

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEKİRDEK KIRMA MAKİNASININ DİZAYNI,
İMALATI VE KIRMA VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Nihat TOSUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ

1996

50983

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEKİRDEK KIRMA MAKİNASININ DİZAYNI,
İMALATI VE KIRMA VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Nihat TOSUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez,Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri
Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Başarılı/Başarısız Olarak
Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**ÇEKİRDEK KIRMA MAKİNASININ DİZAYNI,
İMALATI VE KIRMA VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Nihat TOSUN

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

1996, Sayfa: 84

Bu araştırmada, kayısı ve badem çekirdeklerinin ön elemeli kırılmasını sağlayan bir makinanın tasarımı ve imalatı yapıldı. Ondan sonra çekirdekler; farklı ıslatma sürelerinde (1,2,3 ve 4 saat), farklı çene açıklıklarında (7.5, 7.75, 8, 8.25 ve 8.5 mm) ve farklı devirlerde (50,115, 130 ve 180 d/dak) kırılarak denendi. Maksimum verimi gösteren grafikler hazırlandı.

ANAHTAR KELİME: Çekirdek kırma makinası, kayısı.

SUMMARY

Masters Thesis

**DESIGN AND MANUFACTURING OF STONE-CRACKING
MACHINE AND ITS EFFICIENCY INVESTIGATION**

Nihat TOSUN

Firat University

Graduate Scholl of Natural and Applied Sciences

Depertmant of Mechanical Engineering

1996, Page: 84

In this study, a specially stone-cracking machine which breaks stones of apricot and almond with primary sifting designed and manufactured. And then, stones are tested to crack under different wetting periods (1,2,3 and 4 hours), different jaw clearans (7.5, 7.75, 8, 8.25 ve 8.5 mm) and different speeds (50,115, 130 and 180 r.p.m.). The maximum efficiency graphics are presented.

KEY WORDS: Stone-cracking machine, apricot.

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum bu yüksek lisans tezi çalışması sırasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Ali İNAN'a teşekkürlerini sunmayı bir borç ve vazife bilirim. Ayrıca bölümümüzün her türlü imkanlarından yararlanmamı sağlayan bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Kazım PIHTILI'ya ve diğer Öğretim Elemanları ile Atölye Personeline teşekkürlerimi sunarım.

Nihat TOSUN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	II
SUMMARY.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
SİMGELER.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. KIRMA MAKİNALARI.....	3
2.1. Malzemenin Kırılmasında Rol Oynayan Faktörler.....	3
2.2. Çeneli Kırma Makinaları.....	4
2.3. Konik Kırma Makinaları.....	7
2.4. Çekiçli Kırma Makinaları.....	9
2.5. Silindirik Kırma Makinaları.....	11
2.6. Tamburlu Kırma Makinaları.....	12
2.7. Kırma Makinaları Hakkında Tamamlayıcı Bilgiler.....	14
3. KIRMA KONUSUNU TEŞKİL EDEN ÇEKİRDEKLERİN BOYUT ANALİZİNİN YAPILMASI.....	15
4. MAKİNANIN PROJELENDİRİLMESİ.....	19
4.1. Kırılacak Çekirdeklere Etki Eden Kuvvetlerin Tesbiti.....	19
4.2. Gerekli Motor Gücünün Hesabı.....	24
4.3. Mil Çapının Hesabı.....	26
4.4. Yatakların Hesablanması.....	27
4.5. Eleme Tamburlarına Ait Hesaplamalar.....	32

4.6. Makinanın Çalışma Prensibi.....	37
4.7. Makinanın Kapasitesinin Tesbiti.....	38
5. DENEY SONUÇLARI VE MATEMATİKSEL MODELİN KURULMASI.....	40
5.1. Matematiksel Modelin Kurulması.....	48
6.SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	57
7. ÇEKİRDEK KIRMA MAKİNASI AİT MONTAJ ŞEMASI ve DETAY RESİMLERİ.....	64
KAYNAKLAR.....	84



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Mafsallı çeneli tip kırma makinası

Şekil 2.2. Eksantrik çeneli tip kırma makinası

Şekil 2.3. Konik kırma makinaları

Şekil 2.4. Çekiçli kırma makinaları

Şekil 2.5. Silindirli kırma makinaları

Şekil 2.6. Tamburlu kırma makinaları

Şekil 3.1. Çekirdeğe ait büyüklükler

Şekil.4.1.Çekirdeğe etki eden dinamik kuvvetin hesaplanmasında hazırlanan düzenek

Şekil 4.2. Çekirdeğe etki eden kuvvetler

Şekil 4.3. Çekirdek kırma makinasının tahrik prensibi

Şekil 4.4. Kırma silindiri ile sabit çenenin çalışma presibi

Şekil 4.5. Ana mile etki eden x yönündeki kuvvetlerin durumu

Şekil 4.6. Ana mile etki eden y yönündeki kuvvetlerin durumu

Şekil 4.7. Rulmanlara etki eden kuvvetlerin durumu

Şekil 4.8. Eleme tamburunun kesit görünüşü

Şekil 4.9. Eleme tamburuna verilen eğim açısına göre eleme verimi

Şekil 4.10. Eleme millerinin diziliş tarzı

Şekil 4.11. Çekirdek kırma makinasının çalışma prensip şeması

Şekil 5.1. 50 d/dak elde edilen kırma oranı

Şekil 5.2. 115 d/dak elde edilen kırma oranı

Şekil 5.3. 130 d/dak elde edilen kırma oranı

Şekil 5.4. 180 d/dak elde edilen kırma oranı

Şekil 5.5. Farklı devirlerde elde edilen kırma oranlarının bir arada gösterildiği grafik

VIII

Şekil 5.6. 115 d/dak ve 1 saat suda bekletme sonucu elde edilen kırma oranı

Şekil 5.7. 115 d/dak ve 2 saat suda bekletme sonucu elde edilen kırma oranı

Şekil 5.8. 115 d/dak ve 3 saat suda bekletme sonucu elde edilen kırma oranı

Şekil 5.9. 115 d/dak ve 4 saat suda bekletme sonucu elde edilen kırma oranı

Şekil 5.10. 115 d/dak ve değişik saat suda bekletme zamanlarında elde edilen kırma oranı

Şekil 5.11. 115 d/dak kuru ve belirli zaman aralıklarında saat suda bekletilen çekirdeklerin kırılması sonucu elde edilen kırma oranı

Şekil 5.12. $\pi_2=g(\pi_3)$ değişim grafiği

Şekil 5.13. $\pi_2=g(\pi_1)$ değişim grafiği

Şekil 6.1. $n=50$ d/dak elde edilen deneysel ve teorik kırma oranları

Şekil 6.2. $n=115$ d/dak elde edilen deneysel ve teorik kırma oranları

Şekil 6.3. $n=130$ d/dak elde edilen deneysel ve teorik kırma oranları

Şekil 6.4. $n=180$ d/dak elde edilen deneysel ve teorik kırma oranları

Şekil 6.5. $n=115$ d/dak kuru ve belirli sürelerde (1, 2, 3 ve 4 saat) suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilen kırma oranları

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Çekirdek büyüklüklerine ait değerler

Tablo 4.1. Yapılan deneylerde kullanılan çekirdeğe ait büyüklükler

Tablo 5.1. Çene açıklıklarına göre deney sonuçları

Tablo 5.2. Belirli ıslatma sürelerindeki kırma oranları

Tablo 5.3. Boyutsuz sayılarda kullanılan büyüklükler ve boyut sistemi

Tablo 5.4. Deney sonuçlarının gösteren tablo

Tablo 5.5. Boyutsuz sayıların değerlerin gösteren tablo

Tablo 5.6. Kuru ve farklı sürelerde suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilen deneysel ve teorik kırma oranları

Tablo 6.1 Kuru ve belirli ıslatma sürelerindeki çekirdek ağırlıkları

Tablo 6.2. Çekirdeklerin kuru ve belirli ıslatma sürelerindeki boyutları

SİMGELER

a	:Çekirdek kalınlığı (mm)
A ₀	:Miller arası mesafe (mm)
b	:Çekirdek boyu (mm)
b _k	:Kırıcı genişliği (mm)
d,D	:Çap (mm)
Δç	:Çene açıklık oranı (%)
Δk	:Kırma oranı (%)
Δk _{Teorik}	:Teorik kırma oranı (%)
Δt	:Çekirdek kalınlığı ile çene açıklığı arasındaki fark
E _k	:Kinetik enerji
E _p	:Potansiyel enerji
F	:Kuvvet (kp)
F _ç	:Çevresel kuvvet (kp)
F _e	:Eksenel kuvvet (kp)
F _r	:Radyal kuvvet (kp)
G	:Ağırlık (N)
g	:Yerçekim ivmesi (m/sn ²)
h	:Yükseklik (mm)
h _ç	:Çekirdek yüksekliği (mm)
η	:Verim
i	:Çevrim oranı
L,l	:Uzunluk (mm)
L _h	:Saat olarak rulman ömrü
m	:Kütle
M	:Moment

XI

M _d	:Döndürme momenti
m _e	:Elle kırmada elde edilen iç miktarı
m _m	:Makina ile kırmada elde edilen iç miktarı
M _v	:Volan momenti (kpmm)
n	:Devir sayısı (d/dak)
N	:Güç (BG)
r,R	:Yarıçap (mm)
t	:Çene açıklığı (mm)
τ _d	:Burulma gerilmesi (kp/cm ²)
V	:Hız (m/sn)
Z	:Kırma silindirindeki kanal sayısı (adet)
Z _ç	:Bir kırma hareketinde kırılan çekirdek miktarı (adet)
Z _{ç1}	:Kırma silindiri kanalına sığan çekirdek miktarı (adet)
Z _{ç2}	:Bir tam devirde kırılan çekirdek miktarı (adet)
Z _{çh}	:Bir saatte kırılan çekirdek miktarı (adet)
γ	:Özgül kütle (kg/cm ³)

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen sanayinin modern tesislerle donatılması yanında, halen klasik yöntemlerle üretim yapan alet ve makinalardan vazgeçilmiş değildir. Özellikle iş gücünün yoğun olduğu az gelişmiş ülkelerde bu klasik alet ve makinalara daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Proje konusunu teşkil eden çekirdek kırma işlemi, geliştirildiği takdirde büyük tesislerin kurulması ve buna bağlı olarak da yeni bir işkolunun oluşmasını sağlayabilecektir. Özellikle kayısı ve badem ağacının bol olduğu bölgelerde bu ağaçlardan elde edilen ürünün işlenmesi konusu önemli bir yer tutmaktadır.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde; İnan ve Öz (1984), kayısı çekirdeği kırma makinasının tasarımı ve imalatı konusunda yaptıkları bir çalışmada, çekirdek kırma verimliliği üzerinde araştırmalar yapmışlardır. İnan (1994), özel dizayn edilen silindirik ve tırnaklı kayısı çekirdeği kırma makinasının tasarımı hakkında yaptığı araştırmada ise, kırma verimliliğini incelemiştir. Yapılan diğer bir çalışmada ise, çeneli ve titreşimli bir kayısı çekirdeği kırma makinasının projelendirilmesi ve imalatı yapılarak, kayısı çekirdeği kırılmasının verimliliği üzerinde araştırmalar yapılmıştır. (İnan, 1995). Yine yapılan bir çalışmada da, bulgur kırma makinasının tasarımı ve imalatı yapılarak, kırma verimliliği ve kırma kapasitesi araştırılmıştır. (Biçek, 1986).

Yukarıdaki araştırmalar incelendikten sonra, kayısı çekirdeği kırma verimliliğine yönelik, araştırmaları devam ettirmek için, özel olarak tasarlanıp imal edilen bir deney düzeneği hazırlanarak araştırmalara devam edildi.

Bu çalışmanın amacı; memleketimizde kayısı yetiştirmeciliği ile uğraşan insanların ihtiyaçı olan, kayısı çekirdeklerinin makina ile ekonomik olarak kırılmasını sağlamak ve onlara yardımcı olmaktır.



2. KIRMA MAKİNALARI

2.1. Malzemenin Kırılmasında Rol Oynayan Faktörler

- 1-Basma kuvveti,
- 2-Eğilme kuvveti,
- 3-Sertlik derecesi,
- 4-Gevreklilik derecesi,
- 5-Homojen olup olmayışı,
- 6-Çatlaklı olup olmayışı,
- 7-Yoğunluk,
- 8-Sürtünme katsayısı.

Küçültme oranı kırma makinalarını karakterize eder. Bu oran;

$$i = \frac{d_1}{d_2} \quad (2.1)$$

i =küçültme oranı

d_1 =Kırılacak olan malzeme içerisindeki en iri tanenin ortalama çapı

d_2 =Elde edilecek olan malzeme içerisindeki en iri tanenin ortalama çapı şeklinde ifade edilebilir.

Küçültme oranına göre Kırma makinalarının sınıflandırılması:

a)Kaba kırma makinaları;

d_1 =50 ila 120 cm; d_2 =5 ila 20 cm

b)İnce kırma makinaları;

d_1 =5 ila 20 cm; d_2 =1 ila 3 cm

c)Kum yapma makinaları

$d_1=1$ ila 3 cm; $d_2=0,1$ ila $0,3$ cm

Bicimlerine göre kırma makinaları ise:

- Çeneli kırma makinaları,
- Konik kırma makinaları,
- Çekiçli kırma makinaları,
- Silindirli kırma makinaları,
- Tamburlu kırma makinaları.

2.2-Çeneli Kırma Makinaları

Bunlar; mafsallı çeneli ve eksantrik çeneli olmak üzere iki tiptir.

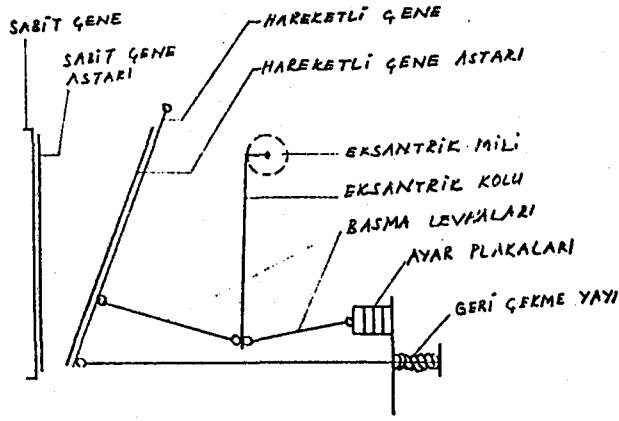
2.2.1. Mafsallı çeneli kırma makinaları

2.2.1.1. Elemanları

- Sabit çene,
- Hareketli çene, bir mafsal aksına takılmıştır.
- Astarlar, sabit çene ile hareketli çenenin birbirine bakan yüzlerine takılmıştır. Manganezli sert çelikten yapılmıştır. Yüzeyi dişlidir.

- Eksantrik mili ve volan
- Eksantrik kolu
- Basma çeneleri (2 adet)
- Geri çekme tertibatı

-Ayarlama tertibatı (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Mafsallı çeneli tip kırma makinası.

2.2.1.2 Çalışma prensibi

Eksantrik mili döndükçe, eksantrik kolunun üst ucu bir daire çizerken alt ucu kalkıp iner ve dolayısı ile hareketli çene sabit çeneye yaklaşır ve uzaklaşır. Giriş ağzından içeriye konan taşlar, iki çene arasındaki V-kesitli boşluk daraldıkça kırılıp küçülür ve genişledikçe biraz aşağıya iner. Çıkış aralığından geçebilecek kadar küçülen taşlar dışarıya çıkar.

2.2.1.3 İşletilmesi

Makina, fabrikaca verilen projeye göre ve dinamik kuvvetlere dayanıklı şekilde yapılmış olan bir temele oturtulmalıdır. Eksantrik mili, fabrikaca tavsiye edilen dönme hızı ile dönmelidir. Aksi halde iş verimi düşer. Alt aralık maksada göre ayarlanmalıdır. Ayar plakalarının sayısını değiştirmek suretiyle, çıkış aralığını elde edilmek istenen tane büyüklüğüne göre, belirli sınırlar arasında büyütülüp küçültmek mümkündür. Alt aralık değiştikçe iş verimi de değişir. Makina harekete

geçirilirken çenelerin arası boş olmalıdır. Bunun için çenelerin arasında malzeme varken makina durdurulmamalıdır. Çene astarları aşındıkça değiştirilmelidir.

2.2.1.4 Özellikleri

Basma kuvveti çok büyüktür,

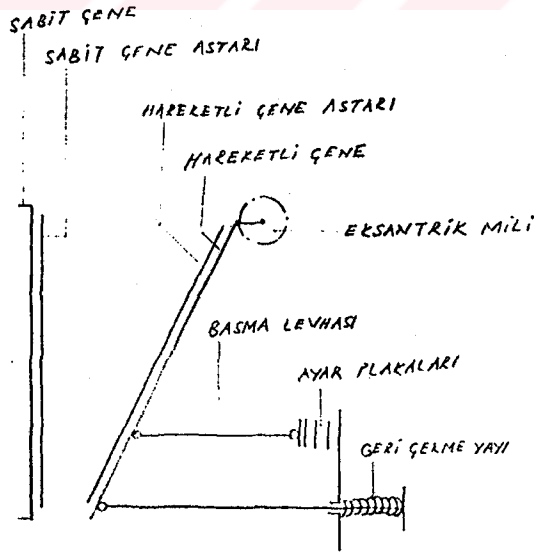
Küçültme oranı en çok 8/1 dir.

Kesintili çalıştığı için enerji sarfiyatı fazla ve iş verimi azdır.

2.2.2. Eksantrik çeneli kırma makinaları

2.2.2.1. Elemanları

Mafsallı çeneli kırma makinalarındaki gibidir. Yalnız bunlarda hareketli çene doğrudan doğruya eksantrik miline takılmıştır ve basma levhası bir tanedir. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Eksantrik çeneli tip kırma makinası.

2.2.2.2. Çalışma prensibi

Mafsallı çeneli kırma makinalarındaki gibidir. Yalnız bunlarda eksantrik mili, döndükçe hareketli çenenin üst ucu bir daire çizerken alt ucu kalkıp iner.

2.2.2.3. İşletilmesi

Mafsallı çeneli kırma makinalarındaki gibidir.

2.2.2.4. Özellikleri

Mafsallı çeneli kırma makinalarına nazaran;

Olumlu tarafları:

Eksantrik kolu bulunmadığı ve sadece bir basma levhası bulunduğu için daha küçük ve daha hafiftir. Kırılacak malzemeye hem basma hemde aşağıya doğru itme kuvveti uyguladığı için, iş verimi daha büyüktür.

Olumsuz tarafları:

Enerjinin bir kısmı kırılacak malzemenin aşağı doğru itilmesine harcandığı için basma kuvveti küçüktür. Sürtünme fazla olduğu için çene astarları daha çabuk aşınır.

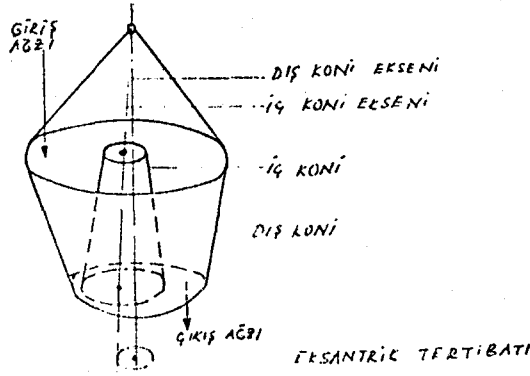
2.3. Konik Kırma Makinaları

2.3.1. Elemanları

Dış koni, Düşey eksenli ve hareketsizdir.

İç koni, Üst ucu gövdeye küresel mafsallı olarak asılmıştır.

Eksantrik tertibatı. (Şekil 2.3)



Şekil 2.3. Konik kırma makineleri.

2.3.2. Çalışma prensibi

Eksantrik tertibatın her dönüşünde, iç koni eksenin alt ucu bir daire ve dolayısıyla iç koni eksenini bir koni çizer. Böylece iç koni ile dış koni arasındaki çevresel aralığın V-şeklindeki her kesiti, bir defa daralır genişler. Giriş ağzından içeriye konan malzeme kesit daraldıkça kırılıp küçülür ve kesit genişledikçe biraz aşağıya iner. Çıkış ağzından geçebilecek kadar küçülen malzeme dışarıya çıkar.

2.3.3. Özellikleri

Sürekli çalıştığı için enerji sarfiyatı az ve iş verimi büyüktür. Küçülme oranı en çok 8/1 dir. Aynı büyüklükteki malzemeleri kırabilen bir çeneli kırma makinasına nazaran iş verimi daha büyük, buna karşılık boyutları ve ağırlığı daha fazladır. İş verimi aynı olan bir çeneli kırma makinasına nazaran enerji sarfiyatı daha az, buna karşılık kırabileceği

en büyük malzeme boyutu daha küçüktür.

2.4. Çekiçli Kırma Makinaları

2.4.1. Elemanları

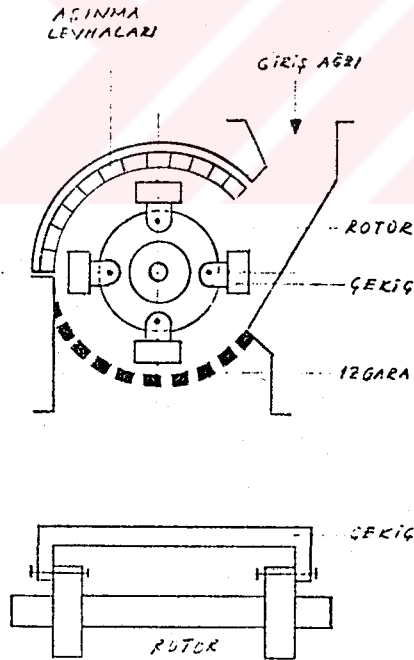
Gövde.

Rotor; çevresine mafsallı olarak çekiç denilen kırıcı parçalar takılmıştır.

Aşınma levhaları; Gövdenin üst kısmının iç yüzüne yerleştirilmiştir.

Izgara çubukları; Gövdenin alt kısmını çevreler. (Bulunmayabilir)

(Şekil 2.4)



Şekil 2.4. Çekiçli kırma makinaları.

2.4.2 Çalışma prensibi

Rotor döndükçe, çekiçler, giriş ağzından konan kırılacak olan malzemeye çarparak, bunları kırar ve aşınma levhalarına doğru fırlatır. Aşınma levhalarına çarpıp tekrar kırılan ve geri sıçrayan malzemeye çekiçler yeniden çarpar. Kırılacak malzemeler ızgara bölgesine gelinceye kadar bu olay bir kaç kere tekrarlanır. Izgara aralıklarından geçebilecek kadar küçülen malzeme dışarıya çıkar. Çıkamayanlar kırılıp geçme derecesinde küçülene kadar dönmeye devam ederler.

2.4.3. İşletilmesi

Izgara çubuklarının aralıkları, elde edilmek istenen tane büyüklüğüne göre ayarlanmalıdır. Çekiçler, aşınma levhaları ve ızgara çubukları aşındıkça değiştirilmelidir.

2.4.4. Özellikleri

Olumlu tarafı: Küçültme oranı çok büyüktür. (en çok 30/1). Bu sayede iri malzemeyi bir seferde çok küçük taneler haline getirebilir. Sürekli çalıştığı için enerji sarfiyatı küçük ve iş verimi büyüktür.

Olumsuz tarafları: Kırılacak olan malzemeyi darbe etkisi ile kırdığı için, ancak darbe etkisi ile kırabilen (yarılma düzlemleri bulunan) malzemeler için kullanılabilir.

2.5. Silindirli Kırma Makinaları

2.5.1. Elemanları

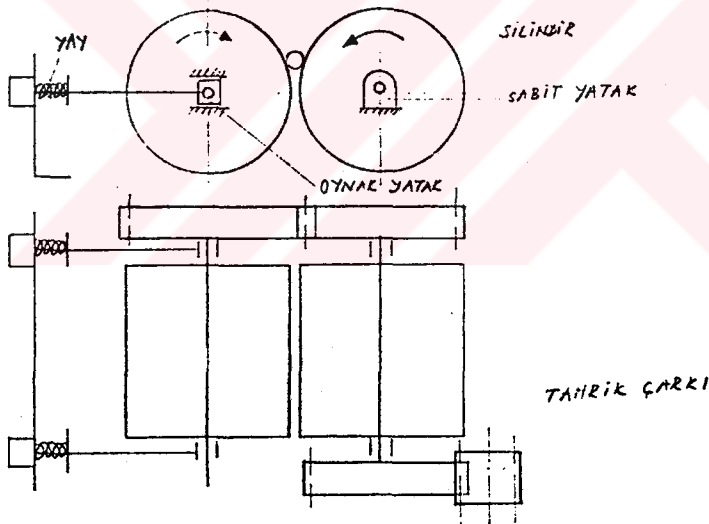
Silindir iki adet

Eksenleri yatay ve paralel

Yan yüzeyleri düz veya dişli

Tahrik çarkları, iki silindiri eşit devir sayısı ile zıt yönlerde döndürmeğe yarar.

Yataklar, silindirlere biri sabit yataklarla yataklandırılmıştır. Diğeri yaylı oynak yataklarla (mesafe ayarı yapmada uygun) yataklandırılmıştır.(Şekil 2.5)



Şekil 2.5. Silindirli kırma makinaları.

2.5.2. Çalışma prensibi

Üstten konan malzemeler iki silindir arasına düşerek, silindirlerin basınç etkisi ile kırılır ve aralıktan geçebilecek kadar

küçüldüğünde de alttan dışarıya çıkar. Malzemenin kırılması için, gerekli basınç yağları sıkıştırmaya yetmediğinden normal olarak aralık değişmez. Çok sert bir tane araya girerse yağları sıkıştırarak aralığı büyültür ve kırılmadan geçer. Bu en büyük mahsuru sayılabilir.

2.5.3. Özellikleri

Olumlu tarafları: Sürekli çalıştığı için enerji sarfiyatı küçük ve iş verimi büyüktür.

Olumsuz tarafları: Kırabileceği en büyük tane boyutu (d_1), silindir çapına (D) bağlı olup küçüktür (düz silindirde $d_1=D/20$; dişli silindirlerde $d_1=D/10$). Dolayısı ile küçültme oranı küçüktür ($i=6/1$), ince kırma makinası veya kum yapma makinası olarak kullanılır.

2.6. Tamburlu Kırma Makinaları

2.6.1. Elemanları

Silindirik tambur

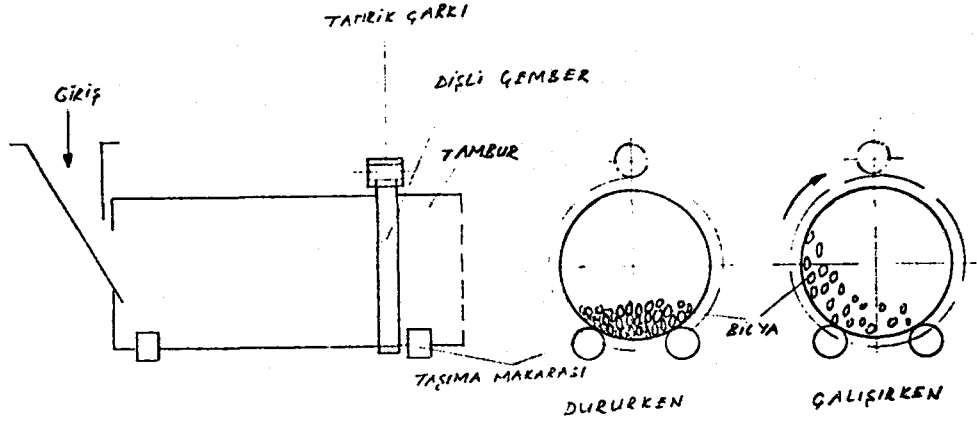
İç yüzü aşınma mukavemeti yüksek malzemedен yapılmış levhalarla kaplanmıştır.

Taşıma makaraları-4 adet

Tahrik çarkları

Bilyalar, sert malzemedен yapılmıştır. Tamburun içine konmuştur.

Tambur hacminin % 30 ile 40'ını dolduracak kadardır. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6. Tamburlu kırma makineleri.

2.6.2. Çalışma prensibi

Taşıma makaraları üzerine oturtulmuş olan tambur, tahrik çarkları sayesinde yatay ekseni etrafında döndükçe; yükselip düşen bilyalar tambur içerisine konan malzemeyi kırmak ve ezmek suretiyle küçültür. Yeter derecede küçülen taneler sürekli olarak ya çevre yüzeyindeki deliklerden dökülür, yahut silindir içerisinden geçirilen bir hava akımı sayesinde dışarıya alınır. Bunların dışında da kesintili olarak, silindiri boşaltıp elemek suretiyle bilyalardan kırılan malzeme ayrılabilir.

2.6.3. Özellikleri

Malzemeyi çok ince tanecikler haline getirebilir. Kırılacak malzemeden toz elde etmek için kullanılır

2.7. Kırma Makinaları Hakkında Tamamlayıcı Bilgi

2.7.1.Kırma makinalarının seçilişinde dikkat edilecek hususlar

Bu kadar çeşitli makina arasından belirli bir maksat için en uygununun seçilmesi nazari ve tecrübi bilgiye ihtiyaç göstermekle beraber bu hususta rol oynayan esas faktörler aşağıda sıralanmıştır.

-Bir kırma makinasının seçilmesinde, o makinadan istenecek olan saattaki iş verimi birinci derecede rol oynar. Bir kırma makinasının iş verimi kırılacak malzemenin cinsine ve dane büyüklüğüne, elde edilecek malzemenin dane büyüklüğüne ve makinanın besleniş tarzına göre geniş sınırlar dahilinde değişir.

-Kırılacak malzeme içerisindeki en iri taneleri kırabilmelidir.

-İstenilen küçültme oranını sağlayabilmelidir. Her kırma makinasının küçültme oranı, aralık açıklığını değiştirmek suretiyle, belirli sınırlar dahilinde ayar edilebilir.

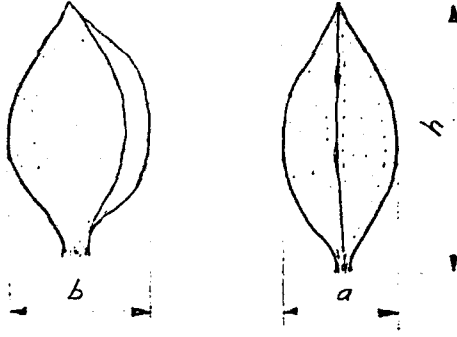
-Kırılacak malzemenin cinsine uygun olmalıdır.

-Kırma makinaları çalışma esnasında büyük zorlamalara maruz kaldığından, çok sağlam yapılı olmalıdır.

2.7.2. Kırma makinalarının beslenmesi

Tam iş verimi ile çalışabilmesi için, kırma makinalarının sürekli olarak üniform şekilde beslenmesi gerekir. Bu maksat için yapılmış çeşitli tipte ve çeşitli büyüklükte besleme makinaları vardır.

3. KIRMA İŞLEMİNİN KONUSUNU TEŞKİL EDEN ÇEKİRDEKLERİN BOYUT ANALİZİNİN YAPILMASI



Şekil 3.1. Çekirdeğe ait büyüklükler.

6 değişik cins ve 60 adet çekirdek üzerinden yapılan ölçüm etüdü sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Çekirdek büyüklüklerine ait değerler**1. Gurup (HACI HALİL)**

Çekirdek No.	a	b	h
1	10.8	16	19.7
2	10.5	15.3	19.7
3	10.5	15.5	19.8
4	9.8	16.5	19.4
5	10.2	15	18.5
6	9.2	16.3	19
7	10.5	15.5	19.5
8	11	16	19.2
9	10.3	15.5	19.2
10	9.8	16	18.5

Ortalama	10.26	15.76	19.25
Toplam Ağırlık	13.08 gr		

2. Gurup (ALYANAK)

Çekirdek No.	a	b	h
1	11.1	18	32
2	11.2	17.8	28.8
3	11.3	17.5	29
4	11.2	17	30
5	10.5	15.2	26
6	10.5	16.5	27
7	11	17.8	30
8	11	18	29
9	11.2	17.5	28.5
10	11	17	28

Ortalama	11	17.23	28.63
Toplam Ağırlık	29.82 gr		

Tablo 3.1.'in devamı

3.Gurup (HASAN BEY)

Çekirdek No.	a	b	h
1	11.5	19.5	34
2	11.5	20.4	33
3	10.8	20.3	32
4	11.3	19.4	32
5	11.5	19.4	33
6	12	20.5	34.5
7	10.8	20	34
8	11.2	19	33
9	11.2	19.6	33.2
10	10.8	18.8	32.4

Ortalama	11.26	19.69	33.21
Toplam Ağırlık	25.42 gr		

4.Gurup (LİMON)

Çekirdek No.	a	b	h
1	9.3	15.2	31.5
2	10	17.6	31.3
3	9.5	15.5	30.5
4	9	15	30.4
5	10	15	31.5
6	10	16	32.5
7	10	15.5	31
8	10.5	17.5	32.5
9	9.8	15	34
10	10	17	30.3

Ortalama	9.85	15.93	31.55
Toplam Ağırlık	15.65 gr		

Table 3.1.'in devamı

5.Gurup (BADEM)

Çekirdek No.	a	b	h
1	16	21	30
2	13	18.5	26
3	14.5	21.5	27
4	16	20.2	32
5	15	21	30
6	16	23.5	29
7	15.4	20.5	29
8	15	22	29
9	15	21	26
10	13	17	31

Ortalama	14.89	20.62	28.90
Toplam Ağırlık	39.82 gr		

6.Gurup (AŞISIZ KAYISI)

Çekirdek No.	a	b	h
1	10	14	22
2	9.2	13.2	20
3	9.1	14.4	23
4	8.7	13.2	20.5
5	9.9	14.2	21
6	8.5	12.5	19.5
7	10.3	14.5	21.5
8	10	14.5	22
9	9.2	13	20
10	8.9	13	20.5

Ortalama	9.38	13.65	21
Toplam Ağırlık	11.15 gr		

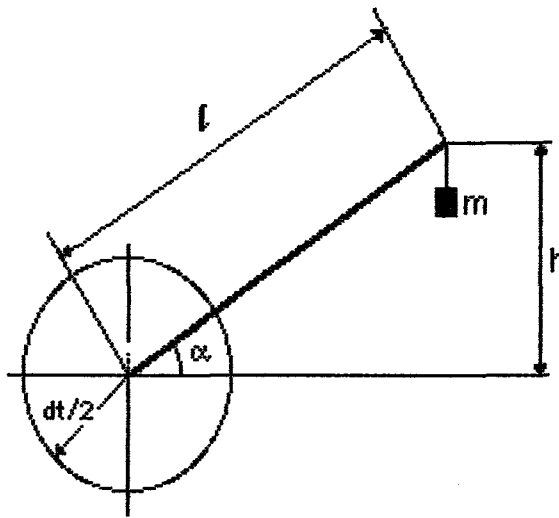
4. MAKİNANIN PROJELENDİRİLMESİ

4.1 Kırılacak Çekirdeklerle Etki Eden Kuvvetlerin Tesbiti

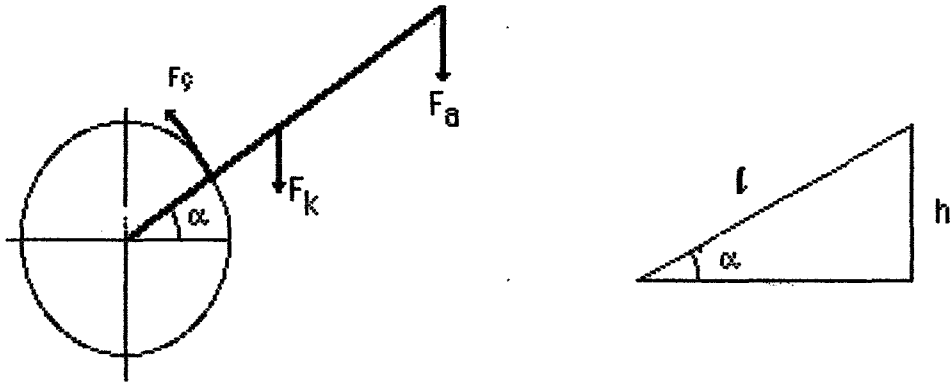
Proje konumuzu teşkil eden kayısı çekirdeklerine etki eden basma ve çevresel kuvvetlerin tesbiti için laboratuvarlarda yapılan deney sonuçları aşağıda çıkarılmıştır.

Kayısı çekirdeklerinden 10 adet numune alınarak basma mukavemeti; malzeme laboratuvarındaki basma cihazında yapılan deney sonucunda ortalama 35 kp olarak tesbit edilmiştir. Bundan başka çekirdeğin üzerine çeşitli ağırlıklar konularak çekirdeği kıran ağırlık toplamında etki eden basma kuvveti 40 kp olarak tesbit edilmiştir. Böylece etki eden ortalama basma kuvveti 37.5 kp olarak tesbit edilmiştir.

Bulunan bu kuvvet statik olduğundan uygun görülmemiştir. Buna karşılık gerekli olan kuvvet dinamik olduğundan, aşağıda hesaplanacak olan dinamik kuvvet dikkate alınacaktır. (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2)



Şekil 4.1 Çekirdeğe etki eden dinamik kuvvetin hesaplanmasında hazırlanan düzenek



Şekil 4.2. Çekirdeğe etki eden kuvvetler

$$h=49 \text{ mm}$$

$$l=71.6 \text{ mm}$$

$$\sin\alpha = \frac{h}{l} = \frac{49}{71.6}$$

$$\alpha = 43,18^\circ$$

F_θ =Kola takılan ağırlığın meydana getirdiği kuvvet

F_K =Kolun ağırlığından dolayı meydana gelen kuvvet

F_ϕ =Kırma silindirinin meydana getirdiği çevresel kuvvet

w =kolun ağırlığı

l =kolun toplam uzunluğu

$$l=71.6 \text{ cm}$$

$$m=0,865 \text{ kg}$$

$$w=1.270 \text{ kg}$$

$$F=m.g$$

(4.1)

$$F_\theta = m.g = 0.865 \times 9.81 = 8.696 \text{ N}$$

$$F_a=0.865 \text{ kp}$$

$$F_k=w.g=1,270.9,81=12,459 \text{ N}$$

$$F_k=1,270 \text{ kp}$$

Dairenin merkezine göre moment alırsak;

$$\Sigma M_0=0$$

$$F_{\varphi} \frac{dt}{2} - F_k \cdot \text{Cos}\alpha \cdot \frac{l}{2} - F_a \cdot \text{Cos}\alpha \cdot l = 0 \quad (4.2)$$

elde edilen bu denklemde gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$F_{\varphi} \frac{dt}{2} = F_k \cdot \text{Cos}\alpha \cdot \frac{l}{2} + F_a \cdot \text{Cos}\alpha \cdot l$$

$$F_{\varphi} \frac{d}{2} = 1,270 \cdot \text{Cos}\alpha \cdot \frac{71,6}{2} + 0,865 \cdot \text{Cos}\alpha \cdot 71,6$$

$$F_{\varphi} \frac{dt}{2} = 33,154 + 45,16$$

$$F_{\varphi} \frac{dt}{2} = 78,316 \text{ kpcm} \quad (4.3)$$

$$M_d = F_{\varphi} \frac{dt}{2} \quad (4.4)$$

$M_d=78,316 \text{ kpcm}$ olarak bulunur.

Bu momentin büyük bir kısmı yerleştirilecek olan elektrik motoru tarafından bir kısmıda volan tarafından karşılanacaktır.

Volanın doğuracağı momenti (M_v) bazı kabuller dahilinde hesaplırsak;

KABULLER:

Volan genişliği (B)= 55 mm

Volan çapı (D)=150 mm olsun.

Devir sayısı (n)=185 d/dak

Buna göre;

$$M_v = \frac{G}{g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \quad (4.5)$$

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot B \cdot \gamma \quad (4.6)$$

(4.6) nolu denklem (4.5) nolu denklemde yerine konur ve gerekli düzenlemeler yapılırsa (4.7) nolu denklem elde edilmiş olur.

$$M_v = \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot B \cdot \gamma}{g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \quad (4.7)$$

$$M_v = \frac{\frac{\pi \cdot 15^2}{4} \cdot 5,5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3}}{981} \left(\frac{15}{2} \right)^2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 185}{30} \right)^2$$

$$M_v = 8,42 \text{ kpcm}$$

Gerekli olan moment M_d idi.

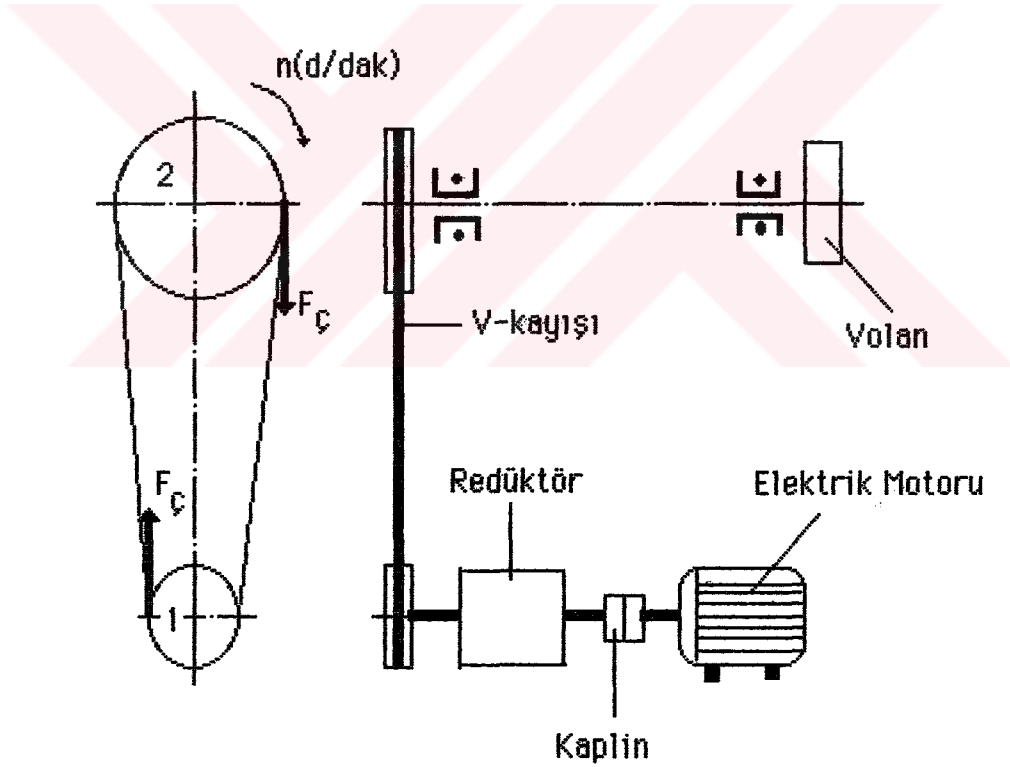
$$M_d = M_v + M_{d2} \quad (4.8)$$

M_{d2} =2 nolu kasnağın taşıdığı moment miktarı;

$$M_{d2} = M_d - M_v \quad (4.9)$$

$$M_{d2} = 78,316 - 8,42$$

$$M_{d2} = 69,896 \text{ kpcm}$$



Şekil 4.3. Çekirdek kırma makinesinin tahrik prensibi.

Şekil 4.3'den görüldüğü gibi ana mil kayış kasnak mekanizması ile tahrik edilmektedir. Mekanizmanın çevrim oranı;

$$i = \frac{n_1 dt_2}{n_2 dt_1} \quad (4.10)$$

$$i = \frac{dt_2}{dt_1} = \frac{\frac{D_{d2} + D_{i2}}{2}}{\frac{D_{d1} + D_{i1}}{2}} = \frac{180,5}{90} = 2$$

$$i = 2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = i = 2$$

$$n_1 = 2 \cdot n_2 = 185 \cdot 2 = 370 \text{ d/dak}$$

$$n_1 = 370 \text{ d/dak}$$

n_1 = Redüktör çıkış devri

4.2. Gerekli Motor Gücünün Hesabı

2 nolu kasnağın taşıyacağı moment (M_{d2}) biliniyor.

$$M_{d2} = F_{\varphi} \frac{dt_2}{2} \quad (4.11)$$

$$F_{\varphi} = \frac{M_{d2}}{\frac{dt_2}{2}} = \frac{2 \cdot M_{d2}}{dt_2} = \frac{2 \cdot 69,896}{18,05} = 7,74 \text{ kp}$$

$$F_{\varphi} = 7,74 \text{ kp}$$

Redüktör kasnağı üzerinde oluşması gerekli moment (M_{d1}):

$$M_{d1} = F_g \frac{d_{t1}}{2} \quad (4.12)$$

$$M_{d1} = 7,74 \cdot \frac{9}{2} = 34,83 \text{ kpcm}$$

$$M_{d1} = 34,83 \text{ kpcm}$$

M_{d1} momentini elde edeceğimiz güç ise (N);

$$M_{d1} = 71620 \cdot \frac{N}{n} \quad (4.13)$$

n =Motor çıkış devri

n =1380 d/dak

(4.13) nolu denklemden N çekilirse (4.14) nolu denklem elde edilmiş olur;

$$N = \frac{M_{d1} \cdot n}{71620} \quad (4.14)$$

$$N = \frac{M_{d1} \cdot n}{71620} = \frac{34,83 \cdot 1380}{71620} = 0,67 \text{ BG}$$

$$N = 0,67 \text{ BG} = 0,49 \text{ kW}$$

Kayış-kasnak mekanizmasındaki kaybı ve redüktörün verimini dikkate alırsak toplam verim (η_T);

$$\eta_T = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (4.15)$$

Sarıma açısına göre Kayış-kasnak mekanizmasının verimi (η_1)=0,94¹

Dişli redüktör kutusu tamamen yağ ile dolu olursa verim (η_2)=0,74²

$$N_{EM} = \frac{N}{\eta_1 \cdot \eta_2} \quad (4.16)$$

$$N_{EM} = \frac{0,49}{0,94 \cdot 0,74} = 0,71 \text{ kW}$$

$$N_{EM} = 0,71 \text{ kW}$$

$N_{EM} = 0,75 \text{ kW}$ olarak alındı.

4.3. Mil Çapının Hesabı

Mil malzemesi Ç 1050 ($\tau_d = 120 \text{ kp/cm}^2$) olarak alıp burulmaya göre hesaplamaları yaparsak;

$$d = \sqrt[3]{\frac{71620}{\tau_d} \cdot \frac{5 \cdot N}{n}} \quad (4.17)$$

$$d = 14,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (4.18)$$

$$d = 14,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n_2}} = \sqrt[3]{\frac{0,75}{115}} = 2,69 \text{ cm}$$

1 AKKURT, M., Makina Elemanları kitabı, Cilt 3, 1984

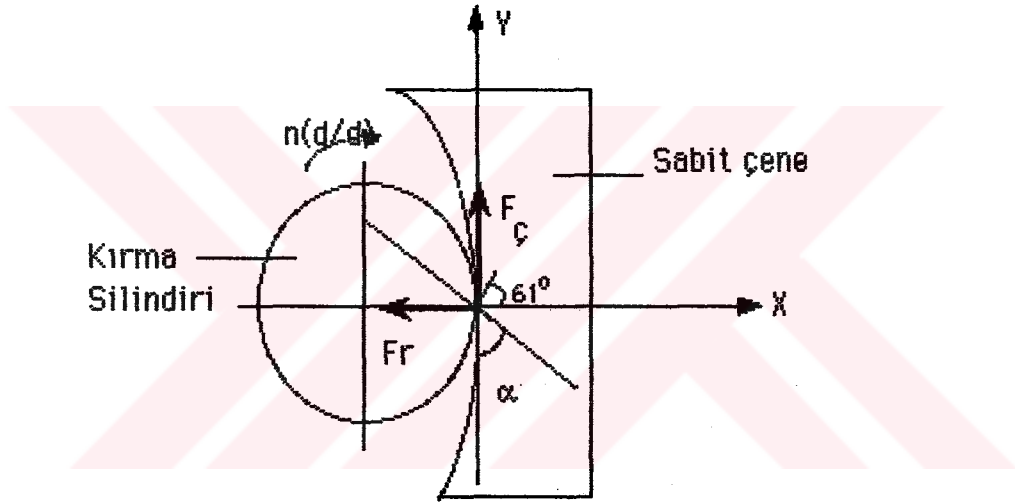
2 İNAN, A., Yüksek Lisans Ders Notları, 1995

$$d=2,69 \text{ mm}=26,8 \text{ mm}$$

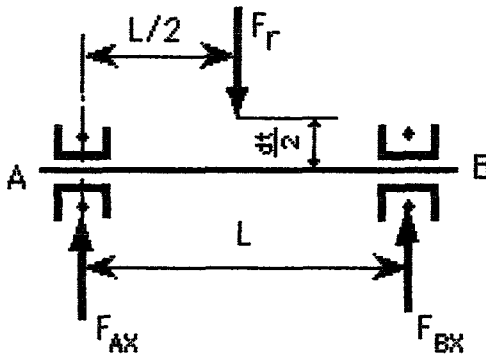
$d= 30 \text{ mm}$ olarak alındı.

4.4 Yatakların Hesaplanması

İmalatını yaptığımız Çekirdek Kırma Makinasında kırma işlemi yapan kırma silindiri ve sabit çenenin hareketini iç içe çalışan iki silindire benzetirsek (şekil 4.4);



Şekil 4.4. Kırma silindiri ile sabit çenenin çalışma presibi.



Şekil 4.5. Ana mile etki eden x yönündeki kuvvetlerin durumu.

Şekil 4.5'de A noktasına göre moment alınırsa;

$$\Sigma M_A = 0$$

$$F_{Bx} \cdot L - F_r \cdot L/2 = 0 \quad (4.19)$$

$$F_{Bx} = \frac{F_r}{2} \quad (4.20)$$

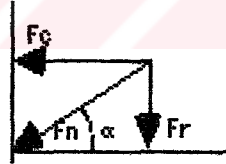
elde edilir.

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_r = F_{Ax} + F_{Bx}$$

$$F_{Ax} = F_{Bx} = \frac{F_r}{2} \quad (4.21)$$

olur.



$$F_r = F_c \cdot \tan(\alpha_0) \quad (4.22)$$

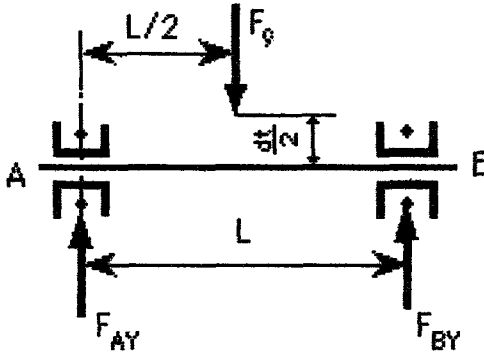
$$\alpha_0 = 61^\circ$$

$$F_r = 7,74 \cdot \tan 61$$

$F_r = 13,96$ kp bulunur.

$$F_{Ax}=F_{Bx}=\frac{F_r}{2}=\frac{13,96}{2}=6,98 \text{ kp}$$

olarak bulunur.



Şekil 4.6. Ana mile etki eden y yönündeki kuvvetlerin durumu.

Benzer şekilde şekil 4.6'da A noktasına göre moment alırsak;

$$\Sigma M_A=0$$

$$F_{By}.L-F_g.L/2=0$$

$$F_{By}=\frac{F_g}{2} \quad (4.23)$$

$$\Sigma F_y=0$$

$$F_g-F_{Ay}-F_{By}=0$$

$$F_g=F_{Ay}+F_{By}$$

$$F_{AY}=F_{BY}=\frac{F_g}{2} \quad (4.24)$$

olur.

$$F_{AY}=F_{BY}=\frac{F_g}{2}=\frac{7,74}{2}$$

$$F_{AY}=F_{BY}=3,87 \text{ kp}$$

A yatağı için kuvvetin hesabı:

$$1) F_e=0$$

$$2) F_R=\sqrt{F_{AX}^2+F_{AY}^2}$$

$$F_{RA}=7,98 \text{ kp}$$

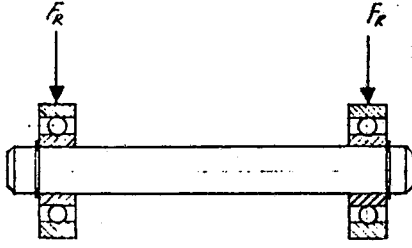
B yatağı için kuvvetin hesabı:

$$1) F_e=0$$

$$2) F_R=\sqrt{F_{BX}^2+F_{BY}^2}$$

$$F_{RB}=7,98 \text{ kp}$$

$F_{RA}=F_{RB}$ olduğundan her iki yatak için de hesaplanacak rulmanlar aynı olacağından sadece bir yatak için yapılan hesaplamalar diğeri içinde geçerli olacaktır.



Şekil 4.7. Rulmanlara etki eden kuvvetlerin durumu

$$F = F_R = 7,98 \text{ kp}$$

$$\left(\begin{array}{l} n=200 \text{ d/dak} \\ d=25 \text{ mm} \\ L_h=20.000 \text{ saat} \end{array} \right) \quad \frac{C}{F} = 6,2$$

$$C = 6,2 \cdot F = 6,2 \cdot 7,98 = 49,476 \text{ kp}$$

$$C = 49,476 \text{ kp} = 494,76 \text{ N}$$

Bu değerlere uygun olarak;

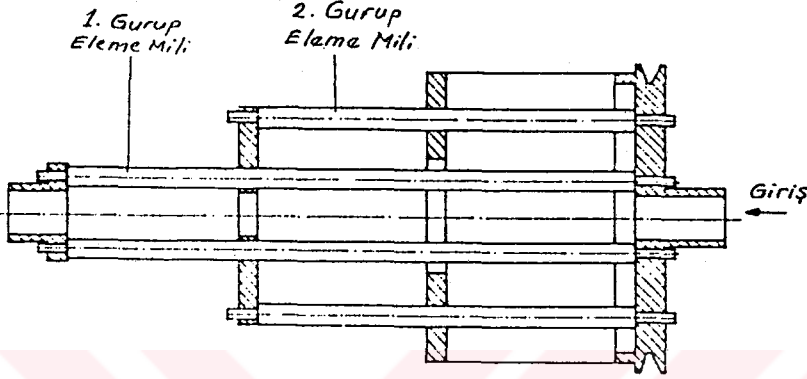
SKF 6005 SABİT BİLYALI YATAK'ı rulman seçilmiştir. Buna göre;

$$\left. \begin{array}{l} d=25 \text{ mm} \\ \text{SKF 6005} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} D=47 \text{ mm} \\ B=12 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

değerleri rulman tablosundan elde edilebilir.

4.5. Eleme Tamburlarına Ait Hesaplamalar

Eleme makinaları değişik büyüklükteki malzemeleri tane büyüklüğüne göre çeşitli guruplara ayırmak suretiyle boyutlandırılmasını sağlayan makinalardır.

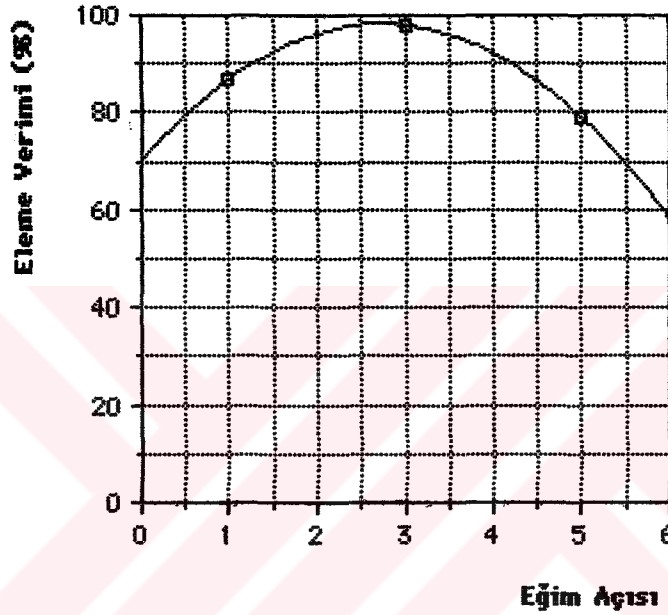


Şekil 4.8. Eleme tamburunun kesit görünüşü

Projelendirdiğimiz ve Şekil 4.8'de görülen eleme tamburlarında elenecek olan kayısı çekirdekleri önce en içteki ve en büyük aralıklı olan tamburdan elemeye başlamakta ve elenmeyen çekirdekler dışarıya doğru ilerlemek suretiyle 1. gurup çekirdekleri oluşturmaktadır. Elenen çekirdekler ise bir alt tambura, oradan da dışarıya doğru ilerlemekte ve böylece 2. gurup çekirdekleri meydana getirmektedir. Bu arada 2. gurup çekirdekler içerisinde elenen çekirdekler ise son gurup olan 3. gurubu oluşturmaktadır. Her gurup içerisinde elenmeyen çekirdekler ise eleme tamburlarından dışarıya ve oradan da toplanma kaplarında birikmektedirler.

Giriş tarafından bunker vasıtasıyla özel eleme tamburlarının içerisine konan çekirdekler çıkış tarafına doğru ilerleyebilmesi için, ya

tamburlar silindir şeklinde imal edilip 3 ila 8° eğimli olarak yataklandırılır. Yahut konik olarak yapılırlar. İmalatını yaptığımız özel eleme tamburu silindir şeklinde olup 3°'lik bir açı verilerek suretiyle yataklandırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda Şekil 4.9'da görüldüğü gibi 3°'lik açıda daha iyi bir verim elde edildi.



Şekil 4.9. Eleme tamburuna verilen eğim açısına göre eleme verimi

4.5.1 Eleme tamburlarındaki millerin dizilme aralıklarının hesaplanması

Eleme tamburunun hesabına başlanmadan önce deneyde kullandığımız çekirdekler kumpasla ölçülerek ortalama büyüklükleri tesbit edildi. Deneyde kullanılan çekirdek boyutları Tablo 4.1'de görülmektedir.

Tablo 4.1. Yapılan deneylerde kullanılan çekirdeğe ait büyüklükler**6. Gurup (AŞISIZ KAYISI)**

Çekirdek No.	a	b	h
1	10	14	22
2	9.2	13.2	20
3	9.1	14.4	23
4	8.7	13.2	20.5
5	9.9	14.2	21
6	8.5	12.5	19.5
7	10.3	14.5	21.5
8	10	14.5	22
9	9.2	13	20
10	8.9	13	20.5

Ortalama	9.38	13.65	21
Toplam Ağırlık	11.15 gr		

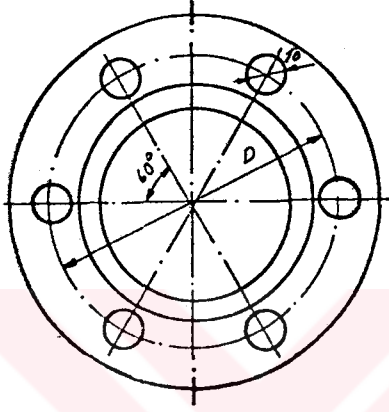
Tablo 4.1'e göre çekirdekler üç guruba ayrıldı ve bu guruplar şöyle oluşturuldu;

1. Gurup Çekirdeklerde $a \geq 10$ mm
2. Gurup Çekirdeklerde $9 > a > 10$ mm
3. Gurup Çekirdeklerde $a \leq 9$ mm

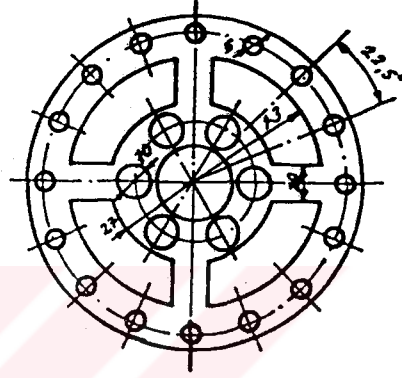
olarak alındı. Ve böylece imalatını yaptığımız özel eleme tamburu ile çekirdekler üç gurup olarak ayrılmaktadır.

Elemeyi yapacak olan millerin çapları her üç boyut için de 10 mm

olarak alındı. Ve hesaplamalara en içteki ve en küçük elemeyi yapan eleme tamburundan başlandı. Şekil 4.10'dan da görüldüğü gibi en içteki eleme silindirine yerleştirilecek olan millerin sayısı 6 adet ve mil boyu $L_1=300$ mm, 2. gurup elemeyi yapacak olan eleme tamburundaki mil sayısı 16 adet ve mil boyu $L_2=200$ mm olarak alındı. (Yapılan bu kabuller çekirdeğe ait büyüklükler göz önüne alınarak yapıldı).



1. Gurup



2. Gurup

Şekil 4.10. Eleme millerinin diziliş tarzı

Şekil 4.10'a göre miller arası mesafe;

$$A_0 = d + a = 9 + 10 = 19 \text{ mm,}$$

$$\alpha = 360/6 = 60^\circ$$

olarak bulundu. Ve millerin eksenlerinden geçen eksen çapı (D_1) şöyle bulunur;

$$A_0^2 = r^2 + r^2 - 2.r.r.\cos\alpha$$

(4.25)

$$A_0^2 = 2.r^2 - 2.r^2 \cdot \cos 60$$

$$A_0^2 = 2.r^2 (1 - \cos 60)$$

$$r = \sqrt{\frac{A_0^2}{2(1 - \cos 60)}} \quad (4.26)$$

(4.26) nolu denklemde değerler yerine konulursa;

$$r_1 = 19 \text{ mm}$$

$$D_1 = 38 \text{ mm}$$

olarak bulunur. Benzer şekilde (4.25) ve (4.26) nolu denklemler kullanılarak 2. grup elemeyi yapacak olan millerin eksenlerinden geçen eksen çapı ve millerin birbirlerine göre yaptıkları açı;

$$D_2 = 102.5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 360/16 = 22.5^\circ$$

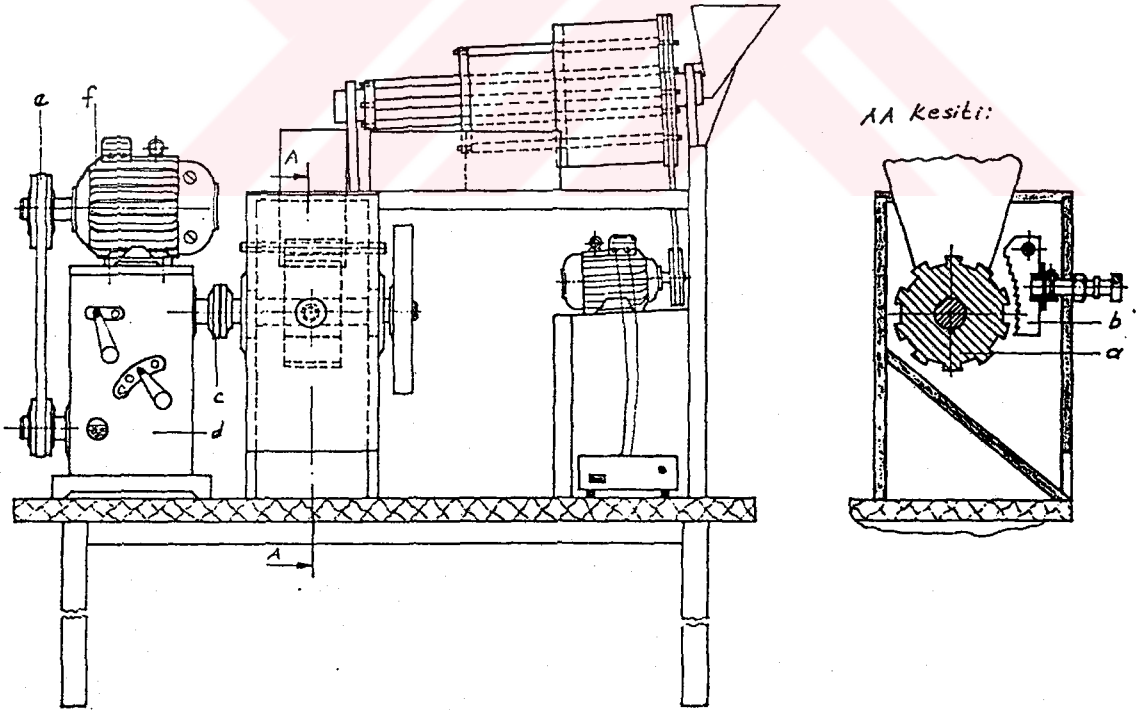
olarak bulunur. Ve 3. grup yani $\alpha \leq 9\text{mm}$ olan çekirdekler en dıştaki silindir içinde toplanacak ve bu silindirde bir eleme olmayacaktır. Bunun içinde dış silindirin çapı;

$$D_3 = 150 \text{ mm}$$

olarak alınıp etrafı saçla kaplandı.

4.6. Makinanın Çalışma Prensibi

İmalatını yaptığımız çekirdek kırma makinasında, kırma işlemi Şekil 1.1'de görüldüğü gibi çekirdekler; kırma silindiri (a) ve sabit çene (b) arasına girerek sıkıştırılıp kırılmaktadır. Kırma silindiri aynı zamanda çekirdeklerin bunkerden taşıma görevini de üstlenmektedir. Bu taşıma şekli; çekirdeklerin kırma silindiri kanalları arasına girmesi ile olmaktadır. Şöyleki; kırma silindiri bunkerin tam altına yerleştirildiğinden, çekirdekler ile direk temas etmekte ve kanalları arasına dolan çekirdekleri, tırnak açılmış sabit çenenin yüzüne doğru kırılmak üzere taşımakta ve orada sıkıştırarak kırmaktadır. Kırma silindiri hareketini parmaklı kavrama (c) vasıtasıyla redüktörden (d) almaktadır. Redüktör de hareketini kayış-kasnak (e) vasıtasıyla elektrik motorundan (f) almaktadır.



Şekil 4.11. Çekirdek kırma makinasının çalışma prensip şeması

Söz konusu sabit çenede, hatve ve çene yüksekliği her çenede sabit kalmakta fakat çenelerin birbirine göre pozisyon açıları değişmektedir. Ayrıca Sabit çene ileri ve geri lineer olarak hareket ettirilmekte ve çeneler arasındaki açıklık çekirdek kalınlığına (a) göre ayarlanmaktadır.

Küçük çaplı işletmelerde ve evlerde kullanılabileceği düşünülen bu makinanın, projesi hazırlanarak, bölümümüz imkanları dahilinde, bir prototipi imal edildi ve çeşitli karakteristiklerinin araştırılması için hazır hale getirildi.

4.7. Makinanın Kapasitesinin Tesbiti:

Bir defada kırılan çekirdek miktarını şu şekilde hesaplayabiliriz:

Deneye tabi olan çekirdeklerin ortalama boyutları

$$a=9.38 \text{ mm}$$

$$b=13.65 \text{ mm}$$

$$h=21 \text{ mm}$$

olarak tesbit edilmiştir.

Bir kırma hareketinde kırılan çekirdek sayısı (Z_C):

$$\text{Kırıcı genişliği } (b_k)=60 \text{ mm}$$

$$\text{Çekirdek boyu } (h_c)=21 \text{ mm}$$

Bir kırma silindiri kanalına sığan çekirdek sayısı (Z_{C1}) (4.27) nolu denklemden:

$$Z_{C1} = \frac{b_k}{h_c} \quad (4.27)$$

$$Z_{C1} = \frac{b_k}{h_c} = \frac{60}{21} = 2,86$$

$$Z_{ç1}=3 \text{ adet}$$

Bir tam devirde kırılacak çekirdek miktarı $Z_{ç2}$ ise;

$$Z_{ç2}=Z \cdot Z_{ç1} \quad (4.28)$$

Kırmaya iştirak eden kırma silindir kanalı sayısı (Z)=10 adet

$$Z_{ç2}=10 \cdot 3$$

$Z_{ç2}=30$ adet olarak bulunur.

Şekil 5.5'e göre en ideal devir 115 d/dak olduğundan bir dakikada kırılan çekirdek miktarı ise (4.28) nolu denklemden ve bir saatte kırılacak olan çekirdek miktarıda (4.29) nolu denklemden bulunur;

$$Z_{ç}=Z_{ç2} \cdot n \quad (4.29)$$

$$Z_{ç}=30 \cdot 115$$

$$Z_{ç}=3450 \text{ adet/dak}$$

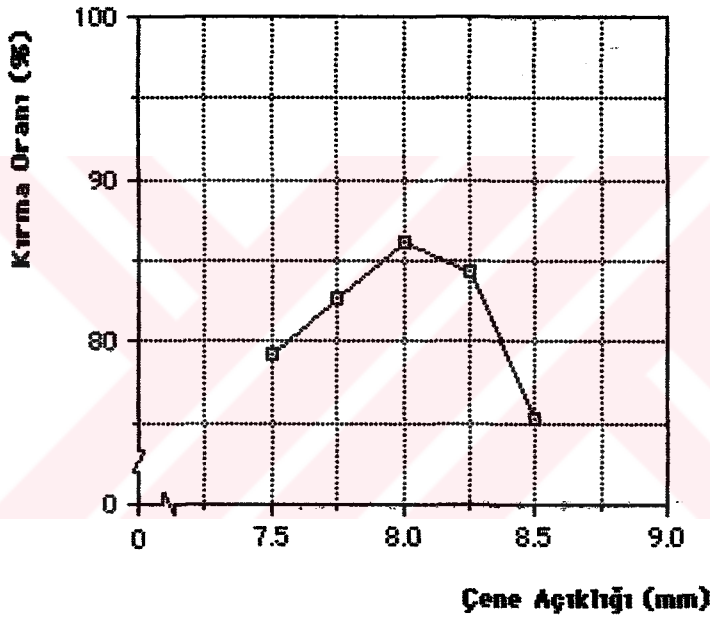
$$Z_{çh}=Z_{ç} \cdot n \cdot 60 \quad (4.30)$$

$$Z_{çh}=30 \cdot 115 \cdot 60$$

$Z_{çh}=207000$ adet/saat olarak bulunur.

5. DENEY SONUÇLARI VE MATEMATİKSEL MODELİN KURULMASI

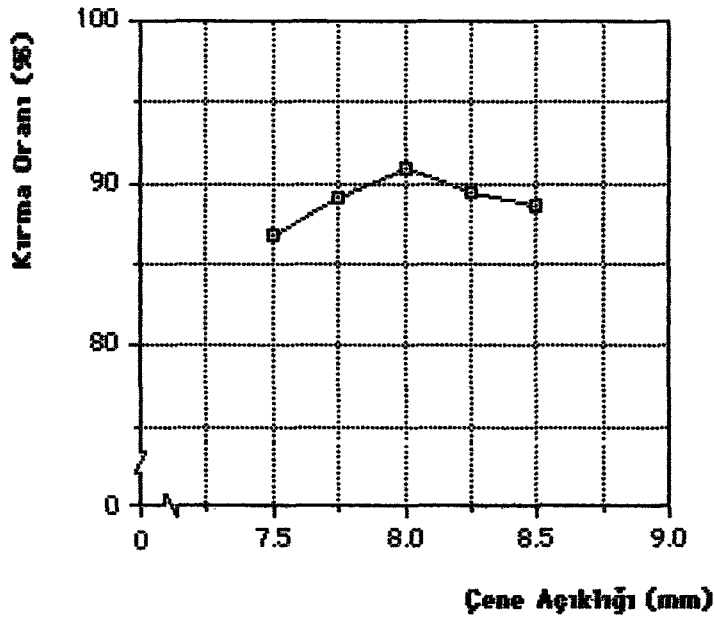
Kuru kayısı çekirdekleriyle yapılan deneyler sonucunda 50, 115,130 ve 180 d/dak elde edilen değerler Tablo 5.1'de, kırma oranları Şekil.5.1, Şekil.5.2, Şekil.5.3, Şekil.5.4'te ve bu grafikler birarada Şekil.5.5'de gösterilmiştir.



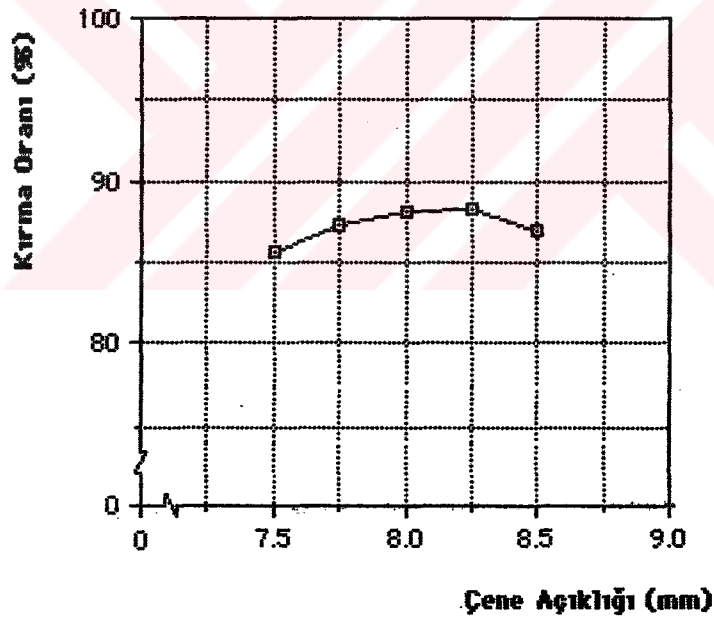
Şekil 5.1. 50 d/dak elde edilen kırma oranı

Tablo 5.1. Çene açıklıklarına göre deney sonuçları

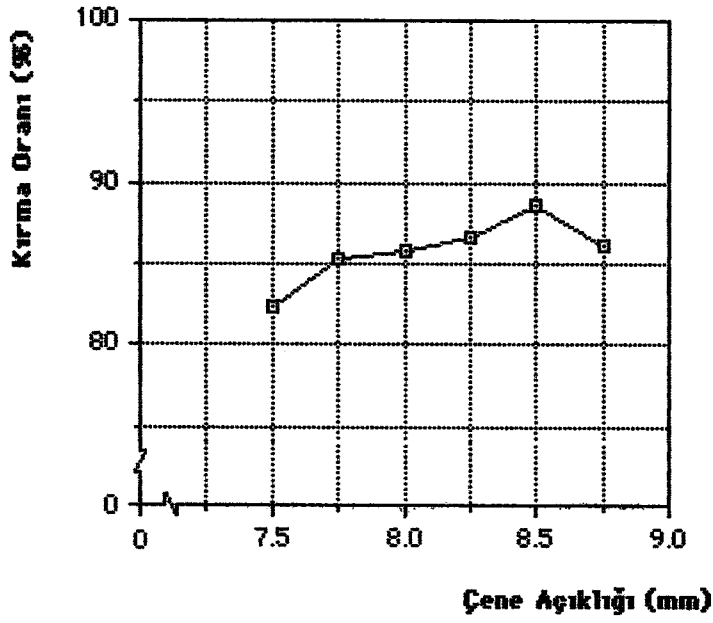
Deney No.	t(mm)	n(d/dak)	$\Delta k(\%)$	$m_m(\text{kgf})$	$m_e(\text{kgf})$
1	7.50	50	79.28	0.01435	0.0181
2	7.75	50	82.71	0.01500	0.0181
3	8.00	50	86.08	0.0156	0.0181
4	8.25	50	84.36	0.0153	0.0181
5	8.50	50	75.30	0.0136	0.0181
6	7.50	115	86.88	0.01572	0.0181
7	7.75	115	89.06	0.01612	0.0181
8	8.00	115	90.94	0.01646	0.0181
9	8.25	115	89.50	0.01620	0.0181
10	8.50	115	88.56	0.01603	0.0181
11	7.50	130	85.64	0.01550	0.0181
12	7.75	130	87.29	0.01580	0.0181
13	8.00	130	88.18	0.01596	0.0181
14	8.25	130	88.23	0.01597	0.0181
15	8.50	130	87.02	0.01575	0.0181
16	7.50	180	82.32	0.01490	0.0181
17	7.75	180	85.30	0.01544	0.0181
18	8.00	180	85.86	0.01554	0.0181
19	8.25	180	86.60	0.01568	0.0181
20	8.50	180	88.62	0.01604	0.0181
21	8.75	180	86.19	0.01560	0.0181



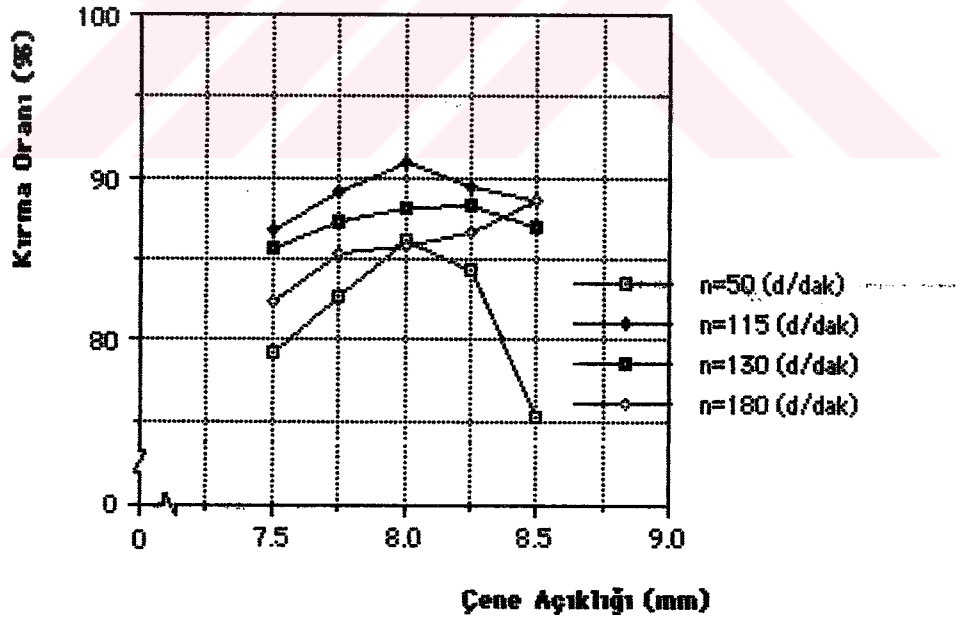
Şekil 5.2. 115 d/dak elde edilen kırma oranı



Şekil 5.3. 130 d/dak elde edilen kırma oranı



Şekil 5.4. 180 d/dak elde edilen kırma oranı

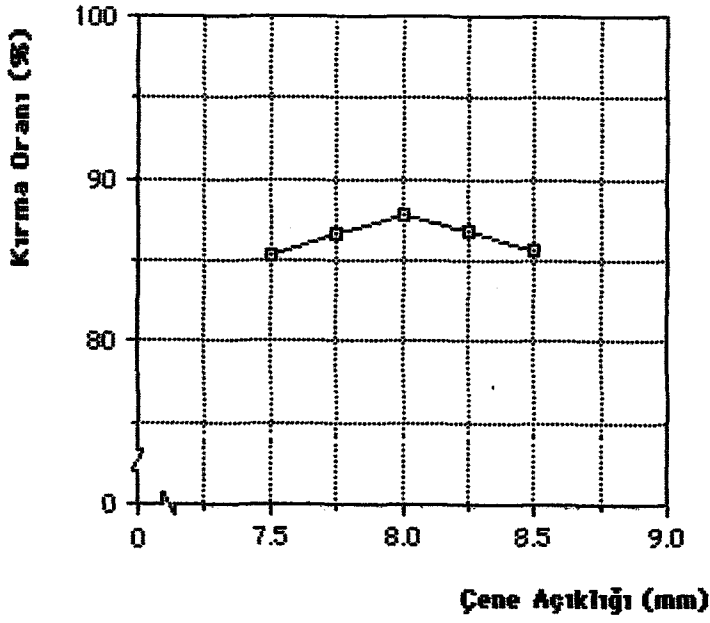


Şekil 5.5. Farklı devirlerde elde edilen kırma oranlarının bir arada gösterildiği grafik.

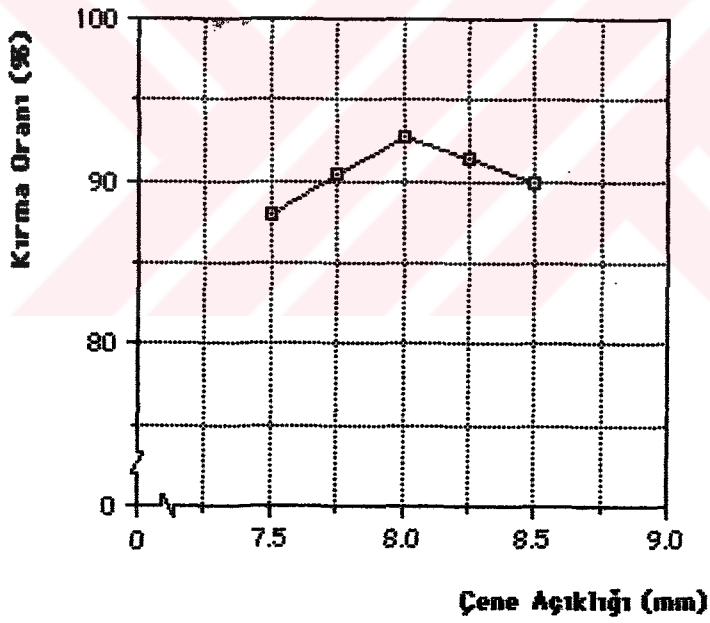
Şekil 5.5'deki grafik incelenerek en verimli çene açıklığı ve devir sayısı tesbit edilmiş; en ideal devir 115 d/dak ve en ideal çene açıklığı $t=8$ mm olarak tesbit edilmiştir. Bu ideal çene açıklığı ve devirde kırma oranı % 90.94 olarak bulunmuştur. Şekil 5.5'deki grafiğe göre 115 d/dak için en uygun çene açıklığı 8 mm, 130 d/dak için 8.25 mm ve 180 d/dak için ise 8.5 mm olduğu görülmüştür. Daha sonra çekirdekler çeşitli zaman aralıklarında (1, 2, 3 ve 4 saat) suda bekletildi ve en verimli devir olan 115 d/dak kırma işlemine devam edildi. Bu kırma işlemine ait kırma oranı değerleri Tablo 5.2'te, grafikler Şekil.5.6, Şekil.5.7, Şekil.5.8, Şekil.5.9'te ve bu grafikler bir arada Şekil.5.10'da gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Belirli ıslatma sürelerindeki kırma oranları

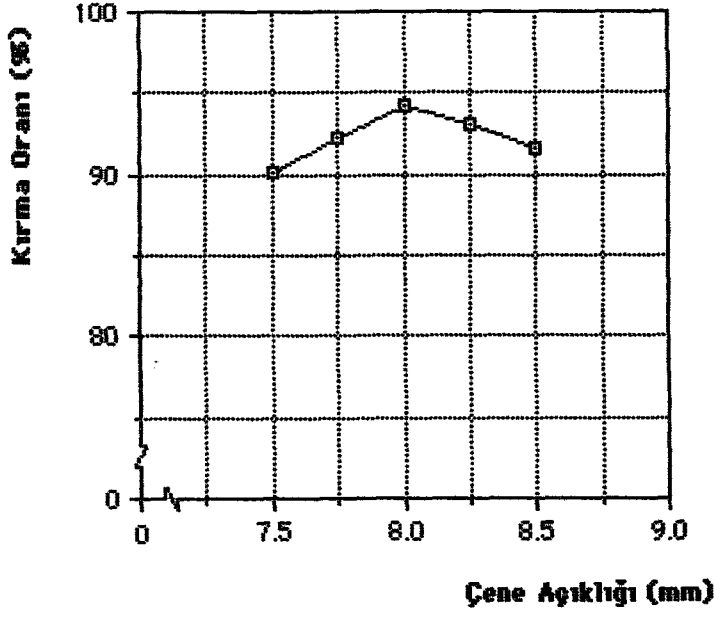
t(mm)	Kırma oranı (%)				
	Kuru	Suda Bekletme Süresi			
		1 saat	2 saat	3 saat	4 saat
7.50	86.88	87.20	88.01	90.05	92.43
7.75	89.06	89.15	90.50	92.27	94.25
8.00	90.94	91.16	92.82	94.31	95.97
8.25	89.50	90.01	91.38	93.04	94.75
8.50	88.56	89.06	89.89	91.55	93.92



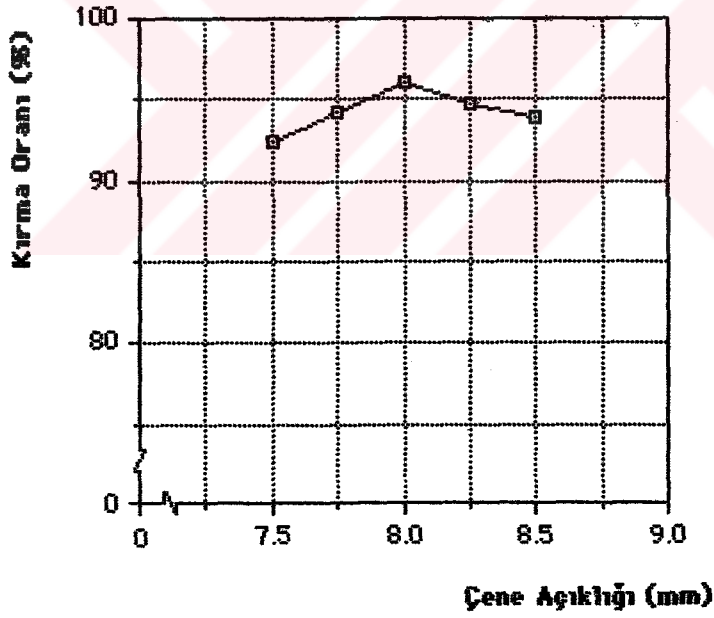
Şekil 5.6 115 d/dak ve 1 saat suda bekleme sonucu elde edilen kırma oranı



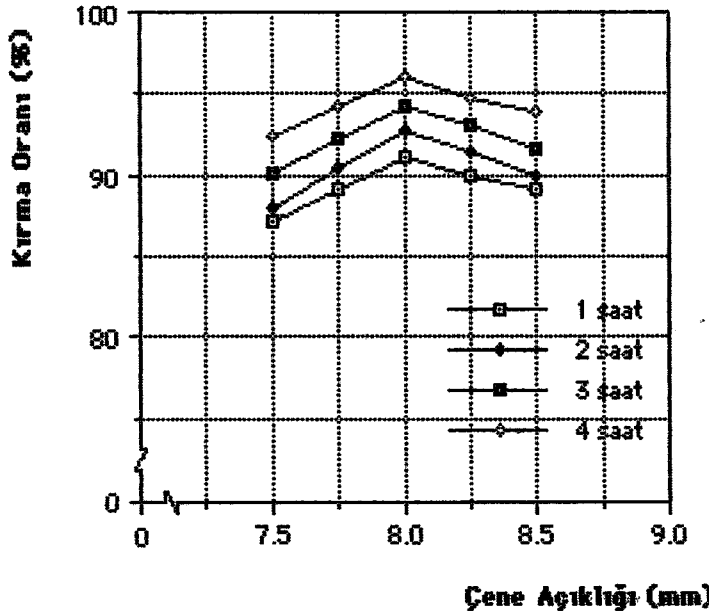
Şekil 5.7. 115 d/dak ve 2 saat suda bekleme sonucu elde edilen kırma oranı



Şekil 5.8. 115 d/dak ve 3 saat suda bekleme sonucu elde edilen kırma oranı

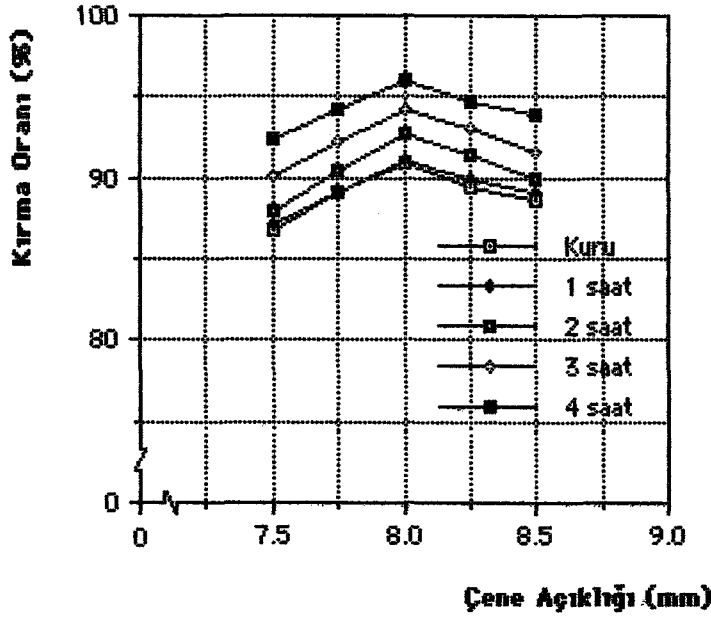


Şekil 5.9. 115 d/dak ve 4 saat suda bekleme sonucu elde edilen kırma oranı



Şekil 5.10. 115 d/dak ve değişik saat suda bekleme zamanlarında elde edilen kırma oranı

Şekil 5.10'daki grafik incelendiğinde en yüksek kırma oranının elde edildiği çene açıklığı ve suda bekletme süresi tesbit edilebilir. Şekil.5.10'daki grafiğe göre kuru kayısı çekirdeklerinin kırılmasında olduğu gibi en ideal çene açıklığı $t=8$ mm olduğu tesbit edilmiş ve en ideal ıslatma süresi de 4 saat olarak belirlenmiştir. $t=8$ mm çene açıklığı ve 4 saat suda bekletme süresine göre kırma oranı % 95.97 olarak bulunmuştur. Buna göre ideal devirdeki kuru ve belirli zaman aralıklarında suda bekletilen kayısı çekirdeklerinin verim grafikleri birarada Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. 115 d/dak kuru ve belirli zaman aralıklarında suda bekletilen çekirdeklerin kırılması sonucu elde edilen kırma oranı

5.1. Matematiksel Modelin Kurulması

Tablo 5.3. Boyutsuz sayılarda kullanılan büyüklükler ve boyut sistemi

	$\Delta t(m)$	$D(m)$	$\omega(1/sn)$	$N(kgfm/s)$	$m_m(kgf)$	$m_e(kgf)$
L	1	1	0	2	1	1
M	0	0	0	1	1	1
T	0	0	-1	-3	-2	-2

DeneySEL çalışmalarda etkili olan fiziksel büyüklüklerin ve L-M-T boyut sistemindeki boyutları Tablo 5.3'de verilmiştir.

$n=6$ tane fiziksel değişken bulunmaktadır. Seçilen {L,M,T} boyut sisteminde temel boyut sayısı $p=3$ olup ilk bakışta $q=n-p=6-3=3$ tane

boyutsuz ve birbirinden bağımsız π_1, π_2, π_3 değeri bulunacaktır. Boyut matrisini gösteren tablonun 3,4,5 inci sütun ve satırlardan oluşan matrisin belirteni;

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ -1 & -3 & -2 \end{vmatrix} = -1 \neq 0$$

dir. Bunun anlamı $\text{rank}(r)=3$ olup gerçektende $n-r=6-3=3$ tane π değeri bulunması gerektiğidir. Ve tekrar eden değişkenler olarak Δt , ω ve m_e seçilirse;

$$\pi_1 = \Delta t^{\alpha_1} \omega^{\alpha_2} m_e^{\alpha_3} \cdot N \quad (5.2)$$

$$\pi_2 = \Delta t^{\beta_1} \omega^{\beta_2} m_e^{\beta_3} \cdot m_m \quad (5.3)$$

$$\pi_3 = \Delta t^{\gamma_1} \omega^{\gamma_2} m_e^{\gamma_3} \cdot D \quad (5.4)$$

Boyut denklemleri yazılır ve boyut matrisindeki boyutları (5.2)'te yerine konursa;

$$L^0 \cdot M^0 \cdot T^0 = [L]^{\alpha_1} [T^{-1}]^{\alpha_2} [LMT^{-2}]^{\alpha_3} \cdot L^2 MT^{-3} \quad (5.5)$$

$$L^0 \cdot M^0 \cdot T^0 = [L]^{\alpha_1 + \alpha_3 + 2} [M]^{\alpha_3 + 1} [T]^{-\alpha_2 - 2\alpha_3 - 3} \quad (5.6)$$

(5.6) nolu denklemde eşitliğin her iki tarafındaki üsler eşitlenirse aşağıdaki (5.7), (5.8) ve (5.9) nolu denklemler elde edilir;

$$\alpha_1 + \alpha_3 + 2 = 0 \quad (5.7)$$

$$\alpha_3 + 1 = 0 \quad (5.8)$$

$$-\alpha_2 - 2\alpha_3 - 3 = 0 \quad (5.9)$$

bu üç denklemden $\alpha_1 = -1$, $\alpha_2 = -1$, $\alpha_3 = -1$ olarak bulunur. Bulunan bu değerler (5.2) nolu denklemde yerine konursa;

$$\pi_1 = \Delta t^{-1} \omega^{-1} m_e^{-1} N$$

$$\pi_1 = \frac{N}{\Delta t m_e \omega} \quad (5.10)$$

(5.10) nolu denklem elde edilir.

$$\pi_2 = \Delta t^{\beta_1} \omega^{\beta_2} m_e^{\beta_3} m_m$$

$$L^0 M^0 T^0 = [L]^{\beta_1} [T]^{-1} [LMT^{-2}]^{\beta_2} [LMT^{-2}]^{\beta_3} \quad (5.11)$$

$$L^0 M^0 T^0 = [L]^{\beta_1 + \beta_3 + 1} [M]^{\beta_3 + 1} [T]^{-\beta_2 - 2\beta_3 - 2} \quad (5.12)$$

(5.12) nolu denklemde eşitliğin her iki tarafındaki üsler eşitlenirse aşağıdaki (5.13), (5.14) ve (5.15) nolu denklemler elde edilir;

$$\beta_1 + \beta_3 + 1 = 0 \quad (5.13)$$

$$\beta_3 + 1 = 0 \quad (5.14)$$

$$-\beta_2 - 2\beta_3 - 2 = 0 \quad (5.15)$$

bu üç denklemden $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = 0$, $\beta_3 = -1$ olarak bulunur. Bulunan bu değerler (5.3) nolu denklemde yerine konursa;

$$\pi_2 = \Delta t \cdot \omega \cdot m_e \cdot m_m$$

$$\pi_2 = \frac{m_m}{m_e} \quad (5.16)$$

olarak elde edilir.

$$\pi_3 = \Delta t \cdot \omega \cdot m_e \cdot D$$

$$L^0 \cdot M^0 \cdot T^0 = [L]^{\gamma_1} [T]^{-\gamma_2} [LMT]^{-2\gamma_3} \cdot L \quad (5.17)$$

$$L^0 \cdot M^0 \cdot T^0 = [L]^{\gamma_1 + \gamma_3 + 1} [M]^{\gamma_3} [T]^{-\gamma_2 - 2\gamma_3} \quad (5.18)$$

(5.18) nolu denklemde eşitliğin her iki tarafındaki üsler eşitlenirse aşağıdaki (5.19), (5.20) ve (5.21) nolu denklemler elde edilir;

$$\gamma_1 + \gamma_3 + 1 = 0 \quad (5.19)$$

$$\gamma_3 = 0 \quad (5.20)$$

$$-Y_2 - 2Y_3 = 0 \quad (5.21)$$

bu üç denklemden $Y_1 = -1$, $Y_2 = 0$, $Y_3 = 0$ olarak bulunur. Bulunan bu değerler (5.4) nolu denklemde yerine konursa;

$$\pi_3 = \Delta t \cdot \omega \cdot m_e \cdot D \quad (5.22)$$

(5.22) nolu denklem bulunmuş olur. Yani;

a) Motor gücü, açısal hızı ve çekirdek büyüklükleri arasındaki bağıntı (π_1):

$$\pi_1 = \frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \quad (5.10)$$

b) Kırma oranı (π_2):

$$\pi_2 = \frac{m_m}{m_e} \quad (5.16)$$

c) Kırma silindiri çapının çene açıklığına oranı (π_3):

$$\pi_3 = \frac{D}{\Delta t} \quad (5.22)$$

Bu durumda $\pi_2 = g(\pi_1, \pi_3)$ olur.

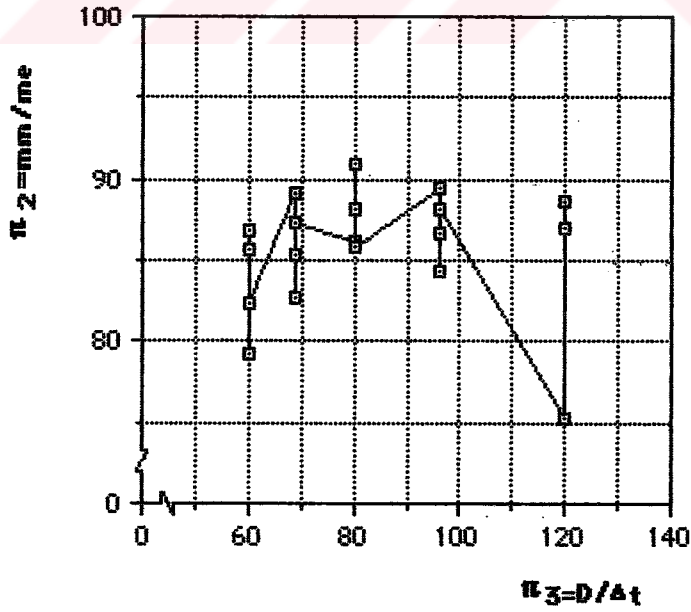
π_1 ve π_2 arasındaki ilişki incelenirse $\pi_2 = g(\pi_1)$ fonksiyonu elde edilir. Deneylerden elde ettiğimiz verileri kullanarak π_1 ve π_2 boyutsuz sayılarını hesaplayabiliriz. Söz konusu veriler Tablo 5.4'de boyutsuz sayılar ise Tablo 5.5'de verilmiştir.

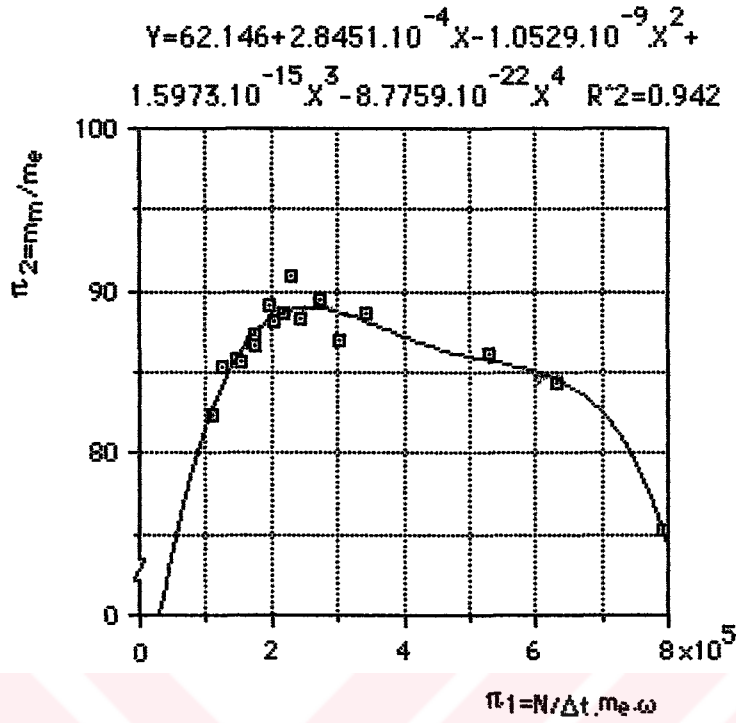
Tablo 5.4. Deney sonuçlarını gösteren tablo

Deney No.	$\Delta t(m)$	D(m)	n(d/dak)	$\omega (1/sn)$	N(kgfm/s)	$m_m(kgf)$	$m_e(kgf)$
1	0.002	0.12	50	5.24	75	0.01435	0.0181
2	0.0175	0.12	50	5.24	75	0.015	0.0181
3	0.015	0.12	50	5.24	75	0.0156	0.0181
4	0.0125	0.12	50	5.24	75	0.0153	0.0181
5	0.001	0.12	50	5.24	75	0.0136	0.0181
6	0.002	0.12	115	12.04	75	0.01572	0.0181
7	0.0175	0.12	115	12.04	75	0.01612	0.0181
8	0.015	0.12	115	12.04	75	0.01646	0.0181
9	0.0125	0.12	115	12.04	75	0.01620	0.0181
10	0.01	0.12	115	12.04	75	0.01603	0.0181
11	0.002	0.12	130	13.61	75	0.01550	0.0181
12	0.0175	0.12	130	13.61	75	0.01580	0.0181
13	0.015	0.12	130	13.61	75	0.01596	0.0181
14	0.0125	0.12	130	13.61	75	0.01597	0.0181
15	0.001	0.12	130	13.61	75	0.01575	0.0181
16	0.002	0.12	180	18.85	75	0.01490	0.0181
17	0.0175	0.12	180	18.85	75	0.01544	0.0181
18	0.015	0.12	180	18.85	75	0.01554	0.0181
19	0.0125	0.12	180	18.85	75	0.01568	0.0181
20	0.001	0.12	180	18.85	75	0.01604	0.0181

Tablo 5.5. Boyutsuz sayların değerlerini gsteren tablo

$\pi_1=N/Dt.me.\omega$	$\pi_2=mm/me$	$\pi_3=D/Dt$
396000	79.28	60
452000	82.71	68.571
528000	86.08	80
633000	84.36	96
792000	75.30	120
172000	86.88	60
197000	89.06	68.571
229000	90.94	80
275000	89.50	96
344000	88.56	120
152000	85.64	60
174000	87.29	68.571
203000	88.18	80
244000	88.12	96
304000	87.02	120
110000	82.32	60
126000	85.30	68.571
147000	85.86	80
176000	86.60	96
220000	88.62	120

**Şekil 5.12.** $\pi_2=f(\pi_3)$ değişim grafiği



Şekil

5.13. $\pi_2 = g(\pi_1)$ değişim grafiği

$$Y=62.146+2.8451.10^{-4}X-1.0529.10^{-9}X^2+1.5973.10^{-15}X^3-8.7759.10^{-22}X^4 \quad (5.23)$$

yukarıdaki grafikten elde edilen (5.23) nolu denklemde;

$$Y=\Delta k=\frac{m_m}{m_e} \quad (5.24)$$

$$X=\frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \quad (5.25)$$

Y ve X değerlerini yukarıda bulunan (5.23) nolu denklemde yerine koyarsak;

$$\begin{aligned} \Delta k = & 62.146 + 2.8451 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \right) - 10.529 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \right)^2 \\ & + 15.973 \cdot 10^{-16} \cdot \left(\frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \right)^3 - 8.7759 \cdot 10^{-22} \cdot \left(\frac{N}{\Delta t \cdot m_e \cdot \omega} \right)^4 \end{aligned} \quad (5.26)$$

(5.26) nolu denklem elde edilmiş olur.

$$k=4,$$

$$a_1=2.8451, \quad a_2=10.529,$$

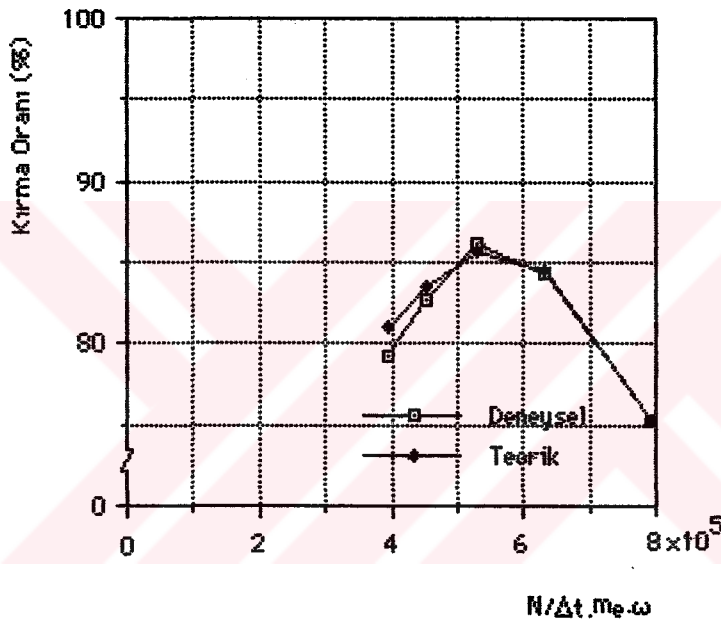
$$a_3=15.973, \quad a_4=8.7759 \text{ olmak üzere;}$$

$$\Delta k_{\text{Teorik}} = 62.146 + \sum_{n=1}^k (-1)^{n+1} \cdot a_n \cdot 10^{-6n+2} \cdot X^n \quad (5.27)$$

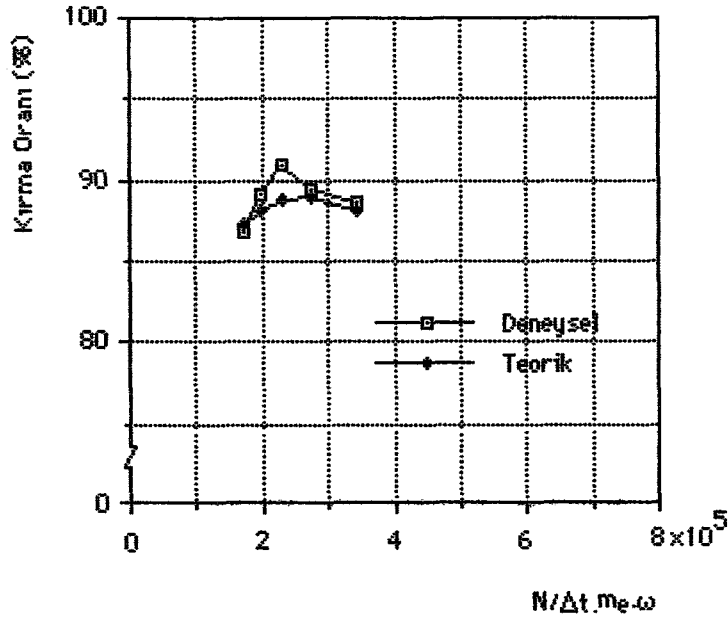
olarak bulunur. Bulunan bu formülle, imalatını yaptığımız çekirdek kırma makinasına ait kırma oranını teorik olarak hesaplamak mümkündür.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

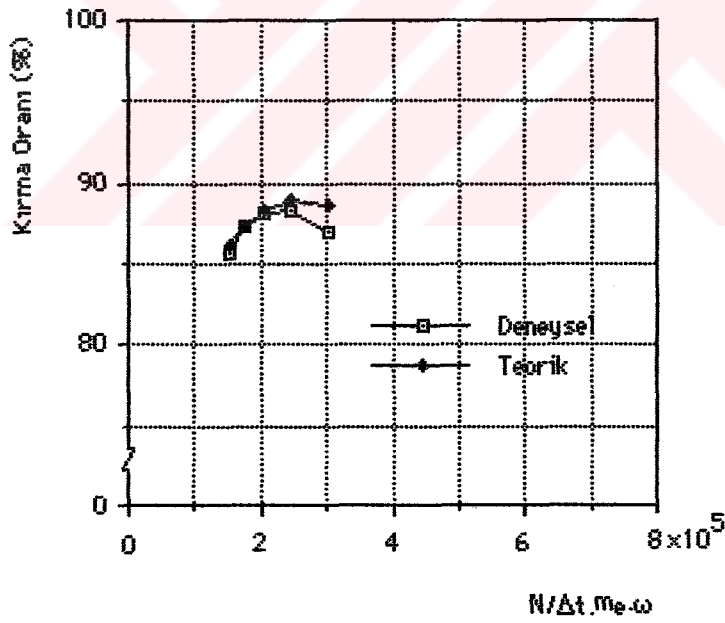
Matematiksel model olarak bulunan bu değerler ile kuru çekirdeklerin kırılması ile elde edilen sonuçlar Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te görülmektedir.



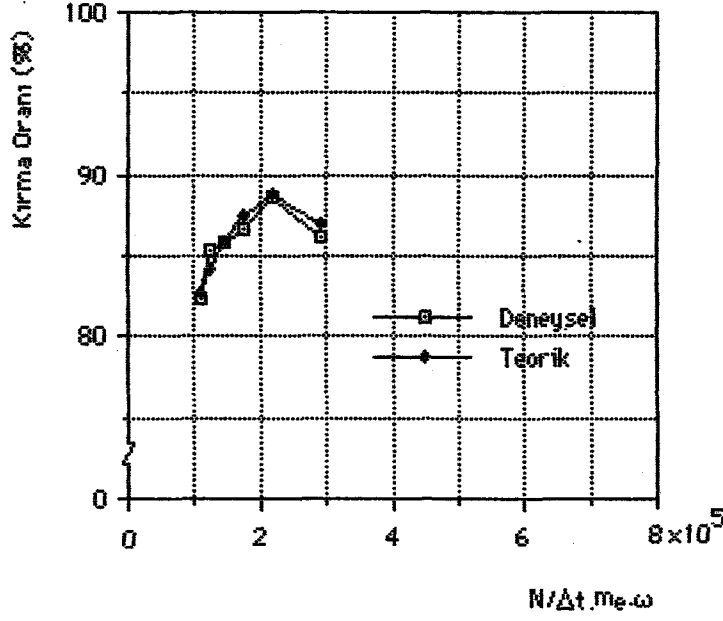
Şekil 6.1. $n=50$ d/dak elde edilen Deneysel ve Teorik kırma oranları



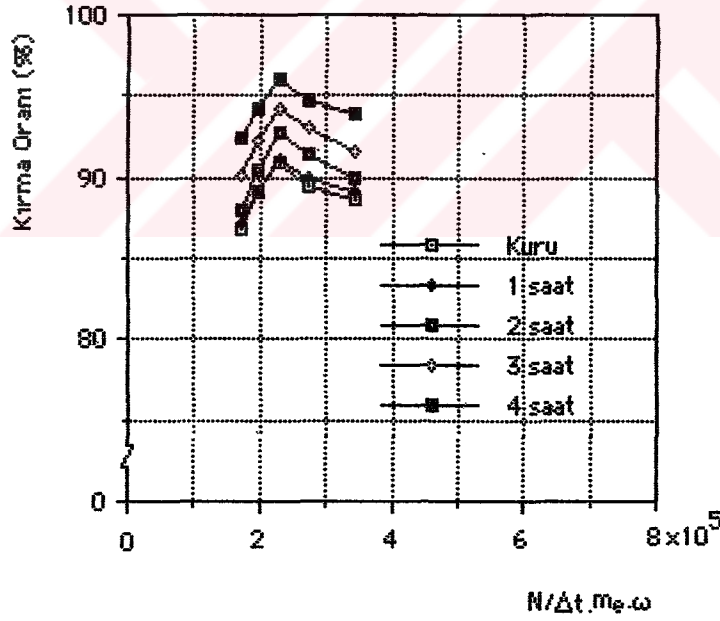
Şekil 6.2. $n=115$ d/dak elde edilen Deneysel ve Teorik kırma oranları



Şekil 6.3. $n=130$ d/dak elde edilen Deneysel ve Teorik kırma oranları



Şekil 6.4. $n=180$ d/dak elde edilen Deneysel ve Teorik kırma oranları



Şekil 6.5. $n=115$ d/dak elde edilen kuru ve belirli sürelerde (1,2,3 ve 4 saat) suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilen kırma oranları

$$\Delta k_{\text{Teorik}} = 62.146 + \sum_{n=1}^k (-1)^{n+1} \cdot a_n \cdot 10^{-6n+2} \cdot X^n \quad (6.1)$$

1 saat suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilecek olan teorik kırma oranı;

$$\Delta k_{1\text{Teorik}} = k_1 \cdot \Delta k_{\text{Teorik}} \quad (6.2)$$

2 saat suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilecek olan teorik kırma oranı;

$$\Delta k_{2\text{Teorik}} = k_2 \cdot \Delta k_{\text{Teorik}} \quad (6.3)$$

3 saat suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilecek olan teorik kırma oranı;

$$\Delta k_{3\text{Teorik}} = k_3 \cdot \Delta k_{\text{Teorik}} \quad (6.4)$$

4 saat suda bekletilen çekirdeklerin kırılmasıyla elde edilecek olan teorik kırma oranı;

$$\Delta k_{4\text{Teorik}} = k_4 \cdot \Delta k_{\text{Teorik}} \quad (6.5)$$

Şekil 6.5'de elde edilen verilere göre;

$$k_1 = 1.0024; \quad k_3 = 1.0371;$$

$$k_2 = 1.0218; \quad k_4 = 1.0553$$

olarak bulunur.

Şekil 5.5'deki grafik incelenerek en verimli çene açıklığı ve devir sayısı tesbit edilmiş; en ideal devir 115 d/dak ve en ideal çene açıklığı ise $t=8$ mm olarak bulunmuştur. Bu ideal çene açıklığı ve devirde kırma oranı % 90.94 olarak bulunmuştur.

Şekil 5.10'daki grafik incelenerek en yüksek kırma oranının elde edildiği çene açıklığı ve suda bekletme süresi belirlenip; buna göre kuru kayısı çekirdeklerinin kırılmasında olduğu gibi en ideal çene açıklığı $t=8$ mm olduğu tesbit edilmiş ve en ideal ıslatma süreside 4 saat olarak bulunmuştur. $t=8$ mm çene açıklığı ve 4 saat suda bekletme süresine göre kırma oranı % 95.97 olarak bulunmuştur. Buna göre en büyük kırma oranının elde edildiği 115 d/dak'da, $t=8$ mm'lik çene açıklığında ve 4 saat suda bekletme süresinde meydana gelmiştir.

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz; Şekil 5.5 ve Şekil 5.11'deki grafikler incelenirse, 115 d/dak için en uygun çene açıklığı 8 mm, 130 d/dak için 8.25 mm ve 180 d/dak için ise 8.5 mm olduğu görülmüştür. Yani devir sayısı arttıkça çene açıklığıda buna bağlı olarak artmaktadır. Bu durum Şekil 6.1, Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4'te daha iyi bir şekilde görülmektedir. Bu şekillere dikkat edilecek olunursa; devir sayısı arttıkça grafiklerin başlangıç noktasına doğru yaklaştığı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca çekirdeklerin suda kalma süresinin arttıkça su emme miktarının da yapılan deneyler sonucunda Tablo 6.1'den de görüldüğü gibi arttığı tesbit edildi. Çekirdeklerin su emme miktarları şöyle tesbit edildi: Önce 50.2 gr kuru çekirdek alınarak 1, 2, 3 ve 4 saat suda bekletildikten sonra bir kağıt peçete ile kurutulup 0.01 hassasiyetli optik terazide tekrar tartıldılar. Bu tartılma sonuçları Tablo 6.1'de görülmektedir.

Tablo 6.1. Kuru ve belirli ıslatma sürelerindeki çekirdek ağırlıkları

Islatma Süresi (saat)	Kuru	1	2	3	4
Ağırlık (gr)	50.2	53.5	54.3	54.6	54.9

1 saatteki ıslanma süresinde orantısız bir şekilde artan ağırlığın nedeni çekirdekler ilk olarak ıslatıldığı için tüm alan ıslanacağından ağırlık artışı doğal olarak fazla olacaktır. Fakat 1 saatten sonra Tablo 6.1'den de gözüldüğü gibi orantılı bir şekilde çekirdek ağırlıkları artmıştır. Bulunan bu değerlerdeki artış oranı daha önce bulunmuş olan k_1 , k_2 , k_3 , ve k_4 oranlarının doğruluğunu göstermektedir.

Çekirdeklerin su emme miktarındaki bu artış ayrıca çekirdeklere ait boyutlara bakılarak da tesbit edilmiştir. Bu sonuçlar ise Tablo 6.2 verilmiştir.

Tablo 6.2. Çekirdeklerin kuru ve belirli ıslanma sürelerindeki boyutları

Çekirdek No.:	Suda Bekletme Süresi(saat)														
	Kuru			1			2			3			4		
	a	b	h	a	b	h	a	b	h	a	b	h	a	b	h
1	9.8	15	22.5	9.9	15	22.6	10	15.1	23	10	15.4	23.1	10.05	15.4	23.2
2	10	14.8	22.6	10.1	14.9	22.8	10.2	15	23	10.2	15.1	23.3	10.3	15.3	23.4
3	9.5	15.1	22.2	9.6	15.2	22.2	9.7	15.3	22.5	9.8	15.4	22.6	9.9	15.4	22.8
4	9.7	14.8	21.7	9.7	14.8	21.8	9.8	14.8	22.1	9.9	14.8	22.2	9.95	14.8	22.3
5	9.6	14.7	21.6	9.7	14.8	21.8	9.8	15	22	9.9	15.1	22.3	10	15.1	22.4
6	10	14.3	21.1	10.1	14.8	21.3	10.1	14.8	21.4	10.2	14.9	21.5	10.3	15	21.7
Top.	58.6	88.7	131.7	59.1	89.5	132.5	59.6	90	134	60	90.7	135	60.5	91	135.8
Ort.	9.77	14.78	21.95	9.85	14.92	22.08	9.93	15	22.33	10	15.12	22.5	10.08	15.17	22.63

Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'den de görüldüğü gibi çekirdeklerin suda kalma süresi arttıkça su emme miktarları artmakta ve çekirdeğe ait boyutlarda da değişiklikler meydana gelmektedir. İşte bu oranlardaki artış çekirdeklerin elastiklik kazanmasına sebep olmaktadır. Yani çekirdekler bir esneklik kazanacaktır. Bu esneklik sayesinde, çene açıklığının suda bekletme süresi arttıkça düşmesi gerekirken sabit kalmasının nedeni çekirdeğe ait boyutların da orantılı olarak büyümesiyle ortadan kalkmaktadır.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde imalatını yaptığımız çekirdek kırma makinası için ideal çene açıklık oranını şöyle hesaplayabiliriz;

$$\Delta_{\varphi} = \frac{\text{Çene açıklığı}}{\text{Çekirdek kalınlığı}} = \frac{t}{a} \quad (6.6)$$

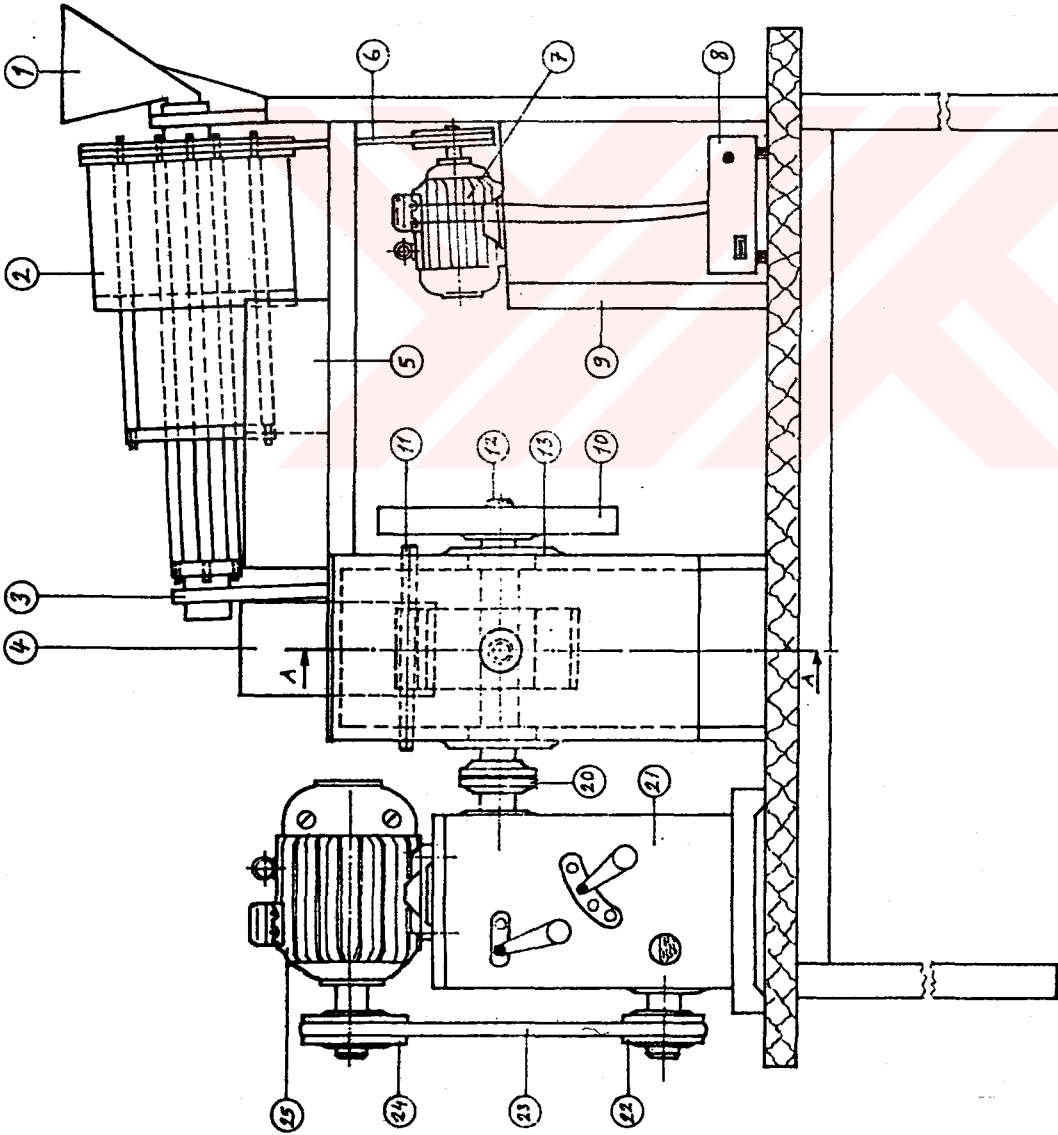
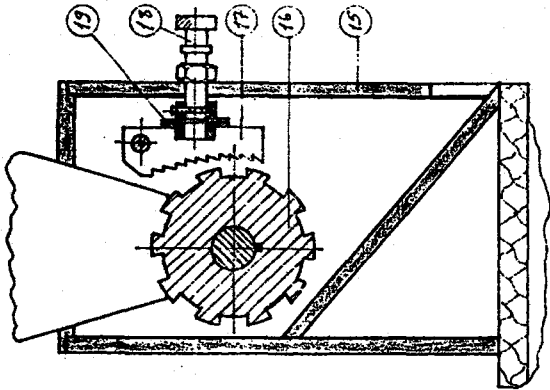
$$\Delta_{\varphi} = \frac{t}{a} = \frac{8}{9.5} = 0.8421$$

$\Delta_{\varphi} = 84.21$ olarak bulunur.

7. ÇEKİRDEK KIRMA MAKİNASINA AİT MONTAJ ŞEMASI VE DETAY RESİMLERİ



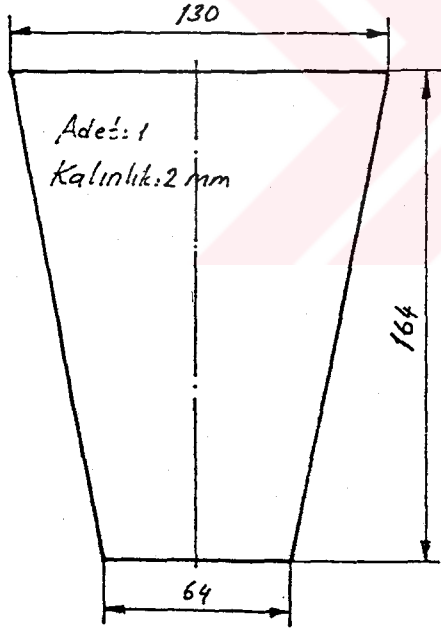
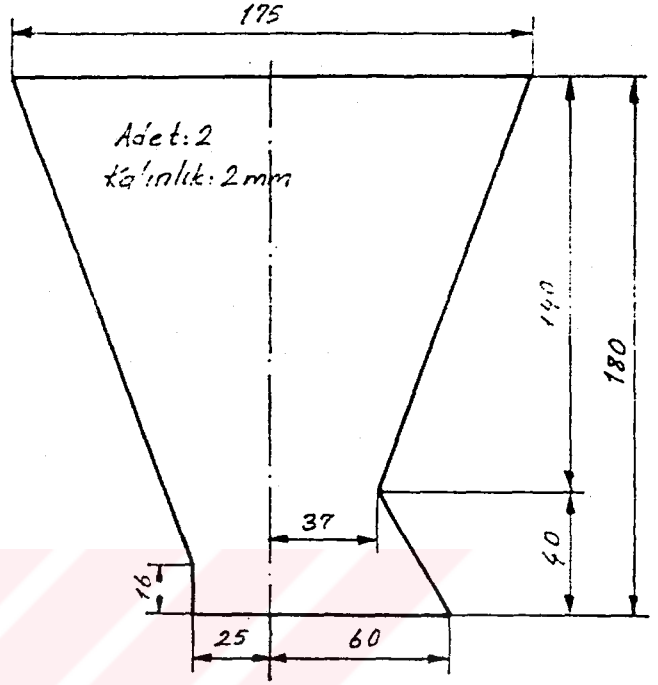
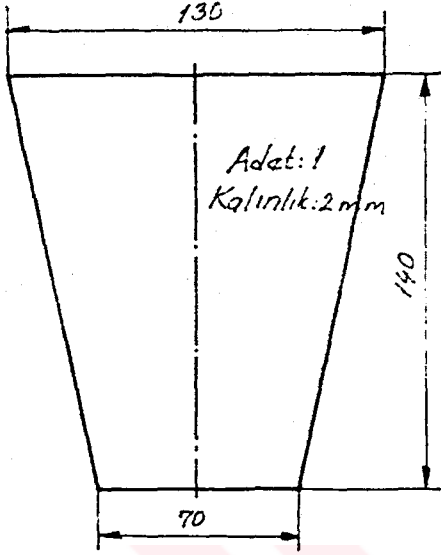
AA Kesiti:



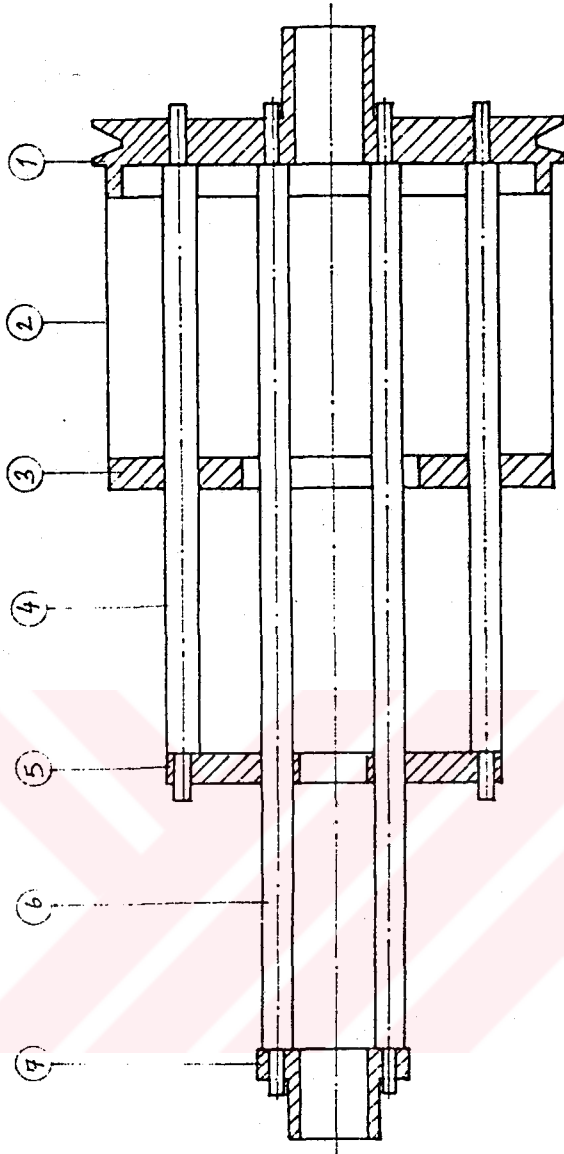
No	Uraian	Jumlah	Spesifikasi	Unit	Material	Spesifikasi
1	Motor Listrik	1	DT-01-24	10000		
2	Motor Listrik	1	DT-01-23	10000		
3	Motor Listrik	1	DT-01-22	10000		
4	Motor Listrik	1	DT-01-21	10000		
5	Motor Listrik	1	DT-01-20	10000		
6	Motor Listrik	1	DT-01-19	10000		
7	Motor Listrik	1	DT-01-18	10000		
8	Motor Listrik	1	DT-01-17	10000		
9	Motor Listrik	1	DT-01-16	10000		
10	Motor Listrik	1	DT-01-15	10000		
11	Motor Listrik	1	DT-01-14	10000		
12	Motor Listrik	1	DT-01-13	10000		
13	Motor Listrik	1	DT-01-12	10000		
14	Motor Listrik	1	DT-01-11	10000		
15	Motor Listrik	1	DT-01-10	10000		
16	Motor Listrik	1	DT-01-09	10000		
17	Motor Listrik	1	DT-01-08	10000		
18	Motor Listrik	1	DT-01-07	10000		
19	Motor Listrik	1	DT-01-06	10000		
20	Motor Listrik	1	DT-01-05	10000		
21	Motor Listrik	1	DT-01-04	10000		
22	Motor Listrik	1	DT-01-03	10000		
23	Motor Listrik	1	DT-01-02	10000		
24	Motor Listrik	1	DT-01-01	10000		
25	Motor Listrik	1	DT-01-00	10000		

DIKIRI: KAWASIR CECERDHA
 ERYA PARTIMASI
 PROJEK NO
 DT-01-00

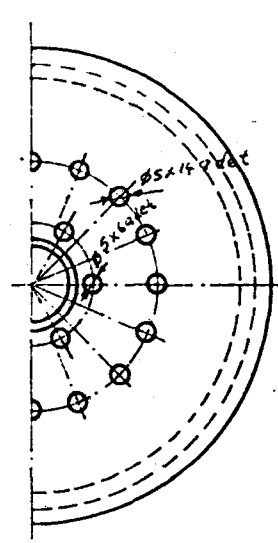
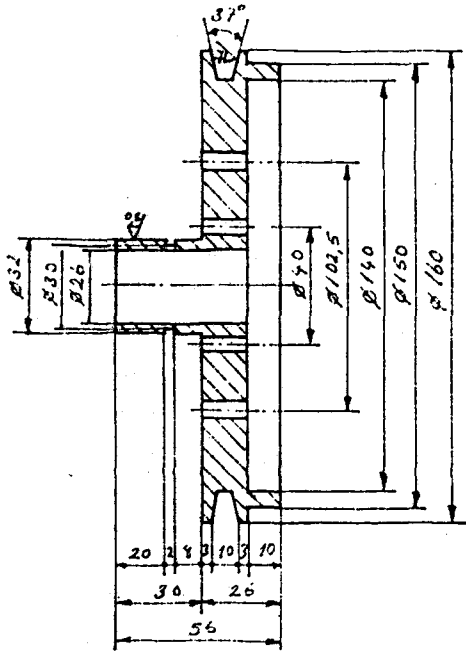
12,5/ Her yer



Sac	12,5	1	Eleme Bunkeri	İst. Muh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İMAN	DT-01-01
Malzeme	01	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Fesim No.

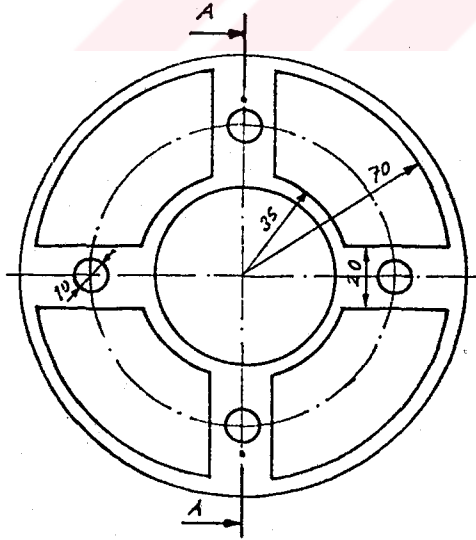


Ç1030	1:1	1	Tambur Kapağı	DT-01-02-07	
Ç1050	1:1	16	Tambur Mili	DT-01-02-06	
Ç1030	1:2.5	1	Tambur Kapağı	DT-01-02-05	
Ç1050	1:1	6	Tambur Mili	DT-01-02-04	
Ç1030	1:1	1	Tambur Kapağı	DT-01-02-03	
Sac	-	1	Tambur Dış Sacı	DT-01-02-02	100x471x1
Ç1030	1:2.5	1	Tambur Kapağı	DT-01-02-01	
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Resim No.	Açıklama

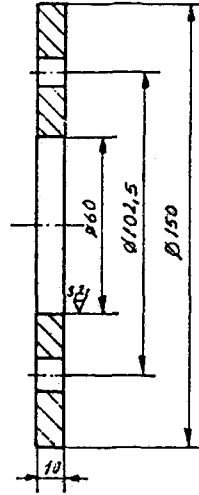


1:2,5 (A, B)

Ç 1030	1:2,5	1	Tambur Kapağı	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	07-01-02-01
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

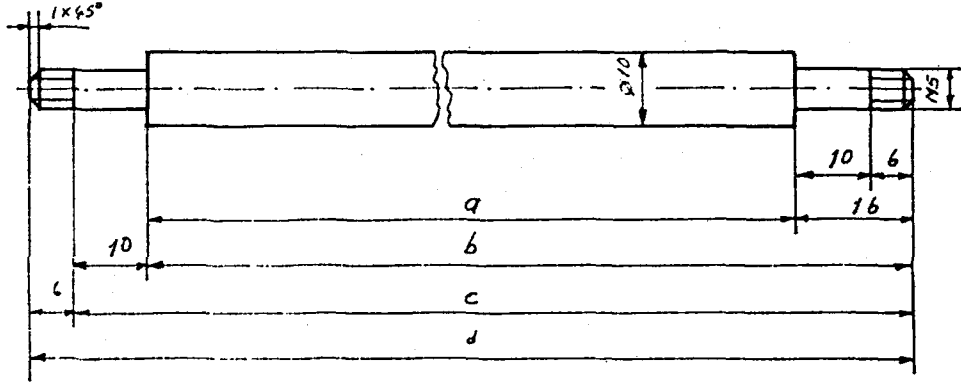


AA Kesiti:



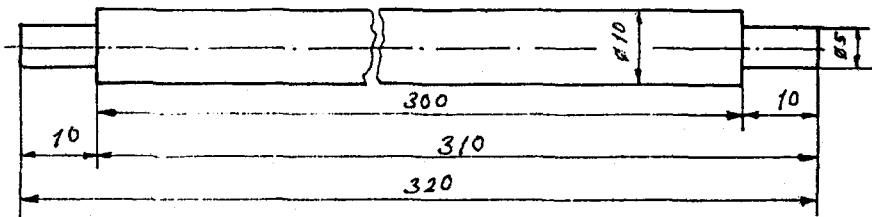
1:2,5 (A, B)

Ç 1030	1:2,5	1	Tambur Kapağı	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	07-01-02-03
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.



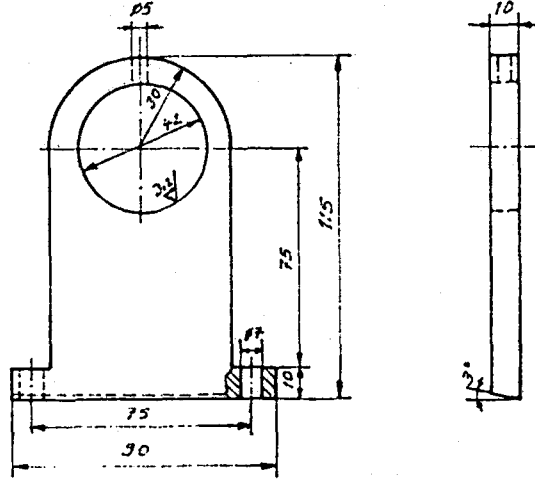
Resim No.	a	b	c	d
02-06	300	316	326	332
02-04	200	216	226	232

Ç1050	1:1	8/6	Tambur Mili	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-02
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.



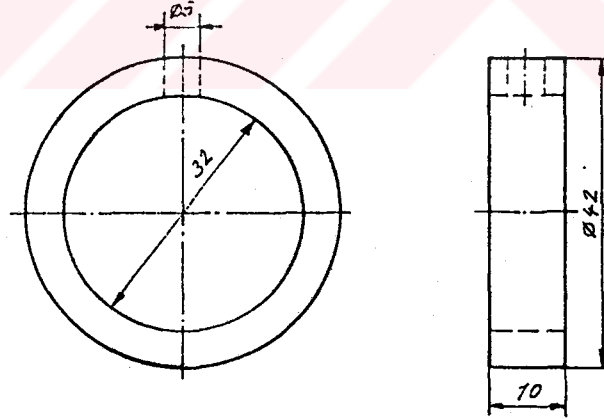
Ç1050	1:1	8	Tambur Mili	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-02-06
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

12,5 / (3,2)

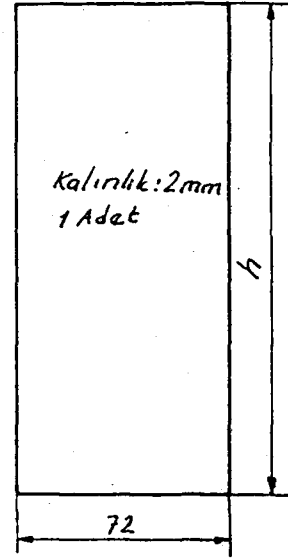
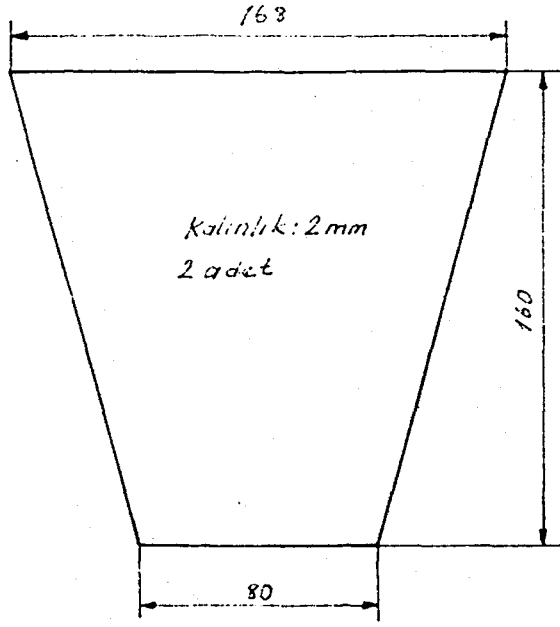


St 37	1:2,5	2	Flame Tambur Yatağı	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-03
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

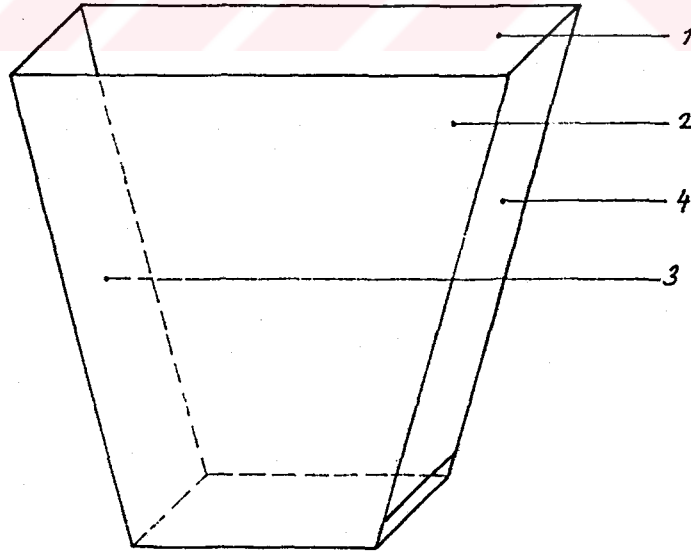
3,2 / Her yer



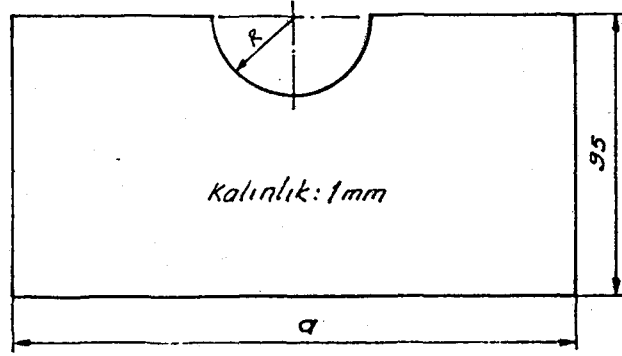
Pirinç	1:1	2	Tambur Yatağı Burcu	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-02-01
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.



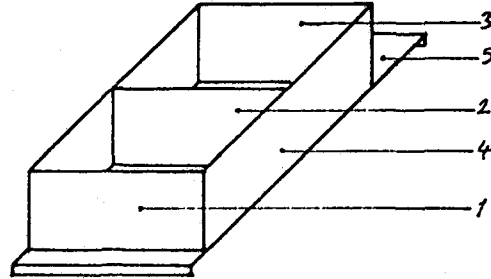
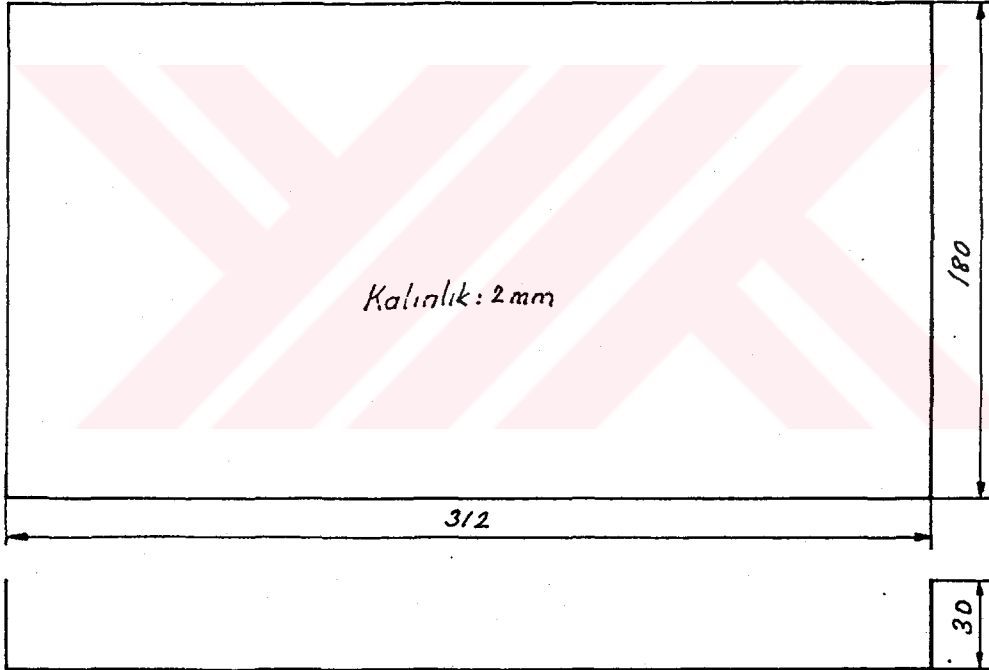
R.No.	01.03	01.04
h	166	152



Sac	1:2,5	1	Ana Bunker	1144	Pluk Binaf TR200	Y. Dinc Dr. Ali İnan	DT-01-04
İşletme No						Control	Restm No.

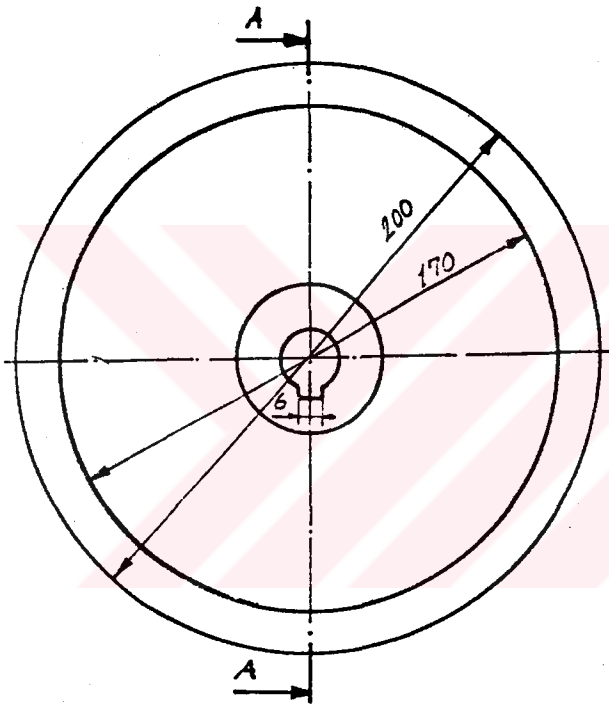


R.N:	05-01	05-02	05-03	05-04
R	78	55	26	0
a	150	190	190	200

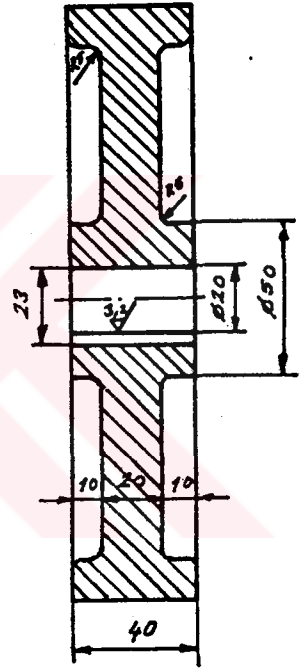


Sac	1:2,5	1	Çekirdek Top. Kapağı	Çizim	Müh. Nihat TOĞAN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	07-01-05
Malzeme	Ülke	Adet	Parça Adı	Çizen		Kontrol	Resim No.

125/3,2/

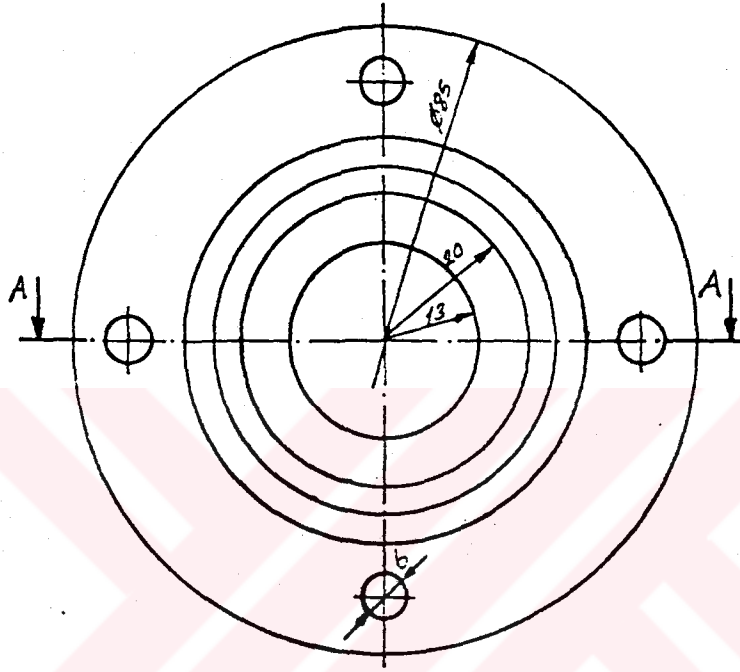


AA Kesiti:

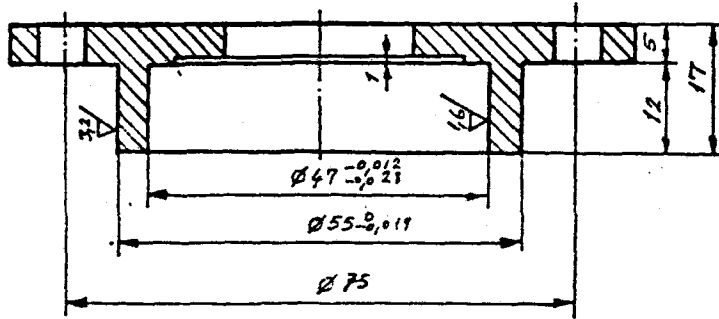


Ç.1020	1:2,5	1	Yolan	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-10
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

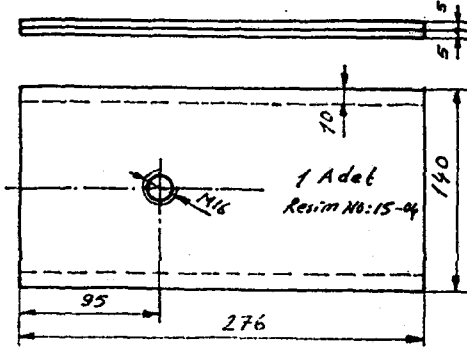
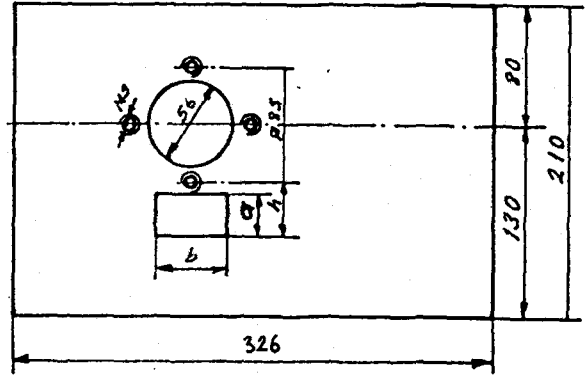
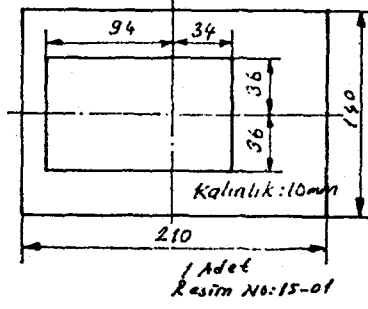
3/3/3



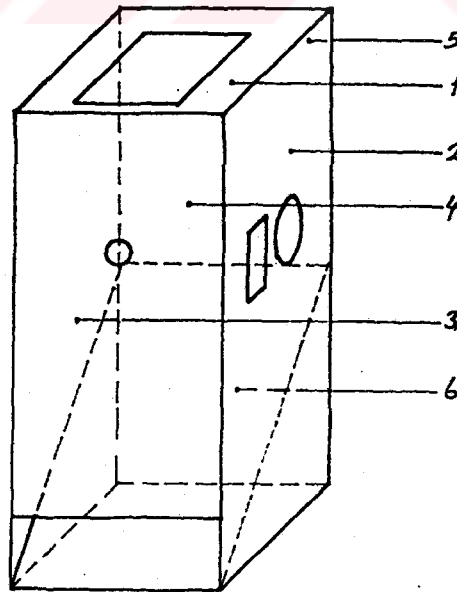
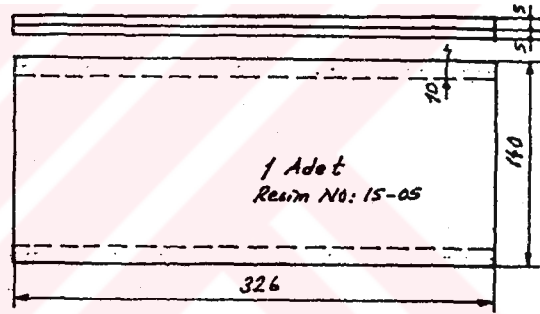
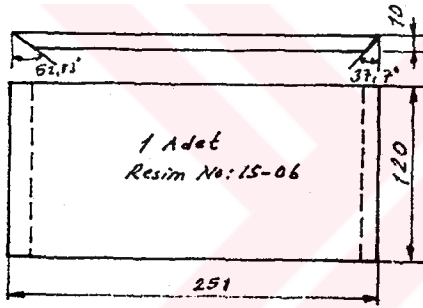
AA Kesiti:



91450	1:1	2	Yatak	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	07-01-13
Çizim Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.	

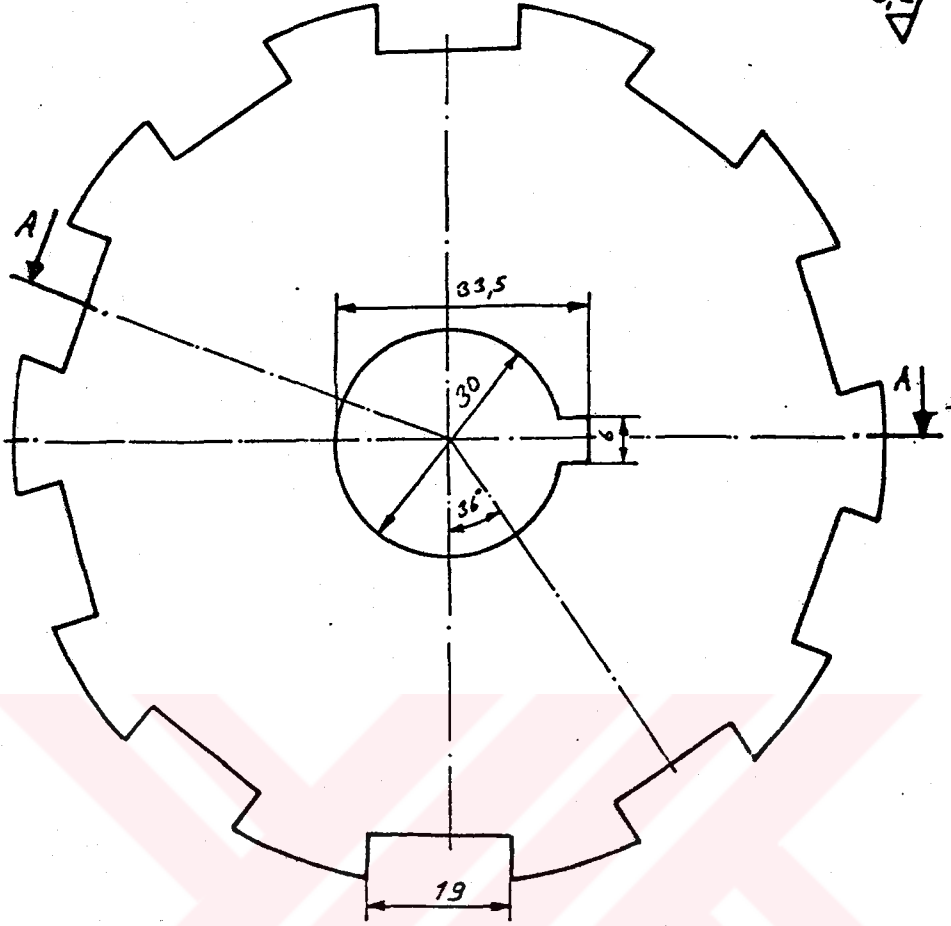


R. No:	15-02	15-03
α	30	-
b	50	-
h	32,5	-

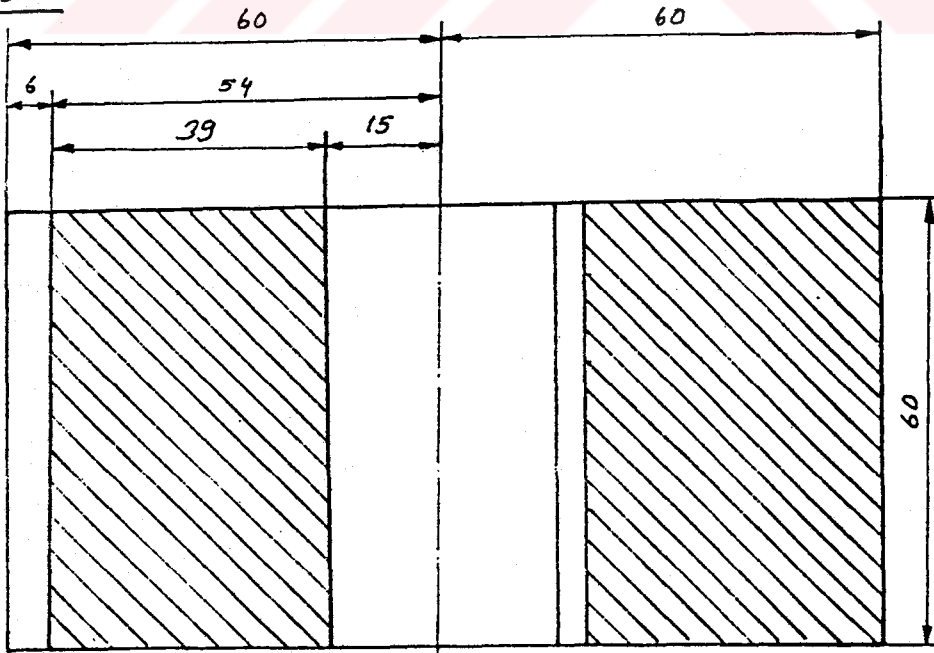


Sac	1:5	1	Ana Gbnde	Çizimci: Nihat TOSUN	Y Dpç: Dr. AH İNAN	07-01-15
Malzeme	Çelik	1 Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No

3,2/ Her yer



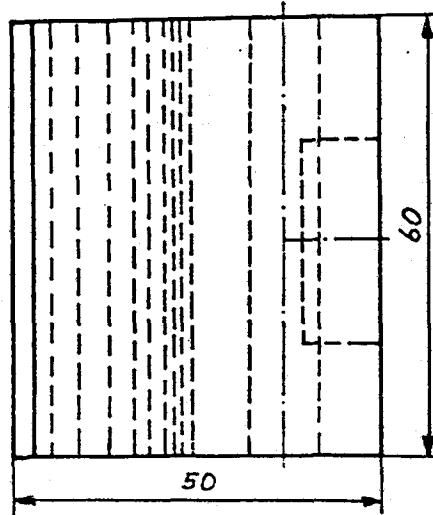
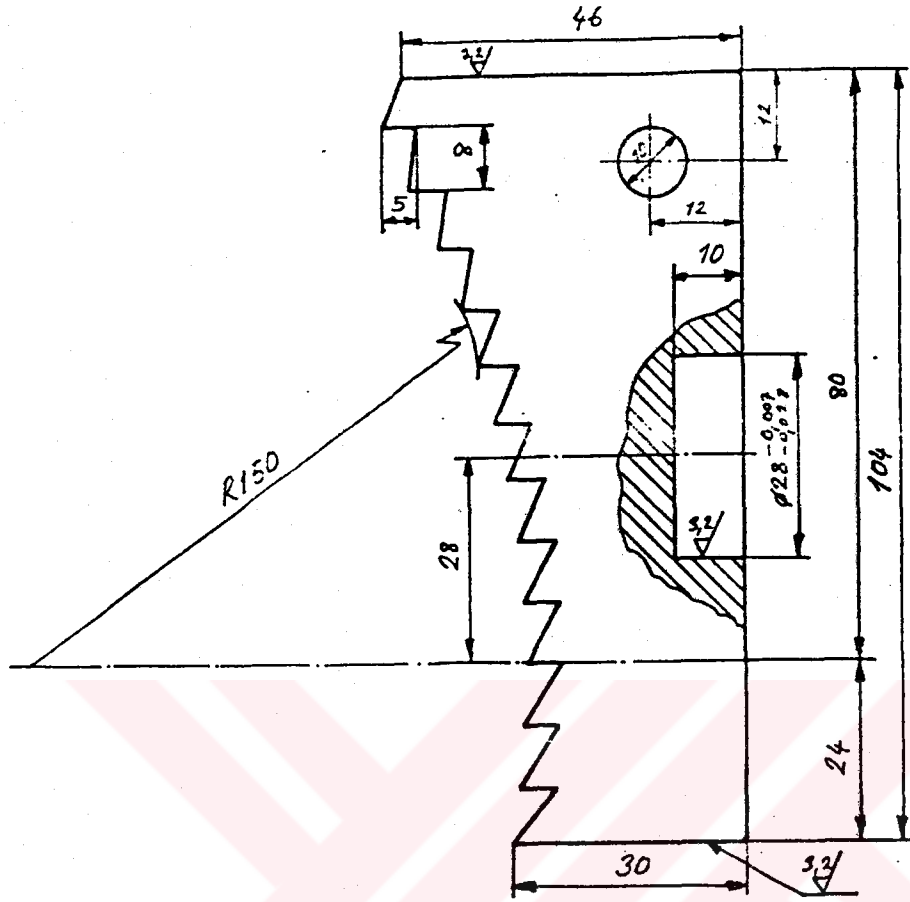
AA Kesiti:



Sertlik: HRC 30-35

Ç1050	1:1	1	Kırma silindri	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doc. Dr. Ali İMAN	D7-01-16
Malzeme Ölçer	Çizim	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.	

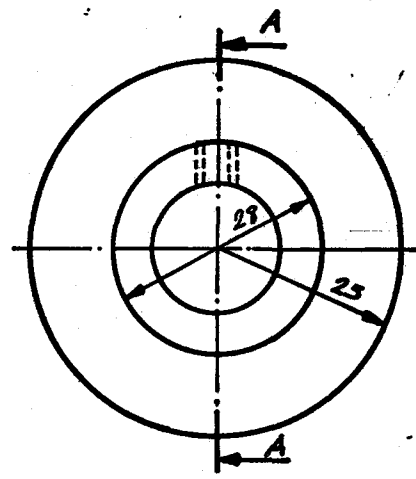
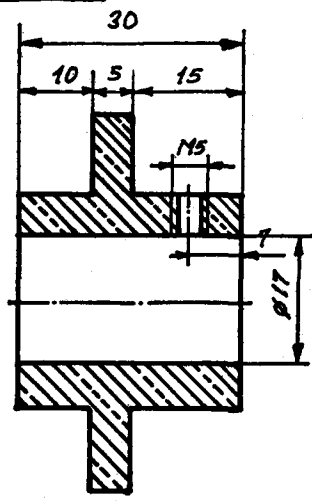
12,5 / (3,2)



41050	1:1	1	Sabit Gene	Mak. Muh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-17
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

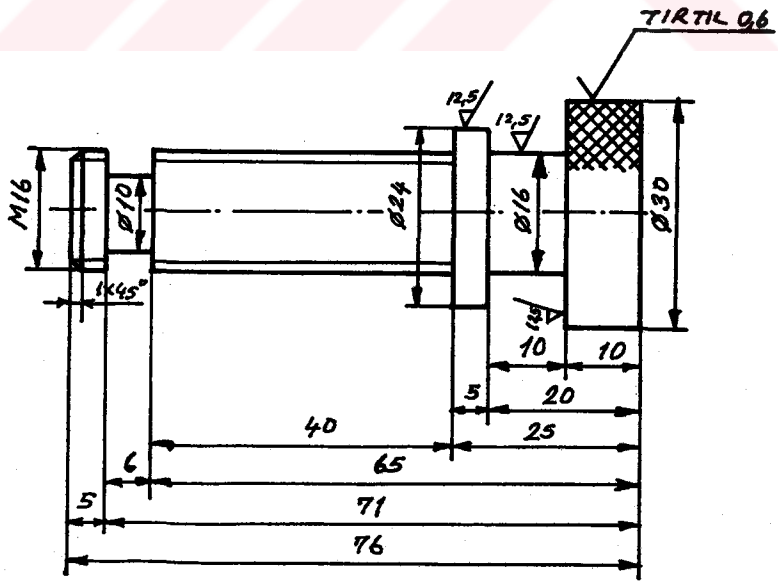
3.2/ Her yer

AA kesiti:



Pirinç 1:1	1	Buğu	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-19
Malzeme Ölçek Adet		Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

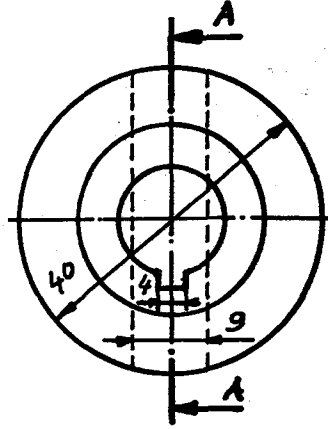
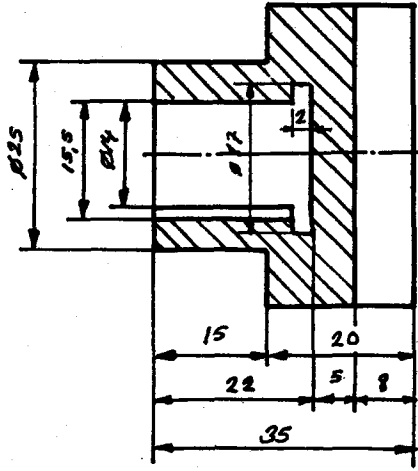
3.2/ (13.0)



Sertlik: HRC 30

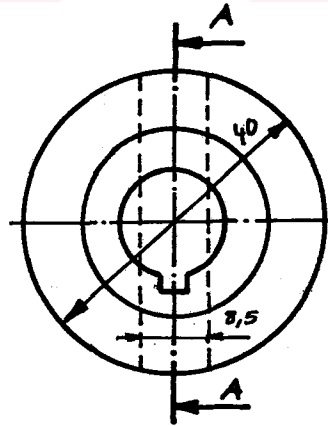
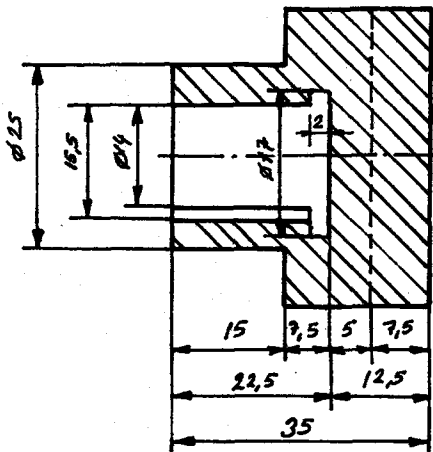
Ç 1050	1:1	1	Ayar Vidası	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-19
Malzeme Ölçek Adet			Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

AA Kesiti:



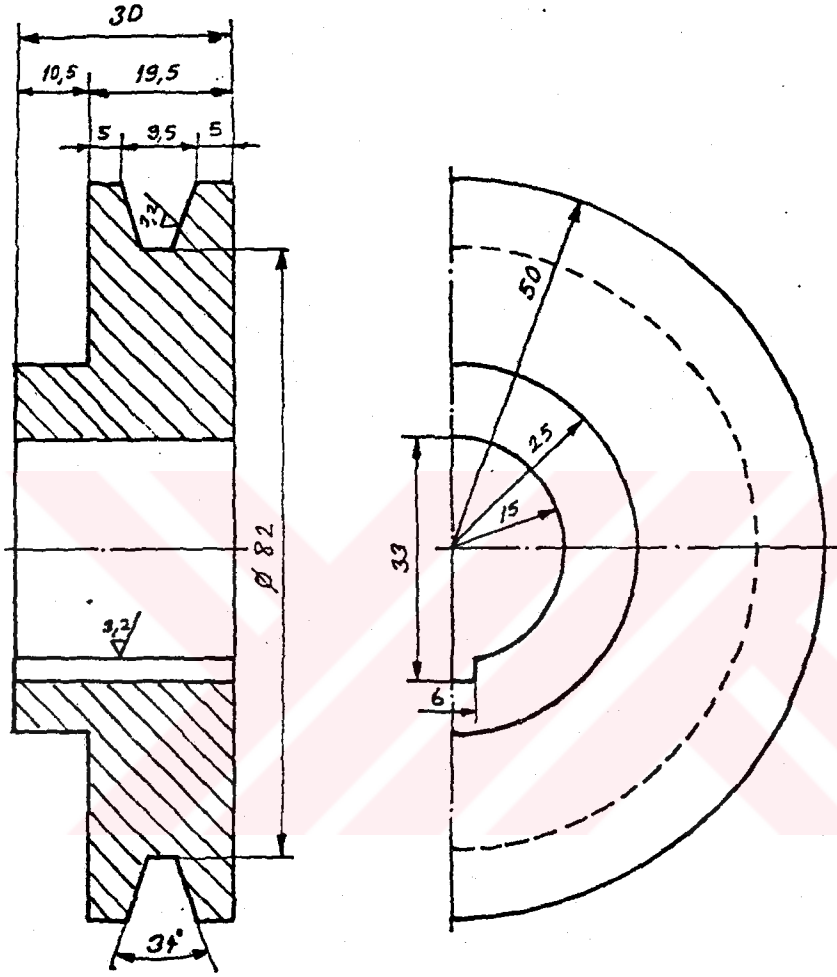
Q 1050	1:1	1	Kaplin	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-20-02
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

AA Kesiti:



Q 1050	1:1	1	Kaplin	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y.Doç. Dr. Ali İNAN	DT-01-20-01
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

12,5 / (3,2)



Q 1020	1:1	1	V-kayışı kasnağı	Mak. Müh. Nihat TOSUN	Y. Doç. Dr. Ali İNAN	D7-01-22
Malzeme	Ölçek	Adet	Parça Adı	Çizen	Kontrol	Resim No.

KAYNAKLAR:

- İNAN, A., ve ÖZ, Ö., 1984. **"Kayısı Çekirdeği Kırma Makinasının Tasarımı ve İmalatı"**, Bitirme Ödevi, F.Ü. Mak. Müh. Böl. ELAZIĞ
- İNAN, A., 1994. **"Özel Dizayn Silindirik ve Tırnaklı bir Kayısı Çekirdeği Kırma Makinasının Verimliliğinin Araştırılması"**, 6. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ODTÜ, ANKARA, TÜRKİYE
- İNAN, A., 1995. **"Özel Dizayn Edilen Çeneli ve Titreşimli Bir Kayısı Çekirdeği Kırma Makinasının Verimliliğinin Araştırılması"**, III. Balıkesir Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu (Baskıda)
- BİÇEK, N., 1986. **"Bulgur Kırma Makinası Dizayn ve İmalatı"**, Diploma projesi. F.Ü. Mak Müh. Böl., ELAZIĞ
- ERSOY, S., **"Makina Bilgisi ve Yapı Makinaları"**, İ.T.Ü., İSTANBUL, 1984
- AKKURT, M., 1984. **"Makina Elemanları"**, Cilt I-II-III, İSTANBUL