

SERTLEŞTİRİLMİŞ VE SERT DOLGU KAYNAĞI
YAPILMIŞ AISI 1050 ÇELİĞİNİN AŞINMA DİRENCİNİN
ARAŞTIRILMASI

İNCI (İNANÇ) KİSECİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2010

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERTLEŞTİRİLMİŞ VE SERT DOLGU KAYNAĞI YAPILMIŞ
AISI 1050 ÇELİĞİNİN AŞINMA DİRENCİNİN ARAŞTIRILMASI

İNÇİ (İNANÇ) KİSECİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. BURHAN SELÇUK

SİVAS
2010

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye Yrd.Doç.Dr.Mehmet ŞİMŞİR _____

Üye Yrd.Doç.Dr.Ahmet AKKUŞ _____

Üye (Danışman) Doç.Dr.Burhan SELÇUK _____

ONAY

Bu tez çalışması, .../.../20... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 9 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

ÖZET

SERTLEŞTİRİLMİŞ VE SERT DOLGU KAYNAĞI YAPILMIŞ AISI 1050 ÇELİĞİNİN AŞINMA DİRENCİNİN ARAŞTIRILMASI

İnci (İNANÇ) KİSECİK

Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Burhan SELÇUK

2010, 69 sayfa

Bu çalışmada, sert dolgu kaynağı uygulanmış çelik parçalarda lokal olarak ortaya çıkan yüzey sertleşmesinin aşınmaya karşı olan direnci incelenmiştir. Bu aşınma direnç değeri aynı malzemenin klasik yöntemlerle sertleştirilmiş haliyle mukayesesi şeklinde olmuştur.

Endüstride çalışan çoğu metal parça aşınmaya maruz kalarak çalışma performanslarını kaybetmektedir. Bu şekilde oluşan hasarlar ise ekonomik açıdan sıkıntılara yol açmaktadır. Bu çalışma ile aşınmaya maruz çalışan parçalarda tamir amaçlı yapılan sert dolgu kaynağının yüzey sertleştirmesine olabilecek katkısının ve parçanın tamamen sert malzemelerden yapılması yerine aşınmaya maruz kısımlarının lokal olarak sertleştirilmesi olasılığı araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında sertleştirilmiş, örtülü elektrot, özlü elektrot ve MIG kaynağı ile sert dolgu yapılmış numunelerin deneyleri yapılmıştır. Aşınma deneyleri 4N, 8N, 12N yüklemelerde ve 5dk., 10dk., 15dk., 20 dk. sürelerde oda şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Bu deneyler sonucunda örtülü elektrotla kaynak yapılan numunenin aşınmaya en fazla dayanım gösterdiği, sertleştirilmeyen numunenin ise en fazla aşınan olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda farklı yükler ve farklı sürelerde farklı aşınmalar elde edildiği gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Aşınma Dayanımı, Dolgu Kaynağı

ABSTRACT

INVESTIGATION WEAR RESISTANCE OF HARDEN AND HARD FILLED WELD AISI 1050 STEEL

İnci (İNANÇ)KİSECİK

Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering

Supervisor: Assist. Doç. Dr. Burhan SELÇUK

2010, 69 pages

In this study steel parts which used hard filled weld is made regional surface became hard for against to wear insist on examine. Wear is made the same materials is used comparasion to clasical metal.

In industry, a lot of meta part is lost of working performance with wear. This kind of damage is made annoyance for economic place. Tis working part of wear repair to hard filled weld is helped and all of the parts is made hard metarials. In stead of a part wear is made a part of regional hard metarial.

It is made test of sample which hard covered rods and MIG welding. Wear tests is made in room conditions at 4N, 8N, 12N load and 5dk., 10dk., 15dk., 20 dk time.

At the end of the test, covered rods welding is shown us at least wear, not harden part is most wear. At the same time this is test show us wear is changing with load and time.

Key words: Wear Resistance, Fillet Welding

TEŞEKKÜR

Danışmanım Doç. Dr. Burhan SELÇUK'a tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Tezin laboratuvar çalışmaları aşamasında yardımcı olan ve verilerin yorumlanmasındaki katkılarından dolayı Arş. Gör. Ahmet YÜCEL'e teşekkür ederim.

Her konuda bana yardımlarını esirgemeyen ailem Nevin ve Kemal İNANÇ'a, sabırla yardımcı olan eşim Mak. Müh. Hüdayim KİSECİK ve kızım İdil KİSECİK'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1 GİRİŞ.....	1
2 DOLGU KAYNAĞI.....	8
2.1 Dolgu Kaynağı İşleminin Prensipleri	8
2.2 Dolgu Kaynağının Sağladığı Özellikler.....	8
2.3 Dolgu Kaynağında Oluşan Hatalar.....	10
2.3.1 Isıl Gerilmeler.....	10
2.3.2 Kaynak Isıl Çevrimin Sebep Olduğu Metalürjik Değişiklikler.....	11
2.3.3 Ana Metal ve Dolgu Metalinin Karışması.....	12
2.4 Dolgu Kaynak Yöntemi.....	13
2.4.1 Dolgu Kaynağının Kullanıldığı Yerler.....	13
2.4.2 Abrazyon Dayanımı İçin Yüzey Dolgusu.....	15
2.4.3 Sertlik Düzeyinin Saptanması.....	16
2.5 Dolgu Kaynak Yönteminin Seçimi.....	17
2.6 Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri	18
2.6.1 Örtülü Elektrotla Dolgu.....	19
2.6.2.Özlu Elektrotla Dolgu	20
2.6.3 MIG-MAG Kaynağıyla Dolgu.....	20
3 AŞINMA.....	22
3.1 Giriş.....	22
3.2 Aşınmayı Etkileyen Faktörler.....	23
3.3 Aşınma Sonucunda Meydana Gelen Olaylar.....	24
3.4 Aşınmanın Mekanizmaları.....	25
3.4.1 Adhesiv Aşınma (Yapışma ve Yenme Aşınması).....	25
3.4.2 Abrasiv Aşınma (Yırtılma ve Çizme Aşınması).....	28
3.4.3 Erozyon Aşınması.....	34
3.4.4 Aşınma Ölçüm Deneyleleri.....	35
4 DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	36
4.1 Giriş.....	36
4.2 Deneyin Yapılışı.....	36
4.3 Deney Sonuçları.....	38
4.3.1 Sertleştirilmiş Numuneler (A serisi).....	40
4.3.2 Örtülü Elektrot ile Kaynak Edilen Numuneler (B Serisi).....	43
4.3.3 MAG Kaynağı ile Kaynak Edilen Numuneler (C Serisi).....	48
4.3.4 Özlu Elektrot ile Kaynak Edilen Numuneler (D Serisi).....	53
4.3.5 Sertleştirilmemiş Numuneler(Z Serisi)	58
4.4 Aşınma Değerlerinin Süreye Bağlı Değişimi.....	48
4.5 Aşınma Değerlerinin Yüke Bağlı Değişimi.....	62

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR.....	66
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Isınma sırasında dışbükey ve soğuma sırasında içbükey oluşum.....	10
Şekil 2.2	Geçiş bölgesinde mikroyapı değişimi.....	12
Şekil 2.3	Gaz kaynağı için deney parçası.....	16
Şekil 2.4	Ark kaynağı için deney parçası.....	16
Şekil 2.5	Ark kaynağı ile yapılan doldurmada pasoların durumu.....	18
Şekil 3.1	Bir tribolojik sistemin şematik olarak gösterimi. (DIN 50320).....	23
Şekil 3.2	Adhezyon aşınmasına uğramış çeliğin aşınma yüzeyi fotoğrafı.....	26
Şekil 3.3	Aşındırılan malzemenin abrasiften daha sert olması halinde aşınma derecesi x sertlik çarpımı.....	29
Şekil 3.4	SiO ₂ ve SiC abrasiflerinin meydana getirdiği aşınmanın kıyaslanması.	30
Şekil 3.5	Çeşitli yollarla ısıl işleme tâbi tutulmuş üç yatak çeliğinde sertliğin fonksiyonu olarak aşınma mukavemeti.....	30
Şekil 3.6.	Sertleştirilmiş ve tavllanmış malzemede bir abrasif tanenin izinin şematik gösterilişi.....	31
Şekil 3.7	Mulhern ve Samuels silisyum karbürü kağıt üstünde çeliğin abrasif aşınması.....	33
Şekil 3.8	Abrasif yüzeylerin aşınmadan önce ve sonra, körlenmeyi gösteren izafi görünüş.....	33
Şekil 3.9	Abrasiv aşınmış gri dökme demir aşınma yüzeyi fotoğrafı.....	34
Şekil 3.10	Sertleştirilmiş çeliğin erozyon aşınması aşınma yüzeyi fotoğrafı.....	35
Şekil 4.1	150 mm boyunda AISI 1050 çubuğun kanal açılmış hali	36
Şekil 4.2	AISI 1050 çeliğine ait SEM görüntüsü.....	37
Şekil 4.3	150 mm boyunda AISI 1050 çubuğun kanal açılmış hali	38
Şekil 4.4	Aşınma numunesinin şekli ve boyutları.....	38
Şekil 4.5	PLINT® universal sürtünme ve aşınma cihazı.....	39
Şekil 4.6a	Sertleştirilmiş numunelerin (A Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi.....	41
Şekil 4.6b	Sertleştirilmiş numunelerin (A Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi.....	41
Şekil 4.7	Sertleştirilmiş aşınma numunesinin yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü.....	42
Şekil 4.8	Sertleştirilmiş numuneye ait Şekil 4.7'deki aşınmış yüzeyden alınan SEM görüntüsü.....	43
Şekil 4.9	B serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri.....	44
Şekil 4.10	B serisi numunelerin EDS Analizleri.....	45
Şekil 4.11a	Örtülü elektrot ile kaynak edilen numunelerin (B Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi.....	46
Şekil 4.11b	Örtülü elektrot ile kaynak edilen numunelerin (B Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi.....	46
Şekil 4.12	Örtülü Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü.....	47
Şekil 4.13	Örtülü Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numuneye ait Şekil 4.12'deki aşınmış yüzeyden alınan SEM görüntüsü.....	48
Şekil 4.14	C serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri.....	49
Şekil 4.15	C serisi numunelerin EDS Analizleri.....	49

Şekil 4.16a	MAG Kaynağı ile kaynak edilen numunelerin (C Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi.....	50
Şekil 4.16b	MAG Kaynağı ile kaynak edilen numunelerin (C Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi.....	51
Şekil 4.17	MAG Kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü.....	52
Şekil 4.18	Şekil 4.17’de görülen aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü.....	53
Şekil 4.19	D serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri.....	54
Şekil 4.20	D serisi numunelerin EDS Analizleri.....	54
Şekil 4.21a	Özgül Elektrot ile kaynak edilen numunelerin (D Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi.....	55
Şekil 4.21b	Özgül Elektrot ile kaynak edilen numunelerin (D Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi.....	56
Şekil 4.22	Özgül Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü.....	56
Şekil 4.23	Şekil 4.22’de görülen aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü.....	57
Şekil 4.24a	İşlem görmemiş numunelerin (Z Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi.....	58
Şekil 4.24b	İşlem görmemiş numunelerin (Z Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi.....	59
Şekil 4.25	Z-Serisi numunenin aşınmış yüzeyinden alınan SEM görüntüsü.....	59
Şekil 4.26	62 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği.....	60
Şekil 4.27	82 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği.....	60
Şekil 4.28	102 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği.....	61
Şekil 4.29	5 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği.....	62
Şekil 4.30	10 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği.....	63
Şekil 4.31	15 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği.....	63
Şekil 4.32	20 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Tabaka sayısına göre dolgu sertliği.....	14
Çizelge 2.2 Sertlik deneyinde deney parçasının kaynağı için dolgu metali çapı.....	16
Çizelge 2.3 MIG usulü doldurmada kullanılan doldurma malzemeleri.....	21
Çizelge 3.1 Malzeme özelliklerinin adhesiv aşınmaya etkisi.....	27
Çizelge 4.1 AISI 1050 Çeliğin mekanik özellikleri	37
Çizelge 4.2 AISI 1050 Çeliğinin kimyasal özellikler.....	37
Çizelge 4.3 Sertleştirilmiş, kaynak edilmiş ve sertleştirilmemiş numunelerin ağırlık kayıpları.....	40
Çizelge 4.4 Örtülü Elektrot için tipik kaynak metali analizi.....	43
Çizelge 4.5 B serisi numunenin EDS analiz oranları	45
Çizelge 4.6 MAG kaynak metalinin kimyasal analizi.....	48
Çizelge 4.7 C serisi numunenin EDS analiz oranları.....	50
Çizelge 4.8 Özlü Elektrot için tipik kaynak metali analizi.....	53
Çizelge 4.9 D serisi numunenin EDS analiz oranları.....	55

GİRİŞ

Her yeni teknik, endüstrinin bir gereksinmesinden doğar. Endüstride kullanılan parçaların en büyük sıkıntısı birçok yük altında sürekli çalışması ve yıpranmasıdır. Aşınmış, kırılmış ve bozulmuş diye çürüğe atılan metal makine parçalarının değeri senede milyar dolarları bulmaktadır. Aşınmayı ve eskimeyi azaltacak ve hatta önemli parçaların ömrünü uzatacak tedbirler bulunup uygulandığında, dünya için çok kritik olan temel metal, yakıt ve sermaye kaynaklarını koruma imkânı sağlanmış olacaktır [13]. Bu yüzden yapılan çalışmalar, yıpranan bu parçaların daha az maliyetle yenisine gerek duyulmadan en uygun şekilde tamir edilerek tekrar mevcut işlevine geri dönmesinin sağlanması yönündedir.

Büyük maliyetlerle hazırlanan çok amaçlı konstrüksiyonların birçok fonksiyonu birden yapması sırasında; dinamik, statik yüklere ve korozyona karşı uzun süre dayanması istenir. Buna karşın zaman içerisinde oluşabilecek anormal zorlanmalar sonucunda bir takım hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu hasarların giderilmesinde en etkili ve en ekonomik yöntemin hasara uğrayan elemanın değiştirilmesi yerine kaynak yapmak olduğu görülmektedir. Bu tip hasarlarda, bu metodun kullanılmasında, konstrüksiyonların gene eskisi gibi fonksiyonlarını aynı verimle görebilmeleri için, bir takım ön araştırmaların yapılması ve bunlara göre kaynak ekipmanlarının sağlanıp en uygun kaynak metodunun seçilmesi gereklidir.

Konstrüksiyonun hasara uğrayan elemanının kaynak ile tamirine başlanılmadan önce tamiratı gerektiren hasar türünün belirlenmesi, bu elemanın konstrüksiyon içindeki konumunun, malzemesinin içyapı ve makroskopik analizinin, ısı işlem görüp görmediğinin, elemandan beklenen statik, dinamik yüklere ve korozyona karşı dayanım özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bunların değerlendirilmesinden sonra; kaynak ilave malzemeleri, kaynak ağzının şekli, kaynak dikişinin uzunluğu, kaynak şartları, kaynaktan önce ve sonra uygulanabilecek ısı işlemler gibi çeşitli kaynak parametrelerinin ışığı altında uygun ve etkili olabilecek tamirat kaynağı metodu seçilmelidir [8].

Endüstride kullanılan konstrüksiyonlar incelendiğinde genel olarak parçaların sürekli aşınma tesiri altında çalıştıkları tespit edilmiştir. Aşınma altında çalışan parçalarda ise yüzeylerinde bozulma oluşarak çalışma toleransları dışına çıkmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle parça tamiratları için en çok kullanılan yöntem sert

dolgu kaynağı olarak adlandırılan parça yüzeyinde aşınan kısımların tamiratına yönelik işlemdir.

Endüstriyel anlamda bu kadar önem kazanan sert dolgu kaynağı konusunda birçok aktif araştırma konusu bulunmaktadır. Bu çalışmaların başında da malzeme özelliklerinde iyileştirmeler yapılması ve malzeme ömürlerinin arttırılması gelmektedir. Bu konuyla ilgili olarak, özellikle aşınma altında çalışan parçaların yüzey sertliklerinin sağlanarak mevcut içyapının korunmasına yönelik çalışılmaktadır. Çoğunlukla deneysel yöntemler kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir.

“Sürtünmeye maruz metalik disklerin aşınmış bölgelerinde dolgu kaynak işleminden sonra aşınma özelliklerinin değişiminin deneysel araştırılması” [1] çalışmasında, sürtünme kuvvetlerinin etkisi ile aşınması söz konusu olan malzemelerin üzerine dolgu kaynağı yapılmak suretiyle aşınma davranışlarının geliştirilmesine çalışılmıştır. Bir ray- teker mekanizması dikkate alınarak metal-metal sürtünmesi üzerinde çalışmalar yoğunlaştırılmıştır. Ray-teker mekanizması laboratuvar şartlarında modellenerek 7 ayrı dolgu elektrodu (E 10-60 Z örtülü, E6-60 (65w)t örtülü, E18-8 MnB, E4-200 k örtülü, Ey-4253 MnB, E51-3RR22) üzerinde deney sonuçları incelenmiştir. Deneyler 40N, 60N’luk yüklemelerde, sabit bir kayma sonucunda oda şartlarında yapılmıştır. Deney sonuçları ağırlık kaybı esasına göre tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına metalografik yapı, yüzey sertliği ve yüzeyde oluşan oksit tabakası açısından yorumlar getirilmiştir. En iyi sonuç sünek matris olan ostenitik yapılarda elde edilmiştir. Bu yapılar içerisinde NbC (niobyum karbür) ihtiva eden ostenit yapılar diğer ostenitik yapılara göre daha iyi aşınma direnci vermiştir. Yüzeyde oluşan oksitlerden kalıcı oksitler, sürtünme kuvvetini düşürdüğünden dolayı aşınma direncini arttırdığı tespit edilmiştir. Yüzey sertliği ile aşınma direnci arasında doğrudan bir ilişki tespit edilememiştir.

“Raylı taşıtlarda teker bandajı-ray sisteminde dolgu kaynağı ve sabo parçaların aşınma ve yorulma davranışlarının incelenmesi” [2] çalışmasında, çelik raylar üzerinde yuvarlanan çelik tekerler, demiryollarının diğer ulaşım türlerinden ayıran temel özelliktir. Etkin ve ekonomik bir demiryolu taşımacılığı yapabilmek için, teker/ray ara yüzeyinde oluşacak etkileşimleri ve tribolojik oluşumları bilmek önemlidir. Teker ve ray arasında çok küçük bir temas alanı vardır ve bu temas çok şiddetli gerilmeler ve çevresel koşullar altında yapıyı etkiler, bazen bu gerilmeler çekme veya kayma kuvvetlerinin çok üstünde değerlere çıkabilmektedir. Aşırı sıcaklık artışları da işin içine girince aşınma kayıpları kaçınılmaz olmaktadır. Teker ve raylarda oluşabilecek bu

hasarın tahmin edilebilmesi, gerekli önlemlerin önceden alınması malzeme kayıplarını azaltacak, ray bileşenlerinin servis ömürlerinin uzamasına neden olacaktır. Henüz aşınmaya ve yorulmaya tamamen karşı koyabilecek malzemeler üretilmemiştir. Bundan dolayı, sistemi oluşturan bütün elemanların aşınma ve yorulma deneyleri laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. İki farklı dolgu kaynağı elektrodu alınarak elektrik ark kaynağı yöntemiyle dolgu kaynağı işlemi yapılmıştır. Endüstriyel olarak uygulanan Boden kaynak yöntemi ile de hiç kullanılmamış bir tekerin bandajının çevresine açılan 10 mm derinliğindeki bir oluğa dolgu kaynağı uygulanmıştır. Yapılan bu yüzey dolgusu işleminin yanında, yorulma numunesi elde etmek amacıyla aynı malzemelerle alın kaynağı işlemleri de gerçekleştirilmiş, bu kaynaklı yüzey ve bağlantılarda disk-pim (pin-on-disc) aşınma deneyi numuneleri ve DIN normuna uygun yorulma deney numuneleri çıkarılmıştır. Aşınmış bandaj yüzeylerine atılan dolgu kaynağının her yönde de aynı özellikler gösterip göstermediğini, yani izotropi olup olmadığını araştırmak, anizotropik özellik varsa hangi yönde kaynak çekmenin en iyi sonucu vereceğini saptamak için üç farklı doğrultuda kaynak işlemi yapılmıştır. Aşınma deneyleri 10N, 20N, 30N, ve 40N yüklerde 1 m/s sabit kayma hızında gerçekleştirilmiştir. Deneylerin her birinde 3600 m yol alınmıştır. Deney sonuçlarının ışığında, numunelerin sürtünme katsayısı, ağırlık kaybı (mg), hacimsel azalma (mm³), spesifik aşınma oranı (g/N.m) değerleri hesaplanmıştır, kullanıcılara önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca 300, 400 ve 500MPa gerilme genliklerinde yorulma deneyleri yapılarak numunelerin yorulma dayanımları ile yorulma dayanım sınırı değerleri tespit edilmeye çalışılmış, Wöhler eğrileri çıkarılmıştır. Numunelerin SEM ve optik mikroskopta mikro yapıları incelenerek, EDS analizleri alınarak sonuçlar desteklenmiştir.

“AISI 4142 çeliğinin elektrik ark kaynağı ile yüzey modifikasyonu sonrası aşınma davranışının incelenmesi”[9] çalışmasında, AISI 4142 çeliğine elektrik ark kaynak yöntemiyle C-Si-Cr’ca zengin elektrot ile silisyumkarbür (SiC) tozu kullanılarak yüzey alایشlama işlemi uygulanmıştır. Kaplama sonrası kaplama tozları ve soğutma ortamı ilişkilendirilerek kaplama tabakasının aşınma davranışı incelenmiştir. Sonuç olarak; kaplama tabakasının aşınma direnci pim disk test metoduyla bulunmuştur. Aşınma testleri sonrası numunelerin kütle kayıpları tespit edilerek aşınma oranları elde edilmiştir.

“Trenlerde kayma plakalarına uygulanan dolgu kaynağı uygulamalarının mekanik özelliklerinin incelenmesi” [10] çalışmasında, raylı taşıtlarda çalışan kayma plakalarının aşınma davranışları incelendi. Aşınma sonucu formunu kaybeden plakalara,

elle elektrik ark kaynak yöntemiyle sert dolgu işlemleri uygulanarak hasarlı plakaların bu işlem ile eski formuna getirilmesi ve aşınmaya daha dayanıklı dolgu yüzeyleri elde edilmesi sağlanmıştır. Böylece kayma plakalarının yeniden kullanımının sağlanması ile bakım ve yenileştirme maliyetlerinin daha düşük düzeylerde gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır.

“Kütahya-Seyitömer linyit işletmelerinde kullanılan kepçe dişlerine sert dolgu kaynağı yapılarak aşınmalarının incelenmesi” [11] çalışmasında, kömür işletmelerindeki kazıcı ve yükleyici kepçesinde kullanılan östenitik manganlı çelik dişlerin yüzeylerinin değişik elektrotlarla sert dolgu kaynağı yapılarak aşınmaları incelenmiştir. Bu amaçla beş adet deney numunesi hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda yüzey sert dolgusu için AS Sd 60 örtülü, Castolin XHD 6710 sert dolgu ve Kobatek T 552 özlü tel elektronları kullanılarak kaynak yapılan dişlerin gerçek çalışma ortamındaki aşınma ve sertlik değişimleri hiç kaynak edilmemiş diş ile birlikte periyodik olarak gözlenmiştir. Dişler sırası ile dekapaj, kömür yükleme, yanıkta, yeşil sert kil ve yol düzeltme gibi ortamlarda kullanılmıştır. Farklı çalışma ortamlarında denenen dişlerden aşınmaya karşı en dayanıklı olanı castolin sert dolgu elektrodu ile kaynaklanan diş olduğu görülmüştür. En fazla aşınan da hiç kaynak edilmemiş östenitik manganlı çelik diş olduğu tespit edilmiştir. Deneylerin sonucunda değişik çalışma ortamlarının aşınma üzerinde farklı etkileri olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kaynak işlemi esnasında belirtilen şartlarda kaynak yapılmasının aşınmayı etkilediği görülmüştür.

“Sert dolgu kaynağı ve plazma kaplamaların aşınma davranışlarının incelenmesi” [12] çalışmasında, osilasyonlu ve açık ark tozaltı sert dolgu kaynaklı yüzeyler ile plazma spreylere kaplamalı numunelerin yüzeylerinin aşınma kayıplarını incelemek amaçlanmıştır. Bu amaçla iki deney yapılmış ve birinci deneyde ilk olarak St 37 çeliğinden altı adet ve iki adet de tozaltı sert dolgu kaynaklı numuneler hazırlanmıştır. İkinci deneyde ise St 37 çeliğinden dört adet ve iki adette tozaltı kaynaklı numuneler hazırlanmış ve yüzeydeki pisliklerin temizlenmesi için elektrikli bir fırında 3000C de tavlandıktan sonra birinci deneyde, iki tanesi kaplamasız olarak kum püskürtme yöntemiyle aşınma kayıpları incelenmiştir. Daha sonra, diğer dört adet numunenin iki tanesi NiCrAl tozu ile ara kaplamalı olarak Cr₃O₃ ve Al₂O₃ tozları ile yüzey kaplamaları yapılmıştır. İkinci deneyde ise, dört numune ayrı ayrı Cr₃O₃, Al₂O₃, CrC+NiCr ve FeC+Mo tozlarıyla kaplanmış ve tozaltı sert dolgu kaynaklı numuneler ile birlikte kum püskürtme ile aşınma kayıpları incelenmiştir. Parçaların aşınma testleri değişik sürelerde yapılarak aşınma kayıpları belirlenmiştir. Deneylerin sonucunda,

birinci deneyde kaplamalı ve kaplamasız numunelerin aşınmaları başlangıçta daha yavaş daha sonra hızlı olmuştur. Kaynaklı parçalarda ise aşınma açık ark kaynağında biraz az olmuştur. İkinci deneyde ise, FeC+Mo numunenin kaplaması 30 dakikada bitmiştir. Diğer kaplamalı numunelerde ise 1 saat sonra bitmiştir. Tozaltı sert dolgu kaynaklı numunelerde ise, açık ark kaynaklı parçanın aşınma kaybı 5.saat sonunda osilasyonlu tozaltı kaynaklı parçaya göre daha az olmuştur. Osilasyonlu tozaltı kaynaklı parçanın aşınma derinliği ana malzemeye ulaşılmıştır.

“Daldırma elektrik ark kaynağı işlemi ile kaynatılmış buldozer rulmanlarının aşınma davranışları” [15] çalışmasında aşınmış parçalar genellikle imalatçılar için büyük önemi olan özellikle aşınmış parçaların restorasyonunda kolay uygulanabilirlik, yüksek akım yoğunluğu ve aynı anda bir telin dolduracağından daha büyük parçalarda kaynak metali koyma kapasitesi yüzünden kullanılan daldırma elektrik ark kaynağı kullanılarak kaynatılmıştır. Bu amaç için çeşitli teller ve akımlar kullanılmıştır. Bu kaynaklanmış parçalar değişik yükler altında aşınma testine tabi tutularak aşınma ve mikro yapıdaki değişiklikler incelenmiştir. Deneyler için Disk-pim test aparatı kullanılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, en sert kaynak metal en fazla aşınma direncini gösterirken, en az sert kaynak metali en az aşınma direncini göstermiştir. Kaynak sertliği ve aşınma direnci elde etmenin kaynak telinin kimyasal bileşimine ve akıma bağlı olduğu bulunmuştur.

“Yüzey sertleştirme alaşımları ile kaynaklanmış Fe-Mo-Ni-Si ve Fe-Mo-Ni-Si-C metallere aşınma ve kuru sürtünme aşınma dayanımları” [17] çalışmasında bir seri dolgu ark kaynağı uygulanarak yüzeyi sertleştirilmiş alaşım aşınma ve kuru sürtünme testine tabi tutulmuştur. Mikro yapı ve sertlik ile ilgili olarak aşınma davranışları araştırılmıştır. Fe-Mo-Ni-Si ve Fe-Mo-Ni-Si-C alaşımları çeşitli değer aralıklarındaki karışım oranlarıyla malzeme yüzeylerine uygulanarak numuneler hazırlanmıştır. Aşınma testi pin-on-disc abrasiv aşınma test cihazında 100 m garnet abrasiv ve 882 N yükleme de 170-930 mm s-1 kayma hızında gerçekleştirilmiştir. Genel toplamda abrasiv sürtünme direncinin sertlik artışıyla artmasına rağmen sonuçlarda epeyce dağılma gözlenmiştir.

“Kobalt esaslı elektronlarla kaplanan malzemelerin iç yapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi” [25] çalışmasında düşük karbonlu ve AISI 304 standartlarındaki paslanmaz çeliğin yüzeyi elektrik ark ve TIG kaynak yöntemi uygulanarak kobalt esaslı elektrot ile kaplanmıştır. Kaplama işleminde Stellite 6 ve Stellite 12 olarak bilinen Co esaslı elektrotlar kullanılmıştır. Daha sonra üzeri kaplanan

numunelerin kaplama tabakası incelenmiştir. Kaplanana tabakanın içyapısı, taramalı elektron mikroskobu ile incelenip enerji dispersif spektrometresi (EDS) ile analiz edilmiştir ve ayrıca mikro sertliği ölçülmüştür. Yüzey kaplama işleminden sonra ana metale göre daha sert ve dolayısıyla dış etkilere karşı daha dayanıklı yüzey tabakası elde edilmiştir. Ayrıca kaplama işlemi sonucunda ana metal ile kaplama tabakası arasında M23C6 karbürlerinden oluşan ince bir tabakanın meydana geldiği gözlenmiştir. Sertliği 1900 VSD civarında olan bu tabakanın oluşumu kimyasal bileşim ve işlem sırasında malzemede meydana gelen faz dönüşümlerine dayandırılarak açıklanmıştır.

“Pulluk uç demirlerinin kum havuzunda kaynaklı ve kaynaklız halde aşınmaya karşı dayanımlarının tespit edilmesi” [26] çalışmasında, sade karbonlu çeliklerden yapılmış ve farklı ısı işlemler uygulanmış uç demirlerinin kum havuzunda aşınmaya karşı dayanımları araştırılmıştır. Bu amaç için Türk Standartları Enstitü tarafından önerilen çeliklerden yapılan uç demirlerinden 20 adedi işlem görmeden, daha sonra bu uç demirlerinin 16 adedinin kesici ağız kısımlarına kaynak çekilerek denemelere alınmışlardır. Deneysel çalışmalarda, kaynakla kaplanmış ve kaplanmamış uç demirlerindeki aşınma sertlik ilişkileri optik ve tarama elektron mikroskobu ile incelenerek, aşınma farkları tespit edilmiştir. Kaynakla kaplanmış uç demirlerinin kaynaklız uç demirlere nazaran daha az aşındıkları ancak 39 HRc sertliğindeki uç demirlere fazla bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir.

“Hardox 400 çeliğinin sert dolgu kaynağında paso sayısının sertliğe, aşınmaya ve mikro yapıya etkisi” [27] çalışmasında, Hardox 400 tipi çelik numunelerin yüzeylerine önce bir, sonra iki ve daha sonra üç pasolu dikişler çekilerek dolgu kaynağı yapılmıştır. Böylece paso sayısının sertlik, aşınma ve mikro yapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Birli, ikili ve üçlü paso halinde çekilen kaynak dikişlerinin sertlik ölçümleri ve aşınma deneyleri yapılmıştır. Uygulanan paso sayısının sertlik artışına ve mikro yapıya etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ısı işlem görmüş ve görmemiş numunelerin paso sayısı artışının dolgu kaynağı kesitinde yüzeye doğru sertliği arttığı tespit edilmiştir.

“Al-Si alaşımasının TIG kaynağında darbeli akımın mikro yapı, sertlik, eğme ve çekme dayanımına etkisi” [28] çalışmasında, AA4000 serisi Al-Si alaşımı levhalar TIG kaynak yöntemi ile alternatif ve darbeli akım kullanılarak birleştirilmişlerdir. Kullanılan akım türünün kaynaklı birleştirmenin özelliklerine olan etkilerini görmek amacı ile birleştirilen numunelere mikro yapı, çekme, sertlik ve eğme testleri uygulanmıştır. Deneyler sonucunda, darbeli akımın düşük ısı girdisine, kaynak metalinde tane

incelmesine ve alternatif akıma göre kaynak metali sertliğinde artışa neden olduğu belirlenmiştir.

“Bakır ve çelik levhaların örtülü elektrot ve TIG Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilmesi ve arayüzey özelliklerinin incelenmesi” [22] çalışmasında, düşük karbonlu çelik ile bakır levhalar örtülü elektrot ark ve TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiş ve kaynak bağlantılarının mekanik ve mikro yapı özellikleri araştırılmıştır. Kaynaklı numunelere çekme, eğme ve sertlik testleri uygulanmış ayrıca optik mikroskop ve SEM incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Çekme testleri sonucunda kopma bütün numunelerde kaynak bölgesi dışında ve birleşmenin bakır tarafında meydana gelmiştir. Eğme testi sonucunda kaynaklı bölgede gözle görülebilir herhangi bir hataya rastlanılmamıştır. Sertlik ölçümleri sonucunda, örtülü ile birleştirilmiş numunelerde ölçülen sertlik değerlerinin TIG kaynağı ile birleştirilmiş numunelerde ölçülen sertlik değerinden daha yüksek olduğu ve her iki kaynak yönteminde de kaynak metali sertliklerinin çelik malzemeden düşük, bakır malzemeden ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mikro yapı incelemelerinde ise, birleşme bölgelerinde düzenli bir kaynak geçişinin olduğu ve TIG kaynak yöntemi ile birleştirilen numunelerde ısı girdisinin fazlalığı nedeni ile tane yapısının diğer kaynak yöntemine göre daha iri bir hal olduğu görülmüştür.

DOLGU KAYNAĞI

2.1 Dolgu Kaynağı İşleminin Prensipleri

Dolgu kaynağı, ergitme veya metal püskürtme yöntemleri ile, bir esas metal üzerine, bileşimi ve özellikleri verilen bir metal veya alaşımın, bir veya birkaç tabaka halinde doldurulması veya kaplanması işlemidir [8]. Tamir veya eksik kısımların tamamlanması maksadıyla yapılan doldurmada dolgu malzemesi, esas metale çok yakın veya aynı bileşimdedir. Esas metale yeni özellikler kazandırmak üzere yapılan doldurmalarda, dolgu malzemesi değişik bileşimdedir [21]. Çok geniş olan bu tanım, çubuk elektrot, gaz ergitme, elektrik ark, gazaltı, tozaltı kaynak yöntemleri ile, lehimleme ve metal püskürtme gibi, bütün kaynak yöntemlerini kapsamaktadır [8].

Esas metale verilecek yeni özellikler şunlar olabilir:

- a-) Sertlik,
- b-) Sıcak haldeki sertlik,
- c-) Aşınmaya karşı dayanıklılık,
- d-) Abrazyona dayanıklılık,
- e-) Korozyona dayanıklılık,
- f-) Sıcak halde oksidasyona dayanıklılık,
- g-) Darbelere dayanıklılık.

Dolgu malzemelerinin çoğu, yüksek sertliğe sahiptir. Bu sebepten doldurma kaynağı, sert dolgu olarak da bilinir [21].

Doldurma kaynağında, doldurulacak esas metal ile doldurulan doldurma (dolgu) metalinin arasında iyi bir uyuşmanın meydana gelmesi, esas metal ile doldurma kaynağının yapılmasını sağlayan yöntemin uygulanabilme yani imalat koşulları ve doldurma malzemesi ile doldurma yöntemi arasında da, kullanılan yardımcı maddeler ve form çok önemlidir. Bütün bunlar uygun ve yerinde seçildiği takdirde, yapılan doldurma, istenen koşulları sağlar [8].

2.2 Dolgu Kaynağının Sağladığı Özellikler

Dolgudan beklenen esas sonuç, çalışan alanın uzun ya da uzatılmış ömrüdür. Aşınma koşullarının çeşitli ve alabildiğine karmaşık olması nedeni ile çalışma ile nitelikler arasında basit bir karşılıklı ilişki kurmak zordur. En iyi yaklaşım, çalışma koşullarının büyük dikkatle analizi ve uygun fiziksel, mekanik veya aşınma deney verilerinin mantıklı uygulamasıdır. Aşınma tipinin saptanması, işin en önemli yanındır [2].

1. Sertlik
 - a. Makro sertlik (kitle sertliği)
 - b. Mikro sertlik, ya da heterojen (homojen olmayan) yapının bireysel bileşenlerinin sertliği
 - c. Sıcak sertlik, yani sıcaklığın zayıflatıcı etkisine mukavemet
 - d. Sürünme mukavemeti, statik olarak yüklenmiş cisimlerin görünür sertliği üzerine sıcaklıkta zamanın etkisini göstermektedir.
2. Abrasyon Mukavemeti
 - a. Alçak gerilme koşulları altında
 - b. Yüksek gerilme taşlaması koşulları altında
 - c. Farklı abrazyon hızları ve hızların yüksek basma gerilmeleriyle birlikte oyulma koşulları altında
3. Darbe Mukavemeti
 - a. Tekrarlanan darbe altında plastik deformasyona mukavemet (akma mukavemeti)
 - b. Darbe altında çatlamaya mukavemet (hem kopma dayanımı hem de süneklikle ilgili)
 - c. Basma mukavemeti
 - d. Basma sünekliği
4. Isıya Mukavemet
 - a. Temperlenmeye mukavemet
 - b. Sıcakta mukavemeti koruma (sıcakta sertlik dahil)
 - c. Sürünme mukavemeti koruma (b'ye ek olarak zaman faktörü)
 - d. Oksitlenme veya sıcak gaz korozyonu mukavemeti
 - e. Isıl yorulma mukavemeti
5. Korozyon Mukavemeti [12].

Bu kriterlere göre dolgunun yararları şöyle sıralanmaktadır:

1. Tam gerektiği yerde aşınma ya da korozyon mukavemetini pekiştirme
2. Çok sert bileşimler ve aşınmaya dayanıklı alaşımların kolayca kullanılmaları
3. İşyerinde kolayca uygulama
4. Pahalı alaşım elementlerinin ekonomik kullanımı
5. Sağlam bir yatakla pekiştirilmiş bir sert yüzey tabakası
6. Daha ucuz temel malzeme kullanımı
7. Daha uzun çalışma ömrü
8. Bakım ve parça değiştiriminin azalması
9. Aşınmış parçaların kurtarılması [2].

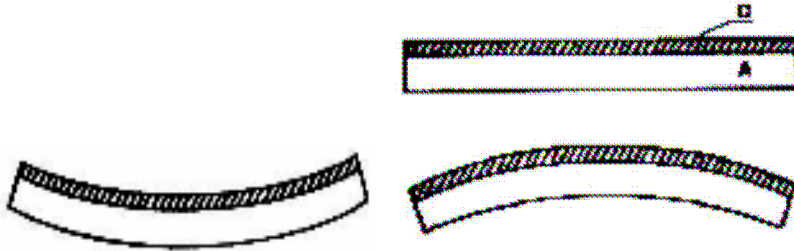
2.3 Dolgu Kaynağında Oluşan Hatalar

2.3.1 Isıl Gerilmeler

Bir yüzey dolgu uygulamasının başarısı bazen iç gerilmeler düzeyinin büyüklüğü ve dış gerilmelerin makaslama, basma veya çekme gerilmeleri olmalarına bağlıdır. Kaynak işleminden arta kalan gerilmeler, çalışma sırasında meydana gelenlere karşı koyabilir ya da bunlara eklenebilirler ki böylece, kullanım sırasında çatlağa karşı koyma ya da bunu ağırlaştırma eğiliminde olabilirler.

Dolgu genellikle gerilimi giderme işlemine tabi tutulduklarından engellenmiş ısıl genişleme ve çekmenin sonucu olan artık ısıl gerilmeler müthiş olabilirler. Bu gerilmelerin çarpılmalar (distorsiyonlar), çatlama ya da başka sıkıntılar yaratıp yaratmaması geniş ölçüde dolgu ile ana metalin mukavemet ve sünekliğine bağlıdır.

Dolgu kaynağında çoğu kez esas metalle dolgu metali birbirinden farklı niteliktedir. Genleşme katsayıları, elastikiyet modülleri değişiktir. Bu nedenle çekme, her iki metalde aynı olmayacaktır. Buna ek olarak da dolgunun çekildiği yüzey ısınır, alt kısım soğuk kalır. Soğuk bir A ana metali üzerine bir D ergimiş dolgu metali çekildiğinde üst yüzey daha çok genişleyecek ve parça, Şekil 2.1 de gösterilen dışbükey hale alacaktır. Soğumada olay tersine döner (alt tabakalar ısınırken üsttekiler soğur) ve dolgu tabakasının çekmesi parçayı içbükey hale getirir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Isınma sırasında dışbükey ve soğuma sırasında içbükey oluşum [10]

Ana parça dolgudan önce bir ön ısıtmaya tabi tutulmuşsa şekil değiştirme daha az olur. Ana parça çok kalınsa, şekil değiştirme azalır veya hiç olmaz. Ama parça içinde gerilmeler (artık gerileme) kalır.

Dolgu alaşımları içinde östenitik çelikler en sağlam, çekme ve basmada yüksek süneklik ve mukavemet gösteren çeliklerdir. Martenzitik çeliklerin, süneklikleri düşükse de, çekme ve basma mukavemetleri yüksektir. Bu çelikler üzerine dolgu yapılmış

tabakalar soğuduklarında, yukarıda gösterildiği gibi zayıf ana metali egeceklerdir. Yüksek karbonlu çelikler ise basmaya kuvvetli ama çekmeye zayıf ve gevrek görünürler. Yumuşak bir kalın ve şekil değiştirmeyecek esas metal üzerinde çekme mukavemeti muhtemelen soğuma sırasında aşılacak olup, çatlaklar meydana gelecektir [2, 10, 12].

2.3.2 Kaynak Isıl Çevrimin Sebep Olduğu Metalürjik Değişiklikler

Kaynak yöntemleri esnasında, mutlaka ısı meydana gelir. Ark enerjisi yoğunluğu, ark sıcaklığı ve kaynak hızına, ana malzemenin ısıl yayınma katsayısına bağlı olarak ark enerjisinin % 20 si ile % 50 si ergitmeyi sağlarken artakalan ısı ana malzemeler içerisine iletilir. Isı kaynağı sıcaklığı ne kadar yüksek ve enerjisi ne kadar yoğun ise eritmede kullanılan enerji de o kadar fazladır.

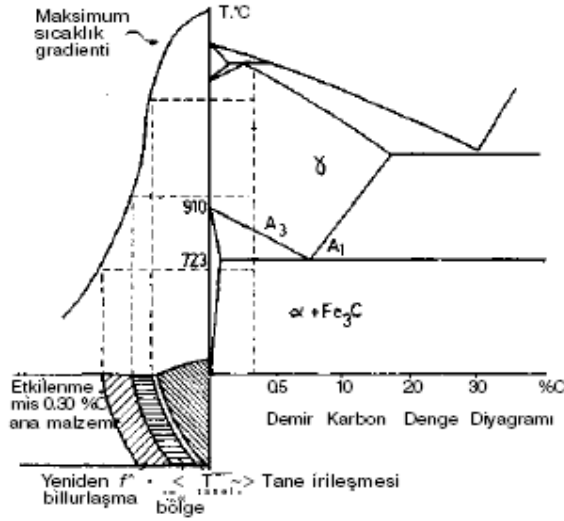
Enerji yoğunluğunun yüksek olması halinde daha az metal daha yüksek hızla eritilir ve daha çabuk katılma ve birleşme olur. Aksi takdirde ısının tesir ettiği bölge erime sıcaklığına erişene kadar enerjinin büyük bir kısmı ana malzemeye dağılır ve ergitilen kısma komşu bölgede de ergime olmadan bazı metalürjik değişikliklerin meydana gelmesi için yeterli zaman ve sıcaklık temin edilmiş olur. Isı tesiri altında kalan bölge veya "Geçiş Bölgesi" diye adlandırılan bu bölge elektrot kaynağında bir santimetreden daha geniş, tozaltı kaynağında iki ila 6 mm, elektrik ark kaynağı ve Koruyucu Gaz Kaynağı yöntemlerinde 0.5 ila 3 mm genişliğindedir.

Bu bölgedeki ana malzeme türlü değişikliklere uğrayabilir, mesela sıcaklığın erime noktasına yakın olduğu kısımlarda tane büyümesi, efektif normalizasyon sıcaklığına erişilen yerlerde tane incelmesi, kısmi mikro yapı değişimi ve sertleşme, transformasyon sıcaklığının hemen altındaki sıcaklıklarda yeniden billurlaşma görülebilir.

Kaynak ısıl çevriminde ısınma ve soğuma hızları çok yüksek olduğundan ve sıcaklık dağılımı da çok dik olduğundan metalürjik değişmeler ve faz dönüşümleri denge diyagramlarında görülen sıcaklıkların üstünde ve altındaki bazı sıcaklık derecelerinde meydana gelir. Dönüşüm bu sıcaklık derecelerinde geçen zamanın çok kısa olmasına rağmen çoğu zaman tamamen yakındır ve denge diyagramında görülmeyen fazlar da (martenzit, beynit gibi) meydana gelir.

Neticede ısı tesiri altında kalmış bölge ve geçiş bölgesinde meydana gelen metalürjik değişiklikler, o noktadaki mekanik özelliklerin değişmesine yol açarlar. Bu değişme ısıl çevrime ve malzeme cinsine bağlı olarak bazen iyi yönde olsa da çoğu

zaman ortalama netice geçiş bölgesi mekanik özelliklerinde bir dūşme Őekindedir. rnek olarak %0.30 C ihtiva eden bir elik ve yařlandırma sertleřmesi ile mukavemeti artırılmıř bir alūminyum alařımında geçiş bölgesinde özellik deęiřmelerinin ne olduęu Őekil. 2.2. de görülmektedir [6].



Şekil 2.2 Geçiş bölgesinde mikro yapı değişimi [6]

2.3.3 Ana Metal ve Dolgu Metalinin Karışması

Kaynak banyosunda karışan birbirinden farklı alaşımlarla kaynaklar, değişen bileşimler ve muhtemelen metalürjik yapılardan doğan bir dizi metalürjik sorunu ortaya çıkarır. Belli bir kaynak dikişine melez bileşim, ergimiş esas metal miktarının tüm dikiş hacmine oranından hesaplanabilir.

Bu oran, dağlanmış bir kesitin alan ölümlerine dayandırılabilir. Bazen yöntemden beklenen davranışa dayanan tahminler memnunluk verici olurlar. Ama kritik uygulamalar, özellikle korozyon mukavemetinin istenmesi durumları, daha kesin bilgi ve yüzeyde doldurulan metal bileşiminin kontrolünü gerektirir. Sırlı demir içeren demir dışı dolgu metalleri, örneğin; bir elik malzeme üzerine doldurulduklarında ciddi Şekilde bulaştırılmış olurlar. Bazen bu bulaşmayı asgaride tutmak için bunların arasına farklı bir alaşımdan bir tampon tabaka gerekir. İyi mühendislik pratiği, korozyon mukavemeti veya diğer kritik özellikler üzerine bileşimin etkisi konusunda bilgiyi, karışmanın nicel tahminini ve belki de kaynaktan sonra müsaade edilebilecek soğuma temposu ve bunun metalürjik değişmeler üzerindeki etkisinin bilinmesini gerektirir.

Elle yapılmış bir ark kaynağında birinci tabaka muhtemelen %50 esas metal, %50 de dolgu metalinden oluşacaktır. Dikkat ve özenle bu %30 esas metal, %70 dolgu metaline indirilebilir. İkinci tabaka böylece esas metalden %25 ile 10; üçüncü tabaka da %12 ile 3 arasında oluşacaktır [2, 10, 12].

2.4 Dolgu Kaynak Yöntemi

Sert dolgu, aşınmaya karşı daha nitelikli yüzeyler oluşturmak veya parçaları orijinal boyutlarına getirilebilmek için metal parçaların yüzeylerinin değişik kaynak yöntemleri kullanarak özel alaşımlı malzemelerle doldurulmasıdır. Metalik malzemeler birçok nedenle aşınırlar. Sert dolgu, metal parçaların çalışma ömürlerini uzatmak için aşınma direnci yüksek yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir metottur. Yararlarının içinde daha az parça değişim ihtiyacı, bakım süresinin azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği, sökme takma süresinin azalması, stok bulundurma miktarlarının azalması ve genel maliyetlerin azalması vardır. Sert dolgu işlerinin çoğu tamir veya bakım operasyonunun bir parçasıdır, fakat en etkili sonuca ulaşmak, istenen sertlikteki kaynak metalini yığmaktan daha fazlasını gerektirir.

Sert dolgu alaşımları, tüm metal malzemelerin ihtiyaç duyduğu aşınma dayanımını karşılayacak geniş bir yelpazeye sahiptir. Bazı sert dolgu alaşımları çok serttir, bazıları ise yumuşak bir matrise ve bu matris içinde abrazyon dayanımı sağlayacak parçacıklara sahiptir. Bazı alaşımlar sert dolgu tabakası sağlamak, bazıları ise parçaları orijinal boyutlarına getirmek amacı ile geliştirilmiştir [18].

2.4.1 Dolgu Kaynağının Kullanıldığı Yerler

Temel olarak sert dolgunun uygulandığı iki alan vardır:

1. Aşınan parçaları orijinal boyutlarına getirmek: Bu işlem sert dolgu kaynağı veya sert dolgu tampon pasoları olarak yapılabilir. Doğru kaynak prosedürü uygulandığı takdirde aşınmış parçalar defalarca doldurularak kullanılabilir.
2. Yeni ve aşınmaya hassas metal parçaların hızlı aşınmasını önlemek: Bu yöntem ile parçaların servis ömrü en az iki kat artar. Her ne kadar kaynak malzemesi parçaların maliyetini arttıracak yönde etki etse de ana malzemenin ucuz malzemelerden seçilmesi ile bu maliyet düşürülebilir.

Dolgu kaynak işlemi aşağıdaki esaslar dahilinde yapılabilir:

- 1- Kaynak işlemine başlamadan önce, dolduracağınız esas metalin bileşimi iyice tanınmalıdır. Örneğin, ostenitik manganezli çelik, karbonlu çelik, yüksek karbonlu çelik, aşınmaya dayanıklı çelik gibi.
- 2- Aşınma problemi tanınmalıdır. Örneğin; abrazyon, darbe, sürtünme, korozyon, ısı.... gibi.
- 3- Doldurma işlemine uygun kaynak yöntemi seçilmelidir. Örneğin; Oksi-asetilen, Elektrik ark, TIG, MAG, Tozaltı, Plazma... gibi.
- 4- Pahalı bir alaşımın, en iyi aşınma direncini sağlayacağı şekilde yorum yapılmamalıdır.
- 5- Maksimum aşınma direnci için bir sert dolgu alaşımını seçerken, hem kaynak dolgu sertliği hem de toplam alaşım yüzdesi göz önünde bulundurulmalıdır. Daha yüksek bir dolgu sertliği, daha iyi bir aşınma direnci her zaman sağlanamayabilir.
- 6- Yüzey, sert dolgudan önce bir tampon tabaka ile doldurulma işlemi gerektiriyorsa, esas metalin bileşimine uygun bir doldurma alaşımı seçilmelidir.
- 7- Daha sert ve daha kırılğan bir dolgu üzerine asla tok bir kaynak dolgusu çekilmemelidir. Böyle dolgular, ufak parçalar halinde ufalıp, dolguyu zayıflatabilir. Sert kaynak dolgusu her zaman daha yumuşak bir tabakanın üzerine çekilmelidir.
- 8- 50 HRc sertliğinde iki tabakalı sert tabaka kaynak dolgusu, 60 HRc sertliğindeki tek bir tabakalı kaynak dolgusundan daha fazla süre aşınmaya dayanabilir.
- 9-İmalatçıların kataloglarında gösterilen kaynak dolgu sertlikleri, aksi belirtilmediği sürece, her zaman için iki tabakalı kaynak dolgularına göre yapılmıştır.
- 10- Genel kural olarak, dolgu sertliği ne kadar yüksek ise, uygulanabilecek doldurma tabakaları o kadar düşük olabilir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Tabaka sayısına göre dolgu sertliği [8]

Dolgu sertliği (HRc)	Tabaka Sayısı
62-70	1
55-62	2
50-55	3
40-50	5
20-40	daha çok

Bu kuralın uygulamada istisnalarının olduğu da gözden kaçırılmamalıdır.

Örneğin, eğer parça ince ise bu kural geçerli değildir [8].

2.4.2 Abrazyon Dayanımı İçin Yüzey Dolgusu

Abrazyon mukavemeti, yüzey dolgusunun ilk ve en önemli uygulaması olmaktadır. Dolgu metalleri, aşınmaya neden olan koşulların dikkatli analizi ve bu metallerin en ekonomik kaynak yöntemine uygunlukları esasına göre seçilmektedirler. Seçimde etkili olan, abrazyon ve darbe faktörleri olup ısı ve bazen korozyon da mevcut olabilir. Hatta yorulma da bunların içinde olabilir. Aşınma bölümünde incelendiği üzere sertlikle abrazyon mukavemeti arasında bir kaba ilişki varsa da sertlik, güvenilir bir değer göstergesi olmamaktadır. Aynı şey alaşım içeriği için de doğrudur. En iyi yaklaşım, abrasifin doğası, sertliği, keskinliği ve sağlamlığı gibi çeşitli faktörleri, gerilme düzeylerini, birlikte mevcut olan darbe miktarını, dolgu tabakasına sağlanan desteğin türünü, uygulanan gerilmenin cinsini (çekme, basma veya makaslama), çalışma sıcaklığı ve görünürde önemli çevresel koşulları iyice saptamaktır.

Ayrıntılarıyla teorik esasları irdelenen abrazyonu bu kez pratik açıdan, belirgin olarak farklı olan üç tipe ayırmak mümkündür. Bunlar;

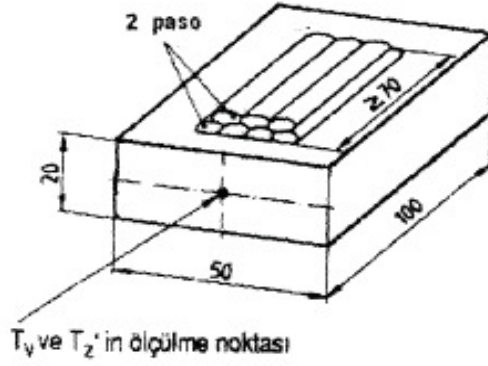
- (1) Alçak gerilme kazıma abrazyonu veya erozyon,
- (2) Yüksek gerilme öğütme abrazyonu
- (3) Oyulma abrazyonudur.

Sertlik genel olarak erozyon koşulları altında, özellikle bir alaşımın bireysel bileşenlerinin mikro sertlikleri değerlendirildiğinde bir fayda unsurudur. Tungsten karbür, sert yüksek kromlu dökme demirler ve martenzitik dökme demirler bu tür aşınmaya dayanmakta mükemmeldirler.

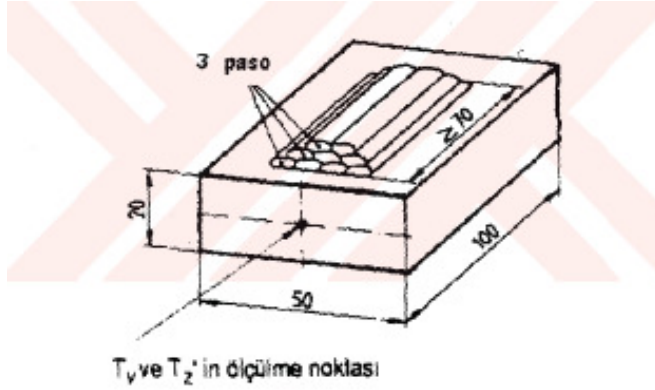
Nispeten yumuşak, ama sağlam alaşımların daha sert malzemeleri eskittiklerine dair öğütücü abrazyon örnekleri vardır. Darbede mevcut olabilir ve aşınma ile darbenin çeşitli birleşimlerini karşılamak üzere, sağlam östenitik manganez çeliğinden (hava çelikleri dâhil) martenzitik demirlere kadar genel olarak uygulamaya göre kullanılmaktadır [2, 10].

2.4.3 Sertlik Düzeyinin Saptanması

Sertlik düzeyinin saptanması için gerekli deneyleri, gaz kaynağı için Şekil 2.3'de ve ark kaynağı için de Şekil 2.4'de gösterilen deney parçaları kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 2.3 Gaz kaynağı için deney parçası [2]



Şekil 2.4 Ark kaynağı için deney parçası [2]

Kaynaklar Çizelge 2.2’de gösterilen çaplar ve dolgu malzemesi üreticilerinin önerdiği ön ısıtma ve kaynak parametreleriyle yapılmaktadır.

Çizelge 2.2 Sertlik deneyinde deney parçasının kaynağı için dolgu metali çapı [2]

Yöntem	Φ (mm)
Gaz kaynağı	4
Elle ark kaynağı	4
TIG kaynağı	4
Dolu elektrotlarla MIG kaynağı	1,2
Özlü tel elektrotlarla MIG kaynağı	1,6
Özlü elektrotlarla metal-ark kaynağı	2,4
Tozaltı kaynağı	4

Ön ısıtma sıcaklığı (Tv) ile pasolar arası sıcaklık (Tz), DIN 32524'te belirtildiği gibi ölçülmektedir.

Dolgu gaz kaynağında iki (Şekil 2.3), ark kaynağında da üç sıra (Şekil 2.4) halinde yapılmaktadır.

Kaynak akımının dalgalanmalarına imkan vermek üzere, belirtilmiş üst sınırın %10 altında bir akım şiddeti ile çalışılmaktadır.

Elektrotlar 50 mm uzunluğu geçmeyecek seviyeye kadar ergitilir. Deney parçaları yerde yatay pozisyonda salıntısız olarak kaynak edilir. Her sıradan sonra kaynak yönü tersine çevrilir.

Deney parçasının yüzeyi pürüzsüz olarak talaşlı işlenir. Doldurulmuş malzemenin üst tabakası ise, sadece yeterince geniş bir deney alanı elde edilene kadar taşlanır [2].

2.5 Dolgu Kaynak Yönteminin Seçimi

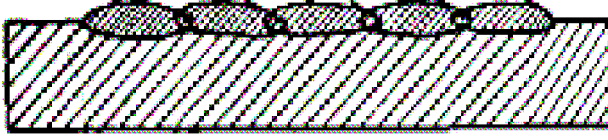
Kaynak yönteminin seçiminde mevcut kaynak ekipmanları, kaynak operatörünün tecrübesi, doldurulacak parçaların şekli ve ebatları, doldurulacak parçaların bulunduğu ortam ve mevcut sert dolgu kaynak malzemeleri göz önünde tutulması gerekmektedir.

İş parçasının boyutu, biçimi ve ağırlığı kaynak yöntemi seçimini daima etkiler. Sert yüzey dolgusu ya da eski ölçüsüne getirilmeyi gerektiren çok büyük, ağır olmakla taşınması zor veya imkânsız olan parçalarda, parçanın bulunduğu yere kolayca taşınabilen donanımı kullanan yöntemlere başvurulur. Bu tür uygulamalarda, özellikle ulaşılması güç yerlerin dolgusu söz konusu olduğunda kaynak daha çok elle ya da yarı otomatik olarak yapılır. Buna karşılık, kaynak makinelerine kolayca taşınabilen ve büyük miktarlarda işlenecek parçalar en etkin ve ekonomik olarak otomatik yöntemlerle doldurulabilir. Örtülü metal ark ve açık ark kaynağı, gerekli teçhizatın kolayca bulunması itibarıyla, toz altı, TIG, MIG ve plazma ark yöntemleri tipleriyle çok uygun olarak yapılabilir.

Ark kaynağı ile birim zamanda daha çok metal yığılabilir. Bundan dolayı bu usul, büyük yüzeylerin kaplanması için uygun olmaktadır. Küçük parçaların doldurulması, kenar ve köşelerin tamamlanması üfleç ile daha hassas olarak yapılabilir. Ark ile yapılan doldurmada, yığılan ilk tabakanın bileşimi esas metal ile karışma sebebiyle değişir. Bu sebepten ark ile yapılan doldurmada, birden fazla tabaka halinde doldurma yapmak lazımdır.

Üfleçle yapılacak doldurmada, böyle bir mecburiyet yoktur. Doldurulması gereken yüzeyler tercihen, taş veya talaş kaldırma ile temizlenmelidir. Çok sert esas metal üzerine sert dolgu yapılması durumunda, dolgu tabakası ve esas metal arasında bir tampon tabaka kullanmak gerekir. Bu tampon tabakası malzemesinin seçimi, çok önemlidir. Tampon tabakası yatak vazifesi görür ve çatlamaya mani olur.

Ark ile yapılan doldurmada; kuru elektrot kullanılır, mümkün olduğu kadar düşük akım şiddetinde, kısa ark boyu ile elektrot dik tutularak doldurma yapılır. İyi doldurma elektrotları, düşük kaynak akımında kolayca erirler ve geniş dikişler verirler. Ark kaynağı ile yapılan doldurmada pasoların durumu Şekil 2.5’de verilmiştir [10, 18].



Şekil 2.5 Ark kaynağı ile yapılan doldurmada pasoların durumu [10]

2.6 Sert Dolgu Kaynak Yöntemleri

Sert dolgu alaşımları herhangi bir kaynak yöntemiyle uygulanabilir. Seçilen yöntem uygulanabilirlik ve ihtiyaçlara cevap verme açısından en akılcı yöntem olmalıdır. Sert dolguda en sık kullanılan yöntemler şunlardır:

- Örtülü elektrot kaynağı,
- Gazaltı kaynağı,
- Özlü tel kaynağı,
- Tozaltı kaynağı,
- Oksi-Asetilen kaynağı.

Ark kaynağı ile dolguda örtülü elektrotlarla elle ark kaynağı, otomatik ark kaynağı ve yarı otomatik ark kaynağı şeklinde üç şekilde uygulama biçimi bulunur.

Elle ark kaynağı düşük donanım maliyeti ve birçok işe yatkınlığı sebebi ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaynak her pozisyonda ve durumda küçük işlerden büyük işlere kadar her boyutta yapılabilir. İşlem kaynakçının gözetimi altında çatlamayı asgariye indirmek üzere ark gücünü aşağıda tutulması, alaşım elementi kaybını engellemek için kısa arkla çalışılması, aynı nedenle aşırı kaynak banyosundan kaçınılması, ana metalle karışmayı asgaride tutulması ve özellikle alçak hidrojen elektrotları ile rutubeti sınırlanması gibi önlemleriyle faydalı bir yöntem kabul edilir.

Oksi-Asetilen ve TIG kaynağı sert dolguda kullanılmakla beraber düşük metal yığıma oranları nedeniyle uygulama alanları kısıtlıdır. Metal yığıma hızını arttırabilmek için çeşitli uygulamalar yapılabilir. Örneğin otomatik yöntemlerde salımlı (osillasyonlu) kaynak yapmak veya tozaltı veya elektro-cüruf (electro-slag) bant kaplama yöntemlerini uygulayarak metal yığıma hızı 4-6 kez arttırabilir.

Bu yöntemlerin kendilerine özgü avantajları ve sınırlamaları mevcuttur, bu nedenle sert dolgu yapılacak parçaya ve uygulamaya en uygun yöntem seçilerek başarıyla uygulanabilir [10, 18].

2.6.1 Örtülü Elektrotla Dolgu

Düşük donanım maliyeti, her işe yatkınlığı elle ark kaynağını çok yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Çıplak elektrotla ark kaynağı nadir olmakla birlikte, östenitik manganez çeliği elektrotları ile yapılabilmektedir. Kaynak az çok her pozisyonda ve durumda çok küçük işlerden büyük işlere kadar her boyutta yapılabilir. Birçok uygulamada tek çözüm yolu olup birçoklarında da, özellikle sürekli yöntemlerin önemli fayda sağlamadıkları hallerde, ekonomik seçim olmaktadır.

İşlem kaynakçının gözetimi ve denetimi altındadır. Kaynakçının, çatlamaı asgariye indirmek üzere ark gücünü aşağıda tutması, pahalı alaşım elementi kaybını azaltmak için kısa arka çalışması, aşırı kaynak banyosundan kaçınması ve ana metalle karışmayı asgaride tutması ve özellikle alçak hidrojen elektrotları ile rutubeti sınırlaması gibi önlemleriyle faydalı bir yöntemdir [12].

Avantajları:

Alaşım bulunabilirliği: Çoğu sert dolgu alaşımı örtülü elektrot olarak bulunabilir.

Malzeme kalınlığı: Ekonomik olması koşulu ile çoğu parçalar kaynak yapılabilir

Kaynak pozisyonu: Her pozisyon için sert dolgu elektrotları mevcuttur.

Çok yönlülük: Açık havada ve her türlü işlenilmesi zor alanda kullanılabilir.

Dezavantajları:

Seyrelme: Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır.

Verimlilik, metal yığıma hızı: Koçan kaybı ve 0.5-3 kg/saat metal yığıma hızı nedeniyle düşük verimlidir [18].

2.6.2 Özlü Elektrotla Dolgu

Gün geçtikçe artmakta olan yöntemin seçim sebebi telin ucuzluğu ve dolu tel halinde çekilmesi mümkün olmayan alaşımları meydana getirmesidir. Bu tip özlü teller gaz altı metal ark kaynağı ve açık ark kaynağı için uygundur. Özlü tel ile tozaltı kaynağında metal ile cüruf ve metal ile gaz arasındaki metalürjik reaksiyonların genellikle damlacık aşamasında meydana geldiği görülmektedir. Bu noktada sıcaklık çok yüksektir. Yalnızca yüksek ölçüde demirli alaşımlar içeren tozlar kullanıldığında veya oksijene büyük eğilimi olan elementlerin olası durumunda alaşımlama kaynak banyosunda gerçekleşir [10].

Avantajları

Alaşım bulunabilirliği: Örtülü elektrotlarda olduğu gibi istenen özlü tel kolayca bulunabilir. Miktarlar yeterli olduğu sürece özel alaşımlı özlü tel sipariş edilebilir.

Yüksek metal yığıma: Yüksek metal yığıma hızına sahiptir, 2-11 kg/saat.

Metal yığıma bütünlüğü: Alaşım elementlerinin ark boyunca kararlılığı iyidir. İstenen alaşımlama sağlanır.

Çalışma kolaylığı: Operatör eğitimi için harcanan süre çok kısa ve kolaydır.

Çok yönlülük: Açık havada açık ark özlü telleri ile kaynak yapılabilir.

Dezavantajları

Seyrelme: Yüksek aşınma direnci için 2-3 paso sert dolgu yapılmalıdır.

Kaynak pozisyonu: Her pozisyon için üretilebilseler de çoğu düz ve yatay kaynaklar için uygundur [18].

2.6.3 MIG-MAG Kaynağıyla Dolgu

Sert dolgu alaşımının fiziksel ve metalürjik nitelikleri bunun hangi şekillerde elde edilebileceğini saptar. Daha sert, daha gevrek alaşımlar, çekme tel halinde imal edilemezler ve dolayısıyla bunlar toz karışımları halinde bir karbon çeliği boru tel içine doldurulurlar ve böylece sürekli tel elektrot gerektiren MIG-MAG, açık ark veya tozaltı kaynaklarında kullanılırlar.

MIG-MAG kaynağı, asgari karışma oranlarının arandığı yerlerde, örneğin çelik üzerinde bazı demir dışı dolguda, genellikle seçilir. Dolgu malzemesinin en düşük ergime noktasını sağlaması halinde oksii-asetilen yöntemi az çok hiç metal karışımı olmadan iyi bir metalürjik bağlantı sağlar, ama bu birleşmede karbürlenme veya karbondan yana fakirleşme olabilir [2].

Eriyen metal elektrot (dolgu malzemesi) ile iş parçası arasında ark teşkil edilir ve bu ark, bir soy gaz atmosferi ile korunur. Otomatik veya yarı otomatik olarak tatbik edilir. Kullanılan elektrik akımı yoğunluğu yüksektir ve eriyen dolgu malzemesi miktarı fazladır. Kullanılan dolgu malzemeleri ve sertlikleri, Çizelge 2.3’de verilmiştir [21].

Çizelge 2.3 MIG usulü doldurmada kullanılan doldurma malzemeleri [21]

IIW sınıfı	Alaşımların cinsi	Sertlik
A	Hafif alaşımlı çelik (%0,4'den az karbonlu)	40 RC
B	Hafif alaşımlı çelik (%0,4'den çok karbonlu)	60 RC
C	Mn'li ostenitik çelik	50 RC
E	Kromlu çelik	45 RC
S	Cu-Al alaşımları	300 HB
U	Cu-Zn-Ni alaşımları	260 HB

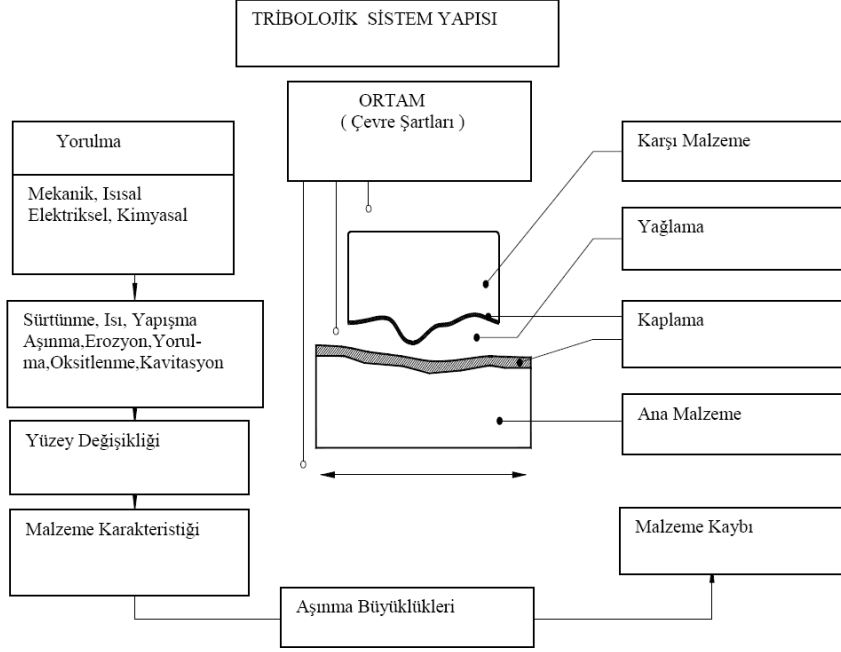
AŞINMA

3.1 Giriş

Cisimlerin yüzeylerindeki mekanik etkenlerle (mekanik bir sebep veya mekanik bir enerji verilmesi sonucu) mikro taneciklerin kopup ayrılması sonucu istenmeyen bir değişikliğin oluşması olayına aşınma denilir [1]. DIN 50320 ve ASTM G 40-93 standartlarına göre ise aşınma, “kullanılan malzemelerin başka malzemelerle (katı, sıvı veya gaz) teması neticesinde mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçaların ayrılması sonucu meydana gelen ve istenilmeyen yüzey bozulması” şeklinde tanımlanmaktadır [2]. Aşınma; aralarında bir madde olan veya olmayan iki yüzeyin zorlamalar altında birbirlerine göre hareketli olmaları sonucu meydana gelir ve mekanik zorlanmaların etkisiyle malzemenin yüzeyinden parçacıklar koparak ayrılır. Yüzeylerin hareketleri kayma, yuvarlanma, çarpma veya bu hareketler bir arada da olabilir [8].

Temas halinde bulunan katı yüzeylerde, malzeme kaybı üç şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar bölgesel erimeler, kimyasal çözünme ve fiziksel anlamda oluşan ayrılmadır. Uygulamada aşınma kapsamına, daha çok fiziksel anlamda ayrılan malzemenin sebep olduğu hasarlar dâhil edilmektedir [10]. Aşınma olayı sırasında meydana gelen mekanik enerji ve bunun ısı enerjisine dönüşmesiyle malzemenin aşınma yüzeyinde daha çok kimyasal cinsten sekonder reaksiyonlar meydana gelerek sınır tabakası çözünür. Aşınma nedeniyle meydana gelen hasar daha çok parçanın şeklinin veya ölçülerinin değişmesi, ısınmadan dolayı yüzeyinde yapı değişmelerinin oluşması şeklindedir [2].

Bir aşınma sisteminde; ana malzeme (aşınan), karşı malzeme (aşındıran), ara malzeme, yük ve hareket aşınmanın temel unsurlarıdır. Bütün bu unsurların oluşturduğu sistem teknikte “Tribolojik Sistem” olarak adlandırılır. Bir tribolojik sistemin standartlara uygun şematik olarak gösterimi Şekil 3.1’de görülmektedir [10].



Şekil 3.1 Bir Tribolojik sistemin şematik olarak gösterimi (DIN 50320) [10]

3.2 Aşınmayı Etkileyen Faktörler

Aşınmayı etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Tribolojik Sistemin Elemanlarına Bağlı Faktörler

a) Esas Sürtünme Elemanına Bağlı Olanlar

- Malzemenin Cinsi
- Kimyasal Yapısı
- Mikroyapısı
- Hacimsel ve Yüzeysel Sertliği
- Elastisite Modülü
- Akma ve Kırılma Özellikleri
- Yüzey Pürüzlülüğü
- Şekil ve Boyutları
- Soğuk Şekillendirme
- Isıl İşlem

b) Karşı Elemana Bağlı Olanlar

- Aşındırıcı Tane Büyüklüğü
- Tane Şekli
- Tane Dağılımı

c) Ortama Bağlı Olanlar

- Nem

- Sıcaklık

2. İşletmeye Bağlı Faktörler

- Yük (Kuvvet)

- Hareket

- Kayma (Sürtünme) Yolu

- Zaman

- Kaymanın Cinsi [1].

3.3 Aşınma Sonucunda Meydana Gelen Olaylar

Metallerde aşınma sonucunda aşağıdaki olaylar meydana gelmektedir:

1. Metalin Yüzeyine Nüfuz ve/veya Yüzeye Kaynama: Metal parçacığın yüzeyden kopmasında ilk safha, aşındırıcı metalin yüzeye batması veya atomsal mesafedeki çok sıkı temas neticesinde yüzeyde kısmen kaynamaların oluşmasıdır. Yüzeyin sertliği yüksek ise, gerek batma yolu ile nüfuz ve gerekse geniş bölgeler üzerinde temas için lüzumlu olan kısmi plastik şekil değiştirmeye sertliğin yüksekliği oranında engel olunur. Sertlik ile aşınma arasında çok mükemmel ve karşılıklı bir ilişki vardır.

2. Metalin Şekil Değiştirmesi: aşınmanın oluşabilmesi için küçük metal parçaların şekil değiştirmesi ve kopup ayrılması lazımdır. Tok metaller bu hususta böyle bir eğilim göstermediklerinden aşınma mukavemetleri iyidir. Pratikte genellikle sertliğin yüksek olması tokluğun yüksek olmasına tercih edilir.

3. Metal Yüzeyinin Korozyonu: aşındırıcı cisim, yüzeyde oluşabilecek oksit veya sülfat gibi bir korozyon ürünü kolaylıkla aşındırıp atabilir. Bu sebepten korozyona dayanıklı metallerin aşınma dayanımları genellikle iyidir.

4. Metal Yüzeyinin Isınması: her ne kadar aşınma sırasında metal yüzeyinin kısmi olarak ergimesi ender olarak görülse de daha az şiddetli olan sürtünme ısılarında korozyon reaksiyonlarının hızlanmasından ve metalik özelliklerin kötüleşmesinden dolayı aşınma dayanımı düşer. Bu sebeple, ergime noktası yüksek olan metallerin aşınma dirençleri yüksektir.

Aşınmanın, düşük gerilimli (aşındırıcı parça üzerindeki kuvvet, parçayı kırmaya ve öğütmeye yeterli olmayan), yüksek gerilimli (aşındırıcı parça üzerindeki kuvvet parçaları kırarak öğüten), kuru aşınma, yağ aşınma, yüksek hızla parça kayması (yağ veya kuru), metal-metal aşınması, (adhezyon), darbe v.b. türlerde aşınmanın pek çok

türü vardır. Bu nedenle sert dolgu alaşımlarını derecelendirirken direnç göstereceği aşınma türünü belirtmek de gereklidir [14].

Aşınmanın teknik olduğu kadar ekonomik yönden de önemle üzerinde durulması gerekmektedir. Aşınmaya karşı mücadele makinelerin ömrünü uzatmak bakımından önemli olup bu doğrultuda birçok teknik geliştirilmiştir. Bunların arasında kaynakla sert dolgu sertliği büyük önem taşımaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar sert dolgu kaynağı yapılarak ciddi tasarrufların elde edilebileceğini göstermiştir [2, 10].

3.4 Aşınmanın Mekanizmaları

3.4.1 Adhesiv Aşınma (Yapışma ve Yenme Aşınması)

Adhesiv aşınma karşılıklı etkileşim içerisinde birbirlerine göre göreceli olarak hareket eden iki yüzeyin birisinden bir parçacığın koparak diğer yüzeye yapışması sonucunda, bir yüzeyden diğer bir yüzeye olan malzeme taşınımı olarak tanımlanabilir [10]. Özellikle birbirleriyle kayma sürtünmesi yapan, metal-metal aşınma çiftinde meydana gelen kaymanın bir sonucudur. Birbiri üzerinde kayan çok küçük yüzeylerdeki gerilmeler küçük yüklemelerle dahi akma gerilmesi sınırına erişirler veya bunu geçerler. Böylece moleküller yapışma kuvvetleri etkisini gösterir. Bu nedenle bir parçadan diğerine malzeme geçişi soğuk kaynama ve malzeme kesilmesi tarzında meydana gelir. Adhesiv aşınma genellikle eş çalışan parçalarda metalin metale sürtünmesinden ileri gelen aşınma şeklidir [1, 2].

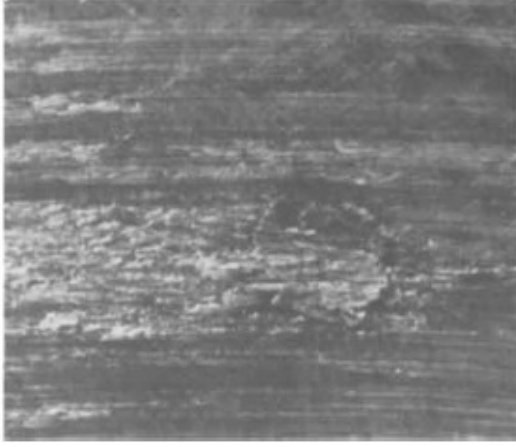
Yapışma aşınması olarak da adlandırılan adhezif aşınma, çok rastlanan bir aşınma türü olmasına rağmen, genellikle hasarları hızlandırıcı etkide bulunmaz [10]. Temas halinde bulunan bu cisimlerde bu tip aşınmadan kaçınmak mümkün değildir. Bu olayda yüzeylerin karşılıklı fiziksel ve kimyasal etkileri önemli rol oynar. Adhezyon teorisi metal transferini açıklamakla beraber aşınma partiküllerinin oluşumu için yeterli değildir. Bu konuya plastik pürüzlenme teorisi açık bir fikir verebilir [2].

Adhezyon teorisine göre temas halindeki yüzeylerde temas noktalarındaki lokal basınçların çok yüksek olması dolayısıyla küçük kaynak bağları oluşur. Normal olarak yüzeylere absorbe edilmiş olan gaz ve sıvı molekülleri ile oksit tabakaları bu basınç altında parçalanır, malzemenin molekülleri doğrudan doğruya temasa gelir ve bölgesel kaynak bağları meydana gelir. Bu kaynak bağların oluşturduğu malzeme kaybı adhezyon aşınmasını açığa çıkarır.

Adhezyon aşınmasıyla ilgili yapılan çalışmalar sonunda elde edilen sonuçlar kısaca şu başlıklar altında toplanabilmektedir:

1. Adhezyon aşınması benzer veya kolay alaşım yapabilen malzemeler arasında meydana gelmektedir.
2. Olay, olayların göreceli hızına ve normal kuvvete bağlıdır. Pratik bakından nispeten yüksek hızlarda ve yüklerde görülen bir aşınma şeklidir.
3. Adhezyon aşınması sürtünmeyi tayin eden bütün kaynak noktalarında meydana gelmektedir.
4. Oksit veya nemden oluşan doğal tabakanın olay üzerinde etkisi büyüktür.
5. Yüzeylerden birinin sertliği diğerine göre nispeten büyük ise kaynak bağlarının kopması yumuşak malzeme de olur ve yumuşak malzeme sert malzemenin yüzeyine transfer edilir [2, 10].

Adhezyon aşınmasına uğramış çeliğin mikro yapı fotoğrafı Şekil 3.2'de verilmiştir [24].



Şekil 3.2 Adhezyon aşınmasına uğramış çeliğin aşınma yüzeyi fotoğrafı [24]

Adhezyon aşınmasını önlemek için; Eş çalışacak malzeme çiftleri uygun seçilebilir veya iyi bir yağlama yöntemi sağlanabilir ve uygun yağlayıcı maddeler ile katkıları kullanılabilir.

Kuru veya sınır sürtünme halindeki fonksiyon yüzeylerinin birbirleriyle değme halinde olan pürüz tepelerinde, özellikle akma sınırı aşıldığında kuvvetli bir adhesiv veya sıcaklık etkisiyle de teşvik edilen kohesif bir bağ meydana gelmektedir. Bu bağ metalsel değme yüzeylerine kadar kuvvetli kalmaktadır. Pürüz tepelikleri arasında bu

tür bağların oluşturduğu iki yüzeyi birbirine karşı kaydırığımız zaman, bağlanmış tepeliklerin birbirlerinden ayrılmaları üç şekilde olabilir.

1. Bağ ara yüzeyinin kesme direnci, her iki yüzeye ait malzemelerin iç kesme direncinden daha küçüktür. Bu tür adhesiv aşınmada, aşınma miktarı en azdır.
2. Ara yüzeyin kesme direnci, yüzey malzemelerin birinden küçük, diğerinden ise çok az farklı, heterojen yapıda olan ikinci malzemeye ise yer yer eşit olabilir. Bu takdirde gene yumuşak malzemedan sert malzemeye bir madde geçişi vardır. Ancak bazı noktalarda parçacık kopmaları kendini gösterecektir. Madde geçişi yanında madde ayrılmaları suretiyle daha büyük bir madde kaybı ortaya çıkacaktır. Bu konuyla ilgili malzeme özelliklerinin adhesiv aşınmaya etkisi Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Malzeme özelliklerinin adhesiv aşınmaya etkisi [2]

Özellikler	Adhesiv Aşınma
Oksitli yüzey	Az
Kristal yapı kübik	Çok
Hegzagonal kristal yapı	Az
Yüksek deformasyon sertleşmesi	Çok
Yüksek sertlik	Az
Yüksek elastisite modülü	Az
Yüksek ergime noktası	Az
Yüksek yeniden kristalleşme sıcaklığı	Az
Küçük atom yarıçapı	Az

3. Ara yüzeyin kesme direnci her iki yüzey malzemesinin kesme direncinden büyüktür. Ayrıca kuvvetli bir plastik şekil değiştirmesi sonucu pekleşmiş ve kırılğan hale gelmiştir. Belirli bir kayma mesafesinde yüzeyden kopup ayrılarak, kuvvetli bir aşındırıcı olarak, yüzeyler arasında adhesif aşınmaya ek olarak abrasiv aşınmaya da neden olacaktır. Bunun sonucu olarak her iki yüzeyde de kuvvetli bir aşınma hasarı meydana gelecektir. Mukavemet özellikleri birbirine yakın malzemeler arasında (örnek olarak çelik-çelik) bu tip adhasiv kökenli, şiddetli aşınma hallerine rastlanmaktadır.

Bu üç çeşit adhasiv sürtünme şeklinde ölçülen sürtünme katsayıları arasındaki fark çok azdır. Kısaca sürtünme direnci hemen hemen aynı kalır. Buna karşın 1 ve 3 arasındaki aşınma miktarı eşit koşullarda bir ile yüz kat arasında değişir. Görülmektedir ki, adhesiv bağ, sürtünme direncinin tanımlanması bakımından yeteri kadar güvenilir bir bilgi vermektedir [2].

3.4.2 Abrasiv Aşınma (Yırtılma ve Çizme Aşınması)

Bu tip aşınma, sert bir cismin yumuşak bir cismi kazıyıcı bir etki göstererek tahrip etmesidir. Bu olay genel olarak iki şekilde meydana gelir. Birinci halde sert bir metal yumuşak bir metali eğerek tahrip eder. İkinci halde ise dışarıdan yüzeyler arasına giren toz, talaş veya doğrudan eş çalışan malzemelerin yüzeylerinde oksidasyon sonucu oluşan sert parçacıkların etkisi altında meydana gelir. Bu sert parçacıklar bir zımpara tozu gibi yüzeyler arasında kazıyıcı bir etki yaparak eğelemeye ve taşlamaya benzeyen bir malzeme kaybının meydana gelmesine sebep olurlar. Sert partiküllerin abrasif aşındırmasına endüstride geniş ölçüde rastlanır [2].

Aşınmayı etkileyen çeşitli faktörler farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu faktörler, aşağıda dört grup halinde verilmektedir.

a. Ana Malzemeye Bağlı Faktörler

- Malzemenin kristal yapısı
- Malzemenin sertliği
- Elastisite modülü
- Deformasyon davranışı
- Yüzey pürüzlülüğü
- Malzemenin boyutu

b. Karsı Malzemeye Bağlı Faktörler ve Aşındırıcının Etkisi

c. Ortamın Etkisi

- Sıcaklık
- Nem
- Atmosfer

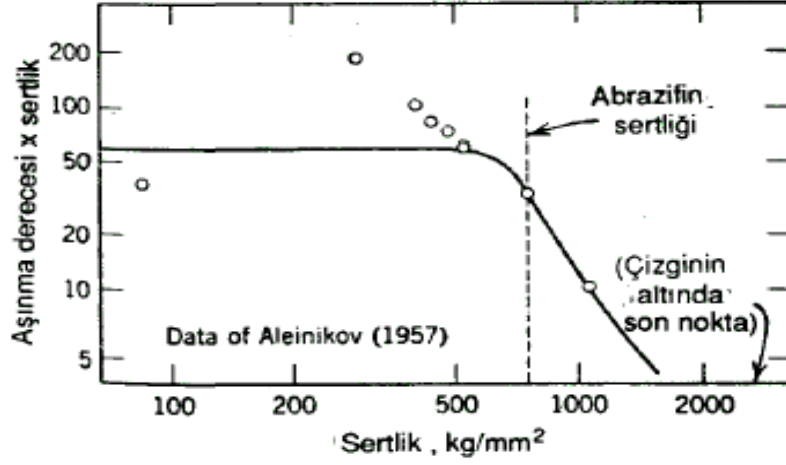
d. Servis Koşulları

- Basınç
- Hız
- Kayma yolu [10]

Saf metallerin abrasiv aşınma miktarları sertlikleri ile orantılıdır. Sertleştirilen fakat normalize edilmeyen çeliklerde aynı davranış görünmektedir. Normalize edilmiş çeliklerde aşınma karakteristiği değişmekle beraber, sertlik ve aşınma arasında bir lineerlik görülmektedir [2,10].

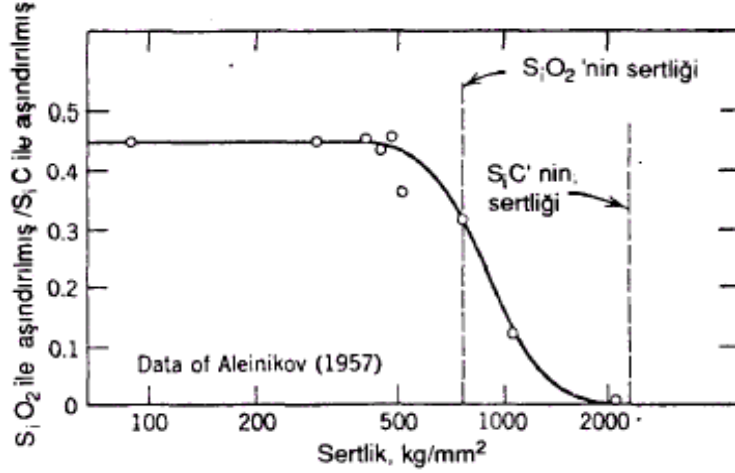
Bir yüzeyin abrasif aşınma derecesi, yüzeyin sertliği ile ters orantılıdır. Dolayısıyla bir aşınma derecesi x sertlik çarpımının sertliğe karşı grafiği Şekil 3.3.'deki gibi bir yatay çizgi olmalıdır. Pratikte grafik belli bir noktaya kadar bir yatay çizgi olup

bu noktadan itibaren çok belirgin şekilde düşmektedir. Orta sertlikte bir abrasifte ortaya çıkan aşınmanın çok sert bir abrasifte ortaya çıkan oran grafiği, abrasifin sertliğinin aşınmaya etkisini açıkça gösterir.



Şekil 3.3 Aşındırılan malzemenin abrasiften daha sert olması halinde aşınma derecesi x sertlik çarpımı [16]

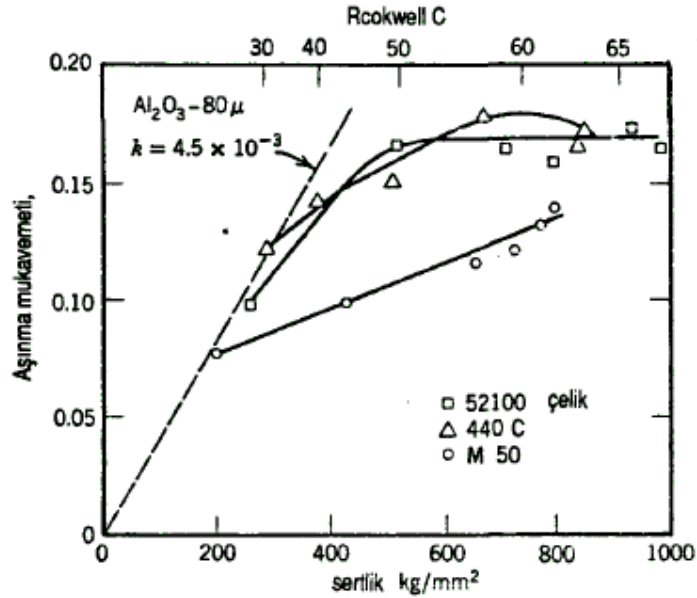
Abrasif aşınma derecesinin düştüğü sertlik değeri, abrasif ortamın sertliğine çok yakındır. Hiçbir abrasifin kendinden daha sert bir şeyi kesmeyeceği daima akılda tutulacaktır. Bir abrasif aşınma istendiğinde, abrasif malzeme, aşındırılacak yüzeyden daha sert olacak ama bu sertlik farkı aşırı olmayacaktır. Abrasif aşınma istenmediğinde, kayan yüzeyleri abrasiften daha sert yapmak yeterli olur. Bu bağlamda en uygun abrasif aşındırıcının Şekil 3.4’de gösterildiği gibi kum (SiO₂) olduğu (sertliği 800 kg/mm²) bilinmektedir. En uygun mühendislik malzemesi ise çelik olup bunun sertliği 200 ila 1000 kg/mm² arasında değişir. Bu itibarla çok sert bir çeliği kum aşındıramaz.



Şekil 3.4 SiO₂ ve SiC abrasiflerinin meydana getirdiği aşınmanın kıyaslanması [16]

SiO₂ den çok daha sert yüzeyler aşındırıldığında oran sıfıra düşer.

Çelik alaşımları kullanıldığında, sertlik artışı beraberinde aşınma mukavemetinde de bir artışı getirmekle birlikte, bu artış büyük olmamaktadır (Şekil 3.5). Buradan, yumuşak çelik için noktaların kesik çizgi üzerinde bulunduğu, ama çeliğin daha sert değişimlerinin bu çizginin iyice altına düştüğü görülür.



Şekil 3.5 Çeşitli yollarla ısıl işleme tâbi tutulmuş üç yatak çeliğinde sertliğin fonksiyonu olarak aşınma mukavemeti [16]

Bütünüyle çeliğin aşınmaya mukavemeti, sertliğin katları olarak değişir. Bunun açıklanması için muhtemelen tek bir sebep yoktur ve çok sayıda faktörün dikkate alınması gerekir. Önce, gevreklik faktörü gelir. Bir malzeme sertleştirildiğinde genellikle daha gevrek hale gelir ve dolayısıyla abrasyon sırasında, aşınma oluşunun geometrik boyutundan daha büyük olan bir aşınma parçacığının ortaya çıkması mümkündür. Gerçekten, çok sert, gevrek çelik numunelerinde yüksek aşınma oranları gözlenmiştir.

Bunların dışında bir de abrazif tane izinin şekli sorunu vardır. Tavlanmış metallerde bir sertlik izinin ilk yüzey üzerinde, izin epey uzağında bir çıkıntı teşkil ettiği, oysaki sertleştirilmiş metallerde, çıkıntı izin çok yakınında oluştuğu görülür. (Şekil 3.6). Abrasif aşınma deneyinde bu etki, sertleştirilmiş malzemelerde kaldırılan hacmi artırır; tavlanmış malzemelerde ise bu hacim aynı kalır [16].



Şekil 3.6 Sertleştirilmiş ve Tavlanmış malzeme üzerinde bir abrazif tanenin izinin şematik gösterilişi [16]

Sertlikten ayrı olarak bir yüzeyin yapacağı elastik deformasyonda abrasyon aşınmasına karşı önemli bir özellik olarak ileri sürülmektedir. Göreceli hareket sırasında sert ve yumuşak metallere oluşan bir yüzey çifti arasında sert bir toz parçası girmesi halinde yumuşak yüzey elastik deformasyon yaparak aşınmadan kurtulabilir. Yatak malzemelerinde bilhassa istenen bu özellik için elastik modülün küçük olması gerekir. Bu halde çeşitli maddeler için elastik sınırında uzama oranı bu aşınma hakkında yol gösterici olarak fikir verir.

Partiküllerin Vickers sertliği aşındırıcı yüzeyin Vickers sertliğinden 1.5 kat büyükse ve partiküller keskin köşe ve kenarlara sahiplerse bu şartlar için, abrazif aşınma hızı oldukça yüksektir [11,16].

Ne tür bir aşınma deneyi uygulanırsa uygulansın aşınma miktarı ya da aşınma hızı aşınma deneyi uygulanan parçanın hacmi ya da ağırlığının belirli koşullarda azalma miktarının ya da azalma hızının ölçümünü içerir.

Sürtünme aşınmalarında hacim azalması; uygulanan yük, sürtünme boyu, Vickers sertliği ve aşınma katsayısına bağlı formüllerle verilir.

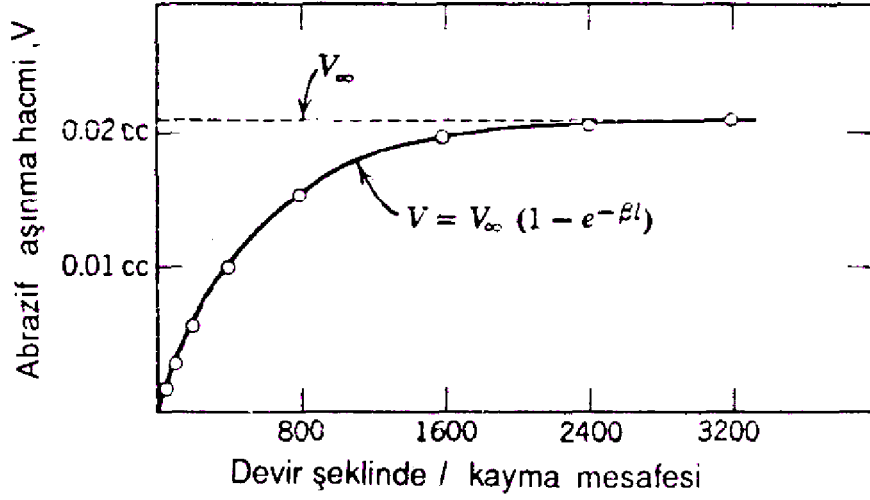
Aşınmanın az olduğu durumlarda; aşınma katsayısı 10-7-10-8, aşınmanın çok olduğu yerlerde ise; 10-4-10-3 değerlerini alır.

Bazen aşınma, özgül aşınma olarak verilir. Bu aşınma derinliğinin uygulanan güç ve sürtünme boyu çarpımına bölümü oranına aittir.

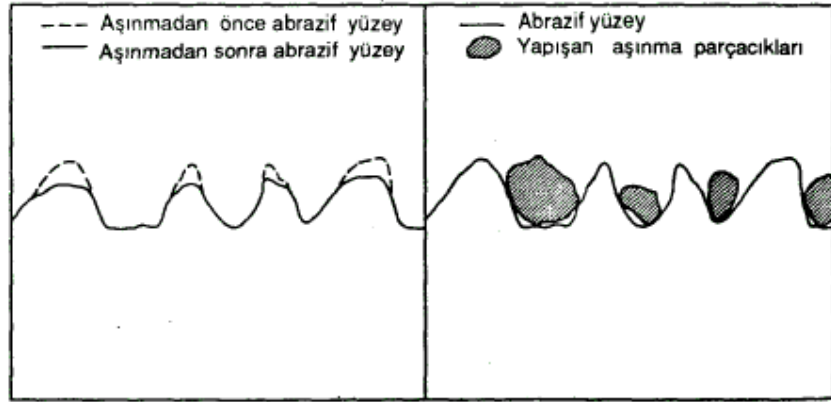
En önemli etmeni aşınma olan uygulamalarda, bazen kullanım ömrü de aşınma özelliklerini karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır [11].

Isıl işleme sertleştirme abrazyon direncini geliştirebilir. Diğer taraftan abrazyondan önce işlem sertleşmesi aşınma direncinde gelişmeyle sonuçlanmaz. Abrazyon aşınması sonucunda faz değişimleri meydana gelir. Tamamıyla soğuk işlemlerde abrazyon direnci ile sertlik arasında doğrusal ilişkinin bir sonucu olarak metallerin çok sert yüzey tabakalarıyla kaplanması aşınma direncinin artmasında büyük rol oynamaktadır.

Aynı zamanda aşınmanın derecesinin uygulanan yük ve kayma mesafesiyle doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Abrasif aşınmanın kayma mesafesine bağlılığı oldukça karmaşıktır. Kayan sistemin, kayma fiili sürdükçe tekrar abrasif aşınma olduğundan, kayma sürdükçe aşınma derecesi azalma eğilimindedir. Çeliğin silisyum karbür kâğıdı ile aşındırıldığında, aşınma derecesi zamanının bir fonksiyonu olarak tetkik edilmiş ve verilerin kaymanın sonsuza dek devam etmesi halinde abrazyon yoluyla kaldırılan toplam metal hacmi ve sabit bir sayıdan oluşan denkleme uyduğu bulunmuştur. Şekil 3.7'de Mulhern ve Samuels'in verileri görülmektedir. Adı geçen bu çalışmada aşınmanın muhtemelen düşüşü abrasif taneciklerin körleşmesi ve aşındırılmış malzemeden çıkmış parçacıkların kâğıdı tıkalmasından oluşacağı sonucuna varmışlardır.



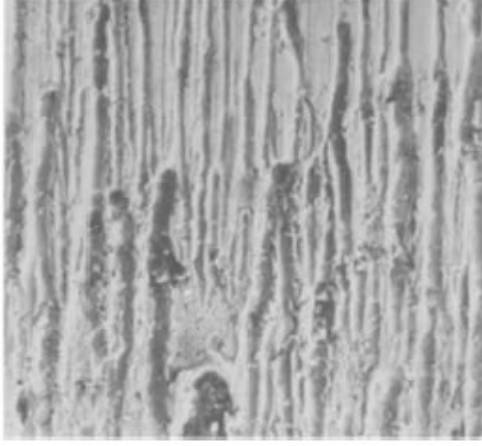
Şekil 3.7 Mulhern ve Samuels silisyum karbürü kağıt üstünde çeliğin abrasif aşınması [11]



Şekil 3.8 Abrasif yüzeylerin aşınmadan önce ve sonra, körlenmeyi gösteren izafi görünüş [11]

Aşınma artıklarıyla tıkanmış varsayımsal abrasif yüzey Şekil 3.8’de görüldüğü gibi olup, bu değerlerin malzemenin çalışma ortamında sabit çıkması mümkün değildir [11].

Abrasyon aşınmasına uğramış gri dökme demirin mikro yapı fotoğrafı Şekil 3.9’da verilmiştir [24].



Şekil 3.9 Abrasiv aşınmış gri dökme demirin aşınma yüzeyi fotoğrafı [24]

Abrasyon aşınmasını önlemek için alınan önlemler şöyle özetlenmektedir.:

1. Yüzeyler sertleştirilmelidir.
2. Dışarıdan sert maddelerin yüzeyler arasına girmesi iyi bir sızdırmazlık düzeneğiyle önlenmelidir.
3. Makineler ve sistemler talaştan ve diğer pisliklerden sık sık temizlenmelidir [2,10].

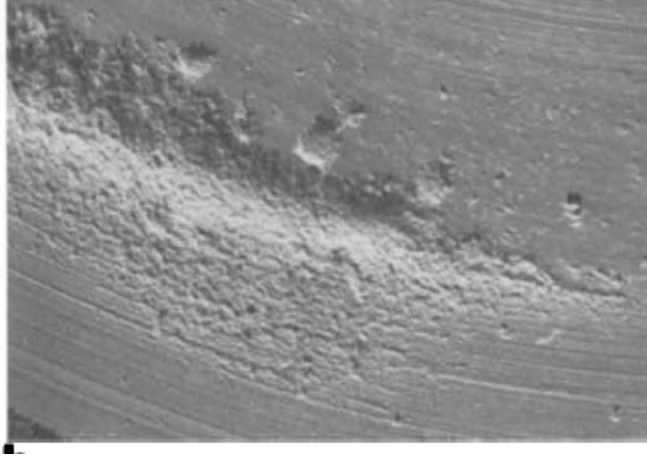
3.4.3 Erozyon Aşınması

Bu aşınma bir gaz akımı veya bir akışkan sıvı vasıtasıyla taşınan sert partiküllerin malzeme yüzeyine çarpmasıyla meydana gelir. Bazı yönleriyle abrasiv aşınmaya benzeyen erozyon aşınması pulverize kömür, ısı üretim ve sentetik yakıt santralleri, dizel motorları, akışkan yataklar gibi yerlerde ortaya çıkmaktadır.

Erozyon genellikle sert ve aşındırıcı partiküllerin mevcut olduğu ve aşınan malzemenin erozyon hızının çarpma açısıyla değişimine bağlı olarak ortaya çıkar.

Bir başka ortaya çıkış şekli ise, malzemenin erozyon hızının partikül çarpma açısıyla değişimine bağlı olarak yapılan sünek ve gevrek erozyon aşınmasıdır [12].

Erozyon aşınmasına uğramış sertleştirilmiş çeliğe ait mikro yapı fotoğrafı Şekil 3.10 da verilmiştir [24].



Şekil 3.10 Sertleştirilmiş çeliğin erozyon aşınması aşınma yüzeyi fotoğrafı [24]

3.4.4 Aşınma Ölçüm Deneyleri

Aşınmanın belirlenmesi için genellikle tartma, mekanik ölçüm, profilmetre, optik ve radyoaktif izleyicilerle ölçüm yöntemlerinden biri kullanılır. Bu çalışmada tartı yöntemi kullanılmıştır.

Tartı yöntemi genellikle, aşınmayı saptamanın en basit yoludur. Tek bir sayı şeklinde aşınma miktarı bulunur. Tartı bir kimyasal terazide yapılır. Bu yöntemin saptanabilirlik sınırı genellikle 10⁻⁴ civarındadır. Bu yöntemin sağlıklı sonuç verebilmesi için malzemenin devamlı temiz olmasına ve iş parçası üzerinde tortu kalmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir [12].

Aşınma miktarı gram veya miligram cinsinden ifade edilirse, metre veya kilometre olarak tespit edilen sürtünme yoluna göre, birim sürtünme yoluna karşılık gelen ağırlık kaybı miktarı (gr/km), (mg/m) ile ifade edilebilir. Ağırlık kaybı birim alan için hesap edilecekse (gr/cm²) gibi bir birim kullanılabilir.

Ağırlık kaybı hacimsel aşınma miktarı olarak belirtilmek istendiğinde, yine ağırlık kaybından hareketle kullanılan malzemenin yoğunluğu ve deney numunesi üzerine etki eden yükleme ağırlığı hesaba katılmak suretiyle birim yol ve birim yükleme ağırlığına karşılık gelen hacim kaybından gidilerek de bulunabilir [10].

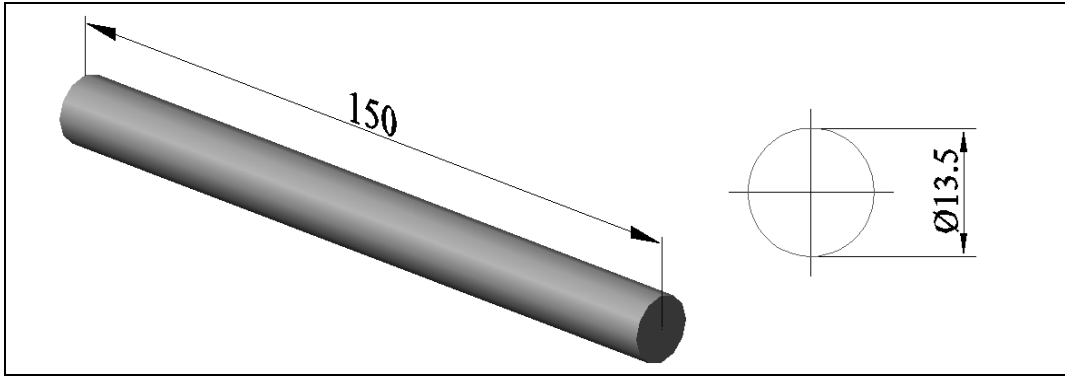
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Giriş

Bu çalışmada, AISI 1050 çeliğinden hazırlanan numuneler beş gruba ayrılmışlardır. Numunelerin bir grubu sertleştirilmiştir (A serisi), diğer bir grubu da (Z serisi) herhangi bir işlem uygulanmamıştır. Geri kalan üç gruba ise (B, C, D serisi) üç değişik kaynak yöntemleri ile sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Bu üç grubun birine örtülü sert dolgu elektrodu (B serisi), birine özlü elektrodu (D serisi), diğer bir gruba da ark kaynak çeşidinden MAG kaynağı (C serisi) kullanılarak üç değişik kaynak yöntemi ile sert dolgu kaynağı yapılmıştır. Bu şekilde hazırlanan parçalara, mukayese amaçlı olmak üzere zamana ve yüke bağlı aşınma deneyi uygulanmıştır. Sert dolgu kaynağı uygulanmış çelik parçalarda yerel olarak ortaya çıkan yüzey sertleşmesinin aşınmaya karşı olan direnci belirlenmiş olup normal sertleştirilmiş çelik parçaların aşınma dirençleri karşılaştırılmıştır.

4.2 Deneyin Yapılışı

Çalışma için Şekil 4.1’de gösterildiği gibi 10 adet 13,5 mm çapında 150 mm boyunda AISI 1050 çelik çubuk alındı. AISI 1050 çeliğinin mekanik özellikleri Çizelge 4.1’de ve kimyasal bileşimi de Çizelge 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1 AISI 1050 çeliğinden 150 mm boyunda hazırlanmış çubuk

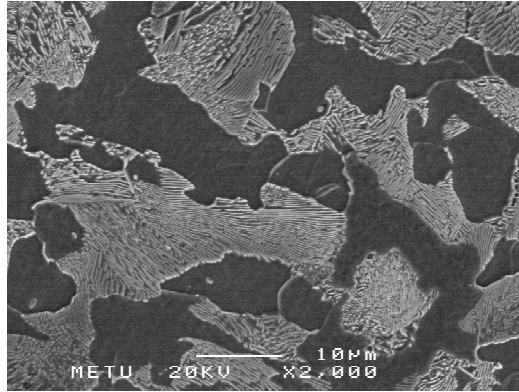
Çizelge 4.1 AISI 1050 Çeliğın mekanik özellikleri [31]

Malzeme	d 1000 (kg/m ³)	Poisson Oranı	E (GPa)	Max. çekme Muk. (Mpa)	Akm a Muk (Mpa)	Uzama (%)	Kesit Daralması (%)	Sertlik (HB)
AISI 1050	7,7- 8,03	0,27- 0,30	190–210	636	365, 4	23,7	39,9	187

Çizelge 4.2 AISI 1050 Çeliğinin kimyasal özellikler [31]

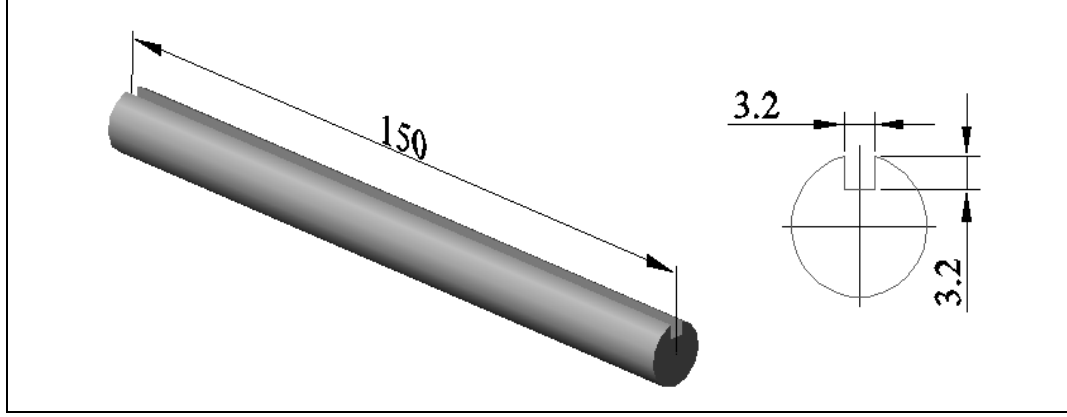
Malzeme	Kimyasal Bileşim (%)			
	C	Mn	S	P
AISI 1050	0,52	0,80	0,03	0,02

AISI 1050 çeliğine ait SEM görüntüsü Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilden yapı görüldüğü gibi ferrit (siyah kısımlar) ve perlit (beyaz kısımlar) oluşmaktadır.



Şekil 4.2 AISI 1050 çeliğine ait SEM görüntüsü

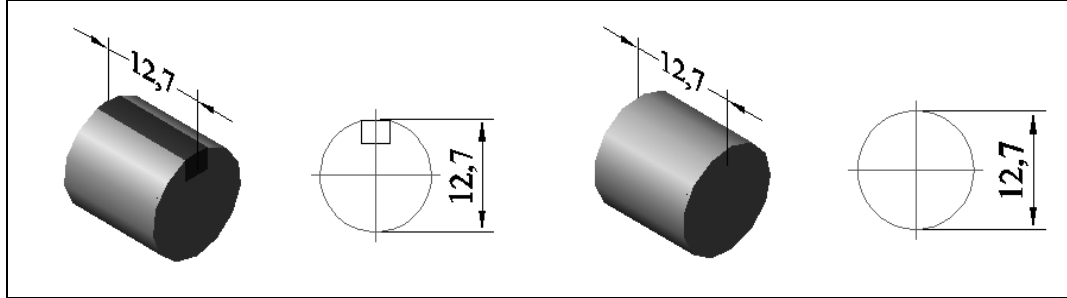
Bu çubuklardan 6 adedinin üzerine 3,2 mm boyunda ve genişliğinde Şekil 4.3’de görüldüğü gibi boydan boya kanal açıldı.



Şekil 4.3 150 mm boyunda AISI 1050 çubuğun kanal açılmış hali

Numuneler üzerine açılan kanallar özlü elektrot, örtülü sert dolgu elektrotu ve MAG kaynağı yöntemleri kullanılarak dolduruldu. Kaynaklanan çubuklar daha sonra $\phi 12.7$ mm çapa kadar taşlanarak düzeltildi ve 12,7 mm boyunda parçalar halinde (Şekil 4.4) kesildi (B, C ve D serileri).

Diğer çubuklardan 2 tanesinden $\phi 12.7$ mm çap ve 12,7 mm boyunda parçalar halinde kesildi. Bu numuneler ısıl işleme sertleştirildi ve çapları $\phi 12.7$ mm olacak şekilde yüzeyleri taşlandı (A serisi) (Şekil 4.4a). Geriye kalan 2 çubuğun da yüzeyi taşlanarak çapı $\phi 12.7$ mm' ye indirildikten sonra da 12,7 mm boyunda parçalar halinde kesildi (Şekil 4.4b) ve bunlara hiçbir işlem uygulanmadı (Z serisi).

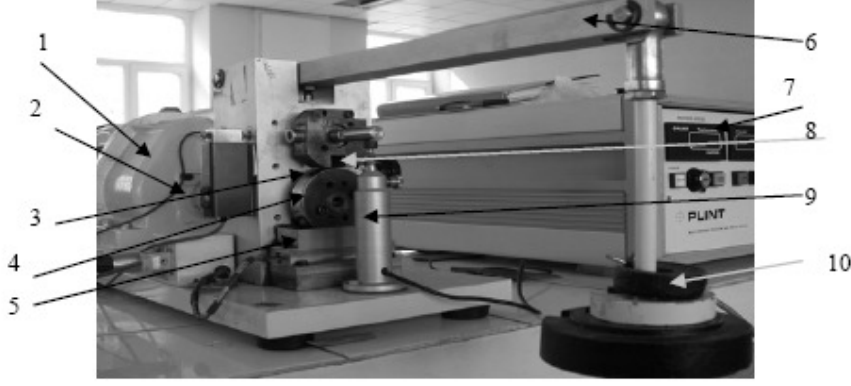


Şekil 4.4 Aşınma numunesinin şekli ve boyutları

4.3 Deney Sonuçları

Numuneler, Şekil 4.5'de görülen aşınma cihazına bağlanarak aşınma deneyi uygulandı. Aşınma deneyleri, numune üzerine 62N, 82N, 102N etki edecek tarzda Şekil 4.4 deki 10

nolu yük tablasına 4N, 8N ve 12N konarak yapıldı. Deney 5, 10, 15, 20 dakika sürelerde ve 300 devir/dak'lık sabit devirde gerçekleştirildi.



Şekil 4.5 PLINT® üniversal sürtünme ve aşınma cihazı

- | | | |
|-------------------------|----------------------|-------------------|
| 1-Motor | 2-Devir ölçer sensör | 3-Numune bölmesi, |
| 4-Aşındırıcı çelik disk | 5-Yağlayıcı bölmesi | 6- Yük kolu |
| 7- Kontrol panelleri | 8-Numune | 9-Yükseklikölçer |
| 10-Yük tablası | | |

Tüm deneyler tamamlanıncaya kadar her bir numune için deney basamağı şöyle gerçekleştirildi:

- Numunenin ilk tartımı yapıldı.
- Numune uygun sürtünme yüzeyi oluşturacak şekilde tutucu makaraya, vida ve destekleme pimi yardımıyla sabitlendi.
- Deney programındaki yük ve devir değeri ayarlandı.
- Deney sonunda cihaz ve diğer ekipmanlar durdurulup numune söküldü
- Numune tartılarak aşınma miktarı bulundu.
- Numune yüzeyi, yüzeyde aşınma partiküllerinin kalma ihtimaline karşı temizlendi.
- Cihaz tekrar çalıştırılıp aşındırıcı makara yüzeyi zımpara ile temizlendi.

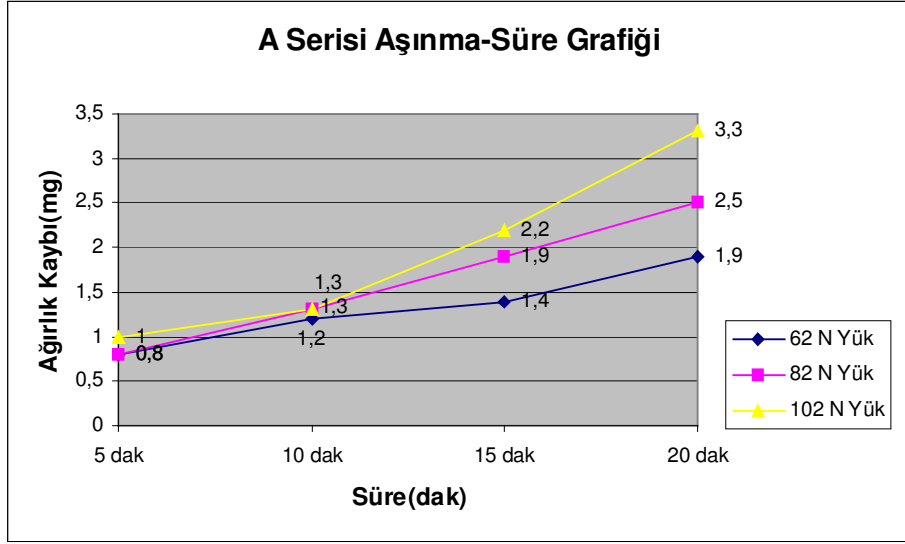
Numunelerin deneyden önceki ağırlıkları ve aşınma deneyinden sonraki ağırlıkları 1/1000 hassasiyetindeki bir terazi ile ölçüldü. Her iki ağırlık farkı ağırlık kaybı şeklinde Çizelge 4.3'de verildi. Ayrıca ağırlık kaybı-süre ve ağırlık kaybı-yük grafikleri çizdirilerek değerlendirildi.

Çizelge 4.3 Sertleştirilmiş, kaynak edilmiş ve sertleştirilmemiş numunelerin ağırlık kayıpları

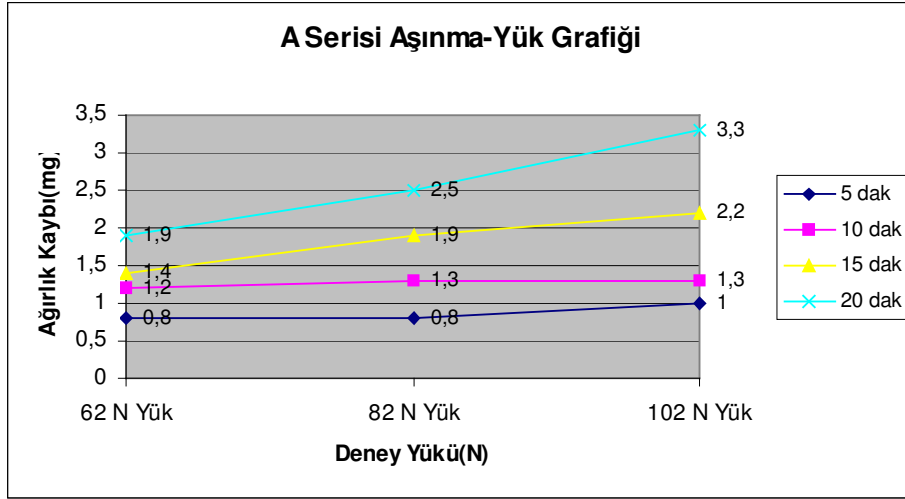
Süre (dak)	Ağırlık Kaybı (mg)														
	A Serisi			B Serisi			C Serisi			D Serisi			Z Serisi		
	Yük (N)			Yük (N)			Yük (N)			Yük (N)			Yük (N)		
	62	82	102	62	82	102	62	82	102	62	82	102	62	82	102
5	0,8	0,8	1	0,7	0,9	0,9	1,3	1,7	1,6	1,1	1,2	1,5	2,2	3,3	4,9
10	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,4	2,1	2,2	2,6	1,8	2,1	2,4	5,3	6,3	8,7
15	1,4	1,9	2,2	1,5	1,8	2,1	2,6	2,9	3,8	2,8	3,3	3,7	7,9	8,7	13,5
20	1,9	2,5	3,3	2,3	2,7	3,4	3,6	4,1	4,8	4,1	4,7	6,1	9,6	13,1	19,1

4.3.1 Sertleştirilmiş Numuneler (A serisi)

Bu serideki numuneler 800-820°C sıcaklığa ısıtılarak, bu sıcaklıkta 30 dakika bekletildikten sonra hızla suda soğutulularak sertleştirildi. Bu soğutma ile martenzitik doku oluşmuştur. Buna bağlı olarak da numunenin sertliği ortalama 60 HRc olarak ölçüldü. Numuneler, Şekil 4.5’de verilen deney cihazına bağlandı ve Çizelge 4.3’de belirtilen test programına göre belirlenen yük ve sürelerde aşındırıldı. Deney sonunda elde edilen aşınma sonuçları ağırlık kayıpları olarak Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu grubun ağırlık kaybının süre (Şekil 4.6a) ve yüke (Şekil 4.6b) bağlı değişimleri Şekil 4.5’de görülmektedir.



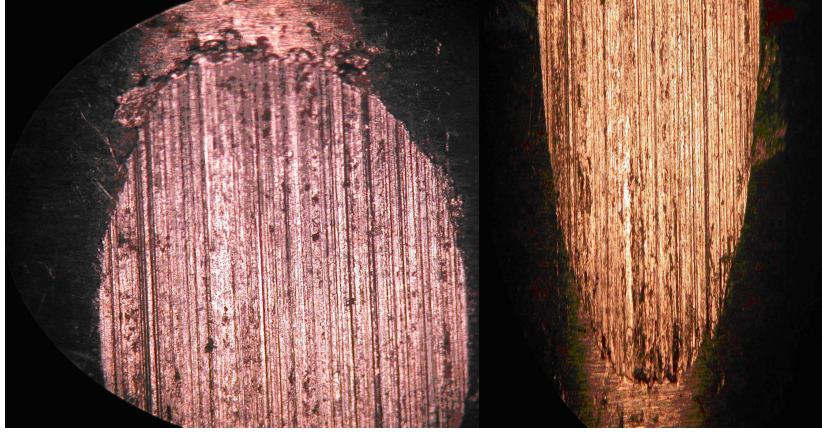
Şekil 4.6a Sertleştirilmiş numunelerin (A Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi



Şekil 4.6b Sertleştirilmiş numunelerin (A Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.6'ya göre, süre ve yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Şekil 4.6a, sürenin artışı ile birlikte aşınma eğrisinin eğiminin yükseldiğini ve buna bağlı olarak ta aşınmanın arttığını göstermektedir. Aşınma miktarındaki artış, yaklaşık 10 dakikaya kadar az, bu süreden sonra fazlaştığı şekilden görülmektedir. Şekil 4.6b'de aşınmanın kuvvete bağlı artışının benzer tarzda arttığı görülmektedir. Aşınma miktarının 62N yükte az, 102N yükte ise daha fazla olduğu şekilden görülmektedir.

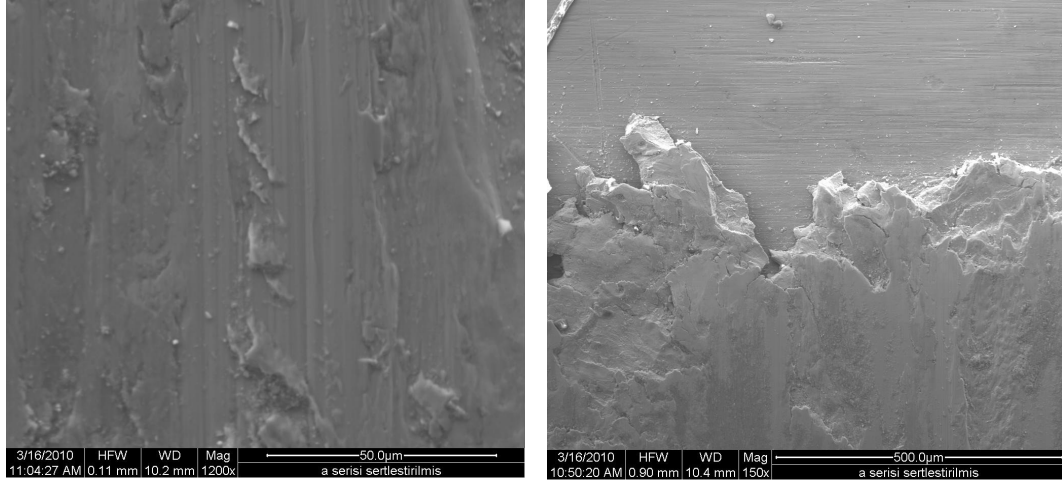
Test programına göre, 82N yük ve 15dak aşınma süresi şartlarında deneyi yapılan sertleştirilmiş numunenin, aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7 Sertleştirilmiş aşınma numunesinin yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü

Genel olarak kazıma biçiminde çizgisel aşınmanın gözlemlendiği makro yüzey fotoğrafı Şekil 4.7’de, aynı yüzeye ait SEM görüntüsü Şekil 4.8’de verilmiştir. Aşınma yüzeyinin orta kısmına ait SEM görüntüsü Şekil 4.8a, uç kısmına ait SEM görüntüsü ise Şekil 4.8b’de görülmektedir.

Deney adhesiv aşınma olarak uygulanmasına rağmen, ağırlıklı olarak kazıma biçiminde çizgisel aşınmanın meydana geldiği Şekil 4.7’deki aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü görülmektedir. Karşı elemanın asıl eleman yüzeyinden baskısı ile dönme yönünde yoğurma tarzında malzemeyi sürüklediği Şekil 4.8 de görülmektedir. Şekil 4.7’ya göre kazıma şeklinde çizgisel aşınma gözlenmiş olsa da, aynı yüzeyden alınmış SEM görüntüsünde (Şekil 4.8) kazıma hatları içinde malzemenin yağrularak taşındığı (Şekil 4.8a, aşınma bölgesinin orta kısmı) ve kısmen de kopmaların olduğu, kopan bazı parçacıkların yüzeye yapıştığı, kopan parçacıkların bir kısmının da aşınma bölgesinin çıkış yerinde malzeme yığılması biçiminde birikinti oluşturduğu (Şekil 4.8b) görülmektedir.



(a) Aşınmış yüzeyin orta kısmı

(b) Aşınmış yüzeyin uç kısmı

Şekil 4.8 Sertleştirilmiş numuneye ait Şekil 4.7'deki aşınmış yüzeyden alınan SEM görüntüsü

4.3.2 Örtülü Elektrot ile Kaynak Edilen Numuneler (B Serisi)

Bu numunelerde yapılan sert dolgu kaynağında Abrasodur-45 (DIN 8555'e göre E10-UM-65GR kodlu) adı verilen, aşınmaya dayanıklı bazik tip, yüksek verimli kaynak elektrotu kullanılmıştır. İmalatçı firma katalogunda [32] belirtildiği gibi bir sert dolgu elektrotu olup, tipik kaynak metali analizi Çizelge 4.4 de verilmiştir.

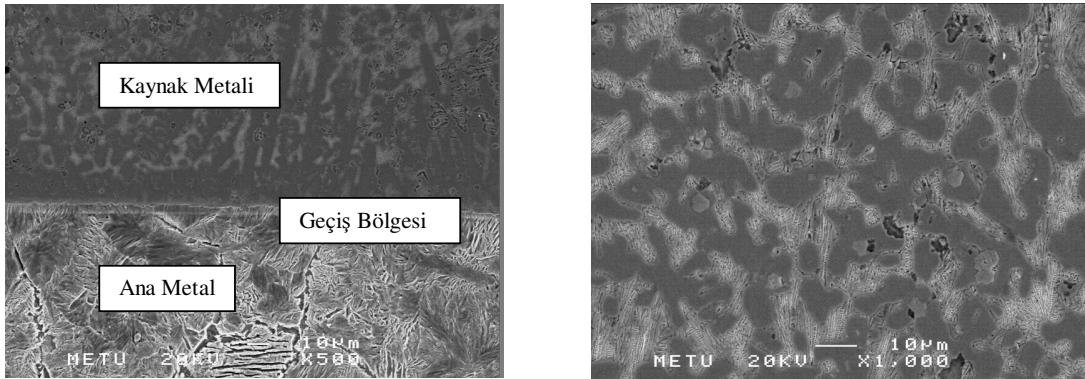
Çizelge 4.4 Örtülü Elektrot için tipik kaynak metali analizi [32]

C	Cr	Si	Mo	Nb	V	W
6.0	22	1.0	6.0	6.0	1.0	2.0

Bu elektrot, özellikle yüksek mineral aşındırmasına (abrasif aşınmaya) ve düşük darbelere karşı yüksek aşınma direnci göstermektedir. 600°C'ye kadar olan sıcaklıklarda kullanılabilir. İki pasoda SiO₂ ile elde edilen aşınma katsayısı %0.3'tür. Kaynak metali yalnız taşlanarak işlenebilir. Cevher kırma ve eleme tesislerinde, sinter üretim tesislerinde, yüksek fırın yükleme sistemlerinde, tuğla ve çimento tesislerinde aşınan makine elemanlarının kaynak işlemlerinde sert dolgu kaynağı kullanılmaktadır. Özellikle çimento fırınlarında ve fanlarında, aşınma plakalarında, kok itici pabuçlarında, kepçe ağızları ve tırnaklarında sert dolgu kaynağı kullanılmaktadır. Yatay pozisyonda mükemmel sonuç verir, küçük çaplarda dikey ve tavan pozisyonlarında da kullanılır. Uzun ark boyu ile çalışmalı ve en fazla üst üste 4 paso kaynak yapılmalıdır. Hem AC'de

hem de DC'de kaynak yapmak mümkündür. Üst üste 4 paso yapıldığında sertlik değişimi şöyle gerçekleşir. İlk pasoda 62 HRc, ikinci pasoda 64 HRc, üçüncü pasoda 65 HRc ve dördüncü paso sonunda 66 HRc sertliğinde yüzey tabakası elde edilir. Kaynak işlemi bittiğinde 300°C'ta 2 saat beklemek suretiyle kurutma yapıldı [32].

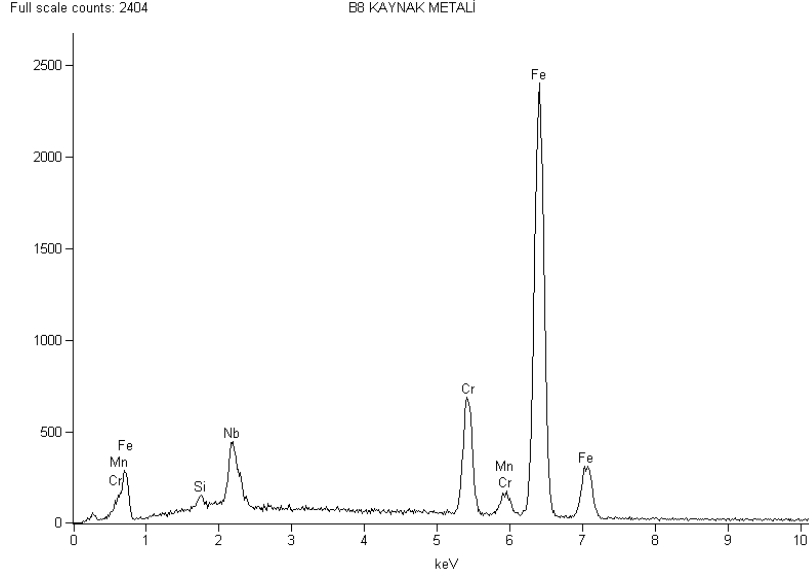
Kaynak bölgesine ait SEM görüntüleri (Şekil 4.9) incelendiğinde Şekil 4.9a'da görülen sert dolgu kaynağı ile metalin farklı mikro yapıları ve belirgin bir geçiş bölgesine sahip olduğu gözlenmektedir. Kaynak bölgesi ince dokulu, ana malzeme kısmı ise biraz daha iri taneli olduğu şekilden görülmektedir. Gerek Çizelge 4.4 gerek Çizelge 4.5 ve Şekil 4.10'deki EDS analizinde görülen alaşım elementleri mikro yapı üzerinde etkili olmakta ve bu elementler kaynak dikişinde karbonla karbür oluşturmaktadır. Oluşan bu karbürler de martenzit kadar serttir. Kaynağın hızlı soğumasına ve karbona bağlı olarak martenzit oluşması da kaynak bölgesinin sertliğini yükseltmektedir. Böylece de kaynak dikişinin aşınma direnci de artmaktadır (Şekil 4.9).



(a) Metal-Kaynak Geçiş Bölgesi

(b) Kaynak bölgesi

Şekil 4.9 B serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri



Şekil 4.10 B serisi numunelerin EDS Analizleri

Çizelge 4.5 B serisi numunenin EDS analiz oranları

Element	Weight Conc %	Atom Conc %
Si	0.70	1.42
Cr	13.53	14.88
Mn	1.23	1.28
Fe	74.39	76.17
Nb	10.15	6.25

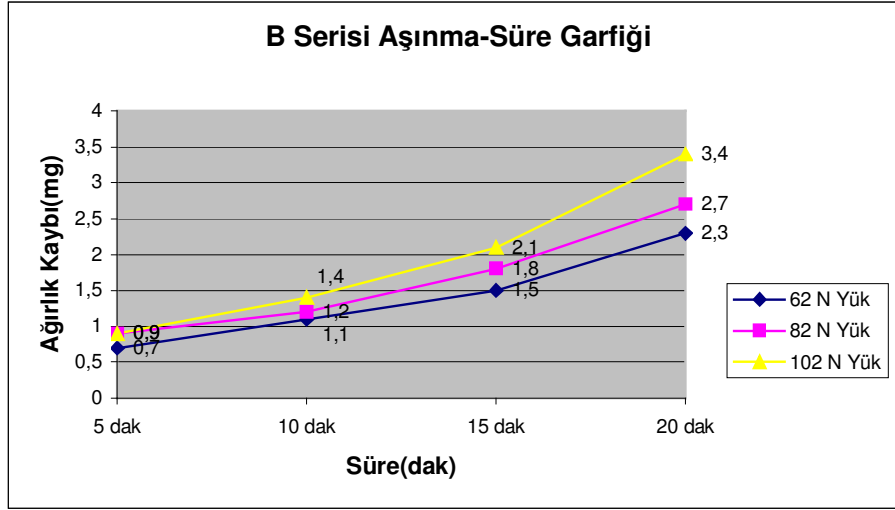
Bu çalışmada numunelere açılan kaynak ağız ölçüleri küçük olduğundan tek pasoluk kaynak uygulanmıştır. Dolayısıyla ortalama kaynak sertliği 62 HRc olarak ölçülmüştür. Örtülü elektrotla sert dolgu kaynağı yapılan numuneler Şekil 4.5’de görülen aşınma cihazına bağlanarak test programında belirtilen süre ve yüklerde aşınmaya tabi tutulmuşlardır. Aşınma deneyi sonucunda ölçülen ağırlık kayıpları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3’deki veriler göz önüne alınarak, B Serisi numunelerin yük ve süreye bağlı ağırlık değişim sonuçları Şekil 4.11’de grafik şeklinde sunulmuştur.

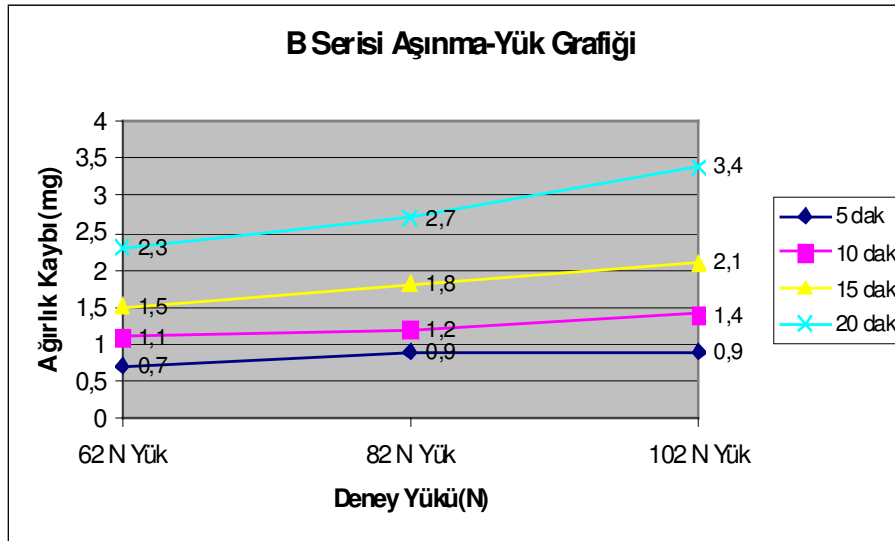
Çizelge 4.3 ve Şekil 4.11’e göre, süre ve yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Şekil 4.11a, sürenin artışı ile birlikte aşınma eğrisinin eğiminin değiştiğini ve buna bağlı olarak da aşınmanın arttığını göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi aşınma miktarı yaklaşık 10 dakikaya kadar az, bu süreden sonraki sürelerde ortaya çıkan

aşınma miktarı daha fazla olmaktadır. Şekil 4.11b’de aşınmanın kuvvete bağlı artışının daha az olduğu görülmektedir. Buna rağmen aşınma miktarının 62N yükte az, 102N yükte ise daha fazla olduğu şekilden görülmektedir.

Örtülü elektrotla sert dolgu kaynağı yapılmış numune; 15 dakika süreyle, 82N yük altında, 300d/dk ile dönen aşındırıcı makara ile aşınmaya tabi tutulduktan sonra ortaya çıkan aşınma yüzeyinden alınan makro fotoğraf Şekil 4.12’de görülmektedir.



Şekil 4.11a Örtülü elektrot ile kaynak edilen numunelerin (B Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi



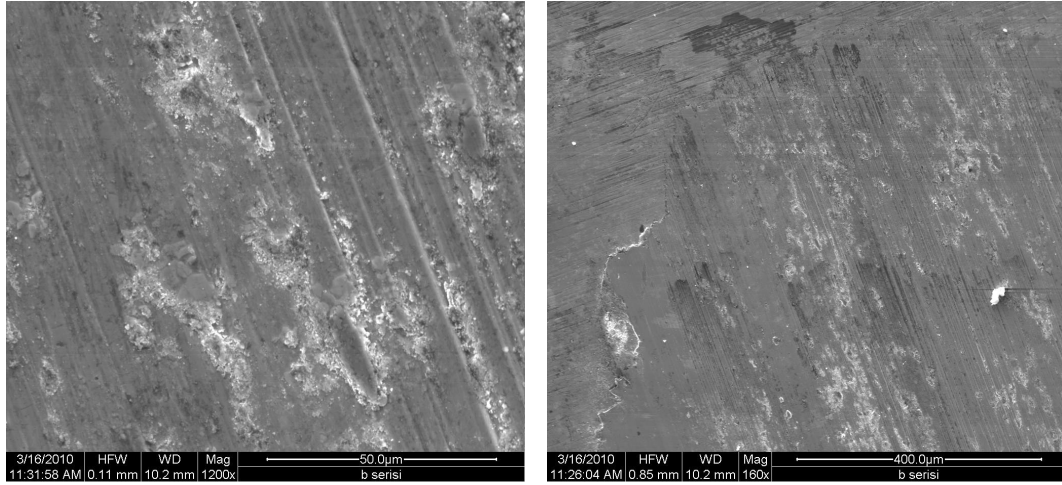
Şekil 4.11b Örtülü elektrot ile kaynak edilen numunelerin (B Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi



Şekil 4.12 Örtülü Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü

Genel olarak çizgisel aşınmanın gözlemlendiği makro yüzey fotoğrafı Şekil 4.12’de, aynı yüzeye ait SEM görüntüsü Şekil 4.13’de, numuneye alından bakılması durumundaki SEM görüntüsü Şekil 4.9’da verilmiştir. Aşınma yüzeyinin orta kısmına ait SEM görüntüsü Şekil 4.13a’da, uç kısmına ait SEM görüntüsü Şekil 4.13b’de, metalden kaynak bölgesine geçiş hattına ait SEM görüntüsü Şekil 4.9a’da ve kaynak bölgesine ait SEM görüntüsü Şekil 4.9b’de görülmektedir.

Deney adhesiv aşınma olarak uygulanmasına rağmen, adhesiv aşınma yanı sıra çizgisel aşınmanın da meydana geldiği Şekil 4.12’deki makro fotoğraftan ve Şekil 4.13’deki SEM görüntüsünde görülmektedir. SEM görüntüsüne göre yüzeyin kısmen çizildiği, yüzeyde kısmen kopmalar meydana geldiği ve kısmen de yüzeyin yoğrulduğu söylenebilir. Dolayısıyla adhesiv aşınma etkisi altındaki numunenin yüzeyinden aşınmanın etkisi ile malzemenin kazınarak ve/veya koparak uzaklaşmakta ve ardından yeni bir aşınma yüzeyi oluşmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 4.13 Örtülü Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numuneye ait Şekil 4.12'deki aşınmış yüzeyden alınan SEM görüntüsü

4.3.3 MAG Kaynağı ile Kaynak Edilen Numuneler (C Serisi)

MAG kaynağı ile doldurulan çubuk numuneler için SG 2 adı verilen, üzeri bakır kaplanmış yumuşak çelik telden ibaret olan bu elektrot (özlü tel) kullanılmıştır. Bu elektrot, depolama tankı, otomobil ve kamyon karoseri, tarım ekipmanları, yapı çelikleri ve karbonlu çeliklerden yapılacak konstrüksiyonlar gibi universal uygulamalara uygundur. Yüksek akımla kaynak kapasitesine bağlı olarak yüzeyi tufalli ve paslı çelik sacların sıkça kaynak edildiği genel atölye uygulamalarında ince ve kalın sacların kaynağı için önerilir. Sıçrantsız metal geçişi ve güçlü dezoksidasyon elementlerinin içeriği ile Argonca zengin Ar/CO₂ karışım gazlar veya sadece CO₂ gazı ile mükemmel kaynak edilebilirlik sağlar. Numunelerin kaynağı sırasında koruyucu gaz olarak CO₂ kullanılmıştır. İmalatçı firma katalogundaki [32] kaynak metalinin tipik analizi Çizelge 4.6' daki gibidir. MAG kaynak dikiş bölgesinin sertliği 59 HRc olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.6 MAG kaynak metalinin kimyasal analizi [32]

Kaynak Telinin/Çubuğunun Tipik Analizi (%)				
C	Si	Mn	P	S
0.08	0.8	1.45	<0.025	<0.025

Kaynak bölgesine ait SEM görüntüleri (Şekil 4.14) incelendiğinde Şekil 4.14a'da görülen MAG kaynak dikişi ile metalin farklı mikro yapılarına ve belirgin olmayan bir geçiş bölgesine sahip olduğu gözlenmektedir. Kaynak bölgesi ince dokulu,

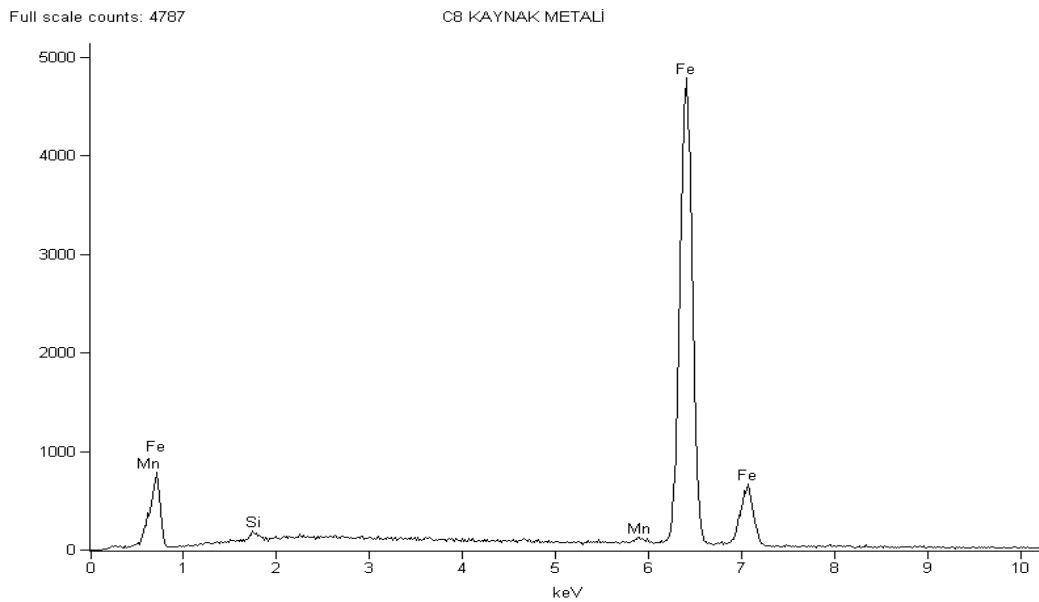
ana malzeme kısmı ise biraz daha iri taneli olduğu şekilden görülmektedir. Gerek Çizelge 4.6 gerek Çizelge 4.7 ve Şekil 4.15'deki EDS analizinde görülen mangan mikro yapı üzerinde etkili olmaktadır. Kaynak metalinde yer alan mangan miktarının yüksek olması yapıya sertlik kazandırmaktadır. Ayrıca kaynağın hızlı soğumasına ve karbona bağlı olarak martenzit oluşması da kaynak bölgesinin sertliğini yükseltmektedir. Böylece de kaynak dikişinin aşınma direnci artmaktadır (Şekil 4.14).



(a) Metal-Kaynak Geçiş Bölgesi

(b) Kaynak bölgesi

Şekil 4.14 C serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri



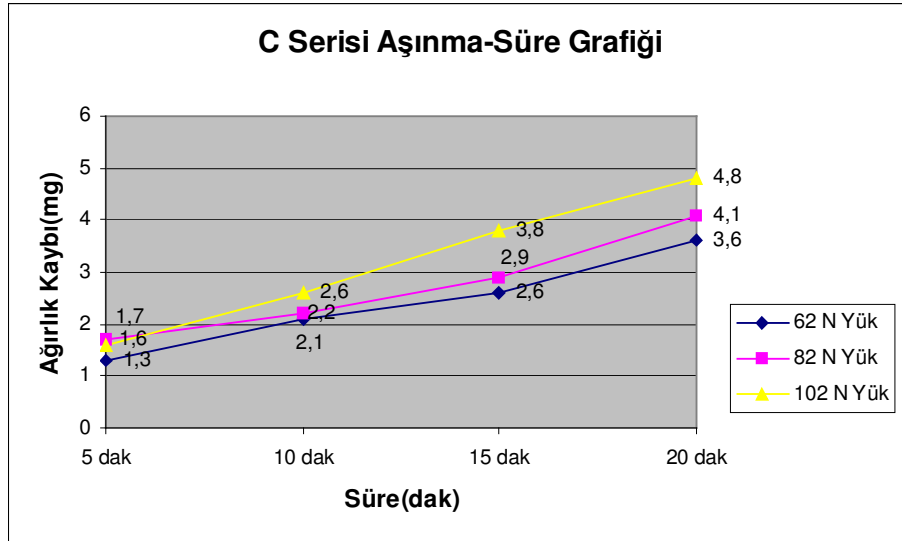
Şekil 4.15 C serisi numunelerin EDS Analizleri

Çizelge 4.7 C serisi numunenin EDS analiz oranları

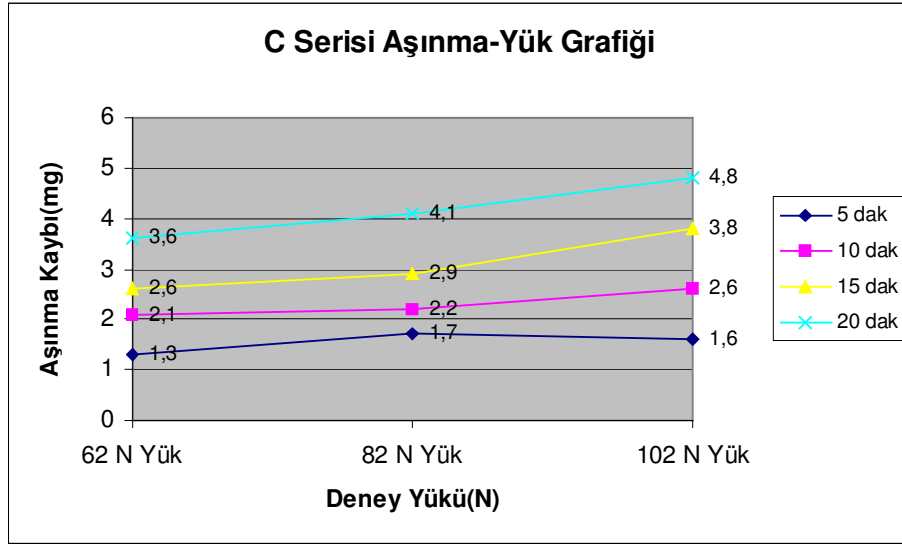
Element	Weight Conc %	Atom Conc %
Si	0.57	1.13
Mn	1.01	1.02
Fe	98.42	97.85

MAG yöntemiyle sert dolgu kaynağı yapılan numuneler Şekil 4.5’de görülen aşınma cihazına bağlandı ve daha önce belirlenen sürelerde ve yüklerde aşınma deneyi uygulandı ve sonuçlar Çizelge 4.3’de ağırlık kayıpları olarak verildi.

Çizelge 4.3 göz önüne alınarak yapılan C Serisi malzemelerin aşınma testleri sonucunda elde edilen ağırlık kaybı süre ve yüke bağlı değişimleri Şekil 4.16’da verilmiştir.



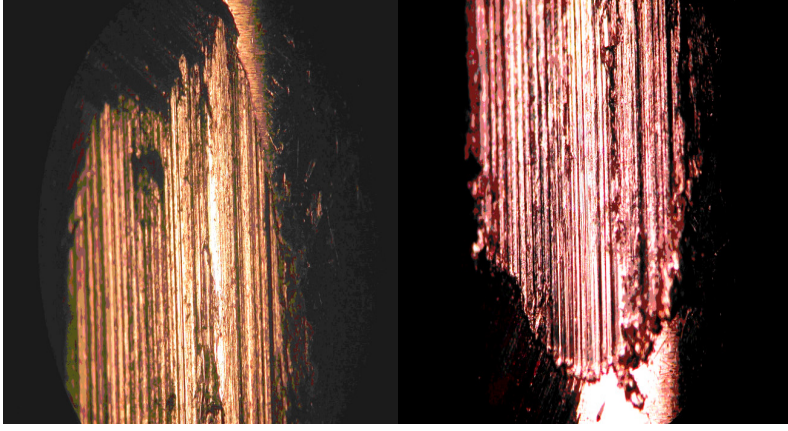
Şekil 4.16a MAG Kaynağı ile kaynak edilen numunelerin (C Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi



Şekil 4.16b MAG Kaynağı ile kaynak edilen numunelerin (C Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.16'ya göre, süre ve yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Şekil 4.16a, sürenin artışı ile birlikte aşınma eğrisinin eğiminin, dolayısıyla da aşınma miktarının arttığını göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi aşınma miktarı yaklaşık 10 dakikaya kadar az, bu süreden sonra fazla olduğunu göstermektedir. Şekil 4.16b'de aşınmanın kuvvete bağlı artışının benzer oranda meydana geldiği görülmektedir. Buna rağmen aşınma miktarı 62N yükte az, 102N yükte ise biraz daha fazla olduğu şekilden görülmektedir.

