

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ HALI YIKAMA VE KURUTMA
MAKİNASI TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teknik Öğretmen Serkan AKTAŞ

Anabilim Dalı: Makine Eğitimi

Danışman: Doç.Dr. Yasin KIŞIOĞLU

KOCAELİ, 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR DESTEKLİ HALI YIKAMA VE KURUTMA
MAKİNASI TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teknik Öğretmen Serkan AKTAŞ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22.Mayıs.2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 26.Haziran.2009

Tez Danışmanı

Üye

Üye

Doç.Dr. Yasin KİŞİOĞLU

Prof.Dr. Faruk MENDİ

Doç.Dr. Mehmet UÇAR



KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Endüstride kullanılan halı yıkama ve kurutma makineleri özellikle kurutma aşamasında yetersiz kalmaktadır. Yapılan bu çalışma ile kurutma süresinin kısaltılması, işgücü ve enerji kaybının azaltılması hedeflenmiştir. Kurutma makinesinin prototip imalatı yapılarak, kurutma deneyleri, çeşitli marka halı numunelerine başarı ile uygulanmıştır. Ayrıca, profesyonel halı temizleme aşamalarının tamamını otomatik olarak yapabilen, yıkama, kurutma ve paketleme makinelerinden oluşan bir otomasyon tasarlanmıştır.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen, değerli tez danışmanım Doç. Dr. Yasin KİŞİOĞLU' na katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Yine çalışmamda katkısı dokunan Arş.Gör. Arif ÖZKAN' a ve kurutma deneylerini gerçekleştirmem için tezgahlarını kullanmama izin veren Aslı Endüstri firmasının sahibi Remzi UZUNER' e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ.....	v
SEMBOLLER.....	vi
ÖZET.....	viii
İNGİLİZCE ÖZET.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1. Halı Yıkama ve Kurutma Makineleri.....	4
2.2. Halı İmalatında Kullanılan İplikler.....	7
2.2.1. Teknik terimler.....	7
2.2.2. Halı imalatında kullanılan ipliklerin teknik özellikleri.....	11
2.3. Türkiye’ de Üretilen Bazı Halıların Teknik Özellikleri.....	15
2.3.1. Bünyan halısı.....	15
2.3.2. Ladik halısı.....	15
2.3.3. Isparta halısı.....	16
2.3.4. Yağcıbedir halısı.....	17
2.3.5. Kula halısı.....	17
2.3.6. Milas halısı.....	18
2.3.7. İpek halı.....	18
2.4. Literatür Taraması.....	19
2.5. Smartex Balans Sistemi.....	21
2.6. Halı Yıkama Yöntemleri.....	23
3. HALI YIKAMA MAKİNASI TASARIMI.....	28
3.1. Halı Yıkama Makinesi Elemanlarının Tasarımı.....	29
3.2. Halı Yıkama Makinesinin Elemanlarının Mukavemet Hesabı.....	30
3.2.1. Konveyör bandının hesabı.....	30
3.2.2. Tahrik gücünün hesabı.....	34
3.2.3. Elektrik motoru gücü hesabı.....	34
3.2.4. Tahrik mili çap hesabı.....	34
3.2.5. Gerdirme mili çap hesabı.....	37
3.2.6. Rulman ömür hesabı.....	37
4. HALI KURUTMA MAKİNASI TASARIMI.....	39
4.1. Halı Kurutma Makinesi Elemanlarının Tasarımı.....	44
4.1.1. Tambur miline etki eden kuvvetler.....	44
4.1.2. Elektrik motoru gücü hesabı.....	45
4.1.3. Tambur mili çap hesabı.....	46
4.2. Halı Yıkama ve Kurutma Makinesi Otomasyonu.....	46
4.3. Halı Kurutma Makinesi Prototipi İmalatı.....	50
4.3.1. Halı kurutma makinesi prototip parçaları.....	51
4.3.2. Prototip kurutma makinesi çalışma şekli.....	55

4.3.3. Halı numuneleri kurutma deneyleri	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Profesyonel temizlenmiş bir halı ile yüzeysel temizlenmiş bir halının hav araları.....	1
Şekil 2.1: Fırça makinesi kullanarak halı yıkama işlemi.....	5
Şekil 2.2: Otomatik bantlı halı yıkama makinesi ile halı yıkama işlemi.....	5
Şekil 2.3: Boru tipi halı sıkma makinesi ile sıkma işlemi.....	6
Şekil 2.4: Tam otomatik halı temizleme makinesi (otomasyon).....	6
Şekil 2.5: Bünyan halısı.....	15
Şekil 2.6: Ladik halısı.....	16
Şekil 2.7: Isparta halısı.....	16
Şekil 2.8: Yağcıbedir halısı.....	17
Şekil 2.9: Kula halısı.....	18
Şekil 2.10: Milas halısı.....	18
Şekil 2.11: İpek halı.....	19
Şekil 2.12: Fırça makinesi ve gelberi.....	24
Şekil 2.13: Gel-git halı yıkama makinesi.....	25
Şekil 2.14: Bantlı halı yıkama makinesi.....	25
Şekil 2.15: Halı sıkma makinesi.....	26
Şekil 3.1: Bantlı halı yıkama makinesinin şematik görünümü.....	29
Şekil 3.2: Banda etki eden kuvvetler ve sistemin hareketine direnç gösteren elemanlar.....	32
Şekil 3.3: Tahrik miline etki eden kuvvetler ve kuvvet vektörleri.....	35
Şekil 3.4: Yatakların tepki kuvvetleri ve eğilme mesafesi.....	36
Şekil 3.5: Gerdirme miline etki eden kuvvetler ve kuvvet vektörleri.....	37
Şekil 4.1: Halı kurutma ve rulo yapma makinesi (yan görünüş).....	41
Şekil 4.2: Halı kurutma makinesi (kesit görünüş).....	42
Şekil 4.3: Halı rulo yapma makinesi (kesit görünüş).....	42
Şekil 4.4: Tambur miline etki eden kuvvetler.....	45
Şekil 4.5: Halı yıkama kurutma makinesi (otomasyon) şematik çalışma düzeni.....	47
Şekil 4.6: Halı yıkama kurutma otomasyon sisteminin şematik görünümü.....	49
Şekil 4.7: Halı kurutma makinesi tamburu prototipi imalatı.....	50
Şekil 4.8: Spiral tmbur sacı.....	51
Şekil 4.9: Fan tarafı yan flanş (sol flanş).....	52
Şekil 4.10: Sağ yan flanş.....	53
Şekil 4.11: Tambur mili.....	54
Şekil 4.12: Sarma mili.....	54
Şekil 4.13: Klavuz sac.....	55
Şekil 4.14: Dijital tartı kantarı.....	57
Şekil 4.15: Tartı kantarının dijital panosu (Bünyan kuru halı ağırlığı).....	58
Şekil 4.16: Bünyan cinsi halı numunesinin yıkanmış ıslak haldeki ağırlığı.....	58
Şekil 4.17: Numunenin 500 devir/dakika hızla sıkılması.....	59
Şekil 4.18: Numunenin 1000 devir/dakika hızla sıkılması.....	59
Şekil 4.19: Halı numunesinin kurutulması.....	60

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1: Çeşitli halılarda yapılan denemelerde halıda kalan nem oranı	48
Tablo 4.2: Kurutma deneylerinde kullanılan çeşitli halıların özellikleri....	57
Tablo 4.3: Dakikadaki devir sayısının kalan nem niteliğine etkisi.....	61
Tablo 4.4: Sıkma süresinin kalan nem niteliğine etkisi	61
Tablo 4.5: Halı kalitesinin kalan nem niteliğine etkisi	62
Tablo 4.6: Kurutma süresinin kalan nem niteliğine etkisi	62
Tablo 4.7: Kurutma deneylerinde kullanılan halı numunelerinin kirli, yıkanmış ve temiz ağırlıkları	63

SEMBOLLER

μ	Tahrik tamburundaki sürtünme katsayısı
a	Halının kenarı ile bandın kenarı arasındaki minimum mesafe,(mm)
B	6 m ² 'lik bir halının genişliği,(m)
B _{bant}	Bandın genişliği,(mm)
B _{kopma}	Bandın kopma gerilmesi,(N/mm ²)
c	Düzensizlik katsayısı
c _h	Yüklenme değeri,(N)
d _B	Bant malzemesinin özgül ağırlığı,(gr/dm ³)
D _{bm}	Baskı makaralarının dış çapı,(mm)
d _{bm}	Baskı makaralarının iç çapı,(mm)
D _D	Dönüş yolu makaraların dış çapı,(mm)
d _D	Dönüş yolu makaraların iç çapı,(mm)
D _{mil}	Mil çapı,(mm)
D _t	Tambur çapı,(mm)
D _T	Taşıyıcı makaraların dış çapı,(mm)
d _T	Taşıyıcı makaraların iç çapı,(mm)
e	Tambur milinin yatakladığı yerden kesitin değiştiği yere kadar olan mesafe,(mm)
f ₂	Makaralardaki sürtünme kaybı katsayısı
f ₃	Bandın kopma emniyet katsayısı
F _{fırça}	Fırçaların birim dirençleri,(kg/m)
F _{kopma}	Bandın kopma gerilmesi,(N/mm ²)
F _{sıyırıcı}	Sıyırıcıların birim dirençleri,(kg/m)
F _{TT}	Tahrik tamburundaki sürtünme kaybı yükü,(kg)
F _z	Santrifüj kuvvet,(N)
g	Yerçekim ivmesi,(m/sn ²)
G _G	Bandın gerdirilmesi için gerekli kuvvet,(kg)
G _g	Gerdirme tamburunun ağırlığı,(kg)
G _T	Tahrik tamburu ağırlığı,(kg)
G _w	6 m ² 'lik ıslak bir halının ağırlığı,(kg)
K	Tambur gücü kaybı katsayısı
K _b	Boyut faktörü
K _c	Çentik faktörü
K _y	Yüzey pürüzlülük faktörü
L	6 m ² 'lik bir halının boyu,(m)
L _h	Rulmanın çalıştığı süre,(saat)
m	Kütle,(kg)
M _B	Biçim değiştirme momenti,(Nm)
M _b	Burulma momenti,(Nm)
M _e	Eğilme momenti,(Nm)
n	Tambur devri,(dev/dak)
N _m	Tahrik motoru gücü,(kW)

Q	Saatte taşınabilecek maksimum yük,(ton)
q	Halının birim ağırlığı,(kg/m)
q _B	Bandın birim ağırlığı,(kg/m)
q _{bm}	Baskı makaralarının birim ağırlığı,(kg/m)
q _{bm(top)}	Baskı makaralarının toplam ağırlığı,(kg/m)
q _D	Dönüş yolu makaraların birim ağırlığı,(kg/m)
q _T	Taşıyıcı makaraların birim ağırlığı,(kg/m)
q _{yay(top)}	Baskı makaralarının yay kuvvetleri,(kg)
R	Bileşke kuvvet,(kg)
R _{yatak}	Yataklara gelen kuvvet,(kg)
s	Emniyet faktörü
β	Tahrik tamburundaki sarım açısı
T ₁	1 noktasındaki banda gelen kuvvetlerin toplamı,(kg)
T ₃	3 noktasındaki banda gelen kuvvetlerin toplamı,(kg)
T ₄	4 noktasındaki banda gelen kuvvetlerin toplamı,(kg)
t _B	Bant kalınlığı,(mm)
T _E	Tahrik tamburundaki etken çekme kuvveti,(kg)
T _{fırça}	Fırçaların direnç kuvveti,(kg)
T _{sıyırıcı}	Sıyırıcıların direnci,(kg)
V	Bant hızı,(m/dak)
w	Açısal hız,(s ⁻¹)
Z _{bm}	Baskı makarası adeti
Z _{max}	Saatte bandın üzerinden geçen maksimum halı adeti
η _T	Sistemin toplam verimi
τ _{ak}	Milin akma dayanımı,(N/mm ²)
τ _k	Milin kopma dayanımı,(N/mm ²)

BİLGİSAYAR DESTEKLİ HALI YIKAMA VE KURUTMA MAKİNESİ TASARIMI VE PROTOTİP İMALATI

Serkan AKTAŞ

Anahtar Kelimeler: Halı yıkama makinesi, Halı kurutma makinesi, Kalan nem oranı, Halı yıkama aşamaları, Halı kurutma deneyleri

Özet: Bu çalışmada, endüstride kullanılan halı yıkama, sıkma ve kurutma makineleri incelenerek dezavantajlı yönleri tespit edilmiştir. Makinelerin sınırlılıkları göz önünde bulundurularak profesyonel halı yıkama aşamalarının tamamını yerine getiren halı yıkama ve kurutma makineleri ayrı ayrı tasarlanmıştır. Tasarım bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiş ve halı yıkama ve kurutma makinesi elemanlarının (band, tahrik mili, motor gücü v.b.) dayanım hesapları formülize edilmiştir. Halı yıkama ve kurutma makinelerinin otomasyonu tasarlanarak profesyonel halı temizleme aşamalarının süresi azaltılmış ve maliyetleri düşürülmüştür. Halı kurutma işlemini tek bir makinede gerçekleştirmek için spiral tamburlu kurutma makinesi tasarlanmış ve tasarlanan makinenin işlevselliğini görmek amacı ile prototipi imal edilmiştir. İmal edilen prototip torna tezgahı kullanılarak çalıştırılmış ve çeşitli halı numuneleri üzerinde sıkma ve kurutma deneyleri yapılmıştır. Kurutma deneylerinden elde edilen veriler; halının kalitesi, kuruma süresi, sıkma süresi ve dakikadaki devir sayısı gibi kriterler göz önünde bulundurularak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar değerlendirilerek deneylerde kullanılan halı numunelerinin tam olarak kurduğu sonucuna varılmıştır.

COMPUTER AIDED DESIGN OF CARPET WASHING AND DRYING MACHINE AND PROTOTYPE PRODUCED

Serkan AKTAŞ

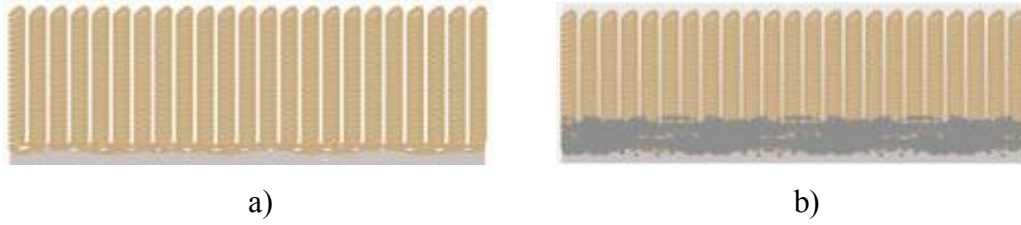
Key Words: Carpet cleaning machine, Carpet drying machine, Remaining rate of moisture, Carpet cleaning stages, Carpet drying experiments

Abstract: In this study, the industry used in carpet cleaning, extraction and drying machines are examined to determine the direction has been disadvantaged. Keep in mind the limitations of the machines, professional carpet cleaning stage performer of the entire washing and drying machines carpet is designed seperatly. Design and machine elements in a computer environment (the band, with drive, motor power, etc.) is resistance account symbolism. Carpet washing and drying machines are designed for automation of the process of professional carpet cleaning time and reduce costs has been reduced. Carpet a single machine to perform the drying process spiral drum drying machine designed of the machine to see the prototype lathe work and drying experiments were made on various carpet samples. The data obtained from drying experiments, the quality of carpet, drying time, extraction time and speed in mind such as the number of criteria are compared. Comparison of the results obtained for the end of experiments used the full set of carpet samples that have been concluded.

1. GİRİŞ

İnsanlar evlerinde, işyerlerinde veya değişik ortamlardaki kullanma alanlarında gerek yer ile teması kesmek gerekse aksesuar malzemesi olarak halıları kullanmaktadırlar. İnsanların yaşadığı ortamlarda kullanılan halılar, zamanla kirlenir. Halılardaki kirlenme, leke, evcil hayvan tüyü, koku, toz akarı, bakteri, v.b. olarak ortaya çıkar. Özellikle evcil hayvan tüyü, toz akarı ve bakteriler halı havları arasına girdiğinden dolayı günlük halı temizliğinde ortadan kaldırılamamaktadır. Ayrıca, toz akarı ve bakteriler insan sağlığını önemli derecede tehdit etmektedir. Bu sebeplerden dolayı kullanılan halıların yılda en az iki kez profesyonel olarak temizlenmesi gerekmektedir.

Halı yıkama işlemi, halının çeşitli makineler ile su kullanılarak, hav (halı tüyü) aralarının ve saçaklarının, tozdan, lekelerden, kokudan, tüylerden, bakterilerden ve akarlardan temizlenmesi işlemidir. Halı yıkama işleminin aşamaları ise profesyonel olarak toz alma, yıkama, durulama, sıkma, kurutma, hav alma ve paketlemedir. Şekil 1.1.a' da profesyonel temizlenmiş bir halı ile Şekil 1.1.b' de yüzeysel temizlenmiş bir halının hav araları gösterilmektedir. Halıların çok iyi temizlenebilmesi için, bol miktarda su kullanılması gerekir [1].



Şekil 1.1: a) Profesyonel temizlenmiş halı, b) yüzeysel temizlenmiş halının hav araları [1].

İnsanlar kirlenen halılarını iki farklı şekilde yıkayarak temizlerler. Kirlenen halılar, amatörce evde veya bahçede yada profesyonel olarak halı yıkama fabrikalarında temizlenirler. İnsanların yaşadığı kent ortamında, belediyelerin su tasarrufu için getirdiği kısıtlamalar, şebeke suyu ücretlerinin artması, nüfusun şehir merkezlerinde

yoğunlaşması ve insanların daha çok iş hayatına ağırlık vermesi halı yıkama sektörünü yılda yaklaşık 400 milyon TL büyüklüğe taşımıştır. Otel, işyerleri ve halı üreticilerine verilen kurumsal hizmetlerle birlikte bu rakam yaklaşık 500 milyon TL'ye çıkmıştır. Sadece İstanbul'da yılda yaklaşık 80 milyon TL'lik halı yıkama işlemi yapılmaktadır. Halının profesyonel olarak makinelerde yıkanması, şebeke suyu ile bahçede yada evde temizlenmesine göre 1 m² halıda yaklaşık %83 su tasarrufu sağlamaktadır [2].

Halı yıkama sektörünün büyüklüğünü rakamlarla anlatmak gerekirse, Türkiye nüfusunun yaklaşık %70'i, kent merkezlerinde yaşamaktadır [3]. Bu nedenle halı yıkama sektörü, turizm, sanayi ve kentleşmenin geliştiği bölgelerde yoğunlaşmıştır. İstanbul, İzmir, Ankara, Konya, Antalya, Bursa ve Afyon sektörün en hızlı büyüdüğü illerin başında gelmektedir. Yaklaşık 12.5 milyon ailenin yaşadığı kent merkezlerinde, bir evde ortalama 30 m² halı kullanıldığı tahmin edilmektedir. Kentlerde her 4 aileden biri yılda bir defa halı yıkamacılara gitmektedir. Bu rakamlara göre sadece büyük şehirlerde yaklaşık 93.75x10⁶ m² halı yıkatılmaktadır[2]. Halı yıkama sektöründe yaşanan büyüme hızı kurumsal firmaları teknoloji ve kapasite yatırımlarına sevk etmektedir.

Halı yıkama sektörü, Türkiye'de yeni gelişen bir sektör olmasına rağmen Avrupa ülkelerinde 100 yıla yakın geçmişe sahiptir. Bir İspanyol firmasının 103 yıl önce halı yıkama makinesi patenti almış olması, sektörün Avrupa'da çok eski zamana dayandığını gösterir. Avrupa ile birlikte sanayileşmiş ülkelerde yüksek pazar hacmine sahip olan sektörün, dünya genelinde yaklaşık 12 milyar dolarlık bir hacme ulaştığı belirtiliyor. 12 milyar dolar içerisinde Avrupa ülkelerinin payı 2 milyar dolar civarındadır. ABD'de yaklaşık 30 bin kayıtlı halı temizleme şirketi bulunuyor. 2007'de 3.2 milyar dolarlık bir büyüklüğe ulaşan Amerikan halı yıkama sektörünün 2008'de yüzde 7.5 oranında artarak yaklaşık 3.5 milyar dolara ulaşmıştır [2].

