



Çimento fabrikalarında merdane, vals ve kazıyıcılardaki aşınma problemlerinin kaynak yöntemleri ile çözümü

Ahmet Oğur^{1*}, Cihan Gürses¹

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sakarya

09.05.2013 Geliş/Received, 10.12.2013 Kabul/Accepted

ÖZET

Çimento fabrikalarında karşılaşılan aşınma problemlerinin önüne geçme amacıyla makine parçalarının üzerine kaynak yöntemlerinden elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı ve oksitli asetilen kaynağı kullanılarak kaplama yapılmış ve ömür artışları incelenmiştir. Herhangi bir kaplama işlemi uygulanmamış malzemelerin sektörde iş gücü kayıplarına neden olduğu saptanmıştır. Ball on disk deney düzeneğinde 250 metre yol ve üç farklı yük altında ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. 60 HRC sertliğinde krom-karbür kaplanmış numunenin 2.5N yük altında ağırlık kaybı 0.0012g, 65 HRC sertliğinde niyobyum-karbür kaplanmış numunenin 2.5N yük altında ağırlık kaybı 0.0002g ve 70 HRC sertliğinde tungsten-karbür kaplanmış numunenin 2.5N yük altında ağırlık kaybı 0.0002g olduğu gözlemlenmiştir. Bu deneyler 5N ve 10N yük altında da tekrarlanarak yapılmıştır. Kaynak kaplama yöntemi ile makine parçalarının ömür artışı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: aşınma, kaynak yöntemi, kaynak ile kaplama, aşınma ömrü

The solution for the roller press, roller mill and scrappers abrasion problems with welding methods in cement factories

ABSTRACT

The physical life increase of the machine parts through the method of coat with electric arc welding, gas metal arc welding and acetylene gas welding to overcome the abrasion problems faced in the cement factories is analysed. It has been realised that the reason of the labor force losses is the materials which are not coated. The weight loss is measured with the ball on the disc experiment with three different weights and on 250 meters course. It has been observed that the weight loss of 60 HRC hardness Chrom carbide coated sample under 2.5N weight is 0.0012g, the weight loss of 65 HRC hardness Niobium carbide coated sample under 2.5N weight is 0.0002g and the weight loss of 70 HRC hardness Tungsten carbide coated sample under 2.5N weight is 0.0002g. The same experiments have been repeated under 5N and 10 N weights. Physical life of the machine parts are increased by coating the parts with welding.

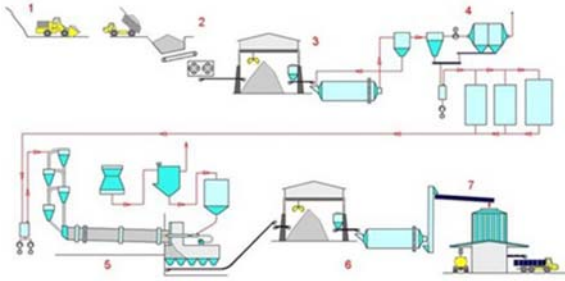
Keywords: abrasion, welding method, coating with welding, wear life

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author ogur@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ(INTRODUCTION)

Çimento fabrikalarında karşılaşılan en önemli problem aşınmadır. Sektörün yaz aylarında canlı olması, ülkemizdeki çimento fabrikalarının taleplere cevap verememesi nedenlerinden dolayı, tesislerin üretim kapasitelerini zorlamasıyla makine parçalarının aşınma ömürleri üretimi sekteye uğratmaktadır. [1].

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. [2].



Şekil 1.Çimento üretim akış şeması [1] (Cement production flow chart)

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 stok holde 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 °C derece sıcaklıkta pişirilir.
6. Döner fırından klinker olarak çıkan yarı mamül ürün soğutucuda soğutulur klinker stok holünde stoklanır.
7. Alçıtaşı ve üretilecek çimento cinsine uygun katkılarla çimento değirmenlerinde öğütülür.

Şekil 1 de çimento üretim akış şemasında proseslerin aşındırıcı özellikleri görülmektedir.

Kalker, kireç ve alçıyı öğüten değirmenlerin aşınması bu problemlerin başını çekmektedir. Değirmen parçalarının

doğadan çıkarılan bu malzemeler karşısında mukavemetlerinin yetersiz kalması, aşırı yüklenme şartlarında çalışması, iş yoğunluğundan dolayı periyodik bakımların ertelenmesi, planlı bakımların zamanında ve tam olarak yapılmaması bu problemlerin oluşmasına neden olmaktadır.[3].

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

Aşınma problemleri ise genellikle değirmen merdanelerinde, değirmen valslerinde ve 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.[4].

Bu sebeplerden dolayı çimento fabrikalarında aşınma ömürlerini arttırabilmek amacıyla yukarıdaki üç makine parçası hedef olarak seçilmiştir.[5]. Seçilen makine parçalarına uygun kaynak yöntemleri belirlenerek çeşitli kaynak ile kaplamalar yapılmıştır.



Şekil 2. Merdanenin uzaktan çalışma görüntüsü (View of the working roller press)



Şekil 3. Dökme demir kazıyıcı görüntüsü (View of cast iron scrapper)



Şekil 4. Valsin görüntüsü (View of roller mill)

2. MALZEMELER VE YÖNTEMLER (MATERIALS AND METHODS)

2.1. Sahada gerçekleştirilen uygulama (Application on worksite)

Bu bölümde yapılan çalışmaların hepsi sahada gerçekleştirilmiş ve sonuçları grafikler halinde aktarılmıştır. Seçilen makine parçalarına aşınma faktörleri değerlendirilerek uygun kaynak yöntemleri seçilmiş ve Castolin 4601 (AWS A 5.21) özlü teli, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli, Castolin 390N (W, Cr, B, Nb) nano teknoloji özlü teli, Castolin 8811 (%70 WC) lehim teli ürünleri arasında uygun olan seçilerek kaynakla kaplama çalışması yapılmıştır. [6].

Merdaneler üzerinde sahada gerçekleştirilen 4 farklı uygulamanın verileri Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1 Merdanelerin fiziksel durumları ve çalışma koşulları (Physical status and working conditions of the roller press)

	İş Parçası -1	İş Parçası -2	İş Parçası -3	İş Parçası -4
ANA MALZEME	Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği	Alaşımli Isıl İşlem Çeliği	Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği	Düşük Alaşımli Isıl İşlem Çeliği
MAKİNE	Döner Merdane	Döner Merdane	Döner Merdane	Döner Merdane
BOYUTLAR	1400*800 L=4000	1000*600 L=400	1200*700 L=1000	1400*800 L=4000
AĞIRLIK	16 ton	3.7 ton	8 ton	16 ton
TAMİR YÖNTEMİ	Kaplama	Kaplama	Kaplama	Kaplama
MEKANİK YORULMA	Değişken Yük	Değişken Yük	Değişken Yük	Değişken Yük
ABRAZYON	Yüksek Basınç	Yüksek Basınç	Yüksek Basınç	Yüksek Basınç
EROZYON	-	-	Gaz Ortamı	Gaz Ortamı

İş Parçası-1 ve İş Parçası-2 de merdane üzerindeki radüsler torna tezgahın da torna kalemi aracılığı ile 25 mm talaş kaldırarak temizlenmiştir. Daha sonra yüzeyde çatlak olup olmadığına karar vermek için penetrant sıvı ile tahribatsız muayene yapılmıştır. Kaynak işleminin

daha verimli gerçekleşmesi için malzemenin karbon eş değerine göre tav sıcaklığını tayin edilip ve 150-200 °C civarına kadar tav verilmiştir.[7]. 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 dolgu yapılmıştır. Üçüncü paso olarak AWS A 5.22 MF 3-55-GPST standardında Castolin DO-15 özlü teli ile 8 mm dolgu yapılmıştır. Son olarak 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 indirilmesidir. [8].



