

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE KISITLARA DAYALI ZIMPARA
SEÇİMİ**

MELİH SARILIGİL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali ORAL (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Kadir ÇAVDAR
Doç. Dr. Gülcan TOKTAŞ

BALIKESİR, OCAK - 2023

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Makine Öğrenmesi ile Kısıtlara Dayalı Zımpara Seçimi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Melih SARILIGİL

ÖZET

MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE KISITLARA DAYALI ZIMPARA SEÇİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİH SARILIGİL

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ ORAL)

BALIKESİR, OCAK - 2023

Bu çalışmada, St37 ve polipropilen levha yüzeylerinin zımparalama parametrelerinin optimizasyonu ile daha kısa sürede daha fazla zımparalama işlemi yapmak hedeflenmiştir. Deneyler iki farklı yüzey için de ayrı ayrı yapılmıştır. Deneyler dört farklı kum büyüklüğü ve dört farklı işlem süresinde yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler için iki farklı optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile doğru kum büyüklüğü ve süre seçimi ile 3 kata kadar daha fazla zımparalama yapılabileceği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Zımparalama, kum büyüklüğü, optimizasyon

Bilim Kod / Kodları : 91428

Sayfa Sayısı : 47

ABSTRACT

ABRASIVE SELECTION BASED ON CONSTRAINTS WITH THE HELP OF MACHINE LEARNING

MSC THESIS

MELIH SARILIGIL

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ALI ORAL)

BALIKESİR, JANUARY - 2023

In this study, it is aimed to perform more sanding in a shorter time by optimizing the sanding parameters of st37 and polypropylene sheet surfaces. Experiments were carried out separately on two different surfaces. The experiments were carried out at four different grit sizes and four different treatment times. As a result of the experiments, surface roughness values were obtained. Two different optimization studies were carried out for the obtained values. With this study, it has been seen that up to three times more sanding can be done with the right grit size and right time selection.

KEYWORDS: Sanding, grit size, optimization

Science Code / Codes : 91428

Page Number : 47

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
3. ZIMPARALAR VE ZIMPARA MAKİNELERİ	4
3.1 Zımparaların Genel Karakteristiği	4
3.1.1 Minerallerin Tane Boyutu (P)	4
3.1.2 Mineral Çeşitleri.....	6
3.1.3 Mesnet Çeşitleri	9
3.2 Zımpara Makineleri	13
3.2.1 Zımpara Takozları	14
3.2.2 Havalı Zımpara Makineleri	14
3.2.3 Elektrikli Zımpara Makineleri	15
4. MALZEME VE METOT	17
4.1 Malzeme Metoda Giriş	17
4.2 Malzeme.....	17
4.2.1 St37 Yapı Çeliği.....	17
4.2.2 Polipropilen Levha	18
4.3 Numunelerin Hazırlanması	19
4.4 Zımpara Makinesi	19
4.5 Zımparalar.....	20
4.6 Deneysel Çalışma Süreci	21
4.7 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	21
4.8 Deney Tasarımı	23
5. DENEYSEL SONUÇLAR	24
5.1 PP Levhanın Zımparalama Zamanına Bağlı Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi	29
5.2 Sac Levhanın Zımparalama Zamanına Bağlı Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi	31
5.3 Yanıt Yüzey Metodu (RSM) İle Sonuçların İncelenmesi	33
5.3.1 PP Levha için Yanıt Yüzey Metodu	33
5.3.2 Yanıt Yüzey Metodu Sac Levha	36
5.4 Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemiyle Sonuçların İncelenmesi	38
5.4.1 PP Levha için Yapay Sinir Ağları	39
5.4.2 Sac Levha için Yapay Sinir Ağları	42
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	44
6.1 Sonuçlar	44
6.2 Öneriler	44
7. KAYNAKLAR (IEEE)	45
8. ÖZGEÇMİŞ	47

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Zımparayı oluşturan elemanlar	4
Şekil 3.2: a-) P60 Kum mineral boyutu b-) P320 Kum mineral boyutu.	5
Şekil 3.3: Silisyum karbür mineralinin kullanıma bağlı boyutları.	6
Şekil 3.4: C kağıt mesnetli silisyum karbür zımpara.	6
Şekil 3.5: Alüminyum oksit mineralinin kullanıma bağlı boyutları.	7
Şekil 3.6: C kağıt mesnetli alüminyum oksit zımpara.	7
Şekil 3.7: Zirkonyum mineralinin kullanıma bağlı boyutları.	8
Şekil 3.8: V polyester mesnetli zirkonyum zımpara.	8
Şekil 3.9: Seramik mineralinin kullanıma bağlı boyutları.	9
Şekil 3.10: C kağıt mesnetli seramik kaplanmış zımpara.	9
Şekil 3.11: Ağır tip kağıttan üretilmiş bant zımpara.	10
Şekil 3.12: Hafif tip kağıttan üretilmiş tabaka zımpara.	10
Şekil 3.13: Bez mesnetli üretilmiş zımpara örnekleri.	11
Şekil 3.14: Kağıt ve bez mesnetlerde yırtılma dayanımı ve esneklik grafiği.	12
Şekil 3.15: Film mesnetli üretilmiş zımpara örneği.	13
Şekil 3.16: Sünger mesnetli üretilmiş zımpara örnekleri.	13
Şekil 3.17: Zımparalama takozları.	14
Şekil 3.18: Farklı şekillerde havalı zımpara makineleri.	14
Şekil 3.19: Elektrikli zımpara makinesi (manuel kullanılan).	15
Şekil 3.20: Otomatik fırça zımpara makinesi.	16
Şekil 4.1: Havalı zımpara makinesi kesit görüntüsü.	19
Şekil 4.2: Kb Promach ROS6316CV havalı zımpara makinesi.	20
Şekil 4.3: Çalışmada kullanılan zımparalar (KB Gold Premium).	20
Şekil 4.4: Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.	22
Şekil 4.5: Yüzey pürüzlülüğünün ölçüm şekli.	22
Şekil 5.1: Kum-süre-yüzey pürüzlülüğü grafiği (PP Levha).	30
Şekil 5.2: Ortalama yüzey pürüzlülüğü-süre grafiği (Polipropilen Levha).	31
Şekil 5.3: Kum-süre-yüzey pürüzlülüğü grafiği (Sac Levha).	31
Şekil 5.4: Ortalama yüzey pürüzlülüğü-süre grafiği (Sac Levha).	33
Şekil 5.5: Tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü ve ölçüm yapılan yüzey pürüzlülüğü değerleri için regresyon grafiği (PP Levha).	35
Şekil 5.6: Tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü ve ölçüm yapılan yüzey pürüzlülüğü değerleri için regresyon grafiği (Sac Levha).	37

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Kum numarasına göre zımparalama seviyesi.....	5
Tablo 3.2: Kum numaralarının ortalama boyutları (μ).....	5
Tablo 3.3: Kağıt mesnet çeşitlerinin ağırlıkları.....	10
Tablo 3.4: Bez mesnet çeşitlerinin malzemeleri.....	11
Tablo 4.1: St37 yapı çeliğinin kimyasal bileşimi (% ağırlık).....	17
Tablo 4.2: Genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri.....	18
Tablo 4.3: Polipropilen levha üretim koşulları.....	18
Tablo 4.4: Polipropilen levha mekanik özellikleri.....	19
Tablo 4.5: Deney parametreleri ve değişkenleri.....	23
Tablo 5.1: PP levha deney sonuçları (1-31).....	24
Tablo 5.2: PP levha deney sonuçları (32-70).....	25
Tablo 5.3: PP levha deney sonuçları (71-80).....	26
Tablo 5.4: Sac levha deney sonuçları (1-20).....	26
Tablo 5.5: Sac levha deney sonuçları (21-55).....	27
Tablo 5.6: Sac levha deney sonuçları (56-80).....	28
Tablo 5.7: Polipropilen levha ortalama yüzey pürüzlülükleri.....	29
Tablo 5.8: Sac Levha Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri.....	32
Tablo 5.9: RSM modelinin özeti (PP levha için).....	34
Tablo 5.10: RSM 'de aşınma için ANOVA (PP Levha).....	34
Tablo 5.11: RSM 'da yüzey pürüzlülük değerlerine göre oluşturulan regresyon denklemleri (PP Levha).....	35
Tablo 5.12: RSM 'nun yüzey pürüzlülüğü için optimize edilmiş sonuçları (PP Levha).....	36
Tablo 5.13: RSM modelinin özeti (Sac levha için).....	36
Tablo 5.14: RSM 'de aşınma için ANOVA (Sac Levha).....	36
Tablo 5.15: RSM 'da yüzey pürüzlülüğü sonuçları için oluşturulan regresyon denklemleri(Sac Levha).....	37
Tablo 5.16: RSM 'nun yüzey pürüzlülüğü için optimize edilmiş sonuçları (Sac Levha) ..	38

SEMBOL LİSTESİ

PP	:Polipropilen
P	:Kum Tane Boyutu
RSM	:Yanıt Yüzey Methotu
YSA	:Yapay Sınır Ağları
OEM	: Orijinal Parça Üreticisi
St	: “Stahl” almanca da çelik demektir.
PP	: Polipropilen
Ra	: Değerlendirilen profilin Aritmetik ortalama sapması

ÖNSÖZ

Eğitim hayatımla başlayarak sonrasında çalışma hayatımda da her konuda bana destek olan, sorduğum her soruya yanıt veren, tecrübelerini aktarmaktan kaçınmayan değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Oral'a saygılarımla teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen kıymetli dostum Arş. Gör. Yunus Emre Nehri hocama ve projeye desteklerinden dolayı Kemal Başaran End. A.ř. firmasına teşekkür ederim.

Desteklerini her zaman yanımda hissettiğim, bugünlere gelmemde en büyük rolü oynayan canım aileme ve eşime sonsuz teşekkür ederim.

Balıkesir, 2023

Melih SARILIGİL

1. GİRİŞ

Günümüzde üretim teknolojilerinin gelişmesi ile üretilen parçaların kalitesinin artması sağlanmaktadır. Özellikle direkt halk tarafından tüketilecek ürünlerin üretiminde kalite kontrole daha çok önem verilir. Yüzey pürüzlülüğü üretimde kalite kontrol adımlarından bir tanesidir. Yüzey pürüzlülüğü bir malzemenin yüzeyinin kalitesi hakkında bize bilgi vermektedir. Yüzey pürüzlülüğü değeri istenilen değerin üzerinde ise bu yüzeyin aşındırılarak istenilen değer aralığına getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem aşındırıcılar yardımıyla yapılır. Endüstride genellikle taşlama ve zımparalama ile yüzey aşındırma işlemleri uygulanır. Bu tezde zımparalama işlemi ile yüzey aşındırmayı incelenecektir.

Zımparalama işlemi sırasında kullanılan mineral ve mesnetten oluşan aşındırıcıya da zımpara denir [1]. Otomotiv OEM, otomotiv tamir, ahşap, metal, kompozit, yatçılık ve marin, inşaat ve dekorasyon sektörlerinde aşındırıcı ve parlaticı zımparalar kullanılır.

Zımparalama işleminde kullanılan mineraller; yapıştırılmış mineraller, kaplamalı mineraller ve süper mineraller olarak üçe ayrılırlar [2]. Yukarıda bahsetmiş olduğumuz zımparalama işleminde kullanılan aşındırıcılar genellikle kaplamalı aşındırıcılar sınıfına aittir.

Herhangi bir yüzeyde zımpara kullanılacağı zaman hangi zımparanın kullanılması gerektiğine tahmin ve tecrübeye dayalı olarak deneme yanılma yolu ile karar verilir. Seçilen aşındırıcının minareli, mesnedi ve mineral boyutu belli olsa bile kullanılacak yüzeyde ne pürüzlülük sağlayacağı bilinmemektedir. Bunun temel sebeplerinden biri kullanılan her yüzeyin başlangıç (ham) yüzey pürüzlülüğünde farklılıklar olmasıdır. Zımparalama işleminin uygulama yöntemi ve uygulama süresi de yüzey pürüzlülüğünü etkileyen diğer faktörlerdir. Uygulama yöntemi günümüz teknolojileri kullanılarak robotik olarak da uygulanmaktadır. Robotik uygulamalar genellikle sürekli aynı iş parçasının aynı bölgesinin aynı miktarda zımparalanması gerektiği durumlarda kullanılır. Bu uygulamanın ilk yatırım maliyeti yüksek olduğu için günümüzde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Yaygın kullanım şekilleri uygulanacak yüzeye göre değişmekle beraber genellikle havalı, elektrikli makinelerle veya otomatik kalibre makineleri ile yapılmaktadır. Bu tezde iki farklı malzeme yüzeyinin zımparalama işlemi için kum büyüklüğü ve süre seçimi konusunda literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmamızın bu bölümünde literatürdeki zımparaların üretimi, zımpara seçimi ve zımpara kombinasyonları ile elde edilen yüzey pürüzlülükleri üzerine olan çalışmalar incelenmiştir.

Kara ve arkadaşları çalışmalarında, %55 karaçam (*Pinus nigra*) ve %45 doğu kayını (*Fagus orientalis*) odun liflerinden üretilmiş lif levhalarının yüzey pürüzlülüğü üzerine zımpara işleminde farklı besleme hızı ile farklı bant zımpara kombinasyonlarının etkisini araştırmışlardır. Lif levhaların yüzeyleri üç farklı besleme hızı (16, 20, 24 m/dk) ve dört farklı bant zımpara kombinasyonu Z1(P50, P60, P100, P120), Z2(P50, P80, P100, P120), Z3(P50, P60, P80, P120), Z4(P50, P80, P80, P120) kullanılarak levhalar zımparalanmıştır. Bu deney sonuçları yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı (Mitutoya Surf test SJ-301) ile ölçülmüştür. Besleme hızı ve bant kombinasyonunun levha yüzey düzgünlüğünü etkilediği ve yüzey pürüzlülük değerlerinde farklılık olduğu gözlenmiştir. En iyi yüzey özelliğinin beslemenin 16m/dk ve Z4(P50, P80, P80, P120) bant zımpara kombinasyonunu kullanarak elde edileceği sonucu çıkarılmıştır [1].

İlçe ve arkadaşları çalışmalarında, doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ahşabının yüzey pürüzlülüğünü yapay sinir ağı (YSA) yaklaşımı ile modellemeyi hedeflemişlerdir. Deney yapılacak yatay bant zımpara makinesinin çalışma parametreleri (P60, P80, P100) zımpara kum numaraları, 4-7-10 m/dk besleme hızı ve 0,1-0,2-0,3 mm kesme derinliğidir. Numunelerin deney sonucundaki yüzey pürüzlülükleri kaydedildikten sonra veriler eğitim ve test veri setlerine ayrılmışlardır. Elde edilen veriler R_a , R_q ve R_z 'nin tahmin değerlerini doğru bir şekilde elde etmek için YSA yaklaşımı ile modellenmiştir. Deneysel sonuçlar ile teorik bulgular arasındaki karşılaştırma $RR_a= 0,99869$, $RR_q=0,9982$ ve $RR_z=0,99882$ olarak regresyon analizi ile hesaplanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, bu çalışma, zımpara kum numarası, besleme hızı ve kesme derinliği faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini düşük hata oranlarıyla oldukça kısa sürede YSA yaklaşımı ile modellenebileceğini ve model çıktıları ile gerçek değerler arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir [3].

Tiryaki ve arkadaşları çalışmalarında, literatürden topladıkları deneysel veriler ile ahşap yüzeylerin zımparalama işlemi süresince çeşitli işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne ve güç tüketimine etkilerini yapay sinir ağı (YSA) ile modellemişlerdir. YSA modellemesi ile yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimi tahminlerinde R^2 değerleri

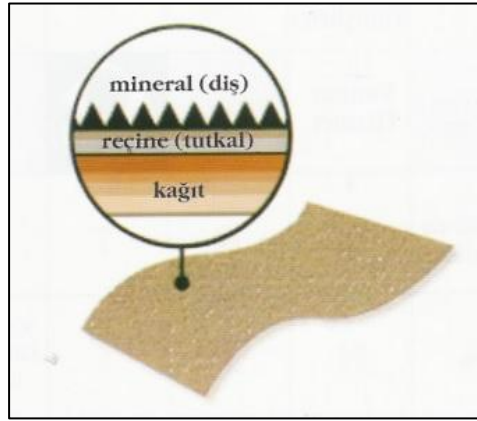
sırasıyla 0,994 ve 0,985 olarak bulunmuştur. Çıkan sonuçlara göre oluşturulan modeller ile ahşap yüzeylerin zımparalama işlemi prosesinde yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketiminin çok düşük hata payları ile tahmin edilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, çok sayıda deney ihtiyacını ortadan kaldırdığı için zaman, enerji tüketimi ve yüksek deneysel maliyetleri azaltmak için ahşap endüstrisine etkili bir şekilde uygulanabilir [4].

Sabarithan ve arkadaşları çalışmalarında, vulkonize mesnetli zımparaların mesnedinin tekrar geri kazanılmasını incelemiştir. Bütün mesnetli zımparalar kullanıldıktan sonra mesnedi sağlam olsa bile mesnet atık hale gelir. Vulkanize mesnet elyaf olduğu için atılması zordur. Ayrıca biyolojik olarak parçalanamaz ve çevre kirliliğine sebep olur. Bir diğer konu vulkonize mesnet değerlidir. Zımpara maliyetini büyük ölçüde etkileyen parametredir. Tekrar kullanılması durumunda katma değeri çok yüksek olacaktır. Sabarithan ve arkadaşları bu sebeple çalışmalarında kullanılmış zımparanın mesnedi üzerinde bulunan reçineyi çıkarmak için kimyasal ayırma tekniği tercih etmiştir. Optimizasyon işlemleri için P36, P60 ve P120 tane boyutlarında kaplamalı aşındırıcı diskler seçilmiştir. Normallik (2,5-3 ve 3,5N), çözelti miktarları (300,400 ve 500ml), esneme döngülerinin sayısı (0,5 ve 10) ve daldırma süreleri (8,10 ve 12h) olarak belirledikleri parametrelerdir. Optimizasyon işlemlerinde Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Çıktı parametresi olarak da daldırma süresi seçilmiştir. Sonuç olarak ise normallik, çözelti miktarı ve daldır sürelerindeki artışın mesnedin hızlı ve kolay bir şekilde geri kazanılmasını kolaylaştırdığını göstermiştir [5].

3. ZIMPARALAR VE ZIMPARA MAKİNELERİ

3.1 Zımparaların Genel Karakteristiği

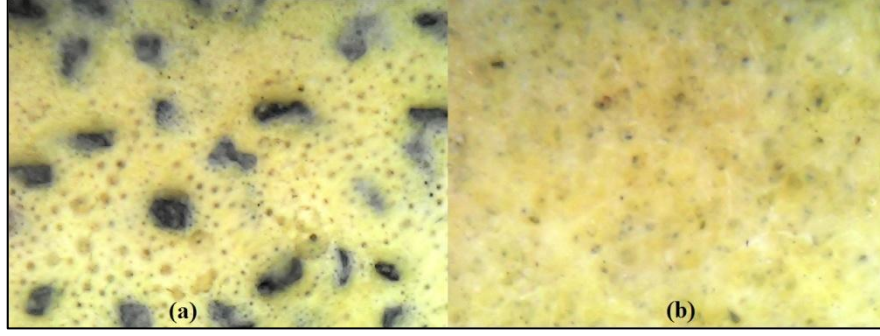
Aşındırıcı mineral bir yapıştırıcı reçine ile bir mesnede sabitlenir. Buradaki mineralin çeşidi, boyutu, yapıştırıcının tipi ve mesnet malzemesinin cinsi ürün karakteristiğini belirleyen faktörlerdir [6]. Şekil 3-1'de gösterildiği gibi mineraller reçine yarımıyla bir kağıt mesnede sabitlenmiştir. Bu işlem üretimde laminasyon makinesi yardımıyla yapılmaktadır. Kağıt mesneti yerine farklı mesnetler de tercih edilmektedir.



Şekil 3.1: Zımparayı oluşturan elemanlar

3.1.1 Minerallerin Tane Boyutu (P)

Tane boyutunun belirlenmesinde kullanılan standart Federation of European Producers of Abrasives (FEPA) tarafından oluşturulmuştur [7]. Ülkemizde kullanılan standart ise ISO 6344-2:2021 Kaplamalı aşındırıcılar Tane boyutu dağılımının belirlenmesi ve gösterilmesidir [8]. FEPA standardına göre kum numaralarının önüne 'P' harfi gelmektedir. Ayrıca kum numaraları büyüdükçe kum boyutu küçülmektedir. Örneğin Şekil 3.2'de görüldüğü gibi P60 kum zımparada bulunan minarelin boyutu P320'e göre çok daha büyüktür.



Şekil 3.2: a-) P60 Kum mineral boyutu b-) P320 Kum mineral boyutu.

Tablo 3.1'de görüldüğü gibi kum boyutu arttıkça zımparalama seviyesi de artmaktadır. Düşük kum numaralarında zımparalama işlemi yapıldığında yüzey işlemini kaba bir şekilde gerçekleştirmiş oluruz. Endüstriyel uygulamalarda önce kaba bir zımpara ile zımparalama işlemi yapılır. Sonrasında ise istenilen yüzey pürüzlülüğü kalitesine bağlı olarak daha ince bir kum ile zımparalama işlemi gerçekleştirilir.

Tablo 3.1: Kum numarasına göre zımparalama seviyesi.

Kum Boyutu (P)	Seviyesi
40-60	Kaba
80-100	Orta kaba
120-150	Orta
180-220	İyi
240- üstü	Çok iyi

Tablo3.2 'de değişen kum numaraları ile aşındırıcı mineral parçacıklarının çaplarının değişimi görülmektedir.

Tablo 3.2: Kum numaralarının ortalama boyutları (μ).

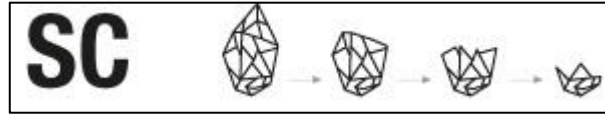
Grit (P)	Diameter, μ	Grit(P)	Diameter, μ	Grit(P)	Diameter, μ
4	5200	24	775	120	115
5	4500	30	650	150	95
6	3650	36	550	180	80
7	3050	40	460	220	69
8	2550	46	388	240	58
10	2150	54	328	280	48
12	1850	60	275	320	35
14	1550	70	230	400	23
16	1300	80	195	500	16
18	1100	90	165	600	8
20	925	100	138	1200	3

3.1.2 Mineral Çeşitleri

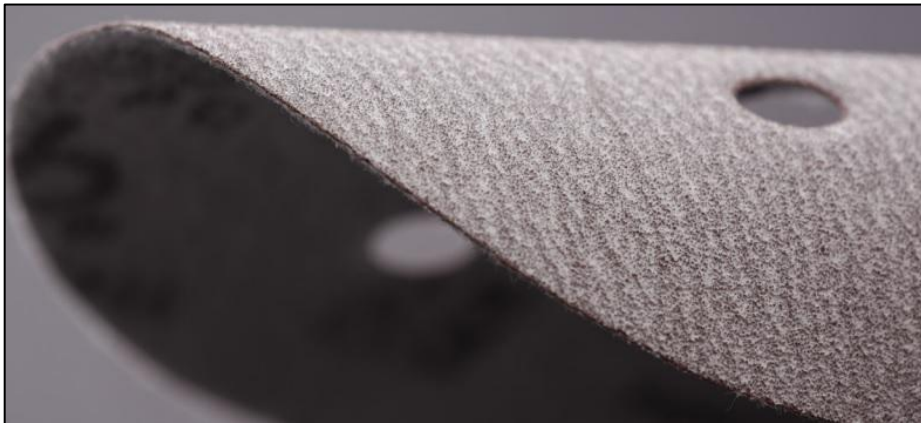
Zımparaların daha önce de bahsedildiği gibi iki temel değişkeni vardır. Bunlardan biri mesnedidir. Diğeri ise aşındırmayı sağlayan mineral kum çeşididir. Zımpara imalatında sıklıkla kullanılan mineraller; SC (silisyum karbür), AO (alüminyum oksit), ZR (zirkonyum) ve CE (seramik) dir.

3.1.2.1 Silisyum Karbür

Mineral boyutunda değerlendirildiğinde zımpara imalatında kullanılan diğer mineraller arasında en sert olanıdır. Neredeyse elmas kadar sert bir mineraldir. Ancak aşınmaya karşı dayanıklılığı iyi değildir. Şekil 3.3’de görüldüğü gibi kullanıma bağlı olarak kırılıp küçülür. Paslanmaz çelik veya sertleştirilmiş çeliklerde kullanılmaya çalışıldığında kırılma yapısı sebebiyle daha az dayanır. Bu yüzeylerde ancak en son kat zımparalama işleminde tercih edilebilir. Mermer, granit ve cam gibi yüzeylerde silisyum karbür minerali zımparaların kullanımı yaygındır. Bu işlemi su veya yağ ile birlikte uyguladığımızda ise yüzey parlaklığının arttığını görürüz [9], [10]. Şekil 3.4’de C kağıt mesnet üzerine silisyum karbür kaplanmış bir zımpara örneği gösterilmiştir [11].



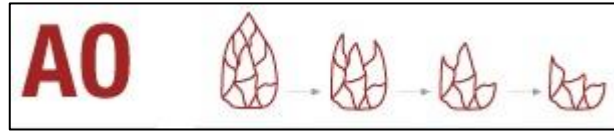
Şekil 3.3: Silisyum karbür mineralinin kullanıma bağlı boyutları.



Şekil 3.4: C kağıt mesnetli silisyum karbür zımpara.

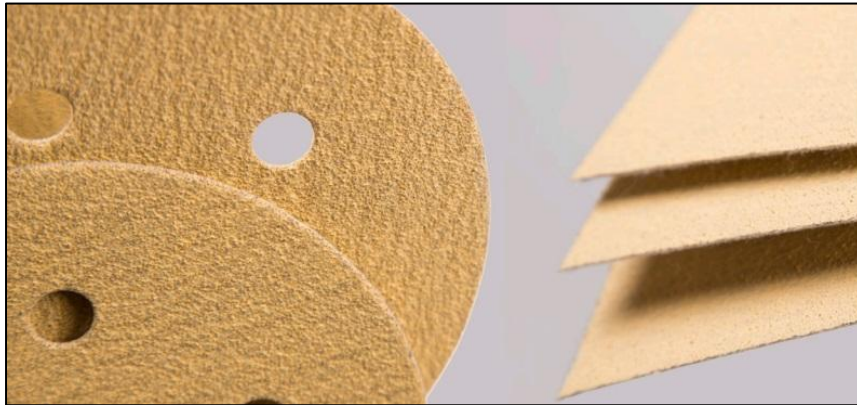
3.1.2.2 Alüminyum Oksit

Alüminyum oksidin sertliği silisyum karbürle karşılaştırıldığında daha azdır. Ancak Şekil 3.5’de görüldüğü gibi dayanıklılığı silisyum karbürden daha fazladır. Demir, çelik gibi metallerin şekillendirilme ve parlatılmasında ayrıca ahşap yüzeylerin zımparalanmasında endüstride sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 3.5: Alüminyum oksit mineralinin kullanıma bağlı boyutları.

Alüminyum oksit minerali diğer mineraller arasında en ucuz olanıdır. Bu sebeple endüstriyel uygulamalarda alüminyum oksit kaplamalı zımparalar yaygın olarak kullanılır. Hızlı aşındırma gücü ve uzun kullanım süresi alüminyum oksit mineralli zımparaların başlıca tercih edilme sebepleridir. Şekil3.6 ’da C kağıt mesnet üzerine alüminyumoksit kaplanmış bir zımpara örneği gösterilmiştir [9]–[11].

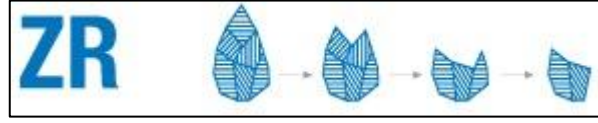


Şekil 3.6: C kağıt mesnetli alüminyum oksit zımpara.

3.1.2.3 Zirkonyum

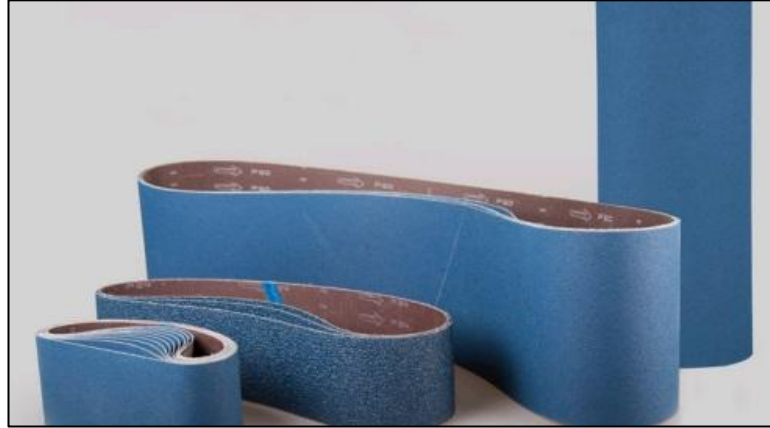
Zirkonyum, alüminyum oksit gibi sert bir mineraldir. Ancak alüminyum oksit mineralinden çok daha fazla dayanıklıdır. Zirkonyum, seramik ortaya çıkana kadar en agresif iş yapan ve dayanıklılığı en fazla olan mineraldir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi zirkonyum mineralli zımparalar kullanıldıkça mineral boyutlarında sivri kenarlar

parçalanarak artar ve aşındırma yeteneği artar. Bu yetenek zımparanın ömrü ile doğru orantılıdır.



Şekil 3.7: Zirkonyum mineralinin kullanıma bağlı boyutları.

Ayrıca Şekil3.7 'den de görüldüğü gibi kırılğan bir yapıdadır. Zirkonyum zımparaların maliyeti seramik zımparalara göre daha azdır. Zirkonyum zımparalar 220 kuma kadar üretilmektedir. Paslanmaz çeliklerin ve sertleştirilmiş metallerin zımparalanması ve parlatılmasında, sert ağaçların zımparalanmasında kullanılır. Zirkonyum zımparalar günümüzde fiyat ve ömür bakımından alüminyum oksit ve seramik zımparalar arasında orta seviyededir. Şekil3.8 'de V polyester mesnet üzerine zirkonyum kaplanmış bir zımpara örneği gösterilmiştir [9]–[11].

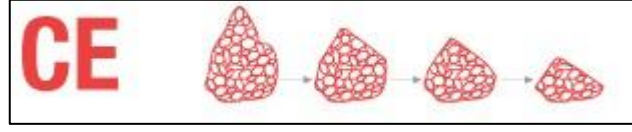


Şekil 3.8: V polyester mesnetli zirkonyum zımpara.

3.1.2.4 Seramik

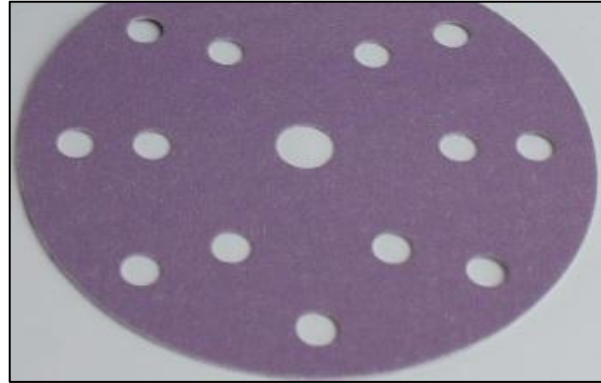
Seramik en sert mineraldir. Ayrıca mineralleri mikroskop altına incelendiğinde kum parçacıklarının keskin olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple aşındırıcı mineraller arasında birinci sınıf bir aşındırıcı mineral olarak kabul edilir. Seramik mineralinin maliyeti diğer minerallere kıyasla yüksektir. Aynı zamanda üretimi de daha az yapıldığı için mineralli zımparalar arasında en yüksek maliyete sahip olan zımparadır. Ama ömür bakımından kıyaslandığında ise diğer mineralli zımparalara göre çok daha uzun ömre sahiptir. Uzun vadede kullanım alanına bağlı olarak tercih edilebilmektedir. Şekil3.9 'da görüldüğü gibi

kullanıma bağı olarak tanecik boyutları aşınarak küçülmektedir. Diğer mineraller gibi kırılğan bir yapıya sahip değildir.



Şekil 3.9: Seramik mineralinin kullanıma bağı boyutları.

Seramik aşındırıcılar zirkonyum zımparalar gibi paslanmaz çeliklerin ve sertleştirilmiş metallerin zımparalanması ve parlatılmasında, sert ağaçların zımparalanmasında kullanılır. Yüksek hız ve basınç ile uygulanması durumunda en yüksek performansı ortaya çıkar. Şekil3.10 'da C kağıt mesnet üzerine seramik kaplanmış bir zımpara örneğı gösterilmiştir [9]–[11].



Şekil 3.10: C kağıt mesnetli seramik kaplanmış zımpara.

3.1.3 Mesnet Çeşitleri

Zımpara üretiminin üç temel hammaddesi olduğunu daha öncede belirtmiştik. Bunlar aşındırıcı mineraller, minerallerin sabitlenmesini sağlayan reçine ve mesnettir. Üretilen zımparanın hangi mineralden olduğu kadar o mineralin hangi mesnetle birleştirildiğı de çok önemlidir. Çünkü eğer mesnediniz aşındırıcı mineraliniz kadar dayanıklı olmazsa, mesnedinizin ömrü bittiğı için aşındırıcı mineralinizin de ömrü biter. Mesnet olarak kağıt, bez, plastik ve film, süngerler kullanılır. Üreticilerin kendi geliştirmeleri sonucunda birkaç farklı mesnedi birleştirerek de kullandıkları görülmüştür. Örneğın aşındırıcı minerali kağıt ile kapladıktan sonra kağıdın arkasına sünger kaplayanlar olmuştur. Kağıdın arkasına

sünger kaplamak zımparaya esneklik katan bir özelliktir. Özellikle girintili ve çıkıntılı bölgelerin zımparalanmasında çok önemli bir rol alır.

3.1.3.1 Kağıt Mesnet Tipleri

Kağıt tip mesnetler harfler ile sınıflandırılır. A kağıttan başlayan sınıflandırma, E kağıt ile son bulur. Mesnedin başına gelen harfler kullanılan kağıdın ağırlığını belirler. Tablo3.3 'de görüldüğü gibi A- kağıt tipinden E kağıt tipine gidildikçe kağıtların ağırlıkları değişmektedir.

Tablo 3.3: Kağıt mesnet çeşitlerinin ağırlıkları.

Mesnet Malzemesi	Ağırlığı (gr/m ²)
A- Kağıdı	80
B- Kağıdı	81-105
C- Kağıdı	106-126
D- Kağıdı	127-160
E- Kağıdı	161-218

Ağır kağıtlar sert oldukları için daha çok bant zımpara (Şekil3.11) ve disk zımpara üretiminde tercih edilirler. Hafif kağıtlar ise ağır kağıtlara göre daha esnektir. Bu sebeple hafif kağıtlar tabaka zımpara (Şekil3.12) ve rulo zımpara üretiminde kullanılırlar. [6], [11], [12] .



Şekil 3.11: Ağır tip kağıttan üretilmiş bant zımpara.



Şekil 3.12: Hafif tip kağıttan üretilmiş tabaka zımpara.

3.1.3.2 Bez Mesnet Tipleri

Bez mesnet tipi temel üç grupta incelenir. Pamuklu bez mesnetler, polyester bez mesnetler ve ikisinin karışımından oluşan polyester ve pamuklu bez anlamına gelen polycoton bez mesnetler. Bez mesnetler kağıt mesnetlere göre daha dayanıklıdır. Aynı zamanda onlar kadar da esnektirler. Bez mesnetler de kağıt mesnetler gibi harfler ile sınıflandırılırlar. J, X, Y ve Z harfleri ile sınıflandırılırlar. J -Bez mesnedi en hafif bez mesnetken Z-Bez mesnedi ağır bez mesnettir. Tablo3.4 'de harflere karşılık gelen bez mesnetlerin en belirgin özellikleri gösterilmiştir. Örneğin J-Bez sadece pamuklu olarak kullanılabilirken aynı zamanda polyester ile birlikte üretildiğinde J-Bez polycoton olarak da tercih edilebilmektedir.

Tablo 3.4: Bez mesnet çeşitlerinin malzemeleri.

Harf	Özelliği
J	Esnek Pamuklu
J	Polycoton
X	Yarı Esnek
X	Standart Pamuklu
X	Ağır Pamuklu
X	Ağır Polyester
Y	Polycoton
YY	Polyester
Z	Polyester

Bez mesnetli zımparalar genellikle bant zımpara yapımında kullanılır. Bez mesnetli zımparalara örnekler Şekil 3.13 'de gösterilmiştir [9]. Dayanıklılığın ön planda olduğu bazı zamanlarda disk zımpara ve rulo zımpara olarak da tercih edilmektedir.



Şekil 3.13: Bez mesnetli üretilmiş zımpara örnekleri.

Şekil3.14 'de görüldüğü gibi J bez mesnetli zımparalar en esnek bez tipidir. Ancak yırtılma dayanımları diğer bez türlerine göre en az olandır. J-bezden Z-beze doğru gidildikçe esneklik azalır ancak yırtılma dayanımı artar. Zımparalanacak yüzeye göre zımpara tercihini son kullanıcının yapması gerekmektedir[9].



Şekil 3.14: Kağıt ve bez mesnetlerde yırtılma dayanımı ve esneklik grafiği.

3.1.3.3 Film Mesnet Tipleri

Film mesnetlerin avantajları, kağıt ve bez mesnetlere göre kaplanacak yüzeylerinin daha pürüzsüz bir yüzeye sahip olması ve rijitliğidir. Ayrıca film mesnede kaplanmış aşındırıcıdan oluşan zımparalar daha mukavemetli ve daha esnektirler. Film mesneden hammadde plastik olduğu için aynı zamanda su geçirmez özelliğe de sahiptirler. Su geçirmez özelliği sayesinde ıslak zımparalama yapılan hassas bölgelerde çokça tercih edilirler. Şekil3.15 'de film mesnetli zımparalar görülmektedir. Görselden de görüldüğü gibi esneklikleri ile ön plandadırlar [11], [13].



Şekil 3.15: Film mesnetli üretilmiş zımpara örneği.

3.1.3.4 Sünger Mesnet Tipi

Sünger mesnet olarak genellikle laminasyon sırasında tercih edilir. Yani aşındırıcı mineraller önce diğer mesnetlerden birine kaplanır (Örneğin kağıt). Sonrasında laminasyon işlemi ile kağıt mesnedin arkasına sünger mesnet de eklenir. Bu sayede kağıt mesnede kaplanmış aşındırıcı minerale esneklik kazandırmış oluruz. Bu da uygulama alanında girintili çıkıntılı bölgelere daha kolay erişime olanak sağlar.

Şekil3.16 'da film mesnetli bir zımparaya laminasyon işlemi ile 4mm sünger kaplanmıştır. Bu sayede zımpara daha esnek bir hal almıştır. Girintili bölgelerde ve kavisli yüzeylerde daha verimli kullanılır hale getirilmiştir [11].



Şekil 3.16: Sünger mesnetli üretilmiş zımpara örnekleri.

3.2 Zımpara Makineleri

Zımparalama işlemi el ile yapılabildiği gibi günümüz teknolojisinden yararlanarak makineler ile de yapılabilmektedir. Zımpara makinelerini temel üç başlık altında inceleyebiliriz; zımpara takozları, havalı makineler ve elektrikli makineler.

3.2.1 Zımpara Takozları

Zımpara takozları plastik, ahşap veya kompozit malzemelerden üretilmektedirler. Kullanım amaçları el ile yapılan zımparalama işlemlerini kolaylaştırmaktır. Şekil3.17 'de görüldüğü gibi farklı ölçülerde ve farklı zımpara bağlama seçeneklerine uygun takozlar kullanılmaktadır. Kullanılacak zımparalar takozlara zımparanın arkasında bulunan dişi cırt ile takozdaki erkek cırtla birleştirilerek takılır. İkinci seçenek ise takozlar mandallı olur. Zımpara mandallar ile sabitlenir.



Şekil 3.17: Zımparalama takozları.

3.2.2 Havalı Zımpara Makineleri

Havalı zımpara makinelerinin en önemli tercih sebeplerinden biri hafif olmalarıdır. Ancak en büyük dezavantajları ise hava üretimi olmayan bir alanda kullanılamaz olmalarıdır. Şekil3.18 'de gösterilen havalı makineler kendi içlerinde ölçülerine ve kullanım yerlerine göre sınıflandırılabilirler.



Şekil 3.18: Farklı şekillerde havalı zımpara makineleri.

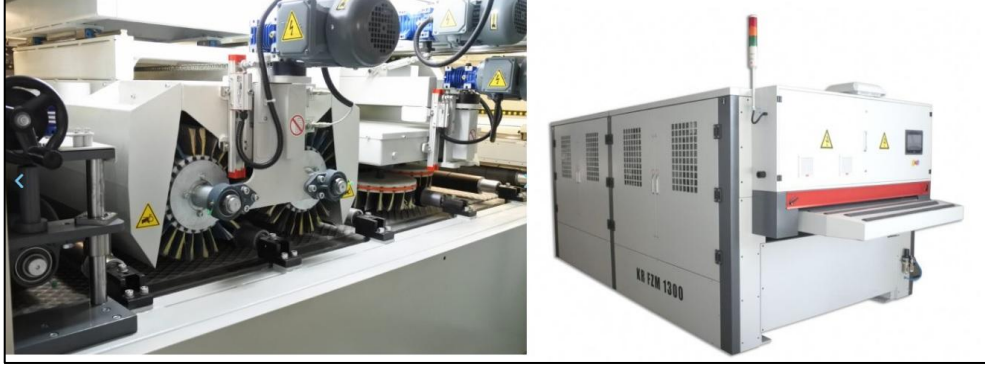
3.2.3 Elektrikli Zımpara Makineleri

Elektrikli zımpara makineleri genellikle manuel kullanılan, otomatik zımpara makineleri ve robotik zımpara makineleri olarak üçe ayrılırlar. Manuel kullanılan elektrikli zımpara makineleri elektrik olan her alanda çalışmaları ile büyük bir avantaja sahiptir. Ancak endüstriyel alanlarda hava temini konusunda sorun olmadığı için genellikle endüstriyel alanlarda havalı zımpara makineleri tercih edilir. Bunu sebebi elektrikli makinelerin içerisinde motor olduğu için daha ağırlardır. Kullanıcıyı yorar ve operatör performansını düşürürler. Şekil3.19 'da el ile kullanılan zımpara makinesi örneği mevcuttur. Havalı zımpara makinesine çok benzemektedir [14].



Şekil 3.19: Elektrikli zımpara makinesi (manuel kullanılan).

Şekil3.20'de gösterilen otomatik zımpara makineleri genellikle yonga levha gibi geniş ölçülerde ahşap yüzeylerin zımparalanmasında kullanılırlar. Segment zımpara ve fırça zımpara kullanımına uygun otomatik zımpara makineleri mevcuttur.



Şekil 3.20: Otomatik fırça zımpara makinesi.

Robotik zımpara makineleri genellikle sürekli aynı parçanın, aynı bölgesini, aynı miktarda zımparalanması gereken zamanlarda tercih edilir. Örneğin bir otomobil şasesinde bulunan kaynak bölgesinin temizlenmesinde kullanılır.

4. MALZEME VE METOT

4.1 Malzeme Metoda Giriş

Çalışmanın bu bölümünde, yapılan deneylerde kullanılan levhalardan, zımpara makinelerinin hazırlanmasından, zımparalama için kullanılacak zımparalardan, deneyi uygulayacağımız zımpara makinesinden, yüzey pürüzlülüğü değerinin ölçüm cihazından ve izlenen yoldan bahsedilmiştir.

4.2 Malzeme

Bu çalışmamızda zımparalama işlemi sonucunda iki farklı malzeme yüzeyindeki, yüzey pürüzlülükleri incelenecektir. İki farklı malzeme olarak endüstriyel alanlarda en çok kullanılan malzemelerden olan St37 yapı çeliği ve Polipropilen Levha tercih edilmiştir.

4.2.1 St37 Yapı Çeliği

St 37 çelikleri, DIN 17100 standardına göre yapılan çalışmalar sonucunda çekme dayanım değeri 37 kg/mm^2 olarak belirlenmiştir. “St” ifadesi yapıda bulunan karbonun %0,2 oranında olduğunu, “37” ifadesi ise malzemenin en az 37 kg/mm^2 çekme dayanımına sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo4.1 'de St37 yapı çeliğinin kimyasal bileşimlerinin oranları belirtilmiştir[15]. St37 yapı çeliğinin mekanik özellikleri Tablo4.2 'de belirtilmiştir [16]. Numuneler Uslular Hadde firmasından temin edilmiştir.

Tablo 4.1: St37 yapı çeliğinin kimyasal bileşimi (% ağırlık).

Element	C	Mn	P	S	N	Cu	CEV
St37	Max 0,2	Max 1,4	Max 0,04	Max 0,04	Max 0,012	Max 0,55	Max 0,38

Tablo 4.2: Genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri.

Mlz No	Sem -bol	Çekme Day. (Rm)		Akma Sınırı (Re)					yön*	Kopma Uzaması (A)			Katlama ** (180°)			ISO Isıl İşlem
		<3 mm	≥3 ≤100 mm	≤16 mm	≥16 ≤40 mm	≥40 ≤63 mm	≥63 ≤80 mm	≥80 ≤100 mm		≥3 ≤40 mm	≥40 ≤63 mm	≥63 ≤80 mm	<3 mm	≥3 ≤63 mm	≥63 ≤100 mm	
		Mpa		≥Mpa						≥%			a	a	a	***
1.0035	St33	310 540	290 510	185	175	-	-	-	→ ↑	18 16	-	-	2,5 3	3 3,5	-	U, N
1.0037	St37 -2	360 510	340 470	235	225	215	205	195	→ ↑	26 24	25 23	24 22	0,5 1,5	1 2	1,5 2,5	U, N
1.0116	St37 -3	360 510	340 470	235	225	215	215	245	→ ↑	26 25	25 24	24 23	0,5 1,5	1 2	1,5 2,5	U, N
1.0044	St44 -2	430 580	410 540	275	265	255	245	235	→ ↑	22 20	21 19	20 18	2 2,5	2,5 3	2 3,5	U, N

↑: Şekillendirmeye Dik Doğrultuda a: Malzeme Kalınlığı

N: Normal Tavlanmış

→: Şekillendirme Doğrultusunda U: Sıcak Haddelenmiş Başka İşlem Görmemiş

4.2.2 Polipropilen Levha

Polipropilen, otomotiv sanayinde kullanılan parçalardan, tekstil ve yiyecek paketlemesine kadar çok geniş kullanım alanı olan termoplastik bir polimerdir [17]. Polipropilen, termoplastikler içerisinde düşük yoğunluğa sahip, şeffaf renkli, kokusuz ve uzun ömürlü olan bir polimerdir. Mühendislik malzemesi olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Saydamlık, boyutsal rijitlik, alev direnci, yüksek ısıl bozulma derecesi ve yüksek darbe mukavemeti gibi birçok önemli ve faydalı özelliklere sahiptir [18].

Numuneler Petro Kimya A.Ş. 'nin ürettiği PP-MH-418 (polipropilen) kodlu granülden Tablo4.3'de gösterilen koşullarda preslenerek 300mmx1500mmx10mm'lik plakalar olarak üretilmiştir.

Tablo 4.3: Polipropilen levha üretim koşulları.

Üretim Aşamaları	Birim	Polipropilen (PP-MH-418)
Ön ısıtma zamanı	Dk	1
Ön ısıtma basıncı	MPa	196
Pres sıcaklığı	°C	30
Soğutma sıcaklığı	°C	Oda Sıcaklığı
Soğutma zamanı	Dk	3
Soğutma basıncı	MPa	1471

Polipropilen levhanın mekanik özellikleri Tablo4.4 'de belirtilmiştir [19].

Tablo 4.4: Polipropilen levha mekanik özellikleri.

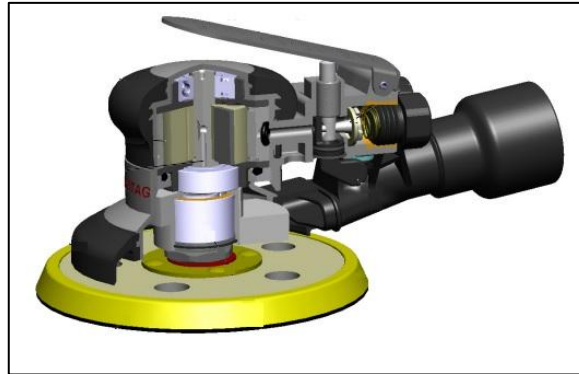
Mekanik Özellikleri	Birim	Polipropilen (PP-MH-418)
Erime Akış Hızı (230°C/2,16 kg)	g/10dk	4,7
Yoğunluk	g/cm ³	0,905
Ergime Noktası (DSC, 2. ısıtma)	°C	163
Akmada Gerilme Dayanımı	MPa	34
Bükülme Modülü, 23°C	MPa	1450
Izod Darbe Dayanımı, 23°C (çentikli)	J/dk	22
Rockwell Sertliği	R-scale	94
Deformasyon Sıcaklığı, 0.45 MPa	°C	83

4.3 Numunelerin Hazırlanması

Deney numune malzemelerimizden St37 yapı çeliği 1500mm X 3000mm ölçülerinde levha olarak imal edildiği için levhadan lazer kesim ile deney numune ölçülerimiz olan 150mm X 150mm'lik parçalar çıkarıldı. Diğer deney numune malzememiz olan PP levhanın tedarik edilen ölçüsü de “300mm X 1500mm”dir. Bu malzemedenden de aynı şekilde 150mm X 150mm'lik numuneler hazırlanmıştır.

4.4 Zımpara Makinesi

Birçok farklı aşındırma yöntemi bulunmaktadır. Bunların en başında taşlama ve zımparalama yöntemleri gelmektedir. Zımparalama işlemi aşındırıcı kaplı zımpara kağıtlarının, iş parçasına elle sürülmesi ile ortaya çıkmıştır. Günümüz teknolojisine gelene kadar önce zımpara takozları ortaya çıkmıştır. Devamında havalı ve elektrikli zımpara makineleri, otomatik endüstriyel zımpara makineleri ve zımparalama robotları olarak devam etmiştir. Otomatik zımpara makinelerinin ve zımpara robotlarının olmasına rağmen halen daha en yaygın kullanım havalı ve elektrikli zımpara makinelerindedir. Şekil 4.1 'de gösterilen havalı zımpara makinesi Ø150mm zımpara tabanına sahiptir. Bu zımpara makinesi 6 bar basınçlı hava ile 12000rpm devirde çalışmaktadır [11].



Şekil 4.1: Havalı zımpara makinesi kesit görüntüsü.

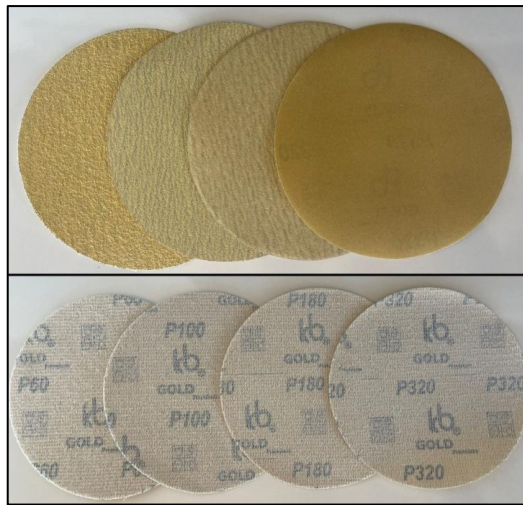


Şekil 4.2: Kb Promach ROS6316CV havalı zımpara makinesi.

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler Şekil4.2 'deki Kb Promach marka ROS6316CV kodlu Ø150mm zımpara tabanlı havalı zımpara makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Makine kullanım talimatnamesine uygun olarak 6 bar basınçta deney gerçekleştirilmiştir [11].

4.5 Zımparalar

Zımparalama işlemini etkileyen iki temel faktör vardır. Bunlardan ilki zımparalama işleminde kullanılan makinedir. İkincisi ise zımparalama işleminde tercih edilen zımparanın yapısıdır. Bu çalışmada Kb marka zımparalar tercih edilmiştir. Kb zımpara ürün gruplarından Gold Premium seçilmiştir. Kağıt mesnet üzerine Alüminyumoksit aşındırıcıdan oluşan bir üründür. Kb Gold Premium ürün grubundan Ø150 mm ölçüsünde P60, P100, P180 ve P320 kumlarda ürünler temin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan zımparalar Şekil4.3 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Çalışmada kullanılan zımparalar (KB Gold Premium).

4.6 Deneysel Çalışma Süreci

Endüstride zımparalama işlemi çok farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Buna rağmen istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilebileceği zımpara seçimine ait bir şablon yoktur. Zımparalama yapılacak yüzey öncelikle birkaç farklı kum büyüklüklerinde zımparalanır ve bunların sonuçları değerlendirilerek en uygun kum büyüklüğü tercih edilir. Kemal Başaran Endüstri A.Ş. firması bu konuda ürünlerinin tercih edilmesi için büyük bir hizmet sağlamaktadır. Zımpara tüketicileri zımpara üreticisi olan Kemal Başaran Endüstri A.Ş. firmasına ulaşarak zımpara yapmak istedikleri yüzeyi ve elde etmek istedikleri yüzey pürüzlülüğünü belirtirler. Bunun sonucunda Kemal Başaran End. A.Ş. Teknik satış personelleri tüketiciyi yerinde ziyaret ederek uygulama yaparlar. Uygulama sonucunda tüketici elde edilen sonuçları beğenirse Kemal Başaran End. A.Ş. ürünlerini kullanmayı tercih eder. Tabi ki bu prosedür müşteri memnuniyeti açısından çok iyi karşılanmaktadır. Ancak her tüketici için aynı işlemleri yapmak şirket için bir zaman kaybı olmakla beraber maliyet artışlarına da sebep olmaktadır.

Bu sorunun önüne geçebilmek için St37 ve Polipropilen malzeme yüzeylerini 4 farklı kum büyüklüğü ile 4 farklı süre boyunca zımparalama deneyleri yaparak elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerleri kayıt altına alınmıştır. Ölçüm sonuçları RSM ve YSA ile optimize edilmiştir. Elde edilen optimum değerler doğrulanmıştır. Doğrulan değerler bu çalışmayı destekler nitelikte olup olmadığı kontrol edildikten sonra, yapılan deney parametreleri ve sonuçları bir şablon haline getirilmiştir.

4.7 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

St37 ve Polipropilen malzemelere farklı sürelerde farklı kum büyüklükleri ile deneyler yapılmıştır. Bu deneyler yapıldıktan sonra, yüzey pürüzlülüklerinin ölçümünde Şekil4.4 'de gösterilen Mitutoyo SJ-210 kullanılmıştır.



Şekil 4.4: Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı.

Ölçümün doğruluğunu sağlamak için ölçüm yapılan yüzey ile ölçüm cihazının aynı yüksekliğe konumlanması gerekmektedir. Şekil4.5 'de görüldüğü gibi ölçüm esnasında bu şart yerine getirilmiştir. Bu çalışmada, ölçümler sonucunda Ra değerleri incelenmiştir.



Şekil 4.5: Yüzey pürüzlülüğünün ölçüm şekli.

4.8 Deney Tasarımı

Deney tasarımı oluşturulurken iki temel parametre ele alınmıştır. Bunlardan ilki zımpara kum büyüklüğüdür. Zımpara kumu büyüklüğü de dört kademeye ayrılmıştır. İkinci parametremiz işlem süresidir. İşlem süreside dört kademeye ayrılmıştır. Havalı zımpara makinesi ile zımparalama işlemini etkileyen bazı temel dış etkenler vardır. Bunlardan biri havalı zımpara makinesinin çalışma basıncıdır. Deney yapılacak ortamda havalı zımpara makinesini besleyen hava hortumunun önüne bir regülatör koyulmuştur. Bu sayede basınçlı havanın, havalı zımpara makinesinin çalışma basıncı olan 6 barın üzerine çıkması engellenmiştir. Deneyleerin gerçekleştirildiği işletmenin kompresörünün kapasitesi 7 bar sağlayabilmektedir. Bu yüzden deneylerimiz esnasında sürekli 6 bar hava temin edilmiştir. Ayrıca havalı zımpara makinelerinin temel montaj resmi Ek1'e eklenmiştir. Bu resimde bulunan 7 numaralı kanatlar sayesinde basınçlı hava 13 numaralı mili döndürmektedir. Milin dönme hareketi sayesinde zımparalama işlemi gerçekleşmektedir. Bu kanatlar kullanıma bağlı olarak erimektedir. Kanatların erimesi havalı zımpara makinesinin devir kaybetmesine sebep olmaktadır. Her deneyden sonra kanatlar orjinal yedek parçaları ile değiştirilerek deneylere devam edilmiştir. Bu sayede kanat ömrü deney ortamımızı etkileyen bir parametre olmaktan çıkmıştır. 3 girdi parametremiz ve buna karşılık gelen 1 çıktı parametremizi Yanıt Yüzey Metodu (RSM) ve bu parametrelerden oluşturulan matematiksel model ile tahmin sonuçları almaya karar verilmiştir. Tablo4.5 'de deney tasarımında kullanılan giriş parametreleri ve bu parametrelerin kademeleri verilmiştir.

Tablo 4.5: Deney parametreleri ve değişkenleri.

Malzeme	Kum Büyüklüğü	Süre (saniye)			
ST37	P60	15	30	45	60
	P100	15	30	45	60
	P180	15	30	45	60
	P320	15	30	45	60
Polipropilen Levha	P60	15	30	45	60
	P100	15	30	45	60
	P180	15	30	45	60
	P320	15	30	45	60

Tablo4.5 'de belirtilen parametreler eşliğinde toplam 32 deney yapılmıştır. Her deneyden sonra zımparalama işlemi yapılan yüzeyin 5 farklı bölgesinden yüzey pürüzlülüğü değeri ölçülmüştür. Toplamda ölçülen yüzey pürüzlülüğü değeri 160 adettir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Yapılan çalışma Ø150mm çapında havalı zımpara makinesi ile toz emiş sistemi olmadan yapılmıştır. Deney çalışmaları anında deney malzemelerinin sabitlenmesinden kaynaklanan hatalardan dolayı 5 deney tekrarlanmıştır.

Tablo5.1, Tablo5.2 ve Tablo5.3 'de PP levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri verilmiştir.

Tablo 5.1: PP levha deney sonuçları (1-31).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra(µm)
1	60	15	12,805
2	60	15	13,576
3	60	15	12,638
4	60	15	13,333
5	60	15	13,518
6	60	30	12,137
7	60	30	13,57
8	60	30	12,885
9	60	30	12,543
10	60	30	13,219
11	60	45	11,271
12	60	45	14,874
13	60	45	13,164
14	60	45	13,001
15	60	45	11,921
16	60	60	13,59
17	60	60	12,788
18	60	60	11,638
19	60	60	12,032
20	60	60	12,464
21	100	15	8,783
22	100	15	9,382
23	100	15	8,571
24	100	15	5,982
25	100	15	6,477
26	100	30	7,377
27	100	30	10,242
28	100	30	8,283
29	100	30	8,076
30	100	30	5,249
31	100	45	7,554

Tablo 5.2: PP levha deney sonuçları (32-70).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra(μ m)
32	100	45	8,985
33	100	45	6,813
34	100	45	6,037
35	100	45	6,86
36	100	60	6,552
37	100	60	4,601
38	100	60	5,852
39	100	60	5,839
40	100	60	6,474
41	180	15	4,518
42	180	15	5,423
43	180	15	5,233
44	180	15	4,585
45	180	15	4,362
46	180	30	4,511
47	180	30	2,763
48	180	30	2,811
49	180	30	2,737
50	180	30	2,892
51	180	45	3,944
52	180	45	1,986
53	180	45	2,629
54	180	45	2,105
55	180	45	2,235
56	180	60	2,412
57	180	60	3,043
58	180	60	1,932
59	180	60	2,395
60	180	60	2,419
61	320	15	2,398
62	320	15	2,778
63	320	15	1,911
64	320	15	2,092
65	320	15	2,557
66	320	30	1,542
67	320	30	2,805
68	320	30	3,064
69	320	30	2,021
70	320	30	1,646

Tablo 5.3: PP levha deney sonuçları (71-80).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μm)
71	320	45	1,79
72	320	45	2,542
73	320	45	2,305
74	320	45	1,61
75	320	45	1,624
76	320	60	1,122
77	320	60	2,024
78	320	60	1,203
79	320	60	0,999
80	320	60	1,29

Tablo5.4 'de Sac levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri verilmiştir.

Tablo 5.4: Sac levha deney sonuçları (1-20).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra(μm)
1	60	15	1,139
2	60	15	1,122
3	60	15	1,319
4	60	15	1,157
5	60	15	1,231
6	60	30	0,973
7	60	30	1,025
8	60	30	1,06
9	60	30	1,183
10	60	30	0,985
11	60	45	0,989
12	60	45	0,964
13	60	45	1,019
14	60	45	0,953
15	60	45	0,955
16	60	60	0,918
17	60	60	0,825
18	60	60	0,85
19	60	60	0,83
20	60	60	0,923

Tablo5.5 'de Sac levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri verilmiştir.

Tablo 5.5: Sac levha deney sonuçları (21-55).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra(μ m)
21	100	15	0,807
22	100	15	0,813
23	100	15	0,771
24	100	15	0,818
25	100	15	0,913
26	100	30	0,829
27	100	30	0,654
28	100	30	0,627
29	100	30	0,637
30	100	30	0,641
31	100	45	0,539
32	100	45	0,59
33	100	45	0,666
34	100	45	0,777
35	100	45	0,726
36	100	60	0,622
37	100	60	0,62
38	100	60	0,648
39	100	60	0,498
40	100	60	0,549
41	180	15	0,608
42	180	15	0,556
43	180	15	0,447
44	180	15	0,668
45	180	15	0,615
46	180	30	0,468
47	180	30	0,356
48	180	30	0,585
49	180	30	0,251
50	180	30	0,46
51	180	45	0,38
52	180	45	0,263
53	180	45	0,228
54	180	45	0,322
55	180	45	0,256

Tablo5.6 'da Sac levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülükleri verilmiştir.

Tablo 5.6: Sac levha deney sonuçları (56-80).

Deney No	Kum	Süre (sn)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra(μ m)
56	180	60	0,224
57	180	60	0,213
58	180	60	0,19
59	180	60	0,151
60	180	60	0,202
61	320	15	0,229
62	320	15	0,338
63	320	15	0,188
64	320	15	0,306
65	320	15	0,331
66	320	30	0,182
67	320	30	0,16
68	320	30	0,209
69	320	30	0,119
70	320	30	0,153
71	320	45	0,201
72	320	45	0,204
73	320	45	0,145
74	320	45	0,131
75	320	45	0,133
76	320	60	0,078
77	320	60	0,165
78	320	60	0,08
79	320	60	0,089
80	320	60	0,2

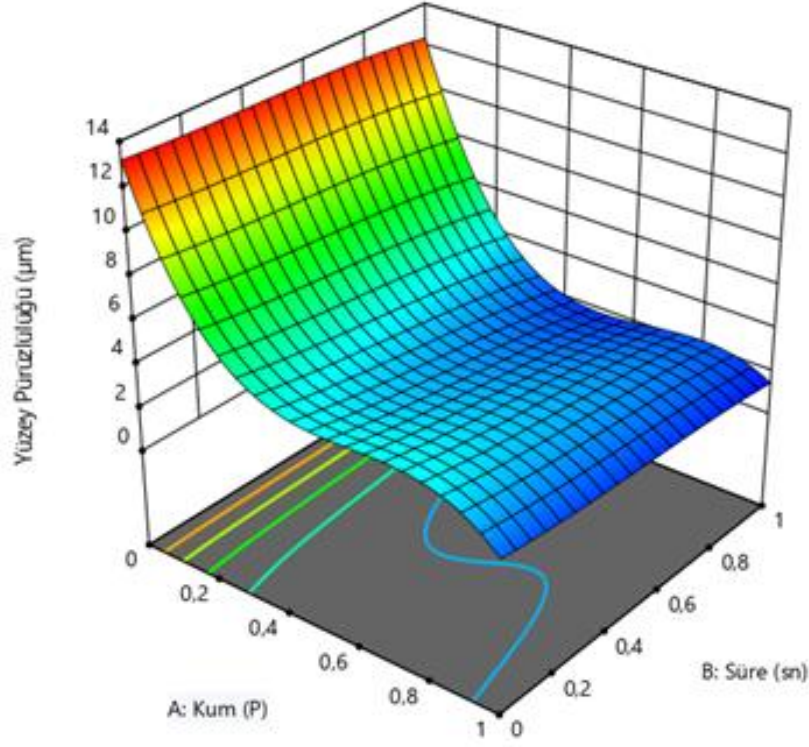
5.1 PP Levhanın Zımparalama Zamanına Bağlı Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi

Yapılan bu çalışmada yüzey pürüzlülüğünün süre ile değişimi incelenmiştir. Bunun içinde aynı deneyden 5 farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Tablo5.7 'de Polipropilen levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükleri verilmiştir. Bu verilere ait grafik Şekil5.1 'de verilmiştir.

Tablo 5.7: Polipropilen levha ortalama yüzey pürüzlülükleri.

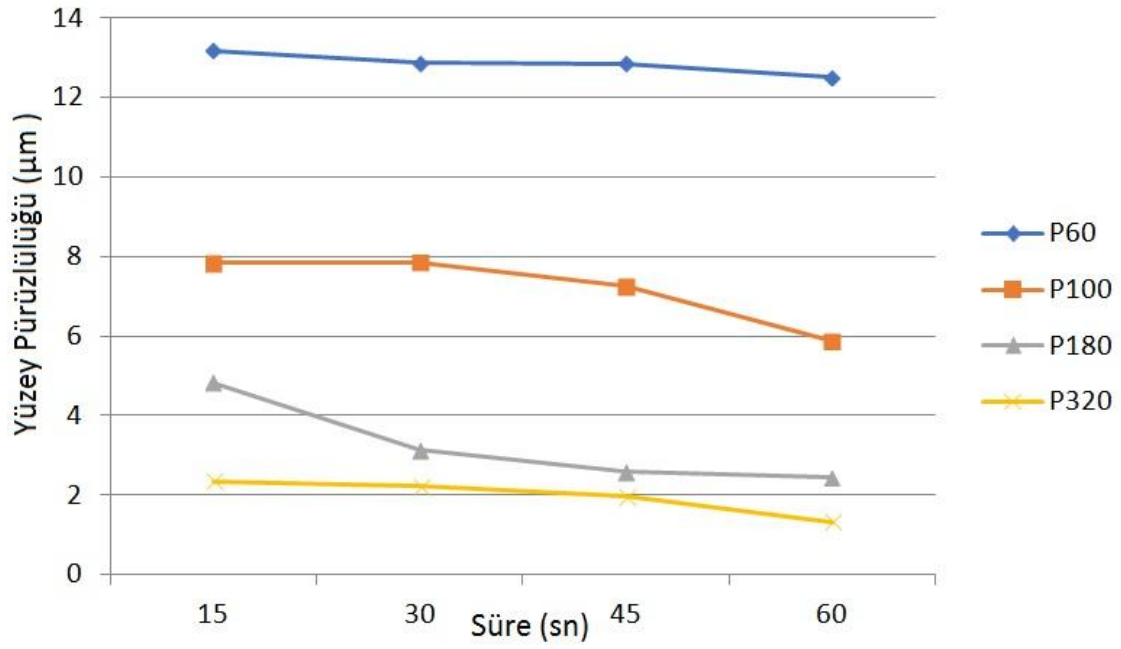
Kum	Süre (sn)	Ölçüm-1 Ra(μ m)	Ölçüm-2 Ra(μ m)	Ölçüm-3 Ra(μ m)	Ölçüm-4 Ra(μ m)	Ölçüm-5 Ra(μ m)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μ m)
60	15	12,805	13,576	12,638	13,333	13,518	13,174
60	30	12,137	13,57	12,885	12,543	13,219	12,8708
60	45	11,271	14,874	13,164	13,001	11,921	12,8462
60	60	13,59	12,788	11,638	12,032	12,464	12,5024
100	15	8,783	9,382	8,571	5,982	6,477	7,839
100	30	7,377	10,242	8,283	8,076	5,249	7,8454
100	45	7,554	8,985	6,813	6,037	6,86	7,2498
100	60	6,552	4,601	5,852	5,839	6,474	5,8636
180	15	4,518	5,423	5,233	4,585	4,362	4,8242
180	30	4,511	2,763	2,811	2,737	2,892	3,1428
180	45	3,944	1,986	2,629	2,105	2,235	2,5798
180	60	2,412	3,043	1,932	2,395	2,419	2,4402
320	15	2,398	2,778	1,911	2,092	2,557	2,3472
320	30	1,542	2,805	3,064	2,021	1,646	2,2156
320	45	1,79	2,542	2,305	1,61	1,624	1,9742
320	60	1,122	2,024	1,203	0,999	1,29	1,3276



Şekil 5.1: Kum-süre-yüzey pürüzlülüğü grafiği (PP Levha).

Şekil5.1 'de 4 farklı kum çeşidinin 4 farklı sürede polipropilen yüzeye uygulanması sonucu ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü değerleri görülmektedir. Şekil 5.1 'de kum boyutu ve süre kategorik olarak 0-1 arasında değer alacak şekilde gösterilmiştir. Şekil5.1 'den de görüldüğü üzere PP levhaya uygulanan zımparalama işleminde kum numarası arttıkça elde edilen yüzeyin pürüzlülüğü azalmaktadır. Kum numarası arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı şekilden görüldüğü üzere polipropilen levhaya uygulanan zımparalama işleminde uygulama süresi arttıkça elde edilen yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

P180 kum zımpara ile 60 saniye zımparalama işlemi yapmak yerine P320 kum zımpara ile 15 saniye zımparalama işlemi yaparak yaklaşık olarak aynı yüzey pürüzlülüğünü elde ettiğimiz Şekil5.2 'den görülmektedir. Bu sebeple zamandan kazanmak için 60 saniye zımparalama yapmak yerine 15 saniye zımparalama yaparak 3 kat daha fazla zımparalama gerçekleştirilir.

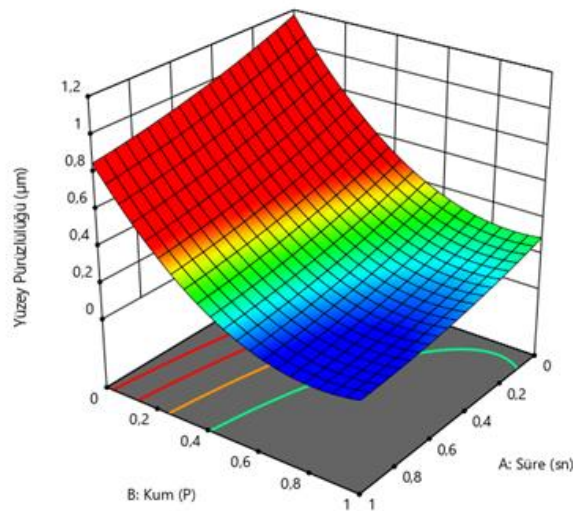


Şekil 5.2: Ortalama yüzey pürüzlülüğü-süre grafiği (Polipropilen Levha).

5.2 Sac Levhanın Zımparalama Zamanına Bağlı Yüzey Pürüzlülüğü Değişimi

Yapılan bu çalışmada yüzey pürüzlülüğünün süre ile değişimini incelenmiştir. Bunun içinde aynı deneyden 5 farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Şekil5.3 'de Sac levhanın farklı kum ve sürelerde zımparalanması sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüklerinin oluşturduğu grafik verilmiştir. Bu veriler Tablo5.8 'de verilmiştir.



Şekil 5.3: Kum-süre-yüzey pürüzlülüğü grafiği (Sac Levha).

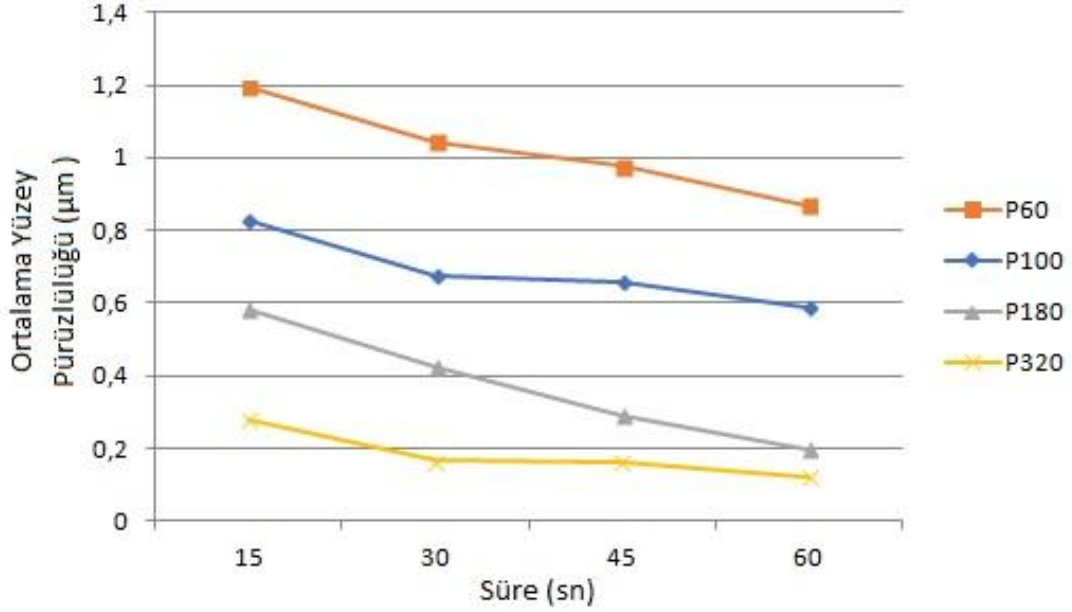
Tablo 5.8: Sac Levha Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri.

Kum	Süre (sn)	Ölçüm-1 Ra(μm)	Ölçüm-2 Ra(μm)	Ölçüm-3 Ra(μm)	Ölçüm-4 Ra(μm)	Ölçüm-5 Ra(μm)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra(μm)
60	15	1,139	1,122	1,319	1,157	1,231	1,1936
60	30	0,973	1,025	1,06	1,183	0,985	1,0452
60	45	0,989	0,964	1,019	0,953	0,955	0,976
60	60	0,918	0,825	0,85	0,83	0,923	0,8692
100	15	0,807	0,813	0,771	0,818	0,913	0,8244
100	30	0,829	0,654	0,627	0,637	0,641	0,6776
100	45	0,539	0,59	0,666	0,777	0,726	0,6596
100	60	0,622	0,62	0,648	0,498	0,549	0,5874
180	15	0,608	0,556	0,447	0,668	0,615	0,5788
180	30	0,468	0,356	0,585	0,251	0,46	0,424
180	45	0,38	0,263	0,228	0,322	0,256	0,2898
180	60	0,224	0,213	0,19	0,151	0,202	0,196
320	15	0,229	0,338	0,188	0,306	0,331	0,2784
320	30	0,182	0,16	0,209	0,119	0,153	0,1646
320	45	0,201	0,204	0,145	0,131	0,133	0,1628
320	60	0,078	0,165	0,08	0,089	0,2	0,1224

Şekil5.4 'de 4 farklı kum çeşidinin 4 farklı sürede sac levha yüzeyine uygulanması sonucu ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü değerleri görülmektedir.

Şekil5.3 ve Şekil5.4 'den de görüldüğü üzere sac levhaya uygulanan zımparalama işleminde kum numarası arttıkça elde edilen yüzeyin pürüzlülüğü azalmaktadır. Ayrıca aynı şekilden görüldüğü üzere sac levhaya uygulanan zımparalama işleminde uygulama süresi arttıkça elde edilen yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. İşlem süresi arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenmiştir.

P180 kum zımpara ile 45 saniye zımparalama işlemi yapmak yerine P320 kum zımpara ile 15 saniye zımparalama işlemi yaparak yaklaşık olarak aynı yüzey pürüzlülüğünü elde ettiğimiz Şekil5.4 'den görülmektedir. Bu sebeple zamandan kazanmak için 45 saniye zımparalama yapmak yerine 15 saniye zımparalama yaparak 2 kat daha fazla zımparalama gerçekleştirilebilir.



Şekil 5.4: Ortalama yüzey pürüzlülüğü-süre grafiği (Sac Levha).

5.3 Yanıt Yüzey Metodu (RSM) İle Sonuçların İncelenmesi

Çalışmamızın giriş parametreleri olan dört kademeli zımpara kumu ve dört kademeli süre için ölçüm yapılarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin optimizasyonu için RSM kullanılmıştır. RSM 'de sonuçlar tek tek ve birlikte optimize edilmiştir. RSM, süreçlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve optimize edilmesi için faydalı olan istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birlikteliğidir[20].

RSM 'nin tek tek optimizasyon sonucu oluşturma fonksiyonu ile bağımlı değişken parametrelerinin tamamına eş zamanlı optimizasyon yapılmaktadır. Bu fonksiyon ile arada yapılmayan deneylerinde sonuçları bulunur. Çalışmanın bu bölümünde parametrelerin tek tek ve bir arada optimize edilmiş değerleri verilmiştir.

5.3.1 PP Levha için Yanıt Yüzey Metodu

Tablo 5.9 ve Tablo 5.10 'da RSM 'nun yüzey pürüzlülüğü için oluşturduğu model verilmiştir. Çalışmaların güven düzeyi %95 'e yapılmıştır. Tablo5.9'a RSM'nin açıklama gücüne bakıldığında %95 'in üstünde olduğu görülmektedir.

Tablo 5.9: RSM modelinin özeti (PP levha için).

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,898388	%96,24	%95,81	%95,32

Tablo 5.10 incelendiğinde RSM 'ye göre; deney parametrelerinden yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen değişkenin kum numarası olduğu gözükmemektedir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde %94 kum, %1,57 oranında sürenin etkilediği görülmektedir. Bu oranlardan kum numarasının istenilen yüzey pürüzlülüğünü sağlamakta çok önemli bir faktör olduğu görülmektedir.

Tablo 5.10: RSM 'de aşınma için ANOVA (PP Levha).

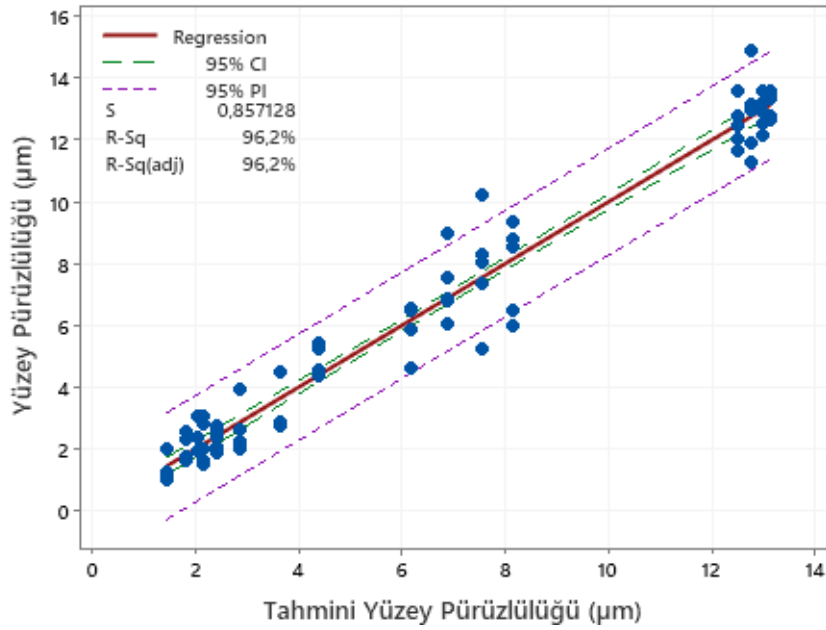
Kontrol Faktörü	Serbestlik Derecesi (DF)	Karelerin Regresyon Toplamı (Seq SS)	Katkı (%)	F-Değeri	P-Değeri
Model	8	1465,20	96,24	226,92	0,0000
Linear	4	1459,82	95,88	452,18	0,0000
Süre	1	23,95	1,57	29,68	0,0002
Kum	3	1435,87	94,31	593,02	0,0001
Square	1	0,05	0	0,06	0,8010
Süre*Süre	1	0,05	0	0,06	0,8010
2-Way	3	5,32	0,35	2,20	0,0960
Interaction					
Süre*Kum	3	5,32	0,35	2,20	0,0960
Error	71	57,30	3,76	1,05	0,4040
Total	79	1522,50	100		

Tablo 5.11 'de RSM kullanılarak yüzey pürüzlülüğü için oluşturulan regresyon denklemleri verilmiştir. Kum numaraları kategorik olarak sınıflandırılmıştır. Bu sebeple her zımpara kumunun büyüklüğü için tek tek matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modellerde de bağımlı ve bağımsız bütün değişkenler kendileri ve birbirleri ile olan etkileşimleri incelenerek matematiksel modeller oluşturulmuştur.

Tablo 5.11: RSM ‘da yüzey pürüzlülük değerlerine göre oluşturulan regresyon denklemleri (PP Levha).

Kum	Denklem
60	$YP = 13,231 - 0,0051Süre - 0,000113 Süre*Süre$
100	$YP = 8,703 - 0,0350Süre - 0,000113 Süre*Süre$
180	$YP = 5,049 - 0,0430Süre - 0,000113 Süre*Süre$
320	$YP = 2,664 - 0,0135 Süre - 0,000113 Süre*Süre$

Deneyle sonuçunda yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ve RSM kullanılarak oluşturulan tahmin değerlerinin karşılaştırması Şekil 5.5 ‘te gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü ve ölçüm yapılan yüzey pürüzlülüğü değerleri için regresyon grafiği (PP Levha).

Tablo 5.12 'de RSM ‘na göre yüzey pürüzlülüğü için optimize edilmiş zımparalama parametreleri 320 Kum zımpara ile 60 saniye zımparalama işlemi olarak tahmin edilmiştir.

Tablo 5.12: RSM ‘nun yüzey pürüzlülüğü için optimize edilmiş sonuçları (PP Levha).

Çözüm	Süre (sn)	Kum	YP (μm)
1	60	320	1,44572

5.3.2 Yanıt Yüzey Metodu Sac Levha

Tablo 5.13 ve Tablo 5.14 ’da RSM ’nun yüzey pürüzlülüğü için oluşturduğu model verilmiştir. Çalışmaların güven aralığı %95 olarak yapılmıştır.

Tablo 5.13: RSM modelinin özeti (Sac levha için).

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,06807	%96,48	%96,09	%95,60

Tablo 5.14 incelendiğinde RSM ‘ye göre; deney parametrelerinden yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen değişkenin kum numarası olduğu gözükmemektedir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde %86,96 kum boyutu, %8,30 oranında işlem süresinin etkilediği görülmektedir. Bu oranlardan kum numarasının istenilen yüzey pürüzlülüğünü sağlamakta çok önemli bir faktör olduğu görülmektedir.

Tablo 5.14: RSM’de aşınma için ANOVA (Sac Levha).

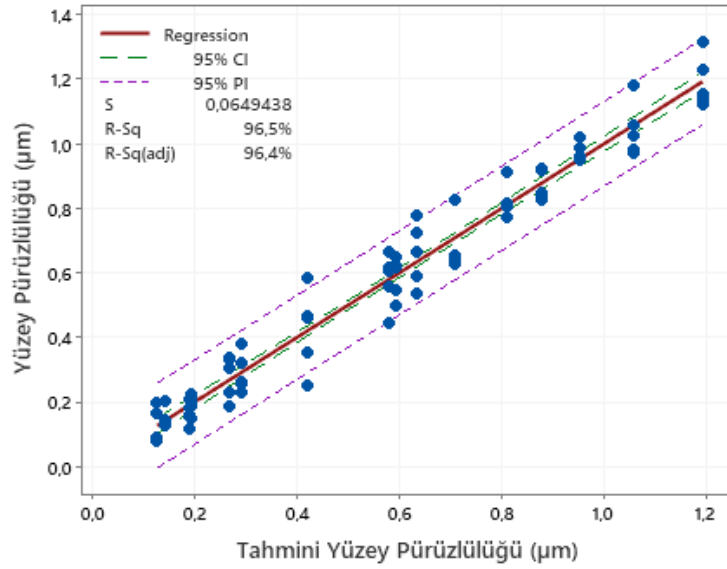
Kontrol Faktörü	Serbestlik Derecesi (DF)	Karelerin Regresyon Toplamı (Seq SS)	Katkı (%)	F-Değeri	P-Değeri
Model	8	9,02501	96,48	243,47	0,0000
Linear	4	8,91050	95,26	480,76	0,0000
Süre	1	0,77607	8,30	167,49	0,0001
Kum	3	8,13443	86,96	585,19	0,0001
Square	1	0,01963	0,21	4,24	0,0430
Süre*Süre	1	0,01963	0,21	4,24	0,0430
2-Way	3	0,09488	1,01	6,83	0,0001
Interaction					
Süre*Kum	3	0,09488	1,01	6,83	0,0001
Error	71	0,32898	3,52	0,54	0,7990
Total	79	9,35399	100		

Tablo 5.15 'de RSM kullanılarak yüzey pürüzlülüğü için oluşturulan regresyon denklemleri verilmiştir. Kum numaraları kategorik olarak sınıflandırılmıştır. Bu sebeple her zımpara kumunun büyüklüğü için tek tek matematiksel modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modellerde de bağımlı ve bağımsız bütün değişkenlerin kendileri ve birbirleri ile olan etkileşimleri incelenerek matematiksel modeller oluşturulmuştur

Tablo 5.15: RSM 'da yüzey pürüzlülüğü sonuçları için oluşturulan regresyon denklemleri(Sac Levha).

Kum	Denklem
60	$YP = 1,3599 - 0,01217Süre + 0,000070 Süre * Süre$
100	$YP = 0,9478 - 0,01008Süre + 0,000070 Süre * Süre$
180	$YP = 0,7711 - 0,01377 Süre + 0,000070 Süre * Süre$
320	$YP = 0,3778 - 0,00835Süre + 0,000070 Süre * Süre$

Deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğü ölçümleri ve RSM kullanılarak oluşturulan tahmin değerlerinin karşılaştırması Şekil 5.5 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü ve ölçüm yapılan yüzey pürüzlülüğü değerleri için regresyon grafiği (Sac Levha).

Tablo 5.16 'da RSM 'na göre yüzey pürüzlülüğü için optimum işleme parametreleri 320 Kum zımpara ile 60 saniye zımparalama işlemi olarak tahmin edilmiştir.

Tablo 5.16: RSM 'nun yüzey pürüzlülüğü için optimize edilmiş sonuçları (Sac Levha).

Çözüm	Süre (sn)	Kum	YP (μm)
1	60	320	0,127242

Sac levha ve polipropilen levha için uygulanan optimizasyon sonuçlarında her iki yüzey içinde, en pürüzsüz yüzeyin P320 kum zımparanın yüzeye 60 saniye uygulanmasıyla elde edildiği görülmüştür. En ince kum numarasının en uzun süre uygulanması sonucu, en pürüzsüz yüzey elde edilebileceği görülmüştür.

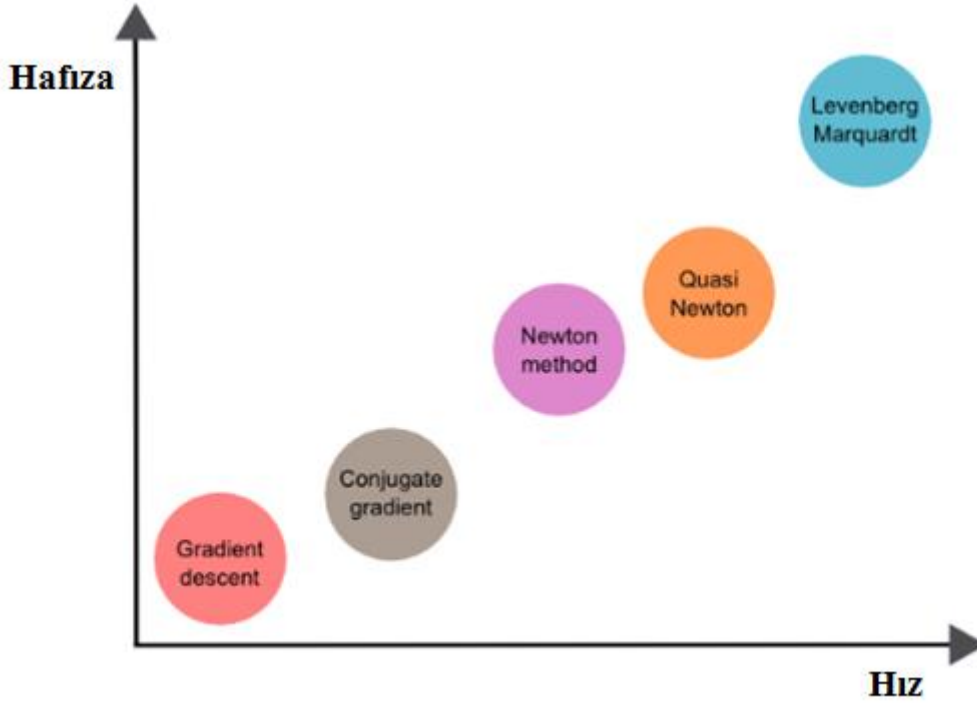
5.4 Yapay Sinir Ağları (YSA) Yöntemiyle Sonuçların İncelenmesi

Çalışmamızda giriş parametrelerimiz kum büyüklüğü ve süredir. Bu parametrelerin ikisinin de dörder kademesi alınmıştır. Bu parametreler ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları da çıkış parametresi olarak kabul edilmiştir. Bu üç parametremizin tamamı birlikte ele alınarak ara değerlerin tahminini yapmak için YSA kullanılmıştır.

Yapay sinir ağları farklı yapıdaki problemleri hızlı bir şekilde algılayabilmektedirler. Tanıma ve tahmin edebilme özelliği vardır. Yapay sinir ağları, onlara verilen bağımlı veya bağımsız değişkenleri öğretip eğiterek yakınsamasını sağlar ve ara değerler için sonuçlar verir[21]–[23].

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağlarının iki farklı parametreye bağlı olarak elde edilen bağımsız parametrenin oluşturduğu 80 deney verisini kullanarak tahminler ettirilmiştir. İki farklı bağımlı değişkenden biri olan kum kategorik değişken olarak kabul edilmiştir. Yapay sinir ağlarının test edilmesi ve eğitilmesi için deney verileri rastgele ayrılmıştır. 80 deneyden 60 tane deney verisi ağları eğitmek için ayrılırken, 16 tane deney verisi oluşturulan ağı test etmek için kullanılmıştır. Yapay sinir ağları oluşturulurken MATLAB programının “nntool” paketi kullanılarak oluşturulmuştur.

YSA eğitilirken “TRAINLM” fonksiyonu yani Train Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır. Bu fonksiyonu tercih etmemizin sebebi Şekil 5.7’de de gösterildiği gibi hafızasının daha iyi ve sonuç verme hızının daha fazla olmasıdır[21]–[23].

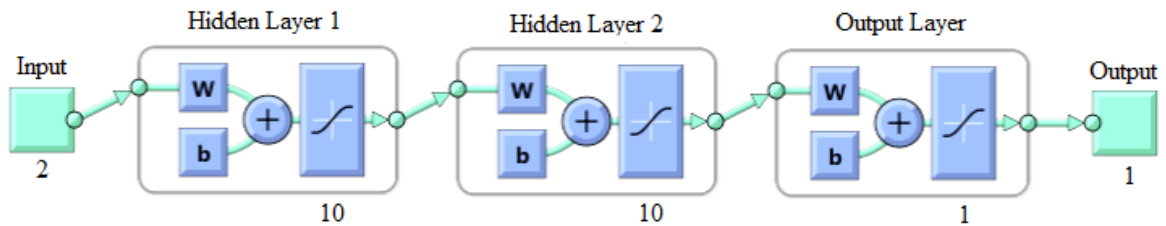


Şekil 5.7: YSA ana eğitim algoritmalarının hız ve hafıza ilişkisinin grafiği[20].

MATLAB matris tabanlı çalışan bir program olduğu için bu çalışmada olan kum parametresi nümerik olarak tanımlanmıştır. Bu parametreyi programa tanımlama işlemi yapılırken kum parametresi nominaldir. Kum parametresi nominalden vektörelere dönüştürülmüştür. Giriş parametreleri dört farklı kum, dört farklı süredir. Çıkış parametresi yüzey pürüzlülüğüdür. Deney setinin %20'si test, %5'i doğrulama ve %75'i eğitim için kullanılmıştır.

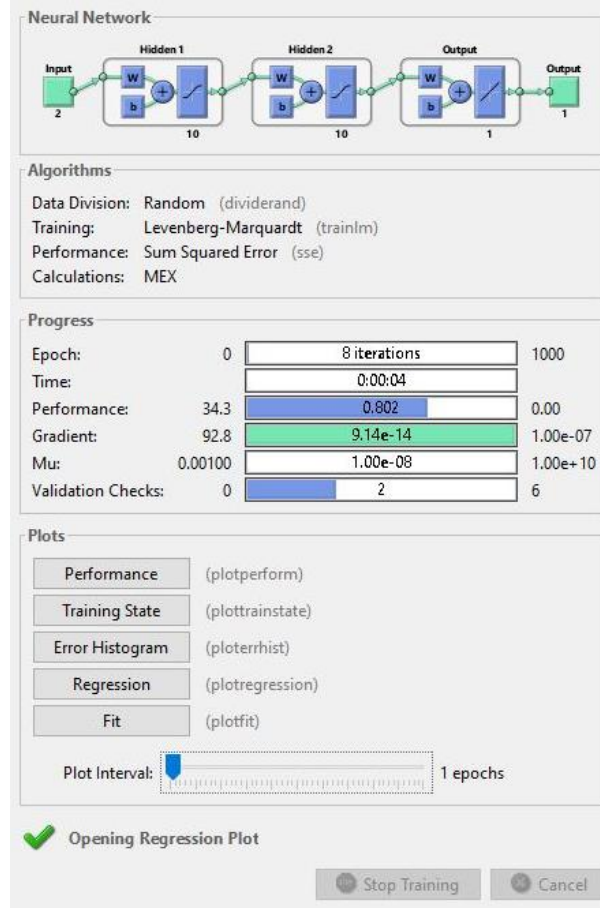
5.4.1 PP Levha için Yapay Sinir Ağları

YSA'nın modeli Şekil 5.8'de verilmiştir.

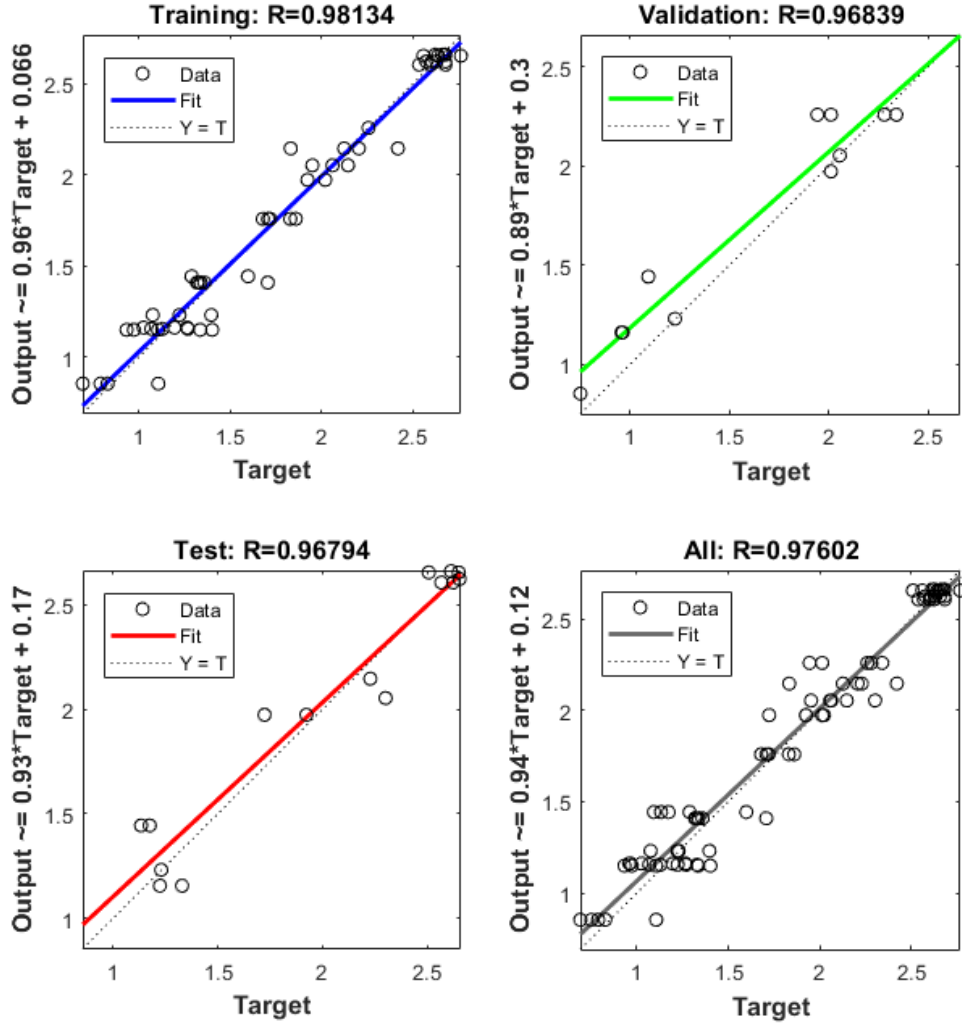


Şekil 5.8: Ağ prototipi (PP Levha).

YSA 'nın eğitimin paketi Şekil 5.9'da ve YSA ile öğrenilen yüzey pürüzlülüğü bağımlı değişkenlerinin regresyon katsayıları Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9: Oluşturulan ağ eğitimi (PP Levha).

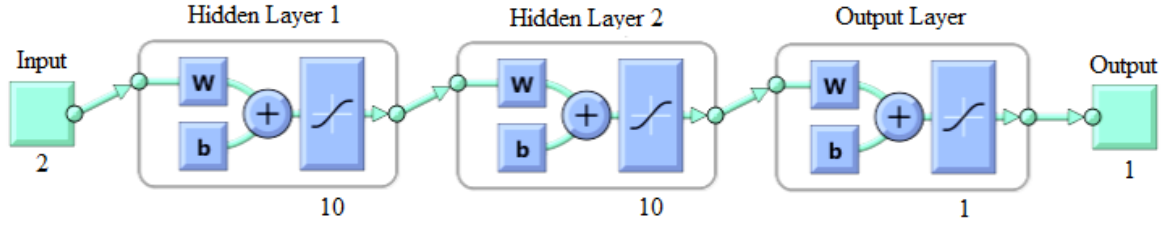


Şekil 5.10: Yüzey pürüzlülüğü için regresyon grafikleri (PP Levha).

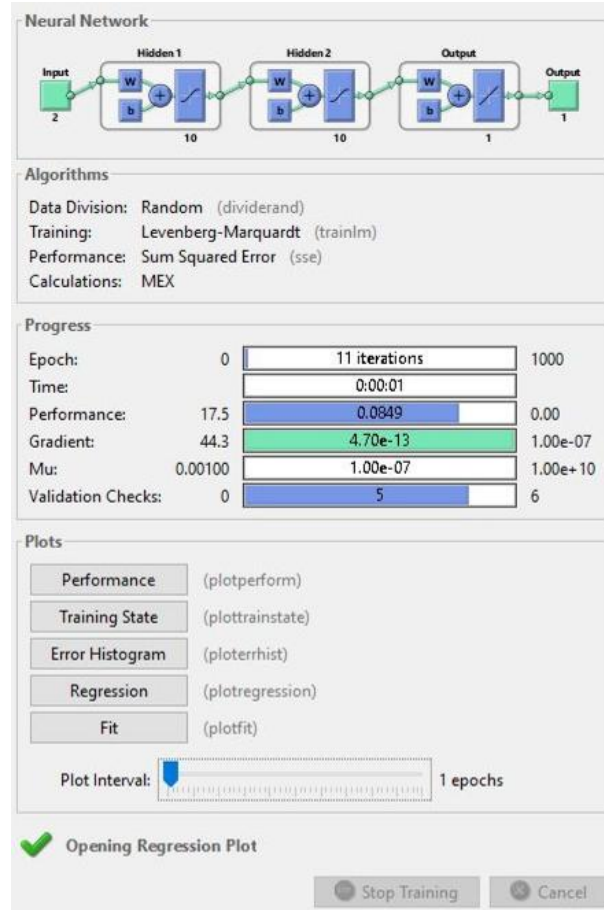
Şekil 5.10’da oluşturulan grafiklerde de kum boyutu ve süre parametreleri ile yapılan deneyler sonucunda ölçümü gerçekleştirilen yüzey pürüzlülüğü değerleriyle, YSA ‘nın iki farklı giriş parametresini değerlendirerek vermiş olduğu tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü gösterilmektedir. Bu deneylerin neredeyse tamamı %95 güven aralığındadır. Şekil5.10 ‘da da YSA ‘nın %97 açıklama gücü içerisinde olduğu görülmektedir. Bu %97’lik açıklama gücü, oluşturulan yapay sinir ağının ve tahminlerin güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir.

5.4.2 Sac Levha için Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağının modeli Şekil5.11 'de ve eğitimin paketi Şekil5.12 'de verilmiştir.

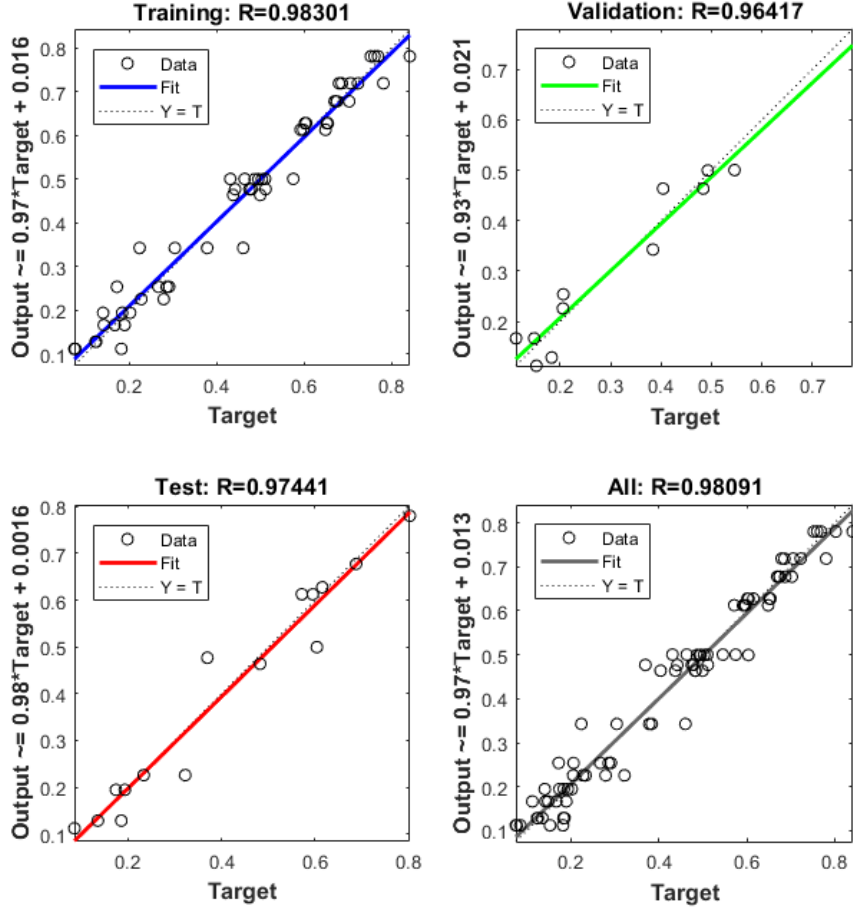


Şekil 5.11: Ağ prototipi (Sac Levha).



Şekil 5.12: Oluşturulan ağ eğitimi (Sac Levha).

Yapay sinir ağları ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri için regresyon katsayıları Şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13: Yüzey pürüzlülüğü için regresyon grafikleri (Sac Levha).

Şekil 5.13'te oluşturulan grafiklerde kum boyutu ve süre parametreleri ile yapılan deneyler sonucunda ölçümü gerçekleştirilen yüzey pürüzlülüğü değerleriyle, YSA 'nın iki farklı giriş parametresini değerlendirerek vermiş olduğu tahmin edilen yüzey pürüzlülüğü gösterilmektedir. Bu deneylerin neredeyse tamamı %95 güven aralığındadır. Şekil5.10 'da da YSA 'nın %98 açıklama gücü içerisinde olduğu görülmektedir. Bu %98'lik açıklama gücü, oluşturulan yapay sinir ağının ve tahminlerin güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Bu çalışmada St37 ve Polipropilen levha yüzeylerinin zımparalama parametreleri incelenmiştir. Zımparalama parametresi olarak dört farklı kum numarası (P60-P100-P180-P320) ve dört farklı işlem süresi (15sn-30sn-45sn-60sn) ele alınmıştır. Bu parametreler ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülükleri kaydedilmiştir. Kum büyüklüğü ve sürenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenerek optimize edilmiştir. Deney sonuçlarında her iki yüzey içinde giriş parametreleri ayrı ayrı veya birlikte değerlendirildiğinde, kum numarası ve sürenin arttırılması elde edilen yüzey pürüzlülüğünün azalmasını sağladığı gözlemlenmiştir. P320 kum zımpara ile 60sn zımparalama işlemi yaparak elde edilen yüzey pürüzlülüğü her iki yüzey içinde en pürüzsüz yüzey olmuştur. Bu sonuç, literatür ile pratikte uygulanan bilginin doğruluğunu kanıtlamaktadır.

Polipropilen levhalar üzerinde yapılan deneyler sonucunda, P180 kum zımparayla 45sn zımpara işlemi yaparak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değeri ile P320 kum zımparayla 15sn zımpara işlemi yaparak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin aynı olduğu görülmüştür. RSM 'de oluşturulan Matematiksel modele veya YSA 'da oluşturulan ağa kullanılması düşünülen veriler girildiğinde %95 güven aralığında yüzey pürüzlülüğü sonuçları en az %95 açıklama gücünde elde edilir. Yanıt yüzey metodu ile oluşturulan matematiksel model ve yapay sinir ağlarının ara değer tahminleri kullanılarak deneme yanılma için harcanacak bütçe ve zaman ortadan kaldırılır. Bu durum sac levha için P180 kum zımparayla 60sn zımpara işlemi ile P320 kum 15sn zımparalama işlemi için de geçerlidir. Bu çalışma endüstride zımparalama işlemi yapacak firmalar için kum büyüklüğü ve süre seçiminde yardımcı olacaktır.

6.2 Öneriler

Bu çalışmaya ek olarak farklı kum boyutu ve sürelerde aynı yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilebildiğinden maliyet ve zaman analizi de yapılabilir. Kum hammaddesi, kum numaraları, mesnet kağıt cinsi, işlem süresi, yüzey çeşitliliği parametreleri eklenerek ve değiştirilerek çalışma genişletilebilir.

7. KAYNAKLAR (IEEE)

- [1] M. E. Kara et al.,“Lif levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine bazı zımparalama faktörlerinin etkisi,” Bartın Orman Fakültesi Dergisi, pp. 41–46, 2012.
- [2] H. Z. Harraz,,“Topic 2 : abrasive and abrasion minerals,” Tanta University Department of Geology , no. November, p. 49, 2016.
- [3] A. C. İLÇE ve H. Singer, “Doğu kayını ahşabının yüzey pürüzlülüğünün bir yapay sinir ağı ile modellenmesi,” Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, vol. 7, no. 3, pp. 1867–1878, Jul. 2019.
- [4] S. Tiryaki, Ş. Özşahin, ve A. Aydın, “Employing artificial neural networks for minimizing surface roughness and power consumption in abrasive machining of wood,”2016, doi: 10.1007/s00107-016-1050-1.
- [5] P. Sabarinathan et al., “Process optimization for recovery of fiber backing from coated abrasive disks,” Taylor & Francis, 2020, doi:10.1080/00986445.2020.1758677.
- [6] M. O. Kuscuoğlu ve S. D. Sofuoğlu, “Ahsap Teknik Dergisi,” vol. 15, no. January, 2004.
- [7] Federation of European Producers of Abrasives (FEPA), “FEPA,” 2022.
[Online] Erişim adresi: <https://fepa-abrasives.org/categorie-produit/grains/>
[Erişim Tarihi : Mart-2022].
- [8] ISO6344-2, “International Organization for Standardization 6344-2:2021.”
[Online] Erişim adresi: <https://www.iso.org/standard/78220.html>,
[Erişim Tarihi : Mart-2022].
- [9] Karbosan Aşındırıcılar Hakkında, “Karbosan Ürün Katoloğu.”2022.
[Online] Erişim adresi: <http://www.karbosan.com.tr/tr/asindiricilar-hakkinda>
[Erişim Tarihi : Nisan-2022].
- [10] Red Label Abrasive, “Red Label Abrasives 101,” 2022.
[Online] Erişim adresi: <https://www.redlabelabrasives.com/pages/abrasives-101>
[Erişim Tarihi : Nisan-2022].
- [11] Kemal Başaran End. A.Ş. , "Katalog",2022 ,
[Online] Erişim adresi: <https://www.kemalbasaran.com.tr/katalog/>
[Erişim Tarihi : Nisan-2022].
- [12] I. Revolution ve E. Acheson, Abrasives 1., no. 8. 2011.

- [13] KARBOSAN, Teknik Ürün Kataloğu. 2021.
[Online] Erişim adresi: <https://www.karbosan.com.tr/tr/kataloglar>
[Erişim Tarihi : Nisan-2022].
- [14] Prime Supply Machinery, “Contents”,2022.
[Online] Erişim adresi: <https://www.primesupply.com.tw/products>
[Erişim Tarihi : Haziran-2022].
- [15] Uslular Haddane, “St37 Çelik Özellikleri.” 2022.
[Online] Erişim adresi: <https://www.uslularhadde.com/st-37-2-celik-ozellikleri>
[Erişim Tarihi : Haziran-2022].
- [16] N. Çelik, “NSC Çelik ‘Genel yapı çeliklerinin mekanik özellikleri.’”2022,
[Online] Erişim adresi: <http://www.nsccecik.com/karboncecikleri.html>
[Erişim Tarihi : Haziran-2022].
- [17] Wikipedia, “Polipropilen.”2022, Available:
[Online] Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Polipropilen>
[Erişim Tarihi : Temmuz-2022].
- [18] C. Sakarya, E. K. Enstit, A. Dal, ve T. Dan, “Kitosan katkılı polipropilen kompozitlerin mekanik, fiziksel, tribolojik ve antibakteriyel özelliklerinin İncelenmesi,”Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2018.
- [19] PETKİM, “Polipropilen (PP) Petoplen MH418 Polipropilen (PP),” 2021.
- [20] NEHRİ Yunus Emre, “AISI 304L paslanmaz çeliğin tornalama parametrelerinin deneysel olarak incelenmesi.”, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2021.
- [21] A. Yılmaz, “Yapay Zeka,” İstanbul, 2020.
- [22] E. L. Stephen, J. S. Walker, J. W. Dominik, H. W. Young, and R. F. Berendt, “Aerosol therapy of influenza infections of mice and primates with rimantadine, ribavirin, and related compounds.” Ann N Y Acad Sci, vol. 284, pp. 264–71, Mar. 1977, doi: 10.1111/j.1749-6632.1977.tb21959.x.
- [23] F. Sönmez Çakır, “Yapay sinir ağları - MATLAB kodları ve MATLAB toolbox çözümleri,” nobel yayın, 2020.

8. ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı :Melih SARILIGİL

Doğum tarihi ve yeri :25.02.1996 / OSMANGAZİ

e-posta :melihsariligil@gmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Makine Mühendisliği	2023
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/ Makine Mühendisliği	2019
Lise	Bursa Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2014