

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GGG70 DÖKME DEMİR YÜZEYİNE AŞINMAYA
DAYANIKLI CrC İLE KAPLANABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI

Mustafa KANDIRAN

Yüksek Lisans Tezi
Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. İlyas SOMUNKIRAN

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GGG70 DÖKME DEMİR YÜZEYİNE AŞINMAYA DAYANIKLI CrC İLE
KAPLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mustafa KANDIRAN
(121131101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih:

Tez Danışmanı: Yrd. Doç Dr. İlyas SOMUNKIRAN

Diğer Juri üyeleri:

AĞUSTOS 2017

ÖNSÖZ

Gerek lisans eğitimimde gerekse yüksek lisans çalışmalarımda bilgisi ve deneyimi ile örnek aldığım, çalışmalarında beni hep daha çok çalışmam konusunda olumlu bir şekilde teşvik eden, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İlyas SOMUNKIRAN'a; Eğitim hayatım boyunca hep olumlu tavsiyelerde bulunarak motive edici özelliğinden faydalandığım Prof. Dr. Bülent KURT hocama ve laboratuvar çalışmalarında bana desteğini esirgemeyen Soner BUYTOZ hocama sonsuz teşekkürlerimi sunar, Hayat boyu mutlu olmalarını gönülden dilerim.

Eğitimim boyunca defalarca kez yalnız bıraktığım ve olmam gerektiği zaman çoğunlukta yanlarında olmadığım Eşim Olcay KANDIRAN ve oğlum Alican KANDIRAN'a sabırlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ELAĞİĞ 2017
Mustafa KANDIRAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
GRAFİKLER LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR.....	XI
1. GİRİŞ	1
2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER	3
2.1. Küresel Grafitli Dökme Demirin Özellikleri	3
2.2. Mikro Yapı incelemesi.....	4
2.3. Dökme Demirin Kullanım Alanları	5
2.4. Küresel Grafitli Dökme Demirlerin imalatı	5
2.5. GGG70 Küresel Grafikli Dökme Demirin Özellikleri.....	6
2.6.GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demirin Mikro Yapısı.....	6
3.YÜZEY İŞLEMLERİ	8
3.1. Yüzey Karbürleme	8
3.2. Yüzey Nitrürleme	9
3.3. Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi CVD	10
3.4. Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi PVD.....	11
3.5. Jet buhar Biriktirme Yöntemi JVD	13
3.6. Termoreaktif Difüzyon TRD	13
3.6.1. Temel Prensipler	14
3.6.3. Kutu Sementasyon.....	15
3.6.4. Uygulama Alanları	15

4. DENEYSEL OLARAK YAPILAN ÇALIŞMALAR	17
4.1. Deney Çalışmalarında Kullanılan Malzemeler	17
4.2. TRD Kaplama Aparatları	18
4.3. Numune Hazırlama	19
4.4. Termoreaktif Difüzyon (TRD) Kaplama İşlemi	20
4.5. Mikrosertlik Analizi	21
4.6. Metelografik Muayene.....	22
4.7. X Işınları Analizi	22
4.8. Aşınma Testi.....	23
5. YAPILAN DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	24
5.1. Deney Sonuçları ve Tartışma.....	24
5.2. GGG70 Dökme Demire CrC kaplamasının Mikroyapı Sonuçları	24
5.3. CrC Kaplanan Numunelerin Mikrosertlik Sonuçları:	36
5.4. XRD Analizi	40
5.5. Aşınma Testi.....	41
6. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER	45
6.1 Genel Sonuçlar	45
6.2. Öneriler	46
KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ÖZET

GGG70 Dökme Demirin Aşınmaya Dayanıklı CrC İle Kaplanabilirliğinin Araştırılması

Makine parçalarının ve takımların kullanım süreleri aşınma ve korozyon nedenleri ile sınırlıdır. Bu nedenle aşınma ve korozyonun önlenmesi, her geçen gün ekonomik anlamda daha büyük önem kazanmaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak ve takım ömürlerini uzatmak için yeni nesil takım çelikleri üretilmektedir. Ancak, takımlarda kullanılan malzemeleri daha pahalı olan yenileri ile değiştirmek yerine, yalnızca yüzeylerinin aşınma, korozyon vb. özelliklerini geliştirmek soruna ekonomik ve pratik bir yaklaşımdır. Bu sebeple sert seramik film, karbür ve kompozit kaplamalar son yıllarda büyük bir gelişim göstermiştir. Bu kaplama yöntemlerinin en önemlileri, kimyasal buhar biriktirme (CVD) ve fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemleridir. CVD yönteminde kaplama parçalarının distorsiyon tehlikesi, PVD yönteminde ise tesis kurma ve çalıştırma ileri teknoloji gerektirdiğinden oldukça pahalı sistemlerdir. Bu nedenle, daha ekonomik ve benzer sonuçların sağlandığı yöntemler arayışı sonrasında termoreaktif difüzyon (TRD) yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle yüksek teknolojiye gerek duyulmadan aynı özellikteki kaplamaları gerçekleştirmek mümkün olmuştur. TRD yönteminin katı ortamda yapılması literatürde Kutu Sementasyon Tekniği olarak da adlandırılmıştır. Bu çalışmada, GGG70 dökme demir yüzeyi Tüp Sementasyon Tekniği kullanılarak CrC kompozit tabakası ile kaplanarak, sertlik ve aşınma özellikleri ve bu sayede de GGG70 dökme demirden yapılan merdane ömürleri artırılacaktır. Bu amaçla, belirli boyutlardaki çelik parçaların kaplanabileceği model olabilecek bir Tüp Sementasyon sistemi kurulacaktır. Kurulacak olan sistem kullanılarak gerekli deneysel çalışmalar yapılacağı gibi özellikle sanayiye dönük olarak kullanılan ve GGG70 dökme demirden üretilmiş, merdanelerin kaplama işleminin gerçekleştirilmesi de hedeflenmektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde yaklaşık 5-15 mikron kalınlığında CrC kompozit tabakasının elde edilmesi beklenmektedir. Böylece, malzemelerin takım ömürlerinin artırılmasıyla ülke ekonomisine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dökme Demir, Krom-Karbür, Kaplama, Mikro Yapı

SUMMARY

GGG70 Cast Iron With Wear-Resistant Chromium Carbide Coated With

Machine parts and tools are limited by wear and corrosion in the service conditions. For this reasons, the protection of these materials in the corrosive environment and wear conditions is of major importance, especially for economic reasons. To solve these problems and having more service life, the new generation tool steels are produced. Instead of changing materials used in machine parts with new and more expensive ones, just improving the surface properties such as wear and corrosion is economical and a practical approach to the problem. For this reason, hard ceramic film, carbide and composite coatings have shown vast improvement in recent years. Chemical vapor deposition (CVD) and physical vapour deposition (PVD) techniques have the most important coating techniques. CVD can lead to the heavy distortion of the treated parts and PVD requires expensive and complicated equipment. Therefore, after the searching for methods that are more economical but having the same results, thermoreactive diffusion (TRD) method has been developed. Solid State TRD process also have been referred in the literature as Pack Cementation Technique. In this study, GGG70 cast iron surface is coated with CrC composite layer by Tube Cementation Technique, and hardness and abrasion properties and roll life of GGG70 cast iron are increased. For this purpose, a tube cementation system will be installed, which can be a model for steel parts of certain sizes. The necessary experimental work will be done by using the system to be installed. It is also aimed to carry out the coating process of the rolls which are produced especially for industrial use and made of GGG70 cast iron. As a result of the studies done, it is expected to obtain a CrC composite layer with a thickness of about 5-15 microns. Thus, it is aimed to contribute to the economy of the country by increasing the tool life of the materials

Key Words: Cast Iron, Chromium Carbide, Coating, Structure, Etching

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 4.1. Kaplama Potası.....	18
Şekil 4.2. Kaplama Sıcaklık Fırını	18
Şekil 4.3. Hassas Numune Kesme Cihazı	19
Şekil 4.4. Kaplamadan Önce Numune	20
Şekil 4.5. Kaplamadan Sonra Numune	20
Şekil 4.6. Sertlik Ölçme Cihazı	21
Şekil 4.7. SEM Mikroskobu	22
Şekil 4.8. X Işını Cihazı	23
Şekil 5.1. 800 °C'de 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	25
Şekil 5.2. 800 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	25
Şekil 5.3. 800 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	26
Şekil 5.4. 800 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi ve EDX Sonucu .	26
Şekil 5.5. 900 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	27
Şekil 5.6. 900 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	28
Şekil 5.7. 900 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	28
Şekil 5.8. 900 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi ve EDX Sonucu .	29
Şekil 5.9. 1000 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	30
Şekil 5.10.1000 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	30
Şekil 5.11.1000 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	31
Şekil 5.12.1000 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi ve EDX Sonucu	32
Şekil 5.13.1100 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	33
Şekil 5.14.1100 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	33
Şekil 5.15.1100 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	34
Şekil 5.16.1100 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi	34



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Küresel Grafitli Dökme Demir Kimyasal Özellikleri.....	3
Tablo 5.1. 800 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.	36
Tablo 5.2. 900 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.	37
Tablo 5.3. 1000 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.	38
Tablo 5.4. 1100 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.	39
Tablo 5.5. Aşınma deneyi krater çapları.....	42



GRAFİKLER LİSTESİ

	Sayfa No
Grafik 5.1. 800 °C sertlik değerleri	36
Grafik 5.3. 1000 °C sertlik değerleri	38
Grafik 5.4. 1100 °C sertlik değerleri	39
Grafik 5.5. 800 °C’de kaplanan numunden alınan XRD analizi	40
Grafik 5.6. 900 °C’de kaplanan numunden alınan XRD analizi	41
Grafik 5.7. 1000 °C’de kaplanan numunden alınan XRD analizi	41
Grafik 5.8. Aşınma deneyi grafiği (5N)	43
Grafik 5.9. Aşınma deneyi grafiği (15)	43
Grafik 5.10. Aşınma deneyi grafiği (10N)	44

KISALTMALAR

°C	: Santigrat derece
AISI	: American Iron and Steel Institute
Al₂O₃	: Alümina
B	: Bor
Br	: Brom
C	: Karbon
Cl	: Klor
Cr	: Krom
Cr	: Krom
CrC	: Kromkarbür
CVD	: Kimyasal buhar biriktirme
DIN	: Deutsches Institut Für Normung
GPa	: Gigapaskal
HRC	: Rockwell C sertliği
HV	: Vickers sertliği
I	: İyot
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
N	: Azot
Nb	: Niobyum
NbC	: Niobyumkarbür
nm	: Nanometre
PVD	: Fiziksel buhar biriktirme
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
SiO₂	: Silisyum oksit
TRD	: Termoreaktif difüzyon
V	: Vanadyum
VC	: Vanadyumkarbür
µm	: Mikronmetre

1. GİRİŞ

TRD (ThermoreactiveDiffusion) yöntemiyle takım çeliklerin ömürleri 2 ila 20 kat artırılmıştır. Bu sisteme göre boraks tuz banyosu içine ilave edilen Ti, Ta ve Cr gibi güçlü karbür ve nitrür yapıcı elementler, çelik yüzeyindeki karbon ve azotla birleşerek yüzeylerde metalik karbür, nitrür ve karbo-nitrür tabakalar oluştururlar. Bu yöntem, bilimsel çevrelerde TRD, endüstride ise TD prosesi olarak bilinmektedir. [2]. Bu yöntemin sıvı ortamda değil de katı ortamda gerçekleştirilmesi aynı zamanda Kutu Sementasyon tekniği olarak da adlandırılmıştır. [15].

Bu güne kadar yapılan bilimsel çalışmalar içerisinde Kutu Sementasyon yöntemi kullanılarak herhangi bir çelik üzerine belir bir süreye kadar Ti-Fe-C kompozit kaplamalara rastlanmamıştır. Ancak Kutu Sementasyon dışında farklı yöntemler kullanılarak bu tip kaplama çalışmaları yapılmıştır. Wilhelmsson ve arkadaşları magnetron püskürtme yöntemini kullanarak Ti-Fe-C nanokompozit ince film kaplamanın tribolojik özelliklerini araştırmışlar ve bu tabakanın çok iyi bir aşınma direnci sergilediğini vurgulamışlardır. [15]. Xibao ve arkadaşları Plazma transfer ark (PTA) yöntemini kullanarak çelik yüzeyini Ti-Fe-B-C kompozit tabakası ile kaplamışlar ve yüksek sertlik ve çatlamalara karşı dirençli bir kaplamanın meydana geldiğini vurgulamışlardır. Jing ve arkadaşları toz metalurjisi yöntemini kullanarak demir esaslıFe-(Ti,V)C takviyeli bir kompozit üretmişler ve kuru ortamlarda ve yüksek yüklemelerde mükemmel aşınma direnci sergilediğini kaydetmişlerdir. Krasnowski ve Kulik, mekanik alaşımlama yöntemini kullanarak Fe-Al-Ti-C nanokompozit üretmişler üretimde reaktif öğütme özelliklllerini incelemişlerdir. Wang ve arkadaşları plazma püskürtme yöntemini kullanarak Ti-Fe-C sermet kaplama yapmışlar ve mikroyapı özelliklerini araştırmışlardır. Liang ve arkadaşları, vakum ark plazma yöntemini kullanarak H13 çeliği üzerinde Ti-Fe-C filmi oluşturmuşlar ve mükemmel korozyon direncine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Skarvelis ve arkadaşları, plazma trasfer ark yöntemiyle Fe-Ti(Mo)-C kompozit kaplamalar üzerinde çalışmışlar ve kendinden yağlamalı yüksek aşınma direncine sahip kaplama tabakaları elde etmişlerdir [15].

Makine parçalarının ve takımların kullanım süreleri aşınma ve korozyon nedenleri ile sınırlıdır. Bu nedenle aşınma ve korozyonun önlenbilmesi, her geçen gün ekonomik anlamda daha büyük önem kazanmaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak ve takım ömürlerini uzatmak için yeni nesil takım çelikleri üretilmektedir. Ancak, takımlarda

kullanılan malzemeleri daha pahalı olan yenileri ile değiştirmek yerine, yalnızca yüzeylerinin aşınma, korozyon vb. özelliklerini geliştirmek ise soruna ekonomik ve pratik bir yaklaşımdır. Bu sebeple sert seramik film, karbür ve kompozit kaplamalar son yıllarda büyük bir gelişim göstermiştir.

Bu kaplama yöntemlerinin en önemlileri, kimyasal buhar biriktirme (CVD) ve fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemleridir. CVD yönteminde kaplama parçalarının distorsiyon tehlikesi, PVD yönteminde ise tesis kurma ve çalıştırma ileri teknoloji gerektirdiğinden oldukça pahalı sistemlerdir. Bu nedenle, daha ekonomik ve benzer sonuçların sağlandığı yöntemler arayışı sonrasında termoreaktif difüzyon (TRD) yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle yüksek teknolojiye gerek duyulmadan aynı özellikteki kaplamaları gerçekleştirmek mümkün olmuştur. TRD yönteminin katı ortamda yapılması literatürde Kutu Sementasyon Tekniği olarak da adlandırılmıştır.

2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

GGG70 Dökme demirinde bulunduğu bu türde dökme demirler, sfero, nodüler vb. olarak ta bilinir. Standartlarda adı “Küresel Grafitli Dökme Demir” olarak bilinir. Küresel grafitli dökme demir, adını bünyesinde bulunan grafitlerin küresel biçimde oluşundan alır. Bu durum nedeni sıvı kır dökme demire genellikle az miktarda magnezyum (veya seryum, kalsiyum, lityum) ilavesiyle elde edilir [15]. Ekonomikliği sebebiyle Mg sanayide yaygın olarak kullanılır. Günümüzde birçok yerde; gri dökme demir, dökme çelik ve demir olmayan birçok alaşımların yerine yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu işlevselliği çeliğin mekanik özelliklerine, dökme demirin fiziksel ve üretim özelliklerine sahip olmasıyla kazanmıştır.

