



**MONOBLOK HADDE SIVI YAĞLAMA
SİSTEMLERİ İÇİN MANYETİK SEPERATÖR
TASARIMI**

Ayşegül ÇAKAR

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ**

**MONOBLOK HADDE SIVI YAĞLAMA SİSTEMLERİ İÇİN MANYETİK
SEPERATÖR TASARIMI**

Ayşegül ÇAKAR

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ**

**KARABÜK
KASIM 2021**

Ayşegül ÇAKAR tarafından hazırlanan “MONOBLOK HADDE SIVI YAĞLAMA SİSTEMLERİ İÇİN MANYETİK SEPERATÖR TASARIMI ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ
Tez Danışmanı, Makina Mühendisliği Mekanik Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/11/2021

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Doç. Dr. Muhammet Hüseyin ÇETİN (KTÜN)	(Online)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emrah ERDOĞDU (KBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ (KBÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ayşegül ÇAKAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MONOBLOK HADDE SIVI YAĞLAMA SİSTEMLERİ İÇİN MANYETİK SEPERATÖR TASARIMI

Ayşegül ÇAKAR

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ

Kasım 2021, 54 sayfa

Monoblok haddeleme tezgâhlarında yer alan makinalar ve parçaları birbiriyle uyum içinde çalışmaktadır. Makina elemanlarının doğru ve verimli bir şekilde işlevlerini yerine getirebilmelerini sağlamak için yağlama sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu durum yağlama makina performansını, hassasiyetini ve arızasızlığını direkt olarak etkileyebilecek faktörler arasında yer almaktadır. Ayrıca, makinelerde kullanılan filtre, yatak, rulman, mil, dişli gibi aksamlar düzgün bir yağlama sonucu sorunsuz çalışmaktadır.

Monoblok hadde sıvı yağlama sistemlerinde kullanılan yağlama yağları yüksek performanslı sirkülasyon yağları arasında yer almaktadır. Sistem için özel olarak seçilen bu yağlar yataklar, rulmanlar, şaftlar, dişliler, redüktörler gibi aksamların yağlamasında kullanılmaktadır. Kullanılan yağda, haddeleme prosesinden kaynaklı

tufal karışması başta olmak üzere, pompa hasarları, rulman hasarları ve filtrelerin yırtılmasından dolayı kirlilik meydana gelmektedir. Bu durum sistemde kullanılmakta olan filtrelerin çok sık değiştirilmesine ve yağın tekrardan kullanılamamasına sebep olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, kangal haddehanesinin genel hatlarından, monoblok haddenin özelliklerinden, monoblok sistemlerde kullanılan hadde yataklama türlerinden, monoblok haddede kullanılan yağlama sistemi ve yağlama sistemi ekipmanlarından ve yağ kirliliğinin sebep olduğu etkenlerden bahsedilmiş olup, monoblok haddelerde kullanılan yağın tekrar kullanılması için manyetik tufal seperatörü tasarımı yapılmıştır.

Bu çalışma; monoblok haddesi bulunan kangal haddehanelerinde kullanılan yağlama sistemlerindeki yağın tekrar kullanılabilmesi için yağın manyetik seperatör kullanarak tufalden ayrıştırılmasını ve yeniden kullanılmasını hedeflemektedir.

Anahtar Sözcükler : Manyetik ayırıcı, yağlama yağı, sıcak haddeleme, ölçek.

Bilim Kodu : 91439

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

MAGNETIC SEPARATOR DESIGN FOR MONOBLOCK ROLLING LIQUID LUBRICATION SYSTEMS

Ayşegül ÇAKAR

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Recep DEMİRSÖZ

November 2021, 54 pages

The machines and their parts which in the monoblock rolling stands work in harmony with each other. Lubrication systems must be used to ensure that machine elements work efficiently. Lubrication is one of the factors that can directly affect machine performance, precision and failure. Components such as filters, bearings, bearings, shafts and gears used in the machines operate smoothly as a result of proper lubrication.

The lubricating oil used in monoblock rolling liquid lubrication systems are high performance circulation oils. These oils, specially selected for the system, are used in the lubrication of components such as bearings, shafts, gears, and reducers. Scale contamination occurs in the oil used due to pump damage, bearing damage and filter rupture. This causes the oil not to be reused in the system and the filters to be constantly changed.

In this thesis, general lines of the coil rolling mill, features of the monoblock mill, rolling bearing types used in the monoblock systems, introduction of the lubrication system and lubrication system equipment used in the monoblock mill, and factors caused by oil pollution were mentioned, and a magnetic scale separator was designed to reuse the oil used in monoblock rolling mills.

This study aims to separate and reuse the oil from scale using magnetic separators so that the oil in the lubrication systems used in the coil rolling mills with monoblock mills can be reused.

Key Words : Magnetic separator, lubricating oil, hot rolling, scale.

Science Code : 91439

TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca bana yol gösteren, desteği ile beni cesaretlendiren, bilgilerini ve tecrübelerini paylaőarak çalıőmama farklı açılardan bakmamı sağlayan ve öğrencisi olmaktan büyük mutluluk duyduğum danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ'e, çalıőmamın gerçekleşmesine sağladığı imkânlardan dolayı Kardemir A.Ő.'ye, tezimin çoğu aşamasında bilgileriyle bana destek olan mesai arkadaşlarım Sayın Hüseyin ACAR'a, Sayın Şaban ATEŐOĞLU'na, Sayın Aytaç AYDIN'a, yüksek lisans tezi yapmamda beni yüreklendiren değerli arkadaşım Sayın İnő. Yük. Müh. Dilara TECİMER'e ve her zaman destekçim olan Sayın Arif Emre USTA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalıőmam boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemedен yanımda oldukları için aileme sonsuz şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
MONOBLOK HADDELER	3
2.1. HADDELEME PROSESİ	3
2.1.1. Haddeleme Prosesi Akış Şemaları.....	5
2.2. İNCE KANGAL HADDEHANELERİ.....	7
2.2.1. Dünya’da Kurulu Bulunan Filmaşın Hadddehaneleri	7
2.2.2. Türkiye’de Kurulu Bulunan Filmaşın Hadddehaneleri	8
2.2.3. Filmaşın Hadddehaneleri Bölümleri.....	9
2.2.3.1. Tav fırını	9
2.2.3.2. 18 Tezgâhlı Hadde Grubu (Sürekli Haddehane).....	10
2.2.3.3. 4 Tezgâhlı PSM Ünitesi.....	11
2.2.3.4. 10 Tezgâhlı Monoblok (Meerdriver) Ünitesi	12
2.2.3.5. Soğutma Izgarası ve Çubuk Paketleme Ünitesi.....	13
2.2.3.6. Kangal Paketleme Sahası.....	13
2.3. MONOBLOK HADDE.....	14

	<u>Sayfa</u>
2.3.1. Monoblok Hadde Türleri ve Özellikleri	14
2.3.2. Monoblok Hadde Ekipmanları	15
2.3.2.1. Motor	15
2.3.2.2. Haddeleme Ringi	16
2.3.2.3. Yağlama Hattı	17
2.3.2.4. Soğutma Suyu Hatları:.....	18
2.3.3. Yataklama Türleri	18
2.3.3.1. Rulmanlı Yataklar.....	19
2.3.3.2. Kaymalı Yataklar.....	20
BÖLÜM 3	24
YAĞLAMA SİSTEMİ.....	24
3.1. HADDE SIVI YAĞLAMA EKİPMANLARI	24
3.1.1. Tank	25
3.1.2. Hidrolik Pompa.....	25
3.1.3. Manyetik Filtreler	27
3.1.4. Eşanjör	27
3.2. SIVI YAĞLAMA YAĞLARI.....	29
3.2.1. Sıvı Yağlama Yağları Kullanım Yerleri, Özellikleri ve Faydaları	30
3.3. YAĞLAMA YAĞI KİRLİLİK PROBLEMLERİ VE NEDENLERİ.....	30
3.3.1. Yağlama Yağı Kirliliği Kontrol Noktaları.....	31
BÖLÜM 4	33
LİTERATÜR TARAMASI.....	33
BÖLÜM 5	39
MANYETİK SEPERATÖR TASARIMI	39
5.1. MATERYAL VE METOT	39
5.1.1. Elektrik Motoru ve Redüktör (POZ 1)	40
5.1.2. Manyetik Tambur (POZ 2)	42
5.1.3. Tank (POZ 3).....	43
5.1.4. Sıyırıcı (POZ 4)	44

	<u>Sayfa</u>
5.1.5. Oluk ve Tahliye Borusu (POZ 5)	46
5.1.6. Hadde Tufali ve Özellikleri	46
5.1.7. Haddehane Sıvı Yağlama Sistemi Yeni Hali.....	47
BÖLÜM 6	48
SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Haddeleme sürecinin şematik gösterimi.	4
Şekil 2.2. Kütük.....	4
Şekil 2.3. Kalın kangal üretim hattı (G20-G56 mm).....	5
Şekil 2.4. Kaliteli (SBQ) çubuk (R20-R100 mm).	6
Şekil 2.5. İnce kangal üretim hattı (Q5.5- Q25 mm).....	6
Şekil 2.6. Nervürlü inşaat çeliği prosesi (Re8-Re40 mm).....	7
Şekil 2.7. Tav fırını.....	10
Şekil 2.8. 18 Tezgâhlı hadde grubu.	10
Şekil 2.9. PSM ünitesi.	12
Şekil 2.10. Monoblok hadde.	12
Şekil 2.11. Soğutma ızgarası ve çubuk paketleme ünitesi, a) Çubuk paketleme ünitesi, b) Soğutma ızgarası.	13
Şekil 2.12. Monoblok hadde türleri.	14
Şekil 2.13. Monoblok hadde tahrik ünitesi şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.14. Haddehane kaseti.	16
Şekil 2.15. Monoblok haddeleme ringi.	17
Şekil 2.16. Yağlama hattı.	18
Şekil 2.17. Silindirik makaralı rulman 19	19
Şekil 2.18. Eğik bilyalı rulman 19	19
Şekil 2.19. Kaymalı yatak 20	20
Şekil 2.20. Kaymalı yataklarda oluşan basınç dağılımı 21	21
Şekil 2.21. Haddehane makinalarında kullanılan kaymalı yataklar..... 22	22
Şekil 2.22. Kaymalı yatakların konumlandırılması. 22	22
Şekil 3.1. Mevcut haddehane yağlama sistemi..... 24	24
Şekil 3.2. Sıvı yağlama tankı. 25	25
Şekil 3.3. Vidalı tip pompa..... 26	26
Şekil 3.4. Pompa çizimi..... 26	26
Şekil 3.5. Eşanjör..... 28	28
Şekil 3.6. Mobil vacuoline 525 serisi 29	29
Şekil 3.7. Yağa karışan tufal..... 31	31

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.8. Manyetik çubuk ve tufal.....	32
Şekil 5.1. Manyetik seperatör sistemi yerleşimi.....	39
Şekil 5.2. Manyetik seperatör sistemi yan görünüm.	39
Şekil 5.3. Elektrik motoru ve redüktör.	40
Şekil 5.4. Elektrik panosu.....	41
Şekil 5.5. Manyetik tambur konstrüksiyonu.	42
Şekil 5.6. Tambur teknik resmi.	43
Şekil 5.7. Tank gövdesi.	44
Şekil 5.8. Sıyırıcı mekanizması.	44
Şekil 5.9. Sıyırıcı mekanizması yandan görünüşü.....	45
Şekil 5.10. Oluk ve tahliye borusu.	46
Şekil 5.11. Tufalin mikroyapısı	47
Şekil 5.12. Haddehane sıvı yağlama sistemi yeni hali.	47
Şekil 6.1. Yıllara göre filtre harcama adetleri.	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Filmaşın hadddehanelerinin kurulum yılı ve üretim kapasiteleri.	9
Çizelge 3.1. Filtrelerin özellikleri.	27
Çizelge 3.2. Eşanjörün özellikleri.	28
Çizelge 3.3. Sıvı yağlama yağları özellikleri ve faydaları.	30
Çizelge 5.1. Redüktör özellikleri.	40
Çizelge 5.2. Tambur teknik özellikleri.....	43
Çizelge 6.1. Manyetik tufal seperatörü tasarımından önce ve manyetik tufal seperatörü tasarımından sonra yağ sarfıyatı ve maaliyeti.....	49
Çizelge 6.2. Modül dişli seti ve kaymalı ve rulmanlı yatakların maliyet hesapları. ..	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Nd	: neodimyum
Co	: kobalt
Al	: alüminyum
kg	: kilogram
m	: metre
s	: saniye
mm	: milimetre
∅	: çap
kW	: kilowatt
°C	: santigrad derece
d	: devir
dk	: dakika
Fe ₂ O ₃	: hematit
Fe ₃ O ₄	: manyetit
FeO	: wüstit
R	: round
€	: euro
Re	: rebar (nervürlü inşaat çeliği)
G	: garret
Q	: quench
i	: redüktör çevrim oranı
M _M	: motor momenti
M _R	: redüktör çıkış momenti
F _s	: sıyrıcıya gelen kuvvet
n _m	: motor devri
n _ç	: redüktör çıkış devri

R : yarıçap

n : verim

KISALTMALAR

ABD : United States Of America (Amerika Birleşik Devletleri)

A.Ş : Incorporated Company (Anonim Şirketi)

MD : Meerdriver (Monoblok Hadde)

PSM : Precision Sizing Mill (Hassas Ebatlama Değirmeni)

SBQ : Special Bar Quality (Özel Kalite Çubuk)

UHD : Ultra High Defination (Ultra Yüksek Çözünürlük)

WB : Water Boxes (Su Kutuları)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Demir ve Çelik işletmelerinde yarı mamül üretiminin yanında bu yarı mamülleri kullanarak yine farklı sanayi dalları için yarı mamül veya son kullanım için mamül üretilen tesisler mevcuttur. Bunlardan bir tanesi de haddehanelerdir. Bu ünitelerde kullanılacak olan yarı mamül yani üretim materyali olan kütükler çelikhaneden veya dışarıdan alınarak istenilen boyut ve biçimlerde hadde tezgâhlarında şekillendirilirler. Haddehaneler üretilen ürün veya ürün çeşitlerine göre tasarlanarak kurulurlar. Kangal haddehanelerinde farklı dizilimler mevcut olmakla beraber son dönem devreye alınan neredeyse tüm kangal haddehaneleri benzer temel dizilişe göre kurulmaktadır. Bu haddehanelerdeki hadde tezgâhları yatay-dikey sıraya göre dizilmiştir. Son kaba grup tezgâhından çıkan malzeme, ince kangal üretimi için 10 tezgâhlı monoblok haddesine gelir. Monoblok haddede ince kangal ve inşaat çeliği yüksek hızda ve kesintisiz bir şekilde üretilir. Kardemir A.Ş.'de 2016 yılında devreye alınan Çubuk ve Kangal Haddehanesi bünyesinde yer alan ince kangal üretim hattı üzerinde bulunan monoblok hadde bağımsız tahrik özelliği ile klasik monobloklardan farklı olarak on tezgâhının herbiri münferit hadde şeklindedir. Bu münferit yapı her bir hadde tezgâhı için farklı çaplarda ring ile çalışmaya müsade etmektedir.

Monoblok haddenin sorunsuz çalışması için en önemli yardımcı ekipmanlardan birisi yağlama sistemidir. Yağlama yağı tezgâhların içerisinde yer alan rulmanlar, redüktör dişlileri, merdaneler ve yataklar gibi birçok kısımda kullanılır. Yağlama yağının sıcaklığı, su ile ayrılabilirlik özelliği, yüksek vizkozitede aşınmaya karşı olan direnci ve kirliliği sistemin verimli bir şekilde çalışmasını önemli ölçüde etkiler. Bu sebeple yağlama yağının kondisyonunu ilk günkü gibi tutabilmek büyük önem arz eder. Karşılaşılan en büyük sorunların başında yağın bir şekilde sistem içinden veya dışından gelebilecek kirleticiler sebebiyle zamanla kullanılamaz hale gelmesi yer

almaktadır. Yağlama yağının kirliliğini önlemek için monoblok hadde üzerinde basınç ve geri dönüş hatlarında filtreler kullanılmaktadır. Aynı zamanda sisteme tufal girişini önlemek için geri dönüş hatlarında manyetik barlar yardımı ile tufal kontrolü ve ring kapakları altında yer alan ve sisteme tufal girmesini önleyen keçelerin kontrolü sık sık yapılmaktadır. Ancak keçelerin yırtılması veya hasarlanması, filtrelerin parçalanması, rulman ve pompa hasarlanmalarından dolayı yağda kirlilik meydana gelmektedir. Bunların içinde en tehlikeli olan kirlenme şekli yağa tufal karışmasıdır.

Bu çalışmanın amacı, monoblok hadde de kullanılan yağlama yağının sistem üzerinde problemsiz bir şekilde uzun süre kullanılabilmesi için tufalin manyetiklik özelliğinden yararlanarak yağdan tufali ayırmak için bir tür seperatör tasarlamaktır. Tasarımı yapılırken, içerisinde manyetiklik özelliği olan katı parçacık barındıran akışkanlardan söz konusu parçacıkların ayrıştırılmasına ihtiyaç duyulan tüm uygulamalarda kullanılabilmesi hedeflenmektedir.

Hazırlanan bu çalışma, genel itibarıyla monoblok haddeler, yağlama sistemleri ve manyetik tufal seperatörü tasarımı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Monoblok haddeler kendi içinde iki, yağlama sistemleri ise üç konu başlığı altında incelenmiştir. Manyetik tufal seperatörü ise kontrüksiyon sistematiği ele alınarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunlardan birinci bölüm “Giriş” olup burada çalışmanın kısa özeti verilmiştir. İkinci bölümde, haddeleme prosesi tanıtılmış olup, Türkiye’de ve Dünya’da yer alan ince kangal haddehaneleri hakkında bilgi verilmiştir. Aynı zamanda monoblok hadde türleri ve ekipmanları hakkında da bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde bu çalışmada kullanılan yağlama sistemleri detaylı bir biçimde tanıtılmıştır. Tasarımın yapıldığı son bölüm olan dördüncü bölümde ise tasarım hakkında genel bilgiler verilmiş olup, tasarımın amacına da değinilmiştir. Litaratür taraması ve materyal ve metot kısmı da yine bu bölümde yer almaktadır. Beşinci bölümde tasarım tamamen oluşturulmuştur. Aynı zamanda sistemde kullanılacak olan yağın ve ekipmanların yağ kirliliği sebebiyle değişimlerinin maliyet hesabı da yapılarak sonuçlandırılmıştır.

BÖLÜM 2

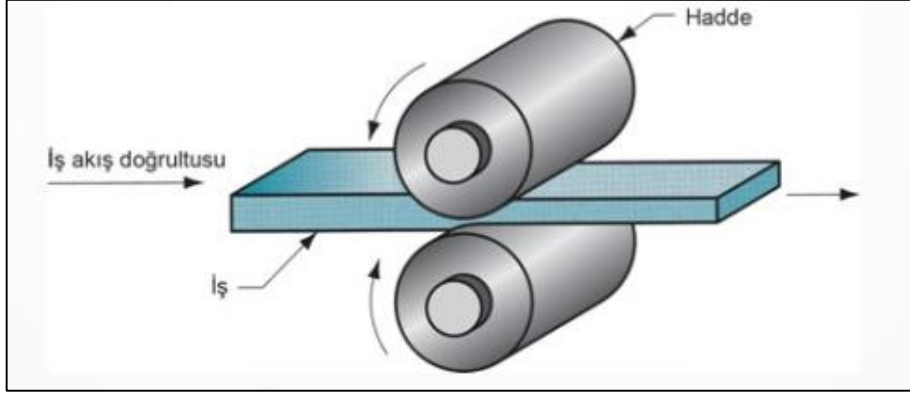
MONOBLOK HADDELER

2.1. HADDELEME PROSESİ

Çok eski zamanlardan beri metallere çeşitli yöntemler kullanarak istenilen boyutta şekil verme işlemi uygulanır. Bu yöntemlere plastik şekil değiştirmeyi örnek olarak verebiliriz. Plastik şekil değiştirmeyi metallerin kristal yapılarını bozmadan, hacimsel bir değişikliğe uğratmadan ve katı halde yapılan şekil değiştirme işlemi olarak tanımlayabiliriz [1].

Plastik şekil değiştirme işlemi kütleli şekillendirme ve sac şekillendirme olarak iki ana gruba sınıflandırılır. Kütleli şekillendirmede haddeleme, dövme, ekstrüzyon, tel çubuk çekme gibi metotlar kullanılır. Sac şekillendirmesinde ise kesme ve bükme metotları kullanılır. Bu metotlar kullanılırken kalıplar vasıtasıyla metal şekil değiştirir. Diğer bir deyişle uygulanan kuvvetler kalıplar sayesinde metale iletilir ve plastik şekil değiştirme işlemi başlamış olur [1].

Metallerin şekil değiştirmesinde en çok kullanılan metot haddeleme metodudur. Haddelemeyi detaylı anlatacak olursak, işlenecek olan parçanın hadde olarak adlandırılan ve birbirlerine ters yönde hareket eden merdaneler arasından geçirilerek istenilen boyutta şekillendirilmesi işlemidir. Şekil 2.1’de haddeleme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Haddeme sürecinin şematik gösterimi [2].

Haddeme işlemi çubuk kangal haddehanelerinde düz, çubuk ve kangal formunda vasıflı çelik üretmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan ana hammadde çelikhaneden gelen kütüklerdir. Şekil 2.2’de çelikhanede üretilen kütükler gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Kütük [3].

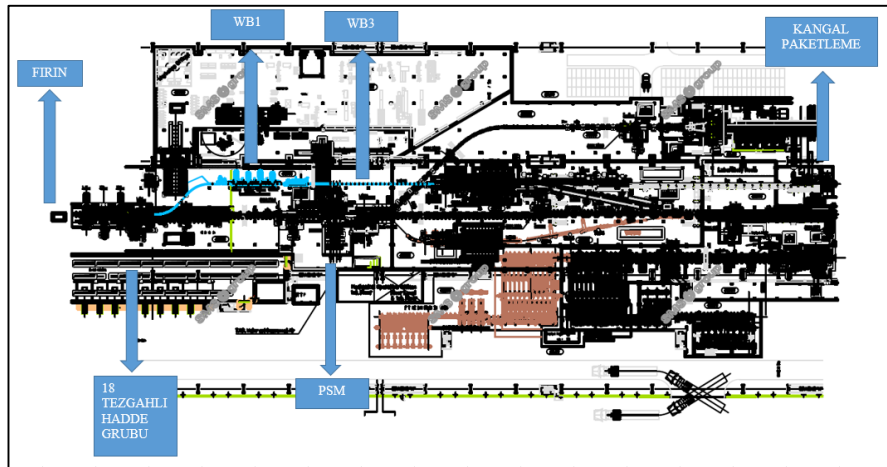
Çubuk kangal haddehanelerinde hammadde olan kütükler 150x150 mm, 170 x 170 mm ve 200 x 200 mm kesitinde, 6 – 12 m uzunluğunda ve 1032 – 3690 kg ağırlığındadır. Bu kütükler çelikhanelerde üretilerek çubuk kangal haddehanesine sevk edilir.

2.1.1. Haddeleme Prosesi Akış Şemaları

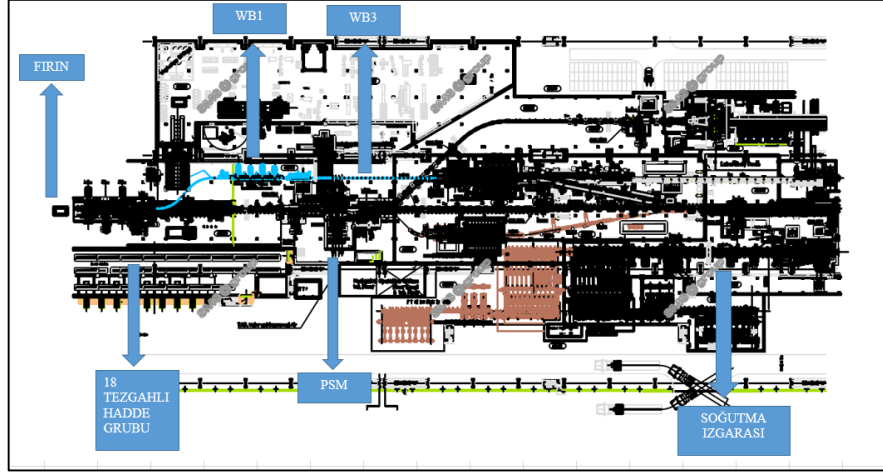
Çubuk kangal haddehanesine gelen kütük haldeki çelik sıcak haddelemeden geçmek üzere ilk olarak tav fırınına gönderilir. Burada yıllık 700.000 ton kapasite ve 110 m/s haddeleme hızıyla nervürlü inşaat çeliği, ince kangal, kalın kangal ve kaliteli çubuk (SBQ) üretimi başlamış olur.

Şekil 2.3, 2.4, 2.5 ve 2.6’da yer alan üretim proseslerinde her bir ürün için ayrı ayrı akış şemaları gösterilmiştir. Bu kısımda fırın olarak adlandırdığımız yer 150x150 mm, 170x170 mm, 200x200 mm kesitindeki yarı mamüllerin doğal gazla ısıtılarak tavlandığı ve haddelemeye hazır hale getirildiği bölümdür. Fırından çıkan kütükler 18 tezgâhlı hadde grubuna gelir ve hangi ürün üretilecek ise üretim reçetesine bağlı olarak üretime hazır hale getirilir. Merdanelerin hava boşlukları ve merdaneler üzerindeki pasolar, paso dizaynına uygun olarak ayarlanır ve hadde tezgâhları üretime hazır hale getirilir.

18 tezgâhlı hadde grubundan geçen ürün, WB1 olarak adlandırılan bölüme gelir. WB1 bölümü ürüne su verilen kısımdır. Burada sıcaklık ayarlanması yapılır ve ürün geleneksel ikili haddelemenin yerine 3 yönlü haddelemenin yapıldığı PSM (Precision Sizing Mill) ünitesine gelir. Daha sonra kalın kangal ile kaliteli çubuk (SBQ) üretimi başlar. Şekil 2.3. ve Şekil 2.4.’te de kalın kangal ve kaliteli çubuk üretimi akış şemaları gösterilmektedir.

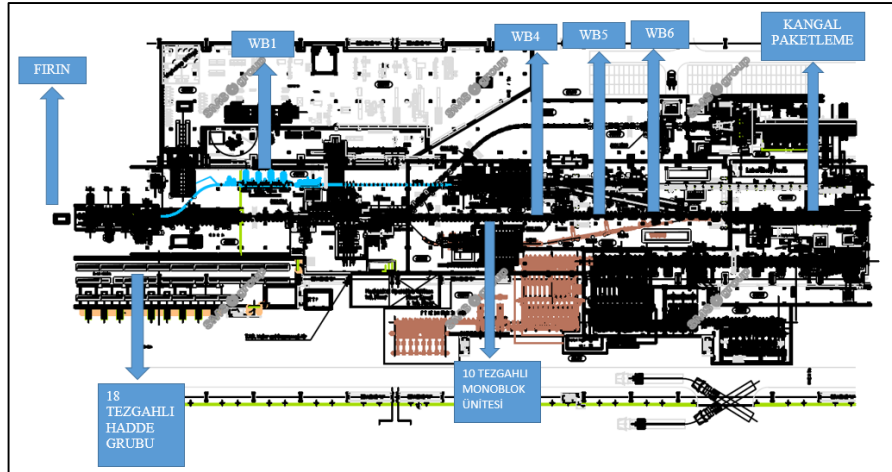


Şekil 2.3. Kalın kangal üretim hattı (G20-G56 mm).



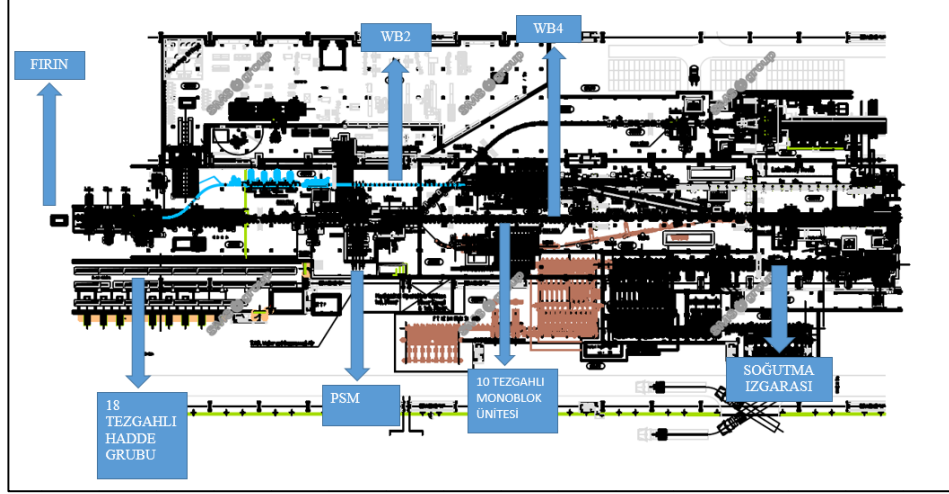
Şekil 2.4. Kaliteli (SBQ) çubuk (R20-R100 mm).

WB1'den sonra PSM bay-pass geçilerek doğrudan 10 tezgâhlı monoblok haddesine gelen bölümde ince kangal üretimi yapılır. Bu kısımda klasik monobloklardan farklı olarak set içinde farklı çaplarda ring kullanılır. $\text{Ø}5,5$ mm ile $\text{Ø}25$ mm aralığında ince kangal üretimi yapılan monoblok haddesinde 18 tezgâhlı hadde grubunda olduğu gibi haddehanede hangi ürün üretilecek ise üretim reçetesine bağlı olarak ringlerin hava boşlukları paso dizaynına uygun olarak ayarlanır. WB4-WB5-WB6'da soğutulduktan sonra paketlemeye hazır hale getirilir. Şekil 2.5.'te ince kangal üretim prosesi gösterilmektedir.



Şekil 2.5. İnce kangal üretim hattı (Q5.5- Q25 mm).

Nervürlü inşaat çeliği prosesinde ise PSM'den çıkan ürün WB2'de soğutularak 10 tezgâhlı monoblok haddesi ünitesine gelir ve istenilen ölçülerde nervürlü inşaat çeliği üretimi gerçekleşir. Şekil 2.6'da nervürlü inşaat çeliği prosesi gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Nervürlü inşaat çeliği prosesi (Re8-Re40 mm).

Kangal paketlenme ve soğutma ızgarası bölümleri ise ürünlerin satışa sunulmadan önce hazırlanıldığı kısımdır. Bu bölümünde, kangal paketlenmeye ince kangal ve kalın kangal hattından gelen ürünler gelir ve kangal şeklini almış ürünlerin paketlenmesi yapılır. Soğutma ızgarasına ise kaliteli çubuk ve nervürlü inşaat çeliği prosesindeki ürünler gelir ve istenilen ölçülere göre sıcaklık ve ebat ayarları yapılarak stok alanına gönderilir.

2.2. İNCE KANGAL HADDEHANELERİ

2.2.1. Dünya'da Kurulu Bulunan Filmaşın Hadddehaneleri

Dünya üzerinde ince kangal (filmaşın) üretimi çelik endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Otomotiv, havacılık, sağlık ve inşaat olmak üzere birçok alanda belirleyici role sahip çelik üretimi olan filmaşının, uluslararası tedarik konusunda rolü büyüktür. Dünya üzerinden en önemli filmaşın üreticilerine ise Saerstahl, ArcelorMittal, Evraz ve Shangang'ı örnek olarak verebiliriz [4].

Dünya üzerinde filmaşın üretiminde önde gelen firmalarından biri olan Saarthal, Almanya'nın Saar bölgesinde bulunmaktadır. 1.200.000 ton filmaşın üretim kapasitesine sahip olan firma, Ø5 mm ile Ø60 mm arasında değişen çaplarda ve yüksek kalite de filmaşın üretimi yapmaktadır [5].

Almanya'nın kuzey batısındaki Ruhr bölgesinde bulunan Arcelormittal ise, çoğunlukla mühendislik ve endüstri pazarına, inşaat sektörüne ve otomotiv sektörüne yönelik kütük, çubuk ve filmaşın, blum, inşaat demirleri ve tel ürünleri üretimi konusunda uzmanlaşmıştır. Ø5,5 mm ile Ø25 mm arasında değişen çaplarda filmaşın üretimi gerçekleştirir [6].

Rusya, ABD, Kanada, Çek Cumhuriyeti ve Kazakistan'da faaliyet gösteren Evraz, Ø6 mm ile Ø12 mm arasında değişen çaplarda filmaşın üretmektedir. Tramvay rayları, vinç rayları ve sıcak haddelenmiş çelik çubuklar konusunda uzmanlamıştır. Toplamda yıllık 2,2 milyon ton civarı çelik ürünleri satışı yapan Evraz, filmaşın üretimi konusunda 568.000 ton üretim yapabilmektedir [7].

Son olarak Shagang grubu ise inşaat, otomobil, petrol sahaları ve madenler gibi alanlarda kullanılan tel çubuklarının Çin'deki üretim üssüdür. Ø4,5 mm ile Ø38 mm arasında değişen çaplarda filmaşın üreten Shagang Grup küçük çaplı filmaşın üretiminde ve yüksek kapasitede üretim imkânı sağlamaktadır [8].

2.2.2. Türkiye'de Kurulu Bulunan Filmaşın Haddhaneleri

Filmaşın üretimi Dünya'da endüstride geniş bir alan kapladığı gibi Türkiye'de de oldukça geniş bir hacime sahiptir. Filmaşın üretimi çelik hasır yapımında, tel üretiminde, somun-vida-civata imalatında ve yüksek dayanıma sahip tel, halat, yay üretimi gibi birçok çeliğin imalatında kullanılır. Kullanım alanı oldukça geniş olan filmaşın üretimi, Türkiye piyasasında çeşitli firmalar tarafından haddhanelerde üretilmektedir [9]. Bu firmalardan en önemlileri; İskenderun Demir ve Çelik A.Ş., Habaş A.Ş., Ege Çelik, Kroman Çelik A.Ş., Haşçelik San. A.Ş., Diler Demir Çelik A.Ş., Tosçelik A.Ş. ve Kardemir Demir ve Çelik A.Ş.,'dir. Çizelge 2.1'de bu firmaların kurulum yılları ve üretim kapasiteleri gösterilmektedir [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,17].

Çizelge 2.1. Filmaşın hadddehanelerinin kurulum yılı ve üretim kapasiteleri.

	Kurulum Yılı	Üretim Kapasiteleri [ton/yıl]
İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.	1970	600.000
Habaş A.Ş.	1992	500.000
Ege Çelik	2001	1.200.000 (inşaat demiri ve filmaşın)
Kroman Çelik A.Ş.	2006	1.800.000 (çubuk ve filmaşın)
Haşçelik San. A.Ş.	2008	250.000
Diler Demir Çelik A.Ş.	2008	400.000
Tosçelik A.Ş.	2012	600.000
Kardemir Demir ve Çelik A.Ş.	2016	700.000

2.2.3. Filmaşın Hadddehaneleri Bölümleri

Filmaşın haddehanesi tav fırını, 18 tezgâhlı hadde grubu, PSM ünitesi, 10 tezgâhlı monoblok (Meerdriver) ünitesi, soğutma ızgarası ve paketleme ve kangal paketleme sahası bölümlerinden oluşmaktadır.

2.2.3.1. Tav fırını

Çelikhaneden gelen kütükler haddelemenin olması için gerekli sıcaklığa ulaşana kadar tav fırını kütük besleme ızgarasında şarj edilir. Bu kütükler, tavan vinci vasıtasıyla doğrudan ızgaranın üzerine katmanlar halinde bırakılır ve çıkartma cihazının düzenlediği merdane tablası alanına yaklaşıncaya kadar iticiler vasıtasıyla hareket ettirilirlir. İticilerin hareketi hidrolik silindirler ile verilir.



Şekil 2.7. Tav fırını.

Şekil 2.7’de gösterilen 130 t/h tavlama kapasitesine sahip olan fırın, yürüyen kiriş tipindedir. Fırında yaklaşık 9250 kcal/m^3 doğalgaz tüketimi olmaktadır. Termal proses işlemi esasına dayandığından çeşitli kontrol bölgeleri vardır. Üst ve alt yangın tasarım konseptine uygun şekilde tasarlanan fırının her bir bölgesi, tüm işlem boyunca yüksek bir fırın esnekliği elde etmek için yakıt / hava oranı kontrolüne sahiptir.

2.2.3.2. 18 Tezgâhlı Hadde Grubu (Sürekli Haddehane)

Tav fırınından çıkan kütükler haddeleme grubuna girmeden önce yüzeyde oluşan tufalleri yüksek basınçlı su ile tufal dökücüde dökülür ve haddeleme işlemi için tezgâhlara alınır.



Şekil 2.8. 18 Tezgâhlı hadde grubu.

Şekil 2.8’de ise 18 tezgâhlı hadde grubu gösterilmiştir. Sürekli haddehane olarak adlandırılan haddeler çok oluklu ve muhafazasızdır. Fırından gelen kütükler yatay-dikey sıralamaya göre dizilen tezgâhlarda çevrilmeden haddelenirler. 6’şar tezgâhlı 3 gruptan oluşan tezgâhlar; kaba grup, 1. ara grup ve 2. ara grup olarak adlandırılır. Ayrıca kütüğün ucunu ve kuyruğunu kesmek için kaba grubun sonunda 110 tonluk ve 1. ara grubun sonunda 70 tonluk uçar makaslar mevcuttur.

18 Tezgâhlı hadde grubundaki tezgâhlar stant tipindedir. Bu stantlar, ana kontrol masasının izniyle, hidrolik olarak çalıştırılan bir vidalama ile donatılmıştır. Haddehanenin tüm sehpaları, bir hidrolik silindirin hareketi altında çarkın uzunluğu boyunca kaydırılabilirler. Stantların kompakt tasarımı, yüksek düzeyde sağlamlık içermektedir. Bu olay ise yük altındaki takozların kendiliğinden hizalanmasına sebep olmaktadır. Böylelikle iş yükü önemli ölçüde artırılabilir.

Stant tipleri ve merdane çapları aşağıda maddeler halinde sunulmaktadır.

- Kaba grup: stant tipi 710-28, merdane çapı Ø680 mm / 580 mm
- 1.ara grup: stant tipi 600-23, merdane çapı Ø500 mm / 430 mm
- 2.ara grup: stant tipi 400-16, merdane çapı Ø350 mm / 300 mm

2.2.3.3. 4 Tezgâhlı PSM Ünitesi

PSM ünitesi her biri 3 merdaneli ve Ø390 mm / 370mm çapında 4 tezgâha sahiptir. Şekil 2.9’da gösterilen bu ünite de tezgâh modeline uygun 3 röleli yolluk sistemi mevcuttur. Ayrıca haddeleme esnasında her bir ring üzerinden ayar yapılabilmektedir. Düşük redüksiyon oranları ve hassas malzeme toleransları olan sistemde hızlı set değişimleri de meydana gelmektedir.



Şekil 2.9. PSM ünitesi.

2.2.3.4. 10 Tezgâhli Monoblok (Meerdriver) Ünitesi

Son tezgâhtan çıkan ve haddemele işlemlerinden geçen haddelenmiş kütük, ince kangal ve nervürlü inşaat çeliği üretimi için Şekil 2.10' 10 ayaklı monoblok (Meerdriver) haddesine gelir. 10 tezgâhlı monoblok ünitesi $\text{Ø}5,5 \text{ mm} - \text{Ø}25 \text{ mm}$ çapında ince kangal üretimi ve Re8-Re40 mm boyutunda inşaat çeliğini hızlı ve hassas tolerans aralıklarında ürün üretebilme olanağını sağlamaktadır.



Şekil 2.10. Monoblok hadde.

Çevirmesiz haddemenin olduğu monoblok haddede 10 adet 200 UHD 'V' tipinde sehpadan oluşan dinamik sürücüler mevcuttur. Bu sürücüler 45 derecenin altında ve

90 derecede kademeli olarak sabitlenebilmektedir. Tungsten karbürün dirsekli merdane halkalarından oluşan sistem, uzun oluk ömrüne sahiptir.

10 adet V tipinde sehpadan oluşan sistemde her bir stand da iki adet merdane halkası mevcuttur. Halkaların iç kısımlarının çapları her standda aynıdır. Üzerine eklenen halkalar sayesinde istenilen çapta üretim gerçekleştirilmektedir.

2.2.3.5. Soğutma Izgarası ve Çubuk Paketleme Ünitesi

Monoblok haddesinden çıkan haddelenmiş ürün soğutma ızgaralarından geçer. Bu kısımda istenilen özelliklere göre soğutma işlemi yapılmaktadır. Şekil 2.11’de görülen ünite malzemelerin soğutulması, istenilen boylara kesilmesi, paketlenmesi, bağlanması, tartılması ve etiketlenerek stoklama alanına gönderilmesi işlemlerinin yapıldığı ünite; 1 adet soğutma ızgarası, 1 adet soğuk kesme makası, 2 adet testere, 3 adet bağlama makinası, 1 adet tartım ünitesi ve etiketleme kısımlarından oluşmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 2.11. Soğutma ızgarası ve çubuk paketleme ünitesi, a) Çubuk paketleme ünitesi, b) Soğutma ızgarası.

2.2.3.6. Kangal Paketleme Sahası

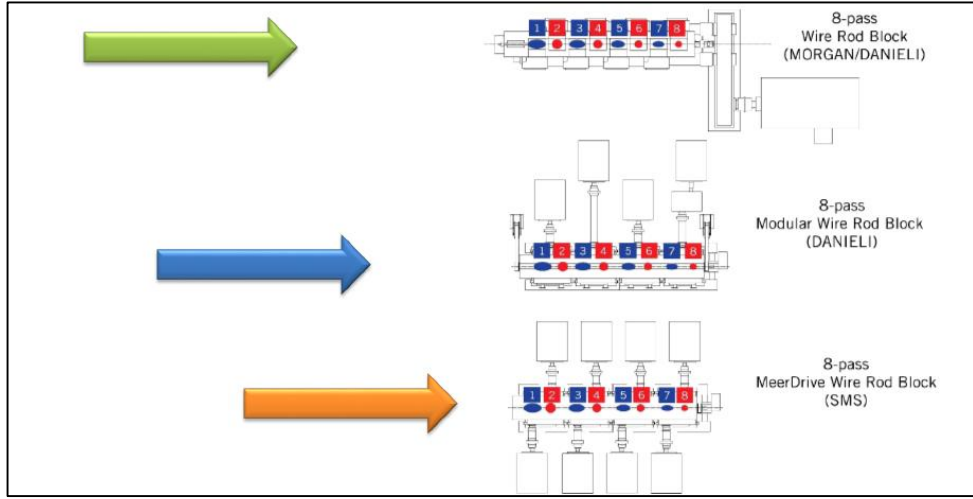
Kangal paketleme sahası ince kangal ve kalın kangal üretim hattından gelen ve palet üzerinde kangal şeklini almış malzemelerin kafa ve kuyruk kesimlerinin yapılması, preslenmesi, bağlanması, tartılması ve etiketlenerek stok alanına gönderilmesi fonksiyonlarının yapıldığı kısımdır. 2 adet dikey palet transfer role yolu, 2 adet kangal

devirme ve trim (kafa ve kuyruk kesimi) istasyonu, 2 adet yatay kompaktör, 2 adet yatay bağlama makinası, 2 adet tartma ünitesi, 2 adet kangal deşarj ünitesi ve etiketleme bölümünden oluşmaktadır.

2.3. MONOBLOK HADDE

2.3.1. Monoblok Hadde Türleri ve Özellikleri

Monoblok hadde türleri klasik tip monoblok hadde, modüler tip blok hadde ve münferit tahrikli blok hadde olarak 3'e ayrılır.



Şekil 2.12. Monoblok hadde türleri.

Şekil 2.12’de monoblok hadde türleri gösterilmiştir. Bu türlerin haddeleme şartları ve kontrolü, mekanik ekipman özellikleri, mekanik özellikleri ve elektrik ve otomasyon özellikleri birbirinden farklıdır.

Monoblok hadde türlerine klasik tip olarak Morgan olarak da adlandırılan Danieli’nin 8 geçişli konvansiyonel filmaşın bloğunu örnek olarak verebiliriz. Haddeler arasında çekmenin mekanik olarak gerçekleştiği sistemde, ring çapı ayarlanmasında son hadde referans alınır. Mekanik ekipmanlarının tek parça halinde toplandığı sistemde kurulum kolaydır. Kurulu gücü haddeleme koşullarına bağlı olarak 6300-7200 kW aralığındadır.

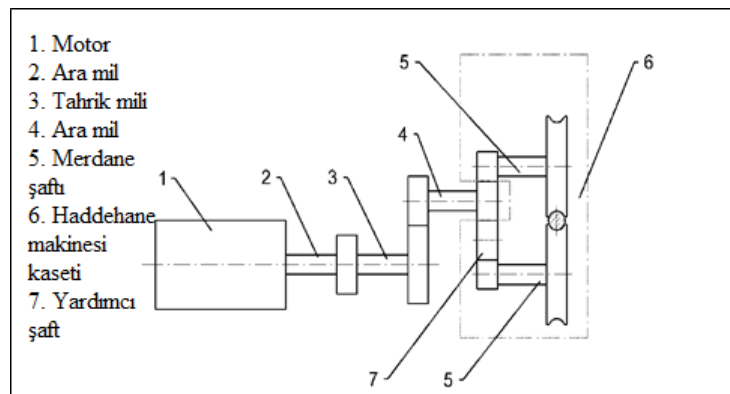
Modüler tip olarak da adlandırılan yine Danieli'ye ait olan 8 geçişli modüler filmaşın bloğunu örnek olarak verebiliriz. Her iki hadde arasında çekme elektriksel olarak gerçekleşir ve her iki hadde arasında bir adet ring çapı referans alınır. Mekanik ekipmanlarının dört parça halinde toplandığı sistemde kurulum kolaydır. Kurulu gücü haddeleme koşullarına bağlı olarak 8000-8800 kW aralığındadır.

Münferit tahrikli tip olarak da SMS'e ait olan 8 geçişli Meer tahrikli tel filmaşın bloğunu örnek olarak verebiliriz. Her bir hadde arasında çekmenin elektriksel olarak gerçekleştiği sistemde her hadde için bir adet ring çapı referans alınır. Mekanik ekipmanlarının sekiz parça halinde toplandığı sistemde kurulum kolaydır. Kurulu gücü haddeleme koşullarına bağlı olarak 9600-10400 kW aralığındadır.

2.3.2. Monoblok Hadde Ekipmanları

2.3.2.1. Motor

Monoblok hadde 10 adet tahrik motoruna sahiptir. Tahrik motoru, dişli muhafazalı ve kaplinli bir AC motor (1), bir hadde makinesi kaseti (6) ve bir hadde tezgâhından oluşmaktadır. Şekil 2.13'te monoblok hadde tahrik ünitesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Monoblok hadde tahrik ünitesi şematik gösterimi.

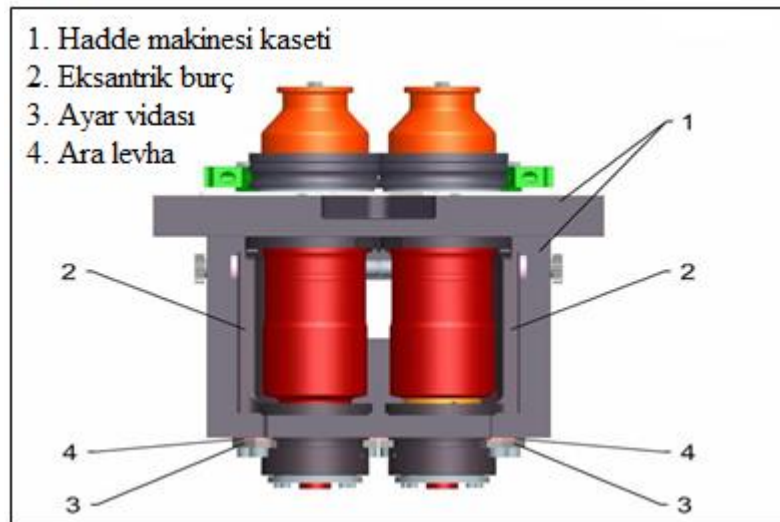
Tahrik, tahrik miline (3) bir taçlı dişli bağlantı üzerinden bir AC motor (1) tarafından sağlanır. Tahrik mili, ara mili (4) hareket ettiren helisel bir düz dişliye sahiptir ve ara

milin hareketi bir pinyon ile sağlanır. Bu pinyon, yardımcı şaftı (4) ve bir merdane şaftını (5) aynı anda hareket ettirirken, ikinci merdane şaftı yardımcı şaft (7) tarafından tahrik edilir. Bu dişli yardımcı şaft ve bir ikinci merdane şaftı yardımcı mil tarafından tahrik edilir ise, aynı zamanda bir silindir mili tahrik etmektedir. Tüm dişli dişleri sertleştirilmiş ve taşlanmış sarmal dişlerdir. Ayrıca düzgün bir geçme sağlamak ve dişli dişlerinin kenarlarına zorlanmasını önlemek için uç ve diş ucu hafifletme özelliğine sahiptirler.

Haddehane kaseti ise, tahrik ünitesi üzerine yerleştirilir. Her iki merdane şaftı, gerçek hadde makinesi kasetinin içine yerleştirilmiştir. Merdane şaftları, yardımcı şaft ve ara şaft ile birbirine geçmektedir.

2.3.2.2. Haddeleme Ringi

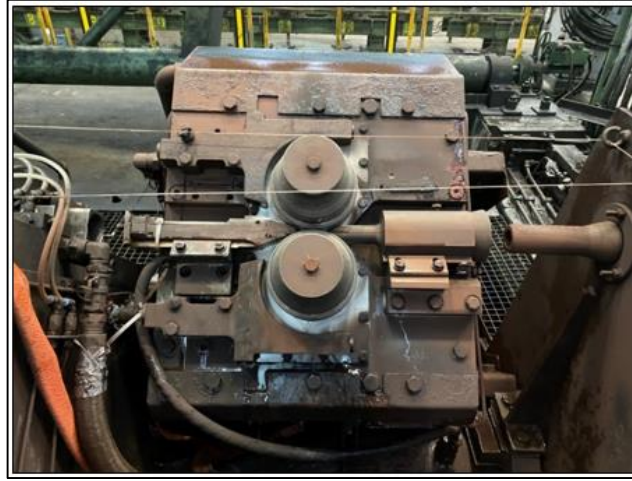
Haddeleme işleminde ana etken olan haddeleme ringi, haddehane kasetinde çıkıntı yapan konik ring şaftı uzantıları üzerine yerleştirilmektedir. Haddehane kasetlerinin kolay değişimi ve bakımı için her bir kasete numara verilmektedir. Şekil 2.14'te haddeleme kasedi gösterilmektedir.



Şekil 2.14. Haddehane kaseti.

Gerçek hadde makinesi kaseti (1) dirsekli merdane şaftlarının uçlarına takılan iki haddeleme ringi içermektedir. Haddeleme ringleri eksantrik burçlar (2) üzerine montaj

edilirler. Eksantrik burçlar, dönecek şekilde ring muhafazasının deliklerine monte edilmektedir. Ayrıca ring aralığı, eksantrik burçları döndürerek değiştirilebilmektedir. Ayar sistemi ise uç yönleri birbirine zıt olan iki ayar vidası (3) ile çalıştırılmaktadır. Böylelikle geçiş hattına simetrik olacak şekilde iki ring şaftının eşit ölçüde fakat zıt yönde bir hareket meydana gelmesi sağlanmaktadır. Şekil 2.15'te haddeleme ringinin monoblok hadde de yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 2.15. Monoblok haddeleme ringi.

2.3.2.3. Yağlama Hattı

Monoblok haddelemede yer alan ekipmanların çalışabilirliğinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için en önemli faktörlerden biri monoblok haddeleme sisteminin her bir parçasının yağlanmasıdır. Yağlama işlemi monoblok hadde üzerinde yer alan yağlama hattı vasıtasıyla yapılmaktadır. Yağlama hattının görevi ise, besleme hattında yer alan 40 °C sıcaklıktaki ve 2.8 ile 3 bar basınç arasındaki yağın, monoblok haddede yağlamanın gerekli olduğu tüm ekipmanlara dağıtımını sağlamaktır.

Yağlama hattının bakımları ise filtrelerin tıkanmaması, yağ kaçaqlarının oluşmaması ve yağlama hattının üzerinde mevcut olan bağlantı noktalarında oluşabilecek hasarın meydana gelmemesi için periyodik olarak yapılmaktadır. Şekil 2.16'da monoblok hadde de yer alan yağlama hattı gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Yağlama hattı.

2.3.2.4. Soğutma Suyu Hatları

Monoblok haddede tahrik motorlarının soğutulmasında su kullanılır. Soğutma suları sisteme soğutma suyu kanalları vasıtasıyla yağlama kanallarına yakın bir yerden verilmektedir. Soğutma suyunun kimyasal bileşimi hadde soğutulmasında önemli bir kısıttır.

2.3.3. Yataklama Türleri

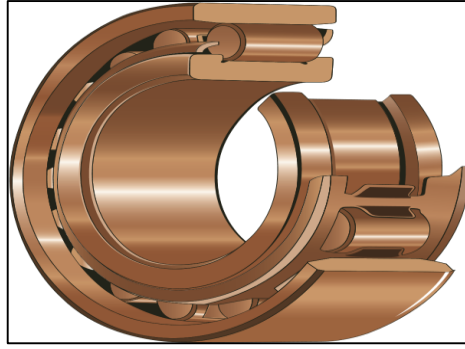
Kuvvet ve hareketi dairesel ve doğrusal olarak aktaran mil ve aks gibi benzeri elemanları aksel veya radyal yönde destekleyen ve ileten elemanlara yatak denir. Yatağın amacı ise çalışan bir makinenin hareketine izin vermek ve yükünü desteklemektir. Ayrıca bunu yaparken de hareket esnasında sürtünmenin en az şekilde olmasını sağlar [18].

Yataklar kullandıkları sisteme göre rulmanlı ya da kaymalı olarak sınıflandırılırlar. Monoblok haddede her bir redüktör de 11 adet rulmanlı yatak ve merdane şaftlarının üzerinde ringleri destekleyen 2 adet büyük 2 adet küçük kaymalı yataklar mevcuttur.

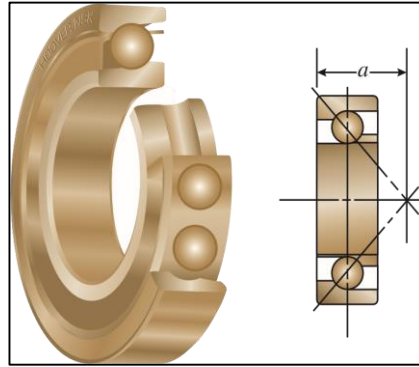
2.3.3.1 Rulmanlı Yataklar

Rulmanlı yataklar yuvarlanmalı yataklar olarak da tanımlanabilir. Yuvarlanmayı sağlamak için destekleyen ve desteklenen parçalar arasına silindirik veya küresel yuvarlanma hareketini sağlayacak elemanlar konulmaktadır. Bu elemanlar bilya, makara ve iğne gibi dönme hareketini sağlayan parçalardır [19].

Şekil 2.17’de monoblok hadde de kullanılan silindirik makaralı rulman ve Şekil 2.18’de eğik bilyalı rulman gösterilmektedir.



Şekil 2.17. Silindirik makaralı rulman [19].



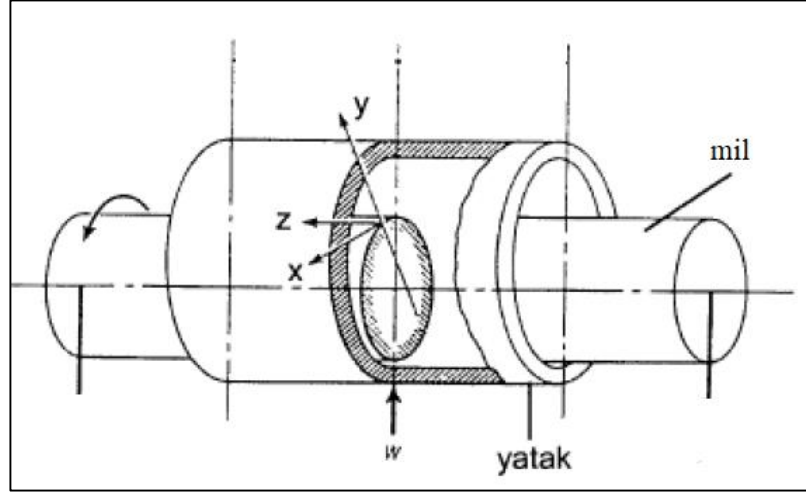
Şekil 2.18. Eğik bilyalı rulman [19].

Yuvarlanmalı yataklarda dönme eksenini görevi yapan ‘muylu’ adını verdiğimiz parçanın üzerinde bulunan bir iç bilezik ve yatak gövdesinde dış bileziğin boşluğu arasında yuvarlanabilen makaralar ve bilyalar mevcuttur. En dış kısımda bulunan kafes ise parçaların birbirine değmesini ve ses çıkarmasını önler [19].

Rulmanlı yatakların tercih edilmesinin en önemli sebeplerinden biri mil çapına göre çeşitlilik göstermesidir. Ayrıca parçalar birbirine temas etmediğinden sürtünme az olur ve daha az yağlamaya ihtiyaç duyarlar.

2.3.3.2. Kaymalı Yataklar

Mil, yatak kısmının içine geçirilmiş bir burç veya zarfın iç kısmında kayarak çalışır. Bu esnada parçalar birbirine göre hareket ederken aralarında yataklarda yuvarlanma elemanı olmaksızın çalışır [19]. Şekil 2.19’da gösterilen bu tip yataklara kaymalı yatak denir.

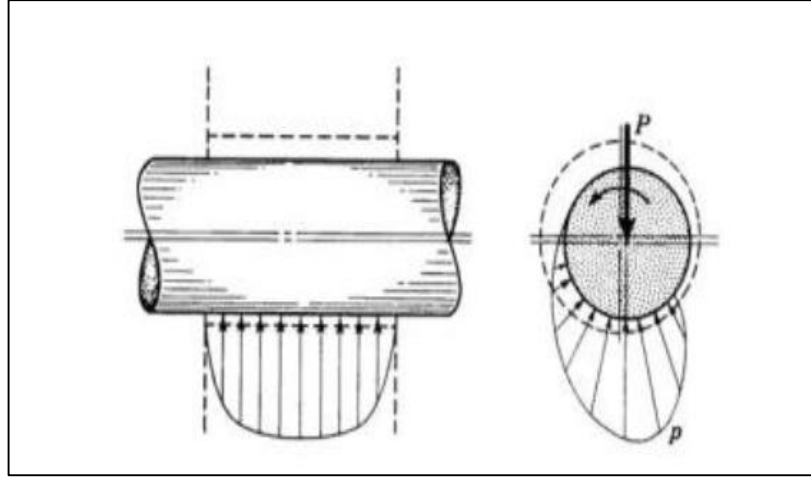


Şekil 2.19. Kaymalı yatak [20].

Kaymalı yataklarda temel amaç metallerin birbirine değmesini engellemektir. Bu durum yatak ve mil arasında kalın bir yağ tabakası oluşturularak sağlanır. Böylelikle sürtünmenin azaltılması ve aşınmanın ortadan kaldırılması hedeflenir. Ayrıca kaymalı yataklar ucuz ve basit yapıları, iki parça halinde olabilmeleri, radial açıdan az yer kaplamaları ve titreşim ve darbeye karşı dayanıklı yapısıyla tercih edilirler [21].

Yatak ile mil arasındaki hareket üç farklı türde olabilir. Bunlardan ilki, yağın olmadığı, metalin metal üzerinde kaydığı kuru sürtünmedir. Yağın istenmediği ortamlarda tercih edilir. İkinci olarak ise, yağ kullanıldığı fakat parçaları birbirinden tamamen ayırarak basıncın oluşmadığı, az da olsa temasın olduğu sürtünmedir. Bu harekette yağ sınır

yağlamasını sağlayacak kadar kullanılır. Son olarak iki metalin birbirlerinden yağ filmi ile tamamen ayrıldığı sıvı sürtünme hareketidir. Eğer sistemde yeterli miktarda yağ varsa basınç kendiliğinden meydana gelir. Bu hareket en çok tercih edilen hareket biçimidir. Şekil 2.20’de kendiliğinden basıncın oluştuğu kaymalı yataklardaki basınç dağılımları gösterilmektedir.



Şekil 2.20. Kaymalı yataklarda oluşan basınç dağılımı [21].

Kaymalı yataklarda meydana gelen aşınmaların çoğu hareketin başlangıcında veya bitiminde meydana gelmektedir. Yağlama işlemi milin dönme durumuna göre ayarlanır. Yağlama işlemi başladığı anda sıvı kama etkisi yaparak basıncın yükselmesine sebep olur. Yağda oluşan bu basınç mili taşır ve mil yağ filmi sayesinde tamamen sıvı sürtünmeyle döner. Hareketin başında ve sonunda biraz sıvı biraz da kuru sürtünme vardır. Bu olay fazla kuvvet ve fazla aşınma meydana getirir. Ayrıca yağlama kanallarının konumu ve şekli basıncın oluşması için de önemlidir. Yağın ortadan gelmesi yanlardan gelmesinden daha iyidir. Ortadan gelen yağ daha iyi bir akış ve daha iyi bir soğuma meydana getirir [21].



Şekil 2.21. Haddehane makinalarında kullanılan kaymalı yataklar.

Şekil 2.21’de haddehane makinalarında kullanılan kaymalı yataklar gösterilmektedir. Sistemde sıvı sürtünme prensibine göre çalışan yataklar büyük kuvvetlerin iletilmesinde önemli bir role sahiptir. Şekil 2.22’de ise kaymalı yatakların merdane shaftının üzerinde konumlandırılması gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Kaymalı yatakların konumlandırılması.

Yüksek titreşim ve darbeye maruz kalınan bu alanda merdane shaftlarının düzenli çalışabilmesi için burçlar ile yataklar arasında yağlamayı sağlayan yağlama kanalları mevcuttur. Sistemin verimli çalışması için yağlama kanallarının düzenli çalışıyor

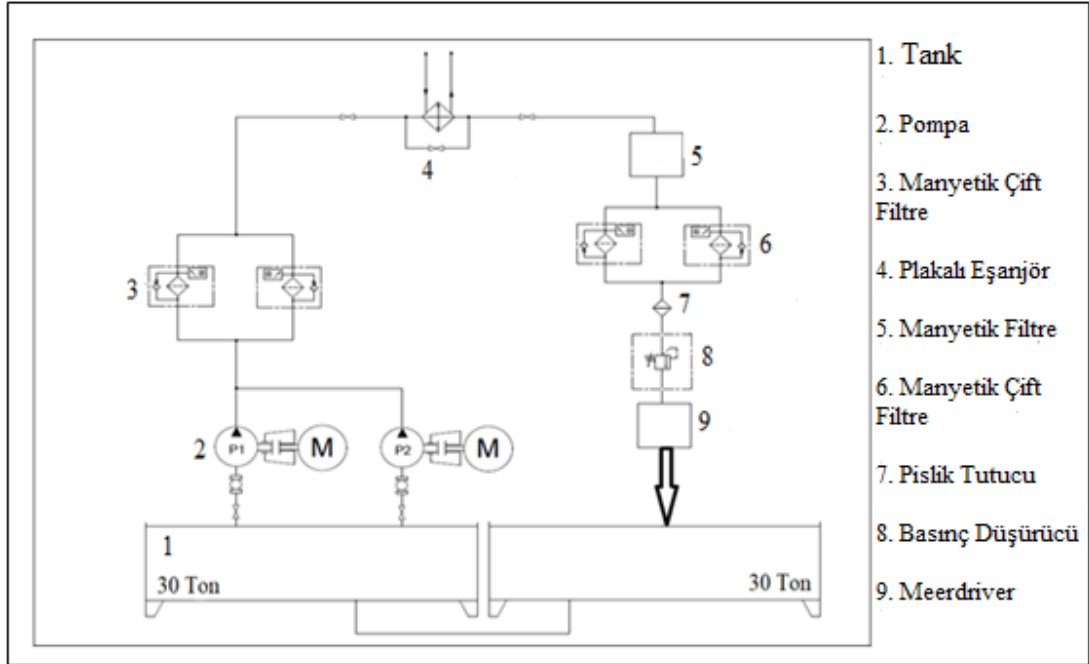
olması gerekmektedir. Bu kanallarda yağlama yağı olarak makina yağı ya da gres yağı kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3

YAĞLAMA SİSTEMİ

3.1. HADDE SIVI YAĞLAMA EKİPMANLARI

Monoblok hadde sıvı yağlama sistemi ekipmanları 30 ton kapasitesine sahip iki adet tankdan, iki adet hidrolik pompadan, sistemin başında ve sonunda yer alan filtrelerden ve bir adet eşanjörden oluşmaktadır. Tankdan hidrolik pomplar vasıtasıyla alınan yağ filtrelerden geçerek monoblok haddede kullanılmaktadır. Şekil 3.1.'de mevcut haddehane yağlama sisteminin akış şeması gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Mevcut haddehane yağlama sistemi.

3.1.1. Tank

Haddehane sıvı yağlama sisteminde yağın depolandığı ve sirkülasyonun başladığı yere tank denir. Şekil 3.2’de gösterilen tank, yağın belirli bir sıcaklıkta ve seviyede tutulmasına yardımcı olur. Ayrıca monoblok haddede kullanılan yağın tekrardan sisteme verilmesi için de depo görevi görür.

Monoblok haddede yağlama işlemi sistem çalıştığı sürece sık sık yapılır. Yağlama işlemindeki en önemli etkenlere yağın sıcaklığını ve vizkozitesini örnek olarak verebiliriz. Uygun yağ sıcaklığının ortalama 23 °C olduğu sistem de tank yağ sıcaklığı 36 °C’dir. Bu durum yağın bozulmaması ve korozyona uğramaması için gereklidir.



Şekil 3.2. Sıvı yağlama tankı.

3.1.2. Hidrolik Pompa

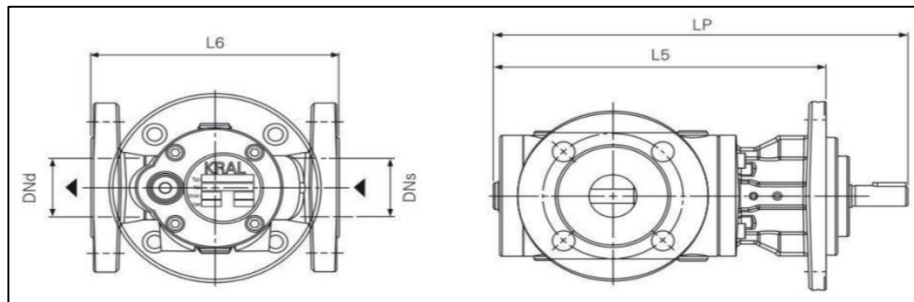
Depoda bulunan hidrolik yağı istenilen basınç ve debide sisteme gönderen devre elemanına hidrolik pompa denir. Şekil 3.3’te gösterilen yağlama sisteminde yağı sisteme aktaracak olan hidrolik pompalar, tahrik milinden aldığı mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren ekipman olarak da adlandırılırlar.

Hidrolik pompalar vidalı, dişli, paletli ve pistonlu olarak sınıflandırılırlar. Tank çıkışında kullanılan pompa vidalı pompadır. Kullanım alanı çok geniş olan vidalı pompalar diğer pompalara kıyasla daha az yer kaplar ve yüksek kapasitede çalışırlar. Bu nitelik özellikle fark basıncı olan uygulamalar için de geçerlidir. Şekil 3.4’de kullanılan pompanın teknik resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Vidalı tip pompa.

Vidali tip pompalar kendinden emişli düşük pulzasyonlu transfer sağlarlar ve kolaylıkla regüle edilebilirler. Maksimum çıkış basıncı 16 bar olan vida tipi pompalar, -20 °C den 180 °C’ye kadar çalışma olanağı sağlarlar. Ayrıca kullanılan rulmanlar akış ile temas etmediğinden pompa 30.000 saat aralıksız çalışabilmektedir.



Şekil 3.4. Pompa çizimi.

3.1.3. Manyetik Filtreler

Monoblok hadde de yağlama işlemi yapıldıktan sonra geri dönüş hattında yağ bir miktar kirlenir. Yağa karışan (tufal ve toz gibi) maddelerin tekrardan sisteme verilebilmesi için manyetik filtrelerden geçirilir. Manyetik filtreler çift filtre ve tek filtre olarak iki ayrı şekilde sistemde kullanılır. Monoblok hadde de kullanılan manyetik filtrelerin özellikleri Çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1. Filtrelerin özellikleri.

Kartuş Kodu			Filtre	Filtre Kodu
7.006 H3XL-S00-0-M	N015	Havalık	ELP5G10W4.X	40039162
R928007327	N015	Çift Filtre	16 FD 6000 P10	40040000

3.1.4. Eşanjör

Yağlama sisteminin pompalardan sonra en önemli parçası olan eşanjörler, sistemden gelen yağın soğutulması için kullanılırlar. Plakalı eşanjörler, akışkanın birbiriyle karşılaşmayacağı şekilde karşı akışlı olarak dizayn edilmektedir. Sıcaklık farkından dolayı da istenilen ısı alışverişi gerçekleşir. Maximum çalışma basıncına uygun olarak gövde kısmı karbon çelik malzeden olması tercih edilir. Ayrıca plaka kalınlığı ve malzemesi de yağın sıcaklık ve basınç değerine göre belirlenmiştir. Şekil 3.5'te yağlama sisteminde kullanılan eşanjör gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Eşanjör [22].

Aşağıdaki 3.2'deki çizelgede monblok hadde sıvı yağlama sisteminde kullanılan plakalı eşanjörün özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Eşanjörün özellikleri.

Model	GCD-054P	Fabrika üretim yılı	2014
Kontrol	09-193615-03		
Seri No	211903-5	Yüzey 1	Yüzey 2
Max/Min Basınç Aralığı		16/-1	16/-1
Max/Min Sıcaklık Aralığı		80/-10	80/-10
Hacim (L)		184.5	183.6
Gruplama Kanalları		144H+61M	144H+60M
Giriş Çıkış		S1/S3	S2/S4
Malzeme Cinsi		Karbon Çelik	Karbon Çelik
Test Basıncı (Bar)		22.9	22.9
Çalışma Ağırlığı/Vakum (KG)		1742	2410

3.2. SIVI YAĞLAMA YAĞLARI

Monblok hadde kullanılan ekipmanlar (kaymalı yataklar, rulmanlı yataklar, şaftlar ve dişliler) aşınmaya uğramamak ve verimli bir şekilde çalışabilmek için yağlamaya

ihtiyaç duyarlar. Ancak kullanılacak olan yağın özellikleri sistemin sorunsuz bir şekilde çalışması için önemlidir.

Monoblok haddede kullanılan yağlara örnek olarak mobil vacuoline 500 serisindeki yağları verebiliriz. Mobil vacuoline 500 serisi endüstriyel ekipmanlar için çok yönlü bir yağlama imkânı sağlar. Ayrıca No Twist haddelerinin ağır şartlarını karşılamak üzere tasarlanmış yüksek performanslı ağır hizmet sirkülasyon yağlarıdır. Bununla beraber monoblok haddede gibi yüksek hızlı çubuk haddelerin yağ ihtiyacını karşılamak için özel olarak tasarlanmışlardır [23].

Şekil 3.6’da gösterilen mobil vacuoline 525 ise yağları aşınmayı önleyen performansı ve sudan ayrılabilme özelliği sayesinde monoblok hadde ekipmanlarının yağlanması tercih edilir [23].



Şekil 3.6. Mobil vacuoline 525 serisi [23].

Bu yağın en önemli özelliklerinden birisi de yüksek sıcaklığa maruz kaldığında bozulmaya karşı direnç gösterirler ve kısa yağ dinlenme süreleridir. Bu yüzden sirkülasyon sistemlerinde kullanılırlar. Ayrıca rulman, dişli, valf, pompa ve diğer tüm yardımcı ekipmanların yağlanması da tercih edilirler.

3.2.1. Sıvı Yağlama Yağları Kullanım Yerleri, Özellikleri ve Faydaları

Monoblok haddede kullanılan mobil 525 serisi yağlar no twist rod çubuk haddelerinde, sirkülasyon sistemlerinde ve yüksek viskoziteli aşınma önleyici hidrolik yağların istendiği dişli, paletli, radyal ve aksel pistonlu pompaları bulunan hidrolik sistemlerde yüksek performans göstermesi için özel olarak tasarlanmıştır. Bu yağların özellikleri ve sisteme sağladığı faydalar da Çizelge 3.3'te gösterilmektedir [23].

Çizelge 3.3. Sıvı yağlama yağları özellikleri ve faydaları.

Özellikleri	Faydaları
Yüksek performanslı yağ formülasyonu sayesinde pas ve korozyona karşı çok iyi koruma sağlar.	Daha az plansız duruş ve daha düşük bakım maaliyeti meydana gelir.
Aşınmaya karşı benzersiz koruma sağlar.	Kritik yataklar ve dişlilerin uzun süre sorunsuz çalışmasına olanak sağlar.
Sudan ayrışabilme özelliği vardır.	Kesintisiz ve etkin çalışma sağlayacak şekilde sudan hızlı ayrışması daha az duruş zamanı meydana gelmesini ve sürekli aşınma korumasını sağlar.
Oksidasyon ve ısıl bozunmaya karşı yüksek direnç gösterirler.	Uzun süre yağ değişim aralıkları ve beklenmeyen üretim kesintilerinden kaynaklanan maliyetlerin önüne geçilmesi imkânı sağlar.

3.3. YAĞLAMA YAĞI KİRLİLİK PROBLEMLERİ VE NEDENLERİ

Birçok rulman üreticilerinde ve ABD'de yapılan bilimsel araştırmalarda makina arızalarının (%42'si ile %70 arasını kapsayan) temel kaynağı tamamen yağa bağlı sorunlar olduğu ispatlanmıştır. Bu yüzden makina üreticileri makinaların ömründe etkileyen yağlama yağı için etiketlerinde yağın özellikleri hakkında bilgi verirler. Bu özelliklerden en önemlisi yağın kirlilik oranıdır [23].

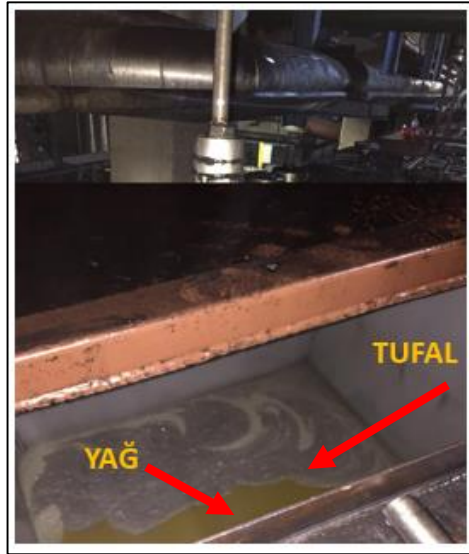
Yağdaki kirlilik çoğunlukla dış etmenler vasıtasıyla yağa karışan katkı maddelerinden kaynaklanır. Bu maddeler bir yandan yağın ısısını ve yapısını bozarken bir yandan da makina çalışırken parçaların hasar görmesine sebep olur. Ayrıca, yağ oranındaki

kirlilik makinalarda aşınmaya neden olurken, aşınma sonucu oluşan parçacıklarda kirlilik oranını artırır. Ek olarak, her ne kadar yağlama işlemlerinden sonra yağ filtrelerden geçse de sistem çalışırken pompalardan kaynaklı da yağ kirliliği meydana gelmektedir [24].

Yağdaki kirliliğe etki eden en büyük etkene örnek olarak çubuk kangal haddehanesinde yüksek sıcaklıkla tavlanma esnasında çeliklerin yüzeyinde oksitlenme sonucunda oluşan tufali de verebiliriz. Oluşan tufal haddeleme esnasında monoblok hadde de kullanılan yağlama yağına karışmaktadır. Sistem üzerinde geri dönüş hattında birçok filtre yer almasına rağmen çeşitli nedenlerden dolayı yağa karışan tufal rulmanlar, redüktör dişlileri, merdaneler ve yataklar gibi birçok kritik yerlerin aşınmasına ve makina parçalarının sorunsuz bir şekilde çalışmasına doğrudan etki etmektedir.

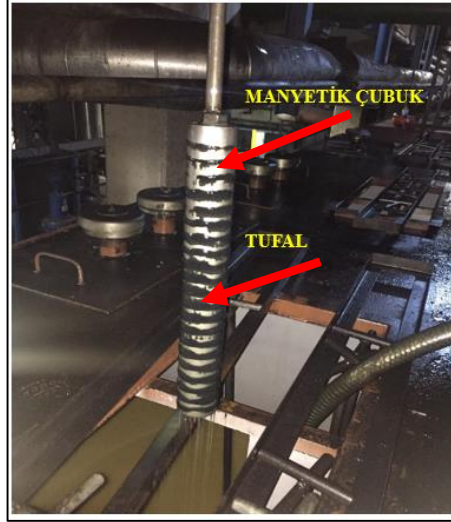
3.3.1. Yağlama Yağı Kirliliği Kontrol Noktaları

Monoblok hadde de yağlama yapıldıktan sonra tanka gelen yağın temiz olup olmadığını anlamak için kontrol noktaları referans alınır. Kontrol noktalarından ilki tank içerisindeki yağın görüntüsüdür. Yağın yüzeyinde oluşan tufal parçacıkları Şekil 3.6'daki gibi görünüyorsa yağ kirlidir ve tekrardan sisteme verilememektedir.



Şekil 3.7. Yağa karışan tufal.

Kontrol noktalarından ikincisi ise manyetik özelliğe sahip çubuk mıknatıslardır. Tank yüzeyinde tufal parçacıkları görünmediğinde yağın tekrardan kullanılabilirliğinden emin olmak için Şekil 3.7'deki gibi çubuk mıknatıslar tankın içine doğru yerleştirilir ve sık sık kontrolü yapılır.



Şekil 3.8. Manyetik çubuk ve tufal.

Manyetik özelliğe sahip çubuk mıknatısların yüzeyinde oluşan siyah tortular yağın tufalden kaynaklı kirliliğini göstermektedir. Şekil 3.7'de manyetik çubuk üzerindeki tufaller görülmektedir.

BÖLÜM 4

LİTERATÜR TARAMASI

Manyetik seperatörler manyetik ayırma yöntemlerinde kullanılan cihazlardır. Bu cihazlar endüstride ve cevher hazırlamanın birçok alanında hammaddenin ayrışmasında kullanılabilmektedirler. Manyetik seperatörlerin içinde bulunan manyetik ayırıcılar manyetik alan şiddetine göre yüksek alan şiddetli ve düşük alan şiddetli olarak sınıflandırılırlar. Ayrıca, ayrışmanın gerçekleştiği ortamın su veya hava olmasına göre de yaş veya kuru olarak da sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma ayrılacak olan hammaddenin manyetik alan duyarlılığına göre değişiklik gösterir.

Manyetik ayırıcılar, son yıllarda manyetik ayırıcıların içerisinde yer alan iletkenlerinde gelişmesiyle 10000 Gauss seviyelerinden 50000 Gauss seviyelerine yükselmiştir. Bu seviyeler manyetik seperatörün tasarlanmasında önemli rol oynamaktadırlar. Manyetik seperatörler tasarlanırken birçok parametre ele alınır. Bunlardan en önemlisi manyetik alan oluşmasıdır.

Manyetik alan şiddeti ayırma işleminin gerçekleştirileceği maddelerin manyetik duyarlılığına göre değişebilmektedir. Buna bağlı olarak maddeler manyetik özelliklerine göre paramanyetik, diyamanyetik ve ferrimanyetik olarak sınıflandırılmaktadır. Paramanyetik özellikteki maddelerin manyetik duyarlılığı düşük olup, yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılarla ayrılabilirler. Ferrimanyetik özellikteki maddelerin ise manyetik duyarlılığı yüksektir ve düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılarla ayrılabilirler. Diyamanyetik özellikteki maddeler ise manyetik özelliğe sahip olmadıklarından dolayı manyetik alanlardan etkilenmezler. Ancak diyamanyetik özellikteki maddeler manyetik özellik kazandırmak için ısı işleme maruz bırakılsa manyetik özellik kazanabilir ve manyetik ayırıcılarla ayrılacak boyutta bir özellik kazanabilirler. Bu sebeple günümüzde hemen hemen her maddeyi farklı işlemlerden geçirerek manyetik ayırıcılarla ayırabiliriz [25].

Endüstriyel alanda manyetik ayırma yöntemi ilk olarak 1792 yılında William Fullarton tarafından denenerek demir cevherinin zenginleştirilmesi üzerine alınan bir patenle başlamıştır. Daha sonra ABD’de 1849 yılında alına başka bir patent takip etmiştir [26].

Manyetik ayırma ile cevher zenginleştirme yöntemleri 1960 yılında Jones’in yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcısını geliştirmesiyle devam etmiştir. Ardından 1970 yılında bu cihazın endüstriyel alandaki uygulamaları başlamıştır. Aynı yıllarda Neodimyum (Nd), Kobalt (Co) ve Alüminyumdan (Al) oluşan manyetik ayırıcılar da geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda manyetik ayırmanın cevher hazırlamada ne kadar önemli olduğu görülmüş ve böylelikle yeni manyetik ayırma yöntemleri geliştirilmiştir [25].

Günümüzde kullanılan manyetik ayırıcılara öncülük edenlerin de içinde olduğu manyetik ayırıcı tiplerinin en önemlileri; Ransom Cook’un elektro-manyetik kuru tamburlu ayırıcısı (1849), John Smith’in durağan mıknatıslı kuru makaralı ayırıcısı (1870), Ball ve Norton’un paralel bantlı kuru ayırıcısı (1890) ve Wetheril’in yüksek alan şiddetli çapraz bantlı kuru ayırıcısı (1896)’dır. Daha sonra Forsgren’in düşük alanlı matriks tipi yaş manyetik ayırıcısı (1897), Gröndal’ın yaş tambur ayırıcısı (1899) ve Korda’nın yüksek alan şiddetli indüklenmiş rotor tipi kuru ayırıcısı (1905) gelişimi takip etmiştir. Son yıllarda ise Rapid’in yüksek alan şiddetli döner diskli kuru ayırıcısı (1920) ve Dings ve Roche’nin bantlı yaş ayırıcısı (1922) geliştirilmiştir. Son yıllarda ise yukarıda değinilen manyetik ayırıcılar ve tipleri referans olarak farklı özellikte manyetik ayırıcı tasarımları ve üretimleri yapılmıştır [27].

Manyetik ayırıcı üretimini yapan firmalara örnek olarak Bateman, HWdag, Metso Mineral, Roche, Humbold Wedag, Outotec ve Metso’yu örnek olarak verilebilir. Bu firmalar rulo tip manyetik ayırıcı, permos tipi, karosel ve hazne tipi, Jones tipi, WHIMS tipi, tambur tipi ve bant tipi manyetik ayırıcı üretimi üzerine çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmalarda zenginleştirilecek olan maddenin içerisindeki manyetik duyarlılığa göre manyetik alan şiddetleri sınıflandırılmış ve üretimleri yapılmıştır [25].

Bateman firması paramanyetik özellikteki maddelerin ayrışması için yüksek alan şiddetine sahip rulo tip manyetik ayırıcılar tasarlamıştır. Ayrışma işlemi hava ortamında olacağından dolayı yüksek alan şiddetine sahip rulo tip kuru manyetik ayırıcılar olarak üretimini gerçekleştirmiştir. Ayırma işlemi manyetik özelliğe sahip iki adet rulo, malzeme aktarımını sağlamak için bir adet bant ve bir bölücü bıçak üzerinden gerçekleştirilir. Bölücü bıçak sayesinde manyetik olan malzemeler manyetik olmayan malzemelerden ayrılır. Malzemelerin banda aktarımı ise besleme adı verilen titreşimli besleyiciler tarafından yapılır. Ayrıca yüksek alan şiddetine sahip rulo tip kuru manyetik ayırıcılar 0,8mm den daha iri taneli malzemeleri ayırmada ve ince tane uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu malzemelere örnek olarak refrakter hammaddeleri (şamot ve şiferton), seramik hammaddeleri (vollastronit), demir cevheri, kuvarslar, kimberlitler, zayıf akışkan malzemeler (diyatomit ya da asbest) ve çok ince taneli malzemeler (kireçtaşı, talk, vollastonit ve bentonit) verilebilir [28].

HWdag firması paramanyetik özellikteki malzemelerin ayrışması için permos tipi ayırıcı üretmiştir. Elektrik akımından faydalanarak oluşturulan yüksek alan şiddetine sahip kuru tip ayırıcının metal halkalara duyarlılığı fazladır. 0,5 mm ile 12 mm boyutunda malzemedan beslenen sistem 15.000 Gauss manyetik alan şiddetine sahiptir. Üretilen bu cihazla silikon, manyezit, korendom, karbit ve refrakter malzemeleri zenginleştirilmiştir [25].

Endüstride önemli bir yeri olan kuru tip manyetik ayırıcıların yanında son yıllarda yaş tip manyetik ayırıcılar da üretilmeye başlanmıştır. Bunlara örnek olarak Metso Mineral firmasının ürettiği yüksek alan şiddetine sahip yaş tip ayırıcıları verebiliriz. Karosel veya hazne tipi olarak iki farklı şekilde tasarımı yapılan manyetik ayırıcıların halen üretimi yapılmaktadır. 24.000 Gauss'a kadar manyetik alan şiddetine ulaşan ayırıcı ile birkaç mikron boyutlarına kadar ayrışma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Kalkopirit, boksit hematit, apatit, applit ve seramik killer gibi çok ince taneciklerin zenginleştirilmesinde kullanılabilir [25].

Yüksek alan şiddetine sahip yaş manyetik ayırıcılar için Roche firması da çalışmalar yapmıştır. İlk uygulaması 1978 yılında olan manyetik ayırıcı kolektör beslemesine

sahiptir ve WHIMS tipindedir. 20.000 Gauss'a kadar çıkabilen manyetik alan şiddetine sahip manyetik ayırıcılar rutil minerallerinin ayrışması için üretilmiştir [25].

Humboldt wedag firması tarafından üretilen Jones tip ayırıcı ise yüksek alan şiddetine sahip yaş manyetik ayırıcılardandır. 20 mikron ile 1 mm arasında taneciklerin ayrışmasını sağlayan bu ayırıcı, hematit ve zayıf manyetik özellikte olan maddelerin zenginleştirilmesinde kullanılır. 17.000 Gauss'a kadar çıkabilen manyetik alan şiddetine sahip manyetik ayırıcılar ile saatte 120 ton kapasiteyle ayrışma işlemi gerçekleştirebilmektedir [25].

Endüstride en yaygın olarak kullanılan yaş tipi manyetik ayırıcı ise Outec firmasının ürettiği düşük alan şiddetine sahip yaş tambur tipi ayırıcılardır. 10mm veya daha küçük tanelerin ayrışması amaçlanan ayırıcıda, sulu manyetik veya herhangi bir sıvı içerisinde karışan manyetik özelliğe sahip malzemeler ayrışmaktadır. Tambur yüzeyindeki mıknatıslar sayesinde tambur yüzeyine temas eden sıvı-tanecik akışında manyetik özellikteki tanecikleri yüzeyde tutarak ayrımı gerçekleştirir. Yaş ortamda çalışan manyetik tamburlar çoğunlukla belirli bir çapta ve mıknatıs diziliminde üretilirler. Manyetit minerallerin zenginleştirilmesinde veya kömür yıkama tesislerinde geri kazanımında da kullanılabilir [25].

Düşük alan şiddetine sahip yaş manyetik ayırıcılardan bir diğeri ise Metso firmasının ürettiği sıvı ile ferrimanyetik özellikteki maddeleri ayıran bant tipi yaş manyetik ayırıcılardır. 500 ile 5.000 Gauss arasında manyetik alan şiddetine sahip olan bant tipi ayırıcılar 0,5 mm ile 300 mm arasında besleme boyutuna sahip maddelerin zenginleştirilmesinde yüksek verimle çalışmaktadır. Bahsi geçen bu ayırıcı boru içerisinde akan manyetik özellikteki maddelerin geri kazanımında kullanılmaktadır [25].

Günümüzde ise Manyet firmasının ürettiği düşük alan şiddetine sahip yaş manyetik tambur ayırıcıları özellikle akışkan sıvı içerisindeki maddelerin zenginleştirilmesi için tasarlanmıştır. Yapılan tasarım ile sıvı içerisinde yer alan manyetik özellikteki maddenin sıvıdan ayrışması hedeflenmektedir. Ayrışması istenen malzeme tamburun yüzeyine dökülür ve tambur yüzeyinde yer alan mıknatıslar sayesinde manyetik

zellikteki madde tambura tutunur. Manyetik özellikte olmayan malzemeler ise tambur tarafından yakalanamadığından sistemden dışarı atılır. Böylelikle akışkan içerisindeki kimyasal yapı bozulmadan malzemenin saflığı korunur [29].

Bu çalışmada, manyetik tufal seperatörün tasarlarken düşük alan şiddetine sahip yağ tambur tipi manyetik ayırıcısı referans alınmıştır. Ayrıca, tasarım oluşturulurken ferrimanyetik maddeler sınıfına giren tufalin yağ ile ayrışması için tambur yüzeyinde manyetik alan oluşturulmuştur. Yağdan tufal ayrışması işlemi gerçekleşmiştir.

BÖLÜM 5

MANYETİK SEPERATÖR TASARIMI

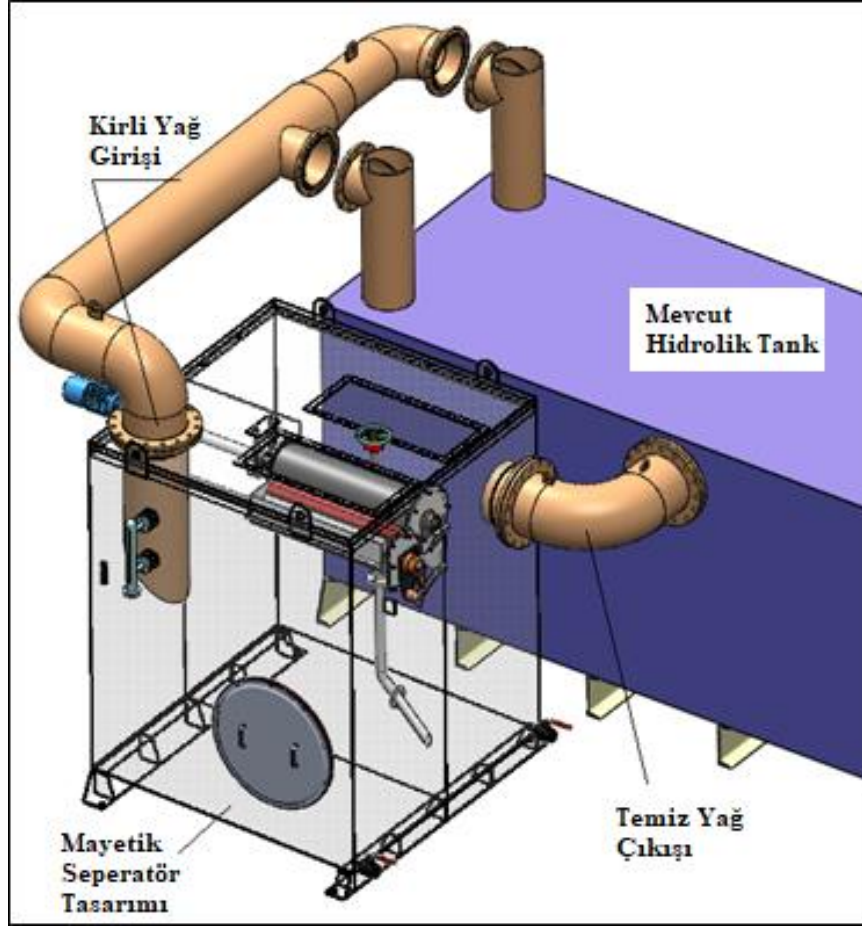
5.1. MATERYAL VE METOT

Manyetik seperatör sistemi; elektrik motoru ve redüktör (POZ 1), manyetik tambur (POZ 2), tufalli yağın ayrıştırılabilmesi için iki bölmeli bir tank (POZ 3), sıyırıcı (POZ 4), ayrıştırılan kirliliğin sistem dışına tahliyesi için tahliye borusu (POZ 5), gerektiğinde tankın içindeki kirli ve temiz yağın ayrı ayrı boşaltılabilmesi için tahliye vanaları (POZ 6), tank içinde bakım ve temizlik yapılabilmesi için biri tankın önünde, diğeri üstünde olmak üzere iki menhol kapağı (POZ 7, POZ 9) ve haddeleme sisteminden gelen kirli yağın tankın kirli yağ bölmesine girmesi için kirli yağ giriş borusundan (POZ 8) oluşmaktadır.

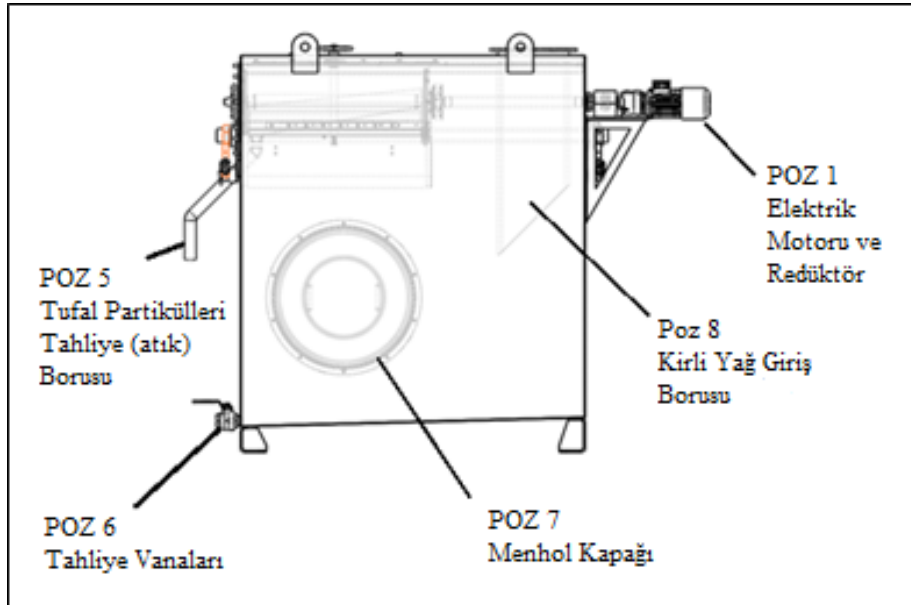
Haddeleme işlemlerinden sonra Şekil 4.1’de gösterildiği üzere içinde tufal partikülleri ve metalik tozlar bulunduran kirli yağ tankın kirli yağ bölmesine kirli yağ giriş borusu (POZ 8) yardımıyla kirli yağ tamburunun belirli bir kısmına kadar doldurulmaktadır. Burada amaç yağ içindeki sisteme zarar verebilecek nitelikteki tufal parçacıklarının ve metalik tozların devir ayarına sahipmanyetiklik özelliği kazandırılmış tambura tutunmasını sağlamaktır.

Manyetik Seperatör üzerine tutunan söz konusu parçacıkları, tambur üzerinden sıyırıcı (POZ 4) yardımı ile sıyırılmakta ve sıyırıcı konstrüksiyonu üzerinde bulunan oluktan tahliye borusuna (POZ 5) gönderilerek atık olarak sistem dışına çıkarılmaktadır.

Manyetik seperatör sistemi Solidworks 2019 yazılımı kullanılarak modellenmiştir. Tasarım patet aşamasında olduğu için detay hesaplamalarına yer verilmemiştir. Haddehane içindeki yerleşimi Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Yandan görünümü ise Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Manyetik seperatör sistemi yerleşimi.



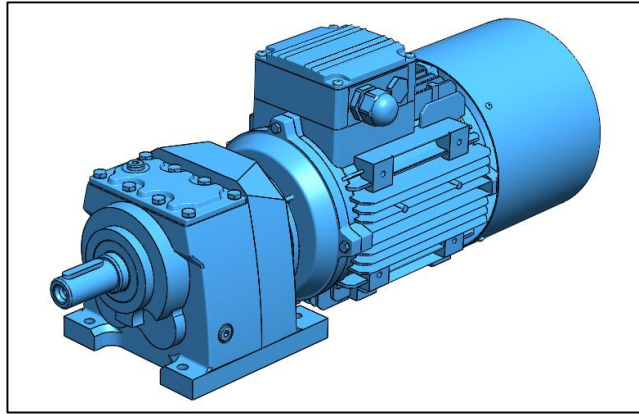
Şekil 5.2. Manyetik seperatör sistemi yan görünüm.

5.1.1. Elektrik Motoru ve Redüktör (POZ 1)

Manyetik tamburun düşük devirle dönmesi ve gerektiğinde devrinin artırılıp azaltılabilmesi önem arz etmektedir. Tamburun bir kısmı kirli yağ içinde bulunmaktadır. Manyetik tambur üzerine tufal parçacıkları ile birlikte belli bir miktar yağ da tutunmaktadır. Sıyırıcıya ulaşıncaya kadar içinden parçacıkları çekilmiş kirli yağın tambur üzerinden yerçekimi kuvveti etkisiyle tekrar kirli yağ haznesine akması gerekmektedir. Çizelge 5.1’de redüktörün özellikleri verilmiştir. Şekil 5.3’te seçilmiş olan elektrik motoru ve redüktör ve Şekil 5.4’de ise elektrik panosu gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Redüktör özellikleri.

Marka ve Tip	Yılmaz Redüktör MR373-3E71M/6C
Çıkış Devri [nç]	5.9 (d/d)
Redüktör Çevrim Oranı [i]	157.76
Güç [P]	0.18 kW
Sistem Verimi [η]	0.93
Çıkış Mili Çapı [mm]	40



Şekil 5.3. Elektrik motoru ve redüktör.



Şekil 5.4. Elektrik panosu.

Monoblok tip heliksel dişli özelliğine sahip redüktör, Kardemir içerisinden tedarik edilmiştir. Atıl durumda iken sisteme entegre edilmiştir.

Seçilen redüktörün sistemde verimli çalışıp çalışamayacağı ise sıyrıcıya gelen kuvvet hesabına göre belirlenmiştir. Öncelikle Denklem (5.1)'de motor devri ve denklem (5.2)'de motor momenti hesaplanmıştır.

$$\text{Motor devri } (n_m) = n_{\text{ç}} * i = 5.9 * 157.76 = 930.8 \text{ d/d} \quad (5.1)$$

$$\text{Motor momenti } (M_M) = 9550 * \frac{P}{n_m} = 9550 * \frac{0.18}{930.8} = 1.85 \text{ Nm} \quad (5.2)$$

Motor devri ve motor momenti hesapladıktan sonra redüktör çıkış momentini hesaplamak için gerekli olan redüktör çevrim oranı ise seçilen redüktörün katalog özelliklerinden alınarak denklem (5.3)'de hesaplama tamamlanmıştır. Hesaplama yapılırken sistem verimide denkleme eklenmiştir.

$$\text{Redüktör çıkış momenti } (M_R) = M_M * i * \eta = 1.85 * 157.76 * 0.93 = 271.42 \text{ Nm} \quad (5.3)$$

Redüktör momenti hesaplandıktan sonra sıyrıcıya gelen kuvvet ise denklem (5.4)'de belirtilmiştir. Tambur yarıçapı (R) 0.161 olan sisteme gelen uygulanan kuvvet 1685.88 N olarak hesaplanmıştır. Denklem (5.5)'de ise hesaplanan kuvvetten ağırlık

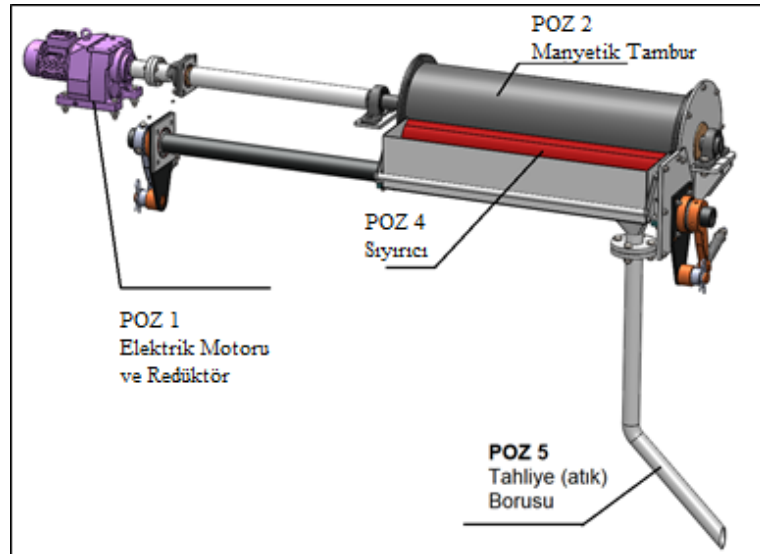
hesabına gidilmiştir. Uygulanan ağırlığın 171,85 kg olması seçilen motorun ve redüktörün sistemin çalışması için yeterli kapasitede olduğunu göstermektedir.

$$\text{Sıyırıcıya gelen kuvvet (F}_s\text{)} = \frac{MR}{R} = \frac{271.42}{0.161} = 1685.88 \text{ N} \quad (5.4)$$

$$\text{Ağırlık (m)} = \frac{F_s}{g} = \frac{1685.88}{9.81} = 171,85 \text{ kg} \quad (5.5)$$

5.1.2. Manyetik Tambur (POZ 2)

Tambura manyetiklik özelliği içerisinde bulunan doğal mıknatıslar yardımıyla kazandırılmıştır. Yağ ikinci hazneye geçerken 1 no'lu elektrik motorunun tahrik ettiği manyetik tambura temas etmekte ve bu manyetik tambur yağ içerisindeki tufalleri tutmaktadır. Manyetik tambur konstrüksiyonu Şekil 5.5'te POZ 2 olarak gösterilmiştir.

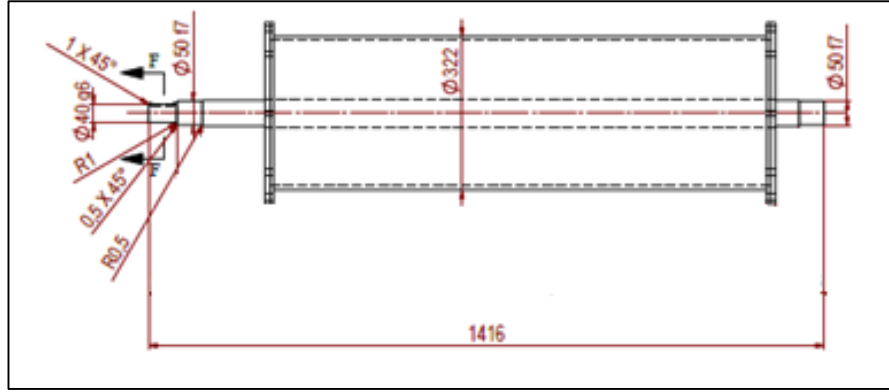


Şekil 5.5. Manyetik tambur konstrüksiyonu.

Tasarlanan tambura ait teknik özellikler aşağıda Çizelge 5.2'de sıralanmış ve tambur teknik resmi Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Tambur teknik özellikleri.

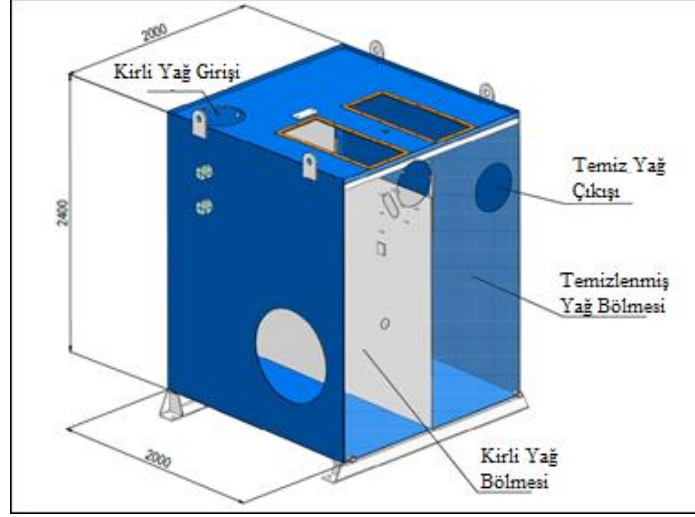
Tambur Çapı (Ø)	322mm
Tambur Uzunluğu (L)	1033mm
Manyetizma	Yarımay Sabit N52 14.000 Gauss Manyetizma
Tambur Yüzeyi	3.000 Gauss Manyetik Alan Şiddeti
Tambur Zırhı (3mm)	AISI316



Şekil 5.6. Tambur teknik resmi.

5.1.3. Tank (POZ 3)

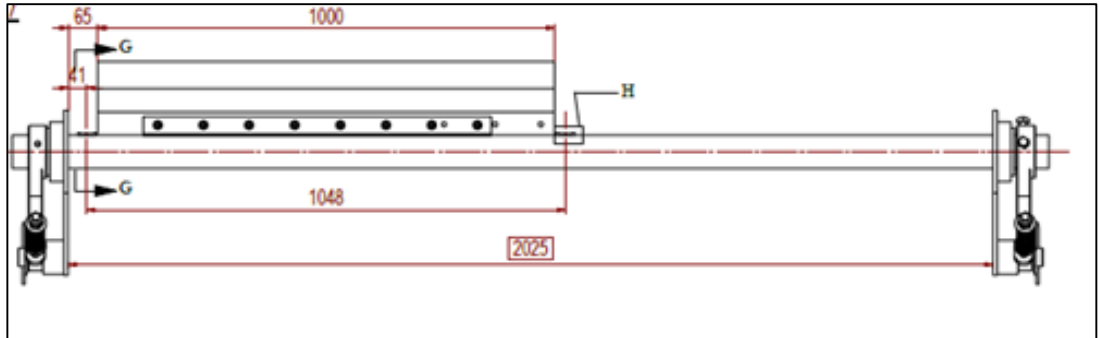
Tank Şekil 5.7' de görüldüğü gibi modellenmiştir. St 37 kalite malzemeden üretilen tank, sistemden dönen yağın girdiği ve temizlenen yağın haddeleme sistemine tekrar gönderilmek üzere alındığı iki bölmeden oluşmaktadır. Temizlik ve bakım için hem kirli yağ bölmesi hem de temizlenen yağ bölmesi üzerinde iki ve tankın ön tarafında bir olmak üzere üç menhol (giriş) kapağı tasarlanmıştır.



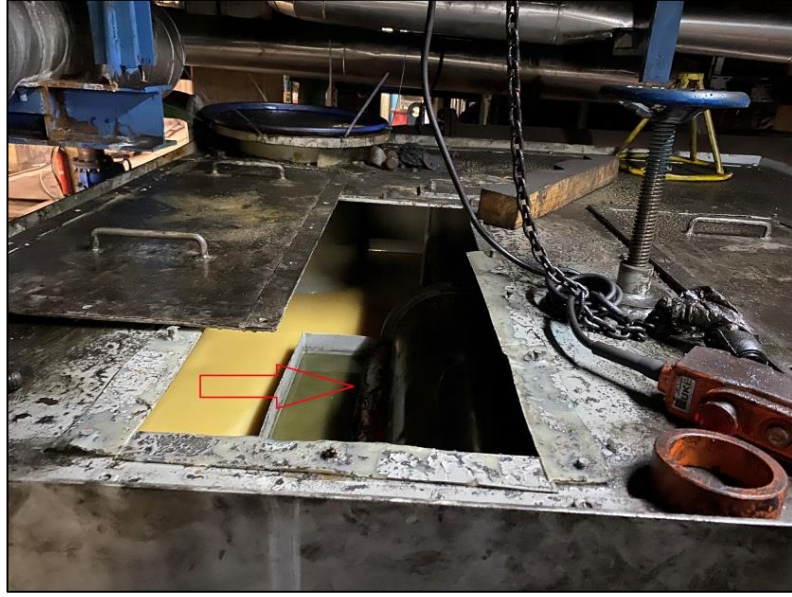
Şekil 5.7. Tank gövdesi.

5.1.4. Sıyırıcı (POZ 4)

Tambura manyetiklik etkisi ile tutunan tufal partiküllerini tambur yüzeyinden sıyırarak tahliye oluğuna dökmek için kullanılan sıyırıcı mekanizması Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 5.9'da ise sıyırıcı mekanizması yandan görünüşü gösterilmiştir. Sıyırıcı mekanizmasının üzerinde bulunan ve endüstride silgi olarak adlandırılan parçanın tambur üzerine basması için yay gergisi kullanılmıştır.



Şekil 5.8. Sıyırıcı mekanizması.

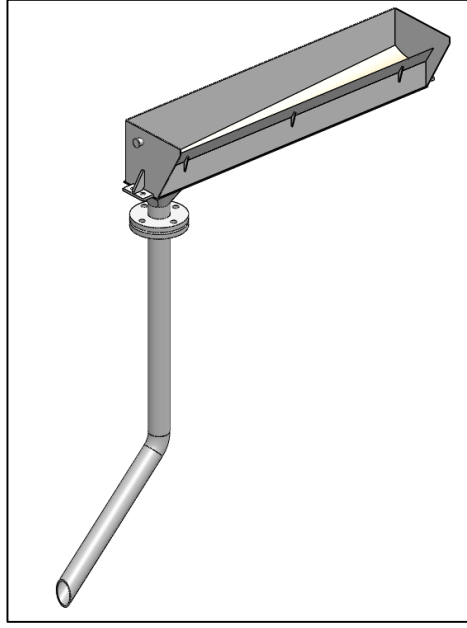


Şekil 5.9. Sıyırıcı mekanizması yandan görünüşü.

Turuncu Standart Martın seçilen sıyırıcı, aşındırıcı şartlar ve solventlere veya yağa maruz kalma dâhil, çoğu bant sıyırıcı uygulaması için uygundur. Tipik malzemeleri ise boksit, kok, kömür, atık, çelik/ cevher'dir. $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında çalışma sıcaklığına sahiptir. Bant ucundaki sıyırıcı tipinin performans görevi C sınıfı seçilmiştir. Band genişliği 400-2200 mm kadar üretimi olabilen sıyırıcı tasarımda 1000 mm olarak modellenmiştir. Tambur çapı da 300-580 mm olan sistemlerde kullanılan sıyırıcı tipi 322 mm çapına sahip olan tamburumuz için uygun şekilde çalışmaktadır. Bu ölçülerde bandın maksimum çalışma hızı 4,6 m/s'dir.

5.1.5. Oluk ve Tahliye Borusu (POZ 5)

Sıyırıcı silgisi üzerinden akan tufal parçacıkları yabancı bir miktar açılı olarak tasarlanmış bir oluk yardımı ile tahliye borusuna aktarılmakta ve buradan atık olarak sistem dışına çıkarılmaktadır. AISI314 kalite malzeme olarak üretilen oluk ve tahliye borusu Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

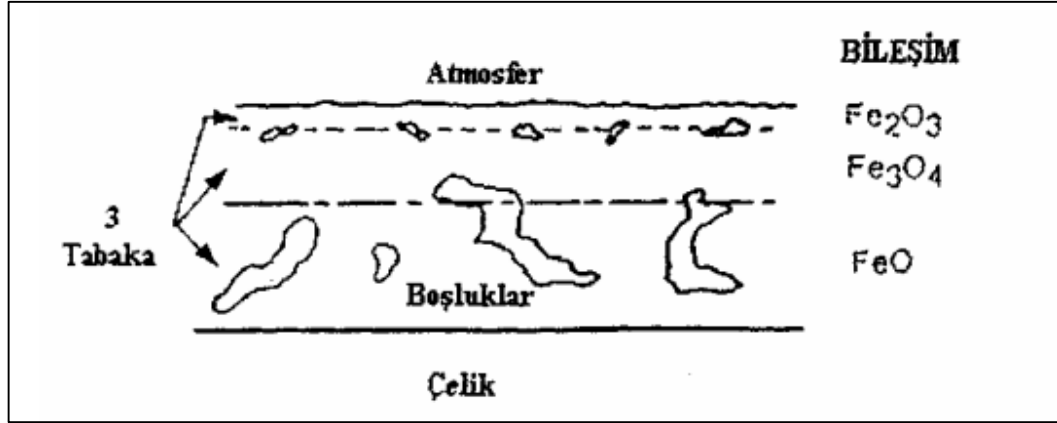


Şekil 5.10. Oluk ve tahliye borusu.

5.1.6. Hadde Tufali ve Özellikleri

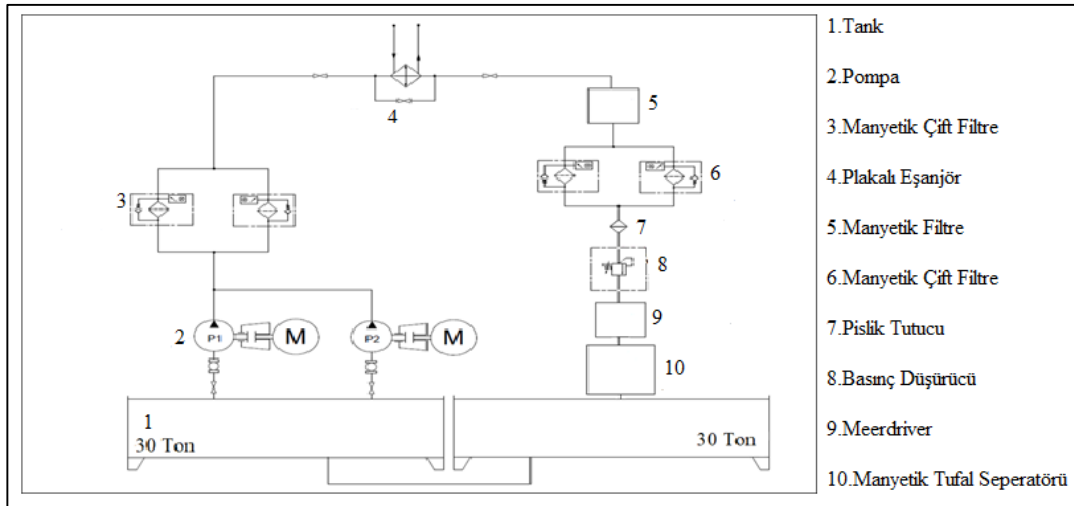
Haddeleme ve tavlama işlemleri sırasında çelik ile oksijenin reaksiyonundan sonra oluşan tüm demiroksit bileşimlerine tufal denir [30]. Çubuk kangal haddehanesinde tufal oluşumu tavlama işleminden başlayıp paketleme işlemine kadar gerçekleşir. İlk olarak tav fırınından sonra oluşan tufal, daha sonra hadde tezgâhlarında haddeleme esnasında da meydana gelir.

Şekil 5.11’de görüldüğü gibi haddehane tufali 3 katmandan oluşmaktadır. En üst katman hematit (Fe_2O_3), ortadaki katmanda manyetit (Fe_3O_4) ve en alt katmanda wüstit (FeO) bileşenleri oluşmaktadır. Tufalin orta katmanında oluşan (Fe_3O_4) düşük alan şiddetine sahip manyetik ayırıcılarla zenginleştirilebilir. Ferromanyetik mineraller grubuna giren bu katman tufal ile yağın seperatör kısmında tufalin manyetik özellikteki tambura tutunarak yağ ile ayrışmasını sağlamaktadır [30].



Şekil 5.11. Tufalin mikroyapısı [30].

5.1.7. Haddehane Sıvı Yağlama Sistemi Yeni Hali



Şekil 5.12. Haddehane sıvı yağlama sistemi yeni hali.

Haddehane sıvı yağlama sisteminin manyetik tufal separatörü eklendikten sonraki yeni hali Şekil 5.12'de gösterilmiştir. Şekil 3.1'de direk tanka giren yağ, yeni sistemde Meerdriever'dan sonra manyetik tufal separatöründen geçtikten sonra tanklara gönderilmiştir. Ayrıca sistem çalıştığı sürece manyetik separatör de çalışmakta olup, yağın kirlilik oranı sık sık kontrol edilerek tanklara gönderilmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR

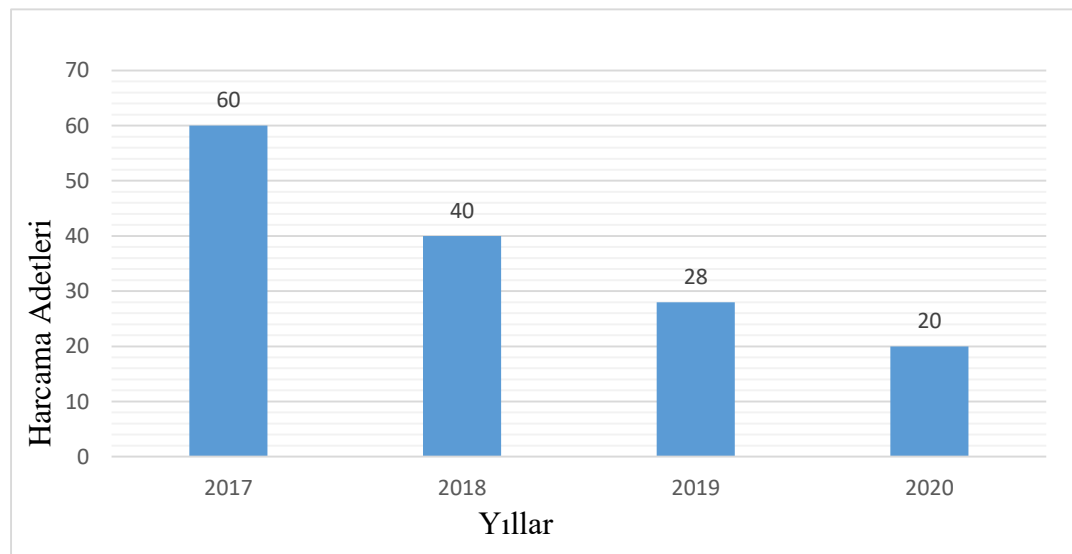
Bu çalışmada monoblok haddede kullanılan yağlama yağının tekrardan sistem üzerinde kullanılabilmesi için yağı tufalden ayıran manyetik seperatör tasarlanmıştır. Tasarım ele alınırken tufalin manyetik özelliğinden yararlanılmış olup, yağ ile tufalin ayrışması tek bir sistem üzerinden gerçekleştirilmiştir. Tasarım oluşturulurken elektrik motoru ve redüktör seçimi sistemin sürekli çalışmasından dolayı yüksek güçte ve hızda seçilmiştir. Tank kapasitesi ise işletmeden alınan bilgiler doğrultusunda monoblok haddede geri dönüş hattındaki yağın debisine göre belirlenmiştir. Ayrıca sistemde kirli ve temiz yağın ayrı ayrı boşaltılabilmesi için tahliye vanaları da tasarıma eklenmiştir. Tasarım sonucunda;

1. Manyetik tufal seperatörü tasarımından önce ve manyetik tufal seperatörü tasarımından sonra yağ sarfiyat ve maliyeti Çizelge 6.1’de gösterilmektedir. Tasarım oluşturulmadan önce monoblok haddede kullanılan 40 ton yağlama yağı 2 sefer komple değişirken, takviye yağlar ile birlikte 2 yılda yaklaşık 100 ton sarf edilmiştir. Seperatör tasarımı oluşturulduktan sonra ise komple yağ değişimi gerçekleşmemiş olup, 2 yılda toplam 20 ton yağ sarf edilmiştir. Yağın güncel maliyetinin yaklaşık 6.70 €/kg olması işletmede 2 yılda $80.000 \text{ kg} \times 6.70 \text{ €/kg} = 536.000 \text{ €}$ ’luk bir yağ tasarrufu sağlamıştır.

Çizelge 6.1. Manyetik tufal seperatörü tasarımından önce ve manyetik tufal seperatörü tasarımından sonra yağ sarfiyatı ve maaliyeti.

Harcamalar	Manyetik Tufal Seperatörü Tasarımından Önce	Manyetik Tufal Seperatörü Tasarımından Sonra	Gerçekleşme Süresi
Komple Değişim Sayısı	2	0	2 YIL
Bir Komple Değişim Miktarı	40 Ton	0	
Takviye Edilen Yağ Miktarı	20 Ton	20 Ton	
Toplam Sarfiyat	100 Ton	20 Ton	
Yağ Maliyeti	6.70 € X 100.000 kg	6.70 € X 20.000 kg	
Toplam	670.000 €	134.000 €	

2. Filtrelerde manyetik tufal seperatörü tasarımdan sonra sarfiyat 3'te 1 oranında azalmış olup, önceki kullanımlarda (2017-2018 yıllarında) yılda 40 ile 60 adet arası filtre değişimi yerine mevcut durumda (2019-2020 yıllarında) yılda 20-28 adet arası filtre değişimi gerçekleşmiştir. Bu değişim Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Ayrıca seperatör kullanıldıktan sonra kaymalı yataklarda herhangi bir aşınma gerçekleşmediğinden yatak değişimlerine de ihtiyaç duyulmamıştır.



Şekil 6.1. Yıllara göre filtre harcama adetleri.

3. Monoblok haddede sistemin çalışmasında önemli bir etkiye sahip olan 20 tane modül dişli seti ve kaymalı ve rulmanlı yataklarda değişim meydana gelmesi engellenmiştir. Sistemde her bir modül dişli setinde 4 adet rulman, 2 adet dişli, 2 set saymalı yatak ve 2 adet eksantrik burç bulunmaktadır. Modül dişli seti ve kaymalı ve rulmanlı yatakların maliyet hesapları Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Toplamda 201.740 €’luk sarfiyatın önüne geçilmesi sağlanmıştır.

Çizelge 6.2. Modül dişli seti ve kaymalı ve rulmanlı yatakların maliyet hesapları.

	Modül Adeti	Her Bir Modül Rulman Adeti	Her Bir Modül Dişli Şaft Adeti	Kaymalı Yatak (Set)	Eksantrik Burç Adeti
Adet Sayısı	1	4	2	2	2
Maaliyet (1 Adet)		530 €	3.567 €	780 €	4.680 €
Toplam Maaliyet	10	530 €*4*10 =21.200 €	3.567 €*2*10 =71.340 €	780 €*2*10 =15.600 €	4.680 €*2*10 =93.600 €

4. Yağın sisteme iletilmesini sağlayan pompalarda ise tufalden kaynaklanan aşınmaların önüne geçilmiş olup, her bir adeti 10.080 € olan 2 adet pompanın uzun süre arıza vermeden ve değişime uğramadan sorunsuz çalışması sağlanmıştır.

5. Monoblok hadde de her bir haddeye özel olan redüktörlerin tufalden kaynaklı sorun yaşamaması hem üretim esnasında sorun çıkmaması hem de değişim maaliyeti açısından oldukça önemlidir. Monoblok hadde de her bir standda 10 adet redüktör ve 22 adet rulman mevcuttur. Sistemde yağlama esnasında yağda oluşacak problem tüm redüktörlerin ve rulmanların değişimine yol açmaktadır. 1 adet redüktörün yağlamadan kaynaklı komple set değişimi 300.000 €’dur. Yağlamadan kaynaklı problem yaşanmasında ise 10 adet redüktörün komple set değişimini meydana gelmektedir. Bu durum ise 3.000.000 €’luk bir değişim maliyetine sebep olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Demirkol, M., “İmal Usulleri-2 Plastik Şekil Verme Ders Notları”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, İstanbul (2010).
2. Şenel, M., “Metallerde Plastik Şekillendirme İşlemleri”, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Samsun (2018).
3. Akcan, F., “Tel çubuk haddehanesi projesi (400.000 ton/yıl)”, *Çed Başvuru Dosyası*, 4 (2018).
4. İnternet: Arij Global Trading, “Top Steel Wire Rod Suppliers”, <https://arijco.com/top-suppliers-steel-wire-rod/> (2021).
5. İnternet: Saerstahl, “Centre for the Manufacture of Wire Rod -Rolling Mill Burbach”, <https://www.saerstahl.de/sag/en/group/production-works/burbach-works/rolling-mill-burbach/index.shtml> (2021).
6. İnternet: ArcelorMittal, “ArcelorMittal Long Products-Bar&Rods”, <https://barsandrods.arcelormittal.com/productoffer/productrange/> (2021).
7. İnternet: Evraz, “Annual Report & Accounts 2019”, <https://www.evraz.com/en/company/history/> (2021).
8. İnternet: ShagangGroup, “Ürünler”, <http://eng.shasteel.cn/cpyfw/cpjs/cpjs/xccp/index.shtml/> (2021).
9. İnternet: Yaşarlar, “Filmaşın”, <http://yasarlardemir.com/tr/urun/detay/1205/filmasin> (2021).
10. İnternet: İsdemir, “Kurumsal”, <https://www.isdemir.com.tr/kurumsal/> (2021).
11. İnternet: Habaş, “Üretim”, <https://www.habas.com.tr/Category/Alias/uretim> (2021).
12. İnternet: Ege Çelik, “Kurumsal”, <https://www.egecelik.com.tr/tr/genel-bakis/> (2021).
13. İnternet: Kroman Çelik, “Kurumsal”, <https://www.kromancelik.com.tr/hakkimizda.php/> (2021).
14. İnternet: Has Çelik, “Üretim”, <https://www.hascelik.com/tr/sicakhadde> (2021).

15. İnternet: Diler Demir Çelik Endüstrisi ve Tic. A.Ş., “Tel-Çubuk Haddehane”, http://www.dilerhld.com/grup.asp?anagrup_no=3&grup_no=12/ (2021).
16. İnternet: Tosyalı Holding, ‘Tosyalı Filmaşın ve İnşaat Demir Üretim San. A.Ş.’, <https://www.tosyaliholding.com.tr/faaliyet-alanlarimiz/grup-sirketleri/yurt-ici-istirakler/tosyali-filmasin-ve-inaaat-demir-uretim-san-as/> (2021).
17. İnternet: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği, ‘Kardemir Karabük Demir Çelik San. ve Tic. A.Ş.’, <http://celik.org.tr/kardemir-karabuk-demir-celik-san-ve-tic-a-s/> (2021).
18. İnternet: Docplayer, ‘Destekleme Elemanları’, <https://docplayer.biz.tr/8807438-Destekleme-elemanlari.html> (2021).
19. L.Mott R., M.Vavrek E., Wang J., “Machine Elements in mechanical design”, Adrew Gilfillan, New York, 563- 567 (2004).
20. Yıldız A.R., “Kaymalı Yataklar-2”, *Bursa Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Bursa (2015).
21. İnternet: Teknik Bilgi Sitesi, ‘Kaymalı yataklar’, <https://teknikbilgisitesi.blogspot.com/2015/01/kaymal-yataklar.html?m=1> (2021).
22. İnternet: Termotrans, ‘Tranter plakalı ısı eşanörleri’, http://www.termotrans.com/Sokulebilir_Tip_isi_Esanjorleri.asp (2021).
23. İnternet: Mobil, ‘Mobil vacuoline 525 sirkülasyon yağları’, <https://www.mobiloil.com.tr/tr-tr/industrial-products/mobil-vacuoline-525> (2021).
24. H.Çağlayan İ., Kurt R., Özkürkçü Y., “Hidrolik ve yağlama yağlarında kirliliğin önemi”, *1.Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi Ve Sergisi*, 215-227, (2005).
25. Hacifazlıoğlu H. “Manyetik ayırmadaki son gelişmeler ve alternatif manyetik ayırıcı tiplerinin tanıtılması”, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi.*, 75-93 (2011).
26. Yalçın T., Şok G., “Demir cevherinin zenginleştirilmesi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi.*, 20-32 (2006).
27. Özeren M., “Manyetik ayırma yönteminin gelişimi, güncel ve gelecekteki sorunları”, *Teknoloji Dairesi MTA.*, 339-354 (2006).
28. Ekmekçi Z., “Yüksek alan şiddetli sürekli miktatsız ayırıcılar özellikleri ve uygulamalar”, *Madencilik.*, 39-46 (2006).
29. İnternet: Manyet, ‘Yaş Manyetik Tambur Seperatörler’, <http://manyet.com/yas-manyetik-tambur-separatorler/>, (2021).

30. Önkibar, G., “Entegre demirçelik tesisi tufalinden doğrudan redüklenme yöntemi ile ham demir üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 49-53 (2007).

ÖZGEÇMİŞ

Ayşegül Çakar ilk ve orta öğrenimini Hatay'da tamamladı. Fatih Anadolu Lisesi Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2012 yılında Gaziantep Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2017 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2019 yılında Gaziantep Üniversitesi Makina Mühendisliği Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim dalında yüksek lisansa başladı. 2019 yılında Kardemir A.Ş.'de işe başlamasıyla yüksek lisans eğitimine Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makina Mühendisliği Mekanik Ana Bilim dalına yatay geçişle geçerek devam etti. Kardemir A.Ş.'de çalışmaya devam etmektedir.