bakılarak elma vida malzemesi emniyetli kopma dayanımı hesaplanabilir.

$$\sigma_{em} = \frac{900}{3,5} = 257,14 N/mm^2$$

Tr60x90 anma çaplı dişin diş dibi çapı (d_b) 50,5 olduğuna göre elma vida diş dibi kesiti (A) şu şekilde hesaplanabilir:

$$A = \pi \cdot \frac{d_b^2}{4} \quad (3.59)$$

Buna göre;

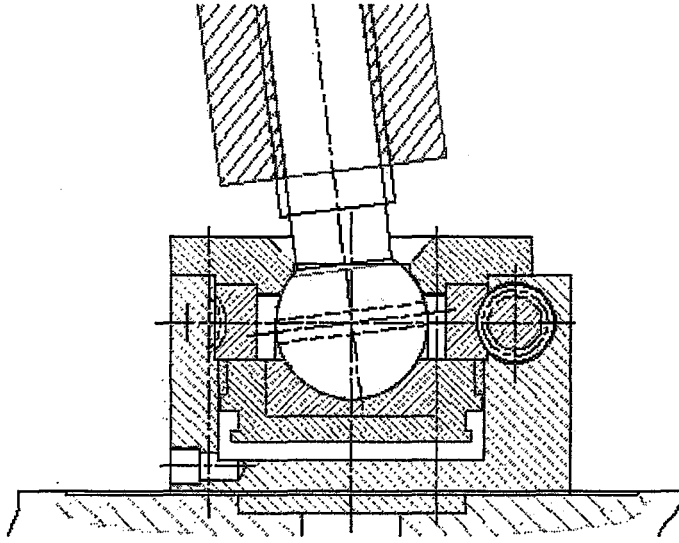
$$A = \pi \cdot \frac{50,5^2}{4} = 2002,96 mm^2$$

Elma vida diş dibi kesitinde pres tepki kuvvetinin yarattığı gerilme aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$\sigma = \frac{450000}{2002,96} = 224,7$$

Hesaplanan gerilme malzemenin emniyetli dayanım değerinden küçük olduğu için elma vida emniyetli olarak kabul edilir.

Krank – Biyel Mekanizmasının doğası gereği Şekil 3.14'den de anlaşılabileceği gibi elma vida bir merkez etrafında salınım hareketi yapmaktadır. Bu kesit, elma vidayı yataklayabilmek ve oluşacak boşlukları kontrol altına alabilmek için küresel olarak dizayn edilir. Bu küre ile çalışacak yüzey ise yarı küre olarak işlenir ve bronz alaşımlı bir malzemeden imal edilir. Böylelikle metal metale çalışmada oluşabilecek deformasyon engellenir.



Şekil 3.14 Pres Elma Vidasını Biyel Kolu Açısı Maksimum Durumdayken Oluşan Konumu

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen ölçülere göre elma vidanın dizaynı yapılarak imalata uygun hale getirilmiştir.

3.1.5. Pres Kayıt Sistemi

Ana hatları ile pres kayıdı üst kalıbı bağlamak için bir tabla, elma vida haznesini yataklayacak bir gövde ve doğrusal hareket kızakları ile yataklanacak kılavuzlardan oluşur. Kayıt yaygın olarak dökme demirden imal edilmekle birlikte, dizaynı yapılan bu preste olduğu gibi kaynak konstrüksiyondan da imal edilebilir. Kayıt üzerinde zorlayıcı kuvvetler birikmemekte ancak kayıt yükleri elma vida üzerinden krank miline ve kızaklar üzerinden gövdeye aktarmaktadır.

Pres kayıt kızıklamaları genel olarak düz veya açılı kesitlere sahip kamalar ile yapılmaktadır. Kamaların kayıt ile çalışan yüzeylerine ise bronz alaşımlı lamalar monte edilerek aşınma minimuma indirilmektedir. Fakat bu çalışmada dizaynı yapılan pres yüksek hızlı olduğu için pres üzerindeki diğer yataklarda da olduğu gibi bronz alaşımlı malzemeler kullanılamamaktadır. Bu durumda pres kızakları için doğrusal hareket rulmanları tercih edilmelidir.

Doğrusal hareket rulmanlarının seçilebilmesi için öncelikle üzerlerinde çalışacakları kolon millerin boyutları tayin edilmelidir. Bu kolon milleri üzerlerinde rulmanlı yataklar çalışacağından taşlanmalıdırlar. Bu nedenle malzemeleri Sementasyon Çeliklerinden

20MnCr5 olarak seçilmiştir. Kayıt paralelliğini sağlıklı bir şekilde sağlayabilmek için kolon millerden dört adet kullanılmalı ve miller gövde üzerine paralel bir şekilde yataklanmalıdır.

Pres kayıt kızaklamasını yapacak kolon milleri üzerinde etkili tek kuvvet daha önce hesaplanmış olan pres yan yüküdür. Bu kuvvet etkisi altında kolon milleri kesilme gerilmesi ile zorlanacaktır. Fakat kayıtın bir tarafında iki adet mil olacağından pres yan yükünün yarısı bir mile etkiyor olarak kabul edilebilir. Seçilen kolon mili malzemesinin Ek 2'e göre dayanım değeri (σ) 1080 N/mm² olduğuna göre daha önce de yapılan hesaplamalara benzer olarak emniyetli malzeme gerilmesi (σ_{em}), emniyet katsayısı (S) 3,5 alınarak ve 3.32 nolu denkleme göre de emniyetli mil kesit alanı (A) hesaplanabilir. Buna göre;

$$\sigma_{em} = \frac{1080}{3,5} = 308,57 \text{ N/mm}^2$$

$$A = \frac{55253/2}{308,57} = 89,53 \text{ mm}^2$$

olarak elde edilir ve emniyetli mil çapı (d) hesaplanabilir;

$$d \geq \sqrt{\frac{4.89,53}{\pi}} \geq 33,54 \text{ mm}$$

Hesaplanan emniyetli kolon mili çapı göz önüne alınarak standart mil çaplarına uygun olarak kolon mili çapı 40mm olarak kabul edilmiştir. Seçilen bu kolon milleri üzerinde çalışacak doğrusal hareket rulmanları ise doğrusal hareket rulmanlarından KB 4080 olarak seçilmiştir.

Yapılan hesaplamalar ve kabuller ışığında pres kayıtları Ek 6'daki görüntülerdeki gibi dizayn edilerek kaynak konstrüksiyonu yapılmıştır.

3.1.5.1. Kayıt Yükseklik Ayarı

Kayıt yüksekliği presin alt ve üst tablaları arasındaki mesafeyi tayin etmektedir. Bu ayar pres ile beraber kullanılacak olan kalıba ve kalıbı yükleme yöntemine bağlıdır. Bir pres üzerinde farklı kalıplar da kullanılabileceğinden bu ayar değişken olmalıdır ve kullanıcının isteğine göre ayarlanabilmelidir.

Elma vida küresinin montaj detayı Ek 7’ de gösterilmiştir. Burada 4 ve 5 nolu parçalar elma vidayı döndürerek kayıt yükseklik ayarının yapılmasını sağlayan sonsuz vida grubudur. Elma vida ile sonsuz vida arasındaki bağlantı, elma vida küre merkezinden geçen ve sonsuz vida dişlisindeki yuvalara oturan bir pim sayesinde yapılmaktadır. Sonsuz vida milinin kayıttan dışarı doğru uzatılan bir kol yardımı ile döndürülmesi sağlanır. Böylelikle elma vida döndürülerek kayıt istenildiği gibi yukarı veya aşağıya hareket ettirilebilir. Büyük tonajlı preslerde kayıt ağırlıkları ve sürtünmeler arttığından ve kayıt ulaşılması zor yüksekliklere çıkabildiğinden bu ayar bir motor yardımı ile otomatik olarak da yapılabilir. Fakat dizaynı yapılan 40 Ton Laminasyon presinde kayıt ağırlığı balansıyer pistonlar ile dengelendiğinden ve kayıt ergonomik olarak zor ulaşılacak bir seviyede bulunmadığından bu ayarın el ile yapılması uygun görülmüştür.

Kayıt yükseklik ayarı için sonsuz vida grubu kullanılmadığı durumlarda elma vidanın, pres çalışması esnasında ileri veya geri dönmesini engellemek amacı ile sisteme bir kilit veya kontura somunu konur. Fakat bu sistem gibi sonsuz vida ile çalışan sistemlerde sonsuz vida daima milden tahrik edildiği ve dişli tarafından döndürülmek istendiğinde oto blokaj oluştuğu için böyle bir kilit sistemine gerek kalmamaktadır. Bu nedenle dizaynı yapılan elma vida için kilit ünitesi ön görülmemiştir.

Ayrıca, Ek 7’de gösterilen 2 nolu elma vida kapağı olarak adlandırılan parça sayesinde sonsuz vida grubunun ve elma vida küresinin çalışma boşlukları kontrol altına alınarak optimum çalışma koşulları oluşturulmuştur.

3.1.5.2. Pres Aşırı Yük Engelleme Sistemi

Eksantrik presler çalışma prensibi olarak alt ölü noktalarında maksimum kuvvetlerin ulaşırlar ve çalıştıkları kalıbın içinde stroklarını tamamlamış durumda olur. Tam bu noktada karşılına daha fazla kuvvet gerektiren bir iş çıkarsa pres sıkışabilir. Bu durumda pres aşırı yüklenmiş olur ve tüm elemanlar o yük altında sıkışıp kalırlar. Bu sıkışma sonucu presin ileri veya geri hareketi mümkün olmadığından pres hareketsiz olarak alt ölü noktada durur. Bu durum pres elemanlarını zorladığı gibi presi tahrik eden motoru durdurarak elektrik devrelerini de zorlar. Bu olay sonucu pres hareket ve kuvvet zincirindeki en zayıf halka yıpranacak ve deformasyona uğrayacağı gibi presi çalıştırmak mümkün olmayacaktır.

edildikçe piston silindir içerisinde hareket eder ve görevini yerine getirerek istenilen kurtarma boşluğunu oluşturur.

Hidrolik sigortanın kullanıldığı preslerde, presin aşırı yükleme durumunda boşalan silindir herhangi bir parça değişimine gerek kalmaksızın doldurulabilmekte ve mekanik sigortaya göre çok daha kısa sürede pres tekrar çalışmaya başlamaktadır.

Bu çalışma ile dizaynı yapılan laminasyon presinde hidrolik sigorta kullanılmıştır. Ek 7'deki montaj resminde görülen 3 numaralı hazne aynı zamanda hidrolik sigorta silindiri olmakta ve 7 nolu parçada hidrolik sigorta pistonu görevi yapmaktadır. Pres üzerine yerleştirilen emniyet valfi ve manometre yardımıyla pres kuvveti 45 Ton seviyesini aştığı anda hazne içerisinde bulunan yağ tahliye olmakta ve presin sıkışması veya zorlanması engellenerek daha uzun ömürlü olması sağlanmaktadır.

3.1.5.3. Pres Dengeleyici Pistonları

Pres kayıtının rahat çalışabilmesi, pres çalışma konforu ve sessizliği ve kayıt yükseklik ayarı ve pres strok ayarının rahat yapılabilmesi için pres üzerine, kayıt ve onun üzerine bağlanacak kalıbın ağırlığını kaldırabilecek ölçülerde dengeleyici pnömatik pistonlar yerleştirilir.

Bu pistonlardan pres üzerinde, kayıt merkezine yakın olarak bir tane yerleştirilebileceği gibi aynı yükü taşıyacak şekilde merkeze göre simetrik olarak birden fazla da yerleştirilebilir. Buradaki simetrinin amacı çalışırken kayıtın paralel hareketini destekleyerek rahat çalışmasını sağlamaktır.

Dengeleyici piston seçimi için öncelikle kullanılacak kayıt ve üzerine monte edilecek elemanların ağırlıkları tespit edilmelidir. Dizaynı yapılan pres için yaklaşık kayıt, elma vida haznesi, elma vida kapağı, Sonsuz vida grubu ve elma vida pistonunun yaklaşık ağırlıkları sırası ile 275 kg, 45 kg, 11 kg, 14 kg ve 9 kg olarak hesaplanmıştır. Buna göre pres üzerine bağlanacak dengeleyici pistonlar yaklaşık 350 kg'lık bir ağırlığı dengeleyebilmelidirler.

İki adet dengeleyici piston kullanılacağı öngörülerek pistonlardan birinin 175 kg taşıyacağı kabul edilebilir. Bu ağırlık yaklaşık olarak 1750 N olarak alınırsa ve dengeleyici pistonların 6,5 barda çalışacağı da göz önüne alınarak piston silindir alanı aşağıdaki denklem yardımı ile hesaplanabilir.

$$A = \frac{F}{P} \quad (3.60)$$

Burada;

A : Piston Alanı (cm^2)

F : Pistonun Taşıyabileceği Kuvvet (daN)

P : Piston Çalışma Basıncı (Bar)

Bu denkleme göre gerekli piston alanı hesaplanabilir.

$$A = \frac{175}{6,5} = 26,92 \text{ cm}^2$$

Ve gereken piston çapı (d) elde edilir.

$$d \geq \sqrt{\frac{4.2692}{\pi}} \geq 58,54 \text{ mm}$$

Bu durumda dizaynı yapılan eksantrik presin kayıtnı dengeleyebilmek için 60 mm piston çapına sahip iki adet pnömatik silindir kullanılmalıdır.

3.2. Pres Gövdesinin Boyutlandırılması ve Deformasyon Analizi

3.2.1. Gövde Boyutlandırılması

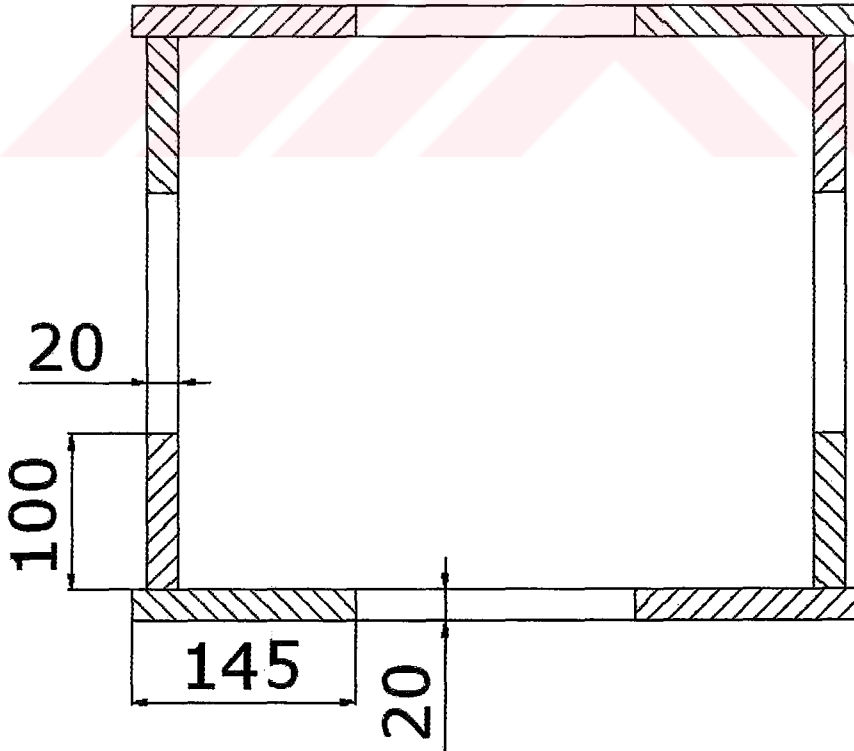
Pres dizaynına başlarken öncelikle pres gövdesinin pres mukavemeti sağlayacak şekilde minimum ölçüleri tayin edilir. Daha sonra dizayn gereklilikleri ve pres parçalarının bağlanma ve montaj kolaylıkları göz önüne alınarak pres ölçülerinin nihai değerleri belirlenir. Laminasyon pres gövdesi, hızlı çalışması esnasında sağlıklı kızak yataklaması sağlanabilmesi amacı ile H tipi gövde olarak düşünülmüş ve gövde hesapları buna göre yapılmıştır.

H tipi gövdeli bir pres, ana hatlarıyla dört adet kaynak konstrüksiyonlu kolon arasında ve bu kolonlara kızaklanmış şekilde çalışan bir kayıt sistemine sahiptir. Bu sistem sayesinde darbe

esnasında oluşan tepki kuvvetleri kayıt üzerinden gövdeye homojen olarak dağıtılır. Bu taşıyıcı kolonlar gövdenin altında ve üstünde kaynak konstrüksiyonlarla birbirine bağlanmış ve gövdenin bütünlüğü sağlanmıştır.

Böyle bir konstrüksiyonda, pres darbe sırasında gövde kolonlarını uzatmaya çalışacağından kritik mukavemet noktaları kolonlar olarak kabul edilir. Bir başka deyişle pres yükünü bu dört kolon emniyetli bir şekilde deforme olmaksızın taşıyabiliyorsa gövde konstrüksiyonu sağlam olarak kabul edilebilir. Bu nedenle öncelikle bu kolonların mukavemet hesapları yapılarak boyutları belirlenmelidir. Bu çalışmada bu hesabı yapabilmek için daha önce dizayn edilen eksantrik presler göz önüne alınarak uygun bir kesit seçilmiş ve bu kesitin hesabı yapılarak boyutların uygunluğu kontrol edilmiştir.

Şekil 3.16'da 40 Ton Laminasyon Pres için seçilen taşıyıcı kolonların kesiti görülmektedir. Bu kesit presin yan, ön veya arka saçlarının birleşmesiyle meydana gelecektir. Yan, ön ve arka saçlar pres boyunca ve enince tek parça olacakları halde kritik kesit olarak kabul edilen darbe düzleminde, malzeme yükleme pencereleri içerdiklerinden, saçların birleşme köşelerinden pencerelere kadar olan boyutları pres taşıyıcı kolonu olarak kabul edilir.



Şekil 3.16 Gövde Ana Kolonları

Pres dört taşıyıcı kolon üzerine kurulduğu için her bir kolon pres tonajının dörde birini taşıyacaktır. Bu durumda bir taşıyıcı kolon 10 ton taşımak zorundadır.

Darbe esnasında oluşacak gerilme malzeme mukavemetinden küçük olursa kesit emniyetli bir şekilde yükü taşıyor olarak kabul edilir. Buna göre;

$$\sigma_K \geq \sigma \quad (3.61)$$

ve,

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.62)$$

Burada;

σ_K : Malzemenin Kopma Mukavemeti (N/mm²)

F : Kesitin Taşıyacağı Yük (N)

A : Kesit Alanı (mm²)

S : Emniyet Katsayısı

Pres vurma kuvveti pres gövdesini istikrarını pres maksimum kuvvete ulaştığı anda da koruyabilmek için pres gövdesinin mukavemet hesabı ve analizleri pres maksimum kuvvetinin %10'u kadar fazlası için yapılmalıdır. Bu değer, 40 ton anma kuvvetine sahip laminasyon presleri için 450.000 N olarak alınarak hesaplamalar tamamlanacaktır. Pres çalışması esnasında, krank ile birlikte dönen kalıp, kayıt ve biyel kolundan oluşan eksantrik kütlenin (m_i) krank dönme hareketinin ivmesinden (a) kaynaklanan bir ek kuvvet (F_i) oluşturacağı da göz önüne alınmalıdır. Bu durum matematiksel olarak aşağıdaki gibi modellenir.

$$F_i = m_i \cdot a \quad (3.63)$$

Krank hareketinin ivmesi (a) ise krank milinin çizgisel hızı ve daha önce Şekil 3.2'de gösterilen presin iş yüksekliği (x) yardımı ile hesaplanabilir. (Gieck, 1982);

$$a = \frac{v^2}{2x} \quad (3.64)$$

Krank milinin çizgisel hızı ise krank hareketinin yarı çapı olan pres toplam eksantrikliğin (e) krank açısal hızı (w) ile çarpından elde edilir.

$$v = w.e \quad (3.65)$$

Ve krank açısal hızı (w) da aşağıdaki ana denklem yardımı ile bulunur.

$$w = \frac{\pi.n}{30} \quad (3.66)$$

Buradaki hareket devri (n) aynı zamanda pres devri olmakta ve bu hesaplamalar için 600 d/dak. olarak maksimum değeri göz önüne alınacaktır. Bu durumda;

$$w = \frac{\pi.600}{30} = 62,8 \text{ rad / sn}$$

$$v = 62,8.0,015 = 0,94 \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{0,94^2}{2.0,002} = 221 \text{ m / sn}^2$$

$$F_i = 350.221 = 77351,11 \text{ N}$$

şeklindeki ek kuvvet elde edilir. Buna bağlı olarak pres tablasına etkiyecek toplam kuvvet ise;

$$F_N = 450000 + 77351,11 = 527351,11 \text{ N}$$

olarak hesaplanır.

Pres gövde konstrüksiyonunda, Ek 2'de dayanım değerleri verilen malzemelerden DIN17100 genel konstrüksiyon çeliklerinden St 37-2 kullanılacağı göz önüne alınarak malzeme kopma mukavemeti 370 N/mm² olarak;

$$\sigma = \frac{527351,11}{(100.20) + (145.20)} = 107,62 \text{ N / mm}^2$$

$$370 > 107,62$$

olduğundan taşıyıcı kolon kesiti emniyetli olarak kabul edilmiştir. Ve pres gövdesinin emniyet katsayısı;

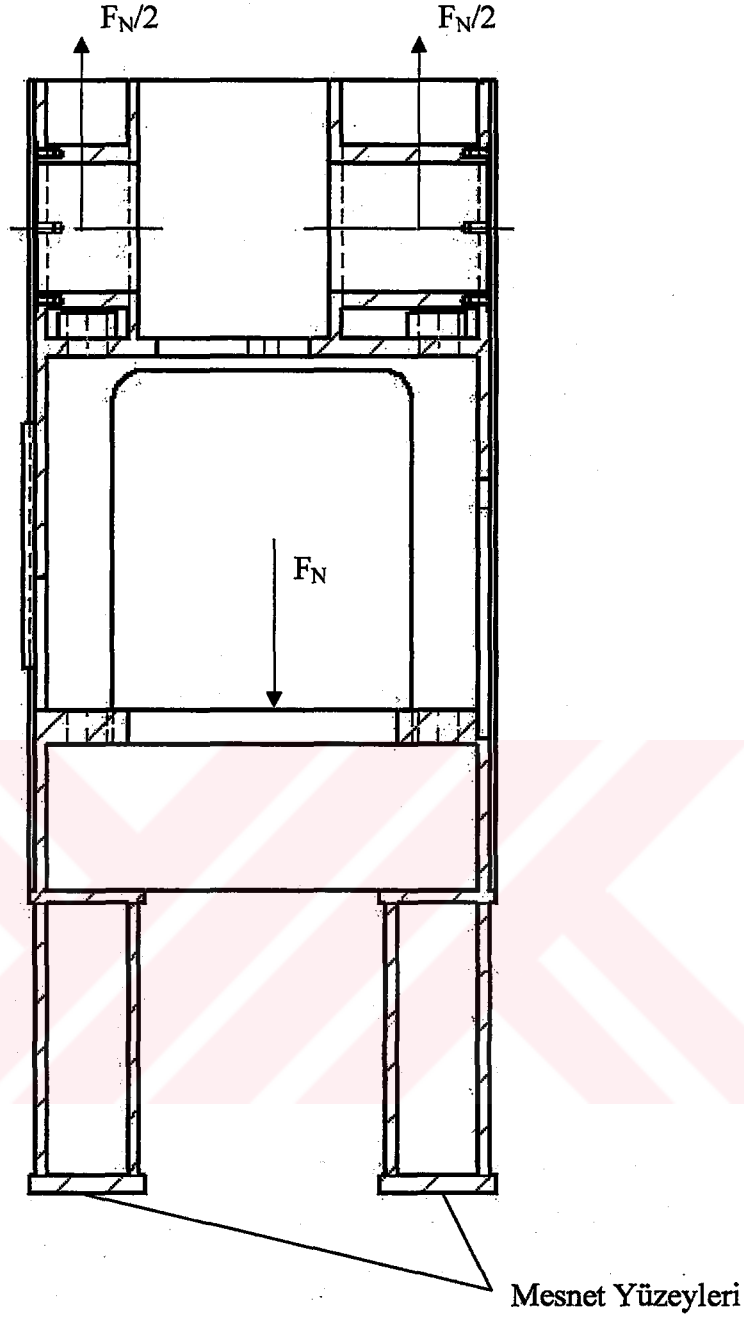
$$\frac{370}{107,62} = 3,44$$

olarak hesaplanır.

Yan ve ön pres çalışma pencereleri sırası ile 420mm ve 510mm olarak kabul edildiğine göre, pres kolonları ile birlikte pres genişliği 800mm ve pres derinliği ise 620mm olarak tayin edilmiş olur.

3.2.2. Gövdenin Deformasyon Analizi

Boyutlandırma hesapları yapılan ve Ek 8’de görünüşleri verilen 40 Ton kapasiteli laminasyon presinin gövdesi SolidWorks yazılım programı yardımı ile CosmoXpress analiz programında deformasyon analizi yapılmıştır. Bu analiz sırasında pres gövde tablasına pres vurma kuvvetinin yanı sıra krank ile birlikte eksantrik olarak hareket eden kütlenin ivmesinden dolayı oluşan ek kuvvet de etki ettirilmiştir. Ayrıca tablaya etki eden bu kuvvetlerin toplamalarının tepki kuvvetleri krank yataklarına etki ettirilmiştir. Şekil 3.17’de de görüldüğü gibi krank yataklarının vurma eksenine uzaklığı aynı olduğundan yataklara etki ettirilen tepki kuvvetleri birbirine eş ve toplam kuvvetin yarısı olarak alınmıştır. Bu kuvvetler gövde üzerine etki ettirilirken gövdenin mesnet noktası olarak da gövde ayaklarının yere bağlandığı yüzeyler seçilmiştir. Bu mesnet yüzeyleri de şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Pres Gövdesine Etki Ettirilen Kuvvetler ve Mesnet Yüzeyleri

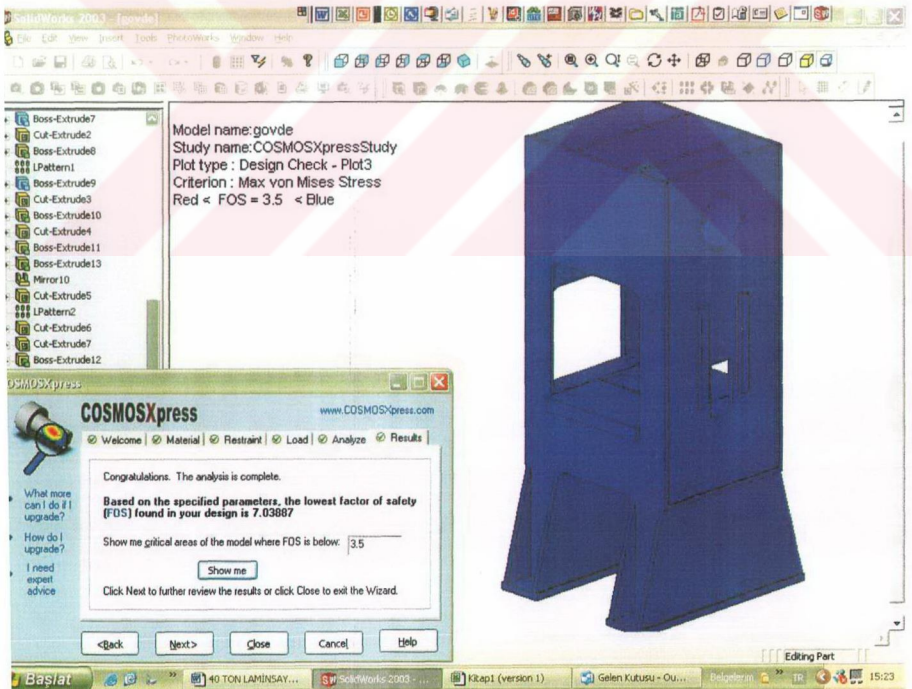
Yapılan bu analiz sonucunda pres gövdesi üzerindeki en düşük emniyet faktörü 7,03887 olarak program tarafından hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ise emniyet katsayısı 3,44 olarak bulunmuş idi. Program tarafından hesaplanan değer, hesaplamalar sonucunda elde edilen emniyet katsayısının yaklaşık 2 katı çıkmıştır. Ayrıca analiz programı tarafından pres gövdesi üzerindeki maksimum eşdeğer gerilme (Von Mises Gerilmesi) $51,92 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Daha önce yapılan gövde mukavemet hesaplarında ise pres kolonları üzerindeki gerilin $107,62 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştu El ile yapılan hesaplamalarda presin kritik kesiti

olarak uzama etkilerine maruz kalacağı ön görüldüğünden pres ana kolonları üzerinde durulmuştu ve diğer destek konstrüksiyonları dikkate alınmamıştı. Bu nedenle, muhtemeldir ki, el ile yapılan hesaplamaların sonucunda elde edilen emniyet katsayısı daha düşük ve gerilme değeri daha yüksek çıkmıştır.

Ayrıca yapılan analiz statik durum analizi olmasına rağmen, analiz sırasında dikkate alınan kuvvetler pres çalışma şartlarının en yüksek değerleri olduğun dinamik durumun da bir yansıması olarak kabul edilmiştir.

Yapılan irdelemeler ve analiz değerlerinin ışığında analizi yapılan pres gövdesinde deformasyonun görülmeyeceği sonucuna varılmıştır. Hesaplamalar ve katı model oluşturulması sırasında ele alınan ölçülere haiz gövdenin 40 Ton anma kuvvetli laminasyon presi için uygun olduğuna böylece karar verilmiştir.

Aşağıda ise incelenen pres gövdesinin ComsoXpress programına ait analiz görüntüleri görülmektedir.



Şekil 3.18 Gövde Analiz Sonucu

Böylelikle bu çalışmalar ile yapılan hesaplamalar, analizler ve kontrol ışığında hızı dakikada 150 ile 600 devir arasında değişen 40 Ton kapasiteli Laminasyon Presinin tasarımı yapılarak hayata geçirilebilecek hale getirilmiş olur.



4. SONUÇ

Bu Yüksek Lisans Tezinde, yüksek hızından dolayı özel bir eksantrik pres olan laminasyon presin tasarımılanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, öncelikle, dövme basma makinaları içinde yer alan mekanik presler üzerinde durulmuştur. Mekanik presler içinde önemli bir yeri olan eksantrik preslerin özellikleri verilerek tanıtılmıştır.

Dizaynı amaçlanan laminasyon presinin kuvveti, sanayinin talebi olan bir nominal kuvvet seviyesi olarak 40 ton olarak belirlenmiştir. İstenen tasarımının gerçekleştirilebilmesi için öncelikle, istenen pres kuvvetini sağlamak için gerekli temel pres elemanları seçilmiştir. Bundan sonra, pres elemanlarının birbirleri ile uyumlu şekilde çalışması için gerekli ara elemanların seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, preslerin kullanım şekilleri ve önemli kısımları incelenmiş ve bu presin imalatı için gerekli boyutlandırmalar yapılarak, tez içerisinde ilgili çizimlere yer verilmiştir.

Ayrıca bu yüksek lisans tezi ile dizaynı yapılan laminasyon presinin her aşamada kontrol hesaplamalarına da yer verilmiştir ve bu kontrollere ek olarak pres volanının ve gövdesinin SolidWorks üç boyutlu CAD çizim programı içerisinde çalışan CosmoXpress yazılımı yardımı ile dayanım analizi yapılmıştır. Yapılan bu analizler sonucunda pres volanı yaklaşık 7,5 kat ve pres gövdesi de yaklaşık 7 kat emniyetli olarak bulunmuştur. Hesaplamalar sırasında ise laminasyon presi dizaynı için öngörülen emniyet katsayısı ise 3,5 idi. Bu sayısal değerlendirmeler ile pres volanı ve gövdesinin pres çalışması sırasında herhangi bir deformasyona uğramayacağı kabul edilmiştir. Burada yapılan analizler statik analiz olmalarına karşın, özellikle pres üzerindeki dinamik halin en yüksek değerleri alınarak pres çalışması sırasında ulaşılabilecek en büyük gerilme değerlerine göre emniyet sağlamak amaçlanmıştır.

Ayrıca laminasyon presinin yüksek hızlı çalışma sistemi göz önüne alınarak pres ana mili olan eksantrik yapıdaki krank mili ile birlikte hareket eden eksantrik kütlelerin kritik devir analizi yapılarak pres çalışma devrinin rezonans bölgesinden uzak olduğu gösterilmiştir.

Yapılan hesaplamalar, analizler ve kontrol ile ulaşılan sonuçlara ilişkin olarak laminasyon presinin imalat ölçüleri oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, ifade etmek gerekirse; bu Yüksek Lisans Tezi ile, endüstrinin sık rastlanan talepleri arasında olan ve farklı amaçlar ile kullanılabilecek olan bir laminasyon pres tasarımı yapılmış ve detayları verilmiştir. Böylelikle, sanayide kullanılabilecek bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Oluşturulan bu proje gerekli fizibilite çalışmalarının ardından hayata geçirilmiş ve imalatı tamamlanmıştır. Çeşitli şartlarda farklı testlere tabii tutularak dayanım değerleri ve pres kuvvetinin arzu edilen seviyelerde olduğu onaylanmıştır. Şekil 4.1’de imalatı ve kalite kontrolleri tamamlanmış 40 Ton Nominal Kapasiteli Laminasyon Presinin teşhir halindeki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.1 40 Ton Nominal Kapasiteli Laminasyon Presinin Teşhir Görüntüleri

KAYNAKLAR

Akkurt, M., (2000), "Makine Elamanları Cilt I-II", Birsen Yayınevi, İstanbul.

Bouche, Ch., Leiher, A., Sass, F., (1961), "Dubbels Taschenbuch Für den Maschinenbau", Springer – Verlag, Berlin.

Çakmak, M. S., (1993), "Volan ve Volan Hesapları", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Yayınları No. 279, İstanbul.

Çiftçi, Y., (2003), "Toz Metalurjisinde Tozların Preslenmesi ve Kullanılan Preslerin Tanımı", T.C. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine Projesi, Ankara.

Çiğdem, M. (1996), "İmal Usulleri", Çağlayan Kitapevi, İstanbul.

Dikmen F., (1999), "Makine Elamanları Ders Notları", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Erdoğan, A., S., (2003), "Eksantrik Pres Tasarımı", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, İstanbul.

Gieck, K., (1982), "Mühendislik Formülleri", Güven Yayıncılık, Ankara.

Güçlü R., (2000), "Makine Dinamiği Ders Notları", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Köse, R. K., (2003), "Rezonans – Kritik Hız Makine Arızalarının Temel Sorunu", Mühendis ve Makine Cilt: 45 Sayı: 538, İstanbul.

Makelt, H., (1968), "Mechanical Presses", Edward Arnold, London.