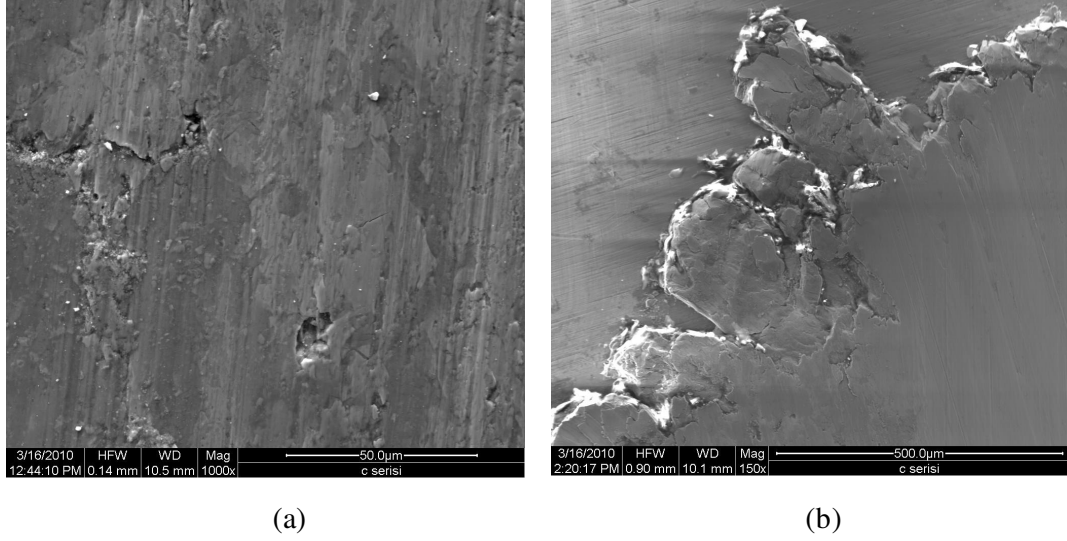
82 Newtonluk yük altında 15 dakika süreyle aşındırılan, MAG kaynağıyla dolgu yapılmış numunenin aşınma yüzeyinden metal mikroskobu ile alınan görüntüsü Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Bu fotoğraf incelendiğinde; adhesiv aşınma altındaki numuneden kopan parçaların kayma yönü boyunca taşınarak aşınma bölgesinin sonundaki uç kısımda metal birikintisine sebep olduğu ve kısmen de yüzeye yapıştığı söylenebilir.



Şekil 4.17 MAG Kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü

Şekil 4.17’de verilen aşınma yüzeyinin orta bölgesinden (Şekil 4.18a) ve uç bölgesinden (Şekil 4.18b) alınan SEM görüntüsü Şekil 4.18’de verilmiştir. Numunenin kaynak hattından (Şekil 4.14a) ve kaynak kısmındaki (Şekil 4.14b) mikro yapılarının SEM görüntüleri Şekil 4.14’de yer almaktadır.

Deney adhesiv aşınma olarak uygulanmasına rağmen, ağırlıklı olarak kazıma biçiminde çizgisel aşınmanın meydana geldiği Şekil 4.17’deki makro fotoğraftan görülmektedir. Karşı elemanın asıl eleman yüzeyinden baskısı ile dönme yönünde yoğurma tarzında malzemeyi sürüklediği Şekil 4.18’de görülmektedir. Şekil 4.18’e göre kazıma şeklinde çizgisel aşınma meydana gelmiştir. Aynı yüzeyden alınmış SEM görüntüsünde (Şekil 4.18) ise kazıma hatları içinde malzemenin yoğrularak taşındığı (Şekil 4.18a, aşınma bölgesinin orta kısmı) ve kısmen kazıma hatları boyunca kısmen de aşınma bölgesinin çıkış yerinde malzeme yığılması biçiminde birikinti oluşturduğu (Şekil 4.18b) ve ayrıca kazıma hatları içinde kopmaların olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18 Şekil 4.17’de görülen aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü

4.3.4 Özlü Elektrot ile Kaynak Edilen Numuneler (D Serisi)

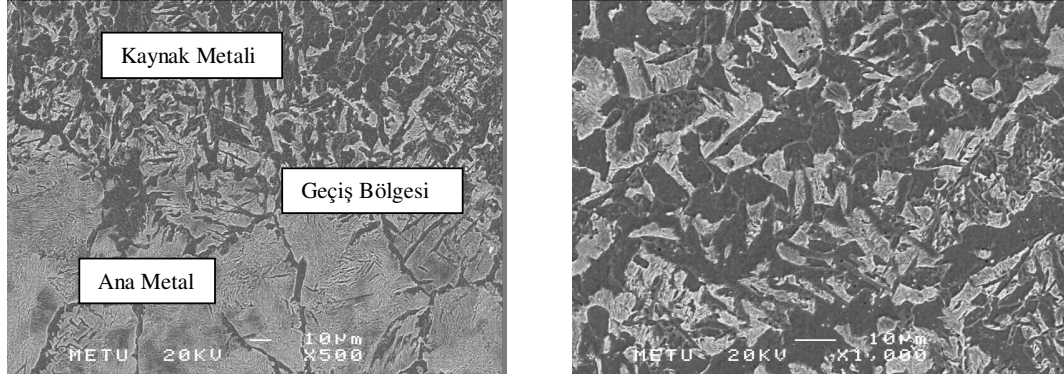
Özlü elektrot ile doldurulan çubuk için sert dolgu amaçlı özlü tel olan Fluxodur 600 elektrotu kullanılmıştır. Aşınmaya dayanıklı olup genellikle gemi sanayisinde imalat ve tamir amaçlı olarak tercih edilir. Yüksek sertlik aranan yerlerde kullanılan bazik karakterli ve yüksek alaşımlı özlü tel elektrottur. Aşınmaya ve yüksek darbeye maruz parçaların sert dolgu kaynaklarında kullanılmaktadır. Kaynak metalinin tokluğu ve çatlak direnci yüksek olduğu için şoklara ve darbelere dayanıklıdır. Kaynak metali taşla işlenebilir. Gemi sanayisi dışında; hafriyat makinelerinin parçalarının, ayırıcı ve parçalayıcı bıçakların, kepçe tırnaklarının, konveyörlerin, plastik karıştırıcıların, kalıpların sert dolgu kaynaklarında kullanılır. İmalatçı firma katalogundaki [32] tipik kaynak metali analizi Çizelge 4.8 deki gibidir. Özlü elektrotla yapılan kaynağın sertliği 57 HRc olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.8 Özlü Elektrot için tipik kaynak metali analizi

C	Si	Mn	Cr	Mo
0.62	0.6	1.6	5.5	0.6

Kaynak bölgesine ait SEM görüntüleri (Şekil 4.19) incelendiğinde Şekil 4.19a’da görülen özlü elektrotla yapılan sert dolgu kaynak dikişi ile metalin farklı mikro yapıları ve belirgin olmayan bir geçiş bölgesine sahip olduğu gözlenmektedir. Kaynak bölgesi ince dokulu, ana malzeme kısmı ise biraz daha iri taneli olduğu şekilden

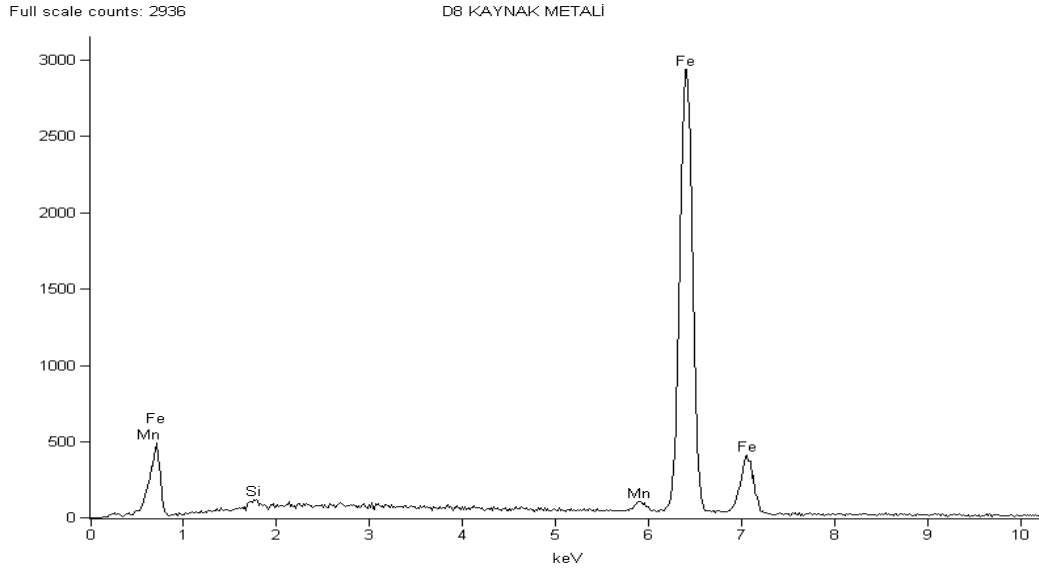
görülmektedir. Gerek Çizelge 4.8 gerek Çizelge 4.9 ve Şekil 4.20'deki EDS analizinde görülen Mn, Cr ve Mo alaşım elemanları mikro yapı üzerinde etkili olmaktadır. Kaynak metalinde yer alan mangan ve krom miktarının yüksek olmasına bağlı olarak karbür oluşması yapıya sertlik kazandırmaktadır. Ayrıca kaynağın hızlı soğumasına ve karbona bağlı olarak martenzit oluşması da kaynak bölgesinin sertliğini yükseltmektedir. Böylece de kaynak dikişinin aşınma direnci artmaktadır (Şekil 4.19).



(a) Metal-Kaynak Geçiş Bölgesi

(b) Kaynak bölgesi

Şekil 4.19 D serisi numunelerin mikro yapısının SEM görüntüleri



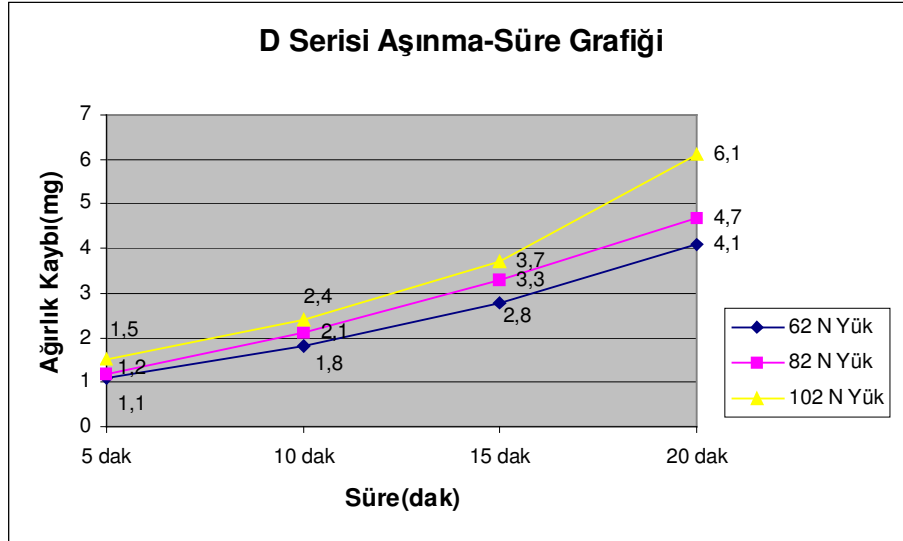
Şekil 4.20 D serisi numunelerin EDS Analizleri

Çizelge 4.9 D serisi numunenin EDS analiz oranları

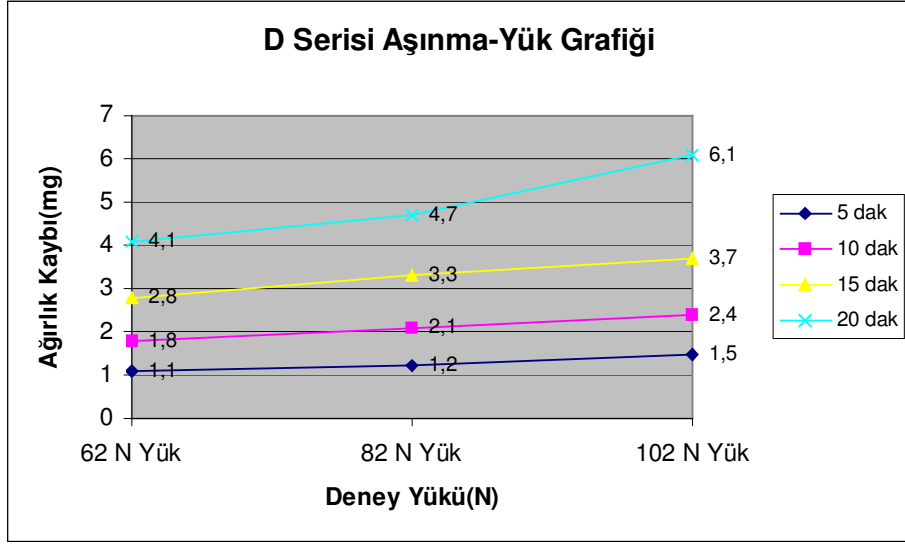
Element	Weight Conc %	Atom Conc %
Si	0.68	1.34
Mn	1.64	1.66
Fe	97.68	97.00

Özlu elektrotla sert dolgu kaynağı yapılan numuneler Şekil 4.5’de görülen aşınma cihazına bağlandı. Önceden belirlenmiş olan yük ve sürelerde aşınma deneyine tabi tutuldu. Sonuçlar Çizelge 4.3’de ağırlık kayıpları olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3’de verilmiş olan aşınma testi sonuçlarına göre D serisi malzemelerin yük ve süreye bağlı ağırlık değişimleri Şekil 4.21 de grafik olarak gösterilmiştir.

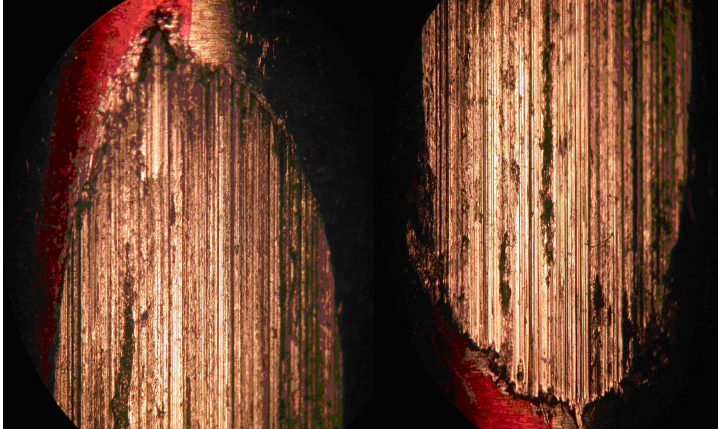


Şekil 4.21a Özlu Elektrot ile kaynak edilen numunelerin (D Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi



Şekil 4.21b Özlü Elektrot ile kaynak edilen numunelerin (D Serisi) ağırlık kaybının yüke bağılı değişimi

Test programına göre, 82N yüğü ve 15dak aşınma süresi şartlarında deneyi yapılan sertleştirilmiş numunenin, aşınma yüzeyinden alınan makro fotoğraf Şekil 4.22’de verilmiştir.



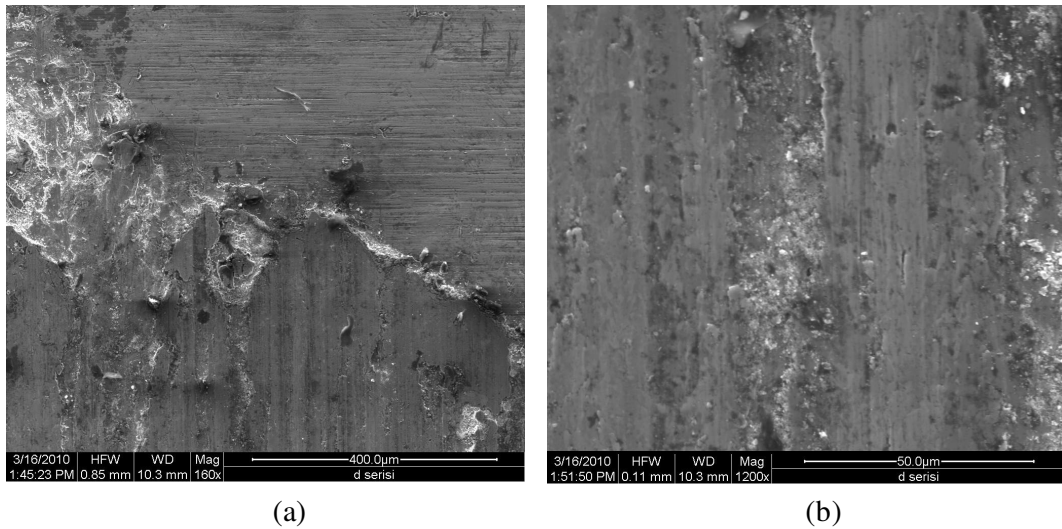
Şekil 4.22 Özlü Elektrot ile ark kaynağı yapılmış numunenin aşınma yüzeyine ait metal mikroskobu görüntüsü

Şekil 4.22’de verilen aşınma yüzeyinden çekilmiş olan makro yüzey fotoğrafının orta bölgesinden (Şekil 4.23a) ve uç bölgesinden (Şekil 4.23b) alınan SEM görüntüsü Şekil 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.23'e göre, süre ve yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Ancak şekilden görüldüğü gibi yaklaşık 10 dakikaya kadarki sürede aşınma miktarında artış az iken bu süreden sonra aşınmadaki artış daha fazla olmaktadır. Aşınma 62N yükteki artış daha az, 102N yükte ise daha fazla, fakat her iki yük altında ortaya çıkan eğrinin eğimi de bir birine paralel gitmektedir. Şekil 4.22'deki makro fotoğraf incelendiğinde adhesiv aşınma altındaki numuneden kopan parçaların bölgesel olarak aşınma yüzeyinde ve aşınma yüzeyi etrafında biriktiği bu parçaların aşındırıcı etkiyi arttırdığı görülmektedir.

Şekil 4.22'de verilen aşınma yüzeyinden çekilmiş olan makro yüzey fotoğrafının uç bölgesinden (Şekil 4.23a) ve orta bölgesinden (Şekil 4.23b) alınan SEM görüntüsü Şekil 4.23'de verilmiştir.

Deney adhesiv aşınma olarak uygulanmasına rağmen, ağırlıklı olarak kazıma biçiminde çizgisel aşınmanın meydana geldiği Şekil 4.22'deki makro fotoğraftan görülmektedir. Karşı elemanın asıl eleman yüzeyinden baskısı ile dönme yönünde yoğurma tarzında malzemeyi sürüklediği Şekil 4.22'de görülmektedir. Şekil 4.22' de görülen yüzeyden alınmış SEM görüntüsünde (Şekil 4.23) ise kazıma hatları içinde malzemenin yoğrularak taşındığı (Şekil 4.23b, aşınma bölgesinin orta kısmı) görülmektedir. Aynı şekilde kısmen kazıma hatları boyunca kısmen de aşınma bölgesinin çıkış yerinde malzeme yığılması biçiminde birikinti oluşturduğu (Şekil 4.23a) ve ayrıca kazıma hatları içinde kopmaların meydana geldiği de görülmektedir.



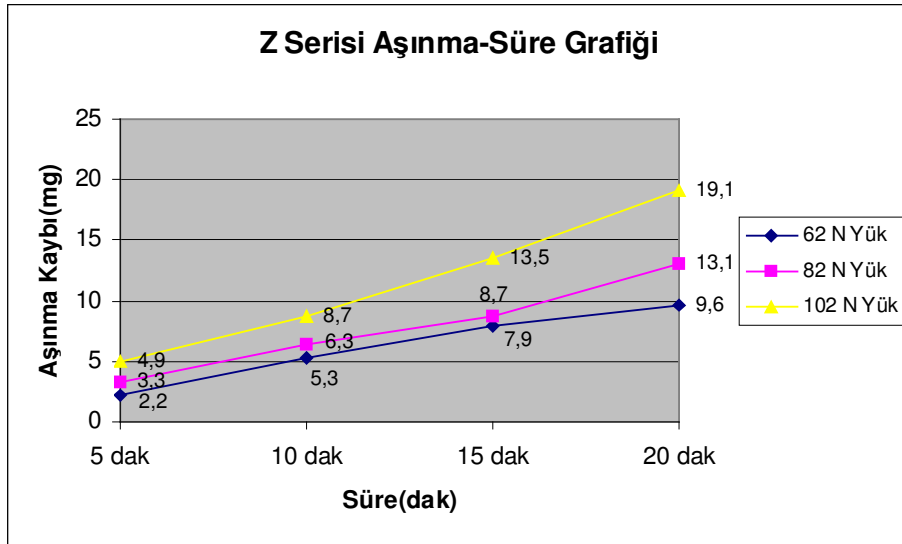
Şekil 4.23 Şekil 4.22'de görülen aşınma yüzeyine ait SEM görüntüsü

Kaynak bölgesine ait SEM görüntüleri (Şekil 4.19) ve EDS analizi (Şekil 4.20) incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranlarda sementit ve martenzit içerdiği ve o nedenle yüksek sertlik değerleri elde edildiği düşünülmektedir. Sert dolgu içerisindeki Mn miktarı arttıkça mikroyapı içerisindeki martenzik miktarda artış olmaktadır. Bu numunede sert dolgu metali ile ana malzeme arasındaki arayüzey geçişi çok dar olduğu fotoğraftan anlaşılmaktadır. Şekil 4.19a'daki görüntüye bakıldığında geçiş bölgesi çok net olmamakla beraber sert dolgu sonucu elde edilen yüzeye göre yüksek mikrosertlik değerinin çıkmasından gizli bir geçiş bölgesinin olduğu söylenebilir.

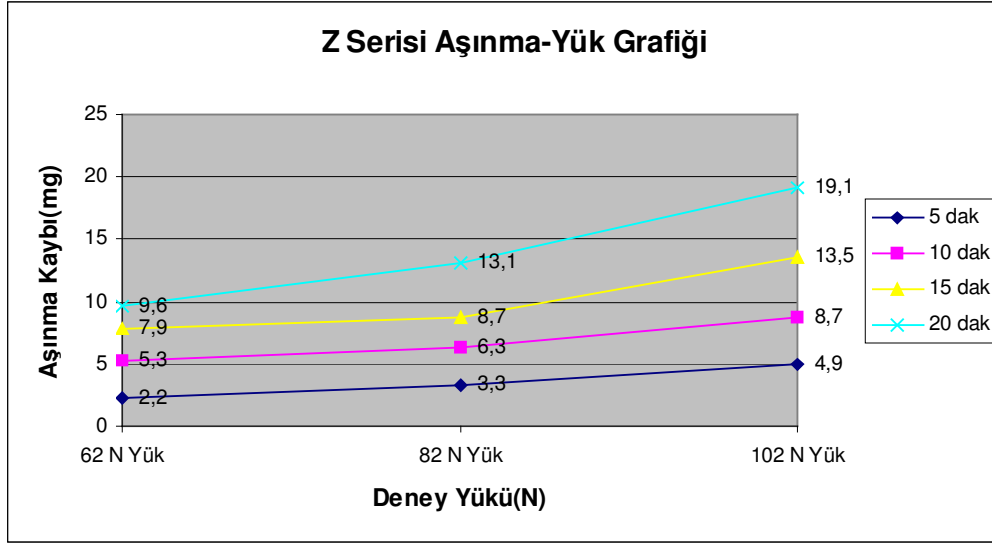
4.3.5 Sertleştirilmemiş Numuneler (Z Serisi)

Hiçbir işleme tabi tutulmayan AISI 1050 çeliğinden elde edilen deney numuneleri hazırlandıktan sonra Şekil 4.4 görülen aşınma cihazına bağlandı ve daha önce belirlenen sürelerde ve yüklerde aşınma deneyi uygulandı. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de ağırlık kayıpları olarak verildi.

Çizelge 4.3 göz önüne alınarak Z Serisi malzemelerin yük ve süreye bağlı ağırlık değişimleri Şekil 4.24'deki grafiklerde gösterildi.



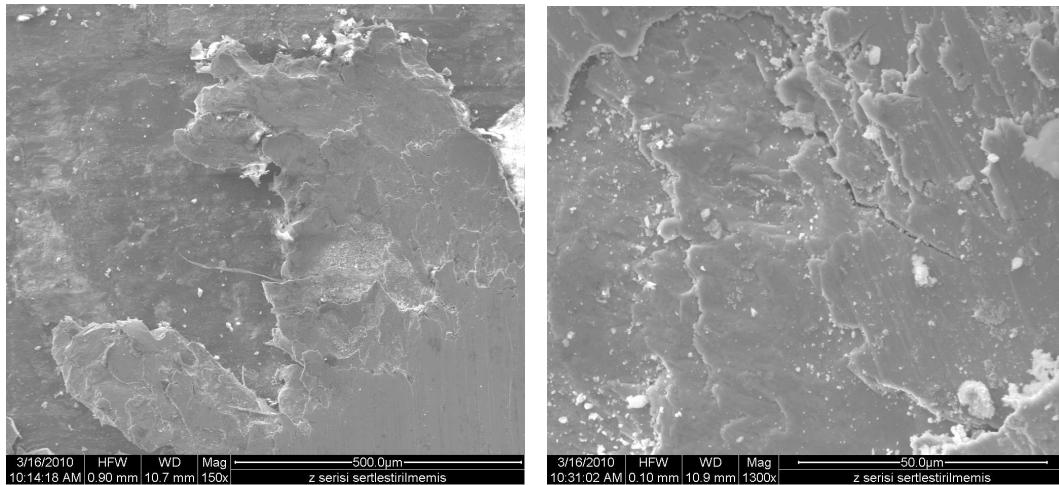
Şekil 4.24a İşlem görmemiş numunelerin (Z Serisi) ağırlık kaybının süreye bağlı değişimi



Şekil 4.24b İşlem görmemiş numunelerin (Z Serisi) ağırlık kaybının yüke bağlı değişimi

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.24'e göre, süre ve yük arttıkça aşınma miktarı da artmaktadır. Ancak şekilden, aşınma miktarındaki artışın sürekli arttığı görülmektedir. Aşınma miktarı 62N-82N yükler arasında artış az, 82N-102N yükler arasında ise daha fazla olduğu Şekil 4.24'den görülmektedir.

Aşınma yüzeyinin orta bölgesinden (Şekil 4.25b) ve uç bölgesinden (Şekil 4.25a) alınan SEM görüntüsü Şekil 4.25'de verilmiştir. Bu SEM görüntüsü incelendiğinde adhesiv aşınma yüzeyinde malzemenin yoğrulduğu (Şekil 4.25b) ve malzemenin taşınarak uç kısımda yığıldığı (Şekil 4.25a) görülmektedir.



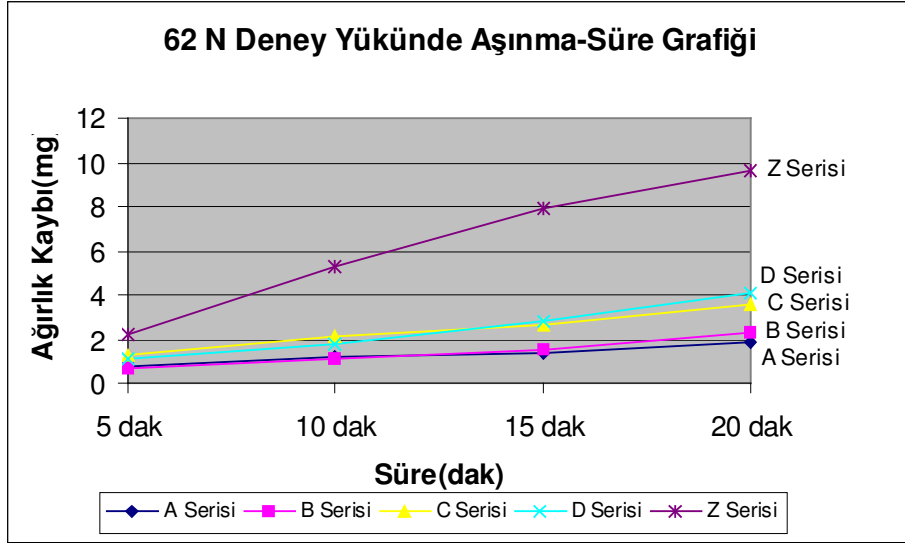
(a)

(b)

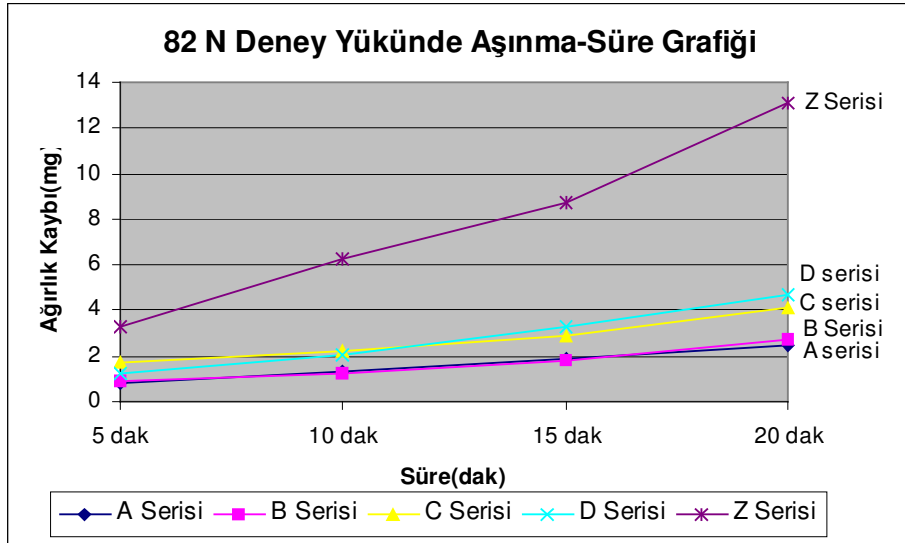
Şekil 4.25 Z-Serisi numunenin aşınmış yüzeyinden alınan SEM görüntüsü

4.4 Aşınma Değerlerinin Süreye Bağlı Değişimi

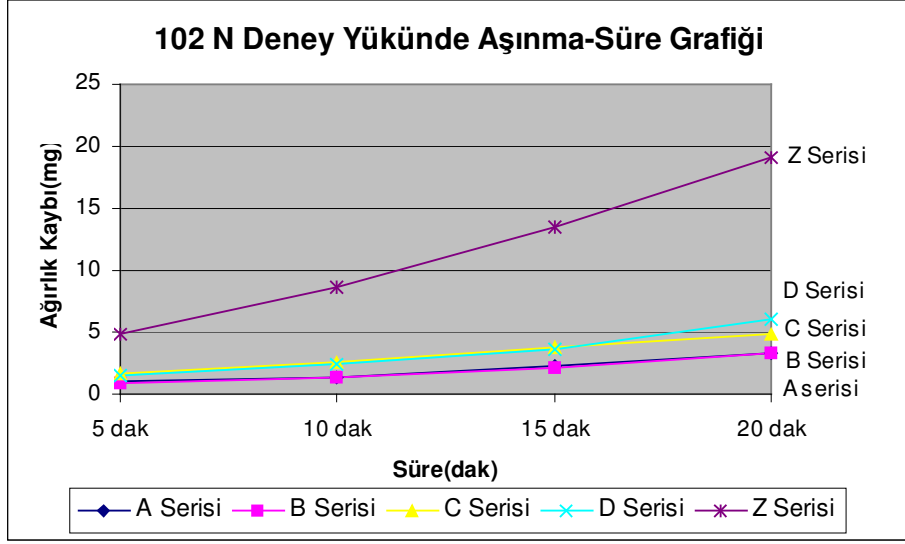
Aşınma numunelerinin farklı yükler altında zamana bağlı olarak aşınma deneyleri yapıldıktan sonra tespit edilen ağırlık kayıplarına ve süreye bağlı değişimleri gösteren grafikler Şekil 4.26; 4.27 ve 4.28 verilmiştir.



Şekil 4.26 62 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği



Şekil 4.27 82 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği



Şekil 4.28 102 N yükte ağırlık kaybı-süre değişim grafiği

Şekil 4.26; 4.27 ve 4.28’de verilen grafiklere göre sertleştirilmemiş numunelerin (Z serisi) aşınması çok daha fazla olarak ortaya çıkarken sertleştirilmiş ve kaynak edilmiş parçaların aşınmaları daha az olmuştur.

En az aşınma A ve B serisi numunelerde ortaya çıktığı Şekil 4.26; 4.27 ve 4.28’de görülmektedir. A serisi suda sertleştirilmiş ve Rockwell sertlik değeri 60 HRc; B serisi ise örtülü elektrotla kaynak edilmiş ve Rockwell sertlik değeri 62 HRc olduğu tespit edilmiştir. A serisinin suda sertleşmiş olması nedeni ile martenzitik içyapıya sahip olmuştur. Çünkü AISI 1050 çeliğinde martenzitik içyapının oluşması için yeterli karbon oranına (%0,5C) sahiptir.

B serisinin (örtülü elektrot ile yapılan kaynak dikişinin) aşınma direncinin daha iyi olması kaynak dikişinde fazla miktarda karbon ve sertleşebilirliği arttıran alaşım elemanlarından Cr, Mo, Nb, W ve V’nin yüksek oranda bulunmasıyla açıklanabilir. Dolayısıyla alaşım elemanlarının karbürleri de meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak ta karbürlerin yanı sıra hızlı soğuma ile içyapıda martenzit de oluşabilmektedir.

Bu nedenle de her iki serinin aşınma direnci fazladır. Yani daha az aşınmışlardır.

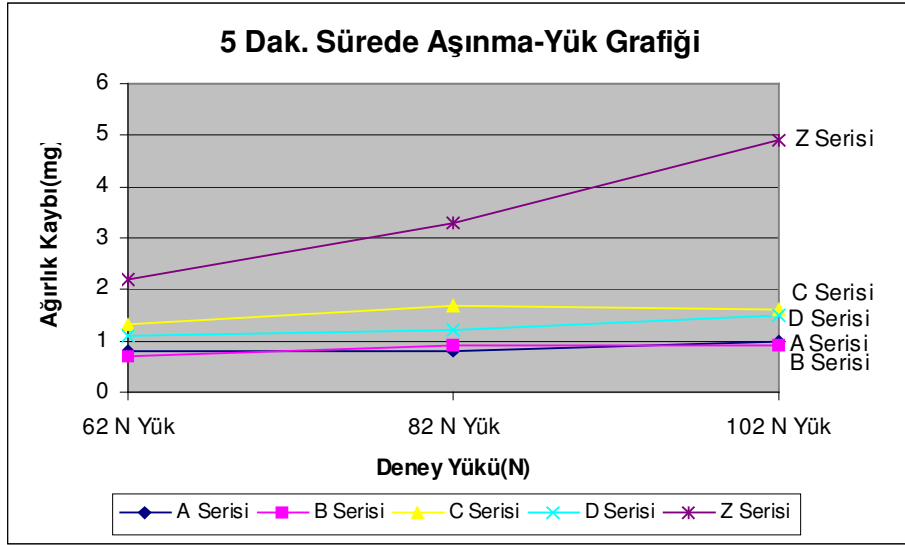
MAG kaynağında (C serisi) ise hızlı soğuma ile ortaya çıkan martenzitik yapı yanı sıra yüksek Mn oranının da sertliği artırması söz konusudur. Ancak tek alaşım elemanı olduğundan sertlik biraz düşük (59 HRc) olmuştur. Bu nedenle de bunun aşınma direnci A ve B serisine göre düşük çıkmıştır.

Özlu elektrot ile yapılan kaynakta (D serisi) ise yüksek Mn oranına bağlı olarak sertliğin artması söz konusu olup karbon oranı C serisi numunelerinden daha az olması nedeniyle martenzit oluşumu daha azdır. Bu nedenle sertlik değeri kaynaklı numuneler içinde en düşük olanıdır (57 HRC). Buna rağmen bunun aşınma miktarı C serisinininkine yakın çıkmıştır.

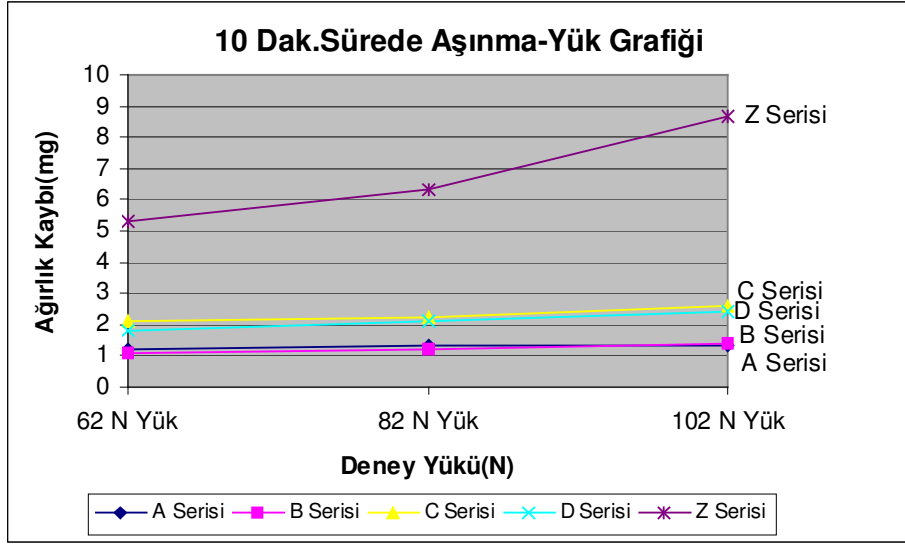
Sonuç olarak kaynaklı parçalar ile sertleştirilmiş parçalar süreye bağlı olarak daha az aşınırken, sertleşmemiş olan parçalar da aşınma daha fazla olmuştur. Diğer taraftan A ve B serilerinde aynı miktarda aşınma meydana gelirken C ve D serilerinde de aynı miktarda fakat A ve B serisine göre biraz fazla aşınma olmuştur. Buda A ve B serilerindeki martenzitik doku ile alaşım elemanı karbürlerine bağlanabilir.

4.5 Aşınma Değerlerinin Yüke Bağlı Değişimi

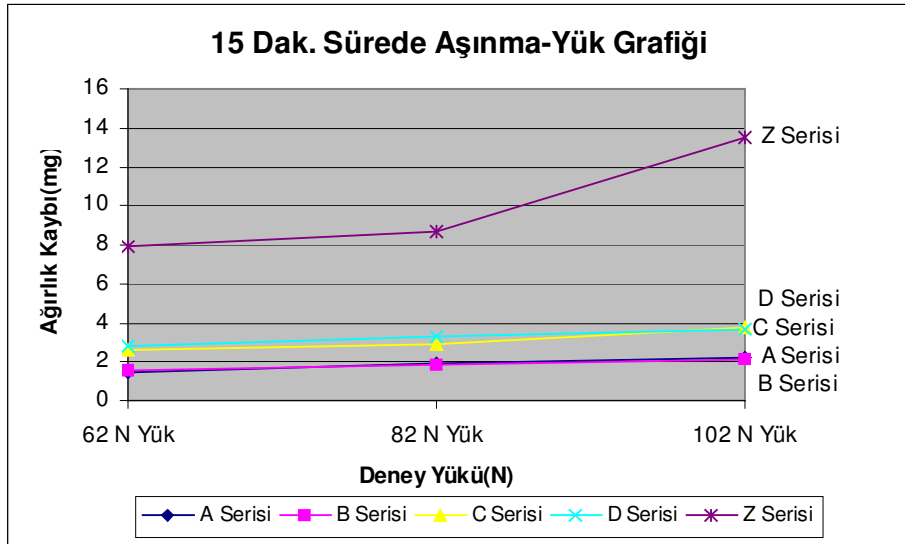
Aşınma numunelerinin farklı sürelerde değişik yükler altında aşınma deneyleri yapıldıktan sonra tespit edilen ağırlık kayıplarına ve yüke bağlı değişimleri gösteren grafikler Şekil 4.29; 4.30; 4.31 ve 4.32’de verilmiştir.



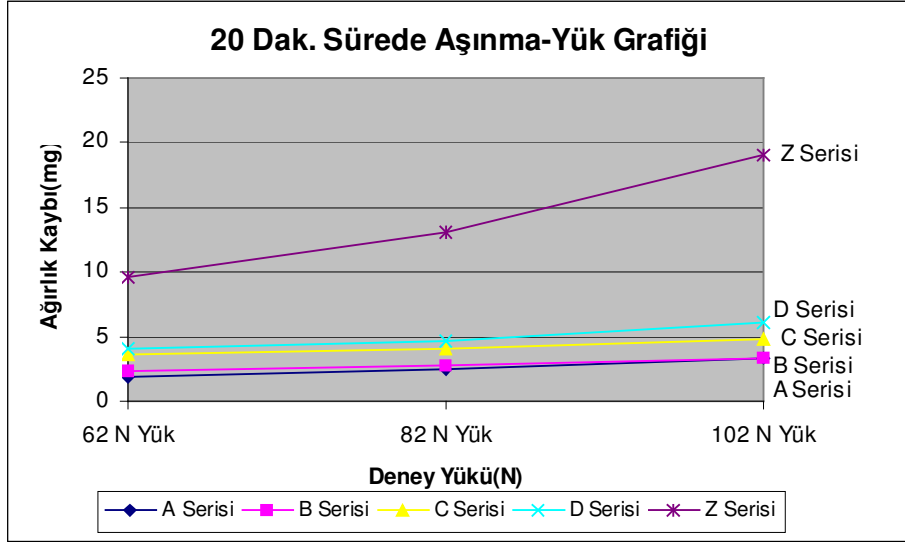
Şekil 4.29 5 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği



Şekil 4.30 10 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği



Şekil 4.31 15 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği



Şekil 4.32 20 dakika süredeki ağırlık kaybı-yük değişim grafiği

Şekil 4.29; 4.30; 4.31 ve 4.32 verilen grafiKlere göre yüKe bağlı olarak ortaya çıkan aşınma miktarı incelendiğinde kaynaklı parçalar ile sertleştirilmiş parçalar yüKe bağlı olarak daha az aşınırken, sertleşmemiş olan parça da aşınma daha fazla olmuştur. Diğer taraftan A ve B serilerinde aynı miktarda aşınma meydana gelirken, C ve D serilerinde de aynı miktarda fakat A ve B serisine göre biraz fazla aşınma olmuştur. 5 dak ve 10 dak sürelerde C serisi numuneler D serisine göre daha çok aşınma gösterirken, 15 dak ve 20 dak sürelerde D serisi numunelerin aşınmasının daha fazla olduğu görölmektedir. Tespit edilen bu hususlar Şekil 4.26; 4.27 ve 4.28 açıklanan sebeplere bağlı olarak meydana gelmiştir. Yani, A ve B serisindeki sertlik ve az aşınma oranı martenzitik doku ile alaşım elemanı karbürlerine bağlanabilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen ağırlık kaybı- süre değişim ve ağırlık kaybı-yük değişim grafiklerin değerlendirilmesi ile

Yükleme artıkça aşınma miktarının arttığı,

Aşınma süresi artıkça aşınma miktarının arttığı, aşınmadaki artışla parça yüzeyinde kopan parçaların birikerek aşınmayı daha da hızlandırdığı,

Aşınma bölgesi fotoğrafları incelendiğinde aşınma yerinde adhesif aşınma meydana geldiği,

En fazla sertlik değerinin örtülü elektrotla kaynaklanan numunede elde edildiği,

En iyi aşınma direncinin örtülü elektrotla kaynaklanmış ve sertleştirilmemiş parçalarda gözlemlendiği,

MIG kaynağı ve özlü elektrot kaynağının ise birbirine yakın fakat sertleştirilmiş ve örtülü elektrotla kaynaklanmış parçalardan daha fazla aşınma miktarları gösterdiği,

Sertleştirilmemiş numunelerde ağırlık kaybının diğer numunelere kıyasla çok fazla olduğu ve parçanın hiçbir işleme tabi tutulmadan kullanılması durumunda aşınmanın maksimum olacağı sonuçları elde edilmiştir.

Bu sonuçlar çerçevesinde numunelerde kullanılan örtülü elektrotla kaynak yapılması durumunda aşınma direncini en fazla arttıran yöntem olması sebebiyle aşınma altında çalışan parçaların gerekli kısımları kaynaklanarak ömürleri uzatılabilir.

Böylece parçaların tamamının sertleştirilmesi yerine ihtiyaç duyulan kısımlarının sertleştirilmesiyle maliyet ve işçilik azaltılabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçların uygulamaya aktarılabilmesi için kullanılacak yerin ve çalışma şartları belirlenerek oluşturulan modellerde deneyler yapılmasında fayda görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Korkut, M.H. (1991). Sürtünmeye Maruz Metalik Disklerin Aşınmış Bölgelerinde Dolgu Kaynak İşleminde Sonra Aşınma Özelliklerinin Değişiminin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri, Elazığ.
- [2] Öz Saraç, U. (2005). Raylı Taşıtlarda Teker Bandajı-Ray Sisteminde Dolgu Kaynağı Ve Sabo Parçalarının Aşınma Ve Yorulma Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri, Sakarya.
- [3] Oğuz, B. (1988). Özlü Tel Elektrodla Birleştirme ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayını, Kaynak Bilimi, Sayı 3, İstanbul.
- [4] Oğuz, B. (1988). Kaynak Koşulları Altında Sertlik-Soğuma Parametreleri Eğrileri-2, Oerlikon Yayını, Kaynak Bilimi, Sayı 2, İstanbul.
- [5] Oğuz, B. (1993). Aşınma Sorunları ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayını, Kaynak Bilimi, Sayı 2, İstanbul.
- [6] Macun, A. (1977). Kaynaklı Konstrüksiyon Tasarımına Giriş, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Dergisi, Sayı 242, İstanbul.
- [7] Gülbahar, B. (1991). Özlü Elektrotlar ve Uygulama Alanları, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Mühendis ve Makine, Cilt: 32, Sayı: 374, İstanbul.
- [8] Dikicioğlu, A. ve Vural, M. (1993). Sert Dolgu Kaynağı İle Tamir Bakım, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.
- [9] Yıldız, T., Koç, A. ve Gür, K. (2005). AISI 4142 Çeliğinin Elektrik Ark Kaynağı ile Yüzey Modifikasyonu Sonrası Aşınma Davranışının İncelenmesi, Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi, Elazığ.
- [10] Varol, F.(2006). Trenlerde Kayma Plakalarına Uygulanan Dolgu Kaynağı Uygulamalarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [11] Aydın, M. (1996). Kütahya-Seyitömer Linyit İşletmelerinde Kullanılan Kepçe Dişlerine Sert Dolgu Kaynağı Yapılarak Aşınmalarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- [12] Altınkök, N. (1997). Sert dolgu kaynağı ve plazma kaplamaların aşınma davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- [13] Tanyolaç, N.N.(1975). Castolin, Koruyucu Bakım Tekniği, Sevk ve İdare Dergisi, Sayı 87, İstanbul.
- [14] Cavcar, M.M. (1997). Sert Dolgu Malzemelerine Genel Bir Bakış, Oerlikon Yayını, İstanbul.
- [15] Gülenç, B. ve Kahraman N. (2003). Wear behaviour of bulldozer rollers welded using a submerged arc welding process, Gazi University, Institute of Science and Technology, Ankara.
- [16] Oğuz, B. (1993). Aşınma Sorunları Ve Dolgu Kaynakları, Oerlikon Yayını, Kaynak Bilimi, İstanbul.
- [17] Scholl, M., Devanathan, R. ve Clayton P. (1999). Abrasive and dry sliding wear resistance of fe-mo-ni-si and fe-mo-ni-si-c weld hardfacing alloys, Oregon Graduate Center, Beaverton, U.S.A.
- [18] Cavcar, M.M. (1997). Sert Dolgu Alaşımlarında Ürün Seçimi ve Uygulama, Oerlikon Yayını, İstanbul.
- [19] Markov, D.(1996). Laboratory tests for seizure of rail and wheel steels, Department of Metals, Railway Research Institute, Mytishchinskaya st.10, Russia.
- [20] Cavcar, M.M. (1998). Sert Dolgu Alaşımları Ürün Seçimi ve Uygulama, Oerlikon Yayını, İstanbul.
- [21] Anık, S. (1991). Kaynak Tekniği El Kitabı, Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü.
- [22] Durgutlu, A., Kahraman, N. ve Gülenç, B. (2005). Bakır ve çelik levhaların örtülü elektrot ve TIG Kaynak Yöntemleri ile Birleştirilmesi ve arayüzey özelliklerinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20/2, 183-189.
- [23] Gülöz, A. (1999). Özlü Tel Elektrotların Önemi ve Kaynak Özellikleri, Mühendis ve Makine, 488/41, 35-40
- [24] Eyre, T.S. (1978). The mechanisms of wear, Tribology International,
- [25] Çömez, E. ve Çelik, H. (2004). Kobalt esaslı elektrotlarla kaplanan malzemelerin iç yapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 633-641
- [26] Çetinkaya, C.(2000). Pulluk uç demirlerinin kum havuzunda kaynaklı ve kaynaklı halde aşınmaya karşı dayanımlarının tespit edilmesi, Politeknik Dergisi, 3, 55-60

- [27] Yılmaz, R., Gedikli, M. ve Barlas, Z. (2005). Hardox 400 çeliğinin sert dolgu kaynağında paso sayısının sertliğe, aşınmaya ve mikro yapıya etkisi, Teknoloji, 1, 57-64.
- [28] Durgutlu, A., Kahraman, N. ve Güleç, B. (2008). Al-Si alaşımının TIG kaynağında darbeli akımın mikro yapı, sertlik, eğme ve çekme dayanımına etkisi, Politeknik Dergisi, 4,339-344.
- [29] Akay, S.,Sarı, N.Y. ve Kaluç, E. (1998). Aşınmayı önlemede etkili yöntemler: Bölüm 3 Dolgu Kaynağı, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
- [30] Sevik, A. ve Eryurek, B. (1997). Çeliklerde, ısı tesiri altında kalan bölgenin temperleme sonrası sertliğini hesaplamak için geliştirilen bir yöntem, Mühendis ve Makine, 448/38,38-40.
- [31] Sinan U., Halil A., Galip S. (2006). 4 Farklı Çeliğin Bazı Mekanik Özelliklerine Fe-FeC Faz Diyagramında A1-A3 Arasında Yapılan Isıl İşlemlerin Etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, Afyonkarahisar.
- [32] Oerlikon Kaynak Elektrodları ve Sanayi A.Ş. Ürün Kataloğu

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	İnci (İnanç)Kisecik
Doğum Yeri ve Tarihi	Rize, 06/05/1981
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	MSB Ankara İnşaat Emlak Bölge Başkanlığı, ANKARA
E-posta Adresi	inci_81@yahoo.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Merzifon Anadolu Lisesi, 1999
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 1999-2003
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2003-

İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi	Öğrenci Araştırma Görevlisi, 2003-2004
Milli Savunma Bakanlığı	Makine Mühendisi, 2004-

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler