

**TÜRBİNLİ KUMLAMA TEZGÂHINDA
İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Mutlu UZUN

**TÜRBİNLİ KUMLAMA TEZGÂHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

Mutlu UZUN

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Nisan 2013**

Mutlu UZUN tarafından hazırlanan “TÜRBİNLİ KUMLAMA TEZGÂHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Hasan GÖKKAYA

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/ 04/ 2013

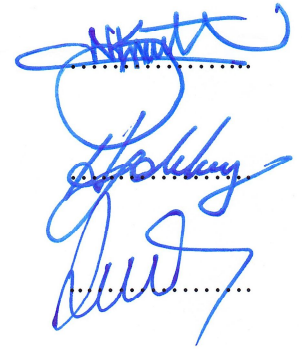
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Hasan GÖKKAYA (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan SUR (KBÜ)

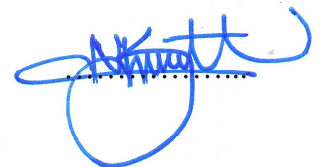


...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Mutlu UZUN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRBİNLİ KUMLAMA TEZGÂHINDA İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Mutlu UZUN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Hasan GÖKKAYA

Nisan 2013, 63 sayfa

Çelik konstrüksiyon imalatı yapan işletmelerde kaynak prosesinde istenilen kalitenin sağlanmasına engel teşkil eden; kir, yağ, pas ve tufal gibi atıkları yüzeyden arındırmak ve imalat sonrasındaki boya işleminde boyanın yüzeyde daha iyi tutunmasını sağlamak için malzeme yüzeyini temizlemek ve pürüzlendirmek gerekmektedir. Kumlama yaparken istenilen yüzey görüntüsü ve kalitesinin elde edilebilmesi için harcanan zaman imalatçı açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, türbinli kumlama tezgâhında farklı malzemelerin (St37 ve St52), farklı yüzey durumlarında (yüzeyi frezelenmiş, normal yüzeyli ve paslandırılmış), iki farklı aşındırıcı bilya (S390 ve S460) ve beş farklı ilerleme değerinde (0.8, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 m/dk.) kumlama yapılması sonucunda numunelerde oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ve yüzey görünümleri incelenmiştir.

St37 ve St52 çelik malzemeler üzerinde yapılan kumlama işlemi sonucunda ilerleme değerinin azaltılması, ortalama yüzey pürüzlülük değerinin artmasına ve yüzey temizliğinin iyileşmesine neden olduğu görülmüştür.

Ortalama yüzey pürüzlük değerinin en fazla artış gösterdiği malzeme St37 yüzeyi frezelenmiş çelik malzemedir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülük değeri artışı görülen numune ise St52 yüzeyi paslanmış çelik malzemedir.

Numune gruplarına göre en uygun yüzey görünümü; yüzeyi frezelenmiş numunelerde 1,6 m/dk. ilerleme değerinde S390 bilya kullanılarak elde edildi. Normal ve paslanmış yüzeye sahip numunelerde ise 1,2 m/dk. ilerleme değerinde S390 bilya kullanılarak uygun değerlere ulaşıldı.

Anahtar Sözcükler : Kumlama, yüzey pürüzlülüğü, yüzey görünümü, aşındırıcı bilya, ilerleme değeri.

Bilim Kodu : 914.1.140

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE OF PROCESSİNG PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS IN TURBINE SANDBLASTING STAND

Mutlu UZUN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Hasan GÖKKAYA

April 2013, 63 pages

At steel construction plants, while welding process, contaminants like dirt, oil, rust and oxide layer should be purified from surface of the material which are an obstacle to ensure required quality in welding and the surface of the material should be clean and smooth in order to ensure good adhesion for coating process. It is very important for the manufacturer that using too many waste times for to get desired surface appearance and condition by sandblasting.

In this study, two different types of steel (S235 and S355) under different surface circumstances (milled surface, normal surface and rusted surface) were sandblasted at turbine sandblasting stand with different abrasive grits (S390 and S460) and at five different feed rates (0.8, 1.2, 1.6, 2. and 2.4 m/min.) and investigated their roughness values and surface conditions.

The sandblasting results of S235 and S355 steel substrates surfaces show as that, decreasing of the feed rate help to increase of surface average roughness and improvement of surface cleanliness.

The most increasing of average surface roughness values has obtained on the milled surface of S235 steel. The lowest average surface roughness values obtained on rusted surface of S355 steel.

The most suitable surface appearance has obtained on milled surface with 1,6 m/min. feed rate and using S390 abrasive grit. Therefore for normal and rusted surfaces with 1,2 m/min. feed rate and using S390 abrasive grit has obtained acceptable values.

Key Words : Sandblasting, surface roughness, surface appearance, abrasive grit, feed rate.

Science Code : 914.1.140

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Hasan GÖKKAYA'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalışma hayatımda bana büyük katkıları olan değerli meslektaőlarım Sayın Ahmet COŐKUN, Engin CELASUN, Mustafa Refik METLİOğLU ve Pelin Gürkan ÖZDEMİR'e, iş arkadaşlarım Yeter KARA ve Derya DURAN'a teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen babam Sayın Mustafa UZUN, annem Fikriye UZUN, kardeőlerim Eser UZUN ve Esra UZUN'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	8
BÖLÜM 3.	9
KUMLAMA, KUMLAMA MAKİNALARI VE AŞINDIRICILAR.....	9
3.1. KUMLAMA.....	9
3.2. KUMLAMA MAKİNALARI	9
3.2.1. Kumlama Kabinleri.....	9
3.2.2. Kumlama Kazanları	10
3.2.3. Kumlama Odaları.....	11
3.2.4. Türbinli Kumlama Makineleri.....	12
3.2.4.1. Türbin.....	13
3.2.4.2. Temizleme Kabini	13
3.2.4.3. Elavatör Sistemi.....	14
3.2.4.4. Separatör	14

Sayfa

3.2.4.5. Toz Tutucu Sistem.....	14
3.3. AŞINDIRICILAR	15
3.3.1. Çelik Bilya.....	15
3.3.2. Çelik Grit	16
3.3.3. Alüminyum Oksit Minerali.....	16
3.3.4. Cam Kürecik	17
3.3.5. Paslanmaz Çelik Bilya.....	18
3.3.6. Silisyum Karbür	19
3.3.7. Garnet	19
3.3.8. Cam Kumu.....	20
3.3.9. Seramik Küre	21
3.3.10. Plastik Aşındırıcı.....	21
3.3.11. Kuşlama Sodası	22
3.4. AŞINDIRICILARIN KUŞLAMAYA ETKİSİ.....	22
3.4.1. Aşındırıcı Büyüklüğü	22
3.4.2. Sertlik	24
3.4.3. Aşındırıcı Şekli	24
3.4.4. Fırlatma Hızı.....	25
3.4.5. Püskürtme Açısı	26
3.4.6. Kuşlama Süresi.....	27
BÖLÜM 4.	28
MATERYAL METOD	28
4.1. GİRİŞ.....	28
4.2. DENEY NUMUNELERİ.....	28
4.3. KUŞLAMA TEZGÂHI	31
4.4. AŞINDIRICI BİLYALAR.....	32
4.5. İŞLEME PARAMETRELERİ	33
4.6. YÜZEY GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	33
4.7. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	34

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5.	35
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
5.1. GİRİŞ.....	35
5.2. S390 BİLYA VE İLERLEMeye BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM	35
5.3. S460 BİLYA VE İLERLEMeye BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM	42
5.4. S390 VE S460 BİLYANIN VE İLERLEMeye BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM	46
5.5. YÜZEY GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	50
5.5.1. Yüzeyi Frezelenmiş St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	51
5.5.2. Normal Yüzeye Sahip St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	52
5.5.3. Paslanmış Yüzeye Sahip St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	53
5.5.4. Yüzeyi Frezelenmiş St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	54
5.5.5. Normal Yüzeye Sahip St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	55
5.5.6. Paslanmış Yüzeye Sahip St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler	55
BÖLÜM 6.	57
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Manuel kumlama kabini görüntüsü	10
Şekil 3.2. Kumlama kazanı görüntüsü.....	10
Şekil 3.3. Kumlama odası görüntüsü	12
Şekil 3.4. Türbinli kumlama makinesini oluşturan üniteler görüntüsü	12
Şekil 3.5. Türbin görüntüsü	13
Şekil 3.6. Separatör görüntüsü.....	14
Şekil 3.7. Farklı boyutlardaki çelik bilyaların görünümleri	15
Şekil 3.8. Farklı boyutlardaki çelik gritlerin görünümleri.....	16
Şekil 3.9. Farklı alüminyum oksit minerali görünümleri	17
Şekil 3.10. Aşındırıcı cam kürecik görünümü	18
Şekil 3.11. Aşındırıcı paslanmaz çelik bilya görünümü.....	19
Şekil 3.12. Aşındırıcı silisyum karbür görünümü	19
Şekil 3.13. Aşındırıcı garnet görünümü	20
Şekil 3.14. Aşındırıcı cam kumu görünümü	20
Şekil 3.15. Aşındırıcı seramik küre görünümü	21
Şekil 3.16. Aşındırıcı plastik görünümü.....	21
Şekil 3.17. Aşındırıcı kumlama sodası görünümü	22
Şekil 3.18. Aşındırıcıların numune üzerine püskürtülme görüntüsü.....	23
Şekil 3.19. Numune üzerinde aşırı dövme izi görüntüsü	23
Şekil 3.20. Numune üzerinde istenilen temizliğin sağlanmamış görüntüsü.....	23
Şekil 3.21. Düşük sertlik değerine sahip aşındırıcı görüntüsü.....	24
Şekil 3.22. Uygun sertlik değerine sahip aşındırıcı görüntüsü	24
Şekil 3.23. Yuvarlak aşındırıcı görüntüsü	25
Şekil 3.24. Köşeli aşındırıcı görüntüsü	25
Şekil 3.25. Doğru püskürtme açısı görüntüsü.....	26
Şekil 3.26. Yanlış püskürtme açısı görüntüsü	26
Şekil 4.1. Veri elde edilme sürecinin şematik gösterimi	28
Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan numune ebatları	29

Sayfa

Şekil 4.3.	Normal yüzey kalitesine göre (Piyasadan alındığı gibi) hazırlanan numune görüntüsü	29
Şekil 4.4.	Yüzeyi frezelenmiş numune görüntüsü	29
Şekil 4.5.	Yüzeyi paslanmış numune görüntüsü	30
Şekil 4.6.	St37 ve St52 çelik numunelerin toplu görüntüsü	30
Şekil 4.7.	Deneylerde kullanılan türbinli tip kumlama tezgâhı görüntüsü	31
Şekil 4.8.	S390 ve S460 aşındırıcı bilya görüntüleri.....	32
Şekil 5.1.	Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	36
Şekil 5.2.	Normal yüzeyli St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	37
Şekil 5.3.	Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	38
Şekil 5.4.	Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	39
Şekil 5.5.	Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	40
Şekil 5.6.	Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	41
Şekil 5.7.	Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	42
Şekil 5.8.	Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	43
Şekil 5.9.	Normal yüzeyli St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	44
Şekil 5.10.	Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	44
Şekil 5.11.	Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	44
Şekil 5.12.	Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri	45
Şekil 5.13.	Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	46
Şekil 5.14.	Normal yüzeyli St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	47

Şekil 5.15. Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	48
Şekil 5.16. Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	49
Şekil 5.17. Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	49
Şekil 5.18. Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.....	50
Şekil 5.19. Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	51
Şekil 5.20. Normal yüzeye sahip St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	52
Şekil 5.21. Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	53
Şekil 5.22. Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	54
Şekil 5.23. Normal yüzeye sahip St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	55
Şekil 5.24. Paslanmış yüzeye sahip St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. St37 ve St52 deney numunelerinin mekanik özellikleri.....	31
Çizelge 4.2. Aşındırıcı çelik bilyaların boyutsal özellikleri.....	32
Çizelge 4.3. S390 ve S460 aşındırıcı çelik bilyaların fiziksel özellikleri	32
Çizelge 4.4. Bilya boyutlarının kinetik enerjiye etkileri.....	33
Çizelge 4.5. İşleme parametreleri.....	33
Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri.....	34
Çizelge 5.1. Kumlama öncesi deney numunelerinin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).....	35
Çizelge 5.2. S390 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).....	36
Çizelge 5.3. S460 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).....	42
Çizelge 5.4. S390 ve S460 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra)	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

J	: Joule
psi	: Pounds per inch square
%	: Yüzde
N	: Newton

KISALTMALAR

AlMg ₃	: Alüminyum Magnezyum alaşımı
cm ³	: Santimetre küp
Cr ₂ O ₃	: Kromit
dk.	: Dakika
dev	: Devir
f	: İlerleme
FeCu	: Demir bakır alaşımı
g	: Gram
kg	: Kilogram
m	: Metre
mm	: Milimetre
m ³	: Metre küp
Mpa	: Mega Paskal
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
vb.	: Ve benzeri
90MnCrV8	: Soğuk iş takım çeliği
µm	: Mikron

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İmalatta ürün kalitesini düşürmeden imalat girdilerini azaltmak ve maliyeti en aza indirmek temel hedeflerdendir. Araştırmacılar, malzemelerin imalat yöntemleriyle şekillendirilmesi, kaynak edilebilirlikleri ve bitmiş iş parçalarının uzun süre boyalarının muhafaza edilebilmesi gibi imalat sırasında karşılaşılan problemlerle ilgilenmektedirler. Bu problemlerin belirgin özellikleri her geçen gün gelişen imalat teknolojilerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Kumlamanın amacı, malzemelerin üzerinde biriken kir, yağ, pas, boya ve tufal gibi atıkları yüzeyden arındırmak ve malzeme yüzeyini arzu edilen formda pürüzlendirmektir. Malzeme yüzeyinin temizlenmesi ve pürüzlendirilmesi, aşındırıcının malzeme yüzeyine belirli bir basınç ve açı ile püskürtülmesi ile gerçekleştirilir. Bir yüzeye boyama veya kaplama yapmadan önce yüzey hazırlığının fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılması gerekmektedir. Bu hazırlık adımları; kumlama, kimyasal temizleme, basınçlı su püskürtme gibi bir takım teknikler ile yapılır. Kumlama yaygın, etkin ve ekonomik olması nedeniyle en çok kullanılan yüzey temizleme yöntemlerindedir [1].

Çelik yapıların imalatında, imalatı yapılacak olan malzeme ve talep edilen yüzey kalitesine bağlı olarak; aşındırıcı çeşidi, büyüklüğü, fırlatma basıncı veya hızı, püskürtme açısı, iş parçası ilerleme değeri, kumlama süresi vb. gibi değişkenlerin kumlama esnasında önemli etkileri görülmektedir [2].

Bu çalışmada, iş parçasının yüzey temizliği ve pürüzlendirilmesi için türbinli kumlama makinası seçilmiştir. İşleme parametrelerinin etkilerini görebilmek için iki farklı malzeme grubu (St37 ve St52) ve bu malzemelerden üç farklı yüzey kalitesine sahip deney numuneleri hazırlanmıştır. Deney numunelerinin yüzey

kaliteleri; frezelenmiş, dış hava şartlarına bırakılarak paslandırılmış ve normal yüzeye sahip (piyasadan alındığı gibi) seçilmiştir.

St37 ve St52 malzemeleri türbinli kumlama tezgâhında her bir deney numunesi için beş farklı ilerleme değerinde (0.8, 1.2, 1.6, 2, 2.4 m/dk.) ve iki farklı aşındırıcı bilya (S390, S460) ile işlenmesi sırasında yüzey temizliği ve pürüzlülüklerinin gözlemlenmesi ve ölçülmesi amaçlanmıştır.

S390 ve S460 aşındırıcı bilyalarla beş farklı ilerleme değerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri grafiklere aktarılmıştır. Grafikler yorumlanarak, aşındırıcı bilya çeşidi ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Yüzey temizliği görsel (fotoğraf) olarak kontrol edilip yorumlanmıştır.

İlerleme değeri, aşındırıcı çeşidi, aşındırıcı çapı vb. işleme parametreleri kullanılarak yapılmış çok fazla çalışma bulunmadığından, istenilen malzeme kalitesi için yukarıda adı geçen değerler ile çalışma yapılması gerektiği kararlaştırılmıştır.

Çalışma genel olarak; giriş, konuyla ilgili çalışmaları içeren literatür araştırması, kumlama işlemleri için kullanılan kumlama makinaları ve malzeme grubuna göre aşındırıcı bilya seçimi, deney düzeneği ile kullanılan aşındırıcı bilya ve malzeme çiftlerini tanımlayan materyal ve metot, denemeler sonucu elde edilen bulguları önceki çalışmalar ile mukayese edilen bulgular-tartışma ve son olarak sonuç ve öneriler olmak üzere altı bölümden meydana gelmektedir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, deneysel çalışmaya yön vermek üzere, kumlama işleminde kullanılan aşındırıcıların, malzeme ortalama yüzey pürüzlülüğüne ve yüzey görünümüne etkisi araştırılmış ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

Kambham ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada işleme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisini belirlemek için aşındırıcı olarak bakır curufu kullanmışlardır. Çalışmada, kumlama işlemlerinde aşındırıcı curufun püskürtme basıncını 80, 100 ve 120 psi, fırlatma miktarını ise 180, 240 ve 360 kg/saat olarak kullanmışlardır. Yapmış oldukları deneyler sonucunda, aşındırıcı püskürtme basıncı ve fırlatma miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmişlerdir [3].

Spur ve arkadaşları, yapmış oldukları kumlama çalışmalarında aşındırıcı olarak kuru buz (katılaştırılmış karbondioksit) kullanmışlardır. Yapılan deneylerde aşındırıcıların çarpma kuvveti, çapı ve fırlatma hızının malzeme üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Aşındırıcıların çarpma kuvveti arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığını gözlemlemişlerdir. Aşındırıcı çapı büyüdükçe yüzey pürüzlülüğü artmakta fakat birim alana gelen aşındırıcı miktarı azaldığından istenen yüzey kalitesine ulaşamadığını belirtmişlerdir. Aşındırıcıların fırlatma hızı arttıkça yüzey kalitesinin belirli bir seviyeye kadar arttığı daha sonra ise sabit kaldığını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar, deneysel çalışmalarında aşındırıcı olarak kullandıkları kuru buzun malzeme üzerindeki istenmeyen maddeleri temizlemek için kullandıkları enerjinin, fırlatmadan elde edilen kinetik ve termal enerjinin yanı sıra süblimleşme enerjisine de dayanmakta olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yüzeye çarpan aşındırıcının süblimleşerek ortadan kaybolduğunu ve bu sayede işlem sonrası temizlik maliyeti ve ekolojik hasarın azaltılabileceğini belirtmişlerdir [4].

Momber ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada düşük karbonlu çelik numunelerin, iki farklı yöntem kullanarak yüzey temizliği üzerindeki değişimlerini araştırmışlardır. Birinci yöntemde, su jeti ile yüzeylerin temizlenmesi, ikinci yöntemde ise aşındırıcı olarak silis kumu kullanmak suretiyle yüzeylerin temizleme çalışmaları yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümleri ve görüntüleme cihazları ile yapılan ölçümlerde basınçlı sıvı püskürterek yapılan temizlik işleminde, yüksek bir yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kirlenmesi olmadan temiz yüzeyler oluşturulduğu sonucuna varmışlardır. Buna karşılık, aşındırıcı olarak silis kumu kullanılarak yapılan kumlama işleminde ise yüksek yüzey pürüzlülüğü elde etmişlerdir. Ayrıca deney parçası yüzeyinde gömülü kum kalıntılarına rastlamışlardır [5].

Baş ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada 90MnCrV8 soğuk iş takım çeliğinden üretilmiş silindirik numunelerin kumlama, kimyasal aşındırma ve elektrik deşarj metodu gibi farklı yüzey işleme işlemleri ile üretimleri sonucunda yorulma davranışlarını karşılaştırmışlardır. Tornalamadan sonra yapılan elektrik deşarj metodu işleminin parçanın yorulma ömrünü azalttığı, sonrasında uygulanan kumlama işlemi ile yorulma ömrünün arttığı, kumlama yerine kimyasal temizleme yapıldığında ise yorulma ömrünün azaldığı sonucuna varmışlardır [6].

Staia ve arkadaşları tarafında yapılan kumlama işlemi çalışmalarında Tungsten Karbür –Kobalt termal sprey kaplama ile kaplama yapılmadan önce numune yüzeyi pürüzlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Yapmış oldukları çalışmada yüzey pürüzlülüğünün kaplamaya etkilerini araştırmışlardır. Burada pürüzlü bir yüzey oluşturarak kaplama malzemesinin numune yüzeyine iyi yapışmasını hedeflemişlerdir. Yapılan deneysel çalışmada 0.345, 0.483 ve 0.621 MPa basınçlarında aşındırıcı püskürtülerek ortalama olarak 9,74 ile 12,57 µm arasında değişen pürüzlülük değerleri elde etmişlerdir. Seçilen üç basınç değerinin oluşturduğu yüzey pürüzlülük değerinin kaplama için uygun olduğunu belirtmişlerdir [7].

Yılmaz ve arkadaşları, çalışmalarında FeCu – grafit kompozitinden parçalar üretip bunlardan aşınma ve mekanik deney numuneleri elde etmişlerdir. Elde edilen deney numunelerinin bir kısmı sadece borlama işlemine tabi tutulmuş, kalan kısım ise

borlama sonrasında kumlama işlemine tabi tutmuşlardır. Herhangi bir işlem uygulanmamış yüzeylere oranla yüzey aşınması 7 kat artmıştır. Bunun yanı sıra işlem görmemiş yüzeylerde aşınma sırasında bölgesel çizikler açıkça görünürken, borlanmış ve bilya ile dövülmüş yüzeylerde çok daha az ize rastlandığını belirtmişlerdir [8].

Yılmaz ve arkadaşları, demir esaslı FeCu-Grafit kompozitinden toz metal parçalar üretmiştir. Elde edilen parçalardan yorulma deney numunelerinden, bazılarını borlama bazılarını ise borlama ve bilyalı dövme işlemi uygulamışlardır. Numunelerin yorulma özellikleri incelenip birbiriyle kıyaslamışlardır. Bunun sonucunda da;

1. Borlanmış ve bilya ile dövülmüş numunelerin yorulma dayanımı, herhangi işlem uygulanmamış numunelere göre daha yüksek elde edilmiştir.
2. Borlanmış numunelerin yüzey tabakasında belirgin bir bozulma olmayıp, bilya ile dövülmüş numunelerin yüzey tabakasında az miktarda bozulma gözlenmiştir.
3. Yüzey bozulmalarını önlemek için borlamadan sonra yapılacak bilyalı dövmede, dövme şiddeti mümkün olduğu kadar düşük tutulmaya çalışılması gerektiği sonucuna varmışlardır [9].

Satıcı yaptığı araştırmasında, kumlama işleminin ve işleme etkiyen parametrelerin incelenmesi çalışmasında, 0,125 m³ hacimli lastik tamburlu kumlama makinesi kullanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü deneyi için iki farklı test bilyası (S70 ve S110) ve yedi farklı püskürtme hızı (2200, 2250, 2300, 2350, 2400, 2450 ve 2500 dev/dk.) değerlerini kullanmıştır. Deneyler sonucunda, üzerinde 0,5 mm çapından büyük izi olan numuneler dikkate alınmıştır. Bütün bunların sonucunda türbin dönüş hızının 2100 – 2200 dev/dk. aralığında olması gerektiği ve S110 bilya kullanılması gerektiği sonucuna varmıştır. Gözlemlendiği başka bir sonuç ise 2000 dev/dk. altındaki dönüş hızlarında, kumlama kalitesinin düşük kalitede olduğunu belirtmiştir [10].

Plaster, yapmış olduğu çalışmada, santrifüj etkisiyle kumlama yapan bir sistemle havalı kumlama yapan sistemleri kıyaslamıştır. Yapmış olduğu çalışma sonucunda

santrifüj etkisiyle yapılan kumlama, hava ile yapılan kumlamaya göre 8 kat daha fazla alan kumlarken, harcanan enerjinin ise 6.5 kat daha düşük olduğu sonucuna varmıştır [11].

American Wheelabrator & Equipment Company şirketi, kumlamanın malzemelerdeki yorulma dayanımı üzerine yaptığı çalışmada; eğer yorulma 1000 tekrardan az meydana gelirse kumlamanın istenilen etkileri göstermediği, 100,000 tekrarın üzerinde ise oluşan yorulma durumunda kumlamanın etkisinin artmakta olduğunu belirtmiştir. Kumlanma yapılmadığında ortalama ömrü 75,000 tekrar olan aks millerinin, kumlandığında ortalama 379,013 tekrarda kırıldığını tespit etmişler ve yorulma ömrünün bu sayede yaklaşık % 400 oranında arttığı sonucuna varmışlardır [12].

Metabrasive Limited şirketi, yüzey pürüzlülüğü üzerine yaptığı araştırmalarda, pürüzlülüğü etkileyen en önemli etkenler arasında aşındırıcı cinsi olduğu söylemiştir. Yapılan deneylerde çelik bilya ile kumlanmış yüzeylerde ortalama pürüzlülük değeri 9 µm, çelik grit ile yapılan kumlamada pürüzlülük değeri 11,4 µm iken, kesilmiş tellerle yapılan kumlamada ise elde edilen ortalama pürüzlülük değeri 14,8 µm olduğunu belirtmişlerdir [13].

Yetgin ve Kıratlı, yaptıkları çalışmada alevle tel püskürtme yöntemini kullanarak Cr₂O₃ seramik telleri ile kaplanan, AlMg₃ alaşımının korozyon dayanımını incelemişlerdir. Deney numunelerinin yüzeyi 4 bar ve 7 bar basınçla kumlama yapılarak yüzeyleri pürüzlendirilmiştir. Kumlama işleminden önce yüzey pürüzlülüğü 0,871 µm iken, 4 bar basınçla yapılan kumlama işleminden sonra 11,31 µm ve 7 bar basınçla yapılan kumlamada ise 14,14 µm değerleri elde edilmiştir. Yetkin ve kıratlı kumlama basıncı arttıkça yüzey pürüzlülük değerinin arttığını belirtmişlerdir [14].

American Wheelabrator & Equipment Company şirketi, gerilme altında korozyon kırılmasına karşı kumlamanın etkilerinin araştırıldığı çalışmasında magnezyum alaşımı test çubuklarıyla deneyler yapmışlardır. Potasyum – kromat ve sodyum – clorit çözeltisine batırılan örneklerin ortalama 120 saniye içinde numunelerin

kırıldığı gözlemlenmiştir. Benzer örnekler küresel demir granüllerle kumlandığında aynı çözelti içinde 10 gün kırılmadan ve korozyona uğramadan kaldığı gözlenmiştir [15].

Hansel, boyama ve kaplama uygulamalarından önce yüzeyde bulunan pas, yağ, tufal ve boya gibi istenilmeyen maddelerin giderilmesini ayrıca boya ve kaplamanın uzun ömürlü olması için yüzeyde pürüzlülük sağlanması gerektiğini belirtmiştir. Hansel tarafından kumlama uygulanmış iş parçalarının kumlama uygulanmamış iş parçalarına göre daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir [16].

Clemco Industries, yapmış olduğu araştırmalarında çelik yüzeylerin kumlanması ile boya ve kaplama öncesi en uygun yüzey temizliği ve yüzey görünümünün elde edileceğini belirtmiştir. Doğru kumlama işleminin yapılabilmesi için ekipman, aşındırıcı ve operatörün doğru seçilmesi gerektiğini belirtmiştir [17].

Gedeon, yapmış olduğu çalışmada boya yapılacak yüzeylerin temiz olması gerektiğini belirtmiştir. Malzeme yüzeylerindeki artan pürüzlülük sayesinde boyanın girinti, çıkıntı vb. yerlere girerek daha iyi nüfuziyet sağladığını ve bu sayede boya ömrünün arttığını belirtmiştir [18].

Balan, yapmış olduğu kumlama çalışmada aşındırıcının iş parçasına fırlatma mesafesinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini araştırmıştır. Yapmış olduğu çalışmada aşındırıcının iş parçasına yakın mesafeden fırlatılmasının yüzey pürüzlülük değerini arttırdığı sonucuna varmıştır [19].

Surface Preparation Specifications (SSPC) isimli kuruluş yapmış olduğu araştırmasında yüksek yüzey pürüzlülüğü elde etmek için;

1. Aşındırıcı boyutunun büyük seçilmesi,
2. Yüksek sertliğe sahip aşındırıcılar seçilmesi,
3. Yuvarlak yerine köşeli aşındırıcılar kullanılması gerektiğini,
4. Kumlama süresi azaldıkça yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü söylemişlerdir [20].

2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda aşındırıcı çeşidi, aşındırıcı büyüklüğü, fırlatma hızı, fırlatma basıncı ve mesafesi ile kumlama süresinin ve numune ilerleme değerinin yüzey görünümü, yüzey pürüzlülüğü ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma üzerine literatürde değişik araştırmalar mevcut olup tam olarak istenilen katalog değerleri bulunmamaktadır. Bu nedenle, endüstride yaygın olarak kullanılan malzemeler ve bu malzemelerin yüzey durumları göz önüne alınarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma, literatürde az sayıda olan çalışmalara zenginlik katmaktadır.

BÖLÜM 3

KUMLAMA, KUMLAMA MAKİNALARI VE AŞINDIRICILAR

3.1. KUMLAMA

Kumlama; imalat, kaynak, boya ve kaplama uygulamaları öncesinde malzemelerin üzerinde biriken kir, yağ, pas, boya ve tufâl gibi atıkları yüzeyden arındırmak, malzeme yüzeyini pürüzlendirmek ve mekanik özelliklerini artırmak için malzeme yüzeyine uygun aşındırıcıların yüksek basınçla püskürtülmesi işlemidir.

3.2. KUMLAMA MAKİNALARI

Kumlama makineleri, kumlama işleminin yapılmasını sağlayan ekipmanlar topluluğudur. Kumlama işlemi için çeşitli kumlama makineleri kullanılmaktadır. Bunlar;

1. Kumlama kabinleri
2. Kumlama kazanları
3. Kumlama odaları
4. Türbinli kumlama makineleri vb. dir.

3.2.1. Kumlama Kabinleri

Kumlama kabinleri küçük numunelerin manuel veya otomatik olarak kumlanmasını sağlar. Manuel makinelerde, operatör kumlanacak numuneyi makine içine koyduktan sonra kumlama tabancası yardımıyla kumlar. Otomatik makinelerde ise kumlama tabancaları makine içine uygun açılarda ve yüksekliklerde sabitlenir. Operatör kumlanacak numuneyi kabin içerisine koyduktan sonra makineyi çalıştırır ve numune kumlanır. Şekil 3.1'de manuel kumlama makinası gösterilmiştir [21].



Şekil 3.1. Manuel kumlama kabini görüntüsü [21].

3.2.2. Kumlama Kazanları

Şekil 3.2’de görüntüsü verilen basınçlı kumlama kazanı; açık saha çalışmalarında, taşınamayan yüzeylerin kumlanmasında (Bina, büyük çelik yapılar vb.) kullanılan, istenilen her yere götürülebilen kumlama makinesi çeşididir. Bunun yanında kumlama odalarında taşınabilir büyük numunelerin kumlanmasında kullanılmaktadır. Hava basıncı ile çalıştığı için beraberinde bir kompresöre de ihtiyaç duyulmaktadır. Başlıca kullanım yerleri; Gemi sanayi, döküm sanayi, otomotiv, mermer, tekstil, cam, boru, imalat-montaj sektörleridir [22].



Şekil 3.2. Kumlama kazanı görüntüsü [22].

3.2.3. Kuşlama Odaları

Çok geniş ebatlardaki numuneleri kuşlamak gerektiğinde türbinli-otomatik kuşlama makinelerinin kapasiteleri yetersiz kalmaktadır. Geniş ebatlardaki numuneleri kuşlanması amacı ile kuşlama odaları kullanılmaktadır [23].

Kuşlama odalarında taşınması zor olan numuneler yerde bulunan raylı bir sistem üzerinde hareket ettirilerek ya da odanın tavanındaki monoray vinç vasıtasıyla taşınmaktadır. Kuşlama kabininin içinde kuşlamadan dolayı oluşacak toz bulutunun oluşmasını engellemek ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için emiş fanı bulunan bir havalandırma sistemi kurulur.

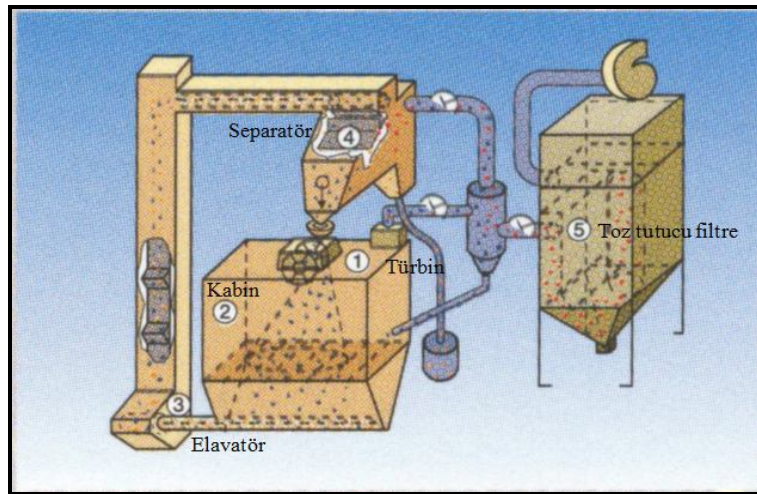
Kuşlama işlemini yapacak kuşlama kazanı oda içinde bulundurulur. İçinde aşındırıcı bulunan kum kazanının hareketi zor olduğundan oda içerisinde operatörün her yere rahatça ulaşmasını sağlamak için odanın ölçülerine göre hortum ile desteklenir. Uygun kompresör, hava tankı ve hava kurutucusu odanın dışından kuşlama kazanına yeterli havayı sağlamak amacı ile kurulur. Zemin çelik ızgaralardan oluşur ve kullanılan aşındırıcının zeminin altında bulunan aşındırıcı deposuna dökülmesi sağlanır. Depoya dökülen aşındırıcı helezonlar vasıtası ile hareket ettirilerek toplama ünitesi tarafından vakumlanır. Aşındırıcı toplama ünitesi içerisinde bulunan manyetik seperatör ve filtre vasıtası ile aşındırıcı toz, kir, boya gibi yabancı maddelerden arındırılarak oda içerisindeki kuşlama kazanına geri dönüşümü sağlanır. Bu sayede basınçlı kuşlama sistemlerinde kullanılan sarf malzemenin geri dönüşüm problemi en aza indirilerek çözülmüş olur. Tekrar kullanılabilen aşındırıcının toplanma işleminin manuel olarak yapılması halinde % 20'ye varan aşındırıcı kaybının önüne geçilmiş olur [23]. Şekil 3.3'te kuşlama odası görüntüsü verilmektedir.



Şekil 3.3. Kuhlama odası görüntüsü [23].

3.2.4. Türbinli Kuhlama Makineleri

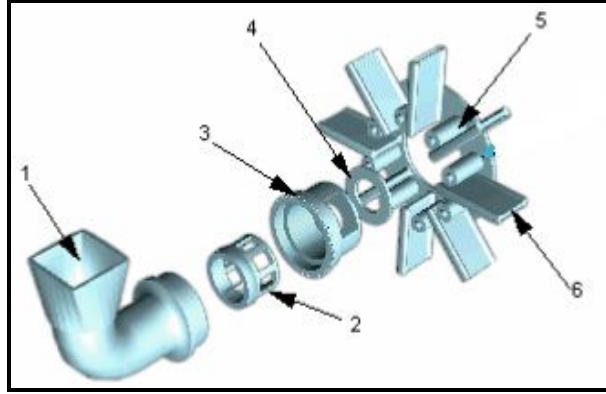
Türbinli kuhlama makinesi Şekil 3.4'te görüldüğü gibi beş ana bölümden oluşmaktadır. Sistemdeki bilyalar türbin vasıtasıyla kabin içerisindeki numune üzerine yüksek basınçla püskürtülerek temizlenmesi sağlanır. Aşındırıcıların numune üzerine yüksek basınçla püskürtülmesi sonrasında bilyalar, toz, çapak vb. ile karışık bulunurlar. Bunlar elavator yardımıyla ayrıştırılmak üzere separatöre taşınmaktadır. Separatör sisteminde bilyalar toz tutucu filtre emişi sayesinde temizlenerek tekrar kullanılmak üzere türbinlere iletilir. Dolayısıyla kabin içerisinde kapalı bir çevrim ve hava emişinden dolayı sürekli bir hava basıncı bulunmaktadır [24].



Şekil 3.4. Türbinli kuhlama makinesini oluşturan üniteler görüntüsü [24].

3.2.4.1. Türbin

Türbinli kumlama sisteminde aşındırıcıların kabin içerisinde temizlenecek numune üzerine doğru hız ve istikamette fırlatılmasını sağlayan en önemli parçadır [25]. Şekil 3.5'te türbin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.5. Türbin görüntüsü [25].

Şekil 3.5'te gösterilen türbine ait parçalar;

1. Besleme Spotu
2. Savurucu
3. Kontrol Kafesi
4. Sabitleme Aparatı
5. Kayar Plaka
6. Türbin Paleti gibi makina elemanlarından oluşmaktadır.

3.2.4.2. Temizleme Kabini

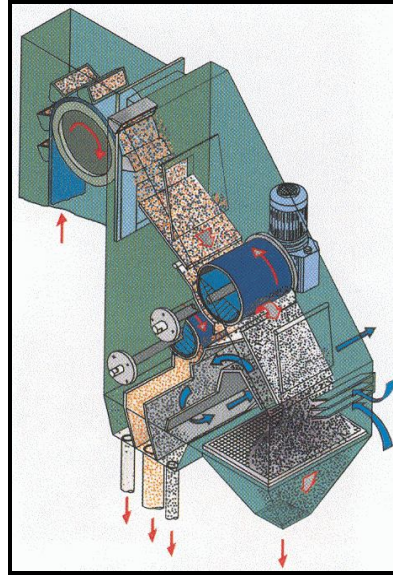
Temizleme kabininin iki ana görevi bulunmaktadır. Birincisi aşındırıcıyı bir bölgede muhafaza etmek, ikincisi fırlatılan bilyaları depolamaktır. Hasar görmüş kabin duvarları aşınmış bağlantılar veya dışarı taşınan bilyalar vb. muhtemel aşındırıcı kaçaıklarına engel olmak çok önemlidir. Bilya kaçaqları aşındırıcı deposunun çalışma seviyesini azaltır. Bu durum türbinin yetersiz beslenmesine, separatör sisteminin yetersiz çalışmasına ve depo yapısının erken aşınmasına neden olmaktadır [25].

3.2.4.3. Elavatör Sistemi

Kuılmadan sonra iş parçası üzerindeki yabancı maddelerle karışım halindeki aşındırıcılar, separatör sistemine elavatörler vasıtasıyla taşınır. Burada dikkat edilmesi gereken elavatör motor gücünün, türbin motor gücüne göre seçilmiş olmasıdır. Bu sayede türbinlerin tam kapasitede çalışabilmesi için gerekli olan bilya sirkülasyonu sağlanmış olmaktadır [25].

3.2.4.4. Separatör

Separatör, karışım içindeki aşındırıcıların büyüklüğünü, karışımındaki istenmeyen toz vb. yabancı maddelerin uzaklaştırılmasını ve karışımın içerisindeki tanecik büyüklüğünü kontrol etmektedir [25]. Şekil 3.6’da separatör görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.6. Separatör görüntüsü [25].

3.2.4.5. Toz Tutucu Sistem

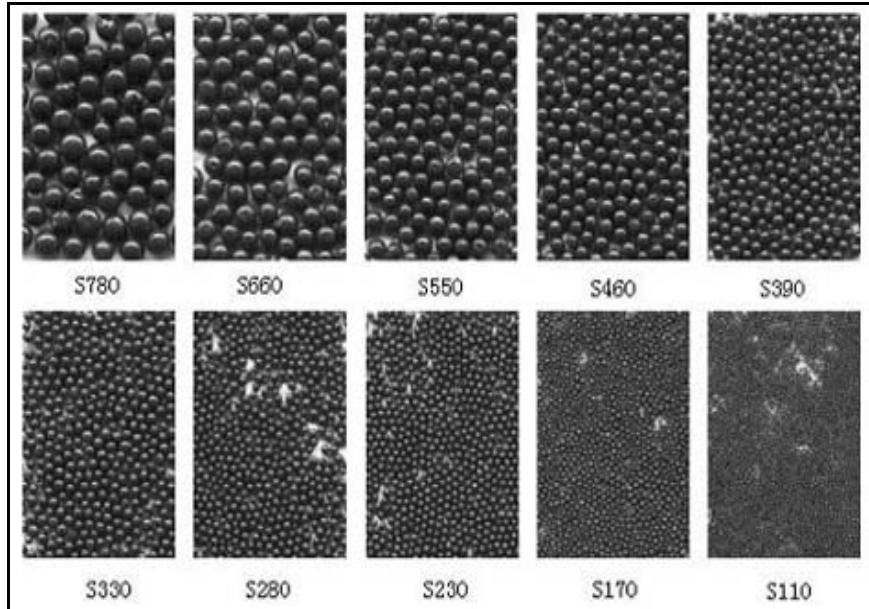
Toz tutucu sistemi, karışım içerisindeki yabancı maddeleri ve kuılmama makinesi içinde havada uçan tozları az bir basınç oluşturmak suretiyle uzaklaştırmaktadır. Filtrelerin düzenli ve verimli bir temizleme yapabilmeleri için iyi temizlenmesi önemlidir [25].

3.3. AŞINDIRICILAR

3.3.1. Çelik Bilya

Genel olarak çeliklerin ve dökme demirlerin kumlanmasında kullanılırlar. Havalı ve türbinli sistem kumlama makinelerinde kullanılan çelik bilya, tekrar kullanım açısından değerlendirildiğinde diğer sarf malzemelere göre daha ekonomiktir. Piyasada çelik bilya, çelik bilye ya da çelik misket olarak adlandırılan bu malzemelerin sistemde kayıp olmadığı durumlarda yüz çarpmaya kadar ömürleri olabilmektedir [26].

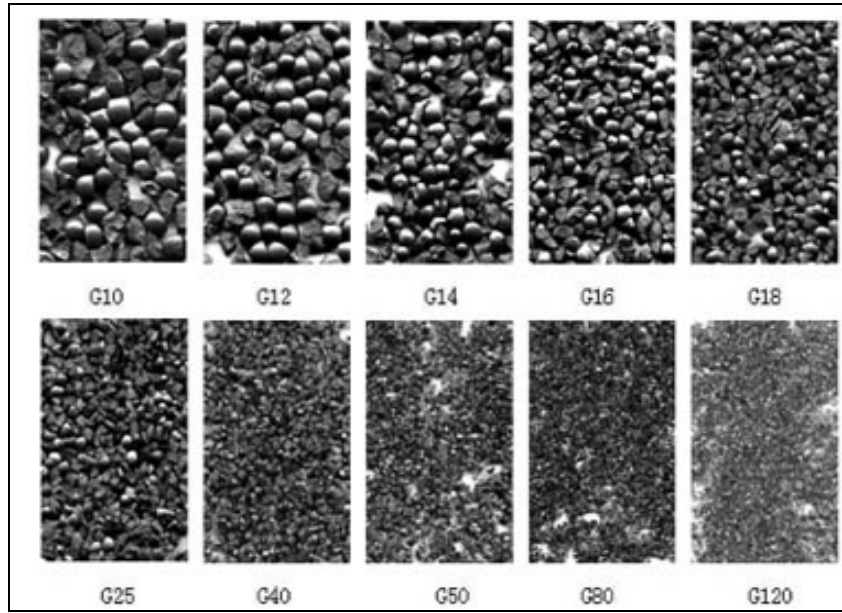
Çelik bilya kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli nokta bilyaların neme duyarlı olmasından dolayı oluşan korozyondur. Bu nedenle hasar görmüş poşetlerde satılan çelik bilya kısa sürede paslanır ve kullanım esnasında üzerinde biriken pas tozu türbin kanatlarının çabuk aşınmasına neden olur. Çelik bilyalar boyutlarına göre kodlanırlar. Şekil 3.7’de farklı boyutlarda bilyaların görünüşleri verilmiştir [26].



Şekil 3.7. Farklı boyutlardaki çelik bilyaların görünüşleri [26].

3.3.2. Çelik Grit

Çelik grit yüksek karbonlu çelik granülün merdaneli kırıcılarda yarım veya çeyrek küreye yakın şekillerde keskin köşeli kırılarak ve uygulama alanına göre temperlenerek üç farklı sertlikte üretilirler. Temperlemenin ardından eleklerden geçirilerek farklı ebatlarda sınıflandırılırlar. Çelik grit üretiminde sertlik, yoğunluk, mikro yapı ve uygulanan ısıl işlem malzemenin kullanım ömrü açısından çok önemli bir yer tutar. Bu uygulamalardaki hatalar ürün kalitesinin düşmesine ve malzeme sarfiyatının artmasına yol açar. Çelik grit kaplama ve boya kaldırma işlemlerinde en iyi sonuç veren aşındırıcılardan bir tanesidir. Çelik grit başlıca; havacılık sanayi, otomotiv endüstrisi, kumlama ve boyama işlerinde, döküm/hassas döküm, granit/taş kesme ve çelik konstrüksiyon işlerinde yoğun olarak kullanılır. Şekil 3.8’de çelik grit çeşitleri gösterilmiştir [27].



Şekil 3.8. Farklı boyutlardaki çelik gritlerin görüntüleri [27].

3.3.3. Alüminyum Oksit Minerali

Mineral içerikli bir sarf malzemesi olan alüminyum oksit, saflığına göre derecelendirilir. Saflık derecesine göre beyaz, pembe ve kahverengi renkte bulunur. Alüminyum oksit minerali, alüminyum metalinin oksijene karşı yüksek duyarlılıkta

olmasından dolayı meydana gelmektedir. Yüksek sertlikleri ve dayanım ömürlerinin yüksek oluşları nedeniyle yüzey işlem sektöründe tercih edilirler. Boya çıkarma veya pürüzlendirme işlemleri için en çok kullanılan malzemelerdir. Alüminyum oksit yüksek sertlikleri ve köşeli yapılarından dolayı özellikle kaplama öncesi pürüzlendirme işleminde yoğun olarak kullanılmaktadır. Alüminyum oksit köşeli bir kumlama malzemesidir. Köşeli malzemelerin aşındırma özelliği yüksektir. Bu özelliğinden ötürü yüzeyin pürüzlendirilmesi işlemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yüzey profilinin çok önemli olmadığı uygulamalarda hızlı bir temizleyici olarak da kullanılmaktadır. Beyaz alüminyum oksit saflık değerinden ötürü paslanmazlık özelliği taşıyan malzemelerin kumlanmasında tercih edilirler. Paslanmaz çelikler, titanyum ve alüminyum alaşımları, bakır ve pirinç alaşımları ve hatta porselen esaslı malzemelerin kumlanmasında tercih edilen beyaz alüminyum oksit, kahverengi alüminyum oksite nazaran çok daha az toz çıkararak daha temiz bir yüzey kalitesi oluşturmaktadır. Kahverengi alüminyum oksit ise serbest halde demir içerdiği için yüzeyin paslanmazlık özelliğini zayıflamaktadır. Ayrıca yoğun kullanımda yüzeyde renk değişimine de yol açabilmektedir. Bu nedenlerle kahverengi alüminyum oksit paslanmazlığın ve yüzey rengi kalitesinin önemli olmadığı durumlarda tercih edilebilirler. Şekil 3.9’da farklı alüminyum oksit minerali türleri gösterilmiştir [28].

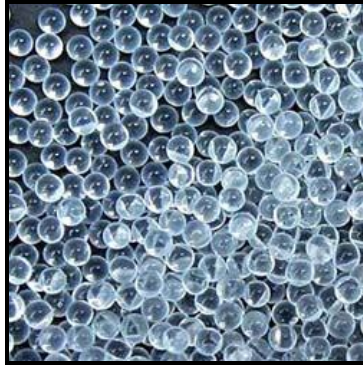


Şekil 3.9. Farklı alüminyum oksit minerali görünümleri [28].

3.3.4. Cam Kürecik

Cam kürecik paslanmaz çelik ve alüminyum yüzeylerin kumlanmasında yoğun miktarda kullanılmaktadır. Bunun dışında hassas yüzey temizliği gereken tüm

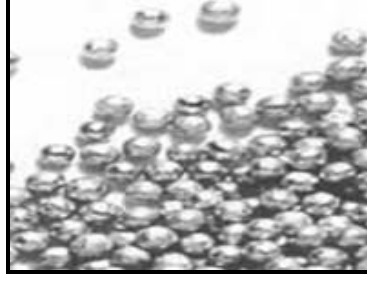
malzemelere uygulanabilir. Cam kürecik, yoğunluğunun düşük olması ve kırılma olma nedeniyle basınçlı kumlama sistemlerinde daha çok tercih edilmektedir. Cam kürecik kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli konu aşındırıcının uzun süre tekrar kullanılmasıdır. Çünkü cam kürecik çok kırılma olduğundan ilk çarpma kırılmakta ve daha sonraki çarpmalarda aynı gritler gibi yüzeyde yarı oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle cam kürecik kullanımındaki tekrar sayısı maksimum iki olarak tavsiye edilmektedir. Kırılma olduğundan dolayı cam kürecik, basınca ve kumlama ortamına bağlı olarak az miktarda toz çıkarmaktadır. Şekil 3.10'da cam kürecik şekli gösterilmiştir [29].



Şekil 3.10. Aşındırıcı cam kürecik görünümü [29].

3.3.5. Paslanmaz Çelik Bilya

Paslanmaz çelik bilya, paslanmaz çelik ve alüminyum malzemelerin kumlanmasında kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik bilyalar, çok yüksek dayanıma sahiptirler. Kumlama sırasında hiç toz çıkarmazlar. Eğer sistemde bir kayıp yoksa uzun ömürlü oldukları için ekonomiktirler. Paslanmaz çelik bilya malzemesinin diğer bir özelliği ise kullandıkça sertleşmesidir. Sünek içyapıya sahip olan bu malzemeler kumlama esnasında yüzeye çarptıkça içyapıları sıkılaştır ve sertlikleri artar. Bu nedenle paslanmaz çelik bilyalar en yüksek performanslarını yirmi çarpmanın ardından göstermekte ve yüzey efekti sağlamaktadırlar. Şekil 3.11'de paslanmaz çelik bilya görüntüsü verilmiştir [30].



Şekil 3.11. Aşındırıcı paslanmaz çelik bilya görünümü [30].

3.3.6. Silisyum Karbür

İki çeşit silisyum karbür bulunmaktadır. Yeşil silisyum karbür, özellikle sert ve çok kırılğan bir aşındırıcıdır. Çarpma ve darbelere karşı duyarlıdır. Başlıca sert metal ve seramik gibi malzemelerin, cam ve aside dayanıklı çeliklerin işlenmesinde kullanılır. Siyah silisyum karbür, çok sert fakat yeşil silisyum karbüre nazaran daha az kırılğandır. Yeşil ve siyah silisyum karbürler, düşük çekme mukavemetine sahip metal ve metal dışı malzemeler ile gri döküm, küresel grafitli döküm, soğuk dökme demir, pirinç, bronz, alüminyum, organik mineraller ve seramik malzemelerin kumlanmasında kullanılır. Şekil 3.12’de silisyum karbür görüntüsü verilmiştir [31].

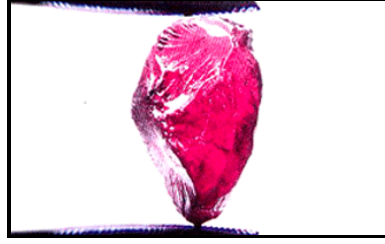


Şekil 3.12. Aşındırıcı silisyum karbür görünümü [31].

3.3.7. Garnet

Garnet tabiatta doğal olarak bulunan sertliği oldukça yüksek olan bir mineraldir. Garnet su jeti kesme makinelerinde aşındırıcı madde olarak ve diğer kumlama uygulamalarında da korozyif etki yaratmamasından dolayı alüminyum oksit

malzemesine alternatif aşındırıcı malzemesidir. Sanayide yoğun miktarda kullanılan silika kumunun çevre ve insan sağlığına olan zararları nedeniyle garnet bu malzemenin yerini almaya başlamış, gemi raspa işleri, ya da elik yapı kumlama işlemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 3.13'te ise garnet görüntüsü verilmiştir [32].



Şekil 3.13. Aşındırıcı garnet görünümü [32].

3.3.8. Cam Kumu

Geri dönüştürülmüş camların öğütüldükten sonraki hallerine cam griti, cam kumu ya da cam tozu denilmektedir. Görüntüsü Şekil 3.14'te verilen cam kumu toplanan cam artıklarının yıkanıp öğütüldükten sonra eleklerden geçirilmesi ile elde edilir. Yüzeylerin pürüzlendirilmesi ve boya sökme amacıyla püskürtülen cam kumu, ancak aşındırıcı kaybının önlenemediği durumlarda ekonomik olabilmektedirler. Kumlama işleminin ardından bir kaplama veya boyama işlemi uygulanacaksa ve aşındırıcı kaybı önlenemiyorsa tercih edilebilir. Cam kumu sadece hava basıncılı sistemlerde kullanılmaktadır. İşlem sırasında basınca ve kumlanan malzemeye bağlı olarak toz çıkarmaktadırlar. Türbinli sistem kumlama makinelerinde, türbin kanatlarını kısa sürede aşındırmasından dolayı kullanımı uygun değildir. Ancak havalı kumlama sistemi ve sulu kumlama sistemleri için verimli bir aşındırıcı malzemesidir [33].



Şekil 3.14. Aşındırıcı cam kumu görünümü [33].

3.3.9. Seramik Küre

Şekil 3.15'te gösterilen seramik kürecik, cam kürecik gibi özellikle paslanmaz çeliklerin ve alüminyum alaşım metallerin kumlanmasında korozif etki yaratmamasından dolayı tercih edilmektedirler. Seramik kürecik sulu kumlama sistemlerine uygundur. Hassas kumlama yapılması gereken türbin kanatlar, kalıplar ve motor parçaları gibi malzemelerin yüzeylerinin temizlenmesi amacıyla seramik kürecik kullanılmaktadır [34].



Şekil 3.15. Aşındırıcı seramik küre görünümü [34].

3.3.10. Plastik Aşındırıcı

Düşük yoğunluğa sahip plastik aşındırıcı kumlama sarf malzemeleri, çok hassas yüzey işlem amaçlı olarak kullanılmaktadır. Havalı ve türbinli kumlama sistemlerine uygundur. Malzemenin yüzeyine zarar vermeden temizleme imkânı sağlar. Toz çıkarmaz. Yüzeyde herhangi bir kalıntı bırakmaz. Termoset, duroplastik ve basınçlı alüminyum döküm malzemelerin kumlanmasında kullanılan plastik aşındırıcılar kumlama esnasında toz oluşturmazlar. Paslanmaz çelik kürelerdeki gibi plastik aşındırıcılar çarpma miktarına bağlı olarak içyapı sertleşmesi meydana gelir. Bu nedenle plastik aşındırıcı kullanıldıkça sertleşir ve daha yüksek yüzey efekti meydana getirir. Şekil 3.16'da aşındırıcı plastik görünümü gösterilmiştir [35].



Şekil 3.16. Aşındırıcı plastik görünümü [35].

3.3.11. Kumlama Sodası

Şekil 3.17’de gösterilen kumlama sodası hassas kumlama işlemleri olan tarihi eserlerin kumlanması, klasik araçların kumlanması, araba jantlarının kumlanması gibi işlemlerde yoğun olarak kullanılan bir sarf malzemesidir. Beyaz renkli olan kumlama sodası yüzeye püskürtüldüğünde malzemenin kendisine neredeyse hiç zarar vermeden üzerindeki tüm boya, pas ve kir tabakasını ortadan kaldırmaktadır. Granül haldeki kumlama sodası suda kolaylıkla çözünür ve çözeltisi renksizdir. Bu özelliği ile kumlama işleminde diğer sarf malzemelerinin önüne geçmektedir. Sodalı kumlama uygulamalarında kullanılan bu malzeme, aynı zamanda sulu kumlama uygulamalarında da tozsuz kumlama imkânı sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir. Çok hassas kumlama işlemlerinde kullanılan soda sarf malzemeleri, yüksek sertlik ve düşük yoğunluk özellikleri nedeniyle havalı sistem kumlama işlemlerinde uygulama alanı bulmaktadır. Kumlama sodası, doğal olduğundan çevreye herhangi bir zarar vermemekte olup, doğa dostudur [36].

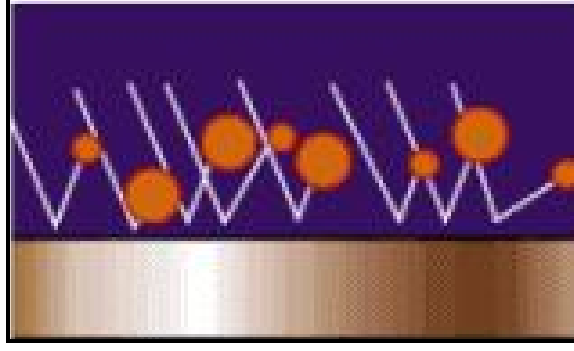


Şekil 3.17. Aşındırıcı kumlama sodası görünümü [36].

3.4. AŞINDIRICILARIN KUMLAMAYA ETKİSİ

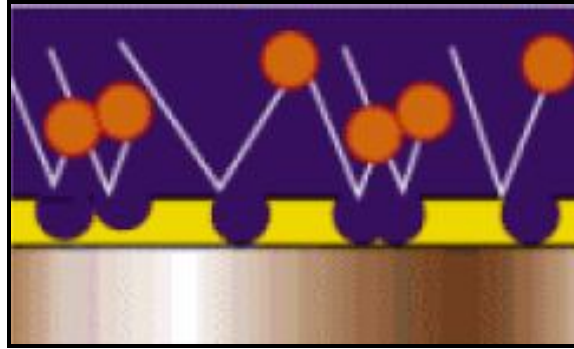
3.4.1. Aşındırıcı Büyüklüğü

İyi bir yüzey kalitesi elde edebilmek için Şekil 3.18’de görüldüğü gibi, çalışma esnasında büyük ve küçük taneler uygun bir karışım şeklinde malzeme yüzeyine püskürtülmektedir.

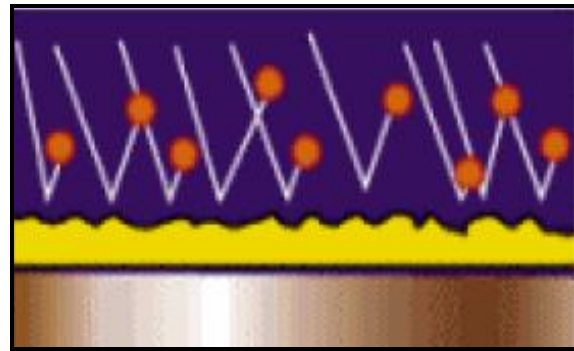


Şekil 3.18. Aşındırıcıların numune üzerine püskürtülme görüntüsü [2].

Karışımında çok büyük taneler mevcut ise kısmen parça üzerinde lokal temizlikler yapar aynı zamanda numune üzerinde Şekil 3.19'daki gibi dövme izleri bırakır. Eğer karışımında çok ince taneler mevcut ise kumlama sonrası Şekil 3.20'de görüldüğü üzere istenilen temizliğin sağlanması mümkün olmamaktadır [2].



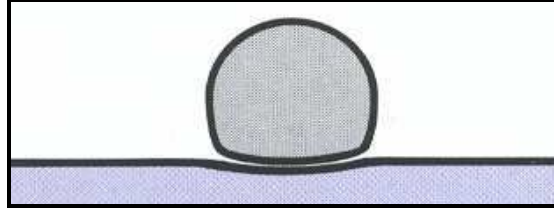
Şekil 3.19. Numune üzerinde aşırı dövme izi görüntüsü [2].



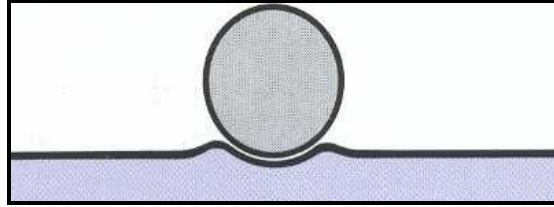
Şekil 3.20. Numune üzerinde istenilen temizliğin sağlanmamış görüntüsü [2].

3.4.2. Sertlik

Kumlamada genel prensip, temizleme bilyasının temizlenecek numunelerden daha sert olmasıdır. Aşındırıcıların yumuşak olması durumunda Şekil 3.21’de görüldüğü gibi yüzey üzerinde herhangi bir temizlik etkisi göstermez. Temizleme yapabilmek için aşırı zaman ve maliyet etkisi gerekmektedir. Şekil 3.22’deki gibi uygun sertlikte bilya kullanılması durumunda hem kumlama için harcanan zaman ve maliyet azalmakta hem de bilyalar çok çabuk kırılmadığından bilya ömürleri artmaktadır. Çok sert aşındırıcı kullanılması durumunda aşındırıcı çok çabuk kırılır ve aşındırıcı maliyeti artar. Bu nedenle en az kırılma özelliği gösteren, tokluğu iyi olan sert aşındırıcılar tercih edilmelidir [37].



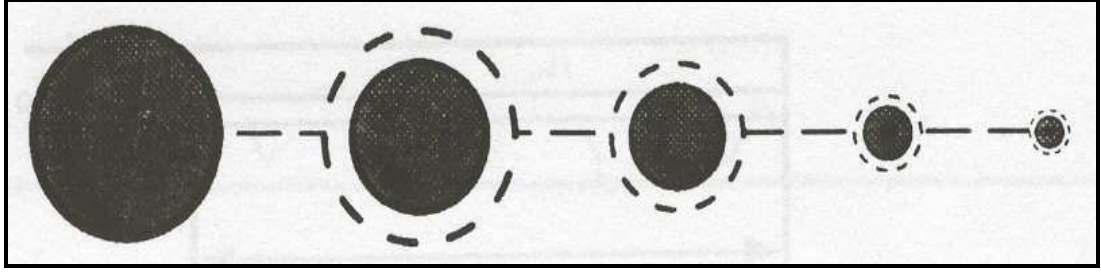
Şekil 3.21. Düşük sertlik değerine sahip aşındırıcı görüntüsü [37].



Şekil 3.22. Uygun sertlik değerine sahip aşındırıcı görüntüsü [37].

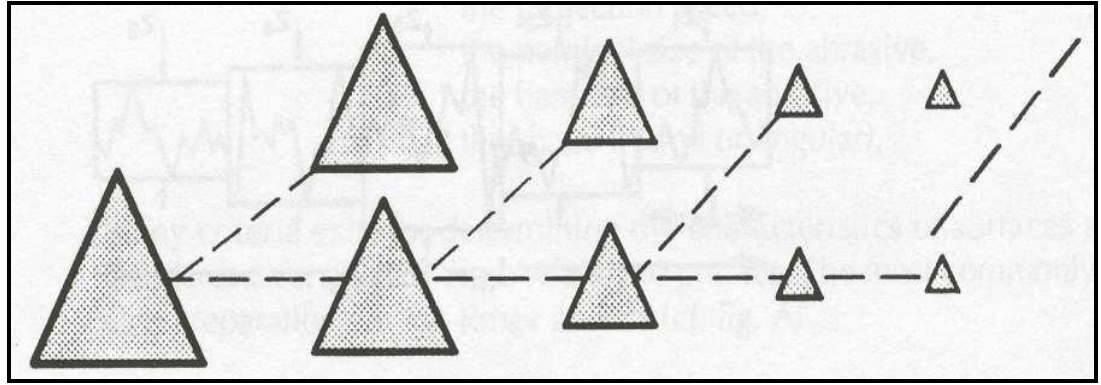
3.4.3. Aşındırıcı Şekli

Yuvarlak aşındırıcıların kullanıldığı kumlama sistemlerinde aşınma durumu Şekil 3.23’te görüldüğü gibi, aşınmaya bağlı olarak kabuk kabuk küçülme şeklindedir. Elde edilen yüzey profili pürüzsüz bir yüzeydir [2].



Şekil 3.23. Yuvarlak aşındırıcı görüntüsü [2].

Şekil 3.24'te gösterilen köşeli aşındırıcılar şekillerinden dolayı daha hızlı kırılmalar göstermektedir. Köşeli aşındırıcılar ile yapılan kumlama yüzey profili keskin köşeli ve pürüzlü olmakla birlikte aşındırıcı sarfiyatı fazladır [37].



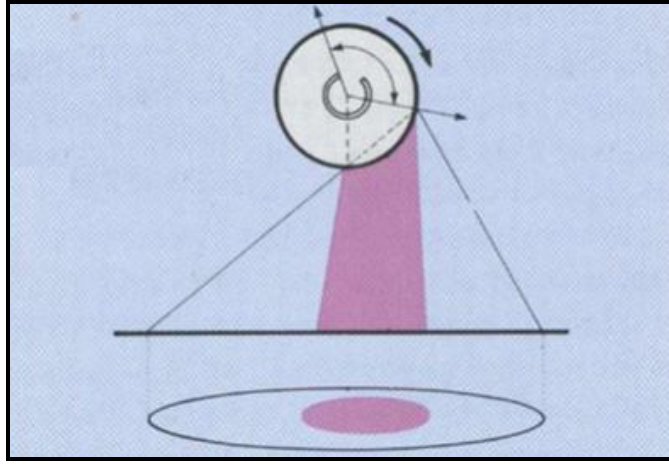
Şekil 3.24. Köşeli aşındırıcı görüntüsü [2].

3.4.4. Fırlatma Hızı

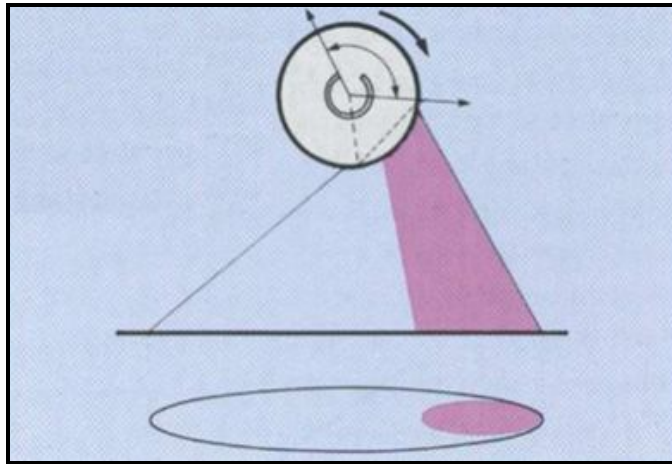
Aşındırıcıların malzeme yüzeyine püskürtülürken hızları çok önemlidir. Püskürtme hızları çok yüksek olursa aşındırıcılar çabuk hasar görür ve aşındırıcı maliyeti artar. Bununla birlikte kumlanan malzeme hasar görebilir. Püskürtme hızının fazla olması nedeniyle malzeme yüzeyine çarpan ve geri seken aşındırıcılardan dolayı aşındırıcıların malzeme yüzeyine ulaşmaları engellenir. Bu yüzden ideal kumlama yapılamaz. Püskürtme hızlarının yavaş olduğu durumlarda ise temizleme için gerekli darbe enerjisi elde edilemediği için istenilen seviyede temizlik gerçekleşmez [37].

3.4.5. Püskürtme Açısı

Aşındırıcı karışımının doğru yönlendirilmesi dikkat edilmesi gereken önemli bir faktördür. Diğer bir deyişle püskürtülen aşındırıcıların hedefi bulması gerekir. Bu ayarlar makine üreticisinin eğitimli personeli tarafından yapılmaktadır. Bu amaçla makine içine konulan kumlanacak malzeme üzerine püskürtülen aşındırıcı jetinin bıraktığı izi göre gerekli aşındırıcı ön ayarı yapılır. Şekil 3.25'te doğru püskürtme durumunda oluşan görüntü, Şekil 3.26'da ise yanlış ayarlanmış püskürtme durumu gösterilmiştir [37].



Şekil 3.25. Doğru püskürtme açısı görüntüsü [37].



Şekil 3.26. Yanlış püskürtme açısı görüntüsü [37].

Püskürtme düzlemi istikameti yanlış ayarlanması durumunda; türbin tarafından atılan aşındırıcı hızının ve miktarının iyi bir makine kullanmanın ve uygun bilya kullanmanın hiçbir önemi yoktur [37].

3.4.6. Kuşlama Süresi

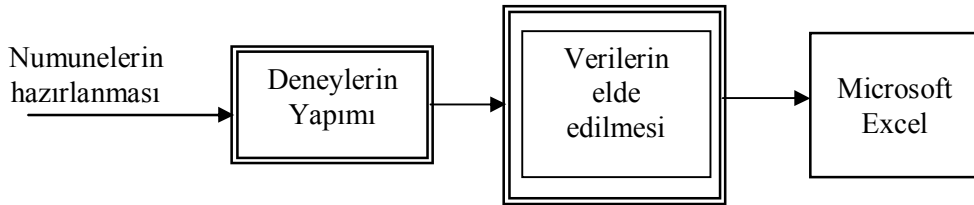
Yüzey temizleme işlemlerinde temizlenecek parçanın uygun sürelerde kuşlama işlemine tabi tutulması gerekir. Kuşlama süresinin az olması durumunda kuşlanacak malzemeye aşındırıcı isabet oranı düşeceğinden yeterli kuşlama yapılmış olmaz. Kuşlama süresinin çok fazla olması durumunda ise yeterli yüzey kalitesine gelmiş malzemeye boş yere aşındırıcı fırlatılmış olunur. Bu nedenle, zaman kaybına, enerji kaybına ve aşındırıcının daha çabuk yıpranmasına neden olunur.

BÖLÜM 4

MATERYAL VE METOD

4.1. GİRİŞ

Bu çalışma; kumlama tezgâhında, işleme parametrelerinin iş parçası yüzey pürüzlülükleri ve görünümleri üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Kumlama esnasında yüzey pürüzlülüklerinin ve görünümlerinin oluşturulması için Karçel A.Ş. bünyesinde bulunan Heinrich Schlick kumlama tezgâhı kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler Microsoft Excel paket programıyla grafiğe aktarılmıştır. Numunelerin hazırlanması ve verilerin elde edilmesi süreci şematik olarak Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bütün deneyler sonucunda numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerine göre, yüzey görünümleri ise geçmiş sanayi tecrübelerine ve ISO 8501-1 standardına göre değerlendirilmiştir.

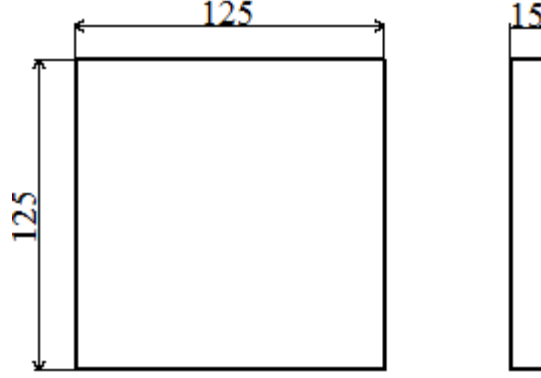


Şekil 4.1. Veri elde edilme sürecinin şematik gösterimi.

4.2. DENEY NUMUNELERİ

Deney numunesi olarak Şekil 4.2’de gösterilen 125x125 x15 mm ölçülerinde St37 ve St52 çelik malzemelerinden elde edilen numuneler kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan numuneler 3 farklı yüzey formunda hazırlanmıştır. Birinci numune normal yüzeye sahip (piyasadan alındığı gibi), ikinci numune yüzeyi frezeleme işlemine tabi tutulmuş, üçüncü numune ise açık havada paslanması sağlanarak elde edilmiştir. Şekil 4.3’te normal yüzey kalitesine göre hazırlanan numune görüntüsü,

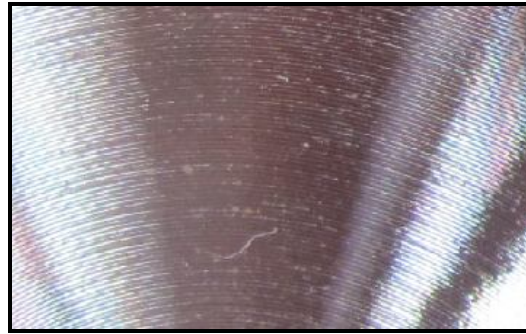
Şekil 4.4'te yüzeyi frezelenmiş numune görüntüsü, Şekil 4.5'te ise yüzeyi paslandırılmış deney numune görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.6'da ise numunelerin toplu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan numune ebatları.



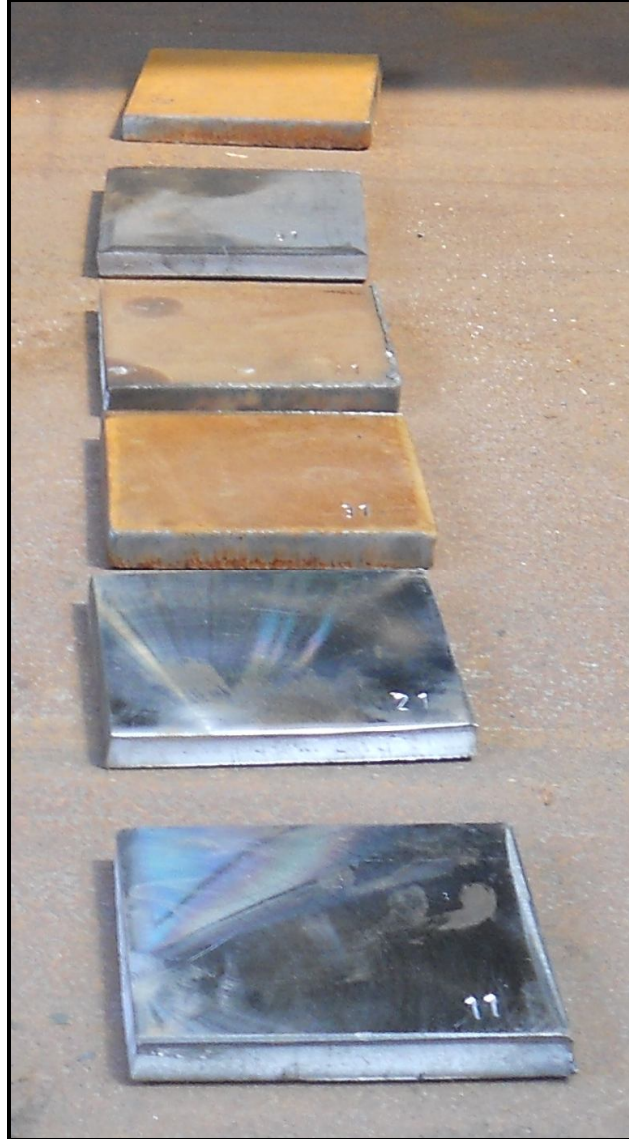
Şekil 4.3. Normal yüzey kalitesine göre (Piyasadan alındığı gibi) hazırlanan numune görüntüsü.



Şekil 4.4. Yüzeyi frezelenmiş numune görüntüsü.



Şekil 4.5. Yüzeyi paslanmış numune görüntüsü.



Şekil 4.6. St37 ve St52 çelik numunelerin toplu görüntüsü.

St37 ve St52 deney numunelerinin mekanik özellikleri ise Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. St37 ve St52 deney numunelerinin mekanik özellikleri [38,39].

Numune	Akma Sınırı (N/mm ²)	Kopma Dayanımı (N/mm ²)	Kopma Uzaması % (5do)
St 37	235	360	19
St 52	355	510	16

4.3. KUMLAMA TEZGÂHI

Kumlama deneyleri için, Kardemir-Karçel A.Ş. bünyesinde ki “Heinrich Schlick” türbinli kumlama tezgâhi kullanılmıştır. Deneylerin yapıldığı türbinli tipi kumlama tezgâhi görüntüsü Şekil 4.7’de verilmiştir.

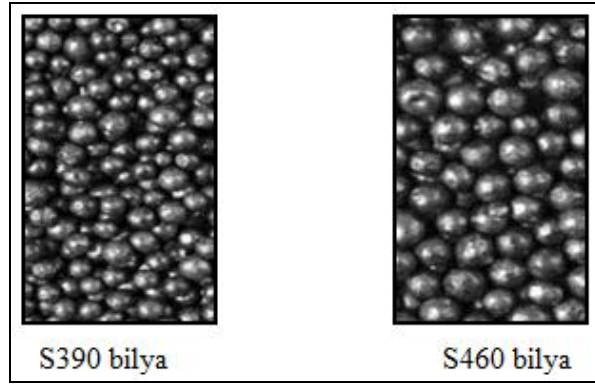


Şekil 4.7. Deneylerde kullanılan türbinli tip kumlama tezgâhi görüntüsü.

Tezgâh 2600 mm genişliğinde ve 400 mm yüksekliğinde malzemeleri kumlama yapabilme özelliğine sahiptir. Tek seferde 2 ton bilya şarj edilebilmektedir. Saatte bilya sarfiyatı 18 kg’dır.

4.4. AŞINDIRICI BİLYALAR

Kumlama deneyleri için, S390 ve S460 aşındırıcı bilyalar kullanılmıştır. Şekil 4.8’de S390 ve S460 aşındırıcı bilya görüntüsü verilmiştir. Çizelge 4.2’de bilyaların boyutsal özellikleri, Çizelge 4.3’te bilyaların fiziksel özellikleri ve Çizelge 4.4’te ise boyutsal özelliklerin bilyalara aynı fırlatma hızı ve aynı yoğunlukta kazandırdığı kinetik enerji farklılığı katalog değerleri olarak verilmiştir.



Şekil 4.8. S390 ve S460 aşındırıcı bilya görüntüleri.

Çizelge 4.2. Aşındırıcı çelik bilyaların boyutsal özellikleri [2].

Bilya tipi	Bilya yarıçapı (r), mm
S390	0,5
S460	0,59

Çizelge 4.3. S390 ve S460 aşındırıcı çelik bilyaların fiziksel özellikleri [26].

Özgül Ağırlığı (g/cm ³)	7,5
Sertliği (HRC)	40-52
Kristal Şekli	Martenzitik
Dayanıklılığı	Yüksek
Serbest Akış Özelliği (%)	97 minimum
Aside duyarlılığı	Yoktur
Nem Çekme Özelliği	Nem Çekmez
Magnetiklik Özelliği	Yüksektir
Elektrik İletimi	Yüksektir

Çizelge 4.4. Bilya boyutlarının kinetik enerjiye etkileri [2].

Bilya tipi	Yarıçap (mm)	Yoğunluk (g/cm ³)	Fırlatma hızı (m/s)	Enerji (J)
S390	0,5	7,5	80	12.5
S460	0,59	7,5	80	20.6

4.5. İŞLEME PARAMETRELERİ

Deneyleerde kullanılan parametreler tayin edilirken, aşındırıcı bilya üretici firması Tosçelik Granül Sanayi A.Ş.'nin tavsiye ettiği değerlere bağlı kalınmıştır. İki farklı boyut özelliğine sahip bilyalarla, beş farklı ilerleme değerleri seçilerek, deneyler gerçekleştirilmiştir. İşleme parametreleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. İşleme Parametreleri

Deney Numuneleri	Aşındırıcı Bilyalar	İlerleme (m/dk.)
St37	S390	0.8 1.2 1.6 2 2.4
	S460	
St52	S390	
	S460	

4.6. YÜZEY GÖRÜNTÜLERİNİN ALINMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyle öncesi ve sonrası yüzeylelerden görüntü alma işlemi Canon PowerShot SX120 IS fotoğraf makinası ile sağlanmıştır. Çelik konstrüksiyon sektöründe genel olarak yüzey temizliğinde istenilen değer ISO 8501-1 standardında yer alan Sa2½ yüzey kalitesi kullanılmaktadır. Bu yüzden deneylelerde bu kaliteye uygun olan değerlere ulaşmaya çalışılmıştır. ISO 8501-1 yüzey kalitesi standardına göre yüzeye büyüteç kullanmadan bakıldığında yüzeyde yağ, gres, ve kir ayrıca pas boya kalıntıları, yabancı madde ve geniş yüzeyli tufaller bulunmamalıdır.

4.7. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Deneyleler sonucunda elde edilen iş parçası yüzey pürüzlülükleri, “Mitutoyo SJ-301” yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülerek, ortalama yüzey pürüzlülüğünün bilya tipi ve ilerlemeye bağlı olarak değişimi değerlendirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, yapılan deneyleler sonucunda elde edilen numunelerin dört farklı bölgesinden 0,8 mm ölçme uzunluğunda yüzey pürüzlülüğü ölçülüp ortalaması alınmak suretiyle yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazı ile ilgili teknik özellikler, Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazının teknik özellikleri [40].

Model	SJ-301
Tarama hızı (mm/s)	0.25, 0.5
Tarama kuvveti (mN)	4 ve 0.75
İğne uç yarıçapı (µm)	2, 5
Ölçüm aralıkları (µm)	350 (-200... +150)
Filtre	Gaussian
Örnekleme uzunluğu (mm)	0.25, 0.8, 2.5
Ölçme uzunluğu (mm)	0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8
Ölçülebilen parametreler	Ra, Rz, Rmax
Yaklaşık ağırlığı (kg)	0.2

BÖLÜM 5

BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. GİRİŞ

Üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik levhalar iki farklı çelik bilya (S390, S460) ile beş farklı ilerleme değerinde kumlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Kumlama işlemi sonrasında her bir deney numunesinin ortalama yüzey pürüzlülük verileri, ilerleme ve bilya çapına bağlı olarak grafiğe aktarılmış ve değerlendirmeye alınmıştır. Yüzey görüntüleri ise geçmiş sanayi tecrübelerine ve ISO 8501-1 standardında yer alan Sa2½ yüzey kalitesine göre değerlendirilmiştir.

5.2. S390 BİLYA VE İLERLEMeye BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM

Aşındırıcı olarak S390 çelik bilyanın kullanıldığı kumlama sisteminde üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 numunelerin kumlamadan önceki ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda yüzeylerinde oluşan ortalama pürüzlülük değerleri ise Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çizelge 5.2’de verilen ortalama yüzey pürüzlülük verilerinin değerlendirilmesi grafiğe aktarım yöntemiyle yapılmıştır.

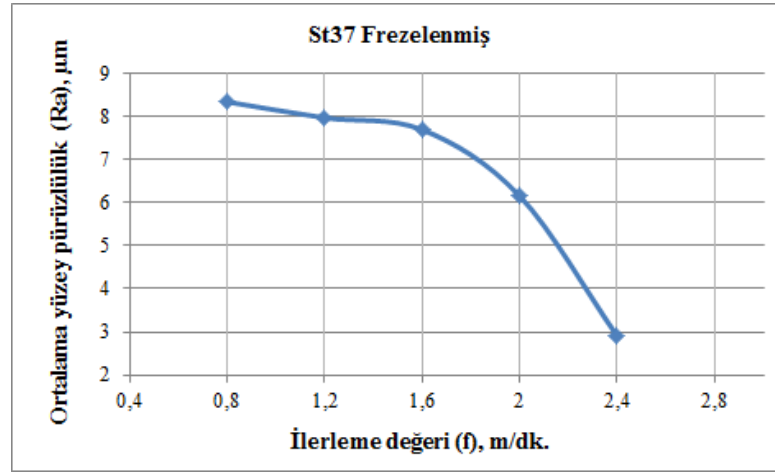
Çizelge 5.1. Kumlama öncesi deney numunelerinin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).

Deney numuneleri	Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), µm
St37 Frezelenmiş	1,13
St37 Normal	5,96
St37 Paslanmış	7,16
St52 Frezelenmiş	1,32
St52 Normal	5,56
St52 Paslanmış	9,16

Çizelge 5.2. S390 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).

Numuneler	Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), μm				
	0,8 m/dk.	1,2 m/dk.	1,6 m/dk.	2 m/dk.	2,4 m/dk.
St37 Frezelenmiş	8,35	7,98	7,7	6,16	2,9
St37 Normal	8,21	7,95	7,68	7,06	6,08
St37 Paslanmış	8,12	7,71	7,44	6,71	7,12
St52 Frezelenmiş	8,07	7,71	7,55	5,04	2,79
St52 Normal	7,93	7,61	7,42	6,49	6,05
St52 Paslanmış	7,74	7,48	7,18	7,87	9,05

Yüzeyi frezelenmiş St37 deney numunesinin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 1,13 μm iken, kumlama sonrası elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 5.1’de grafik olarak verilmiştir.

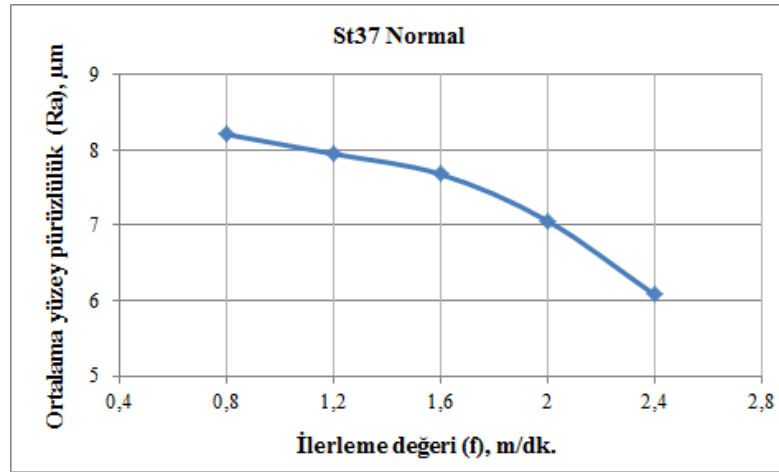


Şekil 5.1. Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere ilerleme değeri arttıkça kalıcı olan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri düşüş göstermiştir. Elde edilen bulguların geleneksel imalat yöntemleri olan torna, freze, taşlama vb. yöntemlerinde ilerlemenin artışına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ile ters orantılı olduğu tespit

edilmiştir. 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerlerinde ortalama pürüzlülük değerindeki azalma 1,6-2 m/dk. ve 2-2,4 m/dk. ilerleme değerlerine göre daha düşük elde edilmiştir. Bu durum iki sebebe bağlanabilir. Birincisi 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasında birim zamanda birim alana fırlatılan bilya sayısı çok olmasına rağmen bilyaların fazlalığından dolayı yüzeye çarpan bilyalar malzeme üzerine yığılmakta ve malzeme yüzeyine bilya çarpmasını engellemektedir. İkinci olarak malzemeye çarpan bilyalar geri sekerken fırlatılan bilyalar ile çarpışarak malzemeye bilya çarpmasını engellemesidir. 1,6-2 m/dk. ve 2-2,4 m/dk. ilerleme değerleri arasında ise birim zamanda birim alana düşen bilya sayısı azalmakta ve etki eden bilya sayısının azlığı nedeniyle deney numunesi yüzeyindeki pürüzlülük seviyesi kumlama öncesi yüzey pürüzlülük değerine (1,13 μm) yaklaşmıştır.

Normal yüzeye sahip St37 deney numunesinin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 5,96 μm iken, farklı ilerleme değerlerinde kumlanması neticesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.2’de grafik olarak verilmiştir.

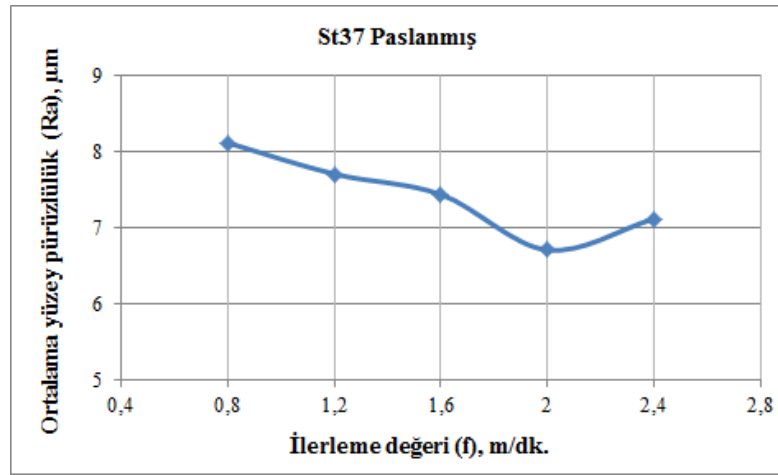


Şekil 5.2. Normal yüzeyli St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.2’de görüldüğü üzere ilerleme değeri arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğünde düşüş olduğu tespit edilmiştir. İlerlemenin artmasına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin düşüş göstermesinin nedeni birim zamanda birim alana düşen bilya sayısı azalmasına bağlanabilir. İlerleme değeri arttıkça elde

edilen ortalama yüzey pürüzlülük değeri azalmakta ve kumlama öncesi yüzey pürüzlülük seviyesine (5,96 μm) gelmektedir. Bu durum literatürle uyum göstermektedir [20].

Açık hava şartlarına bırakılarak paslanması sağlanmış St37 çelik numunenin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 7,16 μm iken, beş farklı ilerleme değerinde S390 bilya ile kumlanması sonucu ortaya çıkan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.3'te grafik olarak verilmiştir.

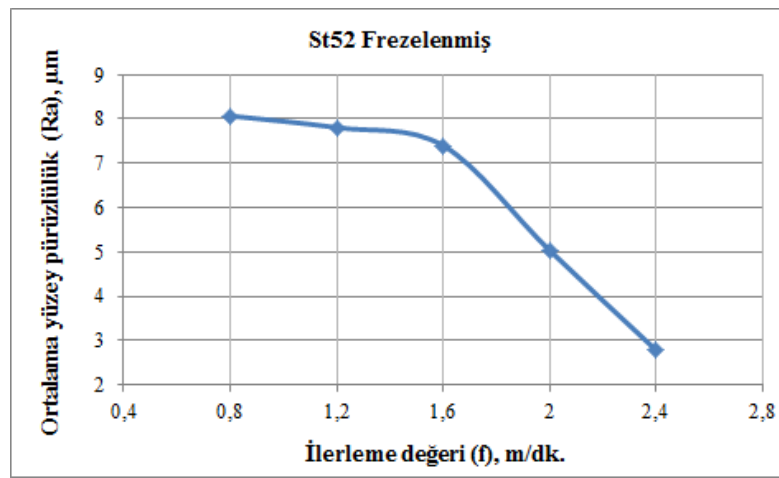


Şekil 5.3. Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.3'te gösterilen grafikte 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasında yüzeyde bulunan pas tabakasını kaldırmak için bilyaların fırlatmadan elde ettiği enerjinin büyük kısmı temizliğe harcanmıştır. Bu nedenle St37 deney numuneleri arasında en düşük ortalama yüzey pürüzlülük değerine ulaşılmıştır. 1,6-2 m/dk. ilerleme değerleri arasında yüzey pürüzlülük değerinin kumlama öncesi yüzey pürüzlülük seviyesinin altına indiği görülmüştür. Kumlama öncesi yüzeyde bulunan pas tabakası yüksek pürüzlülük değerine sahiptir. Kumlama işlemi yapılırken öncelikli olarak bu pas tabakası kaldırılmakta dolayısı ile de bu pas tabakasının neden olduğu pürüzlülükte ortadan kalkmaktadır. Kumlama öncesi yüzey pürüzlülük değeri 9,16 μm iken bu değer en düşük ilerleme hızı ile yapılan kumlama işleminde dahi yakalanamamıştır. 2-2,4 m/dk. ilerleme değerleri arasında ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. İlerleme değerinin artması sonucu ortalama yüzey

pürüzlülüğünün artmasının sebebi, yüzeye çarpan bilyaların yüzeyde bulunan pas tabakasını kaldırmak için yeteri kadar enerji bulamaması ve pas tabakasının oluşturduğu yüzey pürüzlülüğünün yok edilememesine bağlanmıştır.

Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik malzemesinin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 1,32 μm iken, farklı ilerleme değerlerinde kumlama işlemine tabi tutulmuş ve kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 5.4'te grafik olarak gösterilmiştir.

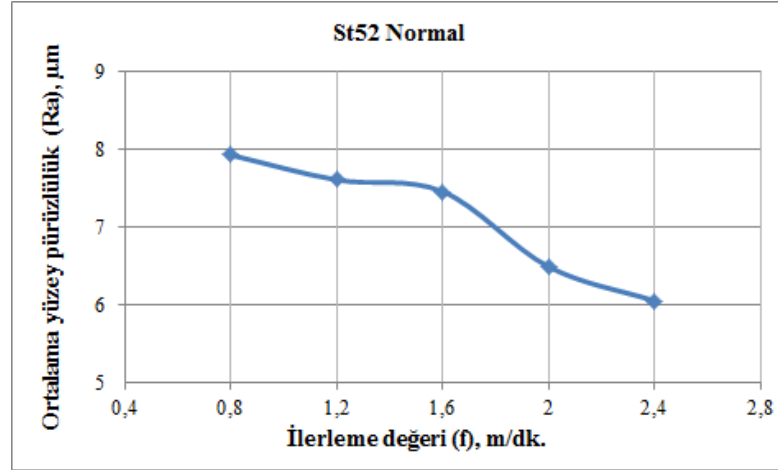


Şekil 5.4. Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri.

Şekil 5.4'te verilen grafikte 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerlerinde ortalama pürüzlülük değerindeki azalma 1,6-2 m/dk. ve 2-2,4 m/dk. ilerleme değerlerine göre daha düşük elde edilmiştir. İlerleme değerleri arasındaki değişimin ortalama yüzey pürüzlülüğünde farklı şekilde değerler göstermesi iki sebebe bağlanabilir. Birincisi 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasında birim zamanda birim alana fırlatılan bilya sayısı çok olmaktadır. Bilya sayısının çok olması nedeniyle yüzeye çarpan bilyalar malzeme üzerine yığılmakta ve malzeme yüzeyine bilya çarpmasını engellemektedir. İkinci olarak numuneye çarpan bilyalar geri sekerken fırlatılan bilyalar ile çarpışarak numuneye bilya çarpmasını engellemesidir. Şekil 5.4'te verilen St52 yüzeyi frezelenmiş numunenin ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluşturduğu grafik ile Şekil 5.1'de gösterilen St37 yüzeyi frezelenmiş numunenin yüzey pürüzlülüğü değerlerinin kullanılarak oluşturulan grafikte bazı farklı özellikler görülmüştür. Bu

iki grafik arasındaki farklar, St52 numunenin kumlanmasında elde edilen yüzey pürüzlülük değerinin St37 numunenin kumlanmasından elde edilen yüzey pürüzlülük değerine göre daha düşük elde edilmesi ve 1,6-2,4 m/dk. ilerleme değerleri arasındaki eğimin daha dik olmasıdır. Bunun sebebi ise St52 numunesinin mekanik özelliklerinin St37 numunesine göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

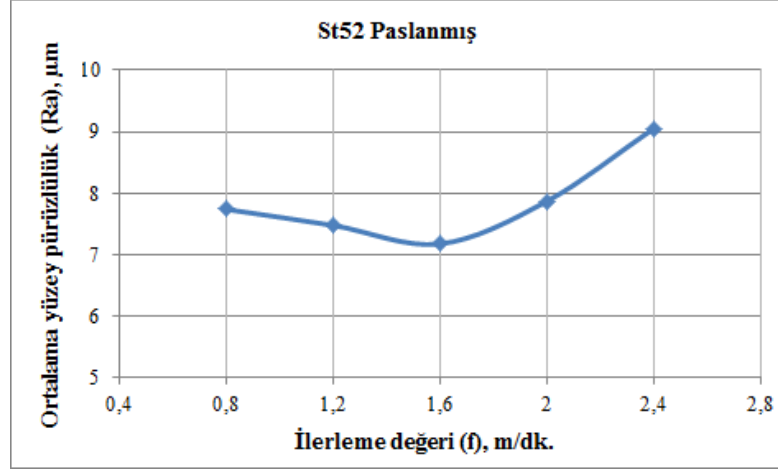
Normal yüzeye sahip St52 deney numunesinin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 5,56 μm iken, farklı ilerleme değerlerinde kumlanması neticesinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.5'te gösterilen grafikte 1,6 m/dk. ve 2 m/dk. arasındaki ilerleme değerlerinde numune yüzeyinde pürüzlülük değerinin 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerlerine göre daha hızlı bir şekilde düştüğü görülmüştür. 1,6 m/dk. ilerleme değerinden sonra yüzeye yeterli bilya çarpmamaktadır. Yüzeye çarpan bilyalar azaldığından ve St52 malzemenin mekanik özelliklerinin yüksek olmasından dolayı grafikte ani bir düşüş görülmüştür. 2-2,4 m/dk. ilerleme değerleri arasında ise yüzeye çarpan bilya sayısı azaldığından herhangi bir deformasyon etkisi göstermeyip yüzey pürüzlülüğü kumlama öncesi değerlere yaklaşmıştır.

Açık hava şartlarına bırakılarak paslanması sağlanmış St52 çelik numunenin kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 9,16 μm iken, beş farklı ilerleme değerinde S390 bilya ile kumlanması sonucu ortaya çıkan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.6’da grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.6. Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S390 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.6’da verilen grafikte bütün ilerleme değerlerinde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kumlama öncesi değerlere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni, yüzeyde bulunan pas tabakasının oluşturmuş olduğu geçici girinti ve çıkıntılardır. Kumlama işlemi ile öncelikli olarak bu geçici pürüzlülük yok edilmekte sonrasında ise malzeme üzerine kalıcı pürüzlülük oluşturulmaktadır. 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerlerine kadar yüzeydeki geçici pürüzlülük yok edilmiş ve kalıcı pürüzlülük etkisi oluşturulmuştur. 1,6-2,4 m/dk. ilerleme değerleri arasında ise hem St52 çelik malzemenin mekanik özelliklerinin yüksek olması ve yüzeyde bulunan aşırı pas tabakasından dolayı yüzeyde kalıcı pürüzlülük oluşturulamamış ve numune kumlama öncesi yüzey pürüzlülük değeri olan 9,16 μm seviyesine çıkmıştır.

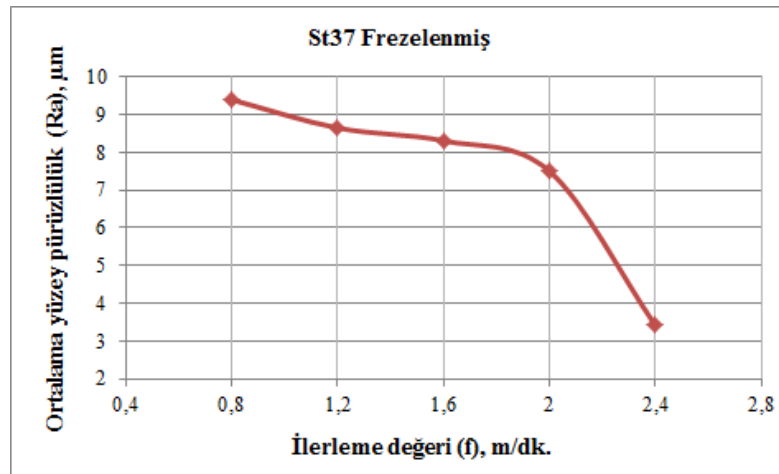
5.3. S460 BİLYA VE İLERLEMeye BAĞLI OLARAK YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM

Aşındırıcı olarak S460 çelik bilyanın kullanıldığı ve farklı ilerleme değerlerinde yapılan kumlama işlemi sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.3'te verilmiştir. Çizelge 5.3'te verilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafiklere aktararak yorumlanmıştır.

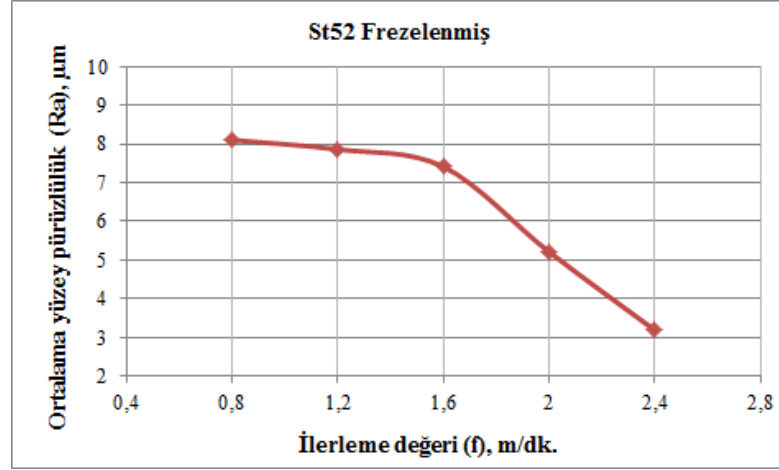
Çizelge 5.3. S460 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra).

Deney numuneleri	Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra), μm				
	0,8 m/dk.	1,2 m/dk.	1,6 m/dk.	2 m/dk.	2,4 m/dk.
St37 Frezelenmiş	9,4	8,65	8,31	7,5	3,41
St37 Normal	8,56	8,16	7,98	7,45	6,05
St37 Paslanmış	8,23	7,89	7,58	7,29	7,2
St52 Frezelenmiş	8,1	7,76	7,51	5,21	3,19
St52 Normal	7,97	7,7	7,46	6,95	6,14
St52 Paslanmış	7,85	7,54	7,28	7,95	8,95

Yüzeyi frezelenerek kumlama işlemi uygulanan St37 ve St52 malzemelerin pürüzlülük değerleri Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'de verilmiştir.



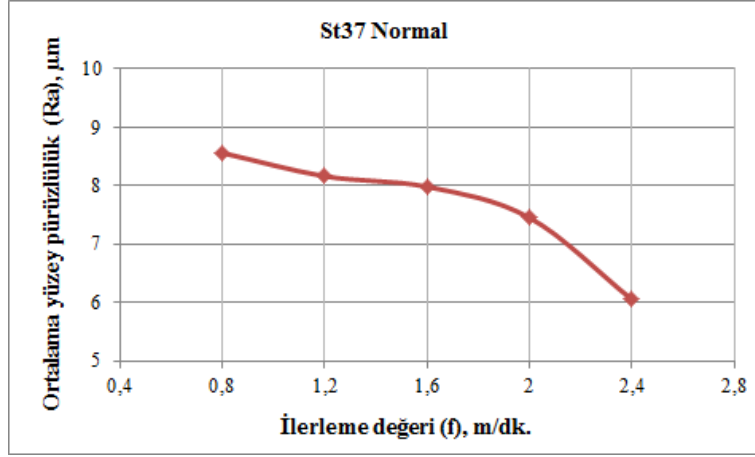
Şekil 5.7. Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



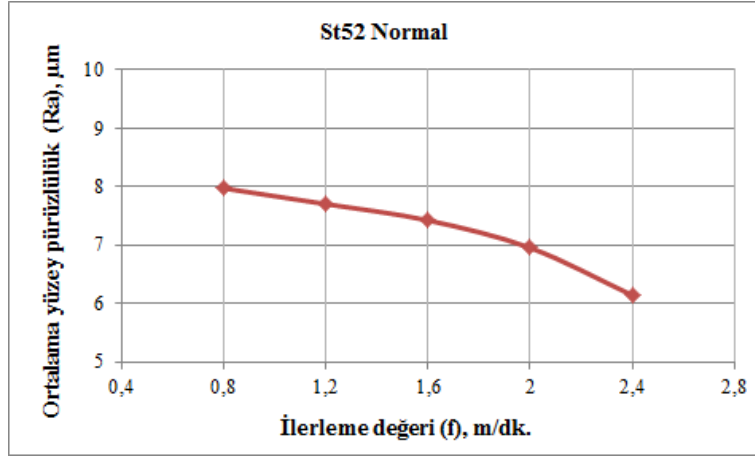
Şekil 5.8. Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

St37 ve St52 yüzeyi frezelenmiş numunelerin S460 bilya ile kumlaması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kullanılarak oluşturulan grafikler S390 bilya ile yapılan kumlama işlemi sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kullanıldığı grafiğe çok yakındır. Bu grafikler arasındaki fark S460 bilya ile yapılan kumlama işleminde daha yüksek yüzey pürüzlülük değerlerine ulaşılmasıdır. Bunun sebebi ise S460 bilyanın daha iri tanelerde olması ve fırlatma sayesinde aldığı enerjinin daha fazla olmasından dolayı numuneler üzerine daha fazla etkiye yol açmasıdır. Bu durum literatürle uyumluluk göstermektedir [4,20].

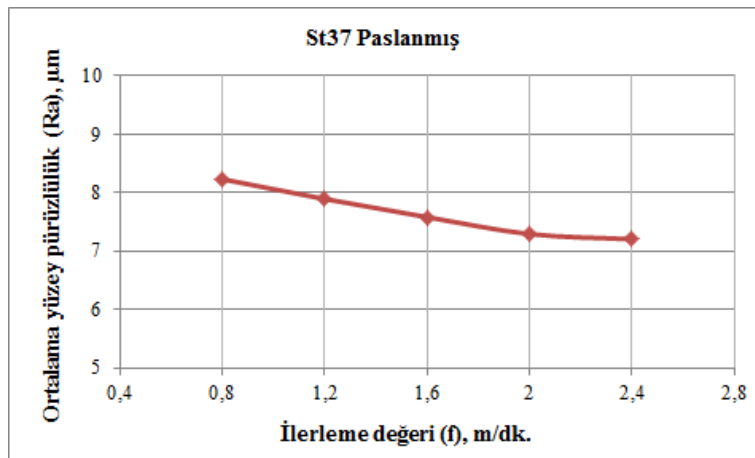
St37 ve St52 normal yüzeye sahip numunelerin S460 bilya ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ile oluşturulan grafikler Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da, St37 yüzeyi paslanmış numunenin S460 bilya ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ile oluşturulan grafik ise Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Normal yüzeyli St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



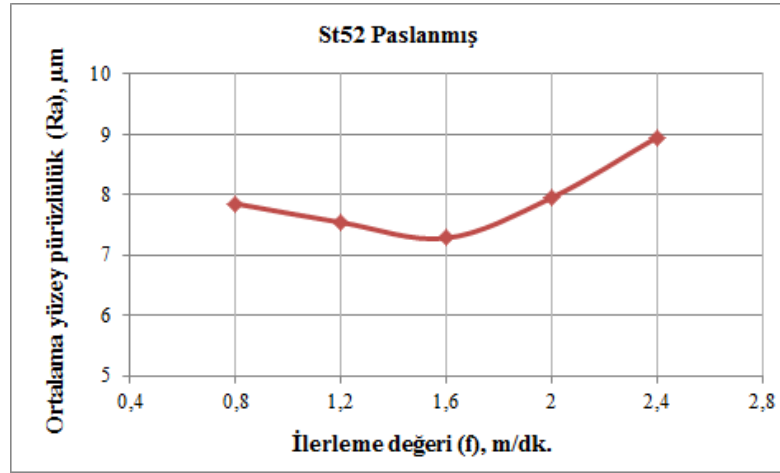
Şekil 5.10. Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.



Şekil 5.11. Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.9, Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilen grafiklerden görüleceği gibi yüzeye çarpan bilya sayısı azaldıkça ortalama yüzey pürüzlülük değeri düşmekte ve kumlama öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine yaklaşmaktadır.

Şekil 5.12’de yüzeyi paslanmış olan St52 çelik numune için beş farklı ilerleme değerinde yapılan kumlama işlemi sonucu ortaya çıkan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.12. Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve S460 bilya ile kumlamasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülükler değerleri.

Şekil 5.12’de verilen grafikte 0,8 m/dk. ilerleme değeri ile kumlamaya başlanıldığında ortaya çıkan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kumlama öncesi pürüzlülük değerinin altında kalmıştır. Bunun nedeni, paslı yüzeyde bulunan geçici girinti ve çıkıntıların çok yüksek yüzey pürüzlülüğü oluşturmasıdır. Kumlama esnasında önce numune yüzeyinde bulunan pas tabakası yüzeyden atılır. Pas tabakası kalktığında numune üzerinde bulunan geçici yüzey pürüzlülüğü de kaldırılmış olur. Numune üzerine çarpan bilyalar fırlatmadan kazandıkları enerji ile pas tabakasını kaldırdıktan sonra kalan enerji ile yüzeyde pürüzlülük oluşturmaya çalışırlar Şekil 5.12’deki grafikten anlaşılacağı gibi 1,6 m/dk. ilerleme değerlerine kadar yüzeydeki pas temizlenip kalan enerji ile de yüzeyde pürüzlülük oluşturulmuştur. 1,6 m/dk. ilerleme değerinden sonra ise yüzeye çarpan bilya sayısı azaldığından pas tabakası kalmış ve kumlama öncesi yüzey pürüzlülüğüne yakın değerler elde edilmiştir.

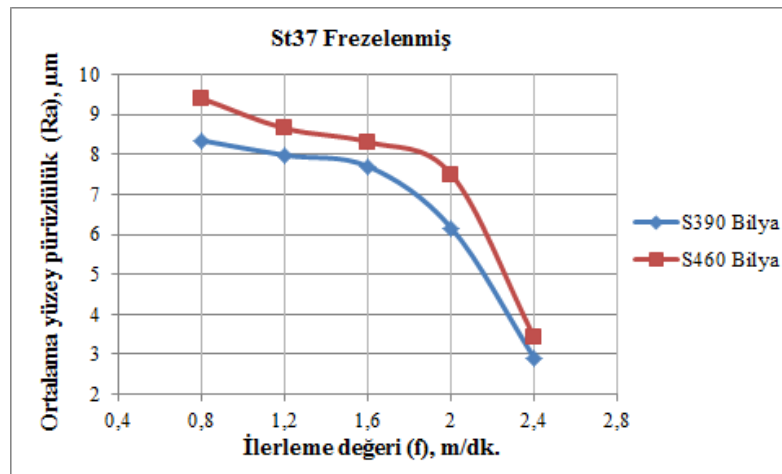
5.4. S390 VE S460 BİLYANIN İLERLEMeye BAĞLI ORTALAMA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNDEKİ DEĞİŞİM

S390 ve S460 bilyalar ile değişik ilerleme değerlerinde yapılan kumlama sonucunda oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. S390 ve S460 bilya ile üç farklı yüzey kalitesine sahip St37 ve St52 çelik numunelerin beş farklı ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Numune İlerleme Değeri (m/dk.)	St 37 Frezelenmiş (µm)		St 37 Normal (µm)		St 37 Paslanmış (µm)		St 52 Frezelenmiş (µm)		St 52 Normal (µm)		St 52 Paslanmış (µm)	
	S390	S460	S390	S460	S390	S460	S390	S460	S390	S460	S390	S460
0,8	8,35	9,4	8,21	8,56	8,12	8,23	8,07	8,1	7,93	7,97	7,74	7,85
1,1	7,98	8,65	7,95	8,16	7,71	7,89	7,71	7,76	7,61	7,7	7,48	7,54
1,6	7,7	8,31	7,68	7,98	7,44	7,58	7,55	7,51	7,42	7,46	7,18	7,28
2	6,16	6,61	7,06	7,45	6,71	7,29	5,04	5,21	6,49	6,95	7,87	7,95
2,4	2,9	3,21	6,08	6,05	7,12	7,24	2,79	3,19	6,05	6,14	9,01	8,98

St 37 çelik numune yüzeyi freze edilerek S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanmıştır. Kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.13'teki grafiğe aktarılmıştır.

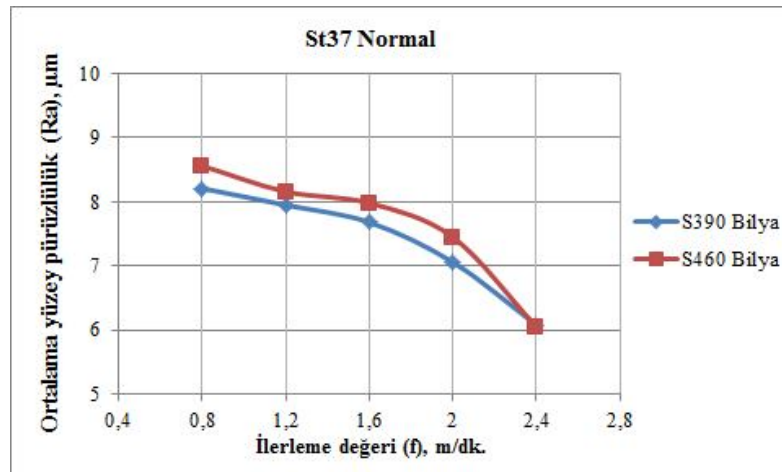


Şekil 5.13. Yüzeyi frezelenmiş St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 5.13'teki grafikte S460 bilya ile yapılan kumlama işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğü S390 bilya ile yapılan kumlama işlemine göre daha yüksek elde edilmiştir. S460 bilya ile yapılan kumlama işleminde S390 bilyaya göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü elde edilmesinin nedeni S460 bilyanın ebatlarının S390 bilyaya göre büyük olması ve bu sayede fırlatmadan sağladığı enerjinin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum literatürle uyumluluk göstermektedir [4,20].

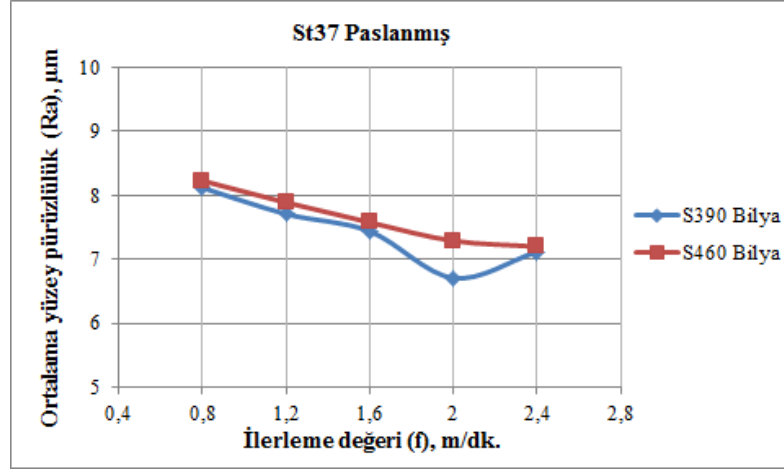
Grafikte dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise ilerleme arttıkça S460 ve S390 bilyanın yüzeyde yarattığı pürüzlülük etkisi farkının azalmasıdır. Bunun sebebi ise ilerleme arttıkça yüzeye çarpan bilya sayısı azalmakta ve dolayısı ile aktarılan enerji de azalmaktadır. Bu durumların sonucunda numune yüzeyinde pürüzlülük etkisi daha düşük seviyelerde kalmaktadır.

St 37 normal yüzeye sahip numune S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanmıştır. Ortaya çıkan yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılarak Şekil 5.14'teki grafik elde edilmiştir. S460 bilya S390 bilyaya göre daha fazla yüzey pürüzlülüğüne yol açmıştır. 2,4 m/dk. ilerleme değerinde ise kumlama etkisini yitirmeye başlamış ve pürüzlülük kumlama öncesi değerine yaklaşmıştır.



Şekil 5.14. Normal yüzeyli St 37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

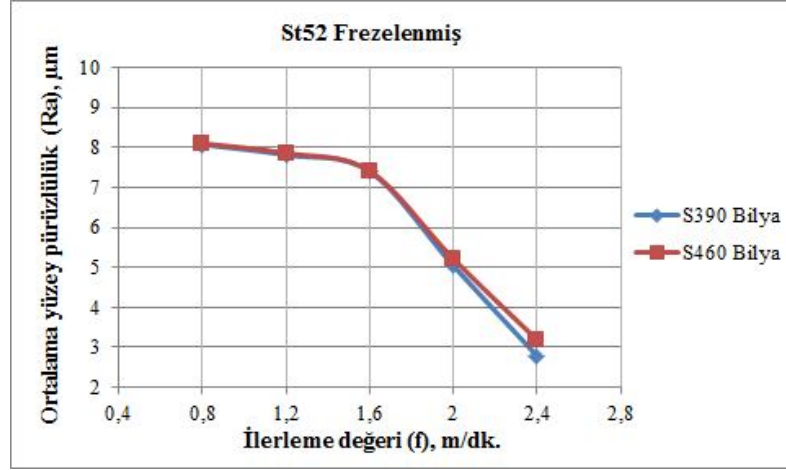
Açık hava şartlarına bırakılarak paslanması sağlanmış olan St37 kalite çelik numunenin beş değişik ilerleme değerinde kumlanması ile ortaya çıkan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.15'te grafik halinde verilmiştir.



Şekil 5.15. Yüzeyi paslanmış St37 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.15'teki grafikte 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasında kumlanan numune St37 olmasına rağmen aynı St52 numune özelliklerini gösteren değerler ortaya çıkmıştır. St37 numune üzerinde bulunan pas tabakasını kaldırmak için enerjinin büyük kısmının harcanmakta ve kalan enerji ile de yüzeyde birbirine yakın seviyede pürüzlülük oluşturduğu görülmüştür.

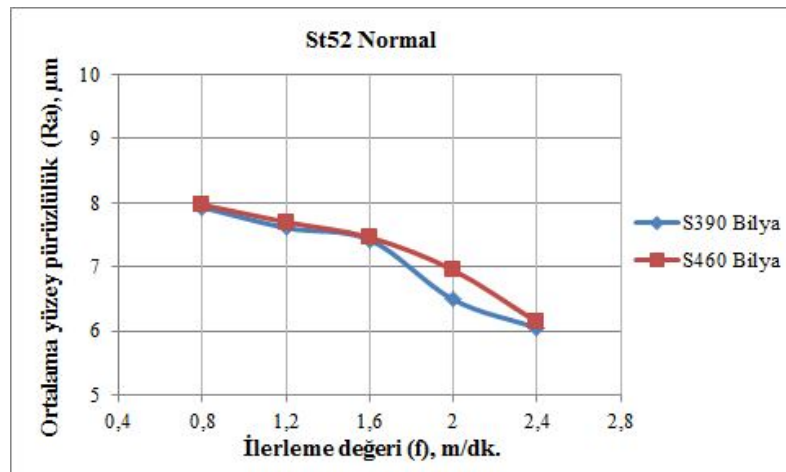
St52 çelik numune yüzeyi freze edilerek S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanmıştır. Kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılarak Şekil 5.16'daki grafik elde edilmiştir.



Şekil 5.16. Yüzeyi frezelenmiş St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 5.16'daki grafikte 0,8 ve 1,6 m/dk. ilerleme değerlerinde ortalama yüzey pürüzlülükleri birbirine çok yakın elde edilmiştir. S390 ve S460 bilya arasında boyut ve enerji farkına rağmen pürüzlülük değerlerinin aynı olması St52 çelik numunenin mekanik özelliklerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

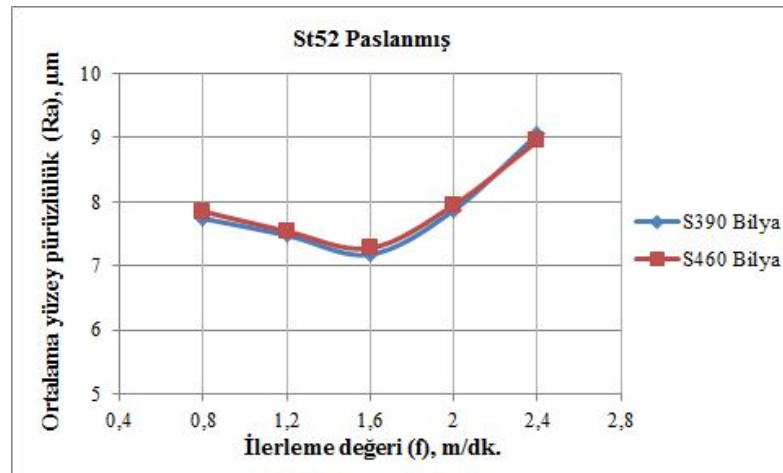
St52 normal yüzeye sahip çelik numune S390 ve S460 çelik bilyalar ile beş farklı ilerleme değerinde kumlanmıştır. Kumlama sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.17'de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.17. Normal yüzeyli St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390, S460) ile kumlanmasında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 5.17’de gösterilen grafikte 0,8-1,6 m/dk. ilerleme değerleri arasındaki ortalama yüzey pürüzlülük değerleri birbirine çok yakın elde edilmiştir. 1,6-2 m/dk. ilerleme değerleri aralığında ise yüzeyde bulunan ince pas tabakasını kaldırmak için harcanan enerjiden sonra yüzeyi pürüzlendirmek için gereken enerji S460 bilya da daha yüksek olduğundan elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değeri daha yüksek çıkmıştır. 2-2,4 m/dk. ilerleme değerleri aralığında ise yüzeye çarpan bilyaların enerjisi yüzeyde herhangi bir deformasyon yapmaya yetmemiş ve kumlama öncesi yüzey pürüzlülük değerine yaklaşmıştır.

Açık hava şartlarına bırakılarak paslanması sağlanmış olan St52 kalite çelik numunenin beş farklı ilerleme değerinde kumlama sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 5.18’de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.18. Yüzeyi paslanmış St52 numunenin beş farklı ilerleme ve iki farklı bilya (S390,S460) ile kumlama sonucu elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri.

5.5 YÜZEY GÖRÜNTÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan kumlama işlemi sonrası her bir numuneden alınan görüntüler ISO 8501-1 standartta da yer alan Sa2½ yüzey görüntüsü ve geçmiş sanayi tecrübelerine dayanılarak yorumlanmıştır. Sa2½ yüzey görüntüsü yakalayan veya en yakın görüntü değerlendirilmek suretiyle yorumlar yapılmıştır. Yüzey görüntüleri değerlendirilirken ilerleme değeri önemli bir parametre olarak göz önüne alınmıştır. Çünkü kumlama yapılırken kumlama yapılan malzemenin ilerleme değerinin yüksek

olması birim zamanda kumlanacak malzeme miktarını arttırmakta ve maliyetleri düşürmektedir.

5.5.1. Yüzeyi Frezelenmiş St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Yüzeyi frezelenmiş olan St37 çelik numune S390 ve S460 çelik bilya ile kumlanması sonucu ortaya çıkan görüntüler geçmiş sanayi tecrübelerine göre değerlendirildiğinde Sa2½ yüzey kalitesine göre en uygun yüzey görünümünün S390 çelik bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir. St37 yüzeyi frezelenmiş çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde kumlama işlemi sonucu elde edilen yüzey görüntüsü Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



Şekil 5.19. Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde kumlanması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

Yüzeyi frezelenmiş St37 numunelerin kumlanması sonrası en iyi yüzey görünümleri 0,8 ve 1,2 m/dk. ilerleme değerlerinde elde edilmesine rağmen istenilen yüzey görünümü (Sa2½) 1,6 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir. Ayrıca yüzeyde

kaldırılacak olan pas, tufal, vb. yabancı oluşumlar numune yüzeyinde bulunmadığından bilyaların fırlatılmasından kazanılan enerjinin tamamı yüzeyi pürüzlendirmeye ve temizlemeye harcanmıştır. S460 bilya ile daha fazla yüzey pürüzlülüğü elde edilmesine rağmen görüntüler incelendiğinde S460 bilyanın tane iriliğinden dolayı 1,6 m/dk. ilerleme değerinde yüzeyde her noktaya temas edemediği ve numune yüzeyinde temas olmayan noktaların kumlama öncesi durumlarını korudukları görülmüştür. Elde edilen bulgular literatürde verilen değerler ile örtüşmektedir [2].

5.5.2. Normal Yüzeye Sahip St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Normal yüzeye sahip St37 çelik numune S390 ve S460 bilya ile beş farklı ilerleme değerinde kumlandıktan sonra elde edilen görüntüler geçmiş sanayi tecrübelerine dayanarak en uygun yüzey görüntüsü seçilmeye çalışılmıştır. Yüzeyi frezelenmiş numuneden farklı olarak ideal yüzey görünümü S390 bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiş ve bu görüntü Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.20. Normal yüzeye sahip St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlaması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

Yüzeyi frezelenmiş numunede ideal görünüm 1,6 m/dk. ilerleme değerinde iken normal yüzeye sahip çelik numunesinde ise 1,2 m/dk. ilerleme değerinde olmuştur. Bu durumun nedeni; normal numune yüzeyinde bulunan yabancı maddeleri arıtmak için kullanılan enerji neticesinde yüzeyi temizlemek için harcanan enerji azalmış ve bu yüzden ilerleme değeri düşürülerek daha çok bilyanın numune yüzeyine çarpması sağlanmış ve temizlik istenilen seviyeye getirilmiştir.

5.5.3. Paslanmış Yüzeye Sahip St37 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numune S390 ve S460 bilya ile beş farklı ilerleme değerinde kumlandıktan sonra elde edilen görüntüler geçmiş sanayi tecrübelerine dayanarak en uygun yüzey görüntüsü seçilmeye çalışılmıştır Şekil 5.21’de verilen görüntü S390 bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 5.21. Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlaması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

Numune yüzeyinde bulunan pas tabakasını kaldırmak için frezelenmiş ve normal yüzeye sahip parçalardan daha fazla enerji gerektiği için kumlama ilerleme değeri

düşük tutulmuştur (1,2 m/dk.). Yüzey görünümü tam olarak Sa2½ değerinde olmasa da en yakın görüntü olduğu için bu görüntü seçilmiştir.

5.5.4. Yüzeyi Frezelenmiş St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Yüzeyi frezelenmiş olan St37 çelik numune S390 ve S460 çelik bilya ile beş farklı ilerleme değerinde kumlandıktan sonra ortaya çıkan görüntüler geçmiş tecrübelerle göre değerlendirildiğinde Sa2½ yüzey kalitesine göre en uygun yüzey görünümünün S390 çelik bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde olduğu görülmüştür. St52 numunenin plastik şekil değiştirmeye karşı göstermiş olduğu direnç, St37 numuneden daha yüksek olsa da yüzeyi frezelenmiş parçalarda aynı etkiyi göstermişlerdir.



Şekil 5.22. Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde kumlaması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

5.5.5. Normal Yüzeye Sahip St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Normal yüzeye sahip St52 çelik numune S390 ve S460 bilya ile kumlandıktan ortaya çıkan görüntülerden geçmiş tecrübelerle dayanılarak en uygun olanı seçilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda da S390 çelik bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde yapılan kumlamadan çıkan numune seçilmiştir.



Şekil 5.23. Normal yüzeye sahip St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlaması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

5.5.6. Paslanmış Yüzeye St52 Çelik Numunenin Yüzey Görünümü Üzerine Yapılan Deneyler

Paslanmış yüzeye sahip St52 çelik numune S390 ve S460 çelik bilya ile kumlanmıştır. Ortaya çıkan görüntüler geçmiş tecrübelerle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucundan S390 çelik bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlanan numunenin diğerlerine göre daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5.24. Paslanmış yüzeye sahip St52 çelik numunenin S390 aşındırıcı bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde kumlaması sonucunda elde edilen yüzey görüntüsü.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmadan elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde (9,4 μm) elde edilmiştir. Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü (1,13 μm) kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 830'luk bir artış göstermiştir. St37 yüzeyi frezelenmiş numunede diğer yüzey durumlarına sahip numunelere göre daha yüksek yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Normal yüzey durumuna sahip ve paslanmış yüzey durumuna sahip numunelerden daha yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü olmasının nedeni üzerinde herhangi bir yabancı madde bulundurmadığından bilyaların fırlatmadan aldığı enerji direkt olarak numune yüzeyine aktarılmakta ve numune yüzeyinde kalıcı yüzey pürüzlülüğüne yol açmaktadır. Aynı yüzey durumuna sahip St52 çelik numuneden daha yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğüne sahip olmasının nedeni ise St52 çelik numunenin plastik şekil değiştirmeye karşı göstermiş olduğu direncin St37 çelik numuneye göre daha yüksek olmasıdır.

Normal yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek kalıcı yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 8,56 μm elde edilmiştir. Normal yüzeye sahip St37 çelik numune kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 5,96 μm olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 143'lük bir artış sağlanmıştır.

Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 8,23 μm elde edilmiştir. Paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunenin kumlanmadan

önceki yüzey pürüzlülüğü 7,16 μm olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 115'lik bir artış sağlanmıştır.

Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 8,1 μm elde edilmiştir. Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik numunenin kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 1,32 μm olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 615'lik bir artış sağlanmıştır.

Normal yüzeye sahip St52 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 7,97 μm elde edilmiştir. Normal yüzeye sahip St52 çelik numunenin kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 5,56 μm olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 143'lük bir artış sağlanmıştır.

Paslanmış yüzeye sahip St52 çelik numunenin kumlanması sonucunda en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri S460 bilya ile 0,8 m/dk. ilerleme değerinde 7,85 μm elde edilmiştir. Burada en çok dikkat edilmesi gereken durum S390 bilya ise 2,4 m/dk. ilerleme değerinde daha yüksek yüzey pürüzlülüğü değerine ulaşılmıştır fakat ulaşılan bu değer kalıcı yüzey pürüzlülüğü olmayıp yüzeyde bulunan pas tabakasının oluşturduğu geçici yüzey pürüzlülük değerleridir. Çelik numune kumlanmadan önceki yüzey pürüzlülüğü 9,16 μm olduğu için kumlamadan sonra yaklaşık olarak % 15'lik bir düşüş görülmüştür.

Yapılan kumlama işlemlerinde görülmüştür ki;

Kalıcı ortalama yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme değeri ters orantılıdır. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri en düşük ilerleme değerinde elde edilmiştir.

Kumlama işlemlerinde kullanılan iki farklı çapa sahip aşındırıcılardan büyük çapa olan S460 aşındırıcı ile daha fazla yüzey pürüzlülüğü oluşturulmuştur.

Yüzeyi frezelenmiş St37 çelik numunenin kumlanması sonucunda Sa2½ değerine en yakın yüzey görünümü S390 bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir.

Normal ve paslanmış yüzeye sahip St37 çelik numunelerinin kumlanması sonucunda Sa2½ değerine en yakın yüzey görünümü S390 bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir.

Yüzeyi frezelenmiş St52 çelik numunenin kumlanması sonucunda Sa2½ değerine en yakın yüzey görünümü S390 bilya ile 1,6 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir.

Normal ve paslanmış yüzeye sahip St52 çelik numunelerinin kumlanması sonucunda Sa2½ değerine en yakın yüzey görünümü S390 bilya ile 1,2 m/dk. ilerleme değerinde elde edilmiştir.

Sonuç olarak çelik konstrüksiyon sektöründe en çok kullanılan malzeme grubu içinde yer alan St37 ve St52 çelik malzemeler için, farklı yüzey durumlarında S390 bilyanın, S460 bilyaya göre daha uygun yüzey görünümü sağladığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. US Army Corps of Engineers, "Surface Preparation Painting", *New Construction and Maintenance*, Washington, ABD., 4-15 (1995).
2. Çelik Granül Sanayii A.Ş., "Etkin temizlik için aşındırıcı seçimi", *Çelik Granül Sanayii A.Ş. Teknik Bülten*, 2: 1-4 (2002).
3. Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, S. R. and Kura. B., "Copper slag: Optimization of productivity and consumption for cleaner production in dry abressive blasting", *Journal of Cleaner Production*, 15: 465-473 (2007).
4. Spur, G., Uhlmann, E. and Elbing, F., "Dry – ice blasting for cleaning: process optimization and application", *Wear*, 233-235: 402-411 (1999).
5. Momber, A. W., Wong. Y. C., İj, R. and Budidharma, E., "Hydrodynamic profiling and grit blasting of low – carbon steel surfaces", *Tribology International*, 35: 271-281 (2002).
6. Baş, M., Ertan, R. ve Yavuz, N., "Yüzey işleme yöntemlerinin soğuk iş takım çeliğinin yorulma davranışına etkisinin incelenmesi", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 19-27 (2011).
7. Staia, M. H., Ramos, E., Carrosquero, A., Roman, A., Lesage, J., Chicot, D. and Mesmacque, G., "Effect of substrate roughness induced by grit blasting upon adhesion of WC-17%Co thermal sprayed coatings", *Thin Solid Films*, 377-378: 657-664 (2000).
8. Yılmaz, S. S., Ünlü, B. S. ve Varol, R., "Borlama ve bilyalı dövmenin demir esaslı T/M malzemelerde aşınma ve mikro yapı özelliklerine etkisi", *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (1): 1-8 (2008).
9. Yılmaz, S. S., Ünlü, B. S. ve Varol, R., "Borlama ve bilyalı dövmenin demir esaslı T/M malzemelerde yorulma davranışına etkisi", *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (1): 61-68 (2007).
10. Saticı, M. E., "Kumlama işleminin ve bu işleme etkiyen parametrelerin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul 50-58 (2004).
11. Plaster, H. J., "Blast :Cleaning and Allied Processes", *The Garden City Press Limited*, Letchworth, 180-188 (1973).

12. American Wheelabrator & Equipment Company, "Blasting", *Shot Peening*, Mishawaka, 55-61 (1951).
13. Metabrasive Limited, "Manufacturers of high performance metallic abrasives", *The Guide to Impact Abrasive*, London, 8-12 (1988).
14. Yetgin, S. H. ve Kıratlı, N., "Cr₂O₃ kaplı AlMg₃ alaşımının korozyon davranışının incelenmesi", *Teknoloji*, 10: 75-80 (2007).
15. American Wheelabrator & Equipment Company, "Sandblasting", *Shot Peening*, Indiana, 2: 101-113 (1962).
16. Hansel, D., "Abrasive blasting systems", *Abrasive Blasting Cleaning News*, California, 2: 4-8 (1997).
17. Clemco Industries., "Achieving productivity from abrasive blast cleaning systems", *Feature*, 1-4 (1989).
18. Gedeon, G., "Surface Preparation", *Pre-Coating Surface Preparation*, Course No: T02-003 Credit: 2 PDH, 1-16 (1995).
19. Balan, K., "Advances in mechanical surface preparation", *Global Product Specialist*, Burlington, 25-30 (2001).
20. The Society for Protective Coatings., "Surface preparation specifications", *SSPC-SP COM*, 1: 2-32 (2004).
21. İnternet: Asal Metal Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, "Kumlama Kabini", http://www.asalmetal.com/kumlama_kabini.html (2012).
22. İnternet: Asal Metal Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi, "Kumlama Kazan", http://www.asalmetal.com/kumlama_kazani.html (2012).
23. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., "Kumlama Odaları", <http://www.saykar.net/kumlama+sistemleri.html> (2012).
24. Çelik Granül Sanayii A.Ş., "Türbinli kumlama makineleri", *Çelik Granül Sanayi A.Ş. Teknik Bülten*, 1: 1-4 (2002).
25. Çelik Granül Sanayi A.Ş., "Kumlama makinesi aksam ve ayarları", *Çelik Granül Sanayi A.Ş. Teknik Bülten*, 1: 1-4 (2002).
26. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., "Çelik Bilye", <http://www.saykar.net/celik+bilye.html> (2012).
27. Bostancı, M., "Aşındırıcı tipleri", Çelik Yapı El Kitabı, *Karabük Demir Çelik Fabrikaları Müessesesi Müdürlüğü*, Karabük, 205-217 (1987).

28. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Alüminyum Oksit”, <http://www.saykar.net/aluminyum+oksit.html> (2012).
29. İnternet: “Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP, “İnşaat Teknolojisi Dalı Kagir Yüzey Temizleme”,
http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/215ESB073.pdf (2012).
30. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Paslanmaz Küre”, <http://www.saykar.net/paslanmaz+kure.html> (2012).
31. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Silisyum Karbür”, <http://www.saykar.net/silisyum+karbur.html> (2012).
32. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Garnet”, <http://www.asalmetal.com/garnet.html> (2012).
33. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Cam Kumu”, <http://www.saykar.net/cam+kumu.html> (2012).
34. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Seramik Küre”, <http://www.saykar.net/seramik+kure.html> (2012).
35. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Plastik Abrasiv”, <http://www.saykar.net/plastik+abrasiv.html> (2012).
36. İnternet: Saykar Metalurji ve Yüzey İşlem Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti., “Kumlama Sodası”, <http://www.saykar.net/kumlama+sodasi.html> (2012).
37. Tosçelik Granül Sanayi A.Ş., “Etkin temizlik için aşındırıcı seçimi”, *Tosçelik Granül Sanayi A.Ş. Teknik Bülten*, 2-14 (2009).
38. İnternet: Borçelik A.Ş., “St37 Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri”, <http://www.borcelikweb.com/Qualitystdpublic.aspx?PLKT=S235> (2012).
39. İnternet: Borçelik A.Ş., “St52 Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri”, <http://www.borcelikweb.com/Qualitystdpublic.aspx?PLKT=S355> (2012).
40. İnternet: Mitutoyo, “Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı Teknik Özellikler”, http://www2.mitutoyo.de/fileadmin/user_upload/pdf/prospekte/0ENGLISH/formmessgeraete_en/Surfteft_SJ201_SJ301_PRE.pdf (2012).

ÖZGEÇMİŞ

Mutlu Uzun, 1982 yılında Karabük'te doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Karabük'te tamamladı. Haziran 2005 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Askerlik görevi sonrası sırasıyla; Çelikoğlu Haddecilik ve Özmak Boru bünyelerinde çalıştı. 2008 yılından bu yana Kardemir Karçel A.Ş.'de başmühendis olarak çalışmaktadır. 2012 yılında Kaynak Mühendisliğini bitiren Mutlu Uzun, tahribatsız muayene dallarından Ultrasonik Muayene ve Manyetik Muayene (Level 2) eğitimlerini almıştır.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karçel A.Ş.
Kardemir Sahası İçi
Merkez / KARABÜK
E-posta : mtlznu@hotmail.com