Yurci, E., (1997), "Talaşsız Şekil Verme", T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Yayınları No. 97.0248, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.ozkalmakina.com
- [2] www.ortlinghaus.at
- [3] www.physics.artin.edu.au
- [4] www.howstuffworks.com
- [5] www.makinaclub.com
- [6] www.manufacturingtalk.com



EKLER

Ek 1 Laminasyon Presi Volan Teknik Resmi

Ek 2 Malzeme Mukavemet Dayanım Değerleri

Ek 3 Kayış Malzemelerinin Mekanik Özellikleri

Ek 4 Rulmanlı Yatak Katalog Değerleri

Ek 5 Pnömatik Fren – Kavrama Grubu Katalog Değerleri

Ek 6 Laminasyon Pres Kayıt Görünüşleri

Ek 7 Laminasyon Pres Elma Vida Montaj Detay Görünüşü

Ek 8 Laminasyon Pres Gövdesi Görünüşleri

Ek 9 Laminasyon Pres Krank Mili Teknik Resmi



EK 1

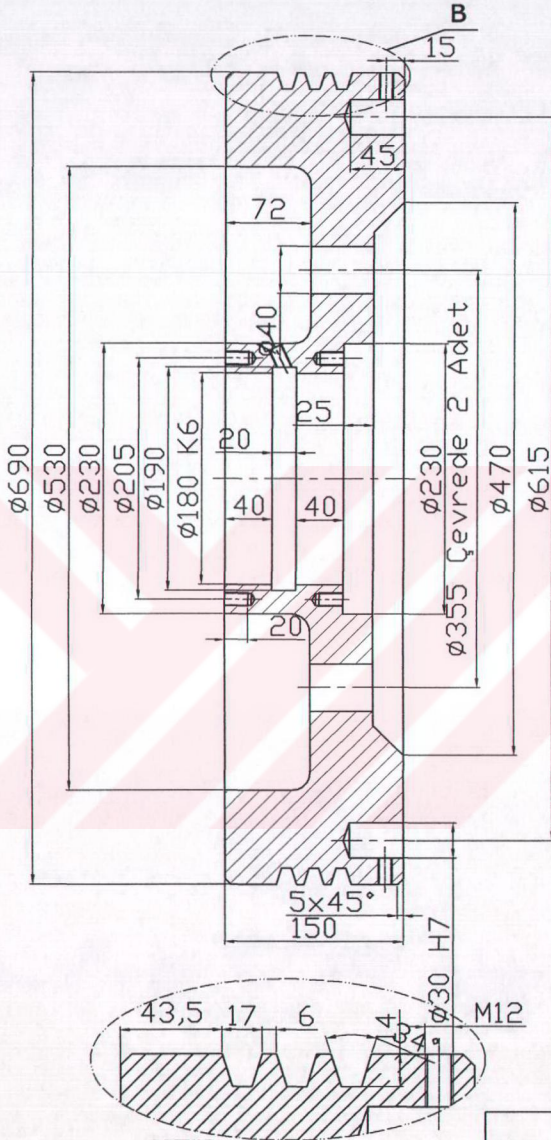
LAMİNASYON PRESİ VOLAN TEKNİK RESMİ

1

2

3

4



A DETAYI
ÖLÇEK : 2/1

Ø30H7	Ø30.03	Ø180 K6	Ø180.00
	Ø30.00		Ø179.98

POZİSYON NO 1

ADET	2	İSİM	TARİH	İMZA	R.KODU	REVİZYON	REV.TARİHİ	REV.YAPAN
MALZ.	GG 24	ÇİZEN	D. YAVUZ	18.08.2004				
AĞIRL.	274.9 Kg	KONT.	P. TUĞRUL	18.08.2004				
T.AĞIRL.	274.9 Kg	ONAY	E. COŞAR	18.08.2004				

PARÇA ADI

40 CM/P - YAN PLAKA

ÖZKAL MAKİNA

RESİM NO EC40M/P0-101

..... NOLU RESİM YERİNE

EK 2

MALZEME MUKAVEMET DAYANIM DEĞERLERİ

MALZEME CİNSİ		STATİK (d < 16 mm)				DİNAMİK			
		Kopma Dayanımı	Akma Dayanımı			Yorulma Dayanımı			
			Çekme	Eğilme	Burulma	Çekme	Eğilme	Burulma	
		σ_K	$\sigma_{AK(c)}$	$\sigma_{AK(e)}$	τ_{AK}	$\sigma_{D(c)}$	$\sigma_{D(e)}$	τ_D	
DIN17100	St 37-2	370	240	330	140	150	170	100	
Genel Konstr. Çelik- len ⁽¹⁾	St 44-2	440	280	380	160	180	200	120	
	St 50-2	500	300	410	170	210	240	140	
	St 60-2	600	340	470	190	250	280	160	
	St 70-2	700	370	510	210	300	330	190	
DIN17200	Ck 22	550	350	490	250	220	240	170	
	Ck 45	700	500	700	350	280	310	210	
	46Cr2	900	650	900	460	370	390	270	
	41Cr4	1000	800	1000	560	410	440	300	
Çelik- len ⁽²⁾	50CrMo4	1100	900	1100	630	450	480	330	
DIN17210	Ck 15	740	440	610	250	330	370	210	
Semen- tasyon Çelik- len ⁽³⁾	15Cr3	780	510	710	290	350	390	220	
	16MnCr5	880	640	880	360	390	440	250	
	20MnCr5	1080	740	1030	420	480	540	310	
	18CrNi8	1230	840	1170	480	550	610	350	
DIN 17221	51Si7	1320	1130	1320	780	540	580	390	
Yay Çel.	50CrV4	1370	1180	1370	820	560	600	410	
DIN 17221 Yay Çe. Tel ⁽⁴⁾ (Çapa bağlı Verilir)	A	d=1 mm	1600	1400	1600	960	650	700	480
		d=5 mm	1200	1050	1200	720	490	520	360
		d=10 mm	1000	880	1000	600	410	440	300
	C	d=1 mm	2300	2000	2300	1380	940	1000	690
		d=5 mm	1640	1440	1640	980	670	720	490
		d=10 mm	1340	1160	1340	800	540	580	400
DIN 1681	GS 45	450	230	300	140	190	180	110	
D.Çelik	GS 60	600	300	390	180	240	240	140	
DIN 1693	GGG40	400	250	350	200	140	200	120	
Kü.Gra. D.Demir	GGG50	500	300	420	240	160	220	130	
	GGG70	700	400	560	320	210	300	180	
DIN 1691	GG15	150	-	160	100	40	70	60	
La.Gra. D.Demir	GG20	200	-	240	170	60	100	90	
	GG30	300	-	320	250	80	140	120	

EK 3

KAYIŞ MALZEMELERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

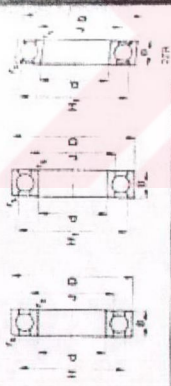
Region	Region class	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁	Q ₁₂	Q ₁₃	Q ₁₄	Q ₁₅	Q ₁₆	Q ₁₇	Q ₁₈	Q ₁₉	Q ₂₀	Q ₂₁	Q ₂₂	Q ₂₃	Q ₂₄	Q ₂₅	Q ₂₆	Q ₂₇	Q ₂₈	Q ₂₉	Q ₃₀	Q ₃₁	Q ₃₂	Q ₃₃	Q ₃₄	Q ₃₅	Q ₃₆	Q ₃₇	Q ₃₈	Q ₃₉	Q ₄₀	Q ₄₁	Q ₄₂	Q ₄₃	Q ₄₄	Q ₄₅	Q ₄₆	Q ₄₇	Q ₄₈	Q ₄₉	Q ₅₀	Q ₅₁	Q ₅₂	Q ₅₃	Q ₅₄	Q ₅₅	Q ₅₆	Q ₅₇	Q ₅₈	Q ₅₉	Q ₆₀	Q ₆₁	Q ₆₂	Q ₆₃	Q ₆₄	Q ₆₅	Q ₆₆	Q ₆₇	Q ₆₈	Q ₆₉	Q ₇₀	Q ₇₁	Q ₇₂	Q ₇₃	Q ₇₄	Q ₇₅	Q ₇₆	Q ₇₇	Q ₇₈	Q ₇₉	Q ₈₀	Q ₈₁	Q ₈₂	Q ₈₃	Q ₈₄	Q ₈₅	Q ₈₆	Q ₈₇	Q ₈₈	Q ₈₉	Q ₉₀	Q ₉₁	Q ₉₂	Q ₉₃	Q ₉₄	Q ₉₅	Q ₉₆	Q ₉₇	Q ₉₈	Q ₉₉	Q ₁₀₀
Kazakhstan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Tajikistan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kyrgyzstan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Uzbekistan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Turkmenistan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Azerbaijan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Armenia	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Georgia	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Chechnya	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Dagestan	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Ingushetia	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabardino-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Chechenskaya	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial	6	60	0,15	30	0,04	35	3,00	35	6	0,95, 10	42 tons																																																																																									
Kabard-Balkar	Standard	1	5	30	0,10	5	0,033	35	2,50	25	7	1,50	42 tons																																																																																								
	Industrial																																																																																																				

EK 4

RULMANLI YATAK KATALOG DEĞERLERİ

FAG Deep Groove Ball Bearings

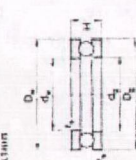
single row



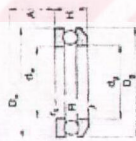
Shaft	Dimensions				B	H	H ₁	J	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉	J ₁₀	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄	J ₁₅	J ₁₆	J ₁₇	J ₁₈	J ₁₉	J ₂₀	J ₂₁	J ₂₂	J ₂₃	J ₂₄	J ₂₅	J ₂₆	J ₂₇	J ₂₈	J ₂₉	J ₃₀	J ₃₁	J ₃₂	J ₃₃	J ₃₄	J ₃₅	J ₃₆	J ₃₇	J ₃₈	J ₃₉	J ₄₀	J ₄₁	J ₄₂	J ₄₃	J ₄₄	J ₄₅	J ₄₆	J ₄₇	J ₄₈	J ₄₉	J ₅₀	J ₅₁	J ₅₂	J ₅₃	J ₅₄	J ₅₅	J ₅₆	J ₅₇	J ₅₈	J ₅₉	J ₆₀	J ₆₁	J ₆₂	J ₆₃	J ₆₄	J ₆₅	J ₆₆	J ₆₇	J ₆₈	J ₆₉	J ₇₀	J ₇₁	J ₇₂	J ₇₃	J ₇₄	J ₇₅	J ₇₆	J ₇₇	J ₇₈	J ₇₉	J ₈₀	J ₈₁	J ₈₂	J ₈₃	J ₈₄	J ₈₅	J ₈₆	J ₈₇	J ₈₈	J ₈₉	J ₉₀	J ₉₁	J ₉₂	J ₉₃	J ₉₄	J ₉₅	J ₉₆	J ₉₇	J ₉₈	J ₉₉	J ₁₀₀	J ₁₀₁	J ₁₀₂	J ₁₀₃	J ₁₀₄	J ₁₀₅	J ₁₀₆	J ₁₀₇	J ₁₀₈	J ₁₀₉	J ₁₁₀	J ₁₁₁	J ₁₁₂	J ₁₁₃	J ₁₁₄	J ₁₁₅	J ₁₁₆	J ₁₁₇	J ₁₁₈	J ₁₁₉	J ₁₂₀	J ₁₂₁	J ₁₂₂	J ₁₂₃	J ₁₂₄	J ₁₂₅	J ₁₂₆	J ₁₂₇	J ₁₂₈	J ₁₂₉	J ₁₃₀	J ₁₃₁	J ₁₃₂	J ₁₃₃	J ₁₃₄	J ₁₃₅	J ₁₃₆	J ₁₃₇	J ₁₃₈	J ₁₃₉	J ₁₄₀	J ₁₄₁	J ₁₄₂	J ₁₄₃	J ₁₄₄	J ₁₄₅	J ₁₄₆	J ₁₄₇	J ₁₄₈	J ₁₄₉	J ₁₅₀	J ₁₅₁	J ₁₅₂	J ₁₅₃	J ₁₅₄	J ₁₅₅	J ₁₅₆	J ₁₅₇	J ₁₅₈	J ₁₅₉	J ₁₆₀	J ₁₆₁	J ₁₆₂	J ₁₆₃	J ₁₆₄	J ₁₆₅	J ₁₆₆	J ₁₆₇	J ₁₆₈	J ₁₆₉	J ₁₇₀	J ₁₇₁	J ₁₇₂	J ₁₇₃	J ₁₇₄	J ₁₇₅	J ₁₇₆	J ₁₇₇	J ₁₇₈	J ₁₇₉	J ₁₈₀	J ₁₈₁	J ₁₈₂	J ₁₈₃	J ₁₈₄	J ₁₈₅	J ₁₈₆	J ₁₈₇	J ₁₈₈	J ₁₈₉	J ₁₉₀	J ₁₉₁	J ₁₉₂	J ₁₉₃	J ₁₉₄	J ₁₉₅	J ₁₉₆	J ₁₉₇	J ₁₉₈	J ₁₉₉	J ₂₀₀	J ₂₀₁	J ₂₀₂	J ₂₀₃	J ₂₀₄	J ₂₀₅	J ₂₀₆	J ₂₀₇	J ₂₀₈	J ₂₀₉	J ₂₁₀	J ₂₁₁	J ₂₁₂	J ₂₁₃	J ₂₁₄	J ₂₁₅	J ₂₁₆	J ₂₁₇	J ₂₁₈	J ₂₁₉	J ₂₂₀	J ₂₂₁	J ₂₂₂	J ₂₂₃	J ₂₂₄	J ₂₂₅	J ₂₂₆	J ₂₂₇	J ₂₂₈	J ₂₂₉	J ₂₃₀	J ₂₃₁	J ₂₃₂	J ₂₃₃	J ₂₃₄	J ₂₃₅	J ₂₃₆	J ₂₃₇	J ₂₃₈	J ₂₃₉	J ₂₄₀	J ₂₄₁	J ₂₄₂	J ₂₄₃	J ₂₄₄	J ₂₄₅	J ₂₄₆	J ₂₄₇	J ₂₄₈	J ₂₄₉	J ₂₅₀	J ₂₅₁	J ₂₅₂	J ₂₅₃	J ₂₅₄	J ₂₅₅	J ₂₅₆	J ₂₅₇	J ₂₅₈	J ₂₅₉	J ₂₆₀	J ₂₆₁	J ₂₆₂	J ₂₆₃	J ₂₆₄	J ₂₆₅	J ₂₆₆	J ₂₆₇	J ₂₆₈	J ₂₆₉	J ₂₇₀	J ₂₇₁	J ₂₇₂	J ₂₇₃	J ₂₇₄	J ₂₇₅	J ₂₇₆	J ₂₇₇	J ₂₇₈	J ₂₇₉	J ₂₈₀	J ₂₈₁	J ₂₈₂	J ₂₈₃	J ₂₈₄	J ₂₈₅	J ₂₈₆	J ₂₈₇	J ₂₈₈	J ₂₈₉	J ₂₉₀	J ₂₉₁	J ₂₉₂	J ₂₉₃	J ₂₉₄	J ₂₉₅	J ₂₉₆	J ₂₉₇	J ₂₉₈	J ₂₉₉	J ₃₀₀	J ₃₀₁	J ₃₀₂	J ₃₀₃	J ₃₀₄	J ₃₀₅	J ₃₀₆	J ₃₀₇	J ₃₀₈	J ₃₀₉	J ₃₁₀	J ₃₁₁	J ₃₁₂	J ₃₁₃	J ₃₁₄	J ₃₁₅	J ₃₁₆	J ₃₁₇	J ₃₁₈	J ₃₁₉	J ₃₂₀	J ₃₂₁	J ₃₂₂	J ₃₂₃	J ₃₂₄	J ₃₂₅	J ₃₂₆	J ₃₂₇	J ₃₂₈	J ₃₂₉	J ₃₃₀	J ₃₃₁	J ₃₃₂	J ₃₃₃	J ₃₃₄	J ₃₃₅	J ₃₃₆	J ₃₃₇	J ₃₃₈	J ₃₃₉	J ₃₄₀	J ₃₄₁	J ₃₄₂	J ₃₄₃	J ₃₄₄	J ₃₄₅	J ₃₄₆	J ₃₄₇	J ₃₄₈	J ₃₄₉	J ₃₅₀	J ₃₅₁	J ₃₅₂	J ₃₅₃	J ₃₅₄	J ₃₅₅	J ₃₅₆	J ₃₅₇	J ₃₅₈	J ₃₅₉	J ₃₆₀	J ₃₆₁	J ₃₆₂	J ₃₆₃	J ₃₆₄	J ₃₆₅	J ₃₆₆	J ₃₆₇	J ₃₆₈	J ₃₆₉	J ₃₇₀	J ₃₇₁	J ₃₇₂	J ₃₇₃	J ₃₇₄	J ₃₇₅	J ₃₇₆	J ₃₇₇	J ₃₇₈	J ₃₇₉	J ₃₈₀	J ₃₈₁	J ₃₈₂	J ₃₈₃	J ₃₈₄	J ₃₈₅	J ₃₈₆	J ₃₈₇	J ₃₈₈	J ₃₈₉	J ₃₉₀	J ₃₉₁	J ₃₉₂	J ₃₉₃	J ₃₉₄	J ₃₉₅	J ₃₉₆	J ₃₉₇	J ₃₉₈	J ₃₉₉	J ₄₀₀	J ₄₀₁	J ₄₀₂	J ₄₀₃	J ₄₀₄	J ₄₀₅	J ₄₀₆	J ₄₀₇	J ₄₀₈	J ₄₀₉	J ₄₁₀	J ₄₁₁	J ₄₁₂	J ₄₁₃	J ₄₁₄	J ₄₁₅	J ₄₁₆	J ₄₁₇	J ₄₁₈	J ₄₁₉	J ₄₂₀	J ₄₂₁	J ₄₂₂	J ₄₂₃	J ₄₂₄	J ₄₂₅	J ₄₂₆	J ₄₂₇	J ₄₂₈	J ₄₂₉	J ₄₃₀	J ₄₃₁	J ₄₃₂	J ₄₃₃	J ₄₃₄	J ₄₃₅	J ₄₃₆	J ₄₃₇	J ₄₃₈	J ₄₃₉	J ₄₄₀	J ₄₄₁	J ₄₄₂	J ₄₄₃	J ₄₄₄	J ₄₄₅	J ₄₄₆	J ₄₄₇	J ₄₄₈	J ₄₄₉	J ₄₅₀	J ₄₅₁	J ₄₅₂	J ₄₅₃	J ₄₅₄	J ₄₅₅	J ₄₅₆	J ₄₅₇	J ₄₅₈	J ₄₅₉	J ₄₆₀	J ₄₆₁	J ₄₆₂	J ₄₆₃	J ₄₆₄	J ₄₆₅	J ₄₆₆	J ₄₆₇	J ₄₆₈	J ₄₆₉	J ₄₇₀	J ₄₇₁	J ₄₇₂	J ₄₇₃	J ₄₇₄	J ₄₇₅	J ₄₇₆	J ₄₇₇	J ₄₇₈	J ₄₇₉	J ₄₈₀	J ₄₈₁	J ₄₈₂	J ₄₈₃	J ₄₈₄	J ₄₈₅	J ₄₈₆	J ₄₈₇	J ₄₈₈	J ₄₈₉	J ₄₉₀	J ₄₉₁	J ₄₉₂	J ₄₉₃	J ₄₉₄	J ₄₉₅	J ₄₉₆	J ₄₉₇	J ₄₉₈	J ₄₉₉	J ₅₀₀	J ₅₀₁	J ₅₀₂	J ₅₀₃	J ₅₀₄	J ₅₀₅	J ₅₀₆	J ₅₀₇	J ₅₀₈	J ₅₀₉	J ₅₁₀	J ₅₁₁	J ₅₁₂	J ₅₁₃	J ₅₁₄	J ₅₁₅	J ₅₁₆	J ₅₁₇	J ₅₁₈	J ₅₁₉	J ₅₂₀	J ₅₂₁	J ₅₂₂	J ₅₂₃	J ₅₂₄	J ₅₂₅	J ₅₂₆	J ₅₂₇	J ₅₂₈	J ₅₂₉	J ₅₃₀	J ₅₃₁	J ₅₃₂	J ₅₃₃	J ₅₃₄	J ₅₃₅	J ₅₃₆	J ₅₃₇	J ₅₃₈	J ₅₃₉	J ₅₄₀	J ₅₄₁	J ₅₄₂	J ₅₄₃	J ₅₄₄	J ₅₄₅	J ₅₄₆	J ₅₄₇	J ₅₄₈	J ₅₄₉	J ₅₅₀	J ₅₅₁	J ₅₅₂	J ₅₅₃	J ₅₅₄	J ₅₅₅	J ₅₅₆	J ₅₅₇	J ₅₅₈	J ₅₅₉	J ₅₆₀	J ₅₆₁	J ₅₆₂	J ₅₆₃	J ₅₆₄	J ₅₆₅	J ₅₆₆	J ₅₆₇	J ₅₆₈	J ₅₆₉	J ₅₇₀	J ₅₇₁	J ₅₇₂	J ₅₇₃	J ₅₇₄	J ₅₇₅	J ₅₇₆	J ₅₇₇	J ₅₇₈	J ₅₇₉	J ₅₈₀	J ₅₈₁	J ₅₈₂	J ₅₈₃	J ₅₈₄	J ₅₈₅	J ₅₈₆	J ₅₈₇	J ₅₈₈	J ₅₈₉	J ₅₉₀	J ₅₉₁	J ₅₉₂	J ₅₉₃	J ₅₉₄	J ₅₉₅	J ₅₉₆	J ₅₉₇	J ₅₉₈	J ₅₉₉	J ₆₀₀	J ₆₀₁	J ₆₀₂	J ₆₀₃	J ₆₀₄	J ₆₀₅	J ₆₀₆	J ₆₀₇	J ₆₀₈	J ₆₀₉	J ₆₁₀	J ₆₁₁	J ₆₁₂	J ₆₁₃	J ₆₁₄	J ₆₁₅	J ₆₁₆	J ₆₁₇	J ₆₁₈	J ₆₁₉	J ₆₂₀	J ₆₂₁	J ₆₂₂	J ₆₂₃	J ₆₂₄	J ₆₂₅	J ₆₂₆	J ₆₂₇	J ₆₂₈	J ₆₂₉	J ₆₃₀	J ₆₃₁	J ₆₃₂	J ₆₃₃	J ₆₃₄	J ₆₃₅	J ₆₃₆	J ₆₃₇	J ₆₃₈	J ₆₃₉	J ₆₄₀	J ₆₄₁	J ₆₄₂	J ₆₄₃	J ₆₄₄	J ₆₄₅	J ₆₄₆	J ₆₄₇	J ₆₄₈	J ₆₄₉	J ₆₅₀	J ₆₅₁	J ₆₅₂	J ₆₅₃	J ₆₅₄	J ₆₅₅	J ₆₅₆	J ₆₅₇	J ₆₅₈	J ₆₅₉	J ₆₆₀	J ₆₆₁	J ₆₆₂	J ₆₆₃	J ₆₆₄	J ₆₆₅	J ₆₆₆	J ₆₆₇	J ₆₆₈	J ₆₆₉	J ₆₇₀	J ₆₇₁	J ₆₇₂	J ₆₇₃	J ₆₇₄	J ₆₇₅	J ₆₇₆	J ₆₇₇	J ₆₇₈	J ₆₇₉	J ₆₈₀	J ₆₈₁	J ₆₈₂	J ₆₈₃	J ₆₈₄	J ₆₈₅	J ₆₈₆	J ₆₈₇	J ₆₈₈	J ₆₈₉	J ₆₉₀	J ₆₉₁	J ₆₉₂	J ₆₉₃	J ₆₉₄	J ₆₉₅	J ₆₉₆	J ₆₉₇	J ₆₉₈	J ₆₉₉	J ₇₀₀	J ₇₀₁	J ₇₀₂	J ₇₀₃	J ₇₀₄	J ₇₀₅	J ₇₀₆	J ₇₀₇	J ₇₀₈	J ₇₀₉	J ₇₁₀	J ₇₁₁	J ₇₁₂	J ₇₁₃	J ₇₁₄	J ₇₁₅	J ₇₁₆	J ₇₁₇	J ₇₁₈	J ₇₁₉	J ₇₂₀	J ₇₂₁	J ₇₂₂	J ₇₂₃	J ₇₂₄	J ₇₂₅	J ₇₂₆	J ₇₂₇	J ₇₂₈	J ₇₂₉	J ₇₃₀	J ₇₃₁
-------	------------	--	--	--	---	---	----------------	---	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

INC. Thrust Ball Bearings

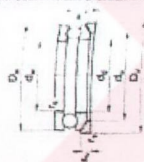
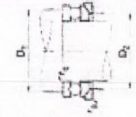
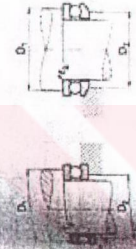
single direction



517, 512, 513, 514



407 203

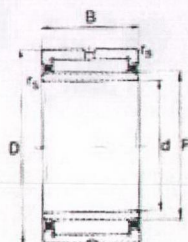
532. 533
Spherical Porosity: water
and heating water '2. 10.[illegible]

Shaft	Dimensions										Mass		Mount				Adjustment dimensions																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	d_a	d_i	d_h	d_s	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	Bearing kg	Seating kg	H	A	C_1	C_2	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}	D_{20}	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	D_{25}	D_{26}	D_{27}	D_{28}	D_{29}	D_{30}	D_{31}	D_{32}	D_{33}	D_{34}	D_{35}	D_{36}	D_{37}	D_{38}	D_{39}	D_{40}	D_{41}	D_{42}	D_{43}	D_{44}	D_{45}	D_{46}	D_{47}	D_{48}	D_{49}	D_{50}	D_{51}	D_{52}	D_{53}	D_{54}	D_{55}	D_{56}	D_{57}	D_{58}	D_{59}	D_{60}	D_{61}	D_{62}	D_{63}	D_{64}	D_{65}	D_{66}	D_{67}	D_{68}	D_{69}	D_{70}	D_{71}	D_{72}	D_{73}	D_{74}	D_{75}	D_{76}	D_{77}	D_{78}	D_{79}	D_{80}	D_{81}	D_{82}	D_{83}	D_{84}	D_{85}	D_{86}	D_{87}	D_{88}	D_{89}	D_{90}	D_{91}	D_{92}	D_{93}	D_{94}	D_{95}	D_{96}	D_{97}	D_{98}	D_{99}	D_{100}	D_{101}	D_{102}	D_{103}	D_{104}	D_{105}	D_{106}	D_{107}	D_{108}	D_{109}	D_{110}	D_{111}	D_{112}	D_{113}	D_{114}	D_{115}	D_{116}	D_{117}	D_{118}	D_{119}	D_{120}	D_{121}	D_{122}	D_{123}	D_{124}	D_{125}	D_{126}	D_{127}	D_{128}	D_{129}	D_{130}	D_{131}	D_{132}	D_{133}	D_{134}	D_{135}	D_{136}	D_{137}	D_{138}	D_{139}	D_{140}	D_{141}	D_{142}	D_{143}	D_{144}	D_{145}	D_{146}	D_{147}	D_{148}	D_{149}	D_{150}	D_{151}	D_{152}	D_{153}	D_{154}	D_{155}	D_{156}	D_{157}	D_{158}	D_{159}	D_{160}	D_{161}	D_{162}	D_{163}	D_{164}	D_{165}	D_{166}	D_{167}	D_{168}	D_{169}	D_{170}	D_{171}	D_{172}	D_{173}	D_{174}	D_{175}	D_{176}	D_{177}	D_{178}	D_{179}	D_{180}	D_{181}	D_{182}	D_{183}	D_{184}	D_{185}	D_{186}	D_{187}	D_{188}	D_{189}	D_{190}	D_{191}	D_{192}	D_{193}	D_{194}	D_{195}	D_{196}	D_{197}	D_{198}	D_{199}	D_{200}	D_{201}	D_{202}	D_{203}	D_{204}	D_{205}	D_{206}	D_{207}	D_{208}	D_{209}	D_{210}	D_{211}	D_{212}	D_{213}	D_{214}	D_{215}	D_{216}	D_{217}	D_{218}	D_{219}	D_{220}	D_{221}	D_{222}	D_{223}	D_{224}	D_{225}	D_{226}	D_{227}	D_{228}	D_{229}	D_{230}	D_{231}	D_{232}	D_{233}	D_{234}	D_{235}	D_{236}	D_{237}	D_{238}	D_{239}	D_{240}	D_{241}	D_{242}	D_{243}	D_{244}	D_{245}	D_{246}	D_{247}	D_{248}	D_{249}	D_{250}	D_{251}	D_{252}	D_{253}	D_{254}	D_{255}	D_{256}	D_{257}	D_{258}	D_{259}	D_{260}	D_{261}	D_{262}	D_{263}	D_{264}	D_{265}	D_{266}	D_{267}	D_{268}	D_{269}	D_{270}	D_{271}	D_{272}	D_{273}	D_{274}	D_{275}	D_{276}	D_{277}	D_{278}	D_{279}	D_{280}	D_{281}	D_{282}	D_{283}	D_{284}	D_{285}	D_{286}	D_{287}	D_{288}	D_{289}	D_{290}	D_{291}	D_{292}	D_{293}	D_{294}	D_{295}	D_{296}	D_{297}	D_{298}	D_{299}	D_{300}	D_{301}	D_{302}	D_{303}	D_{304}	D_{305}	D_{306}	D_{307}	D_{308}	D_{309}	D_{310}	D_{311}	D_{312}	D_{313}	D_{314}	D_{315}	D_{316}	D_{317}	D_{318}	D_{319}	D_{320}	D_{321}	D_{322}	D_{323}	D_{324}	D_{325}	D_{326}	D_{327}	D_{328}	D_{329}	D_{330}	D_{331}	D_{332}	D_{333}	D_{334}	D_{335}	D_{336}	D_{337}	D_{338}	D_{339}	D_{340}	D_{341}	D_{342}	D_{343}	D_{344}	D_{345}	D_{346}	D_{347}	D_{348}	D_{349}	D_{350}	D_{351}	D_{352}	D_{353}	D_{354}	D_{355}	D_{356}	D_{357}	D_{358}	D_{359}	D_{360}	D_{361}	D_{362}	D_{363}	D_{364}	D_{365}	D_{366}	D_{367}	D_{368}	D_{369}	D_{370}	D_{371}	D_{372}	D_{373}	D_{374}	D_{375}	D_{376}	D_{377}	D_{378}	D_{379}	D_{380}	D_{381}	D_{382}	D_{383}	D_{384}	D_{385}	D_{386}	D_{387}	D_{388}	D_{389}	D_{390}	D_{391}	D_{392}	D_{393}	D_{394}	D_{395}	D_{396}	D_{397}	D_{398}	D_{399}	D_{400}	D_{401}	D_{402}	D_{403}	D_{404}	D_{405}	D_{406}	D_{407}	D_{408}	D_{409}	D_{410}	D_{411}	D_{412}	D_{413}	D_{414}	D_{415}	D_{416}	D_{417}	D_{418}	D_{419}	D_{420}	D_{421}	D_{422}	D_{423}	D_{424}	D_{425}	D_{426}	D_{427}	D_{428}	D_{429}	D_{430}	D_{431}	D_{432}	D_{433}	D_{434}	D_{435}	D_{436}	D_{437}	D_{438}	D_{439}	D_{440}	D_{441}	D_{442}	D_{443}	D_{444}	D_{445}	D_{446}	D_{447}	D_{448}	D_{449}	D_{450}	D_{451}	D_{452}	D_{453}	D_{454}	D_{455}	D_{456}	D_{457}	D_{458}	D_{459}	D_{460}	D_{461}	D_{462}	D_{463}	D_{464}	D_{465}	D_{466}	D_{467}	D_{468}	D_{469}	D_{470}	D_{471}	D_{472}	D_{473}	D_{474}	D_{475}	D_{476}	D_{477}	D_{478}	D_{479}	D_{480}	D_{481}	D_{482}	D_{483}	D_{484}	D_{485}	D_{486}	D_{487}	D_{488}	D_{489}	D_{490}	D_{491}	D_{492}	D_{493}	D_{494}	D_{495}	D_{496}	D_{497}	D_{498}	D_{499}	D_{500}	D_{501}	D_{502}	D_{503}	D_{504}	D_{505}	D_{506}	D_{507}	D_{508}	D_{509}	D_{510}	D_{511}	D_{512}	D_{513}	D_{514}	D_{515}	D_{516}	D_{517}	D_{518}	D_{519}	D_{520}	D_{521}	D_{522}	D_{523}	D_{524}	D_{525}	D_{526}	D_{527}	D_{528}	D_{529}	D_{530}	D_{531}	D_{532}	D_{533}	D_{534}	D_{535}	D_{536}	D_{537}	D_{538}	D_{539}	D_{540}	D_{541}	D_{542}	D_{543}	D_{544}	D_{545}	D_{546}	D_{547}	D_{548}	D_{549}	D_{550}	D_{551}	D_{552}	D_{553}	D_{554}	D_{555}	D_{556}	D_{557}	D_{558}	D_{559}	D_{560}	D_{561}	D_{562}	D_{563}	D_{564}	D_{565}	D_{566}	D_{567}	D_{568}	D_{569}	D_{570}	D_{571}	D_{572}	D_{573}	D_{574}	D_{575}	D_{576}	D_{577}	D_{578}	D_{579}	D_{580}	D_{581}	D_{582}	D_{583}	D_{584}	D_{585}	D_{586}	D_{587}	D_{588}	D_{589}	D_{590}	D_{591}	D_{592}	D_{593}	D_{594}	D_{595}	D_{596}	D_{597}	D_{598}	D_{599}	D_{600}	D_{601}	D_{602}	D_{603}	D_{604}	D_{605}	D_{606}	D_{607}	D_{608}	D_{609}	D_{610}	D_{611}	D_{612}	D_{613}	D_{614}	D_{615}	D_{616}	D_{617}	D_{618}	D_{619}	D_{620}	D_{621}	D_{622}	D_{623}	D_{624}	D_{625}	D_{626}	D_{627}	D_{628}	D_{629}	D_{630}	D_{631}	D_{632}	D_{633}	D_{634}	D_{635}	D_{636}	D_{637}	D_{638}	D_{639}	D_{640}	D_{641}	D_{642}	D_{643}	D_{644}	D_{645}	D_{646}	D_{647}	D_{648}	D_{649}	D_{650}	D_{651}	D_{652}	D_{653}	D_{654}	D_{655}	D_{656}	D_{657}	D_{658}	D_{659}	D_{660}	D_{661}	D_{662}	D_{663}	D_{664}	D_{665}	D_{666}	D_{667}	D_{668}	D_{669}	D_{670}	D_{671}	D_{672}	D_{673}	D_{674}	D_{675}	D_{676}	D_{677}	D_{678}	D_{679}	D_{680}	D_{681}	D_{682}	D_{683}	D_{684}	D_{685}	D_{686}	D_{687}	D_{688}	D_{689}	D_{690}	D_{691}	D_{692}	D_{693}	D_{694}	D_{695}	D_{696}	D_{697}	D_{698}	D_{699}	D_{700}	D_{701}	D_{702}	D_{703}	D_{704}	D_{705}	D_{706}	D_{707}	D_{708}	D_{709}	D_{710}	D_{711}	D_{712}	D_{713}	D_{714}	D_{715}	D_{716}	D_{717}	D_{718}	D_{719}	D_{720}	D_{721}	D_{722}	D_{723}	D_{724}	D_{725}	D_{726}	D_{727}	D_{728}	D_{729}	D_{730}	D_{731}	D_{732}	D_{733}	D_{734}	D_{735}	D_{736}	D_{737}	D_{738}	D_{739}	D_{740}	D_{741}	D_{742}	D_{743}	D_{744}	D_{745}	D_{746}	D_{747}	D_{748}	D_{749}	D_{750}	D_{751}	D_{752}	D_{753}	D_{754}	D_{755}	D_{756}	D_{757}	D_{758}	D_{759}	D_{760}	D_{761}	D_{762}	D_{763}	D_{764}	D_{765}	D_{766}	D_{767}	D_{768}	D_{769}	D_{770}	D_{771}	D_{772}	D_{773}	D_{774}	D_{775}	D_{776}	D_{777}	D_{778}	D_{779}	D_{780}	D_{781}	D_{782}	D_{783}	D_{784}	D_{785}	D_{786}	D_{787}	D_{788}	D_{789}	D_{790}	D_{791}	D_{792}	D_{793}	D_{794}	D_{795}	D_{796}	D_{797}	D_{798}	D_{799}	D_{800}	D_{801}	D_{802}	D_{803}	D_{804}	D_{805}	D_{806}	D_{807}	D_{808}	D_{809}	D_{810}	D_{811}	D_{812}	D_{813}	D_{814}	D_{815}	D_{816}	D_{817}	D_{818}	D_{819}	D_{820}	D_{821}	D_{822}	D_{823}	D_{824}	D_{825}	D_{826}	D_{827}	D_{828}	D_{829}	D_{830}	D_{831}	D_{832}	D_{833}	D_{834}	D_{835}	D_{836}	D_{837}	D_{838}	D_{839}	D_{840}	D_{841}	D_{842}	D_{843}	D_{844}	D_{845}	D_{846}	D_{847}	D_{848}	D_{849}	D_{850}	D_{851}	D_{852}	D_{853}	D_{854}	D_{855}	D_{856}	D_{857}	D_{858}	D_{859}	D_{860}	D_{861}	D_{862}	D_{863}	D_{864}	D_{865}	D_{866}	D_{867}	D_{868}	D_{869}	D_{870}	D_{871}	D_{872}	D_{873}	D_{874}	D_{875}	D_{876}	D_{877}	D_{878}	D_{879}	D_{880}	D_{881}	D_{882}	D_{883}	D_{884}	D_{885}	D_{886}	D_{887}	D_{888}	D_{889}	D_{890}	D_{891}	D_{892}	D_{893}	D_{894}	D_{895}	D_{896}	D_{897}	D_{898}	D_{899}	D_{900}	D_{901}	D_{902}	D_{903}	D_{904}	D_{905}	D_{906}	D_{907}	D_{908}	D_{909}	D_{910}	D_{911}	D_{912}	D_{913}	D_{914}	D_{915}	D_{916}	D_{917}	D_{918}	D_{919}	D_{920}	D_{921}	D_{922}	D_{923}	D_{924}	D_{925}	D_{926}	D_{927}	D_{928}	D_{929}	D_{930}	D_{931}	D_{932}	D_{933}	D_{934}	D_{935}	D_{936}	D_{937}	D_{938}	D_{939}	D_{940}	D_{941}	D_{942}	D_{943}

the two subjects described will be explained in a separate

needle roller bearings

inner ring
series NKI, NKIS,
NA 49, NA 48



NKI, NKIS
NA 49, NA 48

Dimension table (continued) - Dimensions in mm

Series				Dimensions							Basic load ratings		Limiting
NKI	NKIS	NA 49	NA 48	Mass	d	F	D	B	r _s	s ¹⁾	dyn. C N	stat. C ₀ N	speed ²⁾ n _{lim} min ⁻¹
Designation	Designation	Designation	Designation	g					min				
NKI 100/30	-	-	-	990	100	110	130	30	1,1	1,5	98 000	210 000	4 200
NKI 100/40	-	-	-	1 330	100	110	130	40	1,1	2	127 000	290 000	4 200
-	NKIS 100	-	-	1 340	100	115	135	32	1,1	-	91 000	204 000	4 000
-	-	NA 4920	-	1 900	100	115	140	40	1,1	2	128 000	270 000	4 000
Δ NKI 110/40	-	-	-	1 460	110	120	140	40	1,1	-	113 000	275 000	3 900
-	-	NA 4922	-	2 070	110	125	150	40	1,1	2	132 000	290 000	3 700
-	-	-	NA 4822	1 080	110	120	140	30	1	0,8	94 000	216 000	3 900
-	-	NA 4924	-	2 860	120	135	165	45	1,1	2	181 000	390 000	3 400
-	-	-	NA 4824	1 170	120	130	150	30	1	0,8	99 000	239 000	3 600
-	-	NA 4926	-	3 900	130	150	180	50	1,5	1,5	203 000	470 000	3 100
-	-	-	NA 4826	1 810	130	145	165	35	1,1	1	118 000	310 000	3 200
Δ NKI 140/32	-	-	-	2 050	140	155	180	32	1,5	-	114 000	260 000	3 000
-	-	NA 4928	-	4 150	140	160	190	50	1,5	1,5	209 000	500 000	2 900
-	-	-	NA 4828	1 920	140	155	175	35	1,1	1	120 000	325 000	3 000
-	-	-	NA 4830	2 720	150	165	190	40	1,1	1,5	152 000	400 000	2 800
-	-	-	NA 4832	2 890	160	175	200	40	1,1	1,5	160 000	435 000	2 700
-	-	-	NA 4834	3 960	170	185	215	45	1,1	1,5	185 000	510 000	2 500
-	-	-	NA 4836	4 200	180	195	225	45	1,1	1,5	194 000	550 000	2 400
-	-	-	NA 4838	5 810	190	210	240	50	1,5	1,5	227 000	690 000	2 300

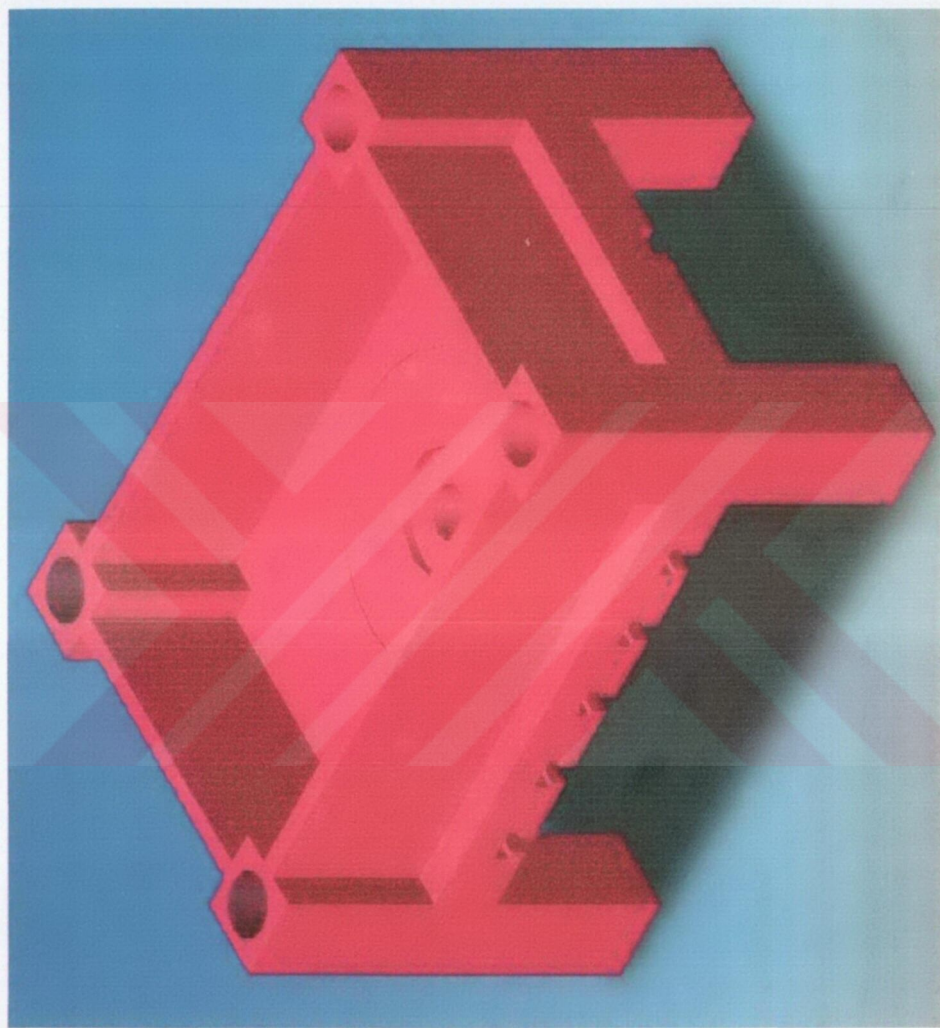
not to be used for new designs. Production being phased out.
Permissible axial displacement of the inner ring in relation to the outer ring.
With grease lubrication, 60% of the values given in the tables are permissible.

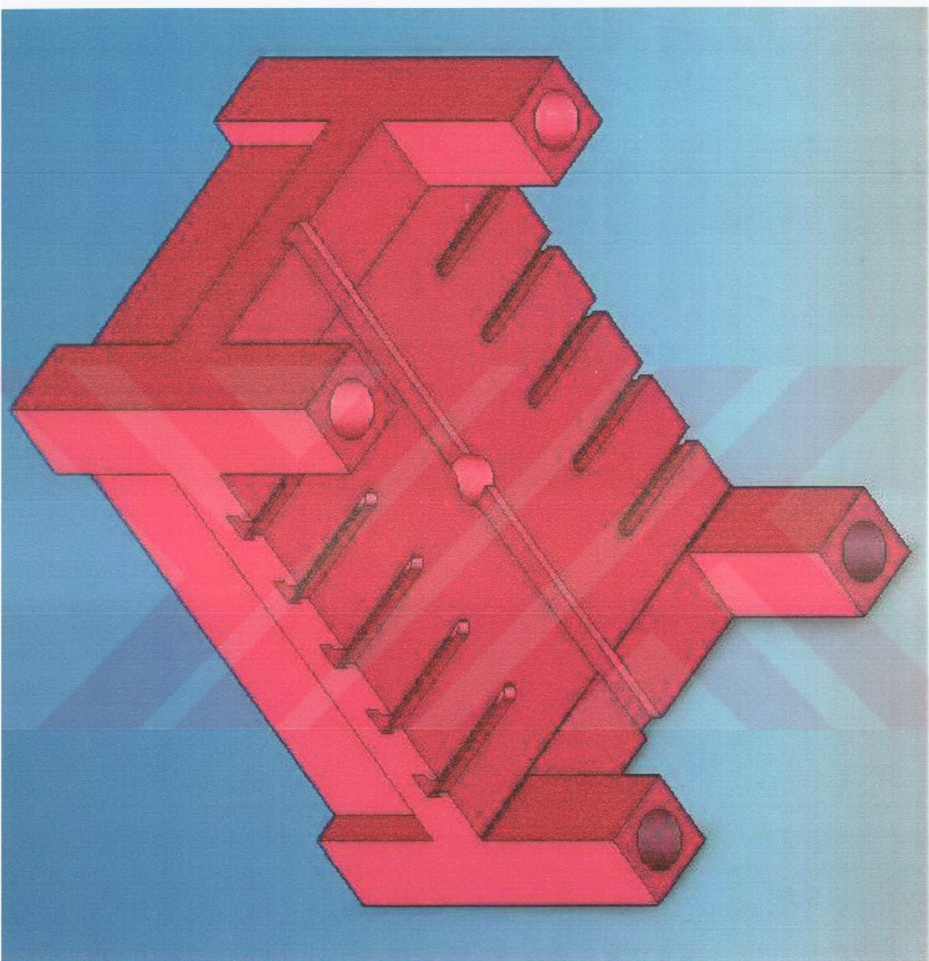
EK 5
PNÖMATİK FREN – KAVRAMA GRUBU KATALOG
DEĞERLERİ

**Pnömatik Kumandalı
Kavrama & Fren Kombinasyonu**

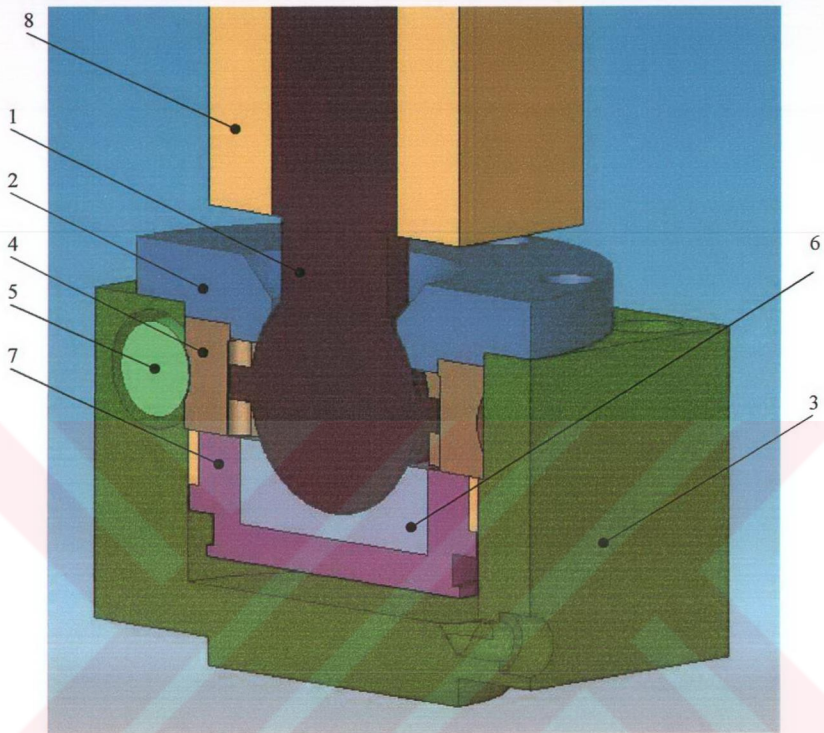
[illegible]

EK 6
LAMİNASYON PRES KAYITI GÖRÜNÜŞLERİ



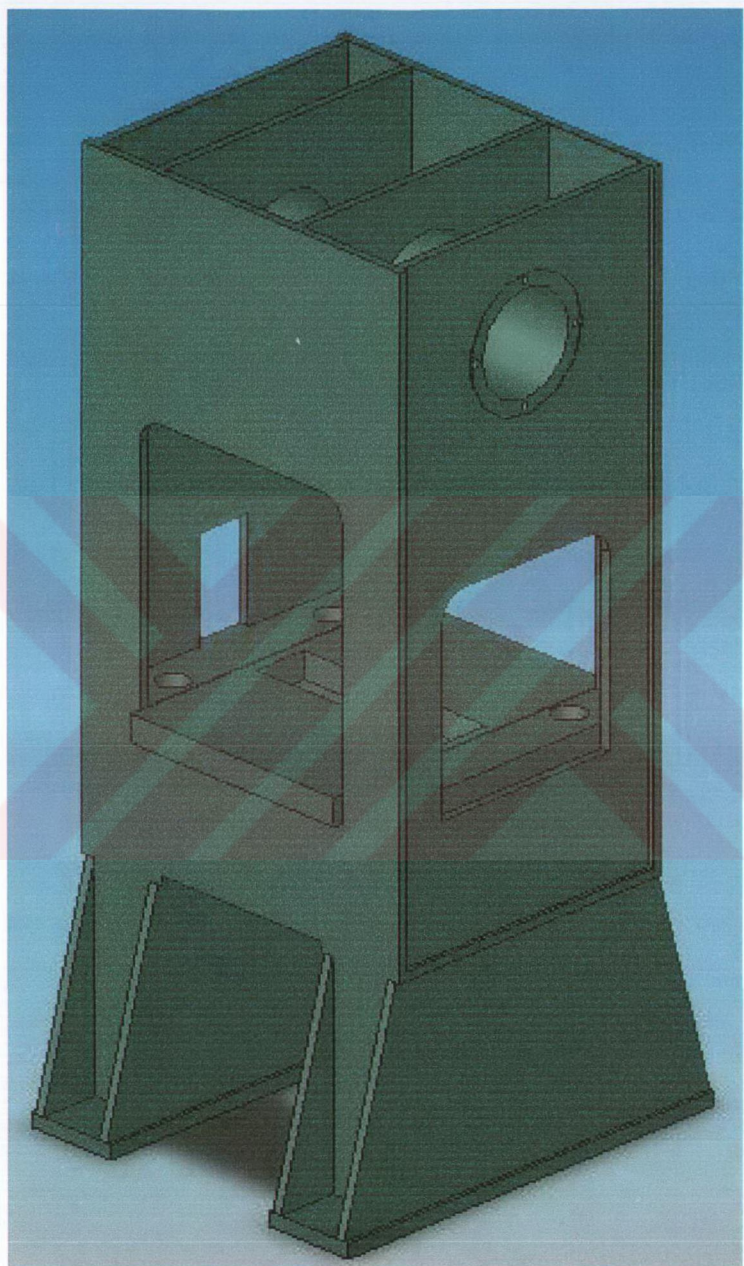


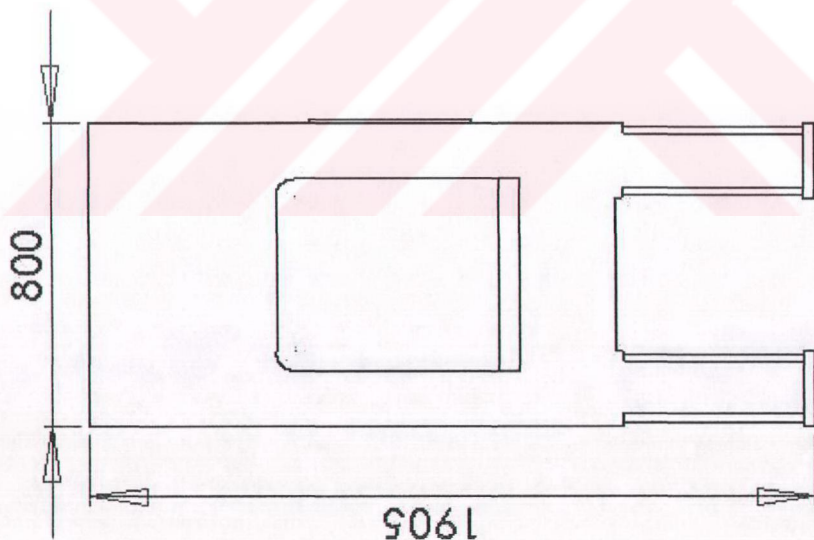
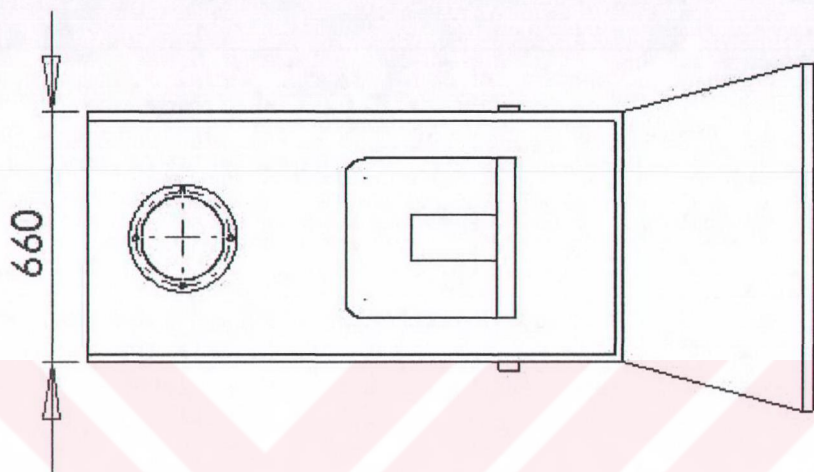
EK 7
LAMİNASYON PRES ELMA VİDA MONTAJ DETAY
GÖRÜNÜŞÜ

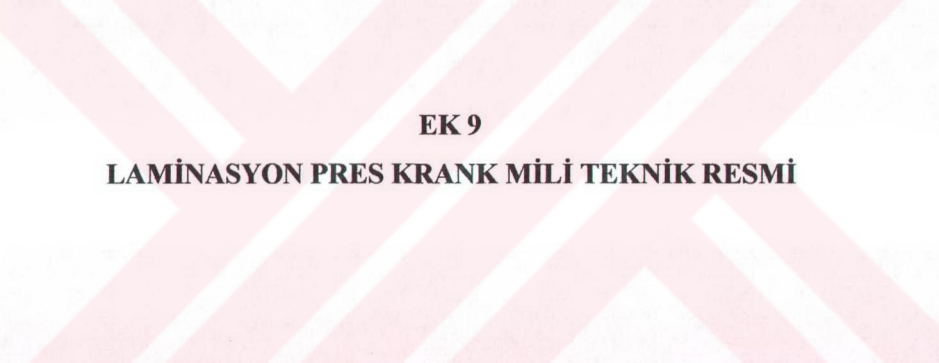


1	Elma Vida
2	Elma Vida Kapağı
3	Hazne
4	Sonsuz Vida Dişlisi
5	Sonsuz Vida Mili
6	Elma Vida Yatağı
7	Piston
8	Biyel Kolu

EK 8
LAMİNASYON PRES GÖVDESİ GÖRÜNÜŞLERİ

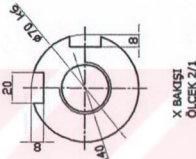
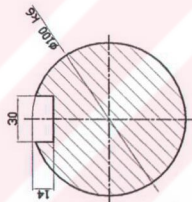
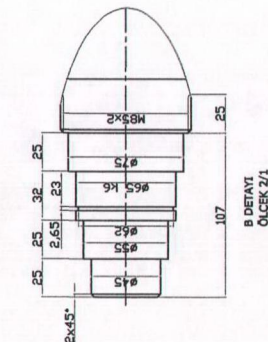






EK 9

LAMİNASYON PRES KRANK MİLİ TEKNİK RESMİ

[illegible]

D					
POZİSYON NO	1	TARİH	İMZA	R.KODU	REVİZİYON
ADET	1	İSİM	19.08.2004	REV.TARİHİ	REV.YAPAN
MALZ.	C45	ÇİZEN D. YAVUZ	19.08.2004		
AĞIRL.	78.1 kg	KONT. P. ÖZKAL	19.08.2004		
ÖLÇEK	ONAY E. COŞAR	19.08.2004			
PARÇA ADI		40 LP - KRANK MİLİ			
2		3		4	
				5	
					NOLU RESİM YERİNE
					RESİM NO EL40P1-301
					ÖZKAL MAKİNA
					Ø109.99
					Ø125.19
					Ø124.86

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Yılı	1979	
Doğum Yeri	İstanbul	
İlk Öğretim	1985 – 1990	Göztepe Pansiyonlu İlköğretim Okulu
Lise	1990 - 1997	İstek Özel Semiha Şakir Lisesi
Lisans	1997 - 2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001 -	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Konstrüksiyon Anabilim Dalı