

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇİMENTO FABRİKALARINDA KARŞILAŞILAN  
AŞINMA PROBLEMLERİNİN KAYNAK  
YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Cihan GÜRSES**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet OĞUR**

**Mayıs 2013**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇİMENTO FABRİKALARINDA KARŞILAŞILAN  
AŞINMA PROBLEMLERİNİN KAYNAK  
YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Cihan GURSES**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT**

**Bu tez 13 / 06 /2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Ahmet OĞUR Prof. Dr. Şaduman ŞEN Yrd. Doç. Dr. Sunal Ahmet**  
**Jüri Başkanı Üye PARASIZ**  
**Üye**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet OĞUR katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada çimento fabrikalarında karşılaştığım aşınma problemlerine karşı kaynak yöntemlerini kullanarak getirdiğim çözümlerin sonuçlarını inceleyerek elde ettiğim veriler sunulmuştur. Ülkemiz çimento fabrikalarının getirilen bu çözümlerle makine parçalarını tekrar kullanabilmesi milli servetimizin zamanla hurdaya atılmasını önleyecektir. Bu çalışmanın çimento sektörüne ve yapılan bilimsel çalışmalara ışık tutmasını temenni ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖZET .....	xi
SUMMARY .....	xii

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	1
-------------	---

## BÖLÜM 2.

ÇİMENTO SEKTÖRÜNÜN TANITILMASI .....	2
2.1. Çimentonun Tanımı .....	2
2.2. Çimento Türleri .....	2
2.3. Çimentonun Ana Karma Bileşenleri.....	3
2.4. Çimento Üretimi Akış Şeması.....	3
2.5. Çimento Öğütme Devreleri.....	4
2.5.1. Hammaddenin hazırlanmasında kullanılan öğütme sistemleri.....	5
2.5.2. Çimento öğütmede kullanılan sistemler.....	6

## BÖLÜM 3.

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE KARŞILAŞILAN AŞINMA PROBLEMLERİ.....	11
---	----

## BÖLÜM 4.

ÇİMENTO FABRİKALARINDA KARŞILAŞILAN AŞINMA PROBLEMLERİNİN KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN VERİMLİLİKLERİNİN ANALİZİ.....	13
4.1. Aşınan Merdanelerde Kaynaklı Tamir .....	13

4.1.1. Merdane aşınmasında birinci çalışma.....	13
4.1.2. Merdane aşınmasında ikinci çalışma .....	17
4.1.3. Merdane aşınmasında üçüncü çalışma .....	19
4.1.4. Merdane aşınmasında dördüncü çalışma .....	22
4.2. Aşınan Kazıyıcılarda Kaynaklı Tamir .....	24
4.2.1. Kazıyıcı aşınmasında birinci çalışma .....	24
4.2.2. Kazıyıcı aşınmasında ikinci çalışma.....	27
4.3. Aşınan Valslerde Kaynaklı Tamir .....	30
4.3.1. Vals aşınmasında birinci çalışma .....	30
4.3.2. Vals aşınmasında ikinci çalışma .....	33
4.3.3. Vals aşınmasında üçüncü çalışma .....	37
4.3.4. Vals aşınmasında dördüncü çalışma .....	39
4.3.5. Vals aşınmasında beşinci çalışma .....	41

## BÖLÜM 5.

### AŞINMA PROBLEMLERİNİN BALL ON DİSK DENEY YÖNTEMİ İLE ANALİZİ.....

5.1. St37 Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzeninde Analizi.....	48
5.1.1. St37 numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi .....	48
5.1.2. St37 numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi.....	49
5.1.3. St37 numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi .....	51
5.2. Castolin 4601 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 60 HRC Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzeninde Analizi .....	53
5.2.1. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi .....	53
5.2.2. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi.....	54
5.2.3. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi .....	56
5.3. Castolin 4666 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 65 HRC Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzeninde Analizi .....	58
5.3.1. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi .....	58

5.3.2. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi.....	59
5.3.3. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi .....	61
5.4. Castolin 8811 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 2500-2700 HV Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzeninde Analizi .....	62
5.4.1. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi	62
5.4.2. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi..	64
5.4.3. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi	65

## BÖLÜM 6.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	68
KAYNAKLAR .....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	73

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Çimento akış şeması [3].....	3
Şekil 4. 1. Aşınmış merdane görüntüsü .....	14
Şekil 4. 2. Kaynak işlemi pozisyoner de yapılırken bir görüntü .....	15
Şekil 4. 3. İkinci pasodan sonra kaynak dolgusunun görüntüsü .....	15
Şekil 4. 4. Kaynak dolgusu bittikten sonraki merdane yüzeyi .....	16
Şekil 4. 5. Kaynak işlemi hazırlıkları .....	18
Şekil 4. 6. Kaynaktan sonra yüzeyin görüntüsü .....	18
Şekil 4. 7. Kaynaktan sonra merdanenin görüntüsü.....	18
Şekil 4. 8. Merdanenin çalışma şekli .....	20
Şekil 4. 9. Merdanedeki aşınma .....	20
Şekil 4. 10. Merdanenin uzaktan çalışma görüntüsü.....	21
Şekil 4. 11. Merdanenin kaplandıktan sonraki görüntüsü.....	21
Şekil 4. 12. Merdanenin kaplanmış gövdesi .....	22
Şekil 4. 13. Merdanenin çalışma yeri .....	23
Şekil 4. 14. Döner merdane çalışma süresi-aşınma boyutu .....	24
Şekil 4.15. Castolin 4666 DXW (DIN 8555 MF 10-65-G) ile imal edilmiş kazıyıcı (solda), dökme demir kazıyıcı (sağda) .....	25
Şekil 4.16. Castolin 4666 DXW (DIN 8555 MF 10-65-G) den imal edilmiş kazıyıcının yakın görüntüsü .....	26
Şekil 4. 17. Kazıyıcının arka yüzeyinin görüntüsü .....	26
Şekil 4. 18. Kaplanacak kazıyıcıların görüntüsü.....	27
Şekil 4. 19. Kaynak dolgusu yapılırken çekilmiş bir görüntü.....	28
Şekil 4. 20. Kaynak dolgusunun görüntüsü .....	28
Şekil 4. 21. Kaynak dolgusu bittikten sonra kazıyıcının görüntüsü.....	29
Şekil 4. 22. Kazıyıcı aşınma boyutu-çalışma süresi.....	30
Şekil 4. 23. Aşınmış vals yüzeyi .....	31
Şekil 4. 24. Kaynak işlemi pozisyoner de yapılırken.....	32

Şekil 4. 25. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli ile dolgusu yapıldıktan sonra valsın görüntüsü.....	32
Şekil 4. 26. Castolin 390N nano teknoloji ürün ile pırpır desenli dolgunun görüntüsü.....	33
Şekil 4. 27. Valsteki aşınma boyutu.....	34
Şekil 4. 28. Valste penetrant yöntemi ile çatlak kontrolü .....	35
Şekil 4. 29. Valsin Castolin 4601 (AWS A 5.21) ve Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ile dolgu yapılmış hali .....	35
Şekil 4. 30. Valsin Castolin 390N nano teknoloji ürünü ile kaplandıktan sonraki son hali.....	36
Şekil 4. 31. Valsin montaja hazır hali .....	36
Şekil 4. 32. Valsin Aşınmış Hali .....	38
Şekil 4. 33. Kaynak işlemi esnasında valsın sıcaklığı 200 °C sabit tutuluyor .....	38
Şekil 4. 34. Dolgu işlemi bittikten sonra master yardımı ile dolgu kontrolü yapılıyor .....	38
Şekil 4. 35. Kullandığımız pozisyoner ve kontrollü soğutma ekipmanları.....	39
Şekil 4. 36. Kaynak esnasında bir görüntü.....	40
Şekil 4. 37. Valsin yataklardan demonte edildikten sonraki hali .....	40
Şekil 4. 38. Valsin dolgu işlemi bittikten sonraki görüntüsü .....	41
Şekil 4. 39. Dik değirmenin genel görüntüsü.....	42
Şekil 4. 40. Valsin dolgusu yapılmış hali.....	43
Şekil 4. 41. Valsin demonte hali .....	43
Şekil 4. 42. Vals montaj aşamasında.....	44
Şekil 4. 43. Vals çalışma süresi-aşınma boyutu .....	45
Şekil 5. 1. Ball on disc deney cihazı.....	46
Şekil 5. 2. Hassas terazi.....	47
Şekil 5. 3. Yüzey görüntüleme cihazı .....	47
Şekil 5. 4. Deney hızı ayarlanması.....	48
Şekil 5. 5. St37 2.5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü .....	48
Şekil 5. 6. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 2.5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü .....	49
Şekil 5. 7. St37 numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	49
Şekil 5. 8. St37 numune 5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü .....	50



Şekil 5. 9. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü.....	50
Şekil 5. 10. St37 numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	51
Şekil 5. 11. St37 numune 10N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü .....	51
Şekil 5. 12. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 10N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü.....	52
Şekil 5. 13. St37 numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	52
Şekil 5. 14. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	53
Şekil 5. 15. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü .....	54
Şekil 5.16.Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	54
Şekil 5. 17. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	55
Şekil 5. 18. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü .....	55
Şekil 5.19. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	56
Şekil 5. 20. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	56
Şekil 5. 21. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü .....	57
Şekil 5.22. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	57
Şekil 5. 23. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	58
Şekil 5. 24. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü.....	59

Şekil 5. 25. Castolin. 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	59
Şekil 5. 26. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	60
Şekil 5. 27. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü.....	60
Şekil 5. 28. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	60
Şekil 5. 29. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	61
Şekil 5. 30. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü.....	61
Şekil 5. 31. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	62
Şekil 5. 32. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	63
Şekil 5. 33. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü .....	63
Şekil 5. 34. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	64
Şekil 5. 35. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	64
Şekil 5. 36. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü .....	65

Şekil 5. 37. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	65
Şekil 5. 38. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü .....	66
Şekil 5. 39. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü .....	66
Şekil 5. 40. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği .....	66

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Çimento, Aşınma

Günümüzde toplu konut, yol, baraj ve kentleşme artışından dolayı çimento kullanımı artmakla beraber ülkemizdeki çimento fabrikaları taleplere şu anki kapasiteleriyle karşılık verememektedir. Çimento üretiminde kar marjlarının düşmesi artan enerji giderleri fabrika işletmecilerini kapasitelerinin üstüne çıkmaya zorlamıştır. Ancak çimento fabrikalarında üretimi arttırmak için makine parkurunda gerekli revizyonlar, maliyetler bahane edilerek yapılmamakta çalışma şartları zorlanarak üretim arttırılmaya çalışılmaktadır. Bu durum; makine parçalarının arıza yapmasına ve aşınmasına neden olmaktadır. Buradan yola çıkarak bu tezde makine parçalarının kaynaklı yöntemlerle tekrar üretime kazandırılması amacı güdülmüştür.

# **CEMENT FACTORIES ENCOUNTERED WEAR WELDING METHODS FOR SOLVING PROBLEMS**

## **SUMMARY**

Key Words: Cement, Abrasion

Today public housing, roads, dams, and urbanization has increased the use of cement due to the increase in cement factories with the demands of our country can give no response to the current capacities. Cement production capacities on the profit margins to drop out of rising energy costs forced the factory operators. However, in order to increase the production of cement plants machinery necessary revisions racecourse is made the pretext of working conditions, forcing the production to increase the running costs. In this situation failure of the machine parts, cause corrosion. Based on this re-production methods from machine parts to this thesis, the aim of getting thought.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Çimento üretim ve kullanım teknolojilerinin birlikte bir yüzyılı aşan gelişmesi sonunda, günümüz değişik ihtiyaçlarını karşılayan çeşitli cinslerde çimentonun üretildiği büyük bir endüstri dalının oluştuğu bir gerçektir. Bu gerçeğin, ülkemizde de, 1950'lerden sonra başlayan ve halen devam etmekte olan hızlı bir gelişme sürecinin içerisinde olduğu bilinmektedir.

Üretim aşamalarının ana başlıkları; hammadde prosesi ve boyut küçültme prosesi olarak incelenebilir. Bu ünitelerde yapılan üretim çalışmalarında üniform bir ürünün minimum harcamayla yapılması, diğer bir ifadeyle optimum üretimin gerçekleştirilmesi; kullanılan çok sayıda makinenin verimli kullanılması ve hammadde prosesindeki parametrelerinin kontrolü ile mümkün olabilir.

Çimento üretimi enerjinin yoğun tüketildiği bir proses olup, günümüz teknolojileri ile yapılan üretimlerde 1 ton çimento üretmek için 100 Kwh enerji harcanmaktadır. Günümüzde artan enerji fiyatları ve çimento kalitesinde artan kalite gereksinimleri üretim aşamalarında optimizasyonu zorunlu hale getirmiştir. Ulusal ve uluslararası alanda rekabet yapabilmek için çimento fabrikaları enerji ve işçilik masraflarını minimize ederken yüksek kaliteli ve üniform çimento üretmek durumundadır. Üretimde kullanılan makinelerin iyi işletilmeleri bu yönden önemlidir. Makinelerin kullanılabilirlik oranının maksimize edilmesi için bakım onarım planlamasının yapılması zorunluluk arz eder. Ayrıca çevre açısından üretimlerin sorun teşkil etmemeleri gerekir. Günümüzde üretilen 1 ton çimentonun maliyetinin % 33'ünü yakıt, % 33'ünü elektrik enerjisi, % 5-7'sini işçilik giderleri, % 27-29'unu ise bakım onarım masrafları oluşturmaktadır [1].

Çimentonun kalitesine etki eden diğer bir konuda çimentonun mukavemetini etkileyen şartların bulunup onların kalitesini de araştırmaktır.

## **BÖLÜM 2. ÇİMENTO SEKTÖRÜNÜN TANITILMASI**

Çimento sektörünün tanımak için birçok açıdan bilgi sahibi olmak gereklidir. Başlıcaları aşağıda başlıklar halinde tanıtılabilir.

### **2.1. Çimentonun Tanımı**

Çimento, ilkel maddeleri kalker ve kil olan mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket... vb.) yapıştırma için kullanılan bir malzemedir. Çimentoya bu yapıştırma özelliğini yerine getirebilmesi için mutlaka ihtiyaç vardır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir [5].

### **2.2. Çimento Türleri**

Çimentoların pek çok türleri vardır. Bunların çoğunluğu Portland türü veya Portland klinkeri ile belirli oranlarda başka bağlayıcılar karıştırılarak elde edilen türlerdir. Özel bir talep gerekmediği sürece fabrikalar farklı nitelikli çimentoları üretip piyasaya sevk etmemektedirler. Kullanıcı, yapısına ve ortamına uygun çimento konusunda bilinçlenmediği sürece de pazarlama koşullarının değişmesi beklenmemelidir.

Günümüzde piyasada bulunan çimentolar TÇ 32.5 (Traşlı çimento), PÇ 32.5 (Portland çimento), KÇ 32.5 (Katkılı çimento) ve yüksek dayanımlı Portland çimentoları olan PÇ 42.5 ve PÇ 52.5' tur. PÇ 32.5 – PÇ 42.5 – PÇ 52.5 salt Portland çimento klinkeri içerirler. TÇ 32.5 ve KÇ 32.5'da ise, çimento klinkeri dışında belirli oranlarda (% 40'a kadar varan oranlarda) doğal puzolan vardır. Simgeden sonra görülen sayı, standart çimento harçlarının 28 günlük küp basınç dayanımlarını  $N/mm^2$  cinsinden verirler. ( $1N/mm^2=1$  Megapaskal (Mpa)  $\cong 10$   $kgf/cm^2$ )

(N=Newton)[7].

TÇ 32.5, KÇ 32.5, PÇ 32.5 çimentoları ile üretilen betonların basınç dayanımı açısından eşdeğer oldukları görülür. Bu tutum tüketiciyi ve üreticiyi korumak, güvene almak için düşünülmüş yanlış bir tutumdur. Betonların yeterliliğini sadece basınç dayanımlarına bağlayarak değerlendirmek aşırı ve hatalara götüren bir basitleştirme değildir. Böylece tüketici, bu üç çimentodan herhangi birini seçmekle amacına ulaştığını sanmaktadır, halbuki betonlarının şekil değiştirme, geçirimsizlik, erken çatlama, dış etkilere dayanıklılık açısından büyük farkları olacaktır.

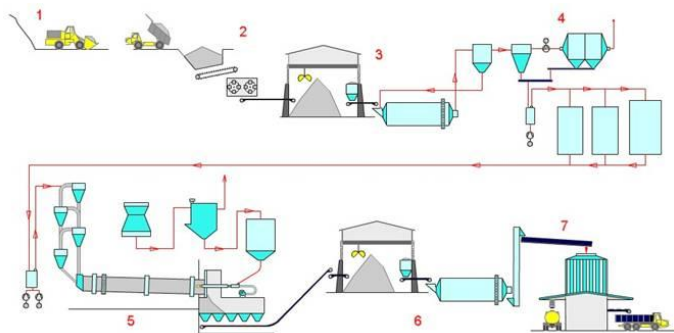
### 2.3. Çimentonun Ana Karma Bileşenleri

Çimentolarda dört ana bileşen vardır. Bunlar karma oksitlerdir;

1. C<sub>2</sub>S olarak kısaltılan (CaO)<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>(bikalsiyum silikat)
2. C<sub>3</sub>S olarak kısaltılan (CaO)<sub>3</sub>SiO<sub>2</sub>(trikalsiyum silikat)
3. C<sub>3</sub>A olarak kısaltılan (CaO)<sub>3</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(trikalsiyum alüminat)
4. C<sub>4</sub>AF olarak kısaltılan (CaO)<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(tetrakalsiyum alümino ferrit)

Bunların dışında alçıtaşı (CaSO<sub>4</sub>2H<sub>2</sub>O) ve minör oksitler dediğimiz birleşmemiş CaO, MgO, bazı durumlarda Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O ve erimeyen maddeler (çoğunlukla SiO<sub>2</sub>) de bulunur [2].

### 2.4. Çimento Üretimi Akış Şeması



Şekil 2. 1. Çimento akış şeması [3]



1. Çimento üretiminde kullanılan hammaddeler; hammadde ocaklarından genellikle sert oldukları için patlayıcı maddeler yardımıyla çıkarılır ve yükleyici iş makineleri ile nakil araçlarına yüklenerek kırılmak üzere konkasörlere (Taş Kırıcı) taşınır.
2. Hammaddeler, konkasörlerde kırıldıktan sonra stokholde stoklanır.
3. Gezer vinçler yardımıyla stokholden alınan hammaddeler belli oranlarda karıştırılarak farin değirmenlerine alınarak öğütülürler.
4. Farin adını alan karışım pişirilmek üzere hazır olarak farin stoklarında stoklanır.
5. Ön ısıtıcılardan geçirilerek döner fırına sevk edilen farin yaklaşık 1400-1450 derece sıcaklıkta pişirilir.
6. Döner fırından klinker olarak çıkan yarı mamül ürün soğutucuda soğutulur ve klinker stok holünde stoklanır. Alçıtaşı ve üretilecek çimento cinsine uygun katkılarla çimento değirmenlerinde öğütülür.

Çimento cinslerine göre ayrı ayrı silolarda stoklanan çimento, torbalı ve dökme çimento olarak satışa sunulur.

## 2.5. Çimento Öğütme Devreleri

Çimento üretiminde boyut küçültme işlemleri üretimin en önemli aşamalarından biridir. Klinker öğütülmeden hiçbir kimyasal reaksiyona girmez ve çimento özelliği kazanmaz, bunun için öğütülüp kimyasal reaksiyona girecek inceliğe getirmek lazımdır. Bu enerji tüketiminin yoğun olduğu bir prosestir ve sadece çimento öğütme devrelerinde 35-40 Kwh/ton enerji tüketilmektedir. Buna hammadde hazırlama işlemlerindeki boyut küçültme enerji sarfiyatları da ilave edildiğinde enerji tüketim miktarları 55-60 Kwh/ton mertebelerine ulaşır [4]. Bu değer oldukça yüksektir.

Çimentonun verimli kullanılmasındaki en önemli iki özelliği olan çalışabilirliği ve basınç dayanımı; nihai ürünün boyut dağılımı, küçültme oranı ve özgül yüzeyi alanı ile birlikte kimyasal kompozisyonu tarafından belirlenir.

Ürün kalitesindeki giderek artan istekler homojen, üniform ve yüksek kaliteli mamul üretmeyi zorunlu kılarken, globalleşen dünyada daha düşük maliyetlerle üretim yaparak ancak pazar payı bulmak mümkün olabilmektedir. Çimento öğütme

devrelerindeki makinelerin daha iyi işletilmesi amacıyla çalışmalar yıllardır yapılmaktadır. Klasik yöntemler yanında, matematiksel modelleme ve simülasyon bu amaçla kullanılmakta tesislerin optimum şartlarda işletilmesi, yeni tesis tasarımları ve geliştirilmesi sayesinde ürün kalitesinin ve tesis kapasitelerinin artırılması potansiyel olarak karlılığın ve verimliliğin maksimize edilmesi sağlanmaktadır.

Bu bölümde; çimento hammadde öğütmesinde kullanılan sistemlere ana hatları ile bakıldıktan sonra çimento öğütme devreleri incelenmiş ve deneyler yapılmıştır. Çimento öğütme devrelerinde yaygın olarak kullanılan "hava süpürmeli bilyeli değirmen", "yüksek basınçlı merdaneli pres (pressvals)" ve yüksek verimliliklere sahip "separatörler" incelenmiştir.

### **2.5.1. Hammaddenin hazırlanmasında kullanılan öğütme sistemleri**

Çimento hammaddeleri normal olarak 90 mikron elek üstü %10-15 arasında olacak inceliğe kadar öğütülür, bu da  $>2800 \text{ cm}^2/\text{g}$  kadar öğütülür. Modern çimento fabrikalarında hammadde öğütme devrelerinde en çok kullanılan makineler bilyeli değirmenler, dik değirmenler ve separatörlerdir. Çimento değirmenlerinden daha geniş çaplı ve boyları daha kısa olan değişik tasarımlardaki bu bilyeli değirmenlerin ekonomikliğini arttırmak için merdaneli presler (pressvalsler) ön öğütücü olarak kullanılmaktadır [5].

Çimento hammaddelerinin öğütülmesinde harcanan spesifik enerji tüketimi bilyeli değirmen kullanıldığında 10-20 Kwh/t, dik değirmen kullanılması durumunda ise enerji tüketiminde %10-20'lik düşüş söz konusudur. Ancak hammaddenin nemi azaldıkça iki sistem arasındaki enerji tüketimindeki bu farkta azalacaktır.

Çimento hammaddelerinin çoğunda nem oranı % 4-8 civarında olup, bazı durumlarda bu oran % 20'nin üzerine çıkabilmektedir. Bu hammaddeleri verimli bir şekilde öğütmek için öğütme işleminden önce rutubetin uzaklaştırılması gerekir.

Öğütülen malzemenin inceliği separatör işletim parametreleri ile ayarlanır. En uygun hammadde öğütme sisteminin seçimini etkileyen faktörler;

1. Hammaddenin nem miktarı
2. Fabrikanın kapasitesi
3. Hammaddenin aşındırma özelliği
4. Enerji tüketimi
5. Sistemin kurulma maliyetidir.

Hammaddelerin çok aşındırıcı olamadığı ve nem miktarının %16-18'den az olduğu durumlarda dik değirmenler kullanılabilir. Nem oranının %3-6'dan az olması durumunda özellikle küçük ölçekli sistemlerde dik değirmenlerin enerji tüketimi açısından değerlendirildiğinde bilyeli değirmenlere olan avantajı ortadan kalkar.

Bilyeli değirmenler hammaddenin düşük ve orta nemlilik durumlarında uygundur ve çok aşındırıcı hammaddelerin öğütülmesinde diğer sistemlere göre avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerde kurutma kapasiteleri değirmen içindeki kurutmanın optimizasyonu veya birinci kırıcıda bir ön kurutucu ile artırılabilir.

Çimento hammadde öğütme sistemlerinde kullanılan değirmenler tek kompartmanlı hava süpürmeli bilyeli değirmenlerdir. Hava akımı kurutma işlemi yanında malzemenin değirmen içinde taşınmasını ve separatöre beslenmesini de sağlar. Değirmenin iç yüzeyini kaplayan değişik boyutlardaki plakalar bilyelerin; öğütme işlemini optimal seviyede gerçekleştirmesini sağlayacak biçimde dağılmasını sağlarlar.

Ocaktan çıkan hammaddelerin kırılmasında ise, darbe ve vurma kuvveti ile boyut küçültme yapan çekiçli kırıcılar (impact crusher) yaygın olarak kullanılmaktadır.

### **2.5.2. Çimento öğütmede kullanılan sistemler**

Bu bölümde çimento fabrikalarında, ezme ve basınç kuvveti ile boyut küçültme yapan yüksek basınçlı merdaneli presler (high pressure roller press) YBMP, sürtünme – darbe ve ezme kuvveti ile boyut küçültme yapan hava süpürmeli bilyeli

değirmenler (air-swept ball mill), ile birlikte statik ve dinamik separatörler içeren öğütme devreleri incelenmiştir. Yüksek verimliliklere sahip dinamik separatörlerin ve YBMP'lerin çimento öğütme tesislerinde kullanılması önemli bir gelişmedir. Bu kırıcılar değirmen öncesi boyut küçültme yapmakta ve separatör ile birlikte değirmene beslenen malzemenin boyut dağılımını tayin etmektedir [6].

### **2.5.2.1. Yüksek basınçlı merdaneli kırıcı**

Çimento öğütme teknolojisinde bilyeli değirmenlerden önce YBMP'lerin kullanılması enerji tasarrufu ve sistem kapasitelerinin artırılması açısından önemli bir gelişmedir. YBMP, klinkerin ve diğer katkı maddelerinin iki yatay silindirin yarattığı ezme ve basınç kuvveti ile kırılan ve kırma esnasında önemli miktarda ince malzeme oluşturan bir sistemdir. Kırılan malzemede yapısal çatlakların da oluşması daha sonraki aşamadaki boyut küçültme işleminde kolaylık sağlamaktadır.

Bu sistemde merdaneler arasındaki mesafe, beslenen malzemenin boyutuna ve sertliğine, istenilen boyut küçültme oranına bağlı olarak merdanelere verilecek işletme basıncının ve besleme miktarının etkileşiminin optimize edilmesi gerekir. Ayrıca bu devrelerin optimizasyonunda, YBMP ile kapalı devre çalışan separatörün devri ve separatör hava akımı parametrelerinin birlikte düşünülmesi gerekir.

Kırıcının çalışma karakteristiği malzemenin makineye beslendiği andan makineyi ürün olarak terk ettiği ana kadar her bir ünite tarafından belirlenen mevcut çalışma şartlarında, yaratılan fonksiyonların etkileşimleri esasına dayalıdır. Dolayısıyla makinenin verimliliği ve ürünün özellikleri, öğütülen malzemenin özellikleri ve aşağıda belirtilen makinenin çalışma faktörlerine bağlıdır;

1. Beslenen malzeme miktarı ve hızı
2. Merdaneleri iten hidrolik kuvvet
3. Merdanelerin devir sayısı
4. Merdaneler arasındaki mesafe

Kırıcı yatay ekseninde dönen iki merdane arasında kırma işlemini yapan bir makine olup aşağıdaki ana kısımlardan oluşmuştur.

**a) Kafes (Press Frame)**

Kafes iki parçaya bölünmüş olup altta ve üstte çelik konstrüksiyon mevcuttur. Ayrıca mesafe ayarlayıcı bir blok ve iki adet kiriş bulunmaktadır. İki parçaya bölünmüş kafesin taban konstrüksiyonu ortak olup, kafes silindirlere ve hidrolik iticilere yataklık görevini de görür. Kirişler silindirlerin takılıp sökülmesinde kullanılır. Malzeme besleyici ve hunisi de kırıcı kafesine monte edilir.

**b) Merdaneler (Rollers)**

Merdaneler silindir şeklinde demir bir gövdeye sahip olup özel olarak yataklanmıştır. Yüzeyleri sertleştirilmiş olup aşınmaya karşı dayanıklı bir malzeme ile kaplanmıştır. Ters yönde dönen silindirler yukarıdan beslenen malzemeyi alarak basınçlı zona sürükler ve boyut küçültme işlemi gerçekleşir. Silindirlerin üzerinde soğutma suyunun sirkülasyonunu sağlayan soğutma kanalları vardır [7].

Silindirler arasında çok az bir boşluk olacak şekilde yatakların tasarlanması silindirlerin birbirine değerek hasar vermelerini önler. Bu mesafe işletme gereksinimlerine ve öğütülen malzemenin cinsine bağlı olarak ayarlanabilir.

**c) Yataklar (Bearings)**

Silindirler kendi kendine ayarlanabilen yataklara monte edilmiştir. Yataklarda kafese monte edilmiş yatak bloklarına bağlıdır. Silindirler, biri sabit diğeri de hareketli iki yatağa sahiptir. Yatakların ömürlerinin uzatılması için koruyucu sistemleri vardır. Hareketli merdanenin yatağı üzerinde bir hidrolik durdurma mekanizması ve yatakların otomatik çalışmasını sağlayan mekanik sistemleri mevcuttur.

**d) Hidrolik Sistem (Hydraulic System)**

Silindirler iki taraftan hidrolik olarak itilir ve bu şekilde kırma işlemi esnasında basınç kuvvetinin üniform olması sağlanır. Buna ilave olarak, hidrolik itme pistonları aşırı yüklemelerde presin emniyetini de sağlar. Hidrolik sistem; iki silindir bloğu, hidrolik akümülatör, boşaltma vanaları, yağ tankı, pompa ve basınç ölçerden oluşur.

**e) Malzeme Besleme Sistemi ve Kontrolü**

Malzemenin makineye beslenmesi ayarlanabilen ve yerçekimi ile çalışan bir sistemle yapılır. Malzeme yerçekimi etkisi ile iki silindir arasındaki basınçlı alana düşer. Malzemenin beslendiği boşluk silindirlerin her iki tarafında bulunan yanal tabakaların malzeme boyutlarına göre uygun biçimde ayarlanması ile belirlenir.

**f) Ana Tahrik Ünitesi**

Ana güç ünitesi bir elektrik motoru, hidrolik veya mekanik kavrama sistemi, devir düşürme dişlilerinden oluşur. Bu sistem, iki değişik çıkış şaft uzantısı press tarafından dişli ünitesine doğru iki ayrı kavramayı içerir.

**2.5.2.2. Hava süpürmeli bilyeli değirmen**

Değirmenin öğütme kanunları çerçevesinde hareket ettiği kabulü ile model de değirmen, büyük boyutta bilyelerin bulunduğu birinci kompartman iki eşit reaktör ve ince boyutlu bilyelerin bulunduğu ikinci kompartmanda beş eşit reaktör olarak kabul etmektedir.

Model de değirmenin en önemli işletme parametrelerinden biri olan ve malzemenin değirmen içinde kalma süresini (residence time) etkileyen hava emiş miktarı ayrı bir parametre ile gösterilmiştir. Çimento değirmenlerinin de hava emişinin birinci görevi öğütme sırasında klinkeri soğutmak olup buna ilave olarak;

1. Değirmen içerisindeki ince malzemeyi uzaklaştırarak değirmen içi klasifikasyon sağlanması
2. İnce malzemenin uzaklaştırılması ile öğütme verimliliğinin artırılması
3. Öğütme verimini arttırmak için kullanılan organik katkı maddelerinin daha iyi dağılmasını sağlamaktadır.

Değirmen boyunca oluşan hava akımı türbülans akım rejiminde olup, hava akış hızına ve değirmen içerisindeki malzemenin boyut dağılımına bağlı olarak belli bir oranda ince malzemenin hava içerisinde taşınarak değirmeni terk edecek fakat kalın taneler değirmen içerisine bilyelerin arasına düşecektir.

**a) Separatör**

Genel amaçlı çok sayıda separatör mevcut olmakla birlikte, çimento öğütme devrelerinde klasik statik separatörler ve siklon tipi separatörler geçmiş yıllarda yaygın olarak kullanılmıştır. Çimento sektörü için son yıllara verimlilikleri çok yüksek separatörler geliştirilmiş ve modern fabrikalarda kullanılmaktadır.

### **BÖLÜM 3. ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE KARŞILAŞILAN AŞINMA PROBLEMLERİ**

Günümüz çimento sektöründe yoğun çalışma şartları, çimento ham maddeleri olan kalker, kireç ve alçı gibi doğadan çıkarılan katkıların çimento fabrikalarının tasarımı ve imaline uygunluğu araştırılmadan üretimde kullanılması tesisin makine parçalarında aşınma problemlerinin yoğun olarak ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Kalker, kireç ve alçıyı öğüten değirmenlerin aşınması bu problemlerin başını çekmektedir. Değirmen parçalarının doğadan çıkarılan bu malzemeler karşısında mukavemetlerinin yetersiz kalması, aşırı yükleme şartlarında çalışması, iş yoğunluğundan dolayı periyodik bakımların ertelenmesi, planlı bakımların zamanında ve tam olarak yapılmaması bu problemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Çimentonun üretilmesinde kullanılan farinin değirmenlerinde de aynı sıkıntılarla karşılaşılmaktadır.

Çimento fabrikalarının en büyük ve en çok karşılaştıkları problem periyodik olarak aşınma olayının gerçekleşmesidir. Aşırı yükleme ve üretimde beklenmeyen zorlanmalar karşısında olması muhtemel bir problemdir. Çimento fabrikalarının teknik bakım ekipleri bu problemlerin oluşacağını ön görerek üretim kapasitesini ticari çıkar amaçlı bilerek arttırmaktadır.

Aşınma problemleri ise genellikle değirmen merdanelerinde, değirmen valslerinde beton mikser kazıyıcılarında periyodik olarak gerçekleşmektedir. Aşınma boyutu arttıkça üretim kapasitesi azalmakta ve son olarak ta plansız soğuk duruşa sebep olmaktadır. Çimento fabrikalarının günümüz piyasasında karlılığı göz önünde bulundurulduğunda plansız beklenmeyen soğuk duruşların fabrikaya maddi açıdan ortaya çıkardığı zarar tahmin edilemeyecek boyutlardadır. Bu sebepten dolayı çimento fabrikalarının ortak talebi periyodik olarak makine parçalarının kullanım



ömrünü uzatarak fabrikanın duruş süresini minimuma indirgemektir. Buradan yola çıkarak 750 gündür çimento fabrikalarında aşınan parçaların çalışma şartlarını, ana malzeme spesifikasyonuna göre aşınma faktörünü ve aşınmayı ne kadar önleyebiliriz konusunda çalışmalar yapılmıştır. Farklı denemeler yapılarak ömürler arasındaki farkları ortaya koyulmuştur. Çimento fabrikasında karşılaşılan aşınma problemlerinin kaynaklı tamiri hakkında çalışmalar ve deneyler yaparak uzun zaman aralığında gözlemleyerek yaptığımız kaynak işleminin verimliliği tespit edilmiştir.

## **BÖLÜM 4. ÇİMENTO FABRİKALARINDA KARŞILAŞILAN AŞINMA PROBLEMLERİNİN KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE ÇÖZÜMÜ VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN VERİMLİLİKLERİNİN ANALİZİ**

Bu bölümde çimento fabrikalarında karşılaştığım ve farklı yöntemlerle çözebilmeme fırsatı bulduğum makine parçalarının üzerinde yapmış olduğum çalışma sonuçları aktarılmıştır.

### **4.1. Aşınan Merdanelerde Kaynaklı Tamir**

Bu bölümde iş parçası-1, iş parçası-2, iş parçası-3 ve iş parçası-4 merdanelerinde uygulanan farklı kaynaklı tamir yöntemlerinin çalışma süresi-aşınma boyutu yönünden incelenmesi ve gözlemlerle değerlendirilmesi anlatılmıştır.

#### **4.1.1. Merdane aşınmasında birinci çalışma**

İş Parçası-1	:Merdane
Ana Malzeme	:Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği
Makine	:Döner Merdane
Boyutlar	:D=1400mm×800mm L=4000 mm
Ağırlık	:16 ton
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Mekanik Yorulma	:Değişken Yük Altında
Abrazyon	:Yüksek Basınç Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* Yüksek basınç ve abrazyon ortamında çalışan döner merdane periyodik olarak aşınmaya uğramakta ve klinker öğütme işlemini verimli gerçekleştirememektedir.

*Çözüm;* Merdane üzerindeki radüsler torna tezgahında torna kalemi aracılığı ile 25 mm talaş kaldırarak temizlenmiştir. Daha sonra yüzeyde çatlak olup olmadığına karar vermek için penetrant ile tahribatsız muayene yapılmıştır. Kaynak işleminin daha verimli gerçekleşmesi için malzemenin karbon eş değerine göre tav sıcaklığını tayin edilip, 150-200 °C civarına kadar tav verilmiştir. Kök paso olarak AWS A 5.22 E 307 T1 standardında Castolin DO-02 özlü teli ile 5mm dolgu yapılmıştır. Bu dolgunun üzerine AWS A 5.22 MF 7-200-400-GKP standardında Castolin DO-05 özlü teli ile 4 mm tampon dolgu yapılmıştır. Üçüncü paso olarak AWS A 5.22 MF 3-55-GPST standardında Castolin DO-15 özlü teli ile 8 mm sert dolgu yapılmıştır. Son olarak %4.7 Ti ve %6 Cr alaşımı DIN 8555 MF 6-60-G standardında Castolin 4923 özlü teli ile 8 mm dolgu yapılmıştır. Son pasoda kaynak işlemi yapılırken yüzeyde 4 mm yüksekliğinde 15 mm genişliğinde ve 10 mm aralıklarla bilye şeklinde çıkıntı desenleri olacak şekilde kaynak dolgusu yapılmıştır. Bu işlemin amacı aşınma faktörünün minimuma indirgenmesidir [8].



Şekil 4. 1. Aşınmış merdane görüntüsü



Şekil 4. 2. Kaynak işlemi pozisyonler de yapılırken bir görüntü



Şekil 4. 3. İkinci pasodan sonra kaynak dolgusunun görüntüsü



Şekil 4. 4. Kaynak dolgusu bittikten sonraki merdane yüzeyi

*Avantajlar*; bu yöntemde mühendislik bilgileri kullanılarak çok pasolu sert dolgu kaynağı yapılmıştır. Bu yöntemde kullandığımız ürünün; Çekme dayanımı=63-70 kg/mm<sup>2</sup>, Akma dayanımı=32-38 kg/mm<sup>2</sup>, Uzama=%30-40 (l=5d), Çentik darbe dayanımı 70J (20 °C)- 55J (-20°C)- 45J (-40 °C), kaynak sonrası sertliği=170 HB<sub>30</sub>, deformasyon sonrası sertliği=340 HB<sub>30</sub> olan üstün çatlama direncine sahip DO-02 özlü teli malzeme ile kaynak dolgusu arasında geçişi sağlamakta, kullandığımız Çekme dayanımı=87-93 kg/mm<sup>2</sup>, Akma dayanımı=56-60 kg/mm<sup>2</sup>, Uzama=%25-30 (l=5d), Çentik darbe dayanımı 70J (20 °C)- 50J (-240°C), kaynak sonrası sertliği=250 HB<sub>30</sub>, deformasyon sonrası sertliği=400 HB<sub>30</sub> olan krom-manganlı yapıdaki DO-05 özlü teli darbeyi absorbe etmekte, sertliği=55-60 HRC olan DO-15 teli sertlik geçişini sağlamakta, sertliği=52-58 HRC olan DIN 8555 MF 6-60-G standardında Castolin 4923 özlü teli ise darbe altında aşınmaya karşı direnci desteklemektedir [9]. Son pasonun sertliğinin 3. Pasoya göre düşük olmasının sebebi darbe ve zorlanma altında kaynak dolgusunun gevrek karakter sergileyerek çatlama kırılma ve dolgunun kabuk gibi atması problemlerinin önüne geçmektir. Fabrikada yeni bir merdane 35.000 TL ye mal olurken yaptığımız çözüm 15.000 TL'ye mal olmuş ve tesise 20.000 TL kazanç sağlamıştır. Ayrıca merdane kaplama yapılmadan

önce 120 gün çalıştığı belirlenmiş, kaplama işleminden sonra çalışma süresinin 280 güne çıktığı tespit edilmiştir.

#### 4.1.2. Merdane aşınmasında ikinci çalışma

İş Parçası-2	:Merdane
Ana Malzeme	:Alaşsımsız Isıl İşlem Çeliği
Boyutlar	:D=1000mm L=400mm
Ağırlık	:3.7 ton
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Mekanik Yorulma	:Değişken Yük Altında
Abrazyon	:Yüksek Basınç Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* Merdanenin yüzeyi yüksek basınç ve abrasif klinker aşındırmasına maruz kalmaktadır.

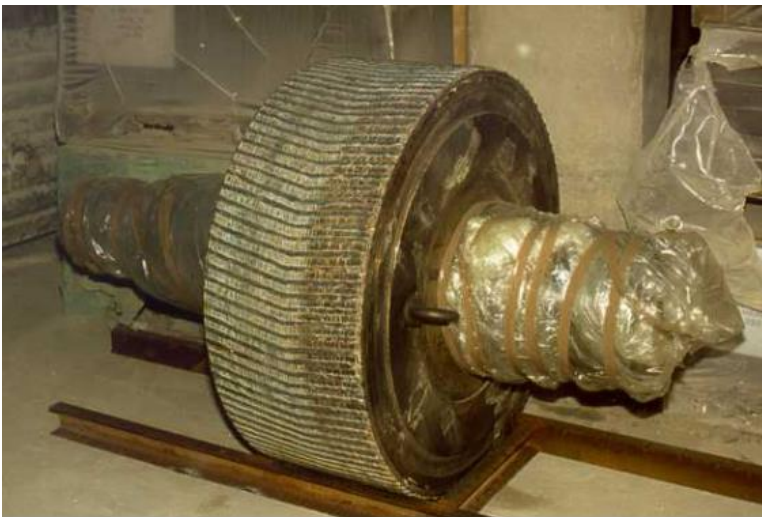
*Çözüm;* Merdane üzerindeki radüsler torna tezgahında torna kalemi aracılığı ile 25 mm talaş kaldırarak temizlenmiştir. Daha sonra yüzeyde çatlak olup olmadığına karar vermek için penetrant ile tahribatsız muayene yapılmıştır. Kaynak işleminin daha verimli gerçekleşmesi için malzemenin karbon eş değerine göre tav sıcaklığını tayin edilip, 150-200 °C civarına kadar tav verilmiştir. Kök paso olarak AWS A5.22 E 307 T1 standardında Castolin DO-02 özlü teli ile 1 paso dolgu yapılmıştır. Bu dolgunun üzerine AWS A5.22 MF 7-200-400-GKP standardında Castolin DO-05 özlü teli ile 2 paso dolgu yapılmıştır. 3. Paso olarak AWS A5.22 MF 3-55-GPST standardında Castolin DO-15 özlü teli ile 1 paso dolgu yapılmıştır. Son olarak %4.7 Ti ve %6 Cr DIN 8555 MF 6-60-G standardında Castolin 4923 özlü teli ile 2 paso dolgu yapılmıştır. Bu yöntemde İş Parçası-3 e göre farklı olarak son iki paso atılmadan önce de malzemeye 200 °C tav verilmiştir. Bunun amacı sert dolgu olacak kısmın ısıl genişlemesini engellemek ve sert dolgunun tampon dolguya birleşmesini maksimum seviyede sağlamaktır [8].



Şekil 4. 5. Kaynak işlemi hazırlıkları



Şekil 4. 6. Kaynaktan sonra yüzeyin görüntüsü



Şekil 4. 7. Kaynaktan sonra merdanenin görüntüsü

*Avantajlar*; Bu yöntemde kullandığımız ürünün; Çekme dayanımı=63-70 kg/mm<sup>2</sup>, Akma dayanımı=32-38 kg/mm<sup>2</sup>, Uzama=%30-40 (l=5d), Çentik darbe dayanımı 70J (20 °C)- 55J (-20°C)- 45J (-40 °C), kaynak sonrası sertliği=170 HB<sub>30</sub>, deformasyon sonrası sertliği=340 HB<sub>30</sub> olan üstün çatlama direncine sahip DO-02 özlü teli malzeme ile kaynak dolgusu arasında geçişi sağlamakta, kullandığımız Çekme dayanımı=87-93 kg/mm<sup>2</sup>, Akma dayanımı=56-60 kg/mm<sup>2</sup>, Uzama=%25-30 (l=5d), Çentik darbe dayanımı 70J (20 °C)- 50J (-240°C), kaynak sonrası sertliği=250 HB<sub>30</sub>, deformasyon sonrası sertliği=400 HB<sub>30</sub> olan krom-manganlı yapıdaki DO-05 özlü teli darbeyi absorbe etmekte, sertliği=55-60 HRC olan DO-15 teli sertlik geçişini sağlamakta, sertliği=52-58 HRC olan DIN 8555 MF 6-60-G standardında Castolin 4923 özlü teli ise aşınmaya karşı direnci desteklemektedir [9]. Bu yöntemde beklenmedik bir şekilde ömür artışı tespit edilmiştir. Merdane 90 gün çalışma ömrüne sahipken kaynaklı dolgudan sonra 360 gün çalıştığı tespit edilmiştir.

#### 4.1.3. Merdane aşınmasında üçüncü çalışma

İş Parçası-3	:Merdane
Ana Malzeme	:Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği
Makine	:Döner merdane
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Mekanik Yorulma	:Değişken Yük Altında
Abrazyon	:Yüksek Basınç
Erozyon	:Gaz Ortamında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem*; Değirmen Merdanesi klinkerin abrazyon etkisinden ve klinker tozunun eroziv etkisinden dolayı aşınmaktadır.

*Çözüm*; Merdane nin aşınan yüzeylerine DIN 8555 MF 10-65-G standardında Castolin CDP 4666 DXW 0805 8+5 aşınma plakası kullanılarak giydirmeye çalışılması hedeflenmiştir. Çalışma alanına erişim zor olduğundan giydirmeye yapılacak aşınma



plakaları parçalar halinde tasarlanmış ve civatalarla birleştirilmiştir. Aşınmanın civata bağlantı noktalarından olacağı da göz önüne alınarak civata başları DIN 8555 E10-UM-70-GZ standardında Castolin 6715 XHD elektrotu ile sert dolgulu kaplanarak aşınmaya karşı dirençli hale getirilmiştir [8].



Şekil 4. 8. Merdanenin çalışma şekli



Şekil 4. 9. Merdanedeki aşınma



Şekil 4. 10. Merdanenin uzaktan çalışma görüntüsü



Şekil 4. 11. Merdanenin kaplandıktan sonraki görüntüsü

*Avantajlar*; kaplamada kullandığımız Castolin 4666 DXW 0805 aşınma plakalarının kimyasal içeriğine bakıldığında krom, niyobyum ve bor karbürlerini ihtiva ettiğini görmekteyiz. Krom bor ile  $\text{Cr}_2\text{B}$  (2200-2600HV), niyobyum karbon ile NbC (2400-2700HV) karbürlerini oluşturmaktadır [16]. Aşınma plakasının yüzey sertliği 62-65

HRC'yi bulmaktadır. Karbür yoğunluğu ise %50'nin üstündedir [9]. Bu çözümümüzde parça kullanım ömrünün 180 günden 360 güne çıktığı tespit edilmiştir.

#### 4.1.4. Merdane aşınmasında dördüncü çalışma

İş Parçası-4	:Merdane
Ana Malzeme	:Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği
Makine	:Döner merdane
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Mekanik Yorulma	:Değişken Yük Altında
Abrazyon	:Yüksek Basınç
Erozyon	:Gaz Ortamı

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* Merdanelerin gövdesi klinkerin abrasif özelliğinden dolayı aşınmaya maruz kalmaktadır.

*Çözüm;* Merdanenin gövdesini DIN 8555 MF 10-65-G standardında Castolin 4666 DXW 0503 5+3 aşınma plakası ile giydirme yöntemi yaparak kaplama yapılmasına karar verilmiştir [8].



Şekil 4. 12. Merdanenin kaplanmış gövdesi

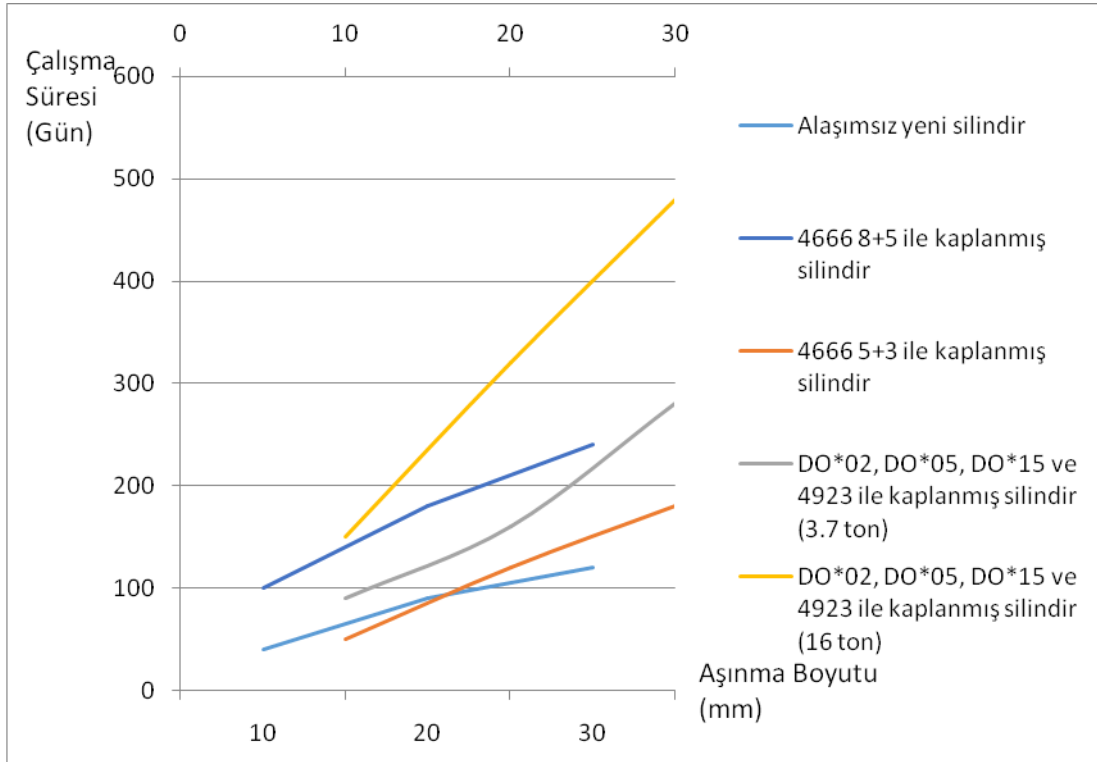


Şekil 4. 13. Merdanenin çalışma yeri

*Avantajlar;* merdanenin aşınan gövdesinin kompleks krom, niyobyum [16], bor karbür ihtiva eden 62-65 HRC [9] sertlikte aşınma plakası ile kaplanması merdanenin çalışma süresini 180 günden 270 güne çıkardığı tespit edilmiştir.

*Sonuç;* Çimento fabrikalarında bu tarz merdanelerde çalışma şartları, merdane boyutları ve merdane ana malzemesine bağlı olarak 90 ila 360 gün arası merdanede yüzeyinde ve gövdesinde aşınma problemiyle karşılaşılırken aşınmanın tekrarlanması için geçen zamanı birinci çözümümüzde 120 günden 280 güne, ikinci çözümümüzde 90 günden 360, üçüncü çözümümüzde 180 günden 360 güne, dördüncü çözümümüzde 180 günden 270 güne kadar çıkardığımız tespit edilmiştir.

İş Parçası-1, İş Parçası-2, İş Parçası-3 ve İş Parçası-4 merdanelerindeki aşınmayı önlemek için yapılan dört farklı yöntemle kaynaklı dolgu işlemi birbiri ile kıyaslanabilmesi için ortalama değerler alınarak oluşan aşınma boyutu ve çalışma süreleri değerlendirildiğinde aşağıdaki grafik ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. 14. Döner merdane çalışma süresi-aşınma boyutu

## 4.2. Aşınan Kazıyıcılarda Kaynaklı Tamir

Bu bölümde iş parçası-5 ve iş parçası-6 kazıyıcılarında uygulanan farklı kaynaklı tamir yöntemlerinin çalışma süresi-aşınma boyutu yönünden incelenmesi ve gözlemlerle değerlendirilmesi anlatılmıştır.

### 4.2.1. Kazıyıcı aşınmasında birinci çalışma

İş Parçası-5	:Kazıyıcı
Ana Malzeme	:Dökme Demir
Makine	:Beton Mikseri
Boyutlar	:300×200×20 mm
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Abrazyon	:Düşük Basınç Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* Beton mikserinin bir parçası olan kazıyıcı mikser içinde çalışırken betonun abrasif etkisiyle aşınmaya maruz kalmaktadır.

*Çözüm;* Mikserin DIN 8555 MF 10-65-G standardında Castolin 4666 DXW 1505 15+5 aşınma plakası ile imal edilmesi planlanmıştır [8].



Şekil 4. 15. Castolin 4666 DXW (DIN 8555 MF 10-65-G) ile imal edilmiş kazıyıcı (solda), dökme demir kazıyıcı (sağda)



Şekil 4. 16. Castolin 4666 DXW (DIN 8555 MF 10-65-G) den imal edilmiş kazıyıcının yakın görüntüsü



Şekil 4. 17. Kazıyıcının arka yüzeyinin görüntüsü

*Avantajlar*; krom, niyobyum, bor karbürler içeren 62-65 HRC [9] sertlikteki aşınma plakasının yüksek abrazyon direnci [16] ve dökme demir gibi darbe altında çatlama-kırılma yapmaması parçanın ömrünü 90 günden 210 güne çıkardığı tespit edilmiştir.

#### 4.2.2. Kazıyıcı aşınmasında ikinci çalışma

İş Parçası-6	:Kazıyıcı
Ana Malzeme	:Yapı Çeliği
Makine	:Beton Mikseri
Boyutlar	:400×180×30 mm
Tamir Yöntemi	:Kaplama
Abrasyon	:Düşük Basınç Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* Beton mikserinin bir parçası olan kazıyıcı mikser içinde çalışırken betonun abrasif etkisiyle aşınmaya maruz kalmaktadır.

*Çözüm;* 58-60 HRC sertliğe sahip %50 den fazla krom karbür ihtiva eden AWS A 5.21 standardında Castolin 4601 (%32 Cr, %4,8 C) özlü teli ile sert dolgu kaplanması öngörülmüştür [14].



Şekil 4. 18. Kaplanacak kazıyıcıların görüntüsü





Şekil 4. 19. Kaynak dolgusu yapılırken çekilmiş bir görüntü



Şekil 4. 20. Kaynak dolgusunun görüntüsü

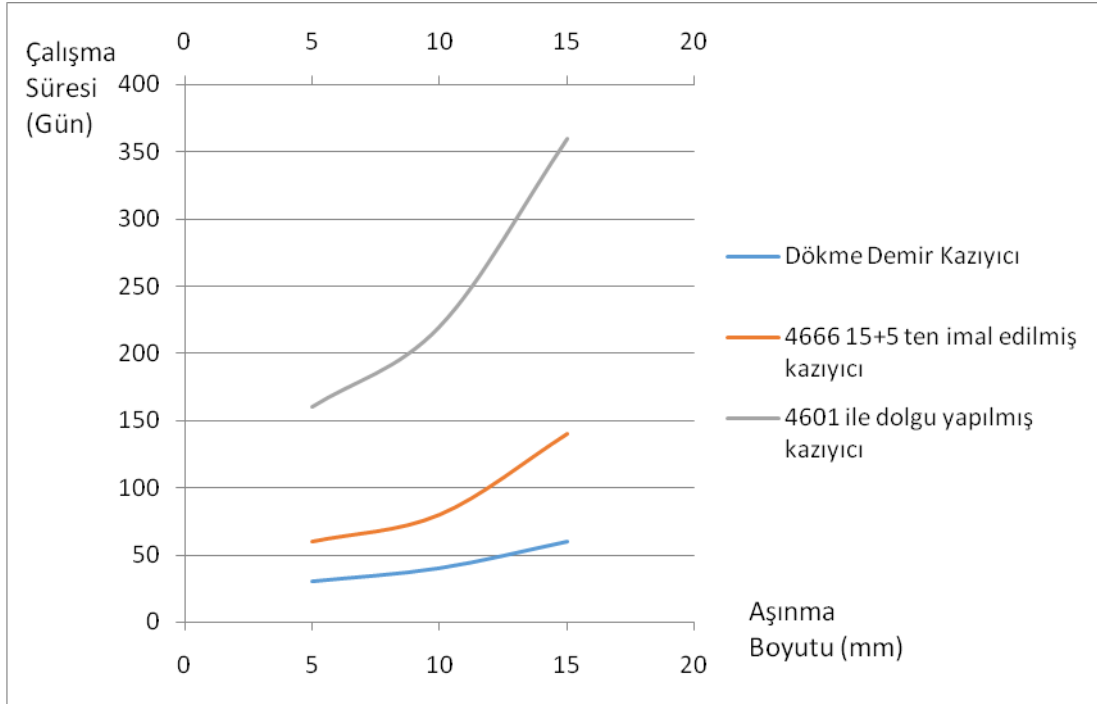


Şekil 4. 21. Kaynak dolgusu bittikten sonra kazıyıcının görüntüsü

*Avantajlar*; Yeni parça maliyeti 60 TL iken çözümümüzün maliyeti 180 TL olduğundan maddi yönden mantıklı bir çözüm gibi gözükme de aldığımız ömür artışı ve üretimin duruş kayıpları incelendiğinde çözümümüzün sonuçları beklenmedik şekilde iyiydi. Dolgu yapılmamış kazıyıcı 60 günde aşınarak iş göremez hale gelirken yapılan kaplama neticesinde 360 gün çalışarak 6 kat ömür artışı göstermiştir. Kazıyıcıların aşınarak iş göremez hale gelmesinden dolayı tesisin duruş maliyeti 2.500 TL olduğundan pahalı bir kaplama olsa da ömür artışının fazlasıyla bu maliyeti karşıladığı tespit edilmiştir.

*Sonuç*; Çimento fabrikalarında bu tarz kazıyıcılarda çalışma şartları, kazıyıcı boyutları ve kazıyıcı ana malzemesine bağlı olarak 60 ila 360 gün arası kazıyıcı yüzeyinde aşınma problemiyle karşılaşılırken, aşınmanın tekrarlanması için geçen zamanı birinci çözümümüzde 60 günden 360 güne, ikinci çözümümüzde 90 günden 210 güne kadar çıkardığımız tespit edilmiştir.

İş Parçası-5 ve İş Parçası-6 kazıyıcılarındaki aşınmayı önlemek için yapılan iki farklı yöntemle kaynaklı dolgu işlemi birbiri ile kıyaslanabilmesi için ortalama değerler alınarak oluşan aşınma boyutu ve çalışma süreleri değerlendirildiğinde aşağıdaki grafik ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. 22. Kazıyıcı aşınma boyutu-çalışma süresi

### 4.3. Aşınan Valslerde Kaynaklı Tamir

Bu bölümde iş parçası-7, iş parçası-8, iş parçası-9, iş parçası-10 ve iş parçası-11 dik değirmen valslerine uygulanan farklı kaynaklı tamir yöntemlerinin çalışma süresi-aşınma boyutu yönünden incelenmesi ve gözlemlerle değerlendirilmesi anlatılmıştır.

#### 4.3.1. Vals aşınmasında birinci çalışma

İş Parçası-7	: Vals
Ana Malzeme	: Aşınmaya Dayanıklı Dökme Demir
Makine	: Dik Değirmen
Tamir Yöntem	: Kaplama
Adhezyon	: Sürtünme
Abrasyon	: Yüksek Basınç Altında
Mekanik Yorulma	: Değişken Yük Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* çimentonun pişmemiş ham maddesi olan farin dik değirmenin zemininde durur. Vals tablası ve vals yüzeyinde silikat ve alümina konsantrasyonu basınçla birlikte aşırı abrasif etki gösterir. Ana metal spesifikasyonuna göre kontrollü bir öğütme olmazsa vals patlatma (çatlama başlangıcı yaparak kırılmaya yol açma) riski çok yüksektir.

*Çözüm;* 58-60 HRC sertliğe sahip %50 den fazla krom karbür ihtiva eden AWS A 5.21 standardunda Castolin 4601 (%32 Cr, %4,8 C) özlü teli ile aşınmış yüzeylerin tahsisi ve üzerine DIN 8555 MF 10-65-G standardında Castolin 4666 özlü teli ile sert dolgu yapılması, son olarak ta sert dolgu üzerine astsubay pırpırı şeklinde desenle patenti Castolin Eutectic firmasına ait olan içeriğinde W, Cr, B ve Nb ihtiva eden 390N nano teknoloji ürünü ile bir paso kaynak yapılması planlanmıştır [8].



Şekil 4. 23. Aşınmış vals yüzeyi



Şekil 4. 24. Kaynak işlemi pozisyonler de yapılırken



Şekil 4. 25. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli ile dolgusu yapıldıktan sonra valsın görüntüsü



Şekil 4. 26. Castolin 390N nano teknoloji ürün ile pırpır desenli dolgunun görüntüsü

*Avantajlar*; kaplamada kullandığımız Castolin 4666 ürünün kimyasal içeriğine bakıldığında krom, niyobyum ve bor karbürlerini ihtiva ettiğini görmekteyiz. Krom bor ile  $Cr_2B$  (2200-2600HV), niyobyum karbon ile NbC (2400-2700HV) karbürlerini oluşturmaktadır [16]. Krom, niyobyum, bor karbür ihtiva eden 65 HRC sertlikteki Castolin 4666 özlü teli ile abrazyona karşı direnç sağlanmıştır. Üzerine 68 HRC sertliğe sahip olan 390N nano teknoloji ürünü ile pırpır şeklinde yapılan desen aşınmaya karşı direnci maksimum seviyeye çıkarmaktadır [9]. Yeni bir valsın maliyeti fabrikaya 210.000 TL ye mal olacakken çözümümüz 45.000 TL ye mal olarak ucuz ve kaliteli bir işlem olmuştur. Valsin yenisi 90 günde aşınarak çalışamaz hale gelirken yapılan kaplama neticesinde 180 gün çalıştığı tespit edilmiştir.

#### 4.3.2. Vals aşınmasında ikinci çalışma

İş Parçası-8	: Vals
Ana Malzeme	: Aşınmaya Karşı Dirençli Dökme Demir
Makine	: Dik Değirmen
Boyutlar	: D=2400mm W=7500mm
Ağırlık	: 8 ton
Ana Metal Spesifikasyonu	: Aşınmaya Dayanıklı Döküm (Nihard)
Tamir Yöntemi	: Kaplama

Abrazyon : Yüksek Basınç Altında  
 Mekanik Yorulma : Değişken Yük ve Darbe Altında

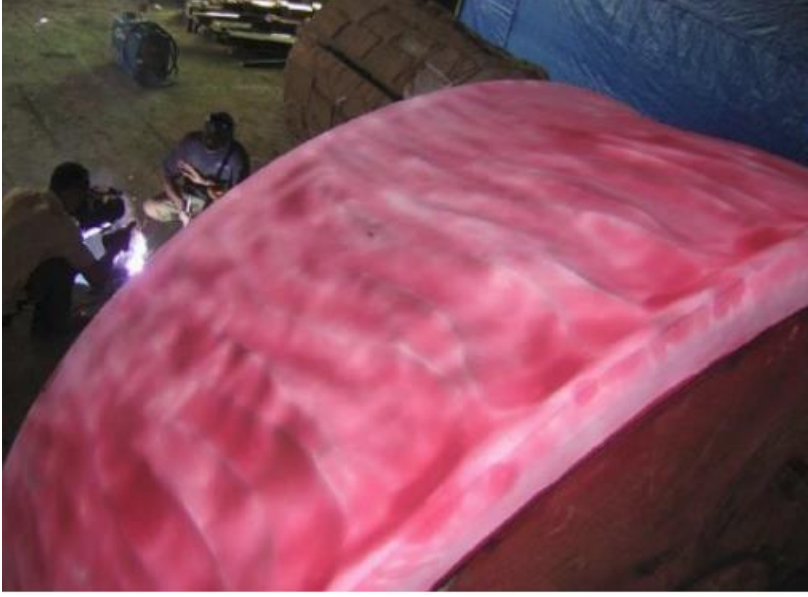
Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* çimentonun pişmemiş ham maddesi olan farin dik değirmenin zemininde durur. Vals tablası ve vals yüzeyinde silikat ve alümina konsantrasyonu basınçla birlikte aşırı abrasif etki gösterir. Ana metal spesifikasyonuna göre kontrollü bir öğütme olmazsa valsi patlatma (çatlama başlangıcı yaparak kırılmaya yol açma) riski çok yüksektir.

*Çözüm;* 58-60 HRC sertliğe sahip %50 den fazla krom karbür ihtiva eden Castolin 4601 (%32 Cr, %4,8 C) özlü teli ile aşınmış yüzeylerin tahsisi ve üzerine DIN 8555 MF 10-65-G standardında Castolin 4666 özlü teli ile sert dolgu yapılması, son olarakta sert dolgu üzerine astsubay pırpırısı şeklinde desenle patenti Castolin Eutectic firmasına ait olan içeriğinde W, Cr, B ve Nb ihtiva eden 390N nano teknoloji ürünü ile bir paso kaynak yapılması planlanmıştır [8].



Şekil 4. 27. Valsteki aşınma boyutu



Şekil 4. 28. Valste penetrant yöntemi ile çatlak kontrolü



Şekil 4. 29. Valsin Castolin 4601 (AWS A 5.21) ve Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ile dolgu yapılmış hali





Şekil 4. 30. Valsin Castolin 390N nano teknoloji ürünü ile kaplandıktan sonraki son hali



Şekil 4. 31. Valsin montaja hazır hali

*Avantajlar*; 58-60 HRC sertliğe sahip %50 den fazla krom karbür ihtiva eden AWS A 5.21 standardında Castolin 4601 (%32 Cr, %4,8 C) özlü teli ile aşınmış yüzeylerin tahsisi kaplamada sertlik geçişini sağlamıştır [15]. İkinci paso olarak kullandığımız Castolin 4666 ürünün kimyasal içeriğine bakıldığında krom, niyobyum ve bor karbürlerini ihtiva ettiğini görmekteyiz. Krom bor ile Cr<sub>2</sub>B (2200-2600HV), niyobyum karbon ile NbC (2400-2700HV) karbürlerini oluşturmaktadır. krom,

niyobyum, bor karbür ihtiva eden 65 HRC sertlikteki Castolin 4666 özlü teli ile abrazyona karşı direnç sağlanmıştır. Üzerine 68 HRC sertliğe sahip olan 390N nano teknoloji ürünü ile pırpır şeklinde yapılan desen aşınmaya karşı direnci maksimum seviyeye çıkarmaktadır [9]. Valsin yenisi 120 günde aşınarak çalışamaz hale gelirken yaptığımız kaplama neticesinde 360 gün çalıştığı tespit edilmiştir.

#### 4.3.3. Vals aşınmasında üçüncü çalışma

İş parçası-9	: Vals
Ana Malzeme	: Yüksek Alaşımli Çelik Döküm
Makine	: Dik Değirmen
Tamir Yöntemi	: Kaplama
Abrazyon	: Yüksek Basınç Altında
Mekanik Yorulma	: Darbe ve Değişken Yük Altında

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* çimentonun pişmemiş ham maddesi olan farin dik değirmenin zemininde durur. Vals tablası ve vals yüzeyinde silikat ve alümina konsantrasyonu basınçla birlikte aşırı abrasif etki gösterir. Ana metal spesifikasyonuna göre kontrollü bir öğütme olmazsa vals patlatma (çatlama başlangıcı yaparak kırılmaya yol açma) riski çok yüksektir.

*Çözüm;* Valsin karbon eşdeğerine [10] göre 200 °C ön tav verilmesi ve 58-60 HRC sertliğe sahip DIN 8555 MF 10-60-G standardında Castolin 4602 (%28 Cr, %4,2 C) özlü teli ile kaynak işleminin bu sıcaklıkta yapılması öngörülmüştür [12].



Şekil 4. 32. Valsin Aşınmış Hali



Şekil 4. 33. Kaynak işlemi esnasında valsın sıcaklığı 200 °C sabit tutuluyor



Şekil 4. 34. Dolgu işlemi bittikten sonra master yardımı ile dolgu kontrolü yapılıyor

*Avantajlar*; 58-60 HRC sertliğe sahip DIN 8555 MF 10-60-G standardında Castolin 4602 (%28 Cr, %4,2 C) özlü teli ile valsın çalışma süresini 90 günden 120 güne çıkardığı tespit edilmiştir.

#### 4.3.4. Vals aşınmasında dördüncü çalışma

İş Parçası-10	: Vals
Ana Malzeme	: Yüksek Alaşımli Çelik Döküm
Makine	: Dik Değirmen
Boyutlar	: D=2500mm
Tamir Yöntemi	: Kaplama
Abrazyon	: Düşük Basınç

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem*: Valsin farin aşındırmasına maruz kalmasından dolayı tolerans ölçülerinin dışına çıkması ve öğütme işlemini verimli gerçekleştirememesi.

*Çözüm*; Valsin aşınan yüzeyine pozisyoner de Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli ile 30mm dolgu yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4. 35. Kullandığımız pozisyoner ve kontrollü soğutma ekipmanları



Şekil 4. 36. Kaynak esnasında bir görüntü



Şekil 4. 37. Valsin yataklardan demonte edildikten sonraki hali



Şekil 4. 38. Valsin dolgu işlemi bittikten sonraki görüntüsü

*Avantajlar*; Kullanılan pozisyoner ve soğutma ekipmanları sayesinde hızlı ve kontrollü bir kaplama işi gerçekleştirilmiştir. Yeni vals maliyeti 60.000 TL iken çözümümüzle 36.000 TL ye kaplama işini gerçekleştirilmiş ve çalışma süresini 180 günden 240 güne çıktığı tespit edilmiştir.

#### 4.3.5. Vals aşınmasında beşinci çalışma

İş Parçası- 11	: Vals
Ana Malzeme	: Yüksek Alaşımlı Çelik Döküm
Makine	: Dik Değirmen
Boyutlar	: D=1600mm W=525mm
Ağırlık	: 800 kg
Ana Malzeme	: Nihard
Tamir Yöntemi	: Kaplama
Adhezyon	: Sürtünme
Abrazyon	: Yüksek Basınç Altında
Mekanik Yorulma	: Değişken Yük Altında
Erozyon	: Gaz Ortamında
Çalışma Sıcaklığı	: 100-350 °C

Yukarıda değirmenin fiziksel özellikleri, çalışma ortamındaki olumsuz koşulları ve yapacağımız tamir yöntemi belirtilmiştir.

*Problem;* yaklaşık 90 ton toz halinde kömür ve petrokok öğüttükten sonra vals yüzeyinde 40 mm civarında aşınma tespit edilmiştir.

*Çözüm;* 58-60 HRC sertliğe sahip %50 den fazla krom karbür ihtiva eden AWS A 5.21 standardında Castolin 4601 (%32 Cr, %4,8 C) özlü teli ile aşınan yerlerin tolerans dahilinde dolgusuna karar verilmiştir [12].



Şekil 4. 39. Dik değirmenin genel görüntüsü



Şekil 4. 40. Valsin dolgusu yapılmış hali



Şekil 4. 41. Valsin demonte hali



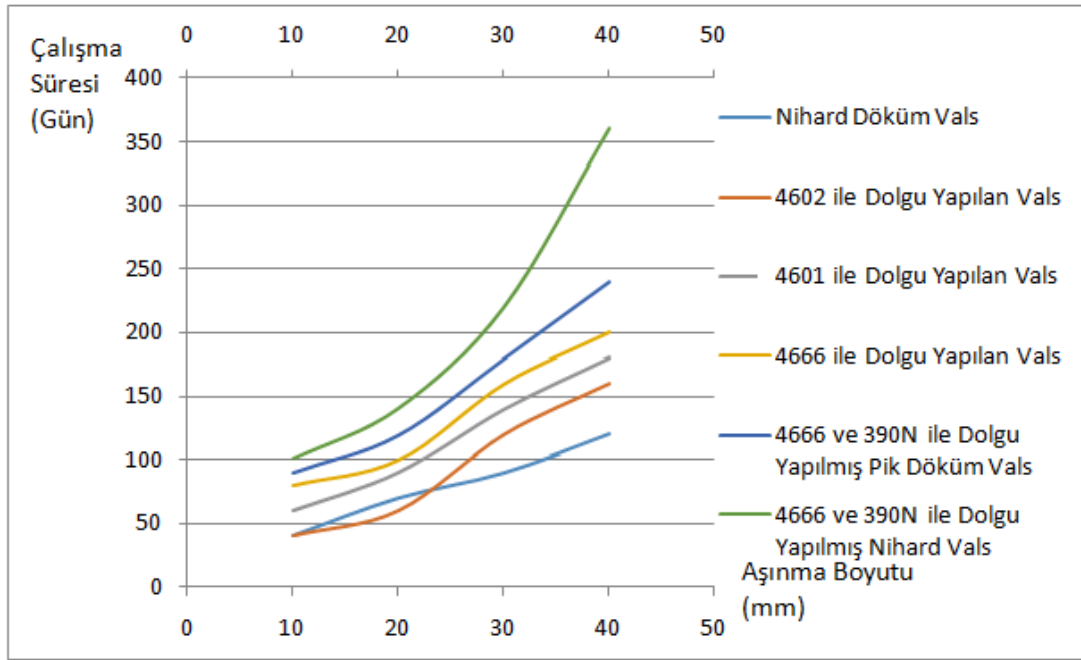


Şekil 4. 42. Vals montaj aşamasında

*Avantajlar*; yaptığımız dolgu neticesinde valsın 240 gün olan çalışma süresini 360 güne çıkardığımızı tespit ettik. Ayrıca yeni valsın fabrikaya maliyeti 64.000 TL iken 36.000 TL ye mal olan çözümümüz ekonomik açıdan da faydalı bir çözüm oldu.

*Sonuç*; Çimento fabrikalarında bu tarz valslerde çalışma şartları, vals boyutları ve vals ana malzemesine bağlı olarak 90 ila 360 gün arası vals yüzeyinde aşınma problemiyle karşılaşılırken, aşınmanın tekrarlanması için geçen zamanı birinci çözümümüzde 90 günden 180 güne, ikinci çözümümüzde 120 günden 360 güne, üçüncü çözümümüzde 90 günden 120 güne, dördüncü çözümümüzde 180 günden 240 güne, beşinci çözümümüzde 240 günden 360 güne kadar çıkardığımız tespit edilmiştir.

İş Parçası-7, İş Parçası-8, İş Parçası-9, İş Parçası-10 ve İş Parçası-11 valslerindeki aşınmayı önlemek için yapılan beş farklı yöntemle kaynaklı dolgu işlemi birbiri ile kıyaslanabilmesi için ortalama değerler alınarak oluşan aşınma boyutu ve çalışma süreleri değerlendirildiğinde aşağıdaki grafik ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. 43. Vals çalışma süresi-aşınma boyutu

## **BÖLÜM 5. AŞINMA PROBLEMLERİNİN BALL ON DISK DENEY YÖNTEMİ İLE ANALİZİ**

Bu bölümde yapmış olduğum deneysel çalışmalarda Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği yüzey laboratuvarında bulunan ASTM G99 standardına uygun ball on disc deney cihazı kullanılmıştır. Aşındırıcı olarak 10mm çapında alümina bilye kullanılmıştır. Deney şartları her numune için standart olup; 250 metre yol 2.5N, 5N, 10N yüklerde yapılmıştır. Numuneler cihaz standartlarına uygun olup 20mm çap, 10mm kalınlık olarak hazırlanmıştır. Şartları belirlemek amacı güdülerek St37 numune, Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğinde numune, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğinde numune, Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğinde numuneler kullanılmıştır [13]. Kaplama kalınlıkları 5mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. 1. Ball on disc deney cihazı



Şekil 5. 2. Hassas terazi



Şekil 5. 3. Yüzey görüntüleme cihazı



Şekil 5. 4. Deney hızı ayarlanması

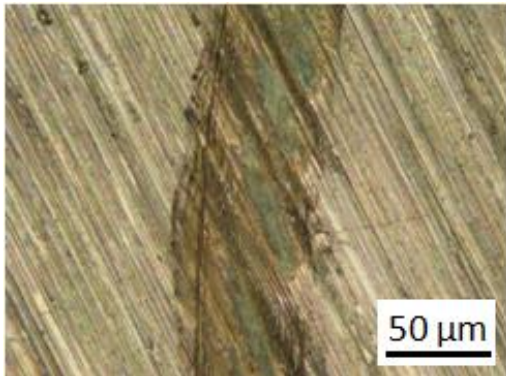
### 5.1. St37 Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzenğinde Analizi

Bu bölümde St37 numuneyi 2.5N, 5N ve 10N yükleri altında 250 metre yol kat ederek aşınma karşısında yol-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılmıştır. Deney şartları sabit tutularak ayrı ayrı her yükte numunemizin gösterdiği kayma mesafesi (yol)-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılarak, ağırlık kayıplarıyla kıyaslama yaparak deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

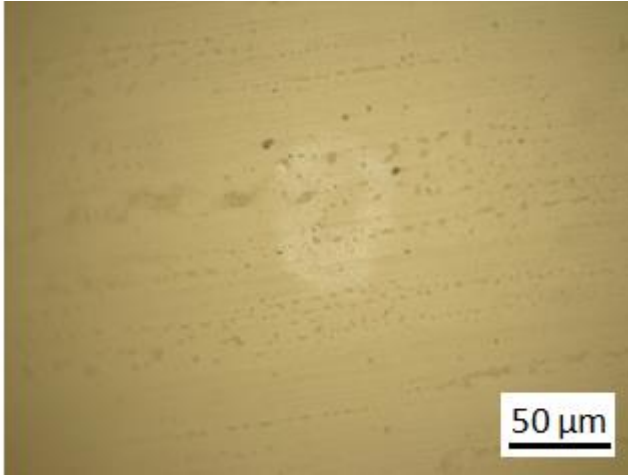
#### 5.1.1. St37 numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=13.4525gr

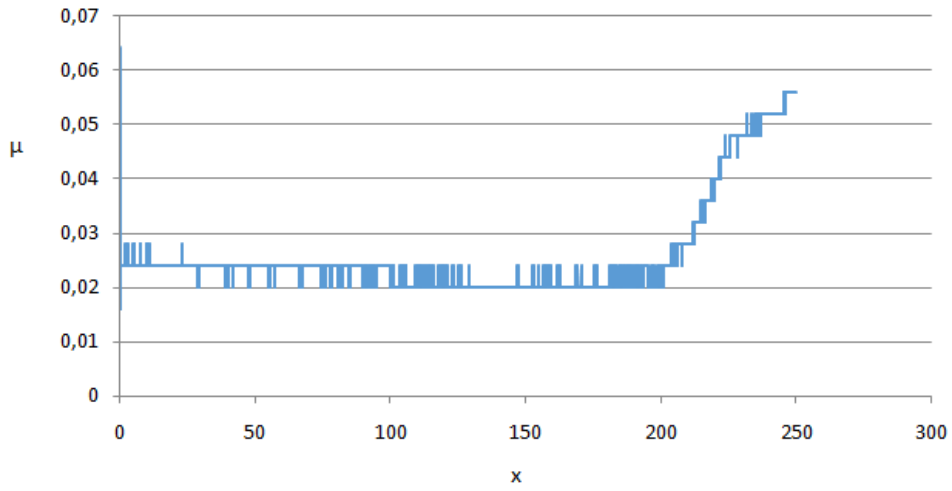


Şekil 5. 5. St37 2.5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü



Şekil 5. 6. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 2.5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=13.4438, ağırlık kaybı=0.0087gr

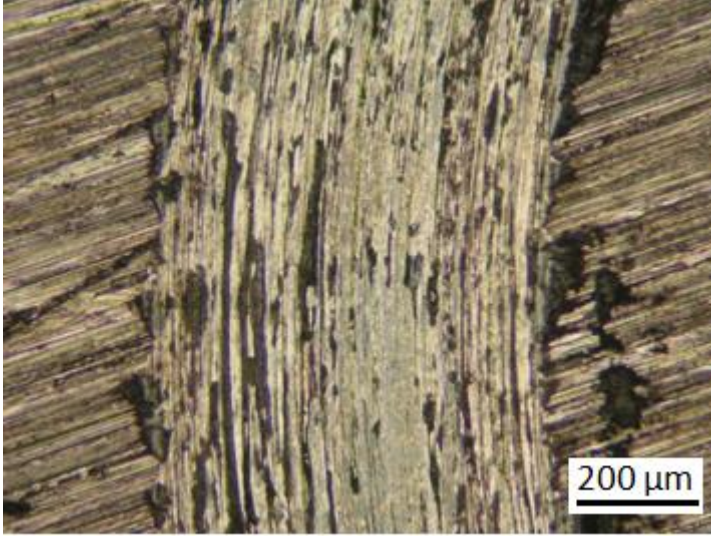


Şekil 5. 7. St37 numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

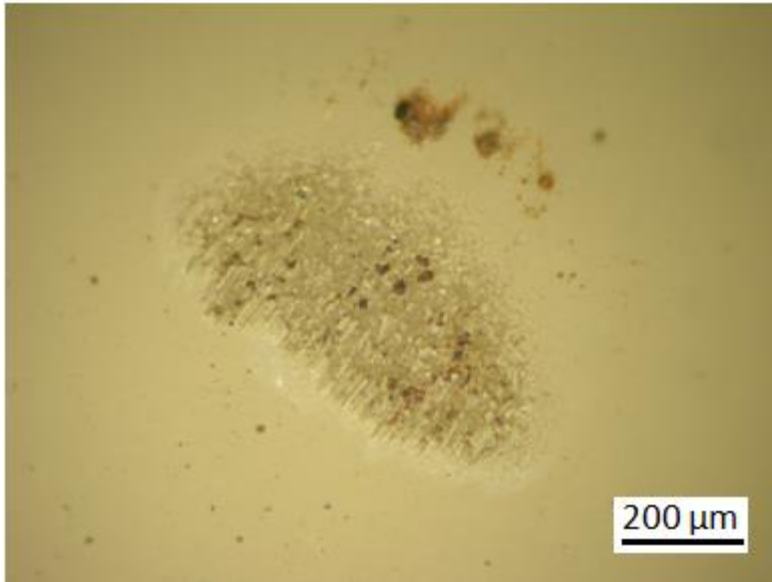
### 5.1.2. St37 numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=13.4438gr

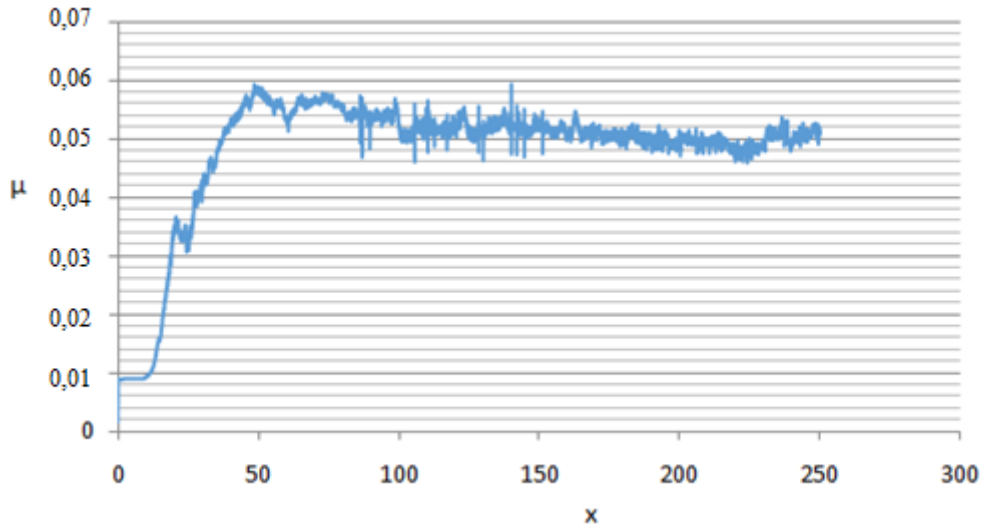


Şekil 5. 8. St37 numune 5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü



Şekil 5. 9. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=13.4325gr, ağırlık kaybı=0.0113gr

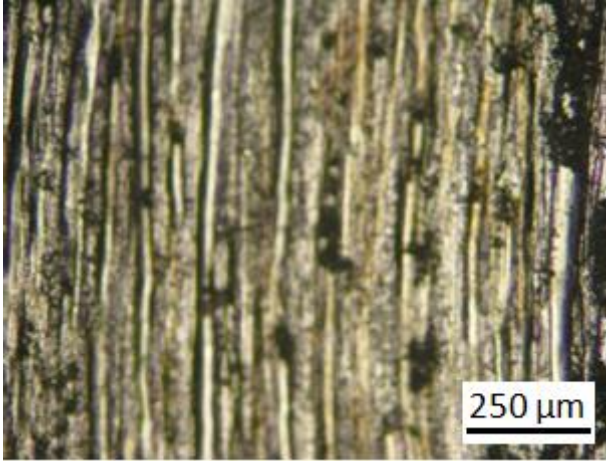


Şekil 5. 10. St37 numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

### 5.1.3. St37 numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi

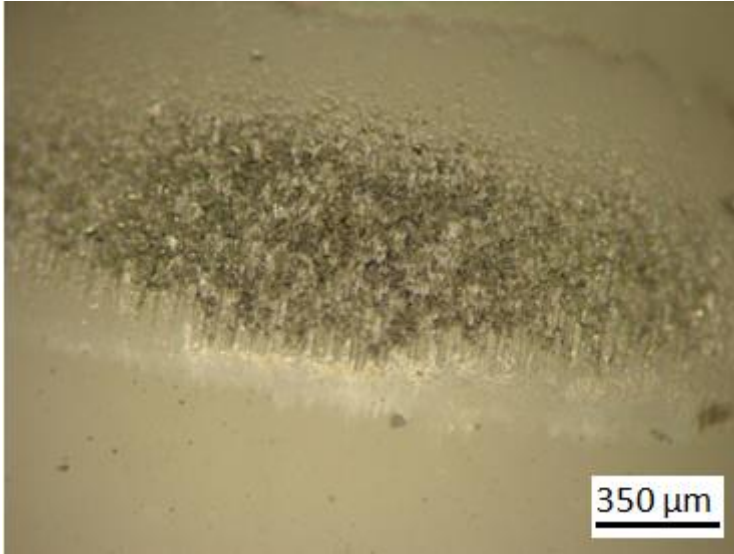
Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=13.4325gr



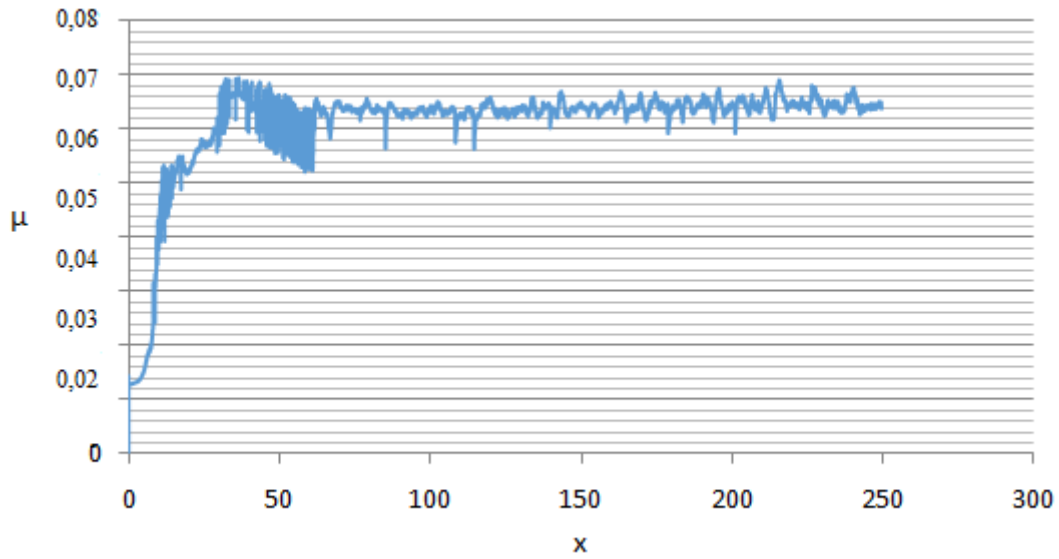
Şekil 5. 11. St37 numune 10N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü





Şekil 5. 12. St37 numunede çalışan alümina bilyenin 10N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=13.4029gr, ağırlık kaybı=0.0296gr



Şekil 5. 13. St37 numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

St37 numunenin 3 ayrı yük altındaki ağırlık kayıpları, yola göre sürtünme katsayılarının karşılaştırılması neticesinde yük arttıkça ağırlık kaybı ile sürtünme katsayısı doğru orantılı olarak artmıştır.

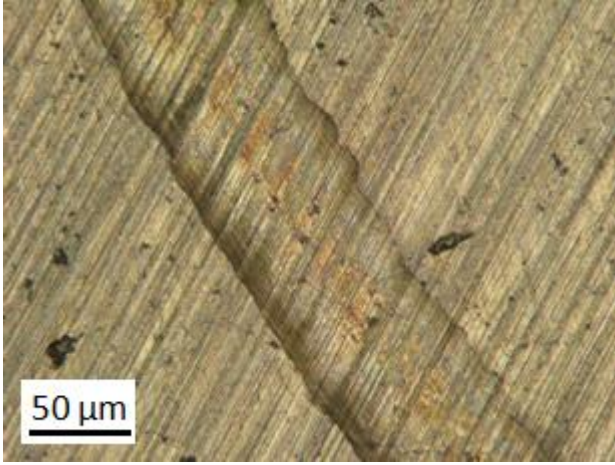
## 5.2. Castolin 4601 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 60 HRC Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzenğinde Analizi

Bu bölümde Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numuneyi 2.5N, 5N ve 10N yükleri altında 250 metre yol kat ederek aşınma karşısında yol-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılmıştır. Deney şartları sabit tutularak ayrı ayrı her yükte numunemizin gösterdiği kayma mesafesi (yol)-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılarak, ağırlık kayıplarıyla kıyaslama yaparak deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

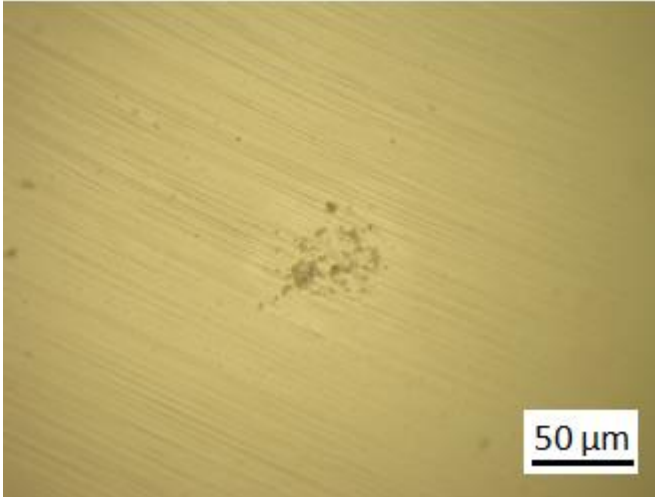
### 5.2.1. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=20.4833gr

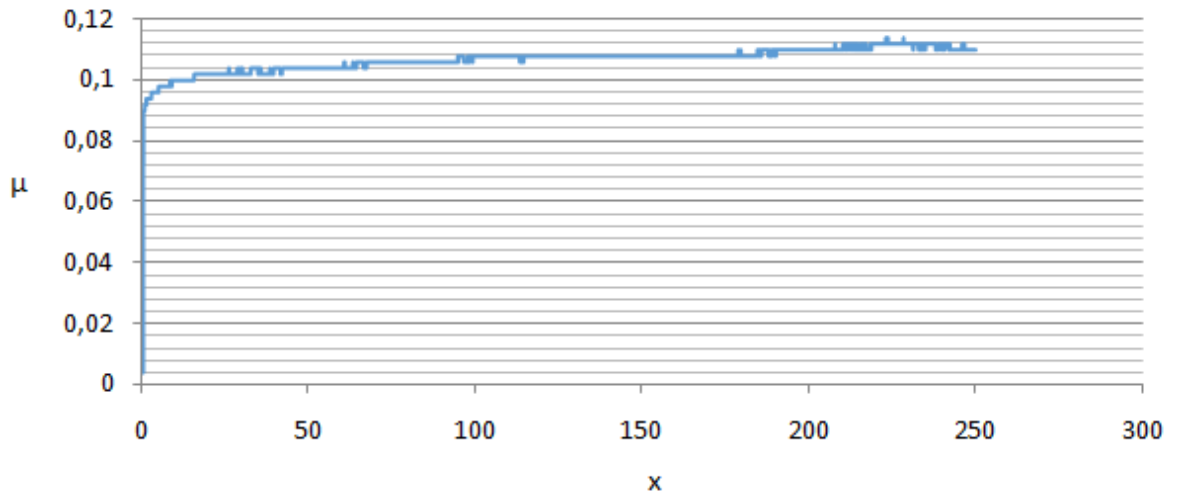


Şekil 5. 14. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 15. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=20.4821gr, ağırlık kaybı=0.0012gr

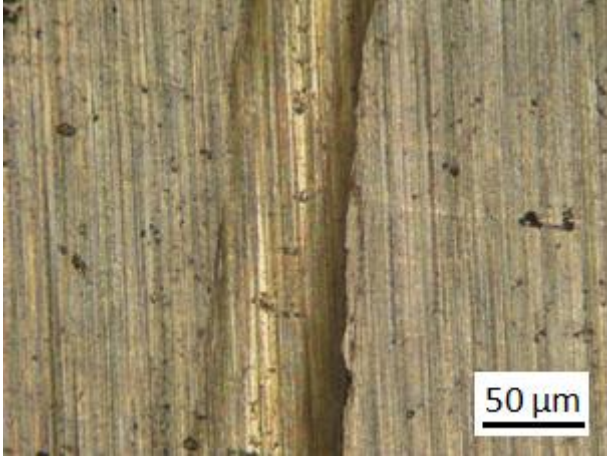


Şekil 5. 16. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

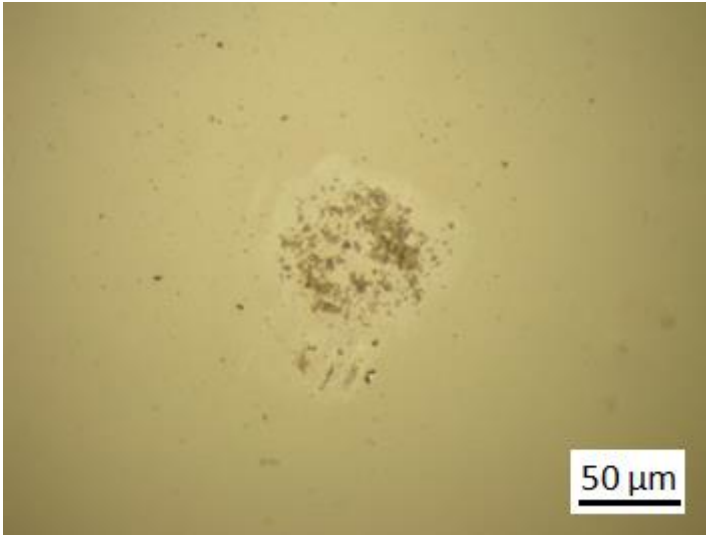
### 5.2.2. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=20.4821gr

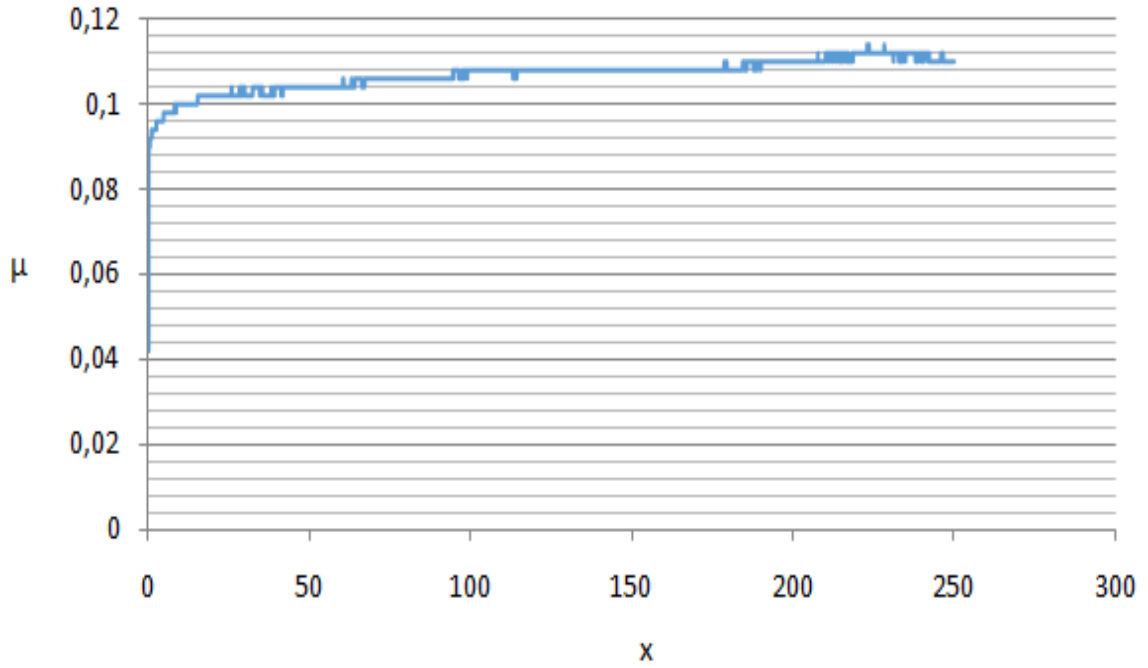


Şekil 5. 17. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 18. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=20.4806gr, ağırlık kaybı=0.0015gr

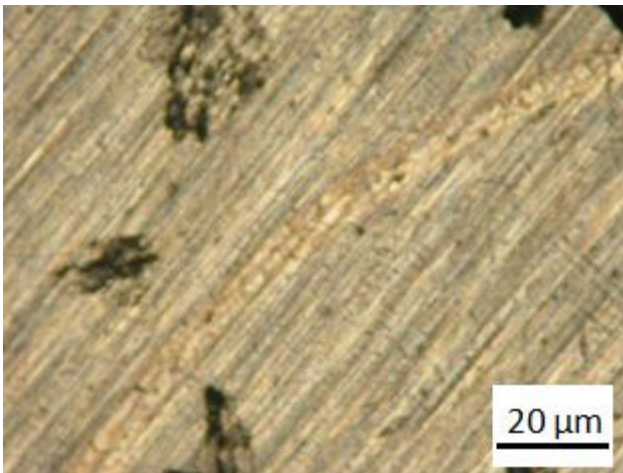


Şekil 5. 19. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

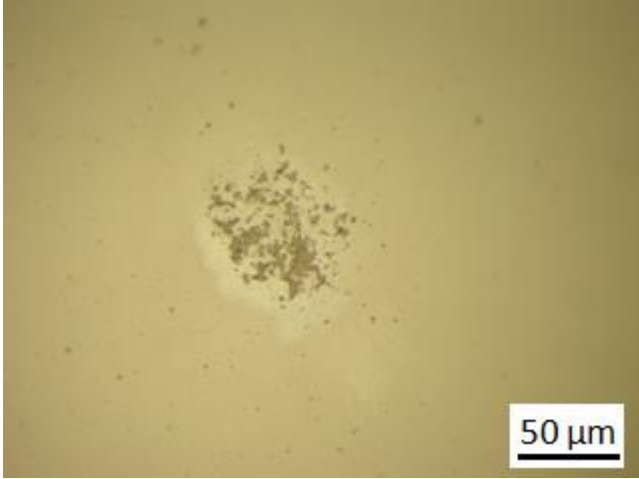
### 5.2.3. Castolin 4601 ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=20.4806gr

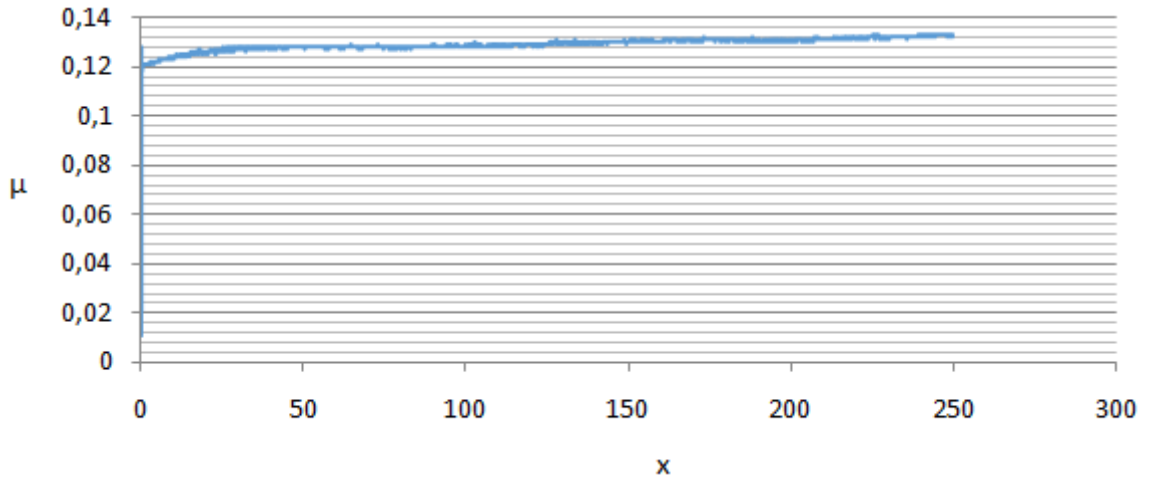


Şekil 5. 20. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 21. Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=20.4788gr, ağırlık kaybı=0.0018gr



Şekil 5. 22. Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

Castolin 4601 (AWS A 5.21) ürünü ile 5mm kaplanmış 60 HRC sertliğindeki numunenin 3 ayrı yük altındaki ağırlık kayıpları, yola göre sürtünme katsayılarının karşılaştırılması neticesinde yük arttıkça ağırlık kaybı ile sürtünme katsayısının çok fazla değişiklik göstermediği tespit edilmiştir [14].

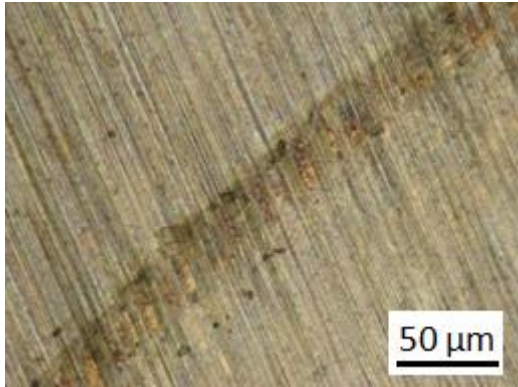
### 5.3. Castolin 4666 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 65 HRC Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzenğinde Analizi

Bu bölümde Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numuneyi 2.5N, 5N ve 10N yükleri altında 250 metre yol kat ederek aşınma karşısında yol-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılmıştır. Deney şartları sabit tutularak ayrı ayrı her yükte numunemizin gösterdiği kayma mesafesi (yol)-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılarak, ağırlık kayıplarıyla kıyaslama yaparak deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

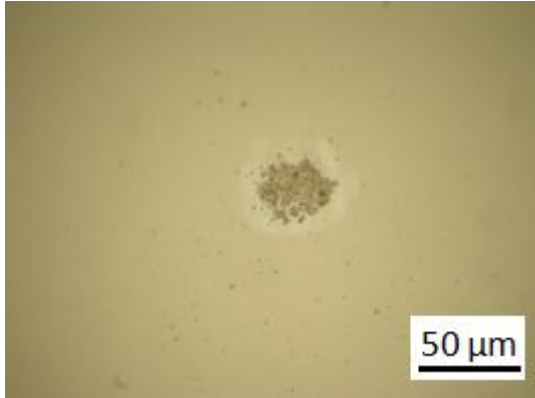
#### 5.3.1. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=21.4895gr

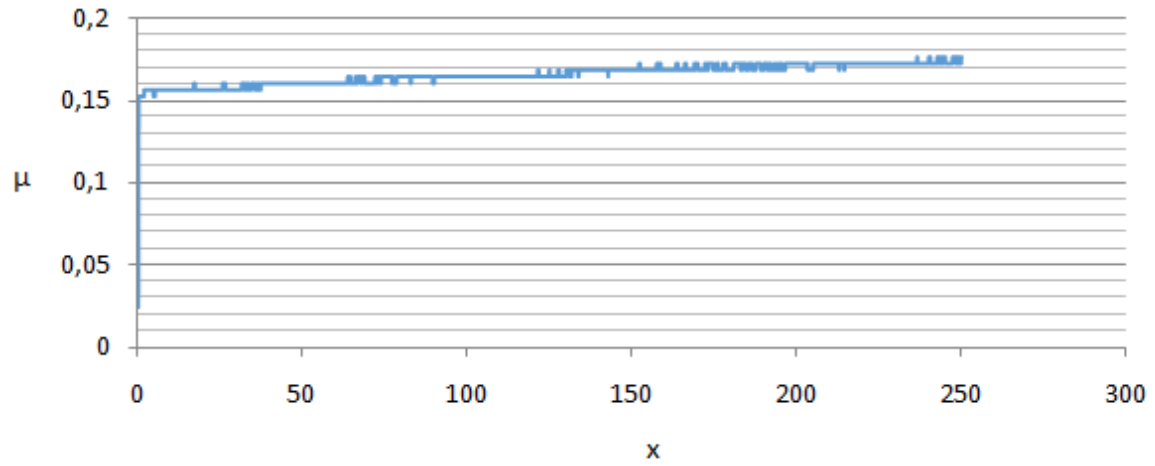


Şekil 5. 23. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 24. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=21.4893gr, ağırlık kaybı=0.0002gr



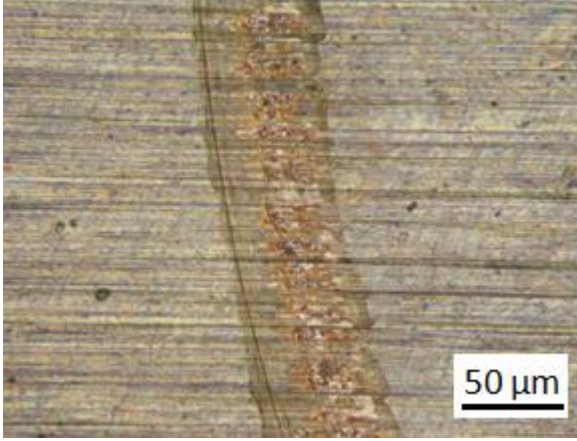
Şekil 5. 25 Castolin. 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

### 5.3.2. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi

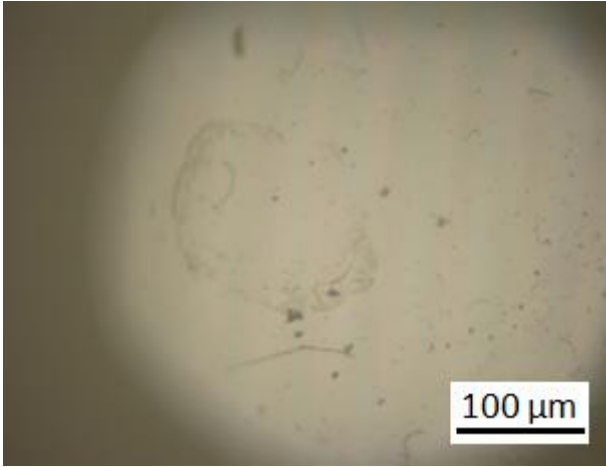
Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=21.4893gr



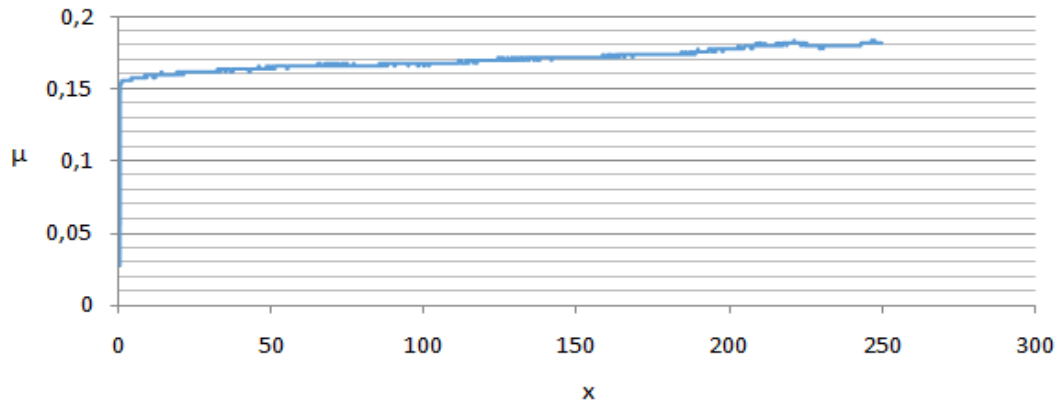


Şekil 5. 26. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 27. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=21.4891gr, ağırlık kaybı=0.0002

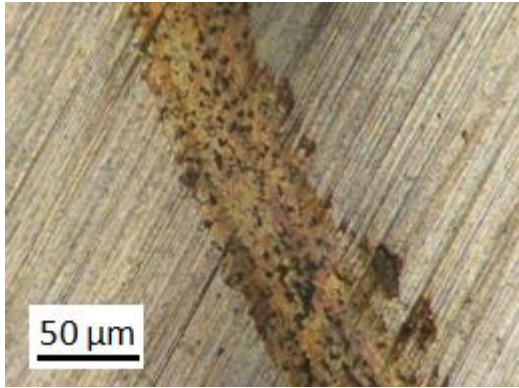


Şekil 5. 28. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

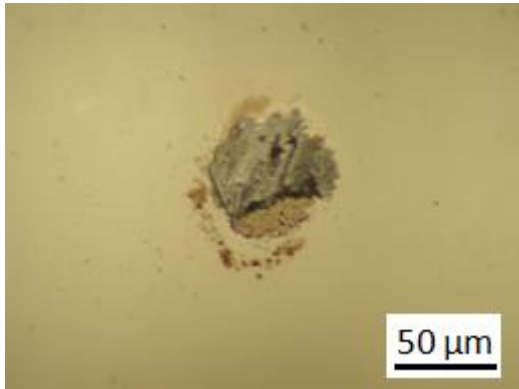
### 5.3.3. Castolin 4666 ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=21.4891gr

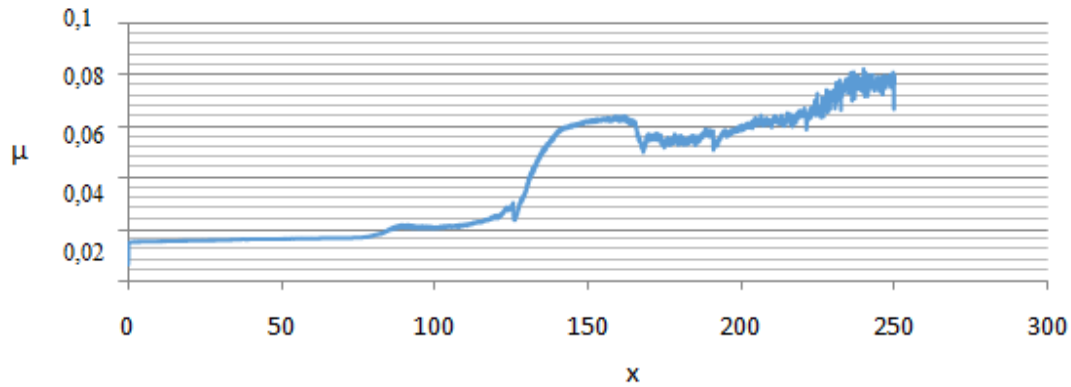


Şekil 5. 29. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 30. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=21.4887gr, ağırlık kaybı=0.0004gr



Şekil 5. 31. Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) ürünü ile 5mm kaplanmış 65 HRC sertliğindeki numunenin 3 ayrı yük altındaki ağırlık kayıpları, yola göre sürtünme katsayılarının karşılaştırılması neticesinde yük arttıkça ağırlık kaybı ile sürtünme katsayısının çok fazla değişiklik göstermediği tespit edilmiştir [16].

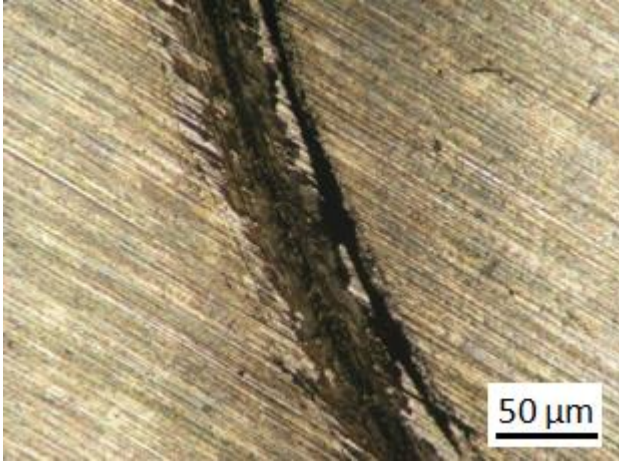
#### **5.4. Castolin 8811 Ürünü ile 5mm Kaplanmış 2500-2700 HV Sertliğindeki Numunenin Aşınma Direncinin Deney Düzenğinde Analizi**

Bu bölümde Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numuneyi 2.5N, 5N ve 10N yükleri altında 250 metre yol kat ederek aşınma karşısında yol-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılmıştır. Deney şartları sabit tutularak ayrı ayrı her yükte numunemizin gösterdiği kayma mesafesi (yol)-sürtünme katsayısı grafikleri çıkartılarak, ağırlık kayıplarıyla kıyaslama yaparak deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

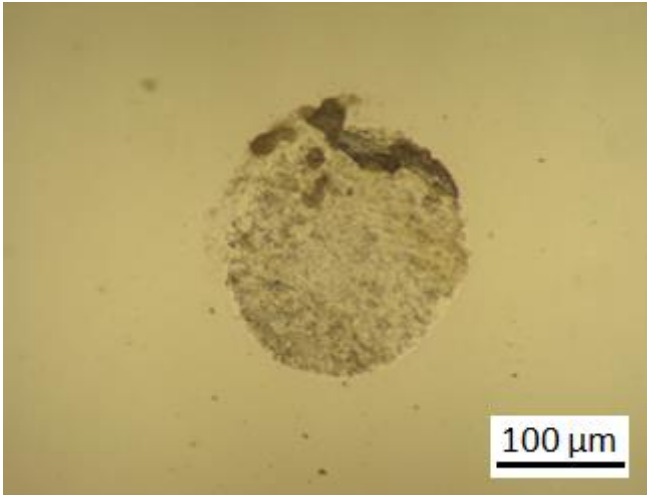
##### **5.4.1. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında aşınma direnci analizi**

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=18.8123gr

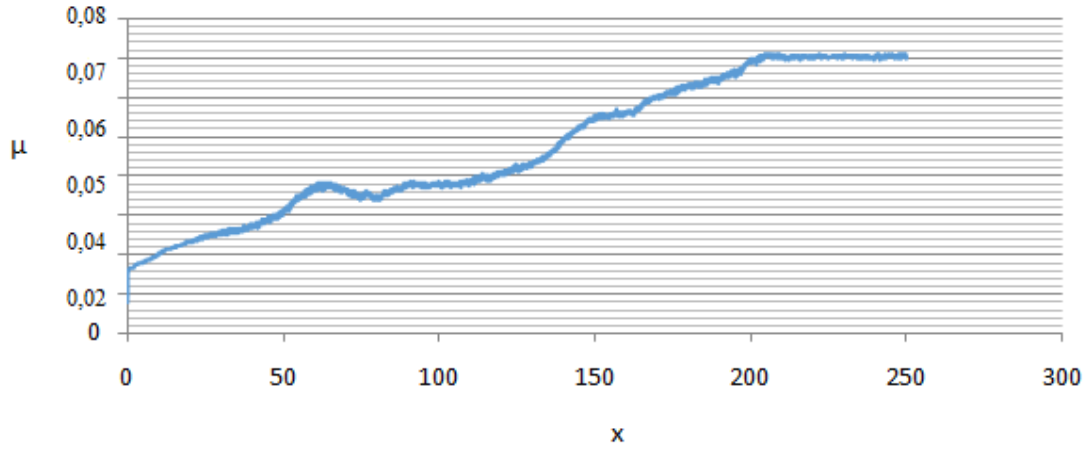


Şekil 5. 32. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 33. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 2.5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=18.8122gr, ağırlık kaybı=0.0001gr

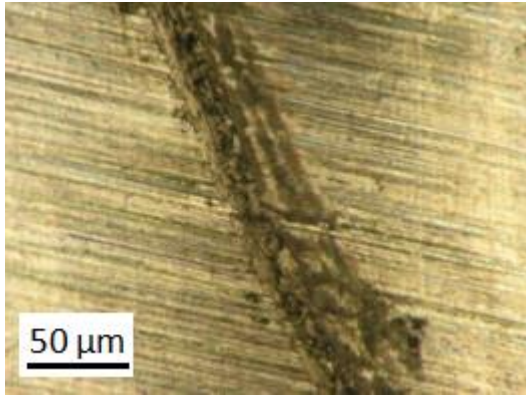


Şekil 5. 34. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

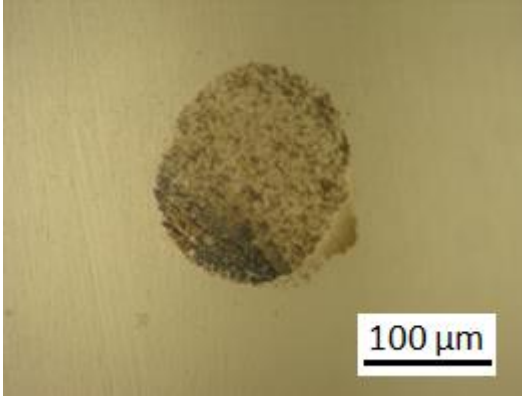
#### 5.4.2. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 5N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=18.8122gr

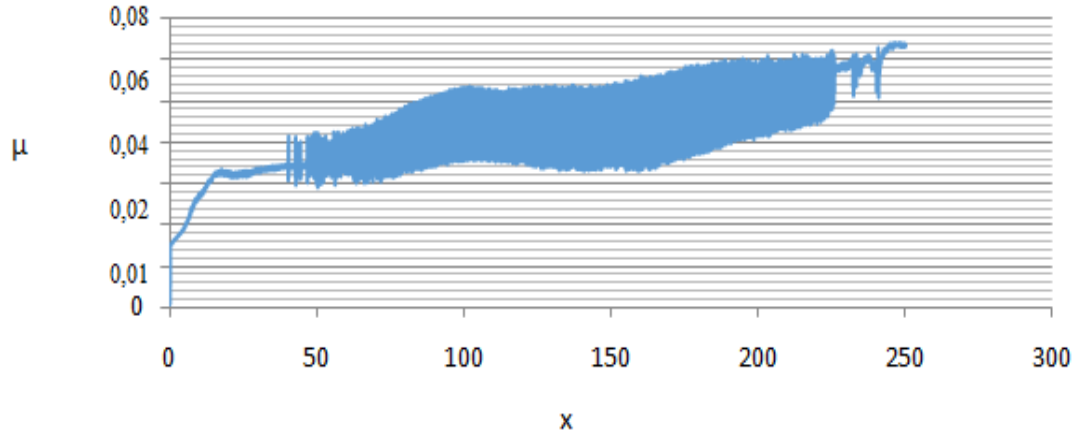


Şekil 5. 35. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 5N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 36. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 5N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=18.8120gr, ağırlık kaybı=0.0002gr

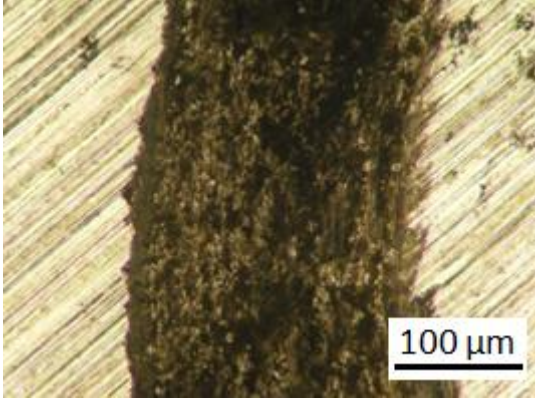


Şekil 5. 37. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

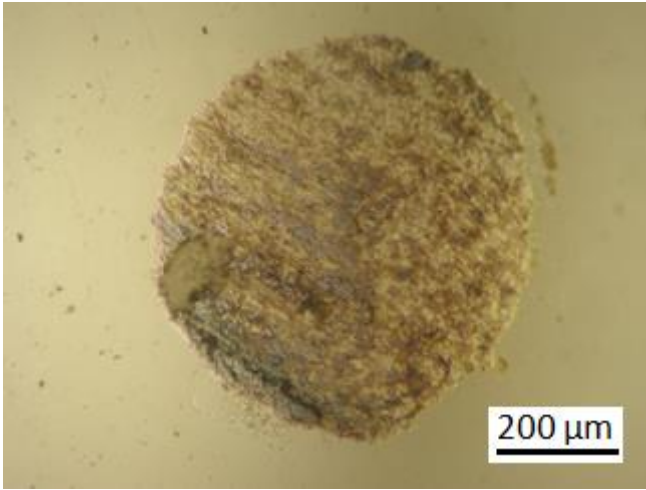
#### 5.4.3. Castolin 8811 ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 10N yük altında aşınma direnci analizi

Deney şartları;

Yol=250m, Hız=0.1m/s, Süre=41.67dk numune ağırlığı=18.8120gr

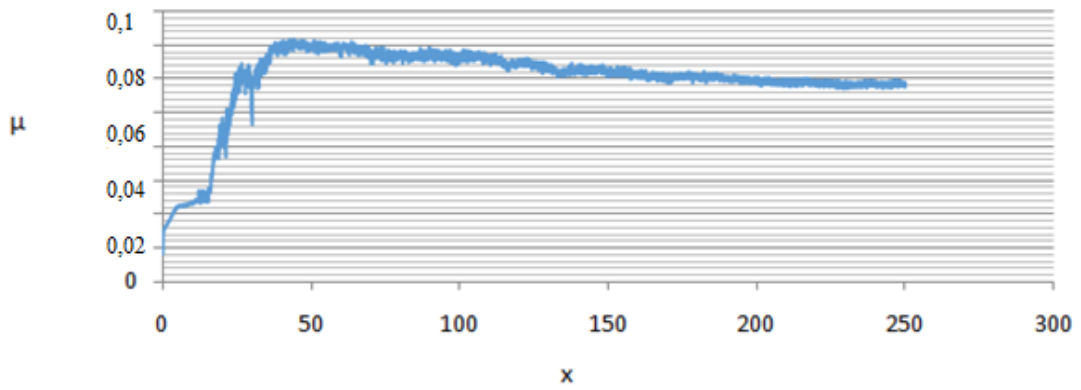


Şekil 5. 38. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin aşınma sonrası 10N yük altındaki yüzey görüntüsü



Şekil 5. 39. Castolin 8811 (%70 WC) numunede çalışan alümina bilyenin aşınma sonrası 10N yük altındaki görüntüsü

Deney sonrası numune ağırlığı=18.8116gr, ağırlık kaybı=0.0004gr



Şekil 5. 40. Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 10N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği

Castolin 8811 (%70 WC) ürünü ile 5mm kaplanmış 2500-2700 HV sertliğindeki numunenin 3 ayrı yük altındaki ağırlık kayıpları, yola göre sürtünme katsayılarının karşılaştırılması neticesinde yük arttıkça ağırlık kaybı ile sürtünme katsayısının çok fazla değişiklik göstermediği tespit edilmiştir [11].



## BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde yapmış olduğumuz deneylerden elde ettiğimiz verilerle, sektörde uyguladığımız çözümlerin kıyaslaması yapılmıştır.

Öncelikle deneylerden elde ettiğimiz verilerin sonuçlarına bakacak olursak; 2.5N yük altında 250 metre yol yapan St37 numune, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numune, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numune ve Castolin 8811 (%70 WC) numunenin sürtünme katsayıları;  $\mu_{St37}=0.030$ ,  $\mu_{4601}=0.012$ ,  $\mu_{4666}=0.17$ ,  $\mu_{8811}=0.4$  tür. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0087gr, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0012gr, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0002gr, Castolin 8811 (%70 WC) numunenin ağırlık kaybı=0.0001gr dır.

5N yük altında 250 metre yol yapan St37 numune, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numune, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numune ve Castolin 8811 (%70 WC) numunenin sürtünme katsayıları;  $\mu_{St37}=0.25$ ,  $\mu_{4601}=0.011$ ,  $\mu_{4666}=0.17$ ,  $\mu_{8811}=0.4$  tür. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0113gr, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0015gr, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0002gr, Castolin 8811 (%70 WC) numunenin ağırlık kaybı=0.0002gr dır.

10N yük altında 250 metre yol yapan St37 numune, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numune, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numune ve Castolin 8811 (%70 WC) numunenin sürtünme katsayıları;  $\mu_{St37}=0.5$ ,  $\mu_{4601}=0.13$ ,  $\mu_{4666}=0.4$ ,  $\mu_{8811}=0.5$  tir. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0296gr, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0018gr, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0004gr, Castolin 8811 (%70 WC) numunenin ağırlık kaybı=0.0004gr dır.

Ayrıca numuneleri aşındırmak için kullanılan alümina bilyenin her yük altında yüzey görüntüleri incelendiğinde; numunelerin yüzeyde oluşturduğu aşınma bize fikir verecektir. Alümina bilyenin yüzeyindeki aşınmalar büyükten küçüğe doğru St37<Castolin 4601<Castolin 4666<Castolin 8811 şeklindedir.

2.5N yük altında yapılan deneylerde sürtünme katsayıları büyükten küçüğe doğru  $\mu_{8811} > \mu_{4666} > \mu_{4601} > \mu_{St37}$  şeklinde sıralanmaktadır [12]. 5N yük altında yapılan deneylerde sürtünme katsayıları büyükten küçüğe doğru  $\mu_{8811} > \mu_{St37} > \mu_{4666} > \mu_{4601}$  şeklinde sıralanmaktadır. 10N yük altında yapılan deneylerde sürtünme katsayıları büyükten küçüğe doğru  $\mu_{8811} > \mu_{St37} > \mu_{4666} > \mu_{4601}$  şeklinde sıralanmaktadır. 10N yük altında yapılan deneylerde ağırlık kayıpları büyükten küçüğe doğru St37>Castolin 4601>Castolin 4666>Castolin 8811 şeklinde sıralanmaktadır.

2.5N yük altında yapılan deneylerde ağırlık kayıpları büyükten küçüğe doğru St37>Castolin 4601>Castolin 4666>Castolin 8811 şeklinde sıralanmaktadır. 5N yük altında yapılan deneylerde ağırlık kayıpları büyükten küçüğe doğru St37>Castolin 4601>Castolin 4666>Castolin 8811 şeklinde sıralanmaktadır.

Yapılan üç kıyaslamada alümina bilyedeki aşınan yüzey görüntüleri ve ağırlık kayıpları kıyaslandığında numunelerin aşınma boyutu büyükten küçüğe doğru Castolin 8811>Castolin 4666>Castolin 4601>St37 olduğunu göstermektedir. Kıyaslama da sürtünme katsayıları göz önüne alındığında numunelerin aşınma boyutu büyükten küçüğe doğru Castolin 8811>St37>Castolin 4666>Castolin 4601 olduğunu göstermektedir. Sürtünme katsayıları göz önüne alındığında çıkan sonuçlar bize net bir sonuç vermemektedir. Çünkü sürtünme katsayısı yük değişimine ve alınan yola bağlı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca malzemelerin iç yapısında ki elementlerin aşınmaya karşı gösterdiği dirençte aşınma boyutunu etkileyecektir.

Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunesinin iç yapısına bakacak olursak hacimsel olarak % 40'dan fazla primer karbür bulunmaktadır. Yüzey sertliği 60 HRC'dir. Kaplamalı kısmın kimyasal kompozisyonun ise C=%4.8, Mn=%1.5, Cr=%32, Si=%0.8, B=%0.3 Fe=kalan olduğu görülmektedir. Kaynakla kaplama işleminde

krom(Cr) ve karbon(C) krom-karbür ( $Cr_3C_2$ ) oluşturarak aşınma direncini arttırmaktadır [14].

Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunesinin iç yapısına bakacak olursak hacimsel olarak % 50'den fazla primer karbür bulunmaktadır. Yüzey sertliği 65 HRC'dir. Kaplamalı kısmın kimyasal kompozisyonun ise C=%5.2, Nb=%7, Cr=%22, B=%1 Fe=kalan olduğu görülmektedir. Kaynakla kaplama işleminde krom(Cr) ve karbon(C) krom-karbür( $Cr_3C_2$ ), niyobyum(Nb) ve karbon(C) niyobyum-karbür (NbC), krom (Cr) ve bor(B) krom-borür(CrB) oluşturarak aşınma direncini arttırmaktadır [16].

Castolin 8811 numunesinin iç yapısına bakacak olursak hacimsel olarak % 70'den fazla tungsten-karbür(WC) bulunmaktadır. Yüzey sertliği 2500-2700 HV'dir. Tungsten-karbür(WC) aşınma direncini arttıran faktördür [11].

## KAYNAKLAR

- [1] LOCHER, WF., Cement Principles of Production and Use, Verlau Bau+Technik, Düsseldorf, 2006.
- [2] ENTWICKLUN, EJS., Cementitous Materials: Historical Notes “Materials Science of Concrete” The American Ceramic Society, 1989.
- [3] Türkiye Çimento Tarihi, Tarih Vakfı-TÇMB-ÇEİS yayını, İstanbul, 2003, Yıldız Sey (ed.).
- [4] Türkiye Çimento İstatistikleri, TÇMB 50. Yıl, Ankara, 2008.
- [5] <http://www.tcma.org>, Erişim Tarihi: 10.01.2013.
- [6] <http://www.thbb.org>, Erişim Tarihi: 12.12.2012.
- [7] <http://www.cembureau.be>, “Best Available Techniques” for the Cement Industry, Erişim Tarihi: 05.01.2013.
- [8] <http://www.castolin.com>, 03.02.2013.
- [9] Castolin Kaynak San. Ve Tic. Ltd. Şti. Ürün Kataloğu, 2012.
- [10] ODTÜ KTM Ders Notları, 2010.
- [11] YILDIRIM, MM., BUYTOZ, S., ULUTAN, M., TIG Yöntemiyle Yapılan WC ile Yüzey Sertleştirme İşleminin Abrasiv Aşınma Performansının İncelenmesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 3(2):38-44, 2005.
- [12] KAYA, AÖ., Plazma Püskürtme ve HVOF Yöntemleri Kullanılarak,  $Cr_3C_2$ -NiCr(75/25) ve CrNiBSi+%80 WC-Co Tozlarıyla Kaplanan Çeliğin Yapısı ve Yüzey Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, 2007.
- [13] ALAGÖZ, H., Synthesis of High Temperature Wear resistant WC and WN Coatings, Master Of Science, Bilkent University, Department Of Chemistry and the Graduate School of Engineering and Science, 2012.
- [14] PAMUK, U., Plazma Spreylenmiş  $Cr_3C_2$ -NiCr ve  $Al_2O_3$ -TiO<sub>2</sub> kaplamalarının abraziv aşınma davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı, 1996.

- [15] ÖNDER, E., Termoreaktif Difüzyon (TRD) Yöntemiyle Krom Karbür ve Vanadyum Karbür Kaplanan AISI D3 Seri Soğuk İş Takım Çeliğinin Mikroyapı ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [16] KOCAMAN, K., NbN/NbCN Kaplanmış Çeliklerin Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Metal Eğitimi Bölümü, 2007.

## ÖZGEÇMİŞ

Cihan GÜRSES, 16.11.1986 da Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2004 yılında Sakarya Anadolu Lisesinden mezun oldu. 2004 yılında başladığı Erzurum Atatürk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü 2008 yılında bitirdi. 2008-2009 yılları arasında Sahil Güvenlik Komutanlığında yedek subay olarak askerlik görevini tamamladı. 2010 yılının Mart ayında Castolin Kaynak San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında mühendis olarak işe başladı ve görevine devam etmektedir. 2011 yılında C Sınıfı İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı olmuştur. Cihan GÜRSES evlidir.