

**METAL SİLİNDİR ÜZERİNDE
AKÜ PLAKASI SIVAMA MAKİNASI TASARIMI**

EYYÜP ERDEM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2010
ANKARA**

Eyyüp ERDEM tarafından hazırlanan “METAL SİLİNDİR ÜZERİNDE AKÜ PLAKASI SIVAMA MAKİNASI TASARIMI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN
Tez Danışmanı, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Faruk MENDİ
Makina Eğitimi Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof.Dr.Bedri TUÇ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih:/...../.....

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Eyyüp Erdem

**METAL SİLİNDİR ÜZERİNDE
AKÜ PLAKASI SIVAMA MAKİNASI TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Eyyüp ERDEM

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2010**

ÖZET

Akü plakası üretim prosesinde ızgaraya aktif malzemeyi sıvayan makinalar bulunmaktadır. Bu proses, konvansiyonel makinalarda haznedeki aktif malzemenin çapalar yardımıyla lastik bant üzerinde taşınan şerit ızgaraya sıvanması suretiyle gerçekleşir. Burada lastik bandın esnemesiyle, ızgara yüzeyinde her bölgede hamurun eşit miktarlarda bulunamaması, buna bağlı olarak düzgün olmayan istiflemeler ve fiziksel deformasyonlar oluşması, sık olarak ızgara kopması, lastik bandın kopması nedeniyle bant maliyetinin ve duruşlardan oluşan üretim kayıplarının artması gibi problemler oluşmaktadır. Bu çalışma, bahsedilen sorunlara çare olarak lastik bant yerine uygun bir büyüklükte metal silindir üzerinde prosesi gerçekleştirecek özel bir makina tasarımıdır.

Bilim Kodu : 914.1.090
Anahtar Kelimeler : Akü, plaka, sıvama, hamur
Sayfa Adedi : 66
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN

**DESIGN OF BATTERY PLATE PASTER MACHINE
ON METAL DRUM
(M.Sc. Thesis)**

Eyyüp ERDEM

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2010**

ABSTRACT

In battery production, special pasting machine is used to past active material on to the strip grid. The active material in the hopper is depressed to the grid that is passing under the hopper by a rubber conveyor with the conventional machines. The rubber conveyor belt stretches and tears by the time. This belt deformation causes to some problems and obstruct to some possible product improvements as well. In this study, designed a machine to past active material on the metal drum instead of rubber conveyor.

Science Code : 914.1.090
Key Words : Battery, plate, pasting, active material, past
Page Number : 66
Adviser : Yrd.Doç.Dr. Nihat GEMALMAYAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Nihat GEMALMAYAN'a, olgunluk ve güçlü iletişim tarzlarıyla yoğrulmuş pozitif enerjileriyle yılgınlığa meydan vermeden azim dağıtımlarıyla kendilerine hayran bırakan Prof. Dr. Bedri TUÇ ve Prof. Dr. Faruk MENDİ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	viii
RESİMLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. AKÜ ÜRETİMİ GENEL TANIMLAR	2
2.1. Akü Tarihçesi	2
2.2. Kurşun Asit Akü Tanımı	3
2.3. Aküyü Oluşturan Ana Bileşenler	4
3. ÜRETİM PROSESLERİ	6
3.1. Şerit Üretimi	6
3.2. Oksit Üretimi	8
3.3. Hamur Hazırlama	9
3.4. Plaka Sıvama	10
4. YENİ MAKİNA TASARIMI İHTİYACI NEDENLERİ	14
4.1. Konvansiyonel Makinada Karşılaşılan Problemler	14
4.2. Maliyetler	14
4.3. Yeterlilik ve Performans Hesapları	15
5. TASARIM.....	18
5.1. Hedef Göstergeleri	18

5.2. Tambur Tasarımı	18
5.2.1. Tasarım girdileri	18
5.2.2. Tambur çapı (D_t) ve devri (n) belirlenmesi	20
5.2.3. Tambur eni (b) belirlenmesi	25
5.2.4. Tambur malzemesi belirlenmesi	26
5.3. Motor ve Redüktör Seçimi	27
5.4. Tambura Güç Aktarımı	29
5.4.1. Zincir ve zincir dişlisi seçimi	29
5.5. Mil Tasarımı	38
5.6. Mil Toleransı	51
5.7. Rulman Seçimi	53
5.8. Sabitleme Kaması Tasarımı	56
5.9. Cıvata Bağlantıları Hesabı	57
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	66

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Konvansiyonel makine için plaka şartname değerleri.....	15
Çizelge 4.2. Plaka ağırlık ölçüm sonuçları	15
Çizelge 4.3. Veri sayısına (n) göre B değişkeni tablosu	16
Çizelge 5.1. Tambur çap ve devri sayıları	25
Çizelge 5.2. Standart serilerde zincir seçimi	30
Çizelge 5.3. 100 Numaralı dişli için güç, devir, diş sayıları	31
Çizelge 5.4. Çoklu zincir güç faktörleri	33
Çizelge 5.5. Çift sıralı zincir tablosu	34
Çizelge 5.6. 80 Numaralı dişli için güç, devir, diş sayıları	35
Çizelge 5.7. Küçük dişli için maksimum mil çapı	37
Çizelge 5.8. Yüzey pürüzlülük faktörleri	47
Çizelge 5.9. Boyut faktörleri	48
Çizelge 5.10. Güvenilirlik faktörleri.....	48
Çizelge 5.11. Geçme toleransları.....	51
Çizelge 5.12. Delik tolerans cetveli	52
Çizelge 5.13. Mil tolerans cetveli.....	52
Çizelge 5.14. Çift sıralı oynak makaralı rulmanlar.....	53
Çizelge 6.1. Plaka ağırlık ölçüm sonuçları	60
Çizelge 6.2. Sıvama Prosesi Duruş ve Üretim Hızı	62

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Akü kesit gösterimi	4
Şekil 3.1 Izgara sıvama makinası	12
Şekil 4.1. Konvansiyonel sıvama makinasında plaka ağırlık histogramı	17
Şekil 5.1. Tambur yalın görünümü	19
Şekil 5.2. Izgara	19
Şekil 5.3. Hazne yan görünüş	19
Şekil 5.4. Izgara sıvanması şematik gösterim	20
Şekil 5.5. Sıvama çizgisi A	21
Şekil 5.6. Sıvama çizgisi B	21
Şekil 5.7. Sıvama Çizgisi C	22
Şekil 5.8. Koni, hazne, tambur ortak görünüm	23
Şekil 5.9. Tambur çizgisel hız ve devir	24
Şekil 5.10. Tambur ve sıvama haznesi yan görünüş	25
Şekil 5.11. Tambur	26
Şekil 5.12. Tambur başlangıç yükleri	27
Şekil 5.13. Tambur ve çift sıralı dişli	33
Şekil 5.14. Ana mil	38
Şekil 5.15. Tambur, Mil ve Çift Sıra Dişli	39
Şekil 5.16. Ana mil kuvveler yükleme (X-Y Düzlemi)	40
Şekil 5.17. Ana mil kuvvet moment diyagramı (X-Z Düzlemi)	41
Şekil 5.18. Stres konsantrasyon faktörü (Fatura ve radius Etkisi)	44
Şekil 5.19. Stres konsantrasyon faktörü (Kama yatağı etkisi)	45

Şekil 5.20. Çentik hassasiyet faktörü	46
---	----

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Volta'nın İlk Aküsü	2
Resim 3.1. Sürekli Şerit Dökümü 01	6
Resim 3.2. Sürekli Şerit Dökümü 02	7
Resim 3.3. Şerit Haddelme ve Sarım	7
Resim 3.4. Oksit Silindir Dökümü.....	8
Resim 3.5. Oksit Değirmeni	8
Resim 3.6. Kurşun Oksit SEM Görüntüleri	9
Resim 3.7. Hamur Karma	9
Resim 3.8. Exmet Izgara Üretimi	10
Resim 3.9. Izgara.....	11
Resim 3.10. Hamur	11
Resim 3.11. Basma haznesinde hamur görüntüleri	11
Resim 3.12. Izgara sıvama makinası	12
Resim 3.13. Plaka Doğrama	13
Resim 3.14. Paletlere Dizilmiş Plakalar ve Kür Odaları	13
Resim 5.1. Tambur	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
PbO	Kurşunmonoksit
Pb	Kurşun
ÜTL	Üst Tolerans Limiti
ATL	Alt Tolerans Limiti
S	Standart Sapma
C_m	Makine Yeterlilik Katsayısı
C_{mk}	Makine Yeterlilik İndeksi
$\bar{X}$	Aritmetik Ortalama
HPM	Hurda Plaka Miktarı
D_t	Tambur Çapı (mm)
n	Devir (mm)
V	Tambur Çizgisel Hızı (m/s)
M_t	Tambur Ağırlığı (kg)
F	Kuvvet (kN)
T	Tork (kNm)
P	Güç (kW)
σ	Çekme/Basma Gerilmesi (Mpa)
τ	Kesme Gerilmesi (N/mm ²)
L	Rulman Ömrü
T	Tork (kNm)

1. GİRİŞ

Kurşun-Asit Akü üretimi içerisinde sıvama operasyonunda, aktif malzemeyi oluşturan hamuru ızgaraya sıvamak amacıyla kullanılan geleneksel makinalar, lastik bir bant üzerinde ızgaralar taşınırken, bandın belirli bir bölgesinde bir haznenin içerisinde bulunan pastanın hazne içerisindeki çapalar yardımıyla ızgaraya basılması suretiyle görevlerini yerine getirirler.

Rekabetçi davranabilmek için maliyetlerin azaltılması zorunluluğu her geçen gün önemini artırmaktadır. Bu doğrultuda sıvanacak ızgaraların ağırlığı firmaların teknik yeterliliği el verdikçe azaltılmaya çalışılmaktadır. Izgara malzemesinin değerli bir metal Pb (Kurşun) olması da çalışmalara hız kazandırma gerekliliğini artıran ilave bir unsurdur.

Izgara ağırlığının azaltılması, plaka yüzey alanının önemi nedeni ile mümkün mertebe ızgara kalınlığı azaltılarak daha ince ızgaralar elde etmekle sağlanmaktadır.

Konvansiyonel makinalarda bir sınır değerin altında ince ızgaraların sıvanması sırasında, ızgara kopması, homojen sıvanamama, sık bant kopması, hız kayıpları, yeni bant maliyeti gibi olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma, ızgaraya hamuru sıvama işini, hareketli bir konveyör bandı yerine metal bir silindir üzerinde yapabilecek bir makine tasarımı ve imalatıdır.

2. AKÜ ÜRETİMİ GENEL TANIMLAR

2.1. Akü Tarihçesi

Elektrokimyasal enerji depolama ile ilgili ilk araştırmaları Luigi Galvani (1737 - 1798) ve Alessandro Cont di Volta (1745 - 1827) yapmıştır. Bugün literatürde "galvanic cell" ve "volt" adıyla anılan terimler bu araştırmacıların isimlerinden türetilmişlerdir.

Galvani araştırmalarında, ölmüş bir kurbağa bacağının iki farklı metal arasında temasında bacağın seğirdiğini fark etmiş. Buradan elektrik ile kas aktiviteleri arasında bir bağlantı olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Volta, tuzlu su ile ıslatılmış farklı metaller üzerine araştırmalar yapmıştır.

Bakır ve çinko plakaları sırayla dönüşümlü olarak dizerek, her plaka arasına tuzlu su emdirilmiş karton koymuştur. Plakaları birbirine bir kablo ile bağlandığında elektrik elde etmiştir. Volta bu yapıya "artificial electrical organ" adını vermiştir. Bundan sonra kimyasal reaksiyonlar ile elektrik arasındaki bağlantı üzerine yapılan araştırmalar çok hızlı devam etmiştir.



Resim 2.1. Volta'nın ilk aküsü

Bu kapsamda araştırmalarla kurşun/sülfürik asit/kurşun dioksit den oluşan enerji depolayıcı sistemler keşfedildi ve kurşun-asit akü olarak adlandırıldı.

Bu sistem ilk olarak 1859 yılında Gaston PLANTE tarafından telgraf ünitelerinde enerji depolamak amacıyla kullanıldı. Plante, saf kurşun yaprakları kullanmıştı. Bu sistem endüstriyel uygulamalar için henüz yeterli değildi; şarj/deşarj verimsizliği nedeniyle uyguma çok sınırlı idi.

Kurşun- asit akülerin endüstriyel üretimi 1880 yılının başlarında Emile Alphonse Faure tarafından akü plakalarını kurşun birleştiricileriyle sıvayarak "hamurlu plakayı" keşfetmesiyle başlamıştır. Ancak burada hamurun plakaya tutunma özelliği oldukça zayıf idi.

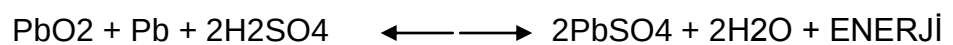
1881 yılında SELLON, hamuru üzerine kaplamak üzere düz plakaya yerine delikli antimuanlı ızgarayı kullanmıştır.

2.2. Kurşun Asit Akü Tanımı

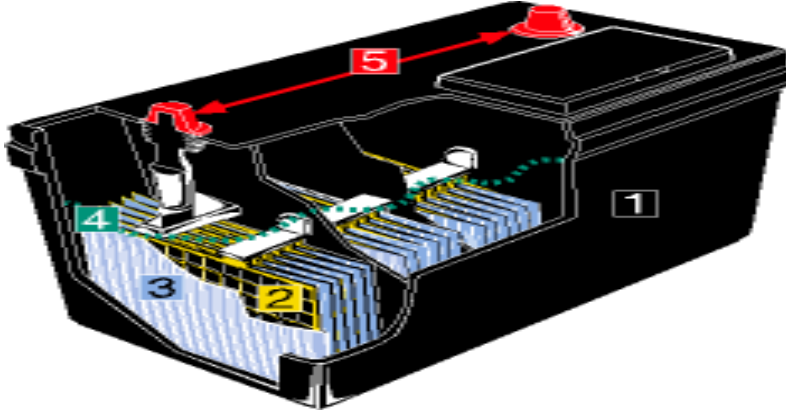
Akü araçta ateşleme, alternatörün yetersiz kaldığı durumlarda elektrik ihtiyacını karşılama ve elektrik sistemini dalgalanmalara karşı koruma gibi yaşamsal fonksiyonları geręekleřtiren bir cihazdır.

Akü, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren elektro-kimyasal bir cihazdır. Kimyasal reaksiyonlarla elektrik enerjisi üretirken (deşarj), elektrik akımına maruz kaldıklarında ise kimyasal reaksiyon oluşturur.

Kurşun/Asit aküler, elektrot malzemesi Pb katot ve PbO₂ anottan oluşan ve sülfürik asit elektrot içeren pillerdir. Kurşun/Asit akülerde toplam hücre reaksiyonu aşağıdaki gibidir:



2.3. Aküyü Oluşturan Ana Bileşenler



Şekil 2.1. Akü Kesit Gösterimi

- Kutu ve Kapak (1)

Polipropilen malzemeden üretilirler. Bunların görevi yeterli yalıtımı, sızdırmazlığı, uzun süreli dayanıklılığı sağlaması, mekanik ve kimyasal özellikleri korumasıdır.

- Izgara ve Plakalar (2)

Akümülatörlerin enerji vermesini sağlayan en önemli parçası plakalardır. Pozitif ve negatif olmak üzere iki çeşit plaka bulunur. Plakanın iskeleti ızgaradır. Izgaranın üzerinin farklı nitelikteki hamurlarla sıvanması sonucu pozitif ve negatif plakalar elde edilir. Pozitif plakalar akım veren plakalar oldukları için oksitlenme reaksiyonu bu plakalarda olur ve negatif plakaya göre daha kalın ve ağır üretilir. Pozitif plakanın aktif maddesi PbO_2 (Kurşundioksit), negatif plakanın aktif maddesi yumuşak süngerimsi Pb (Kurşun)'dur.

- Seperatörler (3)

Pozitif ve negatif plakaların birbirine temas ederek kısa devre oluşturmasını engelleyen ve aynı zamanda da elektrik akımını taşıyan iyonların geçişine izin veren mikro gözeneklere sahip zarf veya levha şeklinde yapılarıdır.

- Eleman Yastıkları (4)

Akü kutusu içerisinde her hücrede belirli sayılarda pozitif ve negatif plakalar bulunur. Pozitifler kendi aralarında, negatifler de yine kendi aralarında kulaklarından daldırma kurşun kaynağı yöntemi ile bağlanırlar. Bu bağlantı sonucunda elde edilen kurşun blok yapıya eleman yastığı adı verilir. Hücreler daha sonra eleman yastıkları vasıtasıyla birbirlerine bağlanırlar ve akü toplam voltajını oluştururlar.

- Kutup Başları (5)

Her kurşun-asit hücresi yaklaşık olarak 2 volt değerinde bir voltaja sahiplerdir. İstenilen akü voltajını elde etmek için hücreler birbirlerine seri bağlanır. Bunun sonucunda pozitif plakaların bağlı olduğu uç pozitif kutbu, negatif plakların bağlandığı uç negatif kutbu oluşturur. Kutupların üzerinde veya yanlarında (-) ve (+) işaretleri vardır ve pozitif kutup boyutları daha büyüktür.

3. ÜRETİM PROSESLERİ

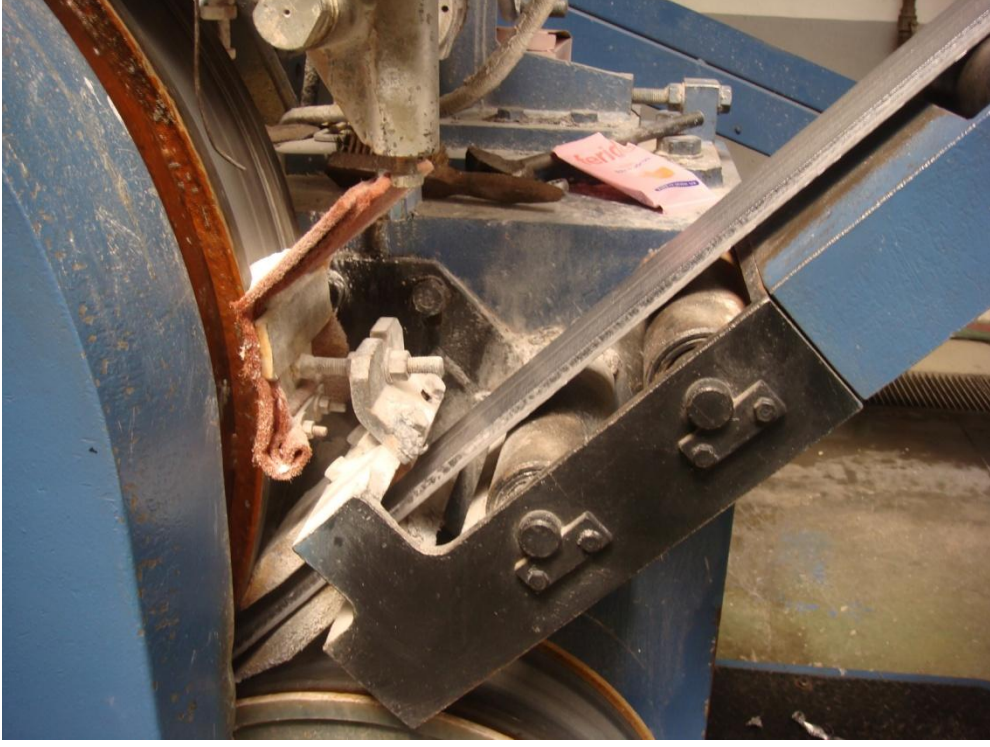
3.1. Şerit Üretimi

Kalay ve kalsiyum alaşımlı kurşun külçeler 450 °C – 500 °C arasında potada ergitilir.

Ergitilmiş kurşun iki silindir arasına dökülür. Su ile soğutularak katı halde 15 mm kalınlık ile silindirleri terk eder.

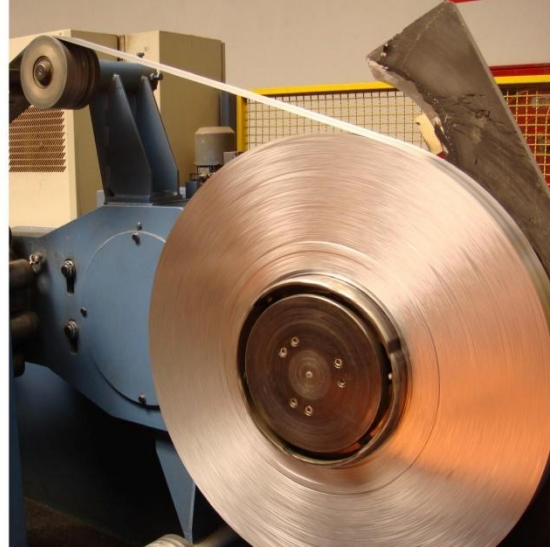


Resim 3.1. Sürekli Şerit Dökümü 01



Resim 3.2. Sürekli Şerit Dökümü 02

Seri haddelerden geçirilerek 0,7 mm' ye kadar inceltilir ve bobin halinde sarılır.



Resim 3.3. Şerit Haddeme ve Sarım

3.2. Oksit Üretimi

%99,99 saflıkta kurşun külçeleri 450 °C' de potada ergitilir. Otomatik makina ile kalıplara dökülerek küçük silindirik parçalar elde edilir.

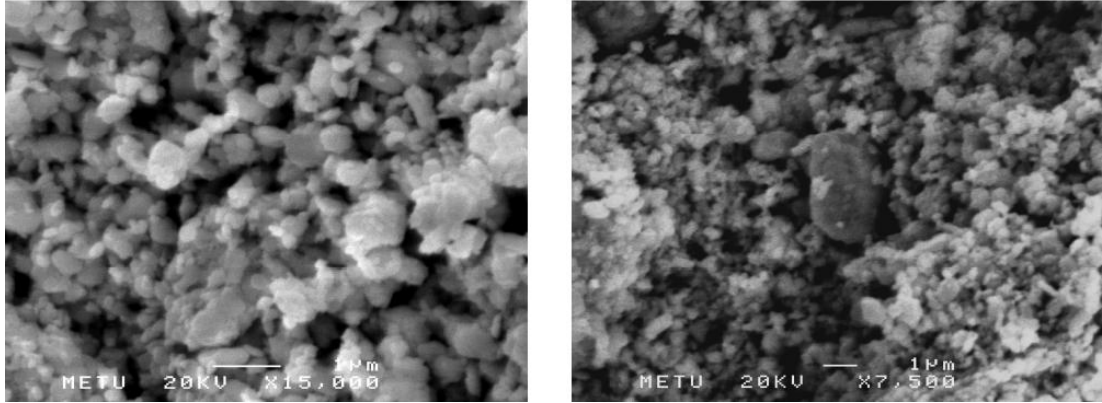


Resim 3.4. Oksit Silindiri Dökümü

Bu parçalar değirmende öğütülerek toz haline getirilir. Toz halinde Pb ve PbO vakum ile emdirilerek silolarda depolanır.



Resim 3.5. Oksit Değirmeni



Resim 3.6. Kurşun Oksit SEM Görüntüleri

Burada tanecik büyüklüğü, asit emme kabiliyeti, oksitlenmiş tozların oranı devam eden prosesler için etkili parametrelerdir.

Oksit Ara Ürün	PbO	Pb
% Hacim	83,2	16,8
% Ağırlık	80,3	19,7

Kurşun Oksit Numunesi Faz Bileşenleri

3.3. Hamur Hazırlama

Ana bileşenler olarak, belirli oranlarda oksitlenmiş kurşun tozu, belirli yoğunlukta sülfürik asit ve saf su belirlenmiş bir sıra ve zaman içerisinde sıcaklık kontrollü olarak karıştırılır. Hazırlanan hamurun maksimum ulaştığı sıcaklık, final sıcaklığı, sertliği ve yoğunluğu ölçülen belli başlı parametrelerdir.



Resim 3.7. Hamur Karma

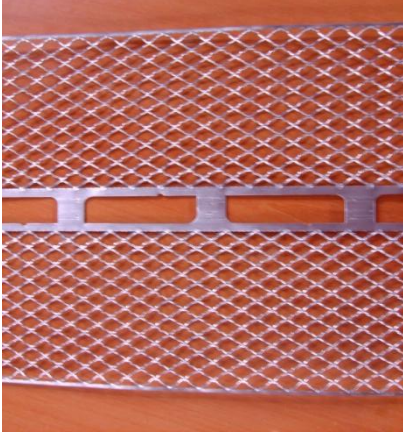
3.4. Plaka Sıvama Prosesi

Ana bileşenleri, belirli oranlarda oksitlenmiş kurşun monoksit, sülfürik asit ve saf su olan karışım pastanının (hamur) ızgara üzerine sıvanması işi bu sürecin ana fonksiyonudur.

Bobin halinde sarılmış olan şerit delinerek genişletme yöntemiyle ızgara haline getirilir.



Resim 3.8. Exmet Izgara Üretimi



Resim 3.9. Izgara

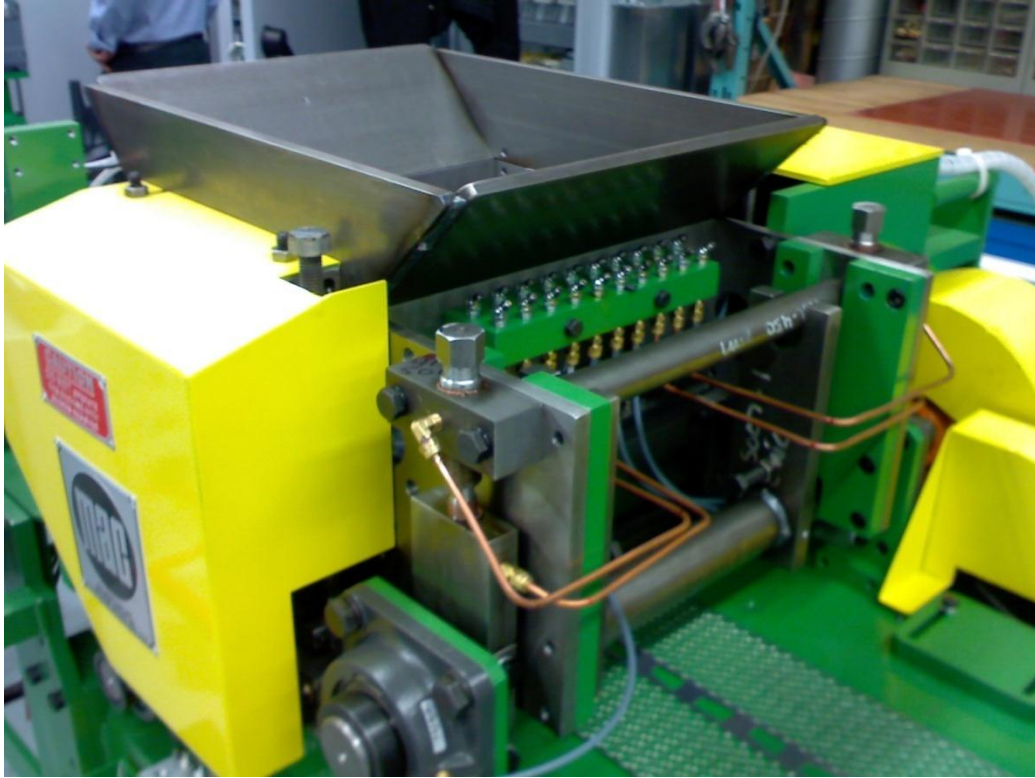


Resim 3.10. Hamur

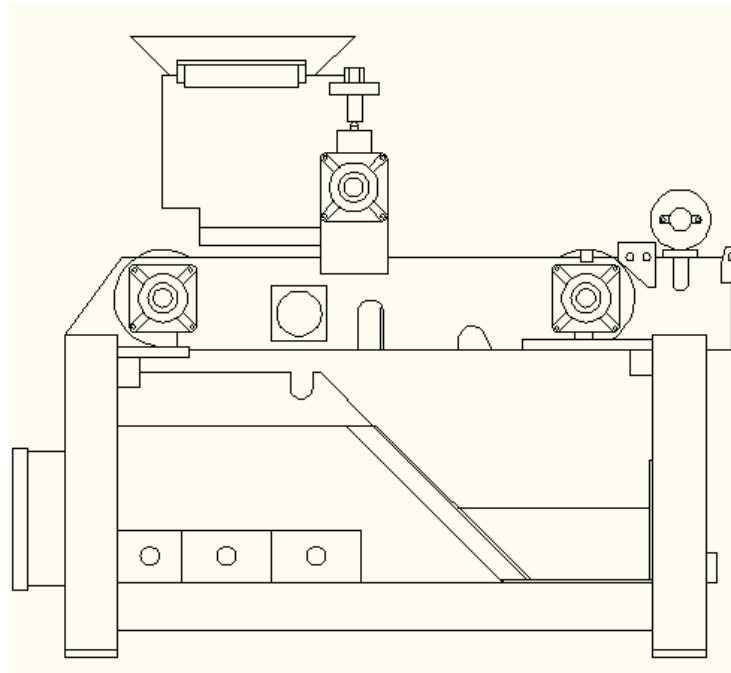
Şerit ızgara, sıvama makinası konveyörü üzerinde taşınırken, konveyör bandının belirli bölgesinde bir haznenin içerisinde bulunan pasta, hazne içerisindeki çapalar yardımıyla ızgara üzerine basılır ve sıvama gerçekleştirilir.



Resim 3.11. Basma Haznesinde Hamur Görüntüleri

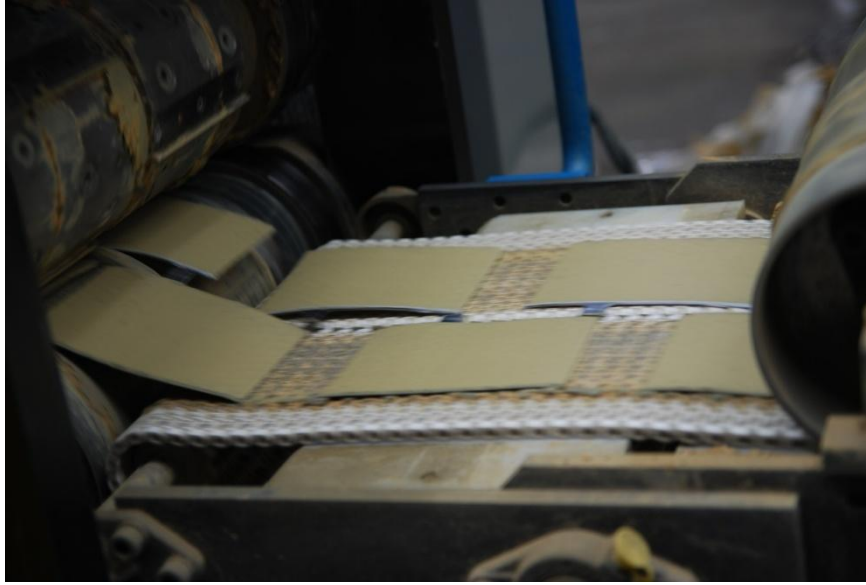


Resim 3.12. Izgara Sivama Makinası



Şekil 3.1 Izgara Sivama Makinası

Hamur sıvanmış halde olan ızgara dairesel bıçaklarda istenilen ölçülerde doğranarak akü plakaları oluşturulur. Hat üzerinde 250 °C – 300 °C sıcaklık aralığında bir kurutma tünelinden geçirilerek ön kurutma yapılır. Narin bir şekilde kolonlar halinde istiflenerek paletlere dizilir.



Resim 3.13. Plaka Doğrama

Plakalar paletler ile istenilen şekil ve oranda kristal yapıları oluşturulmak üzere, ısı, nem ve taze hava kontrollü özel iklimatik odalarda kürlenirler. Kür sonrasında kurutularak akü montajı için hazır duruma gelirler.



Resim 3.14. Paletlere Dizilmiş Plakalar ve Kür Odaları

4. YENİ SIVAMA MAKİNASI TASARIMI İHTİYACI

4.1. Konvansiyonel Makinada Karşılaşılan Problemler

- Sıvanan hamur dağılımının homojen olmaması:
Kendi içinde ve bir diğerinden farklı kalınlıklarda plakaların muntazam istiflenememesi sonucu fiziksel deformasyon, akü kutu hücrelerine sığamama, deformasyon sonucu aküde kısa devre riski.
- Daha kalın plakalar:
İlave ağırlık ve dolayısıyla maliyet artışı, kalın plakalardan yapılan grupların bazı akü dizaynlarında hücreye sığamaması.
- Sık aralıklarla şerit ızgarada kopma:
Üretimin yavaşlaması, çalışma veriminin düşmesi.
- Konveyör lastik bant kopması:
İlave bant maliyeti, üretimin yavaşlaması, çalışma veriminin düşmesi.

4.2. Maliyetler

Rekabetçi davranabilmek için maliyetlerin azaltılması zorunluluğu her geçen gün önemini artırmaktadır. Bu doğrultuda sıvanacak ızgaraların ağırlığı firmaların teknik yeterliliği el verdikçe azaltılmaya çalışılmaktadır. Izgara malzemesinin değerli bir metal Pb (Kurşun) olması da çalışmalara hız kazandırma gerekliliğini artıran ilave bir unsurdur.

Izgara ağırlığının azaltılması, plaka yüzey alanının önemi nedeni ile mümkün mertebe ızgara kalınlığı azaltılarak daha ince ızgaralar elde etmekle sağlanmaktadır. Izgaralar inceldikçe konvansiyonel makinada sıvanması zorlaşmaktadır.

4.3. Konvansiyonel Makina Yeterlilik ve Performans Hesapları

Çizelge 4.1. Konvansiyonel makine için plaka şartname değerleri

Plaka Tipi	Izgara Ağırlığı [gr]		Plaka Ağırlığı [gr]	
A1	46	±2	140	±3
A2	41	±2	134	±3
B1	51	±2	169	±3
B2	51	±2	152	±3
C1	55	±2	173	±3
C2	55	±2	160	±3
D1	39	±2	127	±3
D2	37	±2	113	±3
E1	39	±2	117	±3
E2	42	±2	134	±3

Konvansiyonel makinada Çizelge 3.1. de gösterilen D1 plakası üretiminde plaka ağırlığı değişkeni için Histogram gösterimi, Makine Yeterlilik Katsayısı (C_m) ve indeksi (C_{mk}) hesaplamaları:

$$\text{ÜTL} = 130$$

$$\text{ATL} = 124$$

Çizelge 4.2. Plaka ağırlık ölçüm sonuçları (60 adet ölçüm)

126,12	128,41	132,45	130,40	130,40	129,80	129,70	128,90	128,00	127,00
126,40	125,45	126,00	126,12	126,15	128,00	129,40	131,42	131,30	131,10
130,80	130,20	128,40	128,12	128,45	127,90	126,45	126,42	126,80	129,00
129,42	130,12	130,15	129,50	129,45	128,02	128,04	127,50	127,12	127,58
131,51	130,42	133,14	132,52	129,45	130,41	129,98	130,42	131,42	130,14
125,12	125,48	126,12	129,15	132,58	135,01	132,14	133,01	129,05	124,68

$$n = 60$$

$$\bar{X} = 129,06$$

$$X_{mak} = 135,01$$

$$X_{min} = 124,68$$

Çizelge 4.3. Veri sayısına (n) göre B değişkeni tablosu

Veri Sayısı(n)	Sınıf Sabiti (B)
30 - 50	5
50 - 100	6 - 10
100 - 250	7 - 12
250 üzeri	10 - 20

$$X_{mak} - X_{min} = 10,33$$

$$n = 60 \text{ için, } B = 6 \text{ (Çizelge 3.3)}$$

$$C = \frac{10,33}{6} = 1,72167$$

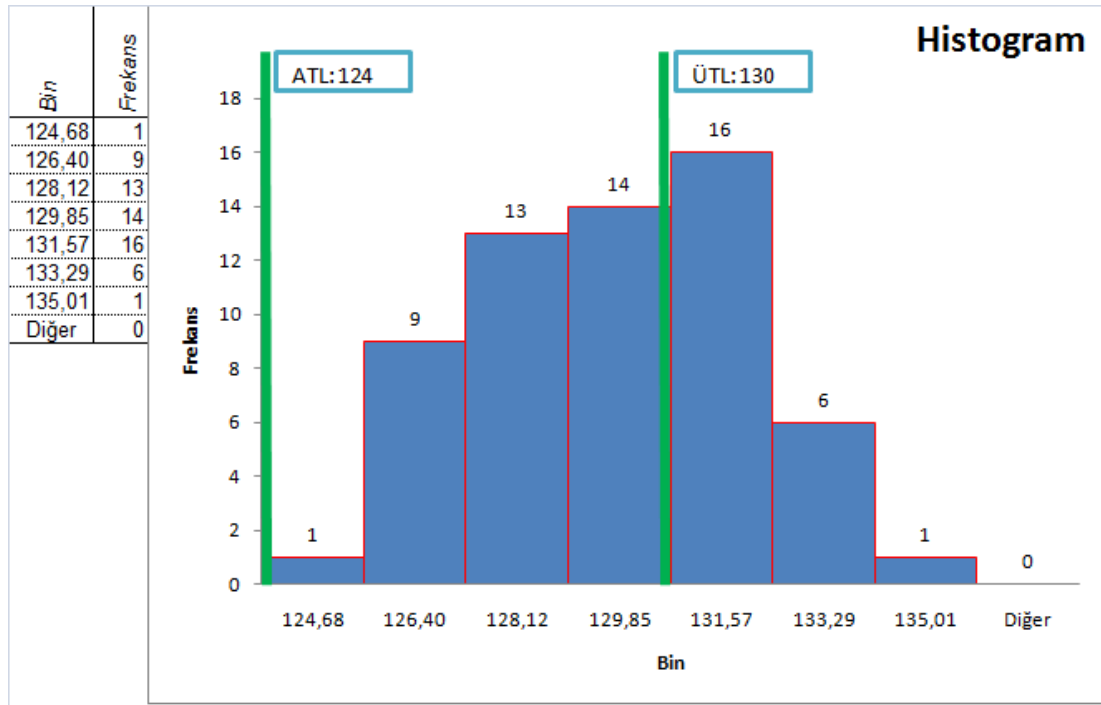
$$\text{Standart Sapma (S)} = 2,271$$

$$C_m = \frac{UTL - ATL}{6 * S} \rightarrow C_m = 0,44$$

$$Z_{kritik} = \text{Min}(UTL - \bar{X}; \bar{X} - ATL) \rightarrow Z_{kritik} = 0,94$$

$$C_{mk} = \frac{Z_{kritik}}{3 * S} \rightarrow C_{mk} = 0,13$$

olarak bulunur.



Şekil 4.1. Konvansiyonel Sıvama Makinasında Plaka Ağırlık Histogramı

5. TASARIM

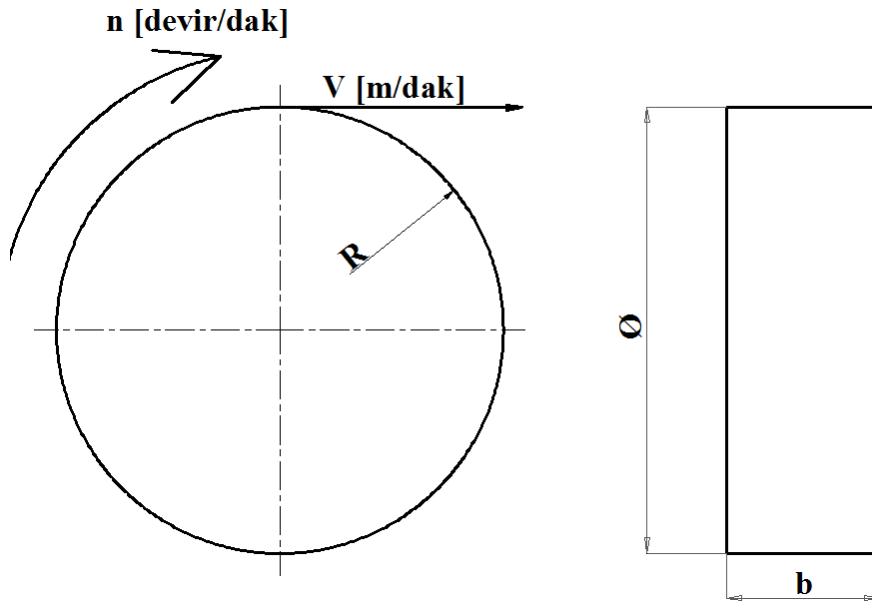
5.1. Hedef Göstergeleri

- Plaka Ağırlığı ve Kalınlığı için, $C_m \geq 1,67$ ve $C_{mk} \geq 1,33$
- Daha hafif plaka üretilebilmesi, $W = 122 \pm 3 \text{ gr}$
- Bant kopması, ayar bozulması vb. nedenlerle sık aralıklı duruşların önüne geçilmesi; ortalama makine hızı, $v = 400 \text{ adet plaka/dakika}$
- Hurda plaka miktarının azaltılması, $HPM \leq \%2$

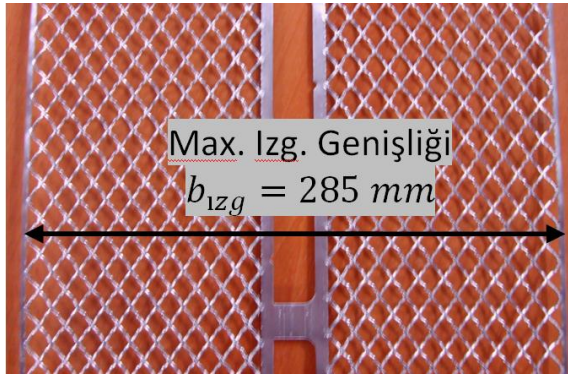
5.2. Tambur Tasarımı

5.2.1. Tasarım girdileri

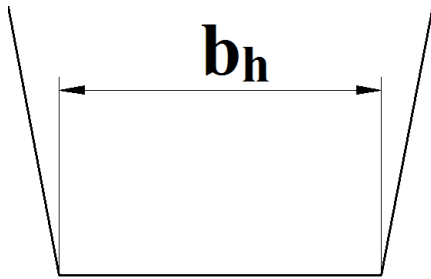
- Sıvamak için yeterli düzlemsel alan bulunması
✓ D_{min}
- Hattın genel çalışma yüksekliğine uygunluk
✓ D_{max}
- Maksimum Çizgisel Hız
✓ $V = 50 \text{ m/dak}$ (Hat içinde senkronize çalıştığından hat maksimum hızı seçildi.)
✓ Bulunan çap aralıkları için tambur devir sayıları $n [\text{devir/dak}]$
- Sıvama Yapılabilecek Hazne Ağız Genişliği $b_h = 330 [\text{mm}]$
Güncel Maksimum Izgara Genişliği $b_{izg} = 285 [\text{mm}]$
✓ Tambur eni $b [\text{mm}]$



Şekil 5.1. Tambur Yalın Görünümü



Şekil 5.2. Izgara

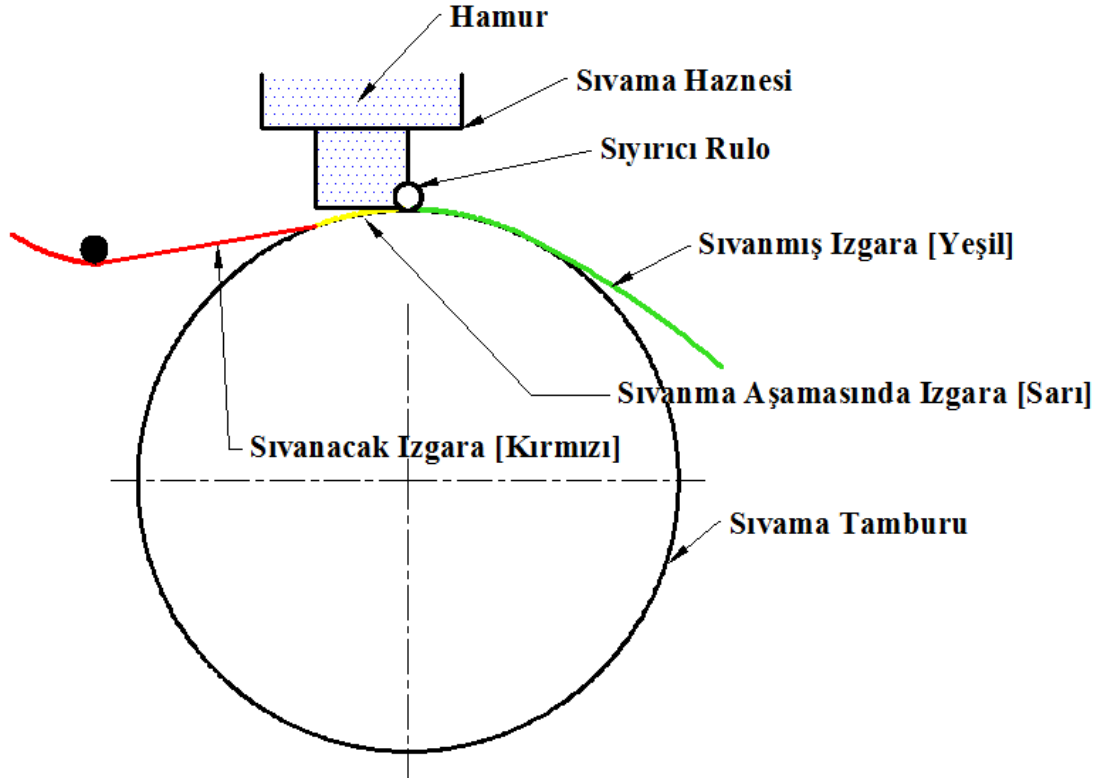


Şekil 5.3. Hazne Yan Görünüş

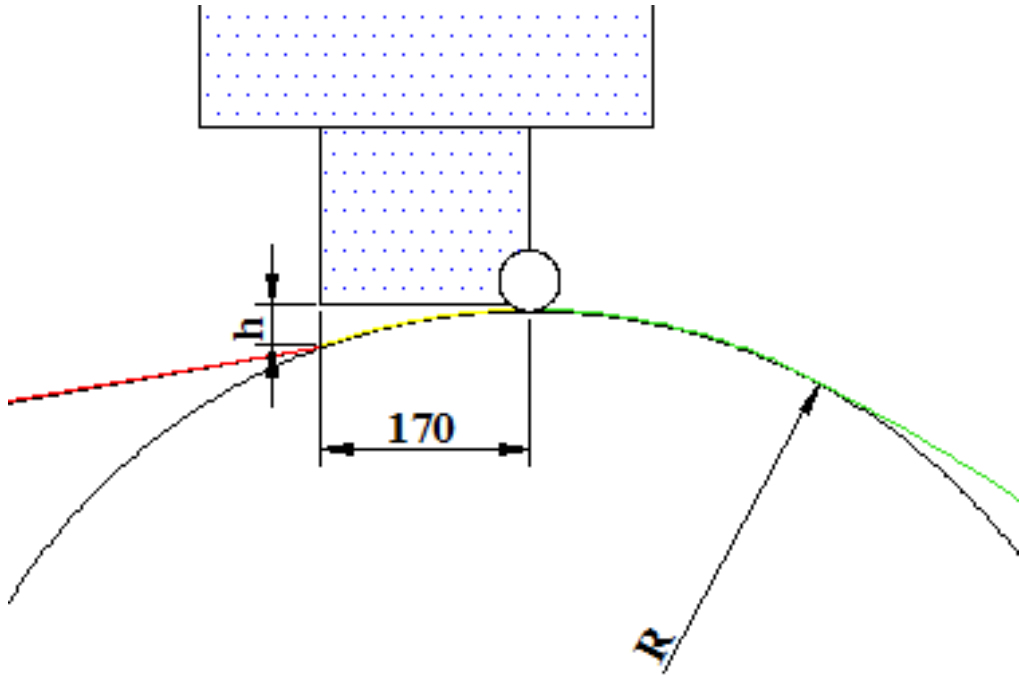
5.2.2. Tambur çapı (D_t) ve devri (n) belirlenmesi

A. Sıvamak için yeterli düzlemsel alan bulunmalı.

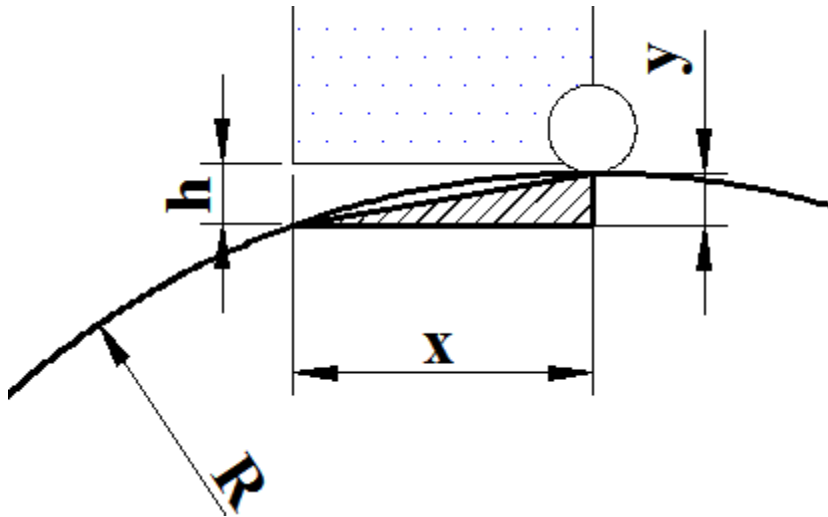
✓ D_{min}



Şekil 5.4. Izgara Sıvanması Şematik Gösterim



Şekil 5.5. Sıvama Çizgisi A



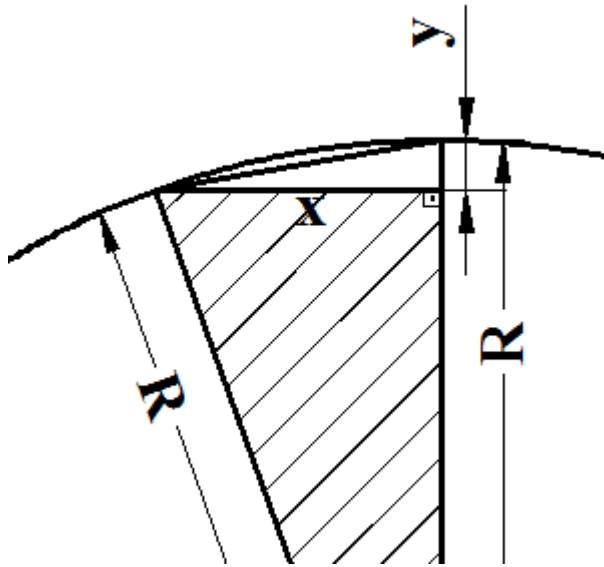
Şekil 5.6. Sıvama Çizgisi B

Şekil 5.5 de Sıvama Haznesi Basma Genişliği $X = 170 \text{ mm}$ için, sıvama işleminin kolaylığı için X uzunluğundaki yüzeyin mümkün mertebe düzlemselliğe yakınlştırılması olumlu olur. Bu nedenle gösterilen h yüksekliğini minimumda tutmak gerekecektir.

h yüksekliğinin max. değeri için R yarıçapı minimum olur.

$$\lim_{h \rightarrow \infty} [R(h)] = 0$$

$h \leq 30 \text{ mm}$ için $h = 30 \text{ mm}$ ve $y = h$ olsun,



Şekil 5.7. Sıvama Çizgisi C

Yukarıda resimde taralı üçgende,

$$(R - y)^2 + X^2 = R^2$$

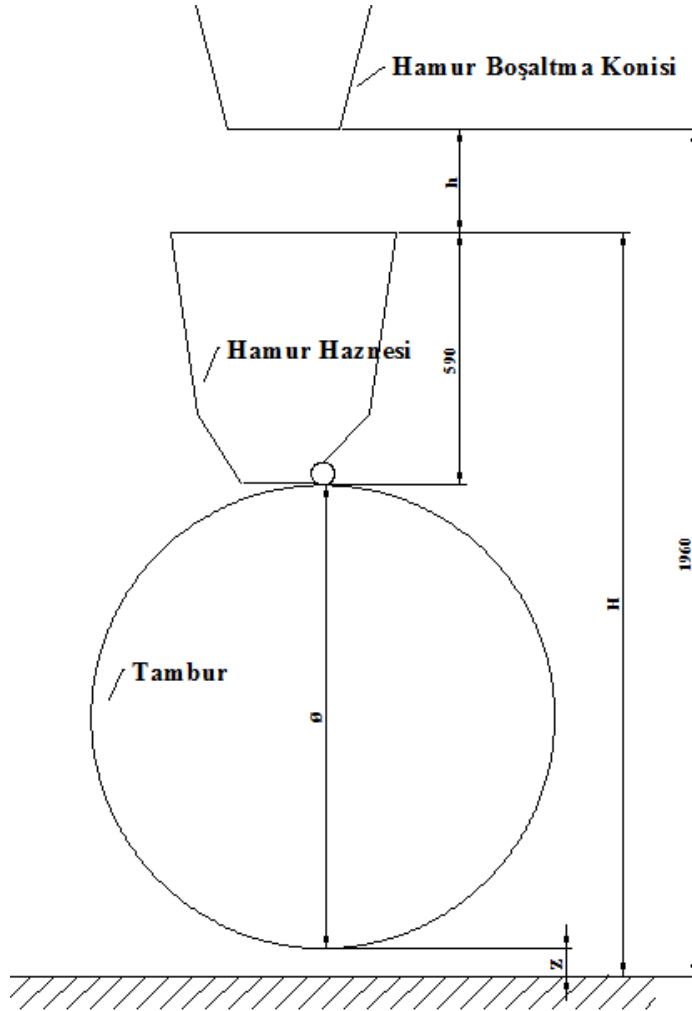
$$(R - 30)^2 + 170^2 = R^2 \implies R = 496,67$$

$$D_{min} = 2 * R$$

$$D_{min} = 993 \text{ mm}$$

B. Hattın genel çalışma yüksekliğine uygunluk

✓ ϕ_{max}



Şekil 5.8. Koni, Hazne, Tambur Ortak Görünüm

Hamur boşaltma konisi çıkışı zemin arası mesafe belli ve 1960 mm' dir.

Hazne Yüksekliği = 590 mm

Zemin tambur arası mesafe $z = 60 \text{ mm}$ ve

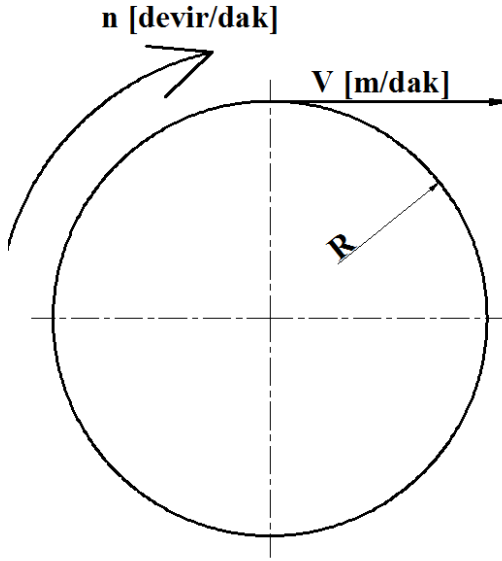
Hamur boşaltma konisi hazne arası mesafe $h = 210 \text{ mm}$ olsun,

$$z + D + 590 + h = 1954 \text{ mm}$$

$$D_{max} = 1094 \text{ mm}$$

C. Maksimum Çizgisel Hız

- ✓ $V = 50 \text{ m/dak}$,
- ✓ Bulunan çap aralıkları için tambur devir sayıları $n [\text{devir/dak}]$



Şekil 5.9. Tambur Çizgisel Hız ve Devir

Hattın senkron maksimum hızı = 50 m/dak olduğundan ve tasarlanacak makinanın hat ile uyum sağlaması gerektiğinden

Tambur çizgisel hızı,

$$V_{max} = 50 \text{ m/dak} \text{ ve } V = V_{max} \text{ olarak belirlendi.}$$

Uygulamada daha yüksek hızlara çıkıldığında ızgara kopması, delik sıvama, tolerans dışı ağırlık ve plaka toplama problemleri görüldüğünden hattın hızı şu an için 50 m/dak ile sınırlandırılmıştır.

$$V = 2 * \pi * R * n$$

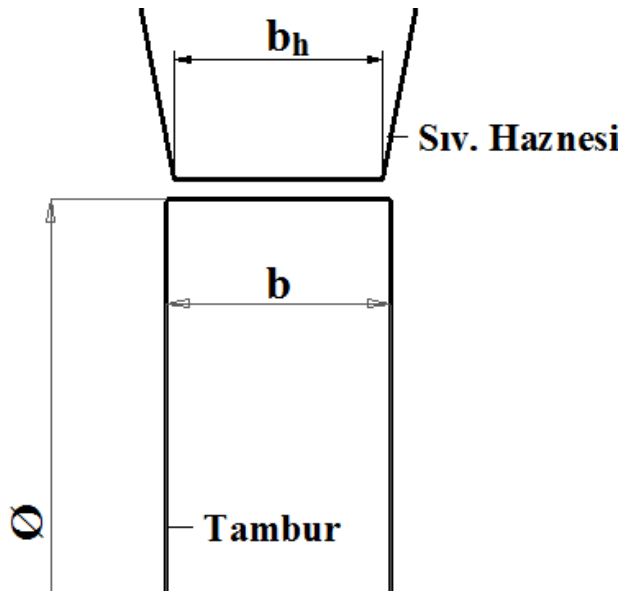
Çap (D_t) [mm]	Devir Sayısı (n) [d/dak]
	$V = 50 \text{ m/dak}$ için
D_{min} 910	17,49
D_{ort} 1002	15,88
D_{max} 1094	14,55

Çizelge 5.1. Tambur Çap ve Devri Sayıları

Tasarım için seçilen çap ve devir sayısı:

$$D_t = 1002 \text{ mm ve } n = 16 \text{ dev/dak}$$

5.2.3. Tambur eni (b) belirlenmesi



Şekil 5.10. Tambur ve Sıvama Haznesi Yan Görünüş

Sıvama Yapılabilecek Hazne Ağız Genişliği $b_h = 330 \text{ [mm]}$

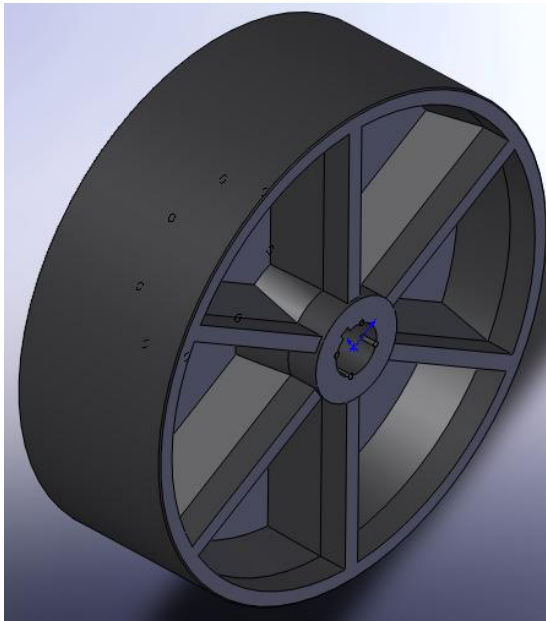
Pah kırma payı = 3 mm ve Hazne ağızından sonraki boşluk= 4 mm olsun,

$$b = b_h + 2 * (3 + 4)$$

$$b = 344 \text{ mm}$$

5.2.4. Tambur malzemesi belirlenmesi

Tambur malzemesi olarak, yüksek mukavemet ve iyi aşınma direnci gibi mekanik özelliklerinin iyi olması, korozyon direnci ve işleme kolaylığı ve ekonomik olması göz önünde bulundurularak “Küresel Grafitli Dökme Demir (GGG)” seçilmiştir.



Şekil 5.11. Tambur



Resim 5.1. Tambur

5.3. Motor ve Redüktör Seçimi

Tambur tasarımından gelen:

Tambur Çapı : $D_t = 1002 \text{ mm}$

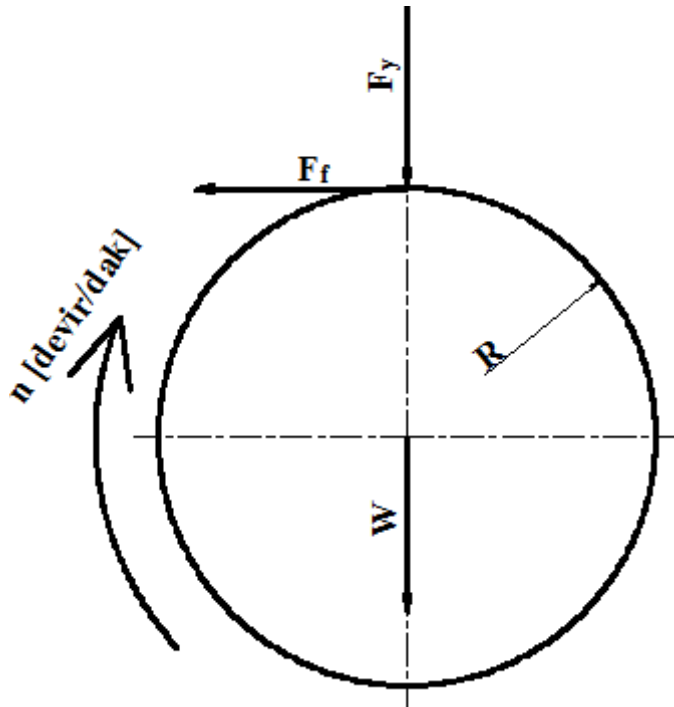
Tambur Devri : $n_t = 16 \text{ dev/dak}$

Tambur Ağırlığı : $M_t = 980 \text{ kg}$

Laboratuarda deneysel yöntemle elde edilen tambura etkiyen kuvvetler:

Tambura Binen Kuv. : $F_y = 15 \text{ kN}$ (Haznedeki hamur çapalar ile tambur üzerine basılırken tambura gelecek dikey kuvvet)

Sürtünme Kuvveti : $F_f = 6,55 \text{ kN}$



Şekil 5.12. Tambur Başlangıç Yükleri

Tamburun döndürülmesi için gerekli olan tork:

$$T_t = F_f * \frac{D_t}{2} = 3,282 \text{ kNm}$$

Açısal hız:

$$w = n_t * \frac{2\pi}{60} \rightarrow w = 1,675 \text{ s}^{-1}$$

Motor Gücü:

$$P_{motor} = T_t * w_t = 5,498 \text{ kW}$$

Sistemin tahriki için en az 5,5 kW gücünde bir motor ve redüktör takımına ihtiyaç bulunmaktadır.

GAMAK AGM 132/S4 motoru ve Yılmaz Redüktör KR473 01-132 redüktörü seçilmiştir. Seçilen motor ve redüktör akupple haledir.

Redüktör çıkış devri:

$$n_R = 36 \text{ dev/dak}$$

5.4. Tambura Güç Aktarımı

5.4.1. Zincir ve Zincir Dişlisi Seçimi

Tambur Devri : $n_t = 16 \text{ dev/dak}$

Redüktör çıkış devri: $n_R = 36 \text{ dev/dak}$

Motor-redüktör seti için üreticinin verdiği servis faktörü: $f_s=1,1$

Bu servis faktörüyle birlikte zincir ile aktarılabilecek güç:

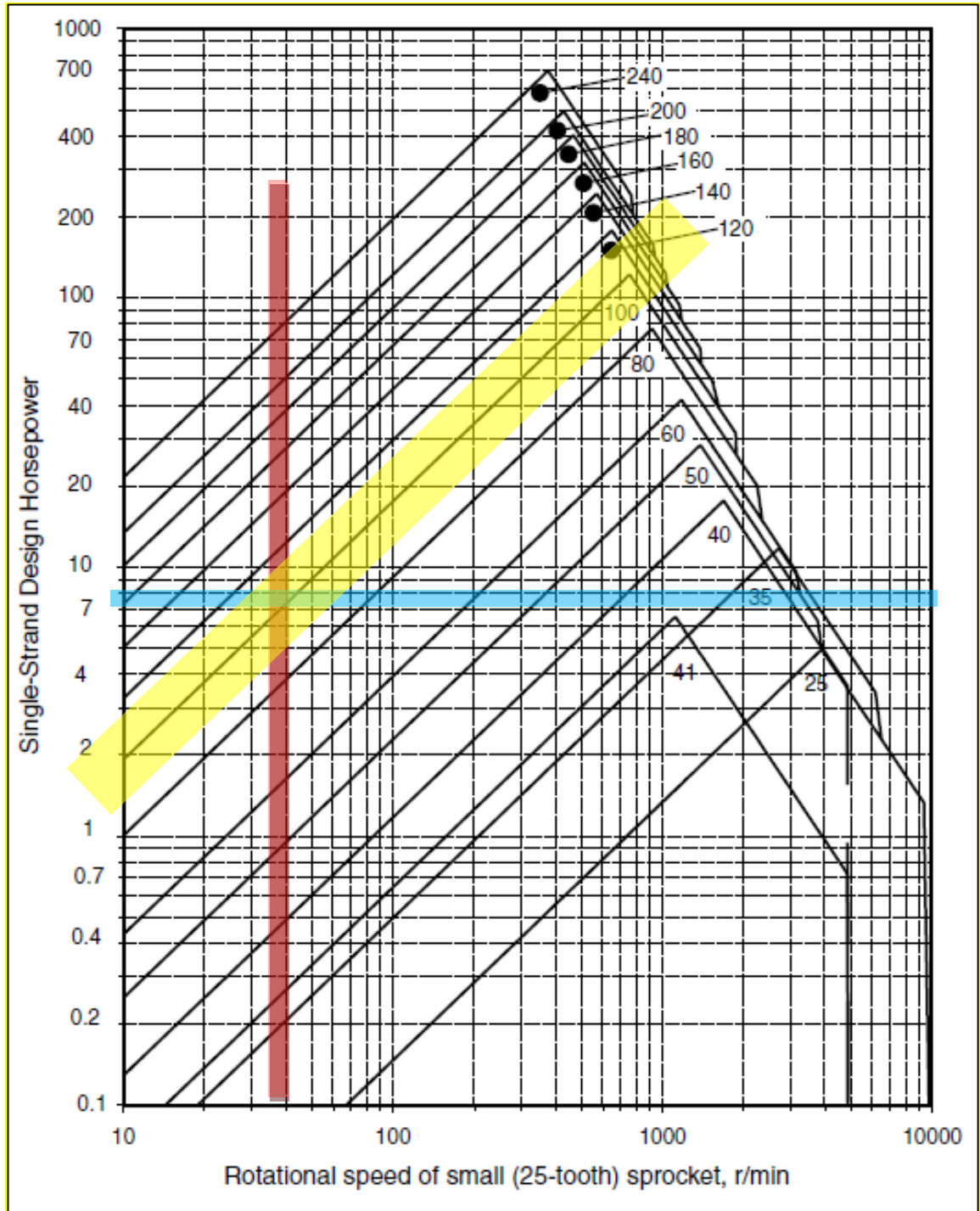
$$P_{zincir} = P_{motor} * f_s \rightarrow P_{zincir} = 8,113 \text{ hp}$$

Tek sıralı zincir kullanılması düşünüldüğünde;

Zincir için güç katsayısı: $k_s = 1$

Dolayısıyla zincirde aktarılabilecek güç doğrudan P_{zincir} olur.

Redüktör çıkış devri (küçük dişli) ve aktarılabilecek güce göre Çizelge 5.2.'den zincirin standardı 100 olarak seçildi.



Şekil 5.13. Standart Serilerde Zincir Seçimi [5]

Çizelge 5.3. 100 Numaralı Dişli İçin Güç, Devir, Diş Sayıları [5]

Number of Teeth on Small Sprocket	1.250 inch Pitch			Speed of Small Sprocket, revolutions per m												
	10	25	50	71	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
11	0.85	2.04	3.96	5.55	7.71	11.38	15.00	22.14	29.18	36.15	43.06	40.03	32.77	27.46	23.45	20.32
12	0.92	2.22	4.32	6.05	8.41	12.41	16.36	24.15	31.83	39.44	46.98	45.61	37.33	31.29	26.71	23.16
13	1.00	2.41	4.68	6.56	9.11	13.45	17.73	26.16	34.48	42.72	50.89	51.43	42.10	35.28	30.12	26.11
14	1.08	2.59	5.04	7.06	9.81	14.48	19.09	28.18	37.14	46.01	54.81	57.48	47.05	39.43	33.66	29.18
15	1.15	2.78	5.41	7.57	10.51	15.52	20.45	30.19	39.79	49.30	58.72	63.75	52.18	43.73	37.33	32.36
16	1.23	2.96	5.77	8.07	11.22	16.55	21.82	32.20	42.44	52.58	62.64	70.23	57.48	48.17	41.13	35.65
17	1.31	3.15	6.13	8.58	11.92	17.59	23.18	34.21	45.10	55.87	66.55	76.91	62.95	52.76	45.05	39.04
18	1.38	3.33	6.49	9.08	12.62	18.62	24.55	36.23	47.75	59.15	70.47	81.71	68.59	57.48	49.08	42.54
19	1.46	3.52	6.85	9.59	13.32	19.66	25.91	38.24	50.40	62.44	74.38	86.25	74.38	62.34	53.22	46.13
20	1.54	3.70	7.21	10.09	14.02	20.69	27.27	40.25	53.05	65.73	78.30	90.79	80.33	67.32	57.48	49.82
21	1.61	3.89	7.57	10.60	14.72	21.73	28.64	42.26	55.71	69.01	82.21	95.33	86.43	72.43	61.85	53.61
22	1.69	4.08	7.93	11.10	15.42	22.76	30.00	44.28	58.36	72.30	86.13	99.87	92.68	77.67	66.31	57.48
23	1.77	4.26	8.29	11.60	16.12	23.79	31.36	46.29	61.01	75.59	90.04	104.41	99.07	83.02	70.89	61.44
24	1.84	4.45	8.65	12.11	16.82	24.83	32.73	48.30	63.66	78.87	93.96	108.95	105.60	88.50	75.56	65.49
25	1.92	4.63	9.01	12.61	17.52	25.86	34.09	50.31	66.32	82.16	97.87	113.48	112.27	94.09	80.33	69.63
26	2.00	4.82	9.37	13.12	18.23	26.90	35.45	52.33	68.97	85.45	101.79	118.02	119.07	99.79	85.20	73.85
28	2.15	5.19	10.09	14.13	19.63	28.97	38.18	56.35	74.27	92.02	109.62	127.10	133.07	111.52	96.22	82.53
30	2.31	5.56	10.81	15.14	21.03	31.04	40.91	60.38	79.58	98.59	117.45	136.18	147.58	123.68	105.60	91.53
32	2.46	5.93	11.53	16.15	22.43	33.11	43.64	64.40	84.88	105.16	125.28	145.26	162.58	136.25	116.33	100.84
35	2.69	6.48	12.61	17.66	24.53	36.21	47.73	70.44	92.84	115.02	137.02	158.88	180.61	155.85	133.07	115.34
40	3.07	7.41	14.41	20.18	28.04	41.38	54.54	80.50	106.11	131.45	156.60	181.58	206.41	190.42	162.58	140.92
45	3.46	8.34	16.22	22.71	31.54	46.55	61.36	90.56	119.37	147.89	176.17	204.27	232.21	227.21	194.00	168.15

Type A Type B

Type A: Manual or Drip Lubrication
Type B: Bath or Disc Lubrication
Type C: Oil Stream Lubrication

Aktarılabak güç ve redüktör çıkış devriden Çizelge 5.3.'ye göre,

$$P_{zincir} = 8,113 \text{ ve } n_R = 36 \text{ dev/dak idi.}$$

$$\text{Küçük dişli sayısı} : N_{kd} = 32 \text{ adet}$$

Hatve : $p = 1,25 \text{ in}$ bulunur.

Bulunan hatve ve diş sayısına göre dişli çapı:

$$D_{dişli} = N_{diş} * p / \pi$$

$$D_{kd} = 32 * 1,25 * \frac{25,4}{\pi} = 323,4 \text{ mm}$$

$$D_{bd} = (n_r/n_t) * D_{kd}$$

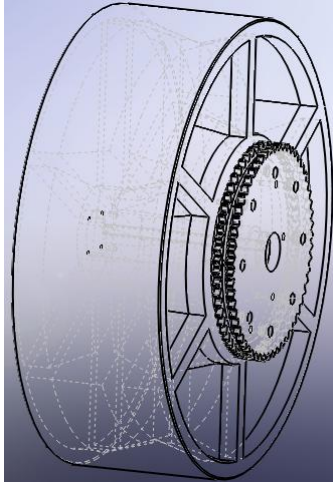
Büyük dişli Çapı (D_{bd}) = 726,75 mm bulunur.

Tambur çapı ve genel sistem boyutları göz önüne alındığında dişli çaplarının daha küçük olması avantajlı olacaktır.

Bu durumda çift sıralı zincir kullanımı daha uygun görünmektedir..

Çift sıralı zincir için:

Zincir için güç katsayısı: $k_s = 1,7$ bulunur. (Çizelge 5.4.)



Şekil 5.13. Tambur ve Çift Sıralı Dişli

Çizelge 5.4. Çoklu Zincir Güç Faktörleri [5]

Zincir Sıra Sayısı	Çoklu Zincir Faktörü
2	1.7
3	2.5
4	3.3

Zincir ile aktarılabacak güç:

$$P_{zincir2} = \frac{P_{zincir}}{k_s}$$

$$P_{zincir2} = \frac{8,113}{1,7} = 4,772 \text{ hp}$$

olarak hesaplanır.

Bu durumda, redüktör çıkış devri (küçük dişli) ve aktarılabilecek güce göre Çizelge 5.2.'den zincirin standardı B29.1 ANSI STANDARD 80 olarak seçildi.

B29.1 ANSI STANDARTI ÇİFT SIRALI ZİNCİR

Technical drawing of a double-strand chain. The drawing shows a side view of the chain with dimensions labeled: A (pitch), B (roller diameter), C (plate thickness), D (pin diameter), E (inner plate width), F (outer plate width), G (pin length), H2 (chain width), J (pin offset), and K (roller offset).

Chain

Connecting Links

ANSI No	Renold Chain No	Pitch Inch	Pitch mm	Inside Width	Roller Dia	Plate Height	Plate Width Inner	Plate Width Outer	Pin Dia	Pin Len	Con Link Extra	Trans Pitch	F _B lbf	Weight lb/ft	No 4	No 107	No 11	No 26	No 58	No 12	No 30
		A	A	B	C	D	E	F	G	H2	J	K									
35-2	125033*	0.375	9.525	0.188	0.200*	0.341	0.050	0.050	0.141	1.010	0.130	0.399	4600	0.44	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
40-2	115043	0.500	12.700	0.312	0.312	0.439	0.060	0.060	0.156	1.270	0.154	0.566	7780	0.81	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
50-2	115053	0.625	15.875	0.375	0.400	0.573	0.080	0.080	0.200	1.570	0.161	0.713	12880	1.41	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
60-2	115063	0.750	19.050	0.500	0.469	0.689	0.094	0.094	0.234	1.960	0.181	0.897	17480	2.05	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
80-2	115083	1.000	25.400	0.625	0.625	0.947	0.125	0.125	0.312	2.470	0.213	1.153	29800	3.70	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
100-2	115103	1.250	31.750	0.750	0.750	1.180	0.156	0.156	0.375	3.030	0.240	1.408	48000	5.64	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
120-2	115123	1.500	38.100	1.000	0.875	1.413	0.187	0.187	0.437	3.790	0.260	1.789	65320	7.39	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
140-2	115143	1.750	44.450	1.000	1.000	1.646	0.219	0.219	0.500	4.080	0.291	1.924	88000	10.42	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
160-2	115163	2.000	50.800	1.250	1.125	1.879	0.250	0.250	0.562	4.890	0.311	2.305	112600	13.84	✓	✓	✓	-	✓	✓	-

No.4

No.107

No.11/58

No.26

No.12

No.30

Şekil 5.14. Çift Sıralı Zincir Tablosu

Çizelge 5.6. 80 Numaralı Dişli İçin Güç, Devir, Diş Sayıları [5]

Number of Teeth on Small Sprocket	1.000 inch Pitch					Speed of Small Sprocket, revolutions per min												
	10	25	50	75	88	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	
11	0.44	1.06	2.07	3.05	3.56	4.03	7.83	11.56	15.23	18.87	22.48	26.07	27.41	22.97	19.61	14.92	11	
12	0.48	1.16	2.26	3.33	3.88	4.39	8.54	12.61	16.62	20.59	24.53	28.44	31.23	26.17	22.35	17.00	13	
13	0.52	1.26	2.45	3.61	4.21	4.76	9.26	13.66	18.00	22.31	26.57	30.81	35.02	29.51	25.20	19.17	15	
14	0.56	1.35	2.63	3.89	4.53	5.12	9.97	14.71	19.39	24.02	28.62	33.18	37.72	32.98	28.16	21.42	17	
15	0.60	1.45	2.82	4.16	4.86	5.49	10.68	15.76	20.77	25.74	30.66	35.55	40.41	36.58	31.23	23.76	18	
16	0.64	1.55	3.01	4.44	5.18	5.86	11.39	16.81	22.16	27.45	32.70	37.92	43.11	40.30	34.41	26.17	20	
17	0.68	1.64	3.20	4.72	5.50	6.22	12.10	17.86	23.54	29.17	34.75	40.29	45.80	44.13	37.68	28.66	22	
18	0.72	1.74	3.39	5.00	5.83	6.59	12.81	18.91	24.93	30.88	36.79	42.66	48.49	48.08	41.05	31.23	24	
19	0.76	1.84	3.57	5.28	6.15	6.95	13.53	19.96	26.31	32.60	38.84	45.03	51.19	52.15	44.52	33.87	26	
20	0.80	1.93	3.76	5.55	6.47	7.32	14.24	21.01	27.70	34.32	40.88	47.40	53.88	56.32	48.08	36.58	28	
21	0.84	2.03	3.95	5.83	6.80	7.69	14.95	22.07	29.08	36.03	42.92	49.77	56.58	60.59	51.73	39.36	31	
22	0.88	2.13	4.14	6.11	7.12	8.05	15.66	23.12	30.47	37.75	44.97	52.14	59.27	64.97	55.47	42.20	33	
23	0.92	2.22	4.33	6.39	7.45	8.42	16.37	24.17	31.85	39.46	47.01	54.51	61.97	69.38	59.30	45.11	35	
24	0.96	2.32	4.52	6.66	7.77	8.78	17.09	25.22	33.24	41.18	49.06	56.88	64.66	72.40	63.21	48.08	38	
25	1.00	2.42	4.70	6.94	8.09	9.15	17.80	26.27	34.62	42.89	51.10	59.25	67.35	75.42	67.20	51.12	40	
26	1.04	2.51	4.89	7.22	8.42	9.52	18.51	27.32	36.01	44.61	53.14	61.62	70.05	78.43	71.27	54.22	43	
28	1.12	2.71	5.27	7.77	9.06	10.25	19.93	29.42	38.78	48.04	57.23	66.36	75.44	84.47	79.65	60.59	48	
30	1.20	2.90	5.64	8.33	9.71	10.98	21.36	31.52	41.55	51.47	61.32	71.10	80.82	90.50	88.33	67.20	53	
32	1.28	3.09	6.02	8.89	10.36	11.71	22.78	33.62	44.32	54.91	65.41	75.84	86.21	96.53	97.31	74.03	58	
35	1.40	3.38	6.58	9.72	11.33	12.81	24.92	36.78	48.47	60.05	71.54	82.95	94.29	105.58	111.31	84.68	67	
40	1.61	3.87	7.53	11.11	12.95	14.64	28.48	42.03	55.40	68.63	81.76	94.80	107.77	120.67	133.51	103.46	82	
45	1.81	4.35	8.47	12.49	14.57	16.47	32.04	47.28	62.32	77.21	91.98	106.65	121.24	135.75	150.20	123.45	72	
Type A				Type B														
Type A: Manual or Drip Lubrication Type B: Bath or Disc Lubrication Type C: Oil Stream Lubrication																		

Type A: Manual or Drip Lubrication
Type B: Bath or Disc Lubrication
Type C: Oil Stream Lubrication

Aktarılabak güç ve redüktör çıkış devriden Çizelge 5.6.'ye göre:

$$P_{zincir 2} = 4,772 \text{ ve } n_R = 36 \text{ dev/dak}$$

$$\text{Küçük dişli sayısı} : N_{kd} = 25 \text{ adet}$$

$$\text{Hatve} : p = 1 \text{ in bulunur.}$$

Yine Çizelge 5.6.'den kullanılan sistem için özel bir yağlama sisteminin gerekmediği, elle yağlamanın yeterli olduğu da görülebilir.

Bulunan hatve ve diş sayısına göre dişli çapı:

$$D_{dişli} = N_{diş} * p / \pi$$

$$D_{kd} = 25 * 1 * \frac{25,42}{\pi} = 202,28 \text{ mm}$$

Büyük dişli diş sayısı:

$$N_{bd} = (n_{kd} / n_{bd}) * N_{kd}$$

$$N_{bd} = \left(\frac{36}{16} \right) * 25 = 56,25$$

Buradan büyük dişli diş sayısı 57 olarak belirlendi.

Büyük dişli çapı:

$$D_{bd} = 57 * 1 * \frac{25,42}{\pi} = 461,21 \text{ mm}$$

Çizelge 5.7. Küçük dişli için maksimum mil çapı [5]

No. OF TEETH	¾" PITCH		½"		5/8"		¾"		1"	
	MAX. BORE	MAXIMUM HUB DIA.	MAX. BORE	MAXIMUM HUB DIA.	MAX. BORE	MAXIMUM HUB DIA.	MAX. BORE	MAXIMUM HUB DIA.	MAX. BORE	MAXIMUM HUB DIA.
11	19/32	55/64	23/32	111/64	31/32	115/32	11/4	149/64	15/8	23/8
12	5/8	63/64	7/8	121/64	15/32	143/64	19/32	21/64	123/32	245/64
13	3/4	17/64	1	11/2	19/32	17/8	11/2	21/4	2	31/64
14	27/32	115/64	15/32	121/32	15/16	29/64	13/4	21/2	29/32	311/32
15	7/8	123/64	11/4	113/16	117/32	29/32	123/32	23/4	213/32	313/64
16	31/32	115/32	19/32	161/64	111/16	231/64	131/32	263/64	223/32	363/64
17	13/4	119/32	13/4	29/64	125/32	211/64	27/32	37/32	213/16	45/16
18	17/32	123/32	117/32	219/64	17/8	297/64	29/32	315/32	31/8	411/64
19	11/4	127/32	111/16	229/64	21/16	33/64	27/16	345/64	39/16	461/64
20	19/32	161/64	123/32	23/6	21/4	39/32	211/64	361/44	31/2	59/32
21	15/16	23/64	123/32	223/32	29/32	331/64	213/16	43/16	33/4	519/32
22	17/16	213/64	115/16	215/16	27/16	311/16	215/16	47/16	37/8	539/64
23	19/16	25/16	23/32	33/32	23/8	357/64	31/8	443/64	43/16	615/64
24	111/16	27/16	21/4	317/64	213/16	45/64	31/4	429/32	49/16	69/16
25	13/4	29/16	29/32	327/64	227/32	49/32	33/8	53/32	411/16	67/8

Küçük dişli için kullanılabilecek mil çapı:

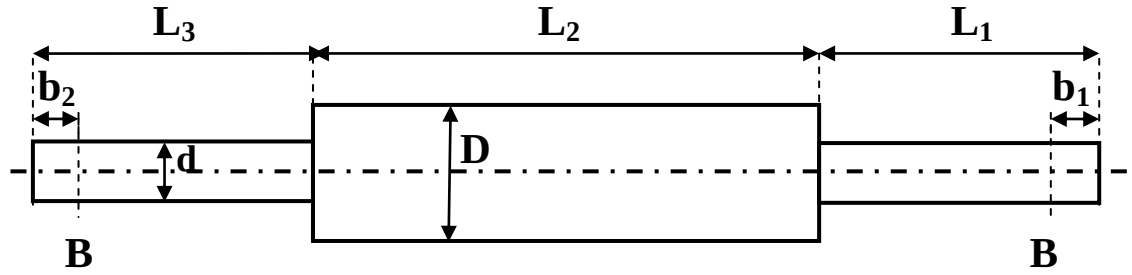
$$N_{kd} = 25 \text{ ve } p = 1 \text{ için,}$$

$$\text{Max. Mil Çapı} = 119,1 \text{ mm bulunur. (Çizelge 5.7.)}$$

Seçilen redüktörün çıkış mil çapı 50 mm olduğundan bu noktada da redüktör ile dişlinin birbirine uygunluğu ayrıca teyit edilmiş oldu.

5.5. Mil Tasarımı

Milin şekli ve ölçüleri yaklaşık aşağıdaki gibidir:



Şekil 5.14. Ana Mil

Ölçülerden tambur ve montaj dolayısıyla belli olanlar aşağıdadır:

$$L_1 = 240 \text{ mm}$$

$$L_2 = 368 \text{ mm}$$

$$L_3 = 165 \text{ mm}$$

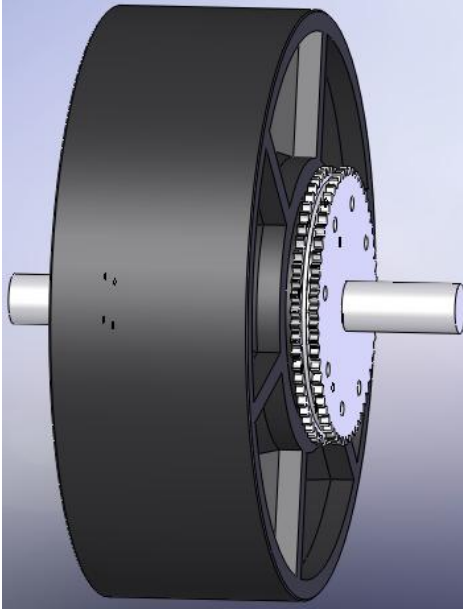
$$b_1 = 50 \text{ mm}$$

$$b_2 = 50 \text{ mm}$$

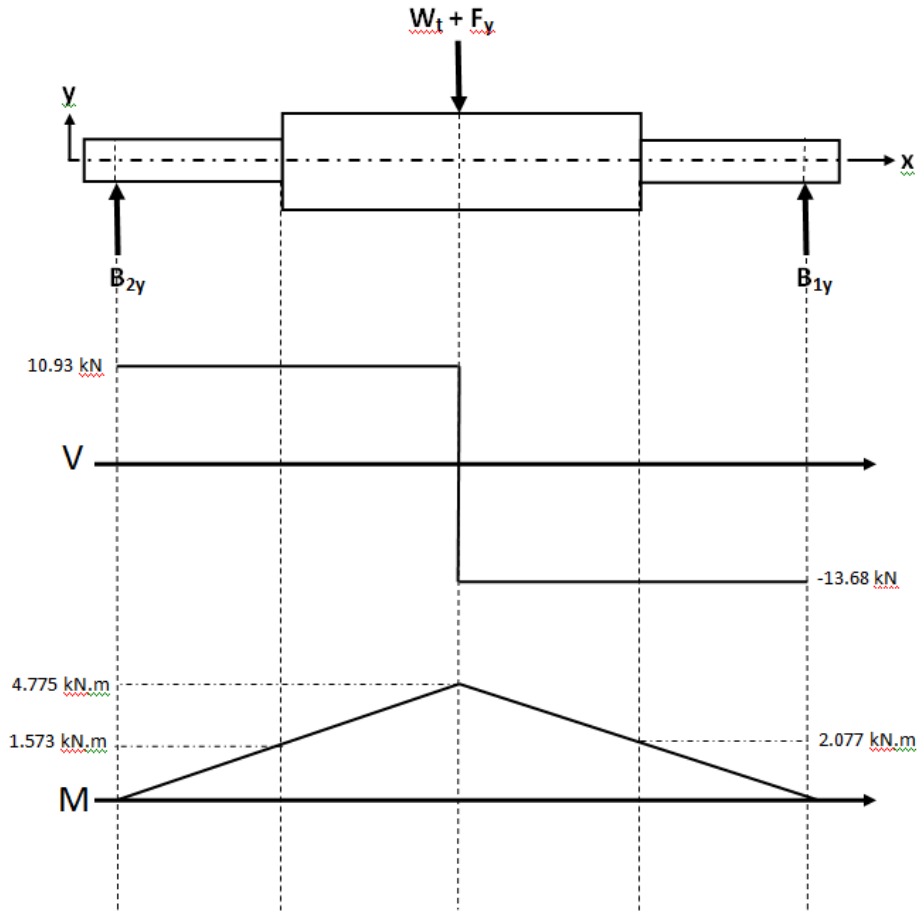
$$D = 105 \text{ mm}$$

Şekilde B1 ve B2 noktaları rulmanların montaj yapılacağı tahmini yerleri göstermektedir. Mil yatay ve düşey eksenlerde kuvvetlere maruz kalmaktadır.

Düşey eksenindeki kuvvetler, tamburun ağırlığı (W_t) ve hamur haznesinin uyguladığı (F_y) ve yataklardaki reaksiyon (B_{1y} ve B_{2y}) kuvvetleridir.



Şekil 5.15. Tambur, Mil ve Çift Sıra Dişli



Şekil 5.16. Ana Mil Kuvveler Yükleme (X-Y Düzlemi)

Tambur Ağırlığı (M_t) = 980 kg

$$W_t = M_t * g \rightarrow W_t = 9,611 * 10^3 N$$

$$F_y = 15 kN$$

Burada (B_{2y}) kuvvetinin etkidiği noktaya göre moment eşitliği denklemi yazılırsa:

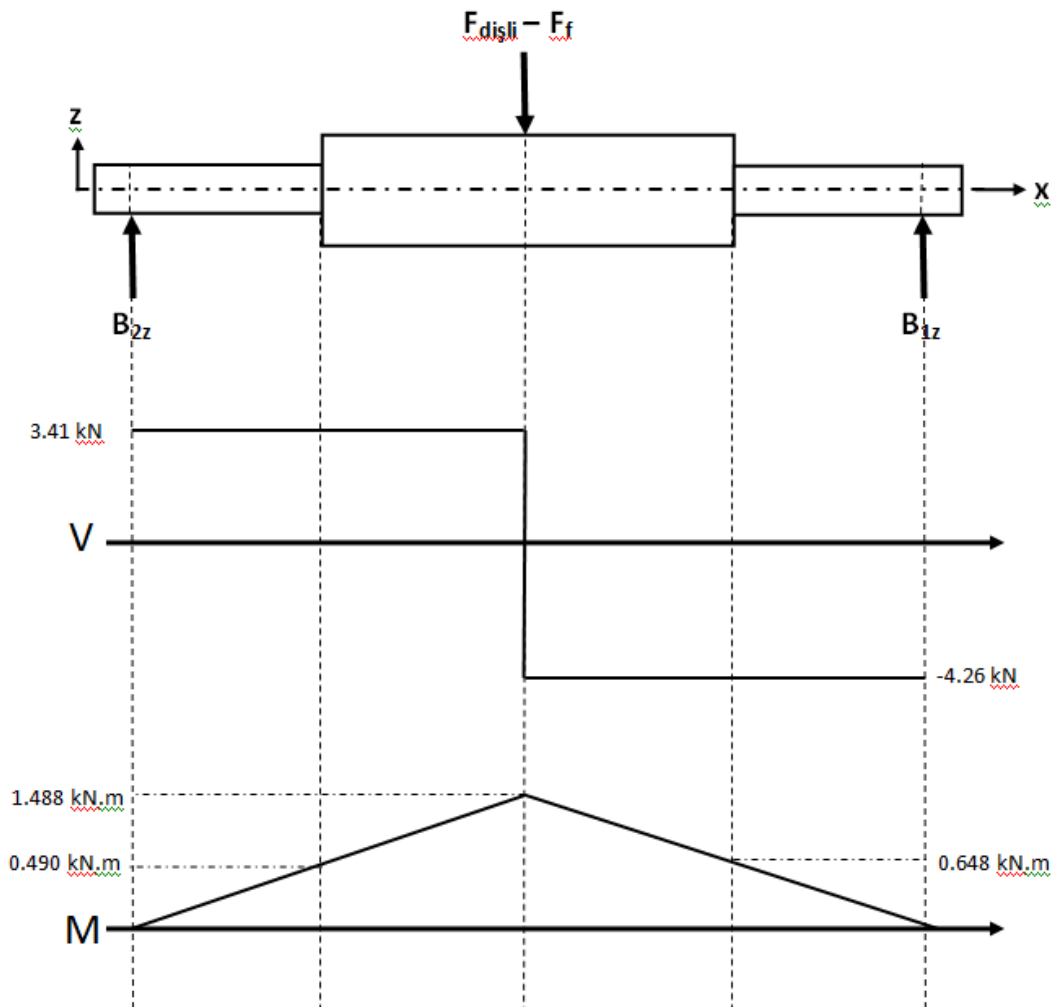
$$B_{1y} * (L_1 - b_1 + L_2 + L_3 - b_2) = (W_t + F_y) * (L_3 - b_2 + \frac{L_2}{2})$$

$B_{1y} = 10,93 kN$ olarak bulunur

Dikey eksen (y-ekseni) kuvvet dengesi yazıldığında ise (B_2) rulmanındaki dikey tepki kuvveti:

$$B_{1y} + B_{2y} = W_t + F_y$$

$B_{2y} = 13,681 \text{ kN}$ bulunur.



Şekil 5.17. Ana Mil Kuvvet Moment Diyagramı (X-Z Düzlemi)

Dişli ile tamburun birbirine cıvatalar ile bağlanması düşünülmektedir. Tasarımda dişli ile doğrudan tambur tahrik edilecektir; Mil tamburu çevirmeyecek, tamburun dönmesi ile mil avare olarak dönecektir ve mile

etkiyen burulma momenti minimum olacaktır. Mil sadece bükme yükleri altında kalır.

Zincirden Gelen Kuvvet	: $F_{dişli}$
Sürtünme Kuvveti	: $F_f = 6,55 \text{ kN}$
Yataklardaki Yatay Tepki Kuvveti	: $B_{1z} \text{ ve } B_{2z}$
Tambur Çapı	: $D_t = 1002 \text{ mm}$
Büyük Dişli Çapı	: $D_{bd} = 461,21 \text{ mm}$
Sürtünme Kuvveti Torku	: $T_t = 3,282 \text{ kNm}$
Dişlinin Oluşturduğu Tork	: $T_{dişli} = T_t = 3,282 \text{ kNm}$

$$F_{dişli} = T_{dişli} / \left(\frac{D_{bd}}{2} \right) = 14,23 \text{ kN}$$

XZ düzleminde moment denklemi:

$$B_{1z} * (L_1 - b_1 + L_2 + L_3 - b_2) = (F_{dişli} - F_f) * \left(L_3 - b_2 + \frac{L_2}{2} \right)$$

$$B_{1z} = 3,409 \text{ kN} \text{ bulunur.}$$

Z-ekseni kuvvet dengesi:

$$B_{1z} + B_{2z} = F_{dişli} - F_f$$

$$B_{2z} = 4,264 \text{ kN} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Mil üzerinde yorulmaya karşı kritik noktalar, faturalardır. Özellikle kama bağlantı noktasında oluşan yüksek stres konsantrasyon faktörü kırılmanın bu bölgelerde yoğunlaşmasına neden olabilir.

Sağ ve sol faturalarda oluşan momentler:

$$M_{xy_{sol}} = B_{2y} * (L_3 - b_2) = 1,573 \text{ kNm}$$

$$M_{xy_{sağ}} = B_{1y} * (L_1 - b_1) = 2,077 \text{ kNm}$$

$$M_{xz_{sol}} = B_{2z} * (L_3 - b_2) = 0,49 \text{ kNm}$$

$$M_{xz_{sağ}} = B_{1z} * (L_1 - b_1) = 0,648 \text{ kNm}$$

Sağ faturada oluşan momentlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Mil tasarımı bu bölgeye göre yapılacaktır.

Sağdaki faturaya göre bileşke moment:

$$M = \sqrt{M_{xy_{sağ}}^2 + M_{xz_{sağ}}^2} = 2175 \text{ kNm}$$

Metal yorgunluğu esas alınarak ve sonsuz ömürlü bir mile göre tasarıma devam edilecektir.

Öngörüler ve bilinen diğer girdiler:

Yorulma güvenlik faktörü : 1,5

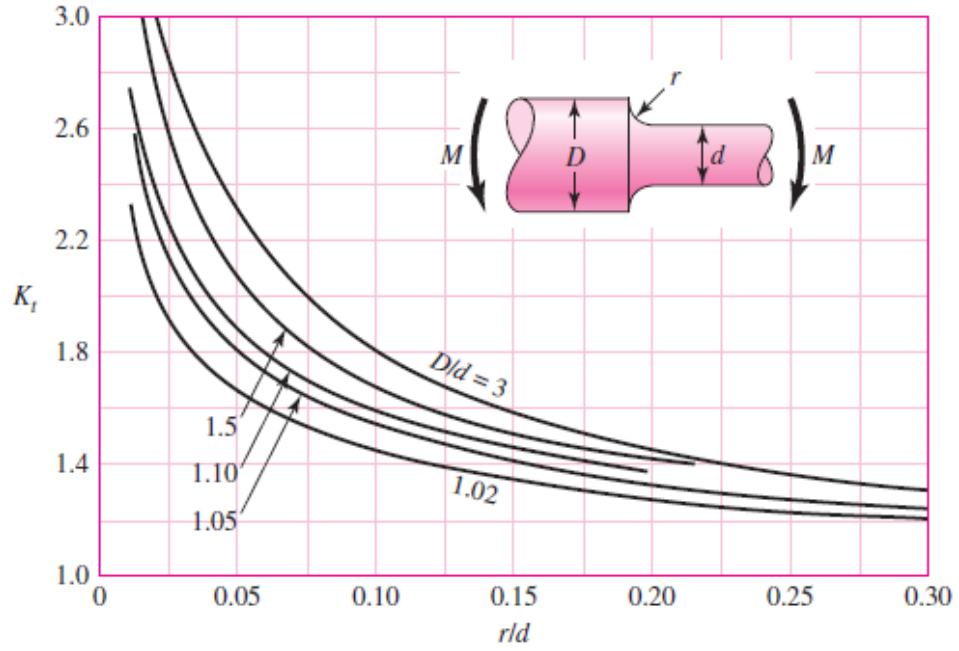
Mil malzemesi : AISI 4340

($\sigma_{çekme} = 1470 \text{ MPa}$, $\sigma_{akma} = 1360 \text{ MPa}$)

Fatura Radiusu : $r = 2 \text{ mm}$

Mil Büyük Çapı : $D_{mb} = 105 \text{ mm}$

Mil küçük çapı için ilk tahmin $d = 80 \text{ mm}$ olsun;



Şekil 5.18. Stres konsantrasyon faktörü (Fatura ve Radius Etkisi) [1]

$$\frac{r}{d} = \frac{2}{80} = 0,025 \quad \text{ve} \quad \frac{D_{mb}}{d} = \frac{105}{80} = 1,313$$

Şekil 5.18. da $\frac{r}{d}$ ve $\frac{D_{mb}}{d}$ değerleri için elde edilen faktör:

$$K_{t1} = 2,4$$

Çizelge 5.8. Stres konsantrasyon faktörü (Kama Yatağı Etkisi) [1]

	Bükülme	Burulma	Eksenel
Shoulder fillet—sharp ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Shoulder fillet—well rounded ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
End-mill keyseat ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Sled runner keyseat	1.7	—	—
Retaining ring groove	5.0	3.0	5.0

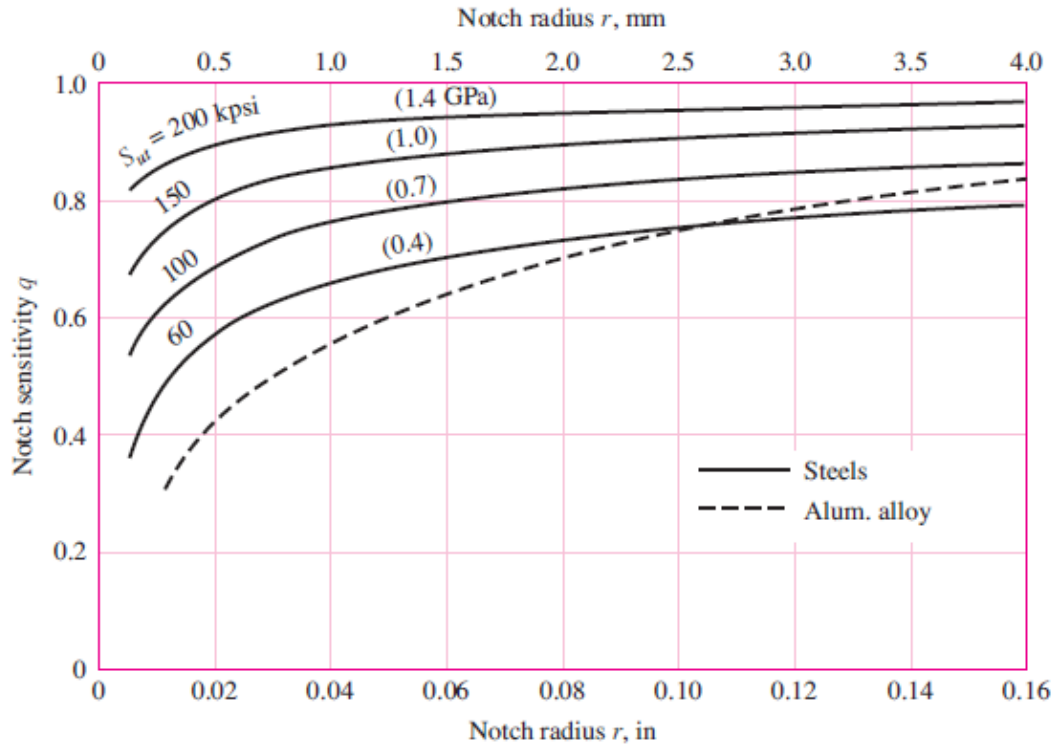
$$K_{t2} = 2,2 \quad (\text{Şekil 5.19.})$$

Bu iki faktörün çarpılmasıyla Toplam Faktör:

$$K_t = K_{t1} * K_{t2} = 5,28$$

Milde fatura geçişinde 2 mm radiusun yarattığı çentik için “Çentik Hassasiyet faktörü” AISI 4340 malzemeli mil için Şekil 5.20.’den bulunur:

Çentik Hassasiyet Faktörü: $q = 0,95$



Şekil 5.20. Çentik Hassasiyet Faktörü [1]

Çentik etkisini de ekleyerek bölgede oluşan toplam stres konsantrasyon faktörü:

$$K_f = 1 + q * (K_t - 1) \rightarrow K_f = 5,066 \text{ hesaplanır.}$$

Milın toplam dayanım gerilimi:

$$\sigma_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * \sigma_{e_prime}$$

Burada,

σ_{e_prime} değeri mil malzemesinden işlenen yorulma test parçasının dayanımıdır ve yaklaşık olarak mil malzemesinin çekme dayanımının yarısıdır:

$$\sigma_{e_prime} = \sigma_{çekme} * 0,5 = 735 \text{ Mpa}$$

- k_a : Yüzey pürüzlülük faktörü
 k_b : Boyut faktörü
 k_c : Yük faktörü
 k_d : Sıcaklık faktörü
 k_e : Güvenilirlik faktörü
 k_f : Diğer faktör (Yüzey kaplama v.b.)

$$k_a = a * \sigma_{çekme}^b$$

$$a = 4,51 \text{ ve } b = -0,265 \quad (\text{Çizelge 5.8.})$$

$$k_a = a * \sigma_{çekme}^b = 0,653$$

Çizelge 5.9. Yüzey Pürüzlülük Faktörleri [1]

Yüzey İşleme	Factor a		Exponent b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Taşlanmış	1.34	1.58	-0.085
İşlen./Soğuk çekilmiş	2.70	4.51	-0.265
Soğuk haddelenmiş	14.4	57.7	-0.718
Sıcak haddelenmiş	39.9	272.	-0.995

Çizelge 5.10. Boyut Faktörleri [1]

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

$$k_b = 1,51 * d^{-0,157} \quad (d= 80 \text{ mm için Çizelge 5.9})$$

$$k_b = 0,759$$

$$k_c = 1$$

$k_d = 1$ (İşletme sıcaklığı özel bir değerde olmadığı için 1 kabul edildi.)

Çizelge 5.10. Güvenilirlik Faktörleri [1]

Güvenilirlik, %	Transfor. Değişkeni z_a	Güvenilirlik Faktörü k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

$$k_e = 0,814 \quad (\%99 \text{ güvenilirlik için Çizelge 5.10.})$$

$$k_f = 1 \quad (\text{Yüzey kaplama vb. özel bir durum olmadığı için})$$

$$\sigma_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * \sigma_{e_prime} \quad \text{formülünde}$$

değerler yerine konulduğunda, milin dayanımı:

$$\sigma_e = 296,529 \text{ Mpa} \text{ bulunur.}$$

Fatura üzerinde oluşan eğilme gerilmesi:

$$\sigma_a = \frac{K_f * 32 * M}{\pi * d^3} \rightarrow \sigma_a = 219,423 \text{ Mpa}$$

Yorulma Güvenlik Faktörünün (n) tasarım başında en az 1,5 olması öngörülmüştü. Düzeltilmiş Goodman teorisine göre güvenlik faktörü,

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{\sigma_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{çekme}}$$

formülü ile hesaplanabilir.

Denklemden σ_m mil üzerinde oluşan bileşke stresi göstermektedir ve mil üzerinde seçilen bir nokta için stres değeri milin bir turunda sırayla negatif ve pozitif olmaktadır. Bu durumda $\sigma_m = 0$ olur.

Değerler yerine konulduğunda,

$$\text{Güvenlik Faktörü } n = 1,35 \text{ bulunur.}$$

Neticede 80 mm mil çapı için elde edilen yorulma güvenlik faktörü öngörülen emniyet faktöründen küçük çıktığı için mil çapı artırılarak hesaplamalar tekrarlanacak ve güvenlik faktörü kontrolü tekrar edilecektir.

Mil küçük çapı için ikinci tahmin $d = 85 \text{ mm}$ olsun;

İlk tahminde kullanılan çizelge, şekil ve formüllerden 85 mm çap için;

Toplam Stres Konsantrasyon Faktörü: $K_f = 4,962$

Milin toplam dayanımı:

$$\sigma_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * \sigma_{e_{prime}}$$

$$\sigma_e = 293,794 \text{ Mpa}$$

Fatura üzerinde oluşan bükme stresi (değişken stres):

$$\sigma_a = \frac{K_f * 32 * M}{\pi * d^3} \rightarrow \sigma_a = 179,014 \text{ Mpa}$$

Yorulma Güvenlik Faktörü

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{\sigma_e} + \frac{\sigma_m}{\sigma_{çekme}} \rightarrow n = 1,64$$

Yeni mil çapı için yorulma güvenlik faktörü 1,64 çıkmıştır. Bu değer hedeflenen 1,5 değerinden yüksektir. Bu nedenle mil çapı olarak 85 mm ve mil malzemesi olarak da AISI 4340 çeliği kullanılması uygun görülmüştür.

5.6. Mil Toleransı

Boyutsal tasarıma ek olarak, milin tamburla ve zincir dişlisiyle olan bağlantı yüzeyleri ile tamburun ve zincir dişlisinin ilgili delik yüzeylerinin, montaj kolaylığı sağlamak için H7/j6 toleransında işlenmesi tercih edilmiştir. Hem mil hem de delik yüzeyleri tornalanarak rahatlıkla ulaşılabilen bu tolerans değerleri rahatlıkla itilerek birbirine geçen ancak ayrıca sabitleme araçlarıyla (kamalar, manşonlar v.b.) sabitlenen sistemlerde kullanılır.

Çizelge 5.11. Geçme Toleransları

ALIŞTIRMALAR	GEÇME TOLERANSLARI	
	Normal delik	Normal Mil
Boşluklu geçmeler	H8 - d9	D10 - h9
Döner geçmeler	H7 - f7	F7 - h6
Kaygan geçmeler	H7 - h6	H6 - h5
Sürmeli geçmeler	H7 - j6	J7 - h6
Tutuk geçmeler	H7 - k6	K7 - h6
Çakma geçmeler	H7 - m6	M7 - h6
Sıkı geçmeler	H7 - n6	N7 - h6
Pres geçmeler	H7 - s6	S7 - h6

Çizelge 5.12. Delik Tolerans Cetveli

Yuva deliğinin anma ölçüsü																			Ölçüler mm biriminde			
Üzeri kadar	6 10	10 18	18 30	30 50	50 80	80 120	120 150	150 180	180 250													
Tolerans değerleri mikton (0.001 mm) biriminde (normal tolerans)																						
Yuva boyut farkı, geçme sıklılığı veya geçme boşluğu mikton biriminde																						
E8	+47 +25	25 35 55	+59 +32	32 44 67	+73 +40	40 54 82	+89 +50	50 67 100	+106 +60	60 79 119	+126 +72	72 85 141	+148 +85	85 112 166	+148 +85	85 114 173	+172 +100	100 134 202				
F7	+28 +13	13 21 36	+34 +16	16 25 42	+41 +20	20 30 50	+50 +25	25 37 61	+60 +30	30 44 73	+71 +36	36 53 86	+83 +43	43 62 101	+83 +43	43 64 108	+96 +50	50 75 126				
G6	+14 +5	5 11 22	+17 +6	6 12 25	+20 +7	7 14 29	+25 +9	9 18 36	+29 +10	10 21 42	+34 +12	12 24 49	+39 +14	14 28 57	+39 +14	14 31 64	+44 +15	15 35 74				
G7	+20 +5	5 13 28	+24 +6	6 15 32	+28 +7	7 17 37	+34 +9	9 21 45	+40 +10	10 24 53	+47 +12	12 29 62	+54 +14	14 33 72	+54 +14	14 36 79	+61 +15	15 40 91				
H6	+9 0	0 6 17	+11 0	0 6 19	+13 0	0 7 22	+16 0	0 9 27	+19 0	0 11 32	+22 0	0 12 37	+25 0	0 14 43	+25 0	0 17 50	+29 0	0 20 59				
H7	+15 0	0 8 23	+18 0	0 9 26	+21 0	0 10 30	+25 0	0 12 36	+30 0	0 14 43	+35 0	0 17 50	+40 0	0 19 58	+40 0	0 22 65	+46 0	0 25 76				
H8	+22 0	0 10 30	+27 0	0 12 35	+33 0	0 14 42	+39 0	0 17 50	+46 0	0 20 59	+54 0	0 23 69	+63 0	0 27 81	+63 0	0 29 88	+72 0	0 34 102				

Çizelge 5.13. Mil Tolerans Cetveli

Mil anma ölçüsü Ölçüler mm biriminde																		
üzeri kadar	3 6	6 10	10 18	18 30	30 50	50 65	65 80	80 100	100 120									
T Tolerans değerleri mikron (0,001) biriminde (normal tolerans)																		
Geçme durumu Mil Mil toleransı, geçme sıklığı veya geçme boşluğu mikron biriminde																		
f6	-10 -18	2 8 18	-13 -22	5 11 22	-16 -27	8 15 27	-20 -33	10 17 33	-25 -41	13 22 41	-30 -49	15 26 49	-30 -49	15 26 49	-36 -58	16 30 58	-36 -58	16 30 58
g5	-4 -9	4 0 9	-5 -11	3 2 11	-6 -14	2 3 14	-7 -16	3 3 16	-9 -20	3 5 20	-10 -23	5 4 23	-10 -23	5 4 23	-12 -27	8 4 27	-12 -27	8 4 27
g6	-4 -12	4 1 12	-5 -14	3 3 14	-6 -17	2 4 17	-7 -20	3 5 20	-9 -25	3 6 25	-10 -29	5 6 29	-10 -29	5 6 29	-12 -34	8 6 34	-12 -34	8 6 34
h5	0 -5	8 4 5	0 -6	8 3 6	0 -8	8 3 8	0 -9	10 4 9	0 -11	12 4 11	0 -13	15 6 13	0 -13	15 6 13	0 -15	20 8 15	0 -15	20 8 15
h6	0 -8	8 3 8	0 -9	8 2 9	0 -11	8 2 11	0 -13	10 2 13	0 -16	12 3 16	0 -19	15 4 19	0 -19	15 4 19	0 -22	20 6 22	0 -22	20 6 22
j5	+3 -2	11 7 2	+4 -2	12 7 2	+5 -3	13 8 3	+5 -4	15 9 4	+6 -5	18 10 5	+6 -7	21 12 7	+6 -7	21 12 7	+6 -9	26 14 9	+6 -9	26 14 9
j6	+6 -2	14 8 2	+7 -2	15 9 2	+8 -3	16 10 3	+9 -4	19 11 4	+11 -5	23 14 5	+12 -7	27 16 7	+12 -7	27 16 7	+13 -9	33 19 9	+13 -9	33 19 9

5.7. Rulman Seçimi

Milin sağındaki rulman (B1) soldakine göre daha fazla yüklemeye maruz kaldığı önceki bölümlerde görülmüştü. Bu nedenle rulman seçiminde sağdaki yükler esas alınacaktır.

Rulman üzerine binen bileşke kuvvet:

$$B_1 = \sqrt{B_y^2 + B_z^2} = 14,33 \text{ kN}$$

Sistemdeki yüksek yük miktarları ve montaj rahatlığı da göz önüne alınarak SKF rulman katalogundan çift sıralı oynak makaralı rulman tercih edilmiştir. Bu rulmanların milde oluşacak deplasmanları tolere edebilecek yeteneğe sahip olmaları da ayrı bir tercih nedenidir.

85 mm mil çapı için kendinden germe manşonlu en düşük statik taşıma sayısına (C0) sahip olan “SKF 22219 EK + H 319 Explorer” rulman kullanılacaktır.

Çizelge 5.14. Çift sıralı oynak makaralı rulmanlar

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit P _u	Speed ratings		Mass	Designation Bearing + adapter sleeve
d _i	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed		
mm			C	C ₀	kN	r/min		kg	* - SKF Explorer bearing
60	150	51	400	430	45	3400	4500	5,35	22314 EK + H 2314 *
65	130	31	212	240	26,5	4800	6300	2,45	22215 EK + H 315 *
65	160	37	285	325	34,5	4000	5600	4,50	21315 EK + H 315 *
65	160	55	440	475	48	3200	4300	6,50	22315 EK + H 2315 *
70	140	33	236	270	29	4300	6000	3,00	22216 EK + H 316 *
70	170	39	325	375	39	3800	5300	5,30	21316 EK + H 316 *
70	170	58	490	540	54	3000	4000	7,65	22316 EK + H 2316 *
75	150	36	285	325	34,5	4000	5600	3,70	22217 EK + H 317 *
75	180	41	325	375	39	3800	5300	6,20	21317 EK + H 317 *
75	180	60	550	620	61	2800	3800	8,85	22317 EK + H 2317 *
80	160	40	325	375	39	3800	5300	4,55	22218 EK + H 318 *
80	160	52,4	355	440	48	2800	3800	6,00	23218 CCKW33 + H 2318 *
80	190	43	380	450	46,5	3600	4800	7,25	21318 EK + H 318 *
80	190	64	610	695	67	2600	3600	10,5	22318 EK + H 2318 *
85	170	43	380	450	46,5	3600	4800	5,45	22219 EK + H 319 *
85	200	45	425	490	49	3400	4500	8,25	21319 EK + H 319 *
85	200	67	670	765	73,5	2600	3400	12,0	22319 EK + H 2319 *

Mil dönüş hızı çok düşük olduğundan (16 devir/dakika), öncelikle rulmanın statik taşıma sayısına göre hesaplama yapılmıştır. Bu rulmanın sahip olduğu statik taşıma kapasitesi (450 kN), rulman üzerine düşen bileşke kuvvete (14,33 kN) bölüldüğünde, sonuç olarak 31 güvenlik faktörü elde edilmekte ve bu rulmanın mevcut uygulama için fazlasıyla uygun olduğu görülebilmektedir. 85 mm iç çaplı ve kendinden germe manşonlu rulmanlar içerisinde en küçük rulman seçilen rulman olduğundan, daha fazla basitleştirmeye gidilmeyerek bu rulmanlar sistemde kullanılmıştır.

Rulmanın dinamik ömrü, ISO 281/1 standardına göre ORS-STEYR rulman katalogunda belirtilen ömür hesabı,

$$L = a_1 * a_{23} * \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada;

- a_1 : Gerçekleşme varsayımı faktörü
- a_{23} : Malzeme ve yağlama maddesi faktörü
- p : Çalışma ömrü eksponenti
- C : Dinamik taşıma sayısı
- P : Dinamik eşdeğer yük
- L : Rulman ömrü (milyon devir olarak).

%99 emniyet için;

$$a_1 = 0,21$$

Makaralı rulmanlar için,

$$a_{23} = 1,5$$

$$p = \frac{10}{3}$$

Yalnızca radyal yük binen rulmanlar için,

$$P = \sqrt{B_{2y}^2 + B_{2z}^2} = 14,33 \text{ kN}$$

Çizelge 5.13.'e göre seçilen rulmanın dinamik taşıma sayısı,

$$C = 380 \text{ kN}$$

Bu durumda rulman ömrü

$$L = a_1 * a_{23} * \left(\frac{C}{P}\right)^p = 1,752 \times 10^4 \text{ devir}$$

bulunur.

Rulman ömrü saat cinsinden,

$$L_h = \frac{L * 10^6}{n} * \frac{1}{60}$$

$$n = 16 \text{ devir/dak} \rightarrow L_h = 1,825 * 10^7 \text{ saat}$$

Bir başka deyişle rulman ömrü yaklaşık 18 milyon saattir.

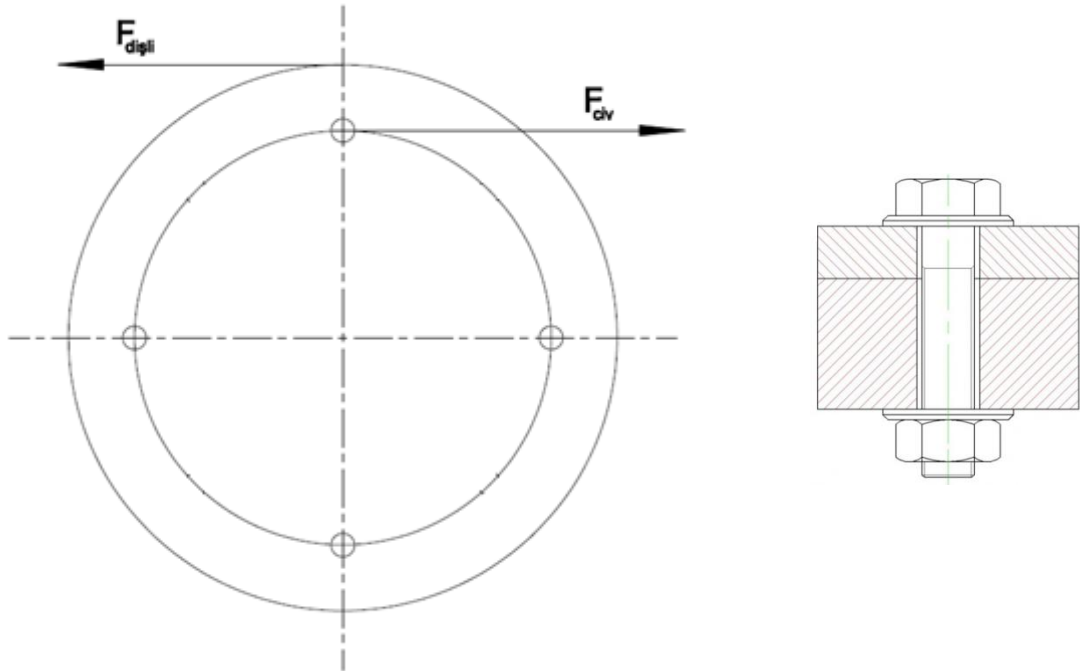
5.8. Sabitleme Kaması Tasarımı

Zincir dişlilerinin tambura civata bağlantısı ile sabitleneceği planlanmaktadır. Zincirden gelen tork tambura bağlantı civataları ile aktarılmaktadır. Dolayısıyla mil üzerine herhangi bir tork bulunmamaktadır.

Tamburu mile sabitleyen kama üzerine binen tek yük rulmanların iç sürtünmelerinden kaynaklanan, göz ardı edilebilecek miktardaki kesme yüküdür. Bu sebeple kama tasarımı sadece geometrik olarak yapılmış ve mil üzerine gerekli kama yolu açılmıştır.

5.9. Cıvata Bağlantısı Hesabı

Dişlinin tambur ile bağlantısında cıvatalar eksenlerine dik olan bir kuvvetle kesmeye zorlanırlar. Cıvataların boşluksuz olarak monte edileceği tasarlanmıştır. Yani dişli ile tambur arasında kaymayı önlemek için ne kadar sıkılması gerektiği çok önem arz etmeyecektir.



Şekil 5.21. Cıvata kesme yüklemesi

Cıvata boyutlandırması kesme gerilmesi göz önüne alınarak yapılacaktır.

$$D_{dişli} = 461,21 \text{ mm}$$

$$D_{cıv} = 350 \text{ mm}$$

$$F_{dişli} = 14,23 \text{ kN}$$

$$F_{dişli} * D_{dişli} = F_{top_cıv} * D_{cıv}$$

denklemden bilinenler yerlerine yazıldığında,

$$F_{top_civ} = 18,75 \text{ kN} \text{ bulunur.}$$

F_{top_civ} civatalara gelen toplam kuvvettir ve i kullanılan civata sayısı olmak üzere,

$$\text{Tek bir civataya gelen kuvvet: } F_{civ} = F_{top_civ} * \frac{2}{3} \quad [2]$$

$$F_{civ} = 12,5 \text{ kN}$$

Oluşacak emniyetli kesme gerilmesi,

$$\tau = \frac{F_{civ}}{\pi * d_b^2 / 4} \leq \tau_{em}$$

bağıntısı ile ifade edilir.

$$\tau_{em} = \tau_{ak} / S$$

Burada,

d_b : civata gövdesi çapı,

τ_{em} : kesme emniyet değeri,

τ_{ak} : kesme akma sınırı,

S : emniyet katsayısıdır.

DIN 931/ Altı Köşe Başlı 6.8 kalitesinde bir civata kullanılacağı öngörülmektedir ve emniyet katsayısı $S = 3$ olarak hesaplamalara devam edilecektir.

$$\sigma_{ak} = 600 * 0,8 = 480 \text{ N/mm}^2$$

Distorsiyon enerji teorisinden,

$$\tau_{ak} = 0,58 * \sigma_{ak} = 278,4 \text{ N/mm}^2 \text{ bulunur.}$$

$$\tau_{em} = \frac{\tau_{ak}}{S} = 92,8 \text{ N/mm}^2$$

$$d_b = \sqrt{\frac{4 * F_{civ}}{\pi * \tau_{em}}}$$

Eşitliğinden cıvata gövdesi çapı,

$$d_b = 13,09 \text{ mm} \text{ bulunur.}$$

Sonuç olarak 6.8 kalitesinde M14 bir cıvata kafi olacaktır.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tasarım başlangıcında hedefler,

- Plaka Ağırlığı ve Kalınlığı için, $C_m \geq 1,67$ ve $C_{mk} \geq 1,33$
- Daha hafif plaka üretilebilmesi, $W = 122 \pm 3 \text{ gr}$
- Bant kopması, ayar bozulması vb. nedenlerle sık aralıklı duruşların önüne geçilmesi; ortalama makine hızı, $v = 400 \text{ adet plaka/dakika}$
- Hurda plaka miktarının azaltılması, $HPM \leq \%2,2$

şeklinde belirlenmişti.

İmal edilen makine için Makine Yeterlilik Katsayısı (C_m) ve indeksi (C_{mk}) hesaplamaları:

$$UTL = 130$$

$$ATL = 124$$

Çizelge 6.1. Plaka ağırlık ölçüm sonuçları (60 adet ölçüm)

125,54	125,58	125,44	125,62	125,74	125,78	125,84	125,86	125,92	125,82
126,02	126,10	126,12	126,08	126,14	126,20	126,20	126,26	126,40	126,42
126,40	126,50	126,52	126,48	126,64	126,72	126,74	126,68	126,80	126,84
126,80	126,78	126,79	126,84	126,98	127,01	127,08	126,94	127,12	127,04
127,18	127,20	127,14	127,10	127,18	127,30	127,34	127,42	127,38	127,46
127,49	127,40	127,52	127,64	127,48	127,60	127,62	127,68	127,79	127,92

$$n = 60 \text{ (ölçüm sayısı)}$$

$$\bar{X} = 126,73$$

$$X_{mak} = 127,92$$

$$X_{min} = 125,44$$

$$\text{Standart Sapma (S)} = 0,652537$$

$n = 60$ için, $B = 6$ (Çizelge 4.3)

$$C_m = \frac{UTL - ATL}{6 * S} \rightarrow C_m = 1,53$$

$$Z_{kritik} = \text{Min}(UTL - \bar{X}; \bar{X} - ATL) \rightarrow Z_{kritik} = 2,73$$

$$C_{mk} = \frac{Z_{kritik}}{3 * S} \rightarrow C_{mk} = 1,39$$

olarak bulunur.

Aynı plakanın konvansiyonel makinada üretiminde $C_{mk} = 0,14$ ve $C_m = 0,44$ idi. Tamburlu makinada her iki değerin 1,33 ün üzerinde çıkması makine yeterliliği için uygun bir değerdir. C_m 'in hedeflenen 1,67 değerinin 1,59 ile altında kalması numune alma periyodu ve prosesin özelliği itibariyle başarısız bir durum değildir. Bu hedef gerçekleşmiş sayılabilir.

Daha hafif plakalar üretilebilmesi için yapılan denem üretimlerinde,

Plaka ağırlığı = 122 ± 3 gram için,

$$C_m = 1,32 \text{ ve } C_{mk} = 1,25$$

olarak hesaplanmıştır. Pratikte ciddi sorunlarla karşılaşılmamış ve daha hassas ayar ve şablon geliştirmeleri ile makinanın hafif plakalar üretebilmek için yeterliliği artırılabilceği kanaatine varılmıştır.

Çizelge 6.2. Sıvama Prosesi Duruş ve Üretim Hızı Analizi

SIVAMA HATTI DURUŞ VE ÜRETİM HIZI ANALİZİ				1	Yemek Ve Çay Molaları	Şerit Kaynak	Kağıt Değişimi	Izgara Kopma (Hopper Altında)	Izgara Kopma (Performer Çıkışında)	Robot Dökmesi	Hopper Altının Temzilenmesi	Kıyı kenar sıkışması	Şerit delik veya yırtık gelmesi	Konveyör Tıkanması
1. vardiya				1	15	12	5	6		3		5		13
Toplam Zaman	480 dak	→	8 saat	2	30	9	6			3				
Duruş Toplamı Zaman	178 dak	→	3,0 saat	3		11				4				
Kalan Çalışma Zamanı	302 dak	→	5,0 saat	4		8				5				
				5		5				3				
Üretim Adeti	121.285 adet			6		10				10				
Ortalama Çalışma Hızı	134133/292=		402 adet / dak	7						5				
				8						10				
1. Vardiya		Toplam			45	55	11	6	0	43	0	5	0	13
2. vardiya				1	15	9	8	4	7	4		6		
Toplam Zaman	480 dak	→	8 saat	2	30	6	5	5		5				
Duruş Toplamı Zaman	206 dak	→	3,4 saat	3		11		5		5				
Kalan Çalışma Zamanı	274 dak	→	4,6 saat	4		10		4		6				
				5		6		6		4				
Üretim Adeti	105.216 adet			6		8		6		4				
Ortalama Çalışma Hızı	116425/279=		384 adet / dak	7		8		4		5				
				8						4				
				9						4				
				10						4				
2. Vardiya		Toplam			45	58	11	34	7	45	0	6	0	0
3. vardiya				1	15	9	6	3		5		7		
Toplam Zaman	480 dak	→	8 saat	2	30	8	5	3		4				
Duruş Toplamı Zaman	165 dak	→	2,8 saat	3		5	5	3		3				
Kalan Çalışma Zamanı	315 dak	→	5,3 saat	4		8				3				
				5		5				7				
Üretim Adeti	126.480 adet			6		6				4				
Ortalama Çalışma Hızı	90515/325=		402 adet / dak	7		9				4				
				8		6				2				
3. Vardiya		Toplam			45	56	16	9	0	32	0	7	0	0

Yukarıdaki raporunda belirtildiği üzere sıvama makinasında ayar bozulması vb. duruşların önüne geçilmiş ve üretim hızı hedeflenen değeri yakalamıştır.

Ayar bozulması gibi duruşların azalması, hattın dur-kalk işlemi sırasında ortaya çıkan hurdaların oluşmaması ve dolayısıyla hurda miktarlarının oransal olarak düşmesi yönünde etkili olmuştur.

KAYNAKLAR

1. Budynas R.G., Nisbett J.K., “Shigley’s Mechanical Engineering Design”, Eight Edition, **McGraw-Hill**, (2008).
2. Tuç B., Gemalmaz N., “Makina Elemanları ve Makina Tasarımı Ders Notları” **Gazi Ü. Müh. Fak. Makina Müh. Böl.**, (2009).
3. Pilkey W.D., Pilkey D.F., “Peterson’s Stress Concentration Factors”, Third Edition, **John Wiley & Sons, Inc.**, (2008)
4. Operation and maintenance manuals of conventional pasting machines, **Mac Company**, (2002).
5. Faulkner L.L., “Standard Handbook of Chains Chains for Power Transmission and Material Handling”, Second Edition American Chain Association, Battelle Memorial Instituteand Department of Mechanical Engineering, **The Ohio State University**, Columbus, Ohio (1998).
6. Shigley J.E., “Mechanical Engineering Design”, First Metric Edition, **McGraw-Hill**, (1986).
7. Akkurt M., “Makine Elemanları Problemi” **Birsen Yayınevi**, (1994).
8. Timings R., May T., “Mechanical Engineer's Handbook”, **Bileşim Yayıncılık**, (2001).
9. Ashby M.F., “Materials Selection in Mechanical Design”, **Pergamon Press**, Oxford, (1992).
10. Bağcı M., “Teknik Resim”, Cilt I, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, (1998).
11. Buluç M., “Makine Teknik Resmi ve Makine Konstrüksiyonunda Kullanılan Standart Elemanlar”, 2. Baskı, **Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Yayınları**, İzmir, (2001).
12. Bode H., Brood R.J., Kordes K., “Lead-Acid Batteries”, **Union Carbide Corporation**, OHIO, (1995).

13. Doyle E.L., "Manufacturing Process and Materials for Engineers", **Pretice Hall**, (1969).
14. Sclater N., Chironis N.P., "Mechanisms & Mechanical Devices Sourcebook", Third Edition, **McGraw Hill**, (2001).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERDEM, Eyyüp
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 22.09.1975 Yozgat
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 283 06 18
 Faks :
 e-mail : eyyuperdem@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Ü./Mak. Müh. Böl.	2010
Lisans	Uludağ Ü./Mak. Müh. Böl.	1996
Lise	Ankara Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1996 - 1998	Dalca Makina, Ankara	Üretim Müh.
1998 - 1999	Hidromek, Ankara	Talaşlı İm. Şefi
2001 - 2010	Yiğit Akü, Ankara	Üretim ve Bak. Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Yüzme, tenis, basketbol, kitap okumak, hikayeler yazmak