Şekil 5. Kaynak dolgusu bittikten sonra merdane yüzeyi (Roller press surface after welding)

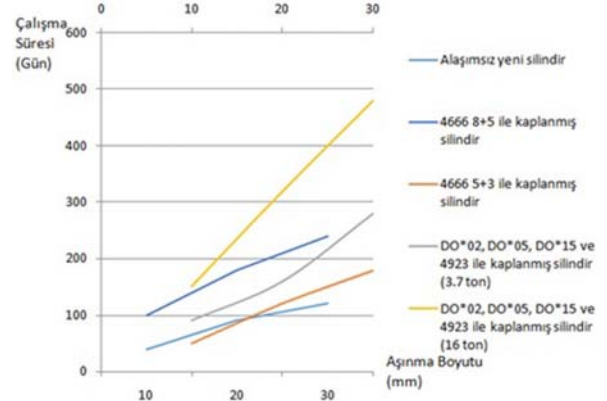
İş Parçası-3 de merdanenin aşınan yüzeylerine Castolin CDP 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) DXW 0805 8+5 aşınma plakası kullanılarak giydirme yapılmak hedeflenmiştir. Çalışma alanına erişim zor olduğundan giydirme yapılacak aşınma plakaları parçalar halinde tasarlanmış ve cıvatalarla birleştirilmiştir. Aşınmanın cıvata bağlantı noktalarından olacağı da göz önüne alınarak cıvata başları DIN 8555 E 10-UM-70-GZ standardında Castolin 6715 XHD elektrotu ile sert dolgulu kaplanarak aşınmaya karşı dirençli hale getirilmiştir. [6].

İş Parçası-4 de merdanenin gövdesini Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) DXW 0503 5+3 aşınma plakası ile giydirme yöntemi yaparak kaplama yapılmasına karar verilmiştir. [6].

Merdanelerin boyutları, çalışma koşulları ve ana metal spesifikasyonları aşınma ömürlerine doğrudan etkileyen etmenlerdir. Tablo 1 de verilen kaynaklı kaplama işlemi uygulanmış merdaneler için sahada yapılan çalışmalar ile kaynaklı kaplama işlemi uygulanmamış bir merdanenin çalışma süresi(gün)-aşınma boyutu(mm) sonuçları

Çimento Fabrikalarında Merdane, Vals ve Kazıyıcılardaki Aşınma Problemlerinin Kaynak Yöntemleri ile Çözümü

ortalama değerler alınarak ortak bir grafik halinde Şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6. Merdanelerin çalışma süresi-aşınma boyutu grafiği (Roller press working hours-wear size chart)

Kazıyıcılar üzerinde sahada gerçekleştirilen 2 farklı uygulamanın verileri Tablo 2 de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kazıyıcıların fiziksel durumları ve çalışma koşulları (Physical status and working conditions of scrapers)

	İş Parçası-5	İş Parçası-6
ANA MALZEME	Dökme Demir	St 37 Çelik
MAKİNE	Beton Mikseri	Beton Mikseri
BOYUTLAR	300*200*20	400*180*30
TAMİR YÖNTEMİ	Kaplama	Kaplama
ABRAZYON	Düşük Basınç	Düşük Basınç

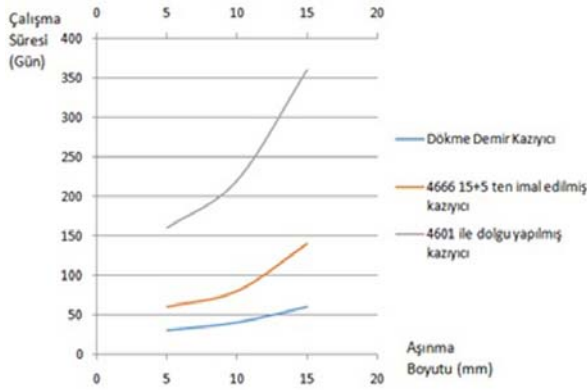
İş Parçası-5 de Mikserin Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) DXW 1505 15+5 aşınma plakası ile imal edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan kaplama krom-bor-niobyum kompleks karbürler içerir ve 62-65 HRC [7] sertliğindedir.



Şekil 7. 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) DXW 1505 ile imal edilmiş kazıyıcı (solda), dökme demir kazıyıcı (sağda) (4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) have been produced by 1505 DXW scrapper (left), cast iron scrapper (right))

İş Parçası-6 da 52-57 HRC sertliğe sahip krom karbür yapısındaki Castolin 4601 (AWS A 5.21) özlü teli ile sert dolgu kaplanması hedeflenmiştir. [10].

Kazıyıcıların boyutları, çalışma koşulları ve ana metal spesifikasyonları aşınma ömürlerine doğrudan etkileyen etmenlerdir. Tablo 2 de verilen kaynaklı kaplama işlemi uygulanmış kazıyıcılar için sahada yapılan çalışmalar ile kaynaklı kaplama işlemi uygulanmamış bir kazıyıcının çalışma süresi(gün)-aşınma boyutu(mm) sonuçları ortalama değerler alınarak ortak bir grafik halinde Şekil 8 de gösterilmiştir.



Şekil 8. Kazıyıcıların çalışma süresi-aşınma boyutu grafiği (Scrapper working hours-wear size chart)

Valsler üzerinde sahada gerçekleştirilen 5 farklı uygulamanın verileri Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 3. Valslerin fiziksel durumları ve çalışma koşulları (Physical status and working conditions of the roller mill)

	İş Parçası-7	İş Parçası-8	İş Parçası-9	İş Parçası-10	İş Parçası-11
ANA MALZEME	Aşınmaya Dayanıklı Dökme Demir	Nihard	Yüksek Alaşımli Çelik Döküm	Yüksek Alaşımli Çelik Döküm	Yüksek Alaşımli Çelik Döküm
MAKİNE	Dik Değirmen	Dik Değirmen	Dik Değirmen	Dik Değirmen	Dik Değirmen
BOYUTLAR	-	D=2400 L=7500	-	D=2500	D=1600 L=525
TAMİR YÖNTEMİ	Kaplama	Kaplama	Kaplama	Kaplama	Kaplama

MEKANİK YORULMA	Değişken Yük	Değişken Yük ve Darbe	Değişken Yük ve Darbe	Değişken Yük	Değişken Yük
ABRAZYON	Yüksek Basınç	Yüksek Basınç	Yüksek Basınç	Düşük Basınç	Yüksek Basınç

İş parçası-7 ve 8 de valsler yapısında krom-karbür içeren 58-60 HRC sertliğinde özlü tel ile kaynaklı kaplanması hedeflenmiştir. İş parçası-9 da vals Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli ile kaplanması hedeflenmiştir. İş parçası-10 ve 11 de valslerin Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü teli ile kaplanıp, kaplamanın üzerine 65-68 HRC sertlikte nano teknoloji ürünü Castolin 390N (W, Cr, B, Nb) kaplanması hedeflenmiştir.

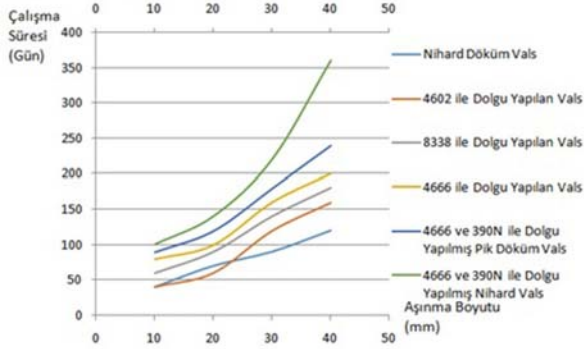


Şekil 9. Aşınmış vals yüzeyi (Worn roller mill surface)



Şekil 10. Valsin 390N (W, Cr, B, Nb) ile kaplandıktan sonraki son hali (View of roller mill after worn with 390N(W, Cr, B, Nb))

Valslerin boyutları, çalışma koşulları ve ana metal spesifikasyonları aşınma ömürlerine doğrudan etkiyen etmenlerdir. Tablo 3 de verilen kaynaklı kaplama işlemi uygulanmış valsler için sahada yapılan çalışmalar ile kaynaklı kaplama işlemi uygulanmamış bir vals için çalışma süresi(gün)-aşınma boyutu(mm) sonuçları ortalama değerler alınarak ortak bir grafik halinde Şekil 11 de gösterilmiştir.



Şekil 11. Valslerin çalışma süresi-aşınma boyutu grafiği(Roller mill working hours-wear size chart)

2.2. Ball on disk deney düzeneği(Ball on disc experiment contrivance)

Sahada yapılan çalışmalara paralel olarak deneysel çalışma yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda her ne kadar işletme şartları tam olarak oluşturulmasa da yapılan pratik çalışmaları destekleyici nitelikte sonuçlar vermiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan numuneler yük kayıpları, aldıkları yola göre sürtünme katsayıları ve aşındırıcı üzerinde bıraktıkları aşınma izlerine göre değerlendirilmeye alınmıştır.

Sürtünme katsayısının hesaplanmasında ve malzemelerin aşınma davranışlarının belirlenmesinde en çok kullanılan iki yöntemden biri ball on disk deneyidir. Numunenin belirlenen yük altında aldığı yola göre sürtünme katsayısını belirlemekte kullanılır. Numune de gerçekleşen ağırlık kaybı da aşınma faktörü hakkında bilgi sahibi olmamıza ışık tutar.

Bu çalışma da Sakarya Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Yüzey Laboratuvarı ball on disk 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

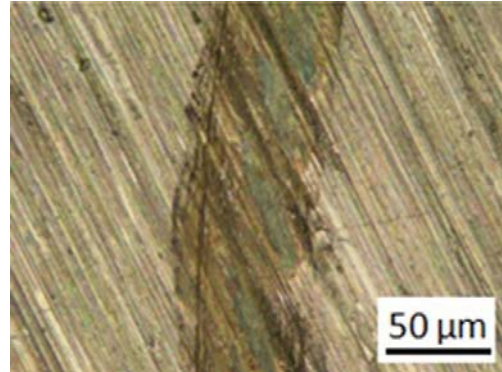
kaplanmış 70 HRC sertliğinde numuneler kullanılmıştır. Kaplama kalınlıkları 5mm olarak belirlenmiştir.



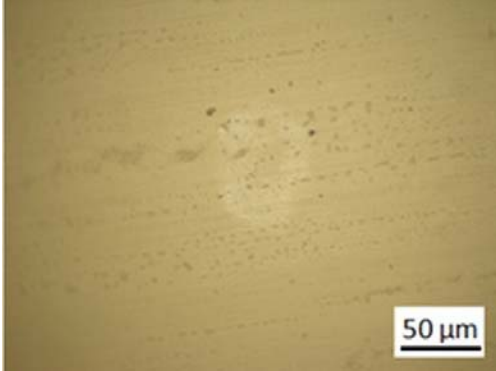
Şekil 12. Ball on disk deney cihazı(Ball on disc experiment device)

Deneyler oda koşullarında tüm numuneler için eşit şartlarda gerçekleştirilmiştir. Deneylere başlamadan önce her bir numunenin ağırlıkları tespit edilip deney sonlarında ağırlık kayıpları belirlenmiştir.

Deneylerde her bir numune için ayrı ayrı 2.5N, 5N ve 10N yükler kullanılarak 250m yolu 0.1m/s hızla gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler 4 numune de 3 ayrı yük altında toplam 12 deney yapılarak gerçekleştirilmiştir. Her deneyden sonra Şekil 13 ve Şekil 14 de gösterildiği gibi numunenin ve aşındırıcı alümina bilyenin yüzeyinden aşınma resimleri çekilmiştir.



Şekil 13. St 37 numunenin 2,5 N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü(St 37 samples extracted under 2,5 N load surface appearance after wear)



Şekil 14. St 37 numunede çalışan alümina bilyenin 2.5N yük altında aşınma sonrası yüzey görüntüsü (Alumina ball run on St 37 samples of surface appearance after wear under load 2.5N)

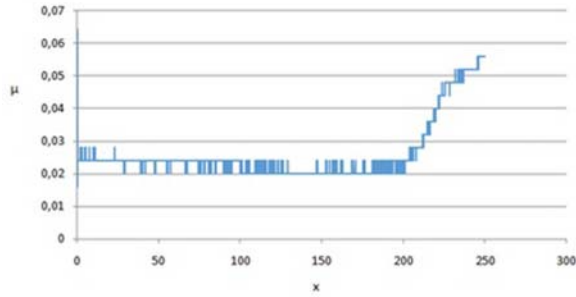
Deneyden elde edilen verilerden sürtünme katsayısı belirlenerek her bir numunenin yol-sürtünme katsayısı grafiği her bir yük altında ayrı ayrı çıkartılmıştır.

$$\mu = F/N[8]$$

μ : Sürtünme katsayısı

F: Sürtünme kuvveti

N: Uygulanan yük



Şekil 15. St37 numunenin 2.5N yük altında yol-sürtünme katsayısı grafiği (St 37 lead-friction coefficient of the sample under load chart 2.5N)

Bu işlemler her bir numune için ayrı ayrı gerçekleştirilerek numunelerin sürtünme katsayılarının yola bağlı değişimleri incelenerek aşınma faktörleri hakkında bilgiler edinilmiştir.

3. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu bölümde; yapılan deneylerden elde edilen verilerle, sahada uygulanan çözümlerin kıyaslaması yapılmıştır.

Merdaneler için sahada yapılan çalışmalarda ömür artışları 2 ila 4 kat arası değişim göstermiştir. Yeni merdane maliyetleri göz önüne alındığında yaklaşık %50 fiyatlarına yapılan kaplama işlemlerinin 2 ila 4 kat ömür artışı göstermesi çimento fabrikalarının merdanelerdeki maliyetlerinde 4 ila 8 kat kara geçtiklerini kanıtlamıştır.

Yapılan çalışmalarda iş parçası-1 in aşınma ömrünün 120 günden 280 güne, iş parçası-2 nin aşınma ömrünün 90 günden 360 güne arttığı gözlemlenmiştir. İş parçası-3 ün aşınma ömrünün 180 günden 360 güne arttığı gözlemlenmiştir. İş parçası-4 ün aşınma ömrünün 180 günden 270 güne arttığı gözlemlenmiştir. İş parçası-3 ve 4 e uygulanan Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) özlü telinin kimyasal özelliklerine bakıldığında içerisinde krom-bor-niyobyum kompleks karbürler ihtiva eden 65 HRC sertliğinde bir ürün olduğu görülmüştür. Ömür farklılıkları yapılan kaplamanın kalınlık farkından meydana gelmiştir. İş parçası-1 ve 2 deki kaplamalar aynı özelliklerde olup sıralı pasolar halinde düşük sertlikten yüksek sertliğe doğru kademeli olarak yapılmıştır. Son pasoda elde edilen sertlik 58 HRC sertlik civarındadır. Buradaki ömür farklılıkları ise iki merdanelerin boyutlarının ve ana malzemelerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır.

Kazıyıcılarda sahada yapılan çalışmalarda ömür artışları 3 ila 6 kat arası değişim göstermiştir. Yaptığımız çözüm yeni kazıyıcı maliyetinin 6 kat olmasına rağmen ömür artışının da 6 kat olması ve tesisin her duruş maliyeti göz önüne alındığı zaman çimento fabrikalarının kazıyıcılardaki maliyetlerini 40 kat azalttığı tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda iş parçası-5 in aşınma ömrünün 90 günden 210 güne çıkardığı tespit edilmiştir. İş parçası-6 için yeni parça maliyeti 60 TL iken uygulanan kaynak ile kaplamanın maliyeti 180 TL olduğundan maddi yönden mantıklı bir çözüm gibi gözükmesine de alınan ömür artışı ve üretimin duruş kayıpları incelendiğinde doğru işlemin sonuçları beklenmedik şekilde olumlu çıkmıştır. Dolgu yapılmamış kazıyıcı 60 günde aşınarak iş göremez hale gelirken yapılan kaynak ile 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.

Valslerde sahada yapılan çalışmalarda ömür artışları 1,5 ila 3 kat arası değişim göstermiştir. Yeni vals maliyetleri göz önüne alındığında yaklaşık %30 fiyatlarına yapılan kaynak ile kaplama işlemlerinin 1,5 ila 3 kat ömür artışı göstermesi çimento fabrikalarının vals maliyetlerini azalttığı tespit edilmiştir. İş Parçası-7 ve 8 de yapılan kaplamalar aynı iken ömür artışlarına bakıldığında 7 numaralı iş parçasının 90 günden 180 güne arttığı gözlemlenmiştir. 8 numaralı iş parçasında ise 120 günden 360 güne arttığı gözlemlenmiştir. İki parça arasındaki farklılık ana malzemelerinin farklı olmasından ortaya çıkmıştır. Nihard malzemenin aşınmaya dirençli döküm malzemeye göre abrazyon direnci daha üstündür. Ayrıca yapılan kaplamalarda 62-65 HRC sertliğindeki krom-bor-niyobyum kompleks karbürlerin üstüne 65-68 HRC

sertlikte nano teknoloji ürünü Castolin 390N (W, Cr, B, Nb) atılması ömür artışını 9, 10, 11 numaralı iş parçalarına göre daha üstün kıldığı saptanmıştır.

Ball on disk deneylerinden elde edilen verilerin sonuçlarına bakılacak olursa; 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 numunenin sürtünme katsayıları; $\mu_{St37}=0.030$, $\mu_{4601}=0.012$, $\mu_{4666}=0.17$, $\mu_{8811}=0.4$ dür. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0087g, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0012g, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0002g, Castolin 8811 numunenin ağırlık kaybı=0.0001g dir.[11].

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 numunenin sürtünme katsayıları; $\mu_{St37}=0.25$, $\mu_{4601}=0.011$, $\mu_{4666}=0.17$, $\mu_{8811}=0.4$ dür. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0113g, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0015g, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0002g, Castolin 8811 numunenin ağırlık kaybı=0.0002g dir.[12].

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 numunenin sürtünme katsayıları; $\mu_{St37}=0.5$, $\mu_{4601}=0.13$, $\mu_{4666}=0.4$, $\mu_{8811}=0.5$ dir. Aşınma miktarları ise St37 numunenin ağırlık kaybı=0.0296g, Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunenin ağırlık kaybı=0.0018g, Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunenin ağırlık kaybı=0.0004g, Castolin 8811 numunenin ağırlık kaybı=0.0004g dir.

Ayrıca numuneleri aşındırmak için kullanılan alümina bilyenin her yük altında yüzey görüntüleri incelendiğinde; numunelerin yüzeyde oluşturduğu aşınmanın bizlere fikir verdiği görülmüştür. Alümina bilyenin yüzeyindeki aşınmalar büyükten küçüğe doğru St37<Castolin 4601<Castolin 4666<Castolin 8811 şeklinde oluşmuştur.

2.5N yük altında yapılan deneylerde sürtünme katsayıları büyükten küçüğe doğru $\mu_{8811}>\mu_{4666}>\mu_{4601}>\mu_{St37}$ şeklinde sıralanmaktadır. 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 aşınma yüzey görüntüleri ve ağırlık kayıpları kıyaslandığında numunelerin aşınma boyutu büyükten küçüğe doğru Castolin 8811>Castolin 4666>Castolin 4601>St37 olduğunu göstermiştir. Kıyaslama da sürtünme katsayıları göz önüne alındığında numunelerin aşınma boyutu büyükten küçüğe doğru Castolin 8811>St37>Castolin 4666>Castolin 4601 olduğunu göstermiştir. Sürtünme katsayıları göz önüne alındığında çıkan sonuçlar bizlere net bir sonuç vermemiştir. Çünkü sürtünme katsayısı yük değişimine ve alınan yola bağlı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca malzemelerin içyapısında ki elementlerin aşınmaya karşı gösterdiği dirençte aşınma boyutunu etkileyecektir.

Castolin 4601 (AWS A 5.21) numunesinin içyapısına bakılacak olursa hacimsel olarak % 40'dan fazla primer karbür bulunduğu görülür. Numune yüzeyi 60 HRC sertliktedir. Kaynak ile kaplamalı kısmın kimyasal kompozisyonun ise C=%4.8, Mn=%1.5, Cr=%32, Si=%0.8, B=%0.3 Fe=kalan olduğu görülmektedir.[7] Kaynak ile kaplama işleminde krom(Cr) ve karbon(C) krom-karbür (CrC) oluşturarak aşınma direncini arttırmaktadır.[13].

Castolin 4666 (DIN 8555 MF 10-65-G) numunesinin içyapısına bakılacak olursa hacimsel olarak % 50'den fazla primer karbür bulunduğu görülür. Numune yüzeyi 65 HRC sertliktedir. Kaynak ile kaplamalı kısmın kimyasal kompozisyonun ise C=%5.2, Nb=%7, Cr=%22, B=%1 Fe=kalan olduğu görülmektedir.[7] Kaynak ile kaplama işleminde krom(Cr) ve karbon(C) krom-karbür(CrC), niyobyum(Nb) ve karbon(C) niyobyum-karbür, krom (Cr) ve bor(B) krom-borür(CrB) oluşturarak aşınma direncini arttırmaktadır.[14].

Castolin 8811 numunesinin içyapısına bakılacak olursa hacimsel olarak % 70'den fazla tungsten-karbür(WC) bulunduğu görülür.[7] Numune yüzeyi 70 HRC sertliktedir. Tungsten-karbür(WC) aşınma direncini arttıran faktördür.[9].

KAYNAKLAR(REFERENCES)

- [1] Türkiye Çimento Tarihi, Tarih Vakfı-TÇMB-ÇEİS yayını, İstanbul, 2003, Yıldız Sey (ed.)
- [2] Türkiye Çimento İstatistikleri, TÇMB 50. Yıl, Ankara, 2008
- [3] www.tcma.org, 10.01.2013
- [4] www.thbb.org, 12.12.2012
- [5] Best Available Techniques” for the Cement Industry, www.cembureau.be, “05.01.2013
- [6] www.castolin.com, 03.02.2013
- [7] Castolin Kaynak San. Ve Tic. Ltd. Şti. Ürün Kataloğu, 2012.
- [8] ODTÜ KTM Ders Notları, 2010.
- [9] YILDIRIM M.M., BUYTOZ S., ULUTAN M., “TIG Yöntemiyle Yapılan WC ile Yüzey Sertleştirme İşleminin Abrasif Aşınma Performansının İncelenmesi”, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 3 (2005) 2, 38-44.
- [10] KAYA A.Ö., “Plazma Püskürtme ve HVOF Yöntemleri Kullanılarak, Cr₃C₂-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.
- [11] 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.
- [12] PAMUK U., “Plazma Spreylenmiş Cr₃C₂-NiCr ve Al₂O₃-TiO₂ kaplamalarının abrasif aşınma davranışlarının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalürji Mühendisliği Anabilim Dalı, 1996.
- [13] 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, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, 2012.
- [14] KOCAMAN K., “NbN/NbCN Kaplanmış Çeliklerin Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Metal Eğitimi Bölümü, 2007.

