

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

“ POMPALARDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ve KAÇAKLARIN  
PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ”

ERKAN GÜLMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI

BURSA  
2006

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

“ POMPALARDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ve KAÇAKLARIN  
PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ”

ERKAN GÜLMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI

BURSA  
2006

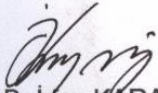

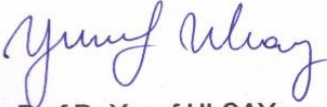
T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

“ POMPALARDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ve KAÇAKLARIN  
PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ”

ERKAN GÜLMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ, TERMODİNAMİK ANABİLİM DALI

Bu Tez 21.08.2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

 Prof. Dr. İnan KARAGÖZ (Danışman )	 Prof. Dr. Atakan AVCI	 Prof. Dr. Yusuf ULCAY
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

## ÖZET :

Santrifüj pompa dizaynlarında çok özel durumlar dışında, hedef maksimum verime ulaşabilmektedir. Pompa verimindeki yüzdesel olarak sağlanan çok az artışlar dahi, uzun süre çalışan, özellikle yüksek güçlerde motor kullanan pompalarda toplamda yüksek enerji tasarrufları sağlamaktadır. Bu hedef doğrultusunda fan ve gövde yapıları dizayn edilirken, bazı diğer faktörlerde pompaların verimlerini etkilemektedir. Bu faktörlerden bir tanesi de pompa malzemesi ve malzeme ile döküm kalitesine bağlı olan yüzey pürüzlülüğüdür.

Yüzey pürüzlülüğü, sadece malzemeye bağlı olmayıp, işleme ve döküm kalitesine de bağlıdır.

Bu çalışmada, gövde malzemesi GG25 olan bir yatay santrifüj pompada, yüzey pürüzlülükleri farklı olan 3 farklı malzemeden çark kullanılarak yapılan deneylerle, pompa veriminin nasıl değiştiği test edilmiştir.

Aynı pompa gövdesinde, bronz, AISI316 Paslanmaz çelik ve GG25 Döküm demir malzemeden çarklar 6şar farklı çalışma noktasında test edilmiştir. Her noktadaki basma yüksekliği ve debi değerleri ile pompa motorunun çektiği amper ölçülmüş, motor verimi de dikkate alınarak, verim eğrileri çizilmiştir.

Bu çizimlerden sonra yüzey pürüzlülüğünün verim üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmalar göstermiştir ki, pompa çarkının yüzey pürüzlülüğünün düşürülmesi pozitif olarak yüzdesel verimi etkilemektedir.

*Anahtar Kelimeler ; Santrifüj, pompa, verim, yüzey pürüzlülüğü, hidrolik kaçaklar, enerji tasarrufu, çark.*

## **ABSTRACT :**

In the design of centrifugal pumps, except in very special conditions, the aim is always to reach the maximum efficiency. Even a little increase in rational efficiency, especially in the pumps those work long time per day with a high power motors, provides high energy savings. Due to this aim not only the design of the impellers and the volute but there are some other parameters those affect the pump efficiency. One of these parameters is the pump material and the surface roughness which depends on this material, and the moulding quality.

Surface roughness does not only depend on the material but it also depends on the quality of moulding and mechanical treatment.

In this study, some tests have been done on a horizontal centrifugal pump which has a GG25 volute by using 3 different impellers which are made by different materials and the efficiency has been determined.

In the same pump volute, bronze, AISI316 stainless steel and GG25 impellers have been tested on 6 different operating points for each. On each operating point, the head, flow and the amperage have been measured and by taking the motors efficiency into consideration, the efficiency curves have been drawn.

After obtaining the efficiency curves, it has been noticed that the surface roughness has effected the pump efficiency.

As a conclusion of the investigations, reducing the surface roughness of the impeller, effects the pump efficiency positively.

*Key Words ; Centrifugal, pump, efficiency, surface roughness, hydrolic losses, energy saving, impeller.*

1- GİRİŞ	1
2- SANTRİFÜJ POMPALAR	4
2.1. Santrifüj Pompaların Tanımı ve Ana Parçaları	4
2.2. Santrifüj Pompaların Çalışma Prensibi	6
2.3. Santrifüj Pompalarda Kullanılan Temel Büyüklükler	8
2.3.1. Debi	8
2.3.2. Manometrik Basma Yüksekliği	8
2.3.3. Güç	9
2.3.4. Efektif Güç	9
2.3.5. Hidrolik Güç	10
2.3.6. Gerçek Hidrolik Güç	10
2.3.7. Pompa Mil Gücünün Hesabı	10
2.3.8. Pompanın Genel Verimi	11
2.4. Santrifüj Pompalarda Karakteristik Eğriler	12
2.4.1. $H_m = f(Q)$ Ana Karakteristik Eğrisi	13
2.4.2. Yük Karakteristik Eğrisi	14
2.4.3. Verim Eğrisi	16
2.4.4. Güç karakteristiği	17
2.4.5. Dağ Eğrileri	17
2.5. Bir Santrifüj Pompanın Çalışma Noktası	18
3- YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	20
3.1. Sürtünme	20
3.2. Yüzey Kalitesi	20
3.3. Pürüzlü Yüzeylerde Hidrolik Verim Ölçümü	21
4- POMPA MALZEMELERİ	23
4.1. Çarklar	23
4.2. Gövde	24
4.3. Mil	24
4.4. Aşınma Halkaları	25
4.5. Pompa Malzemelerinin Seçimi	26
5- MALZEME BİLGİSİ	28
5.1. Esmer Dökme Demir	28
5.1.1. Esmer Dökme Demirin Tanımı	28
5.1.2. Esmer Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi	28
5.1.3. Bileşiminde Bulunan Elementler	29
5.1.4. Esmer Demirin Mikro Yapısı	30
5.1.5. Esmer Dökme Demirin Kullanımı	32
5.1.6. Esmer Dökme Demirin Akıcılığı	33
5.1.7. Esmer Dökme Demirin Sertliği	33
5.1.8. Esmer Dökme Demirin Aşınma Dayanımı	34
5.1.9. Esmer Dökme Demirin Isıl İşlemi	34
5.1.10. Esmer Dökme Demirin Ergitimi	35
5.2. Paslanmaz Çelikler	35
5.2.1. Ostenitik Paslanmaz Çelikler	36

5.2.2. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Simgelenmesi.....	37
5.2.3. Paslanmaz Dökme Çelikler.....	39
5.3. Bronzlar.....	41
5.3.1. Kalay Bronzları ve Çok Bileşenli Kalay Bronzları.....	41
5.3.2. Özellikler.....	42
5.3.3. Bronzun Ergitilmesi.....	43
5.3.4. Bronzun Katılaşması.....	43
5.3.5. Bronzun İşlenmesi.....	44
5.3.6. Bronzdaki Gözeneklilik.....	44
6- DENEYLER.....	46
6.1. Deneyin Amacı.....	46
6.2. Deney Standı ve Ölçme Yöntemi.....	46
6.3. Deneyin Yapılışı.....	50
6.3.1. Deneyde Çark Kullanımı Sırası.....	51
6.3.1.1. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile Deney Sonuçları	52
6.3.1.2. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	54
6.3.1.3. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan Deney Sonuçları.....	56
6.3.1.4. GG25 Çarkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	58
6.3.1.5. Bronz Çarkta Aşınma Halkaları ile Deney Sonuçları	60
6.3.1.6. Bronz Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	62
6.3.1.7. Bronz Çarkta Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan Deney Sonuçları.....	64
6.3.1.8. Bronz Çarkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	66
6.3.1.9. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile Deney Sonuçları...	68
6.3.1.10. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	70
6.3.1.11. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan Deney Sonuçları.....	72
6.3.1.12. AISI316 Çarkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları.....	74
6.3.2. Verim Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	76
6.3.2.1. Aşınma Halkaları ile Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması.....	77
6.3.2.2. Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması.....	78
6.3.2.3. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökülerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması.....	79

6.3.2.4. Bronz arkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökölerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması.....	80
6.3.2.5. AISI316 arkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökölerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması.....	81
6.3.3. Hata Analizi.....	82
6.4. Deney Sonuçları.....	83
7- SONUÇLAR VE DÜŞÜNCELER.....	85
8- KAYNAKLAR.....	86
9- EK-1, KSB Betablok 32-125 Pompa Bilgi Föyü.....	88
10- EK-2, ABB VT Serisi Vortex Debimetre Bilgi Föyü.....	89
11- EK-3, ABB 265 Serisi Basınç Sensörü Bilgi Föyü.....	90
12- TEŞEKKÜR YAZISI.....	91
13- ÖZGEÇMİŞ.....	92



## SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama	Birim
$\rho$	Özgül kütle	kg/m <sup>3</sup>
$\gamma$	Özgül ağırlık	N/m <sup>3</sup>
$v$	Özgül hacim	m <sup>3</sup> /kg
$Q, q$	Hacımsal debi	m <sup>3</sup> /s
$q_m$	Kütlesel debi	kg/s
$e$	Teğet vektör	-
$n$	Dik vektör	-
$N$	Güç	W
$N_h$	Hidrolik güç	W
$N_{ef}$	Efektif güç	W
$W$	İş	J
$\eta_v$	Hacımsal verim	-
$\eta_m$	Mekanik verim	-
$\eta_h$	Hidrolik verim	-
$\eta_g$	Genel verim	-
$\eta_o$	Devre verimi	-
$p$	Statik basınç	kPa
$T$	Mutlak sıcaklık	°C
$g$	Yerçekim ivmesi	m/sn <sup>2</sup>
$R$	Eğrilik yarıçapı	mm
$H_m$	Manometrik basma yüksekliği	mSS
$H_o$	Geometrik yükseklik	m
$\xi$	Yüzey Pürüzlülüğü	mm
$K$	Kayıp katsayısı	-
$\lambda$	Üniversal kayıp katsayısı	-
$e_1$	Radyal birim vektör	-
$e_2$	Çevresel birim vektör	-
$e_3$	Aksiyal birim vektör	-

Simge	Açıklama	Birim
$\omega$	Açısal hız	rad/s
i	Kademe sayısı	-
b	Çark genişliği	mm
D	Çark çapı	mm
Z	Çark kanat sayısı	-
Cu	Mutlak hızın sürüklenme hızı üzerine iz düşümü	-
Cm	Debi hızı	m/sn
$n_s$	Özgül hız	m/sn
$\sigma$	Thoma kavitasyon faktörü	-
Pat	Atmosfer basıncı	Bar
$\alpha$	Mutlak ve sürüklenme hızı vektörleri arası açı	Rad
$\beta$	Bağıl ve sürüklenme hızı vektörleri arası açı	Rad
t	zaman	s
L	Boru uzunluğu	mm
$\nu$	Akışkanın kinematik viskozitesi	mm <sup>2</sup> /sn
$\mu$	Dinamik viskozite	kg/m.s
Re	Reynolds sayısı	-
n	Dakikada devir sayısı	d/dk

## ŞEKİLLER DİZİNİ

No	Açıklama	Sayfa
1.1.	Arşimet Vidası	1
2.1.	Santrifüj pompanın ana parçaları	5
2.2.	Çark ve kanat boyut bilgileri	6
2.3.	Çark boyut bilgileri	6
2.4.	Manometrik basma yüksekliği	8
2.5.	Karakteristik eğri tespitinde kullanılan deney düzeneği	12
2.6.	Devire bağlı Hm-Q değişim eğrileri	13
2.7.	Verim eğrisi	16
2.8.	Dağ eğrileri	17
2.9.	Çalışma noktası belirleme düzeneği	18
3.	Yüzey pürüzlülüğü dalgaları	20
4.1.	Esmer Dökme Demir Yapısında Grafit Dağılımı	29
4.2.	Esmer dökme demirin mikro yapısı	29
4.3.	Ferritik esmer dökme demir	31
4.4.	Ferritik-Perlitik Esmer dökme demir	32
4.5.	Perlitik esmer dökme demir	32
5.1.	Bilgisayar destekli test ünitesinin blok şeması	47
5.2.	ABB Marka,VT42 Model Dijital Debimetre	48
5.3.	KSB Marka, Betablock 32-125 Santrifüj Pompa	48
5.4.	KSB Marka, 3 farklı malzemeden imal, kapalı tip çarklar	49
6	Bilgisayar destekli test ünitesinin menü ekranı görüntüsü	49
7	Pompa test ünitesinin şeması	50
8	139mm.GG25 Çark, Performans Eğrisi	52
9	139mm.GG25 Çark, Motor Güç Eğrisi	53
10	139mm.GG25 Çark, Verim Eğrisi	53
11	139mm. GG25 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	55
12	139mm. GG25 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	55
13	139mm. GG25 Çark (Aşınma Halkasız), Performans Eğrisi	56
14	139mm.GG25 Çark, (Aşınma Halkasız), Motor Güç Eğrisi	57
15	139mm.GG25 Çark,(Aşınma Halkasız), Verim Eğrisi	57
16	139mm. GG25 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	59
17	139mm. GG25 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	59
18	139mm.Bronz Çark, Performans Eğrisi	60
19	139mm.Bronz Çark, Motor Güç Eğrisi	61
20	139mm.Bronz Çark, Verim Eğrisi	61

No	Açıklama	Sayfa
21	139mm. Bronz Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	63
22	139mm. Bronz Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	63
23	139mm. Bronz Çark, Aşınma Halkasız, Performans Eğrisi	64
24	139mm. Bronz Çark, Aşınma Halkasız, Motor Güç Eğrisi	65
25	139mm. Bronz Çark, Aşınma Halkasız, Verim Eğrisi	65
26	139mm. Bronz Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	67
27	139mm. Bronz Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	67
28	139mm. AISI316 Çark, Performans Eğrisi	68
29	139mm. AISI Çark, Motor Güç Eğrisi	69
30	139mm. AISI316 Çark, Verim Eğrisi	69
31	139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	71
32	139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	71
33	139mm. AISI316 Çark, Aşınma Halkasız, Performans Eğrisi	72
34	139mm. AISI316 Çark, Aşınma Halkasız, Motor Güç Eğrisi	73
35	139mm. AISI316 Çark, Aşınma Halkasız, Verim Eğrisi	73
36	139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması	75
37	139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması	75
38	Aşınma Halkaları takılı iken Pompa Verimlerinin Kıyaslanması	77
39	Aşınma Halkaları yok iken Pompa Verimlerinin Kıyaslanması	78
40	GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok iken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması	79
41	Bronz Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok iken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması	80
42	AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok iken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması	81

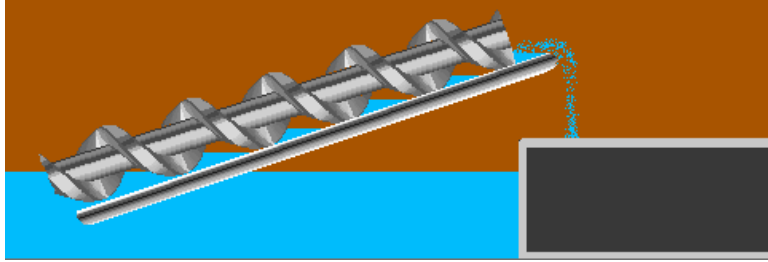
## ÇİZELGELER DİZİNİ

No	Açıklama	Sayfa
1	Santrifüj pompalarda malzeme seçimi	27
2	AISI Numaralarına göre paslanmaz çelik grupları	38
3	Ostenitik paslanmaz çeliklerin simgelenmesi	39
4	Siemens Motor Verimleri	50
5	GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney-1 sonuçları	52
6	GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -2 Sonuçları	54
7	GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -3 Sonuçları	54
8	GG25 Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -1 Sonuçları	56
9	GG25 Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları	58
10	GG25 Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -3 Sonuçları	58
11	Bronz Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -1 Sonuçları	60
12	Bronz Çarkta, Aşınma Halkalı Deney -2 Sonuçları	62
13	Bronz Çarkta, Aşınma Halkalı Deney -3 Sonuçları	62
14	Bronz Çarkta, Aşınma Halkasız, Deney -1 Sonuçları	64
15	Bronz Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları	66
16	Bronz Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -3 Sonuçları	66
17	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney-1 sonuçları	68
18	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney-2 sonuçları	70
19	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney-3 sonuçları	70
20	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -1 Sonuçları	72
21	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları	74
22	AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -1 Sonuçları	74
23	ISO Standartlarına göre ölçmede toplam hata sınırları	82

## 1. GİRİŞ :

Pompalar, binlerce yıldır akışkanların transferinde kullanılan, dünyanın en eski makinalarından birisidir.

Tarihte ilk pompayı Eski Mısırlılar kullandı. Büyük bir tekerlek üzerine yerleştirilen kovalardan oluşan ve tekerleğin dönmesi ile suyu nehirden alarak, su kanallarına boşaltan bu sistem ile tarlalarını suladılar. M.Ö.200' lerde dönemin ünlü matematikçisi Yunanlı Arşimet' de bu tasarımdan yola çıkarak bir silindir içerisinde dönen ve daha sonra Arşimed Vidası (Şekil 1.1) olarak anılan ilk vidalı pompayı buldu. Bu pompa insan veya hayvan gücü ile çalışıyordu ve Nil Vadisinin sulanmasında kullanıldı.



Şekil 1.1. Arşimet Vidası

Aynı dönemlerde yaşamış olan Yunanlı Ctesibius 'un bulduğu günümüzün tulumbalarının prensibi ile çalışan ve bronzdan yapılmış olan pompanın ise Roma İmparatorluğu' nun neredeyse her bahçesinde kullanıldığı kazılarda tespit edildi.

Günümüzün santrifüj pompasının ilk dizaynı ise 1600' lerin sonuna doğru Fransız mühendis Denis Papin tarafından yapıldı. Çarkında düz kanatlar kullanılan bu dizayn daha sonra İngiliz mucid John G.Appold tarafından geliştirildi ve 1851 yılında, açılı kanatlar kullanılmış ilk modern santrifüj pompa üretildi. (Yalçın 1998)

Appold'un bu dizaynından yola çıkarak santrifüj pompalar günümüze değin çeşitli aşamalardan geçerek, en az enerji ile en çok iş yapmak düşüncesi temelinde gelişimlerine devam etmektedirler.

1997 yılında Kyoto' da yapılan Birleşmiş Milletler Zirve Konferansında alınan kararla, kararnameyi imzalayan ülkelerden enerji israfını yasaklamaları ve enerji verimi yüksek araçların tasarımını ve

kullanımını teşvik etmeleri istenmiştir. Bu doğrultuda birçok gelişmiş ülkede, enerji kullanım verimini arttırmaya yönelik teşvik programları devreye alınmıştır.

Ayrıca sanayicilerden gelen işletme masraflarını kısma eğilimi karşısında pompa üreticileride “ Ömür Boyu Maliyet – ÖBM “ analizleri yaparak tasarımlarını geliştirmeye başlamışlardır.

Europump tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, günde 24 saat, haftada 7 gün ve 5 yıl boyunca çalışan bir pompa sisteminde, maliyetin %70' ini elektrik sarfiyatı, %20' sini yedek parça ve onarım masrafları, %10' unu ise sabit yatırım harcamalarının oluşturduğu görülmüştür.(Özgür 2004)

Tüm bu gelişmelere bağlı olarak, pompa verimini etkileyen faktörler tek tek değerlendirmeye alınmış ve bu faktörler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar günümüzde de sürmektedir.

Pompa üretiminde kullanılan malzemenin, ve bu malzemenin yüzey pürüzlülüğünün verim üzerine etkisi konusunda ise çok eskilere dayanan araştırmalar yoktur.

1961 yılında Varley FA nın, “Çark Dizaynı ve Yüzey Pürüzlülüğünün Santrifüj Pompa Performansı Üzerine Etkileri” başlıklı makalesinden ve sonra 1980'ler de Alman Mühendisler Osterwalder J. Ve Hippe L. Nin konu üzerinde oldukça durdular. Konu ile ilgili en gücel iki çalışma ise, Çek Dr. J.F. Gülich'in 2003 yılında “ Yüzey Pürüzlülüğünün ve Reynolds Sayısının Santrifüj Pompaların Verimleri Üzerine Etkisi “ çalışması ile Darmstadt Teknoloji Üniversitesi'nden Alberto TAMM, Lutz EIKMEIER ve Bernd STOFFEL' in 2002 yılında yapmış olduğu “Yüzey Pürüzlülüğünün Santrifüj Pompalarda Basma Yüksekliği, Güç ve Verim Üzerindeki Etkisi” isimli çalışmalarıdır.(Özgür 2004)

Bu konu üzerinde çok fazla araştırma ve çalışmaya rastlanmamasının en büyük sebebi ise pompa seçiminde verimden önce malzemenin önceliğinin gelmesi bunun yanında da döküm kalitesinin yonteme ve koşullara göre sürekli farklılık göstermesidir.

Bu çalışmada kullanılan farklı malzemelerin seçiminde ise çalışma sonuçlarının pratikte kullanılması amacı göz önünde bulundurulmuş ve dünyadaki santrifüj pompa üreticilerinin çark üretiminde en fazla kullandıkları malzemeler olan GG-25 (Gri Dökme Demir), AISI316 kalite paslanmaz çelik ve bronz malzemedeki çarklar ile araştırma yapılmıştır.

Farklı malzemelerdeki çarklar aynı santrifüj pompa gövdesi içerisinde test edilmiş, ayrıca yine her bir çark, aşınma halkalarının sebep olduğu kaçaklarında etkisini görebilmek için, gövdeden aşınma halkaları sökülerek de performans testine tabi tutulmuştur.

Her bir çarkın, aşınma halkaları takılı iken 6 noktada, aşınma halkaları sökülük iken de 6 noktada teste tabi tutularak performans değerleri gözlenmiş, 3 farklı malzemedeki üretilmiş çarklar için toplamda 36 noktada ölçüm alınarak sonuçlara ulaşılmıştır. Hata analizi yapabilmek için her deney yapıldıktan sonra ikişer defa tekrar edilmiştir.

Performans testlerinde KSB Marka, 32-125 Model, yatay, tek kademeli tip, kaplınsız, blok, Burgmann Marka mekanik salmastralı santrifüj pompa kullanılmıştır. Pompa emiş ağzı nominal çapı ve basıncı DN50, PN16, basma ağzı nominal çapı ve basıncı DN32, PN16'dır.

Tüm testler boyunca pompa 2900 d/dk, 50Hz. 2,2kW Siemens Marka IP55 koruma sınıfı, F izolasyon sınıfı, trifaze elektrik motoru ile tahrik edilmiş, test noktalarında motor akımı ölçülürken, motor verimi de değerlendirilmiştir.

Performans testlerinde kullanılan akışkan ise; 20°C sıcaklığında, 0,998 kg/dm<sup>3</sup> yoğunluğunda, 1 mm<sup>2</sup>/s viskozitesinde pH değeri 7 olan temiz sudur.

Deneysel bir çalışma olmasının yanında, hesaplarda kullanılan ampirik formüllere de çalışmada yer verilmiş olup, çalışma konu üzerindeki diğer çalışmalarla da kıyaslanarak elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.



## 1. SANTRİFÜJ POMPALAR :

### 1.1. Santrifüj Pompanın Tanımı ve Ana Parçaları :

Santrifüj pompalar, merkez kaç kuvveti prensibi ile çalışan, bir tahrik mekanizmasından aldığı mekanik enerjiyi, kinetik enerjiye çevirerek akışkana aktaran makinelerdir.

Alet en basit haliyle şekil 2.1'de görülen elemanlardan meydana gelmiştir.

1-) Pompa Mili: Çarka doğrudan kamalı olup, mil dönünce çark ta döner.

2-) Çark: Üzerinde kanatlar bulunan elemandır. Çark dönerken üzerinde bulunan sıvı tanecikleri ivmelenir ve çevreye fırlattırılır. Fırlamayı sağlayan kuvvete santrifüj kuvvet denilir.

3-) Dağıtıcı: Çarktan gelen sıvıyı çevreye doğru yönlendirir; bu sırada sıvının kinetik enerjisi büyük ölçüde, basınç enerjisine dönüştürülmüşte olur.

4-) Salyangoz: Pompanın dış muhafazası olup, sıvı içerisinde toplanarak çıkışa sevk olur. Şekilde görüldüğü gibi, dağıtıcı ve salyangozun merkezleri farklıdır.

5-) Mil yatağı: Mil bir yatak içerisinde döner. Genel olarak, bronz, teflon gibi özel malzemelerden yapılmış yataklar kullanıldığı gibi, rulmanlı yataklar da kullanılır.

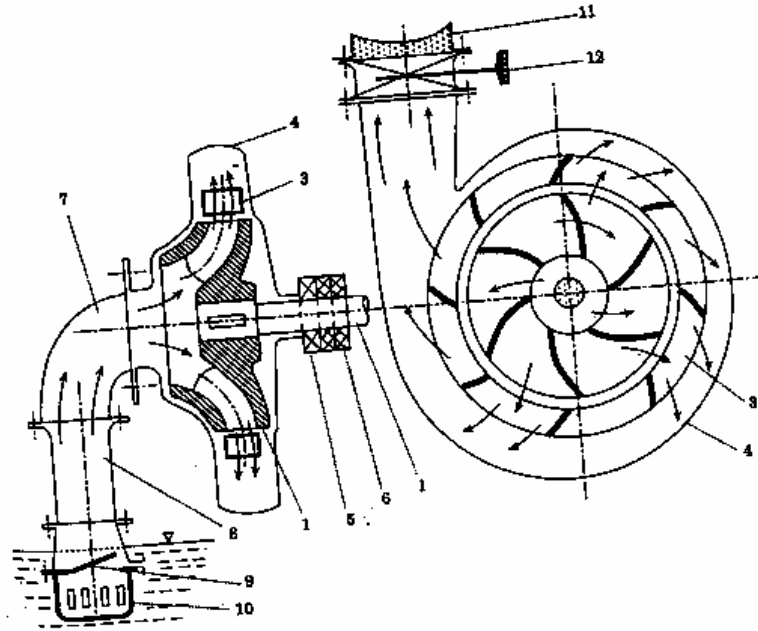
6-) Salmastra kutusu: Bu bölge, salyangozun içerisine hava sızması, akışkanın dışarıya veya mil yatağına sızarak yatağı bozmaması için çeşitli keçeler, yağlı keten iplerden oluşan yumuşak salmastra veya bir takım oring, yay gibi elemanların kullanıldığı mekanik salmastranın ve benzeri sızdırmazlık elemanlarının konuşlandırıldığı kısımdır.

Kullanılacak salmastranın ve salmastra elemanlarının tipi ve malzemeleri, kullanılacak akışkanın cinsine, sıcaklığına, prosese ve maliyetine bağlıdır.

7-) Emme dirseği: Enerji kaybını azaltmak üzere, deve-boynu dirsek kullanmak faydalı olur.

8-) Emme borusu;

9-) Dip klapesi: Pompa çalışırken klape yukarıdaki gibi yukarı kalkar suyun geçişine müsaade eder. Pompa durduğunda klape kendi ağırlığı ve suyun ağırlığı ile kapanır. Böylece pompa girişi ile klape arası su korunmuş olur. Pompa ilk hareket sırasında doğrudan sıvıyı emer ve santrifüj pompanın ilk hareket zorluğu ortadan kalkmış bulunur.



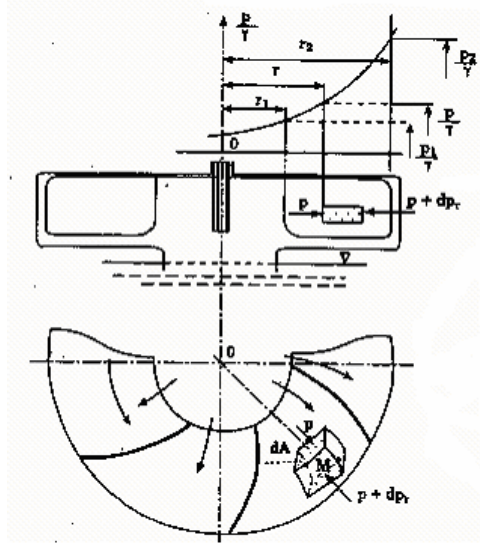
Şekil 2.1. Santrifüj Pompanın Ana Parçaları (Kirkor Yalçın, 1998)

10-) Süzgeç: Emme borusu üzerinden çarka irili-ufaklı katı parçacıklarının gelmesini önlemek üzere kullanılan bir filtredir.

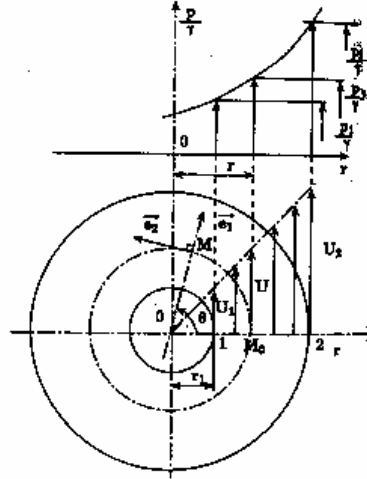
11-) Basma borusu:

12-) Çıkış vanası: Bu vana kapalı tutulduğunda sıvı çark içerisinde kalır ve pompa çalışmaya devam eder; sadece sıvı emip basamamış olur. Vana açılarak sıvı akışına müsaade edilir. Vana açıklığı ayar edilerek basılan sıvı debisinde ayar edilmiş bulunur.(Yalçın 1998)

## 2.2. Santrifüj Pompaların Çalışma Prensibi :



Şekil 2.2. Çark ve Kanat Boyut Bilgileri, (Kirkor Yalçın, 1998)



Şekil 2.3. Çark Boyut Bilgileri, (Kirkor Yalçın, 1998)

Çark kanatları arasında dönme merkezine göre  $OM=r$  uzaklığında bir sıvı damlası düşünelim.

Damlanın hacmi  $dV$ , öz kütlesi  $\rho$  iken kütlesi;  $dm = \rho \times dV$  olur. Çark dışarıya kapalı bulunsun. Newton hareket yasasına uygun olarak,

çark dönerken, damla  $dF = dm \times a$  kuvvetinin etkisinde kalır. Burada a damlanın dönme hareketi sırasındaki ivme vektörü,  $dF$  dönme hareketiyle damlaya etki eden kuvvettir. Çark dışarıya kapalı iken, benzer bir damla, 0 noktasında şekil düzlemindeki eksen etrafında dairesel dönme hareketi yapar. Taneciğin yarı kutupsal koordinat sisteminde ivme vektörü ( $e_1, e_2$ ) düzleminde: (Yalçın 1998)

$$a = (r'' - r \times \Theta'^2) \times e_1 + (2r' + r \times \Theta'') \times e_2 \text{ olur.} \quad (1)$$

Taneciklerin hareketi daireseldir, fazla olarak çark sabit devir sayısında da döndürülsün  $r' = 0$  ve  $\Theta' = \text{sabit} \rightarrow \Theta'' = 0$  yazılınca, göz önüne alınan taneciğin ivme vektörü;

$$a = -r \times \Theta'^2 \times e_1 \text{ halini alır buradan taneciğe etki eden kuvvet:}$$

$$dF = dm \times a \rightarrow dF = -dm \times r \times \Theta'^2 \times e_1 \quad (2)$$

$$\text{santrifüj kuvvet ; } dF_c = dm \times r \times \Theta'^2 \times e_1 \text{ olur.} \quad (3)$$

Hareket sırasında, damlanın radyal doğrultuda iki yüzeyini göz önüne alalım:

$dP_r = p \times dA \times e_1 - (p + dp_r) \times dA \times e_1 = -dp_r \times dA \times e_1$   
taneciğe etki eden bileşke basınç kuvvetidir. Bu kuvvetin doğmasının nedeni radyal kuvvettir.

$$dF = dp_r \rightarrow dm \times r \times \Theta'^2 = dp_r \times dA$$

$$dm = dV \times \rho = dA \times dr \times \rho, \quad \omega^2 = \Theta'^2 \text{ olarak,}$$

$$\rho \times r \times dr \times dA \times \omega^2 = dp_r \times dA \rightarrow dp_r = \rho \times \omega^2 \times r \times dr \rightarrow$$

$$p_r \int_1^2 = 0,5 \times \rho \times \omega^2 \times (r^2 - r_1^2) \text{ ve genel olarak}$$

$$p - p_1 = 0,5 \times \rho \times \omega^2 \times (r^2 - r_1^2) \text{ olur.} \quad (4)$$

Hareket dairesel olduğundan  $u = \omega r$  yazıldığında  $\gamma = \rho \times g$  özgül ağırlığı ile ;

$$(p_2 - p_1) / \gamma = (u_2^2 - u_1^2) / (2 \times g) \quad (5)$$

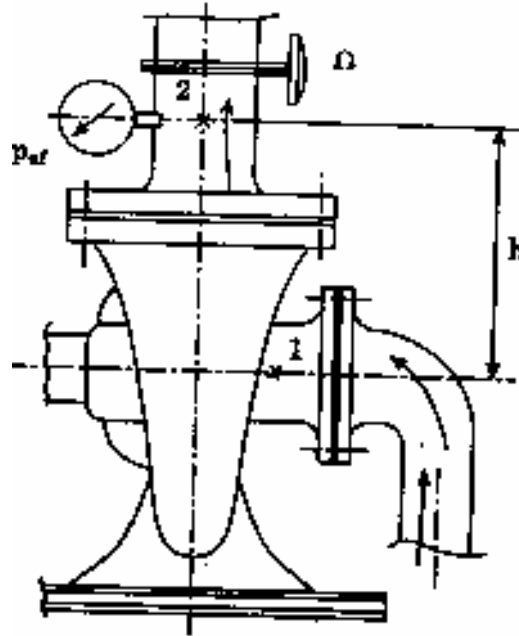
$$(p - p_1) / \gamma = (u^2 - u_1^2) / (2 \times g) \quad (6)$$

### 2.3. Santrifüj Pompalarda Kullanılan Temel Büyüklükler :

**2.3.1. Debi :** birim zamanda herhangi bir kesitten geçen akışkan miktarı olup, hacımsal veya kütleli olarak ifade edilebilir.

Bir pompa devresinde genel olarak akış daimidir. Akışkan sıvı olduğundan, maddenin korunumu prensibi gereği hacımsal debi tüm devrede değişmez. Buna göre pompa girişinde ve çıkışında hacımsal debi aynı kalır. Fakat özellikle santrifüj pompalarda, sıvı çark çıkışından çark girişine, çıkış basıncına bağlı olarak kısmen geri dönebilmektedir. Hacımsal pompalarda yine çıkış basıncına ve aletin iç hassasiyetine bağlı olarak sıvı emme kanalına geri dönebilmektedir. Bu sebeple pompalarda pompanın bastığı sıvı debisi, basma kanalı üzerinden yapılan deneyle belirlenmelidir.

**2.3.2. Manometrik Basma Yüksekliği :** Pompanın birim ağırlıktaki sıvıyı emme kanalından alıp, içerisinden geçirerek basma kanalına koyabilmesi için kullanacağı işe denilir. Laboratuarda deneylerle tayin edilir.



Şekil 2.4. Manometrik Basma Yüksekliği Tayin Düzeneği  
(Kirkor Yalçın, 1998)

$H = (u^2 / (2 \times g)) + (p / \gamma) + z$  : birim ağırlıkta sıvının hidrolik enerjisi adını alır.  $H_1$ : pompa girişinde,  $H_2$ : pompa çıkışında birim ağırlıkta, sıvının hidrolik enerjisidir.

Pompanın birim ağırlıkta sıvıya sağlayacağı hidrolik enerji  $H_m$  ile gösterilsin. Enerjinin korunumu prensibine uygun olarak aşağıdaki denklem yazılır: (Yalçın 1998)

$$H_1 + H_m = H_2 \text{ veya } H_m = H_2 - H_1 \quad (7)$$

$H_m$ : manometrik basma yüksekliği adını alır.

Bu denkleme uygun olarak ve Şekil 2.4 'te ki değerler ile;

$$H_m = [(u_2^2 - u_1^2) / (2 \times g)] + [(p_2 - p_1) / \gamma] + (Z_2 - Z_1) \quad (8)$$

Bu denklemde;

$[(u_2^2 - u_1^2) / (2 \times g)]$  : Kinetik enerji değişimini,

$[(p_2 - p_1) / \gamma]$  : Basınç enerjisi değişimini,

$(Z_2 - Z_1)$  : Potansiyel enerjideki değişimi,

Denklemleri oluşturan terimler uzunluk birimindedir.

**2.3.3. Güç:** Birim zamanda yapılan işe denilir. Pompalar bir tahrik elemanından sağladıkları mekanik enerjyi, hidrolik enerji halinde içlerinden geçirdikleri sıvıya nakleden aletlerdir. Tahrik elemanı, bir buhar veya gaz türbini (türbo-pomp), benzin veya diesel motoru (motopomp), bir elektrik motoru olabilir. Uygun yörelerde rüzgar enerjisi ile çalıştırılan pompalarda vardır.

Tahrik motorundan çekilen gücün, tanımladığımız gibi, hepsi pompa çıkışı sıvıya kazandırılmış olamaz. Çeşitli kayıtlarla güç sıvıya iletilmiş bulunur. Bir pompa devresinde bu yüzden çeşitli güçler tanımlanmıştır. (Yalçın 1998)

**2.3.4. Etkif Güç ( $N_{et}$ ) :** Pompayı çalıştıran motorun, pompa miline sağladığı güçtür. Tahrik elemanı bir elektrik motoru iken, motor mili üzerinde ölçülecek güç olup, sargılarında oluşan bu yüzden ısınmasına sebep olan kayıplar, bu gücün dışında kalır. Yani elektrik motorunun bağlı olduğu akım devresinden çektiği gücün, sargı kayıpları çıkarıldıktan sonra elde edilen gücüne, pompanın efektif

gücü denir. Bu tanım pompa deneyleri yapılırken göz önüne alınmalıdır.(Yalçın 1998)

**2.3.5. Hidrolik Güç ( $N_h$ ) :** Pompa çarkı bir mile bağlı olduğu halde tahrik motorundan hareket alır. Bazen pompa mili ile motor mili arasına devir değiştirici kayış-kasnak mekanizması veya dişli kutusu (variatör) konulabilir. Pompa mili yatak içinde döner, mil-yatağında, mil ile sızdırmazlık elemanları arasında sürtünmeler oluşur. Genel olarak mekanik sürtünmeler sonucu, çekilen efektif gücü bir kısmı ısı enerjisi halinde muhite verilir. Pompa çarkında, sıvıya kazandırılmak üzere oluşan güce hidrolik güç denilir.(Yalçın 1998)

( $N_{ef}$ ,  $N_h$ ) Güçlerin tanımlandıktan sonra, bunlar arasında verim tanımı yapabiliriz.

$$\eta_m = N_h / N_{ef} , \text{ oranına mekanik verim denilir.} \quad (9)$$

**2.3.6. Gerçek Hidrolik Güç ( $N_o$ ) :** Sıvının çark kanatları arasında, difüzör ve salyangoz içerisinde akışı sırasında, sıvı-cidar arası sürtünme kayıpları meydana gelir. Genel olarak, santrifüj pompa elemanları içerisinde sıvı akışı, çoğu çark dizaynı sırasında tek boyutlu akım olarak kabul edilse de, karmaşık bir akıştır. Gerçek akım çizgileri kanat eğrilerine paralel değildir. Kanatlar arası sıvı akımı, iki veya üç boyutlu akım teorileri ile incelendiğinde, çözümü güç denklemlere ulaşılır. Deneysel çalışmalar sonucu  $N_o' < N_h$  olduğu görülür. Aradaki fark, çark, difüzör ve salyangoz içinde sıvı akımı sırasında oluşan kayıp enerjidir; kayıp enerji ısı enerjisi halinde ortama yayılan enerjidir. Böylece pompa çıkışı, sıvıda ölçülen hidrolik enerji  $N_o'$  olmuş bulunur.(Karassik 2003)

$$\eta_o = N_o' / N_h , \text{ oranına hidrolik verim denilir.} \quad (10)$$

### **2.3.7. Pompa Mil Gücünün Hesabı :**

$$N_{ef} = [ (\gamma \times Q_o \times H_m) / \eta_g ] \quad (11)$$

Pompa mili üzerinde ölçülecek olan güç olup, pompa bir elektrik motoruna bağlı iken, motor elektrik hattından daha fazla enerji çeker; aradaki fark motor içi kayıpları karşılar. Ayrıca pompanın genel verimi  $\eta_s$  özgül hızı hesabından sonra, tablolardan alınır. Yapılan

pompanın verimi bu verimin çoğu zaman altında kalır. Pompanın verimini bulmak üzere deney yapmak lazımdır. Motor gücü gerektiğinden küçük seçilmişse, çalışma sırasında motor ısınır, bir süre sonra bobini oluşturan sargı telleri erir, motor yanar ve görev yapamaz hale gelir. Bu yüzden, güç hesabı yapıldıktan sonra,  $\epsilon > 1$  gibi bir katsayı ile bu güç çarpılarak, motor gücü belirlenir.

$\epsilon$  Emniyet kat sayısı adını alır, hesaplanan güce bağlı olarak aşağıdaki tabloya göre seçilir:

$$N_{ef} < 4 \text{ kW için; } \epsilon = 1,2 \sim 1,3$$

$$4 < N_{ef} < 20 \text{ kW için; } \epsilon = 1,1 \sim 1,2$$

$$N_{ef} > 20 \text{ kW için; } \epsilon = 1,05 \sim 1,1$$

Genel olarak elektrik motorları, herhangi bir iş makinesine bağlanmadan çalıştırıldıklarında da ısınırlar. Çalışma süreleri ne kadar uzun olursa olsun, tellerde sıcaklık belirli bir değere ulaşır ve sabit kalır, teller bu sıcaklıklarda erimezler, hatta zamanla özelliklerini kaybetmezler  $\epsilon$  uygun seçildiğinde, bir pompaya bağlı halde de elektrik motoru yanmaz ve özelliklerini uzun süre korur.(Özgür 2004)

### **2.3.8. Pompanın Genel Verimi**

Pompa miline verilen efektif güç, çeşitli nedenlerle azalarak, pompa çıkışı  $Q_0$  hacımsal debide sıvıya  $N_0$  hidrolik gücü halinde iletilmiş bulunur. Böyle pompa mili üzerindeki mekanik güç ile, pompa çıkışı sıvı kazandırılan hidrolik güç arasındaki bir oran tanımlayabiliriz. Buna pompanın “genel – verimi” denilir.(Özgür 2004)

$$\eta_g = (N_0 / N_{ef}) \quad (12)$$

Bir pompanın genel veriminin yüksek olması, formül de bulunan her bir verimin yüksek olmasına bağlıdır. İşaret edelim ki bu verim içinde tahrik motorunun kendi iç verimi dahil değildir. Pompanın bir elektrik motoruyla tahrik edildiğini düşünelim. Elektrik motorunun bağlı olduğu elektrik – devresinden çektiği güç bir vatmetre ile ölçülür. Pompa miline verilecek efektif gücü bulmak üzere, devrede çekilen



gücü, motor içi verimle çarpılmak lazımdır. Bu verim elektrik motorlarının tanıtım levhaları üzerinde  $\text{Cos}\phi$  olarak yazılıdır.

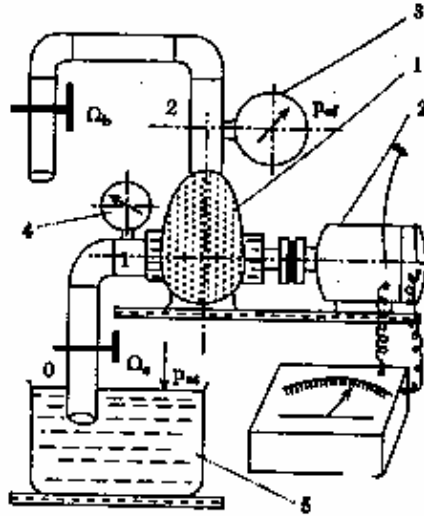
Pompa miline verilen güç;

$$N_{pm} = [ (\sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\phi) / 1000 ] \times \eta_m \quad (12.1)$$

#### 2.4. Santrifüj Pompalarda Karakteristik Eğriler :

Genel olarak pompalarda, debi, manometrik basma yüksekliği, verim, güç karakteristik büyüklüklerdir. Çoğu zaman devir sayısı parametre olarak alınır, bu büyüklüklerden birisi diğerine bağlanır. Bunların değişim eğrilerine, pompanın karakteristik eğrisi adı verilir; bu karakteristik eğrilerin en önemli olanı, devir sayısı parametre olmak üzere,  $H_m=f(Q)$  eğrisi olup, pompanın "ana karakteristik eğrisi" adını alır.(Yalçın 1998)

Bir santrifüj pompanın karakteristik eğrilerini çizmek üzere şekil 2.5'deki deney düzeni kullanılır.



**Şekil 2.5.** Karakteristik Eğri Tespitinde Kullanılan Deney Düzenineği, (Kirkor Yalçın, 1998)

- 1: Santrifüj pompa - 2: Elektrik motoru - 3: Basınç göstergesi  
4: Vakum saati - 5: Su deposu - 6: Vatmetre

$H_m=f(Q)$  karakteristik eğrisini çıkarmak üzere  $\Omega_b$  vanasının her konumunda basınç saati üzerinden  $P_{ef}$  basıncı okunur. Ayrıca basma borusundan geçen suyun debisi, debi ölçme metotları yardımıyla belirlenir.  $\Omega_b$  vanasının her konumunda, basınç ve debi ölçülür. Her  $(Q, p)$  ölçümü sırasında motor devir sayısının sabit kalıp kalmadığı da kontrol edilir.

Böylece  $(H_m, Q)$  koordinatları tespit edilerek milimetrik kağıt üzerine nokta nokta işaret edilerek  $H_m=f(Q)$  değişim eğrisi çizilir. Buradan  $H_m$  (0~1~2) arası enerji denklemi yazılarak belirlenir.

$$H_m = [ u_2^2 / (2 \times g) ] + [ P_{ef} ] / \gamma + H_2 + \xi_{0-2} \quad (13)$$

$$\xi_{0-2} = \xi_{0-1} + \xi_{1-2} \quad \text{'dir.} \quad (14)$$

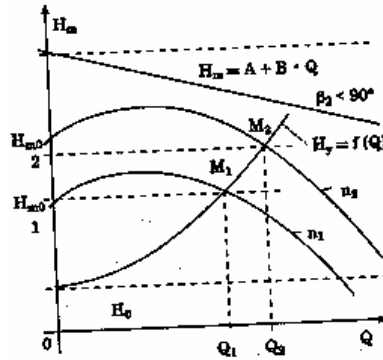
Emme ve basma devrelerinde boru çapları yeterince küçük seçilir ve  $H_2$  (0~2 arası yükseklik farkı) küçültülürse,  $\gamma \cdot H_m = P_{ef}$  yazılabilir. Böylece  $(H_m, Q)$  koordinatları doğrudan belirlenir. Gereğinde ihmal edilen terimlerde hesaplanarak  $H_m$  hassas değeriyle hesaplanabilir.(Yalçın 1998)

#### 2.4.1. $H_m = f(Q)$ Ana karakteristik eğrisi :

Çark üzerinde sonsuz sayıda kanat varken ve sıvı - çark cidarları arası sürtünme kayıpları yokken,  $H_m = f(Q)$  fonksiyonu lineerdir.  $\beta_2 < 90^\circ$  iken azalan lineer bir fonksiyondur.

$$H_m = A + B \times Q \quad (15)$$

Devir sayısı parametre olmak üzere, değişim eğrisi şekil 2,6.da ki gibi olmaktadır.



Şekil 2.6. Devire bağlı  $H_m$ - $Q$  değişim Eğrileri, (Kirkor Yalçın, 1998)

Deney tesisatında görüldüğü gibi, çıkış vanası  $\Omega_b$  kısılarak pompa çeşitli debilerde çalıştırılabilir.

$n_1 < n_2$  olsun. Özel olarak pompa çıkış vanası tamamen kapatılsın,  $n_1$  devir sayısı için basınç saatinde  $p_{01}$  efektif basıncı,  $n_2$  devir sayısı içinde  $p_{02}$  efektif basıncı okunur. Yani  $Q=0$  iken, çark  $H_{m01}$  ve  $H_{m02}$  manometrik basma yüksekliği altında çalışır. Çıkış vanasını yavaş yavaş açalım, debi artarken, debinin belirli bir değerinden sonra, manometrik basma yüksekliğinin azaldığı görülür. (Şekil 2.6.) böylece  $Q_2 > Q_1$  iken,  $H_{m2} < H_{m1}$  bulunur.

Hacımsal pompalarda, debi devir sayısı ile doğru orantılı olarak değişir. Santrifüj pompalarda da bu kabul yapılabilir. Hidrodinamik benzeşim yasalarını kullanarak, devir sayısının, pompa karakteristik büyüklüklerine nasıl etki ettiğini inceleyebiliriz Bunun için, bu pompanın değişik devir sayılarında çalıştırıldığını düşünelim.  $\lambda=1$  olup, şunlar yazılır;

$$(n/n_1) = \psi, (H_m/H_{m1}) = \psi^2, N_{ef}/N_{ef1} = \psi^3 \quad (16)$$

Şu halde bir santrifüj pompanın debisi, devir sayısı ile orantılı, manometrik basma yüksekliği, devir sayısının karesi ile gücü de devir sayısının küpü ile orantılı olarak değişir.

Çark dış çapı  $D$  olan,  $n$  devir sayısı ile çalışan bir santrifüj pompanın  $H_{m0}$  manometrik basma yüksekliğini belirlemek üzere bir formülde bulunmuştur.(Yalçın 1998)

$$H_{m0} = [ (D \times n) / 8500 ]^2 \quad (17)$$

#### 2.4.2. Yük Karakteristik Eğrisi :

Genel olarak bir pompa ile,  $L$  uzunluklu bir boru içerisinde  $z_1$  konumundan  $z_2$  konumuna su yollandığını düşünelim. Boru içi akış laminer olduğunda, sıvı - cidar arası sürtünmeler yüzünden;

$$\xi_{1-2} = [ (\lambda / D) \times (u^2 / (2 \times g)) ] \quad (18)$$

denklemlerle belirlenen bir enerji kaybı da meydana gelir. Bu enerji

ısıya dönüşerek çevreye yayılır, bu yüzden kayıp enerji adını alır. Boru çapı azaldıkça akış türbülanslı hale yaklaşır ve enerji kaybı artar.

Borudan suyun debisi Q olsun,

$$Q = s \times u = u \times [(\pi \times D^2) / 4] \text{ olup,} \quad (19)$$

$$u = [ (4 \times Q) / (\pi \times D^2) ] \text{ ile ;} \quad (20)$$

$$\xi_{1-2} = [ ((8 \times \lambda \times L) / (g \times \pi^2)) \times (Q^2 / D^5) ] \text{ buradan;} \quad (21)$$

$$\xi_{1-2} = C \times Q^2 \quad (22)$$

Böylece, boyutları belli bir devrede, sürtünme kayıplarının debi ile parabolik değişeceği anlaşılır. Boru çapının sürtünme kayıpları üzerinde büyük etki yapacağı da, bulunan ifadeden anlaşılmaktadır. (22) numaralı denklem ile belirlenen fonksiyona “yük karakteristiği” adı verilir ve

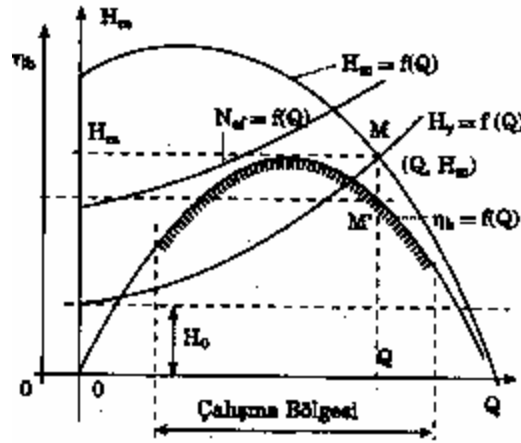
$$H_y = H_0 + C \times Q^2 \quad (23)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $H_0$ , sıvının emildiği kaynak ile basıldığı yer arasındaki geometrik yüksekliği ifade eder.

Şekil 2.6’da görüldüğü gibi,  $H_m = f(Q)$  eğrisiyle  $H_y = f(Q)$  eğrisinin kesim noktası “çalışma noktası” adını alır; devir sayısı  $n_1$  iken çalışma noktası  $M_1(Q_1, H_{m1})$ , devir sayısı  $n_2$  iken çalışma noktası  $M_2(Q_2, H_{m2})$  olur. Buna göre, pompa belirli bir devreye  $n_1$  devir sayısı ile  $Q_1$  debisini  $H_{m1}$  manometrik basma yüksekliğini kullanarak basar,  $n_2$  devir sayısı ile çalışırken  $Q_2$  debisini  $H_{m2}$  manometrik basma yüksekliğini kullanarak basar. Devrenin emme ve basma ağızları atmosfere açık olsun.  $Q_2 > Q_1$  olurken,  $H_{m2} > H_{m1}$  olur. Yani debi artarken, birim ağırlıkta sıvıya,  $H_0$  kadar yüksekliğe basmak üzere kullanılacak enerjide artar.  $\Delta H_m = H_{m2} - H_{m1}$  fark enerji, boru hattında oluşan ilave sürtünme kayıplarına harcanır. Çünkü her iki halde de sıvı konumunu  $H_0$  kadar değiştirmiş bulunur. Böylece devir sayısı artarken debi ve manometrik basma yüksekliği artar ve motor daha büyük güç kullanır. (Yalçın 1998)

### 2.4.3. Verim Eğrisi :

Bir pompada, genel olarak motordan çekilen güç, pompa çıkışı sıvı içerisinde depo edilmiş olamaz. Motor ve pompa çıkış arası sürtünme kayıpları ve yersel kayıplarına da harcanır. Bir santrifüj pompa geometrik yapısına, devir sayısına ve çalışma koşullarına uygun olarak değişik verimlerle çalışır.



Şekil 2.7. Verim Eğrisi, (Kirkor Yalçın, 1998)

Hidrolik verim eğrisi, şekil-2.7'de görüldüğü gibi elde edilmektedir. Buna göre bir santrifüj pompanın verimi, pompanın çalışma koşullarına bağlı olarak değişir. Yapılan deneyler, santrifüj pompalarda verimin özgül hıza bağlı olduğunu da göstermektedir.

Santrifüj pompaların verimleri, özgül hıza bağlı olarak laboratuvarlarda çıkarılmış olup, bir kullanım yerine uygun proje hesapları yaparken çark mümkün olan en büyük verim göz önüne alınarak boyutlandırılır. Bu maksatla santrifüj pompalarda verimle ilgili bir çalışma bölgesi tanımlanmıştır. (Şekil 2.7.) (Yalçın 1998)

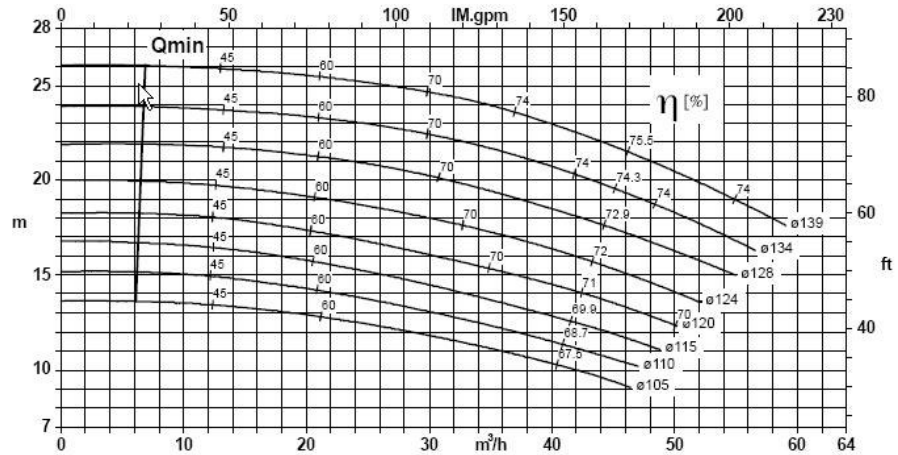
#### 2.4.4. Güç Karakteristiği :

Şekil 2.5.'de verilen deney tesisatı yardımıyla,  $H_m = f(Q)$  ve  $\eta_g = f(Q)$  değişim eğrileri çizilir.  $\eta_g \times N_{ef} = \rho \times Q \times H_m$  denklemi yardımıyla  $N_{ef} = f(Q)$  karakteristik eğrisi kendiliğinden nokta-nokta belirlenir.(Yalçın 1998)

#### 2.4.5. Dağ Eğrileri :

Bir deney seti yardımıyla, bir santrifüj pompanın bir çok devir sayısında ( $n_1, n_2, \dots, n_i$ )  $H_m = f(Q)$  karakteristik eğrileri çıkarılmış bulunsun; bu eğrilerin her birisi üzerinde, pompanın genel verimini, çok sayıda nokta işaret edip hesaplayalım. ( $H_m$ - $Q$ ) düzlemi üzerinde, aynı verime sahip noktaları birleştirelim. Eş verim eğrileri elde edilir. Bu eğrilere “dağ eğrileri” de denir. Bu eğriler sayesinde, bir santrifüj pompanın, hangi devir sayısında çalışırsa belirlenen ( $Q, H_m$ ) çalışma noktası için yüksek verim sağlayacağı anlaşılır.

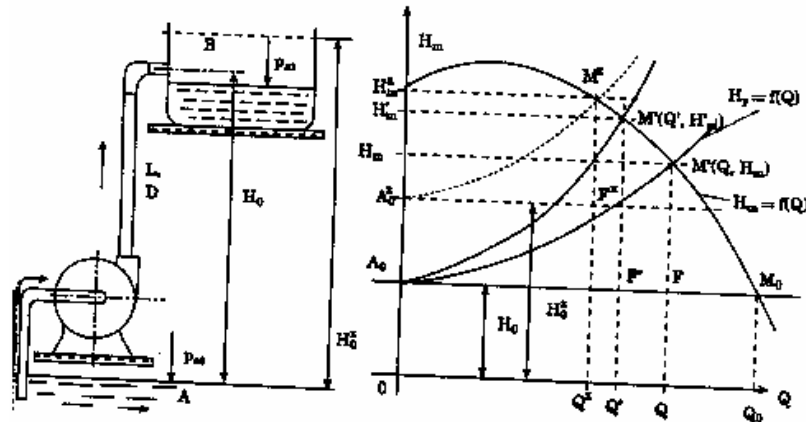
Genel olarak santrifüj pompaların verimleri, geometrik boyutlarına ve çalışma koşullarına tabi olup, değişkendir. Pompanın yüksek verimle çalışabileceği, ( $H_m$ - $Q$ ) düzleminde odalar çizilmiştir. (Şekil 2.8.)



Şekil 2.8. Dağ Eğrileri, (Kirkor Yalçın, 1998)

## 2.5. Bir Santrifüj Pompanın Çalışma Noktası :

Genel olarak pompalar sıvıların bir yerden bir yere nakledilmelerini, dışardan enerji alarak sağlayan aletlerdir. Kendilerine sağlanan enerji, kısmen pompa içinden geçen sıvının hidrolik enerji seviyesinin değişmesine, kısmen de tüm devre içinde oluşan yersel ve sürtünme kayıplarına harcanır. Sonunda sıvı bir yerden bir yere nakledilmiş, basınç ve kinetik enerji seviyesi değiştirilmiş olur.



Şekil 2.9.Çalışma Noktası Belirleme Düzenneği, (Kirkor Yalçın, 1998)

Şekil 2.9.'da görüldüğü gibi, radyal akımlı bir santrifüj pompa ile A kaynağından B deposuna su basılması istensin. Sıvı basılırken potansiyel enerjisi  $H_0$  kadar artar, bu sırada devredeki yersel kayıplarla, sıvı-cidar arası sürtünme kayıpları da karşılanır.

Laboratuvar deneyleri yardımıyla devrede kullanılacak pompanın  $H_m = f(Q)$  karakteristik eğrisi çizilir. Eğer devrede yersel ve sürtünme kayıpları hiç olmasaydı,  $Q_0$  debisinde su B deposuna basılır, yani çalışma noktası  $M_0(Q_0, H_0)$  olurdu;  $H_y = H_m = H_0$  yazılırdı. Gerçekte kayıplar yüzünden basılan debi daha az ( $Q < Q_0$ ), harcanan enerjide daha büyük ( $H_y = H_m > H_0$ ) olmaktadır.

23 numaralı denklem ile, yük eğrisinin  $H_y = H_0 + C \cdot Q^2$  şeklinde bir parabol olduğunu görmüştük. Burada, C tesisata ve Reynolds sayısına bağlı bir sabittir. (Osterwalder 1978)

$C = [ (8 \times \lambda \times L) / (g \times \pi^2 \times D^5) ]$  olup, B deposuna basılacak suyun debisi verildiğinde,  $Q = S \times u$  yazarak boru içi u su hızı  $R_e$  sayısı, Moody diagramından da  $\lambda$ : üniversal yük kat sayısı bulunur ve C belirlenerek,  $H_y = f(Q)$  parabolü çizilir. İki eğrinin kesim noktası M ( $Q, H_m$ ) pompanın verilen devredeki çalışma noktasıdır.

$H_m = H_0 + MF$  olup, MF, devredeki yük kayıplarını içerir ve ısı halinde dış ortama verilen, bu yüzden “kayıp-enerji” denilen enerjidir.

Akım devresinde bulunan vanalar kısmen kapatılınsın; akıma karşı direnç artar; yük kayıpları artmış olur; bunun sonucu debi azalırken ( $Q' < Q$ ), manometrik basma yüksekliği artar. ( $H'_m > H_m$ ) Vanalar açıldığında çalışma noktası yeniden M noktası olur. Santrifüj pompalarda, herhangi bir nedenle, çalışma noktası Mnoktası civarında değiştiğinde, değişikliği yaratan sebepler giderildiğinde, pompa yine M çalışma noktasına döner. Yani M dengeli bir noktadır.

Bu incelemeden, santrifüj pompanın debisini düşürmek üzere, çıkış vanası kısıldığında, manometrik basma yüksekliği artar, yani az debi için daha fazla enerji harcanır.

Bir santrifüj pompanın bir kullanım yerinde, arzu edilen debiyi sağlayabilmesi için, özel olarak imal edilmesi gerekir. ( $H_m \sim Q$ ) düzleminde M ( $Q, H_y$ ) noktasının çalışma noktası olmasını istemiş olalım. Santrifüj pompa,  $H_m = f(Q)$  karakteristik eğrisi verilen noktadan geçecek şekilde, projelendirilir. Uygulamada santrifüj pompalar seriler halinde imal edilir. Herhangi bir kullanım yerine yaklaşık uygun olan seçilir.(Yazıcı 1996)



### 3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ :

#### 3.1. Sürtünme :

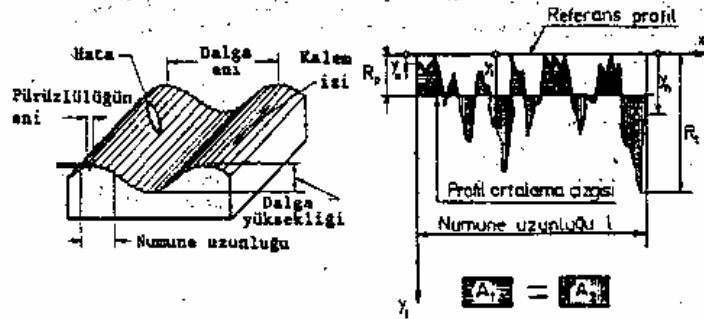
Genel anlamda sürtünme, temasta olan ve izafi hareket yapan iki cisim temas yüzeylerinin harekete veya hareket ihtimaline karşı gösterdikleri dirençtir. Birbirlerine temas hareketli parçalar arasında kayma, yuvarlanma veya kayma-yuvarlanma mevcut olabilir. Böylece sürtünme kinematik bakımdan kayma, yuvarlanma veya kayma-yuvarlanma sürtünmesi şeklinde olur. (Sevimli 1996)

Bir yüzey üzerindeolan akışkan enerjisindeki azalma olan sürtünme kayıplarıda aynı zamanda yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır.

#### 3.2. Yüzey Kalitesi :

Yüzey kalitesi, parçanın yüzeyinde meydana gelen takım izleri, hatalar ve dalgalı gibi düzgünlüklerin toplamı olarak ifade edilebilir. Bu düzgünlükler; parçalar arası gerçek temas yüzeyini küçültmekte, aşınmayı hızlandırmakta, sürtünmeyi arttırmakta ve yorulma mukavemetini azaltmaktadır. Dolayısıyla parçanın çalışma kabiliyetini önemli şekilde etkilemektedir. Bu nedenle elemanın fonksiyonuna göre yüzeylerin kalitelerini tayin etmek, konstrüktörün başlıca görevidir.

Pratik bakımdan yüzey kalitesi, takım izlerinin oluşturduğu yüzey pürüzlülüğü ve yüzey dalgalarından meydana gelmektedir. (Şekil 3.)



Şekil 3. Yüzey Pürüzlülüğü Dalgaları, (Orhan Sevimli, 1996)

Yüzey pürüzlüğünün incelenmesi ve pürüzlük değerlerinin tayin edilmesi ortalama çizgi denilen sisteme göre yapılır. Bu sisteme göre, profilin referans çizgisi, profilin ortalama çizgisi veya ona paralel olan bir başka çizgi olabilir. Referans çizgi olarak yüzeyin geometrik çizgisi alınmıştır. Ayrıca yüzeye dik bir kesitte, pürüzlüğü ifade etmek için numune uzunluğu denilen bir 1 uzunluğu seçilir. Profilin ortalama çizgisi, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların birbirine eşit olmak üzere tayin edilir.

Ortalama çizgi sistemine göre pürüzlüğü tayin eden faktörler: Ra: aritmetik ortalama, Rp: ezilme yüksekliği ve Rt: pürüzlüğün derinliğidir. Aritmetik ortalama (Ra) gerçek pürüzlüğünün aritmetik ortalama yüksekliği; ezilme yüksekliği (Rp) referans profilden gerçek profile kadar olan ortalama uzaklık ve pürüzlüğün derinliğin (Rt) pürüzlüğün en büyük derinliğidir. (Sevimli 1996)

### 3.3. Pürüzlü Yüzeylerde Hidrolik Verim Ölçümü :

Pürüzlü yüzeylerde hidrolik verim ölçümünde Reynold sayısından ziyade sürtünme katsayısı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda,  $\lambda = f(Re, \epsilon/d)$  dir. Buna bağlı olarak;

$$\begin{aligned} \left[ \frac{(1 - \eta_{i,a})}{(1 - \eta_{i,M})} \right] &= \left\{ \left[ V + \left[ (1 - V) \times \left( \lambda_{R,a} / \lambda_{R\epsilon} \right) \right] \right] / \right. \\ &\left. \left[ V + \left[ (1 - V) \times \left( \lambda_{R,M} / \lambda_{R\epsilon,M} \right) \right] \right] \right\} \rightarrow \\ \lambda_R &= \left\{ 1 / \left[ 1.74 - \left( 2 \times \log \left( \frac{2\epsilon_{CLA}}{b_2} \right) + \left( 18.7 / (Re \times \sqrt{\lambda_R}) \right) \right) \right] \right\} \quad (24) \end{aligned}$$

24 numaralı denklemde  $V = 0,3$  ve boru sürtünme datası  $\lambda = f(Re, \epsilon/d)$  alınmıştır.  $\lambda$ ,  $Re_{b2} = (u_2 \times b_2) / \nu$  için ve CLA (merkez hat ortalaması) veya AA (aritmetik ortalama) pürüzlülük olan  $\epsilon_{CLA}$  için tanımlanmıştır.  $\lambda$  düz akış için göz önüne alınan nispi pürüzsüzlükteki sürtünme katsayısıdır. (Gulich 2003)

Sürtünme katsayıları, boru koreasyonlarından ziyade, düz bir plakanın üzerinde meydana gelen bir akış değerlendirilerek belirlenmiştir. Bir çok araştırmacı pompa içindeki kanallarda meydana

gelen akışın gelişmiş bir akış olmadığı konusunda uzlaşmaktadır. Denklemlerde bu sürtünme katsayıları ile beraber, hidrolik ve disk sürtünme kayıpları için,  $Re = (\omega \times r_2^2) / V$  olarak alınmıştır.

Bunlara bağlı olarak, maksimum pürüzlülük derinliği olan  $\epsilon_{maks}$ , ortalama pürüzlülük olan  $\epsilon_{CLA}$  ve zımpara pürüzlülüğü olan  $\epsilon$  aşağıdaki denklemler ile hesaplanabilir.

$$\epsilon = \epsilon_{maks} / C_{eş} \text{ ve/veya } \epsilon_{maks} = 6 \times \epsilon_{CLA} \rightarrow \epsilon = [(6 \times \epsilon_{CLA}) / C_{eş}] \quad (25)$$

Pürüzsüzlük eş faktörü  $C_{eş}$ , pürüzlülüğün yapısına bağlıdır. Bu faktör için, bu yapıya bağlı olarak şu değerler kullanılabilir;

Akış yönüne dik pürüzlülük şekli,  $C_{eş} = 2,6$

Akış yönüne paralel pürüzlülük şekli,  $C_{eş} = 5$

Bu denklemler türbülanslı ve laminar akışlar içinde kullanılmaktadırlar. Çark mekanik bir yüzey işlemi görür ve pürüzlülük geometrisi açılı bir forma dönüştürüldüğünde, formüllerde kullanılması gereken  $C_{eş}$  değeri, akış yönüne paralel pürüzlülük geometrisinde kabul edilen  $C_{eş} = 5$  olmalıdır. Döküm yüzeylerde ise bu değer, akış yönüne dik pürüzlülük geometrisinde kabul edilen  $C_{eş} = 2,6$  olarak alınır. (Gulich 2003)

## 4. POMPA MALZEMELERİ :

### 4.1. arklar :

Bir pompa çarkının malzemesinin belirlenmesinde aşağıdaki kriterler göz önüne alınır;

- i. Korozyon Direnci
- ii. AŞınma Direnci
- iii. Kavitasyon Direnci
- iv. Döküm ve İŞleme zellikleri
- v. Maliyet

Su ve korozif olmayan çoğu akışkanın kullanıldığı, büyük kapasiteli proseslerde bu kriterleri karŐılayan en ideal malzeme "bronz" malzemedir. Bu nedenle de en çok kullanılan çark malzemesi bronzdur. Ancak bronz 523C sıcaklığı aŐan proseslerde kullanılamaz. Bunun sebebi, bu sıcaklık değerinin bronz çark ile elik mil arasındaki genleşme fark oranının sınırı olmasıdır. 523C sıcaklık ve üzeri değerlerde bronz çark ile elik mil arasındaki genleşme oranı, kabul edilemeyen boŐlukların oluŐmasına neden olmaktadır.

Döküm demir çarklar ise daha kk kapasiteli pompalarda, maliyeti düşürmek amacı ile kullanılmaktadır. Döküm demir, korozyon,erozyon ve kavitasyon direnç değerleri bakımından bronzdan daha düşük direnç değerlerine sahip olmasına rağmen, maliyetinin çok daha düşük olması tek seçim nedeni olmaktadır.

Paslanmaz eliklerde 400 serisi, proste bronz malzemenin korozyon, erozyon veya kavitasyon dirençleri bakımından yetersiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Yine de 400 serisi paslanmaz çelikler deniz suyu için kullanılamazlar. 523C aŐan sıcaklıklardaki proseslerde de 400 serisi paslanmaz çeliklerin genleşme fark oranı uygun olmakta ve elik çark ve elik mil arasında herhangi bir boŐluk problemi yaŐanmamaktadır. (Karassik 2003)

Ostenitik paslanmaz çelikler olan 300 serisi paslanmaz çelikler ise korozyon ve kavitasyon direnç skalasında bir sttedirler. Bu seri paslanmaz çelikler bu nedenle maliyeti yükseltirler.

Bu malzemelerle beraber özellikle son yıllarda, daha ziyade maliyeti düşürmek amacı ile metal olmayan, plastik alaşımlı malzemelerden çarklarda üretilmeye başlanmıştır. Bu malzemeler arasında en sık kullanılanı “norly” diye tabir edilen sert plastiktir.

#### **4.2. Gövde :**

Pompa gövdesinin seçiminde aşağıdaki kriterlerin göz önüne alınması gerekmektedir;

- i. Dayanıklılık
- ii. Korozyon direnci
- iii. Erozyon ve aşınma direnci
- iv. Döküm ve işleme özellikleri
- v. Maliyet

Maliyet açısından avantaj sağladığı için, bir çok uygulamada döküm demir malzeme tercih edilmektedir. Özellikle tek kademeli pompalarda ulaşılabilen basınç değerleri düşünüldüğünde döküm demir her zaman yeterli dayanıma sahiptir.

Korozif akışkanlar kullanılan bir proseste ise, döküm çelik veya paslanmaz çelik malzemeler tercih edilebilir.

Çok kademeli pompalarda ise döküm demirin kullanımı 1,000 kg/m<sup>2</sup> basma hattı basıncına ve 623C sıcaklık değerine kadar sınırlandırılmıştır. 623C sıcaklık üzerinde ve 2000kg/m<sup>2</sup> basınca kadar, çok kademeli pompalarda tercih edilen malzeme çelik dökümdür.

Yine akışkanın korozif ve erozif özelliklerine bağlı olarak gövde malzemesi, dayanım açısından çelik olmaktadır.(Karassik 2003)

#### **4.3. Mil :**

Bir santrifüj pompanın mil malzemesini belirlerken aşağıdaki kriterlerin göz önüne alınması gerekmektedir.

- i. Çekme limiti
- ii. Korozyon direnci
- iii. Çentik hassasiyeti

Çekme limiti, milin problemsiz şekilde, sonsuz sayıdaki dönme gerilmelerine karşı gösterebildiği dirençtir. Bir dönme gerilmesi milin her bir dönüşü ile meydana gelir ve eğer milin eğilme gerilmesi, mil malzemesinin çekme limitinden daha düşük ise, ideal olarak milde hiçbir zaman problem meydana gelmeyecektir.

Pratikte ise, mil üzerindeki yiv, segman kanalı, kama yatakları gibi korozyon ve gerilme yükselticileri nedeni ile çekme limiti düşmektedir.

Bunların yanında mil malzemesinin seçiminde, pompanın bastığı akışkanın özelliklerine bağlı olarak korozyon direnci ve çentik hassasiyeti de önemlidir. (Karassik 2003)

#### **4.4. Aşınma Halkaları :**

Aşınma halkalarının malzemelerinin seçiminde aşağıdaki kriterler gözönüne alınmalıdır;

- i. Korozyon direnci
- ii. Aşınma ve erozyon direnci
- iii. Sürtünme karakteristiği
- iv. Döküm ve işleme özellikleri

Aşınma halkaları bir santrifüj pompanın sabit gövdesi içerisinde dönen çark halkasından veya gövde halkasından birisidir. Aşınma halkaları kullanılmasındaki amaç, çarkın emme ve basma arasındaki kaçakları minimize edebilmek için yakın,ve boşluksuz bir çalışma sağlamaktır. Halkalardaki bir aşınma sonucu kaçaktaki artışın basma yüksekliği, kapasite ve pompa verimi üzerinde direk etkisi vardır.

Aşınma halkalarındaki aşınma oranını düşürmek, dolayısı ile de pompanın performans süresini arttırabilmek için, halka malzemesinin korozyon ve aşınmaya karşı direnç karakteristiklerini değerlendirebilmek büyük önem taşımaktadır.

Bronz en çok kullanılan aşınma halkası malzemesidir. Bir çok su ile uygulamada bronz malzeme yüksek korozyon direnci gösterir.

Ek olarak, temiz sularda gösterdiği bu direnci, içerisinde aşındırıcı malzeme olan akışkanlarda gösteremez ve kısa sürede deforme olur.

Ayrıca metal metale sürtünme olduğu durumlarda da düşük sürtünme direnci gösterir.

Hemen hemen her çeşit bronzun döküm ve işleme kabiliyeti yüksektir. (Karassik 2003)

Korozyon veya aşınma limitlerinin uygun olmadığı durumlarda, bronz malzeme yerine paslanmaz çelik malzeme kullanılır.

Bronzun tersi olarak 300 ve 400 serisi paslanmaz çelikler sürtünmeye karşı yüksek direnç gösterirler. Halkalar arasındaki boşluğu arttırarak, iki halkanın sertlik farkını da 125-150 Br. Arasında tutarak veya halkaları işleyerek birbirlerine sürtme riski azaltılabilir.

Sürtünme riskini ortadan kaldırmada kullanılan en etkili yöntem aşınma halkalarının işlenerek, ara mesafenin yükseltilmesidir. Ancak bu işlem pompa verimini de etkilemekte, yüksek debili ve düşük basma yüksekliğine sahip pompalarda verimdeki bu değişim %1 civarlarında olsa da, yüksek basma yüksekliğine sahip düşük debili pompalarda verimdeki düşüş çok daha fazla olmaktadır. (Ida 1979)

#### **4.5. Pompa Malzemelerinin Seçimi :**

Pompa malzemesinin belirlenmesi esnasında, malzeme maliyetinin bakım maliyetlerini de önemli ölçüde etkileyeceği düşünülmelidir. Düşük satınalma maliyeti göz önüne alınarak, uygun olmayan malzemeler ile üretilmiş olan pompaların zamanla parçalarının değiştirilerek, çok daha yüksek maliyetler çıkardığı unutulmamalıdır.

Tablo 1, farklı akışkanlarda, kullanılan malzemeleri kıyaslayarak, en ekonomik malzeme ile en uzun ömürlü malzeme kombinasyonlarının belirlenmesinde yardımcı olacaktır.

**Tablo 1. Santrifüj Pompalarda Malzeme Seçimi**

(1) : Uygun ve Ekonomik Olan , (2) : Daha Uzun Ömürlü Olan

Parça	Temiz Su (40 <sup>0</sup> 250 <sup>0</sup> )	Deniz Suyu (40 <sup>0</sup> -80 <sup>0</sup> )	Besi Suyu (250 <sup>0</sup> )	AtıkSu (40 <sup>0</sup> )
Çark ; GG25 Bronz 400 SS 300 SS Ni Alş	... 1 ... ... ... ...	... 1 ... 2 ... ...	... 1 2 ... ... ...	1 ... 2 ... ... ...
Gövde; GG25 Bronz 400 SS 300 SS Ni Alş.	1 ... ... ... ...	1 2 ... ... ...	1 ... 2 ... ... ...	1 ... ... ... ... ...
Aş.Hal; Bronz 400 SS 300 SS Monel	1 2 ... ...	1 ... 2 ...	1 2 ... ...	... 1 ... ... ...
Mil; Çelik 400 SS 300 SS Monel	1 ... ... ... ...	... ... 1 2	1 2 ... ...	... 1 2 ... ...

Kaynak; Karassik, Pumphandbook, 2003, 213s.



## **5. MALZEME BİLGİSİ :**

Pompa çarkı üretiminde en çok kullanılan malzemeler olan esmer dökme demir, bronz ve paslanmaz çeliklerin özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

### **5.1. Esmer Dökme Demir :**

#### **5.1.1. Esmer Dökme Demirin Tanımı :**

Katılaştıktan sonra bileşimindeki karbonun büyük bir kısmı serbest grafit yaprakları (lamel – pul) halinde bulunan bir dökme demir çeşididir. Kırıldığı zaman yüzeyi isli gri görünüşlüdür. Grafitten dolayı rengi esmer olan dökme demire, ESMER veya GRİ DÖKME DEMİR denir. Dökme demir çeşitleri içinde en çok kullanılanı olan bu dökme demir aynı zamanda FONT veya KIR DÖKME DEMİR olarak da tanınır.

Esmer dökme demirin kimyasal bileşimi, yapısı ve özellikleri geniş sınırları içinde değişmektedir. Esmer dökme demire, birçok özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için nikel, krom, molibden, alüminyum, bakır vb. alışım elemanları katılır.

#### **5.1.2. Esmer Dökme Demirin Kimyasal Bileşimi :**

Esmer dökme demirin bileşiminde, ana yapısı demirden başka, karbon, silisyum, mangenez, fosfor ve kükürt bulunur. Bileşiminde bulunan bu elementler, genel olarak HAM DEMİR (pik) 'den gelmektedir. Kükürt esmer döküm demir içinde bulunması pek arzu edilmeyen elementtir. Fosforun ise pek az miktarı faydalıdır.

Esmer dökme demir mikroskopla incelendiğinde, yapısı içinde dağılmış grafit yaprakları görülür. Bu grafit yapraklarını kalın kesitli döküm parçaların yapısında gözle dahi görmek mümkündür. Şekil 4.1 de esmer dökme demirin grafit dağılımı ile Şekil 4.2 de aynı yapının dağlanmış ve büyütülmüş şekli görülmektedir. (Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)



Şekil 4.1. Esmer dökme demir yapısında grafit dağılımı (x 100)  
(Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)



Şekil 4.2. Esmer dökme demirin mikro yapısı  
(Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)

### **5.1.3. Bileşiminde Bulunan Elementler :**

Esmer dökme demirin bileşiminde karbon, silisyum, mangenez, fosfor ve kükürt bulunduğu belirtilmiştir. Esmer dökme demirin bileşiminde bulunan bu elementler, dökme demir çeşitlerinin hemen tamamında bulunur. Bu elementler, esmer dökme demirin yapısına ve özelliklerine çok tesir ederler. (Ersümer 1973)

#### **5.1.3.1. Karbon :**

Esmer dökme demirde serbest grafit veya demir karbür (sementit- $Fe_3 C$ ) olarak bulunur. Bileşiminde ortalama % 3.00-3.50 karbon bulunur. Karbon, esmer dökme demirin ergime sıcaklığını düşürür, akıcılığını artırır. Bundan başka grafit miktarı fazla olduğundan esmer dökme demirin dayanımını azaltır. Bileşiminde karbon miktarı azaldıkça (örneğin: % 3'den az) esmer dökme demirin çekmesi artar.

#### **5.1.3.2. Silisyum :**

Esmer dökme demirde ortalama % 1-3 silisyum bulunur. Karbonun serbest halde kalmasına ve grafit halinde ayrılmasına

yardım eder. Dökme demirde silisyum miktarı arttıkça ötektik ve ötektoid bileşimlerdeki karbon miktarı azalır. Fakat ötektik ve ötektoid sıcaklıkları yükselir. Silisyum, esmer dökme demirin akıcılığını artırır ve yumuşak olmasına sebep olur.

#### **5.1.3.3. Manganez :**

Karbonun grafit halinde ayrışmasını önler. Bileşiminde ortalama % 0.40-1.00 bulunur. % 2'den fazla olursa grafitleşmeyi geciktirir. Dökme demirin sert olmasına sebep olur. Manganez, bileşimindeki kükürtün kötü etkisini önler ve mangansülfür (Mn S) halinde birleşir. Mangansülfürün özgül ağırlığı az olduğundan curufa karışır.

#### **5.1.3.4. Fosfor :**

Fosfor, demir içinde erir ve demirle, demir fosfür ( $Fe_3P$ ) halinde birleşir. Karbonunun, grafit halinde ayrılmasına yardım eder. Dökme demirin akıcılığını artırır ve katılma zamanını uzatır. Demir fosfür, demir karbür ve demir karışık kristalleri, düşük sıcaklıkta ergiyen üçlü bir ötektik teşkil eder. Esmer dökme demir bileşiminde % 0.05 – 1.00 arasında bulunur. Yüksek fosforlu dökme demirler çok kırılğan ve zayıf olurlar. Bunun için % 0.50 normal bir fosfor miktarıdır. Yalnız ince kesitli ve motifli parçaların dökümünde fazla miktarda fosfor kullanılır. Fosfor miktarı arttıkça esmer dökme demirin sertliği de artar.

#### **5.1.3.5. Kükürt :**

Esmer dökme demir bileşiminde ortalama olarak % 0.05 – 0.25 arasında kükürt bulunur. Yapıya etkisi çok fazladır. Bileşiminde % 0.15 den fazla olması, dökme demirin sert olmasına sebep olur ve işleme özelliğini azaltır. Manganez ile birleşir ve mangansülfür olarak curufa karışır. Böylece yapıya olan kötü etkisi azalmış olur. Kükürt, karbonun grafit halinde ayrılmasını güçleştirir.

#### **5.1.4. Esmer Dökme Demirin Mikro Yapısı :**

Esmer dökme demirin yapısında grafit, ferrit, perlit, sementit bulunur. Bunlardan başka fosfür ötekiği ve mangansülfür de bulunabilir. Bu yapı bileşenleri kısaca aşağıdaki gibi tanımlanırlar.

#### 5.1.4.1. Grafit :

Esmer dökme demirin en önemli yapı bileşinidir. Şekil ve miktarına göre dökme demirin özellikleri üzerinde önemli derecede etkili olur. Döküm parçanın geç soğuması, kalın kesitlerinin fazla olması veya bileşiminde grafitleştirici elemanların çok miktarda bulunması serbest grafitin artmasını sağlar. Grafit, yapı gözle görülecek yaprakcıklar (lamel-pul) halindedir.

Grafit, esmer dökme demirin çekme dayanımını azaltır ve ötektik yapının ergime sıcaklığını düşürür. Katılma sabit sıcaklıkta olur.

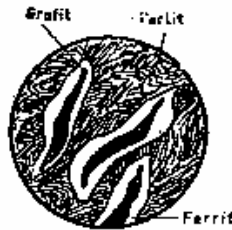
Ötektik yapının kristalleri küçük olması nedeniyle alaşımın akıcılığı iyidir. Grafit tiplerinin de esmer dökme demirin dayanımı üzerinde etkileri fazladır.

#### 5.1.4.2. Ferit :

Ferit, bilhassa ferritik esmer dökme demirde görülür. Esmer dökme demirde, serbest veya perlitin bileşeni olarak bulunabilir. Ferritik halde bulunması daha çöktür. Şekil 4.3 ve şekil 4.4 ferrit yumuşak olduğu için dökme demirin çekme dayanımı da düşüktür. Fakat silisyum, ferriti sertleştirir ve kuvvetlendirir.



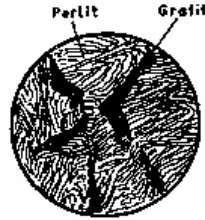
Şekil 4.3. Ferritik esmer dökme demir (Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)



Şekil 4.4. Ferritik-Perlitik esmer dökme demir (Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)

#### 5.1.4.3. Perlit :

Perlit, daha çok perlitik esmer dökme demirlerde görülür. Perlit, ferrit ve sementitin karışımıdır. Mikroskopta bakıldığında perlit ince, uzun veya kısa ve paralel tabakalar (parmak izi) halinde görülür. Perlitin miktarı yapıdaki grafitleşme derecesiyle orantılıdır. Şekil 4.5. perlitik esmer dökme yapısını göstermektedir.



Şekil 4.5 Perlitik esmer dökme demir (Fidaner,S.ve Çelik,S.1981)

#### 5.1.4.4. Sementit :

Esmer dökme demirde sementit perlit içinde bulunur. Bir demir karbür bileşimidir. Daha çok karbürleştirici ortamda oluşur. Çok sert ve kırılgan yapıya sahiptir. Katı hal grafitleşmesine gelinceye kadar grafit ve ferrite ayrışır. ( Fidaner 1979)

#### 5.1.5. Esmer Dökme Demirin Kullanımı :

Esmer dökme demirin kullanılma sahası, dökümü yapılan diğer maden ve alaşımlardan daha geniştir. (Fidaner 1979)

İnce şekillerdeki parçaların dökümleri gayet rahat olur. Ortalama bir mekanik dayanıma sahip olan esmer dökme demirin dökülerek şekillendirilmesi ucuzdur. Makine işçiliği kolaydır. Bunlardan dolayı esmer dökme demir, otomotiv sanayi parçaları, fırın ve ocak parçaları, radyatörler, makine gövde ve parçaları ile daha pek çok sanayi kolunun makine ve parçalarının yapımında kullanılır.

Esmer dökme demirden dökülecek parçaların kullanılacağı yere göre, kimyasal bileşenleri değişir. Bilhassa sürtünerek çalışan makine gövde ve parçalarının özelliklerinin çok iyi olması gerekir. Esmer dökme demirde aranan belli başlı özellikler aşağıdadır. Bu özelliklere

sahip esmer dökme demir, hemen her parçanın yapımında kullanılabilir.

#### **5.1.6. Esmer Dökme Demirin Akıcılığı :**

Esmer dökme demir, bütün dökme demirler arasında en akıcı olanıdır. Bunun için piston bilezikleri, radyatörler, motor gövdeleri vb. ince ve karmaşık şekilde parçaların dökümünde çok kullanılır.

Esmer dökme demirin akıcılığı bileşiminde bulunan elementlerin (bilhassa karbonun) miktarına ve döküm sıcaklığına bağlıdır. Esmer dökme demirin ergimiş haldeki sıcaklığı ne kadar olursa katılaşması da o kadar geç olur. Bu bağlı olarak da çok akıcı hale gelir. Bileşimindeki fosfor miktarı da akıcılığı artırır. Örneğin: Fosfor miktarı % 0.30 dan daha fazla olduğu hallerde, esmer dökme demirin katılaşma sıcaklığı düşer ve akıcılığı artar. Bu nedenle, süs eşyaları % 1 fosforlu esmer dökme demirlerden dökülür. Esmer dökme demirin bileşimindeki karbon miktarı azaldıkça, döküm güçlükleri başlar. Karbon miktarı % 2,20'den az olduğu durumlarda, akıcılık çok azalır ve döküm parçalarda hatalar artar.

Esmer dökme demirin akıcılığı, alaşımın özelliğine ve kimyasal bileşimine bağlı olduğu kadar, kalıp gereğine de bağlıdır. Sıvı maden, kurutulmuş kaplarda, yağ (rutubetli) kalıplara göre daha uzun zamanda katılaşır. Bunun için sıvı maden, katılaşmadan, kalıp iç boşluğunun tamamını doldurur. Halbuki, yağ kalıplara dökülen sıvı maden kısa zamanda veya daha kalıbın tamamını doldurmadan katılaşabilir. (Fidaner 1979)

#### **5.1.7. Esmer Dökme Demirin Sertliği :**

Sertlik, esmer dökme demirin kimyasal bileşimine bağlıdır. Soğumanın hızlı olduğu zamanlarda esmer dökme demirin sertliği artar. Soğumanın hızlı veya yavaş olması döküm parçanın kesit kalınlıklarına bağlıdır. Kesit kalınlıklarının incelenmesine göre, esmer dökme demirin sertliğini pratik olarak kontrol etmek kolaydır.

Bu arada esmer dökme demirin bileşimine katılan alaşımın elementlerin de durumları, yapıyı ve dolayısıyla dökme demirin

sertliğini değiştirir. Örneğin: % 2-5 miktarındaki Nikel, az miktarda dahi olsa krom ve % 0,30 dan fazla olan fosfor, esmer dökme demirin sertliğini arttırlar. Normal esmer dökme demirin sertliği 120-200, alaşımlı esmer dökme demirin ise 600 Brinel kadar olur.

#### **5.1.8. Esmer Dökme Demirin Aşınma Dayanımı :**

Sertliğin ve aşınmaya dayanımın fazla olması istenen birçok yerde beyaz dökme demir, esmer dökme demire tercih edilir. Esmer dökme demirin kullanıldığı ise, basıncı yüksek ve aşınmanın fazla olmadığı yerlerdir. Yumuşak yapıya sahip döküm parçaların aşınmaları fazla olur. Aşınma durumunda, dökme demirin bileşimindeki grafit, kendi kendine bir yağlama yapar. Bileşiminde serbest grafitin az olduğu dökme demirlerde grafitin kendi kendine yağlama yapması azalır. Buna karşı grafitin az olduğu durumlarda alaşım az olduğu için aşınması da az olur. Fakat grafitin kendi kendine yapacağı yağlamaya rağmen aşınmalara karşı yağ kullanıldığı zaman, esmer dökme demir oldukça dayanıklı ve uzun ömürlü olur. (Fidaner 1979)

Esmer dökme demirin buraya kadar tanıtılmış olan özelliklerinden daha başka özellikleri de vardır.Örneğin:asma, kesme, burulma, eğilme, yorulma vb. gibi özellikleridir. Ancak bunlar birbirlerine çok yakın özellikler, olup, birçok deneyler sonunda tespit edilirler. Esmer dökme demirlerde esas aranan özellikler: tanıtılmış olan özelliklerdir.

#### **5.1.9. Esmer Dökme Demirin Isıl İşlemi :**

Dökme demirin çekmesi az olduğu halde döküldükten sonra çatlama hataları olabilir. Bilhassa büyük kasnak kollarında çatlama çok görülen hatalardandır. Dökülen parçalarda çatlama olmasa bile soğumanın dengeli olmamasından dolayı ve çekmenin değişik yönlerde olması nedeniyle, iç yapıda gerginlikler meydana gelir. Bu gerginlikler fazla olduğu zaman hafif bir zorlama veya darbe neticesinde parça derhal çatlayabilir. Ancak önemli yerlerde kullanılacak parçalarda bu tehlikeyi gidermek için, döküm parçaya ısıl

işlem uygulanır. Esmer dökme demirin ısıtılması çeşitli tav fırınlarında yapılır. Genellikle parçalar fırına konulduktan sonra fırın sıcaklığı yavaş yavaş 550-650 °C ' ye kadar yükseltilir. Bu sıcaklıkta, parçanın kesit kalınlığına ve büyüklüğüne göre belli bir zaman tutulduktan sonra yavaş soğumaya bırakılır. Isıl işleminin fırında yapılmasına imkan vermeyecek kadar büyük olan döküm parçalar, açık havada uzun müddet bekletilmek suretiyle gerginlikleri giderilir. Örneğin: torna, freze, planya , radyal , taşlama vb. gibi önemli ve duyarlı tezgahların gövdelerindeki ve büyük parçalarındaki gerilmeler bu şekilde giderilebilir. Bekletme müddeti en az 8-12 ay ve hatta özel hallerde bu zaman dahada uzun olur.

Isıl işleme tabi tutulan esmer dökme demirin işlenebilme özelliği, aşınmaya dayanımı ve çekme dayanımı artar. Bu özellikleri için esmer dökme demir çeşitli yöntemlerle tavlınır. (Fidaner 1979)

#### **5.1.10. Esmer Dökme Demirin Ergitimi :**

Esmer dökme demirin ergitimi genel olarak kupol ocaklarında , özel hallerde elektrik endüksiyon ocaklarında yapılır. Esmer dökme demirin ergitiminde kullanılan kupol ocağını iyi bilinmesi ve tanınması gerekmektedir. (Ersümer 1979)

#### **5.2. Paslanmaz Çelikler :**

Mekanik özellikler açısından kitle çeliklerinden pek farklılık göstermeyen paslanmaz çeliklerin yüksek maliyetlerine karşın uygulamada çok yaygın olarak kullanılmalarının ana nedeni, yüksek korozyon direncine sahip olmalarıdır. (Aldemir 2000)

Korozyonu önlemek için çelikte bulunması gereken alaşım elementi kromdur. Kromun özelliği, ilave edildiği çeliğin küçük taneli olmasının ve kritik soğuma hızını azaltmasıdır. Bu da çeliğin sert bir yapı kazanmasına neden olur.

Sıfırın altındaki sıcaklıklardaki tokluk özelliklerini iyileştirmek için en iyi alaşım elementi niktendir. Ostenitik çelikler mutlak sıfıra yakın sıcaklıklarda bile tokurlar. Tokluk özelliği ferritik çelikler için sıcaklığın düşmesi ile düşer. Fakat ostenitik çeliklerde bu görülmez. Ostenitik



paslanmaz çelikte düşük sıcaklıklardaki tokluk herhangi bir plastik şekil değişiminin olmaması ve bu durumda herhangi bir bölgede martenzitik yapının oluşmamasıdır. Martenzit fazın oluşması demek çeliğin martenzit fazının oluştuğu yeri gevrekleşmesi anlamına gelir.

Paslanmaz çelik, paslanmaz özelliğe sahip olabilmesi için en az %12 krom içermek zorundadır. Krom miktarının artmasıyla yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençleri de artar.

Paslanmaz çeliklerdeki alaşım elementleri önem sırasına göre krom, nikel, molibden, mangandır. Paslanmaz çeliğe değişik özellikler katabilmek için yeni elementler katılır. Nikel ve molibden korozyon direncini, karbon- molibden- titanyum- alüminyum ve bakır mukavemeti artırır, selenyum ve kükürt ise işleme kabiliyetini artırır. Paslanmaz çelik içerisindeki %12 lik krom çeliğin yüzeyine bağlanan yoğun, tok ve çok ince bir oksit tabakasından ötürü pasifleşir yani indirgeyici olmayan ortamlarda korozyona karşı direnç kazanırlar. Bu çeliklerde krom karbür oluşursa a-y kafesi içinde çözülmüş olan krom miktarı %12' lik sınırın altına düşebilir. Böylece korozyona dayanıklılık özelliği kaybolur. Bu durumda krom karbür oluşumu karbür yapma eğilimi kromdan fazla olan belirli elementler katılarak bu engellenmelidir veya karbon değişikliği yükseldikçe krom miktarıda artırılmalıdır.

Kromun koruyucu özelliği krom ile oksijen arasındaki yüksek affiniteden ileri gelmektedir.

### **5.2.1. Ostenitik Paslanmaz Çelikler :**

% 16-25 Cr % 20'ye kadar Ni içeren çelikler ostenitik paslanmaz çeliklerdir. (Aldemir 2000)

Bazı tipleri Ni yerine % 18 Mn içerir. Bu çeliklere manganezli ostenitik çelik denir. Korozyona dayanıklı çeliklerin en önemlileridir. Ostenitik iç yapı dönüşüm göstermediği için normalleştirme ve sertleştirme ısı işlemleri uygulanamaz. Kromun ferrit yapıcı etkisi ostenitik yapıcı alaşım elementleri katılarak giderilir. Ostenitik yapıcı temel element nikelidir. Sertlik sadece soğuk işleme ile artırılabilir.

Bu çelikler oda sıcaklığında bile yüzey merkezli kübik kristal yapıya sahip alaşımlardır ve bu tür yapıya, nikel, manganez ve azot gibi ostenitleme elementlerinin bol miktarda kullanılmasıyla erişilebilmektedir.

Soğuk işleme sertleştirilen ostenitik paslanmaz çelik sıcak çalışmayla yeniden kristalleşmenin sonucunda tekrar eski sertliğine döner.

Paslanmaz çelik üretiminin yaklaşık %75'ni ostenitik paslanmaz çelik oluşturur. Ostenitik çeliklerde yapılan iyileştirmeler sonucunda karbon içeriği %0,03 seviyesine indirilmiştir. Çeliğin alaşımına Ti, Mo ve Nb elementleri katılarak sürtünme dayanımı ve taneler arası korozyon minimum seviyeye indirilmiştir.

Ostenitik paslanmaz çelikler yüksek sıcaklıklarda, martenzitik ve ferritik paslanmaz çeliklere göre mükemmel oksidasyon, korozyon ve mekanik özelliklere sahiptir.

Kaynak ve sıcak çalışma sonrası gerekli korozyon dayanımı için tekrar tavlama gerekebilir. Tavlamadan sonra soğuma sırasında oluşan krom karbürler taneler arası korozyona karşı direnci azaltır. Karbür çökmesi 425 °C -900°C arasında oluşabileceğinden, tavlama bu limitlerin üzerinde yapılmalıdır.

Yüksek azot içeren ostenitik paslanmaz çeliklerde, pitting korozyonu direnci yükseltir ve osteniti dengeleyen güçlü bir elementtir.

Manganezli ostenitik çelikler AISI numaralandırma sisteminde 200 serisi çeliklerdir. 200 serisi paslanmaz çelikler 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir ve Kore savaşı boyunca nikel yerine manganez kullanılmıştır. %4 Ni yerine %7 Mn ve %0.25 nitrojen kullanılmıştır. 201 ve 202 tipi paslanmaz çelikler 301 ve 302 tip paslanmaz çeliklere eşit özellik ve kompozisyona sahiptirler.

### **5.2.2. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Simgelemesi :**

Paslanmaz çeliklerin dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan standart gösterimini AISI numaralarıyla yapılmaktadır. Bu standartta paslanmaz çelikler kimyasal kompozisyonlarına göre sınıflandırılıp üç

basamaklı sayılarla numaralandırılmaktadır. Çizelge 2 'de AISI numaralarının hangi grup çeliği gösterdiği belirtilmiştir.

**Çizelge 2. AISI numaralarına göre paslanmaz çelik grupları**

Seriler	Grupların genel Özellikleri
2xx	Krom – Nikel – Mangan, Ostenitik, Sertleştirilemez, Manyetik Değil
3xx	Krom – Nikel, Ostenitik, Sertleştirilemez, Manyetik Değil
4xx	Krom – Ferritik, Manyetik, Sertleştirilemez Krom – Martenzitik, Manyetik, Sertleştirilir
5xx	Krom, Düşük Krom, Sıcağa Dayanıklı

Kaynak: Ersümer,A., Çelik Döküm, 1973, 101 s.

Herhangi bir çelikte yapılan yeni düzenlemeler standart numarasının yanında bir harf ile belirtilir. Örneğin 304 çeliğinin karbon oranının %0.08'den %0.02'ye indirilmesiyle elde edilen çelik 304 L olarak isimlendirilir.

Bir başka simgeleme sistemi ise UNS (Unified Numbering System) 'dir.

Bu sistemde paslanmaz çelikler genellikle S harfi ve beş basamaklı sayılarla gösterilir. Bu numaranın ilk üç basamağı genellikle AISI numarası ile aynı olup, son iki basamak ise yeni düzenlemeler için kullanılmaktadır. Çizelge 3'de bazı standart bileşimli ostenitik çeliklerin AISI ve UNS numaraları ve temel kompozisyon farklılıkları verilmiştir.

**Çizelge 3. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Simgelenmesi**

UNS	AISI	Ana Bileşimden Farklılığı Ostenitik, Krom-Nikel
S30100	301	Cr,Ni Daha düşük
S30200	302	Ana tip %18Cr ve %8 Ni
S30215	302B	Si Daha fazla
S30300	303	P ve S ilaveli
S30323	303Se	Se ilaveli
S30400	304	Düşük karbon oranı
S30403	304L	Kaynak kabiliyeti için az karbon
S30500	305	Soğuk pekleşme için yüksek Ni
S30800	308	Korozyona karşı Cr ve Ni fazla, C az
S30900	309	Daha fazla Cr ve Ni
S30908	309S	Düşük C
S31000	310	Cr ve Ni en yüksek oranda
S31400	314	Si ilaveli
S31600	316	Korozyon direnci için Mo ilaveli
S31603	316L	Kaynak kabiliyeti için düşük karbon
S31700	317	Yüksek sıcaklık için Mo ilaveli
S31800	318	Nb ve Ta ilaveli
S34723	347Se	Talaş kaldırma için Se ilaveli

Kaynak: Ersümer,A., Çelik Döküm, 1973, 104 s.

### **5.2.3. Paslanmaz Dökme Çelikler :**

Paslanmaz çelikler (1), normal karbonlu ve alaşımlı çeliklerden daha fazla paslanmaya ve kararmaya karşı direnci haizdirler. Korozyona mukavemet üstünlüğü demir-karbon alaşımlarına krom elementinin ilavesi sağlanmıştır. Her ne kadar bakır, alüminyum, silisyum, nikel, molibden gibi diğer elementlerde çeliklerin korozyona mukavemetini arttırırsa da, krom, söz konusu olan korozyona mukavemet için en önemli elementtir ki bu bölümde demir-krom-nikelli çelikleri incelemekle yetinilecektir. Paslanmaz çelikler yüksek sıcaklığa dayanması gereken fırın parçaları, türbin kanatlarında vs. yerlerde çok kullanılır. (Ersümer 1973)

### **5.2.3.1. Demir-Krom Sistemi :**

Bir Demir-Krom tam denkleşme diyagramı kurmanın güçlükleri iki nedene dayanır.

1- Demir-Krom alaşımlarının temiz hazırlanması güçlüğü,

2- Demir-Krom alaşımlarının ısı işleme duyarsız oluşu,

Birinci güçlük önemsizdir. Çünkü ergitme pratiğinde, alaşımları temizleme ve düzeltme mümkündür. Fakat ikinci zorluk nedeniyle sık sık yanlış neticeler alınabilir.

### **5.2.3.2. Demir-Krom-Nikel Sistemi :**

Demir-Krom sistemine benzer, Demir-Krom-Nikel sistemi ile ilgili ilk araştırmalar 1909-1912'de Strauss tarafından yapılmıştır. Strauss %20 krom, %7 nikel ve karbür ihtiva eden alaşımı buldu ki, bu alaşım  $2280^{\circ}\text{Fe}(1250^{\circ}\text{C})$ 'de eriyebilen ve hızlı soğuma ile oda sıcaklığında tutulan bir alaşımdır.

Demir-Krom alaşımlarına üçüncü bir eleman yani nikel katılarak faz yapısı değiştirilir. Bu sayede metastabil olan ostenit oda sıcaklığında dönüşmeden kalabilir. Mesela: 18-8 paslanmaz çeliği buna örnek verilebilir. Bu tip ostenitik çelikler su verme ile sertleştirilemezler. Çünkü ostenit, martenzite dönüşmez. Fakat sertleştirilmemiş halde dahi yeterli mukavemet ve sünekliği haizdirler.

### **5.2.3.3. Demir-Krom Paslanmaz Çeliklerin Isıl İşlemleri :**

%5'den %12 kroma kadar %0,15 karbon esaslı çelikler, ostenitten martenzite dönüşmek suretiyle sertleşirler. Krom ve karbon artışı ile iyileşen bu çeliklerin sertleşmesi yüksek krom miktarından beklenir. Bu grup çelikler %0,10 C ve bilhassa %15-21 arasında krom ihtiva ederler. Bu çelikler yaklaşık olarak  $1500^{\circ}\text{F}$  ( $815^{\circ}\text{C}$ )'den sonra hava da soğuduğu zaman, yapının %50'den fazlasını martenzit teşkil eder ve bu anlayışla martenzitik paslanmaz çelik şeklinde de denilebilir. Çünkü bu çelikler hemen hemen korozyona dirençleri uygun, istenen mikro yapılara, istenen optimum şekil alma özelliğini haizdir.

1400÷1500<sup>0</sup>F (760÷815<sup>0</sup>C) dereceler arasındaki sıcaklıklarda ısıtma ve sonra yeterli uzun bir zaman içerisinde ve oda sıcaklığında yavaş soğuma ile tavlama yapılmak suretiyle mikro-yapılar meydana çıkarılır.

Daha yüksek kromlu çelikler (%21 kromdan fazla) tamamen ferritiktir. Bu yapı tavlamadan sonra görülebilir. Mamafih burada iki güçlük ortaya çıkar. Birincisi; birinci faz alaşımları ince olmayan tanelerin faz dönüşümleri ile mümkün (krom-karbür hariç). Büyük taneler bir defa şekillendi mi oda sıcaklığına kadar soğumaya alı konulacak. Yalnız soğuk çalışmayla ve yeniden billurlaşma ile büyük taneleri azaltabilmeli. İkinci zorluk da: çelikler 800÷1400<sup>0</sup>F (425÷760<sup>0</sup>C) kadar ısıtıldığında taneler büyür. Tane büyümesini 1400÷1700<sup>0</sup>F (760÷910<sup>0</sup>C) kadar ısıtarak tavlama ve hızlıca soğutma ile önlenir. (Ersümer 1973)

### **5.3. Bronzlar**

Bronz, %60'dan fazla bakır ve en önemlisi çinko olmamak üzere diğer elemanları ihtiva eden bakır alaşımlarına verilen addır.

#### **5.3.1. Kalay Bronzları ve Çok Bileşenli Kalay Bronzları:**

En eski ve önemli bronzlar, kalay bronzlarıdır. Bunlara evvelce, çok defa az miktarda fosfor ihtiva ettikleri için, fosfor bronzları denirdi. Bu ve gene eski olan hadde bronzları deyimi bugün artık kullanılmamaktadır.

Kalay bronzları, yüksek kimyasal dayanıklılıkları dolayısı ile kimya endüstrisinde ve gemi inşaatında büyük ölçüde kullanılırlar.

Kağıt endüstrisinde kağıt hamuru bıçak ve süzgeçleri, gemi inşaatlarında deniz suyuna dayanıklı mil kaplamaları, elektronikte yaylar, saat endüstrisinde zemberekler, makine endüstrisinde korozyona ve fazla yüke maruz dişli çarklar, akslar, conta yuvaları, fleksibil borular ve yaylanma parçaları, bu alaşımlardan imal edilir. Kalay bronzları yatak malzemesi olarak da kullanılır.

Çan dökümü için dökme kalay bronzları kullanılır. İhtiva ettikleri kalay dolayısı ile bronzlarda titreşim sönümü çok azdır. Bu özellik

bakımından başka hiçbir metal kalay bronzlarından üstün değildir. Kızıl dökümde olduğu gibi bu alaşımlarda da savurma döküm aynı kimyasal bileşim için daha yüksek mukavemet verir.

### 5.3.2. Özellikler:

Kalay bronzların en önemli özellikleri, başta yüksek mukavemet olmak üzere, korozyona karşı çok iyi dayanıklılık ve kalay miktarının %10'dan fazla olmaması şartıyla, iyi şekil değiştirme kabiliyetidir. Kalay fiyatının bakırinkinin dört katı olması, bronz fiyatının yükselmesi ve dolayısı ile kullanılma yerlerinin arttırılmaması sonucunu doğurur. Bu mahzuru bir dereceye kadar gidermek için çok bileşenli kalay bronzlarında ve kızıl döküm alaşımlarında bir miktar kalay yerine ucuz çinko konulur.

Böylece elde edilen alaşımlar yüksek mukavemete sahip olup, sadece kimyasal dayanıklılıkları biraz düşüktür. Bilhassa kusursuz çok bileşenli kalay bronzları, SnBz 6 ve SnBz 8 ile takriben aynı yaylanma özelliklerine sahiptir.

Fiziksel özelliklerinden, elektrik iletkenliği en fazla kalay miktarına bağlı olarak değişir.

Bakır-Kalay alaşımlarının ergime noktaları da kalay miktarına kuvvetli bağlıdır. Bu alaşımların karakteristiğini, üst ve alt noktaları arasındaki büyük fark teşkil eder.

Yaylanma özellikleri için önemli olan elastiklik modülü, yoğrulmuş (plastik şekil verilmiş) kalay boruları için takriben 12 000 kg/mm<sup>2</sup>'dir. Kalay bronzlarının ısı genleşme kat sayısı 20<sup>0</sup>C ile 300<sup>0</sup>C arasındaki bölge için 18.10<sup>-6</sup>/<sup>0</sup>C'dir.

Alaşımlardaki kalay, yüzeyi iyi şekilde bağlı olan ve kimyasal etkilere karşı olağan üstü dayanıklılık sağlayan koruyucu bir tabaka meydana getirir. Bu dayanıklılık bakırın kine eşit ve bazı hallerde daha yüksektir. (Ersümer ve Arkadaşları 1976)

### 5.3.3. Bronzun Ergitilmesi :

Ergitme ocağının hakiki görevi, iyi dökümler verecek alaşımları hazırlamaktır.

İşlem şartları, atölyeden atölyeye değişir. Bu nedenle sert ve hızlı kuralların tatbiki zordur. Bu etkenlerin sebeplerini araştırmak ve tespit etmek makul ve mantıklı bir davranıştır.

Fırın tipi kapasitesi (yakıt, refrakterler vs.)

Kum kalitesi (Nemlilik, nufuziyet, mukavemet v.s.)

Kalıp dizaynı (Terkip, yükleme, mastarlama v.s.)

Bütün bunlar, nihai mamulün karakterine indirekt olarak tesir etmektedirler. Bazı alaşımlar diğerlerine nazaran alaşımlanma bakımından daha hassastır. Bunun sebebi, bu tür alaşımların geniş bir katılma aralığına sahip olmalıdır. Katılma hacim değişikliği %5-7 arasındadır.

Sarı pirinç, kızıl bronz'a nazaran daha sağlamdır; Bunun sebebi:

a) Fazla miktarda çinko ihtiva etmesidir, çinko iyi bir deoksitleyici (indirgendir)

b) Kızıl pirincin katılma aralığı dardır. Fakat ne var ki, bu alaşımların aralarında kendi problemleri vardır.

Çok yüksek sıcaklıklarda döküm, bir sürü kusurlara yol açar; bunlardan <<kirli>> ve <<kurtlu>> dökümler elde edilir. Bunun nedeni kalıplarda, çinko distilasyonudur. Bu gibi kusurlar, yavaş döküm ve sert kalıp dövmesinde kendini daha da belli ederler. Ağır dökümler yavaş soğuyacağından, hafif dökümlere nazaran, daha fazla bu yolla bozulabilir.

### 5.3.4. Bronzun Katılması:

Bu alaşımların taşıdığı özellik, geniş bir katılma aralığındadır. Bütün bunlar soğuma-altı durumuna meyil gösterirler.

Soğutma Altı Tesirler:

a) Katılma aralığının genişlemesinden, minimum donma sıcaklığına kadar.



b) Bütün donma safhalarında dentritler arasında sıvı alaşımlarının eriyebilecek kısımlarının normal üstü çoğalmasına sebep olur. Açıklanan bu durum %10 kalay ihtiva eden Bronz içindir.

### **5.3.5. Bronzun İşlenmesi:**

En fazla %10 kalay ihtiva eden yoğurma, kalay bronzlarında haddeme ve çekme gibi işlemlerle, bilhassa dökümden sonra hadde blokları takriben 800°C'da homogenleştirme tavlmasına tabi tutulmuşsa, soğuk olarak şekil verilebilir. Talaş kaldırma kalay borularının tabii sertliği dolayısı ile tornalarda hatta otomatlarda mümkündür. Kalay bronzları, herhangi bir zorluk söz konusu olmadan sert lehimlenebilir. Pirinç ve bakır için bilinen dekopanlardan kalay bronzu lehiminde de istifade edilebilir. Gaz kaynağından alevin nötr olmasına dikkat edilmelidir. İlave metal olarak aynı bileşimde teller kullanılır.

Tavlanmış kalay bronzları, kav tabakasını gidermek için %15'lik sıcak sülfirik asitle dekape edilir.

%1'lik tartarik asit çözeltisi ile yapılan ikinci bir işlemle renk değiştirme önlenir. Elektrik cihazlarında kontakt olarak hizmet gören yayların, parlak bir yüzeye sahip olmaları gerektiğinden, bunlar nitrik asit ile parlatılır.

### **5.3.6. Bronz'daki Gözeneklilik:**

Sıvı metal kalıba dökülürken, cüzi soğumalar ve dentritik kısımlar birbirleri ile sıkı temasta olduğundan, yüzeylerde donmalar meydana gelir. Bundan dolayı dentritler arasındaki kanalcıklar boş durur ve dökme hatasından dolayı uçlarda bir eksilme yani gözenekler hasil olur.

Bu kusuru kaldırmak için, iyi döküm dizaynı olmalı; bu ise iyi örtme, iyi ısıtma ile gerçekleştirilebilir.

Ayrıca, diğer bir yandan da döküm de mevcut olabilen yabancı maddeler (metal-olmayan), dentritlerin büyümesini sağlayan

kanalcıkların kapanmasına sebep olur ve bundan dolayı metalin akışını durdurur veya azaltır.

Bu açıklamadan çıkan sonuç şöyle özetlenebilir:

Kumda dökümler, kokil dökümlere nazaran, aynı alaşım için nufuziyet bakımından daha iyi bir meyil gösterir. Bu nedenle kum dökümü tercih edilen sebeplerden biri olur.

Bu anormal gözenelilik de gazlardan (örneğin: hidrojen ve karbonmonoksit) ileri gelebilir. Bu gazlar büyümekte olan dentrit tanelerinden kaçarak, dentrit'in ara kanallarında yerleşir ve sıvının akışını durdururlar (tıkanıklık). Bazı durumlarda, bu gazlar sıvıyı kalıp dışına kadar itebilirler. (Ersümer ve Arkadaşları 1976)

## **6. DENEYLER :**

Santrifüj pompalarda çark, gövde biçimi ve ölçüleri belirli bir işletme noktası ( debi ve basınç) için dizayn edilir. Bu işletme değerlerinde en az kayba ve en yüksek verime ulaşılır. Santrifüj pompalar, belirli devir sayısında, pompa geometrik ölçüleri, tasarım değerleri ve emme koşullarına bağlı bulunan maksimum bir debi değeri ile sıfır debi arasında çalıştırılabilmektedirler. Burada debiyi düzenleyen etken, pompanın çalıştığı boru hattındaki toplam dinamik yüksekliktir. Toplam dinamik yüksekliğe bağlı olarak debinin değişimi, pompanın çektiği güç ve verim değerlerinin de değişimine yol açmaktadır. Bütün bu değişimler, bir grafikte toplanarak pompanın karakteristik eğrileri elde edilmektedir. (Yazıcı 1996)

### **6.1. Deneyin Amacı :**

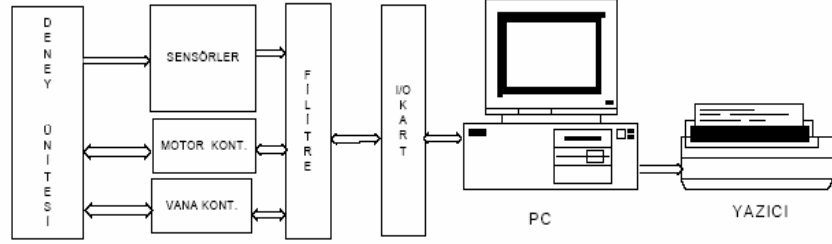
Bir santrifüj pompada farklı malzemelerden imal edilmiş çarkları, ayrı ayrı pompaya takarak, hazırlanan deney standında pompayı test etmek, deneyler sonucunda ölçülen değerleri kullanarak, pompa karakteristik eğrilerini çizmektir. Çizilen eğrilerden yola çıkarak, gerekli incelemelerin ve toplanan verilerin doğrultusunda, çarklardaki yüzey pürüzlülüğünün ve aşınma halkalarının pompanın genel verimi üzerine etkisi değerlendirilecektir.

### **6.2. Deney Standı ve Ölçme Yöntemi :**

Geleneksel test ünitelerinde ölçmeler, analog ve mekanik ölçü aletleri kullanılarak manuel olarak yapılmaktadır. Ölçülen değerler bir operatör tarafından okunmakta ve çizelgelere yazılmaktadır. Ancak bu tür bir yöntemde meydana gelebilecek hataların toplamı, test edilen pompanın kalite ve karakteristik eğrilerinin oluşturulmasında önemli sapmalara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada ise geleneksel ölçme yöntemleri ve analog ölçü aletlerinin yerine, bilgisayar destekli ve ölçüm hataları çok düşük olan elektronik ölçü aletleri ile donatılmış bir deney ünitesi kullanılmıştır.

Bu bilgisayar destekli test ünitesinin prensip blok şeması Şekil 5.1' de verilmektedir.



Şekil 5.1. Bilgisayar destekli test ünitesinin blok şeması (Özgür,S 2004)

Test ünitesinde; debi ölçümünde ABB marka, VT42 model bir manyetik vorteks debimetre (Şekil 5.2.) [Ek 2], basınç ölçümünde piezoelektrikli, 2 telli, 4-20mA, dijital basınç sensörü [Ek 3], devir sayısı ölçümünde takogeneratör kullanılmıştır.

Piezoelektrik basınç sensörlerinde, basınç statik bir diyafram üzerine etkir ve üzerine basınç düşen metalik diyaframın bir bobininin özendüktansını değiştirme yöntemi kullanılır. Metalik tel deformasyon göstergesine benzer şekilde piezoelektrik ince-film tel deformasyon göstergesi de silikon bir taşıyıcıya tutturulur. Taşıyıcıdan izole olması gerektiği için üretimleri zordur. Piezoelektrik mono-kristal tel deformasyon göstergesi iletken alanlarının katışıklı olduğu diyafram elementi (malzemesi), diyafram veya körük, içerir. Uygun katkı (dopingli) yarı iletkenler ( genellikle silikon) ölçümler için uygundur. Gösterdikleri direnç, saf silikonda, genleşmeye ve deformasyon yönüne bağlıdır. Saf silikondan yapılmış taşıyıcılara tutturulurlar. Silikon pek çok durumda ortamdan/akışkandan ayrılır.

Pompaya güç aktaran elektrik motoruna yol vermek, devir sayısını ayarlamak ve motor gücünü ölçmek için ABB marka, ACS400 model alternatif akım (AA) motor sürücüsü kullanılmıştır. Geleneksel deney setinde, debi ayarı için kullanılan mekanik kısma vanası yerine bilgisayar ile kontrol edilebilen, KSB marka DC motorlu kelebek vana

kullanılmıştır. Elektronik ölçü aletlerinden toplanan veriler, bir elektronik kart ile bilgisayara aktarılmış, bu donanımlar ile yazılım arasındaki iletişim, bir yazılım ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.2. ABB Marka, VT42 Model Dijital Debimetre

Deney ünitesinde, 2.2kW, 2900 dev/dk. Siemens marka motor ile tahrik edilen, KSB marka Betablock 32-125 [Ek 1] model yatay blok tip santrifüj pompa kullanılmıştır. ( Şekil 5.3.)

Deneyde pompa üzerinde kullanılan her üç farklı malzemeden imal edilmiş olan çarklar, 139 m.m. kapalı tip çarklardır. (Şekil 5.4.)Deney ünitesi dahilindeki depoda, pompanın test edildiği akışkan ise; 20°C sıcaklığında, 0,998 kg/dm<sup>3</sup> yoğunluğunda, 1 mm<sup>2</sup>/s viskozitesinde pH değeri 7 olan temiz sudur.



Şekil 5.3. KSB Marka, Betablock 32-125 Santrifüj Pompa

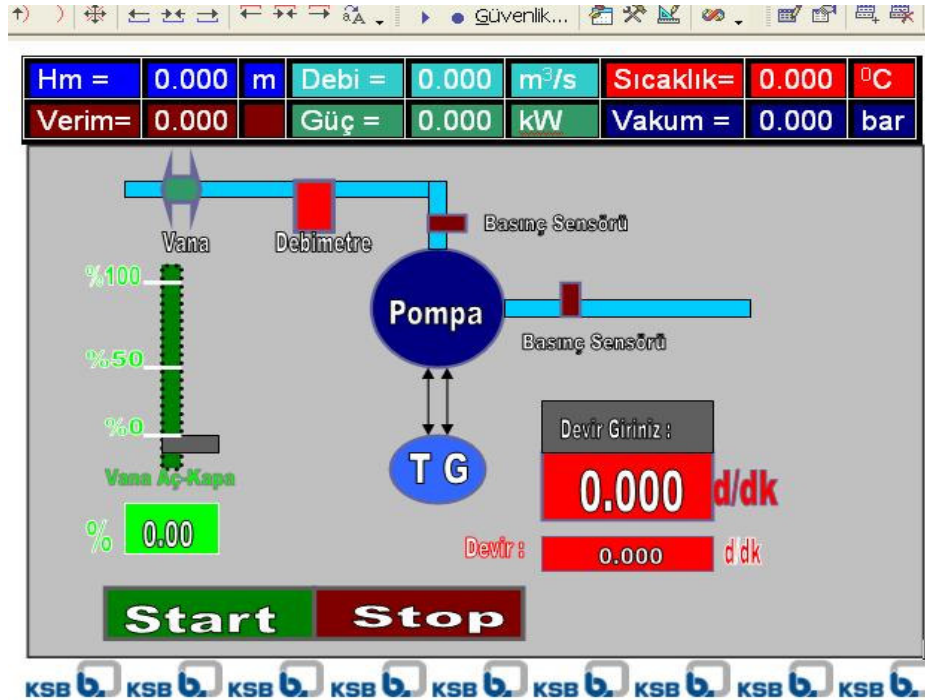


Şekil 5.4. KSB Marka, 3 farklı malzemeden imal, kapalı tip çarklar

Deney ünitesinde bulunan bütün ölçme ve kontrol elemanları, hazırlanan bilgisayar yazılımı aracılığı ile bilgisayara bağlanmıştır. Tüm ölçümler bu bilgisayar üzerinden alınmaktadır.

Bilgisayar ekranındaki menüden tüm değerler okunabildiği gibi, vananın kısılmasında buradan yapılmaktadır. (Şekil 6.)

Program sayesinde veriler kayıt edilebilmektedir.



Şekil 6. Bilgisayar destekli test ünitesinin menü ekranı görüntüsü

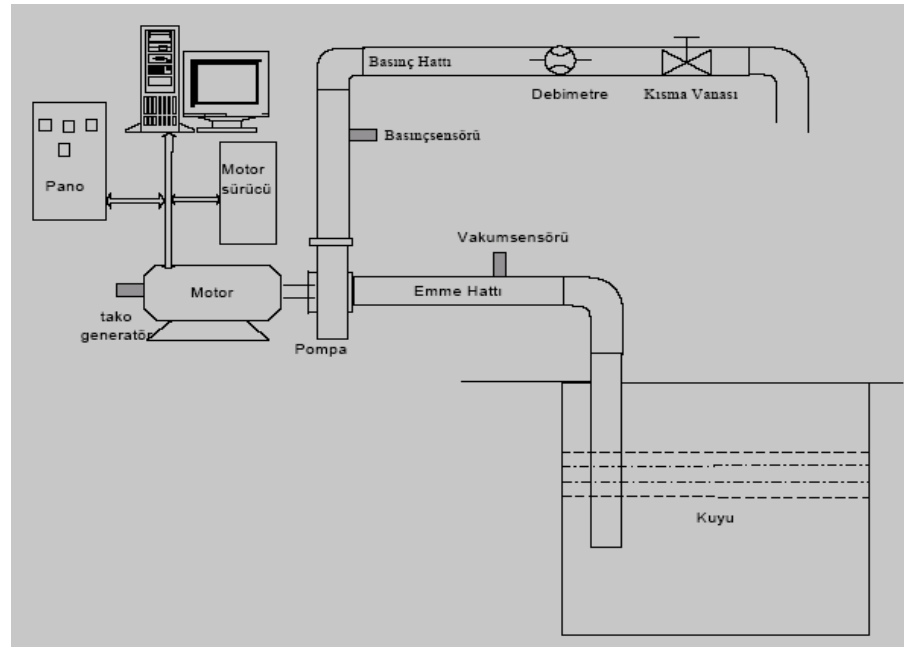
Deneyde kullanılan Siemens marka 2,2kW motorun verim eğrileri aşağıda verilmiştir.( Çizelge 4.)

Çizelge 4. Siemens Motor Verimleri :

Input Kw	EFF. %
0,5	55
0,75	65
1	74
1,25	79
1,5	81,5
1,75	83
2	84
2,25	84,5
2,75	85
3	84
3,25	84
3,5	83
3,75	82

### 6.3. Deneyin Yapılışı :

Şekil 7'de gösterilen deney standına, ilk olarak pompa monte edildikten sonra, cihazların kontrolleri yapılmıştır.



Şekil 7. Pompa test ünitesinin şeması

Denemelere, ayar vanasının tam kapalı olduğu konumdan başlanarak motora yol verilmiştir.Daha sonra ayar vanası tam olarak açılmıştır. Denemelerde, basma borusunun üzerindeki ayar vanası ile debi değiştirilerek, her ayar kademesinde debi, emme ve basma basınçları, pompanın ihtiyaç duyduğu güç ve pompa devir sayısı ölçülmüştür. Pompanın mekanik ve hidrolik şartlarının iyi bir şekilde kontrol edilmesi için her ayar kademesinde, pompa kararlı çalışma durumuna gelinceye kadar beklenildikten sonra okumalar yapılmıştır. Tüm deneyler motor devri 2900 d/dk 'da iken yapılmıştır. Her deneyde 6 çalışma noktası alınmıştır. Bu noktaların yerleri, sonuçların değerlendirilmesinde kolaylık sağlanması açısından yakın tutulmuştur.

Belirlenen 6 çalışma noktasındaki değerler alındıktan sonra, pompa karakteristik eğrileri, Excel üzerinde çalışan bir program üzerinde çizilmiş ve gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır.

### **6.3.1. Deneyde Çark Kullanımı Sırası :**

Pompa gövdesine ilk olarak, 139mm.lik GG25 malzemedен imal çark bağlanmıştır.Pompa gövdesindeki aşınma halkaları ilk aşamada sökülmemiştir.

Belirlenen 6 noktadan gerekli değerler alınıp, kayıt edildikten sonra pompa durdurulmuştur. Her alınan 6 sonuç, 1 deney olarak düşünölmüştür. Hata analizi yapabilmek için, aynı değerlere yakın olacak şekilde her bir deney 2 defa tekrarlanmıştır. Sonuçta her bir grup için 18 nokta ölçölmüştür.İkinci aşamada aşınma halkaları sökülmiş, ve ilk aşamadaki kısma değerlerine yakın noktalarda deneyler yapılarak yine sonuçlar kayıt edilmiştir.

Aynı işlemler sırası ile Bronz ve AISI316 Döküm Çarklar için uygulanmıştır.

Bu sonuçlara göre pompaya ve çarka ait, performans eğrileri, verim eğrileri ve güç eğrileri çizilmiştir.

Sonrasında da tüm eğriler bir karşılaştırmaya tabi tutulmuştur.

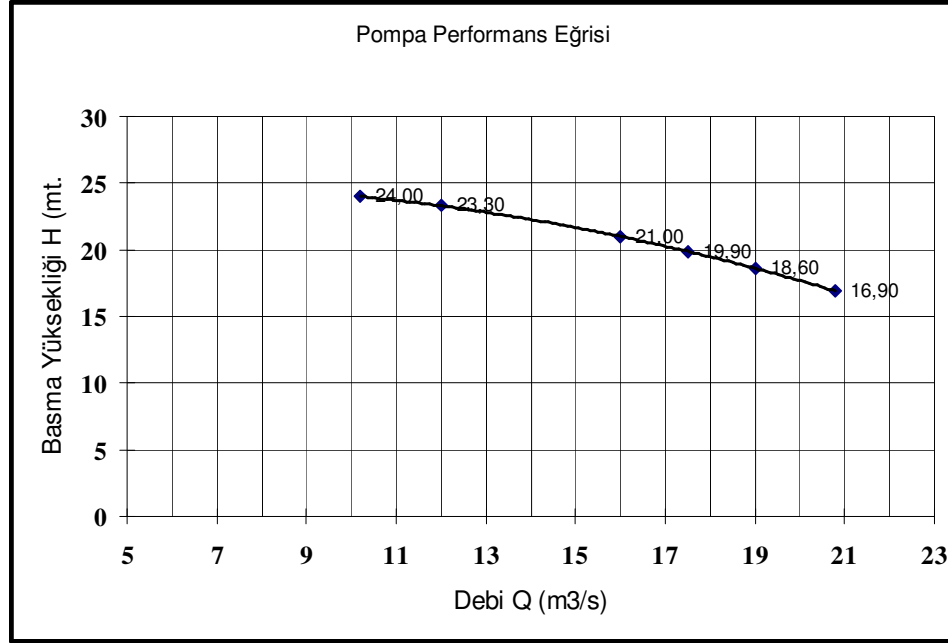


### 6.3.1.1. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile Deney Sonuçları:

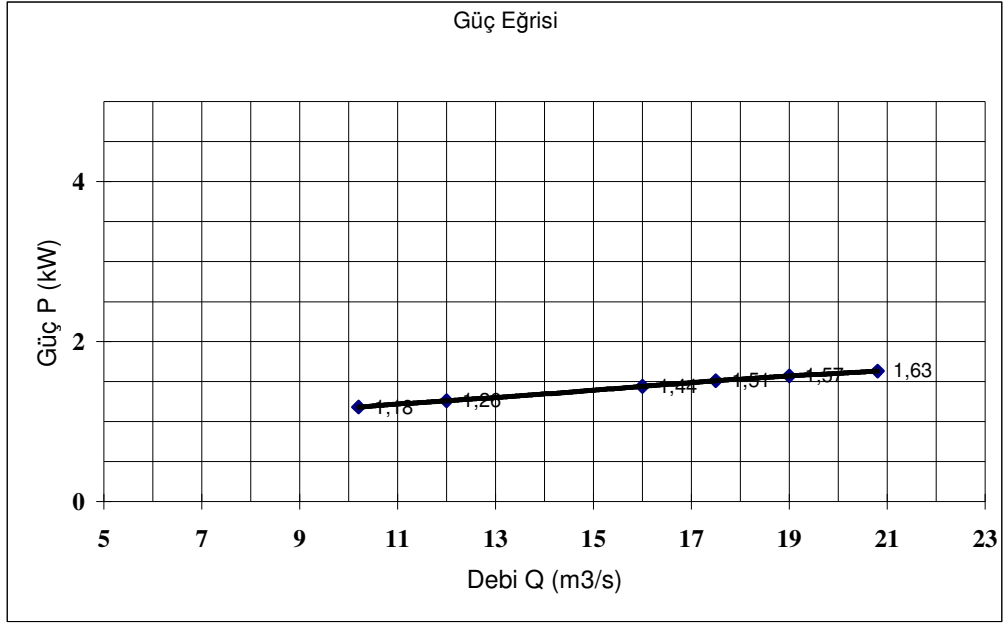
GG25 malzemedan imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olan pompanın tabi tutulduğu, Deney - 1, sonuçlarından alınan bilgiler Çizelge 5'te verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10) 'da gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5. GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -1 Sonuçları

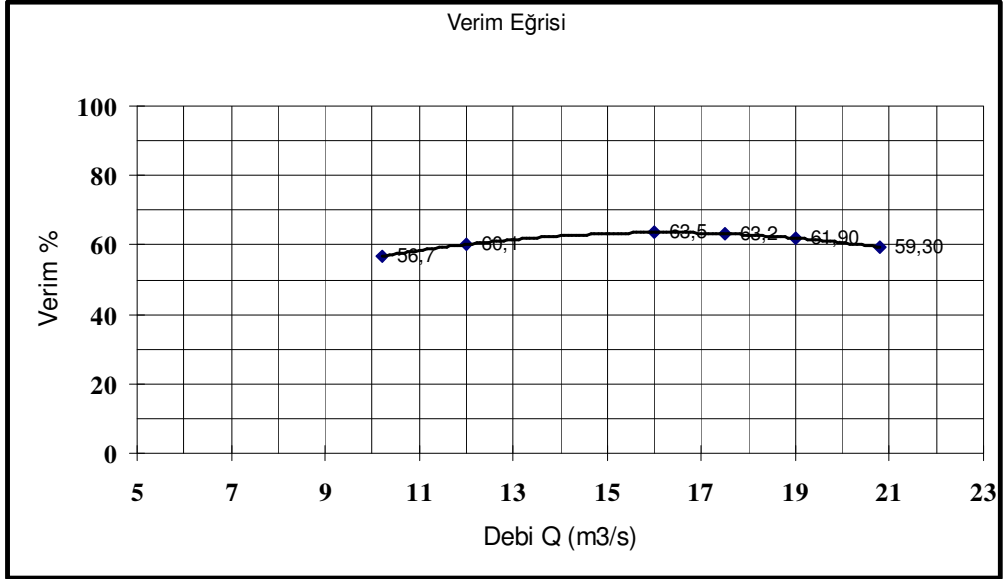
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	Çekilen Güç P (kW)	Net Verim %
10,20	24,00	1,18	56,7
12,00	23,30	1,26	60,1
16,00	21,00	1,44	63,5
17,50	19,90	1,51	63,2
19,00	18,60	1,57	61,90
20,80	16,90	1,63	59,30



Şekil.8. 139mm. GG25 Çark, Performans Eğrisi



Şekil.9. 139mm. GG25 Çark, Motor Güç Eğrisi



Şekil.10. 139mm. GG25 Çark, Verim Eğrisi

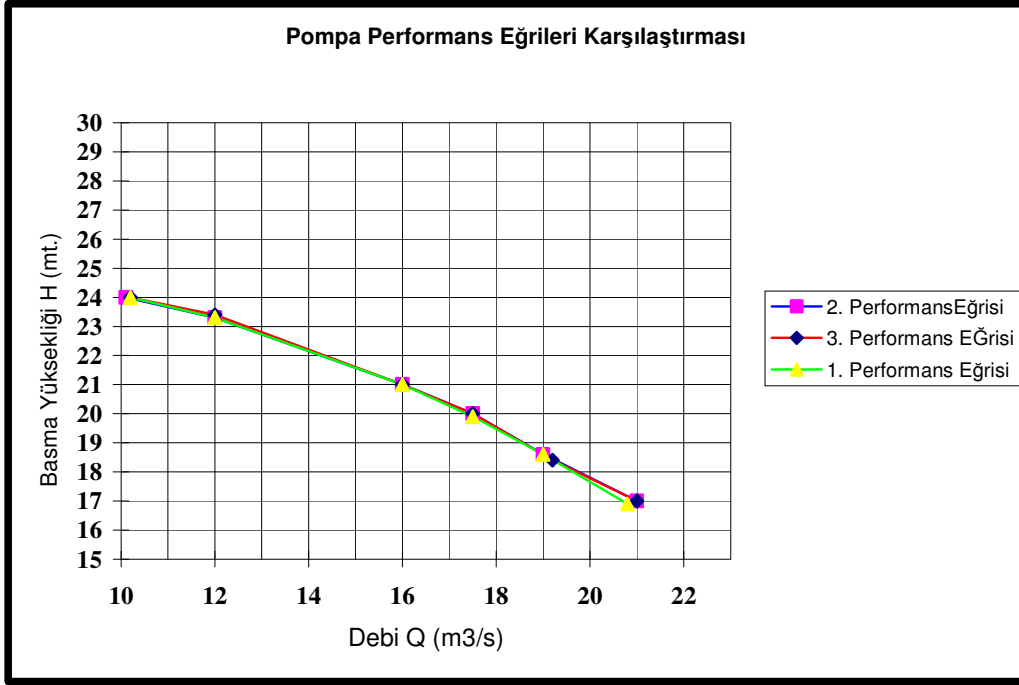
**6.3.1.2. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 6. GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -2 Sonuçları

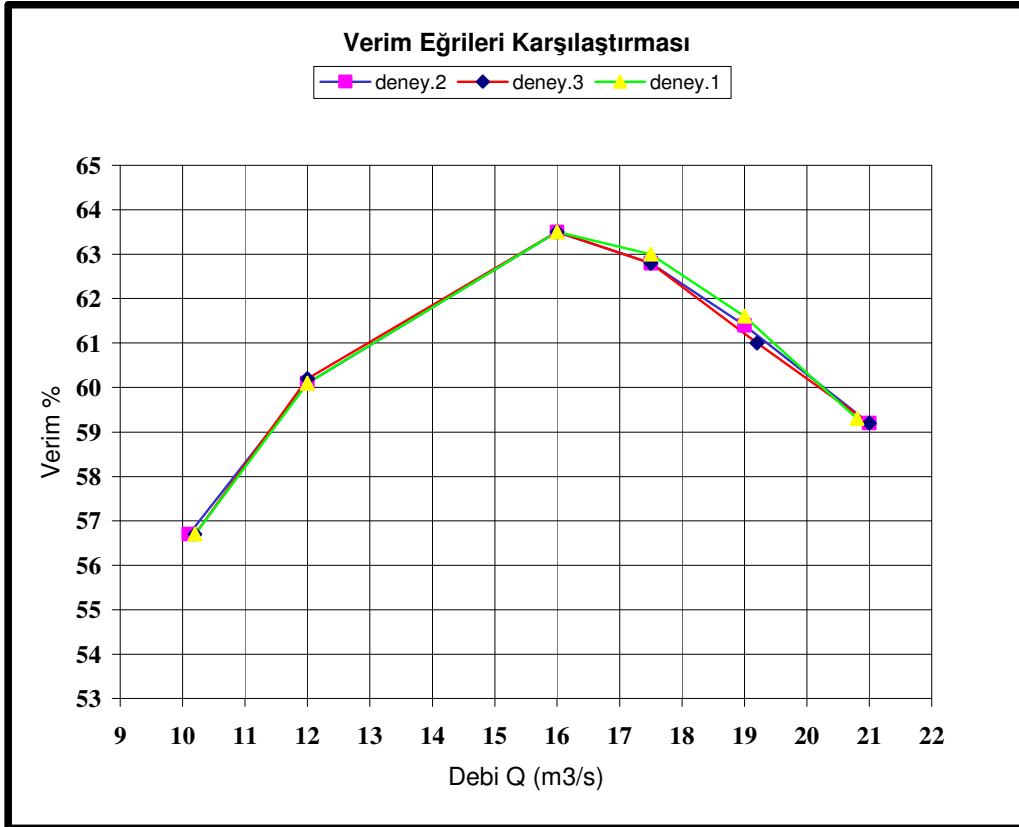
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
10,10	24,00	1,17	56,7
12,00	23,30	1,25	60,1
16,00	21,00	1,44	63,5
17,50	20,00	1,52	62,8
19,00	18,60	1,58	61,60
21,00	17,00	1,64	59,20

Çizelge 7. GG25 Çarkta, Aşınma Halkaları ile Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
10,20	24,00	1,18	56,7
12,00	23,40	1,27	60,2
16,00	21,00	1,44	63,5
17,50	20,00	1,52	62,8
19,20	18,40	1,57	61,00
21,00	17,00	1,64	59,20



Şekil.11. 139mm. GG25 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



Şekil.12. 139mm. GG25 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması

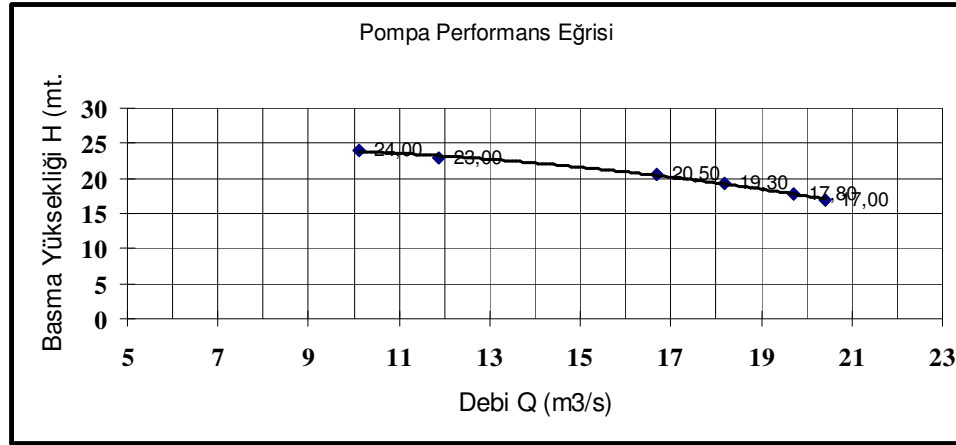
### 6.3.1.3. GG25 arkta Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan

#### Deney Sonuçları:

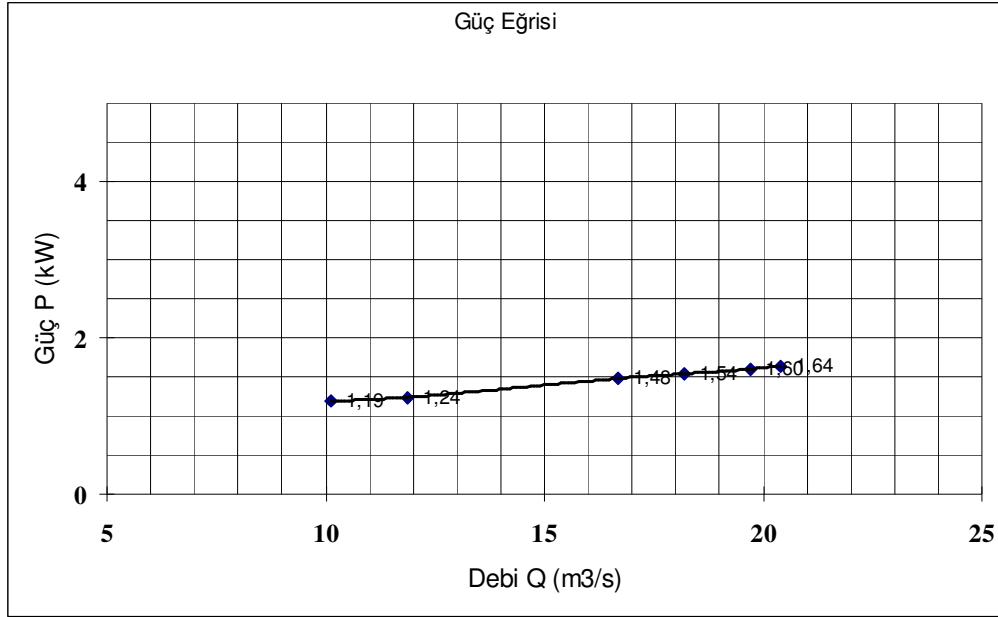
GG25 malzemeden imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olmayan pompanın tabi tutulduğu, Deney - 1, sonuçlarından alınan bilgiler izelge 8’da verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 13, Şekil 14 ve Şekil 15.) ‘de gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 8. GG25 arkta, Aşınma Halkasız Deney -1 Sonuçları

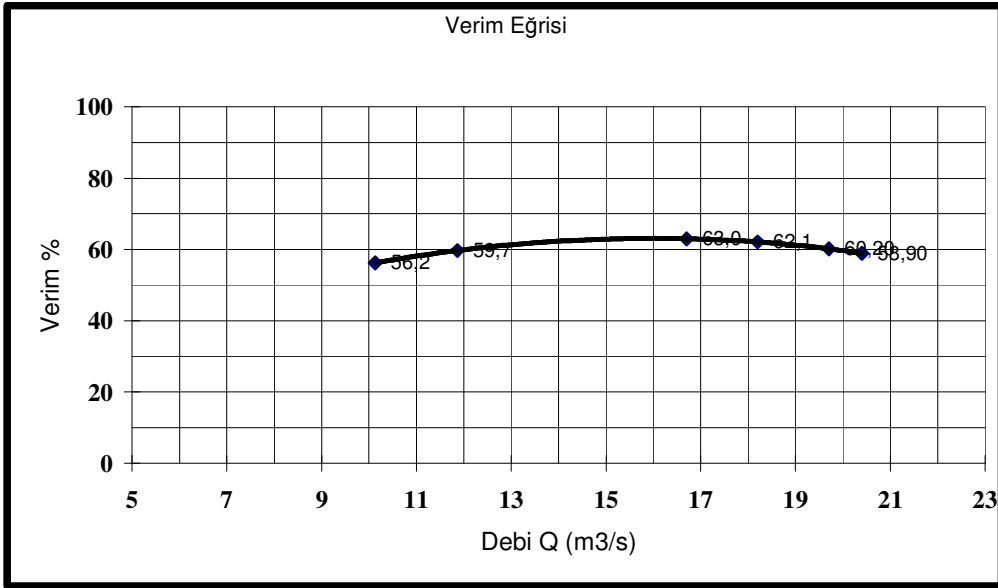
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	ekilen Güç P (kW)	Net Verim %
10,13	24,00	1,19	56,2
11,86	23,00	1,24	59,7
16,70	20,50	1,48	63,0
18,20	19,30	1,54	62,1
19,70	17,80	1,60	60,2
20,40	17,00	1,64	58,9



Şekil.13. 139mm. GG25 ark (Aşınma Halkasız), Performans Eğrisi



Şekil.14. 139mm. GG25 Çark (Aşınma Halkasız), Motor Güç Eğrisi



Şekil.15. 139mm. GG25 Çark (Aşınma Halkasız), Verim Eğrisi

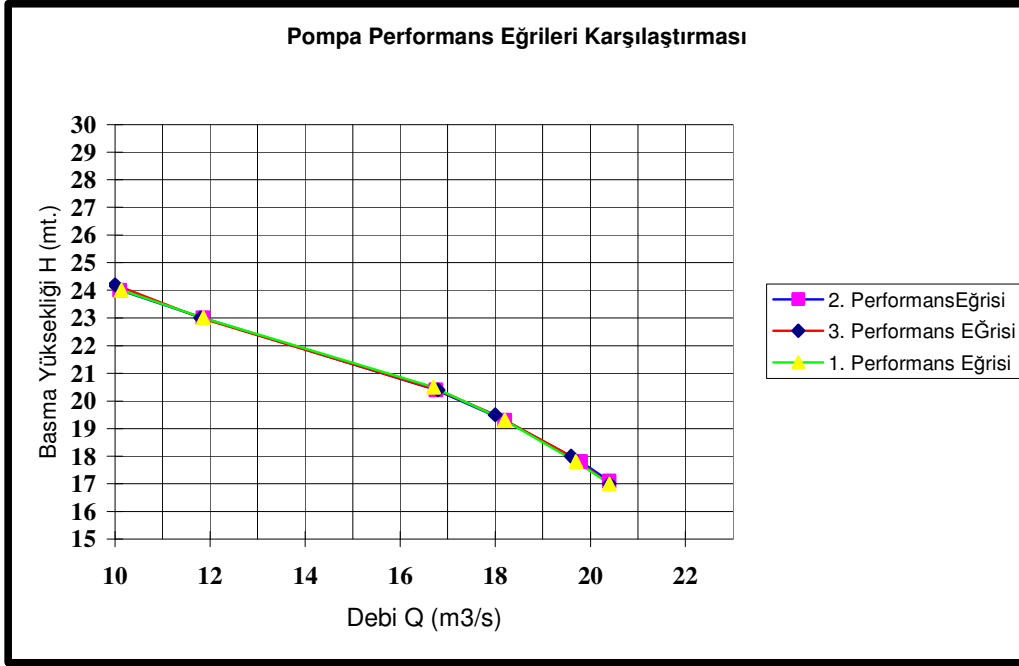
**6.3.1.4. GG25 arkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar  
Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 9. GG25 arkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları

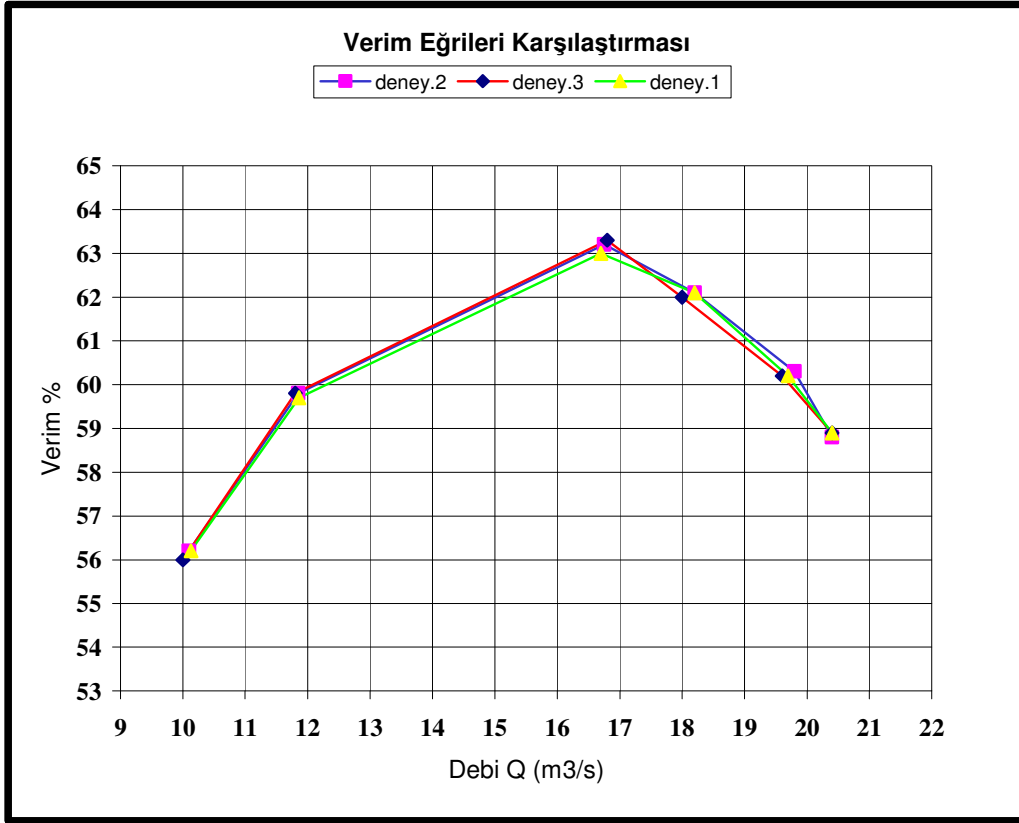
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
10,10	24,00	1,19	56,2
11,85	23,00	1,24	59,8
16,75	20,40	1,47	63,2
18,20	19,30	1,54	62,1
19,80	17,80	1,60	60,30
20,40	17,10	1,64	58,80

Çizelge 10. GG25 arkta, Aşınma Halkasız Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
10,00	24,20	1,18	56,0
11,80	23,00	1,23	59,8
16,80	20,40	1,47	63,3
18,00	19,50	1,55	62,0
19,60	18,00	1,60	60,20
20,40	17,00	1,64	58,90



Şekil.16. 139mm. GG25 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



Şekil.17. 139mm. GG25 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması

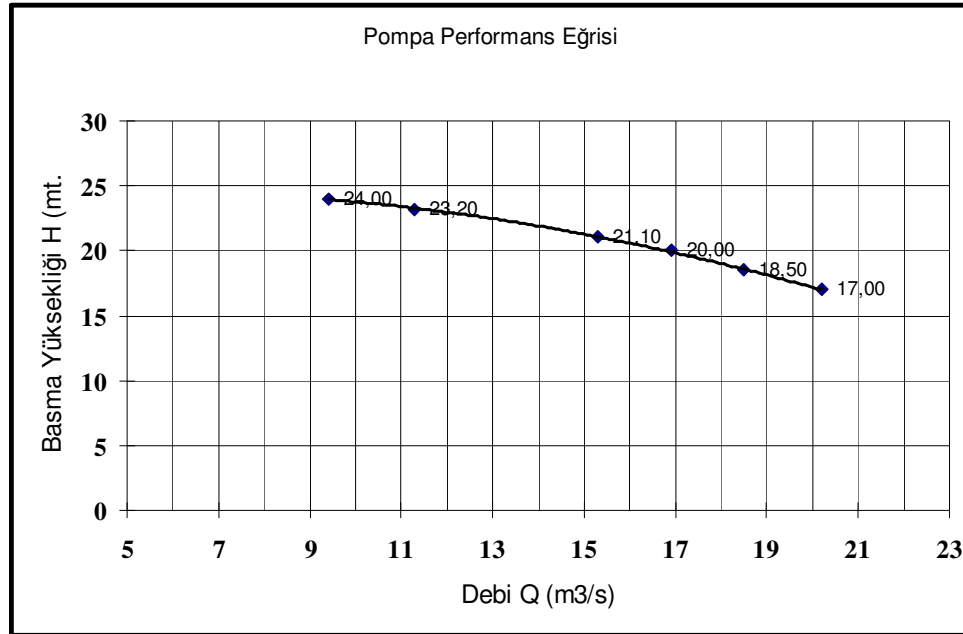


### 6.3.1.5. Bronz arkta Aşınma Halkaları ile Deney Sonuçları:

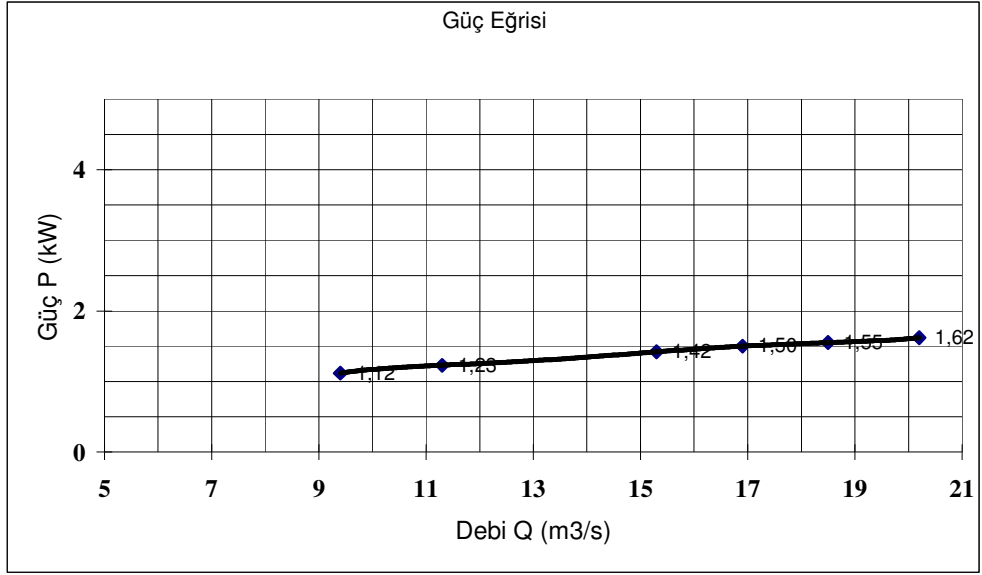
Bronz malzemededen imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olan pompanın tabi tutulduğu, Deney - 3, sonuçlarından alınan bilgiler izelge11'de verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20.) 'da gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 11. Bronz arkta, Aşınma Halkaları ile Deney -1 Sonuçları

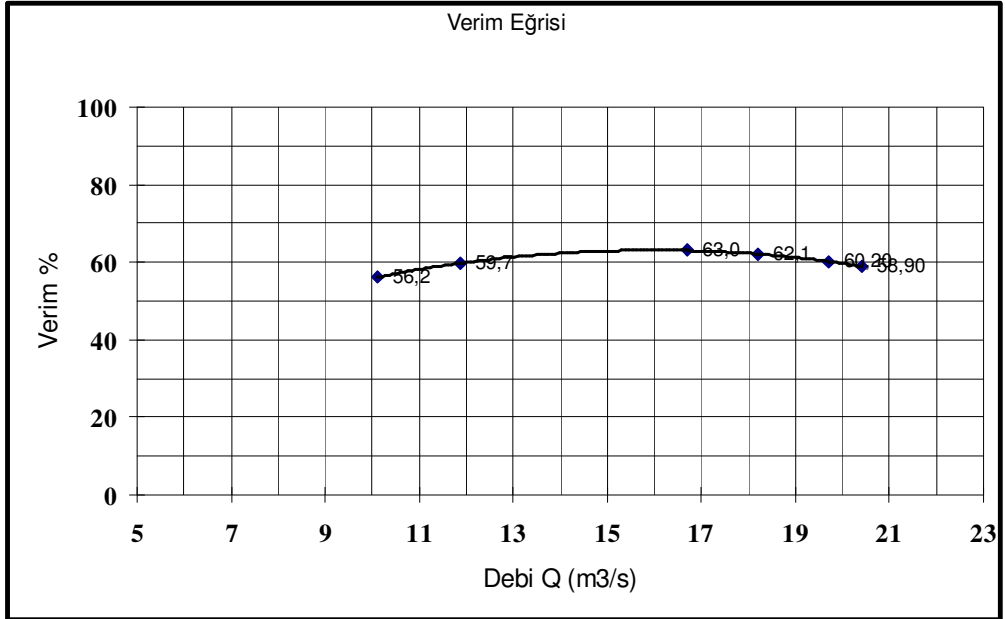
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	ekilen Güç P (kW)	Net Verim %
9,40	24,00	1,12	54,7
11,30	23,20	1,23	58,2
15,30	21,10	1,42	61,7
16,90	20,00	1,50	61,3
18,50	18,50	1,55	60,00
20,20	17,00	1,62	57,50



Şekil.18. 139mm. Bronz ark, Performans Eğrisi



Şekil.19. 139mm. Bronz Çark, Motor Güç Eğrisi



Şekil.20. 139mm. Bronz Çark, Verim Eğrisi

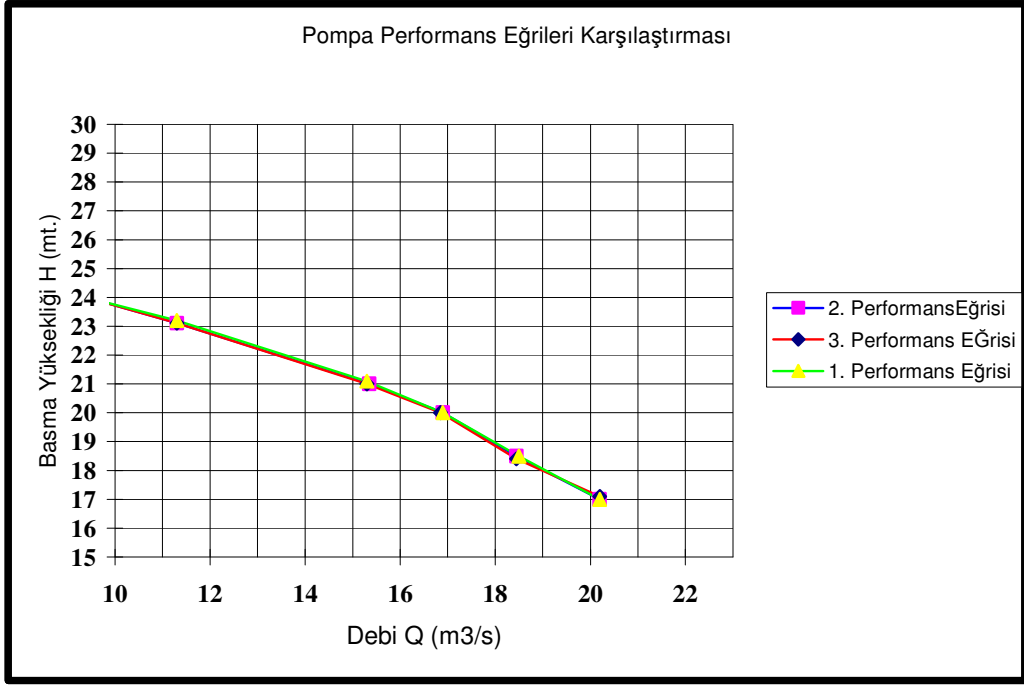
**6.3.1.6. Bronz arkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 12. Bronz arkta, Aşınma Halkalı Deney -2 Sonuçları

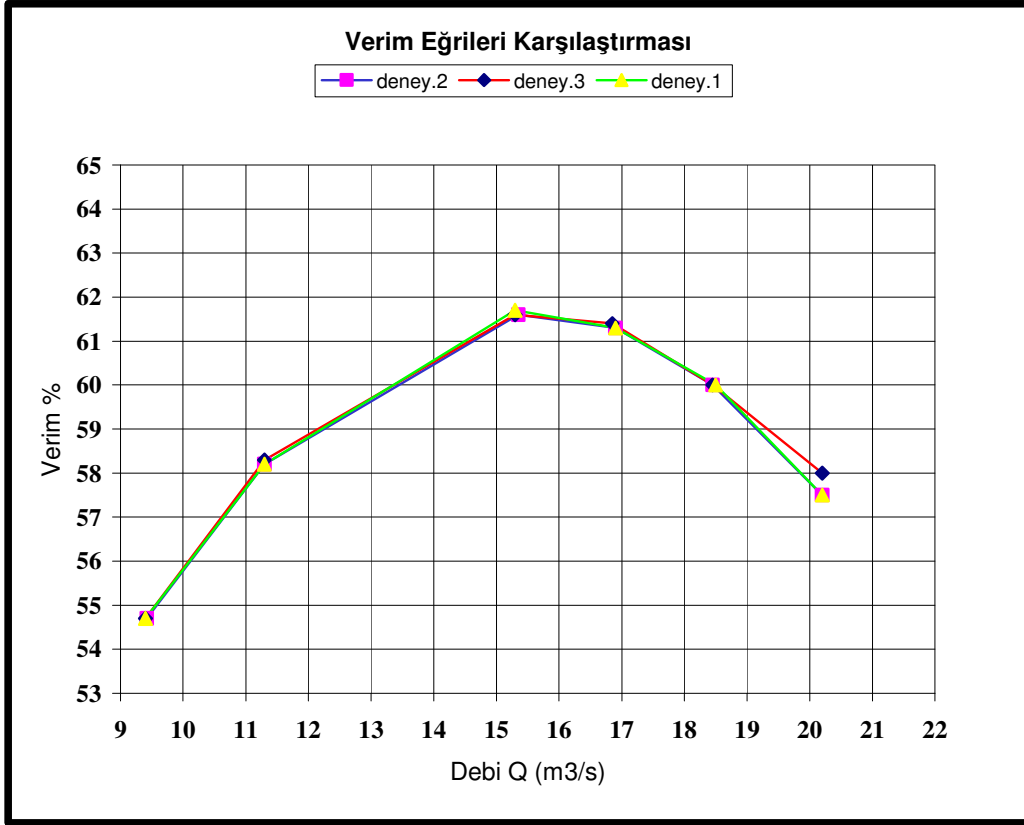
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
9,42	24,00	1,12	54,7
11,30	23,10	1,22	58,2
15,35	21,00	1,41	61,6
16,90	20,00	1,51	61,3
18,45	18,50	1,55	60,00
20,20	17,00	1,63	57,50

Çizelge 13. Bronz arkta, Aşınma Halkalı Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
9,40	24,00	1,12	54,7
11,30	23,10	1,21	58,3
15,30	21,00	1,41	61,6
16,85	20,00	1,50	61,4
18,45	18,40	1,54	60,00
20,20	17,10	1,63	58,00



Şekil.21. 139mm. Bronz Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



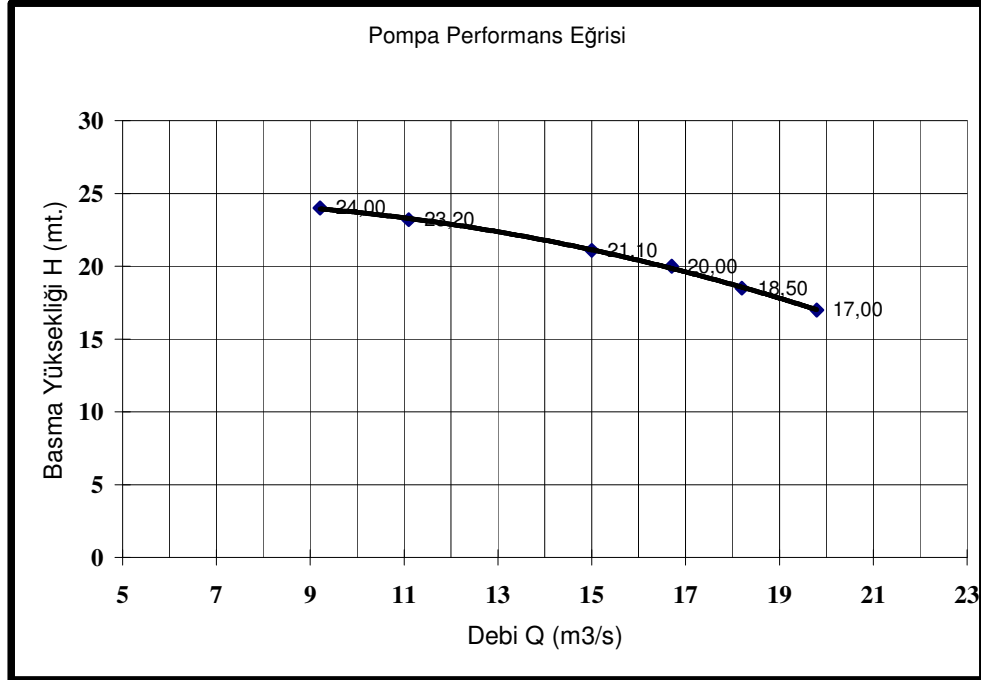
Şekil.22. 139mm. Bronz Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması

### 6.3.1.7. Bronz arkta Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan Deney Sonuçları:

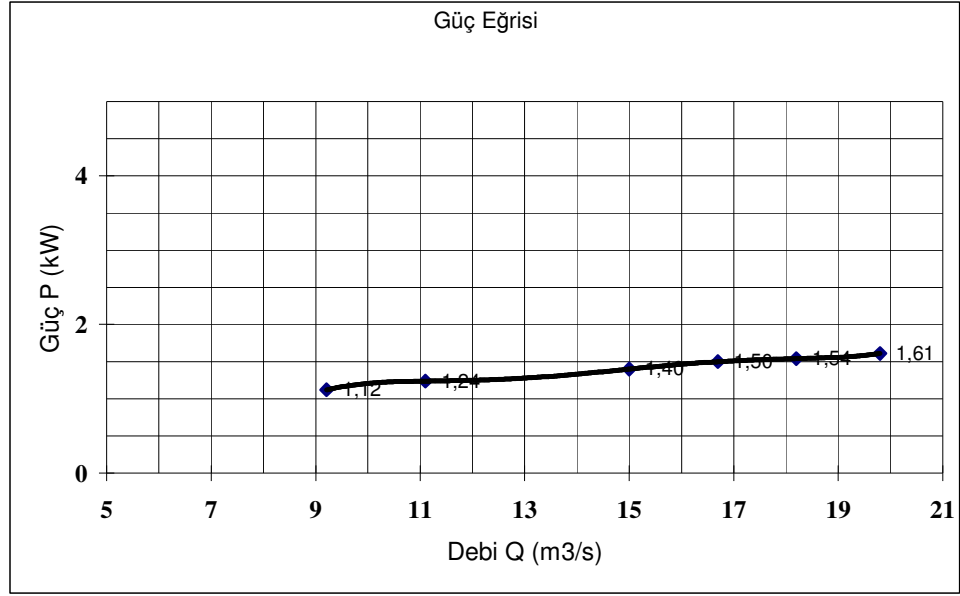
Bronz malzemeden imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olmayan pompanın tabi tutulduğu, Deney - 1, sonuçlarından alınan bilgiler izelge 14'da verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 23, Şekil 24 ve Şekil 25.) 'da gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 14. Bronz arkta, Aşınma Halkasız, Deney -1 Sonuçları

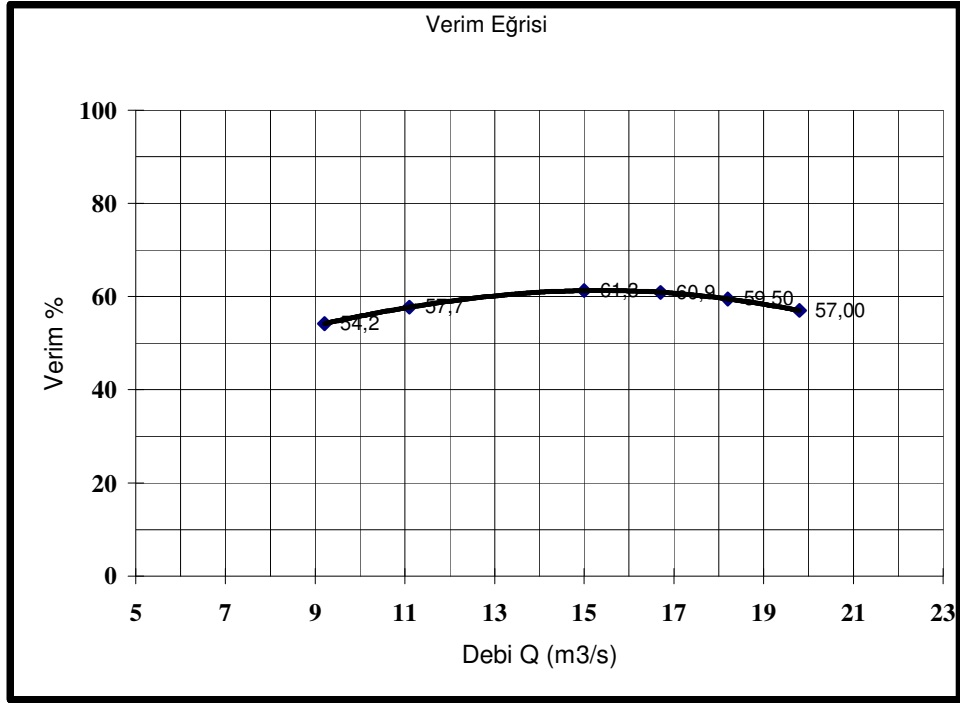
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	ekilen Güç P (kW)	Net Verim %
9,21	24,00	1,12	54,7
11,10	23,20	1,24	58,2
15,00	21,10	1,40	61,7
16,70	20,00	1,50	61,3
18,20	18,50	1,54	60,00



Şekil.23. 139mm. Bronz ark,Aşınma Halkasız, Performans Eğrisi



Şekil.24. 139mm. Bronz Çark,Aşınma Halkasız, Motor Güç Eğrisi



Şekil.25. 139mm. Bronz Çark,Aşınma Halkasız, Verim Eğrisi

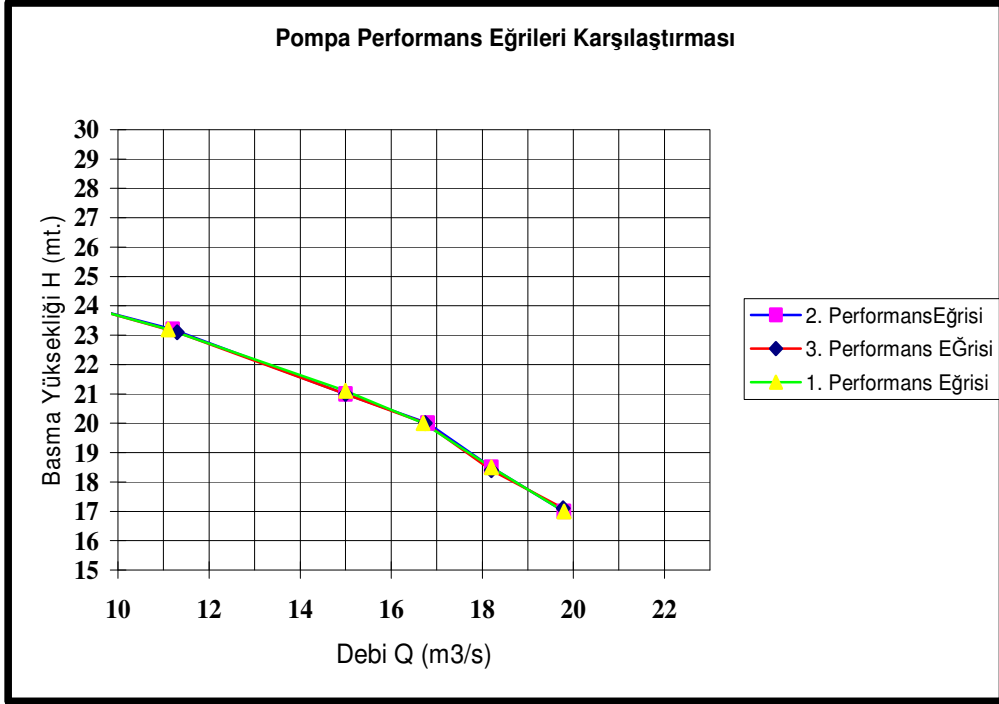
**6.3.1.8. Bronz arkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 15. Bronz arkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları

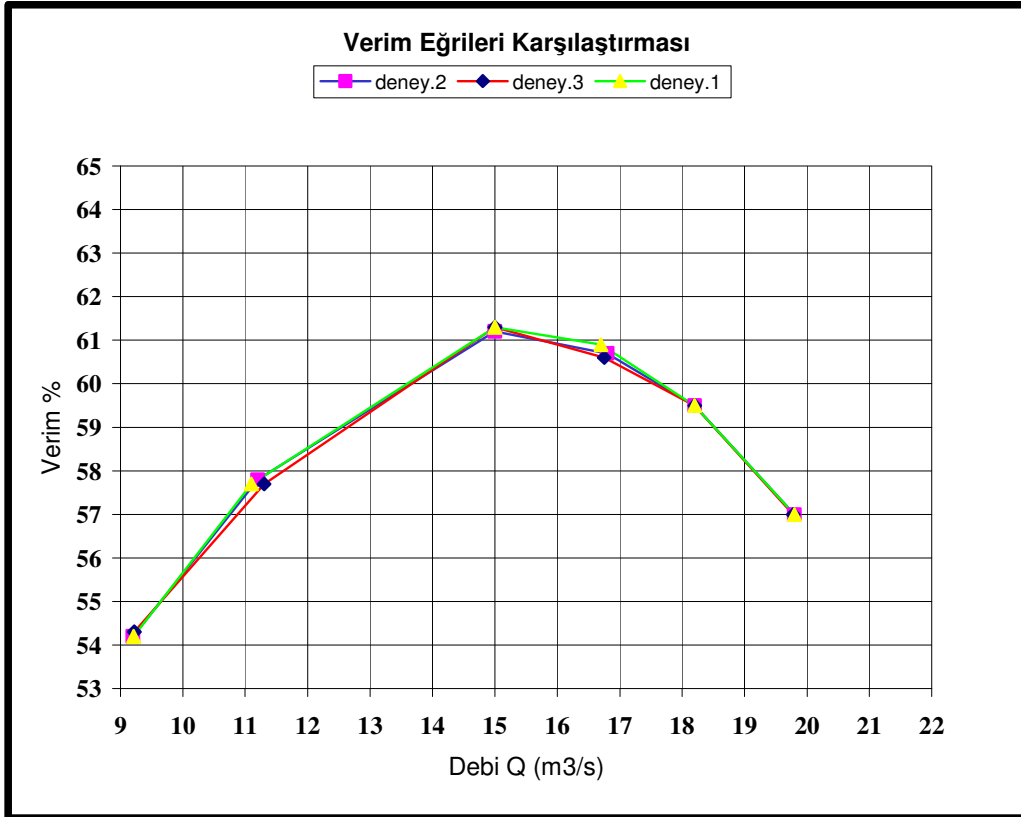
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
9,20	24,00	1,12	54,2
11,20	23,20	1,24	57,8
15,00	21,00	1,40	61,2
16,80	20,00	1,51	60,7
18,20	18,50	1,54	59,50
19,80	17,00	1,60	57,00

Çizelge 16. Bronz arkta, Aşınma Halkasız Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
9,22	24,00	1,12	54,3
11,30	23,10	1,22	57,7
15,00	21,00	1,41	61,3
16,75	20,00	1,50	60,6
18,20	18,40	1,54	59,50
19,78	17,10	1,63	57,00



Şekil.26. 139mm. Bronz Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



Şekil.27. 139mm. Bronz Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması



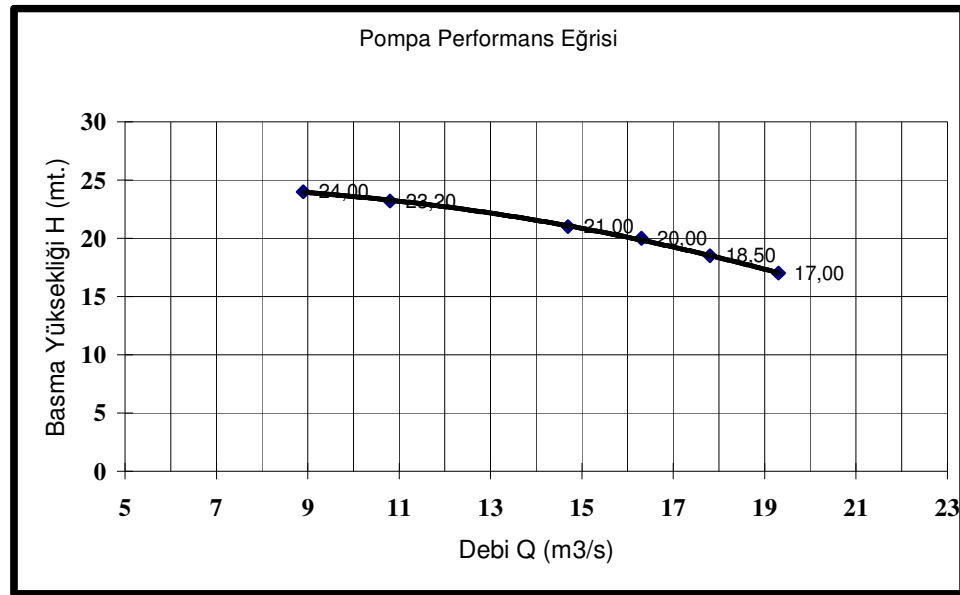
### 6.3.1.9. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan

#### Deney Sonuçları :

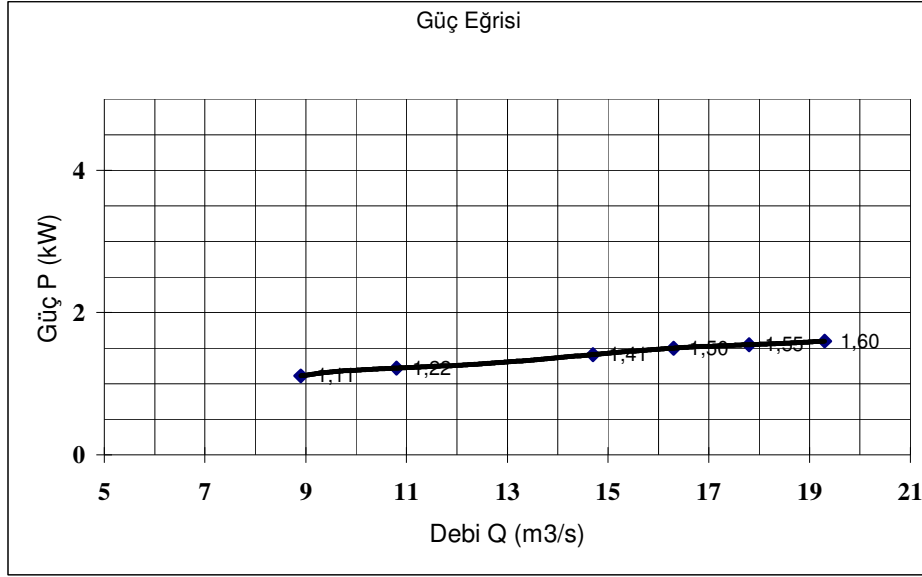
AISI316 Paslanmaz döküm malzemeden imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olan pompanın tabi tutulduğu, Deney -1 sonuçlarından alınan bilgiler Çizelge 17'te verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 28, Şekil 29 ve Şekil 30) 'da gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 17. AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Deney -1 Sonuçları

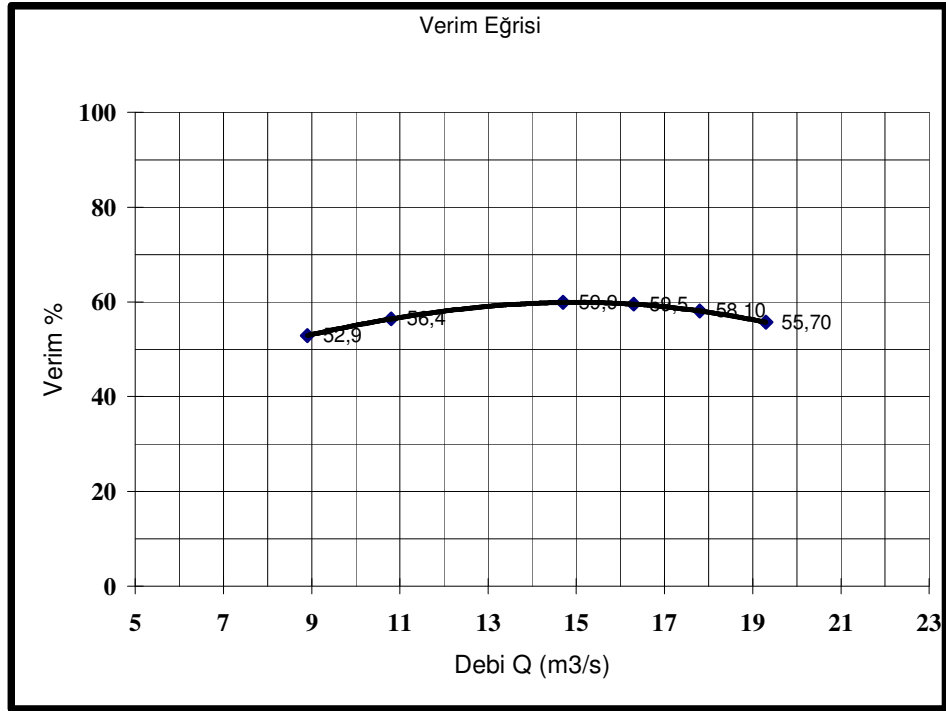
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	Çekilen Güç P (kW)	Net Verim %
8,90	24,00	1,11	52,9
10,80	23,20	1,22	56,4
14,70	21,00	1,41	59,9
16,30	20,00	1,50	59,5
17,80	18,50	1,55	58,10
19,30	17,00	1,60	55,70



Şekil.28. 139mm. AISI316 Çark , Performans Eğrisi



Şekil.29. 139mm. AISI 316 Çark Motor Güç Eğrisi



Şekil.30. 139mm. AISI 316 Çark Verim Eğrisi

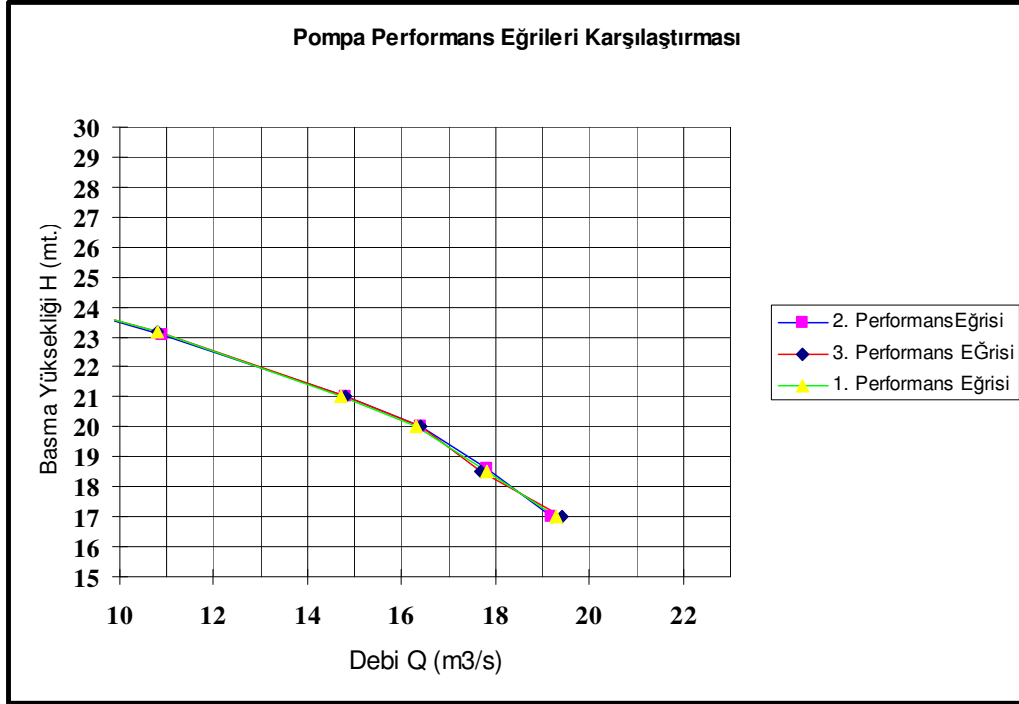
**6.3.1.10. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 18. AISI316 Çarkta, Aşınma Halkalı Deney -2 Sonuçları

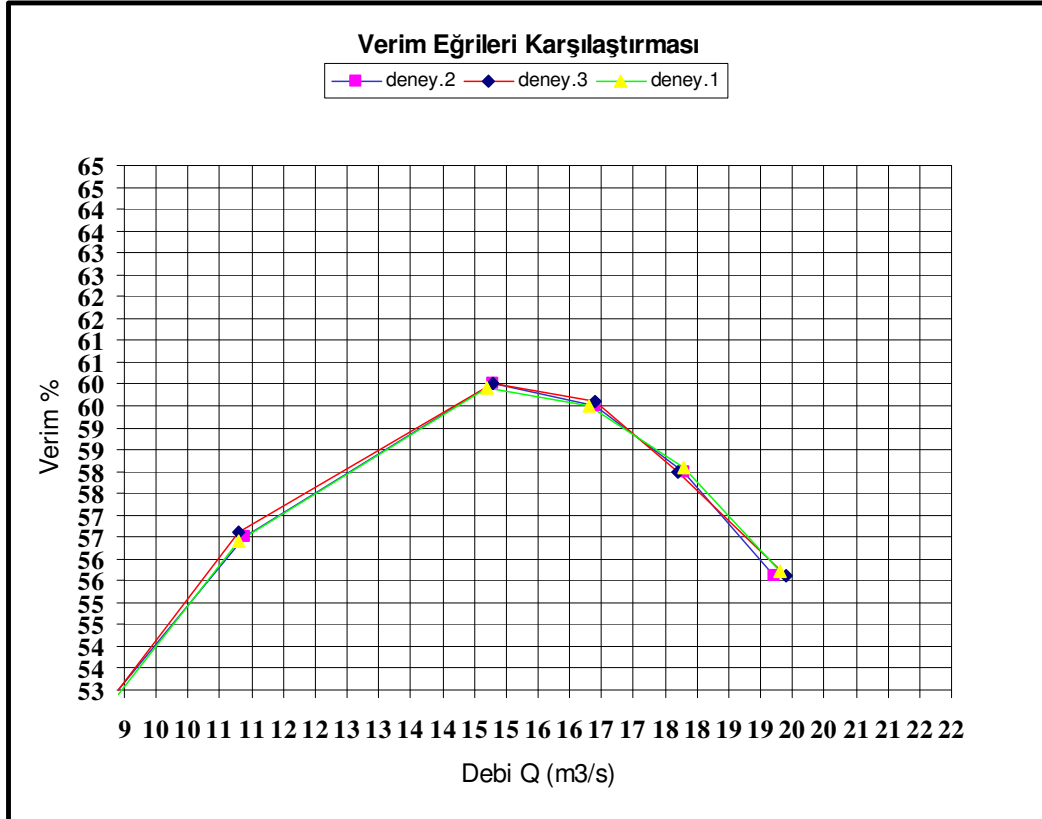
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
8,90	24,00	1,10	53,0
10,90	23,10	1,22	56,5
14,80	21,00	1,40	60,0
16,40	20,00	1,51	59,5
17,80	18,60	1,56	58,00
19,20	17,00	1,60	55,60

Çizelge 19. AISI316 Çarkta, Aşınma Halkalı Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
8,90	24,00	1,10	53,0
10,80	23,20	1,20	56,6
14,80	21,00	1,40	60,0
16,40	20,00	1,50	59,6
17,70	18,50	1,54	58,00
19,40	17,00	1,62	55,60



Şekil.31. 139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



Şekil.32. 139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması

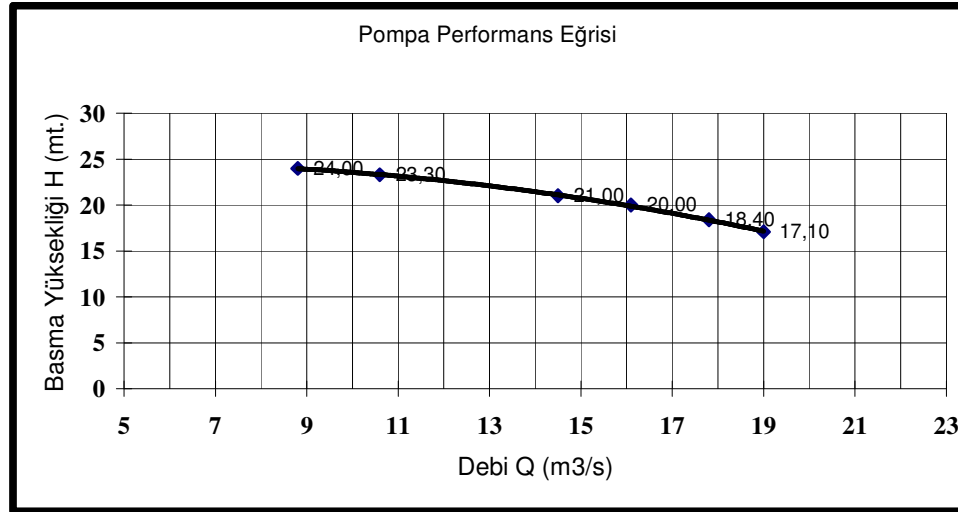
### 6.3.1.11. AISI316 arkta Aşınma Halkasız Yapılan

#### Deney Sonuçları :

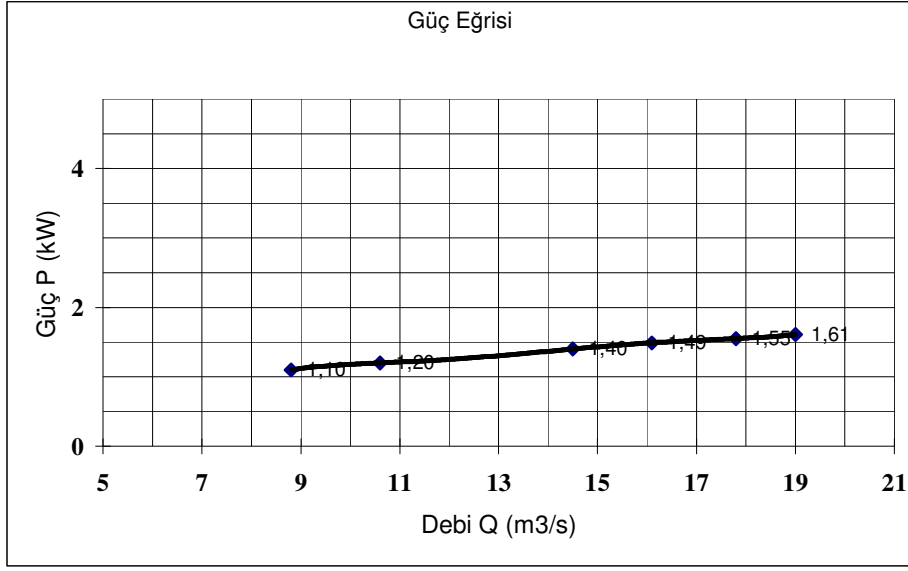
AISI316 Paslanmaz döküm malzemededen imal, 139mm çapındaki çarka sahip, aşınma halkaları üzerinde olan pompanın tabi tutulduğu,Deney – 6.1 sonuçlarından alınan bilgiler Çizelge 20'de verilmiş ve eğri çizimleri (Şekil 33, Şekil 34 ve Şekil 35) 'de gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 20. AISI316 Paslanmaz Döküm Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -1 Sonuçları

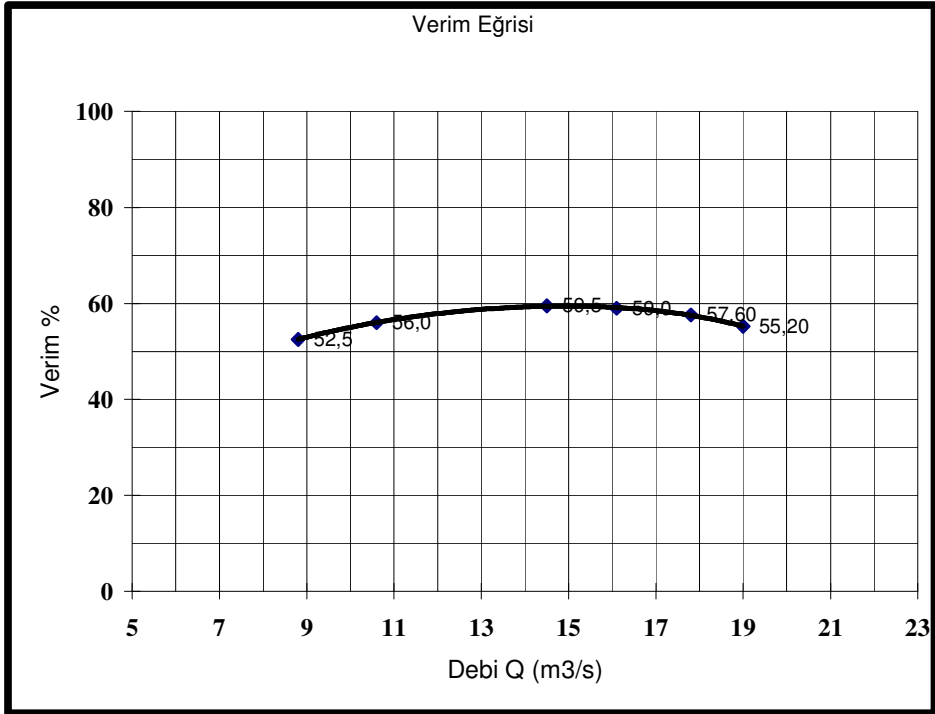
Debi Q (m <sup>3</sup> /s)	Okunan Basınç H (m)	Çekilen Güç P (kW)	Net Verim %
8,80	24,00	1,10	52,5
10,60	23,30	1,20	56,0
14,50	21,00	1,40	59,5
16,10	20,00	1,49	59,0
17,80	18,40	1,55	57,60
19,00	17,10	1,61	55,20



Şekil.33. 139mm. AISI316 Çark (Aşınma Halkasız), Performans Eğrisi



Şekil.34. 139mm. AISI 316 Çark (Aşınma Halkasız), Motor Güç Eğrisi



Şekil.35. 139mm. AISI 316 Çark (Aşınma Halkasız), Verim Eğrisi

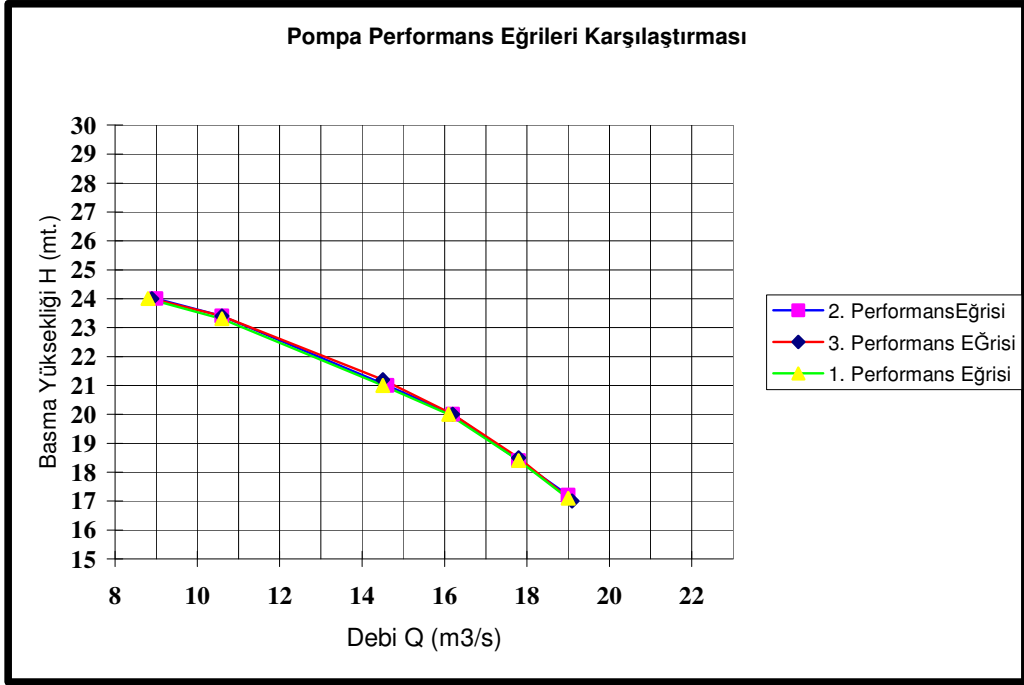
**6.3.1.12. AISI316 Çarkta Aşınma Halkasız Yapılan Tekrar Deneylerinin Sonuçları ve Eğri Karşılaştırmaları :**

Çizelge 21. AISI316 Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -2 Sonuçları

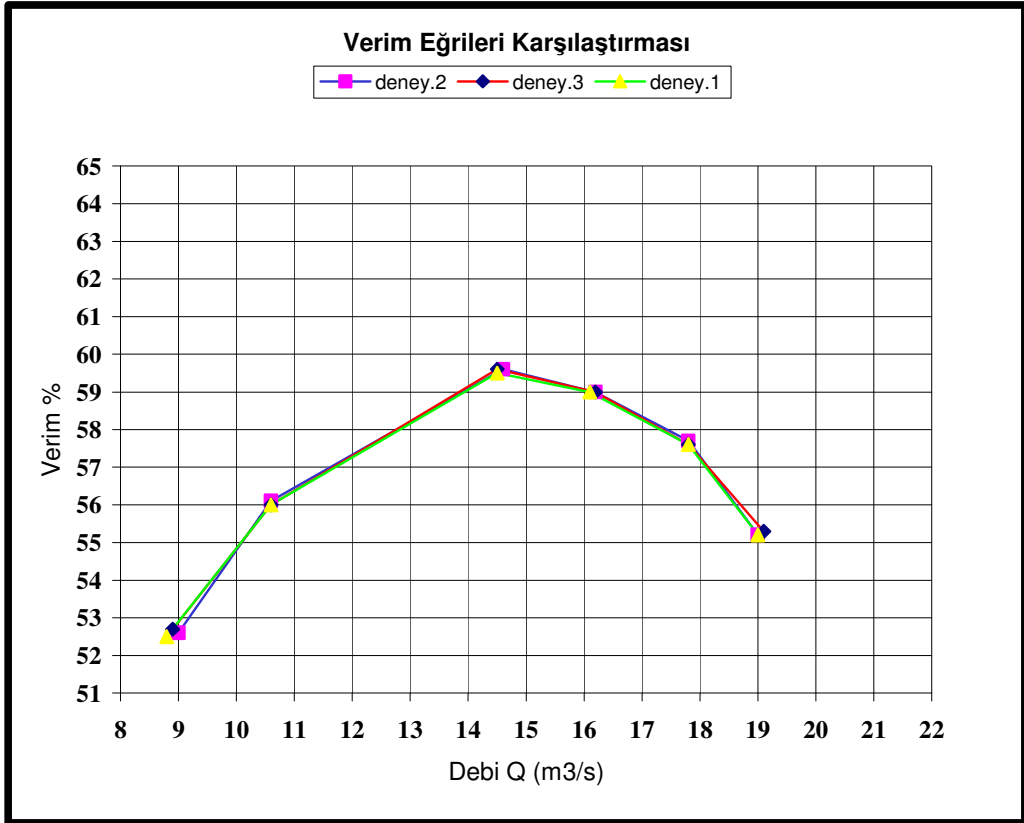
<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
9,00	24,00	1,14	52,6
10,60	23,40	1,20	56,1
14,60	21,00	1,41	59,6
16,20	20,00	1,50	59,0
17,80	18,40	1,54	57,70
19,00	17,20	1,62	55,20

Çizelge 22. AISI316 Çarkta, Aşınma Halkasız Deney -3 Sonuçları

<b>Debi Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Okunan Basınç H (m)</b>	<b>Çekilen Güç P (kW)</b>	<b>Net Verim %</b>
8,90	24,00	1,12	52,7
10,60	23,40	1,21	56,0
14,50	21,20	1,41	59,6
16,20	20,00	1,50	59,0
17,80	18,50	1,56	57,60
19,10	17,00	1,60	55,30



Şekil.36. 139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Performans Eğrilerinin Karşılaştırması



Şekil.37. 139mm. AISI316 Çark Deneyleri, Verim Eğrilerinin Karşılaştırması



### **6.3.2. Verim eğrilerinin Karşılaştırılması :**

Deneylerden elde edilen verim eğrilerinin karşılaştırmaları yapılarak, sonuçların değerlendirilmesinde kolaylık sağlanmıştır.

Her üç malzemedden üretilen çarklarda ilk olarak aşınma halkaları ile yapılan deneylerden elde edilen verim eğrileri karşılaştırılmış, daha sonra ise aşınma halkaları sökülerek yapılan deneylerden elde edilen verim eğrileri karşılaştırılmıştır.

Verim karşılaştırma eğrileri, Şekil 38. ve Şekil 39. 'da verilmektedir.

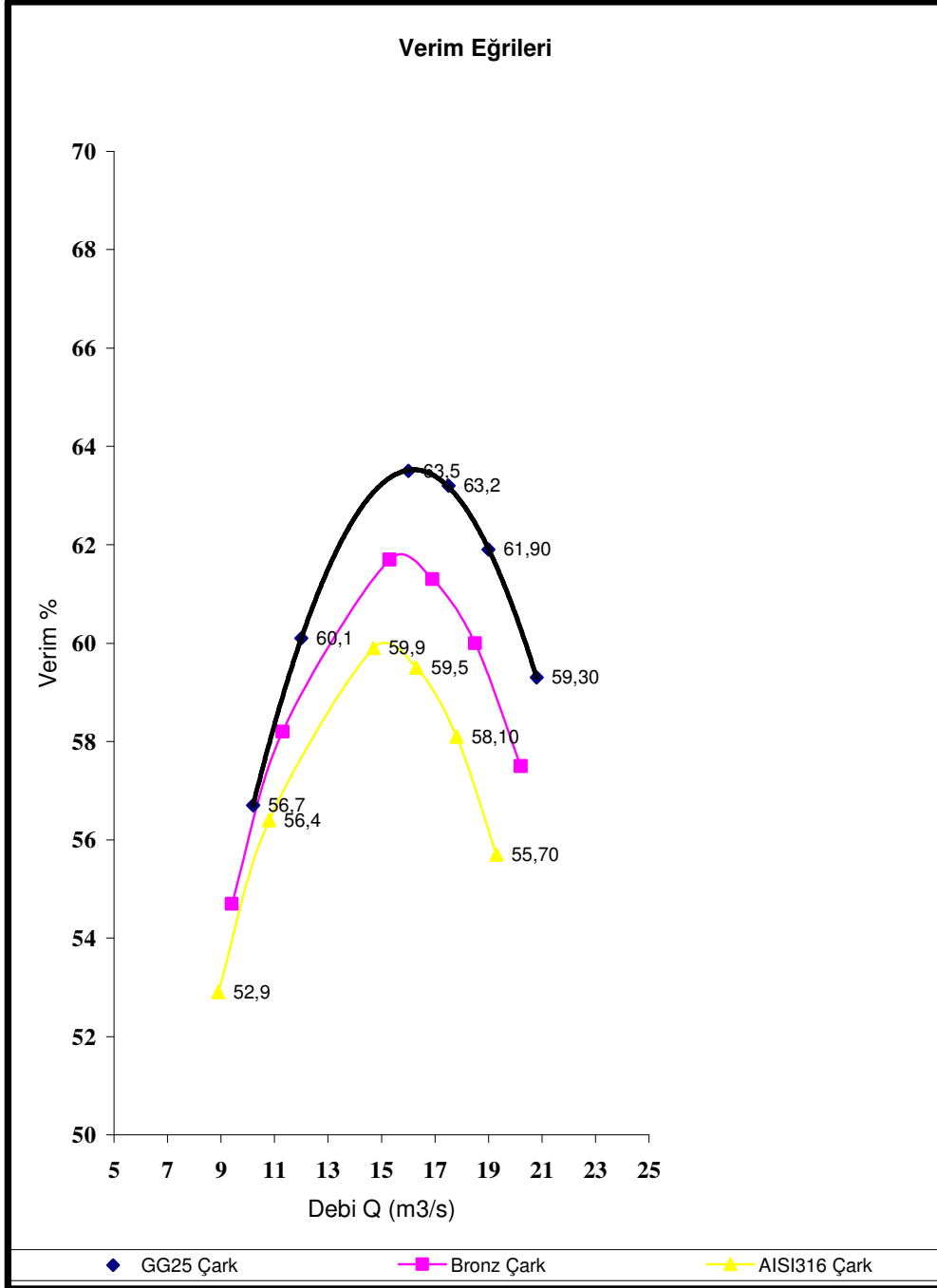
Şekillerdeki eğrilerden de görüldüğü gibi, farklı malzemelerden üretilmiş, farklı yüzey pürüzlülüklerine sahip çarkların verim eğrileride farklı çıkmakta, yüzey pürüzlülüğü arttıkça verim düşmektedir.

Diğer karşılaştırma eğrileri ise, çarkların kendi içlerinde aşınma halkaları ile yapılan deneylerden elde edilen verim eğrileri ile aşınma halkaları sökülerek yapılan deneylerden elde edilen verim eğrilerinin karşılaştırmalarını vermektedirler.

Bu kıyaslamalar ise, Şekil 40., Şekil 41. ve Şekil 42. 'de verilmektedir.

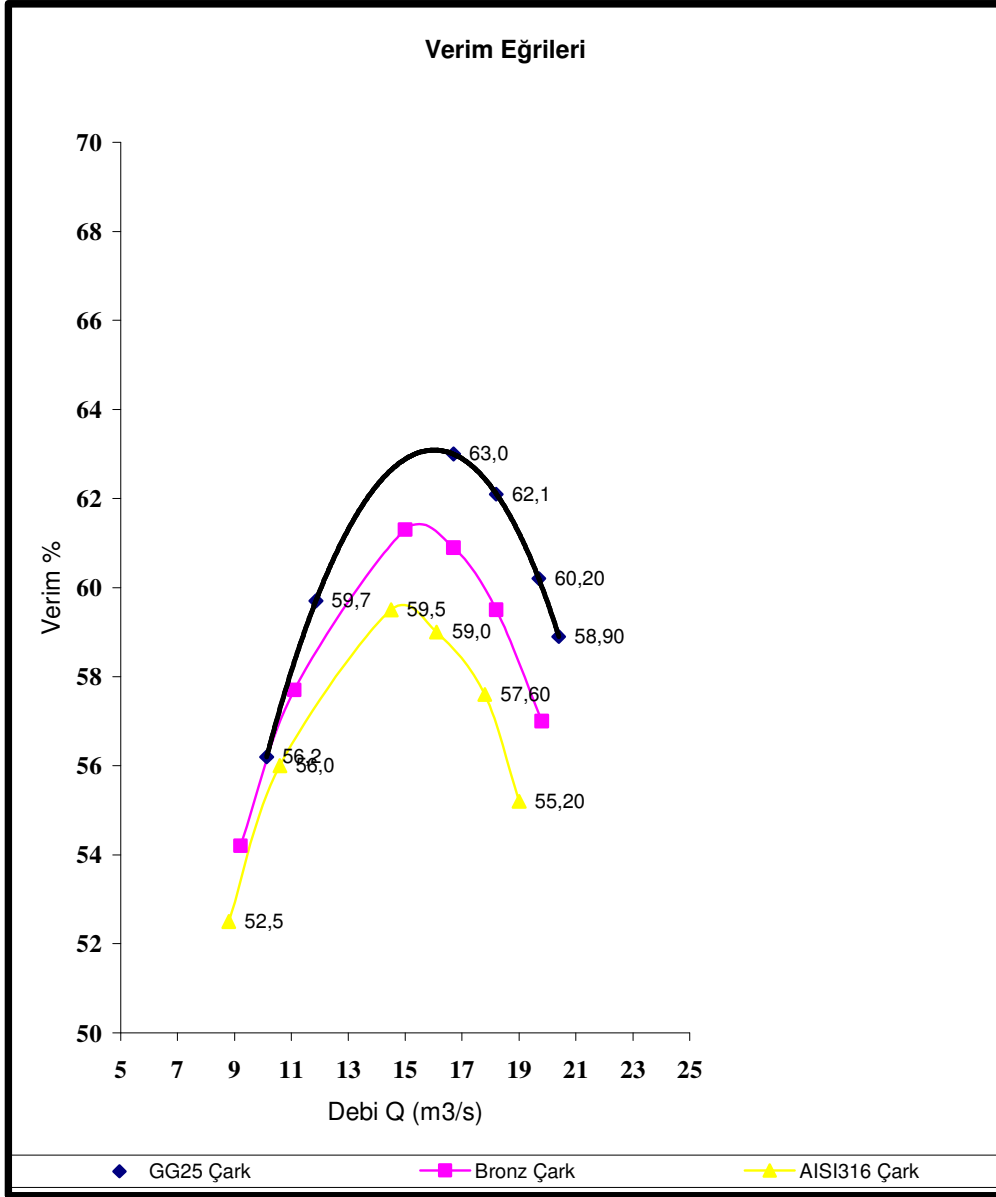
Bu şekillerdeki eğrilerden de görüldüğü gibi, farklı malzemelerden üretilmiş, farklı yüzey pürüzlülüklerine sahip çarklar kullanılarak çizilen verim eğrileri, aşınma halkaları söküldükten sonra farklı çıkmakta, aşınma halkalarının sökülmesi ile çark ile gövde arası mesafe arttıkça verim düşmektedir.

6.3.2.1. Aşınma Halkaları ile Yapılan Deneylerden  
Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması :



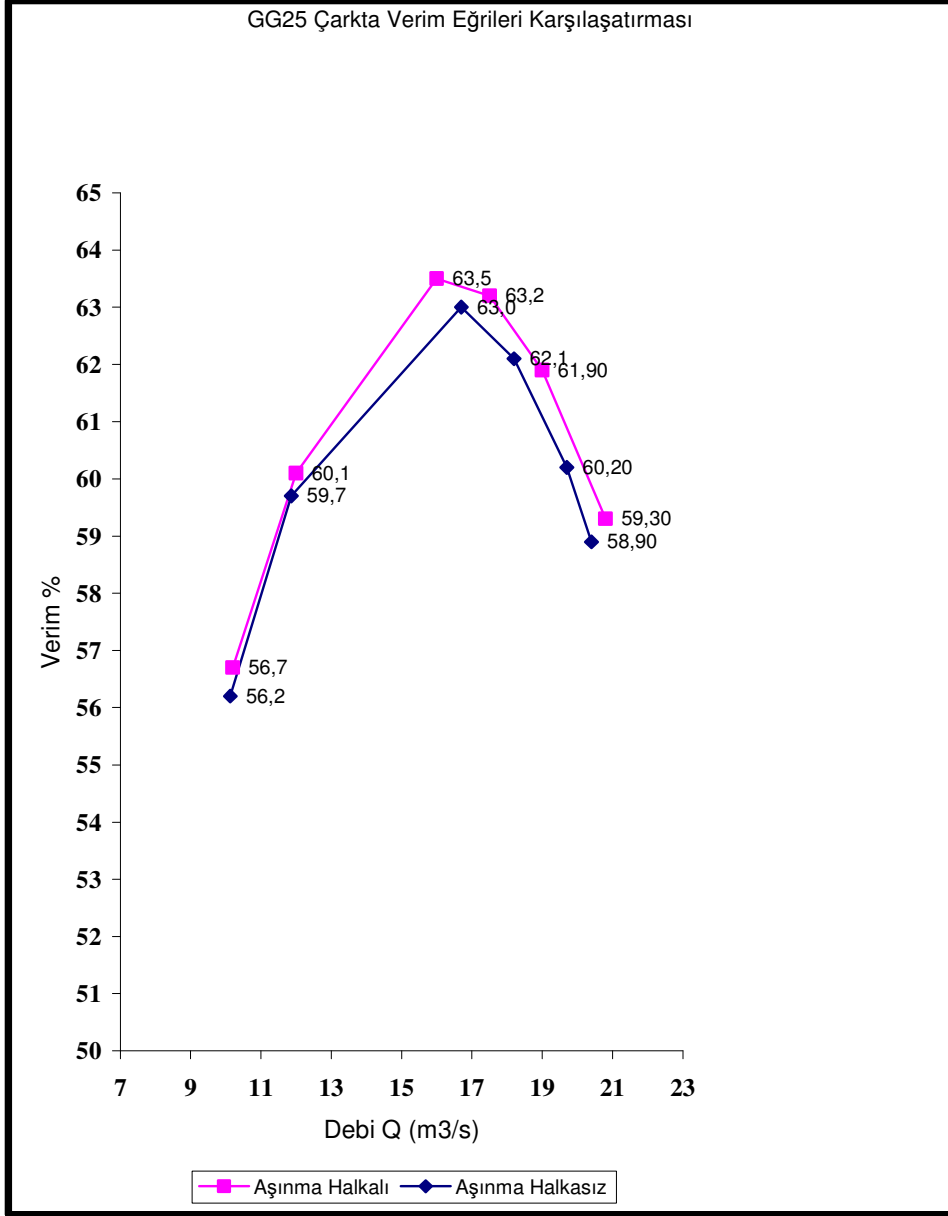
Şekil 38. Aşınma Halkaları Takılı İken Pompa Verimlerinin Kıyaslanması

6.3.2.2. Aşınma Halkaları Olmadan Yapılan  
Deneylerden Elde Edilen Verim  
Eğrilerinin Kıyaslanması :



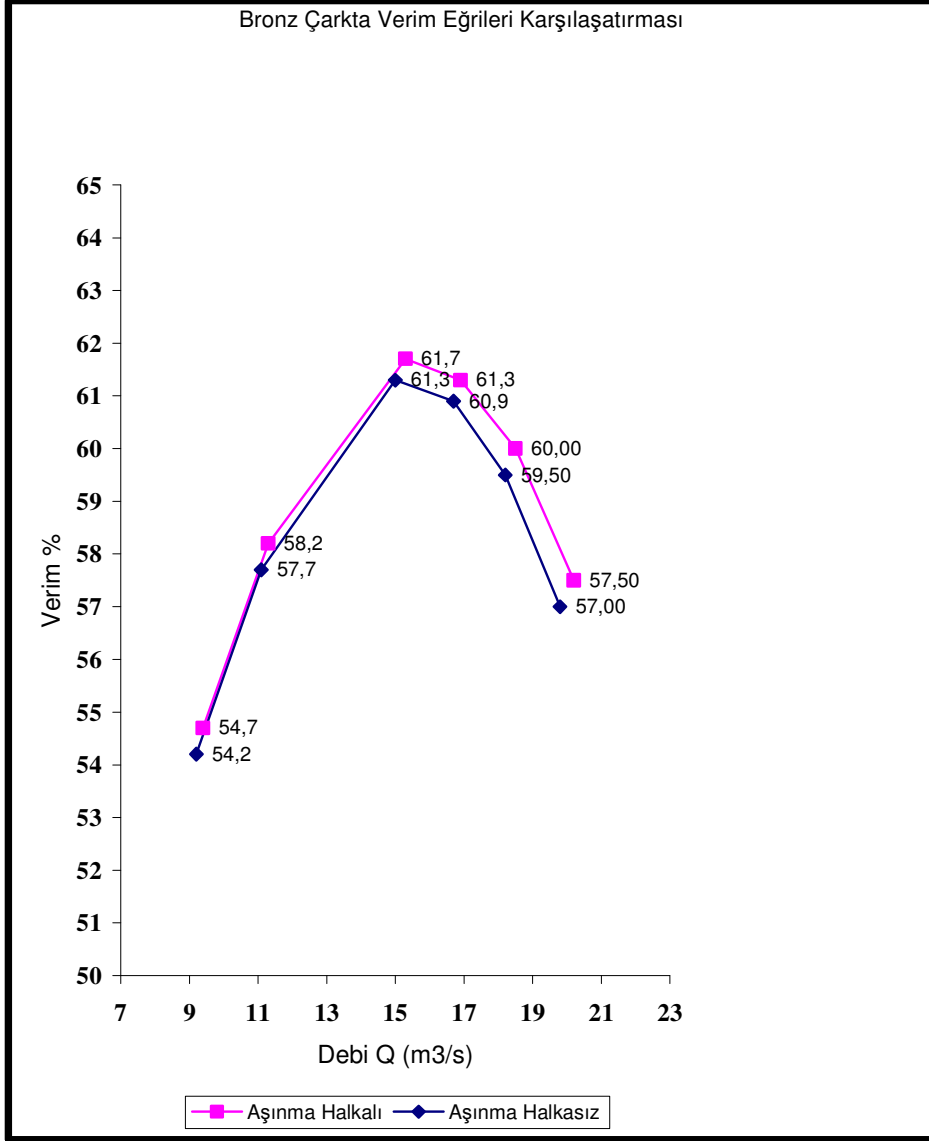
Şekil 39. Aşınma Halkaları Yok iken Pompa Verimlerinin Kıyaslanması

**6.3.2.3. GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökülerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması :**



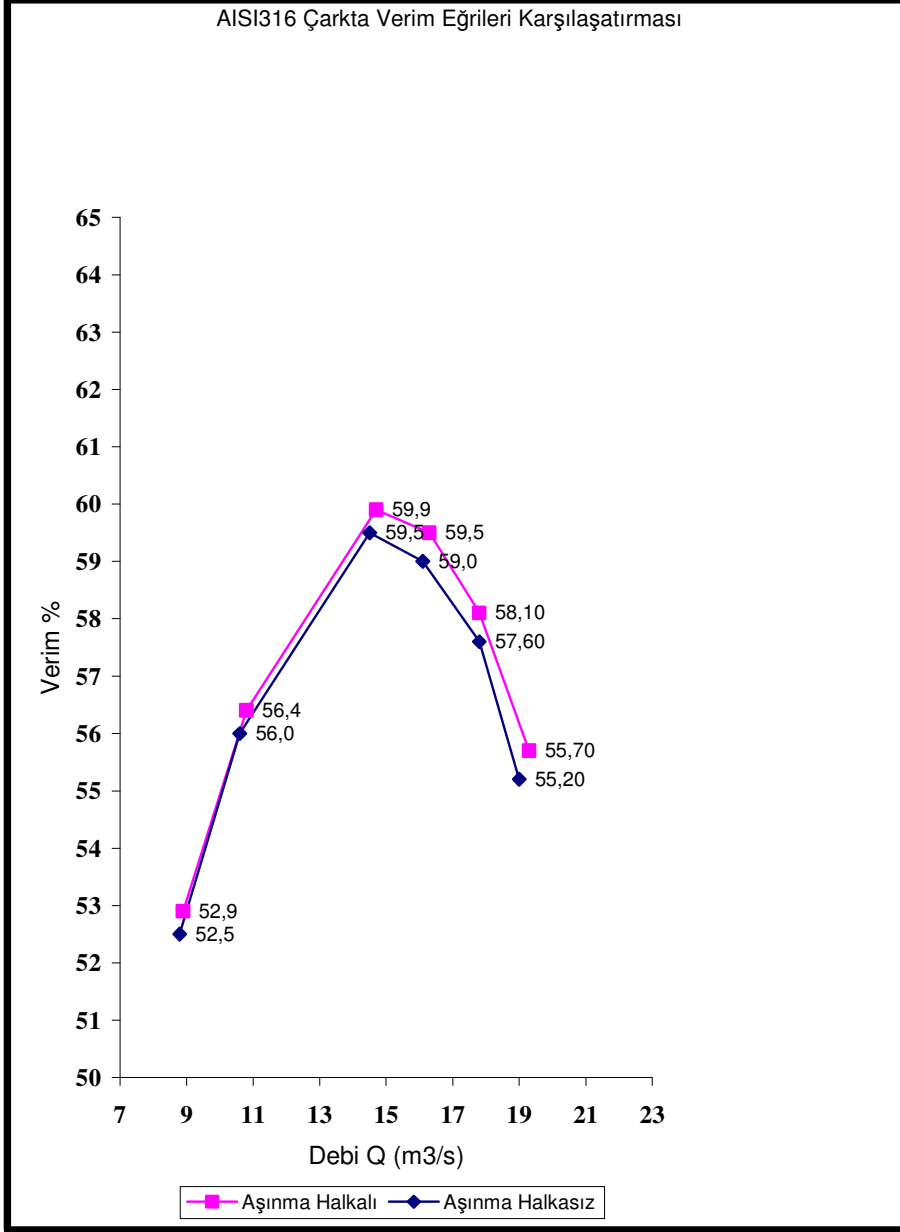
**Şekil 40.** GG25 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok iken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması

**6.3.2.4. Bronz arkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökülerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması :**



**Şekil 41.** Bronz arkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok iken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması

**6.3.2.5. AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Sökülerek Yapılan Deneylerden Elde Edilen Verim Eğrilerinin Kıyaslanması :**



**Şekil 42.** AISI316 Çarkta Aşınma Halkaları ile ve Aşınma Halkaları Yok İken Yapılan Deneylerden Elde Edilen Pompa Verimlerinin Kıyaslanması

### 6.3.3. Hata Analizi :

Pompa performans deneyleri yapılırken ölçme, okuma ve sistematik hatalar meydana gelir. Kullanılan ölçü aletleri ve düzenekleri, ölçülen büyüklüğü gerçek değerinden bir miktar sapma ile ölçerler veya gösterirler. Bunun için ölçmeler esnasında meydana gelebilecek hatalar için hata toleransları verilmiştir.

Performans deneyleri için ISO standartları üç ayrı gruba toplanmıştır. ISO sınıflandırmasına göre sınıflar arasındaki fark esas olarak, performans verilerindeki toplam hatamiktarının ölçü aletleri ve ölçme yöntemleri için izin verilen ölçme toleransları miktarıdır.

Ölçmede toplam hata için izin verilen üst sınırlar % olarak Çizelge 11. de verilmiştir. Bunlardan A Sınıfına göre kabul deneyleri genellikle araştırma, geliştirme ve laboratuardaki bilimsel çalışmalarda kullanılır.

Çizelge 23. ISO Standartlarına göre ölçmede toplam hata sınırları

ÖLÇÜLEN BÜYÜKLÜK	ISO 5198 HASSAS SINIF (A SINIFI)	ISO 3555 MÜH.SINIF 1 (B SINIFI)	ISO 2548 MÜH.SINIFI 2 (C SINIFI)
Debi	±1.5	±2.0	±3.5
Basma Yüksekliği	±1.0	±1.5	±3.5
Mil Gücü	±1.0	±1.5	±3.7
Dönme Hızı	±0.2	±0.5	±2.0
Pompa Verimi	±2.25	±2.8	±5.0

Bulunan verim değeri için hesaplanması gereken hata oranı :

$$f_{\eta} = \sqrt{(f_Q)^2 + (f_H)^2 + (f_P)^2} \quad (26)$$

Bu formülde ;

$f_{\eta}$  : Verim için hata oranı

$f_Q$  : Debi ölçümünde meydana gelen hata oranı

$f_H$  : Basma yüksekliğinde meydana gelen hata oranı

$f_P$  : Gücün belirlenmesinde meydana gelen hata oranı 'dır.

Deney ünitesinde kullanılan ölçme cihazlarının katalog hassasiyetleri aşağıdaki gibidir;

ABB Marka Dijital Debimetre Hata Oranı : +/- (1)

ABB Marka Basınç Sensörü Hata Oranı : +/- (0,04)

ABB Marka Konverter Üzerinden Güç Okuyucu Hata Oranı : +/- (0,5)

Takogeneratör Hata Oranı : +/- (0,2)

Denklemler 26.yı kullanarak yapılan hesaplamada sonuç olarak bulunan karesel hata;  $f_{\eta}$  : %1,52 'dir.

#### **6.4. Deney Sonuçları :**

Aynı koşullar altında, bir santrifüj pompada farklı malzemelerden imal edilmiş, aynı çaptaki çarkların performans deneylerine tabi tutulması sonucu alınan değerlere bağlı olarak pompa performans eğrileri, güç ve verim eğrileri çizilmiştir.

Açıkça görülmektedir ki, çark yüzeylerinde meydana gelen pürüzlülük değişimi pompa ve çark performanslarını etkilemektedir.

Genel olarak alınan deney sonuçlarına bakıldığında, GG25, esmer dökme demir pürüzlülüğü en düşük olan malzeme olup, doğal olarak en yüksek verimi sağlayan malzeme görünümündedir. Esmer dökme demirin döküm ve işleme kabiliyetinin bronz ve AISI316 malzeme ile kıyaslandığında daha yüksek olması, çarkın üretiminde daha pürüzsüz kanat yüzeylerine ve çark kanallarına, dolayısı ile de daha az enerji ile, daha çok işi yapmasına olanak vermiştir.

Bunun yanında deneyler aşınma halkaları sökülerek de tekrar edilmiş, boşluktaki artış nedeni ile, her üç çarkın performansında da ortalama bir verim düşümü yaşanmıştır.



Alınan değerler analiz edildiğinde;

1. Esmer dökme demir çarkın, bronz çark ile kıyasında, esmer dökme demirin veriminin ortalama olarak %2,9 civarında daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

2. Bronz çarkın, AISI316 Paslanmaz döküm çark ile kıyasında ortalama olarak, paslanmaz çelik döküm çarktan %3,1 civarında daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

3. Dolayısı ile de AISI316 kalite paslanmaz çelik döküm olan çarkın, GG25, esmer döküm malzemeye kıyasla %6 civarlarında veriminin az olduğunu söylemek te mümkündür.

4. Malzeme farkı gözetmeden, aşınma halkaları olmadan çalışan pompa, maliyeti yüksek arızalara neden olmasının yanında, kaçaklardan ötürü verim kaybınada uğramaktadır. Aşınma halkalarının sökölerek, çark ile gövde arası boşluğun artması ile kaçaklar artmakta, netice itibarı ile de % 0,7 lere varan verim kayıpları yaşanmaktadır.

5. Testlere tutulan pompaya debi yönünden bakıldığında ise, GG25 malzemededen imal çark, bronz ile kıyaslandığında %4-6 arasında daha fazla debiyi aynı güçlerle, aynı kayıplarda yapabilmektedir. Bronz çark ise, AISI316 paslanmaz döküm çarka nazaran yine %4-6 oranında, aynı güçle daha fazla debiyi transfer edebilmektedir.

6. Nihayetinde de GG25 esmer döküm çark, AISI316 paslanmaz döküm çark ile kıyaslandığında aynı güç ve basınçta %10-11 arasında daha fazla debiyi transfer edebilmektedir.

Deney sonucu olarak, yüzey pürüzlölüğü ve boşluklardan kaynaklı olarak meydana gelen kaçaklar pompa verimini etkilemekte, dolayısı ile harcanacak enerji miktarlarına, yani işletme maliyetlerine tesir etmektedirler.

## 7. SONUÇLAR VE DÜŞÜNCELER :

Santrifüj pompalar, sıvılara enerji verip belli bir debiyi, belli bir devir sayısında çalışırken, istenilen bir yüksekliğe, belli bir verimle basmak için projelendirilirler ve buna göre imal edilirler.

Dünya elektrik enerjisinin %20'si ne yakın bir kısmını harcayan pompalarda bu nedenle verimin önemi büyüktür.

Modern bir deney standı ve modern ölçme ekipmanları ile yapılan bu deneylerden alınan sonuçlar, tasarımcı ve imalatçıya daha yüksek verimde pompaların tasarlanabilmesi açısından da yol gösterici değerler sunmaktadır.

Deneyler sonucunda, yine pompanın döküm kalitesine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün ve hidrolik kayıpların verim üzerinde etkisi olduğu netleşmiştir.

İki farklı malzeme arasında, yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak verimde meydana gelen %5 oranında ki değişimler, bir santrifüj pompada çok büyük anlamlar ifade etmektedir. Özellikle işletmelerde çalışan büyük kapasite ve motor güçlerindeki santrifüj pompalarda, yüzey kalitesinde yapılacak iyileştirmeler ile çok yüksek miktarlarda enerjinin tasarruf edileceği ortadadır.

Bunun yanında pompanın hidrolik yapısında ortaya çıkan kaçaklardan dolayı da verim kaybına uğraması ve bu oranında özellikle büyük kapasiteli pompalarda kayda değer miktarlarda fazla enerji harcanmasına sebep olması, pompalarda bakım ve işletmeninde önemini göstermiştir.

Enerji ve işletme maliyetlerini, piyasada rekabet edebilmek için süratle aşağıya çekmeye çalışan sanayi grubu, aslında yatırımlarında hiç düşünmedikleri nokta ve detayların kendilerine ve dolayısı ile de ülke ekonomisine ne kadar kazanç getireceğini görmeleri gerekmektedir.

## 8. KAYNAKLAR :

ALDEMİR,Ü. 2000. Paslanmaz çeliklerin Türkiye' de tercihli uygulama alanlarına göre optimum kullanım önerilerinin hazırlanması. U.Ü.Yüksel Lisans Tezi, Bursa. 65s.

ERSÜMER,A. 1973. Çelik Döküm. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul. 164s.

ERSÜMER,A. 1976. Bakır Alaşımlarının Dökümü ve Isıl İşlemleri. İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul. 230s.

FİDANER,S.ve S.ÇELİK. 1979 Cilt No;2. Genel Dökümcülük Bilgisi. MEB Basımevi, İstanbul. 96s.

GULICH,J.F. 2003. Effect of Re number and surface roughness on the efficiency of centrifugal pumps. ASME Journal of Fluids Engineering, No:125, Switzerland. 12s.

IDA,T. 1979. Analysis of scale effects on centrifugal pumps.No:2, 21-43, Science reports of R.I. for Engng Kanagawa University, Japan. 61s

KARASSIK, I.J. and WILLIAM K. 2003. Pump Handbook. McGraw Hill Co. U.S.A. 540s.

OSTERWALDER, J. 1978. Efficiency scale up for hydrolic turbo-machines with due consideration of surface roughness. No:16, 55-76,Journal of Hydrolic Research. Germany. 122s.

ÖZGÜR,S. 2004. Santrifüj Pompa Mühendislik El Kitabı.

KSB Pompa Yayınları. Ankara. 46s.

VARLEY, F.A. 1961. Effects of impeller design and surface roughness on the performances of centrifugal pumps.Proc Inst.Mech Eng. 21s.

YALÇIN,K.Prof.Dr. 1998. Hacımsal ve Santrifüj Pompalar.Çağlayan Kitabevi. İstanbul. 549s.

YAZICI, H.F. 1996. Santrifüj Pompaların Denenmesi. 2.Pompa Kongresi Bildirisi, Sayfa: 1-15. Pomsad Y. Ankara

ANONİM,2004 SIEMENS Elektrik Motorları Kullanım Klavuzu,İstanbul

## 10. EK-1 : KSB Betablok 32-125 Pompa

### İşletme Bilgileri

Debi	
Basma Yüksekliği	
Pompa NPSH'i	
Devir	2900 1/min
Verim	%
Mil Gücü	
Akışkan	Temiz su
pH Değeri	7
Çalışma Sıcaklığı	20 °C
Akışkanın Yoğunluğu	0,998 kg/dm <sup>3</sup>
Viskozite	1 mm <sup>2</sup> /s

### Pompa özellikleri

Üretici Firma	KSB Türkiye
Pompanın Modeli	Betablok 32-125 / G16
Kademe sayısı	1
Çark Çapı	139 mm
Çark Tipi	Radyal
Emme Ağzı:	Başınç sınıfı PN 16 Nominal Çap DN 50 Standart DIN 2533
Basma Ağzı:	Başınç sınıfı PN 16 Nominal Çap DN 32 Standart DIN 2533

### Motor

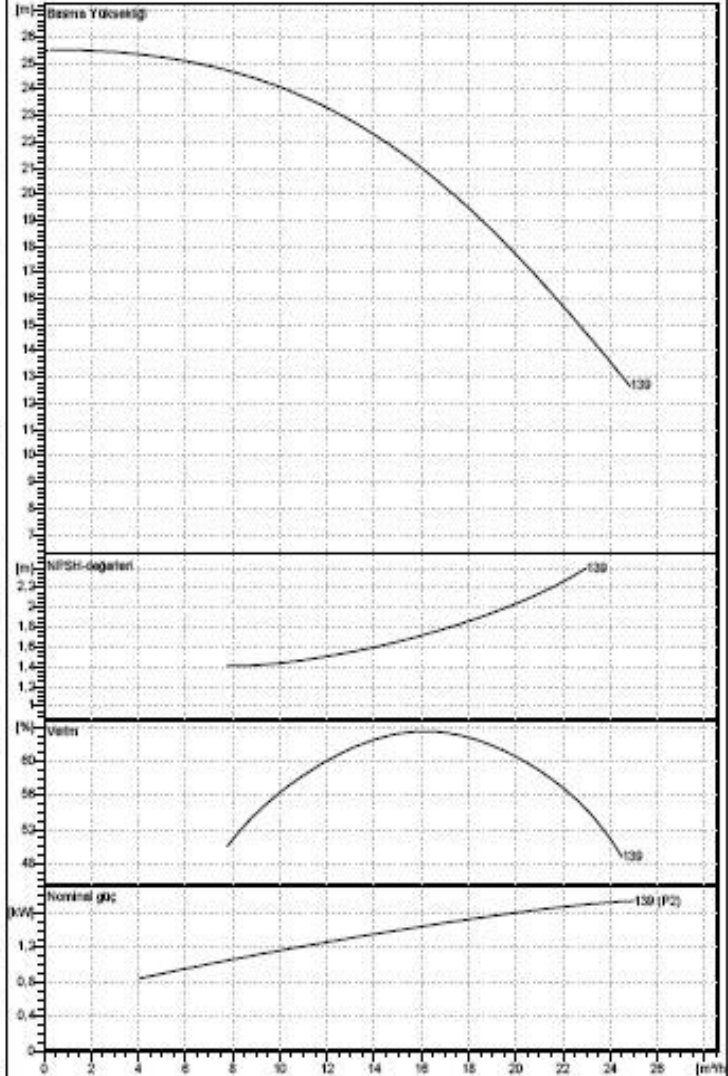
Üretici Firma	SIEMENS
Frekans	50Hz
Motor Fazı	3~
Voltaj	400 V
İzolasyon sınıfı	F
Koruma sınıfı	IP 55
Motor Gücü	2,2 kW
Koruma Tipi	--
Devreye Girme Modu	Belirtilmemiş

### Salmastra

Üretici Firma	Burgmann
Salmastra	Mekanik Salmastra
Min. akışkan sıcaklığı	-10 °C
Max. akışkan sıcaklığı	140 °C

## Betablok 32-125 / G16

2900 1/min



### Malzemeler

Malzeme kombinasyonu	G
<b>Pompa</b>	
Gövde	GG-25 (Gri Dökme Demir)
Baskı Kapağı	GG-25 (Gri Dökme Demir)
Çark	GG-25 (Gri Dökme Demir)
Mil	St70.2 (Karbon Çelığı)

## 11. EK-2 : ABB VT42 Serisi Manyetik Vorteks Debimetre



- Cost savings due to high accuracy
- Low investment cost through short straight inlet and outlet sections
- No wear, no maintenance – no moving parts
- Reduced stock keeping cost through flexible Ex concept (incl. Dust Ex)
- Economic saturated steam measurement using the 2-wire technology

ABB Instrumentation



The Vortex Flowmeter FV4000 operation is based on the Karman Vortex Street, in which, the shedding frequency of eddies in a flow stream after an obstruction is measured.

Fixed spiral vanes in the Swirl Flowmeter's entry body force the fluid into a rotation. The frequency of the resulting secondary rotation is then measured.

The shedding frequency of the eddies and the rotation are – over a wide Reynold's number range – proportional to the flow rate.

### A worthwhile comparison

	Vortex Flowmeter	Ring Chamber Standard Orifice
Accuracy	1% of rate / 0.75% of measured value	approx. 2% of upper range value
Span	up to five times greater	small
Feed pipes	not required	requires 2 thin pipes to the $\Delta p$ transmitter and multi-way valve for ventilation
Outputs	analog and pulse	analog, only
Installation	convenient, easy to commission	demanding
Maintenance	maintenance-free	requires much maintenance
Cost	very economical up to DN 200	economical only for DN 200 or higher



## 12. EK-3 : ABB 265 Serisi Basınç Sensörü

Data Sheet  
SS/265/7/9/4WAU EN

Four-Wire Add-On Unit for Pressure Transmitters  
Series 265xx / 267xx / 269xx

- 2-wire transmitter with integrated power supply
- Output signal 0...20 mA or 4...20 mA
- Power supply: 24 V or 230 V
- HART® communication at the transmitter is also possible



**ABB**

Four-Wire Add-On Unit for Pressure Transmitters  
Series 265xx / 267xx / 269xx

SS/265/7/9/4WAU EN

The four-wire add-on unit for pressure transmitter of the series 265xx / 267xx / 269xx provides a power supply device that is built right onto the transmitter. This unit is equipped with a separator between power supply and output signal. This construction enables using the two-wire transmitter as a four-wire transmitter with the option of either 24 V or 230 V power supplies. Output signal can be selected: 0...20 mA or 4...20 mA. HART communication direct to the transmitter is possible. The add-on unit is mounted to the transmitter at the factory.

### Technical data

#### Input

4...20 mA

#### Supply voltage

min. 14V at 20 mA

#### Output

0(4)...20 mA (selectable)

#### Characteristic

increasing, linear

#### Current limitation

approx. 25 mA

#### Maximum load

750 W

#### Ripple

max. 1 % v. input at max. load

#### Power supply

AC 230V (+6 % / -10 %):  
47 ... 63 Hz;  
max. power consumption: ≤ 6 VA

DC 24 V (18 ... 32 V):  
Allowable ripple is 2.5 Vpp within  
above-mentioned limits;  
max. power consumption: ≤ 3 W

#### Deviation from characteristics

max. 0.15 % v. input

#### Time constant t90

max. 30 ms

#### Influence due to

Ambient temperature ≤ 0.1% / 10K  
Load ≤ 0.1%  
Power supply ≤ 0.1% during a 10% change

#### Galvanic separation between

power supply and input  
power supply and output

#### Insulation voltage according to DIN EN 61 010

AC 250 V

#### Test voltage

UC: 1.5 kV  
AC: 2.3 kV

#### EMC tested according to

DIN EN 61 326

#### Ambient conditions

Operating temperature -20 °C - +80 °C  
Storage temperature -50 °C - +85 °C  
Condensation allowed

#### Housing

Protection class (DIN40040) IP54  
Material Cast aluminium,  
epoxy resin coat  
Dimensions H x W x D: 125 x 80 x 60 mm

#### Weight

approx. 0.7 kg

#### Colour

RAL 7032,  
Smooth surface

## 10. TEŞEKKÜR :

Bu çalışmam süresince, en başta bana her türlü konuda yardımcı olan Sn. Prof.Dr. İrfan Karagöz'e,

Deneyleerin yapılması esnasında tüm fabrikanın imkanlarını seferber eden, KSB Pompa ve Arm. A.Ş., Türkiye Satış ve Pazarlama Müdürü Sn. Derya Çuha'ya,

Fabrika Müdürü Sn. Tevfik Uzhan 'a,

Kaynak çalışmalarım da bana değerli zamanını ayıran KSB Pompa A.Ş. , Türkiye Servis Müdürü Sn. Mustafa Çandar'a,

Kaynak araştırmalarım da bana yardımcı olan değerli kardeşim, Mak.Müh. Mümin Gülmez' e,

Çalışmamı hazırlarken göstermiş oldukları sabır için sevgili eşim Sibel Gülmez 'e ve kızım Deniz Ceylin Gülmez 'e,

Teşekkürlerimi borç bilirim.

Erkan Gülmez

2006, Bursa



## 11. ÖZGEÇMİŞ :

Erkan GÜLMEZ

1975 yılında, İzmir' de doğdu. Orta ve Lise öğrenimini İzmir Özel Fatih Kolejinde tamamladı. 1998'de İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesinden, Makina Mühendisi olarak mezun oldu.

Çeşitli firmalarda çalıştıktan sonra, 2002-2006 yılları arasında KSB Pompa ve Arm. A.Ş.'de Bursa Bölge Müdürü olarak çalıştı Halen Grundfos Pompa Sanayinde, Ege Bölge Müdürlüğünü sürdüren Gülmez, evli ve bir kız babasıdır.

İngilizce ve Almanca biliyor, boş zamanlarında Türk Halk Müziği Ritim Sazları ile ilgileniyor ve antika belge topluyor.