Günümüzde halı yıkama işlemi çeşitli makineler ile yapılmaktadır. Halı yıkama işlemi için kullanılan bu makineler Bölüm 2'de Halı Yıkama Yöntemleri içerisinde detaylı olarak açıklanmıştır. Kullanılan makineler, özellikle, kurutma, yıkama-kurutma otomasyonu, doğal kaynakları kullanma ve tasarım konusunda sınırlı

kalmaktadır. Halı yıkama sektöründe kullanılan mevcut kurutma işlemi, kurutma odalarında veya güneş altında yapılmaktadır. Kurutma odalarında yapılan halı kurutma işlemi, fazla alan kullanılmasına ve zaman kaybına neden olmaktadır. Ayrıca sıcak hava, elektrik enerjisi ile elde edildiğinden maliyeti artırmaktadır. Güneş altında yapılan kurutma işlemi, halıların renginin sararmasına neden olmaktadır. Kullanılan mevcut makineler, halı yıkama aşamalarının sadece bir yada birkaç tanesini gerçekleştirmektedir. Diğer aşamalar için yıkama, sıkma, kurutma ve paketleme makinelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca makineler arasında halının transferi, insan gücü ile olduğundan mevcut makinelerin işgücü maliyetleri de yüksektir.

Yapılan bu çalışmada, mevcut kullanılan halı yıkama makinelerinin kısıtlı kaldığı konular irdelenmiştir. Bu kısıtlamalar, göz önünde bulundurularak, bilgisayar desteği ile halı yıkama sektörüne büyük katkı sağlayacak bir otomasyon tasarlanmıştır .

Bu tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır. 1. Bölüm Giriş; halı yıkamanın anlamına ve gerekliliğine değinilmiştir. Halı yıkama sektörünün güncel olarak Türkiye’de ve dünyada ki pazar payı rakamlarla anlatılmıştır. Geleceğe dönük planlar ve mevcut halı yıkama makinelerinin sınırlılıkları dikkate alındığında halı yıkama işinin araştırma yapılması gereken bir konu olduğuna dikkat çekilmiştir. 2. Bölüm Literatür taraması, şimdiye kadar bu konu ile ilgili literatürde ve endüstride yapılan çalışmalar özetlenmiştir. Ayrıca halı yıkama yöntemlerinde, halı yıkama ve kurutma makinelerinin halı yıkama yöntemleri içerisindeki yerinden ve öneminden bahsedilmiştir. Halı yıkama ve kurutma makineleri detaylı olarak incelenmiştir. 3. Bölüm Halı yıkama makinesi tasarımı, elektrik motoru güçleri, tahrik merdanesi dayanımı gibi hesaplamalarla halı yıkama makinesi tasarlanmış ve tasarlanan halı yıkama makinesi şematik olarak anlatılmıştır. 4. Bölüm Halı kurutma makinesi tasarımı, halı kurutma makinesi şematik olarak anlatılmış ve spiral tamburun prototipi imal edilerek halı kurutma işlemi ile ilgili deneyler yapılmıştır. İlâveten, halı yıkama ve kurutma otomasyonuna açıklanmıştır. Son 5. bölümde, bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlar özetlenmiş ve bu konu ile ilgili çalışacak olan araştırmacılara önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Halı Yıkama ve Kurutma Makineleri

Halı yıkama işlemi günümüzde artan talepler neticesinde bir endüstri kolu haline gelmiştir. Halılar, geleneksel metot ile yerinde yıkanabildiği gibi gelişen teknoloji sayesinde günümüzde otomatik makinelerde de yıkanmaktadır. Geleneksel halı yıkama metodu, insanların iş hayatına daha fazla önem vermeleri, kentleşme, doğal su kaynaklarının azalması nedenlerinden dolayı artık kullanılmamaya başlanmıştır. Buna karşın, halı yıkama işlemi profesyonel elemanlarla makine kullanılarak yapılmaya başlanmıştır. Halı yıkama ve kurutma işlemlerinde kullanılan makineler 4 ana gruba ayrılabilir.

Birinci grup, sadece yıkama işlemi yapan fırça makineleri yer almaktadır. Fırça makinelerinin maliyetleri düşüktür. Ancak, işgücü maliyetleri yüksektir. Halı yere serilerek yıkama işlemi yapılmaktadır. Bu işlem hijyen açısından sağlıklı değildir. Bu makinelerle yapılan yıkama işlemi neticesinde halının başka makinelerde sıkılması ve kurutulması gerekir. Şekil 2.1’de fırça makinesi kullanılarak halı yıkama işlemi gösterilmektedir.

İkinci grup, otomatik bantlı halı yıkama makineleri yer almaktadır. Bu makinelerde halı, bantlı konveyör üzerinde hareket ederek toz alma, yıkama ve durulama işlemlerine tabi tutulmaktadır. Otomatik bantlı halı yıkama makinelerinde yıkanan halıların sıkma ve kurutma işlemleri başka makinelerde yapılmaktadır. Bu makinelerin maliyetlerinin yüksek olmasına karşın işgücü maliyetleri düşüktür. Ayrıca sudan ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Şekil 2.2’de otomatik bantlı halı yıkama makinesi ile halı yıkama işlemi gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Fırça makinesi kullanılarak halı yıkama işlemi [4].



Şekil 2.2: Otomatik bantlı halı yıkama makinesi ile halı yıkama işlemi [5].

Üçüncü grup, boru tipi halı sıkma makineleri yer almaktadır. Bu makineler ile yıkanan halı %90-95 kuruluğa kadar sıkılır. Tamburun yaklaşık 1400 devir/dakika hızla dönmesi ile büyük bir santrifüj kuvvet ortaya çıkar. Bu kuvvet halıdan suyun büyük bir oranda uzaklaşmasına neden olur. Bu makine ile sıkılan halıların açık havada yada kurutma odalarında askılara asılarak kurutulması gerekir. Şekil 2.3'de boru tipi sıkma makinesi gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Boru tipi halı sıkma makinesi ile sıkma işlemi [6].

Dördüncü grup, halı yıkama ve kurutmanın aynı sistemde yapıldığı otomasyon usulü çalışan makineler yer almaktadır. Bu makinelerden ülkemizde halı hazırda endüstride çalışan bir çeşit bulunmaktadır. Bu makine özel yapım bir makinedir ve çok yer kaplamaktadır. Ayrıca maliyeti de çok yüksektir. Bu makine ile yıkanan halı profesyonel halı temizleme aşamalarının tümüne tabi tutulmaktadır. Şekil 2.4'de otomasyon usulü çalışan halı temizleme makinesi gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Tam otomatik halı temizleme makinesi (otomasyon) [7].

2.2. Halı İmalatında Kullanılan İplikler

Ülkemizde çok çeşitli halı üretim firmaları ve dolayısı ile çok çeşitli halılar üretilmektedir. Ürünlerin çok çeşitli olması ile birlikte kaliteleri de buna bağlı olarak değişmektedir. Bir halının kalitesi, üretim tekniğine (dokuma kalitesine), kullanılan ipliklerin kalitesine ve aynı zamanda havların düğüm sıklığına veya seyrekliğine bağlıdır. Üretim teknikleri ile birlikte, halıların teknik ve yapısal karakteristiklerini tanıma açısından bazı teknik terimlerin ve tanımlamaların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Teknik terimler

Numara: İplik numarası ipliğin boyutunu (inceliğini, kalınlığını) belirlemek için verilen sayısal bir değer olup, birim uzunluk başına ağırlığı veya birim ağırlık başına uzunluğu belirten bir ölçüdür. İpliğin numarasını belirlemek amacıyla dünyada çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bunların bazıları uzunluğu bazıları da ağırlığı esas almaktadır [8].

Büküm: İpliğin eğirilmesi sırasında elyafların yada ipliklerin bir arada tutulması ve mukavemet kazandırılması için kendi etrafında verilen spiral dönmelerdir. Bir elyafı bükmek, kullanım amacındaki dayanma koşulları açısından önemlidir. İplikteki büküm sayısı sağlamlık, elastiklik ve dolaylı olarak tüylülük gibi iplik özelliklerini etkiler. İpliğe verilecek olan büküm tamamen iplik üreticisinin elinde olup, nihai kullanıcının amacını karşılayacak şekilde iplikhanelerde ayarlanabilir. Kalın ipliklerde elyafların birbirlerini tutmaları için daha az sayıda, ince ipliklerde ise daha çok sayıda büküme ihtiyaç vardır. Yine aynı şekilde, kullanım amaçları göz önüne alınarak triko iplikleri daha az bükümlü, dokuma iplikleri ise daha çok bükümlüdür. Birim uzunlukta bulunan spiral sayısı büküm sayısını verir. Birim uzunluk olarak 1 inch (2,54 cm) alınırsa TPI (inch'teki büküm sayısı), birim uzunluk 1 metre alınırsa TPM (metredeki büküm sayısı) ifade edilmiş olur [8].

Büküm katsayısı: Yukarıda sözü edilen az bükümlü çok bükümlü kavramlarına uluslararası ortak bir anlayış getirebilmek açısından büküm katsayısı tarif edilmiştir.

Teorik olarak büküm katsayısı iplik dış yüzeyindeki lifler ile iplik eksenini arasındaki açının tanjantını ifade eden bir sayıdır. Büküm faktörü veya katsayısı için henüz uluslararası bir standart oluşmamıştır. Genel olarak, triko ipliklerde büküm katsayısı 3.6, dokuma ipliklerde ise yaklaşık 4.2 olarak kabul edilmiştir [8].

Büküm yönü: İplikler iki yönde bükülebilirler. Büküm yönü Z ve S harfleri ile belirtilir. Büküm denildiğinde genellikle anlaşılan ve en çok kullanılan büküm yönü Z' dir. Ancak son zamanlarda S bükümlü ipliklere de talep başlamış ve bazı firmalar Z ve S bükümlü iplikleri bir arada kullanarak örgüdeki dönme problemine çözüm bulma çabası içine girmişlerdir [8].

Uster (Düzgünsüzlük) kalite parametreleri: İplikçilik alanında ülkelerin kendi durumlarına göre belirlemiş oldukları standartlar olabilir. Ancak, globalleşen dünyamızda her alanda olduğu gibi iplikçilik ve iplik kalite parametreleri konusunda da aynı dili konuşmakta gereklidir. Bu alanda bazı uluslararası standartlar olmakla birlikte Uster istatistikleri, kalite konusunda hangi kavramlardan söz edildiğini belirlemek amacıyla en yaygın kullanılan kaynaktır.

Çeşitli laboratuvar test cihazları üretmesiyle tanınan Zellweger Uster firması bir süreden beri dünyadaki çeşitli iplik üreticilerinden istatistiksel bilgiler toplayarak bir veri tabanı oluşturmakta ve bu verileri sınıflandırarak istatistik kitapları yayınlamaktadır. En sonuncusu 1997 yılında yayınlanmış olan bu kitaplarda, her ayrı tip ve numaradaki iplikler için toplanan istatistiksel değerlerden sınır grafikleri oluşturulmakta ve %5, %25, %50, %75 ve % 95 sınır çubukları çizilerek, iplik üreticilerinin dünya üretiminin hangi %'lik kalite dilimine girdiğini öğrenmesine olanak sağlamaktadır. Yani, Uster istatistikleri kullanılarak bir kıyaslama yapmak ve yukarıda sözü edilen dilimlerden hangisine dahil olduğunu bilmek mümkün olmaktadır.

Örneğin, mevcut iki parti Ne 30/1 halı ipliğinden birinin Uster (Düzgünsüzlük) değeri 9.60, diğerinin ki ise 10.0 olsun. Bu ipliklerin düzgünsüzlük (U) değeri yönü ile dünyada üretim yapan firmaların %5 ve %25'i ile aynı standartta üretim yaptığı

sonucuna varılabilir. Diğer bir deyişle birinci iplik Uster istatistikleri %5 dilimine, ikinci iplik ise %25 dilimine girmektedir [8].

Uster %'si (Düzensüzlük): Tamamen düzgün bir iplik üretmek mümkün olsaydı, yani düzensüzlüğü sıfır (0) olan bir iplik yapmak mümkün olsaydı, bu ipliğin her santimetresinin ve her metresinin kütesinin birbiriyle eşit olduğu görülürdü. Ancak bu pratikte mümkün değildir. Yani ipliğin kütlesi belirli bir ortalama değer etrafında yukarı ve aşağı sapmalar gösterir. Bu sapmaların yukarı ve aşağı yöndeki büyüklüğü düzensüzlük oranını belirler. Uster düzensüzlüğü Uster test cihazı ile ölçülür. Yukarıda da belirtildiği gibi elyaf demetinin kütesindeki yani birim uzunluğunun ağırlığındaki değişimler kaydedilir. Daha sonra matematiksel yöntemle düzensüzlük (%U) değeri hesaplanır [8].

IPI (Hata) değerleri: Kesikli elyaflardan eğrilen ipliklerde çeşitli hatalar oluşmaktadır. Üzerinde durulacak hatalar sık yani 1000 metre de birden fazla hatta bazen ondan fazla görülen hatalardır. Bu hatalar 3 gruba ayrılabilir, ince yerler, kalın yerler ve neps (düğümçükler) dir. Bu hataların nedeni hammaddeden kaynaklanabileceği gibi iplik hazırlama ya da doğrudan eğirme işlemi sırasında da oluşabilir [8].

İnce yerler (-50%): İpliğin normal enine kesitinden %50 daha az yer kaplayan bölgeler ince yer olarak sayılır, 1000 metre iplikteki adet olarak ifade edilir. İnce yerin çoğalması ya hammaddenin ya da işletme şartlarının bozulduğunu gösterir. Genel kanı, ince yerlerin iplik kopuşlarının temel nedeni olduğu yönündedir. Oysa ki bu bölgeler daha fazla büküm aldıklarından mukavemetleri her zaman düşük olmayıp örgü ve dokuma kopuşlarının temel nedeni değildirler. İnce yerin temel dezavantajı ham veya bitmiş ürünün görüntüsünü bozmasıdır [8].

Kalın yerler (+50%): İpliğin normal enine kesitinden %50 daha fazla yer kaplayan yani iplik kesitinden %50 daha kalın ve uzunluğu en az 4 mm olan yerlerdir. Kalın yer oluşumunun temel sebebi yeterli çekim almamış bölgelerin varlığıdır. 1000 metre iplikteki adet olarak ifade edilir. Kalın yerler hem nihai ürünün görüntüsünü bozar

hem de sonraki aşamalarda iplik kopuşlarının en önemli nedenidir. Çünkü bu bölgeler daha az büküm almışlardır [8].

Neps (+200% Düğümcükler): İpliğin normal enine kesitinden %200 daha fazla yer kaplayan ve uzunluğu en az 1 mm en fazla 4 mm olan bölgeler neps olarak sayılır. 1000 metre iplikteki adet olarak ifade edilir. Neps dokuma halinin görüntüsünü olumsuz yönde etkiler. Ayrıca belli büyüklüklerden sonra, özellikle dokuma işlemi sırasında ipliğin çalışmasında güçlük yaratır. Dolayısıyla nepsten kurtulmak halıcılıkta önemli bir teknolojik problem olarak karşımıza çıkmaktadır [8].

Tüylülük: Kesikli elyaf ipliklerinde lif uçlarının iplik kesitinden dışarı doğru uzanması sonucunda tüylülük veya tüylenme oluşmaktadır. Tüylülük, ipliğin 1 cm uzunluğundaki ölçme bölgesinde, iplik kesitinden dışarı doğru uzanan kılcal liflerin toplam uzunluğudur. Örneğin; tüylülük $H= 4.0$ dendiğinde toplam 4 cm kılcal lif ölçülmüş ve 1 cm ölçüm uzunluğuna bölünerek 4 değeri bulunmuştur. Dolayısıyla tüylülüğün birimi yoktur [8].

Mukavemet: İpliğin uygulanan yüke gösterdiği dirençtir. Mukavemetin yüksek olması iplik kopuşunu ve makine duruşlarını azaltarak verimliliğin artmasını sağlar. İplik mukavemetini etkileyen en önemli faktör hammaddedir. Hammaddenin cinsi elyaf uzunluğu, elyaf inceliği (micronaire), elyaf uzunluk dağılımı (uniformity) ve elyaf mukavemeti iplik mukavemetine etki eden en önemli faktörlerdir. Bükümün artırılması belli bir noktaya kadar iplik mukavemetini de artırır. İplik mukavemetinin ölçümünde çeşitli laboratuvar cihazları ve mukavemet birimleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla, ipliğin mukavemeti bildirilirken, hangi test cihazıyla ölçüm yapıldığı ve mukavemet birimi mutlaka belirtilmelidir. Son yıllarda mukavemetin bir ölçütü olarak kopma kilometresi (RKM) kavramı yaygın olarak kullanılmaktadır. Burada ifade edilmeye çalışılan ipliğin kendi ağırlığı ile koptuğu uzunluktur. Yani 17 RKM mukavemet değerine sahip iplikten söz edildiğinde bu ipliğin 17 km.'sinin ağırlığının ipliği kopma noktasına getireceği anlaşılır [8].

Elastikiyet: Bir ipliğin gerilme altında boyunun uzaması ve gerilme kalktığında eski uzunluğuna tamamen ya da kısmen dönebilme kabiliyetidir. Kritik uzama noktasına

kadar uzatılmış yani kopma noktasına gelmiş bir ipliğin o anki erişmiş olduğu uzunluğun, serbest haldeki uzunluğuna oranlanmasıdır. Esneme özelliği halının ömrünü artırır [8].

Sürtünme katsayısı: İpliğin örgü makinelerinde rahat çalışmasını temin etmek amacıyla ipliğe bobinleme aşamasında parafin işlemi uygulanır. Dokuma bobinlerde bu işleme gerek yoktur. Örme işlemi esnasında ipliğin geçtiği iplik geçiş boruları, kılavuz, iğne gibi yerlerde bir sürtünme söz konusudur. Bu kuvvet ipliğe etki ederek çekme kuvvetinin artmasına neden olur. İpliğin hiç ya da yeterli parafin almaması örgü makinelerinde çalışma güçlüklerine, tüylenmeye ve hatta zaman zamanda örgü patlaklarına neden olabilir. İplik fabrikalarında ipliğin parafin alma derecesini ölçen laboratuvar aletleri mevcuttur. Bu aletler yardımıyla üretimi tamamlanmış olan iplik bobinleri test edilerek sürtünme katsayıları ölçülür. Normal parafin almış bir iplikte numara ve iplik tipine bağlı olmak üzere sürtünme katsayısının 0.18 ve daha az olması beklenir. Dokuma ipliklerinde bu değer 0.24 ve daha üzerindedir [8].

Değişim katsayısı: 30 numara iplikten söz edildiğinde, iplikle ilgili çeşitli ölçümler yapıldığı ve bu ölçümlerin sonucunda ortalama 30 değerinin bulunduğu anlaşılır. Bu ortalama değere, 29, 30, 31 gibi ölçümler sonucunda ulaşılabilen gibi 29.8, 30.0, 30.2 gibi sonuçlarla da ulaşılabilir. Sonuca bakıldığında her ikisi de 30 numara ipliklidir. Ancak, değişim katsayısı çok yüksek olan birinci iplik 30 numara iplik olmasına rağmen tercih edilmez. Yani, herhangi bir kalite değerinden söz ettiğimizde amacımız ortalama bir değeri ifade etmektir. Bu ortalama değere ulaşırken yaptığımız ölçümleri ortalamadan az yada çok sapması yapılan ölçümün değişim katsayısının düşük veya yüksek olmasına neden olur. Bütün kalite parametrelerinde değişim katsayısının düşük olması öncelikle amaçlanan bir durumdur [8].

2.2.2. Halı imalatında kullanılan ipliklerin teknik özellikleri

Pamuk: Sıcaklık, 118-120°C arasında pamuk lifi sararmaya başlar. 180°C' ye kadar renk kahverengiye dönüşür. 300°C' de tamamen kavrulur, karbonize olur. Normal koşullar altında soğuk veya sıcak suyun pamuk lif ve mamulleri üzerine etkisi yoktur. Selüloz içeren liflere genellikle kolay etki ederler. Sulandırılmış alkali

çözeltilerinin pamuk lifleri ve mamulleri üzerine etkisi yoktur. Özgül ağırlığı, 1.50-1,54 g/cm³ tür. Normal şartlarda nem oranı, %8.5' dir [9].

Keten: Özgül ağırlığı 1.43-1.52' dir. Asit, alkali ve yükseltgen maddelerin keten lifleri üzerine etkileri pamukla hemen hemen aynıdır. Kenevir ise sıcak su ve soğuk alkali etkilemez. Sıcak yoğun alkaliler keneviri eritir. Soğuk yoğun ve sıcak sulandırılmış asitler liflere etki eder ve tamamen parçalar. Zayıf asitler oda sıcaklığında kenevire etkili değildir [9].

Pes lifi: Camlaşma noktası 80-110°C' dir. Erime noktası 250-360°C' dir. Molekül ağırlığı 18000-25000 dir. Özgül ağırlığı 1,38 g/cm³' dir. Kopma dayanımı 4.5-5.5 g/denye dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi, %15-25' dir. Normal şartlarda nem oranı, %0.4' dir. Asitlere karşı genel olarak dayanıklıdır. Bazlara karşı dayanımı sınırlıdır. Yükseltgen ve indirgen maddelere karşı dayanıklıdır. Birçok çözücü içerisinde çözünmemekle beraber, fenol ve türevleri, benzilalkol, mkresol gibi bazı çözücüler içerisinde kolaylıkla çözünmektedir. Gün ışığına karşı dayanıklıdır. 3000 saat güneş ışığına bırakıldığında %50 kadar bir kopma dayanımı düşmesi olmaktadır. Açık hava koşullarına karşı dayanımı iyidir [9].

Poliamid 6.6 lifi: Camlaşma noktası 90-95°C' dir. Erime noktası 250°C' dir. Özgül ağırlığı 1.14g/cm³' dir. Kopma dayanımı 3.5-5.5 CN/dtex (normal)'dir. 5.3-8.6 CN/dtex (yüksek mukavemetli)' dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %25-50 (normal)'dir. %18-24 (yüksek mukavemetli)'dir. Normal şartlarda nem oranı %4' dir. Asitlere karşı dayanımları sınırlıdır. Bazlara karşı dayanıklıdırlar. Yükseltgen ve indirgen maddelerden pek zarar görmezler. Apolar çözenler içerisinde çözünmemekle beraber fenol ve türevleri, benzil alkol, o-diklorbenzen, anilin gibi çözcüler içerisinde tamamen çözünmektedir. Güve ve diğer zararlı böceklere, bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Güneş ışınlarına karşı dayanımları düşüktür [9].

Poliamid 6 lifi: Camlaşma noktası 80-85°C' dir. Erime noktası 215°C' dir. Özgül ağırlığı 1.14g/cm³' dir. Kopma dayanımı 2.5-5 CN/dtex (normal) dir. 5.3-9 CN/dtex(yüksek mukavemetli) dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %35-55 (normal)

dir. %16-24 (yüksek mukavemetli) dir. Normal şartlarda nem oranı %4' dir. Asitlere karşı dayanımları sınırlıdır. Bazlara karşı dayanıklıdır. Yükseltgen ve indirgen maddelerden pek zarar görmezler. Apolar çözümler içerisinde çözünmemekle beraber fenol ve türevleri, benzil alkol, o-diklorbenzen, anilin gibi çözümler içerisinde tamamen çözünmektedir. Güve ve diğer zararlı böcekler, bakteri ve mantar gibi mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Güneş ışınlarına karşı dayanımları düşüktür[9].

Poliakrilnitril lifi: Camlaşma noktası 30-75°C (suda) dir, 50-100°C (kuru) dir. Erime noktası 250°C' dir. Özgül ağırlığı 1.14-1.19 g/cm³' tür. Kopma dayanımı 2.3-3.1 CN/dtex (kopolimer) dir, 3.4-3.6 CN/dtex (homopolimer) dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %20-48 (kopolimer) dir, %30-34 (homopolimer) dir. Normal şartlarda nem oranı %0.5' dir. Asitlere karşı dayanımı azdır. Sıcak bazlar içerisinde sararmaktadırlar. Yükseltgen maddelere karşı dayanımları sınırlıdır. DMF, DMA gibi çözümlerde çözünürken; alkol türü çözümlerden etkilenmemektedir. Işık ve dış hava şartlarına karşı dayanıklıdır [9].

Elastomer lifi: Camlaşma noktası (-40)-(-60) °C' dir. Erime noktası 230-290°C' dir. Özgül ağırlığı 1.2-1.25 g/cm³' tür. Kopma dayanımı 0.6-1.1 CN/dtex (elastomer filament telleri) dir, 4.5-7.5 CN/dtex (filament iplik) dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %400-750 dir. Seyreltik asitlerden oda sıcaklığında pek etkilenmemektedirler. Derişik asitlerden ise zarar görürler. Kauçuk zehri olarak adlandırılan Cu ve Mn gibi ağır metal iyonlarına karşı dayanıklıdır. Işığa karşı dayanıksızdır. Kuru temizleme ve yıkama işlemlerine karşı dayanıklıdır. Klorlu ağartma maddelerine karşı hassas olduklarından genellikle peroksit ve indirgen ağartmayla ağartılırlar [9].

Poliyeten lifi: Erime noktası 130-133°C' dir. Özgül ağırlığı 0.9-0.97 g/cm³' tür. Kopma dayanımı 3.5-6.5 CN/dtex' dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %10.5-20' dir. Normal şartlarda nem içermezler. Asitlere ve bazlara karşı çok dayanıklıdır. Birçok organik çözümlerde çözünmezler. Ancak bazı klorlu hidrokarbonlar ve aromatik çözümler içerisinde çözünmektedirler. Yalıtıcıdır, elektriği iletmezler. Güve ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır [9].

Polipropilen lifi: Erime noktası 160-175°C' dir. Özgül ağırlığı 0.90-0.92 g/cm³' tür. Kopma dayanımı 5-9 g/denye dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %15-25' dir. Normal şartlarda nem oranı %0.05' dir. Asitlere ve bazlara karşı dayanıklıdır. Oda sıcaklığında hiçbir çözüğenden etkilenmez. Ancak kaynar tetrakloreten içerisinde çözünmektedir. Mikroorganizmalardan zarar görmez [9].

Polivinilklorür lifi: Yumuşama sıcaklığı 70°C ve yukarısidir. Özgül ağırlığı 1.4g/cm³' tür. Kopma dayanımı 2.4-2.7 g/denye dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %12-15' dir. Güç tutuşan liflerdir. Yanma tehlikeleri yoktur. Asitlerden, bazlardan, yükseltgen ve indirgen maddelerden etkilenmezler. Birçok organik çözüğen içerisinde çözünmezler. Ancak toluen, trikloretilen ve aseton gibi çözücülerde çözünmektedirler. Mikroorganizmalar ve böceklerden zarar görmezler. Güneş ışınlarına karşı dayanıklıdırlar. 18 ay güneş altında bırakılan liflerin kopma dayanımlarında %25'lik bir azalma görülmektedir [9].

Polivinilidenklorür lifi: Yumuşama sıcaklığı 90-120°C' dir. Özgül ağırlığı 1.65-1.72 g/cm³' tür. Yaş ve kuru kopma dayanımları 2.3 g/denye' dir. Normal şartlarda nem oranı %0.1' dir. Suya ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar. Güneş ışınlarına, biyolojik etkenlere ve havaya karşı dayanımları son derece yüksektir [9].

Polivinilalkol lifi: Yumuşama sıcaklığı 200°C' dir. Erime noktası 220-230°C' dir. Özgül ağırlığı 1.26-1.30 g/cm³' tür. Kopma dayanımı:5-7.6 g/denye (yaş filament), 6-8.5 g/denye (kuru filament), 3.2-5 g/denye (yaş stapel), 3.9-6.8 g/denye (kuru stapel) dir. Kopma anındaki uzama yüzdesi %10-26 (yaş filament), %9-22 (kuru filament), %16-27 (yaş stapel), %13-26 (kuru stapel) dir. Normal şartlarda nem oranı %4.5-5 (stapel), %3-5 (filament) dir. Asitlere karşı dayanıklı olmasına rağmen, sıcak derişik asitlerden zarar görür ve parçalanırlar. Bazlara karşı dayanıklıdırlar. Birçok çözüğen içerisinde çözünmez. M-kresol ve fenol içerisinde şişer. Güneş ışığına karşı dayanıklıdır [9].

2.3. Türkiye' de Üretilen Bazı Halıların Teknik Özellikleri

Yukarıda belirtildiği gibi ülkemizde çok çeşitli markalar altında farklı halı imatları mevcuttur. Bütün halıların, özellikle markalaşmış ürünlerin halı üretimi konusunda farklı özelliklere sahiptir. Farklı ürünlerin birbirlerine göre üstün özellikleri vardır. Ama hepsinin ortak bir özelliği vardır ki bu da Türk milletine has dokuma ve düğüm atma tekniğidir. Özellikle ülkemizde üretilen ve markalaşmış halılarda Türk düğümünün kullanılması daha yaygındır. Bu özelliklere göre, ülkemizde üretilen markalaşmış halılar ile ilgili kısaca bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

2.3.1. Bünyan halısı

Kayseri ili Bünyan ilçesi ve çevresinde dokunmakta olan atkı ve çözgüleri pamuk, ilmelik ipleri yün, orta kaliteli halılar Bünyan halıları olarak isimlendirilmiştir. dm^2 'sindeki ilmek adedi 1512 olan Bünyan halısının kalitesi 36x42'dir. Şekil 2.5'te gösterilen Bünyan halısının düğüm tarzı Türk düğümü (çift) tir.



Şekil 2.5: Bünyan halısı [10].

2.3.2. Ladik halısı

Konya Ladik eski halıları atkı, çözgü ve ilme ipleri yündür. Küçük ebatlı halılardır, dm^2 'sindeki ilmek adedi 2000 olan Ladik halılarının kalitesi 40x50'dir. Şekil 2.6'da

gösterilen Ladik halısının düğüm tarzı Açık (tek) + Türk (çift) tir. Ladik halılarının en büyük özelliği küçük ebatlı olmalıdır.



Şekil 2.6: Ladik halısı [10].

2.3.3. Isparta halısı

Isparta yöresinde üretilen Isparta halıları 26x33 kalitesinde, pamuk atkılı ve çözgölüdür. Şekil 2.7'de gösterilen Isparta halısının dm^2 'sindeki ilmek adedi 858 dir. Isparta halılarının düğüm tarzı Sine (tek) + Türk düğümü (çift) tir.



Şekil 2.7: Isparta halısı [10].

2.3.4. Yağcıbedir halısı

Balıkesir iline bağlı Sındırgı ve Bigadiç ilçeleri çevresinde yaşayan Yağcıbedir yörüklerinin dokudukları halılardır. Atkı, çözgü ve ilme ipleri yün ve genellikle doğal boyarmaddelerle boyanmış halılardır. Kalitesi 30x35 olan Yağcıbedir halısının dm^2 'sindeki ilmek adedi 1050 dir. Şekil 2.8'de gösterilen Yağcıbedir halısının düğüm tarzı Türk düğümü (çift) tir.



Şekil 2.8: Yağcıbedir halısı [10].

2.3.5. Kula halısı

Manisa iline bağlı bir ilçe merkezi olan Kula, özellikle mahalli el halıları ile tanınan geleneksel ve en eski dokuma merkezidir. Kula halısının atkı, çözgü ve ilme ipleri yündür. Şekil 2.9'da gösterilen Kula halısının kalitesi 30x50'dir ve dm^2 'sindeki ilmek adedi 1500'dür. Kula halısında düğüm tarzı olarak Türk düğümü (çift) düğüm kullanılır.



Şekil 2.9: Kula halısı [10].

2.3.6. Milas halısı

Milas halısı çoğunlukla, Muğla iline bağlı Milas ilçe merkezi ve çevre köylerde dokunur. Kalitesi 26x40 olan Milas halısının dm^2 'sinde 1040 adet ilmek bulunmaktadır. Şekil 2.10'da gösterilen Milas halısı dokunurken Türk düğüm tarzı kullanılır.



Şekil 2.10: Milas halısı [10].

2.3.7. İpek halı

İpek halılar, genel olarak Hereke ilçe merkezi (Kocaeli) ve çevre köylerde dokunmakta olan halılardır. Şekil 2.11'de gösterilen bir ipek halının kalitesi her bir dm^2 alanda ilmek sayısı ile ölçülür ve her bir dm^2 alanda 100x100 veya 150x150

ilmek bulunmaktadır. Bir ipek halının her 1 dm² sinde ilmek sayısı 10000 ila 22500 arasındadır. İpek halılarda kullanılan düğüm tarzı Türk düğümü (çift) olarak tanımlanır.



Şekil 2.11: İpek halı [10].

2.4. Literatür Taraması

Literatürde, halı sıkma makinesi yada buna benzer büyüklükteki sıkma makineleri için yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buna mukabil olarak beyaz eşya sanayi için amaca yönelik çalışmalar incelendiğinde doğrudan bileşen mod sentezi yöntemi kullanılarak çamaşır makinesi mekanik modelinin kurulduğu Bayraktar ve Belek [11] çalışmasında sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada deneysel modal analiz yöntemi ve bileşen mod sentezi yöntemi kullanılarak yapılan ölçümler ile çamaşır makinesinin karakteristik davranışı sınanmıştır. Yere paralel eksenli bir çamaşır makinesi için katı cisim modeli Türkay [12] tarafından tasarlanmıştır.

Çamaşır makinesinin yürüme problemi ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Çamaşır makinesinin yürüme probleminin modellenmesi ile ilgili çalışma Soward [13] tarafından yapılmıştır. Zemin titreşimine bağlı çamaşır makinesi yürüme probleminin

çözümü için Sonlu Elemanlar Yöntemini temel alan bir yöntem Kato ve Honma [14] tarafından geliştirilmiştir.

Çamaşır makinesinin ulaşılabilir sıkma hızının, askı sisteminin direngenliğine bağlı olduğunu gösteren bir çalışma Conrad [15] tarafından yapılmıştır. Çamaşır makinesinin dinamik davranışını göstermek ve açıklayabilmek için bir mekanik model Wagner [16] tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmalarla beraber daha önce silindirik tambur uygulamaları yapılmış olan çalışmalara bakıldığında, Bryan [17] yapısal kabuk elemanında (shell) dönme esnasındaki serbest titreşimi incelenmiş buradan elde ettiği sonuçlara göre taşınım modunu ortaya atmış ve bu işlemin olgusunu analiz etmiştir.

Dönme esnasındaki serbest titreşimdeki coriolis (koriolus) ivmesinin etkisini Taranto ve Lesson [18] incelemiştir. Srinivasan ve Lauterbach [19]'in çalışmalarında ise sonsuz uzunluktaki dönen tambur elemanların incelenmesi, coriolis etkisinin araştırılmasını ve bunun etken durumunu tanımlanmasını gerçekleştirmişlerdir. Padovan [20] çalışmasında, anizotropik (anisotropik) özellikte olan dönen silindirin ön yüklemeli durumunu inceleyerek burada titreşim ve burkulmayı ve diğer bir çalışmada ise çok katmanlı dönen silindirik elemanın ön yükleme altındaki titreşim ve burkulmasını araştırmıştır.

Literatürde yer alan diğer pek çok çalışmadan bazılarını ele alıp bir gruplandırma yapılırsa; titreşim teorisini uygulama olarak temel alan çok cisimli sistemlerin dinamiğinin temelleri Roberson ve Schwertassek [21] tarafından belirlenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ve teorik modal analiz yöntemi kullanılarak problemlerin modellenmesi Cook vd. [22], bir çubuk üzerindeki titreşim nedeniyle oluşan etkinin yayılımı Escalona vd. [23], elastik ve çok unsurlu sistemlerin dinamiği Bremer [24] tarafından uygulanmış ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Ancak yine bandlı halı yıkama makinesi ve sıkma makinesi tamburu gibi büyük delikli tamburlara ait herhangi bir araştırma çalışması ve uygulaması yapılmadığı görülmektedir.

2.5. Smartex Balans Sistemi

Smartex balans sistemi, dünyada gelişmiş teknoloji kullanan halı sıkma makinesi veya sanayi tipi çamaşır sıkma makinesi üreticilerinin, sıkma sırasında oluşan dengesiz yüklerin makineyi yıpratıcı etkilerini ortadan kaldırmak için kullandıkları balans sistemidir [25]. Özellikle 100 kg kapasite üstündeki makinelerde, makine üreticilerinin çoğu sıkma işlemi dahi yapamaz iken, bir kısmı sıkma işlemi için makine kütlesini gerekenin çok üzerinde arttırmak ve makineyi sağlam bir şekilde yere sabitlemek zorundadır. Bu uygulamalar mevcut vibrasyon kuvvetlerinin makine mekaniği ve yer bağlantıları arasında oluşan mekanik stresler ve vibrasyonlarla yok edilmesini sağlar. Bu stres ve vibrasyonlar makine mekaniğine hasar verir. Gereğinden fazla ağırlaştırılmış makineler, sürekli titreşime maruz kaldığı zaman tambur milinde, rulmanlarda, yataklarda ve bağlantı elemanlarında geri dönülemez arızalara maruz kalmaktadır. Bu durumda arızalanan parçaların tamiri mümkün olmayıp, yerine yenilerinin takılması gerekmektedir. Bu, hem maddi, hem zaman, hem de iş gücü kaybına yol açmaktadır.

Bu sistemin en güzel açıklaması bir örnek ile anlatılabilir. Sıkılmak üzere yıkama işlemi tamamlanmış olan çamaşırlar tambur içinde dağıtma aşamasını tamamladıktan sonra olabilecek optimum şekilde tamburun iç cidarına yapışırlar. Bu aşamada tamburun dönme hızından kaynaklanan merkezkaç kuvveti, dünyanın yer çekim kuvvetinin üzerindedir. Ancak dağıtma işlemi ne derece başarılı olursa olsun, yine de düzensiz dağılımdan kaynaklanan yük dengesizliği, sıkma devri yükseldikçe tambur mekanizmasının sallanmasına neden olmaya başlar. Smart Balans Sistemi bu aşamadan itibaren etkin olarak çalışmaya başlar ve sıkma devri ne olursa olsun, sıkma işlemi tamamen bitene kadar etkin olarak sistemin balansını sağlamak için çalışmaya devam eder. Makine üzerindeki algılayıcılar makinenin hareketinden tamburun hem ön hem de arka düzleminde meydana gelen dengesizlik kuvvet yönlerini ve genliklerini belirleyerek bu kuvvetleri yok edici bir karşı kuvveti yaratabilmek için tam zıt yönde tambur çevresindeki balans hücrelerine su enjekte eder. Bu sayede tambur içinde meydana gelebilecek her türlü dengesizlik çok kısa bir sürede etkin bir şekilde yok edilir. Bu işlemler sıkma işleminin sonuna kadar devam eder [25].

Smart Balans sistemi sıkma işlemi sırasında tamburun her iki düzleminden dengesiz yük dağılımını kontrol eder, böylece tambur en zor dengesiz şartlarda bile sürekli denge durumunda kalır. Kontrol sistemi %30'a varan dengesiz dağılım olması durumunda bile kolaylıkla 400 kg kuvvetinde sıkma işlemini sağlar. Bu sayede makineler sıkma işlemi sırasında, dünyanın yer çekim kuvvetinin yaklaşık 400 katı fazla bir kuvveti çamaşıra uygulayarak çok etkin bir biçimde suyun çıkması sağlanır. Bunun sonucu olarak çok kısa kurutma zamanları elde edilir ve büyük enerji tasarrufu sağlanır [25].

Bunun yanı sıra, vibrasyondan tamamen arındırılmış olan mekanik aksam problemsiz olarak çok uzun süre hizmet verebilir ve güvenli çalışmayı sağlar. Makinenin sıkma sırasında hareket mesafesi 2mm ile sınırlandırılmıştır. Sarsıntısız çalışan hareketli tambur bloğu sabit şase üzerine lastik takozlar üzerinde oturtulmuş olup, son derece güvenli, problemsiz ve basit bir konstrüksiyon elde edilmiştir. Bunun sonucu olarak yaylar, amortisörler, silindirler ve gereksiz tüm ağırlıklar ortadan kaldırılmıştır. Aynı zamanda makinenin sallantısız çalışması, makine hacminin son derece verimli kullanılmasını da imkan vermektedir. Bu son derece dengeli ve hafif bir makine anlamına gelir. Bu sayede yere sabitlemek gerekmez ve herhangi bir zeminde kullanılabilir [25].

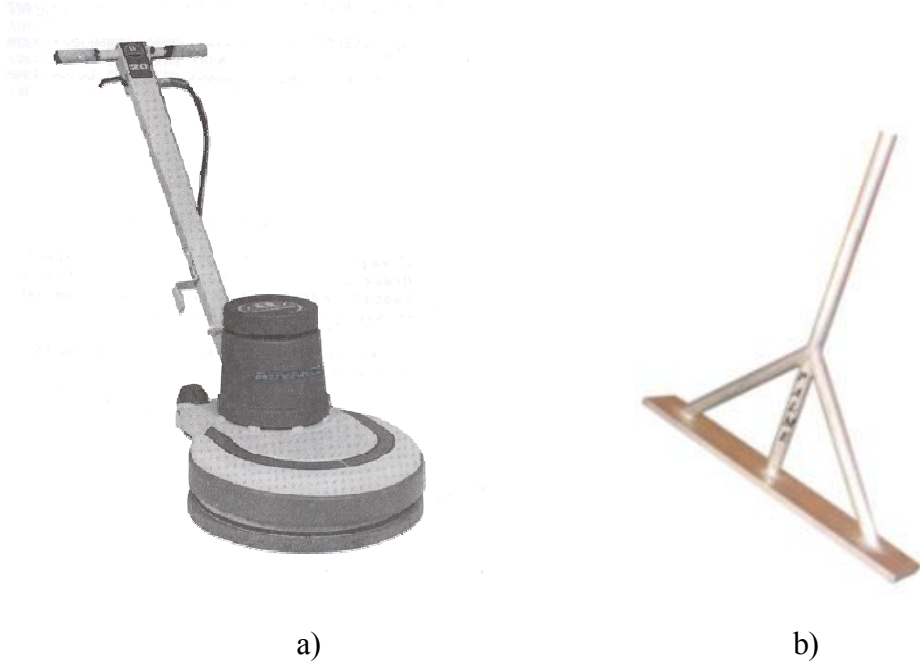
Balans sisteminin vibrasyonlu makinelerle göre bir diğer avantajı da sıkma sırasında tamburun tamamen yatay durumda olmasıdır. Sıkma işleminde vibrasyon problemi olan makineler dağıtma işlemi sırasında tamburlarını geriye yatırarak çamaşırı tamburun arkasında toplamaya çalışırlar. Bu sayede çamaşırın mil tarafında toplanarak mil ve yataklara yaptığı darbe kuvvetlerinin azaltılması amaçlanır. Ancak bu durum tamburun arka tarafında toplanan çamaşırın daha kalın bir kütle yaratmasına sebep olur ki bu durumda sıkma sırasında suyun çamaşırın içinden geçerek tambur deliklerine ulaşması zorlaştırıldığı için sıkma verimi düşer ve sıkma süresi uzar. Oysa bu sistemin adapte edildiği makinelerde dağıtma ve sıkma işleminde tambur yatay durumda olduğu için çamaşır tambur yüzeyine eşit olarak yayılarak en verimli şekilde su geçişi sağlandığından kısa sürede yüksek sıkma verimine ulaşılır [25].

Balans sisteminin bir diğerk önemli avantajı sıkma işleminin sırasında tamburun ivmelenme hızıdır. Vibrasyonlu makineler makineye zarar verecek rezonans (aşırı titreşim) hızlarını çabuk geçebilmek için mümkün olan en hızlı şekilde tambur hızlandırılır. Bu hızlı ivmelenme gereksiz enerji sarfiyatı yanında ıslak çamaşırda su geçiş yollarının kapanarak sıkma veriminin düşmesine neden olur. Bu sistemin adapte edildiği makineler balans sistemi sayesinde ivmelenmeyi istenen şekilde kontrollü olarak yaptıklarından hem enerjiden tasarruf ederle hem de yüksek sıkma verimi sağlarlar [25].

2.6. Halı Yıkama Yöntemleri

Geleneksel halı yıkama işleminin, ülkemizde el ve yün halı dokuma yapılan Kula, Demirci, Milas, Hereke, Bünyan yörelerinde bundan yıllar önce başlamıştır. Büyük şehirlerde halı yıkama işleminin, özel firmalar tarafından yapılmaya başlanınca geleneksel halı yıkama işleminin, makine halılarının da yıkanmasına uyarlanmış ve çok başarılı sonuçlar elde edilen bir halı yıkama tekniğinin haline gelmiştir

Geleneksel yöntemle halı yıkama işleminin, halıların tozu alındıktan sonra Şekil 2.12.a da gösterilen fırça makinesi ve Şekil 2.12.b de gösterilen gelberi ile yapılır. Fırça makinesi ile halı yıkama, kendi ekseninde dönen, disk şeklinde imal edilmiş bir fırçanın halının üzerinde dairesel olarak gezdirilmesi ile gerçekleştirilir. Yıkanan halıda akarlar ve kirler yüzeye çıkmaktadır. Durulama aşamasında kirler ve akarlar gelberi ile halının yüzeyinden uzaklaştırılır. Gelberi, paslanmaz çelikten imal edilmiş, uzunca sapı olan bir halı durulama el aletidir. Durulanan halı, santrifüj makineleri ile sıkıldıktan sonra kurutma odalarında veya güneş altında kurutulur. Bu yöntemle halı yıkama yapan firma, bünyesinde iyi bir halı yıkama ustası istihdam etmesi gerekmektedir. Ayrıca bütün aşamalarda halının transferi insan gücü ile yapıldığından bu yöntemle halı yıkama işleminde zaman ve işgücü kaybı gerçekleşmektedir. Bu durum maliyetleri arttırmaktadır.



Şekil 2.12: a) Fırça makinesi, b) Gelberi [4]

Gelişen teknoloji ile halı yıkama işlemi, otomatik makinelerle yapılmaya başlanmıştır. Halı yıkama işleminde otomatik halı yıkama makinelerinin kullanılması, halı yıkama maliyetlerinin düşmesini, daha az su kullanılmasını, sürenin azalmasını ve halının daha hijyenik olmasını sağlamıştır. Sektörde kullanılan çok çeşitli makineler vardır. Bu makinelerin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı yönleri vardır.

Şekil 2.13’de gösterilen makine ile sadece yıkama işlemi yapılmaktadır. Yıkama işlemi şu şekilde gerçekleştirilir, halı yere serilir, dönen fırçanın ileri geri hareketi ile halı yıkanır ve işlem bittikten sonra halı tekrar toplanır. Toz alma, durulama, sıkma, kurutma ve paketlenme işlemleri başka makinelerle yapılır. Bu makinede yapılan halı yıkama işleminde fazla işgücüne ihtiyaç vardır. Ayrıca, halı yıkama işlemi uzun sürmektedir.



Şekil 2.13: Gel-git halı yıkama makinesi [26].

Şekil 2.14’te gösterilen makine ile yıkama ve durulama işlemi yapılmaktadır. Ayrıca arkasına eklenen bir aparatla yıkanan ve durulanan halı rulo haline getirilmektedir. Halı yıkama elemanı tarafından makineye sürülen halı, bantlı konveyör tarafından sabit bir hızda dönen fırçalar altından geçirilir. Bu makinede kullanılan yıkama fırçaları disk yada rulo şeklinde olabilmektedir. Fırçalarla yıkanan halı durulama suyunun altından geçerek makinenin sonunda bulunan bir aparat ile rulo haline getirilir. Bu makinede yıkama işlemi kolay olsa da toz alma ve sıkma işlemi başka bir makinede yapılmaktadır. Ayrıca, sıkma işleminden sonra halılar kurutma odalarında yaklaşık 3-4 saat havalandırılarak kurutulmaktadır. Bu makine ile yapılan halı yıkama işleminde, yıkamaya başlamadan önce ki toz alma aşaması ve durulama aşamasından sonra gelen aşamalar başka makineler ile yapılmaktadır. Bu da işgücü, zaman ve yer kaybı anlamına gelmektedir.



Şekil 2.14: Bantlı halı yıkama makinesi [4].

Şekil 2.15’te gösterilen, delikli bir tambur, elektrik motoru, merkezleme kapağı ve titreşim emici tekerlerden oluşan bir halı sıkma makinesidir. Delikli tambur, arka taraftan rulmanlı bir sistem ve ön taraftan merkezleme kapağı ile yataklanmıştır. Elektrik motoru, kayış kasnak sistemi ile delikli tamburu yaklaşık 1200-1400 dev/dak ile döndürmektedir. Rulo halinde tambura sokulan yıkanmış ıslak halı santrifüj etkisi ile yaklaşık %90-95 kuruluğa kadar sıkılmaktadır. Tamburun dönmesi esnasında halı büyük bir balans yapmaktadır. Balans, titreşime neden olmakta ve sistemde oluşan titreşim lastik tekerler vasıtası ile sönmölmektedir. Bazı makinelerde lastik tekerlerin titreşimi sönmömesi yetersiz kalmaktadır. Oluşan titreşimin makinenin özellikle kayışına ve rulmanına zarar verdiği görölmektedir. Sıkılan halı kurutma odalarında kurutulur.



Şekil 2.15: Halı sıkma makinesi [4].

Şekil 2.4’de gösterilen makine İzmir’de faaliyet gösteren halı yıkama fabrikası tarafından özel imal edilmiş bir halı yıkama makinesidir. Bu makine ile profesyonel halı yıkama işleminde olması gereken bütün aşamalar gerçekleştirilmektedir. Ancak makine çok pahalı ve çok büyük bir alan kaplamaktadır. Makinenin yaklaşık ölçüleri, eni 5m, boyu 20m ve yüksekliği 4m dir. Yıkama elemanı tarafından makineye verilen halının ilk olarak vakumlanarak tozu alınır. Tahrikli merdaneler ile halı, ilaçlı havuzdan geçirilir. Havuzdan çıkan halı rulo fırçalar ile yıkanır. Yıkanan halı durulama havuzundan geçerek merdaneler vasıtası ile sıkılır. Merdanelerle halının suyunun sıkılması halının tüyelerine zarar vermektedir. Suyu alınan halı merdaneler ile eğimli olarak gerdirilerek sıcak hava üfleyen fanların üstünden geçirilir. Son

olarak ta rulo haline getirilir. Makinenin kapladığı alanının büyüklüğü ve maliyetinin çok önemli olduğu günümüzde böyle bir makinenin müşteri bulması imkansızdır. Ayrıca su ve elektrik enerjisi sarfiyatı fazladır.

İyi bir halı yıkama-kurutma makinesi, halı yıkama aşamalarında sınırlı kalmamalıdır, işgücü maliyeti az olmalıdır, az yer kaplamalıdır, uzun ömürlü olmalıdır, çevreye duyarlı olmalıdır, tasarruflu olmalıdır, doğal kaynakları kullanabilmelidir, ekonomik olmalıdır ve maliyeti az olmalıdır.

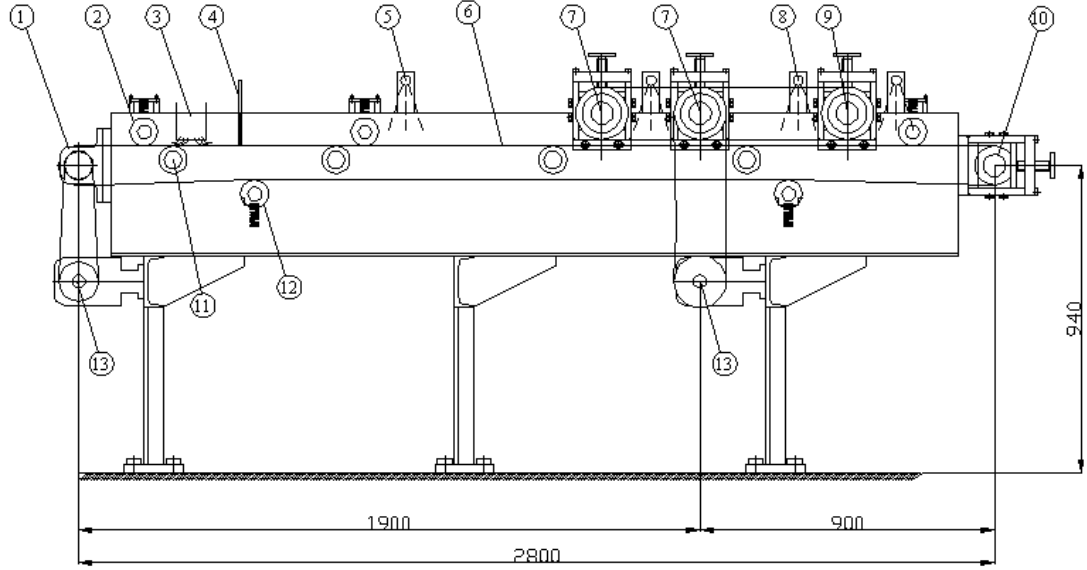
Görüldüğü gibi mevcut makineler iyi bir halı yıkama-kurutma makinesi özelliklerinde sınırlı kalmaktadır. Ayrıca mevcut makineler geleneksel metot olan deneme-yanılma metodu ile tasarlanıp üretilmişlerdir.

3. HALI YIKAMA MAKİNASI TASARIMI

Bölüm 2’de, açıklanan halı yıkama ve kurutma makinelerinin çalışma prensipleri ve bu makinelerin profesyonel halı yıkama aşamalarındaki dezavantajları anlatılmıştır. Bu çalışmada, halı yıkama ve temizleme endüstrisinde kullanılan halı yıkama makinelerinin dezavantajları bertaraf edilerek makinenin band, tahrik merdanesi, gerdirme merdanesi gibi önemli elemanlarının dayanım hesaplamaları yapılmış ve sistemin hareketini sağlayacak elektrik motoru gücü hesaplanmıştır. Tasarlanan bantlı halı yıkama makinesi, profesyonel halı temizleme aşamalarından toz alma, deterjanlı su ile yıkama, durulama ve gelberi ile fazla suyun sıyrılması işlemlerini gerçekleştirir. Bu işlemleri tek bir makinede yapılması ve otomasyona uygunluğu sebebi ile endüstride kullanılan makinelere göre avantajlıdır.

Halı yıkama makinesi 3 m uzunluğunda, 3.1 m genişliğinde ve 1.3 m yüksekliğinde tasarlanmıştır. Şekil 3.1’de halı yıkama makinesinin şematik gösterimi verilmiştir. 1 numara ile gösterilen tahrik merdanesinin döndürdüğü 6 numaralı band, 4 m/dak “V” hızla hareket etmektedir. Bu hız göz önünde bulundurulursa 6m²’lik bir halının makineye girmesinden çıkmasına kadar geçen süre yaklaşık 1.5 dakikadır. Sistemde 6 numara ile gösterilen band, 10 numara ile gösterilen vidalı gergi merdanesi ve 12 numara ile gösterilen iki adet yaylı gergi merdanesi ile gerdirilmektedir. 11 numara ile gösterilen taşıyıcı rulolar, yük yolunda ki banda destek sağlamaktadır. Halı, bir personel tarafından 2 numaralı yaylı merdanenin altından makineye verilir. Bu merdane, halının sisteme düzgün girmesini sağlar. Ayrıca bu merdane, halının 3 numaralı vakumlu süpürge’nin altından geçerken yukarıya kalkıp süpürge’nin ağzını tıkamasını önler. Vakumlu süpürge, yıkamadan önce halıyı yabancı maddelerden temizler. 4 numara ile gösterilen sıyrıcı, yıkama esnasında suyun vakumlu süpürge tarafına geçmesini önler. Yıkama kısmına gelen halı 5 numara ile gösterilen fiskiye ile ıslanır. Bu fiskiyeden çıkan deterjanlı su, nozullar vasıtası ile basınçlı olarak halıya püskürtülür. Islanmış halı, 7 numara ile gösterilen rulo şeklinde ki yıkama fırçaları ile yıkanır. Yıkama fırçaları, kayış kasnak sistemi ile bir elektrik

motorundan tahrik almaktadır. Halı, durulama kısmına geldiğinde 8 numaralı fıskiyesinin altından geçer. Bu fıskiyeden halının üzerine nozullar vasıtası ile basınçlı olarak su püskürtülür. 9 numaralı fırça, halının hav aralarının da durulanmasını sağlar. Durulanan halının fazla suyu, yay baskılı merdanenin ve sıyrıcının altından geçerken sıyrılır.



Şekil 3.1: Bandlı halı yıkama makinesinin şematik görünümü

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Tahrik merdanesi | 8. Durulama fıskiyesi |
| 2. Yaylı baskı merdanesi | 9. Durulama fırçası |
| 3. Vakumlu süpürge | 10. Gergi merdanesi |
| 4. Plastik sıyrıcı | 11. Taşıyıcı merdane |
| 5. Fıskiye | 12. Dönüş yolu baskı merdanesi |
| 6. Bant | 13. Elektrik motoru |
| 7. Yıkama fırçası | |

3.1. Halı Yıkama Makinesi Tasarımı

Yukarıda bahsedilen özelliklere sahip yeni bir halı yıkama tasarımı yapılmıştır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi halı yıkama makinesinin genel şematik görünümü Autocad programı yardımı ile çizilmiştir. Öte yandan bu makinenin tüm elemanlarının ayrı ayrı katı modelleri çizilmiştir. Katı modelleme için Solid Works programı

kullanılmıştır. Ayrı ayrı modellenen bütün elemanlar Solid Works yarımı ile birleştirilerek tüm makinenin montajı yapılmıştır. Katı modellemesi yapılan halı yıkama makinesinin tüm elemanlarının çalışır durumda, aynı zamanda yıkanacak halının da makine bandı üzerinde ilerlemesi, fırçaların dönmesi gibi animasyonlar yapılmıştır.

3.2. Halı Yıkama Makinesinin Elemanlarının Mukavemet Hesabı

Halının taşınmasını sağlayan konveyör bandının boyut ve dayanım hesabı, makara aralıklarının hesabı, band kuvvetlerinin hesabı, gerdirme kuvvetinin hesabı, tahrik gücü hesabı, motor gücü hesabı, tahrik ve gerdirme tamburlarının mil çapı hesabı, rulman hesabı yapılmıştır.

Hesaplamalar, 6 m²'lik ıslak bir halı için yapılmıştır. Bu çalışmada 6 m²'lik ıslak bir halının ağırlığı “G_w” olarak ifade edilmiştir. Bir halının, bandlı halı yıkama makinesine girmesi ile çıkması arasında geçen süre bandın hızı ile doğru orantılıdır. Bandın hızı “V” ile ifade edilmiştir.

3.2.1. Konveyör bandının hesabı

Yapılan bu çalışmada “N60/2 UO/V20 AR Y” tipinde, PVC desen band seçilmiştir. Seçilen band malzemesinin, özgül ağırlığı “d_B” ile, kalınlığı “t_B” ile gösterilmiştir. Bandlı konveyör sistemlerinde banda konulan yükler, yükleme açısından düzenli olmayabilir. Böyle durumlarda saatte taşınabilecek maksimum yükü “Q”, halının ağırlığının “G_w”, bandtan geçen maksimum halı adetinin “Z_{max}” ve düzensizlik katsayısının “c” çarpılması ile hesaplanır. Yapılan tasarımda halılar operatörün kontrolünde banda düzenli bir şekilde yüklendiğinden dolayı düzensizlik katsayısı “c”, 1 alınmıştır [27]. Hesaplamalar, boyu “L” 3 metre ve genişliği “B” 2 metre olan 6 m²'lik halılar için yapılmıştır. Taşıma bandı üzerinde saatte taşınabilecek maksimum halı sayısı “Z_{max}” ve saatte taşınabilecek maksimum yük “Q” aşağıdaki formüller ile elde edilir [27];

$$Z_{\max} = \frac{V \cdot 60}{L} \quad (3.1)$$

$$Q = \frac{G_w \cdot Z_{\max}}{1000} \quad (3.2)$$

Halı bandın üzerine konulduğunda halının kenarları ile bandın kenarları arasında kalan boşluk 100 mm'den az olmamalıdır. Halının birim ağırlığı “q” ile ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır [27];

$$q = \frac{G_w}{L} \quad (3.3)$$

Baskı makaralarının dış çapı “ D_{bm} ” ve iç çapı “ d_{bm} ” ile gösterilir. Makaraların malzemesi Ç1050 olarak belirlenmiş ve özgül ağırlığı 7.85 g/dm³ tür. Baskı makaralarının 1 metrelerinin ağırlığı birim ağırlık “ q_{bm} ” olarak adlandırılmış ve aşağıdaki formülle hesaplanır [27];

$$q_{bm} = \frac{(0.785) \cdot (D_{bm}^2 - d_{bm}^2) \cdot 1000 \cdot (7.85)}{1,000,000} \quad (3.4)$$

Tasarlanan bandlı halı yıkama makinesindeki baskı makaralarının sayısı “ z_{bm} ” ile gösterilir. Buna göre makinede bulunan baskı makaralarının toplam birim ağırlığı “ $q_{bm(top)}$ ” aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$q_{bm(top)} = q_{bm} \cdot z_{bm} \quad (3.5)$$

Baskı makaralarının yay kuvvetleri toplamı “ $q_{yay(top)}$ ” ile ifade edilir;

$$q_{yay(top)} = q_{yay} \cdot z_{bm} \quad (3.6)$$

Bandın 1 metresinin ağırlığı birim ağırlık olarak ifade edilir ve “q_B” ile gösterilir. Tasarımda kullanılan bandın genişliği “B_{band}” olarak gösterilmiştir. Buna göre bandın birim ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$q_B = \frac{B_{bant} \cdot 1000 \cdot d_B}{1,000,000} \quad (3.7)$$

