

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE YÜKSEK SIKMA
DEVİRLERİNDE SU UZAKLAŞTIRMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

UĞUR MACİT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ÖZGEN ÜMİT ÇOLAK
PROF. DR. HASAN ALPAY HEPERKAN**

İSTANBUL, 2013

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE YÜKSEK SIKMA DEVİRLERİNDE
SU UZAKLAŞTIRMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ**

Uğur MACİT tarafından hazırlanan tez çalışması 18.02.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Özgen Ümit ÇOLAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Eş Danışman

Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Özgen Ümit ÇOLAK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Vedat Temiz
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Sağırılı
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Zahit Mecitoğlu
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasının gerçekleşmesinde büyük katkısı bulunan değerli hocalarım Sn. Prof. Dr. Özgen Ümit ÇOLAK ve Sn. Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN başta olmak üzere, Arçelik A.Ş. Çamaşır Makinesi İşletmesi Araştırma – Geliştirme Bölümünden, Sn. İbrahim YILDIRIM; Sn. Hakan TATAR; Sn. Emre ÖZTÜRK ve çalışma sırasında yol göstericiliği ve fikirleri ile yanımda olan Sn. Talip ÇAĞLAR’a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmanın deneysel çalışmaları sırasındaki katkılarından dolayı Sistem Geliştirme ve Yapısal Tasarım bölümlerinden çalışma arkadaşlarıma ve Sn. Hasan Dikbıyık, Sn. Hikmet Gülen ve Sn. Cengiz Karaibrahim başta olmak üzere, tüm laboratuvar çalışanlarına en içten teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Son olarak, hep yanımda ve bana destek olan aileme ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Ocak,2013

Uğur MACİT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	5
1.3 Bulgular	6
BÖLÜM 2	
DENEY DÜZENİĞİNİN HAZIRLANMASI.....	8
2.1 Problemin Çözümüne Yönelik Gerçekleştirilen SistematiK Çalışma.....	8
2.2 SistematiK Konstrüksiyon İşlem Adımlarının Deney DüzenİĞi Tasarımında Uygulanması.....	8
2.2.1 Ödevin Analizi	9
2.2.2 Fonksiyonların Analizi	9
2.2.3 Çözüm Önerilerinin Bulunması	10
2.2.4 Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi Ve Seçimi	12
2.2.5 Üretim İÇin Gerekli Belgelerin Hazırlanması	15
2.2.6 İşin Bitimi İÇin Yapılacak Son İşler	17
BÖLÜM 3	
KRİTİK PARÇALAR İÇİN YAPILAN MÜHENDİSLİK HESAPLARI	22

3.1	Rulmanların Seçimi	22
3.1.1	Eş Değer Dinamik Yük (P)	22
3.1.2	Değişken Yük ve Devir Hızı	24
3.2	Sonlu Elemanlar Yöntemi	27
3.2.1	Sonlu Elemanlar Yönteminin Tarihçesi	27
3.2.2	Sonlu Elemanlar Metodu'nun Modelleme ve Çözüm Basamakları	28
3.2.3	Yapının Veya Çözüm Bölgesinin Elemanlara Ayrılması	28
3.2.4	Her Elemanın Özelliklerinin Formüle Edilmesi, Eleman Katılık Matrislerinin ve Yük Vektörlerinin Bulunması	29
3.2.5	Yapının Veya Çözüm Bölgesinin Sonlu Elemanlar Modeli'nin Elde Edilebilmesi İçin Elemanların Birleştirilmesi	29
3.2.6	Bilinen Yüklerin (Kuvvet ve/veya Moment) Uygulanması	29
3.2.7	Yapının Nasıl Desteklendiğinin Belirtilmesi	29
3.2.8	Bilinmeyen Düğüm Noktası Deplasmanlarının Bulunması	29
3.3	Sonlu Elemanlar Yönteminin Deney Düzenine Ait Tahrik Grubu Parçalarına Uygulanması	30
3.3.1	Ansys Workbench Programı ve Arayüzü	30
3.3.2	Ağ Yapısının Oluşturulması	32
3.3.3	Mesnet Noktalarının Seçimi	36
3.3.4	Merkezkaç Kuvvetinin Uygulanması	36
3.3.5	Analiz Sonuçları	37

BÖLÜM 4

TESTLER VE SONUÇLAR	39
4.1 Deney düzeneğinde yapılan testlerde kullanılan tambur tipleri	40
4.2 Sıkma Profili	42
4.3 Sıkma Verimi	43
4.4 Test Yapılma Metodolojisi	44
4.5 Test Sonuçları	46
4.6 Tambur Çeşitlerinin Sıkma Performanslarının Karşılaştırılması	50
4.7 Maksimum Devirde Kalma Süresinin Sıkma Performansına Etkisi	54
4.8 Deterjan Kullanımının Sıkma Performansına Etkisi	55
4.9 Kazan Geometrisinin Sıkma Performansına Etkisi	56
4.10 Sıkma Sırasında Atılan Suyun Anlık Değişimi ve Anlık Sıkma Performanslarının Belirlenmesi	62
4.11 İdeal maksimum devirde kalma süresinin belirlenmesi	65

BÖLÜM 5

SIKMA SIRASINDA TÜKETİLEN ENERJİ VE GÜÇ KAYIPLARININ İNCELENMESİ	68
5.1 Çamaşır Makinelerinde Sıkma Sırasında Oluşan Güç Kayıplarının Teorik Hesabı	68
5.1.1 Kazan-Tambur Arasında Hareket Eden Havanın Direnci	69
5.1.2 Rulman Kaynaklı Güç Kayıpları	71

5.1.3	Keçe Sürtünmesi Kaynaklı Güç Kayıpları	73
5.1.4	Tambur Grubunun Eylemsizlik Momenti Nedeniyle Oluşan Kayıplar	74
5.2	Yapılan Teorik Hesapların Deneysel Verilerle Karşılaştırılması	75
5.2.1	Keçe Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar	76
5.2.2	Eylemsizlik Momenti Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar ..	77
5.2.3	Rulman Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar	79
5.3	Güç Kayıplarını Azaltabilmek İçin Birtakım Öneriler	80

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER	83
-------------------------	----

KAYNAKLAR	85
-----------------	----

EK A

TEKNİK RESİMLER	86
-----------------------	----

EK B

ANSYS PROGRAMI TARAFINDAN OLUŞTURULAN ANALİZ RAPORU	91
---	----

ÖZGEÇMİŞ	105
----------------	-----

SİMGE LİSTESİ

A	Silindir yüzey alanı, mm ²
C _r	Dinamik yük sayısı, N
d	Rulman çapı, mm
f	Rulman sürtünme katsayısı
F _a	Çevresel kuvvet, N
F _Ç	Dengesiz yük ağırlık kuvveti, N
F _r	Radyal kuvvet, N
F _T	Toplam kuvvet, N
F _t	Tambur ağırlık kuvveti, N
F _Z	Dengesiz yükleme sonucu oluşan merkezkaç kuvvet, N
I	Eylemsizlik momenti, kg.mm ²
L ₁₀	Milyon devir cinsinden rulman ömrü, milyon devir
L _A	A tipi tambur derinliği, mm
L _B	B tipi tambur derinliği, mm
L _{dA}	A tipi tambur delik kümesi uzunluğu, mm
L _{dB}	B tipi tambur delik kümesi uzunluğu, mm
M	Şartlandırılmış ana yük kütlesi, kg
M _r	Sıkma sonrası ana yük kütlesi, kg
M _r	Rulman sürtünme torku, N.mm
n	Devir sayısı, devir/dk
n _m	Ortalama devir sayısı, devir/dk
N _r	Güç kaybı, W
R _{çA}	A tipi tamburda çeperdeki çamaşırın merkezden olan uzaklığı, mm
R _{çB}	A tipi tamburda çeperdeki çamaşırın merkezden olan uzaklığı, mm
R _i	Tambur olarak kabul edilen silindirin dış çapı, m
RM	Yük üzerinde kalan nem yüzdesi
R _o	Kazan olarak kabul edilen silindirin iç çapı, m
P	Dinamik eşdeğer yük, N
P	Güç, W
T	Tork, N.m
α	Açısal ivme, rad/s ²
μ	Akışkan viskozitesi, kg/m.s
Ø	Tambur çapı, mm

q	Etkime süresi, sn
τ	Viskoz kayma gerilmesi, N/m ²
w	Açısal hız, rad/sn

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Çamaşır makinelerinin tarihsel gelişimi	2
Şekil 1.2	US2005044899 numaralı patentin genel görünüşü	4
Şekil 1.3	CN1978730 numaralı patentin genel görünüşü	5
Şekil 2.1	Çift mil kullanılması fikri.....	10
Şekil 2.2	Çamaşır makinelerinde kullanılan rulman yuvası katı modeli	11
Şekil 2.3	Montaja uygun rulman yuvası revizyonu.....	11
Şekil 2.4	Profilli çift mil kullanma fikri montaj katı modeli	12
Şekil 2.5	Hareketli rulman yuvası fikri montaj katı modeli	13
Şekil 2.6	Alüminyum kazan arka ve ön tutucu fikri montaj katı modeli	13
Şekil 2.7	Kazan arkası parçasının montajı	14
Şekil 2.8	Motorun ana gövdeye montajlanması için tasarlanan parça	15
Şekil 2.9	Motor tutucu parçasının bazı ölçüleri (üst görünüş)	16
Şekil 2.10	Deney düzeneğinin genel montaj hali	17
Şekil 2.11	Hidrodinamik deney düzeneği (arka görünüş)	18
Şekil 2.12	Motorun gövde üzerinde sabitlenmesi	18
Şekil 2.13	Hidrodinamik deney düzeneği kesit görünümü	19
Şekil 2.14	Pleksiglas halkalar ile derinlik artırılarak ön camın tambura yaklaştırılması.....	20
Şekil 2.15	Kazan arka desteği kesit görüntüsü	21
Şekil 2.16	Deney düzeneğinde yapılan testler sırasında alınan bir görüntü	21
Şekil 3.1	Rulman üzerine etkiyen radyal, eksenel ve bileşke kuvvet	23
Şekil 3.2	Serbest cisim diyagramı	25
Şekil 3.3	Ansys Workbench 14.0 programının arayüzü	31
Şekil 3.4	Statik analiz işlem adımları	32
Şekil 3.5	Analiz uygulanacak geometri.....	32
Şekil 3.6	Virtual topology fonksiyonu ile birleştirilmiş yüzeyler.....	33
Şekil 3.7	Ağ yapısı oluşturmak için programda seçilen parametreler.....	34
Şekil 3.8	Yüzey geçişlerindeki ağ yapısını iyileştirmek için uygulanan yöntemler.....	35
Şekil 3.9	Tahrik grubu elemanlarının sonlu sayıda ağa bölünmesi	35
Şekil 3.10	Mesnet noktalarının belirlenmesi	36
Şekil 3.11	Kuvvetin ve koordinatlarının belirlenmesi	37
Şekil 3.12	Maksimum ve minimum gerilmeler	38
Şekil 3.13	Toplam elastik şekil değişimi	38
Şekil 4.1	Sonsuz kazan olarak isimlendirilen kazansız durum	40
Şekil 4.2	“B tipi tambur” görüntüsü	41
Şekil 4.3	C1 ve C2 tip tambur tipleri arasındaki fark	42

Şekil 4.4	Sıkma profilinin zamana bağlı değişimi	43
Şekil 4.5	A tipi ve B1 tipi tambur arasındaki delik yoğunluğu farkı	51
Şekil 4.6	4 kg yük kullanıldığı durumda A tipi ve B tipi tambur içindeki yük dağılımı	52
Şekil 4.7	Maksimum devirde bekleme süresinin sıkma performansı üzerindeki etkisini gösteren grafik	54
Şekil 4.8	1200 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	57
Şekil 4.9	1200 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	58
Şekil 4.10	1400 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	59
Şekil 4.11	1400 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	60
Şekil 4.12	1600 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	61
Şekil 4.13	1600 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi	62
Şekil 4.14	Devir ve pompa ile atılan suyun zamana bağlı değişim grafiği	63
Şekil 4.15	Maksimum devre ulaşıldığı andan itibaren pompa ile atılan suyun zamana bağlı değişim grafiği	64
Şekil 4.16	Maksimum devre ulaşıldıktan sonra sıkma veriminin zamana bağlı değişim grafiği	65
Şekil 4.17	Maksimum devre ulaşıldıktan sonra sıkma veriminin zamana bağlı değişim grafiği ve enerjideki artış	65
Şekil 5.1	Akışkanların viskozitelerini belirlemek için kullanılan sistem	69
Şekil 5.2	Rulmanlara etki eden radyal yükler	71
Şekil 5.3	Çamaşır makinelerinde keçe ve keçe kullanımı	73
Şekil 5.4	Farklı gresler ile yağlanan bir keçenin güç kaybı grafiği	74
Şekil 5.5	Üretici firmaya ait katalogda bulunan çalışma viskozitesi hesap diyagramı.	80
Şekil 5.6	İki nokta temaslı keçe-mil montajı	81
Şekil EK A.1	Kazan arka tutucusu teknik resmi	87
Şekil EK A.2	Gövde teknik resmi	88
Şekil EK A.3	Ön destek parçası teknik resmi	89
Şekil EK A.4	Kazan ön destek parçası teknik resmi	90

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	A ve B rulmanları üzerine etkiyen radyal kuvvetler	26
Çizelge 4.1	EN 60456 Standardına göre sıkma verimlerine karşılık gelen sıkma sınıfları	44
Çizelge 4.2	Test sonuç verilerinin toplandığı tablo	46
Çizelge 4.3	Yapılan tüm testlerin sıkma performansının iyiden kötüye doğru sıralanması.	49
Çizelge 4.4	1200 devir/dk hız ile maksimum devirde 4 dk kalan testler	50
Çizelge 4.5	Farklı yük ağırlığının sıkma verimine etkisi	53
Çizelge 4.6	1200 devir/dk hız ile maksimum devirde 10 dk kalan testler	53
Çizelge 4.7	Maksimum devirde bekleme süresinin sıkma performansına etkisi	54
Çizelge 4.8	Deterjan kullanımının sıkma performansına etkisi	55
Çizelge 4.9	Deterjan kullanımının 1400 d/dk hızda sıkma performansına etkisi	55
Çizelge 4.10	Deterjan kullanımının 1600 d/dk hızda sıkma performansına etkisi	56
Çizelge 4.11	Kazan tipinin, 1200 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi	56
Çizelge 4.12	Kazan tipinin, 1200 d/dk hızda 10dk bekletilen testlerdeki etkisi	57
Çizelge 4.13	Kazan tipinin, 1400 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi	58
Çizelge 4.14	Kazan tipinin, 1400 d/dk hızda 10 dk bekletilen testlerdeki etkisi	59
Çizelge 4.15	Kazan tipinin, 1600 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi	60
Çizelge 4.16	Kazan tipinin, 1600 d/dk hızda 10 dk bekletilen testlerdeki etkisi	61
Çizelge 5.1	Keçeli ve keçesiz kazanın ortalama güç değerleri	76
Çizelge 5.2	Atalet momenti kaynaklı güç kayıplarının teorik incelemesi	77
Çizelge 5.3	Atalet momenti nedeniyle oluşan kayıplar hesaplanırken kullanılan veriler	78
Çizelge 5.4	Atalet momenti kaynaklı kayıpların tespiti için yapılan deney sonuçları	78
Çizelge 5.5	Rulman kaynaklı güç kayıpların tespiti için yapılan deney sonuçları	79

ÖNDEN YÜKLEMELİ ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE YÜKSEK SIKMA DEVİRLERİNDE SU UZAKLAŞTIRMA PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Uğur MACİT

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Özgen Ümit ÇOLAK

Eş Danışman: Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN

Çamaşır makinelerinde yıkama programı sonrası çamaşırlar üzerinde bir miktar su kalmaktadır. Güneşli ve rüzgarlı günlerde çamaşırları kurutmak pek zor değildir. Ancak soğuk ve yağmurlu günlerde nem miktarı yüksek olan çamaşırları kurutmak birkaç gün sürebilmektedir. Çamaşırların, kurutma işlemi için balkon, pencere, bahçe gibi dış ortama açık yerlerde asıldığı durumlarda yağmur, duman, kirli hava gibi olumsuz hava koşullarının takip edilmesini gerektirmektedir. Ev içerisinde kurutulması istenen çamaşırlar ise yapılarındaki nemi asıldıkları ortama vererek oda içindeki nem miktarını artırmaktadır. Bu durum duvarlarda ve oda içinde rutubet gibi insan sağlığına zarar verici etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle çamaşır makinelerinde sıkma performansını iyileştirmek için bir takım çalışmalar yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmaların sonucunda makine içerisinden alınan çamaşırın nem miktarının azaltılması ve bu yolla kurutma sürelerinin ve tüketilen enerji miktarının azaltılması amaçlanmıştır.

Yüksek sıkma hızlarında tamburdan dışarı atılan su damlacıklarının kazan içinde oluşan basınç farklılıkları, hava akımı gibi etkilere kapılarak pompa ile kolayca tahliye edilememesi sıkma performansı açısından olumsuz bir durum olduğu için önlenmesi gerekmektedir. Kazan ya da tambur gibi elemanların geometrisi ve sıkma algoritması optimize edilerek bu sorun ortadan kaldırılabılır ancak bunun öncesinde sıkma sırasında kazan içindeki suyun hareketinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında, çamaşır makinelerinin sıkma adımı sırasında, daha fazla suyun dışarı atılarak çamaşırın daha etkin sıkılmasını sağlamak amacıyla, kazan içindeki su davranışını gözlemlemek için şeffaf kazanlı (pleksiglas kazan) bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan bu test cihazı kullanılarak testler yapılmış ve bu test sonuçları değerlendirilerek hangi parametrelerin sıkma performansına ne derecede etki ettiği belirlenmiştir. Bahsi geçen parametrelerden maksimum devirde kalma süresinin etkisi üzerinde yoğunlaşarak, sıkma süresini uzatmak gerektiği anlaşılmıştır. Artan sıkma süresine bağlı olarak artan enerji tüketimini azaltmak adına sıkma sırasında oluşan güç kayıpları teorik hesap yöntemleri ile incelenmiş ve deneysel veriler ile bu incelemelerin doğruluğu araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çamaşır makinesi, su çıkarma, sıkma performansı, kurutma

**IMPROVING PERFORMANCE OF WATER EXTRACTION AT HIGH SPIN SPEEDS IN
FRONT LOADER WASHING MACHINES**

Uğur MACİT

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Özgen Ümit ÇOLAK

Co-Advisor: Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN

There is some water left on laundry after spinning in washing machines. Drying laundry is not a difficult process on sunny and windy days, however, it takes a few days when the weather is cold and rainy. When laundry is hung in balconies, in front of windows or in gardens, it is required to be careful for conditions such as rain, dust and smoke. When wet laundry is held inside rooms, the humidity of the air increases. It affects human health as well as causes decay on furniture and interior walls. That's why studies about improving spinning performance have become a requirement. Decreasing moisture on clothes at the end of spinning and decreasing energy consumption of drying process has been aimed.

At high spinning speeds, due to the effect of pressure and air flow in the tub, droplets, which has been extracted from drum, returns back to the laundry. This is an undesirable situation so it must be prevented. This problem can be solved by optimizing the design of some components such as drum, tub and spinning algorithm etc. Prior to this optimization, water flow behavior must be analyzed in the tub during spinning.

The scope of this thesis is to design a test setup with a transparent (acrylic glass) tub for visual observation of the behavior of water flow during spinning cycles. This setup will be utilized to obtain information about parameters which affect the spinning efficiency which will then be used to improve water extraction and spinning efficiency in washing machines.

Among these parameters, by focusing on the effect of waiting time at maximum spinning speed on spinning efficiency, it has been concluded that longer spinning duration at maximum speed is required to improve the spinning efficiency. On the other hand, solutions have been proposed to decrease the consequential increase of energy consumption due to longer spinning durations; power losses are investigated and calculated theoretically. The calculations are then compared with experimental results.

Key words: Washing machine, water extraction, squeeze perform

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Kirli çamaşırlar, çamaşır makineleri icat edilmediği zamanlarda insanlar için en büyük sorunlardan bir tanesi olmuştur. Kıyafet, örtü ve perde gibi tekstiller kirlendiğinde bakteri ve mikroplardan arındırılması için temizlenmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu yüzden çamaşır makineleri günümüzde insanların ihtiyaç duyduğu araç-gereçler arasında oldukça önemli bir yere sahip olmuştur.

İlk zamanlarda denizciler dalgaların ve tuzun aşındırıcı etkisini fark ederek çamaşırlarını suyun içine sarkıtarak yıkamasını öğrenmişlerdir. Daha sonraki zamanlarda insanlar çamaşırlarını su kaynaklarına yakın yerlerde yıkamaya başlamışlardır. 1800' lü yıllara kadar kadınlar, kirli çamaşırları akarsu ve göl gibi su kaynakları kenarında zor ve zahmetli bir şekilde yıkamışlar ya da güç gerektiren bu işi para ile başkalarına yaptıрма yoluna gitmişlerdir.

Bu dönemlerde çok kirli çamaşırların iyi bir şekilde yıkanabilmesi için çamaşırlar gece boyunca su içinde bekletilir ve kirlerin yumuşaması sağlanırdı. Sonrasında ateşte kaynatılan suyun içine atılarak mikroplar yok edilirdi. Sabun ile çitilenecek lekeler çıkartılır ve bol suyla durulanırdı. Yorucu ve uzun süren bu işlemten sonra çamaşırlar asılarak kurutulması sağlanır, gerektiğinde kömür ile çalışan ütü ile kırışıklıklar giderilirdi. İlerleyen zamanlarda çamaşır yıkamaya yarayan cihazlar geliştirilmiştir.

Döner tamburlu çamaşır makinesi fikrine ait alınan ilk patent 1782 yılında Henry Sidgier'e verilmiştir. Çamaşır yıkama ile ilgili alınan ilk Amerikan patenti ise 1797 yılında Nathaniel Briggs'e verilmiştir. Söz konusu bu patentin içeriği tam olarak bilinmemektedir.[1]

1900'lü yıllarda ABD'de motor tarafından döndürülen tambura sahip çamaşır makineleri geliştirilmeye başlanmıştır. Fakat bu makinelerde sızdırmazlık iyi derecede sağlanamadığı için kazan altında korumasız duran motor üzerinde kısa devre olmuştur.

1906 yılında Alva John Fisher tarafından geliştirilen ilk elektrik motorlu çamaşır makinesi günümüzde kullanılan modern çamaşır makinelerinin temelini oluşturmaktadır. 1911 yılında motor tarafından tahrik edilen delikli tamburu bulunan kazanı metal bir çerçeveye oturtulmuş titreşimli çamaşır makineleri ortaya çıkmıştır. [2]



Şekil 1.1 Çamaşır makinelerinin tarihsel gelişimi

Beatty Brothers of Fergus şirketi (Kanada), dönel karıştırma hareketi yapan krom nikel kaplamalı bakır kazanlı ilk makineyi üretmiştir. Maytag şirketi sonrasında bu teknolojiyi geliştirerek ABD'de uygulamıştır. Bu uygulamalar üstten yüklemeli makinelerin ilk örnekleridir. 1920'lerde Kanada'da üretilen bazı çamaşır makinelerinin elektrikli veya 14 gazlı su ısıtıcıları ile donatıldığı bilinmektedir. 1930'larda su tahliye pompalarının da makinelere eklenmesi ile otomatikleşmeye bir adım daha yaklaşmıştır. 1937 yılında ilk otomatik çamaşır makinesi Bendix şirketi tarafından üretilmiştir. 1940'lı yıllarda uzun ömürlü çelik kazanlı

amaşıır makinelerinin üretimi başlamıştır. 1950'li yıllarda birçok Amerikan retici, çeşitli kazalara neden olan merdaneli sıkma sistemini ortadan kaldıran yeni bir sistem uygulamaya başlamıştır. 1957 yılında General Electrics şirketi, yıkama sıcaklığı ve sıkma devirlerini kullanıcının kontrol edebileceği bir amaşıır makinesi üretmiştir. [1]

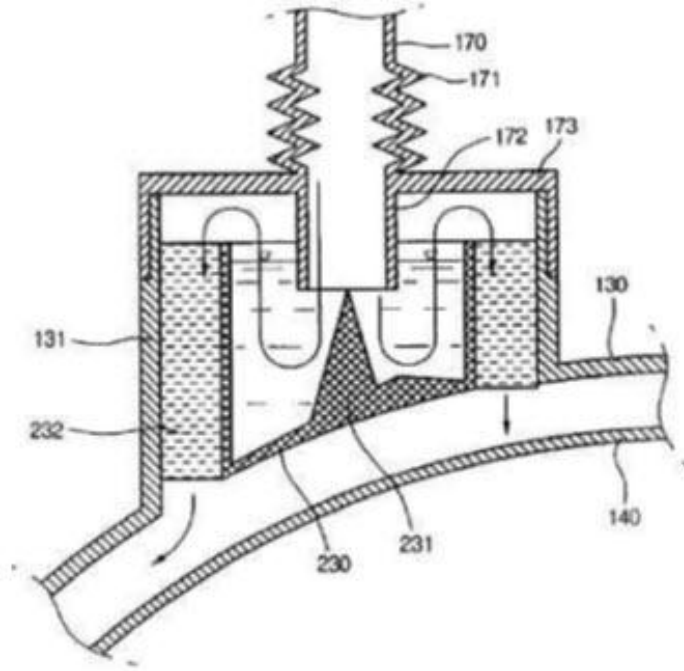
Günümüzde kullanımı yaygın olan otomatik amaşıır makineleri, amaşıır makine içine konulduktan sonra amaşıırın türüne ve kir miktarına göre program seçimi ve sıcaklık ayar gibi işlemleri makine kendisi yapan (yıkama suyu ve deterjanı kendi alır, suyu ısıtır, tambur düzeni ile amaşıır yıkar, durulayıp sıkar) makinelerdir. [3]

Bu makinelerde makine fişi prize takıldığı anda, elektrik, parazit kondansatörün üzerinden açma-kapama anahtarına gelir. Anahtara basıldığında, enerji program cihazından geçerek kapı emniyet kilidine gelir ve kapı kitlenir. Kapı kapatıldıktan sonra, enerji su seviye anahtarının kapalı kontağından geçerek, su giriş vanası bobinlerine enerji vererek suyun makineye alınması sağlanır. Su, deterjan kutusundan deterjanı süpürerek kazana dolmaya başlar. Su, su seviye anahtarının kontrolünde dolar. Program ve amaşıır miktarına bağlı olarak yeterli miktarda su alındıktan sonra su seviye anahtarının kapalı kontağı açılarak su giriş vanasının enerjisini keser ve makinenin su alması durur. Enerji, su seviye anahtarından program aygıtı üzerinden hız kontrol nitesi ve yıkama motoruna gelir. Yıkama motoru çalışır. Kayış kasnak tertibatı ile motor tamburu döndürür. amaşıırlar tambur karıştırıcıları yardımıyla hareket ettirilerek yıkanmaya başlar. Programın ana yıkama adımı sırasında ısıtıcı çalışır ve su ısınmaya başlar. Su istenen derecede ısındığında ısıtıcı durdurulur. Yıkama işlemi bittikten sonra pompa çalıştırılır. Pompa motoru kirli suyu dışarı atar. Program cihazı vanalara tekrar enerji göndererek durulama suyunun alınmasını sağlar. Program cihazı bu işlemi seçilen programın özelliğine göre tekrarlar. Program cihazı son olarak yumuşatıcı ile birlikte kazana su alır. Bu su, yumuşatıcı suyudur. amaşıır yumuşatma işlemi de bittikten sonra sıkma işlemi başlar. Tambur, motor tarafından seçilen sıkma devrinde döndürülür. Bu sırada pompa motoru çalışarak suyu dışarı atar. [3]

amaşıır makinelerinin sıkma performansını geliştirmek için yapılan çalışmalarda birtakım yöntemler denenmiş ve bir takım yeni fikirlere patent alınmıştır.

[illegible]

LG firmasına ait olan CN1978730 numaralı patentte çamaşır makinesi kazan su girişi hortumu (170) üzerinden köpüğün yükselip deterjan kutusu üzerinden tasmasının engellenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1.3). Özellikle sıkma sırasında çamaşır makinelerinde aşırı köpük oluştuğunda atılamayan ve dönen tambur çevresinde halka halini alan köpük deterjan kutusu üzerinden dışarı tasar. Bunun önlenmesi için bu patentte sifonlu bir yapı önerilmiştir. Su alınması sırasında alınan su bir cebi (230) doldurmakta ve taşan su kanal vasıtasıyla (232) kazan içine girmektedir. Köpük taşması durumunda cep (230) suyla dolu olacağı için köpük, kazan su girişi hortumundan (170) yukarıya yükselemeyecektir. [5]



Şekil 1.3 CN1978730 numaralı patentin genel görünüşü

1.2 Tezin Amacı

Tüketiciler üzerinde yapılan anketlerden, tüketicilerin etkin bir çamaşır temizleme işlemi için yıkama-kurutma-ütüleme yapan bir makine hayal ettiği bilgisi ortaya çıkmıştır. Günümüz teknolojisinde ise yıkama ve kurulum işlemi gerçekleştiren yıkayıcı-kurutucular geliştirilmiştir. Yıkayıcı-kurutucular en fazla enerjiyi kurutma işlemi sırasında harcamaktadır. Bu ürünlerin enerji seviyelerini düşürmek için yapılan çalışmalarda ilk akla gelen çözüm yıkama sonrasında çamaşır üzerinde kalan nemin minimum seviyeye getirilmesidir. Bu durum içinse etkili bir sıkma performansı önem arz etmektedir.

Bu tez kapsamında sıkma performansına büyük etkisi olan parça geometrilerine ait parametrelerin değiştirilerek etkilerinin gözlemlenmesine olanak sağlayacak bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Pleksiglas gibi şeffaf bir malzemeden yapılmış silindirik kazanın içi görülebilmekte ve yüksek sıkma hızlarında çamaşır üzerinden merkezkaç etki ile atılan suyun davranışı gözlemlenebilmektedir. Farklı yapıda kazan ve tambur ikilileri kullanılarak bu parametrelerin etkisi gözlenmek istenmiştir. Ayrıca deney düzeneği kontrol kartı üzerinde çeşitli sıkma profilleri oluşturulmuş ve bu profillerde maksimum devirde kalma süresi üzerinde değişiklikler yapılmıştır.

Bu tezde yapılan çalışma ile daha etkin sıkma performansına ulaşabilmek için deneylerden alınan veriler yorumlanarak bir çamaşır makinesinin sıkma performansını incelemek ve iyileştirmek amaçlanmıştır.

1.3 Bulgular

Çamaşır makinelerinde sıkma performansını inceleyebilmek için tasarlanan test cihazı ile yapılan testler sonucunda bir takım bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular test sonuçları ve araştırılmak istenen konuyla alakalı olduğu gibi, konu dışında da birçok konuda tecrübe kazanılmasına da katkı sağlamıştır.

Örneğin sıkma test cihazına çamaşır ekleme şekli, sıkma sırasında oluşan dengesiz yük ile doğrudan alakalıdır. Çamaşırlar sepetten bir topak halinde alınarak test cihazına yerleştirildiği takdirde sıkma sırasında dengesiz yük oluşumu gözlenmiştir. Testlerde kullanılan 70x70 cm etamin adı verilen bu tekstiller tam ortasından tutularak boylamasına tambur içine dizildiğinde dengesiz oluşum ihtimalinin oldukça azaldığı gözlenmiştir. Buna ek olarak daha küçük hacimli tambur kullanılan ve aynı ağırlıktaki yükler ile yapılan testlerde dengesizlik oluşumu, daha büyük hacimli tamburlara göre daha az oluştuğu gözlenmiştir. Bu durum çamaşır yoğunluğunun sadece sıkma performansına değil dengesizlik oluşumuna da etkisinin olduğunu öğrenilmesini sağlamıştır. Nispeten daha az yüklü tamburda daha çok dengesizlik oluşacaktır. Yani 4 kg çamaşır yüklü tambur 8 kg çamaşır yüklü tambura göre sıkma sırasında daha çok dengesiz yük oluşturmaktadır.

Test cihazının şeffaf bir kazana sahip olması sayesinde tespit edilen bir diğer bulgu ise, 1200 devir/dk hız ve daha yüksek hızlarda, çamaşır üzerinden ayrılan bir miktar su kazan içindeki hava akımının etkisiyle özellikle kazan ön ve arka bölgede bir su filmi oluşturarak kazan çeperinde sürekli olarak dönmektedir. Bu su filmi ancak sıkma sonunda motor hareketinin azalması nedeniyle bozulup buradaki su süzülerek pompa bölgesine ulaşabilmektedir.



Şekil 1.4 Kazan arka bölgesinde yüksek devirlerde oluşan su filmi

Test düzeneği, farklı amaçlardaki testler içinde kullanılmıştır. Örneğin farklı tambur deliği geometrisinin tekstil hasarı bakımından mevcut delikler ile kıyaslanabilmesi için hızlı kamera vs. gibi cihazlar ile görüntü alınmak istenmiştir. Frekansı tambur dönme hızına göre ayarlanmış bir stroboskop kullanılarak anlık görüntüler elde edilmiştir.

DENEY DÜZENİĞİNİN HAZIRLANMASI

Bu tezde yapılan çalışma ikiye ayrılabilir. Bunlardan ilki deney düzeneğinin konstrüksiyon ilkelerine bağlı olarak tasarlanması, ikincisi ise deneylerin yapılması ve sonuçların elde edilerek yorumlanmasıdır. Bu nedenle hazırlanan tez makine mühendisliği anabilim dalının Konstrüksiyon ve Akışkanlar Mekaniği konularını içermektedir.

Deney düzeneğinin tasarlanması tezin konstrüksiyon aşamasıdır. Bu nedenle deneylerin yapılacağı bu makinenin tasarlanması bir takım konstrüksiyon ilkelerine bağlı kalınarak yapılması gerekmektedir. Tez kapsamında yapılan bu deney düzeneği tasarımında mümkün olduğunca sistematik konstrüksiyon ilkelerine bağlı olarak tasarım yapılmıştır. Bu nedenle sistematik konstrüksiyonun temel adımlarını hatırlatmakta fayda vardır.

2.1 Problemin Çözümüne Yönelik Gerçekleştirilen Sistematik Çalışma

Sistematik konstrüksiyon ile tasarımın yerine getirmesi istenen fonksiyonu gerçekleştirecek olan optimum çözüm planlı adımlarla, hızlı ve doğru biçimde aranır. [5]

2.2 Sistematik Konstrüksiyon İşlem Adımlarının Deney Düzeneği Tasarımında Uygulanması

Sistematik konstrüksiyon ile problemin çözümüne yönelik yapılan tasarıma ulaşmak için izlenmesi gereken bir takım adımlar ortaya çıkmıştır. Bir problemin mantık zinciri ile çözümünün yanı sıra konstrüksiyon ödevlerinin çözüm yolunu ödevin verililişinden çözüme kadar aşağıdaki gibi sıralayabiliriz. [7]

- Ödevin analizi,
- Fonksiyonların analizi,
- Çözüm önerilerinin bulunması,
- Çözüm önerilerinin değerlendirilmesi ve seçimi,
- Üretim için gerekli belgelerin hazırlanması,
- İşin bitimi için yapılacak son işler.

2.2.1 Ödevin Analizi

Bu aşamada problemin ne olduğunun saptanması gerekmektedir. Özet kısmında belirtildiği gibi problem, çamaşır makinelerinde yüksek sıkma devirlerinde tambur içindeki çamaşırlardan merkezkaç etki ile ayrılan su damlacıklarının kazan içindeki davranışının tam olarak bilinmemesi, kazan-tambur arası arka ve yan mesafelerinin ve tambur delikleri diziliş ve sayısının bu akışa ne denli etki ettiğinin gözlemlenememesidir. Ödev ise bu problemi ortadan kaldıracak istenilen bir takım fonksiyonları içeren bir deney düzeneği tasarlamaktır.

2.2.2 Fonksiyonların Analizi

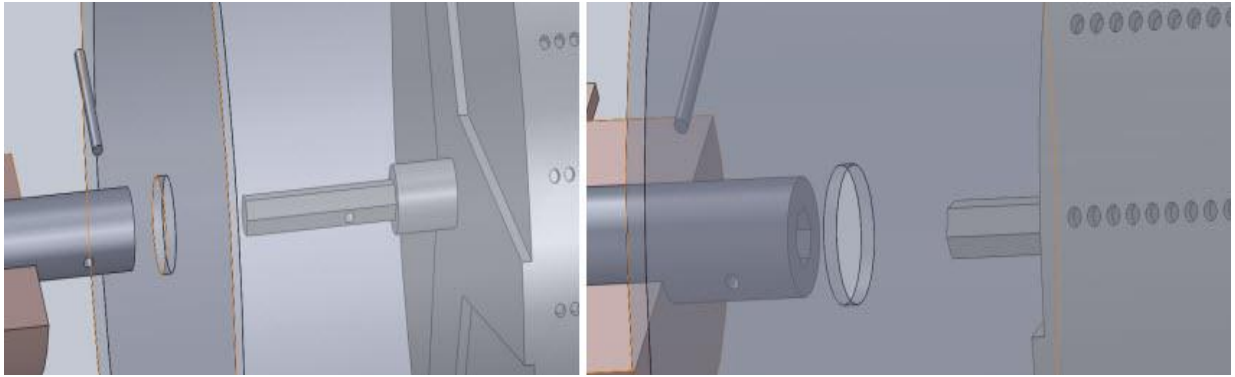
Tasarımı yapılacak olan hidrodinamik deney düzeneğinden yerine getirilmesi istenen ilk fonksiyon şeffaf bir kazana sahip olmasıdır. Ayrıca kazan arkası ile tambur arkası arasında kalan mesafenin operatör tarafından değiştirilebilir olması gerekmektedir. Yine kazan ile tambur yan mesafesinin değişiminin gözlemlenebilmesi için farklı çapta bir kazanın yapıya monte edilebilmesine olanak sağlayabilecek bir yapıda olması beklenmektedir.

Çamaşır makinesi içindeki su akışını gözlemleyebilmek için yapılan bu düzenekte, su akışını yüksek bir doğrulukta gözlemleyebilmek için yapının mümkün olduğunca bir çamaşır makinesine benzetilmesi, hatta çamaşır makinesi içinde bulunan bazı parçaların tamamen ya da kısmi olarak deney düzeneğinde de kullanılması istenmektedir.

2.2.3 Çözüm Önerilerinin Bulunması

Deney düzeneğinden beklenen birincil fonksiyon kazanın şeffaf bir yapıda olup, su hareketlerinin gözle görülebilmesine izin vermesi idi. Bu beklenti kazanın pleksiglas malzemeden yapılması önerisini akla getirmiştir. Pleksiglas cam gibi şeffaf bir malzemedir ve ağırlık olarak camdan daha hafiftir. Ayrıca üretilirken istenen formun verilebilmesi, kolay temin edilebilir olması ve maliyeti açısından sistemin çalışma koşulları da göz önünde bulundurularak kazan malzemesi olarak seçilmiştir.

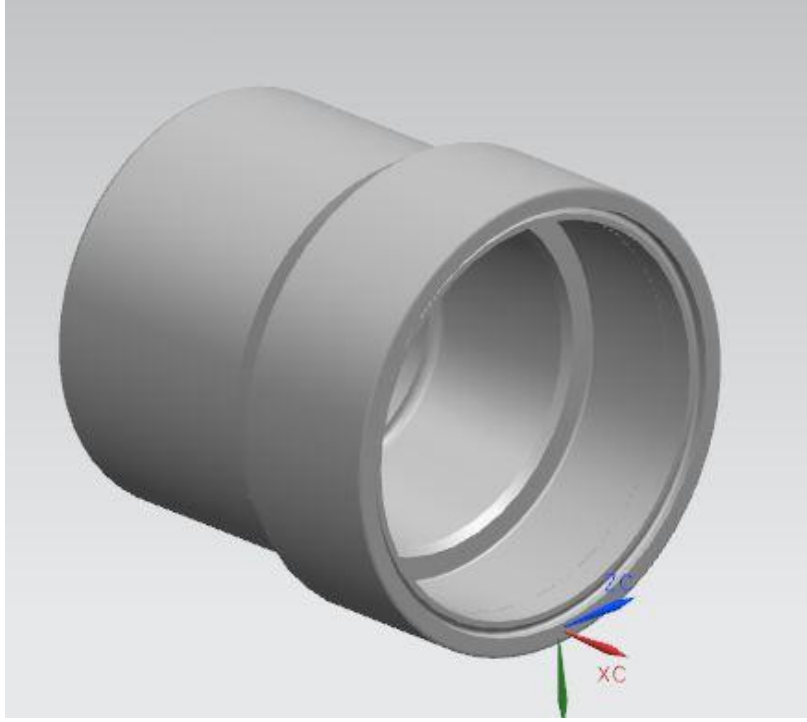
Kazan-tambur arka mesafesinin değişimi için ilk akla gelen fikir birbiri içine geçen iki profilli mil kullanmak olmuştur. Mesafe istenilen konuma geldiğinde bir pim vasıtası ile kilitlenerek kullanılmak istenmiştir. Şekil 2.1’de bu duruma ait bir resim görülmektedir.



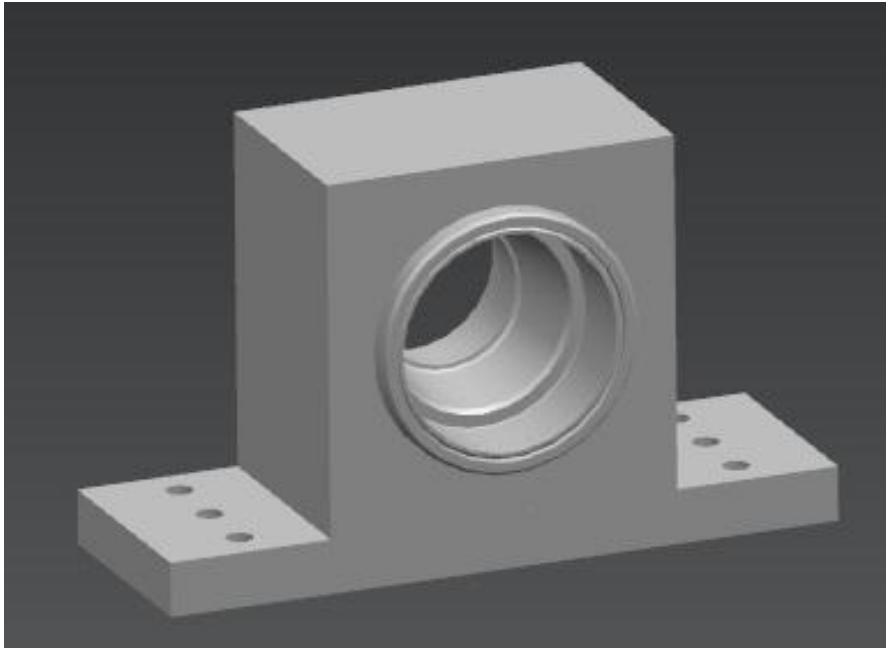
Şekil 2.1 Çift mil kullanılması fikri

Ancak test makinesi çalışma şartları incelendiğinde dakikada 1600 devir ile dönecek bir sistem için iki mil ile çalışma fikri kabul görmemiştir.

Elenen bu fikir yerine rulman yuvasının gövde üzerinde hareket edebilen bir yapı olması fikri gündeme gelmiştir. Ancak çamaşır makinelerinde rulman yuvaları silindirik yapıdadır ve kazan plastik enjeksiyonu yapılırken kazan plastiği rulman yuvası üzerindeki boşluklara dolarak yapıyı güçlendirir. Deney düzeneğinde pleksiglas kazana bu işlem uygulanması mümkün olmadığından ayrı bir parça olarak gövde şekli prizmatik bir yapıda olması uygun görülmüştür.



Şekil 2.2 Çamaşır makinelerinde kullanılan rulman yuvası katı modeli



Şekil 2.3 Montaja uygun rulman yuvası revizyonu

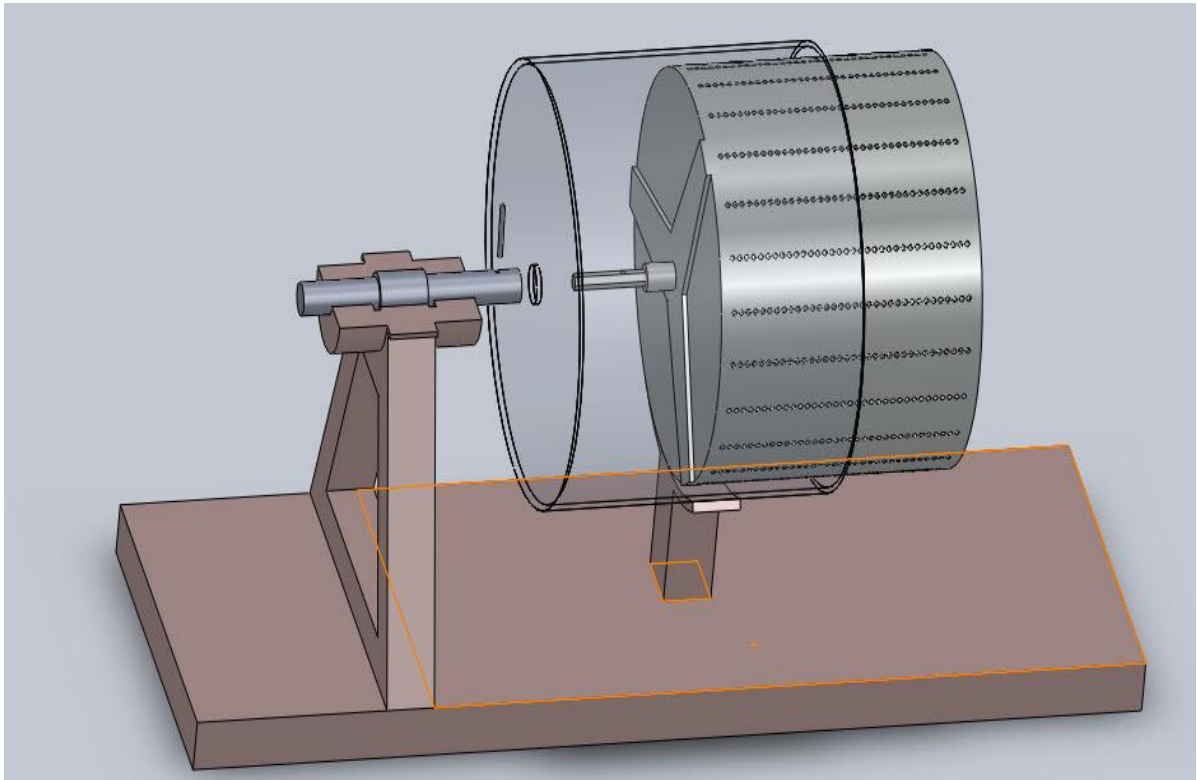
Şekil 2.2’ de görülen rulman yuvasının ana gövde üzerinde hareketinin ve merkezlemesinin kontrol edilebilmesi için şekil 2.3’te ki şekle dönüştürülerek bir “ T ” kanal üzerinde hareket etmesi uygun görülmüştür.

Kazan-tambur yan mesafesinin (çevre) değışimi ise daha büyük çapta bükülmüş bir kazan kullanılmasını gerektirmiştir. Kazanın sabitlenmesi gövde üzerinde önde ve arkada bulunan iki parçayla yapılması ve bu parçalar üzerinde pleksiglas kazanın et kalınlığı kadar halka şeklindeki bir kanal ile sağlanması planlanmıştır.

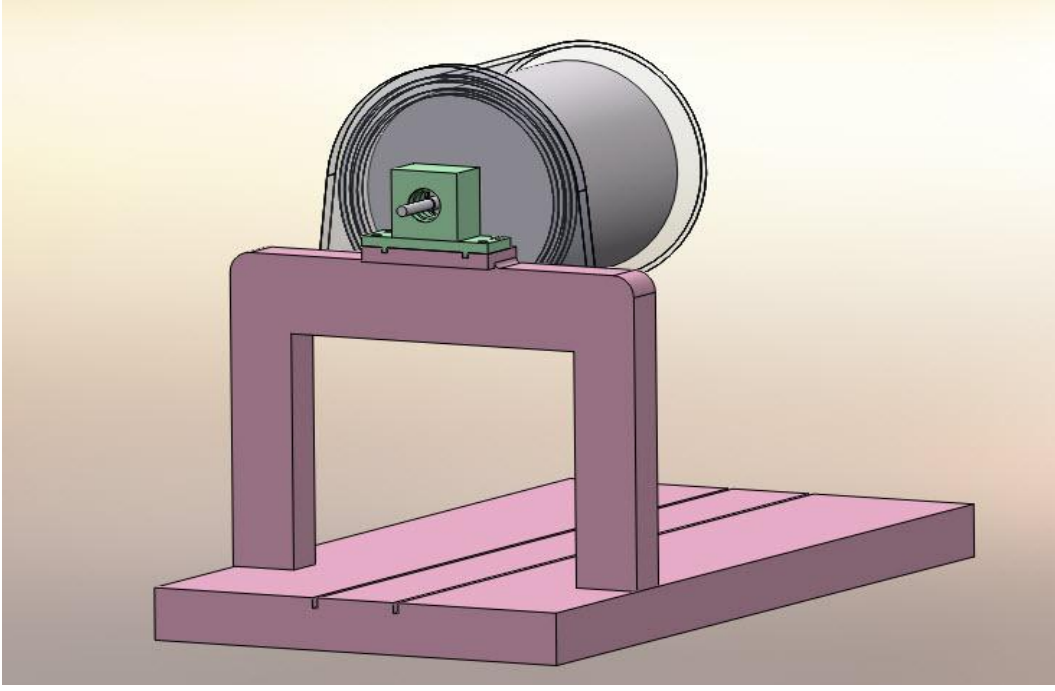
Çamaşır makinelerinde motor, kazan üzerinde motor için oluşturulmuş formlara oturtulup sabitlenmektedir. Yine pleksiglas kazan üzerinde bu formları oluşturmak mümkün olmadığı için motorun da rulman yuvası gibi ana gövde üzerine sabitlenmesi uygun görülmüştür.

2.2.4 Çözüm Önerilerinin Değerlendirilmesi Ve Seçimi

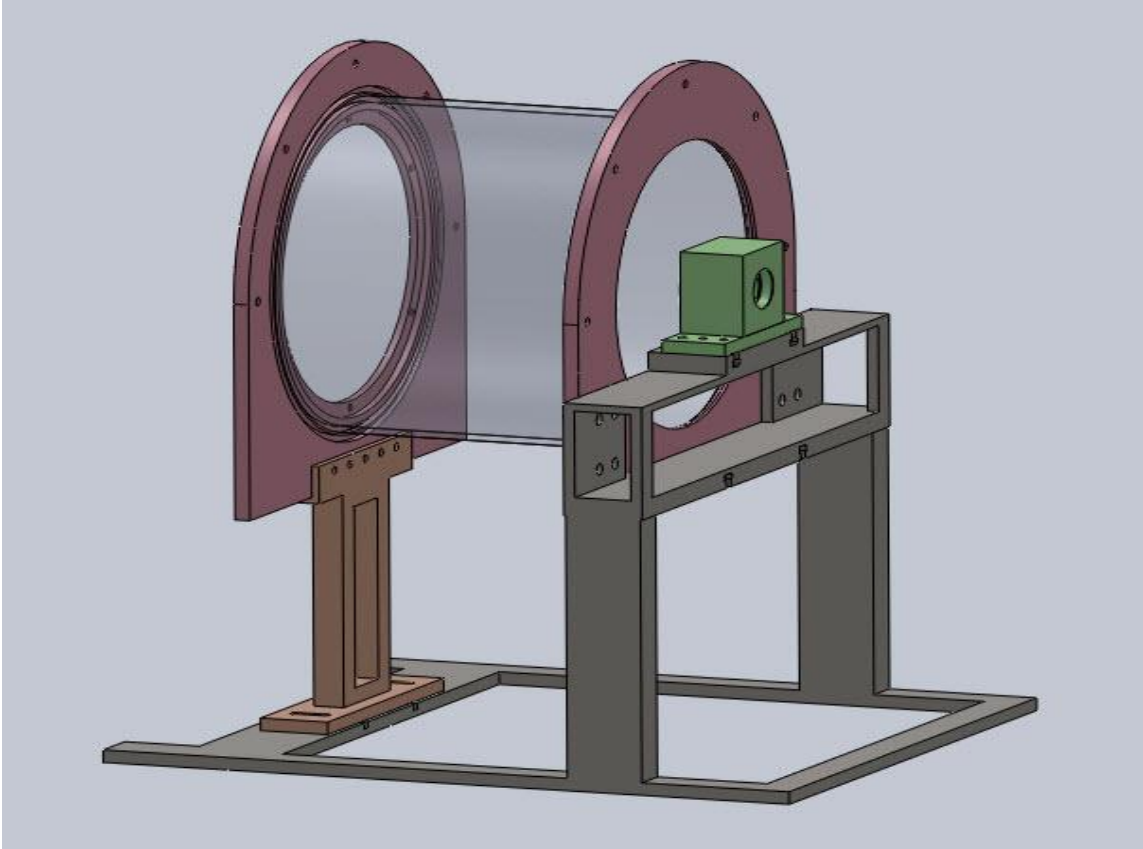
Hidrodinamik deney düzeneğı tasarımı için düşünülen çözümler değerlendirilmiş, zamanla daha uygun olduğı düşünülen tasarımlar eskisinin yerini almış ve sistem nihai şeklini almıştır. Yukarıda değinilen fikirlerin montajlanmış hali şekil 2.4 ve şekil 2.5’te görülmektedir.



Şekil 2.4 Profilli çift mil kullanma fikri montaj katı modeli



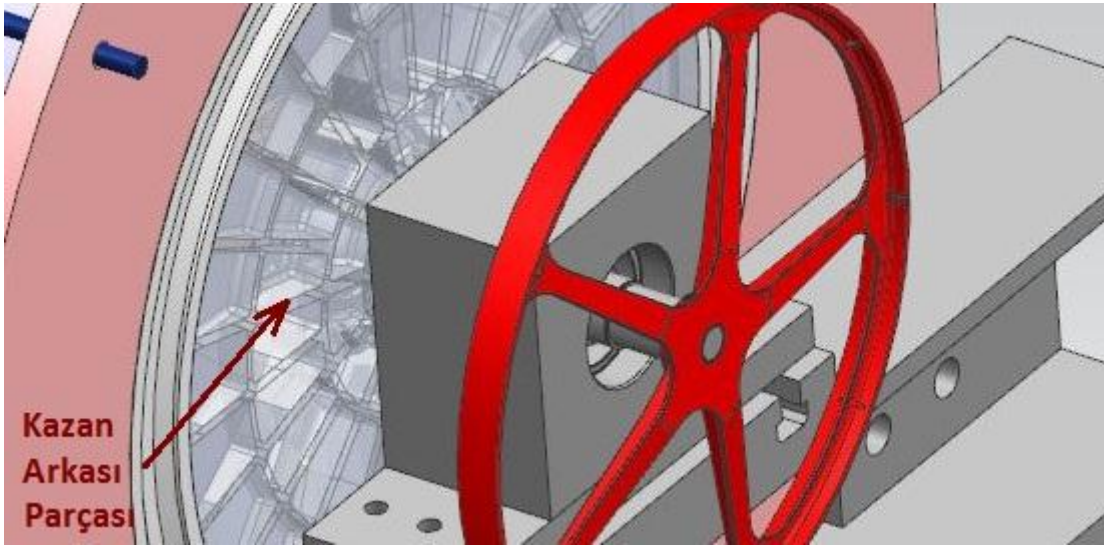
Şekil 2.5 Hareketli rulman yuvası fikri montaj katı modeli



Şekil 2.6 Alüminyum kazan arka ve ön tutucu fikri montaj katı modeli

Gövde üzerine cıvatalar ile sabitlenen şekil 2.6' da görülen kazan taşıyıcı parçalar için çok yüksek gerilmelere maruz kalmayacağı öngörülerek 7075 serisi Alüminyum parçalar kullanılmıştır. Alüminyum kullanılmasıdaki başlıca neden ise; paslanmaz olmasının yanında çeliklere göre oldukça hafif olmasıdır. Ayrıca Şekil 6'nın Şekil 5'e göre önemli farklarından birisi ana gövde geometrisinden geometrik şekli genel olarak aynı olmasına rağmen ağırlığı büyük ölçüde azaltılmıştır. Burada oldukça ağır ve güçlü çelik bloklar yerine 100*50*10 mm ölçülerde kutu profiller kullanılması daha uygun görülmüştür.

Çamaşır makinelerinde kazan arkası ile tambur arkası arasında kalan bölgede yüksek sıkma devirlerinde değişik basınç bölgeleri oluşmaktadır. Kazan arkasında parça mukavemetini artırmak için kullanılan yapı akış profiline de etki etmektedir. Bu nedenle bu parçanın sisteme eklenmesi gerekmiştir. Ancak parçanın ağır olması nedeniyle büyük bir bölümü tornada işlenerek ince bir hale getirildikten sonra açık kalan arka tarafı pleksiglas bir levha ile kapatılarak buradan da kazan içinin gözle görülebilmesi sağlanmıştır.

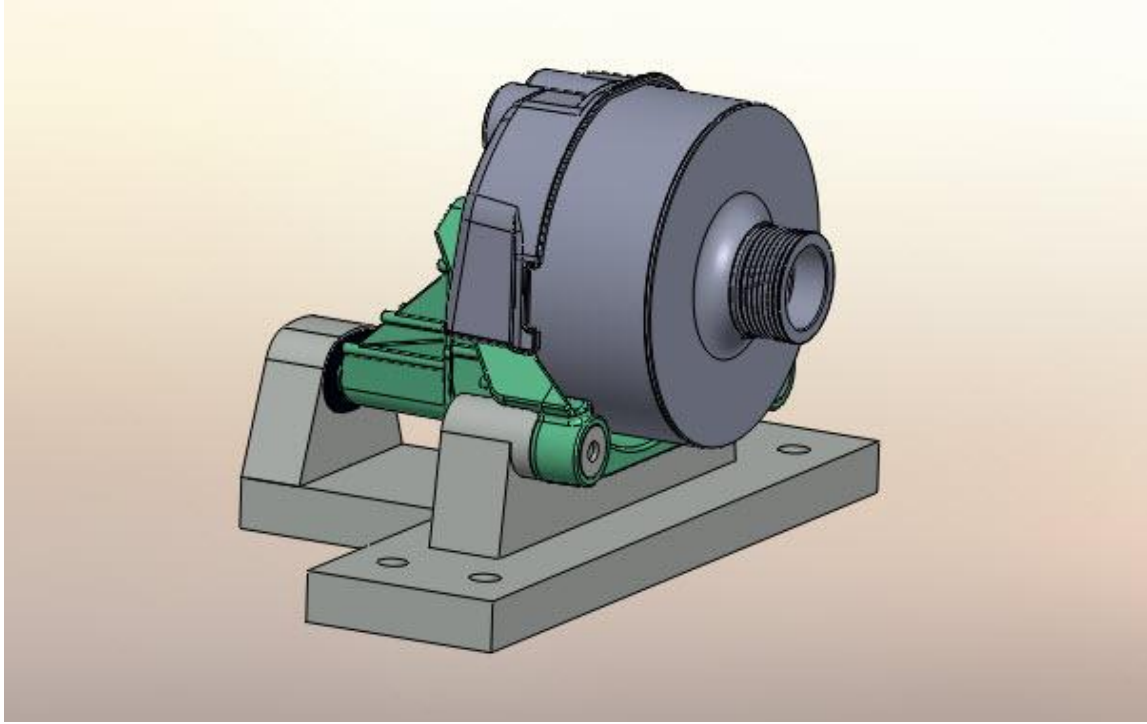


Şekil 2.7 Kazan arkası parçasının montajı

Şekil 2.7'de tornada inceltilerek oluşturulan bu parçanın montajı görülmektedir. Parça önünde bulunan keçe ile mil üzerinde durmaktadır. Yüksek devirlerde dengesiz yükler sonucu tambur ve milde oluşacak titreşimlerin pleksiglas kazana iletilmesini önlemek ve bu parçanın alüminyum tutuculara bağlanması için arada körük kullanılmıştır.

Çamaşır makinelerinde motor kazan üzerinde oluşturulmuş olan profillere geçirilerek sabitlenmektedir. Deney düzeneğinde motorun ana gövde üzerine bağlanması daha uygun

görülmüştür. Kazan üzerindeki profillin boyutları ölçülerek yeni bir bağlantı parçası üretilmesi gerekmiştir. Ayrıca rulman yuvasının hareketli olması motora bağlı kasnağın, tambur miline bağlı kasnak ile aynı düzlemde olması zorunluluğu motor bağlantı parçasının da gövdeye “T” kanal ile bağlanmasını gerektirmiştir. Şekil 2.8’de motor montajı için gereken parça görülmektedir.



Şekil 2.8 Motorun ana gövdeye montajlanması için tasarlanan parça

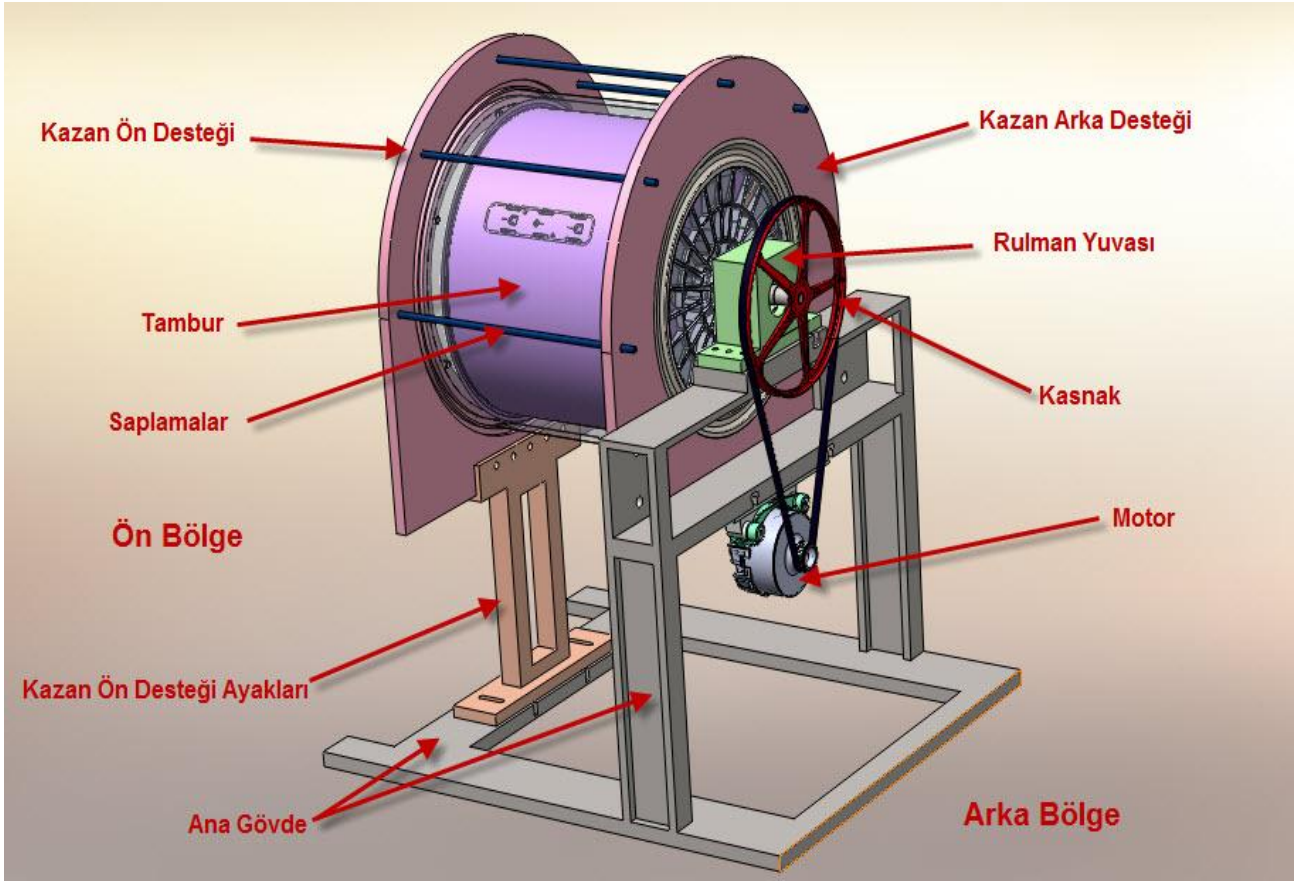
2.2.5 Üretim İçin Gerekli Belgelerin Hazırlanması

Deney düzeneğinin tasarlanması sürecinde daha uygun olabileceği düşünülen fikirler çeşitli katı model hazırlama programlarının yardımı ile oluşturularak görsel hale getirilmiştir. Böylece geometrik açıdan montaj sırasında karşılaşılabilecek problemlerin önceden tespit edilerek önlenmesi sağlanmıştır. Deney düzeneğinde kullanılan parçaların tasarımları yapılırken Uni Graphics NX 5, SolidWorks 2010 ve Autocad 2010 programlarından faydalanılmıştır.

Sistem için gerekli parçalar ayrı ayrı oluşturularak daha sonra montaj ortamına aktarılmıştır. Detaylar incelendikten sonra parçaların teknik resimleri hazırlanmıştır. Şekil 2.9’da motor tutucu (sabitleyici) parçanın ölçüleri örnek olarak gösterilmiştir. Ayrıca tasarlanan bazı parçaların teknik resimleri tezin Ek kısmında sunulmuştur.

2.2.6 İşin Bitimi İçin Yapılacak Son İşler

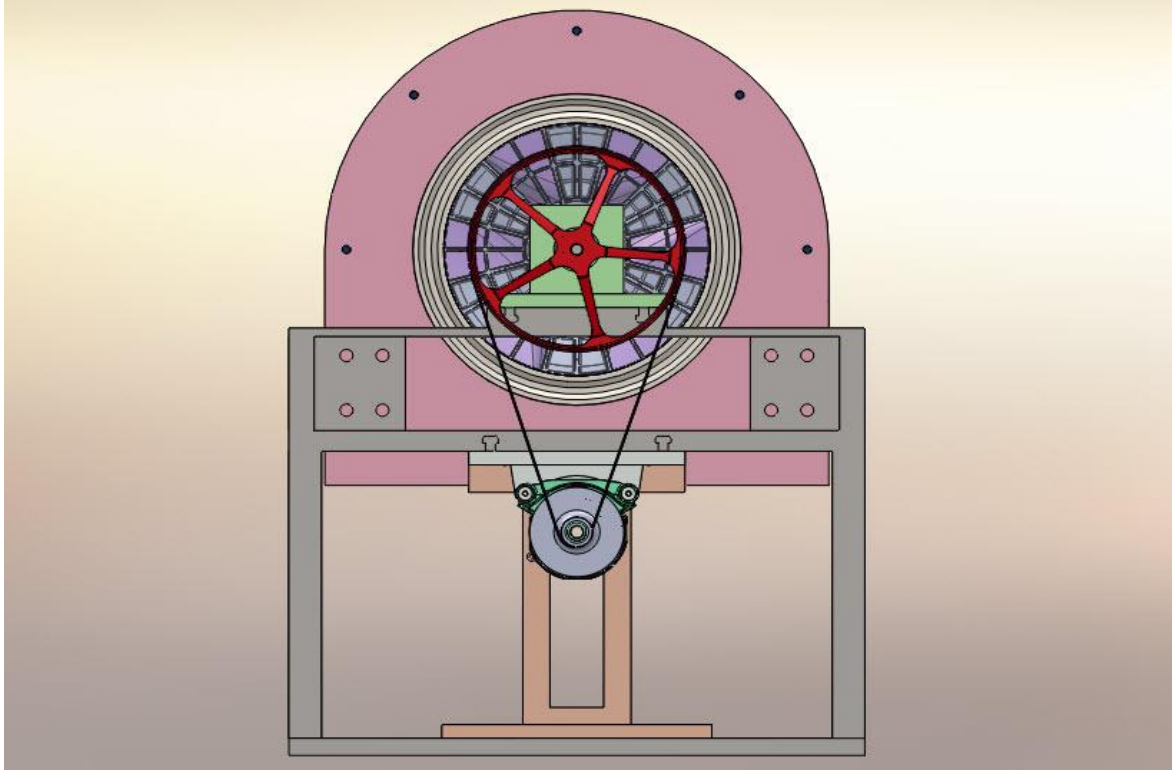
Deney düzeneğinin zamanla değişen parçaları ve montajının nihai hali şekil 2.10'da görülmektedir.



Şekil 2.10 Deney düzeneğinin genel montaj hali

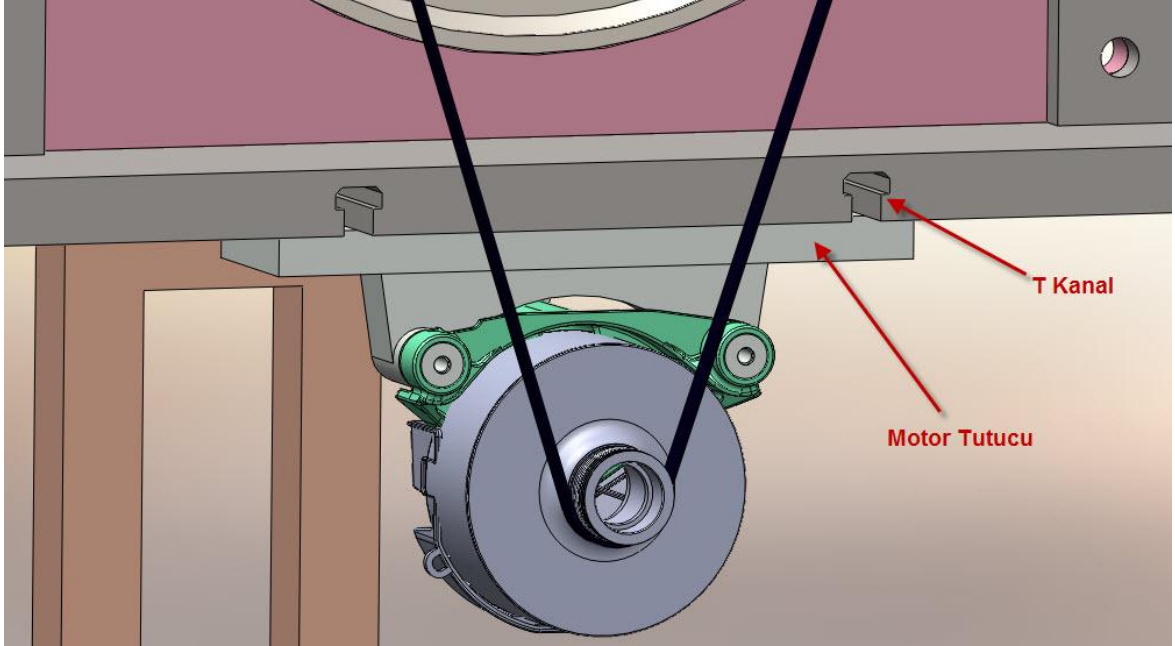
Şekil 2.10'dan da görüleceği üzere bütün sistem imalat çeliğinden yapılan bir gövde üzerinde taşınmaktadır. Kazan arka desteği gövde üzerinde civatalarla sabitlenmiştir. Kazan ön desteği de kazan arka desteğinin aksinel olarak tam karşısında yerini alarak onu taşıyan bir parça ile yine gövdeye bağlanmıştır. 10 mm'lik et kalınlığına sahip pleksiglas kazan, kazan ön ve arka destek parçası üzerinde bulunan 10 mm derinliği olan dairesel yarıklara oturmaktadır.

Sistem suyla çalıştığından sızdırmazlığı sağlamak için bu yarıklar içine o-ring yuvaları açılmıştır. Su sızmasını önlemek için karşılıklı iki parça, saplamalar sayesinde birbirlerine doğru çektilirerek kazanın o-ringlere baskı yapması sonucu sızdırmazlık sağlanmıştır.

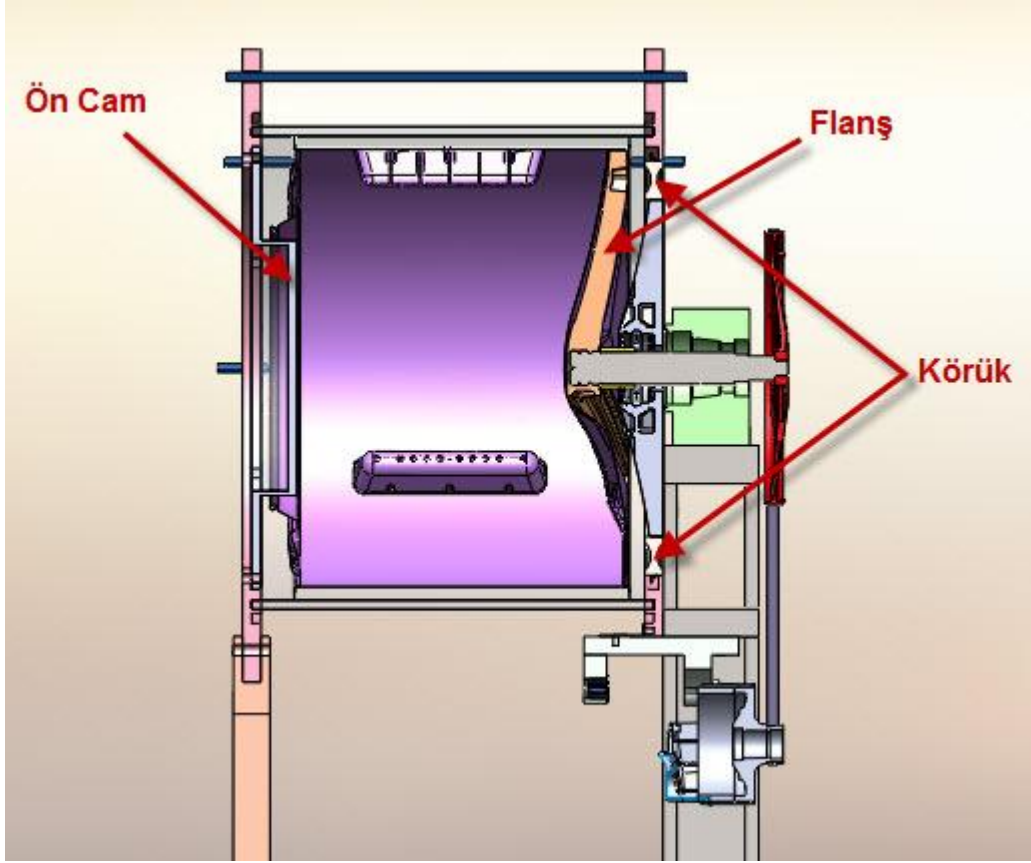


Şekil 2.11 Hidrodinamik deney düzeneği (arka görünüş)

Rulman yuvası ve motor şekil 2.11’de görüldüğü gibi ana gövde tarafından taşınmaktadır. Yukarıda da anlatıldığı gibi kazan-tambur arka mesafesi değiştirmek için bu iki parça aynı miktarda ötelenerek istenilen mesafeye ulaşıldığında cıvataları sıkılarak sabitlenmektedir.



Şekil 2.12 Motorun gövde üzerinde sabitlenmesi

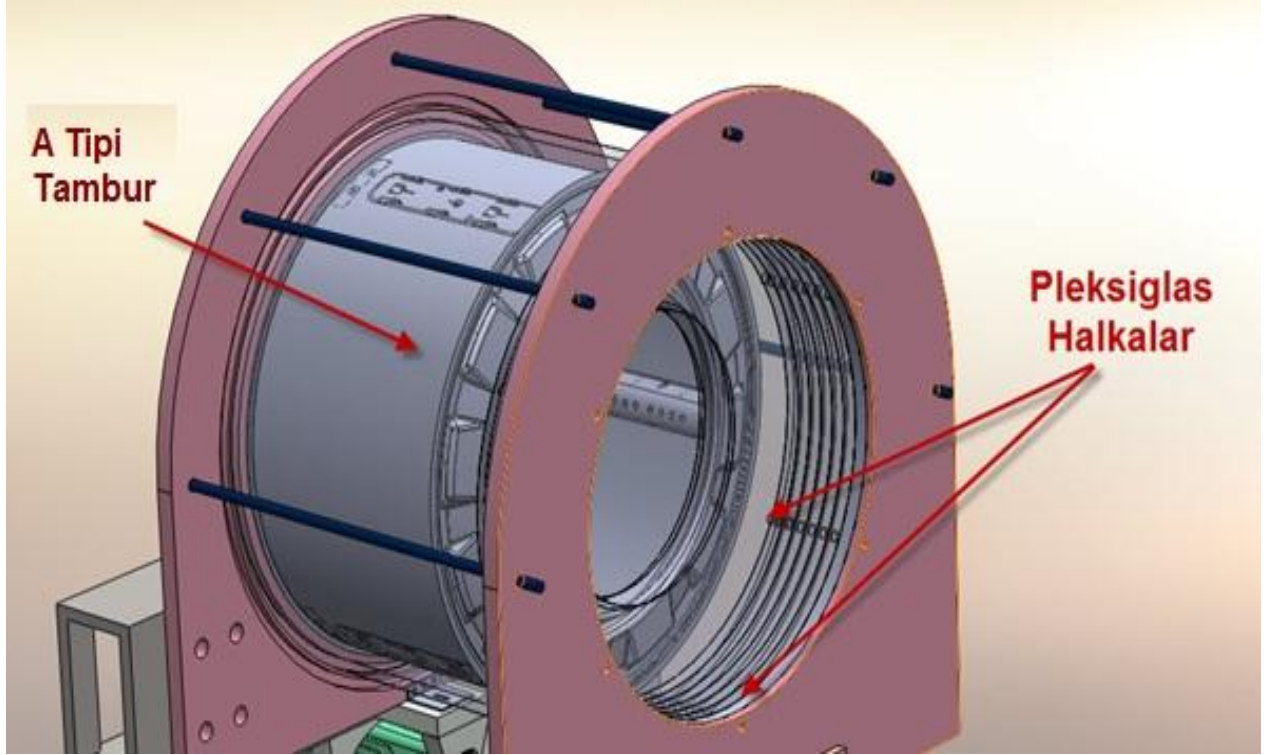


Şekil 2.13 Hidrodinamik deney düzeneği kesit görünümü

Şekil 2.13’de deney düzeneğinin kesit görüntüsü görülmektedir. Deney düzeneği 5 farklı tambur tipinin montajına uygun şekilde tasarlanmıştır. İlerleyen konularda bahsi geçecek tamburlar A, B1, B2, C1, C2 olarak isimlendirilmiştir. A ve B tip tamburların çapında bir değişiklik yoktur, sadece tambur derinliğine göre sınıflandırılmıştır. Ancak C tipi tambur gerek tambur deseniyle gerekse çap farkı ile A ve B tipi tamburlara göre farklılık göstermektedir. Tambur boyları hacmin değişmesi ile yıkanacak çamaşır miktarına etki eder. B tipi tamburlar en çok yıkama kapasitesine sahip olan tamburlardır. Bütün tamburlar ile deney yapabilmek için bu düzenekte kazan boyu B tipi tambura göre tasarlanmıştır. Bu yüzden sistemin sağlıklı çalışabilmesi için 1600 devir/dk hızda maksimum yıkama kapasiteli çamaşır makinelerinin bazı tahrik grubu parçaları (motor, kayış, kasnak vb.) değiştirilmeden sisteme dahil edilmiştir.

Çamaşır makinelerinde ön kapak camı kapatıldığında bir miktar cam tamburun içine doğru girmektedir. Buradaki amaç dönme sırasında buraya çamaşırların girip, tambur ile kapı arasına sıkışmasını önlemektir. Benzer yaklaşım deney düzeneğine de yansıtılmıştır. Şekil 2.13’de ön camın bir kısmının tamburun içine yaklaştığı görülmektedir. Ancak daha küçük

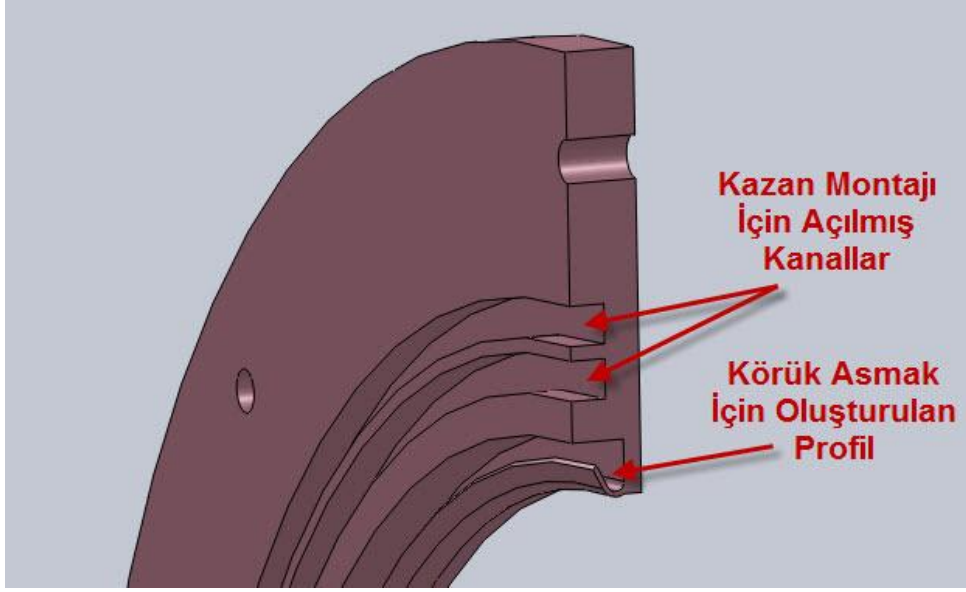
tamburlar kullanıldığında bu cam tamburun çok uzağında kalması sorunu ile karşılaşılmıştır. Bu sorunda şekil 2.14'te görüldüğü gibi 15mm kalınlığında pleksiglas halkalar kullanılarak giderilmiştir. İstenen derinlik bu halkaların yan yana dizilerek oluşturduğu derinlik ile sağlanmıştır. Pleksiglas halkalar saplama ile birleştirilmiş ve gerekli sızdırmazlık önlemleri alınmıştır.



Şekil 2.14 Pleksiglas halkalar ile derinlik artırılarak ön camın tambura yaklaştırılması

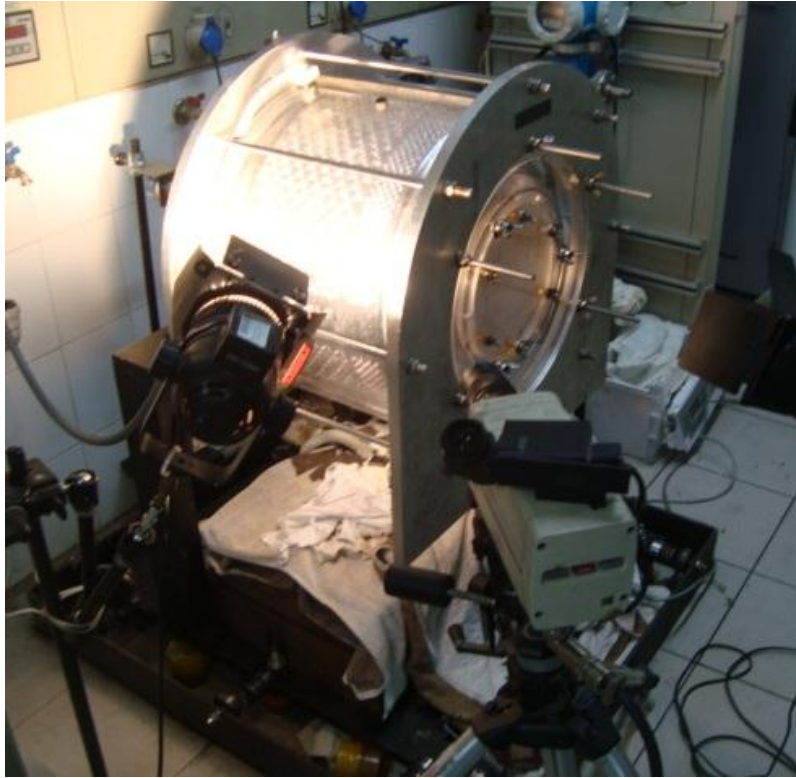
Şekil 2.15'te kazan arka desteğinin kesiti görülmektedir. Burada değişik çapta iki farklı kanal vardır. Pleksiglas kazan bu yarıklara karşılık gelen çapa ve et kalınlığına sahiptir. Kazan bu yarıklara oturtularak sabitlenir. Sızdırmazlık sağlanması için de bu bu yarıklar içinde bulunan o-ringlere baskı yapması için saplamalar ile çektilir.

Kazan arka parçasının kazan arka desteğine bağlanması için körük kullanılmıştır. Bu körüğün alüminyum parçaya montajlanabilmesi için körüğe uygun profilin ölçüleri mevcut kazandan alınarak bu parçada kullanılmak istenmiştir. Körük buraya asıldıktan sonra yay ile sıkıştırılarak sağlamlaştırılmıştır.



Şekil 2.15 Kazan arka desteği kesit görüntüsü

Tasarlanan parçaların teknik resimleri hazırlanarak ilgili firmalara gönderilmiştir. Daha sonra kazan üzerinde su girişi ve tahliye delikleri açılarak deney düzeneği nihai halini almıştır. Ayrıca çalışma sırasında güvenliğin sağlanması için deney düzeneğini içine alacak büyüklükte bir tel kafes yaptırılmıştır.



Şekil 2.16 Deney düzeneğinde yapılan testler sırasında alınan bir görüntü

KRİTİK PARÇALAR İÇİN YAPILAN MÜHENDİSLİK HESAPLARI

Bu bölümde tasarlanan deney düzeneğinde kullanılan bazı kritik parçaların seçimi ya da boyutlandırılması için gerekli hesaplar üzerinde durulacaktır. Tamburun yüksek hızlarda dönmesi sonucu özellikle dengesiz yük oluşumu durumunda mil emniyeti büyük önem taşımaktadır. Milin dayanımının düşük olması sıkma sırasında maruz kalınan yükler sonucu milin salgı yapmasına neden olur. Mil üzerindeki deplasman çok büyük olmasa da mile bağlı tamburun uç kısmında oluşan deplasman miktarına dikkat edilmedi. Aksi durumda tamburun pleksiglas kazana çarpması ve deneyleri gerçekleştiren operatör sağlığı açısından ciddi problemlere yol açması kaçınılmazdır. Gövde ve mil için yapılan analizler sonlu elemanlar metodu ile bilgisayar destekli paket programı olan Ansys Workbench 14.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

Yüksek devirlerde dönerek, dengesiz yükleme koşullarında çalışması istenen bir mil için yataklama son derece önemlidir. Bu yüzden sistemin çalışma performansını etkileyecek bir diğer durum ise rulmanların seçimidir. Burada klasik rulman seçme metotları kullanılarak rulman katalogları sayesinde uygun rulmanların seçimi anlatılmıştır.

3.1 Rulmanların Seçimi

Çamaşır makinelerinde rulman yuvası içinde, tambur tarafına daha yakın olan rulman daha çok yük taşıyacağı için daha büyük çapta olmaktadır. Kasnak tarafında bulunan rulman ise nispeten daha az yük taşıyacağı için daha küçük çapta seçilir.

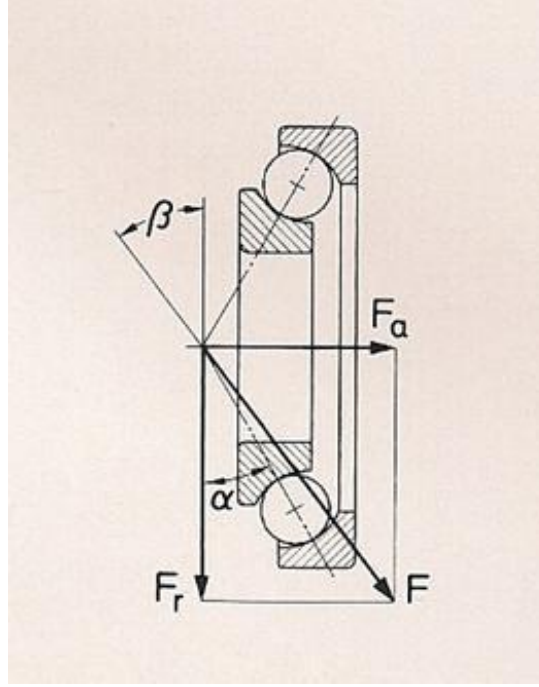
3.1.1 Eş Değer Dinamik Yük (P)

Radyal ve eksenel yükler in oluşturduğu bileşke kuvvet rulman ömrünü belirleyen ana etkindir. Bileşke kuvvete rulman literatüründe “Eş değer dinamik yük (P)” denilmektedir.

$$P = F_r \cdot \cos \beta + F_a \cdot \sin \beta \quad (3.1)$$

F_r : Radyal kuvvet

F_a : Eksenel kuvvet



Şekil 3.1 Rulman üzerine etkiyen radyal, eksenel ve bileşke kuvvet

$\sin \beta$ ve $\cos \beta$ değerleri rulmanın tipine ve büyüklüğüne göre değişir ve bunlar rulman kataloğunda X ve Y katsayıları olarak verilir. Böylece;

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \text{ olur.}$$

Önden yüklemeli çamaşır makinelerinde rulmanlara etkiyen radyal yük eksenel yüke göre çok daha büyük olduğu için eksenel yük hesaplarda ihmal edilebilir. Rulman seçimlerinde rulman dayanımını etkileyen en önemli parametre olan dinamik eşdeğer yük hesaplanırken $P = F_r$ alınabilir.

Önden yüklemeli çamaşır makinelerinin rulman seçimleri yapılırken, makinenin yük kapasitesi ve sıkma devri ön planda tutulur. Deney düzeneği tasarlanırken seçilen rulmanlar; tambur içinde 0,55 kg dengesiz yük olduğu durumda 1600 devir/dk ile dönen “B tipi tambur” düşünülerek yapılmıştır.

Çamaşır makinelerinde sıkma sırasında çeşitli sıkma profilleri kullanılır. Tambur en yüksek hıza değişken ivmeler ile ulaşır. Deney düzeneğinde kullanılan özel profilde tambur, önce 300 devir/dk hıza ulaşır. Bir sonraki adımda hızlanarak 600 devir/dk hıza yükselir. 600 devir/dk hıza ulaşan tambur, sabit ivmeyle maksimum dönme hızı olan 1600 devir/dk hıza yükselir. Maksimum devirde yeterli bekleme süresini tamamlandıktan sonra tambur durur.

Değişken yük ve devir durumu, rulman seçimlerinde dikkate alınması gereken bir durumdur. Bu nedenle değişken yük ve devir hızı ile çalışan sistemler için farklı bir rulman seçim metodu geliştirilmiştir.

3.1.2 Değişken Yük ve Devir Hızı

Dinamik yüklenen rulmanlarda yük ve devir hızı zaman içinde sabit kalmıyorsa, hesaplamada eşdeğer yük dikkate alınmalıdır. Belirli bir etkiye süresi $q[\%]$ 'ye sahip bir dizi sabit kuvvetler ve devir hızları grafik üzerinde bir eğri verecek şekilde birleştirilir. Bu durumda dinamik eşdeğer yük P şu denklem 3.2' ile ifade edilir.

$$P = \sqrt[3]{P_1^3 \cdot \frac{n_1}{n_m} \cdot \frac{q_1}{100} + P_2^3 \cdot \frac{n_2}{n_m} \cdot \frac{q_2}{100} + \dots} \quad [kN] \quad (3.2)$$

Burada;

P_1 : 300 devir/dk hızda oluşan dinamik eşdeğer yük,

n_1 : 300 devir/dk,

q_1 : 10 sn,

P_2 : 600 devir/dk hızda oluşan dinamik eşdeğer yük,

n_2 : 600 devir/dk,

q_2 : 60 sn,

P_3 : 1600 devir/dk hızda oluşan dinamik eşdeğer yük,

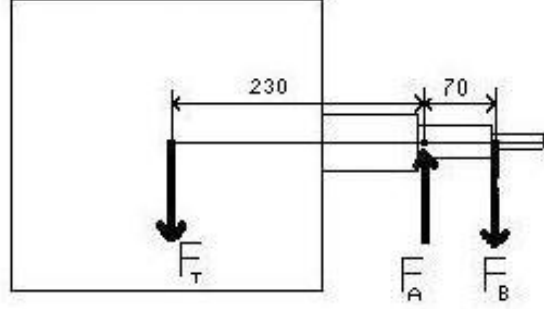
n_3 : 1600 devir/dk,

q_3 : 340 sn,

n_m ise ortalama devir olarak tanımlanır.

$$n_m = \frac{n_1 \cdot q_1}{100} + \frac{n_2 \cdot q_2}{100} + \frac{n_3 \cdot q_3}{100} \quad (3.3)$$

Deney düzeneğinde yapılan tasarıma göre büyük rulman (A rulmanı olarak isimlendirildi) iç çap ölçüsü 35 mm, dış çap ölçüsü 80 mm'dir. Küçük rulman (B rulmanı olarak isimlendirildi) iç çap ölçüsü 30 mm, dış çap ölçüsü 62 mm'dir.



Şekil 3.2 Serbest cisim diyagramı

$$F_T = F_Z + F_t + F_{\zeta} \quad (3.4)$$

$$F_{\zeta} = 5,5 \text{ N}$$

$$F_t = 55 \text{ N}$$

$$F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (3.5)$$

Yukarıdaki denklemlerde;

F_{ζ} : Dengesiz yük ağırlık kuvveti,

F_t : Tambur ağırlık kuvveti,

F_Z : Dengesiz yük sonucu oluşan merkezkaç kuvvet,

F_T : Oluşan toplam kuvvettir.

Çizelge 3.1 A ve B rulmanları üzerine etkiyen radyal kuvvetler

A ve B Rulmanları Üzerine Etkiyen Toplam Radyal Kuvvetler				
Sıkma Devri	n (d/dk)	300	600	1600
Tambur Yarıçapı	r (m)	0,235	0,235	0,235
Açısal Hız	w (rad/s)	31,42	62,83	167,55
Dengesiz Yük Kütlesi	m (kg)	0,55	0,55	0,55
Dengesiz Yük Ağırlık Kuvveti	F_g (N)	5,5	5,5	5,5
Tambur Ağırlık Kuvveti	F_t (N)	55	55	55
Merkezkaç Kuvvet	F_z (N)	130,28	521,12	3705,71
Toplam Kuvvet	F_T (N)	190,78	581,62	3766,21
Büyük Rulman Radyal Yüğü	F_r (N)	817,62	2492,64	16140,89
Küçük Rulman Radyal Yüğü	F_r (N)	626,84	1911,02	12374,68

Çizelge 3.1’de hesaplanan radyal yükler (F_r) şekil 3.2’deki F_A ve F_B ’dir. Sistemde eksenel kuvvetin ihmal edilmesi sonucu dinamik eşdeğer yükün radyal kuvvete eşit olduğu ($P=F_r$) daha önceki bölümlerde anlatılmıştı. Tablodaki sonuçlara göre;

Büyük rulman için $P_1=817,62$ N, $P_2=2492,64$ N, $P_3=16140,89$ N ,

Küçük rulman için $P_1=626,84$ N, $P_2=1911,02$ N, $P_3=12374,68$ N olarak hesaplanmıştır.

Denklem 3.2 kullanıldığında $P_A= 15773,92$ N , $P_B=12093,34$ N olarak hesaplanır.

Rulman katalogları incelendikten sonra belirtilmiş çaplarda iki tip rulman seçilmiştir. Büyük rulman olarak seçilen “A Tipi” rulmanı için dinamik yük sayısı $C_r=33500$ N, küçük rulman olarak seçilen “B Tipi” rulmanı için dinamik yük sayısı $C_r=19300$ N’dur.

Deney düzeneğinde yapılan testlerde maksimum çalışma süresi 410 sn’dir. 250 test yapılması durumunda test cihazının toplam çalışma süresi $410 \times 250 = 102500$ sn, saat cinsinden ifade edilirse 28,5 saattir. Belirlenen eş değer dinamik yük (P) rulmanın ömrünün hesaplanmasında kullanılan ana parametredir.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (3.6)$$

L_{10} : Milyon devir cinsinden rulman ömrü,

C : Newton cinsinden dinamik yük sayısı,

P : Newton cinsinden dinamik eşdeğer yük,

p: Bu değer bilyalı rulmanlar için her zaman 3’tür.

Denklem 3.6 kullanıldığında büyük rulman için $L_{10} = 9,58$ milyon devir, küçük rulman için ise $L_{10} = 4,07$ milyon devir olarak hesaplanır. Rulman ömürleri saat cinsinden ifade edilirse büyük rulman için $L_h = 112$ saat, küçük rulman için ise $L_h = 48$ saat olarak hesaplanır. Bu değerler işletme saati 28,5 saat ile karşılaştırıldığında seçilen rulmanların deney düzeneği kullanım süresi açısından uygun olduğu görülmektedir.

Tahrik grubu üzerinde sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizleri incelemeden önce sonlu elemanlar yöntemini kısaca tanıtmakta fayda vardır.

3.2 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi, çeşitli mühendislik problemlerine kabul edilebilir bir yaklaşımla çözüm arayan güçlü bir sayısal çözüm yöntemidir. Son 40 yılda bilgisayarların hızlı gelişimine paralel olarak gelişen sayısal hesap yöntemleri içinde çok önemli bir yer tutmaktadır.

Sonlu elemanlar metodundaki temel düşünce, karmaşık bir probleme, problemi basite indirgeyerek bir çözüm bulmaktır. Esas problemin daha basit bir probleme indirgenmiş olması nedeni ile kesin sonuç yerine yaklaşık bir sonuç elde edilmekte, ancak bu sonucun çözüm için daha fazla çaba harcayarak iyileştirilmesi ve kesin sonuca çok yaklaşılması, hatta kesin sonuca ulaşılması mümkün olmaktadır. Elde bulunan konvansiyonel matematiksel araçların kesin sonucu, hatta yaklaşık bir sonucu dahi bulmakta yetersiz kalması durumunda ise sonlu elemanlar metodu kullanılabilecek tek metot olmaktadır. [9]

3.2.1 Sonlu Elemanlar Yönteminin Tarihçesi

Sonlu elemanlar yönteminin ilk kullanımı 1950'li yılların başında İnşaat Mühendisliği'nde olmuştur. 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için kullanılan bu metodun, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de başarı ile kullanılabileceği anlaşılmıştır. Yöntemin etkin kullanımı bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile mümkün olmuştur. [9]

Bu sayısal yaklaşım yöntemi her ne kadar orijinal olarak yapı sistemleri için geliştirilmiş olsa da dayandığı esasların genelliği dolayısıyla yöntem akışkanlar mekaniği, zemin mekaniği, uçak mühendisliği, nükleer mühendislik, kaya mekaniği, elektromanyetik alanlar, termal analiz ve

daha sayabileceğimiz pek çok mühendislik ve fizik problemlerinin çözümünde araç olarak kullanılmaktadır. [9]

3.2.2 Sonlu Elemanlar Metodu'nun Modelleme ve Çözüm Basamakları

Sonlu elemanlar metodunda katı, sıvı veya gaz gibi gerçek cisimler, bir birine bağlanmış, sonlu eleman adı verilen alt bölümler ile tarif edilmektedir. Bu elemanlar birbirlerine düğüm noktası adı verilen özel noktalardan bağlanmışlardır. Düğüm noktaları genellikle elemanların birbirine bağlandıkları yerler olan eleman sınırlarında bulunmaktadır. Süreklilik içerisindeki deplasman, gerilme, sıcaklık, basınç, hız vs. gibi değişkenlerin gerçekte nasıl değiştiği bilinemediğinden, bunların basit fonksiyonlar ile yaklaşık olarak ifade edilebildikleri varsayılmaktadır. Bu yaklaşık fonksiyonlar, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmektedir. Sistem için denge denklemleri vs. gibi yeni denklemler yazıldığı zaman, bilinmeyenleri değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri olan ve ortak çözümleri gereken yeni denklemler ortaya çıkmaktadır. Genellikle matris denklemleri şeklinde olan bu denklemlerin çözülmesi ile de değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri elde edilmektedir. Yaklaşık fonksiyonların, değişkenlerin düğüm noktalarındaki değerleri cinsinden ifade edilmiş olmaları nedeni ile de, bu fonksiyonların eleman içerisindeki ve sonuç olarak ta bütün parça içerisindeki değerleri bulunmakta ve istenilen sonuçlar elde edilmiş olmaktadır. [9]

Genel bir süreklilik probleminin sonlu elemanlar metodu ile çözümü daima belirli basamaklardan oluşan bir yöntem ile elde edilmektedir. Bu yöntem bir statik yapı probleminin çözümü için aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır. [9]

3.2.3 Yapının Veya Çözüm Bölgesinin Elemanlara Ayrılması

Sonlu elemanlar metodunda ilk basamak, yapıyı veya çözüm bölgesini alt bölümlere yani sonlu sayıda elemanlara ayırmaktır. Bu ayırma uygun sonlu elemanlar kullanılmalıdır, elemanların cinsi, sayısı ve düzeni tespit edilmelidir. Basit geometriler veya az sayıda eleman için manuel olarak yapılabilecek bu modelleme işleminin, karmaşık geometriler veya çok sayıda eleman için bu şekilde yapılabilmesi imkansız hale gelmektedir ve bu iş için ilk işlemci ("preprocessor") adı verilen programlar kullanılmaktadır. [9]

3.2.4 Her Elemanın Özelliklerinin Formüle Edilmesi, Eleman Katılık Matrislerinin ve Yük Vektörlerinin Bulunması

Karmaşık bir yapının herhangi bir yük altındaki deplasmanının kesin olarak tahmin edilmesi imkansız olduğundan, bir eleman için, bilinmeyen çözümü yaklaşık olarak ifade edilebilecek uygun bir deplasman modeli seçilmelidir. Bu model hesaplamalar açısından basit olmalı, ancak bazı yakınsama gereklerini de yerine getirmelidir. Çoğunlukla bu model bir polinom şeklinde olmaktadır. Denge denklemleri veya varyasyonel prensipler ve yaklaşık deplasman modeli kullanılarak eleman katılık matrisleri ve yük vektörleri bulunmalıdır. [9]

3.2.5 Yapının Veya Çözüm Bölgesinin Sonlu Elemanlar Modeli'nin Elde Edilebilmesi İçin Elemanların Birleştirilmesi

Yapının çok sayıda elemandan oluşmuş olması nedeni ile, her bir eleman için bulunmuş olan katılık matrisleri, yük vektörleri ve denge denklemleri uygun bir şekilde birleştirilmeli ve genel denge denklemleri elde edilmelidir. [9]

3.2.6 Bilinen Yüklerin (Kuvvet ve/veya Moment) Uygulanması

Yapı üzerinde yapılacak analiz için, yapının maruz kaldığı fiziksel durum belirlenmelidir. Bu aşamada sisteme etkiyen kuvvetler iyi analiz edilmeli, model oluşturulurken kuvvet doğrultusu ve büyüklüğü, moment etkimesi durumunda dönme yönü ve büyüklüğü belirtilmelidir.

3.2.7 Yapının Nasıl Desteklendiğinin Belirtilmesi

Sisteme etkiyen kuvvet veya momentlerin belirtilmesinin yanında sistemin nasıl desteklendiğinin belirtilmesi gerekmektedir. Burada mesnet noktaları ve özellikleri doğru biçimde tespit edilmesi, analizin doğruluğu için oldukça önemlidir.

3.2.8 Bilinmeyen Düğüm Noktası Deplasmanlarının Bulunması

Genel denge denklemleri problemin sınır şartları uygulanarak düzeltilmeli ve daha sonra düğüm noktalarının deplasmanları çözülmelidir.

3.2.9 Eleman Gerilme Ve Birim Uzamalarının Hesaplanması

Düğüm noktalarının deplasmanları ile katı hal mekaniği ve yapısal mekaniğin gerekli denklemleri kullanılarak eleman birim uzamaları ve gerilmeleri hesaplanmalıdır. Bu

değerlerin anlaşılmasının ve değerlendirilmesinin basit geometriler veya az sayıda eleman için kolay olmasına karşılık, karmaşık geometriler veya çok sayıda eleman için bu iş zorlaşmakta, ve sonuçlar kullanıcıya kolay anlaşılabilir bir şekilde bilgisayar programları kullanılarak verilmektedir. [9]

3.3 Sonlu Elemanlar Yönteminin Deney Düzeneğine Ait Tahrik Grubu Parçalarına Uygulanması

Bu bölümde SolidWorks ve Uni Graphics NX 5 katı model hazırlama programları ile oluşturulmuş tahrik grubu parçalarına Ansys Workbench sonlu elemanlar paket programı ile bir takım analizler uygulanmıştır.

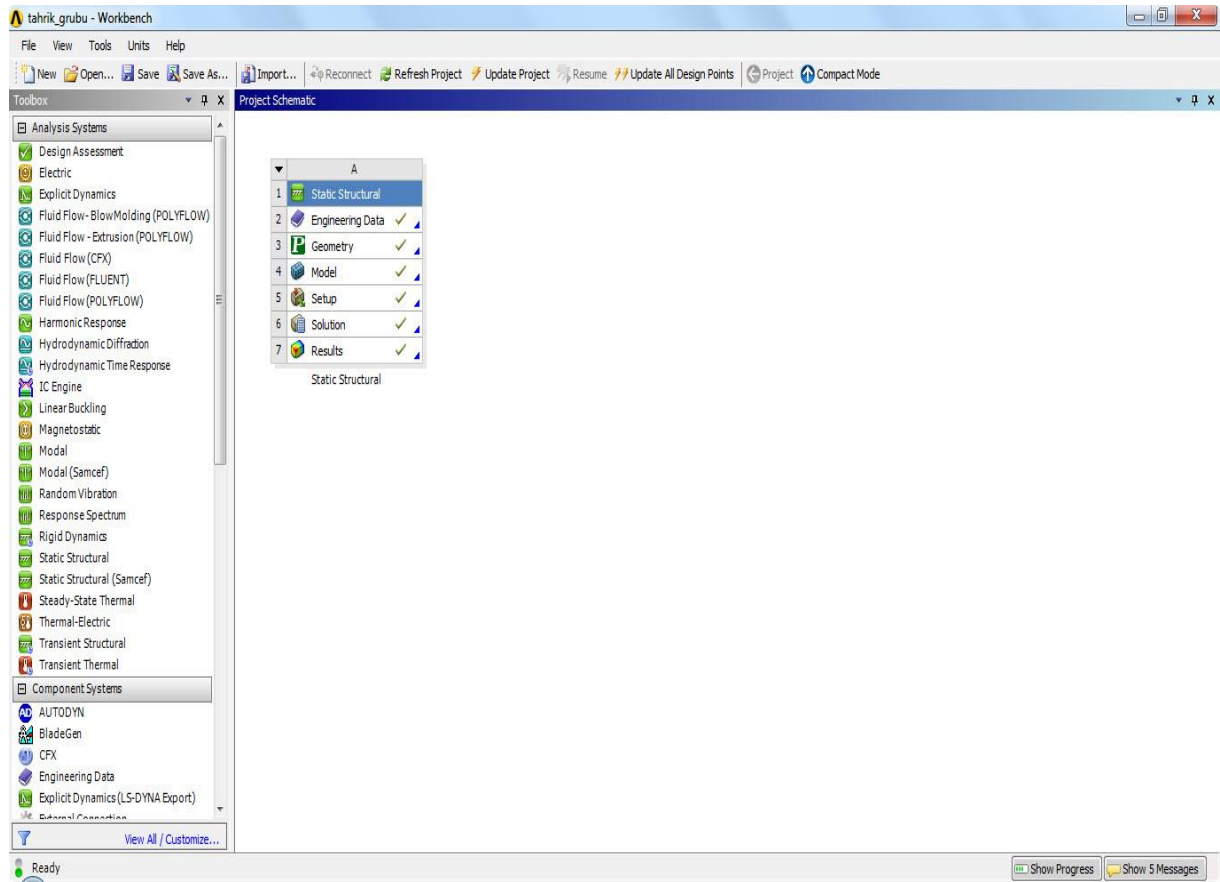
Çamaşır makinelerinde tahrik motordan başlar ve bir kayış yardımı ile tambur ile aynı ekseninde bulunan kasnağa iletilir. Kasnak ise onunla aynı doğrultuda bulunan mil ile bir cıvata vasıtasıyla bağlanmıştır. Mil ise ucunda bir alüminyum flanşa bağlıdır. Son olarak tambur ise flanş kollarının ucunda bulunan delikler ile tahrik grubuna bağlanmıştır.

Deney düzeneği tasarımında motor, kayış-kasnak, tambur gibi bir takım parçalar yeniden tasarlanmadan mevcut hali ile kullanılmıştır. Ancak tasarım gerekliliklerinden dolayı mil gibi önemli tahrik grubu elemanlarında bir takım değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler sonrasında sistemin deneyler sırasında güvenli bir şekilde çalışıp çalışamayacağı önceden tahmin edilmek istenmiş ve bunun için sonlu elemanlar yöntemine başvurulmuştur. Burada amaç mil ve flanş parçalarının merkezkaç kuvveti nedeniyle bu parçalar üzerinde oluşacak gerilmeler, bu gerilmeler nedeniyle ne ölçüde deformasyona uğrayacağı ve emniyet katsayısı hesaplanmaya çalışılmıştır. Analizde kullanılan sınır şartları bir takım kabuller ile belirlenmiştir. 400 gr dengesiz yüklenmiş bir tamburun 1600 devir/dk hız ile döndüğü an için statik analiz yapılmıştır. Dengesiz yük ile oluşan merkezkaç kuvvetinin tambur ortasından dönme eksenine dik bir yönde etkidiği varsayılarak model oluşturulmuştur. Merkezkaç kuvveti flanş kollarında bulunan bağlantı deliklerine etki etmektedir.

3.3.1 Ansys Workbench Programı ve Arayüzü

Şekil 3.3'te programın arayüzü görülmektedir. Program arayüzünün üst bölgesinde bir çok bilgisayar programında karşılaştığımız gibi bir araç çubuğu bulunmaktadır. Burada genel

olarak çalışılan projenin kaydedilmesi farklı formatlara dönüştürülmesi gibi işlemler yapılabilmektedir.



Şekil 3.3 Ansys Workbench 14.0 programının arayüzü

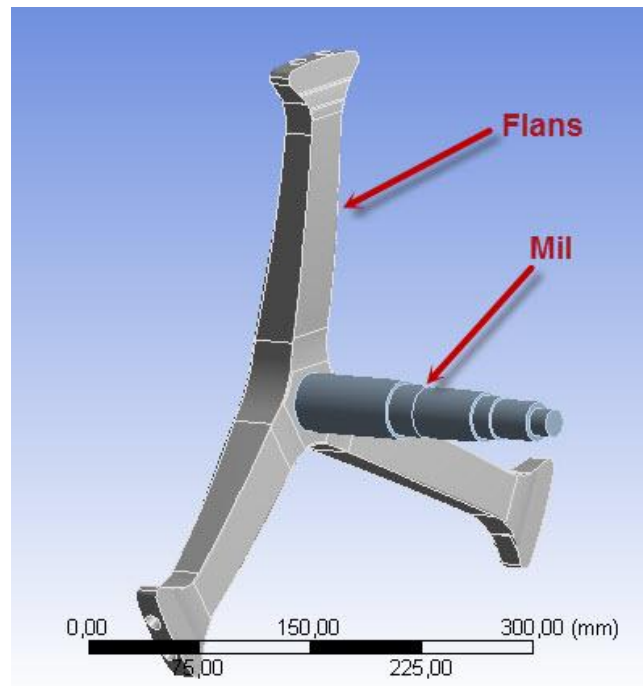
Arayüzün sol kısmında ise analiz çeşitleri bulunmaktadır. Ansys Inc. şirketi son zamanlarda bir çok analiz programını bünyesine katarak kullanıcılarına çok çeşitli analiz yapma imkanı sağlamaktadır. Bu çalışmada ise statik analiz seçilerek işleme başlanmıştır.

Analize başlarken karşımıza ilk olarak malzeme seçimi çıkmaktadır. Mil, akma dayanımı 310 MPa olan St 60-2 çeliğinden imal edilmektedir. Flanş ise piyasada bilinen adıyla Etial 150 olan alüminyum alaşımı bir malzemedir. Malzeme tablolarında Etial 150 için akma dayanımı yaklaşık 150 MPa olarak bilinmektedir. Bu parçalara ait malzeme özellikleri programın ilgili seçmesinden seçilerek programa tanıtılmaktadır.

Şekil 3.4' te bir statik analiz için gerekli adımlar görülmektedir.



Şekil 3.4 Statik analiz işlem adımları



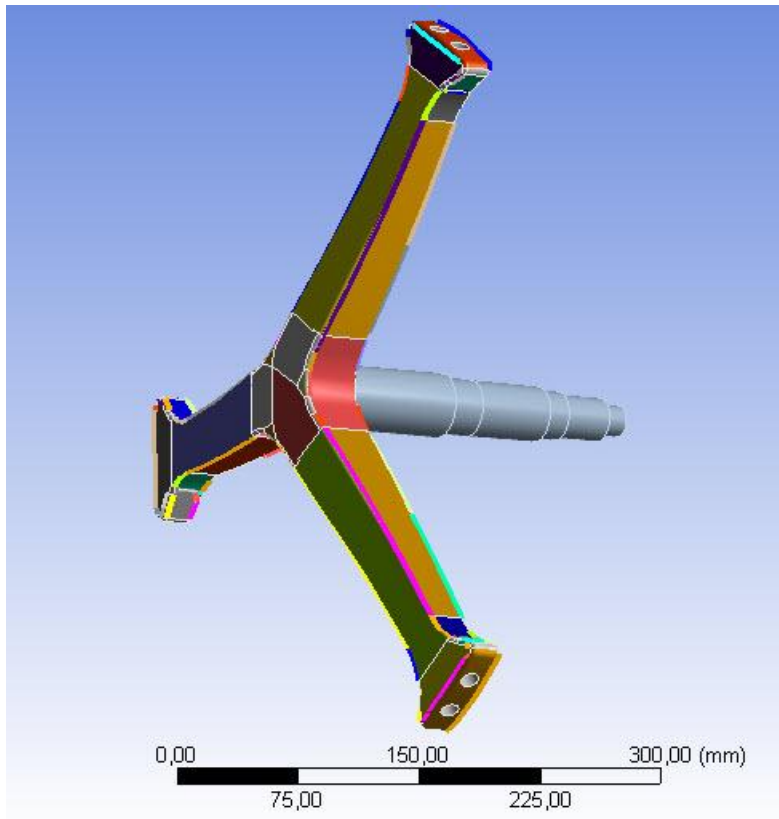
Şekil 3.5 Analiz uygulanacak geometri

Yukarıda bahsedildiği gibi analiz flanş ve milden oluşan birbiri ile rijit bağlı iki parçaya uygulanacaktır. Parçalara ait resimler şekil 3.5'te görülmektedir.

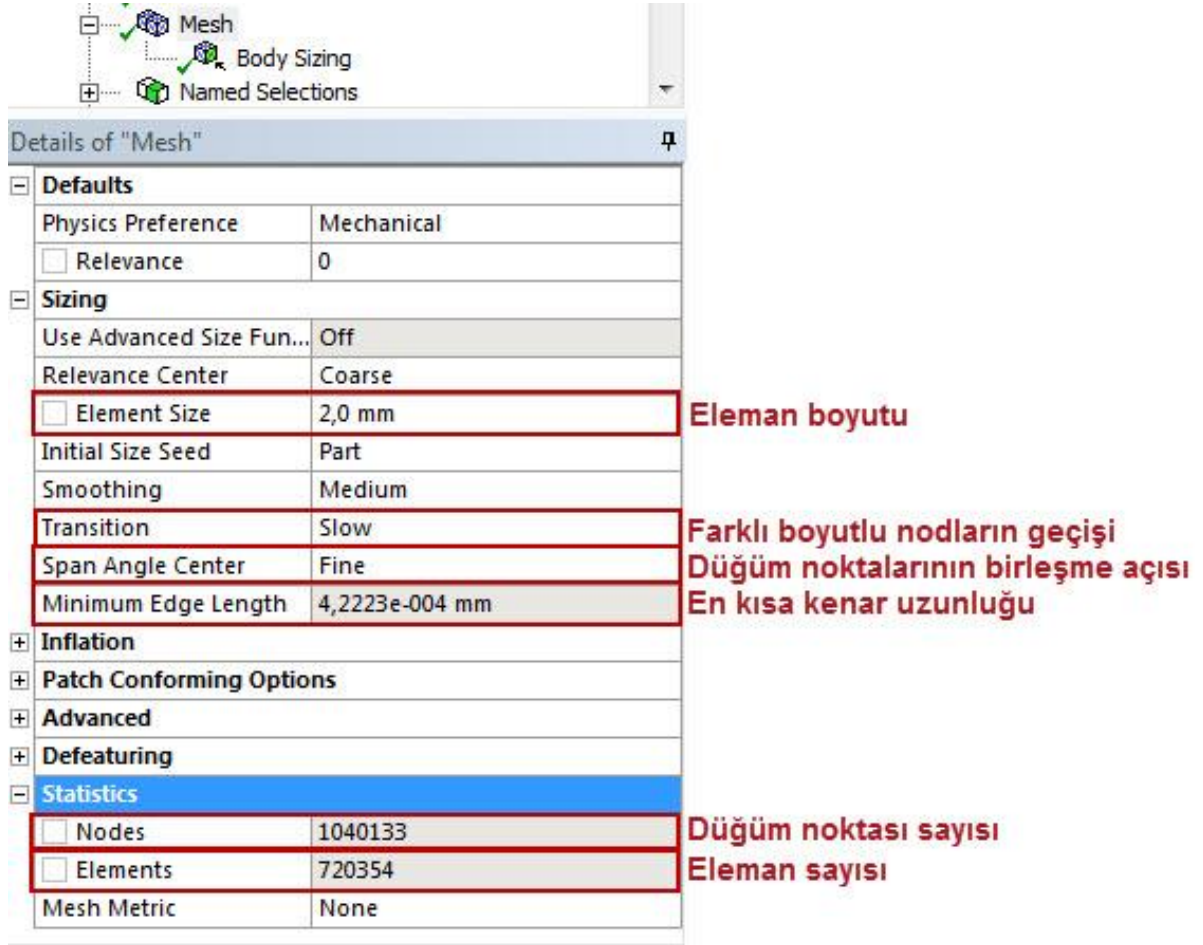
3.3.2 Ağ Yapısının Oluşturulması

Sonlu elemanlar yöntemi bölüm 3.2'de de anlatıldığı gibi, analizi yapılacak modeli sonlu sayıda küçük parçalara ayırarak çözüm yapan bir yöntemdir. Sonuçların doğruluğu oluşturulan ağ yapısının fiziksel özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Bu yüzden en uygun ağ yapısını oluşturmak için bir takım metotlar kullanılması zorunludur.

Ağ yapısının sağlıklı bir şekilde oluşturulması parça geometrisine bağlıdır. Prizma ya da silindir gibi çok fazla ölçülendirmeye gerek duyulmayan basit geometrilere sahip parçaların sonlu elemanlara bölünmesi kolay bir işlemdir. Ancak flanş resimlerden de görüldüğü üzere oldukça karmaşık bir tasarıma sahiptir. Parça üzerindeki yüzey ve radyusların çokluğu analizi yapacak bilgisayarın işlemci ve belleğini oldukça zorlamaktadır. Ağ örme işlemi başarıyla yapılmış olsa dahi daha hassas olan bu bölgelerdeki ağ yapısı incelendiğinde çok iyi olmadığı görülecektir. Bu yüzden analiz programlarında ağ kalitesini artırmaya yönelik bir takım yöntemler bulunmaktadır. Ansys Workbench programındaki “virtual topology” komutu bunlardan birisidir. Flanş geometrisi üzerindeki birbirine yakın yüzeyler sanal olarak birleştirilerek bu bölgelere aynı tip ağ yapısı örülmesini kolaylaştırmaktadır. Bu komut sayesinde birbirine yakın yüzeyler arasındaki geçişlerde, ağ yapısının bozulmaması sağlanacaktır. Şekil 3.6’da bu komut kullanılarak oluşturulan yüzeyler görülmektedir.



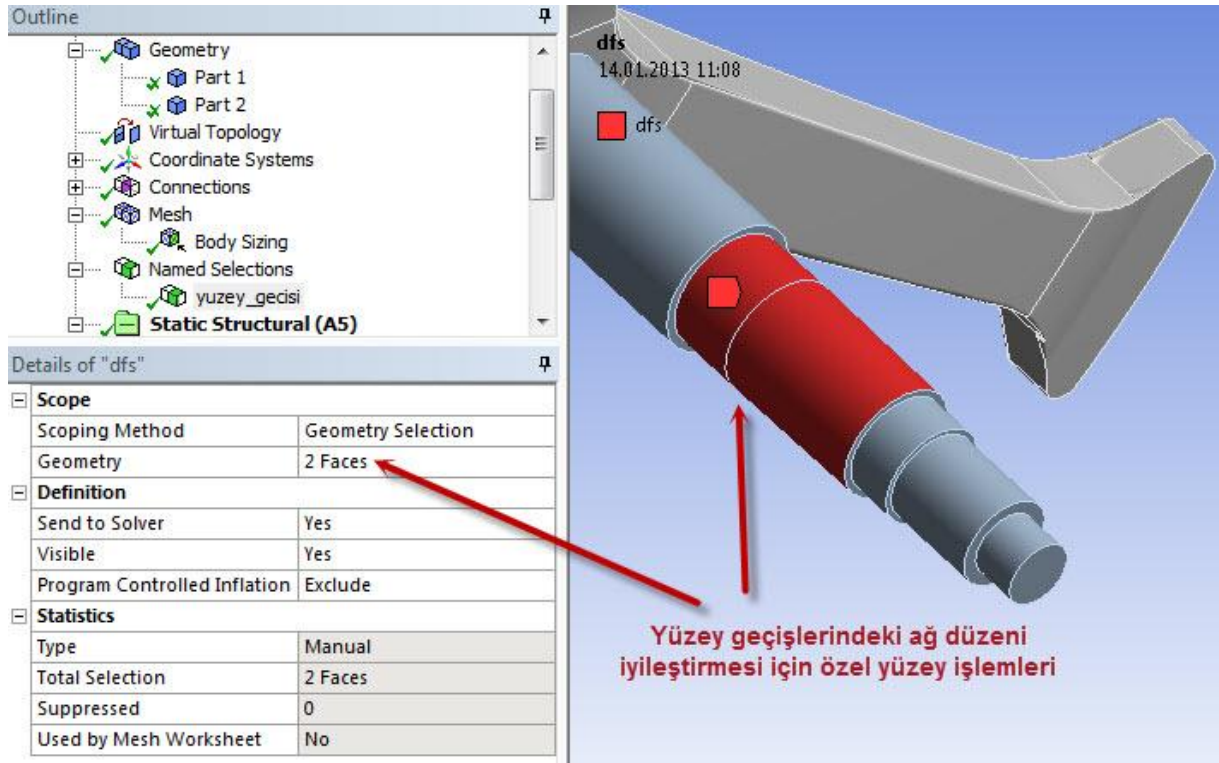
Şekil 3.6 Virtual topology fonksiyonu ile birleştirilmiş yüzeyler.



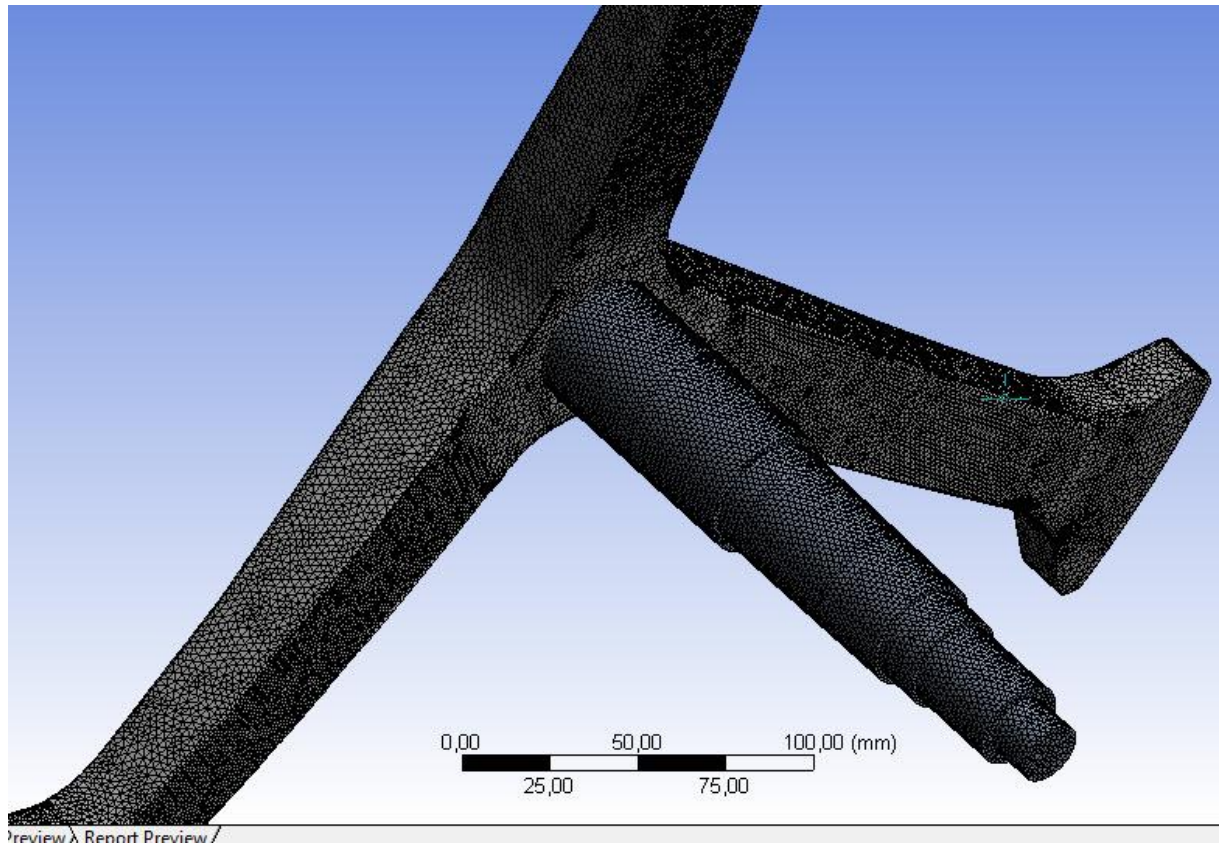
Şekil 3.7 Ağ yapısı oluşturmak için programda seçilen parametreler

Yukarıdaki şekil 3.7’de ağ oluşturma parametrelerin seçimi görülmektedir. Kırmızı kutular içine alınan kısımlar üzerinde seçimler yapılarak bu kısımlar manuel olarak değiştirilmiştir.

Eleman boyutunun az olması eleman sayısının artmasına neden olur. Eleman sayısı da sonuçların daha yüksek doğrulukta hesaplanmasını sağlar. Bu yüzden örülen ağlar mümkün olduğunca küçük olmalıdır ancak bunun da bir sınırı olmalıdır. Eleman sayısının artması çözüm sırasında programın arka planında oluşturup çözümlendiği matrislerin boyutunun artması anlamına gelir ve çözüm yapan bilgisayarın zorlanmasına neden olur. Bu yüzden eleman boyutu tipi ve özellikleri seçilirken çözümleyici bilgisayarın performans özellikleri de önem arz etmektedir. Bu analizde eleman boyutu 2 mm olarak belirlenmiştir, yaklaşık 720000 eleman ve 1040000 düğüm noktası oluşturulmuştur. Düğüm noktalarının birleşme açıları yeniden düzeltilmiş ve yüzeyler arası geçişlerin daha yumuşak olması istenmiştir.



Şekil 3.8 Yüzey geçişlerindeki ağ yapısını iyileştirmek için uygulanan yöntemler

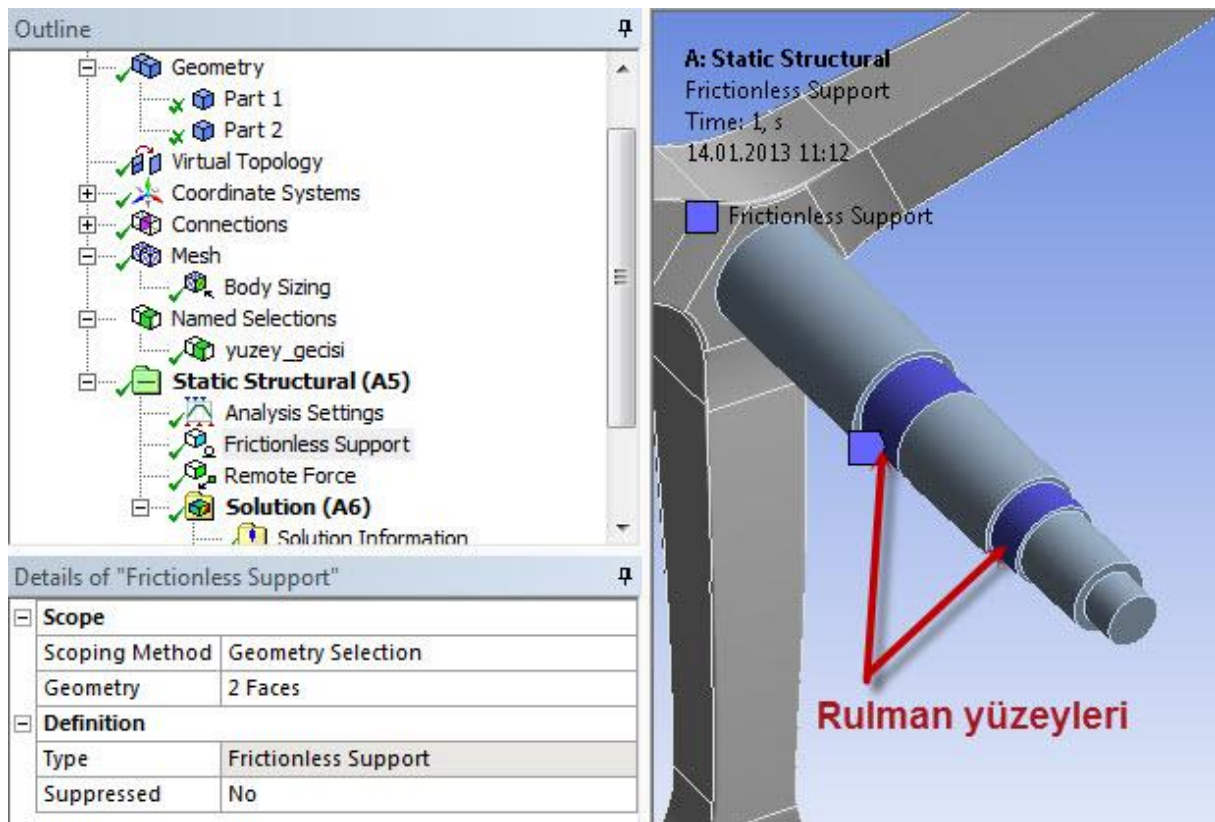


Şekil 3.9 Tahrik grubu elemanlarının sonlu sayıda ağa bölünmesi

Programın seçilen parametreler sonucunda yaptığı ağ örme işlemi yaklaşık 15 dk kadar sürmüş ve şekil 3.9’de görülen ağ yapısı ortaya çıkmıştır.

3.3.3 Mesnet Noktalarının Seçimi

Program üzerinde mesnet noktaları belirlenirken dikkat edilmelidir. Tasarıma göre mil iki adet rulman ile rulman yuvasına bağlanmaktadır. Rulmanlar ile sabitlenmiş mil sadece eksenî doğrultusunda dönme hareketi yapabilmektedir. Radyal ya da diğer doğrultularda hareket serbestliği bulunmamaktadır. Gerçekte olan bu durumu program üzerinde modellemek için sürtünmesiz mesnet tipi seçilerek bir sonraki adıma geçilmiştir.

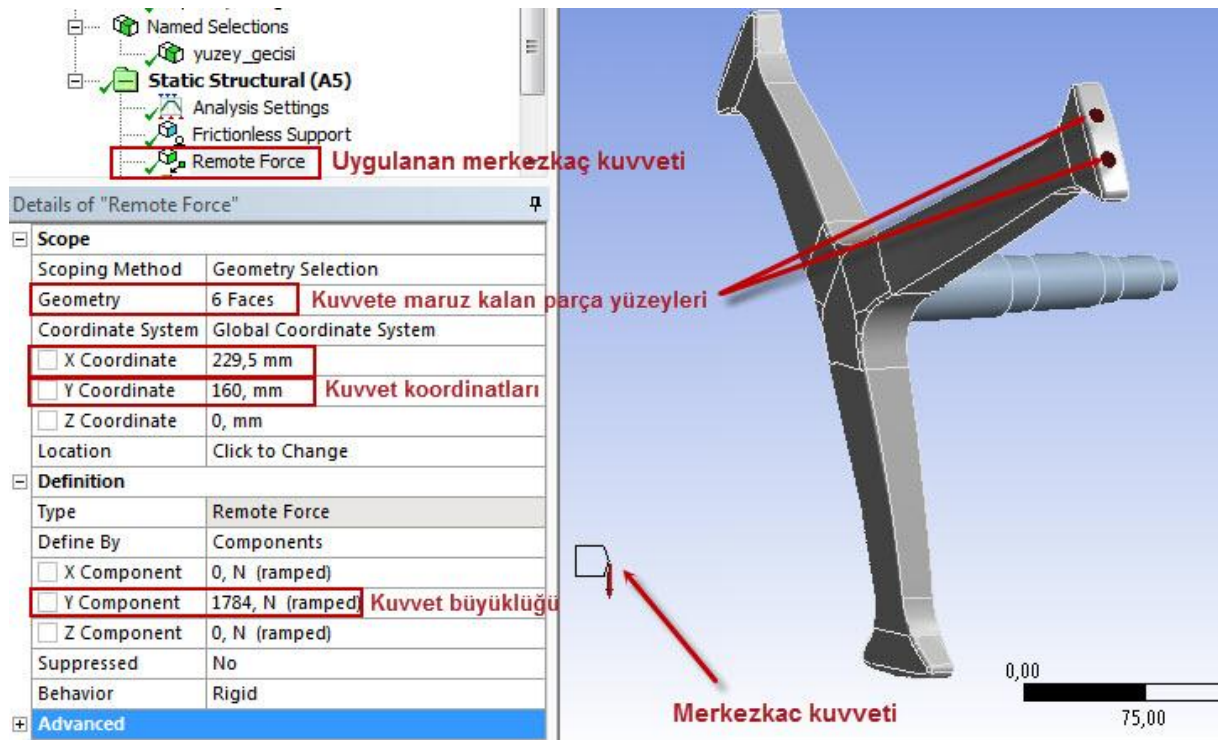


Şekil 3.10 Mesnet noktalarının belirlenmesi

3.3.4 Merkezkaç Kuvvetinin Uygulanması

Daha önceki bölümlerde analiz için bir takım kabuller yapıldığından bahsedilmişti. Kabullerden birisi de kuvvetin etki edeceği noktadır. Dengesiz yükün tambur ortasında olduğu düşünülürse kuvvet koordinatları x ekseninde 229,5 mm, y ekseninde ise 160 mm

girilerek tayin edilir. Şekil 3.11’de kuvvetin belirlenmesi için gerekli parametrelerin programa girilmesi görülmektedir.

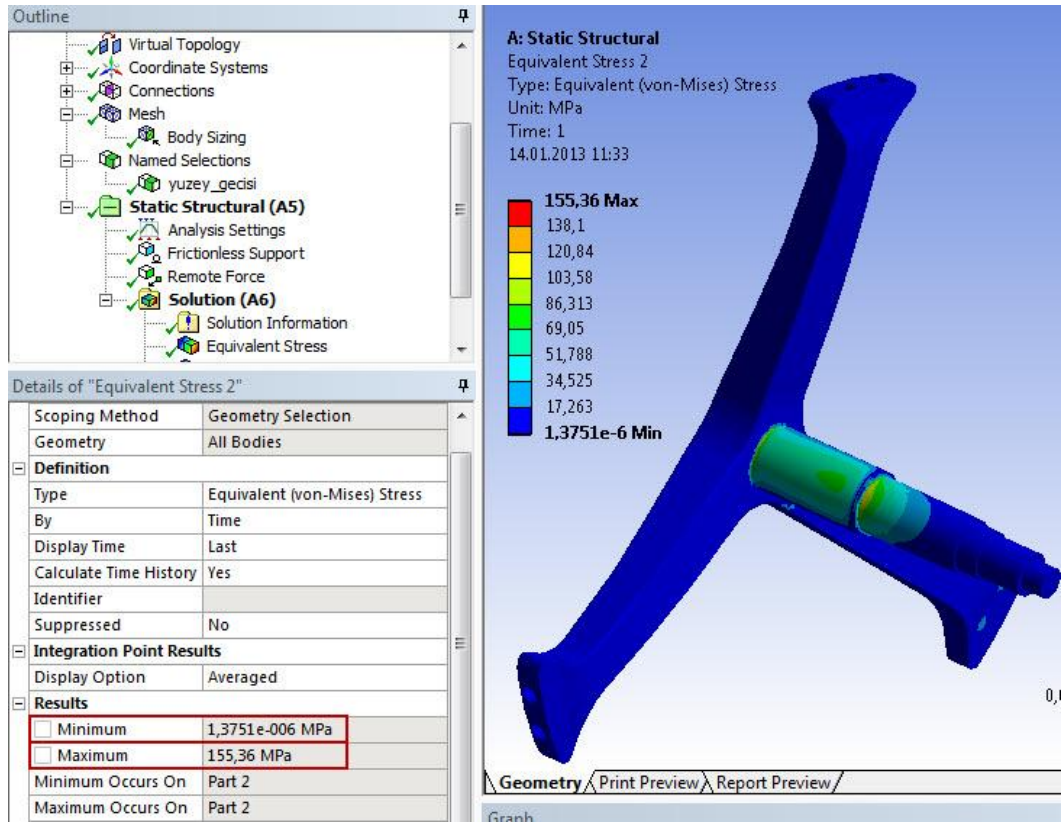


Şekil 3.11 Kuvvetin ve koordinatlarının belirlenmesi

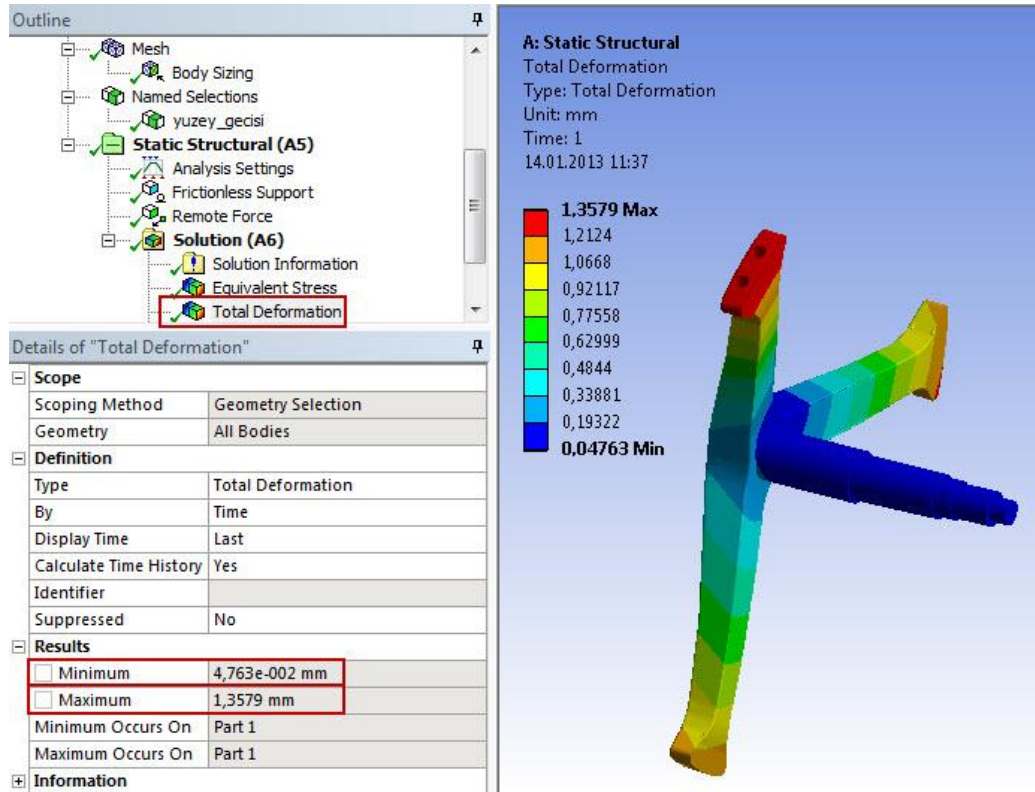
3.3.5 Analiz Sonuçları

Ağ yapısının oluşturulması ve sınır şartlarının belirlenmesi ile problemin çözümü adımına geçilmiştir. Analize başlamadan önce oluşan maksimum gerilmelerin tayini ve deformasyonunu belirlemek için gerekli çözüm adımları şekil 3.12 ve 3.13 de görülmektedir.

Oluşan maksimum gerilme olan Von-misses gerilmesi beklendiği gibi mil üzerinde mesnet noktasının çok yakınında çıkmıştır. Buradaki maksimum gerilme değeri yaklaşık 155 MPa’dır. Akma dayanımı 310 MPa olan bu malzeme için herhangi bir plastik deformasyon olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca şekil 13’de toplam deformasyon yaklaşık olarak 1.4 mm olarak görülmektedir. Bu deformasyon miktarı ile mil-flanş ikilisinin kazan gibi herhangi bir parçaya çarpmadan güvenli bir şekilde çalışacağı ortaya çıkmıştır. Tahrik grubu elemanları bu şart altında testlerde kullanılabilecek düzeyde emniyetli olduğu anlaşılmıştır. Her iki parçada da emniyet katsayısı 2’dir. Gerekli parçalar üretilerek deneyler aşamasına geçilmiştir.



Şekil 3.12 Maksimum ve minimum gerilmeler



Şekil 3.13 Toplam elastik şekil değişimi

TESTLER VE SONUÇLAR

Bu tez kapsamında tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen deney düzeneği kullanılarak bir takım deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde öncelikli olarak birkaç parametrenin sıkma verimine etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Her bir durum için 3 test yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır.

Yapılan testler sonucunda bazı parametrelerin daha etkili olduğu anlaşılmış ve bu parametreler üzerinde çalışma derinleştirilmiştir. Kazan-tambur arası mesafenin etkisinin gözlemlenebilmesi için farklı kazan ve tambur kombinasyonları denenmiştir. Bu kombinasyonlar 1200, 1400 ve 1600 devir/dk 'lık sıkma hızlarında test edilmiştir. Ayrıca sıkma profilinde maksimum devirde bekleme süresi 4 ve 10 dk olarak değiştirilerek maksimum devirde bekleme süresinin de sıkma verimine etkisi araştırılmıştır.

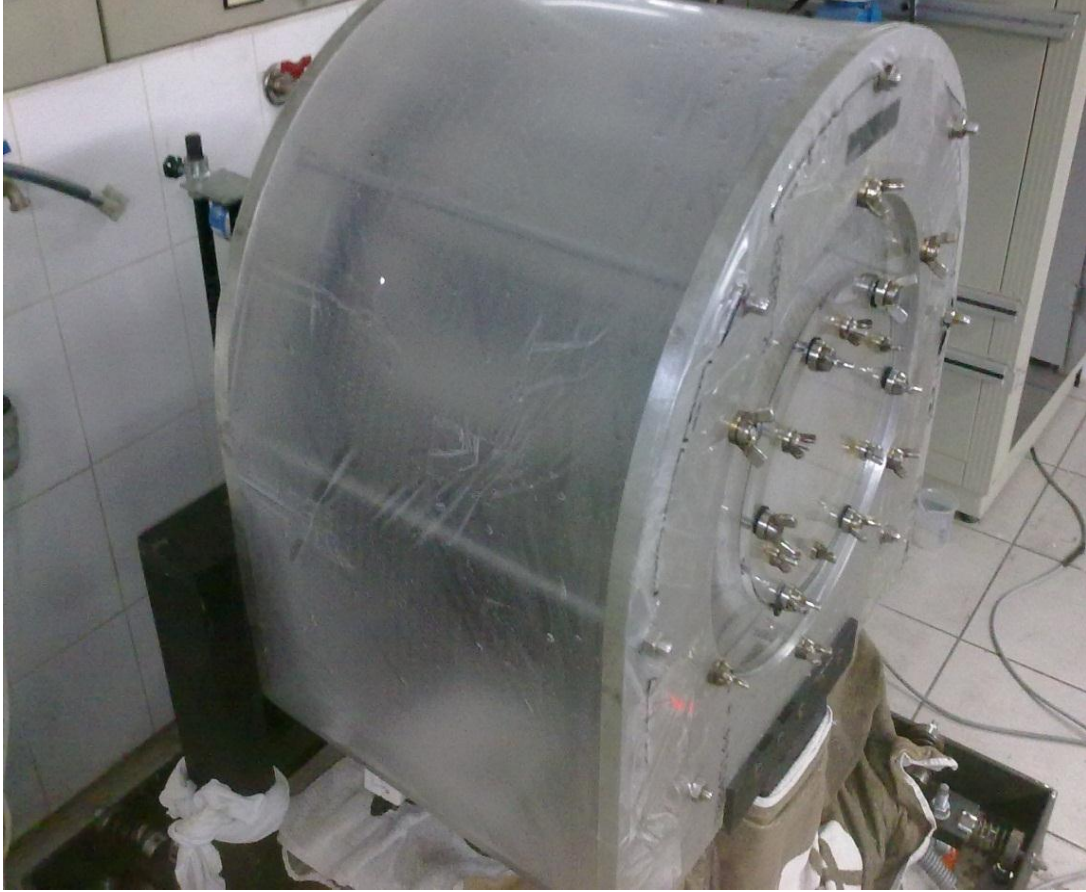
Deney düzeneğinde yapılan testlerde 4 farklı kazan tipi kullanılmıştır. Bunlar;

“Küçük Kazan” olarak adlandırılan 510 mm çaplı kazan

“Büyük Kazan” olarak adlandırılan 530 mm çaplı kazan

Kazan içi su yönlendirmesi için denenmiş, 530 mm çaplı “Yivli Kazan”

Kazanın olmadığı sonsuz bir ortamda ideal sıkmaya ulaşmak için denenmiş “Sonsuz Kazan” dır. Ayrıca test sonuçlarının karşılaştırılması için çamaşır makineleri kullanılarak bir takım testler yapılmıştır. Bu makineler Ç.M. olarak isimlendirilmişlerdir.



Şekil 4.1 Sonsuz kazan olarak isimlendirilen kazansız durum

4.1 Deney düzeneğinde yapılan testlerde kullanılan tambur tipleri

Testler için hazırlanan özel tamburlar:

A Tipi Tambur : 260 mm derinlikte 470 mm çaplı tambur.

B1 Tipi Tambur : 370 mm derinlikte 470 mm çaplı %100 delikli tambur.

B2 Tipi Tambur : 370 mm derinlikte 470 mm çaplı %50 delikli tambur.

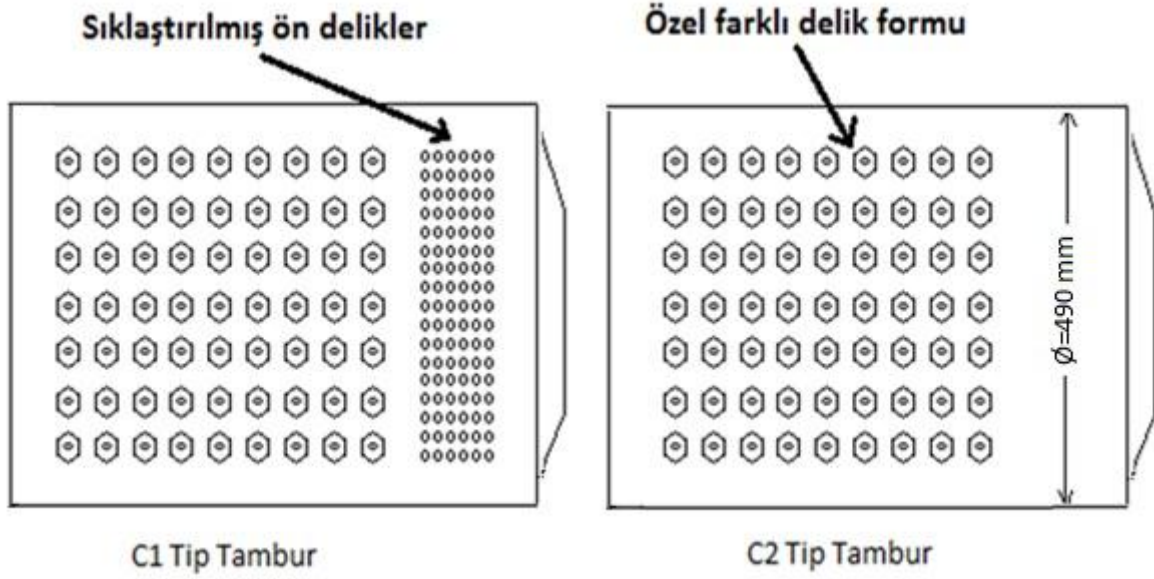
C1 Tipi Tambur : 340 mm derinlikte 490 mm çaplı % 100 delikli tambur.

C2 Tipi Tambur : 340 mm derinlikte 490 mm çaplı % 50 delikli tambur.



Şekil 4.2 “B tipi tambur” görüntüsü

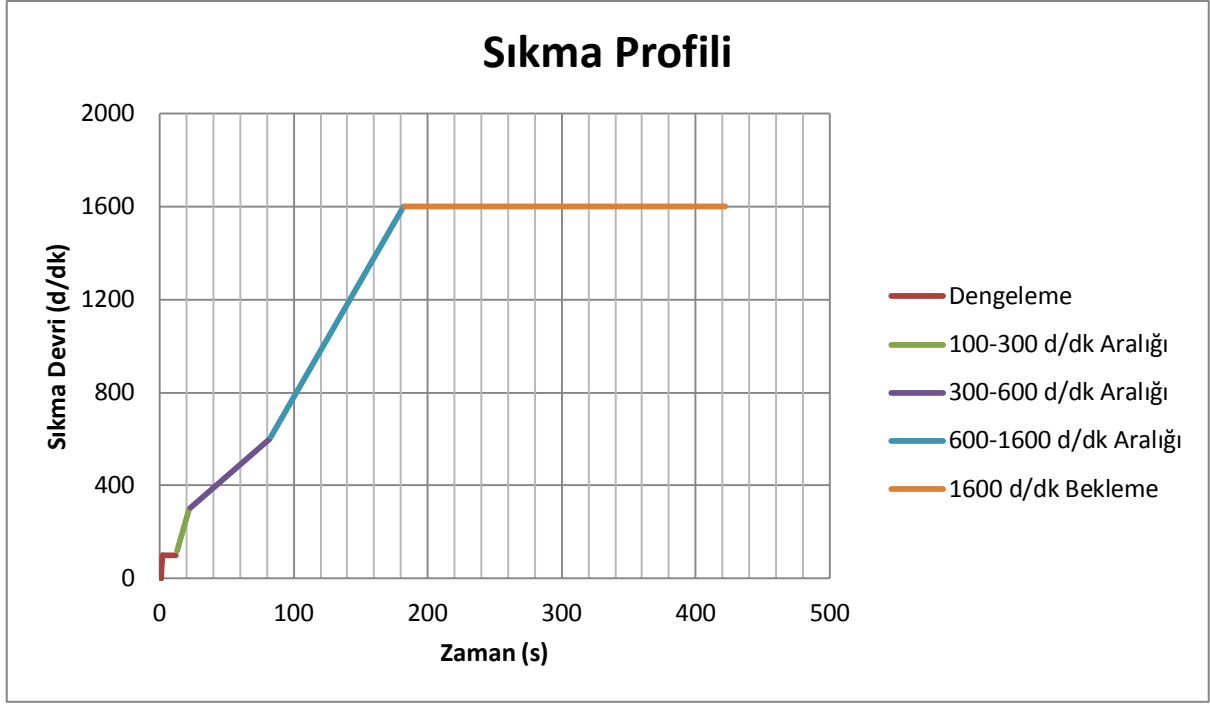
Burada “B1 tip tambur” ve “B2 tip tambur” arasındaki fark delik yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Tambur üzerindeki delik çapları aynıdır fakat delik sayısı yarı yarıya azaltılmıştır. “C tip tambur” ise delik formu açısından diğerlerinden biraz daha farklıdır. Değişen delik formu nedeniyle azalan delik yoğunluğunu artırmak için tambur ön bölgesinde sıklaştırılmış delikler bulunmaktadır. Tambur bu haliyle “C1 tip tambur” olarak isimlendirilmiştir. Önde bulunan sıklaştırılmış deliklerin sıkma verimine etkisini gözlemlemek için bu deliklerin olmadığı tambur geometrisine de “C2 tip tambur” ismi verilmiştir.



Şekil 4.3 C1 ve C2 tip tambur tipleri arasındaki fark

4.2 Sıkma Profili

Sıkma profili sıkma performansını doğrudan etkileyen parametrelerden bir tanesidir. Sıkma profili tambur hızının zamanla değişimini ifade etmektedir. Deney düzeneğinde yapılan testlerde kullanılan, özel olarak oluşturulmuş sıkma profilinin grafiği aşağıda görülmektedir. Sıkma sırasında olası titreşim ve güç kayıplarını azaltmak için çamaşırın dengeli dağılması çok önemlidir. Yapılan testlerde 300 devir/dk hızdan sonra çamaşırların tambur çeperine yapışmış olarak hareketsiz kaldığı gözlenmiştir. Bu yüzden çamaşırı dengeli dağıtmak için daha düşük devirlerde dönme hareketi yapılmaktadır. 100 devir/dk'lık dönme hızında dengesiz yük ölçümü yapılır. Eğer ölçüm değerleri önceden tanımlanan dengesiz yük değerlerinden yüksek ise sıkmaya devam edilmez. Çamaşır tekrar dağıtılarak yeniden ölçüm alınır. Eğer dengesiz yük miktarı uygun görülen değerlerde ise, tambur hızlanarak 300 devir/dk hıza ulaşır. Çamaşır üzerinden atılan suyun %60'ı gibi çok büyük bir kısmı, 600 devir/dk hıza kadar olan aralıkta atılması nedeniyle, kazan içinde deterjanlı suyun köpük oluşturması ve sıkmayı zorlaştırmaması için 300-600 devir/dk aralığında ivme azalır. Tambur hızı 600 devir/dk'ya ulaştıktan sonra, tambur seçilen maksimum devre gelinceye kadar sabit bir ivme ile hızlanır. Tambur hızı seçilen maksimum devirde 240 s veya 600 s kalarak sıkma çevrimini tamamlar.



Şekil 4.4 Sıkma profilinin zamana bağlı değişimi

4.3 Sıkma Verimi

Sıkma verimi, sıkma performansının göstergesidir. Çamaşırın sıkma sonrası ağırlığından kuru ağırlığının çıkarılarak, kuru ağırlığa bölünmesi ile hesaplanabilir. Bu hesap ile çamaşır üzerinde bulunan nem miktarı ifade edilmiş olur. Verim tüm mühendislik uygulamalarında 1'e yakınsadığında ideal duruma ulaşılmış olur ancak literatürde ve standartlarda sıkma verimi olarak ifade edilen bu hesap 0'a yaklaştıkça ideal hale gelir. Ancak bu tez kapsamında her hangi bir karışıklığa neden olmaması için sıkma veriminden sıkma performansı olarak söz edilecektir.

$$RM = \frac{M_r - M}{M} \quad (4.1)$$

RM: Yük üzerinde kalan nem,

M_r : Sıkma sonrası ana yük kütlesi,

M: Şartlandırılmış ana yük kütlesidir. [8]

Çamaşır makinelerinde sıkma sırasında sıkma performansına etkiyen ana parametreler şunlardır;

- Sıkma devri ve maksimum devirde kalma süresi,
- Sıkma hızlanma ivmeleri,
- Tambur çapı ve hacmi,
- Çamaşır cinsi ve miktarı,
- Deterjan cinsi ve miktarı,
- Yıkama Programı (yıkama sıcaklığı, su miktarı, su sertliği, yıkama süresi, durulama sayısı vb.)
- Tahliye pompası kapasitesi ve bağlanma şekli.

Çizelge 4.1 EN 60456 Standardına göre sıkma verimlerine karşılık gelen sıkma sınıfları

Sıkma Verimi Yüzdesi "D" Standart 60 °C Pamuklu programında EN 60456 standardına göre yapılan testte ölçülen	
A	$D < \% 45$
B	$\% 45 \leq D < \% 54$
C	$\% 54 \leq D < \% 63$
D	$\% 63 \leq D < \% 72$
E	$\% 72 \leq D < \% 81$
F	$\% 81 \leq D < \% 90$
G	$\% 90 \leq D$

Çizelge 4.1’de EN 60456 standardına göre sıkma verimlerinin sınıflandırılması gösterilmiştir.

4.4 Test Yapılma Metodolojisi

Yapılan testlerde tekrarlanabilir sonuçlar almak için, testlerde kullanılan yüklerin şartlandırılmasında belirli bir metodoloji kullanılması gereklidir. Teste başlamadan önce test yükler, nominal ağırlıklarına ulaşması için bir süre uygun ortamda bekletilmelidir. Test yükleri test sırasında kuru ağırlığı ölçülürken üzerinde bir miktar nem bulunmaktadır. Daha sonra testten çıkan yükler kurutucu kullanılarak üzerindeki nemden kurtulur. Öyle ki kurutucudan çıkan yükler daha çevrime başlamadan önceki ağırlıktan daha az bir ağırlığa düşmektedir. Bu nedenle testte kullanılacak yük uygun nem ve sıcaklığa sahip bir ortamda nominal nem miktarına sahip oluncaya kadar bekletilmesi gerekir. Çamaşır makinesi yıkama performansı testlerinde kullanılan yükler, şartlandırılmış olarak kabul edilebilmesi için nominal ağırlığına göre +60 g toleransında bulunmalıdır. Testlerde 4kg’lık gruplar halinde etamin olarak adlandırılan tekstilden oluşan 6 adet yük grubu kullanılmıştır.

Deney düzeneği sadece sıkma işlemleri yapan bir yapıya sahip olacak şekilde tasarlandığı için test yükleri bir çamaşır makinesi kullanılarak durulama programında ısıtılmaktadır. Burada testlerin tekrarlanabilir olması için yıkama yapılan makinedeki şartların da aynı olması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu yüzden durulama suyu olarak 18 lt sabit su kullanılarak 15 dk'lık kısa yıkama hareketinden sonra 600 devir/dk hız ile sıkma yaptırılmaktadır. Test yüklerinin test cihazında sıkma yapılmadan önce de ağırlığı tespit edilmesi gerekir. Sıkma öncesinde çamaşır üzerinde %93 oranında nem bulunması uygun görülmüştür. Eğer nem miktarı %93'ün altında ise bir sprey yardımı ile yükler homojen olarak nemlendirilerek sıkma işlemine geçilir. Eğer çamaşır üzerinde ki nem %93'ün üzerinde ise çamaşır nemi %93'e düşüncüye kadar yeniden sıkılır. Burada %93 oranı herhangi bir standart tarafından belirlenmiş bir oran değildir, testler sırasında gözlemler sonucu tercih edilmiştir.

Çizelge 4.2'de yapılan tüm testlerin sonuçları görülmektedir. İlerleyen bölümlerde bu çizelge bölümlere ayrılarak üzerinden değerlendirme yapılması kolaylaşacaktır.

4.5 Test Sonuçları

Çizelge 4.2 Test sonuç verilerinin toplandığı tablo

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Yük Miktarı (Kuru)	Yıkama Sonrası ağırlık	Son Sıkma Devri	Sıkma Sonrası Ağırlık	Sıkma Verimi (%)	Maks. devirde kalma süresi	Ort.	STD Sapma
Büyük	A Tipi	3880	7400	1200	5960	53,6	4 dk	53,3	1,0
Büyük	A Tipi	3900	7390	1200	6010	54,1	4 dk		
Büyük	A Tipi	3810	7220	1200	5800	52,2	4 dk		
Büyük	A Tipi	3910	7460	1400	5830	49,1	4 dk	49,7	0,6
Büyük	A Tipi	3860	7410	1400	5780	49,7	4 dk		
Büyük	A Tipi	3890	7480	1400	5850	50,4	4 dk		
Büyük	A Tipi	3870	7280	1200	6020	55,6	4 dk	55,2	1,0
Büyük	A Tipi	3880	7280	1200	5980	54,1	4 dk		
Büyük	A Tipi	3860	7270	1200	6020	56,0	4 dk		
Büyük	A Tipi	3880	7310	1400	5870	51,3	4 dk	49,9	2,0
Büyük	A Tipi	3650	6690	1400	5390	47,7	4 dk		
Büyük	A Tipi	3860	7230	1400	5820	50,8	4 dk		
Büyük	A Tipi	3860	7270	1600	5730	48,4	4 dk	47,4	1,1
Büyük	A Tipi	3900	7430	1600	5750	47,4	4 dk		
Büyük	A Tipi	3630	6830	1600	5310	46,3	4 dk		
Büyük	A Tipi	3850	7290	1600	5780	50,1	4 dk	49,7	0,5
Büyük	A Tipi	3890	7260	1600	5800	49,1	4 dk		
Büyük	A Tipi	3860	7290	1600	5780	49,7	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3880	7380	1200	5710	47,2	10+ dk	46,7	0,5
Sonsuz	A Tipi	3920	7330	1200	5730	46,2	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3860	7410	1200	6010	46,7	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3890	7450	1400	5600	44,0	10+ dk	44,9	1,1
Sonsuz	A Tipi	3880	7380	1400	5670	46,1	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3890	7370	1400	5620	44,5	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3890	7220	1600	5590	43,7	10+ dk	44,3	1,4
Sonsuz	A Tipi	3860	7530	1600	5630	45,9	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3880	7510	1600	5560	43,3	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3840	7550	1200	5990	56,0	4 dk	54,6	1,3
Sonsuz	A Tipi	3920	7510	1200	6020	53,6	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3790	7230	1200	5840	54,1	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3860	7350	1400	5860	51,8	4 dk	51,1	0,9
Sonsuz	A Tipi	3770	7200	1400	5660	50,1	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3840	7430	1400	5810	51,3	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3870	7500	1600	5750	48,6	4 dk	48,9	0,3
Sonsuz	A Tipi	3750	7250	1600	5590	49,1	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3860	7440	1600	5750	49,0	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3740	7220	1200	5580	49,2	10+ dk	48,2	0,9
Sonsuz	A Tipi	3930	7570	1200	5790	47,3	10+ dk		
Sonsuz	A Tipi	3900	7690	1200	5780	48,2	10+ dk		

Çizelge 4.2 Test sonuç verilerinin toplandığı tablo (devamı)

Sonsuz	A Tipi	3770	7240	1200	5820	54,4	4 dk	54,6	0,3
Sonsuz	A Tipi	3930	7210	1200	6070	54,5	4 dk		
Sonsuz	A Tipi	3750	7310	1200	5810	54,9	4 dk		
Sonsuz	B1 Tipi	3830	7270	1200	6020	57,2	4 dk	56,7	0,4
Sonsuz	B1 Tipi	3760	7340	1200	5890	56,6	4 dk		
Sonsuz	B1 Tipi	3740	7230	1200	5850	56,4	4 dk		
Sonsuz	B1 Tipi	3800	7260	1200	5750	51,3	10+ dk	51,3	0,5
Sonsuz	B1 Tipi	3760	7340	1200	5670	50,8	10+ dk		
Sonsuz	B1 Tipi	3730	7290	1200	5660	51,7	10+ dk		
Sonsuz	B2 Tipi	3820	7310	1200	5955	55,9	4 dk	56,4	0,7
Sonsuz	B2 Tipi	3740	7340	1200	5880	57,2	4 dk		
Sonsuz	B2 Tipi	3750	7320	1200	5850	56,0	4 dk		
Sonsuz	B2 Tipi	3810	7280	1200	5730	50,4	10+ dk	51,1	0,7
Sonsuz	B2 Tipi	3730	7390	1200	5660	51,7	10+ dk		
Sonsuz	B2 Tipi	3730	7290	1200	5640	51,2	10+ dk		
Sonsuz	C1 Tipi	3800	7330	1200	5850	53,9	4 dk	54,7	0,9
Sonsuz	C1 Tipi	3720	7400	1200	5790	55,6	4 dk		
Sonsuz	C1 Tipi	3760	7370	1200	5810	54,5	4 dk		
Sonsuz	C1 Tipi	3800	7290	1200	5630	48,2	10+ dk	48,3	0,9
Sonsuz	C1 Tipi	3730	7430	1200	5570	49,3	10+ dk		
Sonsuz	C1 Tipi	3790	7340	1200	5590	47,5	10+ dk		
Sonsuz	C2 Tipi	3800	7340	1200	5870	54,5	4 dk	54,4	0,5
Sonsuz	C2 Tipi	3750	7400	1200	5810	54,9	4 dk		
Sonsuz	C2 Tipi	3770	7380	1200	5800	53,8	4 dk		
Sonsuz	C2 Tipi	3800	7380	1200	5650	48,7	10+ dk	49,2	0,5
Sonsuz	C2 Tipi	3740	7390	1200	5600	49,7	10+ dk		
Sonsuz	C2 Tipi	3730	7390	1200	5570	49,3	10+ dk		
Yivli	A Tipi	3800	7380	1200	5900	55,3	4 dk	54,6	0,6
Yivli	A Tipi	3760	7400	1200	5810	54,5	4 dk		
Yivli	A Tipi	3780	7380	1200	5820	54,0	4 dk		
Yivli	A Tipi	3820	7430	1200	5650	47,9	10+ dk	48,1	0,6
Yivli	A Tipi	3750	7390	1200	5580	48,8	10+ dk		
Yivli	A Tipi	3750	7360	1200	5540	47,7	10+ dk		
Ç.M. 1	C1 Tipi	3780	7300	1200	5730	51,6	10+ dk	51,9	0,7
Ç.M. 1	C1 Tipi	3720	7200	1200	5680	52,7	10+ dk		
Ç.M. 1	C1 Tipi	3740	7200	1200	5660	51,3	10+ dk		
Ç.M. 2	C1 Tipi	3810	7350	1200	5740	50,7	10+ dk	51,3	0,7
Ç.M. 2	C1 Tipi	3710	7160	1200	5610	51,2	10+ dk		
Ç.M. 2	C1 Tipi	3750	7240	1200	5700	52,0	10+ dk		
Ç.M. 2	C1 Tipi	3780	7300	1200	5960	57,7	4 dk	57,7	0,3
Ç.M. 2	C1 Tipi	3760	7260	1200	5940	58,0	4 dk		
Ç.M. 2	C1 Tipi	3760	7260	1200	5920	57,4	4 dk		

Çizelge 4.2 Test sonuç verilerinin toplandığı tablo (devamı)

Yivli	A Tipi	3780	7300	1400	5540	46,6	10+ dk	46,8	0,2
Yivli	A Tipi	3720	7180	1400	5470	47,0	10+ dk		
Yivli	A Tipi	3720	7180	1400	5460	46,8	10+ dk		
Yivli	A Tipi	3810	7350	1400	5720	50,1	4 dk	50,0	1,0
Yivli	A Tipi	3730	7200	1400	5630	50,9	4 dk		
Yivli	A Tipi	3680	7100	1400	5480	48,9	4 dk		
Yivli	A Tipi	3800	7330	1600	5630	48,2	4 dk	47,4	0,8
Yivli	A Tipi	3760	7280	1600	5550	47,6	4 dk		
Yivli	A Tipi	3760	7300	1600	5510	46,5	4 dk		
Yivli	A Tipi	3810	7350	1600	5490	44,1	10+ dk	44,9	0,8
Yivli	A Tipi	3740	7200	1600	5430	45,2	10+ dk		
Yivli	A Tipi	3710	7170	1600	5400	45,6	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3830	7400	1200	5890	53,8	4 dk	54,7	0,9
Küçük	A Tipi	3750	7240	1200	5830	55,5	4 dk		
Küçük	A Tipi	3750	7240	1200	5810	54,9	4 dk		
Küçük	A Tipi	3770	7280	1200	5660	50,1	10+ dk	50,0	0,2
Küçük	A Tipi	3740	7220	1200	5600	49,7	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3720	7180	1200	5580	50,0	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3780	7300	1400	5680	50,3	4 dk	50,2	1,7
Küçük	A Tipi	3720	7180	1400	5650	51,9	4 dk		
Küçük	A Tipi	3740	7220	1400	5550	48,4	4 dk		
Küçük	A Tipi	3850	7430	1400	5550	44,2	10+ dk	44,7	0,8
Küçük	A Tipi	3770	7280	1400	5490	45,6	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3690	7120	1400	5320	44,2	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3840	7410	1600	5480	42,7	10+ dk	43,5	1,4
Küçük	A Tipi	3700	7140	1600	5370	45,1	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3750	7240	1600	5350	42,7	10+ dk		
Küçük	A Tipi	3780	7280	1600	5580	47,6	4 dk	47,9	0,4
Küçük	A Tipi	3740	7210	1600	5540	48,1	4 dk		
Küçük	A Tipi	3720	7180	1600	5510	48,2	4 dk		
Ç.M. 3	B1 Tipi	3800	7334	1200	6035	58,8	4 dk	58,1	1,0
Ç.M. 3	B1 Tipi	3733	7205	1200	5917	58,5	4 dk		
Ç.M. 3	B1 Tipi	3795	7325	1200	5956	56,9	4 dk		
Ç.M. 3	B1 Tipi	3803	7340	1200	5816	52,9	10+ dk	53,2	0,3
Ç.M. 3	B1 Tipi	3739	7216	1200	5727	53,2	10+ dk		
Ç.M. 3	B1 Tipi	3717	7174	1200	5710	53,6	10+ dk		
Ç.M. 3	B1 Tipi	1850	3571	1200	3030	63,8	4 dk	63,8	0,1
Ç.M. 3	B1 Tipi	1931	3727	1200	3165	63,9	4 dk		

Test düzeneği ile yapılan tüm testler çizelge 4.2’de görülmektedir. Bu tabloda kullanılan kazan, tambur tipi, sıkma devri ve maksimum devirde bekleme süresi test edilen parametrelerdir. Deterjan olup olmasının etkisi de incelenmiştir. Tabloyu daha iyi

yorumlayabilmek adına yapılan her kombinasyonda tekrarlanan üç testin ortalaması alınarak tek bir satır halinde yazılmış ve sıkma verimlerine göre iyiden kötüye doğru sıralanmıştır.

Çizelge 4.3 Yapılan tüm testlerin sıkma performansının iyiden kötüye doğru sıralanması

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Küçük	A Tipi	x	1600	43,5	1,41	10 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1600	44,3	1,37	10 dk
Küçük	A Tipi	x	1400	44,7	0,87	10 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1400	44,9	1,14	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1600	44,9	0,76	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1400	46,8	0,24	10 dk
Büyük	A Tipi	x	1600	47,4	1,08	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1600	47,4	0,82	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1600	47,9	0,36	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1200	48,0	0,94	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1200	48,1	0,57	10 dk
Sonsuz	C1 Tipi	x	1200	48,3	0,93	10 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1600	48,9	0,26	4 dk
Sonsuz	C2 Tipi	x	1200	49,2	0,53	10 dk
Büyük	A Tipi	x	1400	49,7	0,64	4 dk
Büyük	A Tipi	√	1600	49,7	0,57	4 dk
Büyük	A Tipi	√	1400	49,9	1,96	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1400	50,0	1,02	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1200	50,0	0,2	10 dk
Küçük	A Tipi	x	1400	50,2	1,74	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1400	51,1	0,86	4 dk
Sonsuz	B2 Tipi	x	1200	51,1	0,68	10 dk
Sonsuz	B1 Tipi	x	1200	51,3	0,47	10 dk
Ç.M. 2	C1 Tipi	x	1200	51,3	0,95	10 dk
Ç.M. 1	C1 Tipi	x	1200	51,9	0,72	10 dk
Ç.M. 3	B1 Tipi	x	1200	53,2	0,35	10 dk
Büyük	A Tipi	x	1200	53,3	0,97	4 dk
Sonsuz	C2 Tipi	x	1200	54,4	0,55	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1200	54,6	0,65	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1200	54,6	0,3	4 dk
Sonsuz	C1 Tipi	x	1200	54,7	0,86	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1200	54,7	0,86	4 dk
Büyük	A Tipi	√	1200	55,2	0,96	4 dk
Sonsuz	B2 Tipi	x	1200	56,4	0,74	4 dk
Sonsuz	B1 Tipi	x	1200	56,7	0,39	4 dk
Ç.M. 2	C1 Tipi	x	1200	57,7	0,27	4 dk
Ç.M. 3	B1 Tipi	x	1200	58,1	1	4 dk

Çizelge 4.3’ de yapılan tüm testlerin kombinasyonları yer almaktadır. Tabloyu değerlendirebilmek için bir takım parametreleri filtreleyerek adım adım ilerlenmelidir.

4.6 Tambur Çeşitlerinin Sıkma Performanslarının Karşılaştırılması

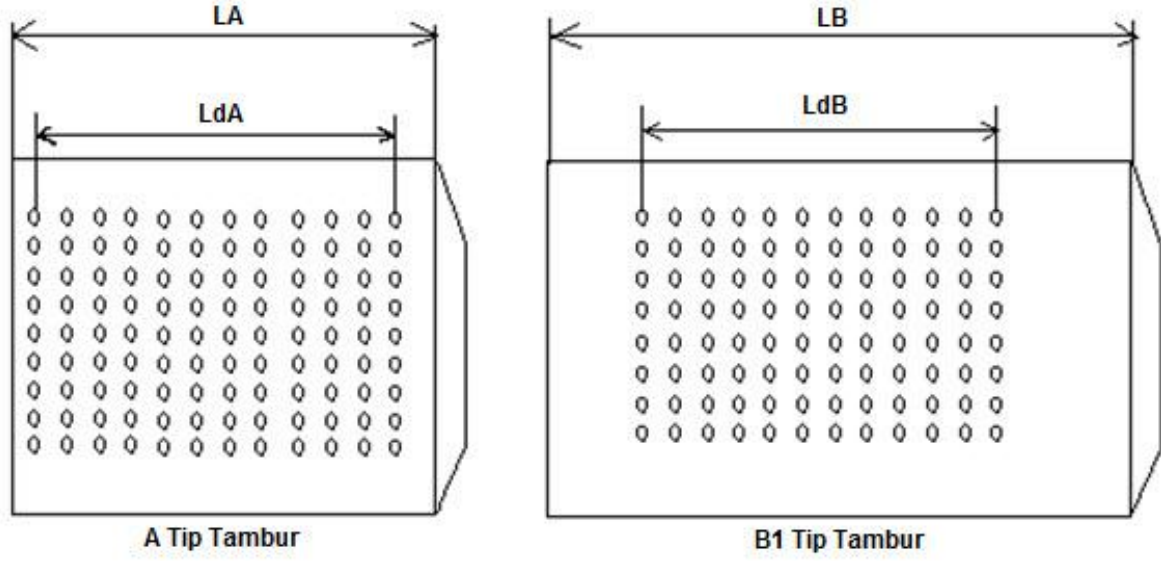
Tambur etkilerini görmek için tablo, sıkma devri ve maksimum devirde kalma süresine göre ayrıştırılmalıdır. Öncelikle tamburlar arası performans karşılaştırılması yapılacaktır. Test edilen beş farklı tambur tipi mevcuttur. Bu testler 1200 d/dk’da sonsuz kazan ile maksimum devirde 4 dk kalan sıkma profili ile test edilmiştir.

Çizelge 4.4 1200 devir/dk hız ile maksimum devirde 4 dk kalan testler

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Sonsuz	C2 Tipi	x	1200	54,4	0,55	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1200	54,6	0,3	4 dk
Sonsuz	C1 Tipi	x	1200	54,7	0,86	4 dk
Sonsuz	B2 Tipi	x	1200	56,4	0,74	4 dk
Sonsuz	B1 Tipi	x	1200	56,7	0,39	4 dk

Çizelge 4.4’ deki sonuçlara bakıldığında C1 Tipi, C2 Tipi ile A Tipi tamburun sıkma verimleri aynı çıkmıştır. Fakat B1 Tipi ve B2 Tipi tambur belirgin bir şekilde diğer tambur tiplerine göre daha düşük bir sıkma verimine sahiptir. Ayrıca burada ön delikleri kapatılmış C2 Tipi ve delik sayısı azaltılmış B2 Tipi tamburları için kendi içinde sıkma verimi açısından bir farklılık oluşturmadığı gözlenmiştir.

C tip tambur çapının (490 mm), B tipi tambur çapına (470 mm) kıyasla daha büyük olması, çamaşıra uygulanan merkezkaç kuvvetin artmasına neden olduğu için sıkma performansı daha yüksektir. Ancak burada asıl yorumlanması gereken arada sadece derinlik farkı olan A Tipi ve B tipi tambur arasında gözlenen farklılığın sebebidir.



Şekil 4.5 A tipi ve B1 tipi tambur arasındaki delik yoğunluğu farkı

Sıkma performansı açısından farklılık gösteren bu iki tip tamburda delik sıklığı ve geometrisi aynıdır. Ancak A Tipi tamburda bu deliklerin başlangıç noktası ile tamburunun yan yüzeyi arasındaki mesafe B Tipi tambura göre çok daha kısadır. Yani delik kümesinin uzunluğunun toplam uzunluğa oranı A Tipi tamburda daha yüksektir.

$$\frac{L_{dA}}{L_A} > \frac{L_{dB}}{L_B}$$

L_{dA} : 225 mm (A Tipi tambur delik kümesi uzunluğu)

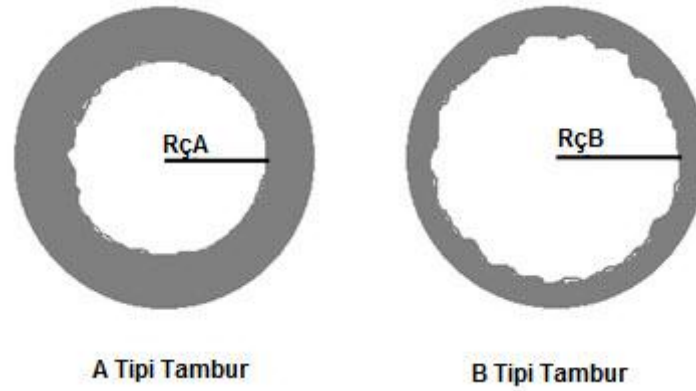
L_A : 260 mm (A Tipi tambur derinliği)

L_{dB} : 250 mm (B Tipi Tambur delik kümesi uzunluğu)

L_B : 370 mm (B Tipi tambur derinliği)

Ancak C2 tipi tamburunun C1 tipi tamburundan farkı yukarıda da anlatıldığı gibi tambur ön kısmında sıkıştırılmış deliklerin kapatılmış olmasıydı. Test sonuçlarına bakıldığında ön deliklerin kapalı olmasının sıkma performansına bir etkisinin olmadığı açıkça görülmektedir. Bu durum B Tipi ve A Tipi tambur arasındaki sıkma performansı farkının delik kümesi uzunluğunun, toplam tambur boyuna oranından kaynaklandığı tezini doğrulayamamıştır.

A Tipi tamburun B Tipi tamburdan neden daha iyi bir sıkma performansına sahip olmasını açıklayacak ikinci bir yaklaşım ise tambur içindeki çamaşır yoğunluğudur. Daha önceden de değinildiği gibi testler 4kg kuru ağırlığa sahip etamin yükler kullanılarak yapılmıştır. B Tipi tamburda derinlik daha büyük olduğu için bölgesel çamaşır yoğunluğu pek fazla olmamaktadır. A Tipi tambur çeperinde çamaşır yoğunluğunun yüksek olması çeperle merkez arasında kalan çamaşır dağılımını artırmaktadır. Yani A Tipi tamburda çepere yapışmış çamaşır merkezkaç kuvvet ile yapısındaki suyu serbest bırakırken, ekstra olarak merkeze daha yakın olan yüke etkiyen merkezkaç kuvvet etkisi ile daha fazla kuvvete maruz kalmaktadır.



Şekil 4.6 4 kg yük kullanıldığı durumda A tipi ve B tipi tambur içinde görülen yük dağılımı. Yukarıdaki resimde de görüldüğü üzere çepere yapışan çamaşırın merkezken olan uzaklığı B Tipi tamburda daha büyüktür. ($R_{çB} > R_{çA}$)

Deneylerde ortaya çıkan çamaşır yoğunluğunun sıkma verimine olan etkisini doğrulamak için kullanılan test yükleri ikiye bölünerek 2kg'lık 2 yük elde edilmiş ve B Tipi tamburda aynı şartlarda sıkma yaptırılarak yukarıdaki durum gözlenmeye çalışılmıştır. Yani aynı tamburda çamaşır kütlesi değiştirilerek aynı etkinin yaratılması ile çamaşır yoğunluğu daha yüksek olacak 4 kg'lık yükler kullanılarak yapılan testlerin, 2 kg'lık yükler kullanılarak yapılan testlerden daha yüksek sıkma performansı göstermesi beklenmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı yük ağırlığının sıkma verimine etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Yük (kg)	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Ç.M. 3	B1 Tipi	4	x	1200	58,1	1	4 dk
Ç.M. 3	B1 Tipi	2	x	1200	63,8	0,09	4 dk

Çizelge 4.5'te kazan tipi sütununda "Ç.M. 3" olarak isimlendirilen testler deney düzeneğinde değil bir çamaşır makinesi kullanılarak yapılmıştır. Görüldüğü üzere testler arasında sıkma verimi açısından %5'lik bir fark görülmektedir. Bu durum testlerde kullanılan aynı çapta ve delik geometrisine sahip A tipi ve B tipi tambur arasındaki sıkma verimi farkının nedeninin çamaşır yoğunluğundan kaynaklandığını göstermektedir. Ayrıca çamaşır makinelerinin yıkama sınıflarını belirlemek için yapılan yedili enerji etiketi testlerinde tam ve yarım yüklerle yapılan testlerin sıkma performansına bakıldığında, tam yükler ile yapılan sıkmaların performansının daha iyi olduğu görülmüştür.

Yukarıda çizelge 4.2 ve 4.3 'de görüldüğü üzere 1200 devir/dk hız ile maksimum devirde 4 dk beklemeli sonsuz kazanlı testler yapılmıştır. Testlerin sonuçlarını doğrulamak için maksimum devirde kalma süresi 10 dk yapılarak 1200 devir/dk hızla ve sonsuz kazanlı durumda tekrarlanarak ulaşılabilecek en yüksek sıkma performansı gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.6 1200 devir/dk hız ile maksimum devirde 10 dk kalan testler

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Sonsuz	A Tipi	x	1200	48,0	0,94	10 dk
Sonsuz	C1 Tipi	x	1200	48,3	0,93	10 dk
Sonsuz	C2 Tipi	x	1200	49,2	0,53	10 dk
Sonsuz	B2 Tipi	x	1200	51,1	0,68	10 dk
Sonsuz	B1 Tipi	x	1200	51,3	0,47	10 dk

Çizelge 4.6'te görüldüğü gibi maksimum devirde 10 dk beklenen testlerde de tamburların birbirine göre sıkma performansı kıyaslaması 4 dk beklenen testlerde ki gibi çıkmıştır. Yine A Tipi ve C Tipi tamburun sıkma performansı B tipi tambura göre daha yüksektir. Burada dikkat edilecek husus maksimum devirde kalma süresinin sıkma verimine direkt olarak etki

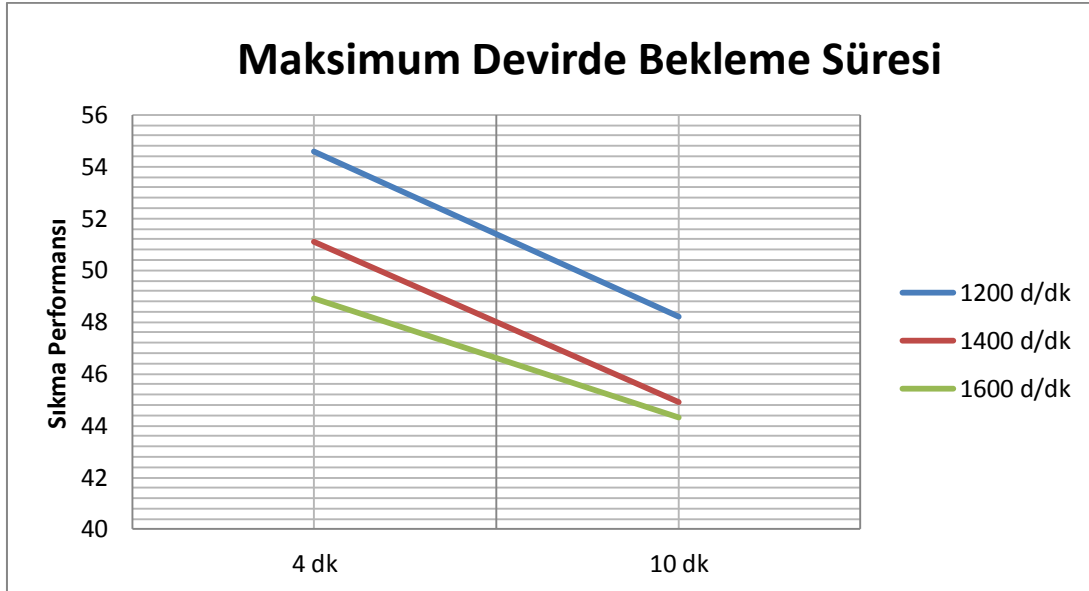
etmesidir. Örneğin kazansız durumda A tipi tambur ile 1200 devir/dk hızla yapılan testlerde maksimum devirde kalma süresi sıkma performansını %54,6 dan %48'e yükseltmiştir. Bu sonuç 1400 devir/dk hız ile 4dk maksimum devirde kalınarak ve büyük kazan ve A Tipi tambur kullanılarak yapılan testlerin en yüksek sıkma performansına ulaşıldığı testlerden daha iyi bir performans göstermiştir.

4.7 Maksimum Devirde Kalma Süresinin Sıkma Performansına Etkisi

Çizelge 4.7' de maksimum devirde bekleme süresinin farklı hızlarda ki sıkma performansına etkisi görülmektedir.

Çizelge 4.7 Maksimum devirde bekleme süresinin sıkma performansına etkisi

A Tipi Tambur-4kg çamaşır			
	Sonsuz (Kazansız) -A Tipi Tambur (4 dk)	Sonsuz (Kazansız) -A Tipi Tambur (10 dk)	İyileştirme
d/dk	Sıkma Verimleri	Sıkma Verimleri	
1200	54,6	48,2	11,7
1400	51,1	44,9	12,1
1600	48,9	44,3	9,4



Şekil 4.7 Maksimum devirde bekleme süresinin sıkma performansı üzerindeki etkisini gösteren grafik

1200 devir/dk hızla yapılan 10 dk maksimum devirde beklemeli testlerde görüldüğü üzere bu tambur çapıyla ($\varnothing=470$ mm) en fazla % 48’lik bir sıkma performansına ulaşılır. Bu durumda 1200 devir/dk hız ile A sıkma sınıfına ulaşılması mümkün görülmemektedir.

4.8 Deterjan Kullanımının Sıkma Performansına Etkisi

Deterjan sıkma performansına etki eden parametrelerden bir tanesidir. Bu testlerde deterjan miktarının sıkma performansına olan etkisi detaylı olarak incelenmemiştir. Sadece deterjan kullanılarak ıslatılmış çamaşırların deterjan olmayan duruma göre sıkma performansına ne derecede etki ettiği gözlenmiştir. Bunun için deterjanlı testler 80 gr müşteri deterjanı kullanılarak 1200,1400 ve 1600 devir/dk hızlar seçilerek test edilmiştir.

Çizelge 4.8 Deterjan kullanımının sıkma performansına etkisi

No	Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
1	Büyük	A Tipi	x	1200	53,3	0,97	4 dk
2	Büyük	A Tipi	√	1200	55,2	0,96	4 dk

Çizelge 4.8’ de 1200 devir/dk hızda yapılan test sonuçlarına göre deterjanlı durum deterjansız durum arasında yaklaşık % 2’lik bir fark vardır.

Çizelge 4.9 Deterjan kullanımının 1400 d/dk hızda sıkma performansına etkisi

No	Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
1	Büyük	A Tipi	x	1400	49,7	0,64	4 dk
2	Büyük	A Tipi	√	1400	51,0	0,36	4 dk

Çizelge 4.9 ve çizelge 4.10’da 1400 ve 1600 devir/dk hızda da 1200 devir/dk hızdaki durum gibi deterjanlı test sonuçları deterjansız test sonuçlarına göre daha kötü bir sıkma performansına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.10 Deterjan kullanımının 1600 d/dk hızda sıkma performansına etkisi

No	Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
1	Büyük	A Tipi	x	1600	47,4	1,08	4 dk
2	Büyük	A Tipi	√	1600	49,7	0,57	4 dk

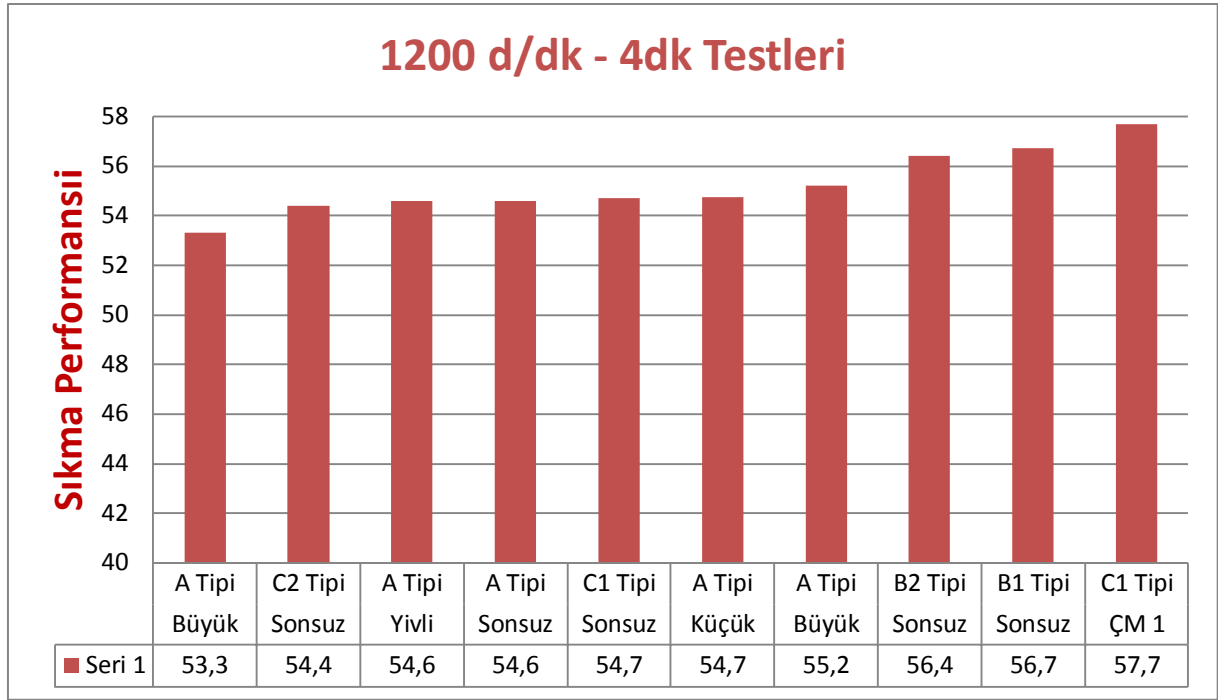
4.9 Kazan Geometrisinin Sıkma Performansına Etkisi

Deney düzeneğinde yapılan testlerde kullanılan kazan tipleri yukarıdaki bölüm 4.1’de anlatılmıştır. Kazan geometrisinin sıkma performansına ne denli etki ettiğinin araştırılması için kazanlar değiştirilerek aynı şartlarda testler yapılmıştır. Bu testler 1200, 1400 ve 1600 devir/dk hız ile ve maksimum devirde kalma süresi 4 ve 10 dk olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Daha önce değinilen tambur tiplerinin sıkma performansına yapmış olduğu etki nedeniyle, kazan inceleme testlerinde tek tip tambur kullanılmasını gerektirmiş ve A Tipi tambur seçilmiştir.

Çizelge 4.11 Kazan tipinin, 1200 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Büyük	A Tipi	x	1200	53,3	0,97	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1200	54,6	0,65	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1200	54,6	0,3	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1200	54,7	0,86	4 dk

Deney düzeneği ile yapılan testlerde 1200 devir/dk hızda maksimum devirde 4 dk beklemeli testlerde yivli kazan, küçük kazan ve kazansız durum testlerinde sıkma verimi aynı çıkmıştır. Büyük kazanın sıkma performansı %1 birim daha iyi görülmektedir. Ancak bu testte standart sapmanın nispeten daha yüksek çıkması sonucu büyük kazan performansı diğer kazanlar ile aynı kabul edilebilir.

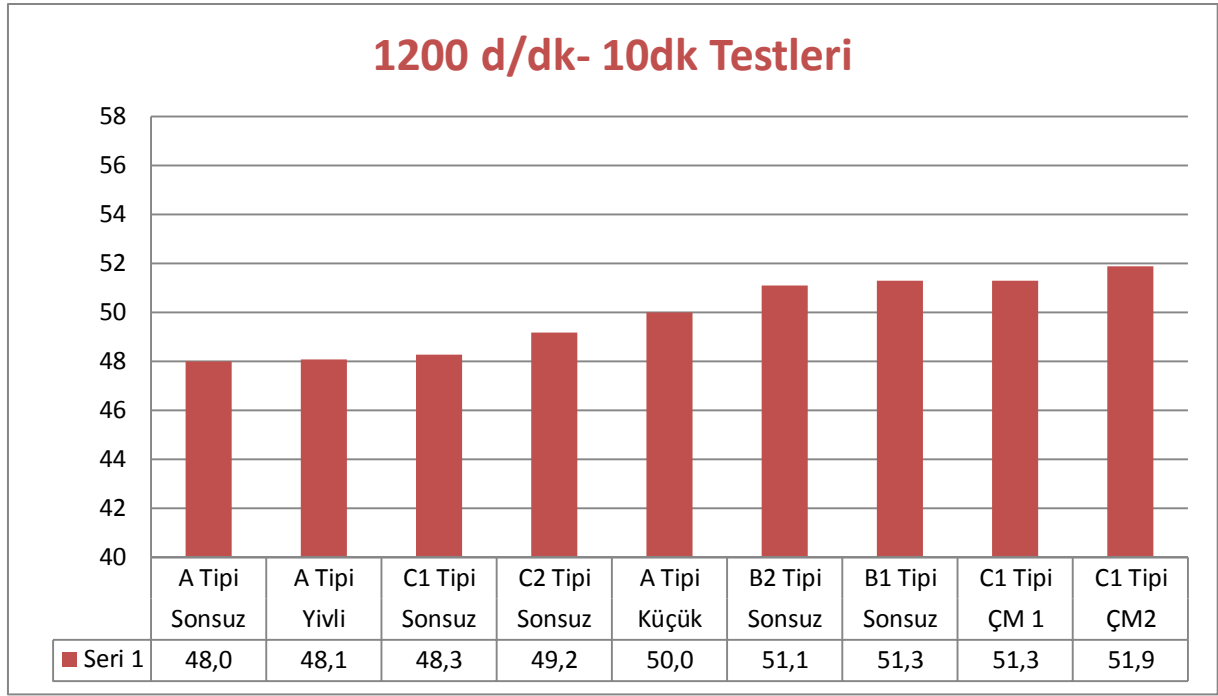


Şekil 4.8 1200 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

Çizelge 4.12 Kazan tipinin, 1200 d/dk hızda 10dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Sonsuz	A Tipi	x	1200	48,0	0,94	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1200	48,1	0,57	10 dk
Küçük	A Tipi	x	1200	50,0	0,2	10 dk

Maksimum devirde 10 dk beklemeli testlerde ise yine yukarıda olduğu gibi kazansız ve yivli kazanın sıkma performansları aynı çıkmıştır. Küçük kazanlı versiyonun sıkma süresi arttığı durumda sıkma performansının büyük yivli ve kazansız duruma göre % 2 daha kötü olduğu görülmüştür.

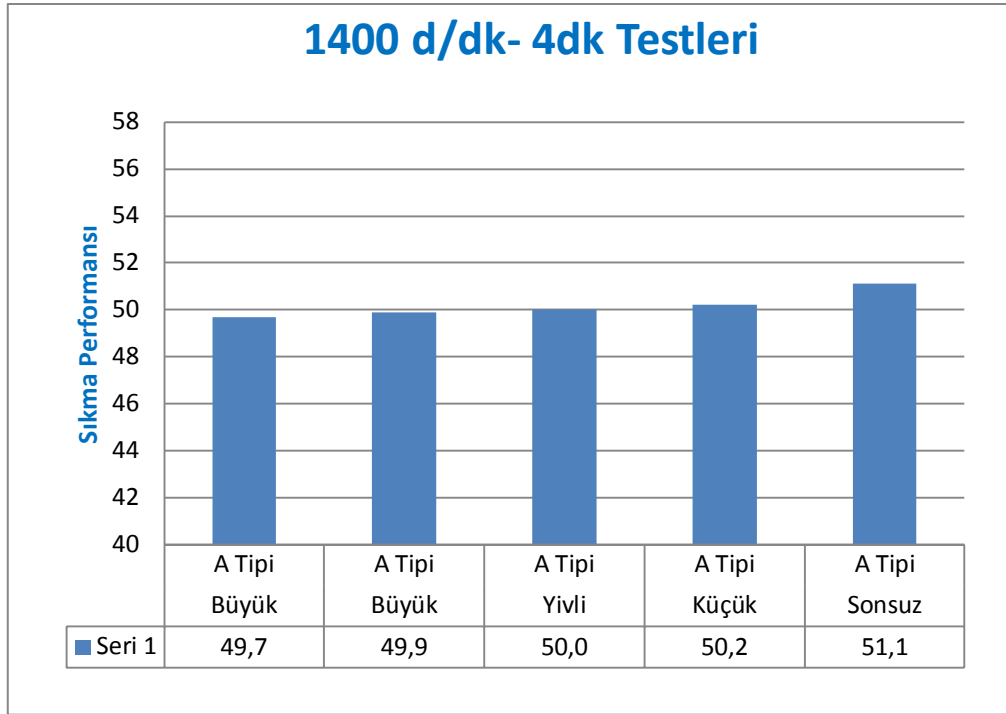


Şekil 4.9 1200 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

Çizelge 4.13 Kazan tipinin, 1400 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Büyük	A Tipi	x	1400	49,7	0,64	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1400	50,0	1,02	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1400	50,2	1,74	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1400	51,1	0,86	4 dk

1400 devir/dk hız ile maksimum devirde 4 dk beklenen testlerde büyük, yivli ve küçük kazanın sıkma performansı birbirleri ile aynı çıkmış ancak kazansız durum ortalaması %1 birim daha düşük çıkmıştır.



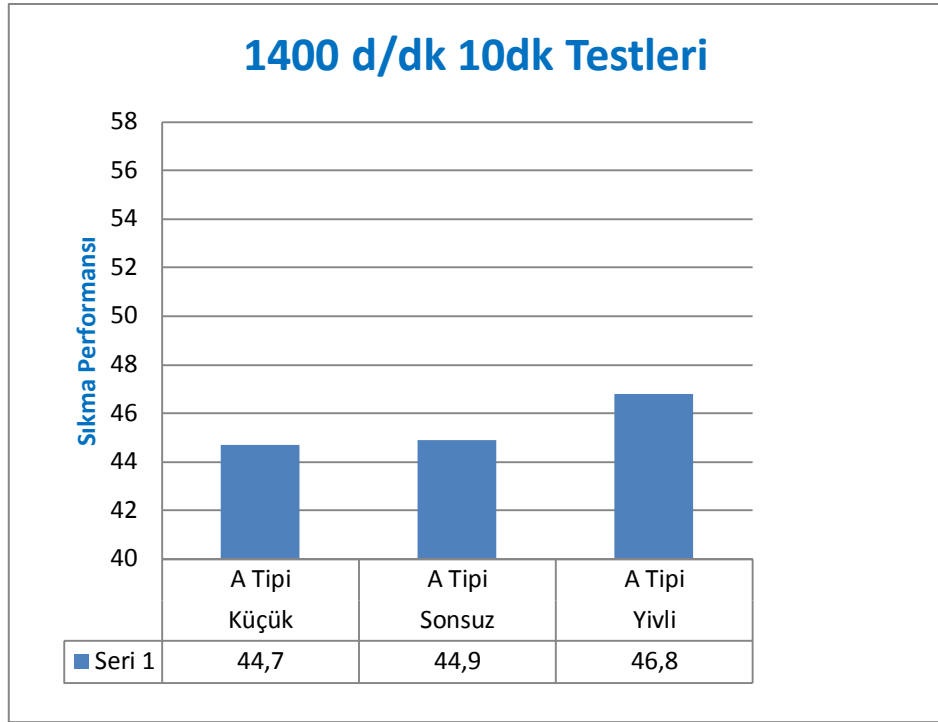
Şekil 4.10 1400 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

Şekil 4.10'da görülen %49,9'luk sıkma performansına sahip testte deterjanlı yıkama yapılmıştır.

Çizelge 4.14 Kazan tipinin, 1400 d/dk hızda 10 dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Küçük	A Tipi	x	1400	44,7	0,87	10 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1400	44,9	1,14	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1400	46,8	0,24	10 dk

1400 devir/dk hız ile maksimum devirde 10 dk beklenen testlerde, 1200 devir/dk testlerinde olduğu gibi kazansız durumun performansı yükselmiş, küçük kazan ile birlikte yivli kazanlı testlere göre %2 birim daha iyi bir sıkma performansı göstermiştir.

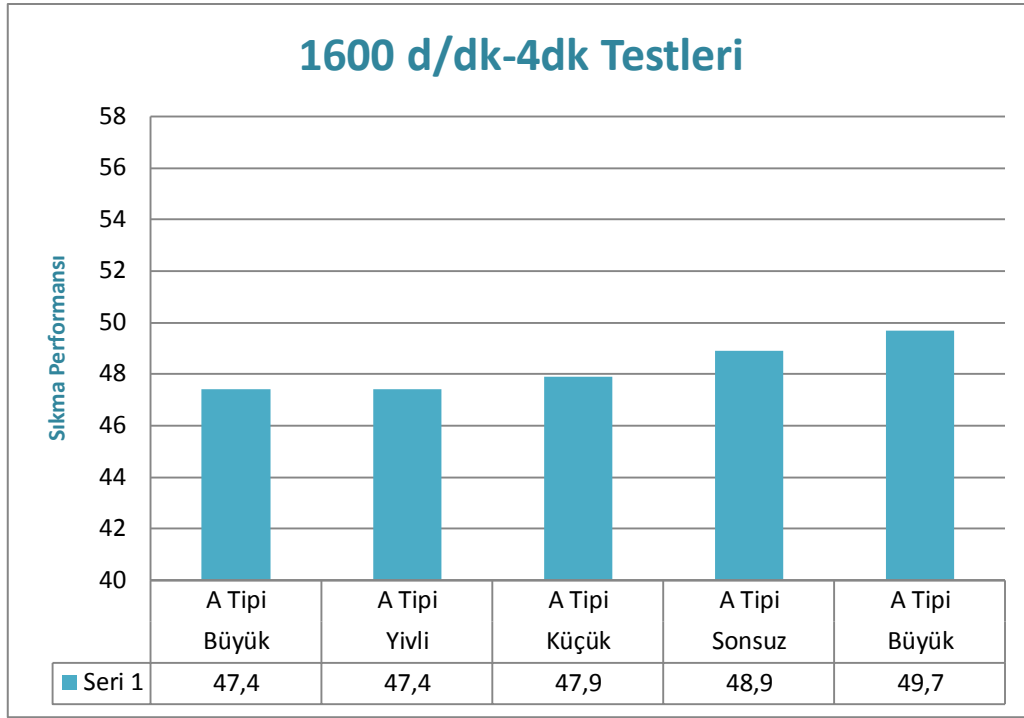


Şekil 4.11 1400 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

Çizelge 4.15 Kazan tipinin, 1600 d/dk hızda 4dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Büyük	A Tipi	x	1600	47,4	1,08	4 dk
Yivli	A Tipi	x	1600	47,4	0,82	4 dk
Küçük	A Tipi	x	1600	47,9	0,36	4 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1600	48,9	0,26	4 dk

1600 devir/dk hız ile maksimum devirde 4 dk beklenen testlerde; büyük, yivli ve küçük kazanın sıkma performansı yaklaşık olarak aynı çıkmıştır, ancak sonsuz kazanlı durumda sıkma performansında %1' lik bir düşüş olduğu görülmüştür.

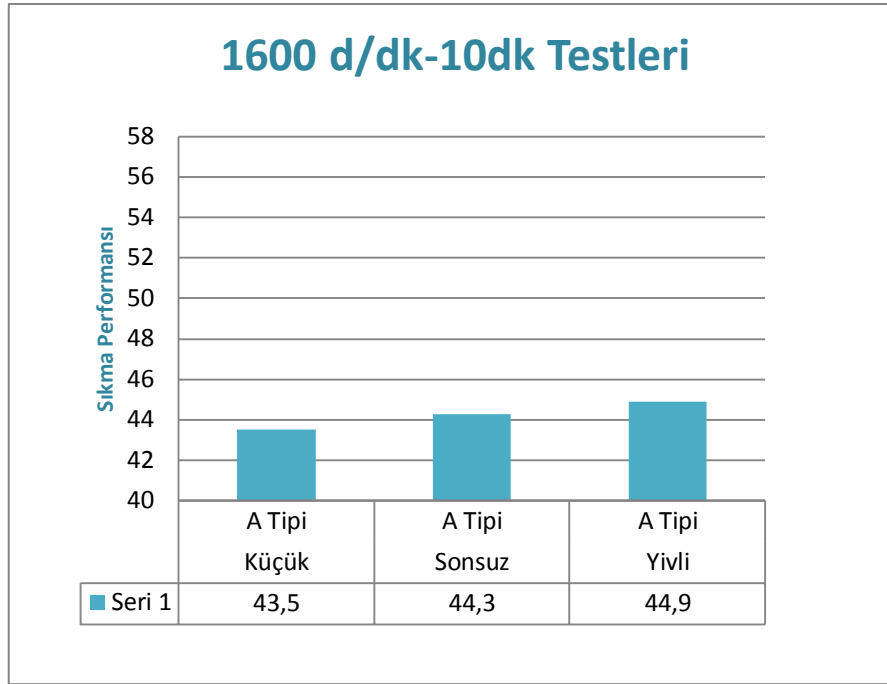


Şekil 4.12 1600 d/dk hızda 4 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

1600 devir/dk hızda 10 dk beklemeli yapılan testlerdeki performans sıralaması 1400 devir/dk hız ile yapılan testler ile aynıdır. Burada küçük kazan ile yapılan testlerin sıkma performansı yivli kazan ile yapılan testlerin ortalamasından yaklaşık olarak % 1,5 birim daha iyidir.

Çizelge 4.16 Kazan tipinin, 1600 d/dk hızda 10 dk bekletilen testlerdeki etkisi

Kazan Tipi	Tambur Tipi	Deterjan	Son Sıkma Devri	Sıkma Verimi Ort(%)	Std. Sapma	Maks. devirde kalma süresi
Küçük	A Tipi	x	1600	43,5	1,41	10 dk
Sonsuz	A Tipi	x	1600	44,3	1,37	10 dk
Yivli	A Tipi	x	1600	44,9	0,76	10 dk



Şekil 4.13 1600 d/dk hızda 10 dk kalınan, tüm kombinasyonlarda yapılan tüm testlerin sonuçlarının grafiksel gösterimi

Deney düzeneği ile yapılan testlerde görüldüğü üzere sıkma verimine etki eden en önemli faktör maksimum devirde kalma süresidir. Şekil 4.7 'de, maksimum devirde kalma süresinin etkisi 1200 devir/dk hızda belirgin bir şekilde görülmektedir. Sıkma veriminin %54 mertebesinde %48'e düşürülmesi için 6 dk daha fazla maksimum devirde kalmak yeterlidir. Ancak maksimum devirde kalma süresi arttıkça daha fazla enerji tüketimi gerçekleşecektir.

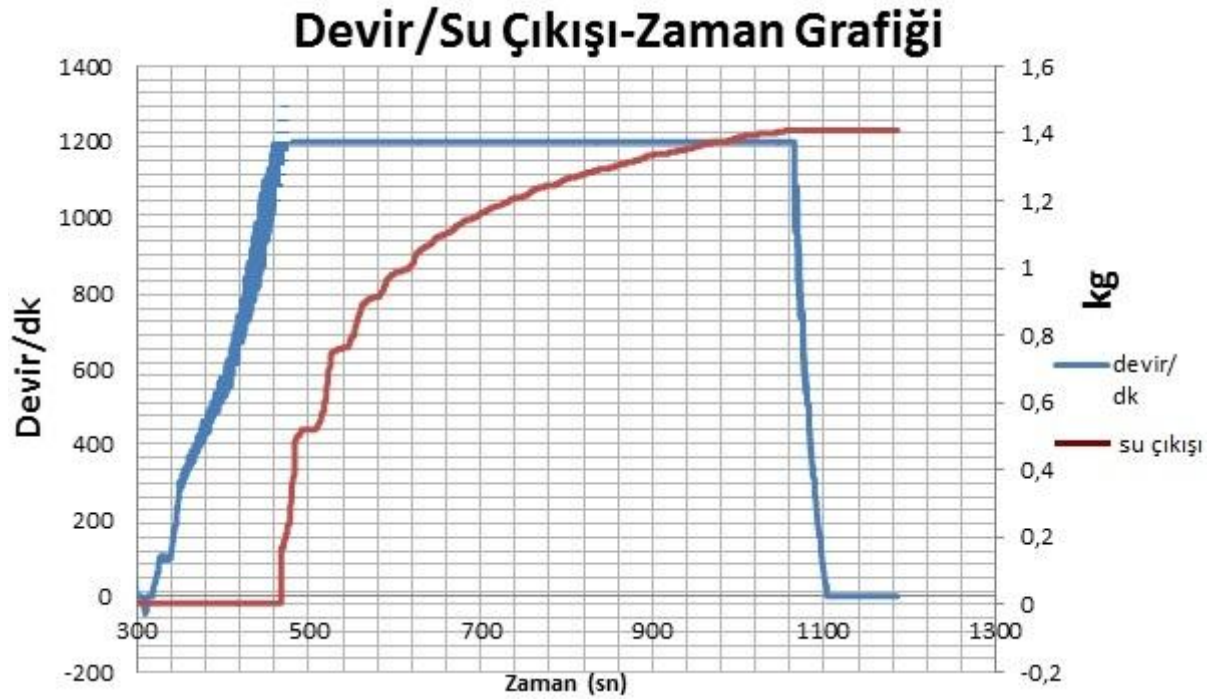
4.10 Sıkma Sırasında Atılan Suyun Anlık Değişimi ve Anlık Sıkma Performanslarının Belirlenmesi

Çamaşır makineleri en fazla anlık enerji tüketimi ısıtma adımı sırasında gerçekleştirir. Program tipi ve sıcaklık seçimine göre bağlı olarak enerji tüketiminin büyük bir kısmı ısıtma sırasında harcanır. İkinci olarak enerji tüketiminin en fazla olduğu adım sıkma adımıdır. Burada ise seçilen devir ve maksimum devirde kalma süresi enerji tüketimini etkileyen ana parametreler iken titreşim gibi fiziksel faktörlerde anlık güç kaybını artırarak enerji tüketimini artırmaktadır.

Çamaşır makinelerinde sıkma performansını iyileştirmek maksimum devirde kalma süresiyle enerji tüketimi arasındaki doğru orantı göz önüne alınmalı ve buna göre en uygun sıkma süresi belirlenmelidir. Eğer pompa ile makineden dışarı atılan suyun zamana bağlı olarak

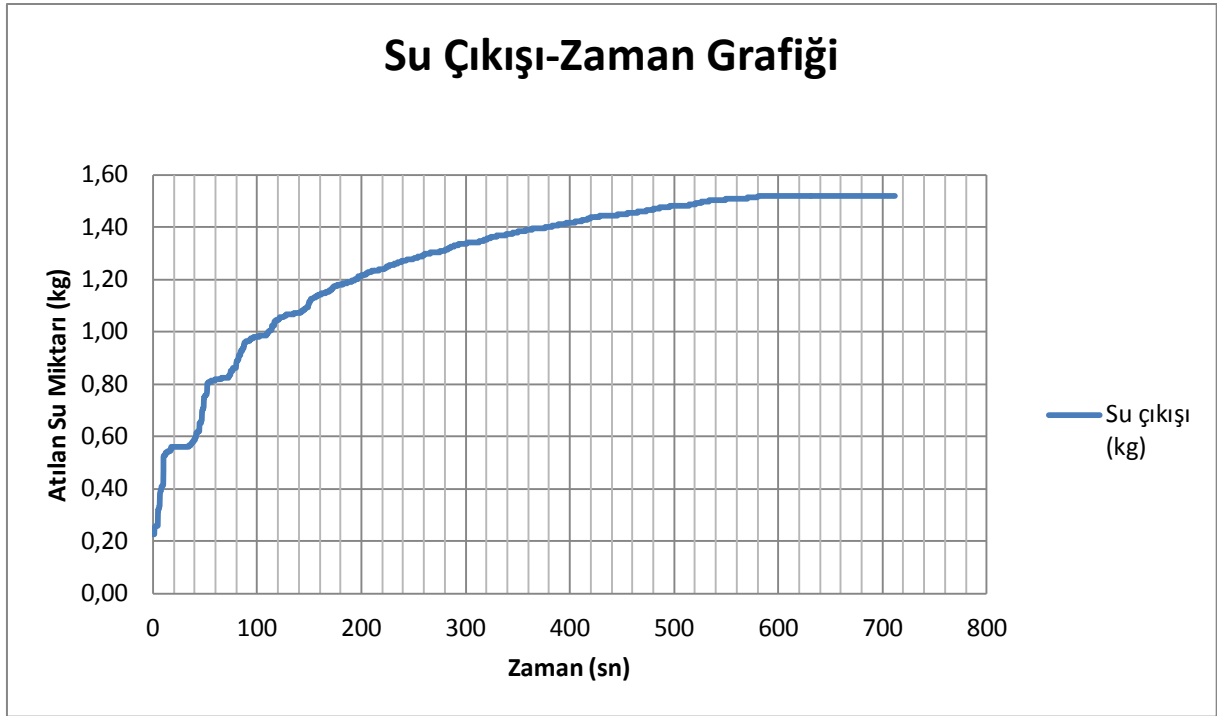
değişimi tespit edilebilir ise maksimum devirde kalma süresinin ne kadar olması gerektiği ile ilgili bir ön bilgi alınmış olacaktır.

Atılan suyun zamana bağlı değişimini gözlemlemek için yapılan testlerde bir terazi kullanılmıştır. Makine tahliye hortumunun ucu terazi üzerindeki bir hazneye bağlanmıştır. Terazi ise bir veri toplama sistemine bağlanarak üzerindeki ağırlık değişiminin zamana göre grafiği çizdirilmiştir.



Şekil 4.14 Devir ve pompa ile atılan suyun zamana bağlı değişim grafiği

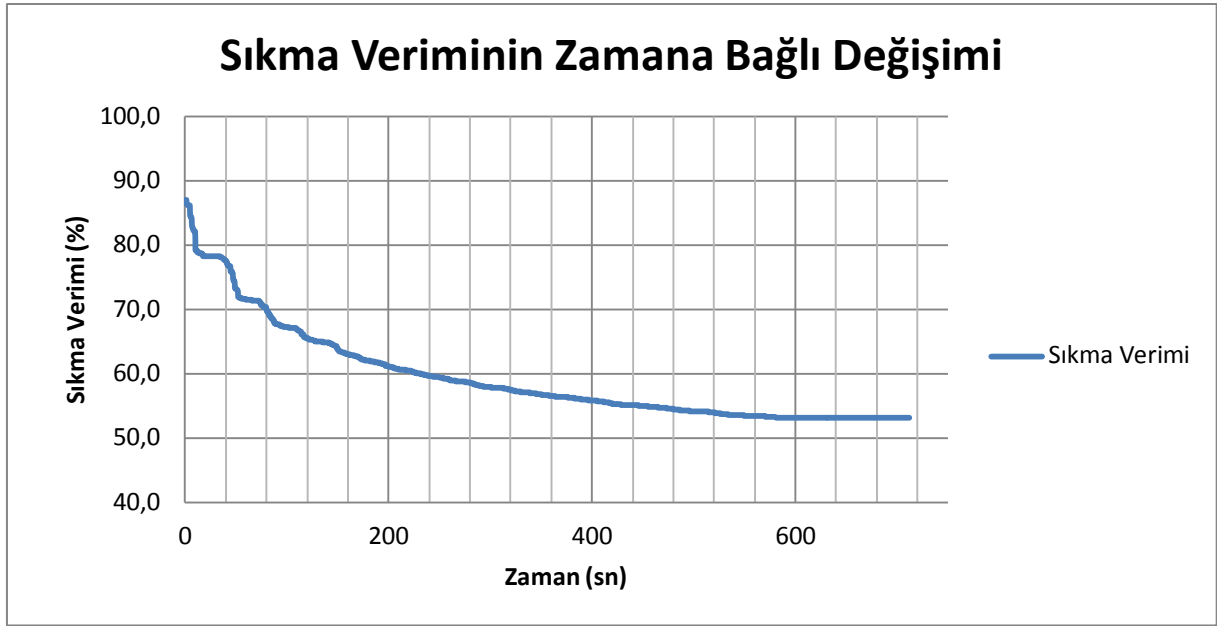
Normal bir sıkma çevriminde su çıkışı 100 devir/dk hızdan başlayarak hız arttıkça devam etmektedir. Yukarıdaki grafikte ise su çıkışının başlangıcı yaklaşık olarak 1100-1200 devir/dk hız aralığına tekabül etmektedir. Bunun nedeni bölüm 4.4'te de bahsedildiği gibi deney düzeneğinde yapılan testlere başlanmadan önce ısıtılmış yüklere uygulanan ön sıkmadır. Islatılmış çamaşırı %93 oranında nemli hale getirebilmek için 600-800 devir/dk aralığında sıkma uygulanmıştır. Yani deney düzeneğinde yapılan testler sırasında öncü sıkma devrine ulaşılmadan çamaşır üzerinden daha fazla su atılmamaktadır. Öncü sıkma devrine ulaşıldıktan sonra artan hız ile çamaşır üzerinden su molekülleri merkezkaç etki ile atılmaya başlanır. Çıkarılan bu suyun pompa ile atılabilmesi için kazan-pompa haznesine dolması gerekmektedir. Bu durum pompa ile atılan suyun bir miktar gecikmesine neden olmaktadır.



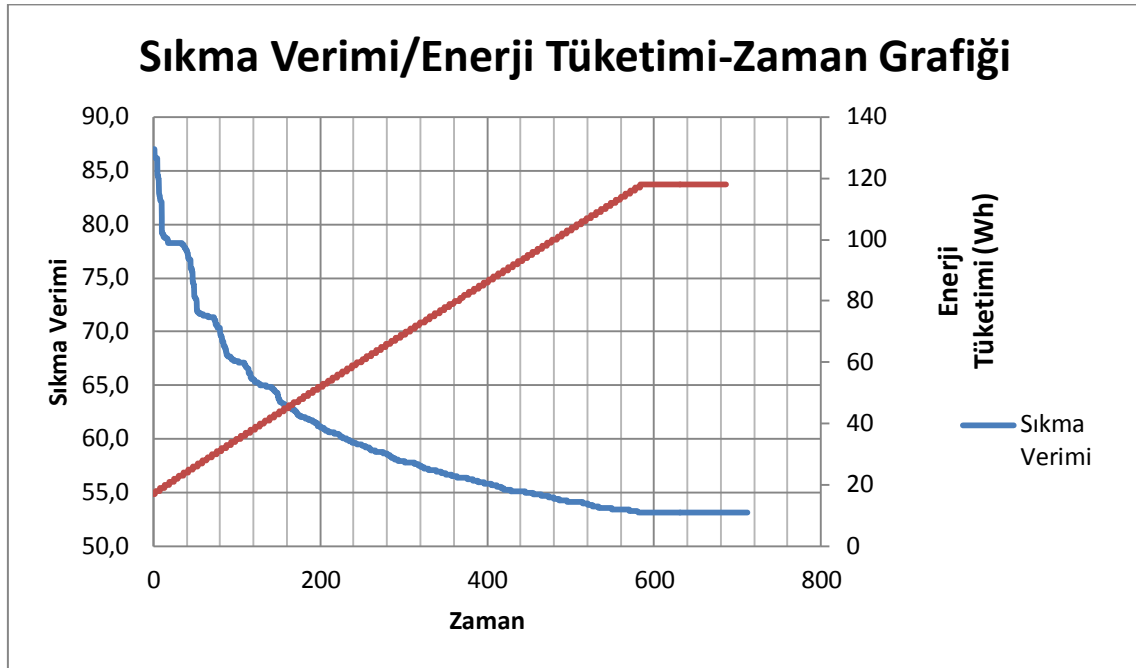
Şekil 4.15 Maksimum devre ulaşıldığı andan itibaren pompa ile atılan suyun zamana bağlı değişim grafiği

Şekil 4.15’ te pompa ile atılan suyun zamana bağlı değişimi gösterilmektedir. Burada dikkat edilecek husus zaman eksenini başlangıcının 1200 devir/dk hıza ulaşıldığı andan itibaren başlamış olmasıdır.

1200 devir/ dk hıza ulaşıncaya kadar geçen zamanda çamaşır üzerindeki suyun %20’ye yakın bir bölümü atılabilmektedir. 1200 devir/dk hıza ulaşıldıktan sonraki ilk 100 sn içinde bu oran yaklaşık olarak %70’e yükselmiştir. 200. saniyede ise atılan suyun toplam atılan suya oranı %80’e ulaşmıştır. Grafikte de görüldüğü üzere atılan suyun yüzdesindeki artış zamanla azalmaktadır ve bir süre sonra bu devir hızı ve tambur çapı ile ulaşılabilecek en yüksek sıkma performansı limitine ulaşmaktadır. Bu durumu daha detaylı inceleyebilmek için anlık sıkma veriminin zamana bağlı değişiminin gözlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Atılan suyun zamana bağlı değişimde anlık olarak ölçülebilen su miktarı verisi kullanılarak sıkma veriminin zamana bağlı değişim grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.16 Maksimum devre ulaşıldıktan sonra sıkma veriminin zamana bağlı değişim grafiği



Şekil 4.17 Maksimum devre ulaşıldıktan sonra sıkma veriminin zamana bağlı değişim grafiği ve enerjideki artış

4.11 İdeal maksimum devirde kalma süresinin belirlenmesi

Şekil 4.17’de sıkma verimi ve enerji tüketiminin zamana bağlı değişimi gösterilmiştir. Sıkma verimindeki iyileşme zamanla azalarak devam etmiş, enerji tüketimi ise doğrusal olarak artmıştır. 1200 devir/dk hız ile mevcut 4kg yüklerin sıkılması sırasında her altı saniyede 1

Wh'lık enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Maksimum devirde 4 dk beklenilmesi durumunda toplamda 59 Wh'lık bir enerji tüketimi olurken 10 dk beklenilmesi enerji tüketimini 118 Wh'e çıkarmıştır. Bu durumda sıkma verimi ile enerji arasındaki dengenin optimal derecede sağlanabilmesi için uygun bir nokta belirlenmesi gereklidir.

Bölüm 4.10' da anlatılan çalışmalar sonucu sıkma performansının zamana bağlı değişim grafiği elde edilmiştir. Çizelge 4.17' de sıkma performansı, atılan su oranı ve enerji tüketiminin 30 sn'lik periyotlar ile zamana göre ne ölçüde değiştiği gösterilmektedir.

Çizelge 4.17 Maksimum devirde kalınan her 30 sn için parametrelerdeki değişimler.

Zaman (sn)	Anlık Su / Toplam Su (%)	Sıkma Performansı (%)	Enerji Tüketimi (Wh)
0	14,9	87	17
30	36,8	78	22
60	53,9	71	28
90	63,5	68	33
120	68,8	66	38
150	73,4	64	43
180	77,7	62	49
210	81,2	61	54
240	83,7	60	59
270	85,8	59	64
300	87,9	58	69
330	90,1	57	74
360	91,5	57	79
390	92,9	56	85
420	94,7	55	90
450	95,4	55	95
480	96,8	54	100
510	97,5	54	105
540	98,9	54	110
570	100	53	115

Çamaşır makinelerinde genel olarak 1600 devir/dk hız ile A, 1400 devir/dk hız ile A veya B sıkma hızı hedeflenir. 1200 devir/dk sıkmalar için B ve C sıkma sınıfları iyi kabul edilir ve makine üretildikten sonra sıkma sınıfı da belirtilmelidir. Bazen üretim, montaj, kullanım gibi faktörler yüzünden sıkma performansında bir takım saçınıklıklar oluşabilir. Bu nedenle bir makine test edilirken +/- %10 toleransı kullanılarak bir sınıflandırma yapılır. Örneğin C sıkma

sınıfı için sıkma performans aralığı %54-63'dür. % 10'luk tolerans ile 1200 devir/dk sıkma hızında %69,3'e kadar normal kabul edilebilir.

Yapılan testler sonucunda %55'lik sıkma sınıfı hedef kabul edilmiştir. Mevcut 240 sn beklemeli testler sonucunda %60 olan sıkma performansı böylece %12 oranında iyileştirilmiş olacaktır. Çizelge 4.17'de görüldüğü üzere %55'lik sıkma performansına ulaşıldığı an 420. saniyedir. Mevcut maksimum devirde kalma süresi, 180 sn daha uzatıldığı için enerji de yaklaşık 30 Wh'lik ekstra bir tüketime neden olmaktadır.

SIKMA SIRASINDA TÜKETİLEN ENERJİ VE GÜÇ KAYIPLARININ İNCELENMESİ

Maksimum devirde optimum bekleme süresinin 420 sn olarak seçilmesiyle sıkma sırasında tüketilen enerjide bir miktar artış meydana gelmiştir. Sıkma performansını geliştirmek için enerjideki bu artıştan bir miktar ödün verilmesi gerekmektedir. Çalışmanın bu bölümünde ise sıkma sırasında oluşan güç kayıplarının teorik ve deneysel verilerle açıklanmasına yer verilmiştir. Kayıpların ne derecede olduğu incelenmiş ve bu kayıpları azaltmak adına basit öneriler sunulmuş böylece sıkma süresinin uzamasıyla artan enerji tüketiminin dengelenmesi amaçlanmıştır.

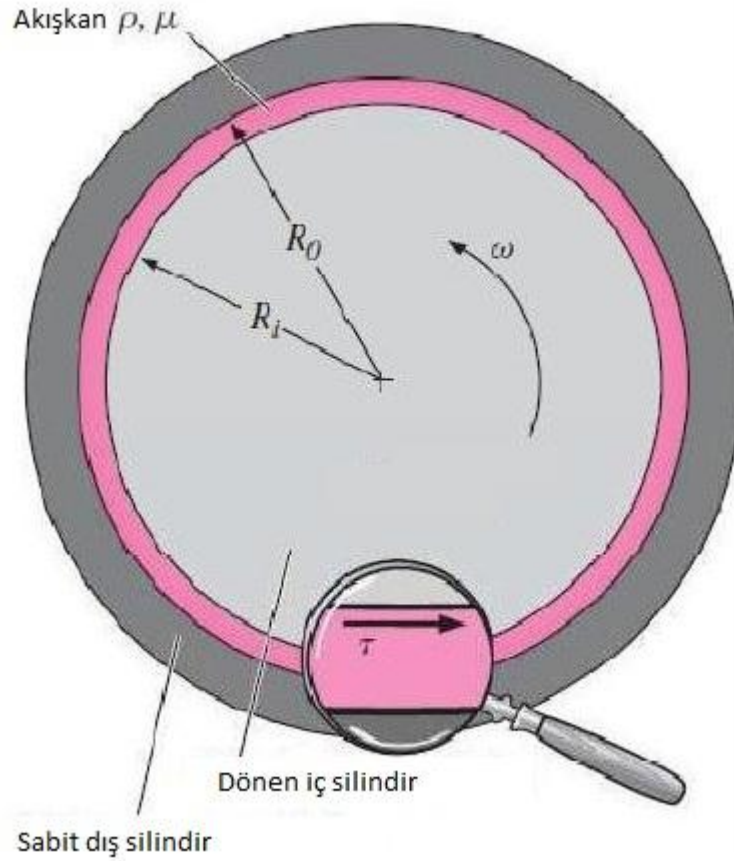
5.1 Çamaşır Makinelerinde Sıkma Sırasında Oluşan Güç Kayıplarının Teorik Hesabı

Bu bölümdeki çalışma, çamaşır makinelerinde sıkma sırasında harcanan gücün, temelinde ne olduğunu anlamak için yapılmıştır. Burada amaç; tamburun belirlenen devirde dönmesi sırasında, bu hareketi kısıtlayan ve zorlayan sürtünmelerin ve buna bağlı kayıpların miktarını analiz ederek mümkün olduğunca azaltılmasıdır. Çamaşır makinelerinde sıkma sırasında harcanan gücün bir kısmı bir takım parçalardan kaynaklanan parametrelerin tepkilerini yenmek için kullanılır. Aşağıda tamburun dönmesini zorlaştıracak bu parametrelerden akla ilk gelenler sıralanmıştır.

- Sıkma sırasında kazan-tambur arasında hareket eden hava direnci
- Rulmanlardaki sürtünme kayıpları
- Keçedeki sürtünme kayıpları
- Tambur grubunun eylemsizlik momenti kaynaklı güç kayıpları (Atalet etkili kayıplar)

Not: Hesaplarda tambur tipi; “B1” , sıkma devri; 1200 rpm seçilmiştir.

5.1.1 Kazan-Tambur Arasında Hareket Eden Havanın Direnci



Şekil 5.1 Akışkanların viskozitelerini belirlemek için kullanılan sistem

Şekil 5.1’de görülen sistem akışkanların viskozitesini öğrenmek için kullanılır. İki silindirden içte olan silindir (R_i yarı çaplı) ω açısal hızı ile dönmektedir. Dıştaki silindir (R_o yarı çaplı) ise hareketsizdir. Bu iki silindir arası akışkan ile doldurulmuştur. Bu sistemde içteki silindiri döndürmek için gereken tork miktarı bilinmektedir. Aşağıdaki denklem kullanılarak akışkan viskozitesi hesaplanır. [10]

Akışkan üzerine etkiyen viskoz kayma gerilmesi;

$$\tau \cong \mu \frac{V}{R_o - R_i} = \mu \frac{\omega \cdot R_i}{R_o - R_i} \quad (5.1)$$

Sistemi döndürmek için uygulanan tork ise aşağıdaki denklem 5.2 ile ifade edilir.

$$T = \tau \cdot A \cdot R_i \cong \mu \frac{\omega \cdot R_i}{R_0 - R_i} (2\pi \cdot R_i \cdot L) R_i \quad (5.2)$$

Burada akışkanın viskozitesini bulmak için μ değeri hesaplanır. Ancak hava direncini hesaplamak için yapılan yaklaşıma göre, viskozitesini bildiğimiz bir akışkan olan havanın direncini hesaplamak için aynı denklemi kullanarak tork değerini hesaplayabiliriz. Denklem 5.2 düzenlendiğinde aşağıdaki forma dönüşecektir.

$$T = \mu \frac{\omega \cdot R_i^3}{R_0 - R_i} (2\pi \cdot L)$$

Viskozite sıcaklık ile değişen bir özelliktir. Hava için 15 °C sıcaklıkta viskozite değeri tablolardan ($\mu_{\text{air}} = 1,78 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$) bulunabilir.

Açısal hız;

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} = \frac{120 \cdot \pi}{3} \text{ [r/s]}$$

$$R_i = 0,235 \text{ m}$$

$$L = 0,33 \text{ m (tambur derinliği)}$$

$$R_0 = 0,255 \text{ m}$$

$$T = (1,78 \times 10^{-5}) \frac{\frac{120 \cdot \pi}{3} \cdot 0,235^3}{0,255 - 0,235} (2\pi \cdot 0,33) = 0,006 \text{ [N.m]}$$

$$P = T \cdot \omega = 0,006 \text{ [N.m]} * \frac{2 \cdot \pi \cdot 1200}{60} \text{ [rad/s]} = 0,76 \text{ W}$$

Sistemin 1 saatlik çalışma sonucunda tüketeceği enerji 0,76 Wh'tir. 7 dk maksimum devirde çalıştırılması durumunda ise 0,09 Wh'lık çok düşük bir enerji tüketimi olacaktır.

Bu hesap yaklaşımı iki düz silindir arasında kalan akışkanların viskozitesini hesaplamak için kullanılır. Çamaşır makinesi tamburunu birebir olarak böyle bir sisteme benzetmek yanlış olacaktır. Zira tambur deliklerinin dışa doğru çıkıntılı olması yüzey alanını artırmaktadır.

Bir amaşır makinesi tamburunu birebir modellemek ayrıntılı bir çalışma gerektirdiğinden başka bir çalışmanın konusu olabilir. Ancak bu yöntem ile hesaplanmış hava direnci nedeniyle oluşan kayıplar yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

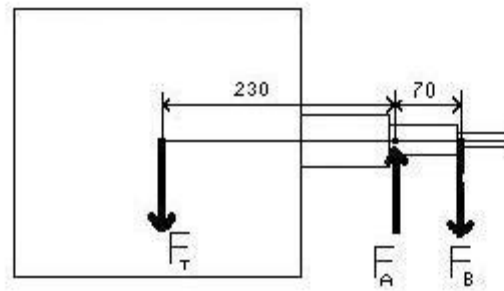
5.1.2 Rulman Kaynaklı Güç Kayıpları

B Tipi Tambur, 1600 devir/dk hız ile sıkma yapan çamaşır makinelerinde kullanılan rulmanlar;

Büyük rulman: A tip rulmandır. İ ap; d=35 mm (mil apı). Hesaplarda A rulmanı olarak isimlendirilmiştir.

Küçük rulman: B tip rulmandır. İ ap; d=30 mm (mil apı). Hesaplarda B rulmanı olarak isimlendirilmiştir.

Not: Bu hesap 1 kg dengesiz yük olduğu durumda 1200 devir/dk hız ile dönen B1 tambur düşünülerek yapılmıştır.



şekil 5.2 Rulmanlara etki eden radyal yükler

Toplam kuvvet;

$$F_T = F_Z + F_t + F_ \quad (5.3)$$

$$F_ = 10 \text{ N} \quad (\text{Dengesiz Yük Ağırlık Kuvveti})$$

$$F_t = 55 \text{ N} \quad (\text{Tambur Ağırlık Kuvveti})$$

Merkezkaç kuvveti;

$$F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (5.4)$$

$$F_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r = 3790 \text{ N}$$

$$F_T = 3790 + 55 + 10 = 3855 \text{ N}$$

Toplam kuvvet bulunduktan sonra rulmanlara etkiyen radyal kuvvetler bulunabilir.

$$F_A = 16521 \text{ N} \quad (\text{A rulmanına etkiyen radyal kuvvet})$$

$$F_B = 12666 \text{ N} \quad (\text{B rulmanına etkiyen radyal kuvvet})$$

Rulman Sürtünme Torku: (Büyük Rulman İçin)

$$M_r = F_A \cdot f \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \quad (5.5)$$

- $f=0,003$ sürtünme katsayısı (tek sıralı sabit bilyalı rulman)
- $d=35\text{mm}$ (rulman iç çapı, mil çapı)

$$M_r = (16521 \text{ N}) \cdot 0,003 \cdot \left(\frac{35}{2} \text{ mm}\right) = 867,4 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Güç Kaybı: (Büyük Rulman İçin)

$$N_r = \frac{M_r \cdot n}{9550} [\text{W}] \quad (5.6)$$

$$N_r = \frac{(867,4 \text{ N} \cdot \text{mm}) \cdot (1200 \text{ d/dk})}{9550} = 109 \text{ W}$$

Rulman Sürtünme Torku: (Küçük Rulman İçin)

$$M_r = F_B \cdot f \cdot \left(\frac{d}{2}\right)$$

- $f=0,003$ sürtünme katsayısı (tek sıralı sabit bilyalı rulman)
- $d=30 \text{ mm}$ (rulman iç çapı, mil çapı)

$$M_r = (12666 \text{ N}) \cdot 0,003 \cdot \left(\frac{30}{2} \text{ mm}\right) = 570 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Güç Kaybı: (Küçük Rulman İçin)

$$N_r = \frac{M_r \cdot n}{9550} [W]$$

$$N_r = \frac{(570 \text{ N} \cdot \text{mm}) \cdot (1200 \text{ d/dk})}{9550} = 95,5 \text{ W}$$

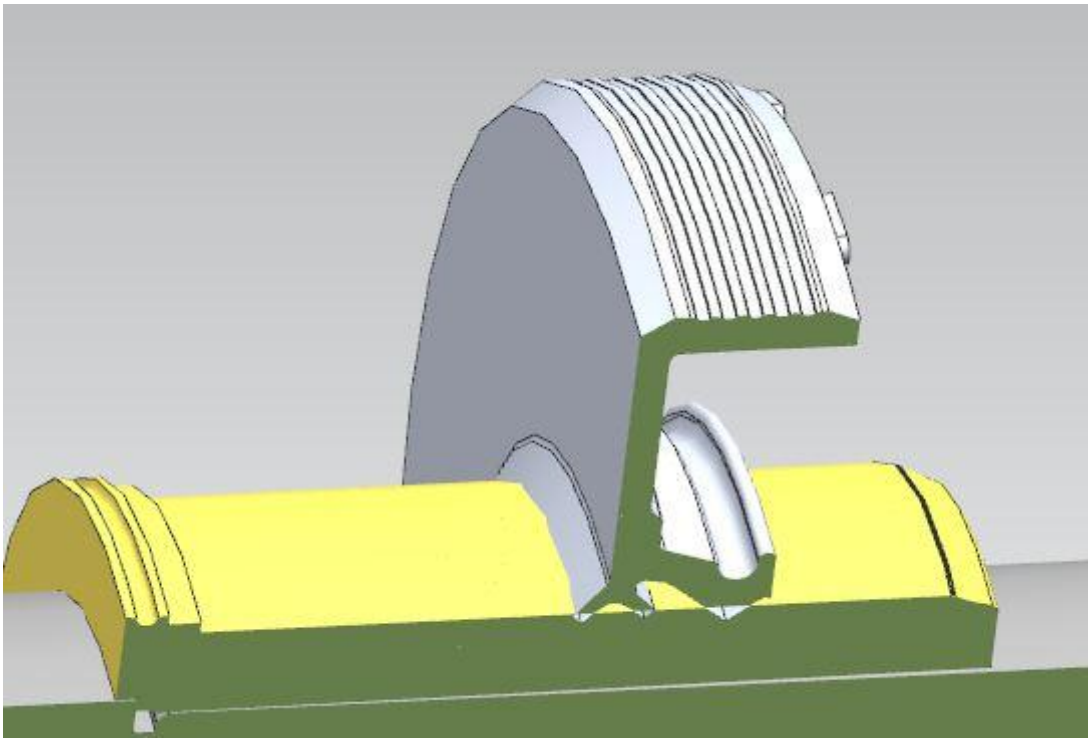
Rulmanlardaki toplam sürtünme kaybı:

$$N_r = N_{rA} + N_{rB} = 109 + 95,5 = 204,5 \text{ W}$$

7 dk maksimum devirde kalınarak yapılacak bir sıkımda yaklaşık 23,86 Wh' lik enerji tüketimi rulmanlardaki sürtünme kaybını yenmek için harcanacaktır.

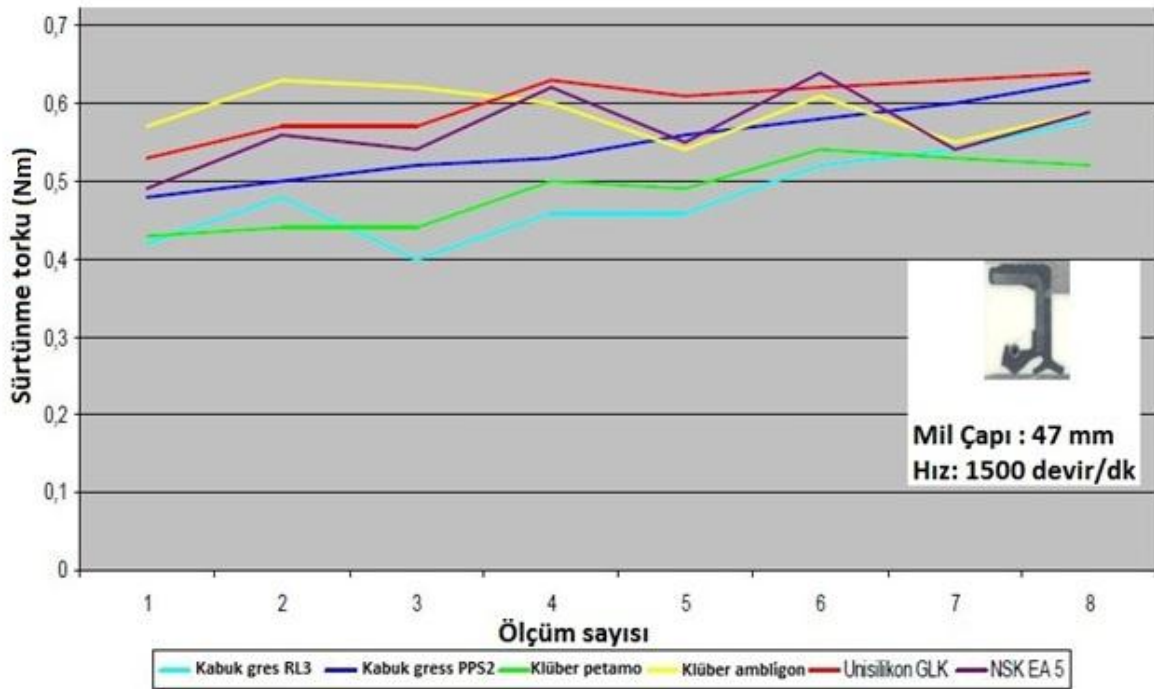
5.1.3 Keçe Sürtünmesi Kaynaklı Güç Kayıpları

Çamaşır makinelerinde keçe, mil üzerinde bulunan piringten yapılmış burç üzerine yerleştirilerek rulman yuvasını su ve toz gibi maddelerden korumaktadır. Keçe dudakları arkasında bulunan tel yay ile keçe, mili daha sıkı bir şekilde sarmaktadır. Bu durum sızdırmazlığı iyileştirmesine karşın sürtünme bazlı güç kaybını da artırmaktadır.



Şekil 5.3 Çamaşır makinelerinde keçe ve keçe kullanımı

Keçe güç kaybını tespit edebilmek için üretici firmadan keçe ile ilgili katalog bilgileri istenmiştir. Ancak üretici firmanın elinde tüm ürünlere ait güç kaybı grafikleri mevcut olmadığından mevcut keçe ve çalışma şartlarına benzer başka bir keçeye ait grafik kullanılarak keçe güç kaybı hakkında yaklaşık bir bilgiye ulaşılmaya çalışılmıştır. Şekil 5.4'deki grafikte, çamaşır makinelerinde kullanılan bir keçenin farklı gres yağları kullanılması sonucu neden olduğu güç kaybı gösterilmiştir. Grafikteki keçenin mil ile temas eden yüzeyinin çapı 47 mm ve milin dönme hızı 1500 devir/dk'dır. İstenen durumun, temas yüzey çapının 45 mm ve mil dönme hızının 1200 devir/dk olması nedeniyle bu keçeye ait grafiğin kullanılması keçe kaynaklı güç kayıpları hakkında yaklaşık bir sonuç verecektir. Aşağıdaki grafik kullanılarak sürtünme torku değerleri ile güç kaybı hesaplandığında bu keçeye ait güç kaybının 67-105 W arasında değişeceği görülecektir.



Şekil 5.4 Farklı gresler ile yağlanan bir keçenin güç kaybı grafiği

5.1.4 Tambur Grubunun Eylemsizlik Momenti Nedeniyle Oluşan Kayıplar

Tambur grubunun eylemsizlik momenti nedeniyle oluşan kayıpların hesabında B1 tambur tipinin 1200 d/dk hıza ulaştığı durum düşünülerek yapılmıştır. B1 tip tambur, flanş ve mil için atalet momentleri UG NX5 programında katı model üzerinden hesaplatılmıştır.

$$I_{\text{tambur}} = 263176,4 \text{ kg.mm}^2$$

$$I_{\text{flanş}} = 22348 \text{ kg.mm}^2$$

$$I_{\text{mil}} = 150 \text{ kg.mm}^2$$

$$I_{\text{toplam}} = 285674,4 \text{ kg.mm}^2$$

Toplam atalet momenti bilindiği takdirde açısal ivme ile çarpılarak tork değeri hesaplanabilir.

$$T = I \cdot \alpha \quad (5.7)$$

$$\alpha = 1,047 \text{ rad/s}^2$$

$$T = (285674,4 \cdot 10^{-6}) \cdot 1,047 = 0,299 \text{ N.m}$$

Bulunan torkun, açısal hız ile çarpılması durumunda güç;

$$P = T \cdot \omega \quad (5.8)$$

$$P = T \cdot \omega = (0,299 \text{ N.m}) \times \left(\frac{2\pi \cdot 1200}{60} \text{ rad/s} \right) = 37,6 \text{ W}$$

olarak bulunacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken husus atalet bazlı kayıpların ivmelenme durumunda gerçekleştiği ve sabit hızda oluşmamasıdır. Atalet nedeniyle oluşan kayıplar, sıkma sırasında maksimum devre ulaşıncaya kadar etki göstermektedir.

5.2 Yapılan Teorik Hesapların DeneySEL Verilerle Karşılaştırılması

Yukarıdaki bölümde sıkma performansını iyileştirmek için artırılan maksimum devirde bekleme süresine karşın enerji tüketimindeki artışı dengelemek adına sıkma sırasında oluşan bir takım enerji kayıplarının hesaplanması ve bunları azaltmaya yönelik sunulan önerilerin ne ölçüde doğru olduğunu görmek için bir takım deneyler yapılmıştır.

Atalet etkisinin gözlemlenebilmesi için tambur içine homojen dağılacak şekilde yerleştirilen yaklaşık 1kg ve 5kg lastik ağırlıklar kullanılmıştır. Bu ağırlıkların dengeli dağıtılmasının sebebi, dengesiz yükleme durumunda rulman sürtünme kayıplarındaki artışın atalet etkisinin gözlenmesini zorlaştırmasıdır.

Yukarıdaki paragraf ile bağlantılı olarak rulman sürtünme kayıplarını gözlemlemek için 1 kg'lık bir yük tamburun sadece bir yüzeyine yerleştirilerek dengesiz yükleme yapılmıştır. Bu test sadece keşesiz kazanda yapılmasının nedeni; dengesiz yükleme durumunda, olası keçe kayıplarındaki artışın rulman sürtünme kayıplarının gözlenmesini zorlaştıracak olmasıdır. Testlerde her durum için 3 tekrar yapılmıştır.

5.2.1 Keçe Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar

Rulman yuvasını yıkama suyu ve kirden uzaklaştırmak için kullanılan keçenin ne ölçüde kayıplara neden olduğunun belirlenmesi için aynı tipte kazan, tambur ve rulmanların kullanıldığı iki adet kazan-tambur grubu hazırlanmış, bunlardan birine mevcut tipte keçe konulurken diğerine keçe monte edilmemiştir. Bu iki kazan sırayla aynı makine gövdesine bağlanarak bir takım testler yapılmış, keçeli ve keşesiz durumun şebekeden çektiği anlık güçler karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.1 Keçeli ve keşesiz kazanın ortalama güç değerleri

	100-300 d/dk arası ortalama değerler	300-600 d/dk arası ortalama değerler	600 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	600-1200 d/dk sırasında ort. değerler	1200 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	Enerji Tüketimi (Wh)
Testler	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	
Keşesiz K. Boş Yük T1	71,00	125,73	166,80	346,84	473,10	43
Keşesiz K. Boş Yük T2	69,26	124,47	161,90	342,47	470,14	42
Keşesiz K. Boş Yük T3	69,40	134,62	173,72	349,33	477,38	43
Keşesiz K. Boş Yük Ort	69,89	128,27	167,47	346,21	473,54	42,7
Keçeli K. Boş Yük T1	83,44	179,25	226,76	438,60	591,94	52
Keçeli K. Boş Yük T2	86,73	187,52	239,20	446,80	598,83	53
Keçeli K. Boş Yük T3	88,61	195,30	248,06	457,95	607,75	53
Keçeli K. Boş Yük Ort	86,26	187,36	238,01	447,78	599,51	52,7

Çizelge 5.1'de görüldüğü üzere her devir aralığında keçeli kazanın anlık kayıpları ve enerji tüketimi keşesiz kazandan daha yüksektir. Keçeli kazanda toplam enerji tüketimi 10 Wh daha fazladır. Keçeli ve keşesiz durum arasında maksimum devir olan 1200 devir/dk hızda yaklaşık olarak 126 Watt'lık anlık güç farkı bulunmaktadır. Bölüm 5.1.3'te keçe ile ilgili kullanılan grafik, üretici firmadan temin edilen benzer 3 nokta temaslı bir keçeye ait ampirik verilerle

oluşturulmuş bir grafik olduğu için test sonuçları ile kıyaslandığında daha düşük bir güç kaybı ortaya çıkmıştır. Üretici firmanın çamaşır makinelerinde kullanılan mevcut keçe tipi için hazırlanmış bir grafiği bulunmamaktadır.

5.2.2 Eylemsizlik Momenti Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar

Atalet etkili güç kayıplarını görmek için boş tambur düşünülerek yapılan hesaplama bölüm 5.1.4' te anlatılmıştır. Testlerde, keçasız kazanlı makinede boş tambur kullanılarak, 1 kg ve 5kg'lık dengeli yükler ile testler yapılmıştır. Bu testleri teorik hesap ile karşılaştırabilmek için yapılan hesap, Excel'de farklı yükleme durumları için de hazırlanmıştır. Çizelge 5.2' de görülen atalet momentleri UG NX 5 programı kullanılarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 Atalet momenti kaynaklı güç kayıplarının teorik incelemesi

Atalet Momentleri (kg.mm²)					
	Boş Tambur	1 kg Lastik Ağ.	3 kg Lastik Ağ.	5 kg Lastik Ağ.	7 kg Lastik Ağ.
Tambur	263176,4	298187	414627	509100	644557
Mil	150				
Flans	22348				
Toplam	285674,4	320685	437125	531598	667055
Torkun Hesaplanması (T=I.α) [Nm]					
	Boş Tambur	1 kg Lastik Ağ.	3 kg Lastik Ağ.	5 kg Lastik Ağ.	7 kg Lastik Ağ.
100-300	0,571	0,641	0,874	1,063	1,334
300-600	0,143	0,160	0,219	0,266	0,334
600-1200	0,299	0,336	0,458	0,557	0,698
Güç Hesabı (P=T.ω) [W]					
	Boş Tambur	1 kg Lastik Ağ.	3 kg Lastik Ağ.	5 kg Lastik Ağ.	7 kg Lastik Ağ.
100-300	17,9	20,1	27,5	33,4	41,9
300-600	9,0	10,1	13,7	16,7	21,0
600-1200	37,6	42,2	57,5	69,9	87,8

Çizelge 5.3 Atalet momenti nedeniyle oluşan kayıplar hesaplanırken kullanılan veriler

	100-300	300-600	600-1200
Açısal İvme: α (rad/s²)	2,09	0,52	1,05
Devir: n (d/dk)	300	600	1200
Açısal Hız: ω (rad/s)	31,4	62,8	125,7

Çizelge 5.4 Atalet momenti kaynaklı kayıpların tespiti için yapılan deney sonuçları

	100-300 d/dk arası ortalama değerler	300-600 d/dk arası ortalama değerler	600 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	600-1200 d/dk sırasında ort. değerler	1200 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	Enerji Tüketimi (Wh)
Testler	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	
Keçesiz K. Boş Yük T1	71,00	125,73	166,80	346,84	473,10	43
Keçesiz K. Boş Yük T2	69,26	124,47	161,90	342,47	470,14	42
Keçesiz K. Boş Yük T3	69,40	134,62	173,72	349,33	477,38	43
Keçesiz K. Boş Yük Ort	69,89	128,27	167,47	346,21	473,54	42,7
Keçesiz K. Dengeli 1 kg T1	75,07	134,26	172,90	354,43	476,04	44
Keçesiz K. Dengeli 1 kg T2	68,47	124,97	164,48	347,10	474,90	42
Keçesiz K. Dengeli 1 kg T3	68,78	122,67	161,25	343,45	471,02	42
Keçesiz K. Dengeli 1 kg Ort	70,77	127,30	166,21	348,33	473,99	42,7
Keçesiz K. Dengeli 5 kg T1	84,43	128,64	163,77	368,46	475,93	42
Keçesiz K. Dengeli 5 kg T2	77,77	133,69	169,41	372,79	478,95	43
Keçesiz K. Dengeli 5 kg T3	86,76	135,03	172,66	381,34	478,37	43
Keçesiz K. Dengeli 5 kg Ort	82,99	132,45	168,61	374,20	477,75	42,7

Keçesiz kazanda atalet kayıplarını gözlemlemek için yapılan deney sonuçlarına bakıldığında 600-1200 devir/dk aralığında boş tambur 346,21 , 1 kg dengeli yüklü tambur 348,33 ve 5kg dengeli yüklü tambur ise şebekeden 374,20 W'lık anlık güç çekmektedir.

Deneyisel sonuçlarına bakıldığında, boş tambur ile 5kg dengeli yüklü tambur arasında 27,98 W'lık bir güç farkı vardır. Teorik hesapta bulunan 32,3 W'lık güç farkı deneyisel sonuçlar ile oldukça yakın çıkmıştır. Benzer olarak teoride boş tambur ile 1kg yüklü tambur arasındaki 4,6W'lık fark deneyisel çalışmada 2,12 W olarak ölçülmüştür.

5.2.3 Rulman Kaynaklı Güç Kayıpları İle İlgili Deneysel Sonuçlar

Rulman kayıplarını tespit etmek için yapılan teorik hesabı doğrulamak içinse, yine keçesiz kazanda 1 kg dengeli yük ve yine 1 kg dengesiz yük kullanılarak testler yapılmıştır. Rulman kayıpları dengeli yükleme durumunda ihmal edilebilir durumdadır. Zaten teorik hesapta rulman sürtünmesini hesaplayabilmek için kullanılan toplam yükün %98,3' lük kısmını dengesiz yük kaynaklı merkezkaç kuvveti oluşturmaktadır. Bu nedenle rulman kayıpları aynı yükte dengeli ve dengesiz olarak yüklenmiş test sonuçları ile kıyaslanması gerekir. Aksi halde boş tambur ile karşılaştırıldığı durumda, 1 kg yükün neden olduğu atalet kayıplarının da etki göstererek test sonuçlarının yanlış yorumlanmasına neden olacağı unutulmamalıdır.

Çizelge 5.5 Rulman kaynaklı güç kayıpların tespiti için yapılan deney sonuçları

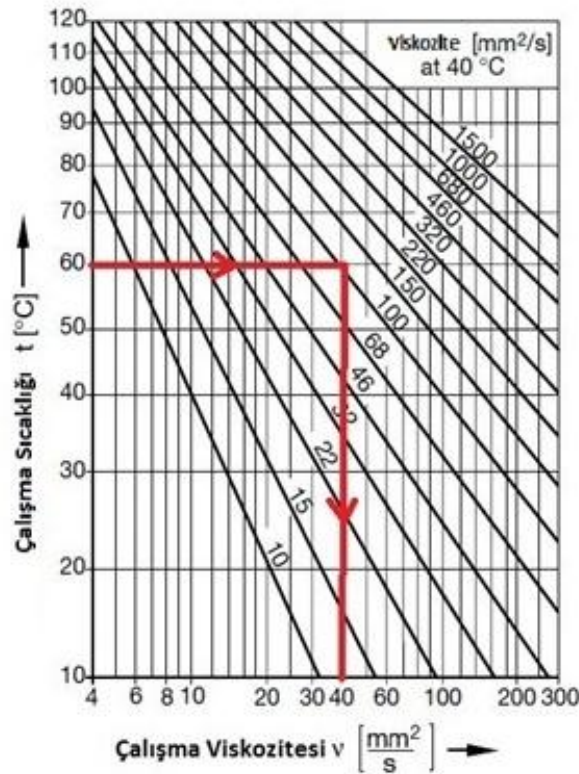
	100-300 d/dk arası ortalama değerler	300-600 d/dk arası ortalama değerler	600 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	600-1200 d/dk sırasında ort. değerler	1200 d/dk sıkma sırasında ort. değerler	Enerji Tüketimi (Wh)
Testler	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	Ort. Watt	
Keçesiz Dengeli 1 kg T1	75,07	134,26	172,90	354,43	476,04	44
Keçesiz Dengeli 1 kg T2	68,47	124,97	164,48	347,10	474,90	42
Keçesiz Dengeli 1 kg T3	68,78	122,67	161,25	343,45	471,02	42
Keçesiz K. Dengeli 1 kg Ort	70,77	127,30	166,21	348,33	473,99	42,7
Keçesiz Dengesiz 1 kg T1	91,80	180,15	217,81	454,98	689,10	59
Keçesiz Dengesiz 1 kg T2	87,51	183,17	223,67	451,52	691,60	60
Keçesiz Dengesiz 1 kg T3	89,76	181,23	220,48	453,48	690,12	60
Keçesiz K. Dengesiz 1 kg Ort	89,69	181,52	220,65	453,33	690,27	59,7

Çizelge 5.5' te görüldüğü üzere 1200 d/dk hızda dengeli ve dengesiz 1 kg yüklü tambur arasında anlık olarak 216,28 W' lık güç farkı bulunmaktadır.

Daha önceki bölüm 5.1.2'de hatırlanacağı üzere rulman kayıplarının teorik incelendiği kısımda rulman kayıpları toplamı 204,5 W olarak hesaplanmıştır. Rulman kayıpları hesap yöntemi sadece tek bir faktörün doğru seçilmesi ile kolayca yapılabilecek bir işlemdir. Burada bahsi geçen "f" katsayısı rulman içindeki bilyaların yuvarlanma sürtünmesi katsayısıdır. Genelde rulman ve yağ tipine göre değişir. Birçok kaynakta bu değer 0,0015 ila 0,005 arasında değişkenlik gösterir. "f" katsayısı uygun seçilmediğinde sonuç normal değerlerin birkaç katı kadar yüksek çıkabilir. Bu yüzden rulman üzerindeki gres tipine ve viskozitesine göre

değişen bu faktörü doğru tahmin etmek çok önemlidir. Şekil 5.4'te f katsayısını tayin ederken kullanılan 40° C sıcaklıktaki viskozite değerinin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

Rulman kayıpları ile ilgili yapılan hesabın doğruluğu araştırmak için üretici firmalara ait internet sayfaları araştırılmış ve rulman üreticisi SKF firmasına ait hesap penceresi kullanılarak sonuçlar doğrulanmıştır. Burada A tipi büyük rulman için yapılan hesaplamada güç kaybı 108 W olarak hesaplanmış ve daha önce yapılan teorik hesabı ve f sürtünme katsayısının uygun seçildiğini doğrulamıştır.



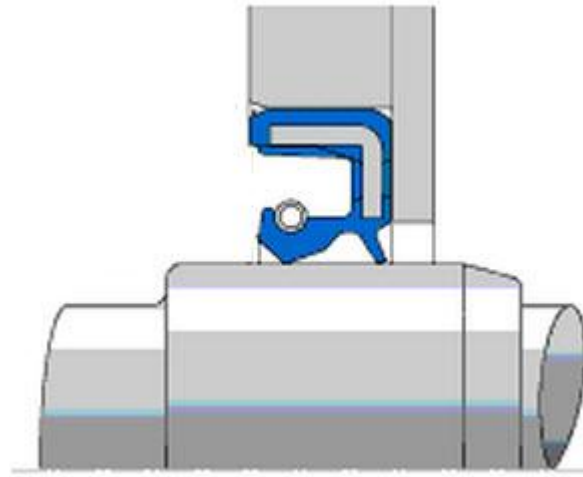
Şekil 5.5 Üretici firmaya ait katalogda bulunan çalışma viskozitesi hesap diyagramı.

5.3 Güç Kayıplarını Azaltabilmek İçin Birtakım Öneriler

Yapılan hesaplarda ve karşılaştırılan test sonuçlarında görüldüğü üzere en yüksek güç kayıpları keçe ve rulmanlarda oluşmaktadır. Atalet ve hava direnci kayıpları nispeten daha düşük ve önlenmesi mümkün olmayan kayıplardır. Özellikle atalet kayıplarını azaltmak adına yapılacak geometrik bir çözüm yöntemi yoktur. Ancak sıkma profili üzerinde bir takım değişiklikler yapılarak ivmelenme azaltılabilir. Bu durum sıkma performansı açısından olumlu bir etki yaratmadığı gibi program süresinin uzamasına neden olacaktır.

Hava direnci ise hesaplarda oldukça düşük çıkmıştır. Hava direnci kaynaklı kayıplar azaltılmak istenirse kazan ile tambur arasında kalan mesafe uzatılabilir. Ancak bu durum kazan hacmini artıracığı için hem yeni bir tasarım ve üretim maliyeti hem de su tüketimi ve suyu ısıtmak için gerekli enerjiyi artıracığı için pek tercih edilmez. Hava direnci kaynaklı kayıpları azaltmak adına tambur deliklerinin tambur yüzeyinden dışarıya doğru yapmış olduğu çıkıntı geometrisi üzerinde birtakım değişiklikler yapılabilir.

Keçe, test sonuçlarında görüldüğü üzere en fazla kayıplara neden olan makine parçasıdır. Şekil 5.5’ te iki nokta temaslı keçe görülmektedir. Testlerde kullanılan keçe ise 3 nokta temaslı keçedir.



Şekil 5.6 İki nokta temaslı keçe-mil montajı

Keçe, içinde bulunan yayın gerdirmesi ile, mili daha sıkı bir şekilde sararak sızdırmazlık sağlar. Sızdırmazlığın daha iyi sağlanabilmesi için bu yayın daha çok gerdirilmesi, milin dönmesini zorlaştıracığı için mili döndürmek için gereken torku artırmaktadır. Bu durum keçe bazlı güç kayıplarını artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple tasarım sırasında keçe seçimi oldukça önemlidir. İki, üç ve daha fazla nokta temaslı keçeler sürtünme yüzeyini artıracığı için dönmeyi zorlaştırır.

Test sonuçları baz alındığında keçeli ve keçesiz kazan arasında yaklaşık 130 W’lık bir güç farkı ortaya çıkmıştır. Yaklaşık bir hesap ile 240 sn boyunca 1200 devir/dk hızda 8.7 Wh , 420 sn boyunca yine aynı hızda 15.2 Wh enerji tüketilecektir. Sıkma süresinin uzaması nedeniyle 6.5

Wh ekstra keçe bazlı enerji tüketimini dengeleyebilmek adına daha uygun bir keçe, daha uygun bir yağ ve sürtünme yüzeyleri seçilmelidir.

Bölüm 5.1.2’de yapılan hesapta A ve B rulmanlarının neden olduğu güç kayıpları toplamda 204,5 W idi. 240 sn boyunca 1200 devir/dk hızda 13,6 Wh lik bir enerji tüketimi varken, 420 sn beklenildiği durumda 23,8 Wh olmaktadır. Bu iki zaman arasında rulman kaynaklı enerji kaybı 10,2 Wh olmaktadır.

Hatırlanacağı üzere rulman güç kaybı hesabında kullanılan “f” katsayısı rulman tipi ve kullanılan yağ tipi gibi birçok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu sürtünme katsayısı 0,001-0,005 arasında değişebilir. Kullanılan yağın çeşidi ve özellikle viskozitesi ile çok yakından ilgilidir.

Rulman seçiminde, tasarımı yapılan sistem ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak tasarım yapılması çok önemlidir. Maruz kalınan kuvvetler, çalışma sıcaklığı gibi parametreler önceden tespit edilerek bilinirse ona uygun rulman ve yağ tipi ile “f” katsayısı değiştirilerek güç kaybı %80 oranında kadar azaltılabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında önden yüklemeli bir çamaşır makinesinin sıkma performansını inceleyebilmek için şeffaf kazanlı bir test cihazı tasarlanmış ve bu test cihazı kullanılarak sıkma performansına etki eden parametreler gözlenmiştir. Testler sonucunda sıkma performansına en fazla etki eden parametreler değerlendirilerek çalışma bu konuda detaylandırılmıştır.

Testlerden beklenildiği gibi sıkma performansı üzerinde en etkin parametre, maksimum devirde kalma süresi olarak ortaya çıkmıştır. Mevcut sıkma profili kullanılarak maksimum devirde sıkma süresinin sıkma performansına etkisini gözlemlemek için, sıkma süresince pompa ile dışarı atılan suyun kütlesi anlık olarak ölçülmüş ve anlık sıkma performansı grafiği elde edilmiştir. Sıkma performansı ve tüketilen enerji arasındaki ilişki ortaya konmuş ve optimal sıkma süresi belirlenmiştir.

Sıkma süresinin uzaması nedeniyle enerji tüketimindeki artışı dengelemek adına sıkma sırasında oluşan enerji tüketimi ve kayıpların teorik ve deneysel olarak incelenmesi ve azaltılması için yapılabilecek öneriler sunulmuştur.

Hem keçe hem de rulman kaynaklı güç kayıplarının hesaplandığı bölümlerde görüleceği üzere bu tip tahrik grubu elamanlarında yağlama büyük önem taşır. Uygun yağ, keçe ve rulman tipi seçimi ile güç kayıpları oldukça düşük seviyelere çekilebilir. Buradan kazanılan enerji ile yıkama ve sıkma performansı üzerinde iyileştirmeler yapılabilir.

Bu çalışmada geometrik parametrelerin tek bir test ekipmanı tarafından incelenmek istenmesi nedeniyle bir takım montaj ve parça kaynaklı güçlükler ile karşılaşmıştır. Bu

Çalışmanın devamı olarak, incelenmesi düşünölen her kapasitede bir makine için ona uygun bir kazan-tambur ve diğör aksamlar üretilmeli ve birden fazla test cihazı oluşturulmalıdır. Bu durum her ne kadar maliyet ve zamanı artırmak anlamına gelse de sıkma performansı iyileştirme amaçlı testlerin daha hassas sonuçlar ortaya çıkarmasını sağlayacak ve çok daha somut detaylarında gözlemlenebilmesini imkan vermiş olacaktır.

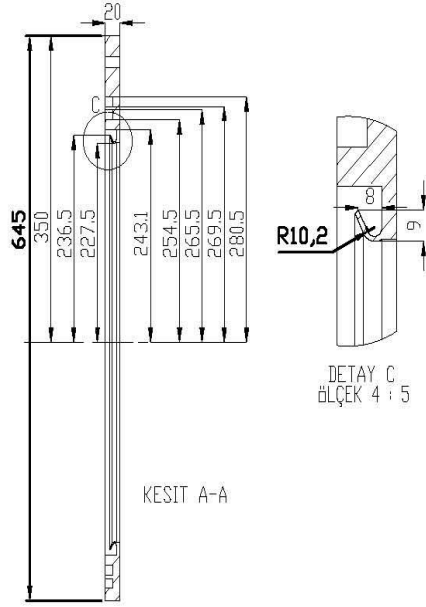
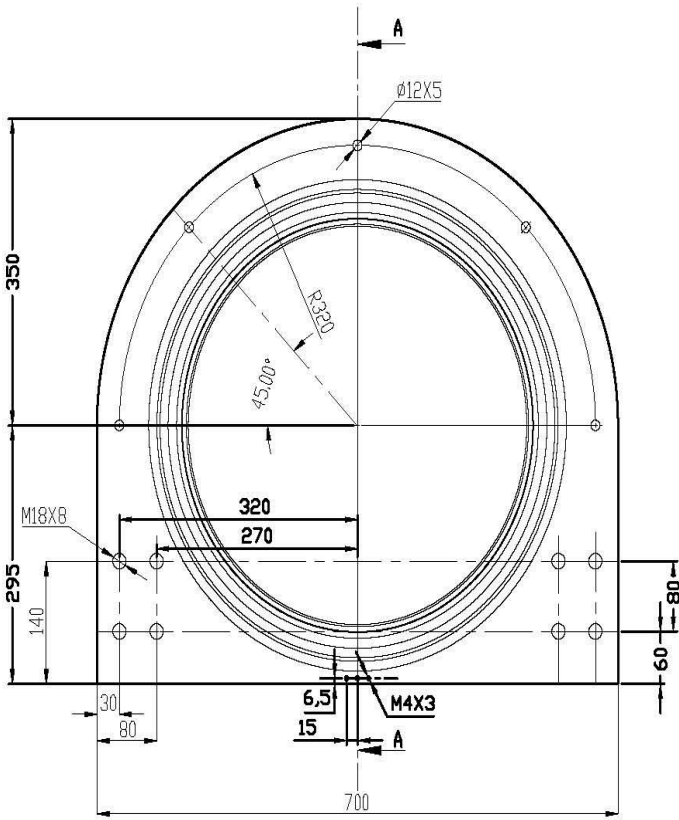
KAYNAKLAR

- [1] Panati, C., 1989. Extraordinary Origins of Everyday Things. Owl Books, New York.
- [2] Strasser, S., 2000. Never Done: A History of American Housework. Harper Paperbacks, New York.
- [3] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Megep, Elektrik Elektronik Teknolojisi, Çamaşır Makineleri,
http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/c_amasirmakinalari.pdf, 25 Eylül 2011.
- [4] Babalık, C., 2011. Makine Bilimi Ve Elemanları, Dördüncü Baskı, Dora Yayınevi, Bursa.
- [5] Reinwald E. ve Schulze I., 2005. Drum-Type Washing Machine Having A Laundry Drum Which Can Be Loaded From The Front, *United State Patent*, No: 2005044899 dated, 03.03.2005.
- [6] Seog K., 2004. Washing Machine , *United State Patent*, No: US2004163422 dated 26.08.2004.
- [7] Kutay G. M., Konstrüksiyon Sistematiği Ders Notları, <http://www.guven-kutay.ch/>, 15 Aralık 2011.
- [8] Arıkan, M.A., Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları,TMMOB Makine Mühendisleri Odası Arşivi, <http://arsiv.mmo.org.tr>, 02 Haziran 2011.
- [9] BS EN 60456:2011, Clothes Washing Machines For Household Use. Methods For Measuring The Performance, 30 Eylül 2011.
- [10] Çengel, Y.,A. ve Cimbala, J.,M., 2005. Fluid Mechanics, Fundamentals And Applications, McGraw-Hill, New York.

EK A

TEKNİK RESİMLER

KAZAN ARKA TUTUCUSU



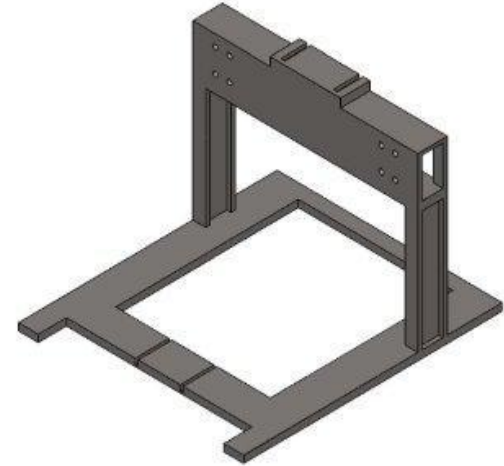
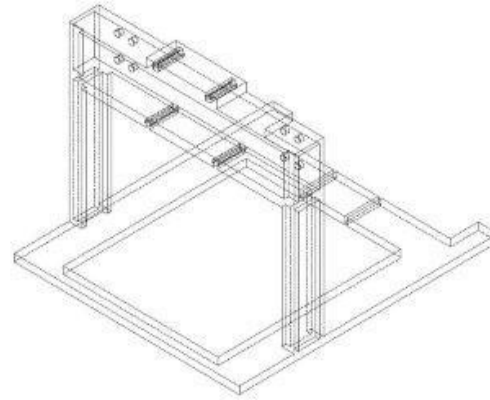
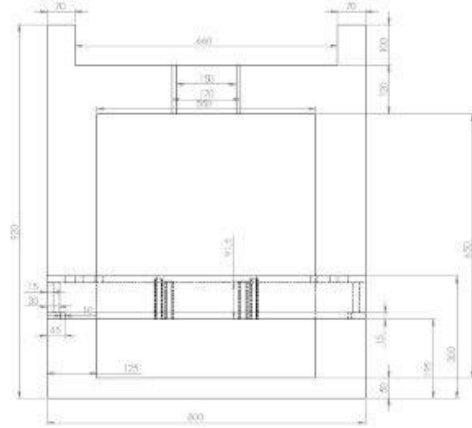
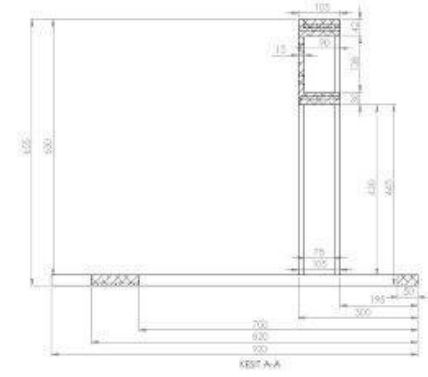
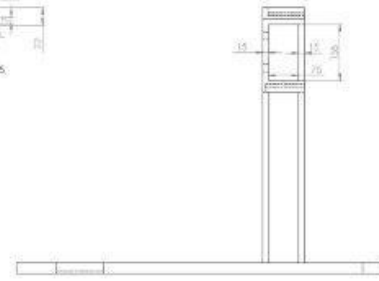
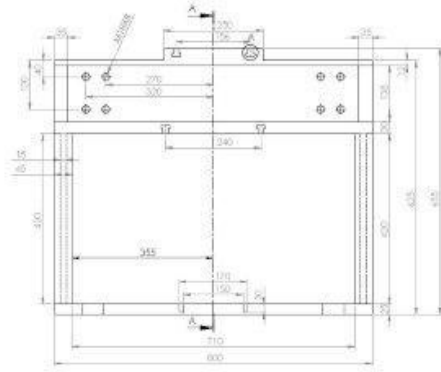
KESIT A-A

R10,2

DETAY C
ÖLÇEK 4 : 5

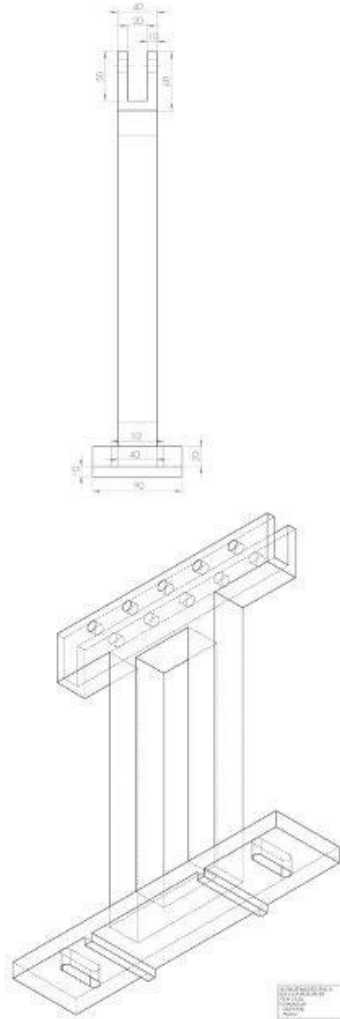
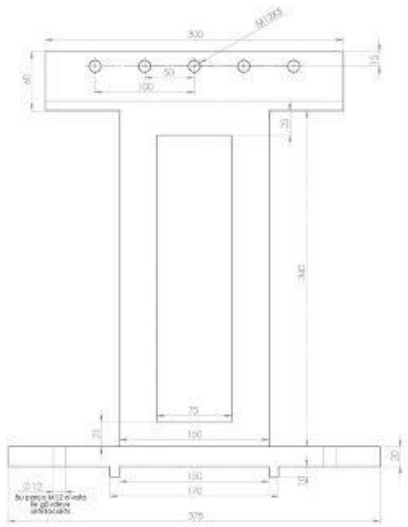
KİMLİK BİLGİLERİ BÖLÜMLERİ MÜHÜR TELEFON ADRESİ		SİTİNE		KİMLİK BİLGİLERİ PARÇA VE KÖR		TEKNIK RESİM ÇİZİMİ		REVİZYON	
						Kazan Arka Tutucusu			
				MALZEME: Alüminyum 7075		RESİM NO:		A1	
				AĞIRLIK: 100 kg		ÖLÇÜLERİ:		SAYFA 1 / 1	

Gövde

[illegible]

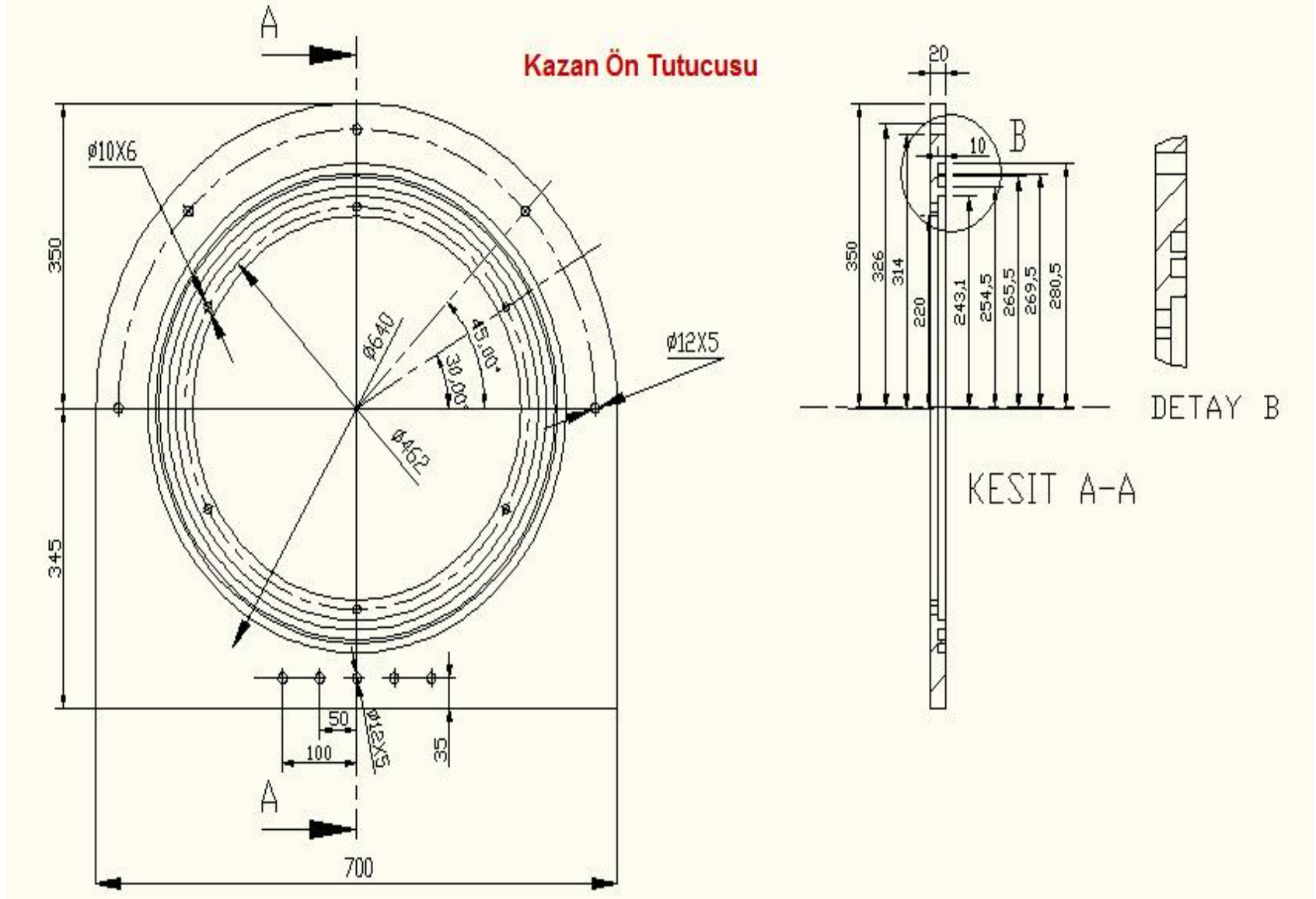
Şekil EK A.2 Gövde teknik resmi

Ön Destek Parçası

[illegible]

Şekil EK A.3 Ön destek parçası teknik resmi

Şekil EK A.4 Kazan ön destek parçası teknik resmi

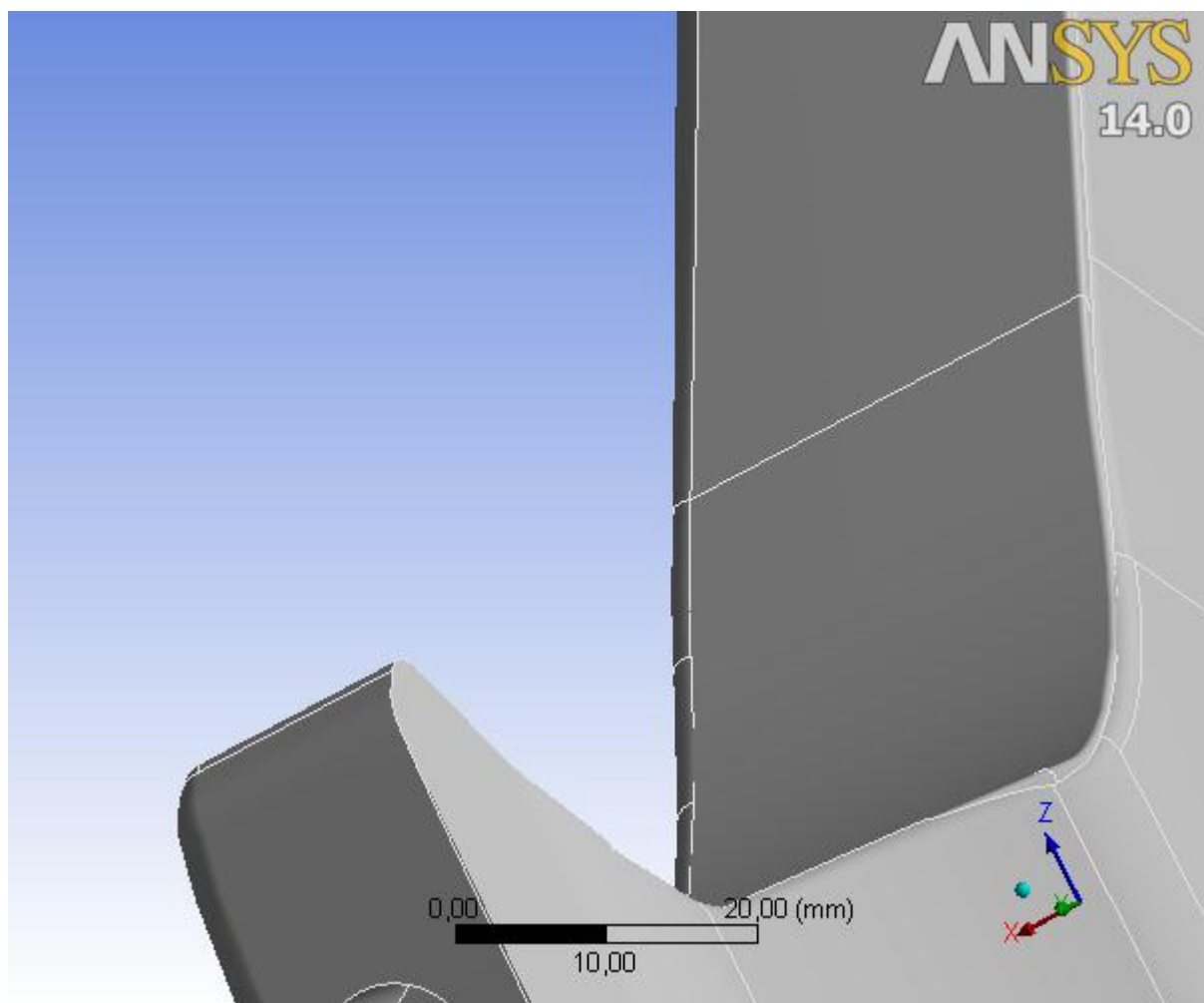


ANSYS PROGRAMI TARAFINDAN OLUŞTURULAN ANALİZ RAPORU



Project

First Saved	Friday, January 11, 2013
Last Saved	Saturday, January 12, 2013
Product Version	14.0 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No



Contents

- Units
- Model (A4)
 - Geometry
 - Parts
 - Virtual Topology
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Contacts
 - Contact Region
 - Mesh
 - Body Sizing
 - Named Selections
 - Static Structural (A5)
 - Analysis Settings
 - Loads
 - Solution (A6)
 - Solution Information
 - Results
- Material Data
 - etial 150
 - St 60-2

Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, t, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

Model (A4)

Geometry

TABLE 2
Model (A4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
Definition	
Source	C:\Users\UGUR\Desktop\tahrik_grubu.x_t
Type	Parasolid
Length Unit	Meters

Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
Bounding Box	
Length X	242,16 mm
Length Y	389,17 mm
Length Z	445,33 mm
Properties	
Volume	9,756e+005 mm ³
Mass	3,6856e-003 t
Scale Factor Value	1,
Statistics	
Bodies	2
Active Bodies	2
Nodes	1040133
Elements	720354
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Solid Bodies	Yes
Surface Bodies	Yes
Line Bodies	No
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\UGUR\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Mixed Import Resolution	None
Decompose Disjoint Faces	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

TABLE 3
Model (A4) > Geometry > Parts

Object Name	Part 1	Part 2
State	Meshed	
Graphics Properties		
Visible	Yes	
Transparency	1	
Definition		
Suppressed	No	
Stiffness Behavior	Flexible	
Coordinate System	Default Coordinate System	
Reference Temperature	By Environment	

Material		
Assignment	etial 150	St 60-2
Nonlinear Effects	Yes	
Thermal Strain Effects	Yes	
Bounding Box		
Length X	67, mm	205,16 mm
Length Y	389,17 mm	40, mm
Length Z	445,33 mm	40, mm
Properties		
Volume	7,8206e+005 mm³	1,9354e+005 mm³
Mass	2,1663e-003 t	1,5193e-003 t
Centroid X	30,318 mm	-54,621 mm
Centroid Y	2,2269e-004 mm	5,2844e-005 mm
Centroid Z	-2,167e-003 mm	9,1528e-005 mm
Moment of Inertia Ip1	37,554 t·mm²	4,5482 t·mm²
Moment of Inertia Ip2	19,34 t·mm²	0,24602 t·mm²
Moment of Inertia Ip3	19,341 t·mm²	4,5482 t·mm²
Statistics		
Nodes	740551	299582
Elements	506492	213862
Mesh Metric	None	
CAD Attributes		
PartTolerance	0,000001	
PartTolerance		0,000001

Virtual Topology

TABLE 4
Model (A4) > Virtual Cells

Object Name	<i>Virtual Topology</i>
State	Fully Defined
Definition	
Method	Automatic
Behavior	Low
Advanced	
Generate on Update	No
Merge Face Edges	Yes
Lock position of dependent edge splits	Yes
Statistics	
Virtual Faces	48
Virtual Edges	100
Virtual Split Edges	0
Virtual Split Faces	0
Virtual Hard Vertices	0
Total Virtual Entities	148

Coordinate Systems

TABLE 5
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
Definition	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0,
Origin	
Origin X	0, mm
Origin Y	0, mm
Origin Z	0, mm
Directional Vectors	
X Axis Data	[1, 0, 0,]
Y Axis Data	[0, 1, 0,]
Z Axis Data	[0, 0, 1,]

Connections

TABLE 6
Model (A4) > Connections

Object Name	<i>Connections</i>
State	Fully Defined
Auto Detection	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
Transparency	
Enabled	Yes

TABLE 7
Model (A4) > Connections > Contacts

Object Name	<i>Contacts</i>
State	Fully Defined
Definition	
Connection Type	Contact
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0,
Tolerance Value	1,5977 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All

Group By	Bodies
Search Across	Bodies

TABLE 8
Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions

Object Name	<i>Contact Region</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Contact	1 Face
Target	1 Face
Contact Bodies	Part 1
Target Bodies	Part 2
Definition	
Type	Bonded
Scope Mode	Automatic
Behavior	Program Controlled
Suppressed	No
Advanced	
Formulation	Program Controlled
Detection Method	Program Controlled
Normal Stiffness	Program Controlled
Update Stiffness	Program Controlled
Pinball Region	Program Controlled

Mesh

TABLE 9
Model (A4) > Mesh

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
Sizing	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Coarse
Element Size	2,0 mm
Initial Size Seed	Part
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Minimum Edge Length	4,2223e-004 mm
Inflation	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0,272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1,2

Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
Advanced	
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
Statistics	
Nodes	1040133
Elements	720354
Mesh Metric	None

TABLE 10
Model (A4) > Mesh > Mesh Controls

Object Name	<i>Body Sizing</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Element Size
Element Size	2, mm
Behavior	Soft

Named Selections

TABLE 11
Model (A4) > Named Selections > Named Selections

Object Name	<i>dfs</i>
State	Fully Defined
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Faces
Definition	
Send to Solver	Yes
Visible	Yes
Program Controlled Inflation	Exclude
Statistics	

Type	Manual
Total Selection	2 Faces
Suppressed	0
Used by Mesh Worksheet	No

Static Structural (A5)

TABLE 12
Model (A4) > Analysis

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

TABLE 13
Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings

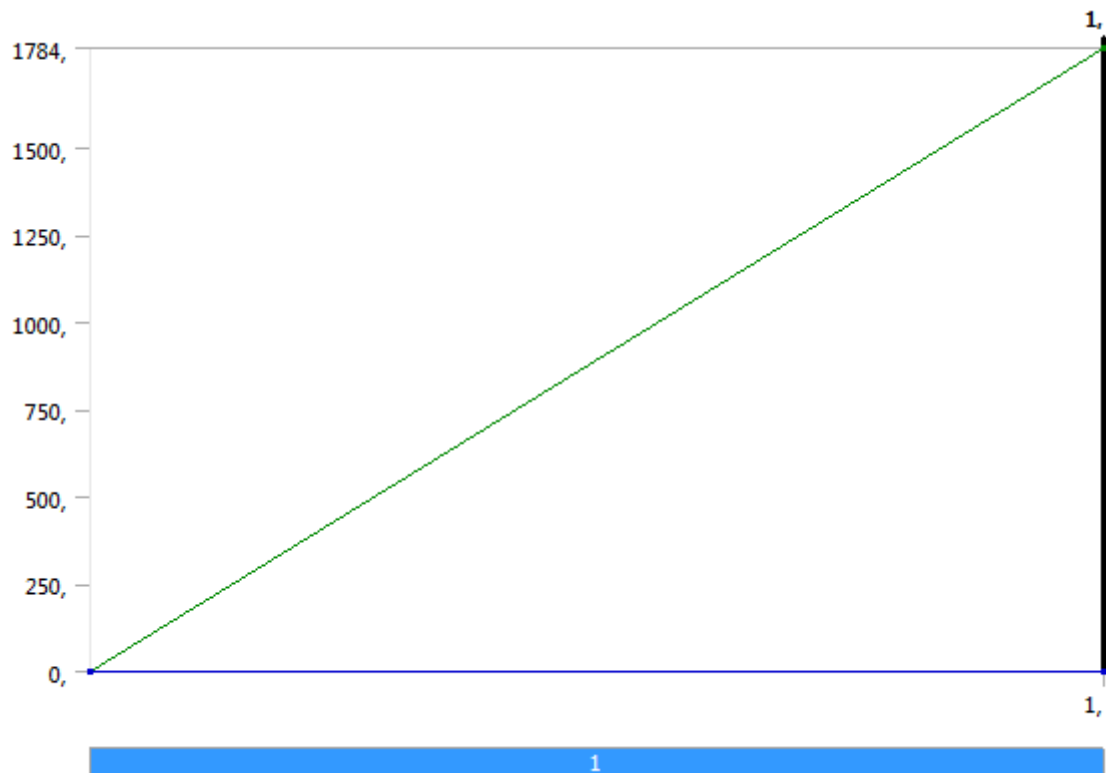
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
Restart Controls	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
Nonlinear Controls	
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
Output Controls	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No

General Miscellaneous	No
Calculate Results At	All Time Points
Max Number of Result Sets	Program Controlled
Analysis Data Management	
Solver Files Directory	C:\Users\UGUR\Desktop\Yeni klasör (2)\tahrik_grubu_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm

TABLE 14
Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads

Object Name	<i>Frictionless Support</i>	<i>Remote Force</i>
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	2 Faces	6 Faces
Coordinate System		Global Coordinate System
X Coordinate		229,5 mm
Y Coordinate		160, mm
Z Coordinate		0, mm
Location		Defined
Definition		
Type	Frictionless Support	Remote Force
Suppressed	No	
Define By		Components
X Component		0, N (ramped)
Y Component		1784, N (ramped)
Z Component		0, N (ramped)
Behavior		Rigid
Advanced		
Pinball Region		All

FIGURE 1
Model (A4) > Static Structural (A5) > Remote Force



Solution (A6)

TABLE 15
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Adaptive Mesh Refinement	
Max Refinement Loops	1,
Refinement Depth	2,
Information	
Status	Done

TABLE 16
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2,5 s
Display Points	All
FE Connection Visibility	

Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

TABLE 17

Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	Equivalent Stress	Total Deformation	Directional Deformation	Equivalent Stress 2
State	Solved			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	6 Faces	All Bodies		
Definition				
Type	Equivalent (von-Mises) Stress	Total Deformation	Directional Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time			
Display Time	Last			
Calculate Time History	Yes			
Identifier				
Suppressed	No			
Orientation			X Axis	
Coordinate System			Global Coordinate System	
Integration Point Results				
Display Option	Averaged			Averaged
Results				
Minimum	0,17746 MPa	4,763e-002 mm	-0,83196 mm	1,3751e-006 MPa
Maximum	50,456 MPa	1,3579 mm	0,60693 mm	155,36 MPa
Minimum Occurs On		Part 1		Part 2
Maximum Occurs On		Part 1		Part 2
Information				
Time	1, s			
Load Step	1			
Substep	1			
Iteration Number	1			

Material Data

Etial 150

TABLE 18
Etial 150 > Constants

Density	2,77e-009 tonne mm ⁻³
---------	----------------------------------

TABLE 19
Etial 150 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	71000	0,33	69608	26692

TABLE 20
Etial 150 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
1,57e-004

St 60-2

TABLE 21
St 60-2 > Constants

Density	7,85e-009 tonne mm ⁻³
Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-005 C ⁻¹
Specific Heat	4,34e+008 mJ tonne ⁻¹ C ⁻¹
Thermal Conductivity	6,05e-002 W mm ⁻¹ C ⁻¹
Resistivity	1,7e-004 ohm mm

TABLE 22
St 60-2 > Compressive Ultimate Strength

Compressive Ultimate Strength MPa
570

TABLE 23
St 60-2 > Compressive Yield Strength

Compressive Yield Strength MPa
310

TABLE 24
St 60-2 > Tensile Yield Strength

Tensile Yield Strength MPa
310

TABLE 25

St 60-2 > Tensile Ultimate Strength

Tensile Ultimate Strength MPa
570

TABLE 26

St 60-2 > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion

Reference Temperature C
22,

TABLE 27

St 60-2 > Alternating Stress Mean Stress

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999,	10,	0,
2827,	20,	0,
1896,	50,	0,
1413,	100,	0,
1069,	200,	0,
441,	2000,	0,
262,	10000	0,
214,	20000	0,
138,	1,e+005	0,
114,	2,e+005	0,
86,2	1,e+006	0,

TABLE 28

St 60-2 > Strain-Life Parameters

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920,	-0,106	0,213	-0,47	1000,	0,2

TABLE 29

St 60-2 > Isotropic Elasticity

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2,e+005	0,3	1,6667e+005	76923

TABLE 30

St 60-2 > Isotropic Relative Permeability

Relative Permeability
10000

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Uğur MACİT
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.07.1988, Ordu
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : macit.ugur@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Konstrüksiyon	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lisans	Makine Müh.	Ege Üniversitesi	2010
Lise	Matematik-Fen	Ordu Fatih Anadolu Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-2013	Arçelik A.Ş.	Proje Yardımcılığı