Küresel grafitli dökme demirin kimyasal bileşimi genel olarak aşağıdaki tablo içinde gösterilmiştir. (Tablo2.1)

Tablo 2.1. Küresel Grafitli Dökme Demir Kimyasal Özellikleri

Karbon (C)	Silisyum (Si)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)	Magnezyum (Mg)
3,00 – 4,00	2,00 – 3,00	0,1 – 0,9	0,10 (max)	0,02 (max)	0,030 – 0,080

2.1. Küresel Grafitli Dökme Demirin Özellikleri

Çekme mukavemeti yapısına ve uygulanan işlemlere göre çeşitlilik göstererek 35 kg/mm² ile 100 kg/mm² arasında değişir. Akma noktaları oldukça yüksek olduğundan ağır yükleri kalıcı deformasyon olmadan taşıyabilirler. Küresel grafitli dökme demirlerin elastisitemodülüde iyi derecededir.

Dayanma oranları (Yorulma mukavemeti / Çekme mukavemeti) dövme karbonlu çeliklerden yüksektir. Dirençleri de dökme demirlerin genel karakteristiğinde olduğu gibi oldukça yüksektir.

Dinamik ve statik yükler altında geliştiği güzel dağılmış gerilmeler oldukça mukavimdirler. Titreşim sönümlemeye dökme demirlerden zayıf olsa da çeliğe göre oldukça iyidir. Bünyesinde bulundurduğu küresel grafitlerin çatlakların ilerlemesine karşı gösterdikleri tepki sayesinde küresel grafitli dökme demirler ani sıcaklık değişimlerinde

oluşan termik şoklara karşı oldukça dayanıklı olurlar. Çelikten daha iyi korozyon direncine sahiptirler. Talaşlı işlemeye uygundurlar. Çeliğe uygulanan ısıtma işlemleri; küresel grafitli dökme demirlere de uygulanabilir. Bu sebepten de kendine geniş bir kullanım sahası bulur. Düşük yoğunluğu sayesinde, aynı boyutlarda çeliğe nazaran ağırlığı %10 daha az olduğu görülür[15].

Düşük sürtünme katsayısı sayesinde dişli kutularında verimli olur. Dökülecek parçaların kesit bakımından sınırlandırılmasına gerek yoktur.

2.2. Mikro Yapı incelemesi

Küresel grafitli dökme demir eldesinde katılaşmada ilk görülen yapı östenittir. Bu sıradan metalik olmayan kalıntılar ve östenit içinde çözünebilen maksimum karbon miktarını aşan karbon grafit olarak ayrışır. Östenit içindeki maksimum karbon çözünürlüğü yaklaşık olarak; $\%C + 1/3 \%Si = 2$ 'dir.

Sıcaklık düştükçe östenit içinde karbon çözünürlüğünün azalması nedeniyle östenitik yapıdan ayrılan karbon difüze olarak grafit halinde toplanır. Ayrıldığı bölgeyi karbonsuzlaştırarak ferrit oluşumunu sağlar. Ferritik yapı küresel dökme demir üç farklı şekilde elde edilebilir;

1. Sıvı küresel dökme demirin katılaşmasını çok yavaş bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak
2. Dökme demirin ağırlığına göre % 0,20 Magnezyum karbür alaşımını kullanmak
3. Perlitik olarak küresel dökme demir tavlama.

Ferritik yapı yüksek uzama kabiliyetine sahiptir. Ferrit oluşumu, perlit nispeten yüksek sıcaklıklarda başlar ve perlit oluşumuyla devam ederek perlit oluşumu tamamlanmadan biter. Perlit oluşumu daha düşük sıcaklıklara kadar devam eder.

Küresel grafitli dökme demirlerde ferrit ve perlit miktarlarının birbirine göre oranları, malzemenin kimyasal bileşimi ile soğuma hızına bağlıdır ve malzemenin çekme, akma, uzama ve sertlik gibi mekanik özelliklerini doğrudan etkilerler.

Perlitik: Ferrit oluşumunun aksine, soğuma hızının artışıyla difüzyona fazla zaman kalmaz ve difüze olamayan (tane sınırı alaşım elementlerinin inklüzyonları vb. sebebiyle) karbon Fe_3C oluştururken hemen yanndaki bölgeyi karbonsuzlaştırarak perlit yapısını oluşturan ferrit ve sementiti oluşturan bu yapıda alaşım serttir ve mekanik özellikleri iyidir.

Ostenitik: Grafitler bir miktar küreselliklerini yitirirler. Korozyona dayanklıdır ve yüksek mekanik özelliklere sahiptirler. Ni ihtiva ederler.

İgneliKüresel: Su verme ve temperleme işlemleriyle, küresel grafitli dökme demirin yapısını değiştirerek elde edilebilirler. Yüksek mekanik mukavemeti ve sertliği vardır.

2.3. Dökme Demirin Kullanım Alanları

Küresel grafitli dökme demirler birçok malzemede kullanılabilirler, özellikle bunlar mukavemet ve sertlik gerektiren durumlarda. İyi dökülebilirlik ve düşük maliyetiyle beraber, madencilikten, metalürjiye, makine, ziraat, inşaat, kimya, ulaştırma v.b. birçok alanda kullanılmaktadır.

Bunlar içinde; kırıcı gövdeler, konveyör dirsekleri, pompa gövdeleri, alüminyum ve kurşun ergitme potaları, cüruf potaları, pres makineleri, kalıplama dereceleri, sıcak hadde merdaneleri, hidrolik presler, silindirler, krank presleri dişlileri, akslar, dişliler, diferansiyel dişli kutuları, traktör parçaları, transmisyon kutuları, pedallar, ön tekerlek çatalları, kreyn parçaları, beton karıştırıcı parçaları, yol inşaatı makineleri, kurutmasilindirler, uçak konstrüksiyonlarında, volanlar, tekerlek kalıpları, kompresör gövde ve kafaları, gaz türbini kompresör kutuları, brülör gövdeleri, fırın parçaları sayılabilir

2.4. Küresel Grafitli Dökme Demirlerin imalatı

Küresel grafitli dökme demirlerde sanayide genellikle küresel yapının eldesi için küreselleştirici etkisi olan Mg kullanılır. Mg hem ergime sıcaklığının düşüklüğü sebebiyle hem de kükürtle birleşmesi sebebiyle ancak özel işlemler sayesinde küresel grafitli dökme demirlerin dökümünde kullanılabilir. Küreselleştirici özelliğinden faydalanmak istenilen Mg'un kükürtle birleşmesi istenmez. Bu sebeple sıvı dökme demirde kükürt miktarının % 0,02'den az olması gerekir. Bu durumda sıvı dökme demirde eğer kükürt miktarı bu aradan fazlaysa kükürt giderme işlemi yapmak gerekir. Bunlar;

- Soda ilekükürtgiderme
- Kireçtaşilekükürtgiderme
- Kalsiyum karbür ile kükürt gidermedir.

Uygun koşullar elde edildikten sonra küreselleştirme için Mg ilavesi işlemine geçilir.

Mg 1 atmosfer basınç altında yaklaşık 650°C’de ergir ve 1120°C’de buharlaşır, alaşıma katılacağı sıcaklık aralığı ise yaklaşık 1350 - 1450°C arasındır. Bu durumda çok az miktarının bile sıvı demir içerisine ilavesi oldukça zordur. Bunun için birbirinden farklı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [1].

2.5. GGG70 Küresel Grafikli Dökme Demirin Özellikleri

Küreselleştirici elementlerin ve kükürdün dışında bileşimdeki karbon (c), silisyum (si), mangan (mn) ve fosfor (p)µm alaşımın özelliklerine etkileri gri dökme demirin özelliklerine olan etkileri gibidir. Bileşimdeki karbon (c) miktarı arttıkça alaşımın dayanımı azalır. Fosfor gri dökme demirde olduğu gibi küresel grafitli dökme demirde de alaşıma kırılganlık veren bir elementtir. Bu nedenle fosfor (p) alaşım içinde bulunabildiği minimum miktarda yani % 0,10 civarında tutulması zorunludur. Mangan (mn) karbürleştirici bir elementtir. Alaşımın sertliğini ve kırılganlığını arttırmamak için bileşimdeki mangan (mn) miktarı maximum % 0,50 civarında olmalıdır. Küreselleştirici elementlerin etkilerinin azalmaması için, küresel grafitli dökme demirin oluşumunda kullanılması en sınırlı olan element kükürt (s)tür. Bileşim içinde %0.02den fazla olmamalıdır.

2.6.GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demirin Mikro Yapısı

Yüksek sıcaklıklarda ostenit yapıya sahip olan küresel grafitli dökme demir, 735 °c ‘nin altındaki sıcaklıklarda değişik yapıya sahiptir. Ostenit içinde çözülebilen karbon (c) miktarı yaklaşık olarak %1dir. Karbon (c) ferrit içinde yok denecek kadar az çözülür. Bundan dolayı ostenitin ferrite dönüşümü sırasında %1 karbon ostenitten ayrışır. Ayrışan karbon karbür olarak oluşur ve mevcut küresel grafitler üzerinde katılaşır.

Ostenit içinde çözülen karbonun tamamı, küresel grafitte dönüşmeye zaman bulursa yapı ferritik ve bu yapı içinde gelişi güzel dağılmış küresel grafitlerden oluşur. Birçok hallerde ostenitten ayrılan karbon grafitlerin bulunduğu bölgelere kadar hareket edemez. Ve orada katılaşmaya zaman bulamaz. Bu durumda grafitler ince karbür tabakaları şeklinde oluşur. Bu karbürli tabakalar ferrit yapının devamlılığını bozar. Ferrit ve karbür tabakaları devamlı olarak birbirine bitişik şekilde oluşur. Böyle yapıya perlit adı verilir.

Bu tanıtımdan sonra küresel grafitli dökme demirin yapısında, yapı bileşenlerinden bir veya bir kaçını görmek mümkündür. Kimyasal bileşim ve kullanma alanı bu yapıların oluşumunda önemli rol oynar. [6].



3.YÜZEY İŞLEMLERİ

3.1. Yüzey Karbürleme

Karbürleme karbon için yüksek çözünürlüğe sahip östenitik yapıda 850-900 °C sıcaklıklarda yüzeye karbon eklenmesidir. Karbon çeliklerinde % 0.2 civarında bir ağırlık oranında olan çelikler için karbürleme işlemi yapılır ve işlem sonunda bu ağırlıkça oran 0.8-1.0 arasına gelmektedir.

Karbürleme sistemleri gaz ortamında karbürleme, tuz banyosunda karbürleme, vakum ortamında karbürleme ve son olarak da plasmakarbürleme yöntemi vardır. Karbürleme işlemi daha çok propan veya bütan gazlarıyla yapılmaktadır. Vakum ve plazma ortamında oksijenin bulunmaması çok faydalıdır [12].

Tuz banyosunda karbürleme için karbon verici olarak sodyum siyanür (NaCN) veya potasyum siyanür (KCN) kullanılır.

İlk reaksiyon siyanür tuzu ile havanın oksijeni arasında açığa çıkan NaCNO ayrışarak CO ve N verir. Ostenit fazdaki çelik CO ile reaksiyona girerek karbonu bünyesine alır. Bu arada bir miktar azot da çelik tarafından emilir.

Tuz banyosu için tuz seçimi istenilen karbürleme derinliğine ve buna bağlı olarak sıcaklık değerleri de istenilen sıcaklığa ayarlanabilir.

Gaz ortamında karbürleme son yıllarda en popüler kabuk sertleştirme yöntemi haline gelmiştir. Bu yöntem içinde parçanın bulunduğu hava sızdırmaz bir fırına karbürleyici gaz göndererek karbürleme işlemi yapılmaktadır ve oldukça güvenilir neticeler vermektedir.

Gaz ortamında karbürleme için karbon verici olarak metan, etan, propan gibi hidrokarbonlar kullanılır. Fırın atmosferinde oluşan gazın nem miktarı, çelik yüzeyinde elde edilecek karbon miktarını önemli derecede etkilemektedir. Nem miktarı gazın yoğunlaşma sıcaklığının tespiti ile ölçülebilir.

Kutu karbürleme diğer bir deyişle kutu sementasyonda genellikle karbon verici olarak odun kömürü kullanılır. Karbürlenecek parçalar çelik yada dökümden imal edilmiş kutu içine odun kömürüne gömülür. Ağız sıkıca hava almayacak şekilde kapatılır. Herhangi bir aktive edici veya katalizör gibi maddeler koyulmaksızın kömür ile meydana gelir. Ortam ısındıkça CO₂ zenginleşir. Ortamdaki karbon dioksit karbon ile birleşerek karbon monoksiti oluşturur. Sıcaklık artmasıyla karbon monoksitler birleşerek bir karbon saf halde bırakırlar. Bu serbest karbonlar östenitik yapıda çelik bünyesine dahil olarak karbürizasyon meydana

gelir. [13].

3.2. Yüzey Nitrürleme

Nitrürleme çeliklerin yüzeyini sertleştirmek için genellikle 500 – 590 ° C sıcaklıklar arasında yapılmaktadır. Bu sıcaklık aralıklarında N'un difüzyonla ferrit fazı içinde ara yer katı eriyiği olarak çözünmektedir. Difüzyonun ilerlemesiyle yüzeyde sert ve gevrek karakterli bileşik tabakaları ve bu tabakaların altında sert karakterli nitrür bölgesi oluşmaktadır. [11].

Nitrürler yüksek sertlik ve mukavemete sahip olan bileşiklerdir. Saf metaller ile kıyaslandığında nitrürlerin değerlerinin saf metallerinkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu özellikler ile nitrürler metallerden daha ziyade seramiklere benzemektedir. Ergime sıcaklığının yüksek olması bağ kuvvetinin yüksek olduğunun göstergesidir[9].

Gaz, banyo ve plazma nitrasyon olmak üzere 3 çeşit nitrasyon yöntemi vardır.

Gaz nitrasyonda, azot içeren gaz olarak genellikle amonyak (NH_3) kullanılır. Parçalar, kontrol atmosferli gaz sızdırmaz fırın içerisinde 500°C- 520°C e kadar yavaş yavaş ısıtılır. Azot difüzyonu için gereken sürenin sonunda, parça tekrar yavaş yavaş soğutulur ve malzeme yüzeyinde nitrür tabakası oluşur.

Banyo nitrasyon %25-%50 siyanür ve %50 siyanat içeren siyanür banyolarında yapılır. Banyo sıcaklığı genellikle 500°C-580°C arasındadır. Nitration sonrası parçalar suda ani olarak soğutulurlar. Banyo nitrasyonda bölgesel olarak kısmi daldırma yapılarak, bölgesel nitration yapılabilir.

Plazma nitrasyon yönteminde işlem N_2 , H_2 , Ar ve NH_3 gaz ortamında, 350°C-590°C arasında gerçekleştirilebilir. Nitrürpartiküllerinin oluşması için gerekli olan aktifleşme enerjisi, fırın cidarı ile parça arasında oluşturulan yüksek gerilim ile azot verilecek parçaya doğru ivmelendirilen iyonların parça yüzeyini bombardımanı sonucunda açığa çıkmaktadır. Plazma ile nitration işlemi sonrası en dışta beyaz tabaka ve onun altında da difüzyon tabakası olarak adlandırılan yapılar oluşur.

Nitrürlemenin uygulanma amaçları şunlardır:

- Malzeme yüzeylerinin aşınma direncinin artırılması,
- Korozyon dayanımının artırılması,
- Yorulma dayanımının yükseltilmesi,

- Yüksek hız çeliğinden imal edilmiş kesme takımlarında, soğuk ve sıcak iş çeliklerinde kullanım (servis) ömrünün uzatılması.

Nitrüleme ve nitrokarbürleme birçok gelişmiş ülkede endüstriyel anlamda kullanılan bir termokimyasal işlemdir.

- Otomobillerde dişli kutuları,
- Takım elemanlarında (kesme kalıp takımları, kalıplar),
- Basınçlı döküm parçaları,
- Pres parçaları,
- Hidrolik parçalar,
- Plastik üreten ve işleyen parçalar,
- Kamera ve projektör parçaları gibi küçük parçaların aşınmaya korunmasında kullanılmaktadır.

3.3. Kimyasal Buhar Biriktirme Yöntemi CVD

Kimyasal buhar biriktirme CVD yaygın olarak kullanılan bir yüzey işleme teknolojisidir. Uygulamaların çoğu katı ince filim kaplama şeklindedir. Ayrıca bazı kompozit malzemelerin imalinde de kullanılan bir tekniktir.

En basit şekilde CVD tekniği bir bölme içinde malzeme ısıtılır. Başka bir bu bölmeye bir gaz gönderilerek ısıtılan bu malzemenin üzerine akması neticesinde kaplama yapılır. Sıcak yüzeyde kapla işlemi meydana gelir ve malzemede ince bir filim kaplaması oluşur [3].

Kimyasal buhar biriktirme yöntemi çevreyle uyumuş (ısı, ışık, plazma gibi) reaktan gazların kimyasal reaksiyonu ve ayrışmasını içerir. Bu biriktirme yöntemi homojen gaz fazı reaksiyonları içermektedir. Heterojen kimyasal reaksiyonlar ise filmlerin ya da tozların etkileşimine yol açan ısıtılmış yüzeyin çevresine yakın yerlerde meydana getirmektedir. Bununla birlikte kimyasal buhar biriktirme (CVD) ayrışmış tozların üretiminde de kullanılmaktadır.

Kimyasal buhar biriktirme yöntemi buhar fazındaki kimyasal bir reaksiyondan ısıtılmış bir yüzey üzerine bir katının biriktirilmesi gibi tanımlanabilmektedir. Kimyasal buhar biriktirme yöntemi bir buhar transfer prosesi olmakla beraber doğadaki atomlarla ilgilidir. Biriktirme çeşitleri atomların, moleküllerin ve bunların kombinasyonlarıdır. Ayrıca kimyasal buhar biriktirme iyon kaplama, moleküler buhar kaplama, püskürtme ve

buharlaştırma gibi çeşitlerini de içermektedir. Ayrıca yeni proseslerin çoğu genişletilmiş plazma kimyasal buhar biriktirme ve aktif püskürtme gibi iki sistemin tamamen etkileşimi halindedir [4].

3.4. Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi PVD

1950'li yılların sonunda üretimlerin arttırılması amacıyla hızlı çalışan tezgâhlar üretilmiştir. Bu tezgâhların üretilmesiyle teknik adamların karşısına özellikle sert metal takımların ömrünün nasıl arttırılabileceği sorusu çıkmıştır. Söz konusu takımların ömrünü arttırarak, makine durma sürelerini en aza indirmek için yapılan araştırmalar sonucunda takımların üzerlerine TiN, TiCv.s. gibi sert tabakalar kaplanmaya başlandı. Bu çözüm sert metaller için uygun olmasına karşın ısıtma işlem görmüş takım çeliklerinde iyi sonuç vermedi. Bunun nedeni CVD (Chemical Vapour Deposition) adı verilen yöntemle yapılan kaplama ancak 1000°C -2000°C değerlerinde mümkün olabildiği için, hassas olarak işlenen, ısıtma işlem görmüş takım çeliklerinde (soğuk iş çelikleri, sıcak iş çelikleri ve yüksek hız çelikleri), sertlik kaybına ve ölçülerin değişmesine neden olmaktaydı. Alternatif kaplama teknikleri aranırken 1960'lı yılların sonunda Amerika'da ION-PLATING adlı bir PVD metodu geliştirildi. Bu metot 180°C -600°C arasındaki sıcaklıklarda, ısıtma işlem görmüş takım çeliklerini kaplama imkanı sağladı. Fakat tekniğin laboratuvar aşamasından, sanayiye geçerek, teknolojik anlamda kaplama yapılması 1970'li yıllarda ION-BOND metodu ile mümkün oldu. Bu yıllardan sonra, öncelikle kesici takımlara uygulanan kaplamalar geliştirildi. Daha yüksek devirli ve kuru çalışabilen tezgâhlar için AlTiN ve TiCN gibi kaplamalar geliştirilirken, şekil verme kalıpları (Enjeksiyon, Ekstrüzyon, Sıvama, Derin çekme vs) içinde CrN tipi kaplamalar geliştirildi. Modernizasyonlar ve yeni kaplama çeşitleriyle sanayide yüksek verimli, maliyeti düşük ve kaliteli malzeme üretiminde çok büyük aşamalar kaydedildi [15].

Fiziksel buhar biriktirme işlemi çoğunlukla ince tabaka prosesi olarak da isimlendirilir. Malzemenin bir kısmı katı veya sıvı kaynaktan atom veya molekül halde buharlaşıp vakumlu yada düşük basınçlı ortamdaki altlığa transfer edilir. Tipik olarak PVD birkaç nanometre yada birkaç mikrometre aralığında filim tabakası oluşturmakta kullanılır. Bunlarla birlikte kalın filim ve çok katlı kaplamalarda da kullanılır.

PVD Kaplamanın özellikleri ve faydaları aşağıda belirtilmiştir;

Özellikleri:

- Isıl işlem görmüş takım çeliklerinin 180°C-600°C arasında kaplanabilmesi ve parçalarda sertlik kaybı olmaması,
- Kaplanan tabakalarda çok yüksek tutunma kuvvetlerinin oluşması ve yüzeyden pul pul dökülmemesi,
- Sık dokulu kristal tabaka yapısının olması,
- Kaplama kalınlığının çok ince (1µm-5µm) olması ve parça toleransının muhafaza edilmesi,
- Kompleks geometrik parçaların döner mekanizmalarla homojen özelliklerde kaplanabilmesi,
- Köşelerin ve keskin uçların keskinliğinin bozulmadan kaplanabilmesi.
- Takımların ve kalıpların bilendikten sonra tekrar kaplanabilmesi,
- Kaplamaların sökülerek tekrar kaplama yapılabilmesi,
- Çalışan yüzeylerde malzeme sarma ve sıvanmasının önüne geçilmesi.

faidaları :

- Uzun ömür,
- Yüksek sertlik,
- Aşınmaya karşı daha dayanıklı yüzey,
- Kimyasal kararlılık,
- Biyolojik ve farmakolojik uygunluk,
- Yüksek kesme hızı,
- Düşük kesim gücü ile çalışma,
- Çapak birikintisinin önlenmesi,
- Kenar keskinliğinin aynı kalması,
- Çalışılan parçalarda yüzey pürüzlüğünün giderilmesi,
- Tekrar bilenebilme sayısının artması,
- Asit ve muhtelif sıcak gazlara karşı yüksek korozyon mukavemeti,
- Parça ve malzemenin kalıba yapışmasını engellemesi,
- Erimiş maddenin hızlı ve muntazam akışı,
- Erimiş malzeme giriş kanalının genişlemesini önlemesi,
- Montaj ve alet değiştirme zamanlarının ve makine durma zamanlarının azalması,
- Tamir, bakım ve yenileme işlerinde azalma,
- Yüksek verimlilik,

- Zaman, enerji, malzeme tasarrufu,
- Üstün kalite,
- Uygun fiyat,
- Kısa sürede teslimat. [15].

3.5. Jet buhar Biriktirme Yöntemi JVD

Jet buhar biriktirme kaplama bileşenlerini altlık malzeme taşımak için yüksek hızlı inert gaz püskürtme uçları kullanılır. Bu taşıma işlemi 1 torr basınç ile mekanik pompa vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu yeni sistem JVD kompleks parçaların daha ekonomik bir şekilde kaplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu kaplama yöntem, genellikle elektronik parçaların lehimlenmesine uygun olduğu görülmektedir.

Bu yöntem farklı tasarımlarda olabilir ancak ortak özellikleri düşük basınçlı odalarda yapılmaktadır. Hızlı bir gaz jet kaynağı vasıtasıyla genellikle 5000-10000 lt/dk aralığında mekanik bir pompa ile pompalanır. Jet kaynağı çıkış deliği 1cm çapında silindir ağzı ise 3' yani 7,62cm olan bir silindirdir. Gaz olarak ise helyum , argon veya azot gazı kullanılır. [15].

3.6. Termoreaktif Difüzyon TRD

Termoreaktif difüzyon (TRD) tekniği 1968 yılında Toyota firması ve T. Arai tarafından geliştirilmiştir. Termo reaktif difüzyon tekniği, Toyota difüzyon kaplama tekniği (TD) ve termal difüzyon tekniği isimleri ile de bilinmektedir.

TRD tekniği; çeliklerin yüzeyinde sert ve aşınmaya dayanıklı karbür, nitrür veya karbonitrür kaplamaların elde edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntemde altlık malzemede bulunan azot ve/veya karbon; karbür veya nitrür yapıcı elementlerle (krom, titanyum, vanadyum, niyobyum gibi) beraber kaplama oluşan bölgeye yayınrlar. Bu bölgede azot veya karbon; karbür veya nitrür yapıcı elementler ile birleşerek yoğun ve birbirine kimyasal bağlarla bağlı bir tabaka oluşturur.

TRD tekniğinde diğer yüzey sertleştirme tekniklerinden farklı olarak, karbon veya azot katkı maddeleri yardımıyla altlık yüzeyine yayınarak sertleştirme gerçekleşir. Yine diğer yayınma tekniklerinden farklı olarak TRD tekniğinde altlık yüzeyinde kontrollü bir oluşum söz konusudur. Oluşan kaplama kalınlığı 5 ile 20 µm arasında değişmekte olup, kullanım alanları fiziksel buhar biriktirme (PVD) ve kimyasal buhar biriktirme (CVD) teknikleri ile

aynıdır. Kaplama kalınlığı geleneksel CVD yöntemiyle karşılaştırıldığında, CVD kaplamalar genellikle 25 µm kalınlığın altındadır. Bu yönden bakıldığında TRD ile CVD kaplamalarda kalınlığının birbirine yakın olduğu söylenebilir. [15].

Termoreaktif difüzyon prosesi; vanadyum (V), niobyum (Nb), titanyum (Ti), krom (Cr) gibi elementlerin 800 - 1250 °C sıcaklığındaki tuz banyosundan metal yüzeyine difüzyon ile nüfuz ettirilmesi sayesinde yüzeyde sert bir karbür tabakasının oluşturulması yöntemidir. Elde edilen yüzey tabakaların sertliği, metal - karbürlerin (TiC, NbC, VC, Cr₂₃C₆) cinsine bağlıdır ve altlık malzemenin sertliğinden bağımsızdır. Bu karbür tabakalarının aşınmaya karşı dirençleri çok yüksektir.

Yük altında çalışan malzemelerde altlık malzemenin sertliğinin, kaplamanın çökmesine sebep olacak kadar yumuşak olmaması gerekmektedir. Sert tabakalar içinde en kararlı ve sert olanı TiC'dir ve sertliği 3200-3800 kg/mm² arasında değişmektedir. Diğer tabakaların sertlikleri; VC: 2900 - 3200 kg/mm² NbC: 1800 - 2500 kg/mm² ve Cr₂₃C₆: 1600 - 2000 kg/mm² aralığındadır.

Termoreaktif difüzyon prosesi; katı ortamda, akışkan yatak ortamda ve erimiş boraks banyosunda yapılmaktadır[5].

3.6.1. Temel Prensipler

TRD yöntemi gibi termokimyasal difüzyon yöntemleri birçok değişkenden etkilenir. Her defasında problemlerin optimal çözümleri, parametrelerin birbirine göre ayarlanması deneysel çalışmalar sonucu olmaktadır .

Difüzyonal kaplama işlemleri bir kutu içerisinde 900 – 1100 °C'deki bir fırında genellikle 2 ila 5 saat süre ile uygulanır. Bu süre ve sıcaklıklar üretilecek tabaka cinsi ve tabaka kalınlığına bağlı olarak değiştirilebilir. Numunenin soğuması genellikle kutu tozları içinde olmaktadır. Ayrıca fırın dışında soğutma şeklinde yapılan çalışmalar da mevcuttur.

TRD prosesinde verici (kaynak) olarak genellikle bulunması kolay ve ucuz olan ferro alaşımlar kullanılmaktadır. Ferro alaşımları mümkün olan en yüksek tenöre sahip olanları seçilir. Ayrıca ferro alaşımlara nazaran daha pahalı fakat saflığı yüksek metal tozları ile çalışmak da mümkündür. [4].

Proseste kullanılan altlığın karbon içeriğine bağlı olarak, düşük karbon miktarında metalik tabakalar (alüminyum, krom, titanyum, silisyum), yüksek karbon içeriğinde ise

kullanılan ferro alaşımların cinsine bağı olarak da seramik esaslı tabakalar (krom karbür, titanyum karbür, vanadyum karbür vb.) elde edilir. Ortamdan gelen alaşım elementlerine bağı olarak, karbon, azot içeriğinin fazla olmasına rağmen var olan intermetalik bileşiklerde oluşmaktadır (Fe_2Al_5 gibi).

TRD prosesi ile fırında soğutularak üretilen kaplamalar, altlığın mukavemetinin artırılması amacıyla ısıtılma tabi tutulur. Isıl işlemler tuz banyosunda 800 - 850 °C arasında yapılır.

3.6.3. Kutu Sementasyon

Kutu sementasyon ile yayınma yöntemi düşük karbon oranına sahip çeliklerin yüzeyine bir karbon kaynağı vasıtasıyla karbon yayındırma işlemini kapsayan yöntemdir. En eski kutu sementasyon yönteminde levhaların kaynaklanmasıyla elde edilmiş kutular kullanılmıştır. Bu kutular içerisinde yüksek sıcaklıkta baryum karbonat gibi ilaveler ile karbon kaynağı aktive edilerek CO gazı elde edilir. Daha sonra gaz halindeki CO'deki karbon atomik hale gelerek kaplanmak istenilen malzemenin yüzeyine yayınır. Günümüzde kutu sementasyon yönteminin kullanımı oldukça azalmıştır. Kutu sementasyon yöntemiyle alüminyumlama, silisyumlama, kromlama ve borlama işlemleri de yapılabilir. [1].

3.6.4. Uygulama Alanları

TRD için en iyi uygulamalar yüksek aşınma ve kazıma problemlerine sahip takımlardır. Bu durumda olan takımlara örnekler Tablo5.2'de görüldüğü gibi çoğu şekillendirme ve kesme takımları ve kalıp bileşenleridir. Yumuşak çelik, HSS, kaplanmış, çelikler, paslanmaz çelik ve demir dışı metaller, plastikler ve kauçuk ile çalışılabilir [2]. Altlık malzemenin sertliği bazı uygulamalar için normal değerlerle aynı veya daha düşük olabilmektedir. Takımların öğünmesi veya kırılma problemlerinin olması durumunda düşük altlık malzeme sertliği tokluğu artırıcı etkisi sebebi ile kullanılmaktadır. Sert karbür kaplamalar, yüzeysel aşınma direnci sağlamaktadır. Sertleştirilme işlemine uğratılmadan yüksek hız takım çelikleri altlık malzeme tokluğuna ihtiyaç duyulması durumunda kullanılabilmektedir. Ekstrüzyon kalıpları ve soğuk dövme kalıpları gibi yüksek seviyelerde yüzey basınçlarının olduğu uygulamalarda karbür tabakaları sert altlık malzemelerle desteklenmektedir. Yüksek hız takım çelikleri Öncelikle TRD ile sertleştirilmelidir. Bazı

tozlaştırılmış kobalt içeren yüksek hız takım çelikleri maksimum TRD proses sıcaklıklarında (1050°C) 60-65 HRC sertliği elde etmek amacıyla işleme tabi tutulabilmektedir. [1].

Karbür kaplı malzemeler, karbürlerin mükemmel özellikleri nedeniyle, kalıplar, kesme takımları, bıçaklar, otomobil parçaları, tekstil endüstrisinde yönlendirici olarak kullanılan parçalarda kullanılmaktadır. Ayrıca bu proses, aşınan ve yıpranan parçaların özelliklerini de iyileştirmektedir.

TRD prosesi ile oluşturulan yüzey tabakasının aşınma, korozyon ve oksidasyon dayanım yüksektir. Bundan dolayı, bu özelliklerin istendiği durumlarda TRD prosesi kullanılarak elde edilen yüzey tabakalarının iyi sonuçlar vereceği açıktır.

TiAlN kaplamaların elde edilmesi kullanılan diğer kaplama yöntemleri kimyasal buhar biriktirme (KBB) ve fiziksel buhar biriktirme (FBB) dir. Bu iki yöntemin temel prensibi vakum ortamında kaplanacak metali buharlaştırarak kaplanacak yüzey üzerine biriktirmektir

4. DENEYSEL OLARAK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir yüzeyi Termoeaktif Difüzyon (TRD) tekniği kullanılarak CrC kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplama işlemi 800, 900, 1000 ve 1100 °C'lik sıcaklıklarda 1, 2, 3 ve 4 saat sürelerde çalışılarak gerçekleştirilmiştir.

Kaplama yapılan numuneler, kaplama bölgesi mikroyapısını incelemek amacıyla metalografik muayeneye tabi tutulmuştur. Bu amaçla, optik mikroskop ve SEM incelemeleri yapılmıştır. Kaplama bölgesinde oluşabilecek fazlar EDS ve X-ışınları analizleri ile belirlenmiştir. Kaplanan karbür tabakaların mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla numuneler mikrosertlik ve aşınma testlerine tabi tutulmuştur.

Bu çalışmanın hedefi, imalatta merdane yapımında kullanılan Küresel Grafitli Dökme Demir yüzeyinde TRD yöntemi kullanılarak karbür fazlarının oluşturulmasıdır. Yüzeyde oluşturulması planlanan karbür fazları sayesinde malzemenin yüzey sertliği ve aşınmaya karşı direnci ve bu sayede de kalıp ömrünün artırılması amaçlanmaktadır.

4.1. Deney Çalışmalarında Kullanılan Malzemeler

Deneylerde kullanılacak Küresel Grafitli Dökme Demir numuneler 10x15x15 mm ebatlarında dikdörtgen şeklinde hassas kesme cihazında kesilerek elde edilmiştir. Kaplama işlemi için 50 mikron büyüklüğünde Ferro Cr tozu, Alümina (Al_2O_3) ve Amonyum klorür (NH_4Cl) kullanılmıştır. Ayrıca pota içerisinde numunenin hava ile temasını önlemek için Silisyum Karbür (SiC) ve demir talaşı kullanılmıştır. Böylece Oksijen geçirgenliği mümkün olduğunca düşürülmüştür.

4.2. TRD Kaplama Aparatları

TRD uygulamaları, paslanmaz çelikten imal edilen potalar (Şekil 4.1) ve protherm yüksek sıcaklık fırını (Şekil 4.2) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Kaplama Potası



Şekil 1.2. Kaplama Sıcaklık Fırını

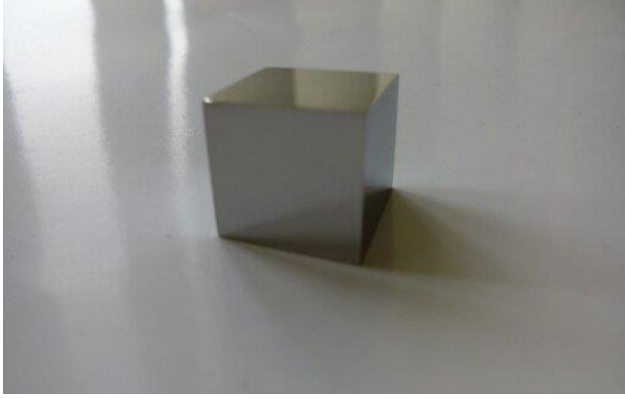
4.3. Numune Hazırlama

Numuneler; mikro yapı analizleri, aşınma analizleri, SEM EDX ve X-ışını analizleri için 10x15x15 mm ebatlarında hassas metalografik numune kesme cihazı kullanılarak kesilmiştir (Şekil 4.3). Kesilen numunelerin tüm yüzeyleri sırasıyla 200, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 mesh' lik zımparayla zımparalandıktan sonra alkol kullanılarak çuhadan geçirilip parlatılmıştır. Parlatılan numuneler TRD işlemi öncesi tekrar alkol ile temizlenmiştir. Kaplama işlemi için belirli oranlarda ferro Cr tozu, alumina ve amonyum klorür hassas terazi ile tartılarak karıştırılmıştır. Karıştırılan tozlar pota içerisine konulduktan sonra en üste Silisyum karbür ve demir talaşı eklenerek potanın ağzı hava geçirmeyecek şekilde kapatılmıştır. Her deney için aynı gramaja sahip toz karışımı kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Hassas Numune Kesme Cihazı

4.4. Termoreaktif Difüzyon (TRD) Kaplama İşlemi



Şekil 4.4. Kaplamadan Önce Numune



Şekil 4.5. Kaplamadan Sonra Numune

Yüzeyleri sırasıyla zımparalanıp parlatılan ve temizlenen numuneler paslanmaz çelik pota içerisine kaplama tozu (CrC) ve oksijen kaçağını engelleyecek toz (SiC) karışımıyla birlikte yerleştirilmiş ve potanın ağzı teflon bantile sarılarak sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra hazırlanan potalar 800°C’de sırasıyla 1,2,3, 4 saat bekletilip çıkartılmıştır. Bu işlem daha sonra sırasıyla 900, 1000 ve 1100 °C’ler de 1, 2, 3 ve 4 saat süreler için ayrı ayrı uygulanarak kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrasında fırından çıkarılan potaların ağzı açılıp hızlı bir şekilde suya çekilereksoğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama öncesi ve sonrası örnek numune fotoğrafları Şekil 4.4. ve Şekil 4.5’de görülmektedir.

4.5. Mikrosertlik Analizi

Malzemenin sertliği ölçölürken kendisinden daha sert bir malzemeye karşı gösterdiği dirençle tanımlanır ve malzemenin deformasyon davranışının bir ölçümü olarak görülür. Bu çalışmada numuneler hazırlanırken öncelikle sırasıyla 200, 400, 600, 800, 1000 ve 1100 mesh'lik zımparadan geçirilip elmas solusyonla parlatıldıktan sonra %4 nitrik asitten oluşan dağlayıcı kullanılarak dağlanmıştır. Ardından optik mikroskop için hazırlanan numunelerin kaplama tabakası kesitinden, ara bölgelerden ve ara bölgeye yakın ana malzemedan mikrosertlik ölçümleri alınmıştır. Mikrosertlik ölçümleri, Future Tech FM-700 marka mikrosertlik cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.6). Mikrosertlik ölçümü, malzeme yüzeyine 25 gr. yük 10 sn. uygulanarak yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.6. Sertlik Ölçme Cihazı

4.6. Metelografik Muayene

Termoreaktif Difüzyon (TRD) yöntemiyle kaplanan numuneler kaba ve ince zımparalama kademelerinden geçirilmiştir. Zımparalanan numuneler 3 (üç) mikronluk Elmas solüsyon kullanılarak parlatılmış ve % 4'lik Nital çözeltisi kullanılarak dağlanmıştır. Böylece SEM ve EDX analizleri alınacak olan yüzeyler metalografik inceleme için hazır hale getirilmiştir. İncelemelerde kullanılan optik mikroskobu için Nikon MA 100 ters metal mikroskobu ve Clemex görüntü analiz sistemi kullanılmıştır. SEM ve EDX analizleri için ise JEOL JSM-5600 marka SEM cihazı kullanılmıştır. Şekil 4.7'de kullanılan SEM-EDX cihazı gösterilmiştir.



Şekil 4.7. SEM Mikroskobu

4.7. X Işınları Analizi

Farklı sıcaklık ve farklı sürelerde TRD kaplama işlemi yapılan GGG70 küresel grafitli dökme demirin kaplanacak yüzeyleri alkol ile temizlenip kurutma işleminden geçirildikten sonra yüzeyde oluşan karbür fazlarını tespit etmek amacıyla X-ışını analizi yapılmıştır. X-ışını analizleri, BRUKER marka cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.8. X Işını Cihazı

4.8. Aşınma Testi

Aşınma deneyleri öncesi numuneler sırasıyla önce bakalite alınmış ardından numunenin aşınma testi yapılacak yüzeyi alkolle yıkanarak hazır hale getirilmiştir. Yöntem olarak abrasive aşınma tekniği kullanılmıştır. Aşındırıcı olarak ise 6 mm çapında Al_2O_3 seramik bilyalar tercih edilmiştir. Aşınma mesafesi numune yüzey alanı dikkate alınarak 9 mm olarak seçilmiştir. Toplamda bir numunenin aşınma mesafesi 50 m olarak belirlenmiştir. Aşınma testi 3 farklı ağırlık altında yapılmış ve alınan veriler kaydedilmiştir. Kullanılan ağırlıklar sırasıyla 5N, 10N ve 15N olarak belirlenmiştir. Kreter çaplarının ve derinliklerinin ölçülmesinde SEM mikroskobu kullanılmıştır. Çapı ölçülen numunenin aşınma izlerinin genişliği bulunmuş ve bu şekilde değerlendirme yapılmıştır.

5. YAPILAN DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Deney Sonuçları ve Tartışma

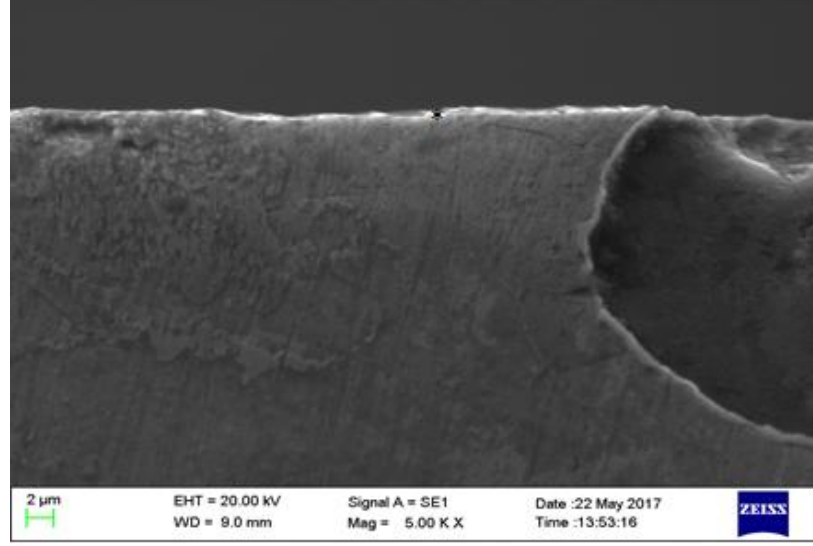
Bu çalışmada, GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir yüzeyine aşınmaya dayanıklı CrC kaplaması yapılmıştır. Uygulamada Termoreaktif Difüzyon (TRD) tekniği kullanılmıştır. Kaplama işlemi sırasıyla, 800, 900, 1000 ve 1100 °C’de yapılmıştır. Her bir sıcaklıkta sırasıyla 1,2, 3 ve 4 saat bekleme süresi uygulanmıştır.

Her bir sıcaklık değerinde bekletme süreleri kendi arasında değerlendirildiği gibi, her süre için farklı derecedeki sıcaklıklar da ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

5.2. GGG70 Dökme Demire CrC kaplamasının Mikroyapı Sonuçları

GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir yüzeyine 800, 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıklarda 1, 2, 3, 4 saat sürelerde TRD yöntemi kullanılarak CrC kaplanmış ve kaplama tabakası mikroyapı analiz sonuçları sıcaklık ve süredeki artışa bağlı olarak tartışılmıştır. 800, 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıklarda 1, 2, 3, 4 saat sürelerde kaplama işlemine tabi tutulan numunelerden alınan SEM ve EDX sonuçları aşağıda görülmektedir. EDX sonuçlarının alındığı bölgeler aşağıdaki resimlerde siyah nokta olarak işaretlenmiştir.

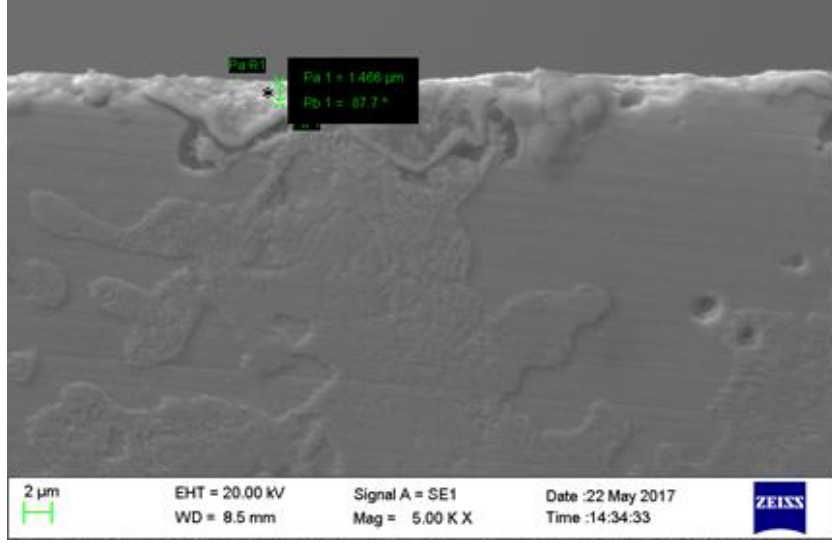
800 °C’de 1,2,3 ve 4 saat süreler kullanılarak kaplanan numunelerin SEM ve EDX sonuçları sırasıyla Şekil 5.1-5.4 görülmektedir.



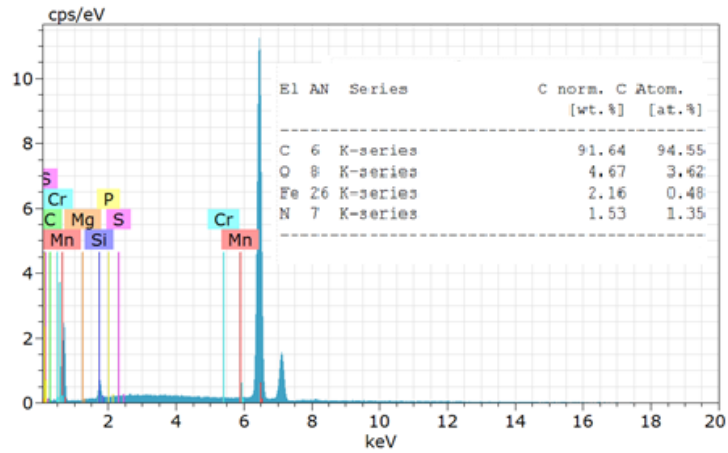
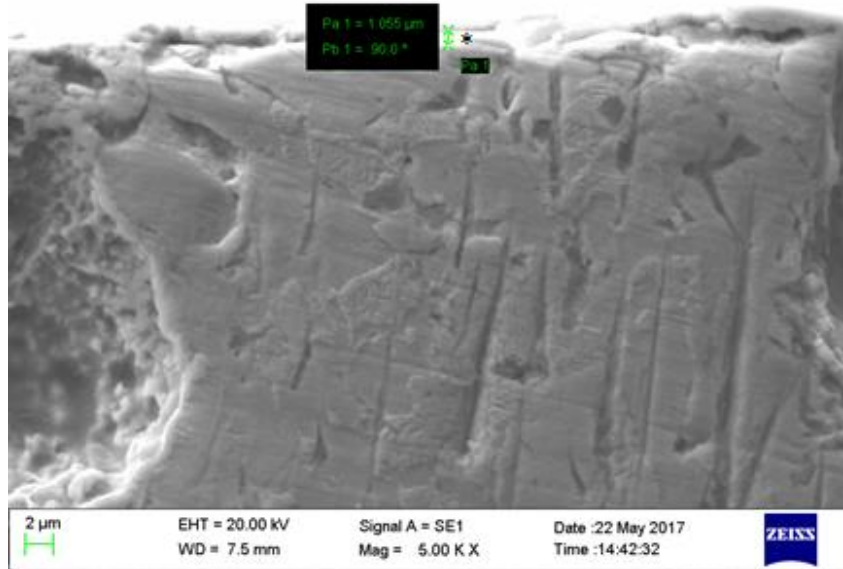
Şekil 5.1. 800 °C’de 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.2. 800 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



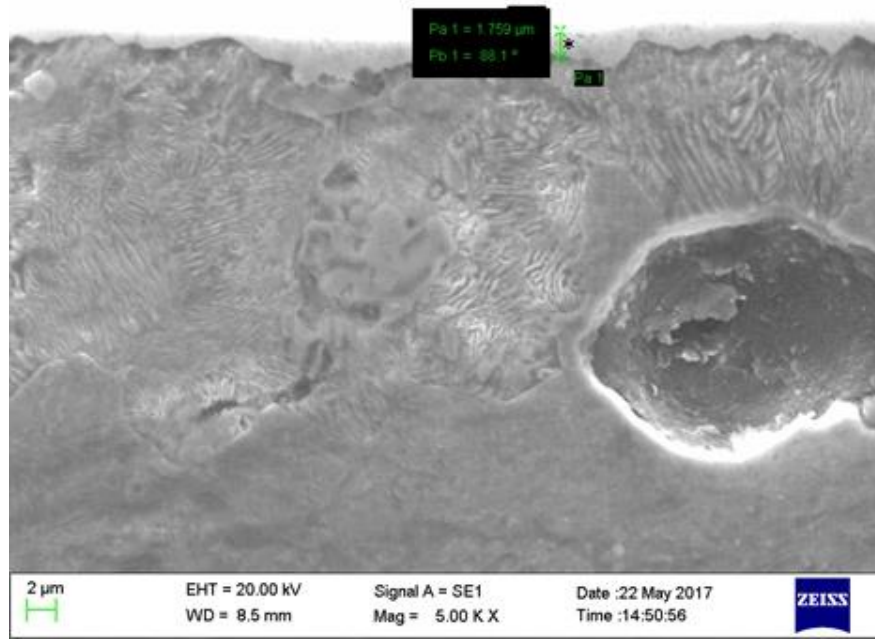
Şekil 5.3. 800 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



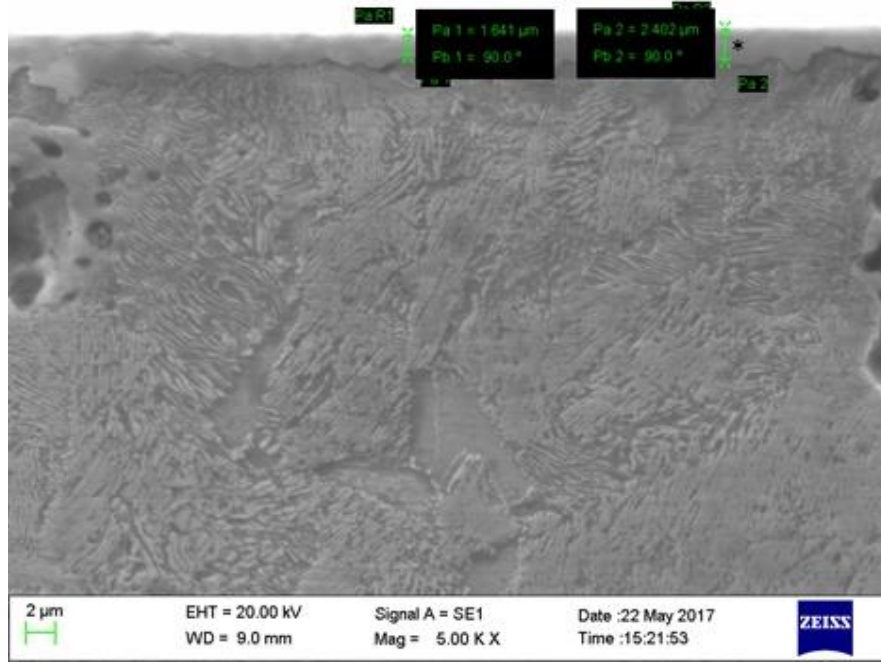
Şekil 5.4. 800 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi ve EDX Sonucu

Yukarda, 800 °C 1, 2, 3 ve 4 saat sürelerdeki SEM görüntüleri Şekil 5.1-5.4’de, SEM görüntülerinden de anlaşılacağı üzere 800 °C’de bekleme süreleri artıka kaplama takasında çok az bir bir değişiklik görölmektedir. Ayrıca tabloda göröldüğü gibi Cr miktarı da çok az bulunmaktadır.

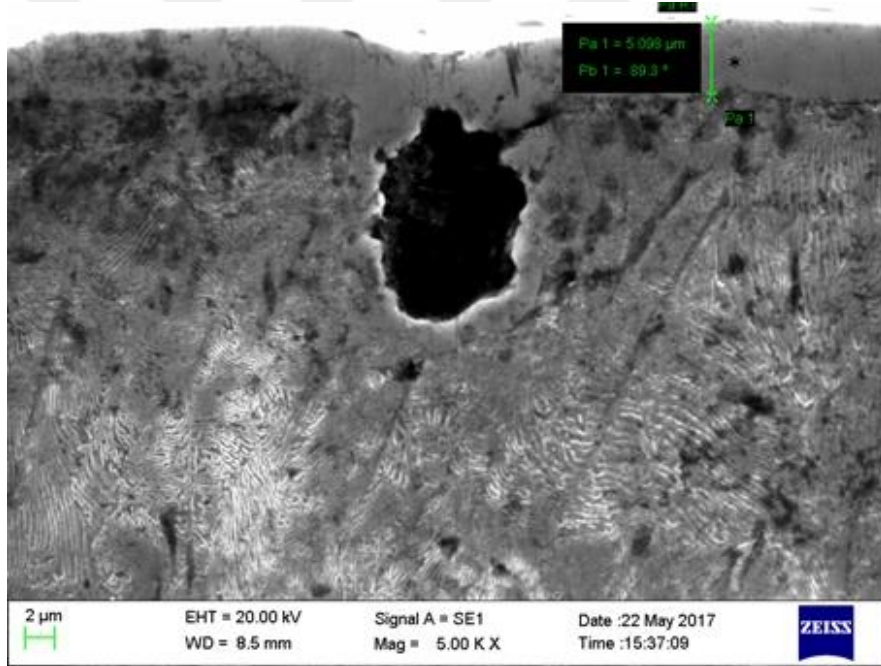
900 °C’de 1,2,3 ve 4 saat süreler kullanılarak kaplanan numunelerin SEM ve EDX sonuçları sırasıyla Şekil 5.5-5.8’de görölmektedir.



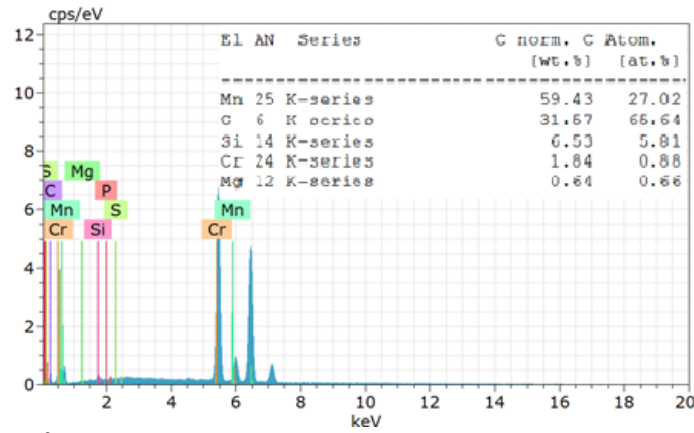
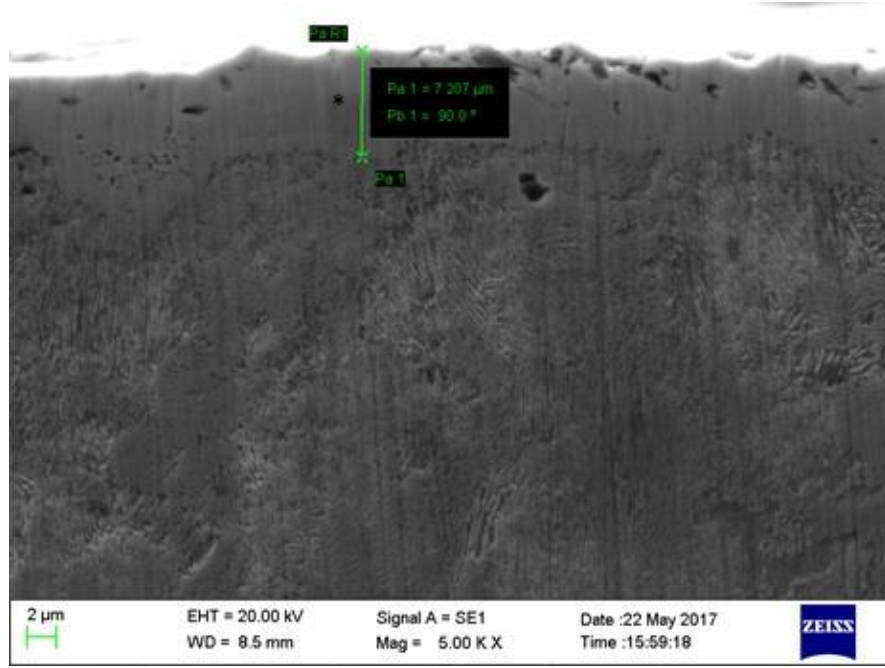
Şekil 5.5. 900 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.6. 900 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



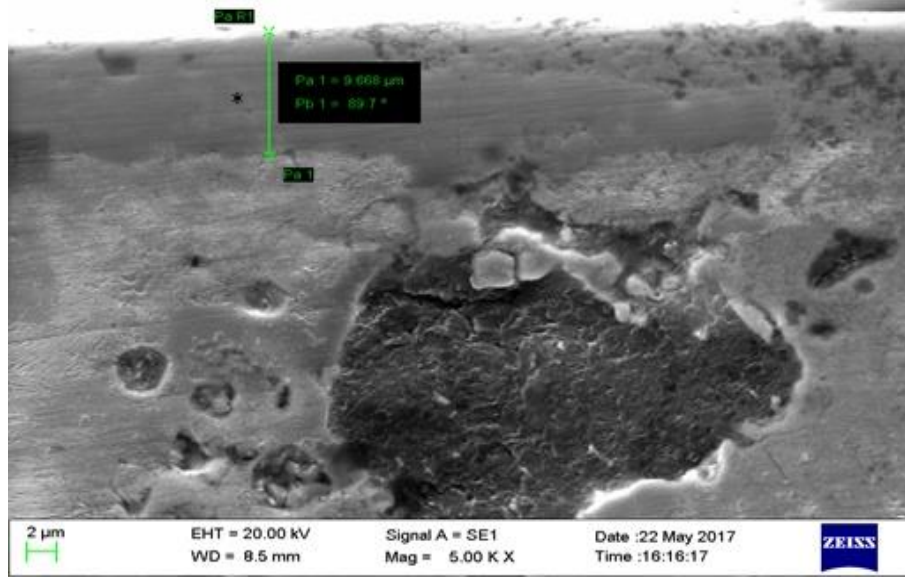
Şekil 5.7. 900 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



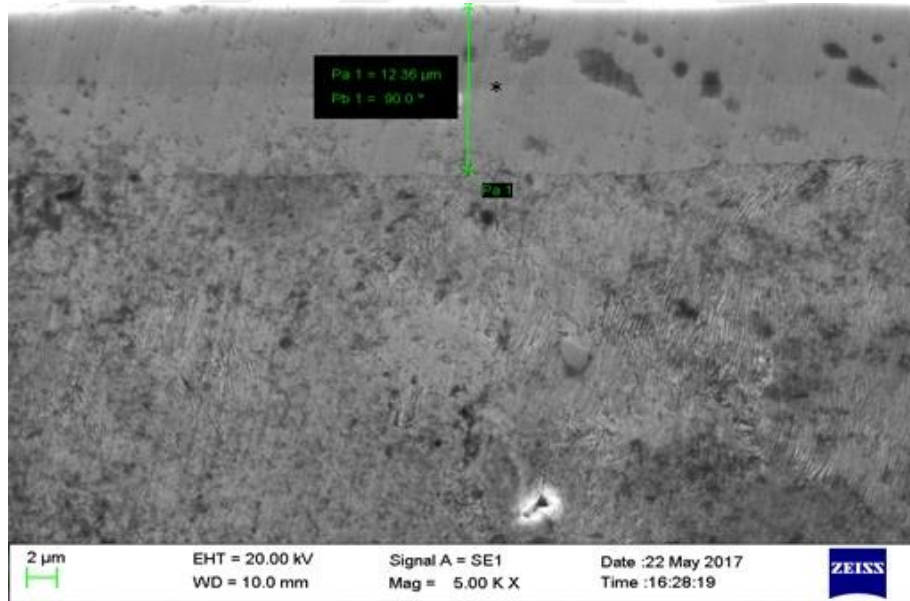
Şekil 5.8. 900 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafı ve EDX Sonucu

Yukarıdaki Şekil 5.5-5.8’de 900 °C de sırasıyla 1,2,3 ve 4 saat süreyle kaplanan numunelerin SEM fotoğrafları görülmektedir. SEM görüntülerinden de anlaşılacağı üzere artan bekleme süreleri ile birlikte kaplama tabakası kalınlığının da arttığı gözlenmiştir. 900 °C de 1 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 1,759 μm iken, 900 °C de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 5,098 μm ulaşmıştır. 800 °C de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakasının mikron düzeyinde kalınlığı 1,46 μm iken 900 °C de 1 saatlik bekleme süresindeyse kaplama tabakası 1,769 μm çıkmıştır. Dolayısıyla 800 °C de 4 saat bekleme süresinde elde edilen sonuca nazaran 900 °C 1 saat bekleme süresi kullanılarak kaplanan numunede daha kalın kaplama tabakası meydana gelmiştir. 900 °C’de kaplama tabakasından alınan EDX sonucu incelendiğinde kaplama tabakasında Cr oranının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

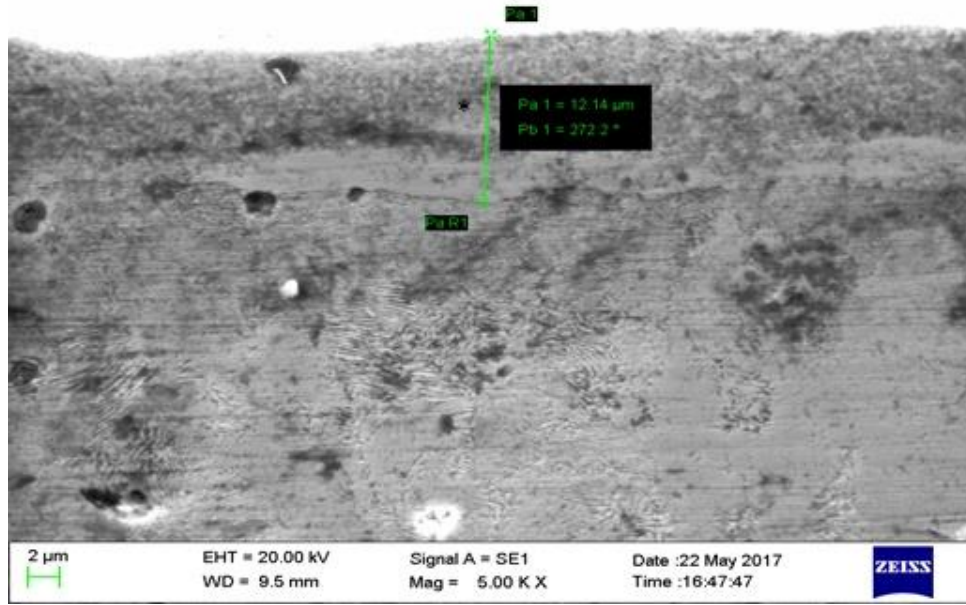
1000 °C’de 1,2,3 ve 4 saat süreler kullanılarak kaplanan numunelerin SEM ve EDX sonuçları sırasıyla Şekil 5.9-5.12’de görülmektedir.



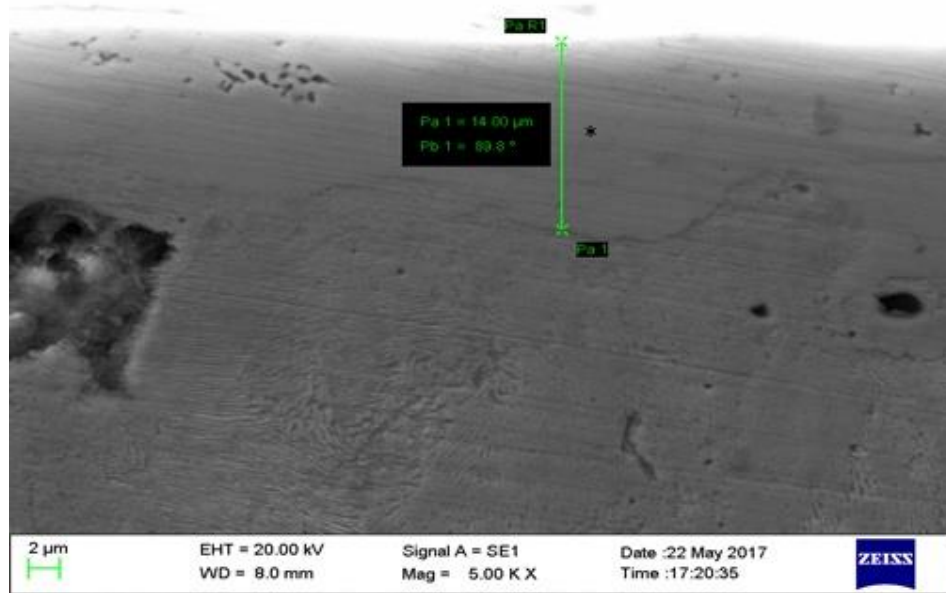
Şekil 5.9. 1000 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi

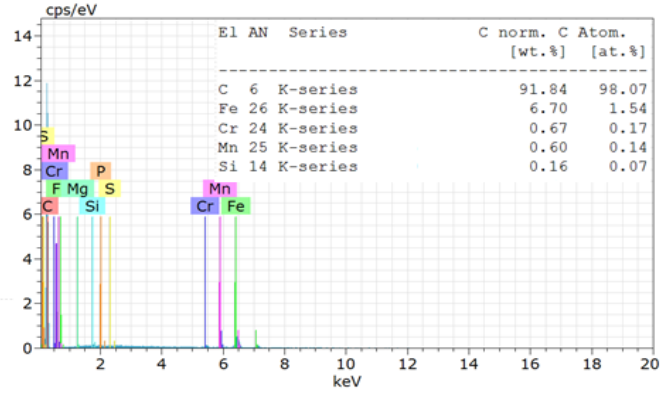


Şekil 5.10. 1000 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.11.1000 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi

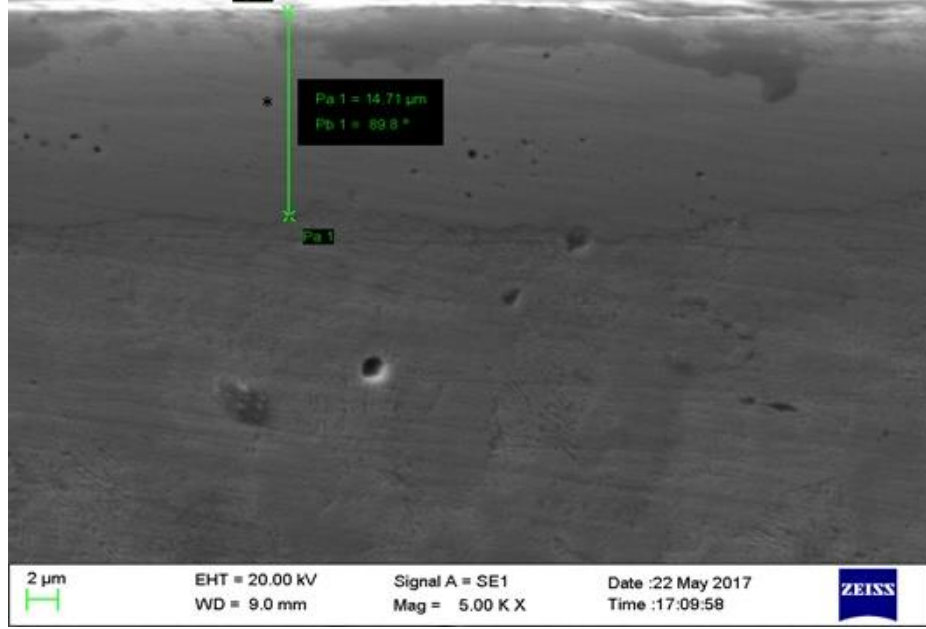




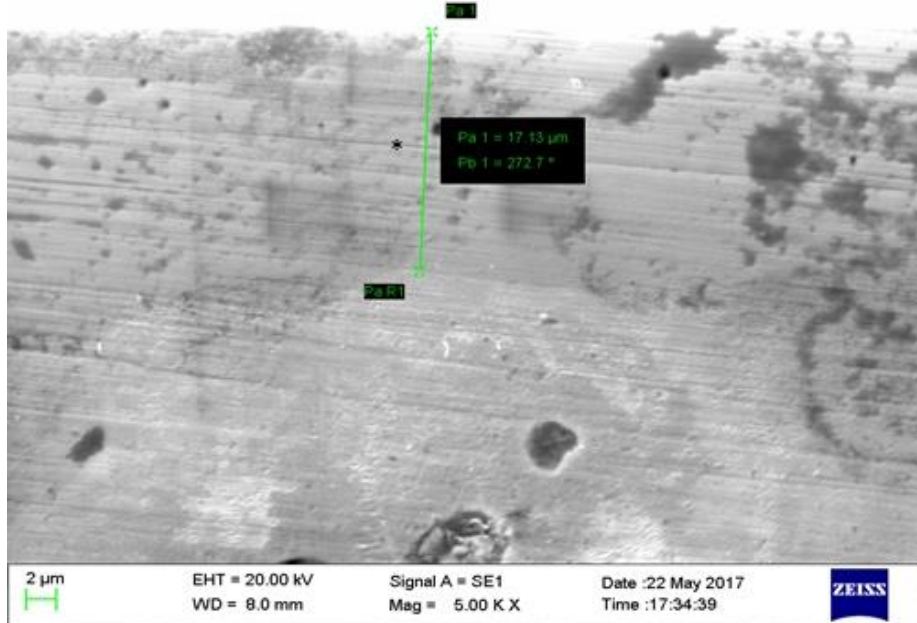
Şekil 5.12.1000 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafı ve EDX Sonucu

Şekil 5.9-5.12 de 1000 °C de sırasıyla 1,2,3 ve 4 saatlik bekleme sürelerindeki SEM fotoğrafları görülmektedir. SEM görüntülerinden de anlaşılacağı üzere 1000 °C’de artan bekleme süreleri ile birlikte kaplama tabakası kalınlığının da arttığı gözlenmiştir. 1000 °C’de 1 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 9,668 µm iken, 1000 °C’de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 14,71 µm civarına ulaşmıştır. 900 °C’de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakasının mikron düzeyinde kalınlığı 7,207 µm iken 1000 °C’de 1 saatlik bekleme süresindeyse kaplama tabakası 9,668 çıkmıştır. Dolayısıyla 900 °C de 4 sat bekleme süresinde elde edilen sonuca nazaran 1000 °C 1 saat bekleme süresi olan numunenin daha fazla kaplama tabakasına sahip olduğu görülmektedir.

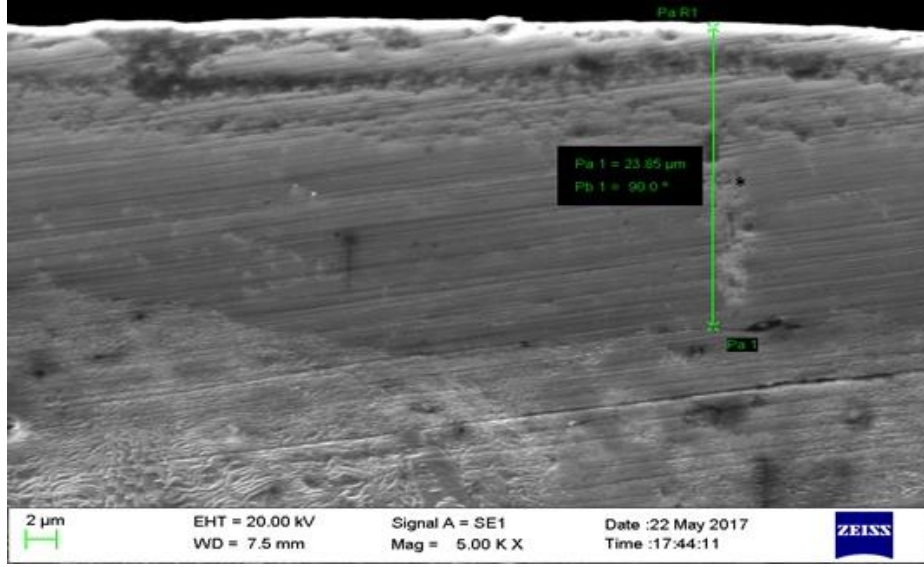
1100 °C’de 1,2,3 ve 4 saat süreler kullanılarak kaplanan numunelerin SEM ve EDX sonuçları sırasıyla Şekil 5.13-5.116’da görülmektedir.



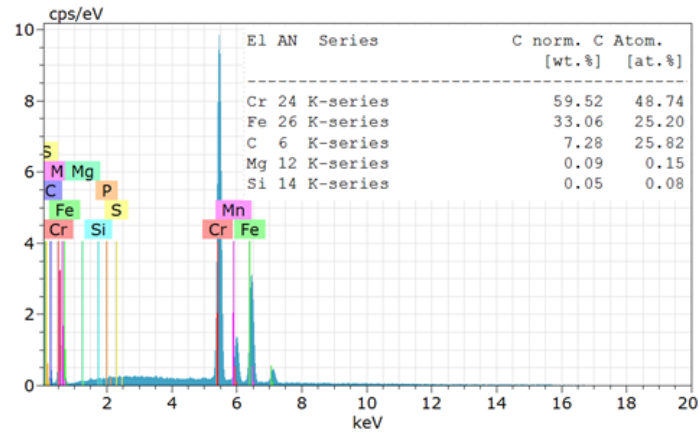
Şekil 5.13.1100 °C 1 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.14.1100 °C 2 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.15.1100 °C 3 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi



Şekil 5.16.1100 °C 4 Saat Süreyle Kaplanan Numunenin SEM Fotoğrafi

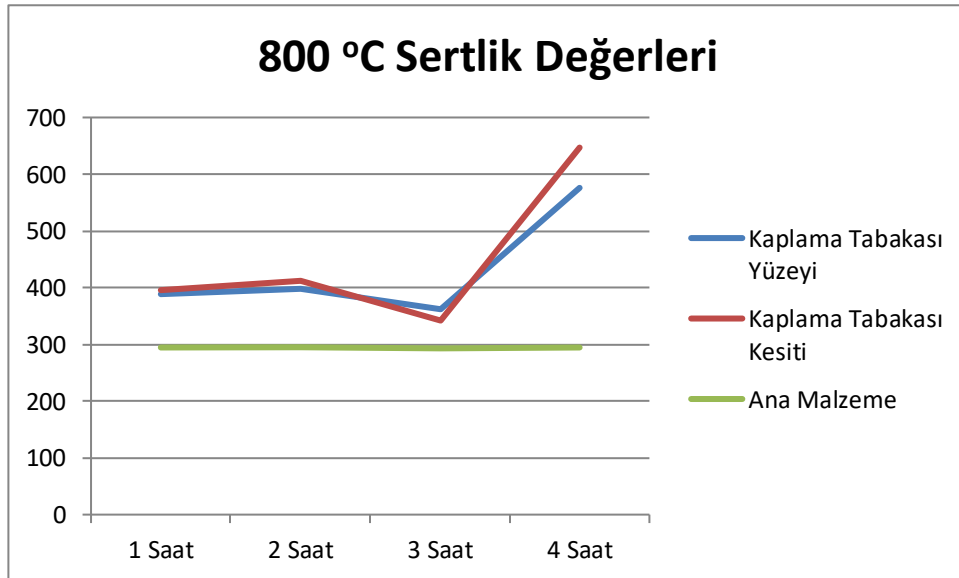
ine yukarıda Şekil 5.13-16. da 1100 °C de sırasıyla 1,2,3 ve 4 saatlik bekleme sürelerindeki SEM görüntüleri görülmektedir. SEM görüntülerinden de anlaşılaçağı gibi artan bekleme süreleri ile birlikte kaplama tabakasının da arttığı gözlenmiştir. 1100 °C’de 1 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 14,00 µm iken, 1100 °C’de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakası 29,24 µm civarına ulaşmıştır. 1000 °C’de 4 saatlik bekleme süresinde kaplama tabakasının mikron düzeyinde kalınlığı 14,71 µm iken 1100 °C’de 1 saatlik bekleme süresindeyse kaplama tabakası 14,00 µm çıkmıştır. Dolayısıyla 1000 °C’de 4 sat bekleme süresinde elde edilen sonuca nazaran 1100 °C 1 saat bekleme süresi olan numunenin bu gibi bazı istisnalar hariç daha fazla kaplama tabakasına sahip olduğu görülmektedir. 1000 °C’de kaplama tabakasından alınan EDX görüntüleri incelendiğinde kaplama tabakasında Cr oranının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

5.3. CrC Kaplanan Numunelerin Mikrosertlik Sonuçları:

CrC kaplanan GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir numunelerinin artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak 800, 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıklardaki numunelerin kaplama tabakası kesiti, kaplama tabakası yüzeyinden sertlik ölçümleri alınmıştır. Sertlik değerleri alınırken öncelikle kullanılacak olan sertlik ölçme cihazı üzerinde gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Sertlik değerleri 25 gr. yük ve 10 sn. bekleme süresi uygulanarak alınmıştır. Sertlik değerleri 3 farklı bölgeden alınmıştır. Alınan bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanarak kaydedilmiştir. Bazı ölçüm değerlerinde sapmalar olsada bu sapmalar dikkate alınmamıştır. Tablo 5.1' de ve Grafik 5.1'de 800 °C sonuçları Tablo 5.2'da ve Grafik 5.2'de 900 °C sonuçları, Tablo 5.3' de ve Grafik 5.3'de 1000 °C sonuçları, Tablo 5.4' de ve Grafik 5.4'de 1100 °C sertlik değerleri ile beraber grafiksel sonuçları görülmektedir.

Tablo 5.1. 800 °C'de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.

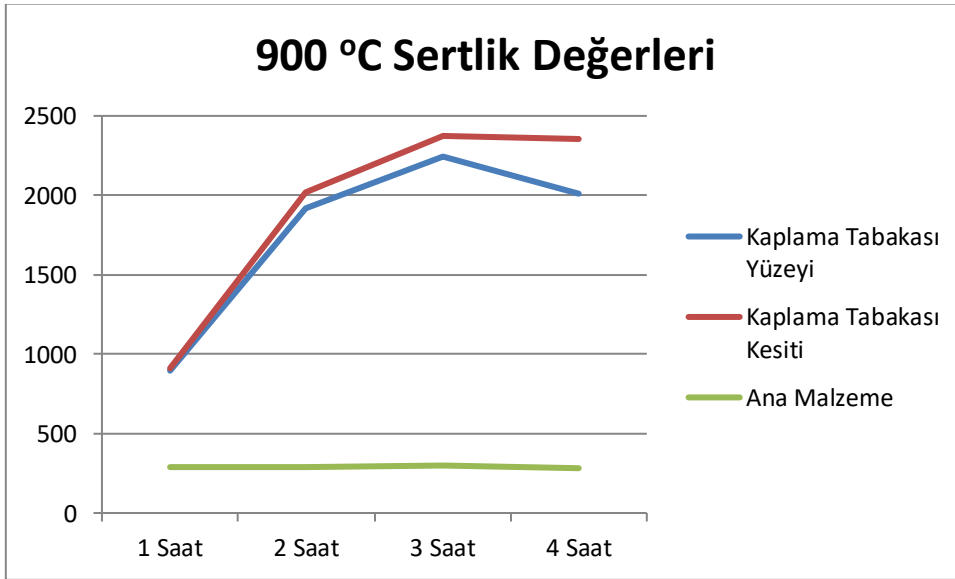
Numune Sıcaklık	Ortalama Sertlik Değerleri (HV)			
	Bekleme Süreleri	Kaplama Tabakası Yüzeyi	Kaplama Tabakası Kesiti	Ana Malzeme
800 °C	1 Saat	388	395	292
800 °C	2 Saat	399	412	285
800 °C	3 Saat	362	342	274
800 °C	4 Saat	576	647	282



Grafik 5.1. 800 °C sertlik değerleri

Tablo 5.2. 900 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.

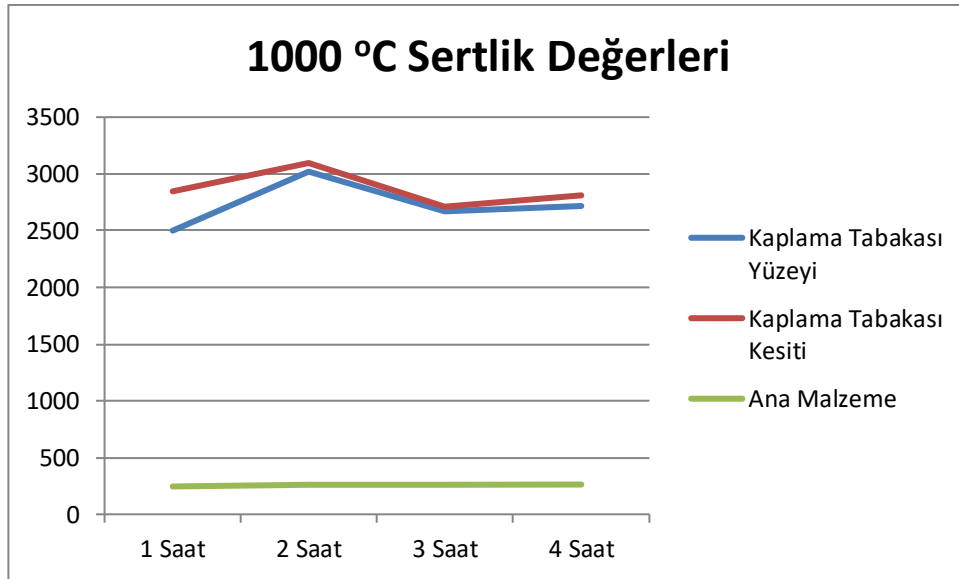
Numune Sıcaklık	Ortalama Sertlik Değerleri(HV)			
	Bekleme Süreleri	Kaplama Tabakası Yüzeyi	Kaplama Tabakası Kesiti	Ana Malzeme
900 °C	1 Saat	896	911	292
900 °C	2 Saat	1922	2022	288
900 °C	3 Saat	2244	2374	299
900 °C	4 Saat	2012	2381	282



Grafik 5.2. 900 °C sertlik değerleri

Tablo 5.3. 1000 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.

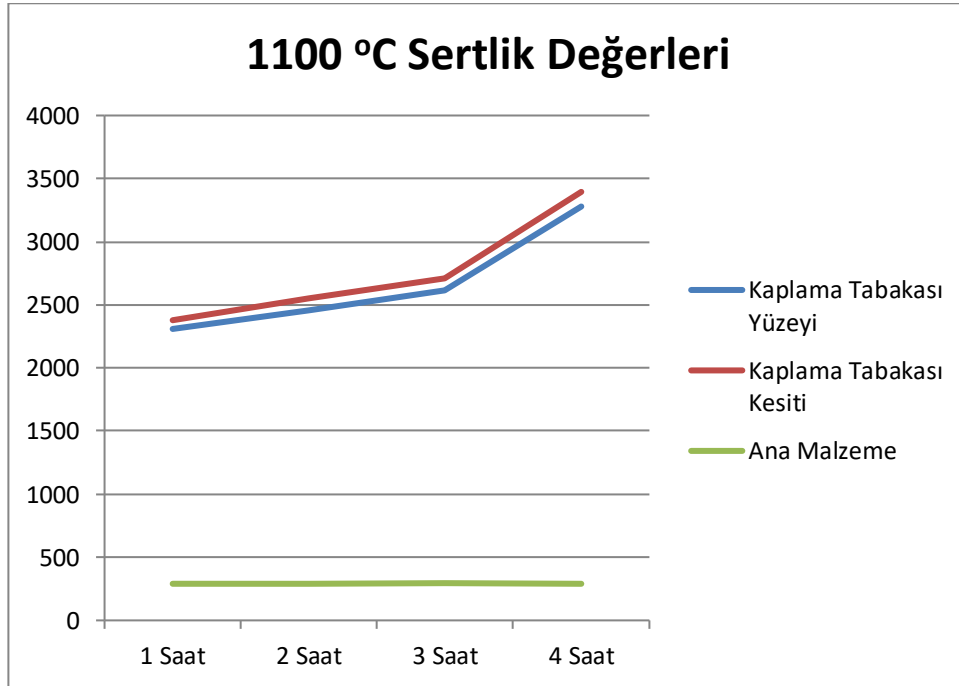
Numune Sıcaklık	Ortalama Sertlik Değerleri(HV)			
	Bekleme Süreleri	Kaplama Tabakası Yüzeyi	Kaplama Tabakası Kesiti	Ana Malzeme
1000 °C	1 Saat	2500	2851	285
1000 °C	2 Saat	3020	2796	296
1000 °C	3 Saat	2671	2711	276
1000 °C	4 Saat	2721	2816	282



Grafik 5.3.1000 °C sertlik değerleri

Tablo 5.4. 1100 °C’de 1, 2, 3, 4 saat sürelerde alınan sertlik değeri sonuçları.

Numune Sıcaklık	Ortalama Sertlik Değerleri(HV)			
	Bekleme Süreleri	Kaplama Tabakası Yüzeyi	Kaplama Tabakası Kesiti	Ana Malzeme
1100 °C	1 Saat	2309	2378	290
1100 °C	2 Saat	2461	2552	294
1100 °C	3 Saat	2618	2711	295
1100 °C	4 Saat	3279	3395	294



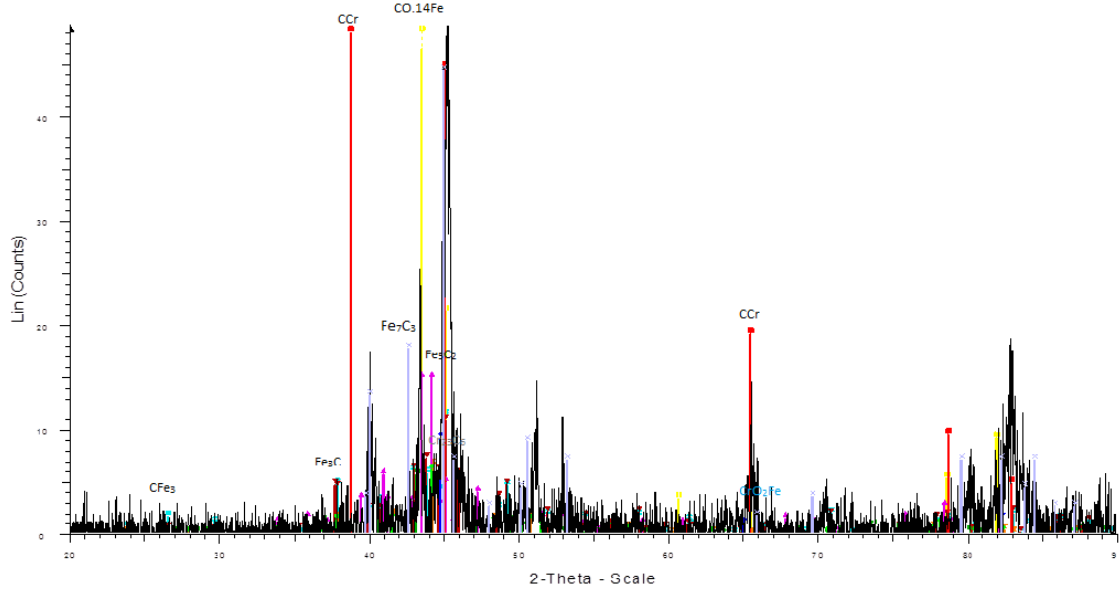
Grafik 5.4.1100 °C sertlik değerleri

Yukarıda yer alan Tablolarda görüldüğü gibi öncelikle 800 °C’de 1, 2, 3,4 saat sürelerde sertlik değeri ölçümlerinde dikkate değer bir değişiklik görülmemiştir. Ancak daha sonra 900 °C, 1000 °C, 1100 °C’lerde ve artan her sürede sertlik değerlerinin değiştiği ve bazı istisnalar olmasına rağmen düzenli olarak sertlik değerinin zamana ve sıcaklığa bağlı olarak yükseldiği görülmüştür. En düşük sertlik değeri 800 °C ve 1 saat sürede 388 HV olarak

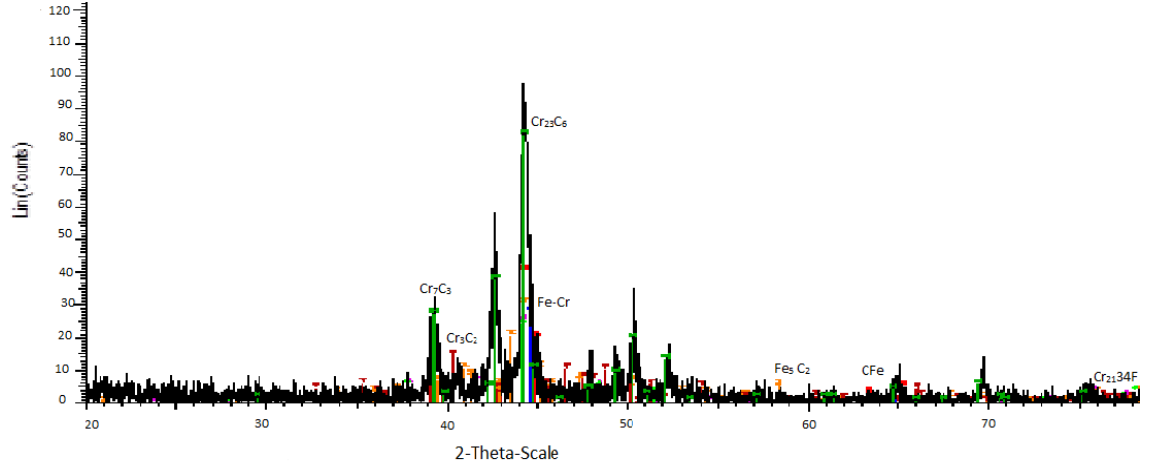
görülmüş ve en yüksek sertlik değeri ise 1100 °C de ki numunede 4 saat sürede 3395 HV olarak gözlemlenmiştir

5.4. XRD Analizi

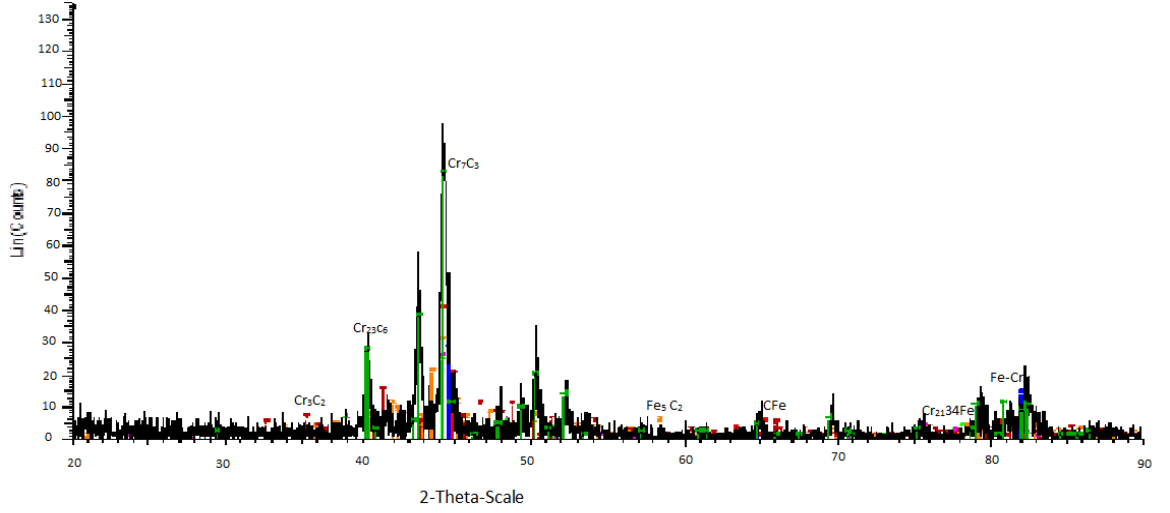
GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir Yüzeyine aşınmaya dayanıklı CrC kaplanması amacıyla 800, 900, 1000, 1100 °C'lik sıcaklıklarda ve sırasıyla 1-2-3-4 saat sürelerde kaplama yapılan numuneden XRD analizleri alınmıştır. Grafik 5.5'de 800 °C kaplama yapılan numuneden alınan XRD analizi görülmektedir. Analizde genel itibariyle α -Fe ve demir sementit fazlarının hakim olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık değerinde küçük de olsa CrC tespit edilmiş ancak bu sonucun numunenin tüm yüzeyinde homojen CrC fazının oluştuğu anlamına gelmediği sonucuna ulaşılmıştır. Grafik 5.6 ve 5.7'de 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 4 saat süreyle kaplanan numunelerden alınan XRD analizleri görülmektedir. Analizlerden kaplama tabakasında Cr elementi açısından zengin CrC, Cr_7C_3 ve Cr_{23}C_6 karbür fazlarının oluştuğu gözlemlenmiştir.



Grafik 5.5. 800 °C'de kaplanan numuneden alınan XRD analizi



Grafik 5.6. 900 °C’de kaplanan numunden alınan XRD analizi



Grafik 5.7. 1000 °C’de kaplanan numunden alınan XRD analizi

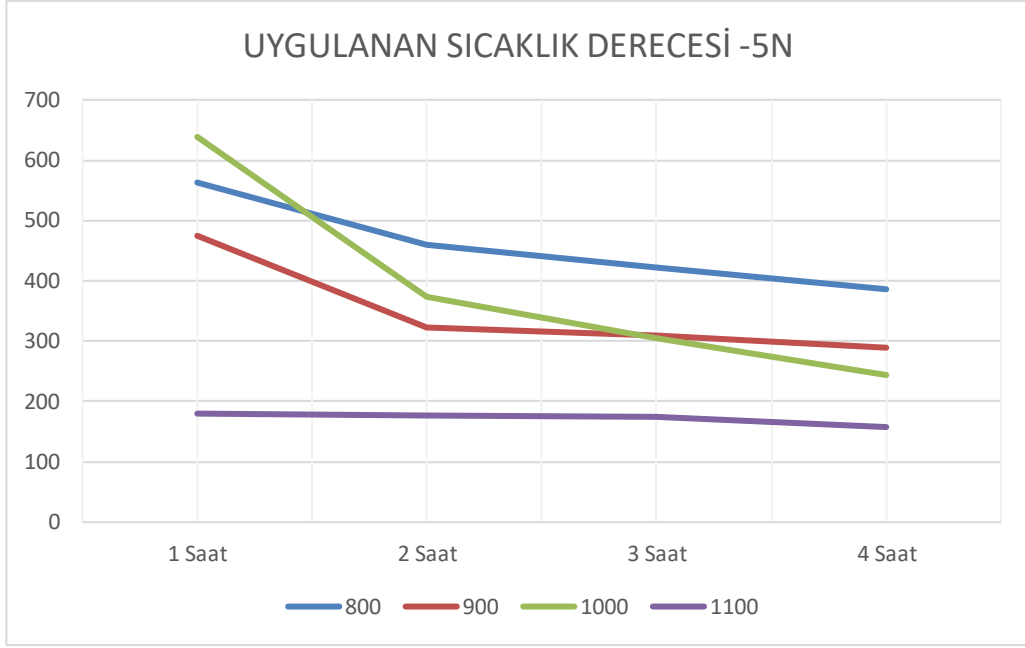
5.5. Aşınma Testi

GGG70 küresel grafitli dökme demir yüzeyine aşınmaya dayanıklı CrC kaplama işlemi yapıldıktan sonra aşınma testi uygulanmıştır. Aşınma testi uygulamasından önce numune yüzeyleri alkol ile temizlenerek hazır hale getirilmiştir. Aşınma testi kullanılan yöntem Abrasive aşındırma yöntemidir. Ayrıca aşındırıcı olarak AL2O3 bilya kullanılmıştır.

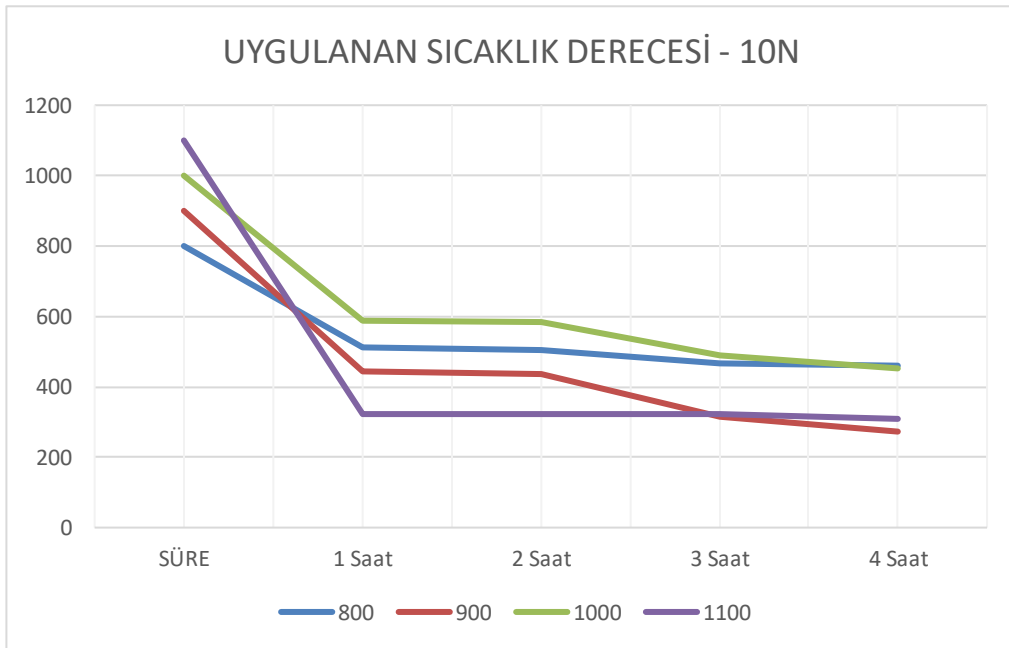
Kullanılan bilyanın çapı 6 mm olarak seçilmiştir. Her numune yüzeyine işlem yapılan mesafe her bir işlem için 9mm den toplamda 50 m seçilmiştir. Aşınma tipi lineer seçilirken kullanılan data 9 Herz olarak belirlenmiştir. Yine her numune üç farklı yük altında (5N, 10N, 15N) teste tabi tutulmuştur. Parametreleri aşağıda ki gibi seçilmiştir. Test sonucunda bilyanın açmış olduğu kreter çapı hesaplanarak çapın genişliğine göre yorum yapılmıştır. Aşağıda bulunan Tablo5.6 da ve Grafik 5.7 de 5 N için; Tablo 5.7 da ve Grafik 5.8 de 10 N için; Tablo 5.8 de ve Grafik 5.9 de 15 N için kreter genişlikleri verilmiştir.

Tablo 5.5. Aşınma deneyi krater çapları

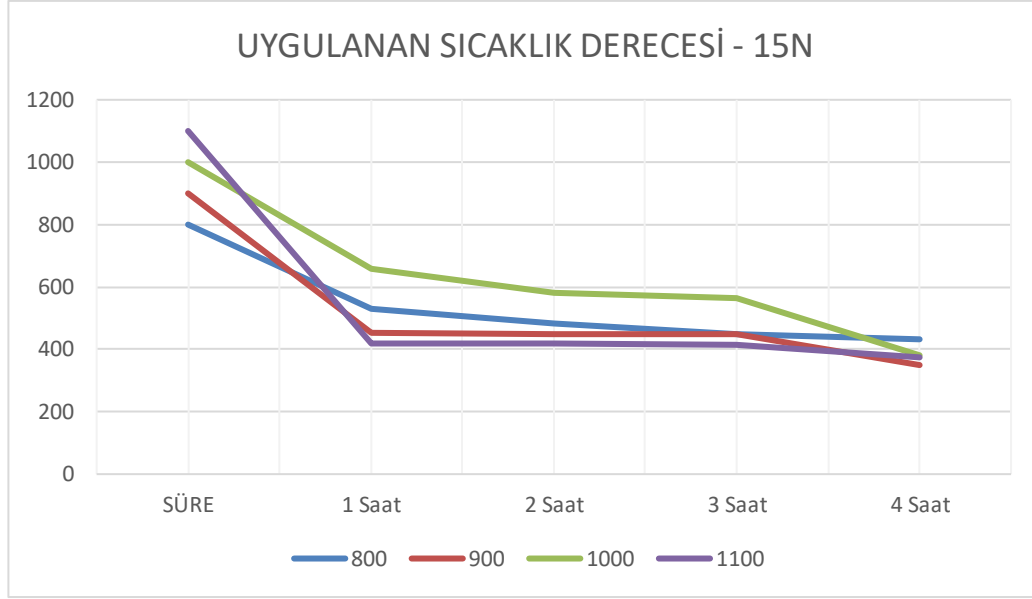
YÜK	SÜRE	UYGULANAN SICAKLIK			
		800 °C	900°C	1000°C	1100°C
5 N	1 Saat	562,8	474,6	638,5	179,9
	2 Saat	459,0	323,5	373,8	175,8
	3 Saat	422,0	308,6	304,7	174,6
	4 Saat	386,0	289,1	243,8	157,6
10 N	1 Saat	511,1	445,4	588,4	323,4
	2 Saat	505,9	436,6	584,0	322,9
	3 Saat	468,0	316,4	488,3	322,3
	4 Saat	460,0	272,7	452,2	308,8
15 N	1 Saat	528,6	455,1	660,2	419,7
	2 Saat	483,0	447,3	581,8	416,7
	3 Saat	448,6	447,3	563,5	416,0
	4 Saat	432,2	349,6	380,9	374,3



Grafik 5.8.Aşınma deneyi grafiğı (5N)



Grafik 5.9. Aşınma deneyi grafiğı (15)



Grafik 5.10. Aşınma deneyi grafiğı (10N)

Yukarıda yer alan grafiklerde aşınma deneyi uygulanırken kullanılan yüklerin oluşturduğu krater çaplarının boyutları grafik şeklinde verilmiştir. 5N, 10N, 15N yükler için ayrı ayrı grafikler elde edilmiştir. Grafiklerdende anlaşılacağı gibi sonuçlar deney çalışmamızı doğrular niteliktedir. Yani her üç yük altında da sıcaklık ve zaman arttıkça krater çapları daralmakta ve böylece de kaplama tabakasının üstte sert bir yapı oluşturduğu anlaşılmaktadır.

6. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Genel Sonuçlar

Bu çalışmada; pres makinaları, sıcak hadde merdaneleri, silindirler, eğme makinaları gibi bir çok alanda kullanılan GGG70 Küresel Grafitli Dökme Demir yüzeyine aşınmaya dayanıklı CrC Termoreaktif Difüzyon yöntemi kullanılarak kaplama işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla, 800, 900, 1000, 1100 °C'lik sıcaklıklarda 1,2,3, ve 4 saat bekletme sürelerinde kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama yapılan numunelerin mikroyapı, mikrosertlik, XRD analizleri ile aşınma direnci verileri incelenmiştir. Çalışmada; ilk olarak 800, 900, 1000 ve 1100 °C de elde edilen sonuçlar ikinci olarak ise sabit sıcaklık farklı bekleme süreleri değerlendirilmiştir.

Sertlik ölçme değerleri incelendiğinde ana malzeme sertlik değerlerine yakın sonuçlar 800 °C de yapılan işlemlerde görülmüştür. 900, 1000, 1100 °C'de yapılan tüm sertlik ölçme işlemlerinde sıcaklık derecesi ve süre arttıkça sertlik değerlerinde de artma göstermiştir. 1100 °C sertlik ölçüm sonuçları 1000 °C sertlik ölçüm sonuçlarından; 1000 °C ölçüm sonuçları ise 900 °C sertlik ölçüm sonuçlarından daha yüksek değerlerde görülmüştür. 800 °C'de 4 saat beklenilerek oluşturulan kaplanan numunesinin sertlik değeri 576-647 HV aralığında ölçülmüştür. 800 °C'de ve 1, 2, 3 saatlik bekleme sürelerinde ise ana malzeme sertlik değerlerine çok yakın değerler elde edilmiştir. 900 °C için yapılan ölçümlerde en yüksek sertlik değeri 2012-2374 HV aralığında ölçülmüştür. 1000 °C için yapılan ölçümlerde en yüksek sertlik değeri 2500-3096 HV aralığında ve 1100 °C için yapılan ölçümlerde ise en yüksek sertlik değeri 2309-3395 HV aralığında ölçülmüştür.

SEM-EDX sonuçları açısından deney sonuçları değerlendirildiğinde; sertlik ölçümlerinde olduğu gibi 800 °C de alınan görüntülerde kaplama tabakası tüm yüzey boyunca homojen olmamakla birlikte çok ince gerçekleşmiştir. Burada, kaplama tabakası en yüksek olan 4 saat çalışmada 1.466 µm olarak ölçülmüştür. 900 °C sıcaklıkta en yüksek kaplama tabakası yine 4 saat sıcaklık değerinde 7.207 µm ölçülmüştür. 1000 °C sıcaklıkta en yüksek kaplama tabakası 4 saat sıcaklık değerinde 14.71 µm ölçülmüştür. Son olarak, 1100 °C sıcaklıkta en yüksek kaplama tabakası 4 saat sıcaklık değerinde 29.24 µm ölçülmüştür. Kaplama tabakasından alınan EDX sonuçları da sıcaklık ve zamana bağlı olarak kaplama tabakasında Cr elementi miktarının arttığını göstermektedir.

X ışınları analiz sonuçları değerlendirildiğinde 800 °C için genel itibariyle α -Fe ve demir sementit fazlarının hakim olduğu görülmektedir. Bu sıcaklık değerinde küçük de olsa CrC tespit edilmiş ancak bu sonucun numunenin tüm yüzeyinde homojen CrC fazının oluştuğu anlamına gelmediği sonucuna ulaşılmıştır. 900 ve 1000 °C sıcaklıklarda 4 saat süreyle kaplanan numunelerden alınan XRD analizlerden kaplama tabakasında Cr elementi açısından zengin CrC, Cr₇C₃ ve Cr₂₃C₆ karbür fazlarının oluştuğu gözlemlenmiştir.

Aşınma deneyi sonuçları incelendiğinde, 800 °C de 1,2,3 ve 4 saat çalışma parametrelerinde 5 N, 10N ve 15N yük altındaki aşınma davranışlarında kreter genişlikleri derin olduğu, bu sebeplede aşınmaya karşı direncin düşük olduğu değerlendirilmiştir. Yukarıda belirtilen yükleme değerleri, diğer çalışma parametreleri için karşılaştırıldığında artan sıcaklık ve artan bekleme süresiyle aşınma direncinin arttığı görülmektedir. Buradan da anlaşılabileceği gibi 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıklarda kaplama tabakasının etkin olarak aşınma direncini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

6.2. Öneriler

GGG70 dökme demir yüzeyine aşınmaya dayanıklı CrC kaplanmasının gerçekleşmediği dolayısıyla 800 °C nin altında bir sıcaklıkta çalışılmasının uygun olmadığı değerlendirilmektedir. Diğer parametrelerde ise, sıcaklık derecesi ve bekleme süresi yükseldikçe kaplama tabakasının arttığı görülmektedir. Ancak altlık olarak kullanılan GGG70 dökme demirin denge diyagramındaki ötektik dönüşüm sıcaklığı baz alınarak 850, 950, 1050 °C gibi sıcaklık değerlerinde çalışmalar yapılabileceği önerilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz E., (1998), Kutu Sementasyon Tekniği İle Yüksek Hız Çeliği Yüzeyinde TiC_xNL_x Türü Yüksek Sert Tabakaların Üretilebilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi
- [2] Yılmaz E., (2008), Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle Çeliklerin Demir Alüminid Kaplanması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s149.
- [3] URL-4, (2012), <http://www.scribd.com/doc/54602287/Difuzyon-Teorisi> (01.07.2012).
- [4] Wei C Y., Chen F. S., (2005), Thermoreactive Deposition/diffusion Coating of Chromium Carbide by Contact-free Method”, Materials Chemistry and Physics pp. 192–199.
- [5] URL-2, (2010), <http://www.yildiz.edu.tr/~ergunk/segmentasyonnitratyon.pdf>
- [6] Akay İ., (2007), “Küresel Grafitli Dökme Demirlere Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Aşınma Direncine Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
- [7] Baydoğan M., (1996), “GGG60 Sınıfı Küresel Grafitli Dökme Demirde Östempereleme Isıl İşleminin Çekme, Yorulma Ve Aşınma Özelliklerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [8] Can A. Ç., Özmen Y., Topçu M., (2000), “Formation of Tangential Pre-Stress As a Residual Stress and Its Influence On The Tribological Performance of Nodular Cast Irons”, Tribology International, 33, 531-535
- [9] Çetinel H., Aksoy T., (2008), “The Effect of Undermatching on Crack Tip Constraint in Welded Structure of Nodular Irons”, Materials Processing Technology, 198, 183-190
- [10] Arai ., (1991), “Thermoreactive Deposition/Diffusion Process for Surface Hardening of Steels”, ASM Handbook, V:4: Materials Park, OH: ASM International, Pp: 1000.
- [11] Deniz G., (2004), “Termoreaktif Difüzyon Tekniği ile AISI 1010 ve AISI M2 Çeliklerinin Titanyum Nitrid Kaplanması”.
- [12] Erdoğan M., (2000), “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri”, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

- [13] Evcin A., (2006), “Kaplama Teknikleri Ders Notları, Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi”, Ders Notları.
- [14] Kon Ö., (2006), “Termoreaktif Difüzyon Yöntemiyle TiBCN Kaplanmış WC-Co Kesici Takımların ve Çeliklerin Aşınma Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi.
- [15] Yıldırım Y.B., (2016), “Termoreaktif Difüzyon yöntemiyle A4140 çeliğin TiC kaplanması”.



ÖZGEÇMİŞ

20.05.1976 da Şanlıurfa'nın Viranşehir ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini viranşehirde tamamladı. 1999 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi bölümünü kazandı ve bu okuldan 2003 yılında mezun oldu. Aynı yıl Olcay Kandıran ile evlendi. Bu evlilikten 2004 yılında Alican Kandıran adında bir oğlu oldu. 2010 yılı Aralık ayında Milli Eğitim Bakanlığına Çelik Gemi Yapımı öğretmeni olarak atandı. Halen Diyarbakır il Milli Eğitim Müdürlüğü bünyesinde İş Sağlığı ve Güvenliği İl Koordinatörü olarak çalışmaktadır.