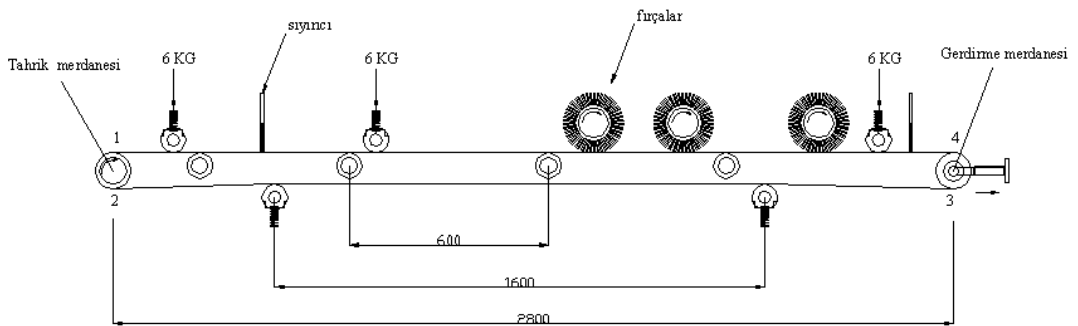
Taşıyıcı makaraların dış çapı “D_T” ve iç çapı “d_T” olarak gösterilmiştir. Tasarımı yapılan bandlı halı yıkama makinesindeki her bir taşıyıcı makaranın birim ağırlığı “q_T” ile ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$q_T = \frac{(0.785) \cdot (D_T^2 - d_T^2) \cdot 1000 \cdot (7.85)}{1,000,000} \quad (3.8)$$

Dönüş yolu makaralarının dış çapı “D_D” ve iç çapı “d_D”, birim ağırlığı “q_D” ile ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$q_D = \frac{(0.785) \cdot (D_D^2 - d_D^2) \cdot 1000 \cdot (7.85)}{1,000,000} \quad (3.9)$$

Banda etki eden kuvvetlerin hesabı yapılırken saptırma tamburlarının dirençleri ihmal edilmiştir. Buna göre banda etki eden kuvvetler ve sistemin hareketine karşı direnç gösteren elemanlar Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Banda etki eden kuvvetler ve sistemin hareketine direnç gösteren elemanlar

3 noktasında ki band kuvvetini hesaplamak için gerekli olan makaralardaki sürtünme kaybı katsayısı f_2 ile gösterilmiştir. Buna göre 3 noktasındaki banda etki eden kuvvet “ T_3 ” aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$T_3 = T_2 + (q_B + q_D) \cdot B_{bant} \cdot f_2 \quad (3.10)$$

4 noktasında ki band kuvvetini hesaplayabilmek için gerekli olan tambur güç kaybı katsayısı “ K ” ile gösterilmiştir. Buna göre 4 noktasında ki band kuvveti “ T_4 ”;

$$T_4 = K \cdot T_3 \quad (3.11)$$

1 noktasında ki band kuvvetini hesaplayabilmek için sıyırıcıların direnci $T_{sıyırıcı}$ ve fırçaların direnci $T_{fırça}$ olarak ifade edilmiştir. Yapılan tasarımda 3 adet sıyırıcı ve 3 adet fırça olduğuna göre sıyırıcı ve fırçaların metre başına düşen birim kuvvetleri sırası ile aşağıdaki formüllerle hesaplanabilir.

$$F_{sıyırıcı} = \frac{T_{sıyırıcı} \cdot 3}{B_{bant}} \quad (3.12)$$

$$F_{fırça} = \frac{T_{fırça} \cdot 3}{B_{bant}} \quad (3.13)$$

$$T_1 = T_4 + [q_B + q + q_T + q_{yay(TOP)} + (q_{bm} \cdot 3)] \cdot B_{bant} \cdot f_2 + F_{sıyırıcı} + F_{fırça} \quad (3.14)$$

Tahrik tamburundaki sarım açısı “ B ” ve bu açığa bağlı sürtünme katsayısı “ μ ” olarak ifade edilmiştir. Ayrıca şu şekilde bir oran söz konusudur [27].

$$\frac{T_1}{T_2} = 2.29 \quad (3.15)$$

Bandın gerdirilmesi için gerekli kuvvet “ G_G ” ile gösterilmiş, 3 ve 4 numaralı noktalarda banda gelen kuvvetlerin toplamına eşittir [27] ;

$$G_G = T_3 + T_4 \quad (3.16)$$

Bandın kopma gerilme değeri “ B_{kopma} ” olarak ve bandın kopma dayanım hesabı için kullanılacak olan emniyet katsayısı “ f_3 ” olarak ifade edilmiştir. Buna göre bandın kopma değeri “ F_{kopma} ” [27];

$$F_{kopma} = \frac{B_{kopma} \cdot f_3}{B_{bant}} \quad (3.17)$$

3.2.2. Tahrik gücünün hesabı

Sistemin hareketini sağlayan tahrik kuvvetini hesaplarırken tahrik tamburundaki sürtünme kaybı göz ardı edilmez. Tahrik tamburunda ki sürtünme kaybı “ F_{TT} ” ile gösterilmiştir. Buna göre tahrik tamburunda ki etken çekme kuvveti “ T_E ” [27];

$$T_E = T_1 - T_2 + F_{TT} \quad (3.18)$$

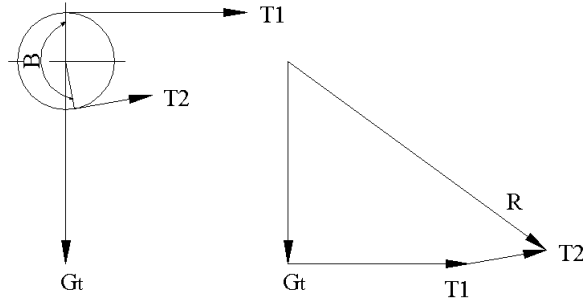
3.2.3. Elektrik motoru gücü hesabı

Sistemin hareketini sağlamak için redüktörlü elektrik motoru kullanılmıştır. Sistemde dönen yada direnç gösteren makine elemanları sistemin verimini düşürür. Redüktörlerin dişlileri, merdane yatakları, sürtünme kayıpları gibi elemanlar göz önünde bulundurulursa sistemin toplam verimi “ η_T ” olarak ifade edilmiş ve 0.7 alınmıştır [27]. Buna göre tahrik tamburunun hareketini sağlaya motorun gücü “ N_m ”;

$$N_m = \frac{T_E \cdot V}{102 \cdot \eta_T} \quad (3.19)$$

3.2.4. Tahrik mili çap hesabı

Tahrik miline gelen kuvvetler ve kuvvet vektör sistemi Şekil 3.3’te gösterilmiştir. Burada, T_1 bandın gergin tarafındaki kuvveti, T_2 bandın gevşek tarafındaki çekme kuvvetini temsil etmektedir. G_T ise, tahrik tamburunun ağırlığını göstermektedir.



Şekil 3.3: Tahrik miline etki eden kuvvetler ve kuvvet vektörleri

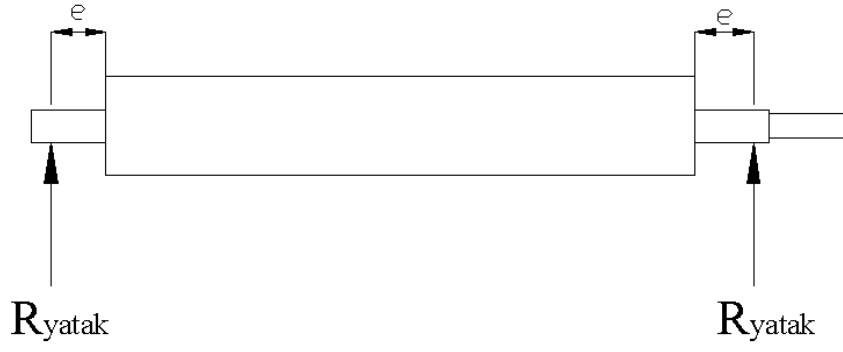
Tahrik mili iki yerden yataklandığı için yataklara gelen reaksiyon (tepki) kuvvetler, “ R_{yatak} ”, bileşke tepki kuvvetinin “ R ” yarısına eşittir.

$$R_{yatak} = \frac{R}{2} \quad (3.20)$$

Tambur miline etkiyen momentlerin hesabı için gerekli olan; çentik faktörü “ K_c ”=1.7, yüzey pürüzlülük faktörü “ K_y ”= 0.9, boyut faktörü “ K_b ”= 0.75, emniyet faktörü “ s ” = 2 alınmıştır. Tambur çapı “ D_t ” olarak gösterilmiştir. Tamburun dakikadaki devri “ n ” [28];

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_t} \quad (3.21)$$

Tambur tam değişken zorlamalara maruz kalmaktadır. Tambur milinin yataklandığı yerden kesitin değiştiği yere kadar olan “ e ” mesafesi Şekil 3.4’te gösterilmiştir. Eğilme momenti “ M_e ” ve burulma momenti “ M_b ” aşağıdaki formüller ile hesaplanır [28];



Şekil 3.4: Yatakların tepki kuvvetleri ve eğilme mesafesi

$$M_e = \frac{R_{yatak} \cdot e}{2} \quad (3.22)$$

$$M_b = 955 \cdot \frac{N_m}{n} \quad (3.23)$$

Mil malzemesinin (Ç1050) kopma dayanımı τ_k ve akma dayanımı τ_{ak} olarak gösterilmiştir.

$$\tau_D = (0.5) \cdot \tau_k \quad (3.24)$$

$$\tau^*_D = \frac{K_y \cdot K_b}{K_c} \cdot \tau_D \quad (3.25)$$

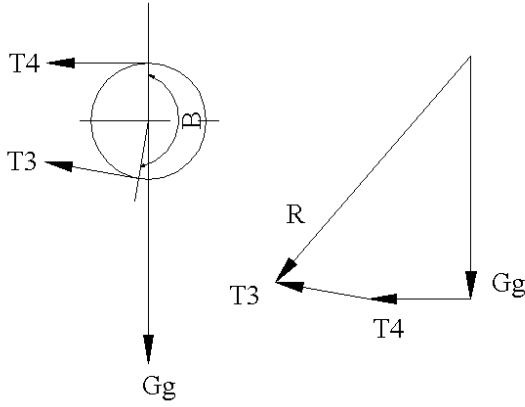
$$M_B = M_B = \sqrt{\left(\frac{\tau_{ak}}{\tau^*_D} \cdot M_e\right)^2 + (0.75 \cdot M_b^2)} \quad (3.26)$$

Mil çapı “ D_{mil} ”;

$$D_{mil} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_B \cdot S}{\pi \cdot \tau_{ak}}} \quad (3.27)$$

3.2.5. Gerdirme mili çap hesabı

Gerdirme miline gelen kuvvetler ve kuvvet vektörleri Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Burada, T_4 bandın gergin tarafındaki kuvveti, T_3 bandın gevşek tarafındaki çekme kuvvetini temsil etmektedir. G_g ise, gerdirme tamburunun ağırlığını göstermektedir. Tahrik mili çapı hesabı yapılırken izlenen yol ve kullanılan formüller gerdirme mili çapı hesabı içinde kullanılabilir (Bölüm 3.1.4).



Şekil 3.5: Gerdirme miline etki eden kuvvetler ve kuvvet vektörleri

3.2.6. Rulman ömür hesabı

Tasarımı yapılan bandlı halı yıkama makinesini oluşturan makine elemanları, sürekli değişken yüklere maruz kaldıklarından dolayı belli bir süre (garanti süresi) sonra işlevselliğini yitirebilir. Makineyi oluşturan elemanlar garanti süresi boyunca problem çıkartmayacak şekilde seçilmelidir. Bu durum makinede çalışan bütün elemanlar için geçerlidir. Söz konusu makine elemanlarından en çok çalışan ve yüklere maruz kalan rulmanlardır. Rulmanların garanti süresi boyunca sorunsuz çalışabilmesi için rulman ömrü hesabı yapılması gerekir ve çıkan sonuçlara göre rulmanın seçilmesi daha uygun olur.

Rulman ömrü hesabı yapılırken makinenin günde kaç saat çalışacağı ve garanti süresinin kaç yıl olacağı belirlenmelidir. Rulmanın çalışacağı toplam süre " L_h "

olarak gösterilmiştir. Buna göre ömür hesabı (yüklenme değeri) “C_h” şu şekilde yapılır [28];

$$C_h = R_{yaatk} \cdot \sqrt[3]{(L_h \cdot 60 \cdot \frac{n}{10^6})} \quad (3.28)$$

4. HALI KURUTMA MAKİNASI TASARIMI

Profesyonel halı temizleme işlemlerinin en fazla zaman alan aşaması yıkanan halıların kurutulması işlemidir. Ülkemizde, halı temizleme endüstrisinde, yıkanan ve sıkılan halıları kurutan bir kurutma makinesi bulunmamaktadır. Bu sebeple, yıkanarak temizlenen halıları kurutma işlemi oldukça zaman almaktadır. Bu bölümde halı kurutma işleminin süresini kısaltmak için yeni bir kurutma makinesi tasarlanmıştır. Tasarlanan halı kurutma makinesi, halı yıkama makinesi ile birlikte çalışıp, halı temizleme işlemini bir otomasyona bağlamıştır. İlâveten halı kurutma makinesinin, halı yıkama makinesi ile otomasyonu anlatılmıştır. Ayrıca halı kurutma makinesinin bir prototip modeli imal edilmiş, prototiple çeşitli halı numuneleri üzerinde kurutma deneyleri yapılmıştır.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan ve bir prototip modeli imal edilen halı kurutma makinesi, profesyonel halı temizleme endüstrisinin ihtiyaçlarına cevap verebilecek tarzda tasarlanmıştır. Tasarlanan kurutma makinesi elektrik motoru ile dönmekte ancak kurutma işlemi için gerekli ısıyı güneş enerjili paneller aracılığı ile ısıtılan suyun sıcaklığından faydalanılmaktadır. Güneş enerjili sistem ile elde edilen sıcak hava elektrikli bir fan aracılığı ile tamburun içine dolayısı ile spiral sarılmış halı içerisine üflenmektedir. İçeriye üflenen sıcak hava ve halının kuruması ile oluşan nemli hava tahliye fanı ile dışarı atılmaktadır.

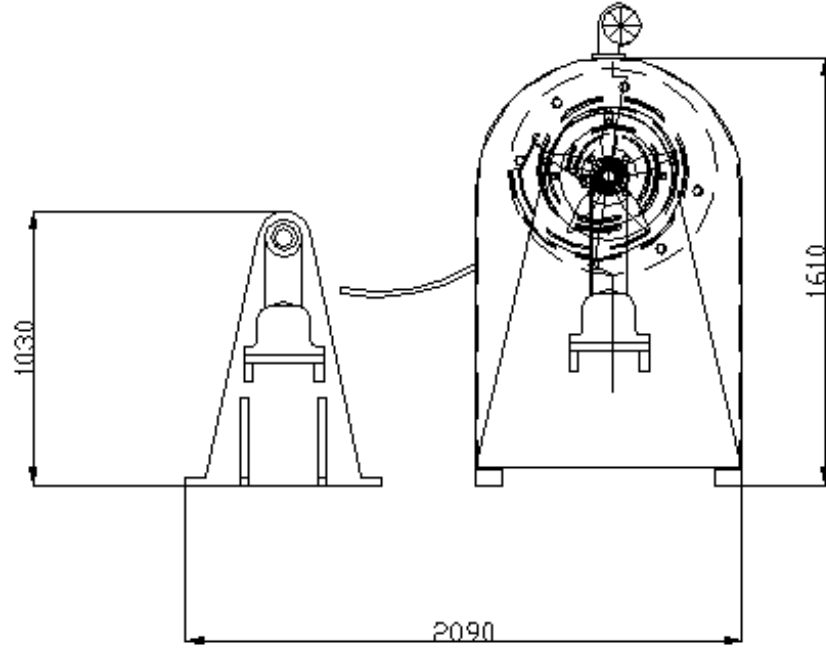
Halı kurutma makinesi iki farklı konumda çalışmaktadır. Yıkanarak temizlenen halılar, içine konulduktan sonra halı kurutma makinesi önce yüksek devirde (1000 dev/dak) dönerek santrifüj etkisi ile halıyı sıkar. Halı üzerindeki fazla su atıldıktan sonra , düşük devirde (300 dev/dak) dönerek nemli halı, güneş enerji sisteminden de alınan sıcak havanın etkisi ile kısa sürede kurutulmaktadır.

Halı temizleme endüstrisinde, kurutma makinesinin olmaması, daha çok sıkma makinesinin (Bkz. Bölüm2) kullanımını arttırmıştır. Halı sıkma makineleri yaklaşık

1000-1400 dev/dakika hızla dönerek santrifüj kuvvet etkisi ile halıyı yaklaşık %90-95 kuruluğa kadar sıkılmaktadır. Bu işlem yaklaşık 2-4 dakika sürer ancak sıkılan halı makineden çıktıktan sonra nemli kalmaktadır. Nemli halı, tam olarak kurutma odalarında yada güneş altında 2-4 saat süre ile kurutulur. Bu süre, halı temizleme işlemi yapan firmalarda kapasite artırma konusunda en büyük engel olarak görülmektedir.

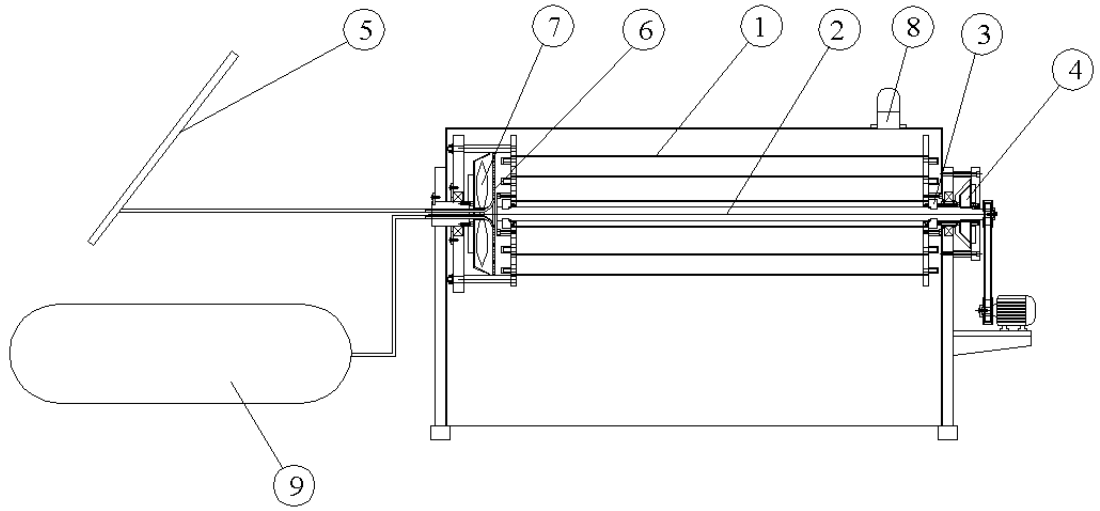
Kurutma odalarında elektrikle çalışan büyük fanlar kullanılır. Bu fanlar ile kurutma odası içine sıcak hava üflenerek halının daha kısa sürede kuruması amaçlanmıştır. Ancak, halının kurutma odalarında kurutulması işlemi, fazladan bir işgücü, yer ve zaman kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, sıcak hava genelde elektrikli rezistanslarla elde edildiği için maliyet artmaktadır. Açık havada güneş altında halının kurutulması işlemi, halının kurutma odalarında kurutulması işleminden çok daha fazla zaman almaktadır. Ayrıca, bazı halıların sararmasına neden olmaktadır. Buna karşın, halının açık havada kurutulması, güneş ışınlarının bazı zararlı mikroorganizmaların ölmesine neden olduğundan faydalı bir işlemdir.

Bu çalışmada, halı kurutma makinesi 3 m uzunluğunda, 1 m genişliğinde ve 1.6 m yüksekliğinde tasarlanmıştır. Halı kurutulduktan sonra halı kurutma makinesinden halıyı geri çıkarmak ve halıyı rulo yapmak için 2.5 m uzunluğunda, 0.75 m genişliğinde ve 1 m yüksekliğinde halı rulo yapma makinesi tasarlanmıştır. Bu iki makine birlikte çalışmaktadır. Şekil 4.1'de halı kurutma ve halıyı rulo yapma makinesinin komple yandan görünüşü verilmiştir. Şekil 4.2'de halı kurutma makinesi, Şekil 4.3'de halı rulo yapma makinesinin kesit görünüşleri gösterilmiştir.



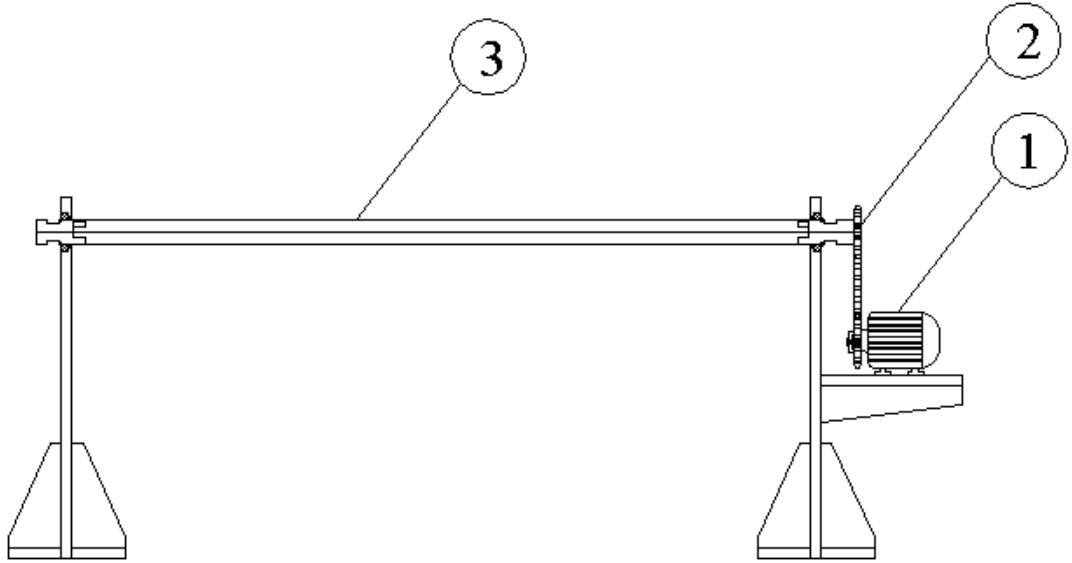
Şekil 4.1: Halı kurutma ve rulo yapma makine (yan görünüş)

Bu çalışma kapsamında, Şekil 4.1’de gösterilen halı kurutma ve paketlenme makinesi tasarımı bilgisayar destekli katı modelleme programı, Solidworks programı yardımı ile tasarlanmıştır. Her iki makinenin tüm elemanları, tek tek 3 boyutlu katı model olarak tasarlanmış olup, tüm elemanlar yine bilgisayar ortamında monte edilmiştir. Monte edilen her iki makinenin çalışması için de bilgisayar ortamında animasyonlar yapılmıştır.



Şekil 4.2: Halı kurutma makinesi (kesit görünüşü).

- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| 1. Spiral tambur | 6. Sıcak su boruları |
| 2. Hareket merdanesi | 7. Fan |
| 3. Bez halat | 8. Emiş fanı |
| 4. Balatalı kavrama sistemi | 9. Su deposu |
| 5. Güneş paneli | |



Şekil 4.3: Halı rulo yapma makinesi (kesit görünüşü)

- | | |
|--------------------|------------|
| 1. Elektrik motoru | 3. Merdane |
| 2. Zincir | |

Halı kurutma makinesi tamburu, spiral şeklinde tasarlanmış olup yıkanan halı, tambur içerisine spiral şeklinde sarma mekanizması aracılığı ile sarılır. Yıkanan halı, uçlarından yıkama personeli tarafından Şekil 4.2'de 1 numara ile gösterilen spiral

tamburdaki mile tutturulur. Elektrik motorunun dönmesiyle 2 numara ile gösterilen göbek mili dönmeye başlar. 2 numara ile gösterilen göbek milinin uçlarına bağlı olan 3 numara ile gösterilen halat vasıtası ile halının ucunun bağlı olduğu mil spiral tamburun içine sarılmaya başlar. Halı spiral tamburun içine sarıldıktan sonra 4 numara ile gösterilen balatalı mekanizma devreye girer. 4 numara ile gösterilen balatalı mekanizmanın açılması ile 2 numara ile gösterilen göbek mili, 1 numara ile gösterilen spiral tambura sabitlenir. Spiral tambur, yaklaşık 4 dakika boyunca 1000 devir/dakika hızla döndürülür. Bu hızla döndürülen halı santrifüj etkisi ile %90-95 kuruluğa kadar sıkılır. Bu derecede halının kurutulması, Bölüm 2’de detaylı olarak anlatılan halı sıkma makineleri ile elde edilir. Halı üzerinde kalan %5-10 nemi almak için kurutma ünitesi devreye sokulur. Spiral tamburun devri, 200-300 devir/dakikaya kadar düşürülür. 5 numara ile gösterilen güneş enerjisi ile elde edilen sıcak su 6 numara ile gösterilen borular vasıtası ile sistemde devir daim yaptırılır ve fanlı kısımda sıcak hava elde edilir. 7 numara ile gösterilen fan ile sıcak hava spiral tamburun içine üflenir. Ayrıca 8 numara ile gösterilen emiş fanı ile de tambur içerisindeki nemli hava emilir. Böylelikle, halı yüzeyinde sıcak hava sirkülasyonu sağlanır. Halı, spiral tamburun cidarlarına tek kat sarıldığı için tambur içerisine üflenen hava bütün halıya homojen bir şekilde nüfuz eder. Halıyı kurutma süresi yaklaşık 10 dakika sürmektedir. Halı kurutulduktan sonra makine durdurulur. Halının uç kısmı yıkama personeli tarafından Şekil 4.3’te gösterilen rulo yapma makinesine tutturulur. 1 numara ile gösterilen elektrik motorunun dönmesiyle halı, 3 numara ile gösterilen ruloya sarılmaya başlar. Halı yavaşça ruloya sarılırken yıkama personeli halıyı gözle kontrol eder ve halının güzel kokması için halıya parfüm sürer. Halı 3 numara ile gösterilen ruloya sarıldıktan sonra rulo halı ile birlikte yerinden çıkarılır ve ambalajlanır.

Tasarlanan halı kurutma makinesi, yıkanan halının, ek bir işgücüne gerek kalmadan güneş enerjisi gibi tabii kaynakları kullanarak çok daha kısa zamanda daha küçük bir alanda kurutulmasına olanak sağlar.

4.1. Halı Kurutma Makinesi Elemanlarının Tasarımı

Halı kurutma makinesi, bu çalışma kapsamında tasarlandığı için, kurutma makinesinin tüm elemanlarını mukavemet hesabı yapılmıştır. Tamburu taşıyan mile gelen kuvvetler, sistemin hareketini sağlayacak gerekli motor gücü hesabı ve mil çapı hesabı yapılmıştır.

4.1.1. Tambur miline etki eden kuvvetler

Tambur mili, motordan kayış kasnak sistemi ile aldığı hareketi tambura ve halı sarma mekanizmasına iletir. Tambur mili, 3 farklı devir sayısı ile dönmektedir. İlk olarak, yaklaşık 20 devir/dakika hızla döner. Bu aşamada balatalı kavrama sistemi boşta olduğundan dolayı tambur sabittir. Milin dönmesi ile halı sarma sistemi halıyı tambura sarar. İkinci aşamada, balatalı kavrama sistemi devreye girer ve tambur yaklaşık 1000 devir/dakika hızla döner. Bu aşamada halı sıkılır. Halının tambur yüzeyine yapışıp dengesiz bir yük dağılımına neden olması sistemde balanssızlığa neden olur ve bu durum santrifüj kuvveti ortaya çıkarır. Sıkılan halı, kurutma sisteminin devreye girmesi ile kurutulur. Bu aşamada tambur yaklaşık 250-300 devir/dakika hızla dönmektedir. Tambur milinin en fazla zorlandığı ve sistemin en fazla güç çektiği aşama, halının sıkıldığı aşamadır. Bu aşamada tambur miline etki eden üç farklı kuvvet vardır. Bu kuvvetler, tamburun ağırlığı, ıslak halının ağırlığı ve santrifüj kuvvettir. Hesaplamalar, sistemin en fazla zorlandığı sıkma aşaması için yapılmıştır.

Tambur sıkma aşamasında döndürüldüğünde halının tamburun yüzeyine düzensiz yapışması ile sistemde balanssız durum meydana gelir. Ortaya çıkan dengesiz durum santrifüj kuvvetini meydana getirir. Santrifüj kuvvetinin hesaplanmasında balanssız yükün belirlenmesi gerekir. Balanssız yük “ G_u ” ıslak halı kapasitesinin yaklaşık %10-35 i olarak alınır [29]. Bu makinede halı, tambur çevresine düzenli bir şekilde sarıldığı için hesaplamalarda bu değerlerin minimum değeri yüzde olarak alınmıştır. Balanssız yükün hesaplanmasında yer çekim ivmesi “g” ile gösterilir ve değeri 9.81 m/sn^2 ‘dir.

$$G_u = (0.1) \cdot G_w \quad (4.1)$$

Balanssız yükün kütlesi “m” ve tamburun açısal hızı “w” aşağıdaki formüller ile hesaplanır;

$$m = \frac{G_u}{g} \quad (4.2)$$

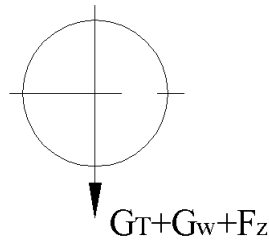
$$w = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (4.3)$$

Dönen tambur çapı “D_t” ile gösterilmiştir ve santrifüj kuvvet “F_z” aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_z = m \cdot \frac{D_t}{2} \cdot w^2 \quad (4.4)$$

4.1.2. Elektrik motoru gücü hesabı

Sistemin hareketini sağlamak için redüktörlü elektrik motoru kullanılmıştır. Sistemde dönen yada direnç gösteren makine elemanları sistemin verimini düşürür. Redüktörlerin dişlileri ve sürtünme kayıpları gibi elemanlar göz önünde bulundurulursa sistemin toplam verimi $\eta_T = 0.9$ olarak alınmıştır. Şekil 4.4’de tambur miline etki eden kuvvetler sistemi gösterilmiştir. Sistemin çalışması için gerekli olan motor gücü hesabını yapmak için Bölüm 3.1.3’de detaylı bir şekilde verilen hesaplama yöntemi kullanılabilir.



Şekil 4.4: Tambur miline etki eden kuvvetler sistemi.

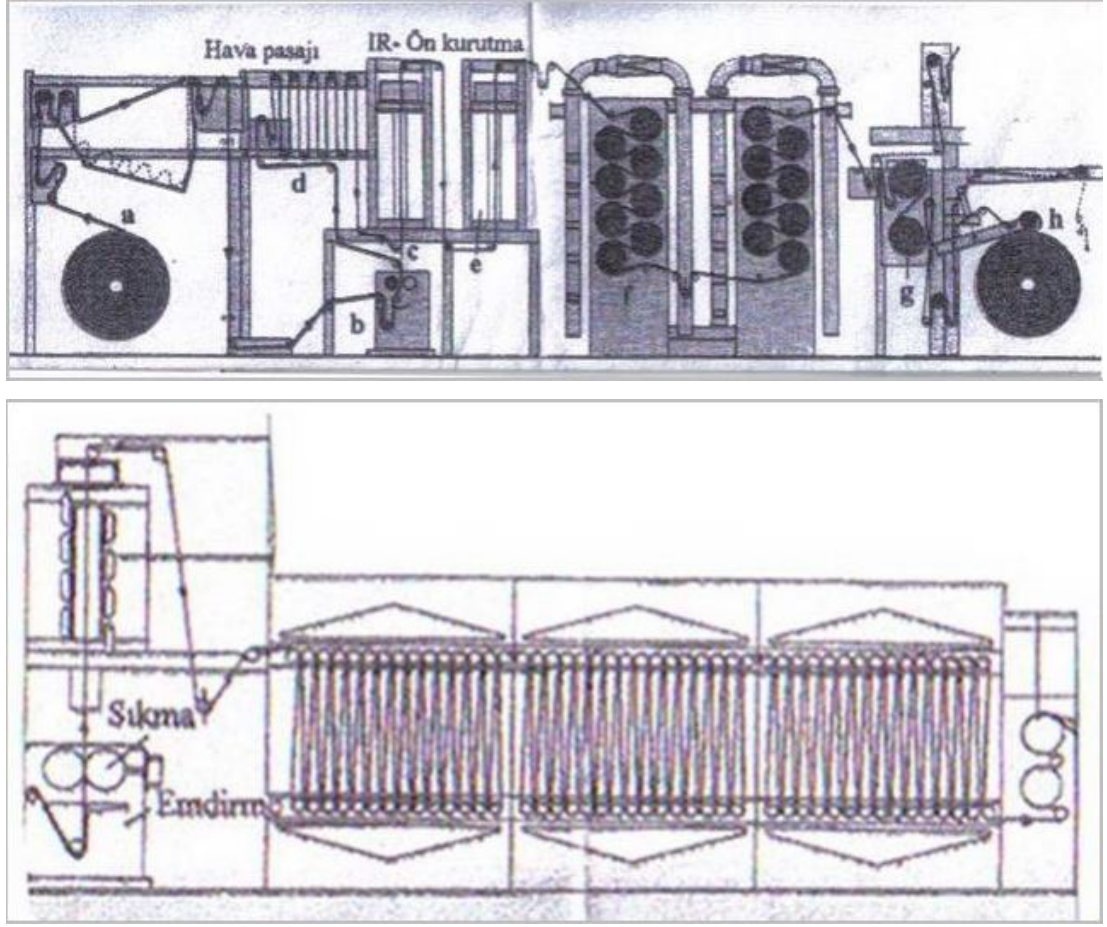
4.1.3. Tambur mili çap hesabı

Tambur milinin çap hesabı yapılırken tambur milinin maksimum zorlandığı durum göz önünde tutulmuştur. Buna göre tambur mili en fazla santrifüj kuvvetin yer çekimi yönünde olduğu durumda zorlanmaktadır. Şekil 4.4’de tambur miline etki eden kuvvetler gösterilmektedir. Tambur mili çap hesabını yapmak için Bölüm 3.1.4’te detaylı bir Şekilde verilen yöntem kullanılabilir.

4.2. Halı Yıkama ve Kurutma Makinesi Otomasyonu

Endüstride, halı yıkama ve sıkma makinelerinin büyük bir kısmı tek bir işlem için kullanılmaktadır. Bandlı halı yıkama makineleri halıyı yıkama, rulo tipi sıkma makineleri halıyı sıkma ve fanlı kurutma odaları da sadece halıyı kurutma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu durum operasyonlar arasında zaman, işgücü, enerji ve kalite kaybına neden olmakta ve sonuçta maliyetleri artırmaktadır. Bu sebepten dolayı profesyonel halı yıkama aŐamalarını otomasyon olarak tek bir sistemde gerçekleştirmek gerekmektedir.

Ülkemizde halı yıkama endüstrisinde kullanılan profesyonel halı yıkama işlemlerinin tek makinede gerçekleŐtirildiđi bir makine bulunmaktadır. Bu makinede; toz alma, vakumlama, akarasit köpük banyolu yıkama, beŐ ayrı merdaneli firalama ile yıkama, alt yıkama, her yıkamadan sonra sıkma, saatte 15 ton su ile durulama, kauçuk ve keçe merdanelerinde sıkma, suyu vakumlama, mikrodalgalı ve fanlı kurutma, koruyucu sprey ile ilaçlama ve paketleme gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.5’de makinenin Şematik alıŐma düzeni gösterilmektedir.



Şekil 4.5: Halı yıkama-kurutma makinesi (otomasyon) şematik çalışma düzeni [7].

Halı yıkama endüstrisinde çalışan bu makinenin çok önemli dezavantajları bulunmaktadır. Makinenin kapladığı alan $20 \times 5 \times 4 \text{ m}^3$ ölçülerindedir. Bu alan nüfusun yoğun olduğu büyük şehirler için çok büyük bir alandır. Satış maliyetinin yüksek olması, yatırım maliyetlerinin de yükselmesine neden olmaktadır. Makine büyük olduğu için enerji ve su sarfiyatı yüksektir. Kurutmadan önce fazla suyun alınması merdaneler ile yapıldığından dolayı bazı halıların ilmeklerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Ayrıca, birden fazla halının aynı anda yıkanması bazı halıların boyalarının birbirine karışmasına neden olmaktadır ki bu, halı yıkamada istenmeyen bir durumdur.

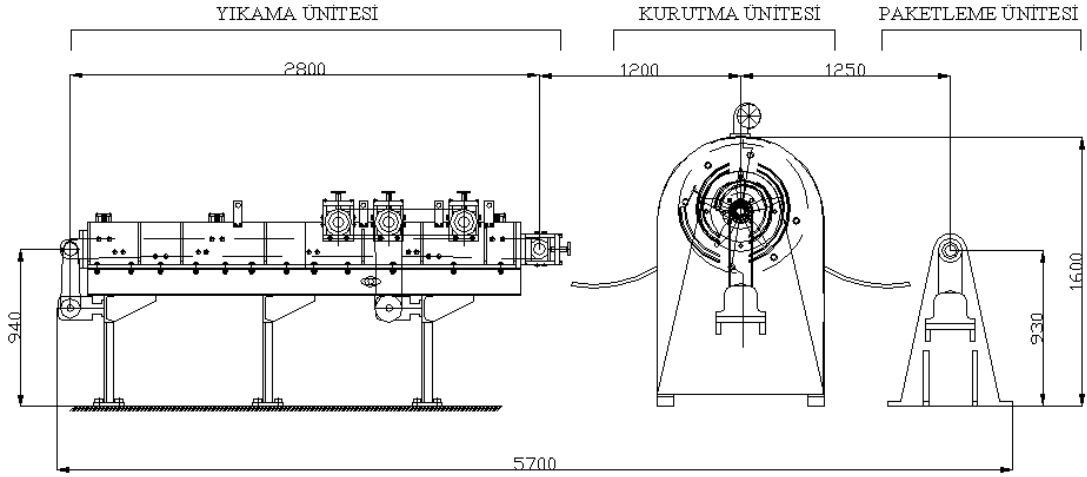
Tasarımı yapılan kurutma makinesi ile, kurutma işlemi çok alan kaplamasına karşın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Kurutma işlemi, merdanelerle sıkma, vakumla emme ve fanlarla sıcak havalandırma işlemlerini kapsar. Çeşitli halılarda yapılan kurutma denemelerinde halıda kalan nem oranları Tablo 4.1'de

gösterilmektedir. Tablo 4.1 incelendiğinde merdanelerle sıkma ve vakumla emme işlemleri beraber yapıldığında halının tam olarak kuruduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 4.1: Çeşitli halılarda yapılan denemelerde halıda kalan nem oranları [7].

HALININ CİNSİ	KALAN NEM NİTELİĞİ	
	Sıkma Sonrası	Vakumla Emme Sonrası
% 100 yün	%60	%35-40
% 50 yün/polyester	%65	%30-35
70/30 yün/moher	%75	%40-45
50/50 rayon/pamuk	%75	%55-65
% 100 pamuk	%80	%45-65
% 100 polyester	%60	%10-15
% 100 polyester/pamuk	%65	% 20-30
65/35 polyester/pamuk	%65	%25-35
50/50 polyester/pamuk	%70	%25-30

Şekil 2.4’de bu makinenin genel bir görüntüsü verilmiştir. Endüstride kullanılan halı yıkama-kurutma otomasyon sisteminin dezavantajları göz önünde bulundurularak yeni bir otomasyon sistemi tasarlanmıştır. Bu otomasyon sistemi, 3.ve 4. bölümlerde tasarlanan bandlı halı yıkama ve halı kurutma makinelerinin bir düzen dahilinde beraber çalıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan otomasyon sisteminde profesyonel halı yıkama aşamalarının bütün aşamaları uygulanmaktadır. Şekil 4.6’da tasarlanan halı yıkama-kurutma otomasyon sistemi şematik olarak gösterilmektedir.



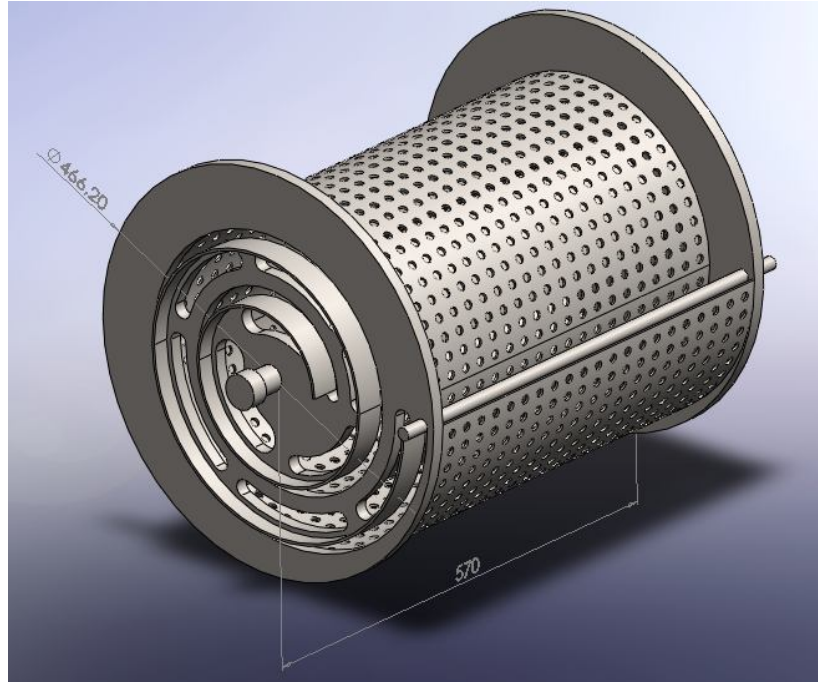
Şekil 4.6: Halı yıkama-kurutma otomasyon sisteminin şematik görünümü

Tasarımı yapılan halı yıkama ve kurutma otomasyon sisteminin üç ünitesi bulunmaktadır. Birinci ünite halının yıkandığı ünedir ve bir personel tarafından makineye verilen halının ilk olarak vakumlu sistemle tozu alınır. Sonraki aşamalarda halı ıslatılır ve deterjanlı su ile yıkanır. Yıkama işlemi iki adet rulo fırça ile gerçekleştirilir. Yıkama işlemi iki adet rulo fırça ve su ile durulanır. Durulanan halının lastik gelberi ile fazla suyu alınır. Yıkama ünitesinden çıkan halı personel tarafından kurutma ünitesine verilir. Bu sistemin en fazla zaman alan ünitesi kurutma ünitesidir. 6 m²'lik bir halının yaklaşık kuruma süresi 10 dakikadır. Sistem eşzamanlı çalıştığı için diğer ünitelerin hızı da kurutma ünitesinde geçen süreye göre ayarlanmıştır. Kurutma ünitesi, dört aşamalı çalışmaktadır. İlk olarak sarma sistemi devreye girer ve halı spiral tamburun içine sarılır. Sarma sistemi çalışırken tambur sabit, tambur mili dönmektedir. Halı klavuz mili, spiral kanalların içinde hareket ederek halı tambura sarılır. İkinci aşamada, sıkma sistemi devreye girer ve tambur yaklaşık 1000 devir/dakika hızla dönmeye başlar. Santrifüj kuvvet etkisi ile halı tamburun cidarlarına yapışır ve tamburdaki deliklerden su halıdan uzaklaşır. Sıkma işlemi sonucu halıda yaklaşık %5-10 nem kalmaktadır. Halıda kalan nem oranı çeşitli halı türlerinde farklılıklar göstermektedir. Bu konuya prototip tasarım ve imalatı bölümünde daha detaylı olarak değinilmiştir. Üçüncü aşamada, kurutma ünitesi devreye girer. Kurutma ünitesinde sıcak havanın halının her yerine nüfuz etmesi ve halıda kalan su zerreciklerinin halıdan uzaklaştırmaya zorlanması için tambur yaklaşık 200-300 devir/dakika hızla döndürülür. Bu aşamada güneş enerjisi ile sağlanan sıcak su, borulardan geçirilerek fanın arkasında sıcak hava elde edilir. Fan

sıcak havayı tamburun içine gönderir. Aynı zamanda tamburun üstünde bulunan emiş fanı, hem havanın nemini dışarıya atar, hem de tamburun içinde hava sirkülasyonu sağlayarak kuruma işine yardımcı olur. Son aşamada halıyı tamburun içinden geri çıkarmak için tambur milini tahrik eden elektrik motoru boşa geçer ve halı paketleme ünitesine geçer ve temiz halı paketlenir.

4.3. Halı Kurutma Makinesi Prototipi İmalatı

Yukarıda detaylı bir şekilde tanımlanan ve Solidworks ortamında tasarlanan ve katı modeli yapılan halı kurutma makinesinin bir prototip imalatı yapılmıştır. Prototip olarak imal edilen kurutma makinesi yardımı ile 0.5 m² yıkanan halı numunelerinin kurutulma işlemi gerçekleştirilmiştir. Halı kurutma deneylerinde kullanılmak üzere, Şekil 4.7’de gösterilen kurutma makinesinin prototip tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Prototip, sadece kurutma deneyi için hazırlanmış bir tambur ve halı sarma sisteminden oluşmaktadır. Tambura dönme hareketini vermek için torna tezgahı kullanılmıştır. Ayrıca sıcak hava sağlamak için de 2000 watt’lık bir saç kurutma makinesinden yararlanılmıştır.

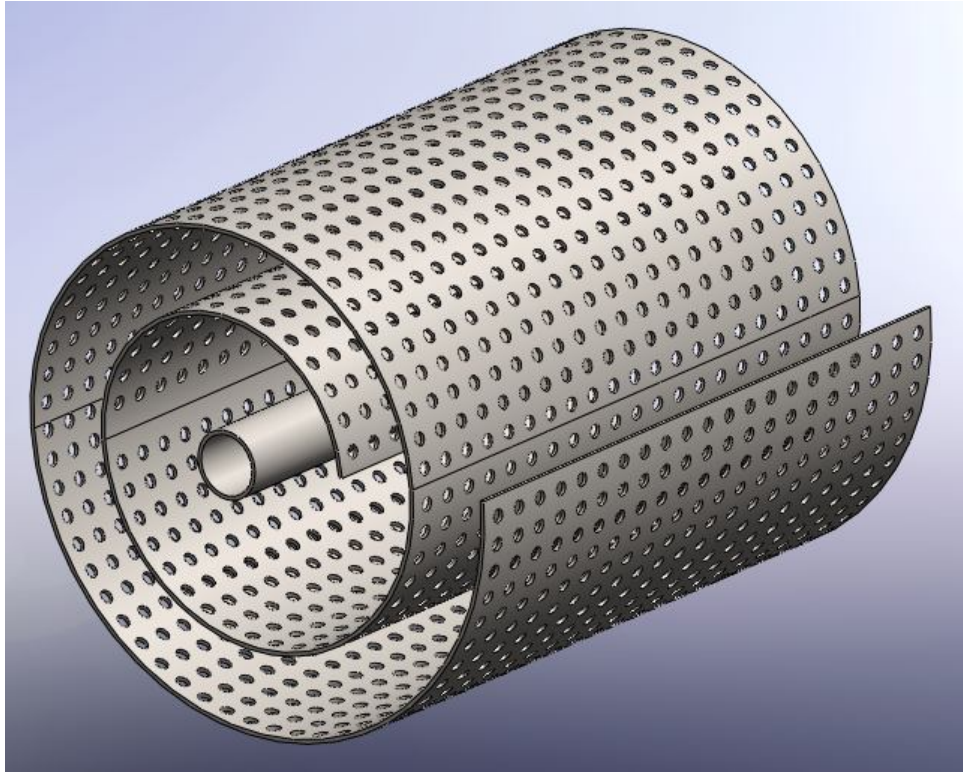


Şekil 4.7: Halı kurutma makinesi tamburu prototipi imalatı.

4.3.1. Halı kurutma makinesi prototip parçaları

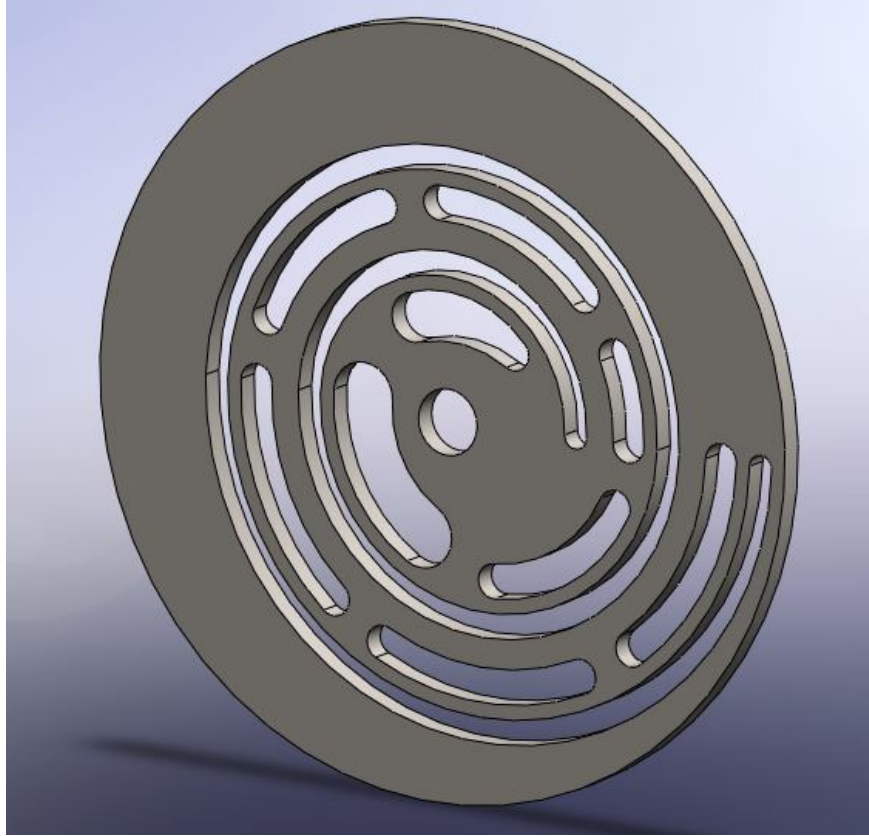
Halı kurutma makinesi tamburu, 6 parçadan oluşmaktadır. Parça ölçüleri, tasarlanan halı kurutma makinesinin yaklaşık 1:5'i oranındadır. Tasarlanan halı kurutma makinesi tamburunun malzemeleri paslanmaz çelik olmasına karşın prototipin imalatında St37 malzeme kullanılmıştır.

Spiral tambur sacı tasarımı ve imalatı: Şekil 4.8'de spiral tambur sacı gösterilmiştir. Spiral tambur sacı çapları birbirinden farklı olan 4 adet yarım yuvarlak sacın birbirine kaynatılmasından oluşmaktadır. Sac kalınlıkları 3mm ve genişlikleri 500 mm dir. Sac uzunlukları dıştan içe doğru 635, 535, 435 ve 335 mm dir. Saclar düz halde iken CNC Dik İşleme merkezinde 10 çapında matkapla 13.5x11.5 adımlarında boydan boya delinmiştir. Delinen saclar silindirik sac kıvrma makinesinde 201, 534, 137 ve 107 mm yarıçaplarında kıvrılmıştır. Kıvrılan saclar uc uca getirilerek gazaltı kaynak makinesi ile kaynatılmıştır.



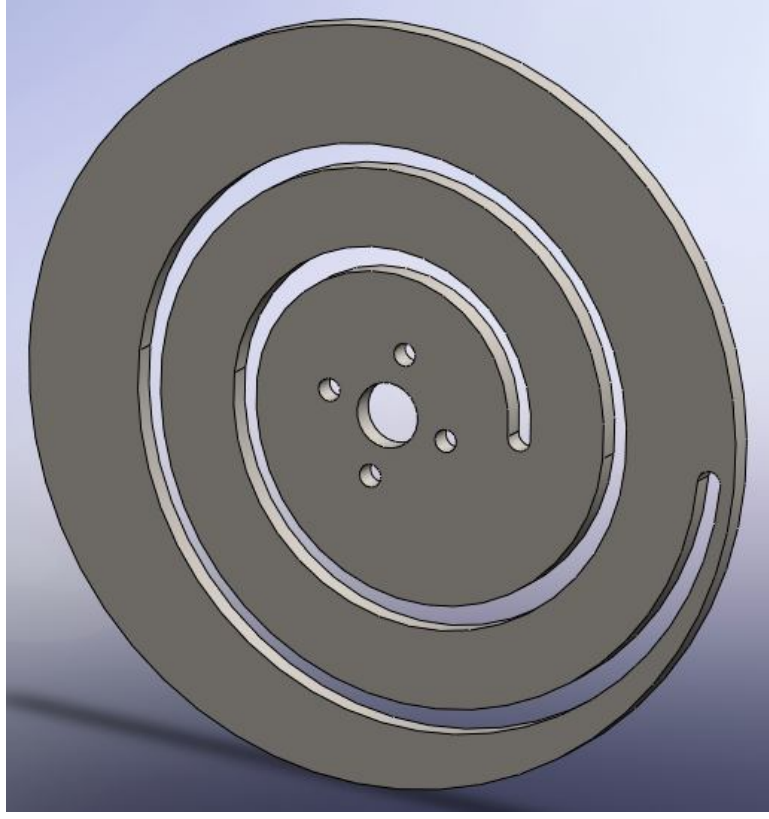
Şekil 4.8: Spiral tambur sacı.

Fan tarafı yan flanş tasarımı ve imalatı: Şekil 4.9'da fan tarafı yan flanşın şekli gösterilmiştir. Bu flanş, tamburun sıcak hava girişi tarafında bulunmaktadır. Flanş, 466 mm çapında ve 10 mm kalınlığındadır. İlk olarak torna tezgahında ölçüsünde işlenmiştir. Kanalları CNC Yatay İşleme Merkezinde açılmıştır. Büyük olan kanallar sıcak havanın tamburun içine girmesini sağlayan kanallardır. Kanallar, tasarlanan halı kurutma makinesindeki kanalların ölçekli küçültülmesi sonucu ölçülendirilmiştir. Dıştan içeriye doğru spiral hattı izleyen kanallar, halının tamburun içerisine sarılmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Bu kanallarda sarma mili hareket ederek ucuna bağlı olduğu halıyı tamburun içerisine sarar.



Şekil 4.9: Fan tarafı yan flanş (sol flanş).

Fan tarafı yan flanş tasarımı ve imalatı: Şekil 4.10'da yan flanşın şekli gösterilmiştir. Fan tarafında ki yan flanşla aynı ölçülerde ve aynı işlemlere tabi tutulmuştur. Farklı olarak bu flanşta hava kanalları yoktur. Ayrıca 4 adet M14 delik vardır. Bu delikler, halı tambura sarıldıktan sonra tamburla tambur milini birbirine kilitlemeye yaramaktadır. Bu flanş, fan tarafındaki yan flanşla birlikte spiral tambur sacının iki yanına kaynatılmıştır.



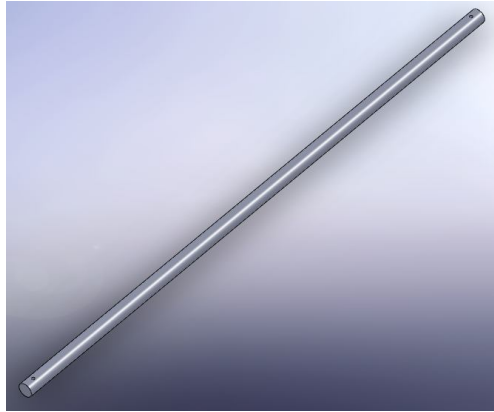
Şekil 4.10: Sağ yan flanş.

Tambur mili tasarımı ve imalatı: Şekil 4.11’de tambur milinin şekli gösterilmiştir. Tambur mili iki parçadan oluşmaktadır. Birinci parça, 40 mm çapında ve 640 mm boyunda torna tezgahında işlenmiştir. Üzerinde ki kanallar, halıyı sarmak için kullanılan 2mm lik telin toplandığı kanallardır. Kanallar üzerindeki 3mm çapındaki delikler telin mile montajında kullanılır. İkinci parça, 120 mm çapında ve 10mm kalınlığında torna tezgahında işlenmiş ve 80mm eksen çapında 15 mm lik matkapla matkap tezgahında delinmiştir. Bu delikler yan flanşa kilitlenerek tamburun mille birlikte dönmesini sağlamaktadır. Birinci ve ikinci parça işlemleri bittikten sonra gazaltı kaynak makinesi ile birbirine kaynatılmıştır.



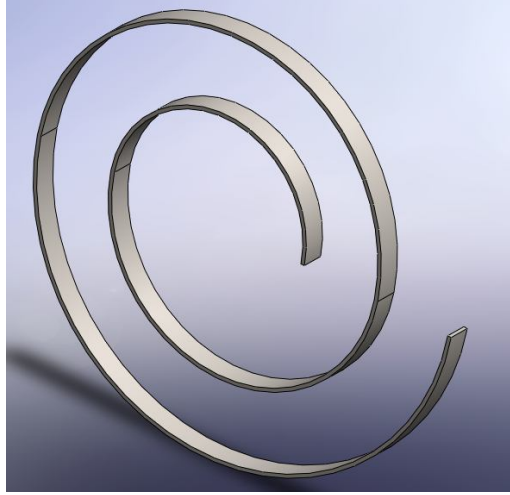
Şekil 4.11: Tambur mili.

Sarma mili tasarımı ve imalatı: Şekil 4.12’de sarma milinin şekli gösterilmiştir. 14mm çapında ve 60mm uzunluğundadır. Milin iki başına 3mm çapında matkapla matkap tezgahında delik delinmiştir. Bu delikler 2mm lik telin mile montajında kullanılmıştır.



Şekil 4.12: Sarma mili.

Klavuz sacı tasarımı ve imalatı: Şekil 4.13’de klavuz sacı şekli gösterilmiştir. 1mm kalınlığında, 20mm genişliğinde ve 1640 mm boyunda sacdan 2 adet olarak imal edilmiştir. Spiral hat boyunca içten dışa doğru kıvrılarak yan flanşlara puntalanmıştır. Bu sac tambur mili ile sarma milinin arasında hareket iletişimini sağlayan çelik halata klavuzluk yapar.



Şekil 4.13: Klavuz sac.

4.3.2. Prototip kurutma makinesi çalışma şekli

Bu bölümde imal edilen prototip halı kurutma makinesinin genel olarak çalışma şekli anlatılmıştır. Prototip tambur milinden torna tezgahına bir ucu aynaya diğer ucu puntaya gelecek şekilde bağlanır. İlk aşamada tambur mili ile tambur arasında cıvata bağlantısı yoktur. Sarma milinin ucundaki kısıkaçlara halı tutturulur. Tambur sabit iken torna tezgahı en düşük devirde çalıştırılır. Tambur milinin dönmesi, tel vasıtası ile sarma miline hareket verir ve sarma mili yan flanşlardaki kanalların içerisinde dıştan içeri doğru hareket etmeye başlar. Halının kısıkaçlarla sarma miline tutturulması halının da tamburun içine doğru sarılmasını sağlar. Halı tamburun içine sarıldıktan sonra torna tezgahı durdurulur. Tambur milinde ki delikli flanş M14 cıvatalarla yan flanşa monte edilir. Torna tezgahı yaklaşık 1000 devirde çalıştırılır. Tambur mili ile tambur beraber döner ve santrifüj kuvvet etkisi ile ıslak halı sıkılır. Kurutma aşamasında torna tezgahı 200 devirde çalıştırılır. Dönen tambura yan flanştan sıcak hava üflenir. Kurutma işlemi bittikten sonra torna tezgahı durdurulur. Tambur mili ile tambur arasında hareket iletişimini sağlayan M14 cıvatalar sökülür. Halı ucundan tutularak geri çekilir.

4.3.3. Halı Numuneleri Kurutma Deneyleri

Tasarlanan ve prototip olarak imal edilen halı kurutma makinesi spiral tamburu, 0.5m² yıkanmış halı numunelerinin kurutulmasında kullanılmıştır. Tablo 4.2’de

verilen 5 farklı marka halılardan 0.5m^2 halı numuneleri elde edilerek normal manuel olarak yıkanmıştır. Bu küçük halı parçaları, yıkandıktan sonra kurutma makinesini simule edecek şekilde, prototip makinenin spiral tamburuna benzer mekanizma ile sarılmıştır. Prototip tambur, klasik bir torna tezgahına bağlanarak yaklaşık 1000 de/dak sıkma işlemi ve 200 dev/dak ise kurutma işlemi uygulanmıştır.

Tasarlanan halı kurutma makinesinin yaklaşık 1:5 ölçekli prototipi kurutma deneylerinde kullanılmıştır. Kurutma deneylerinde kullanılan prototip sadece tamburdan oluşmaktadır. Prototip imalatında maliyeti artırmamak için tambura hareket vermesi gereken tahrik mekanizması imal edilmemiştir. Bu amaç için bir torna tezgahından yararlanılmıştır. Kurutma deneylerindeki amaç, tamburun imal edilebildiğini, tamburun istenilen devirlerde döndürülebildiğini ve halının tamamen kuruyup kurumadığını görmektir.

Kurutma deneylerinde 5 farklı marka halı numunesi kullanılmıştır. Farklı özelliklerde halı numunesi kullanılmasının sebebi, halıların kaliteleri ile üzerinde tuttıkları nemin ilişkisini görmektir. Halının kalitesi dm^2 'deki ilmek sayısı ile belirlenir. Halıda kalitenin artması yoğunluğunun artması ile doğru orantılıdır. Halının yoğunluğunun artması su zerreciklerinin ilmek aralarından geçmesini zorlaştırır. Tablo 4.5 den anlaşıldığı gibi halının kalitesi arttıkça sıkma ve kurutma sonunda halıda kalan nem oranı da artmaktadır.

Kurutma deneylerinde kullanılan halılar prototip tambura girmesi için $1 \times 0.5\text{ m}^2$ ölçülerinde kesilmiştir. Halı numuneleri üzerinde yapılan deney fotoğraflarla gösterilmiş ve deneylerde kullanılan halıların özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Halı numuneleri için yapılan kurutma deneyleri 5 aşamalı olarak uygulanmıştır. Her bir aşama tüm numuneler için uygulanmıştır ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu aşamalar kısaca aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 4.2: Kurutma deneylerinde kullanılan çeşitli halıların özellikleri [10].

HALININ CİNSİ	İLMEK ADEDİ (dm ²)	KALİTESİ	DÜĞÜM TARZI
Bünyan	1512	36x42	Türk (çift)
Ladik	2000	40x50	Açık (tek)+ Türk (çift)
Isparta	858	26x33	Sine (tek) + Türk (çift)
Milas	1040	26x40	Türk (çift)
İpek	10000	100x100	Türk (çift)

1. aşama: Numunenin kuru halde tartılması, bütün numuneler kuru halde iken tartılmıştır. Numunelerin ağırlıklarının tespiti için Şekil 4.14'te gösterilen 0.2 kg hassasiyetli dijital tartı kullanılmıştır. Şekil 4.15'de Bünyan cinsi 0.5x1 m² ölçülerinde halı numunesinin kuru haldeki ağırlığı gösterilmiştir.



Şekil 4.14: Dijital tartı kantarı.



Şekil 4.15: Tartı kantarının dijital panosu (Bünyan kuru halı ağırlığı).

2. aşama: Halı numunesi ıslak olarak tartılması, deneyde kullanılan bütün numuneler su dolu bir kabın içine konularak tamamen ıslanması sağlanmıştır. Şekil 4.16'da Bünyan cinsi halı numunesinin tamamen ıslak halde iken ağırlığı gösterilmiştir.



Şekil 4.16: Bünyan cinsi halı numunesinin yıkanmış ıslak halde ağırlığı.

3. aşama: Numunenin 500 devir/dakika ile sıkılması, Tambura sarılan halı torna tezgahında ilk olarak 0.5 dakika süre ile sonra 1 dakika süre ile 500 devir/dakika hızla sıkılmıştır. Her aşamadan sonra numune tartılmıştır. Şekil 4.17'de gösterildiği gibi, prototip tambur bir torna tezgahına bağlanarak sıkma ve kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.



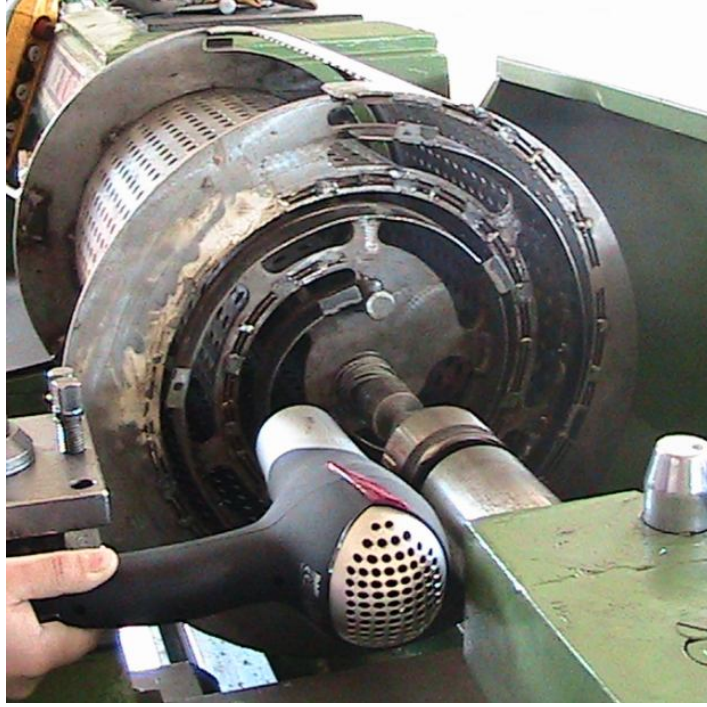
Şekil 4.17: Numunenin 500 devir/dakika hızla sıkılması.

4.aşama: Numunenin 1000 devir/dakika ile sıkılması, tambura sarılan halı torna tezgahında ilk olarak 0.5 dakika süre ile sonra 1 dakika süre ile 1000 devir/dakika hızla sıkılmıştır. Her aşamadan sonra numune tartılmıştır. Torna tezgahı sabit olduğundan dolayı oluşan titreşim direk tezgahın gövdesine yansımış ve istenilen seviyede deney yapılmasına mani olmuştur. Şekil 4.18’de deneyde kullanılan halı numunelerinin sıkma işlemi görülmektedir.



Şekil 4.18: Numunenin 1000 devir/dakika hızla sıkılması.

5. aşama: Numunenin kurutulması, kurutma işlemi torna tezgahının yaklaşık 200 devir/dakika hızla dönerken tamburun hava kanallarından 2000 watt'lık bir saç kurutma makinesi ile sıcak hava üflenerek yapılmıştır. Kurutma işlemi 5 ve 10 dakika süre ile uygulanmıştır ve kurutma işlemine tabi tutulan halı numunesi tartılmıştır. Şekil 4.19'da numunenin kurutulması işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4.19: Halı numunesinin kurutulması

Kurutma deneyleri sonunda elde edilen veriler 4 aşamada değerlendirilmiştir. Deneylerde kullanılan halı numunelerine uygulanan kurutma işleminin sonuçları her bir halı numunesi için tablolar halinde verilmiştir. Halı numuneleri, kurutma işlemi sonunda üzerinde kalan nem oranı baz alınarak birbirleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Dakikadaki devir sayısının numuneler üzerinde kalan nem niteliğine etkisini görmek için elde edilen veriler Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Bu veriler numunelerin 1 dakika süre ile sıklıdıktan sonra elde edilen değerlerdir.

Tablo 4.3: Dakikadaki devir sayısının kalan nem niteliğine etkisi.

HALI NUMUNESİ CİNSİ	KALAN NEM NİTELİĞİ (%)	
	500 devir/dakika	1000 devir/dakika
Bünyan	15	8
Ladik	17	10
Isparta	12	5
Milas	14	7
İpek	27	13

2. aşamada sıkma süresinin numuneler üzerinde kalan nem niteliğine etkisi ile ilgili veriler belirlenmiştir. Bu veriler numunelerin 500 devir/dakika hızla sıkılması sonucu elde edilmiştir. Tablo 4.4’de sıkma süresinin numuneler üzerinde kalan nem niteliğine etkisi ve bu etkilerin oranları verilmiştir.

Tablo 4.4: Sıkma süresinin kalan nem niteliğine etkisi

HALI NUMUNESİ CİNSİ	KALAN NEM NİTELİĞİ (%)	
	30 saniye sıkma	60 saniye sıkma
Bünyan	16	15
Ladik	19	17
Isparta	14	12
Milas	16	14
İpek	30	27

3. aşamada halı kalitesinin yani dm^2 ’deki ilmek adetinin numuneler üzerinde kalan nem niteliğine etkisi görmek için veriler tespit edilip değerlendirilmiştir. Bu veriler

numunelerin 1000 devir/dakika hız ve 1 dakika süre ile sıkıldığı durumda toplanan verilerdir. Tablo 4.5’ de halı kalitesinin numuneler üzerinde kalan nem niteliğine etkisi gösterilmiştir. Son aşamada kurutma süresinin kalan nem niteliğine etkisi ile ilgili veriler toplanmış ve Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.5: Halı kalitesinin kalan nem niteliğine etkisi

NUMUNE HALILARIN		KALAN NEM NİTELİĞİ
CİNSİ	İLMEK ADETİ/dm ²	(%)
Bünyan	36x42	8
Ladik	40x50	10
Isparta	26x33	5
Milas	26x40	7
İpek	100x100	13

Tablo 4.6: Kurutma süresinin kalan nem niteliğine etkisi

HALI NUMUNESİ CİNSİ	KALAN NEM NİTELİĞİ (%)	
	5 dakika kurutma	10 dakika kurutma
Bünyan	1.5	0
Ladik	1.8	0
Isparta	1	0
Milas	1.5	0
İpek	3	1

Genel olarak, yapılan deneyler sonunda kullanılan halı numuneleri sıkıldıktan sonra (1000 devir/dakika hızla 60 saniye süre ile) %12-27 oranında nemli kaldığı

gözlemlenmiştir. Sıkma işleminden sonra uygulanan kurutma işlemi (10 dakika süre ile) sonunda da halı numunelerinin tamamının tam olarak (İpek halıda %1 nem kalmıştır) kuruduğu gözlemlenmiştir. Deneylede kullanılan halı numunelerinin kirli kuru, yıkanmış ıslak ve temiz kuru m² ağırlıkları Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Kurutma deneylerinde kullanılan halı numunelerinin kirli, yıkanmış ve temiz ağırlıkları

HALININ CİNSİ	Kirli kuru m ² ağırlığı (kg)	Yıkanmış ıslak m ² ağırlığı (kg)	Temiz kuru m ² ağırlığı (kg)
Bünyan	2	7.6	2
Ladik	2.8	10	2.8
Isparta	1.2	4.2	1.2
Milas	1.4	5.2	1.4
İpek	13.2	50	13.4

Halının kalitesinin de sıkma işleminde önemli bir yeri vardır, dm²’deki ilmek adeti ne kadar artarsa halının yoğunluğu bu nispette artmakta ve su zerreciklerinin halıyı terk etmesi zorlaşmaktadır. Bu sebepten dolayı kalitesi yüksek halılarda kalan nem oranı daha fazla olmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Halı yıkama ve kurutma işleminin süresini ve maliyetini azaltmak için yapılan bu çalışmada bir halı yıkama ve bir de halı kurutma makinesi bilgisayar destekli tasarlanmıştır. Profesyonel halı temizleme endüstrisinin ihtiyacını karşılayacak, halı yıkama, kurutma ve paketlenme makinelerinin tasarımı yapılmıştır. Yapılan bütün tasarımlar bilgisayar ortamında katı modelleme teknikleri kullanılarak 3 boyutlu katı model olarak gerçekleştirilmiştir. Halı sıkma-kurutma makinesinin bir mini prototip imalatı gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan üç ayrı makine birlikte çalışarak bir otomasyon sistemi şeklinde çalışır. Otomasyon sistemi dahilinde çalışması, verimliliği artırarak, halı temizleme aşama işlemlerinin süresini, su ve enerji sarfiyatını azaltır. Özellikle yıkanmış halıların sıkılması ve kurutulması süresini son derece kısaltır.

Halı kurutma makinesinin spiral tamburunun bir mini prototip imalatı başarı ile gerçekleştirilmiş olup, bir torna tezgahında rahatlıkla sıkma işlemi uygulanmıştır. Tamburun torna tezgahında rahatlıkla döndürülmesi için gerekli balans ayarlaması yapılmıştır. Mini prototip makine ile yıkanmış halı numunelerinin kurutulma deneyleri başarı ile uygulanmıştır. Kurutma işlemi sırasında, prototip makine yüksek devirde sıkma, düşük devirde ise kurutma işlemleri başarı ile gerçekleştirilmiştir. Kurutulması gereken halıların dokuma kalitesine bağlı olarak (Bölüm 2.3) kurutma süresi tayin edilebilir.

Halı temizleme aşamalarından en önemlisi ve en çok zaman alanı halı kurutma işlemidir. Tasarlanan halı sıkma ve kurutma makinesi ile sıkma ve kurutma işlemi tek seferde gerçekleştirmekte ve 10 dakika gibi kısa bir sürede (endüstride kullanılan makineler ile kurutma işlemi 2 saatte gerçekleştiriliyor) halı tam olarak kurutulmaktadır. Tasarlanan halı kurutma makinesi ile yapılan çalışmalarda makineler arasında halı transferi olmadığından dolayı fazla işgücü gerekmez. Ayrıca,

kurutma işlemi için yenilenebilir enerji kullanıldığından (güneş enerjisi) halı başına düşen maliyetler daha düşüktür. İlave olarak, kurutma makinesi bantlı halı yıkama makinesi ile otomasyon sisteminde beraber çalışabilir.

Halının farklı sürelerde sıkılması halıda kalan nem oranı açısından fazla değişmemektedir. Su zerreciklerinin halının yüzeyinden uzaklaşmasını sağlayan kuvvet santrifüj kuvvettir. Bu kuvvet devirle birlikte su zerreciklerine anında etki eder ve su zerreciklerini halının yüzeyinden uzaklaştırır. Dakikadaki devir sayısı ne kadar fazla olursa santrifüj kuvvette o kadar fazla olur ve su zerreciklerinin halının yüzeyinden uzaklaşmasını sağlayacak kuvvet artar. Sıkma süresinin uzatılması halıda kalan nem oranının azalmasına katkı sağlamadığı görülmektedir.

Sıcak hava kurumaya iki türlü yardımcı olur. Halının yüzeyinden hızla hareket eden hava halının yüzeyinde basınç düşmesine neden olur ve su zerreciklerinin basıncın düşük olduğu yöne doğru (halının dışına doğru) hareket etmesini sağlar. Sıcak hava halının ilmek aralarında bulunan su zerreciklerinin ısınıp buhar haline gelmesini sağlar ve buhar haline gelen su zerrecikleri halıdan uzaklaşır. Sıcak hava uygulaması ne kadar uzun süreli devam ederse o kadar su zerreciğinin halıdan uzaklaşır ve halıdaki nem oranı düşer hatta halı tamamen kurur. Bu durum Tablo 4.6'da açık bir şekilde görülmektedir. İpek halı çok yoğun bir halı olduğundan dolayı 10 dakikadan daha fazla bir kurutma süresi uygulanması gerekir.

Tasarlanan halı kurutma makinesinin işlevselliğini test etmek amacı ile halı kurutma makinesi tamburunun prototip imalatı yapılmıştır. İmal edilen prototiple çeşitli halı numuneleri sıkılıp kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre 1000 devir/dakika hızla ve 60 saniye süre ile sıkılan halılar üzerinde %12-27 oranında nem kalmıştır. Sıkılan halılar, aynı makinede 2000 watt'lık saç kurutma makinesi kullanılarak 10 dakika süre ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu süre sonunda bütün numune halıların tam olarak kuruduğu gözlemlenmiştir. İpek halının yoğunluğu diğer numune halılara göre çok daha fazla olduğundan 10 dakika süre ile kurutma işlemi sonunda İpek halı numunesi üzerinde %1 nem kalmıştır. Yoğunluğu fazla olan halıların (İpek halı gibi) tam olarak kurutulması için 10 dakikadan daha fazla süre ile kurutma işlemi uygulanması sonucuna varılmıştır.

Tasarlanan otomasyon, endüstride kullanılan otomasyona göre çok daha avantajlı olup, daha az yer kaplamakta, yenilenebilir enerjilerden yararlanmakta, halılara zarar vermemekte ve daha düşük maliyetle üretilmektedir. Ayrıca, otomasyon içerisinde bulunan paketleme makinesi ile yıkanan halı el değmeden paketlenir.

Yıkanmış bir halıya iyi bir sıkma işlemi yapılabilmesi için sıkma makinesinin dakikadaki devir sayısının yüksek olması son derece önemlidir. Dakikadaki devir sayısını artırabilmek için oluşan titreşimleri sönmüleyici yeni sistemler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Tasarımı yapılan yıkama ve kurutma makinesinin imalatı yapılarak, profesyonel halı temizleme işleminin uygulanması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] HALI YIKAMA TÜRKİYE, 2008, <http://haliyikamaturkiye.com/> (**Ziyaret tarihi: 02 Şubat 2009**).
- [2] Kozan, Ö., *Kuraklık halı yıkama sektörünü 500 milyon TL'ye taşıdı*, Referans gazetesi, Temmuz 2008.
- [3] TÜRKİYE İSTATİSTİK KURUMU, 2008, *Kent merkezlerinde yaşayan insan nüfusu*, <http://www.tuik.gov.tr/> (**Ziyaret tarihi: 04 Ocak 2009**).
- [4] ÇAM HALI YIKAMA FABRİKASI, 2008, *Resim galerisi*, İstanbul, <http://www.camhaliyikama.com/> (**Ziyaret tarihi: 10 Şubat 2009**).
- [5] YILTEM HALI YIKAMA FABRİKASI, 2007, Kocaeli, <http://www.yiltem41.com/> (**Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2009**).
- [6] GARMAK MAKİNE SANAYİ, 2008, *Halı sıkma makineleri*, Bursa, <http://www.gar-mak.com/> (**Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2009**).
- [7] SEBLİNİ MAKİNE, 2007, *Bantlı halı yıkama ve kurutma makinesi*, İzmir, <http://www.seblinimakine.com/> (**Ziyaret tarihi: 15 Şubat 2009**).
- [8] AKÇAY İPLİK FABRİKASI, 2007, *İpliklerde kullanılan teknik terimler*, İzmir, <http://www.akcayiplik.com/> (**Ziyaret tarihi: 03 Mart 2009**).
- [9] TEKSTİL WEB SİTESİ, 2007, *İpliklerin temel özellikleri*, <http://www.tekstil.com.tr> (**Ziyaret tarihi: 04 Mart 2009**).
- [10] SÜMER HALI SANAYİ, 2006, *Türkiye'de üretilen başlıca halı çeşitleri*, Ankara, <http://www.sumerhali.gov.tr> (**Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2009**).
- [11] BAYRAKTAR F., BELEK H. T., “Çamaşır makinesi dinamik davranışının deneysel ve teorik incelenmesi” *İTÜ dergisi mühendislik Cilt:5, Sayı:2, Kısım:1*, 135-144, Nisan 2006.
- [12] TÜRKAY, O.S., “Formulation and implementation of parametric optimization of a washing machine suspension system”. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 7, 223-234., 1995.
- [13] SOWARD, B., “Spring-damper suspension system analysis for horizontal axis washing machines”, *MS thesis, University of Michigan, USA*, 1972.

- [14] KATO, Y. VE HONMA, T., “The Rayleigh-Ritz solution to estimate vibration characteristics of building floors”, *Journal Sound and Vibration*, **4**, 354-366. 1998.
- [15] CONRAD, D.C., “The fundamentals of automatic washing machine design based upon dynamic constraints”, *PhD thesis, Purdue University, USA*. 1994.
- [16] WAGNER, F., “Dynamicsof washing machine”, *PhD thesis, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 11 Nr.287. Düsseldorf:VDI Verlag*, 2000.
- [17] BRYAN G. H., “On the beats in the vibration of revolving cylinder or bell” *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **7**, 101-111.”, 1890.
- [18] TARANTO D. VE LESSON M., “Coriolis acceleration elect on vibration of a rotating thin-walled circular cylinder” *Journal of Applied Mechanics* **31**, 700-719., 1964.
- [19] SRINIVASAN A. V. VE LAUTERBACH G. F., “Travelling waves in rotating cylindrical shells” *Journal of Engineering for Industry* **93**, 1229 1232, 1971.
- [20] PADOVAN J., “Natural frequencies of rotating prestressed cylinders” *Journal of Sound vibration* **31**, 469-482, 1973.
- [21] ROBERSON, R.E. VE SCHWERTASSEK, R., “Dynamics of Multibody Systems”, 165-183, *Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York*, 1988.
- [22] COOK, R., MALKUS, D., VE PLESHA, M., “Concepts and Applications of Finite Element Analysis”, *John Wiley & Sons Inc, 342-367, New York, NY*, 1989.
- [23] ESCALONA, J.L., MAYO, J.M., VE DOMİNGUEZ, J.A., “A critical study of the use of the generalized impulse-momentum balance equa.in flexible multibody sys”, *J. of Sound and Vibration*, **2**, 523-545, 1998.
- [24] BREMER, H., “On the dynamics of elastic multibody Systems”, *Applied Mechanics*, **5**, 256-267, 1999.
- [25] TOLKAR MAKİNE, 2008, *Smartex balans sistemi*, <http://www.tolkar.com.tr> (Ziyaret tarihi: 16 Nisan 2009).
- [26] DİZDAR HALI YİKAMA, *Sıkma makineleri*, <http://www.dizdartemizlik.com.tr> (Ziyaret tarihi: 05 Nisan 2009).
- [27] AŞIK, E., “Bantlı konveyörler hesap ve konstrüksiyon esasları” *Makine Mühendisleri Odası, Yayın No:98*, Ankara, 1988.
- [28] SPIVAKOVSKY A. VE DYACHKOV V., “Götürücüler” *Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: 105*, Ankara, 1984.

[29] ENDAŞ ENDÜSTRİYEL EKİPMAN VE OTOMOTİV SANAYİ, 2006, *Rulman seçimi ile ilgili örnekler*, <http://www.endas.com.tr> (**Ziyaret tarihi: 11 Nisan 2009**).

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Kocaeli’nde doğdu. İlk ve ortaöğretiminden sonra lise öğrenimini Kocaeli Anadolu Meslek Lisesi, Makine Bölümü’nde tamamladı. 1999 yılında başladığı Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Talaşlı Üretim Öğretmenliği Ana Bilim Dalı’ndan 2003 yılında mezun oldu. 2003 yılından beri ASLI TEKNİK firmasında CAD/CAM uzmanı, 2006 yılından beri aynı firmada üretim ve planlama sorumlusu olarak görev yapmaktadır. 2006 yılında Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı.