

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOZ ALTI KAYNAK YÖNTEMİYLE ÇELİK YÜZEYİNE ALAŞIMLANDIRILAN
KARBÜR TABAKALARIN MİKRO YAPI VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Burcu AKIN

OCAK 2020

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOZ ALTI KAYNAK YÖNTEMİYLE ÇELİK YÜZEYİNE ALAŞIMLANDIRILAN
KARBÜR TABAKALARIN MİKRO YAPI VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Burcu AKIN

Danışman
Doç.Dr. Serkan ÖZEL

Jüri Üyeleri
Doç. Dr. Serkan ÖZEL
Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Fevzi KELEN

OCAK 2020

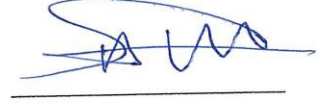
ONAY

Burcu AKIN tarafından hazırlanan “**Toz Altı Kaynak Yöntemiyle Çelik Yüzeyine Alaşımlandırılan Karbür Tabakaların Mikro Yapı Ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışması 22.01.2020 Tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Fatih Ahmet ÇELİK



Doç. Dr. Serkan ÖZEL



Dr. Öğr. Üyesi Fevzi KELEN



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun **13/03.2020** gün ve **03/03** Sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Zeki ARGUNHAN
Enstitü Müdürü

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum **“Toz Altı Kaynak Yöntemiyle Çelik Yüzeyine Alaşımlandırılan Karbür Tabakaların Mikro Yapı Ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi”** adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 11/02/...2020

Burcu AKIN

imza



ÖZET

TOZ ALTI KAYNAK YÖNTEMİYLE ÇELİK YÜZEYİNE ALAŞIMLANDIRILAN KARBÜR TABAKALARIN MİKRO YAPI VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Burcu AKIN

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Serkan ÖZEL

Ocak 2020, 76 sayfa

Bu çalışmada, düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine WC, Cr₃C₂ ve FeCrC ilave edilen toz karışımları, tozaltı kaynak yöntemi kullanılarak alaşımlanmıştır. Tozaltı kaynak yöntemi ile gerçekleştirilen yüzey alaşım tabakalarında üç farklı akım şiddeti (275A, 300A ve 325A) kullanılmıştır. Kaynak yaptığımız malzemelerin kaynak bölgesinden kesitler alınarak kaplamanın sertlik, mikro yapı ve aşınma gibi özelliklerine bakılmıştır. Mikroyapı incelemelerinde optik mikroskop, elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dispersive spektrograph (EDS) kullanılmıştır. Alaşımlanmış numune yüzeylerinden alınmış sertlik testleri sonucundaki sertlik değerleri ve aşınma kıyaslandığında sertliğin artmasıyla aşınma miktarının azaldığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yüzey Alaşımlama, Karbür, Mikro yapı, Sertlik, Aşınma.

ABSTRACT

THE INVESTIGATION OF WEAR AND MICROSTRUCTURE PROPERTIES OF CARBIDE LAYERS ALLOYED ON STEEL SURFACE SUBMERGED WELDING METHOD

Burcu AKIN

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Metallurgical and Materials Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan ÖZEL

January 2020, 76 pages

In this study, powder mixtures with WC, Cr₃C₂ and FeCrC added to the surface of low carbon steel material were alloyed using submerged arc welding method. Three different current strengths (275A, 300A and 325A) were used in the surface alloy layers realized by submerged arc welding. Sections of the welded materials were taken from the welding zone and the properties of the coating such as hardness, microstructure and abrasion were examined. Optical microscopy, electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectrograph (EDS) were used in microstructure studies. It was concluded that the hardness values of the alloyed sample surfaces and the abrasion amount decreased with increasing hardness.

Keywords: Surface alloying, Carbide, Microstructures, Hardness, Wear.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasında, gerek tez konunun belirlenmesinde gerek çalışmamın tamamlanmasında her türlü konuda bana yardımcı olan ve değerli katkıları ile çalışmalarına yön veren hocam Sayın Doç. Dr. Serkan ÖZEL'e, Bitlis Eren Üniversitesi Rektörlüğü ve Personeline, Yüksek lisans eğitimim süresince maddi ve manevi destekleri ile aileme teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Bilgisi	2
1.2. Yüzey Alaşımlama Yöntemleri	4
1.2.1. Lazer İle Yüzey Modifikasyonu	4
1.2.2. TIG İle Yüzey Modifikasyonu.....	6
1.2.3. MIG-MAG İle Yüzey Modifikasyonu	7
1.2.4. Toz Altı İle Yüzey Modifikasyonu	8
1.3. Aşınma	11
1.3.1. Aşınma Düzenekleri	11
1.3.2. Aşınmayı Etkileyen Faktörler	11
1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi	12
2. MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1. Kullanılan Malzemeler	13
2.2. Yüzey alaşımlama yöntemi	14
2.3. Metalografik muayene ve Sertlik Ölçümü	16
2.4. Aşınma Yöntemi	16
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	19

3.1. Mikroyapı İncelemesi.....	18
3.2. Mikrosertlik İncelemesi.....	68
3.3. Aşınma İncelemesi	70
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
5. KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ	76



ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

1.1. Lazer yüzey modifikasyon sonrası oluşan yapılar [16]	4
1.2. Toz enjeksiyon yöntemi ile lazer kaplama metodu [16].....	4
1.3. Tel besleme yöntemi ile lazer kaplama metodu[16].....	5
1.4. İki aşamalı kaplama metodu [16]	6
1.5. TIG kaynak yöntemi uygulanan kaplama işlemi [18]	6
1.6. MIG-MAG kaynak yöntemi [21]	7
1.7. MAG kaynak yöntemi [25].....	8
1.8. Tozaltı kaynak yöntem şematığı [25]	9
1.9. Tozaltı kaynağının ısı özeti [25]	10
1.10. Tozaltı kaynak yöntemi	10
2.1. Yüzey alaşımlama yapılan numunenin şematik resmi [28].....	14
2.2. Tozaltı kaynak yöntemiyle yüzey alaşımlamanın şematik görünüşü [28]	14
2.3. a)Yüzey alaşımlama öncesi ve b) Yüzey alaşımlama sonrası numunelerin resimleri.....	15
2.4. Abrasiv aşınma deneyi için numunelerin çıkarılması [28]	16
2.5. Aşınma cihazı	17
3.1. B1 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası.....	19
3.2. B1 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası.	20
3.3. B1 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi	22
3.4. B1 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi ve c) 4 no'lu EDS analizi	23
3.5. B2 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası	25
3.6. B2 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi	25
3.7. B2 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.	27
3.8. B2 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi ve c) 4 no'lu EDS analizi.	29

3.9. B3 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	30
3.10. B3 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi	31
3.11. B3 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.	33
3.12. B3 numunesinin alışım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi, c) 4 nolu EDS analizi ve d) 5 no'lu EDS analizi.....	35
3.13. B4 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	37
3.14. B4 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası.	38
3.15. B4 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.	39
3.16. B4 numunesinin alışım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi ve c) 4 no'lu EDS analizi	41
3.17. B5 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	42
3.18. B5 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	43
3.19. B5 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.	45
3.20. B5 numunesinin alışım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi, c) 4 no'lu EDS analizi ve d) 5 no'lu EDS analizi.	47
3.21. B6 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	49
3.22. B6 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası.	49
3.23. B6 numunesinin alışım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi	51
3.24. B6 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	52
3.25. B7 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alışım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alışım tabakası	53

3.26. B7 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi ve d) 3 no'lu EDS analizi.	55
3.27. B7 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi ve d) 3 no'lu EDS analizi.	57
3.28. B7 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası	58
3.29. B8 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası	59
3.30. B8 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi	60
3.31. B8 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 2 no'lu EDS analizi	61
3.32. B9 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası	62
3.33. B9 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası.	63
3.34. B9 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi.	65
3.35. B1, B2 ve B3 no'lu numunelerden alınan XRD analizleri	67
3.36. Yüzey alaşım tabakalarından alınan mikrosertlik değerleri	68
3.37. Yüzeyi alایشmlanan numunelerin aşınma deneyi ağırlık kayıpları.....	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. Altlık malzeme olarak kullanılan Ç 1020 çeliğinin kimyasal içeriği (% ağırlık).....	13
2.2. Yüzey alaşımlamada kullanılan tozların kimyasal içeriği(% ağırlık)	13
2.3. Çalışmada kullanılan parametrelere ait numunelerin isimleri.....	15



SİMGELER DİZİNİ

Fe	Demir
Cr	Krom
Ni	Nikel
Al	Alüminyum
Zr	Zirkonyum
Ti	Titanyum
Cl	Klor
WC	Tungsten Karbür
Cr ₃ C ₂	Krom Karbür
FeCrC	Ferrokrom
A	Amper
Zn	Çinko
SiC	Silisyum Karbür
CO ₂	Karbondioksit
H ₂ O	Su
HCl	Hidroklorik Asit

KISALTMALAR DİZİNİ

EDS	Enerji Yayınım Spektrometresi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TIG	Tungsten İnert Gaz
MIG	Metal İnert Gaz
MAG	Metal Aktif Gaz



1. GİRİŞ

Malzemelerin istenilen yüzey özelliklerini kazanması için uygulanan her türlü işleme “yüzey işlemleri” ve yüzey işlemleri için kullanılan teknolojilere de “yüzey teknolojileri” denir. Endüstride kullanılan malzemeler, zor koşullar nedeniyle sürekli yüksek aşınma ve korozyona maruz kalmaktadırlar. Malzemelerin istenilen özellikleri kazanması açısından etkili ve ekonomik yol olarak, yüzey kaplama ve yüzey modifikasyon yöntemleri kullanılmaktadır [1]. Isıl işlemlerde malzemenin bazı dayanım değerleri iyileştirilse de aşınma, darbe dayanımı, korozyon direnci, kırılma tokluğu, hafiflik gibi özellikler aynı anda sağlanamamaktadır. Bu nedenle yeni malzeme üretmek veya değişik yöntemlerle çalışma koşullarına en uygun malzemeyi seçmek amaçlanmaktadır.

Çalışma ortamının etkisi ile metalik malzemelerin kimyasal yapıları ve mekanik özelliklerinde değişimler ortaya çıkmaktadır. Üretilen parçanın ömrünü ve kalitesini arttırmak, çalışma ortamının olumsuz koşullarının etkilerini azaltmak ve bazı mekanik özelliklerini iyileştirmek için metalik ve metalik olmayan kaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Endüstride en çok kullanılan malzeme olan çelik üzerine kaplama metalleri (Cr, Ni, Al, vb.) değişik yöntemlerle kaplanmaktadır [2,3].

Sanayide her yıl, korozyona veya aşınmaya uğrayarak kullanılamaz hale gelen parçalar hurdaya atılmaktadır. Sert dolgu kaynağı uygulaması ile parçaların aşınma direnci artırılarak daha uzun yıllar kullanılması sağlanabilir. Bu uygulama yeni parça satın alma maliyetinden çok daha ekonomiktir [4].

Toz altı kaynak yönteminde kaynak parametreleri (kaynak akımı, ark voltajı, tel ilerleme hızı, kaynak hızı) iyi seçildiği takdirde hatasız ve çok güzel görünümlü dikişler elde edilir. Normal örtülü elektrotla yapılan kaynağa göre bu yöntemde kullanılan aynı çaplı elektrot daha yüksek kaynak akımı ile yüklendiğinden, daha büyük kaynak banyosu ve daha derin nüfuziyet elde edilir. Yöntem, yarı otomatik ve tam otomatik kaynak uygulamalarına da müsait olduğu için modern kaynak uygulaması olarak sanayileşmiş ülkelerde yaygın kullanım sahası bulmuştur. Toz altı kaynak yönteminde de ark, otomatik olarak kaynak yerine sürülen çıplak elektrot ile iş parçası arasında meydana gelir ve ayrı bir kanaldan kaynak yerine dökülen toz yığını altında işlevine devam eder [5].

Bu çalışmada alt malzeme üzerine yapıştırılmış üç farklı toz yüzeyde meydana getirilen ergime etkisi ile alt malzeme yüzeyine geçirilmesi, yüzeyde oluşturulan ark sonucu hem alt malzeme hem de toz alaşımları ergiyip karışmakta ve bu katılaşma sonucunda yüzeyde alaşımlı bir tabaka oluşturulmaktadır. Düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine tozaltı kaynak yöntemi

kullanılarak WC, Cr₃C₂ ve FeCrC tozları, 275A, 300A ve 325A'lık akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılmıştır. Birinci grup WC tozu üç farklı akım şiddetiyle oluşan numuneler, ikinci grup Cr₃C₂ tozu üç farklı akım şiddetiyle oluşan numuneler, üçüncü grup FeCrC tozundan üç farklı akım şiddetiyle oluşan numunelerden oluşturulmuştur. Mikro yapı incelemelerinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji yayılım spektroph (EDS) faydalanılmıştır. Yüzeye modifiye edilen tabakanın sertliği, mikrosertlik cihazlarıyla ölçülmüş ve yüzey tabakası abrasiv aşınma testine tabi tutulmuştur. Mikro yapı fotoğrafları, EDS, mikrosertlik ve aşınma değerleri deneysel çalışmada verilmiştir.

1.1.Literatür Bilgisi

Günümüzde materyal araştırmasında önemli bir eğilim, ürünleri daha işlevsel,güçlü ve güvenilir hale getirmektir.Diğer bir kaygı ise maddi kaynakların optimum kullanımı ve bunun çevre üzerindeki etkisidir. Farklı metallerin birleştirilmesini gerektiren endüstriyel uygulamalarda çeşitli durumlar ortaya çıkmaktadır. Kullanılan malzemeler, her malzemenin özel özelliklerini etkin ve ekonomik kullanımı için aynı yapıdaki yere bağlıdır.

Tungsten karbür (WC) içerikli malzeme ilk defa Birinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'da K.Schröter tarafından üretilmiştir. Tel çekme kalıplarından sonra, sertliği yüksek ve yüksek aşınma direncine sahip WC malzemelerden daha iyi kesici takımlar ve daha uzun ömürlü makine parçaları üretilmiştir. Metal işleme endüstrisinde tercih edilen WC kompozit malzemesi çeşitli endüstri alanlarda kullanılmaktadır. Yüzeyleri kullanım alanlarında daha uzun ömürlü hale getirmek için bazı kaplama işlemleri uygulanmıştır [6].

2019 yılında Fayomi ve diğerleri, Cr₃C₂ partikül yüklemesinin milroyapı üzerindeki etkisi düşünülen elektrodülasyon yoluyla üretilen Zn-SiC-Cr₃C₂ nanokompozitin mekanik özellikleri üzerine incelemiştir. Nanokompozit kaplamaların yüzey yapısı, enerji dağıtıcı spektrometre (EDS) ile birleştirip taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak karakterize etmiştir. Üretilen Zn-SiC-Cr₃C₂ nanokompozitin aşındırıcı aşınma davranışı ve sertlik özelliği, CERT UMT-2 çok fonksiyonlu tribolojik test cihazı ve Dura Scan sertlik test cihazı kullanılarak incelemiştir. Korozyon özelliği doğrusal polarizasyon yaklaşımı ile değerlendirmiştir. Kaplamaların iyi bir stabilite sergilediğini ve Cr₃C₂ nanokompozit yüklemenin, mikroyapısal performansı, sertlik özelliğini, aşınma ve kaplamaların korozyon direncini önemli ölçüde geliştirdiğini görmüştür [7].

Panagopoulos ve diğerleri, 1993 yılında Alüminyum oksit, Cu alaşımlı altlık malzeme yüzeyine plazma püskürtüp, kaplamanın morfolojisi optik ve taramalı elektron mikroskobu

kullanıp incelemişlerdir. Al kaplamanın aşındırıcı aşınma davranışı, pi-on-disk yöntemini kullanarak incelemiştir. Kaplamanın aşınma oranı, aşınma testlerinin başlangıcında yüksek çıkmış ve uygulanan yüke bağlı olup aşınma oranı ile kaplamanın başlangıç yüzey pürüzlülüğü arasında doğrusal bir ilişki gözlemişlerdir [8].

Tozaltı ark kaynağı, yüksek biriktirme hızı ve yüksek kaynak kalitesi nedeniyle, basınçlı kap, deniz aracı, boru hatları ve açık deniz yapılarının imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte optimum kaynak parametreleri kombinasyonunun seçilmesi, yüksek kaynak kalitesi ve üretkenlik elde edilmesinde kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada başlangıçta doğrudan ve dolaylı girdi parametrelerinin, kaynak gerilimi, tel, besleme hızı, kaynak hızı, levhaya mesafe, akı durumu ve levha kalınlığı üzerindeki doğrudan, dolaylı girdi parametrelerinin etkisini analiz etmek için kesirli faktoring tasarımı kullanılarak tozaltı ark kaynağı deneyleri yapılmıştır. Tozaltı ark kaynağı giriş parametrelerinin cevap değişkenleri üzerindeki etkisi ana ve etkileşim etkileri kullanılarak analiz edilmiştir. Lineer regresyon, cevap değişkeni için matematiksel modeller geliştirmek için kullanılmıştır [9].

Rajesh Purohit ve arkadaşları 2012 yılında yaptıkları çalışmada, Alüminyum ve SiC tozlarının alaşımlanması sırasında tozların yapısında fark edilen değişikliği araştırmışlardır. Yapılan çalışmalarda sertlik, yoğunluk, mukavemeti ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. SiC oranı arttıkça sertliği, yoğunluğu, mukavemeti gibi özelliklerinde artış olduğu görülmüştür [10].

Ming Song 2009 yılında yaptığı çalışmada SiC ilaveli saf alüminyum kompozitlerin toz metalurjisi yöntemiyle üretildiği ve SiC parçacıklarının hacimsel artışının mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir [11].

Majid ve Sajad yapmış oldukları çalışmada, Alüminyum TIG kaplaması sırasında Ti yüzeyi üzerinde Al/Al₃Ti kompozit kaplamanın yerinde oluşumunu araştırmışlardır. Bu kapsamda, TIG işlemi ile saf Al teli ve saf Ti yüzeyinde biriktirilmiş ve üretilen kaplamalar 823 K'da (550 °C) farklı sürelerde tavlanmıştır. Kaplamalar X ışını kırınımı (XRD) , optik taramalı elektron mikroskobu ile karakterize etmişlerdir. Sonuç olarak, ortalama sertlik değeri yaklaşık 250 HV olan Al/Al₃Ti kompozit kaplamanın, TIG kaplama işlemi sırasında Ti yüzeyinde başarılı bir şekilde oluşabileceğini ve sertlik direncinin arttığını görmüşlerdir [12].

1.2. Yüzey Alaşımlama Yöntemleri

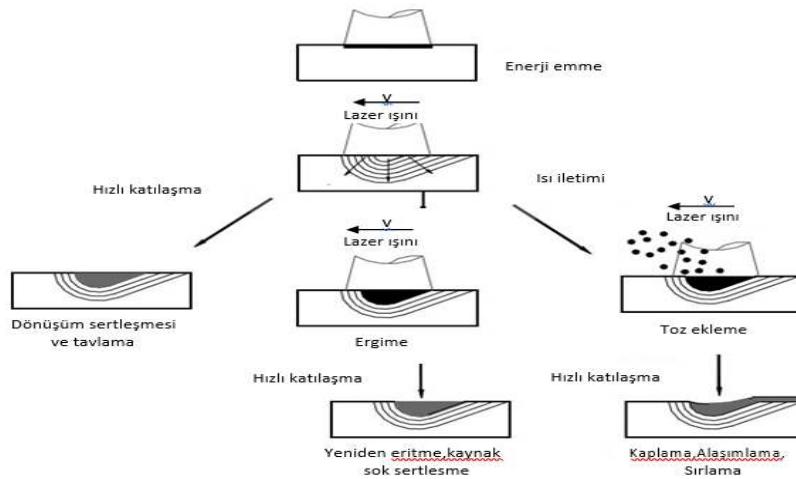
1.2.1. Lazer ile Yüzey Modifikasyonu

İstenilen değerleri elde etmek için malzeme yüzeyine modifikasyon işlemi uygulanmaktadır. Malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirme yöntemleri arasında lazer ile yüzey modifikasyonu gelir. Lazer yüzey modifikasyonu ile malzeme yüzeyinin iç yapısı değiştirilerek istenilen yüzey özellikleri sağlanmış olur [13].

Dönüşüm sertleşmesi gerçekleşen çeliklerde lazer ile modifikasyon yöntemi uygulanabilmektedir. Lazer ile yüzey modifikasyonunun avantajı fazladır. Yüksek seviye kontrolü ve çok hassas işlem kapasitesi bu yöntemin en önemli avantajlarıdır [14].

Yöntemde işlenen malzemenin yüzeyine lazer demetinin çarpmasıyla oluşan ısı kullanılır. Oluşan ısı malzeme yüzeyinde işlenecek kısmın östenitlenmesini sağlar. İş parçasının soğuk olan ana gövdesine doğru meydana gelen çok hızlı ısı iletimi nedeniyle tabakalar martenzite dönüşür. Yöntemde kullanılan CO₂ lazerleriyle oluşan kızılötesi ışınlar, yüzey açısından çok çok küçük miktarda soğurulur. Lazer gücünü verimli kullanmak ve soğurabilirliği arttırmak için bazı ön kaplamalar yapılır. (Grafit, Mangan, Fosfat ve diğer soğurucu kaplamalar) [15].

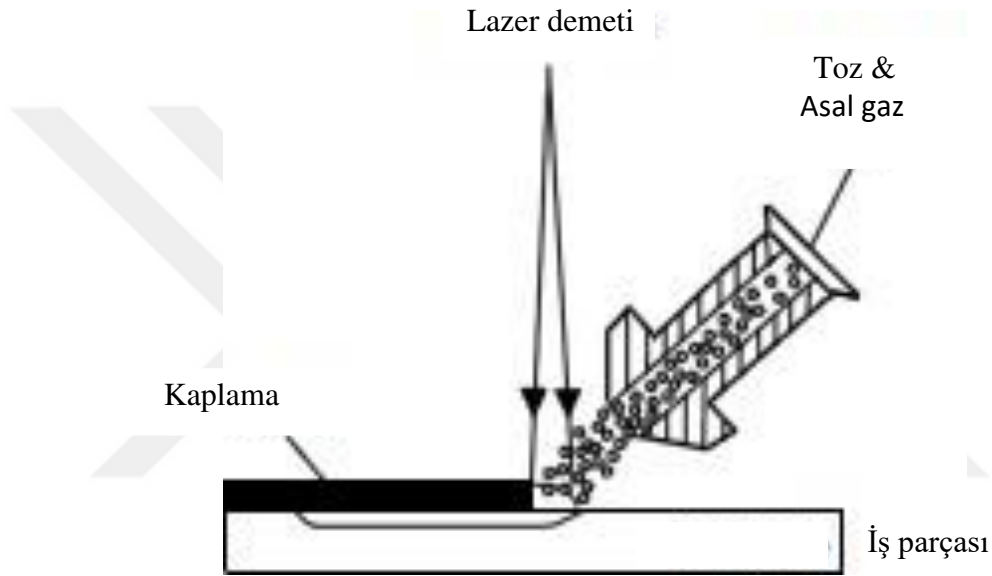
Bu yöntemde yüzeye kaplanacak malzeme daha önceden malzeme üzerine toz yapııştırılarak veya tel besleme yoluyla malzeme yüzeyi tarafından soğrulur. Aşağıdaki şekildedeki görüldüğü gibi malzemenin yapısındaki değişimler gösterilmektedir. Oluşan bu özellikler soğrulma, ergime, toz ekleme ve hızlı katılma gibi işlemlerin sonrasında gerçekleşen durumlardır. Lazer demeti toz taneciklerini ve metal yüzeyini eriterek ince bir tabaka oluşturur [16]. Şekil 1.1.'de lazer yüzey modifikasyon sonrası oluşan yapıların gösterimi verilmiştir.



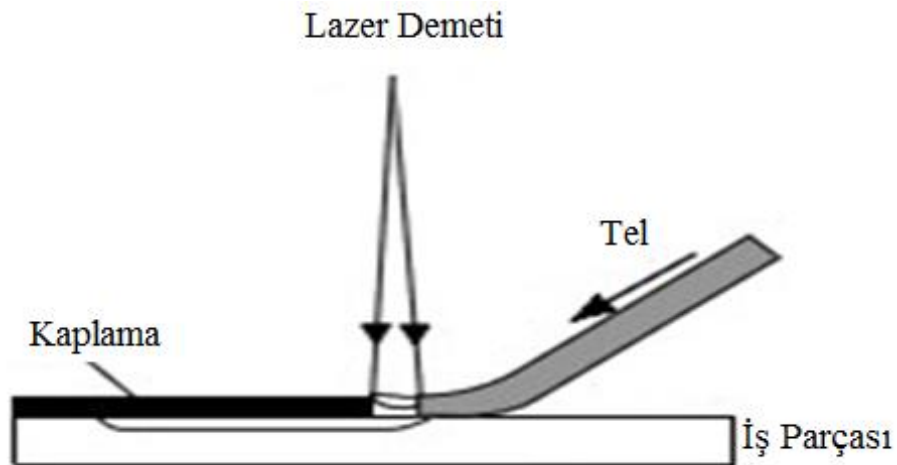
Şekil 1.1. Lazer yüzey modifikasyon sonrası oluşan yapılar [16]

Lazer kaplamada iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Birinci yöntem lazer demetinin çarpmasıyla eklenen tozların veya telin telin işlem sırasında eklenmesi olan tek kaplama yöntemidir. İkinci yöntemde ana malzeme yüzeyine önceden yapıştırılmış metal tozlarının kaplanması yöntemidir [16].

Bu kaplama yönteminde toz enjeksiyonu ve tel besleme ile kaplama yöntemleri olarak ikiye ayrılır. Bu iki yöntemde ortak özellik eklenen malzemenin işlem sırasında ergime havuzuna eklenmesidir. şekil 1.2’de toz enjeksiyon yöntemi ile lazer kaplama metodu ve şekil 1.3.’de tel besleme yöntemi ile lazer kaplama metodu verilmiştir.

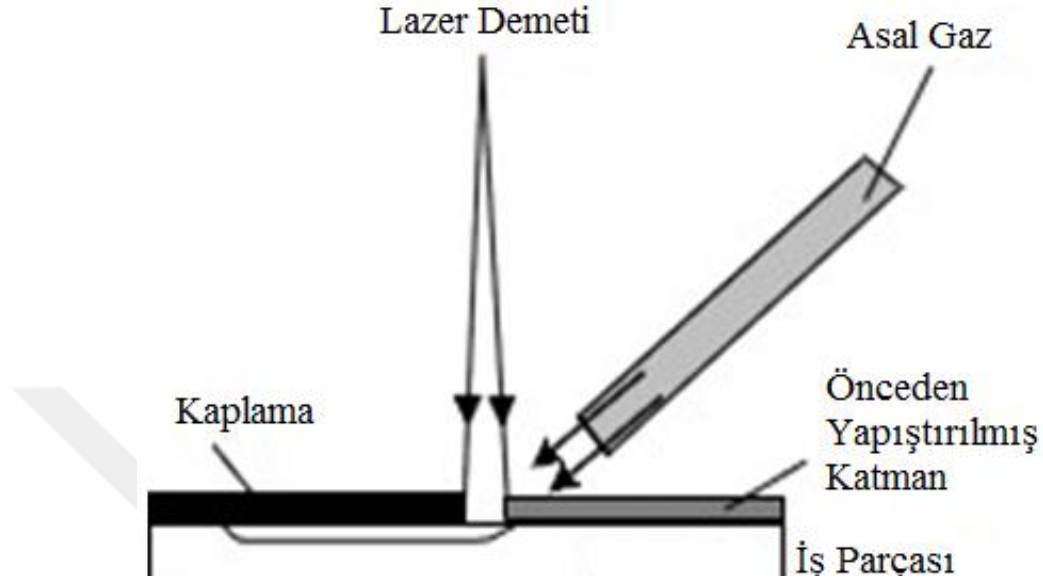


şekil 1.2. Toz enjeksiyon yöntemi ile lazer kaplama metodu [16]



şekil 1.3. Tel besleme yöntemi ile lazer kaplama metodu [15]

Bu yöntemde malzemenin yüzeyine tozların yapıştırılmasıyla olur. Yapıştırılan tozların yüzeye iyi yapıştırılması gerekir.İyi yapıştırılmayan tozlar lazerin yüzeyi eritmesi esnasında malzeme yüzeyinden ayrılabilirler [16]. Şekil 1.4.'de iki aşamalı kaplama metodu verilmiştir.

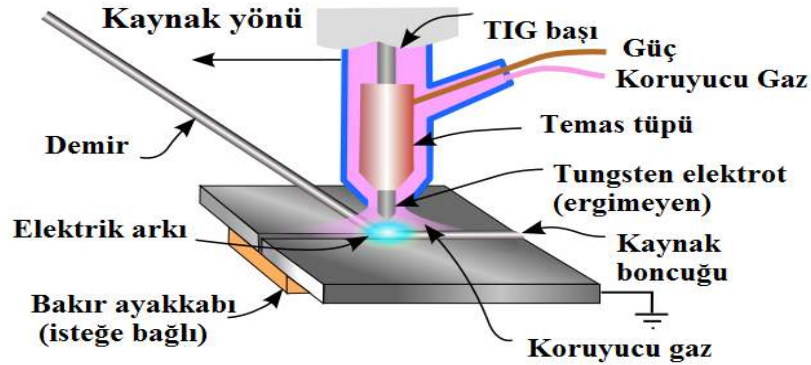


Şekil 1.4. İki aşamalı kaplama metodu [16]

1.2.2. TIG İle Yüzey Modifikasyonu

TIG kaynak yöntemi; Koruyucu gaz olarak tek, ikili veya çok değişkenli bir karışım gazı kullanan en önemli kaynak yöntemlerinden biridir. Tek gaz esas olarak argon ve helyum gibi inert bir gazdır. Belirli bir miktarda azot ve hidrojen gazı azaltılırken, erimiş metal ve erimiş damlacıkların yüzey gerilimi artar ve arkın entalpi değeri ve gücü artmış olur. Argon ark kaynağında ark stabildir, fakat yayılması kolaydır ve odaklanmamış ısınmaya neden olur. Helyum arkı daha büyük bir nüfuziyet kabiliyetine sahipken ancak düşük stabiliteye sahiptir. Argon TIG'de inert karakterli metal kaynağı için koruyucu gaz olarak kullanılır. Normal ve yüksek sıcaklıktaki diğer elementlerle kimyasal reaksiyon oynamaz. TIG kaynak argonunda Al, Cu, Ni, Ti, Zr vb alaşımların hemen hemen tamamı koruyucu gaz olarak kullanılabilir. Al, Cu, Ni, Ti, Zr vb. ve alaşımların hepsinin kaynak etkisi mükemmeldir. TIG kaynak yönteminde tek bir argon gazı kullanılıyorsa arkın düşük gücü olarak nüfuziyeti ve kaynak hızı bu gereklilikleri yerine getiremez. Argon ve Helyum gazı, kaynak nüfuziyetini ve daha yüksek iyonlaşma potansiyeli ve hızını arttırmak için koruyucu gaz olarak kullanılır. Helyumun ısı iletkenliği, ark voltajı ve gücü yüksektir. Ayrıca Helyum arkının enerji ve yoğunluğu daha yüksektir. Daha derin nüfuziyet

sağladığı için kaynak daha ince ve yoğundur [17]. Şekil 1.5.'de TIG kaynak yöntemi uygulanan kaplama işlemi verilmiştir.

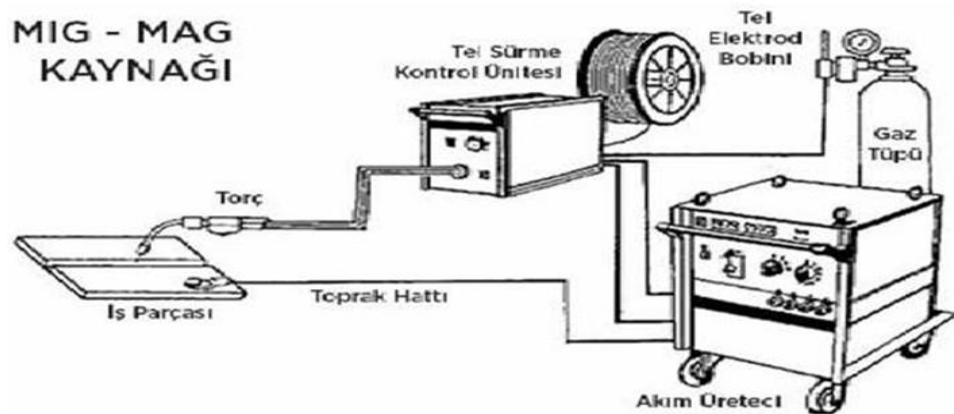


Şekil 1.5. TIG kaynak yöntemi uygulanan kaplama işlemi [18]

1.2.3. MIG-MAG İle Yüzey Modifikasyonu

Metal İnert Gaz-Metal Aktif Gaz (MIG-MAG) kaynağı, ilave metalin bir tel hattı rulosuna getirildiği, iş etkisi ve bir elektrik arkı ile eritildiği ark kaynağı işlemidir [19].

Kısa ark modunda kaynak başarılı damlalardan yapılır. İnert bir gaz genellikle argon bazlı gaz (MIG kaynağı) veya aktif gaz, genellikle CO₂ bazlı gaz (MAG kaynağı), elektrik ark kaynağı içim plazma olarak ve yüksek sıcaklıkta metal için koruyucu atmosfer olarak kullanılır, metalin oksijen ve azot ile bulaşmasını önler. Kaynak jeneratörü eritme, tel kırma, tel ve iş parçaları arasında kaynak tutma için gerekli elektrik enerjisini sağlar. İki farklı kontrol moduna göre çalışır. Birinci mod; jeneratör tarafından sağlanan voltajın kaynakçı tarafından seçilen bir ayar noktasına ulaşmak için kontrol edildiği ark modudur. İkinci mod ise; akımın önceden tanımlanmış bir yolu takip ettiği kısa devre modudur [20]. Şekil 1.6.'de MIG-MAG kaynak yöntemi verilmiştir.

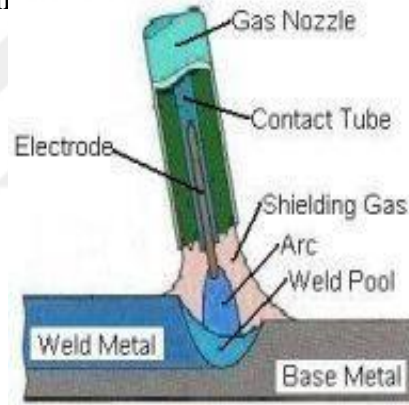


Şekil 1.6. MIG-MAG kaynak yöntemi [21]

MAG kaynağı, orta ile yüksek kaynaklı metal biriktirme oranları üretebilen genel amaçlı ,yarı otomatik bir kaynak işlemidir.MAG kaynağı ,tüketilebilir bir elektrot ile bir iş parçası arasında salınan doğru akım arkını kullanır. Ark tüketilebilir tel elektrodunu eritmek için kullanılır ve temelini kaynatır [22,23].

Katılaştırıldığında kaynaklı bağlantıyı oluşturan erimiş bir kaynak havuzu oluşturulur. Erime elektrotu ve kaynak bir inert veya aktif (oksitleyici) gaz kalkanı ile atmosferden korunmuştur. MAG kaynağı aktif gazları kullanır.(Argon, O₂, CO₂). MAG kaynak; manuel, mekanize ve otomatik robot uygulamaları için uygundur. Bir elektrik motoru, tüketilebilir bir tel elektrotu kaybak tabancası ve ark içine kontrollü hızda besler. Burada ,tel elektrotun ucu,esas olarak kaynak akımı tarafından kontrol edilen bir oranda erir [24].

Güç kaynağı sabit kaynak voltajını (yay uzunluğu) koruyacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece kaynakçı operatör derzinin tamamıyla kaynaşmasını sağlamak için konsantre olabilir. MIG kaynağından farkı koruyucu gaz olarak CO₂ kullanılmasıdır [23]. Şekil 1.7.'de MAG kaynak yöntemi şematik gösterii



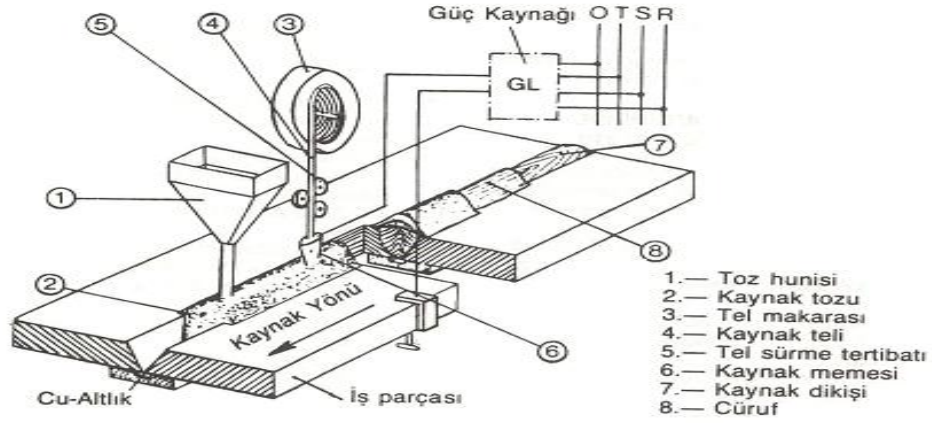
Şekil 1.7. MAG kaynak yöntemi [25]

1.2.4. Toz Altı İle Yüzey Modifikasyonu

Tozaltı kaynağı bir ark kaynağı çeşididir,burada ark akımı tamamen gizlenir.Parlama duman ve doğrudan maruz kalmalarını önler. Dolayısıyla tozaltı kaynak işleminde kaynak arkını veya sıvı kaynak havuzunu görmek mümkün değildir. Tozaltı kaynak yöntemi hem çevre dostu hem de operatördür. Değişken kalınlıkta 3 mm'den 100 mm'ye kadar kaynak yapmak mümkündür. Proses basınçlı kapların imalatında,gemi yapımında ,boru kaynaklarında ve yapısal uygulamalarda kullanılır [26].

İyi bir kaynak kalitesi elde etmek ve alın derzinin üstündeki açılmal bozulmayı azaltmak ve plakaların daha kalın bölümleri için zor olan dip takviyeleri gereklidir. Bu durumda kalın levhaların birleştirilmesi olağanüstü bir endüstri uygulamasıdır. Çift taraflı tozaltı ark kaynağının sıcaklık dağılımlarını ve açılmal bozulmalarını tahmin etmek için 3D sonlu elmanlar modeli geliştirilmiştir [27].

Toz altı kaynak yönteminde; tel ilerleme hızı, voltaj değeri, kaynak hız ve akımı iyi seçim yapıldığında kaynak görünümü güzel ve kaynak dikişleri hatasız bir kaynak elde edilebilir. Bu yöntemde ark otomatik kaynak yerine sürülen elektrot ile iş parçası arasında oluşur ve kaynak tarafına ilave edilen toz yığını altında kaynak işlemine devam eder. Bu işlemde ark kaynak tozu tarafından örüldüğünden diğer kaynak çeşitleri gibi kaynak maskesi takmaya gerek yoktur. Toz altı kaynağı derin nüfuziyet sağlar. Tozaltı kaynağı otomatik ve yarı otomatik kullanıldığı gibi gerekli çalışmalarda elle uygulama avantajı vardır. Toz altı kaynak elektrotları yüksek Mn içeren özel çeliklerden üretilmektedir. 1 mm ile 10 mm çapında kullanılır [5]. Şekil 1.8.'de Tozaltı kaynak yönteminin şematik resmi verilmiştir.



Şekil 1.8. Tozaltı kaynak yöntem şematığı [25]

Kaynak donanımı parçaları;

- Sabit gerilim tipi kaynak makinesi
- Tel ilerleme motoru
- Kaynak tozu haznesi
- Bakır çene
- Çıplak elektrot Kangalı
- Tel ilerleme motoru, elektrot kangalı ve toz haznesinin üzerinde taşıyan araba [5].

Şekil 1.9.'de Tozaltı kaynağının ısı özeti verilmiştir.



Şekil 1.9.Tozaltı kaynağının ısı özeti [25]

Şekil 1.10'da tozaltı kaynak yöntemi ve cihazın görünümü verilmiştir.



Şekil 1.10.Tozaltı kaynak yöntemi ve cihazın görünüşü

1.3. Aşınma

Aşınmaya maruz kalan makine parçaları zamanla kullanılmayacak hale gelir. Çabuk aşınan parçanın üretilen malzemenin maliyet açısını yükseltmesi sorun teşkil etmektedir. Bu sorunu çözmek için aşınmış makine parçaları aşınma direnci yüksek malzemelerin doğru analizini yaparak tercih edilmesi gerekir [28].

1.3.1. Aşınma Düzenekleri

Aşınma türleri olarak farklı aşınma düzeneğine sahip türler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

1. Adhesiv aşınması,
2. Abrasiv aşınması,
3. Yorulma aşınma,
4. Korozyon aşınma,
5. Erozyon aşınma,
6. Öğütmeli aşınması,
7. Kazımalı aşınması [28].

1.3.2. Aşınmayı Etkileyen Faktörler

Ana malzemeye bağlı oluşan etkenler;

- Malzemenin kristal özelliği,
- Deformasyon davranış biçimi,
- Elastisite(Young) modül,
- Malzeme sertlik durumu,
- Malzeme ebatı,
- Yüzey karışıklığı,
- Karşı malzemeden kaynaklanan etkiler ve aşındırıcı etki,
- Ortam etkisine bağlı etkenler
- Sıcaklığı,
- Nemi,
- Atmosferi.
- Servis şartları,

- Basınç değeri,
- Hız değeri,
- Kayma yolu [28].

1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada, Bitlis bölgesinde mevcut olan pomza madeninin kırılarak işlenmesinde kullanılan taş kırma makinelerine ait kırıcı silindirlerin yüzeylerinde meydana gelen aşınmanın farklı bir yöntem olan Toz altı yöntemi kullanılarak yüzeyde farklı tabakaların elde edilmesiyle minimum seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır. Yüzeyi farklı yöntemlerle alaşımlandırılmış silindirlerin aşınmaya karşı dayanımları 3 ile 5 ay arasında değişmektedir. Bu amaçla, Toz altı yönteminde yüzeyde aşınmaya dayanımı arttırmak için karbür tozları ilave edilmiştir.

Tozaltı yöntemiyle gerçekleştirilecek olan yüzey alaşım tabakalarına, sertliğin yükseltilerek aşınma dayanımının arttırılması amacıyla WC, Cr₃C₂ ve FeCrC tozları ilave edilmiştir. İlave edilen bu tozlar ile yüzeyde oluşturulacak alaşım tabakalarının aşınma dayanımlarının artması beklenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada düşük karbonlu çelik malzemesi yüzeyine tozaltı kaynak yöntemiyle WC, Cr_3C_2 ve FeCrC tozları yüzeye alaşımlandırılarak oluşan tabakanın mikroyapısı, mikrosertliği ve abrasiv aşınma direnci incelenmiştir.

2.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada düşük karbonlu Ç 1020 çelik malzemesi tozaltı kaynak yöntemiyle yüzeyi alaşımlandırılarak oluşan tabakanın mikroyapısı ve abrasiv aşınma direnci incelenmiştir.

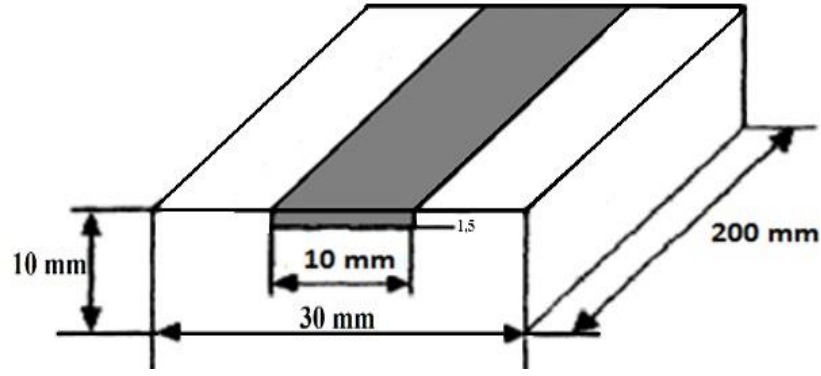
Çizelge 2.1. Altlık malzeme olarak kullanılan Ç 1020 çeliğinin kimyasal içeriği (% ağırlık)

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
Ç 1020	0.20	0.04	0.5	0.065	0.022	0.07	0.08	0.08	Kalan

Tozaltı kaynak metodu ile yüzey alaşımlama metodunda, altlık numune olarak 200x30x10 mm ebatlarında düşük karbonlu çelik malzeme kaplanacak malzeme olarak WC, Cr_3C_2 ve FeCrC tozları uygulanmıştır. Düşük karbonlu çelik malzemesinin kimyasal bileşimi Çizelge 2.1.'de verilmiştir. WC, Cr_3C_2 ve FeCrC tozlarının kimyasal bileşimleri Çizelge 2.2'de gösterilmiştir. WC, Cr_3C_2 ve FeCrC tozları Şekil 2.1'deki gösterilen şekilde, 1,5 mm derinliğinde hazırlanan kanal içerisine yerleştirilerek yapıştırılmıştır. Yapıştırma işlemi için sodyum silikat bileşiği bağlayıcı olarak kullanılmıştır.

Çizelge 2.2. Yüzey alaşımlamada kullanılan tozların kimyasal içeriği(% ağırlık)

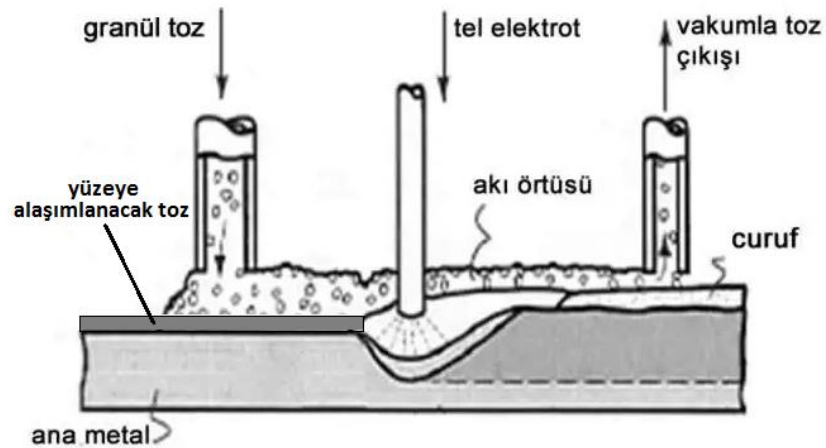
Alaşımlama elementi	Cr_3C_2	WC	FeCrC
C	12-14	6-6.5	6.5
Si	0.3	-	-
Cr	84-87	-	66.90
W	-	Kalan	-
Fe	0.5	1.0	24.82



Şekil 2.1. Yüzey alaşımlama yapılan numunenin şematik resmi [28]

2.2. Yüzey Alaşımlama Yöntemi

Bu çalışmada, ön deneme olarak ve parametreleri optimize etmek için toz altı kaynak makinesinde 100A, 150 A, 200 A, 250 A'lık akım şiddeti kullanılmıştır. Bu akım şiddetlerinde kesik kesik ark oluşup verimli kaynak dikişi sağlanamamıştır. 350 A'lık akım şiddeti uygulandığında ise altlık malzemenin çok fazla ısınıp numunenin yüksek akım şiddetine bağlı olarak yüksek ısı girdisinden dolayı deforme olduğu görülmüştür. Bu nedenle 275 A, 300 A ve 325 A'lık akım şiddetleri kullanılarak alaşımlama için optimum parametreler olduğu tespit edilmiştir. Düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine tozaltı kaynak yöntemi kullanılarak WC, Cr_3C_2 ve FeCrC alaşım tozları, 275 A, 300 A ve 325 A'lık akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılmıştır. Şekil 2.2'de tozaltı kaynak metodunun numune üzerine yapıştırılan toz alaşımlanmalarının uygulama yöntemi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tozaltı kaynak yöntemiyle yüzey alaşımlamanın şematik görünüşü [28]

Çizelge 2.3.'de tozaltı yöntemi ile yüzey alaşımlama esnasında kullanılan üretim değişkenleri verilmiştir. Toz altı kaynak elektrotunun ark oluşturarak erimesi ve aynı zamanda yüzeye yapıştırılmış tozları eritmesi ile alt tabaka yüzeyinde nüfuziyet sağlanmıştır. Elde edilen katman en düşük 5 mm ile en yüksek 11 mm derinliklerinde elde edilmiştir. Şekil 2.3.'te yüzey alaşımlama öncesi ve sonrası numunenin görünüşleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Çalışmada kullanılan parametrelere ait numunelerin isimleri

Numune	275 A	300 A	325 A
B1	WC	-	-
B2	Cr ₃ C ₂	-	-
B3	FeCrC	-	-
B4	-	WC	-
B5	-	Cr ₃ C ₂	-
B6	-	FeCrC	-
B7	-	-	WC
B8	-	-	Cr ₃ C ₂
B9	-	-	FeCrC



(a)



(b)

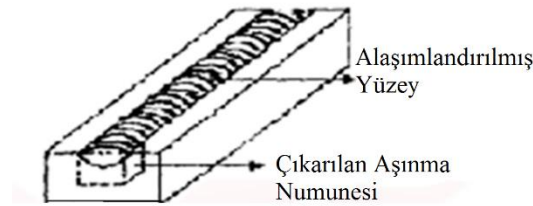
Şekil 2.3. a)Yüzey alaşımlama öncesi ve b) Yüzey alaşımlama sonrası numunelerin resimleri

2.3. Metalografik Muayene ve Sertlik Ölçümü

Hazırlanan numuneler alaşımla işleminden sonra kaynağın yönüne dik olacak şekilde alaşımlanmış yüzeyin kesiti alınarak çıkarılmıştır. Numuneler alınan kesit yüzeyleri sırasıyla 320, 600, 800 ve 1200 mesh'lik zımpara yapıldıktan sonra 3 mikronluk elmas pasta ile çuha yardımıyla numune yüzeyleri parlak hale getirilmiştir. Parlatma işlemi uygulanan numuneler yaklaşık 5 sn süre ile 1 gr FeCl_3 +10 ml HCl + 100 ml H_2O çözeltisinde tutulup dağlama işlemi yapılmıştır. Dağlanmış numuneler mikro yapı ve yapıda oluşan fazları belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) fotoğraflarını ve enerji yayılım spektroskopisi (EDS) 'de noktasal element analizleri yapılmıştır. Numune yüzeylerinde oluşan alaşım tabakalarının bileşik analizi için numunelerin yüzeyinden XRD analizleri alınmıştır. Numunelerin yüzeylerinde oluşturulan alaşım tabakalarının sertlik ölçümleri, Qness marka QM-10 model mikrosertlik cihazında Vickers cinsinden ölçülmüştür. Numunelerin alaşım tabakalarında 5 farklı bölgeden ölçümler yapılarak aritmetik ortalaması alınmıştır.

2.4. Aşınma Yöntemi

Aşınma deneyinde Şekil 2.4.'te gösterilen şekilde alaşımlama yönüne dik şekilde kesilerek çıkarılan numunelere gerçekleştirilmiştir. Aşınma deneyleri Turkeyus marka pin-on-disk abrasiv aşınma cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.5.). Aşınma deneylerinde 10 N yük ve 200 m aşınma mesafesi kullanılmıştır. Numuneler, aşınma öncesi ve aşınma sonrasında 10^{-4} hassasiyete sahip tartı ile gram cinsinden tartılarak ağırlık kayıpları tespit edilmiştir.



Şekil 2.4. Abrasiv aşınma deneyi için numunelerin çıkarılması [28]



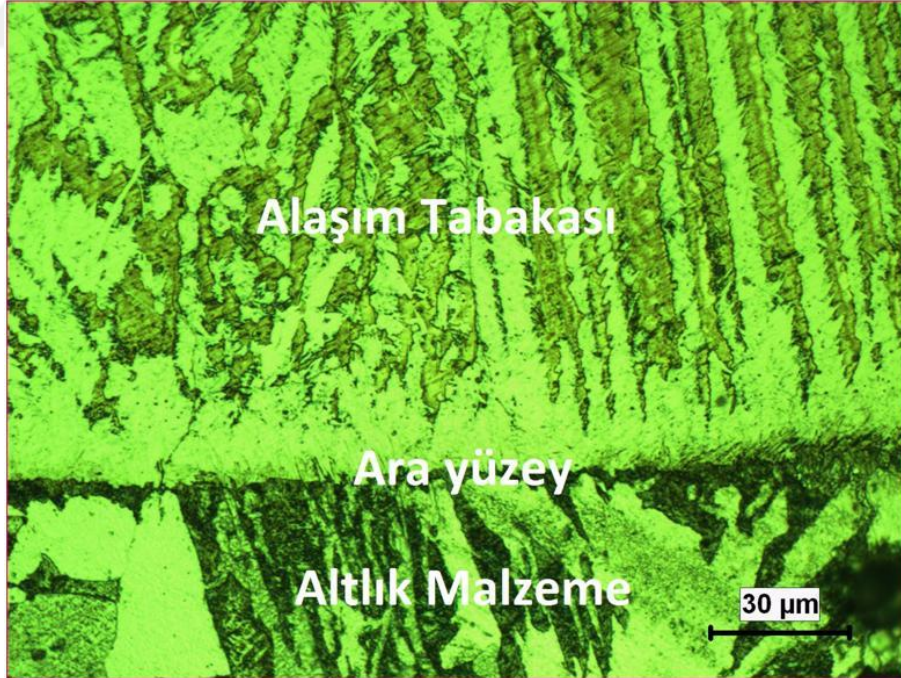
Şekil 2.5. Aşınma cihazı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

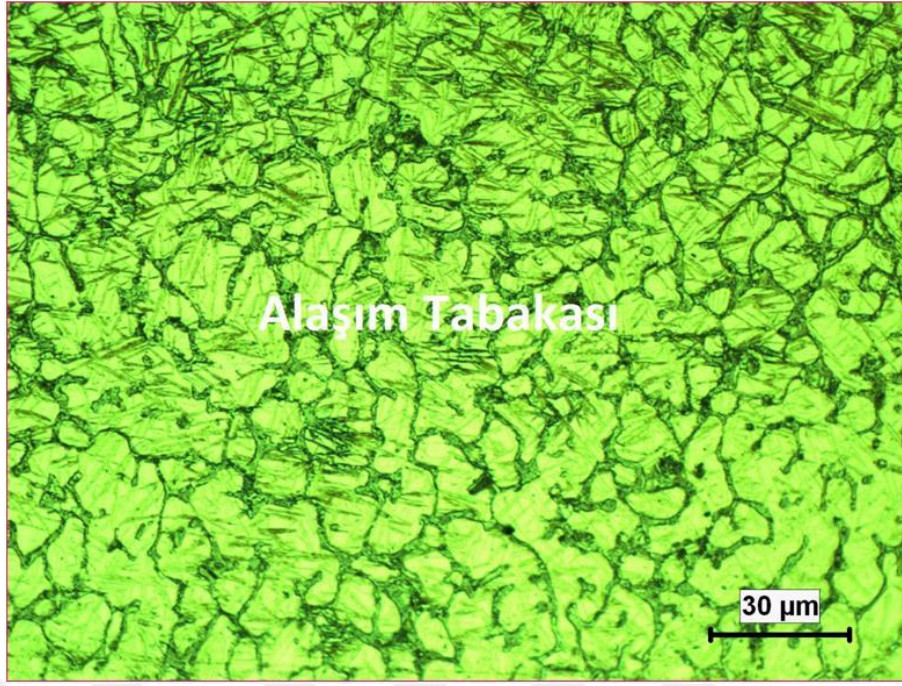
Düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine WC, Cr_3C_2 ve FeCrC tozları, tozaltı kaynak yöntemi kullanılarak alaşımlanmıştır. Tozaltı kaynak yöntemi ile yüzey alaşımlama yapılırken 275 A, 300 A ve 325 A şeklinde üç farklı akım şiddeti kullanılmıştır. Numune yüzeylerinde oluşturulan alaşım tabakalarının mikroyapı, mikrosertlik ve aşınma değeri incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Mikroyapı İncelemesi

Altlık malzeme yüzeyine 275 A akım şiddetinde alaşımlanan WC tozu ile elde edilen B1 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.2’de ise SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.1-a’daki ve Şekil 3.2-a mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılaşma geçişi görülmüştür.

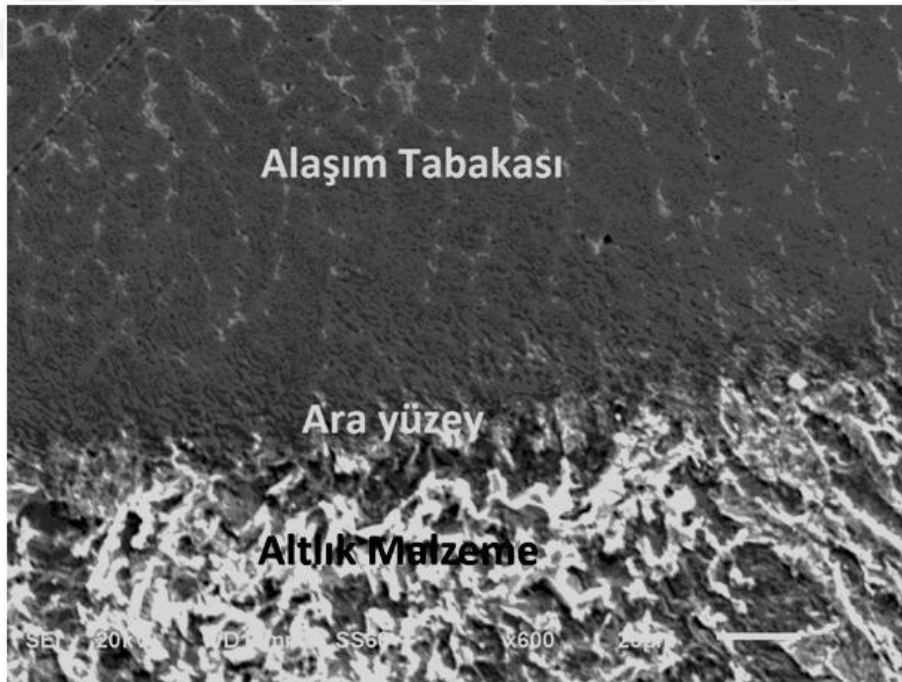


(a)

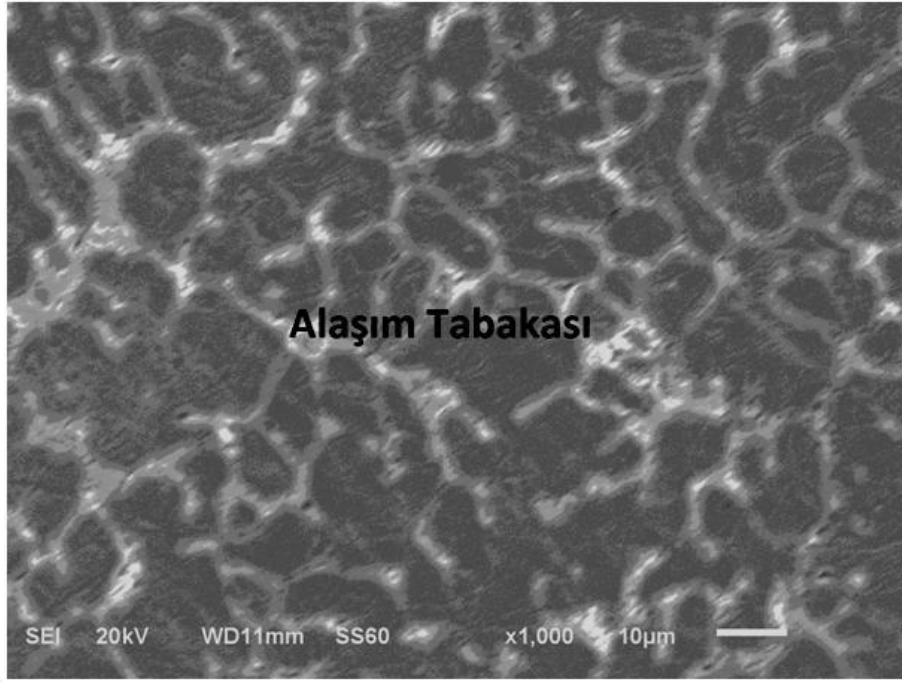


(b)

Şekil 3.1. B1 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alaşım tabakası



(a)

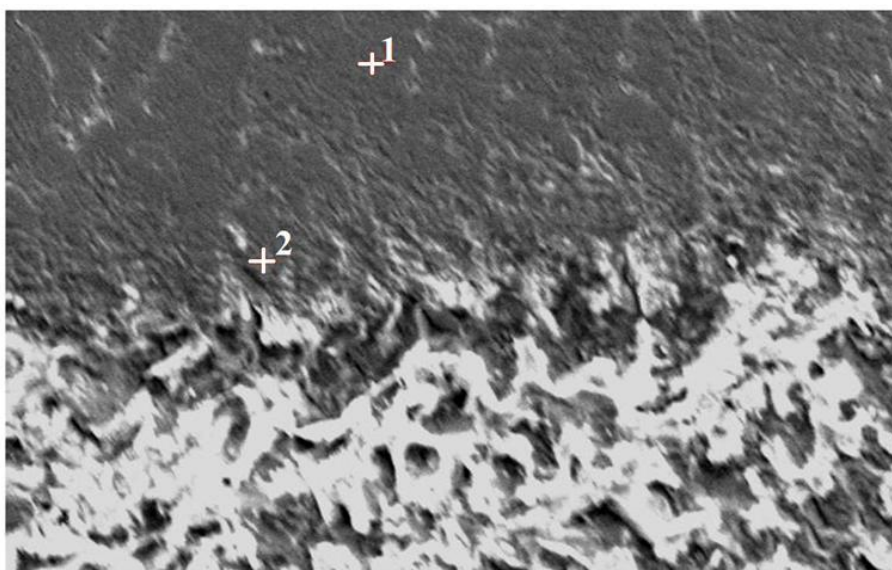


(b)

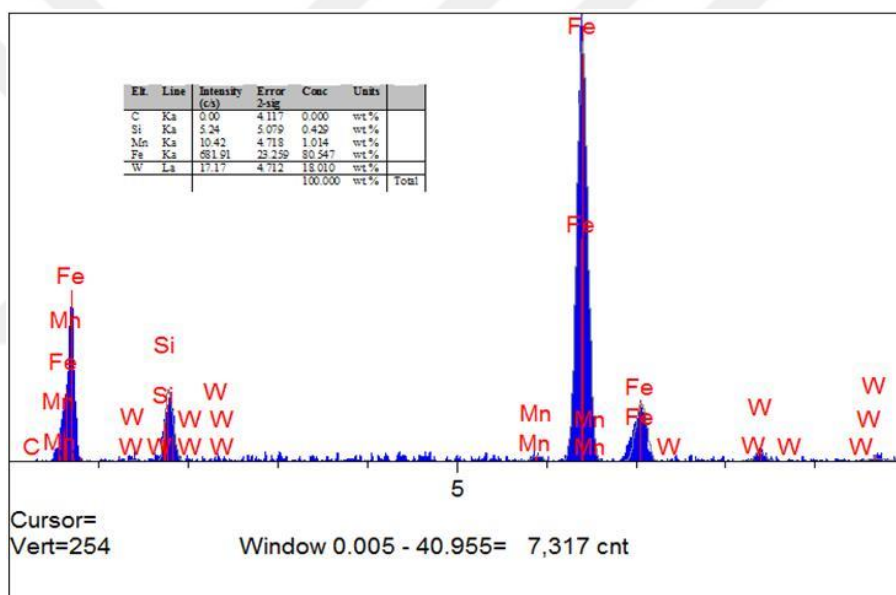
Şekil 3.2. B1 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alaşım tabakası.

Şekil 3.2-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta tane sınırlarının oluşumu açıkça görülmektedir. Tane sınırlarında katılaşmada farklı yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

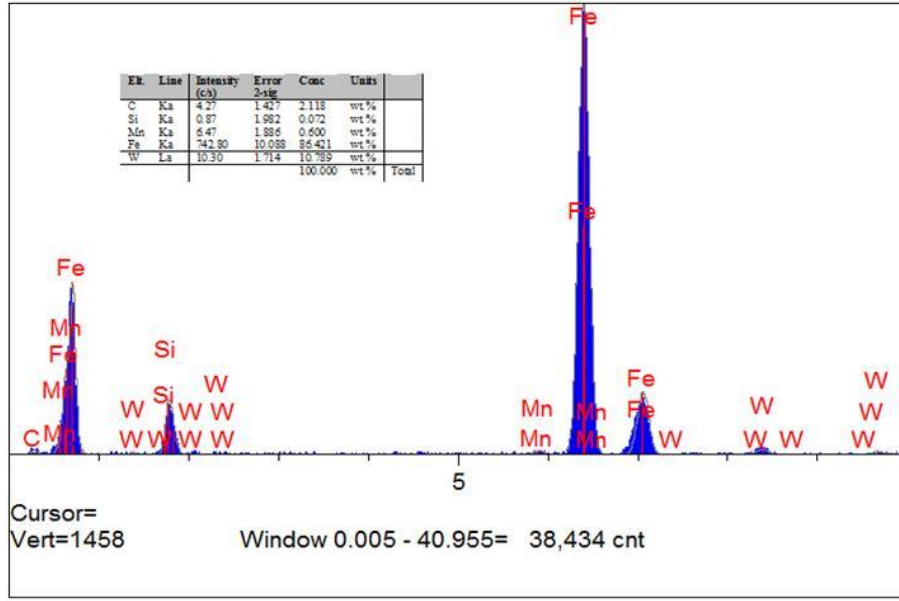
Şekil 3.3’de B1 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

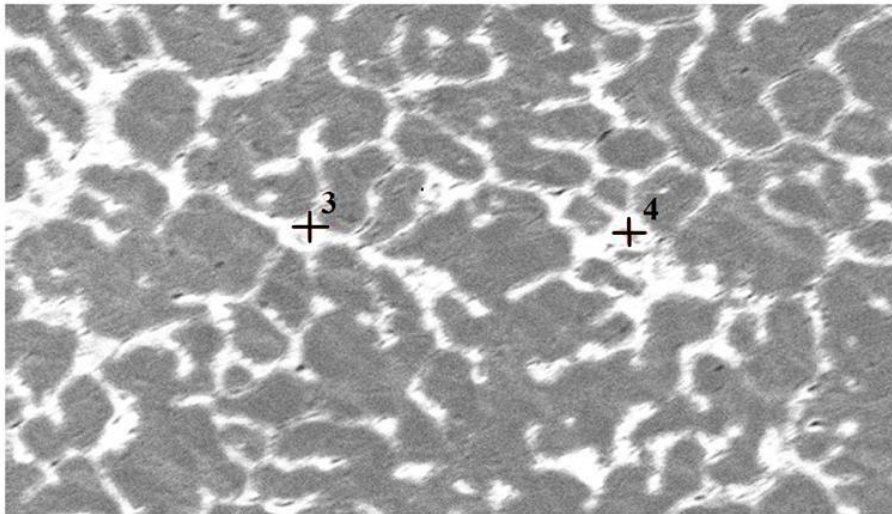


(c)

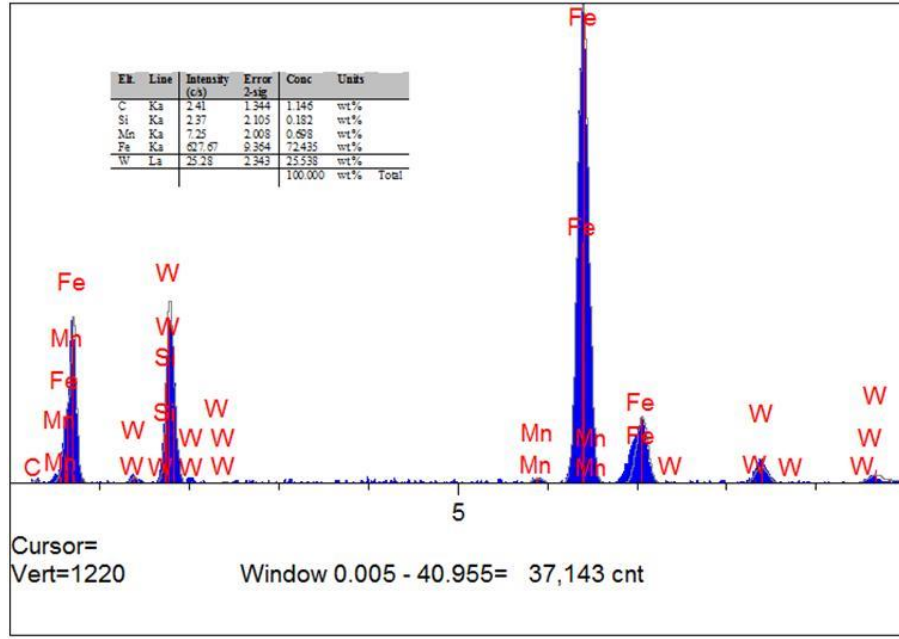
Şekil 3.3. B1 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi

Şekil 3.3-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 18.01 değeriyle W elementinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.3-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 10.79 W ve % 2.12 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 2 no'lu noktada, W ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan WC'ün oluşumunu göstermektedir.

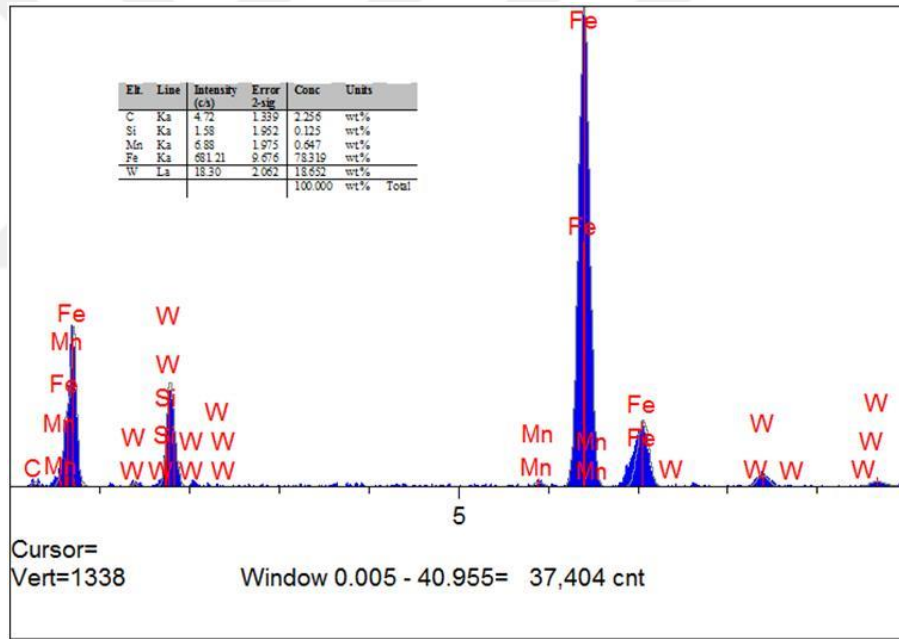
Şekil 3.4'te B1 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)



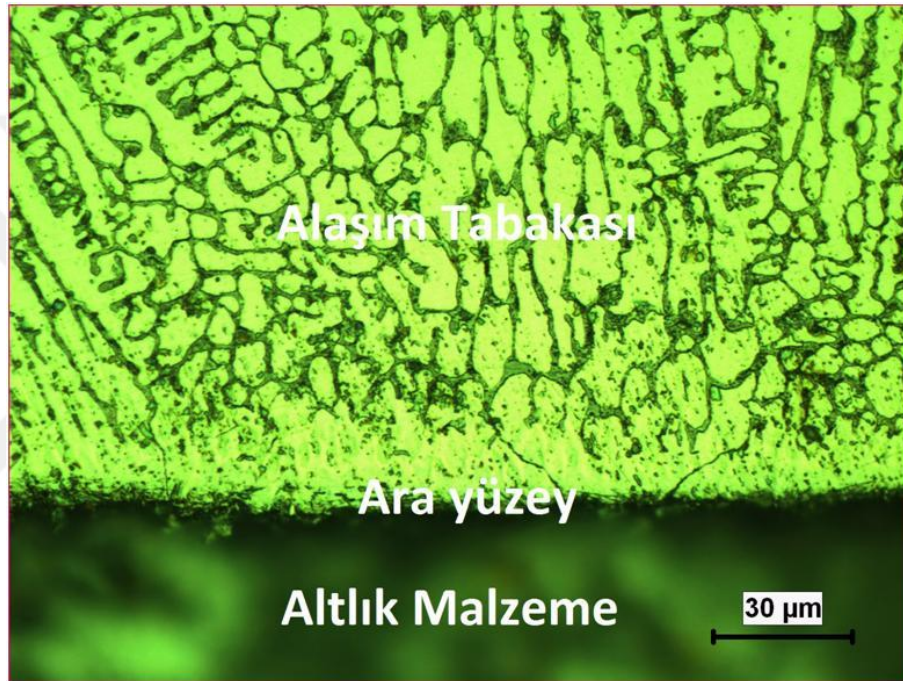
(c)

Şekil 3.4. B1 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi ve c) 4 no'lu EDS analizi

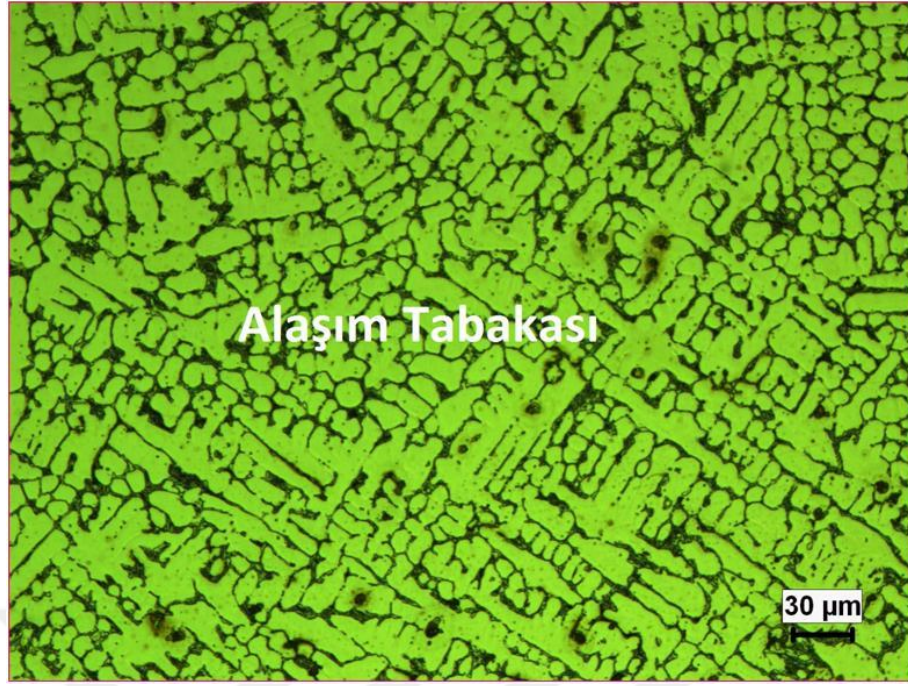
Şekil 3.4-b'de verilen tane sınırından alınan 3 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 25.54 W ve %1.15 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Bu noktada W_xC_y 'ün oluşumu EDS analizlerindeki değerlere dayanılarak söylenebilmektedir. Şekil 3.4-c'de verilen 4 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 18.65 W ve % 2.26 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 4

no'lu noktada, tane sınır bölgelerinde W ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan W_xC_y 'ün oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 275 A akım şiddetinde alaşımlanan Cr_3C_2 tozu ile elde edilen B2 numunesine ait optik resimleri Şekil 3.5'te verilmiştir. Şekil 3.6 'da ise SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.5'te ve Şekil 3.6'daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Bu numunede de alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılaşma geçişi görülmüştür.

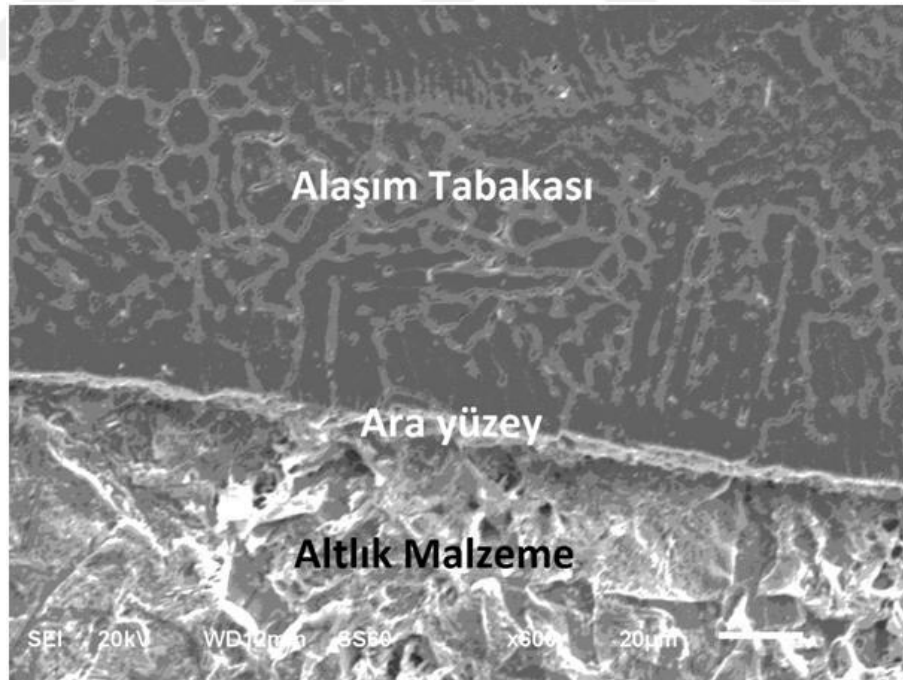


(a)



(b)

Şekil 3.5. B2 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alایشım tabakası

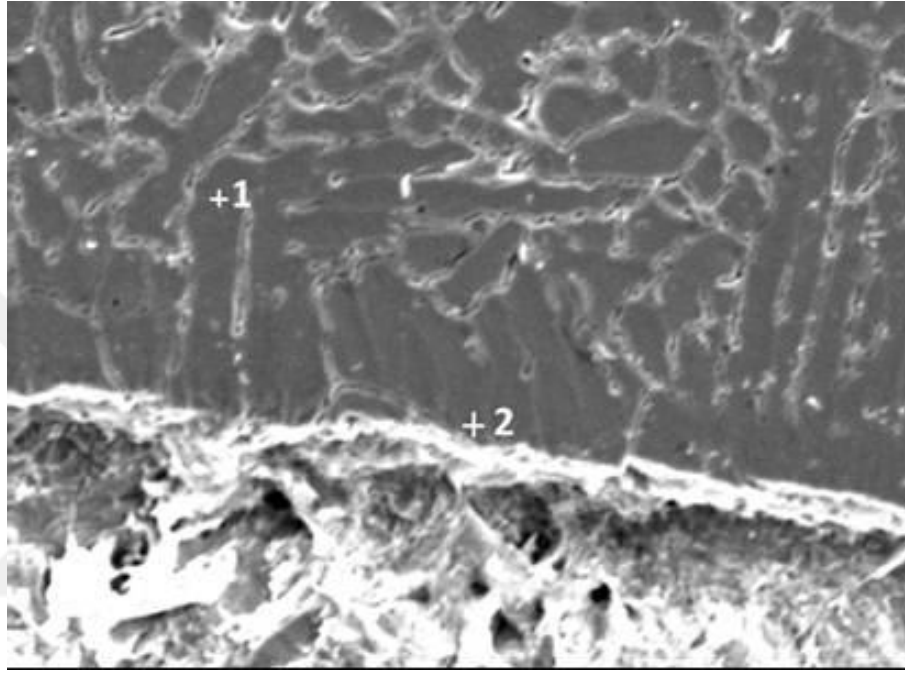


(a)

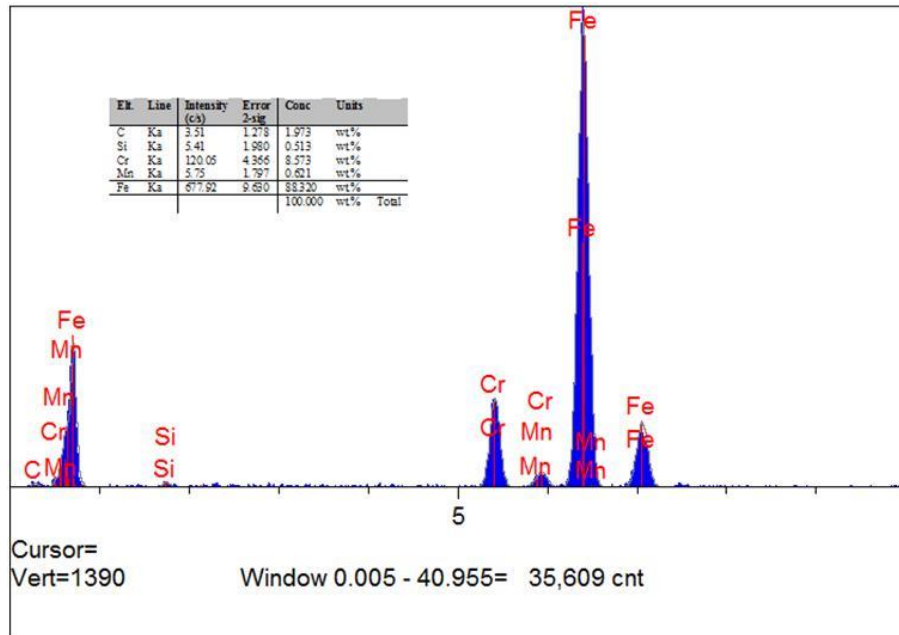
Şekil 3.6. B2 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altık malzemeyle ara yüzeyi

Şekil 3.5-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait optik fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta tane sınırlarının oluşumu ve yönlenmiş taneler açıkça görülmektedir. Tane sınırlarında katılaşmada farklı yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

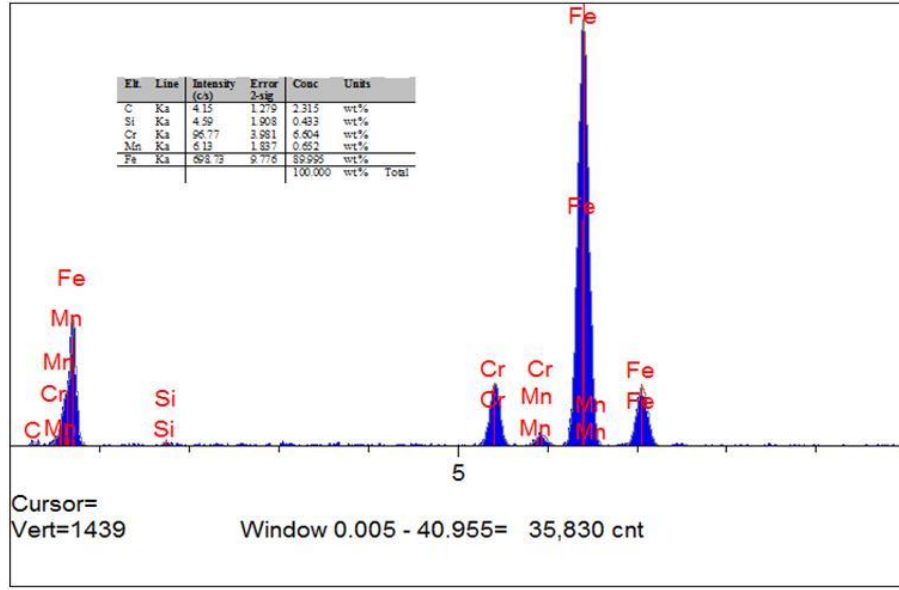
Şekil 3.7’de B2 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

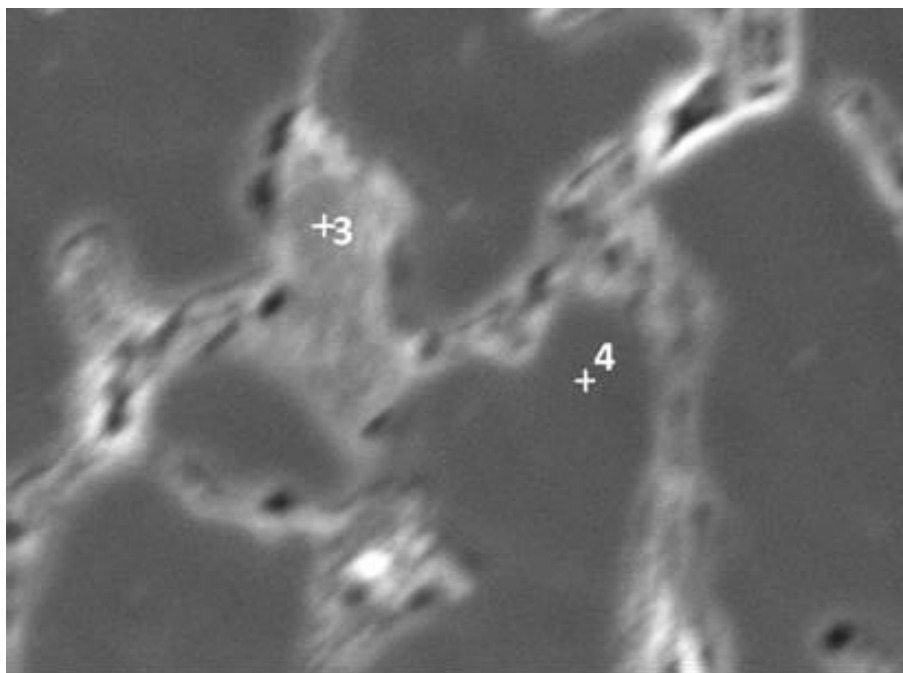


(c)

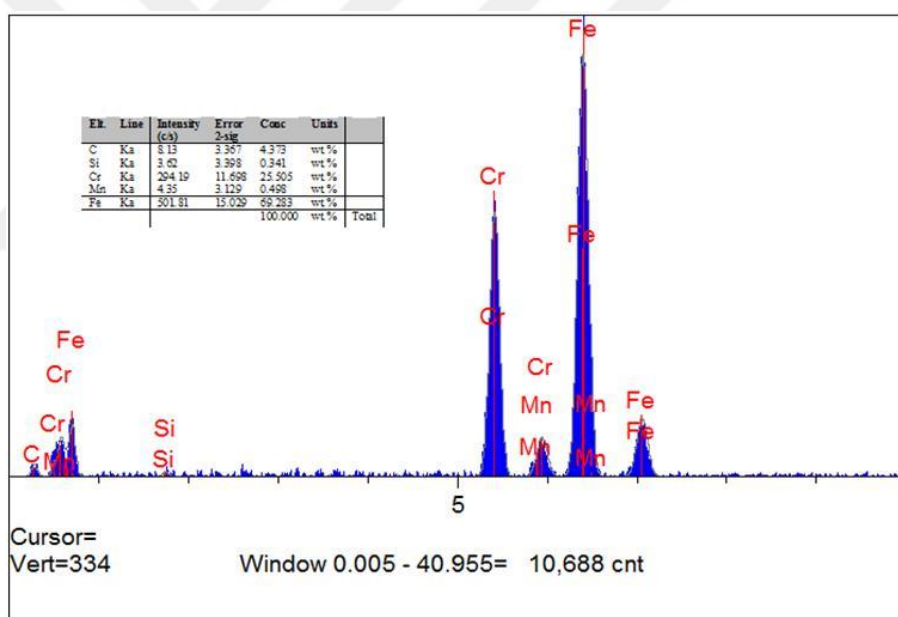
Şekil 3.7. B2 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi

Şekil 3.7-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.57 Cr ve % 1.97 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.7-c de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 6.60 Cr ve % 2.32 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 ve 2 no'lu noktada, Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan Cr_3C_2 'ün oluşumunu göstermektedir.

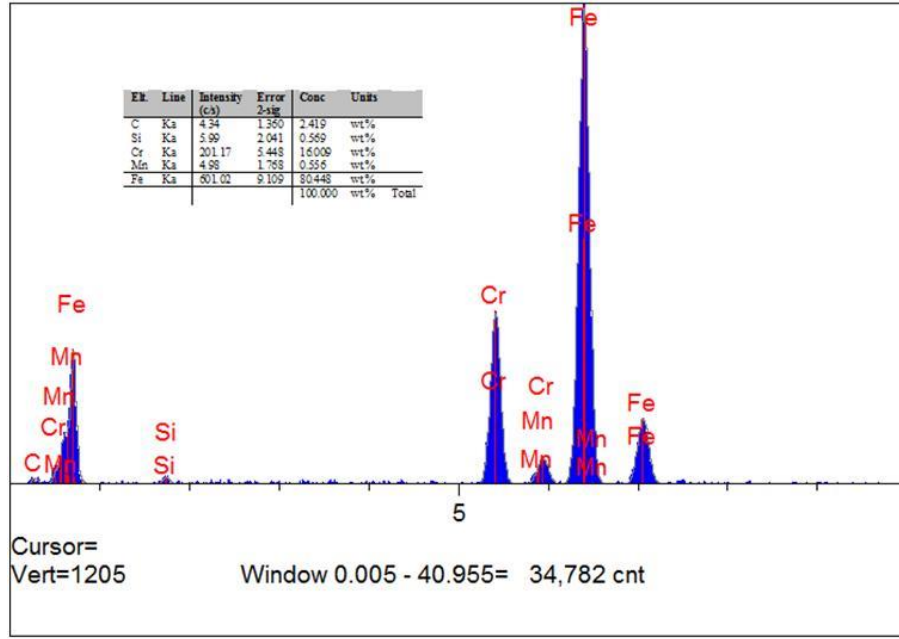
Şekil 3.8'de B2 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

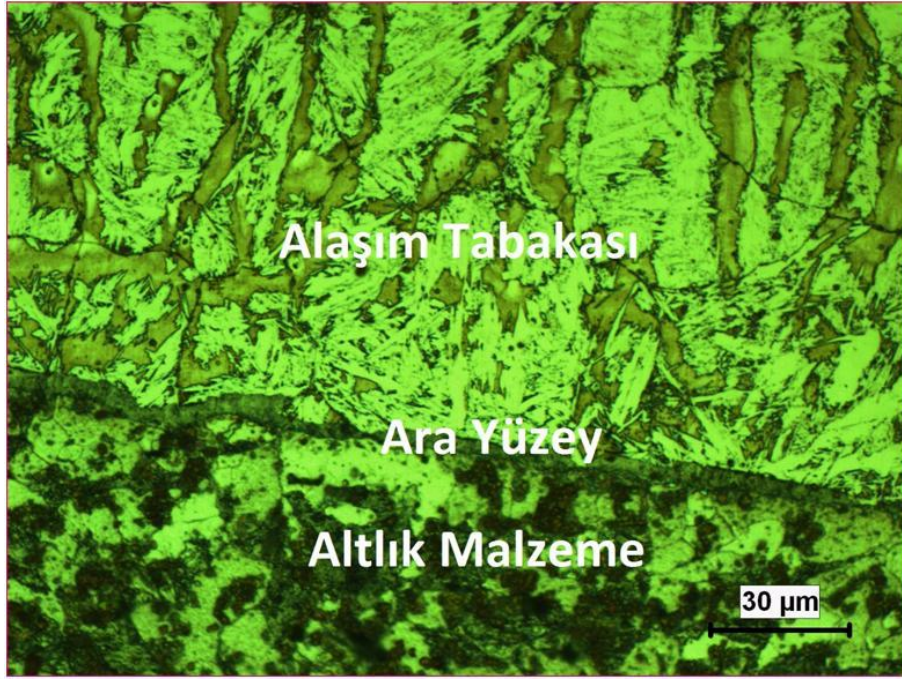


(c)

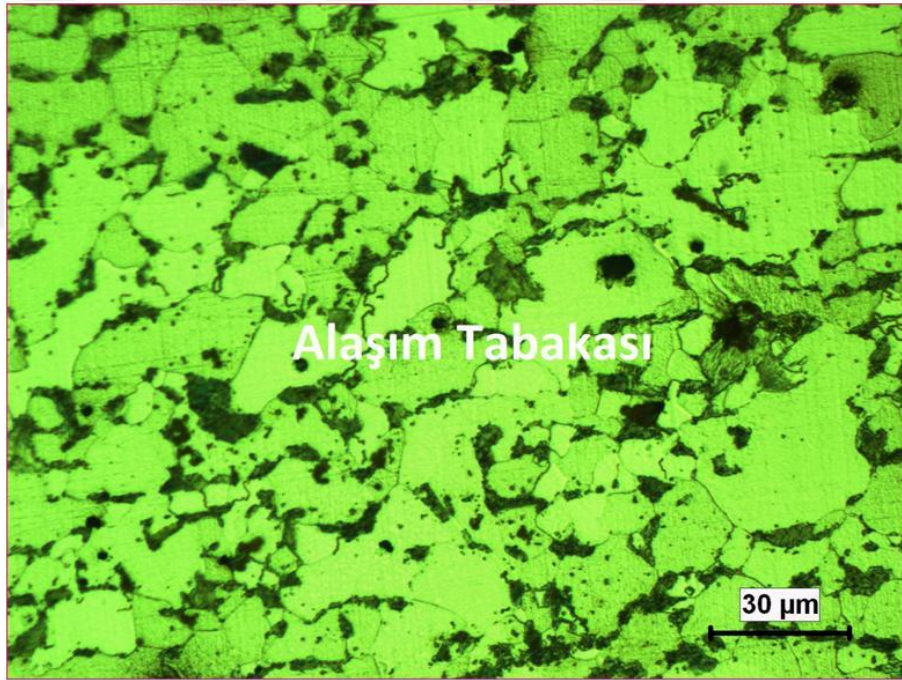
Şekil 3.8. B2 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi ve c) 4 no'lu EDS analizi.

Şekil 3.8-b'de verilen tane sınırından alınan 3 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 25.05 Cr ve % 4.37 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Bu noktada Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumu EDS analizlerindeki değerlere dayanılarak söylenebilmektedir. Şekil 3.8-c'de verilen 4 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 16.01 Cr ve % 2.42 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 4 no'lu noktada, tane sınır bölgelerinde Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 275 A akım şiddetinde alaşımlanan FeCrC tozu ile elde edilen B3 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.9 'da verilmiştir. Şekil 3.10'da SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.9-a ve Şekil 3.10-a'daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.

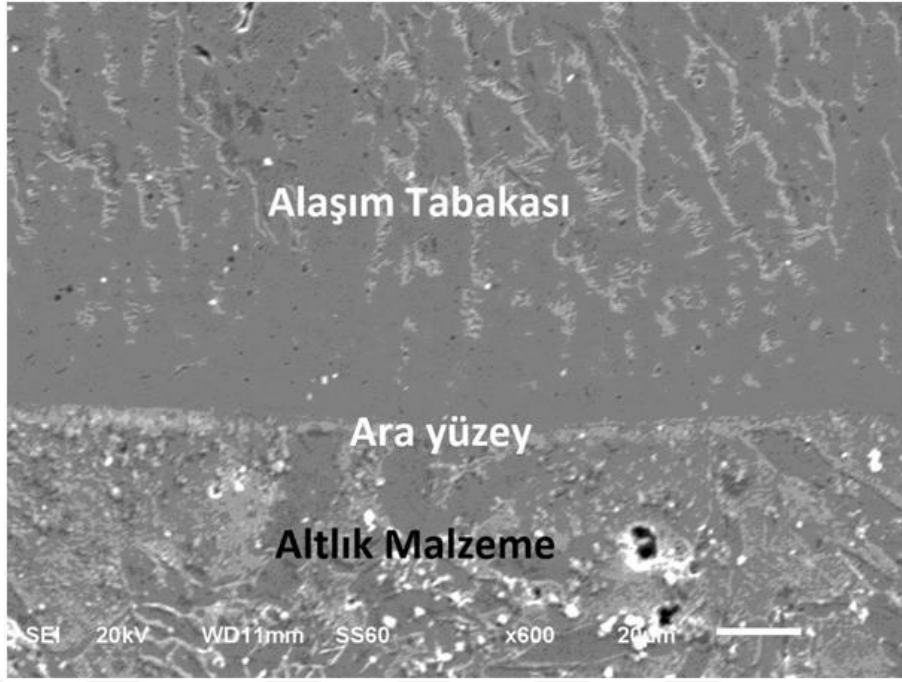


(a)



(b)

şekil 3.9. B3 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyele ara yüzeyi, b) alaşım tabakası

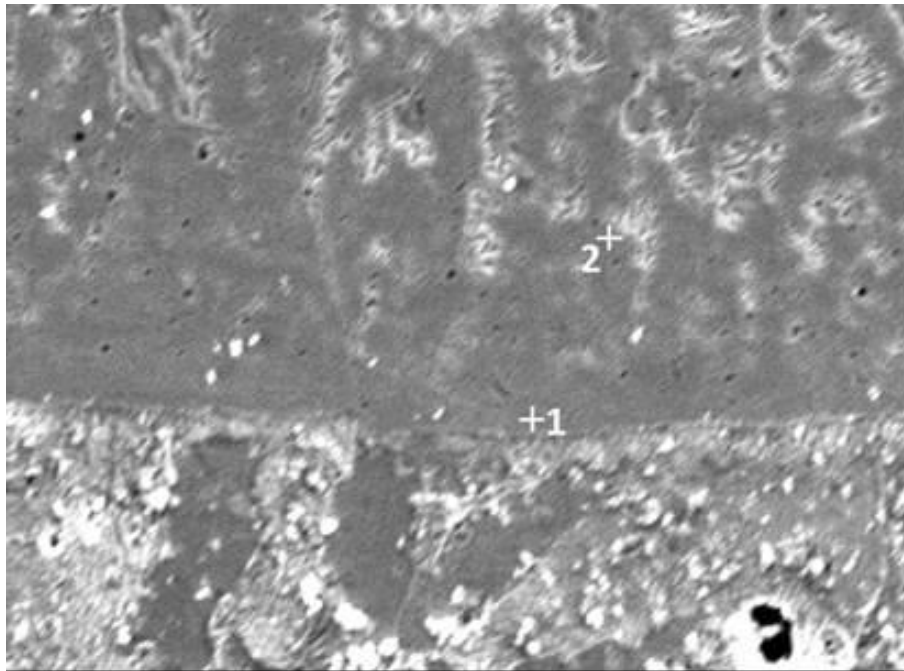


(a)

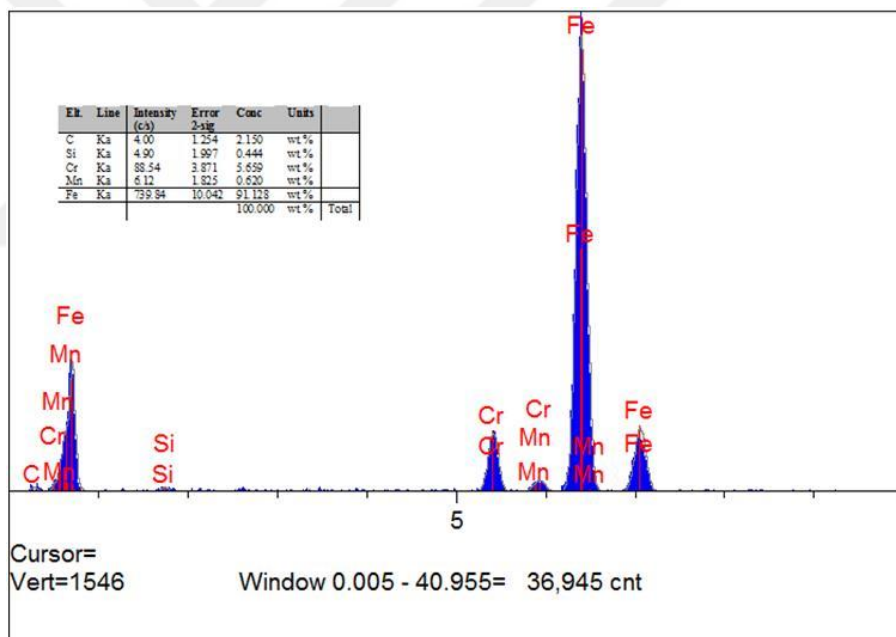
Şekil 3.10. B3 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi

Şekil 3.9-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait optik fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta kısmi tane sınırlarının oluşumu ve yönlenmiş taneler açıkça görülmektedir. Tane sınırlarında katılaşmada farklı iğnemsî yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

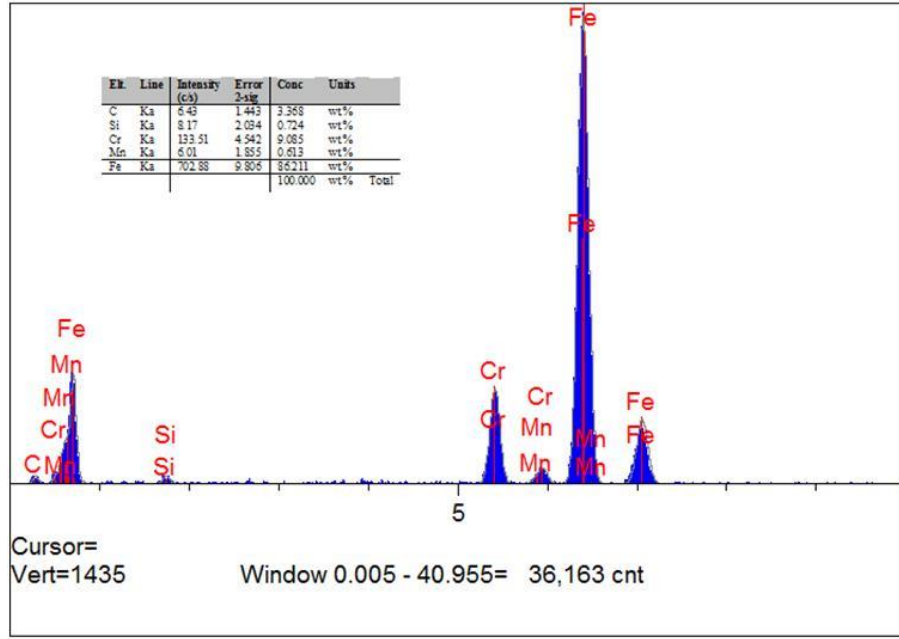
Şekil 3.11’de B3 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

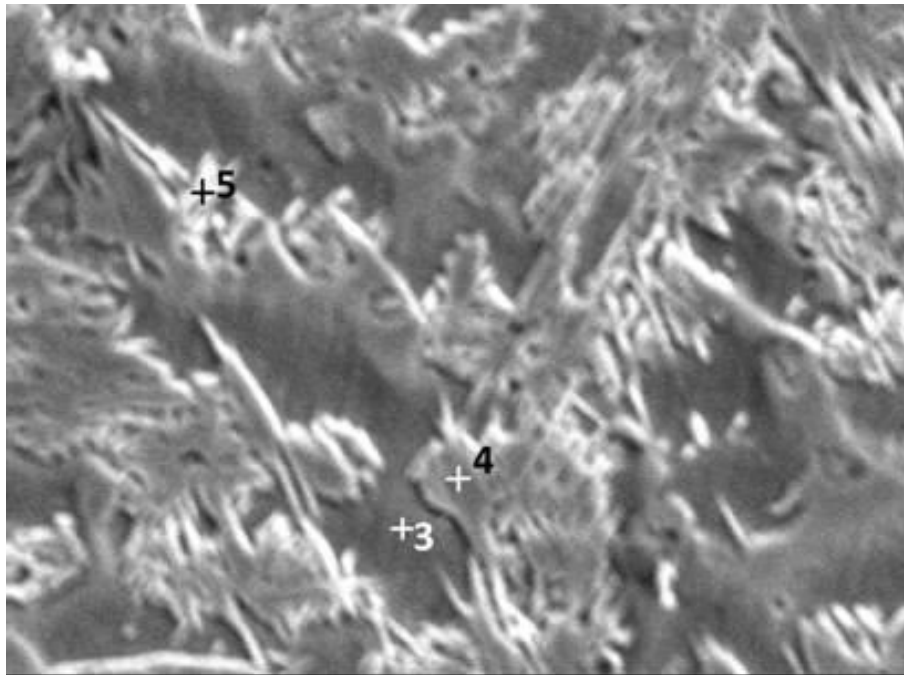


(c)

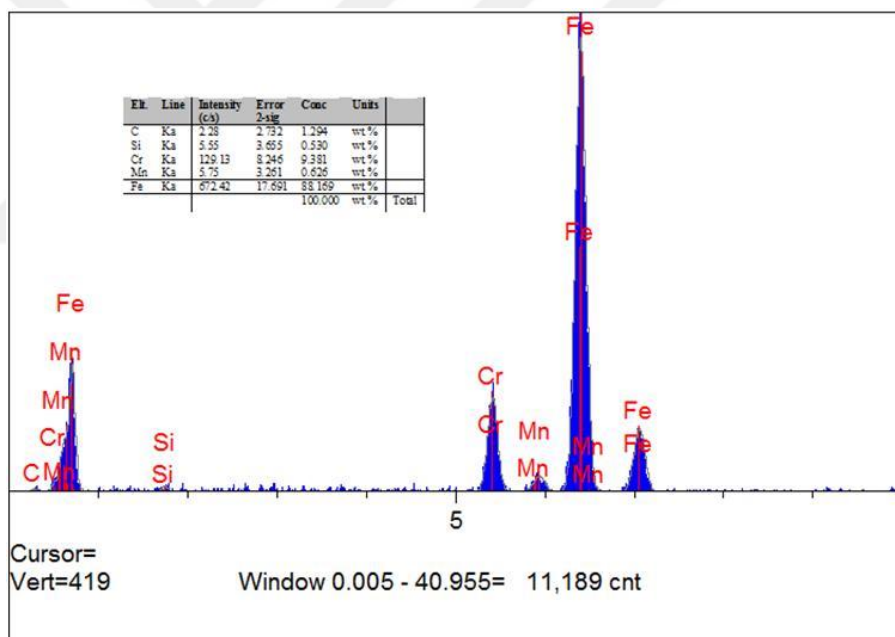
Şekil 3.11. B3 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi

Şekil 3.11-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 5.66 Cr ve % 2.15 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.11-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 9.09 Cr ve % 3.37 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 ve 2 no'lu noktada, Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılmış toz olan Cr_3C_2 'ün ile Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir

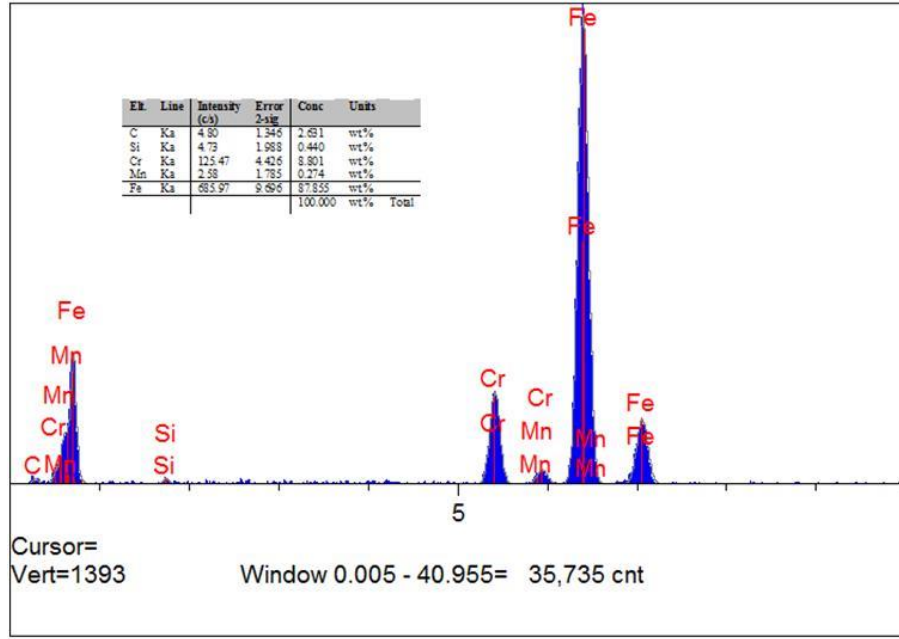
Şekil 3.12 'de B3 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



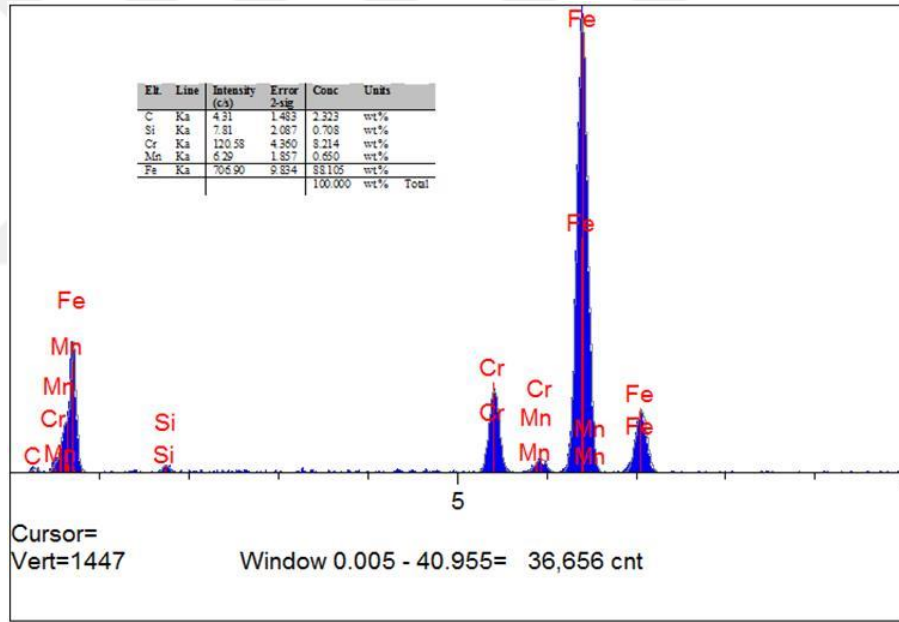
(a)



(b)



(c)



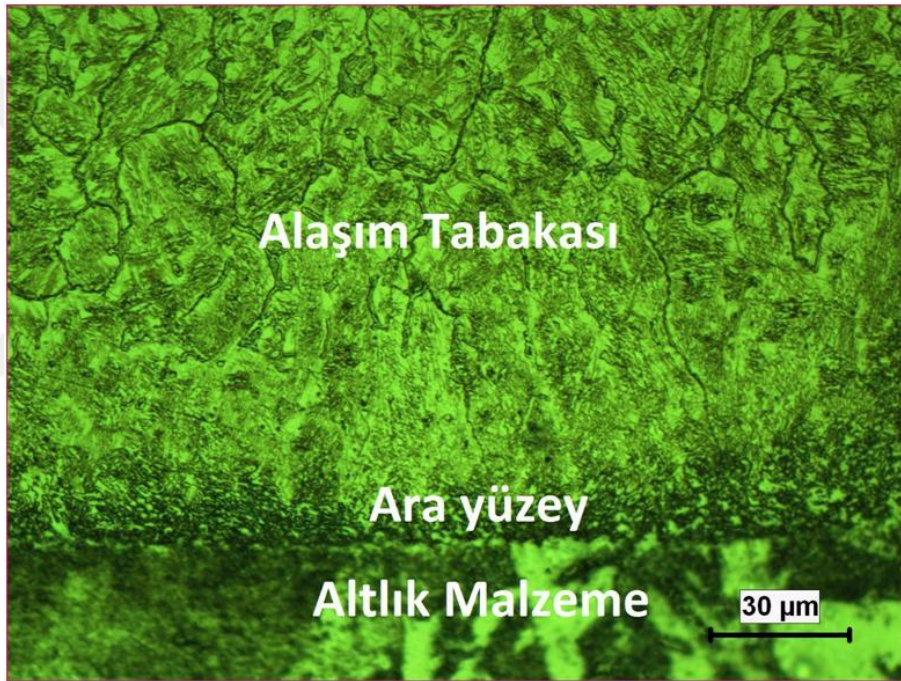
(d)

Şekil 3.12. B3 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi, c) 4 no'lu EDS analizi ve d) 5 no'lu EDS analizi.

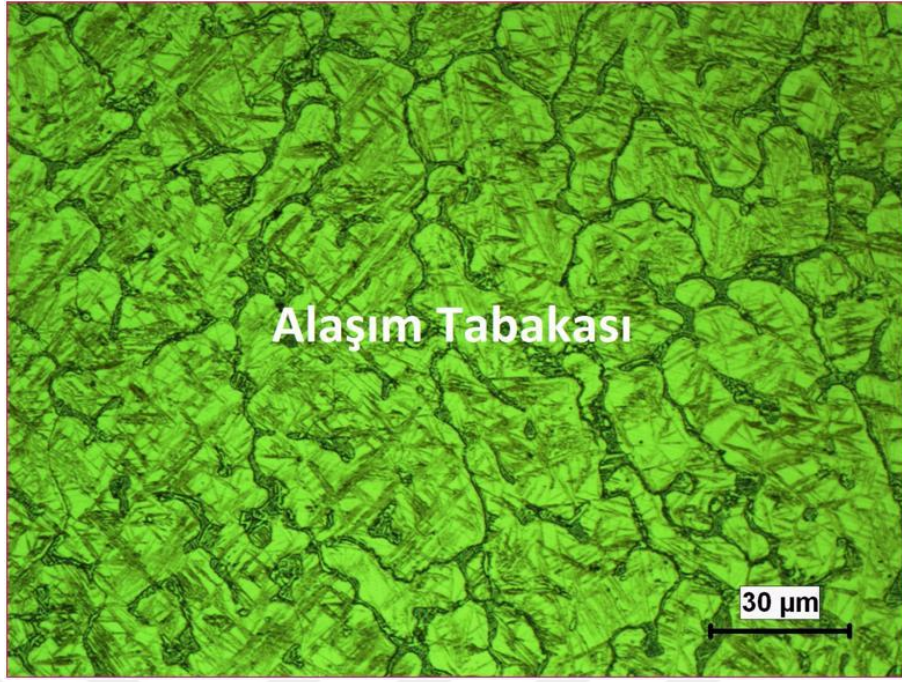
Şekil 3.12–b’de verilen tane sınırından alınan 3 no’lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 9.38 Cr ve % 1.29 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Bu noktada Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumu EDS analizlerindeki değerlere dayanılarak söylenebilmektedir. Şekil 3.12-c’de verilen 4 no’lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.80 Cr ve % 2.63 C elementlerinin katıldığı

görülmektedir. Şekil 3.12-d’de verilen 5 no’lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.21 Cr ve % 2.32 C elementlerinin katılaştığı görülmektedir. 4 ve 5 no’lu noktalarda da, iğnemsî yapının olduğu bölgelerde Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan tabakada Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 300 A akım şiddetinde alaşımlanan WC tozu ile elde edilen B4 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.13 ‘te verilmiştir. Şekil 3.14’te ise SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.13-a ve Şekil 3.14-a’daki mikroyapı resimleri incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzey herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.

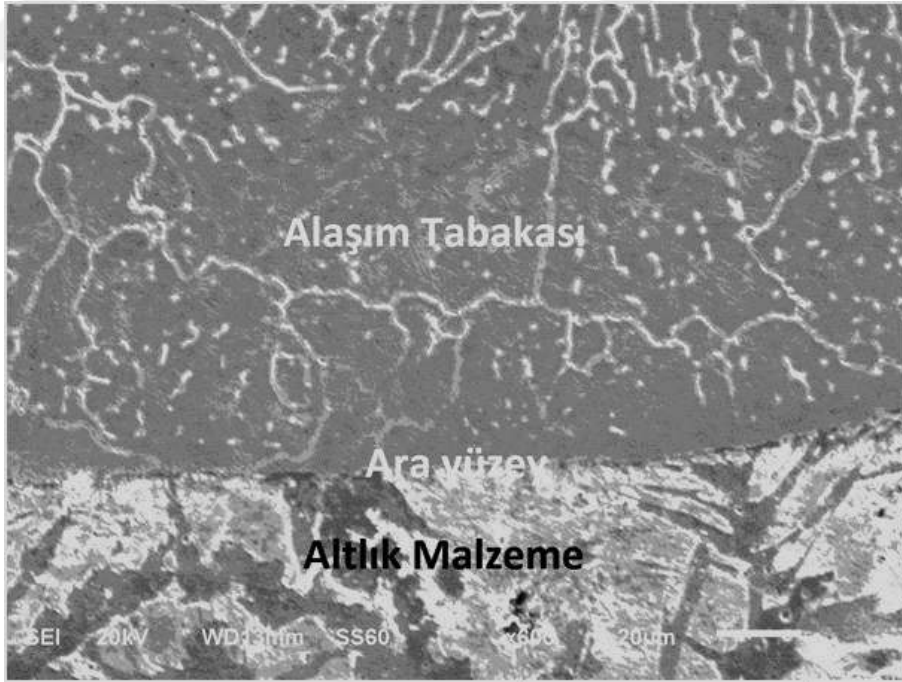


(a)

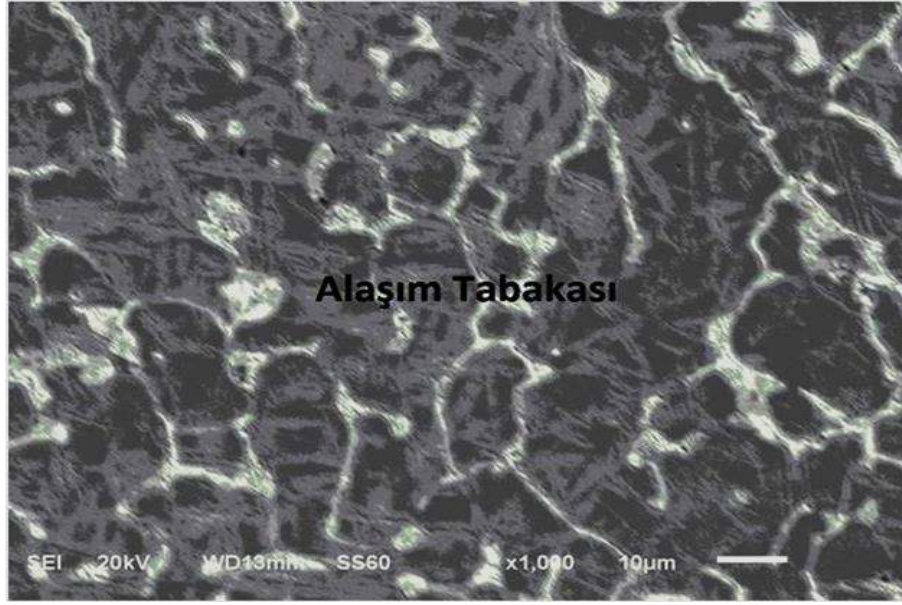


(b)

Şekil 3.13. B4 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi, b) alایشım tabakası



(a)

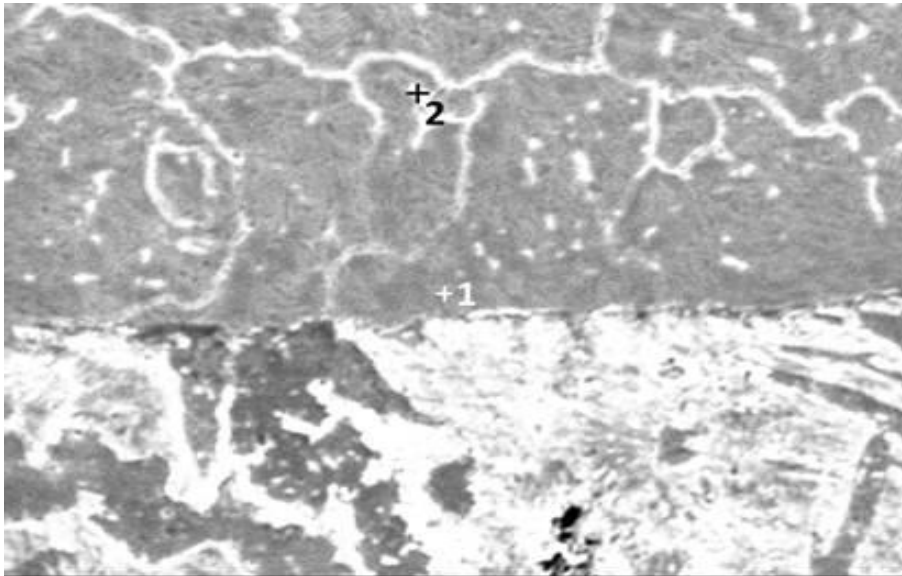


(b)

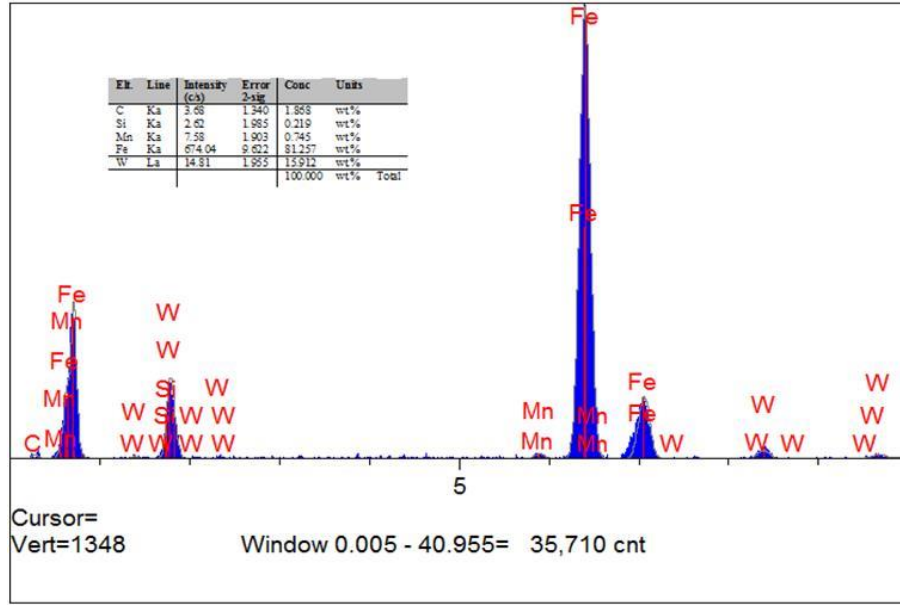
Şekil 3.14. B4 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) Alaşım tabakası.

Şekil 3.14-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta kısmi tane sınırlarının oluşumu açıkça görülmektedir. Tane sınırlarında katılaşmada farklı iğnemi yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

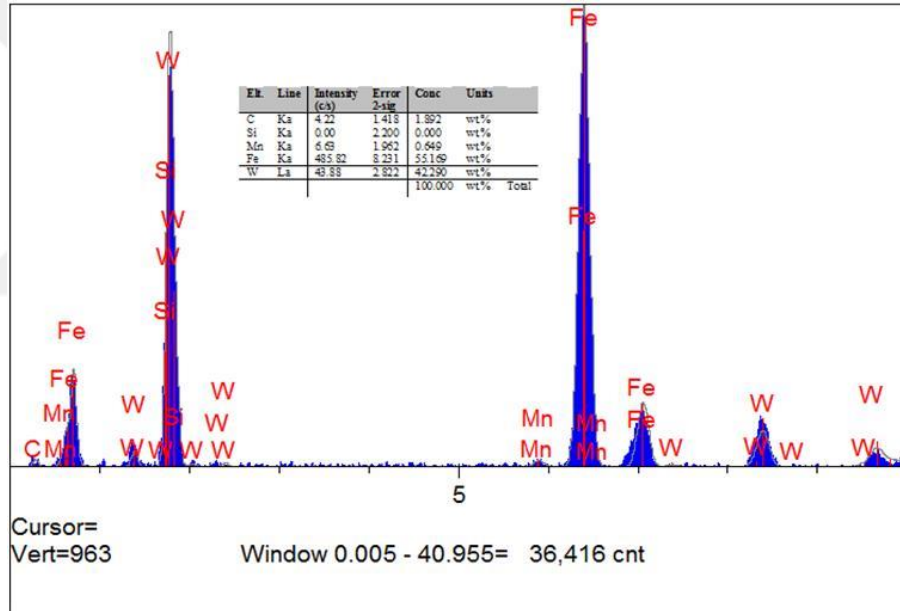
Şekil 3.15’te B4 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

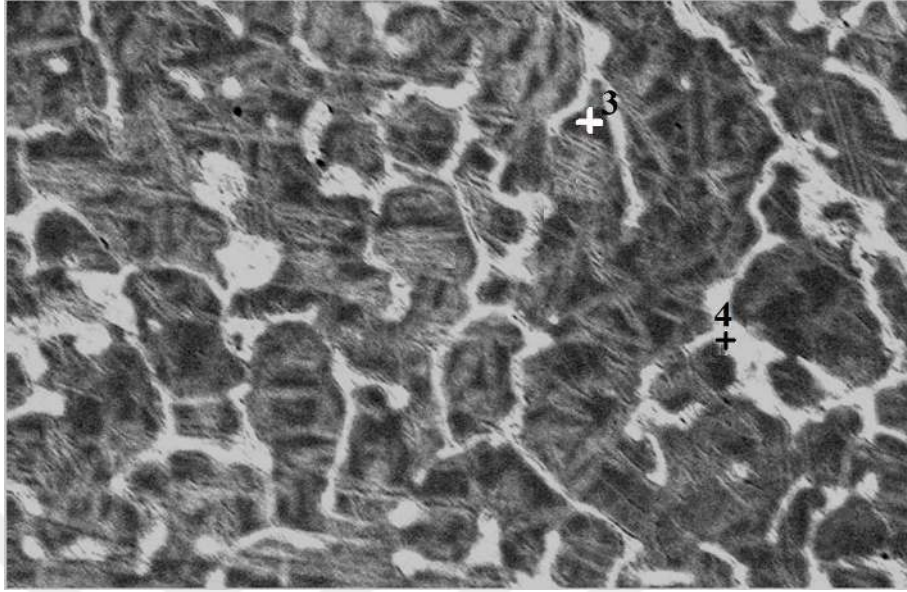


(c)

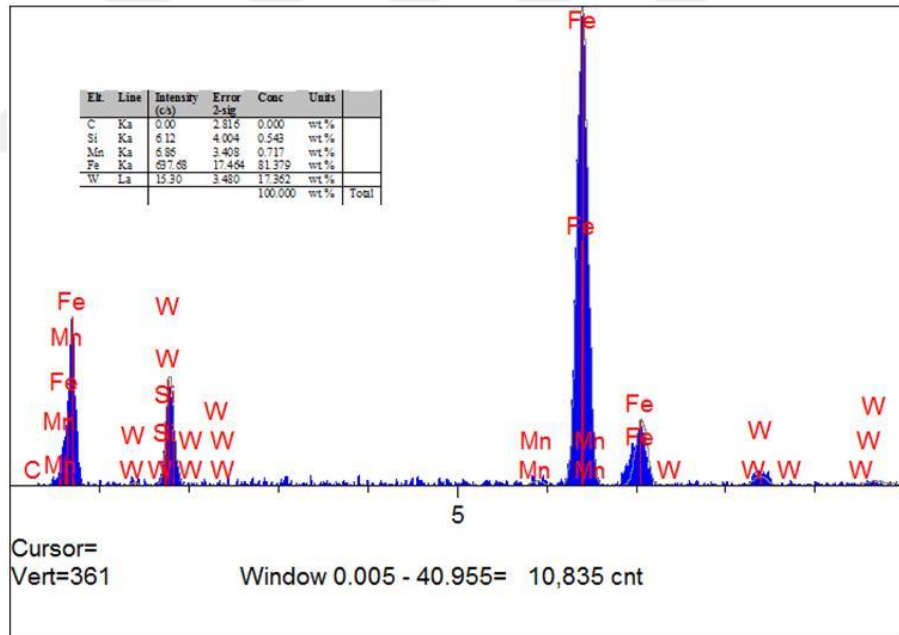
Şekil 3.15. B4 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 nolu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.

Şekil 3.15-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 15.91 W ve % 1.87 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.15-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 42.29 W ve % 1.89 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 ve 2 no'lu noktada, W ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan WC'ün WxCy tip karbür oluşumunu göstermektedir.

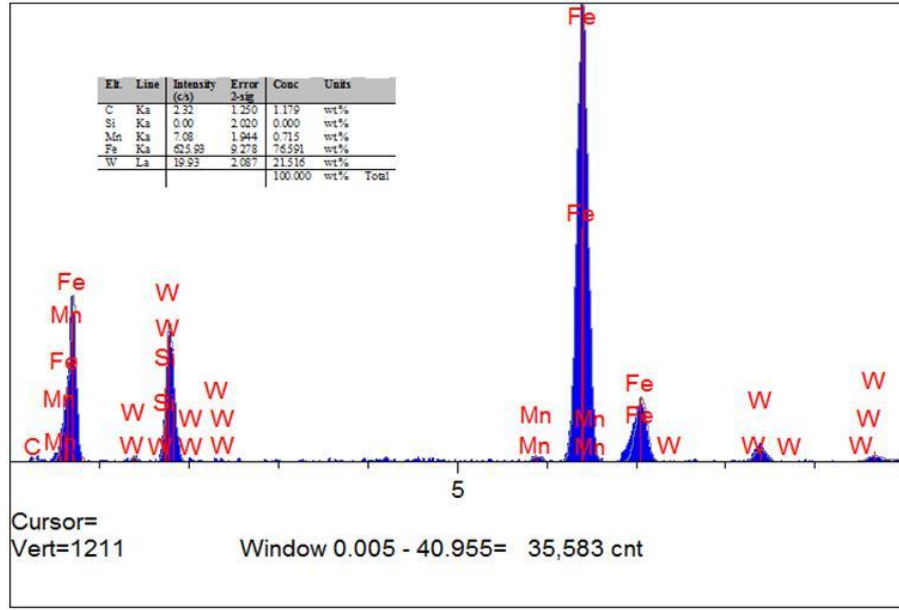
Şekil 3.16'da B4 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

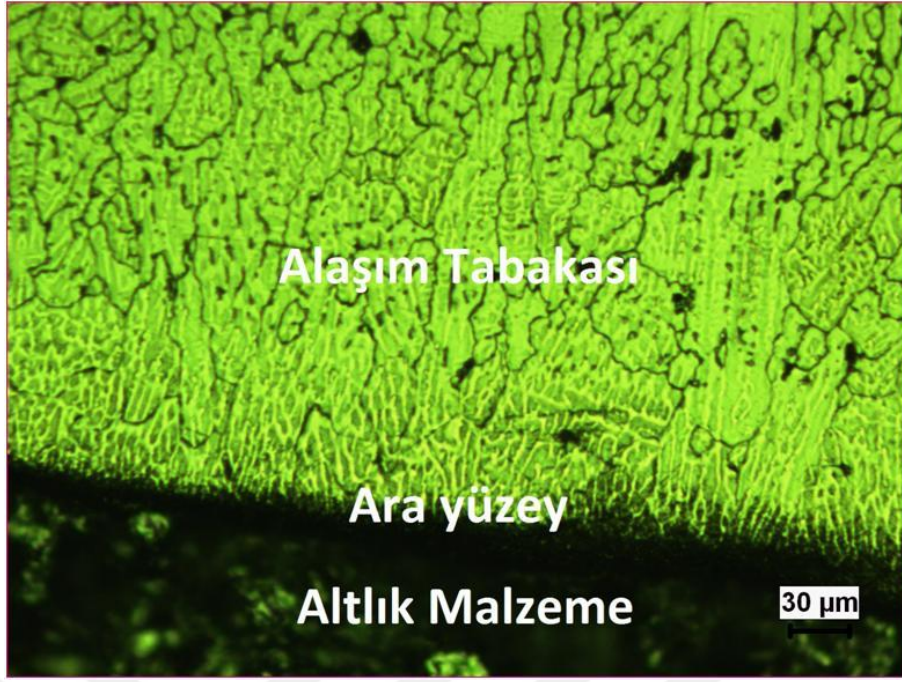


(c)

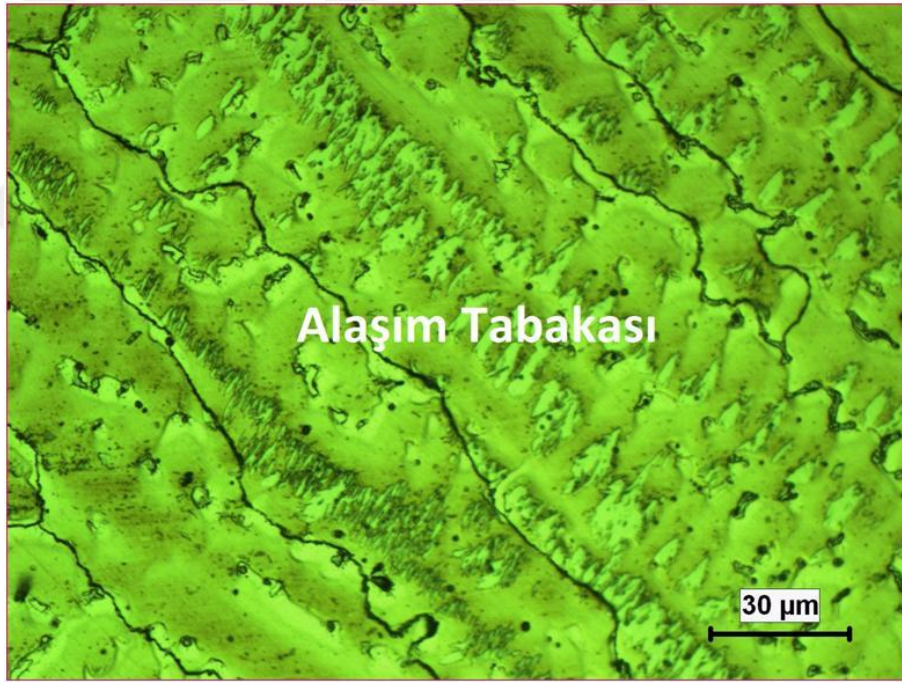
Şekil 3.16. B4 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no’lu EDS analizi ve c) 4 no’lu EDS analizi

Şekil 3.16-b’de verilen tane içerisinde alınan 3 no’lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 17.36 W elementinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.16-c’de verilen 4 no’lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 21.52 W ve % 1.18 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. Alınan EDS analizleri, 3 ve 4 no’lu noktalarda W_xC_y tip karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 300 A akım şiddetinde alaşımlanan Cr_3C_2 tozu ile elde edilen B5 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.17’de verilmiştir. Şekil 3.18’de ise SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.17-a ve Şekil 3.18’deki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Bu numunede de alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.



(a)

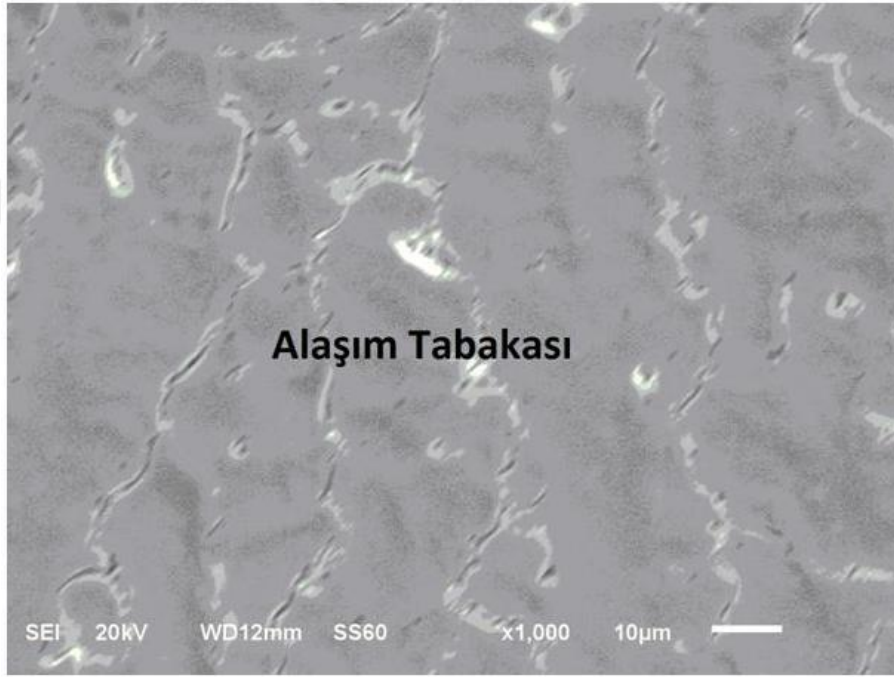


(b)

şekil 3.17. B5 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyele ara yüzeyi, b) alaşım tabakası



(a)



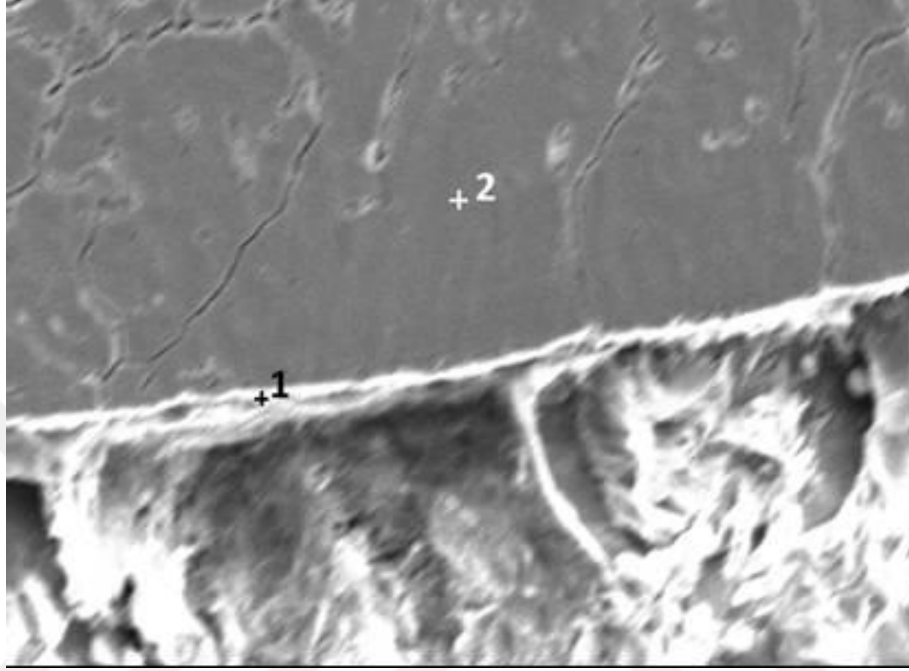
(b)

şekil 3.18. B5 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyele ara yüzeyi, b) alaşım tabakası

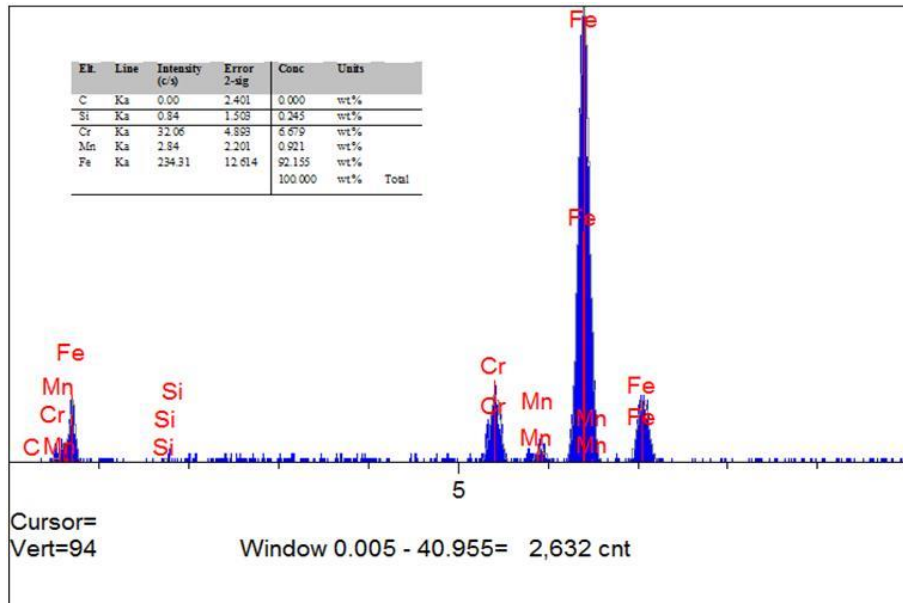
şekil 3.18-b'de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görölmektedir. Fotoğrafta kısmi tane sınırlarının oluşumu açıkça görölmektedir. Tane

sınırlarında katılaşmada farklı yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

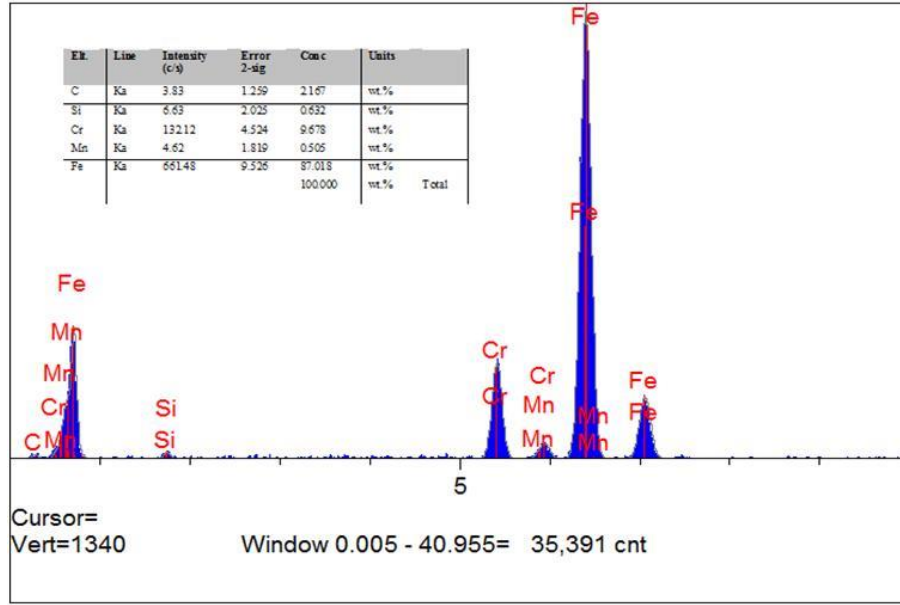
Şekil 3.19'da B5 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

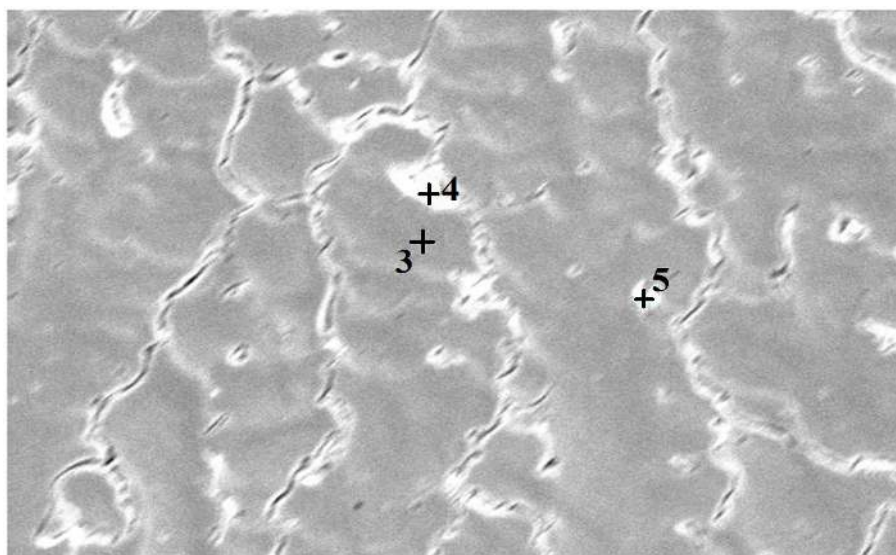


(c)

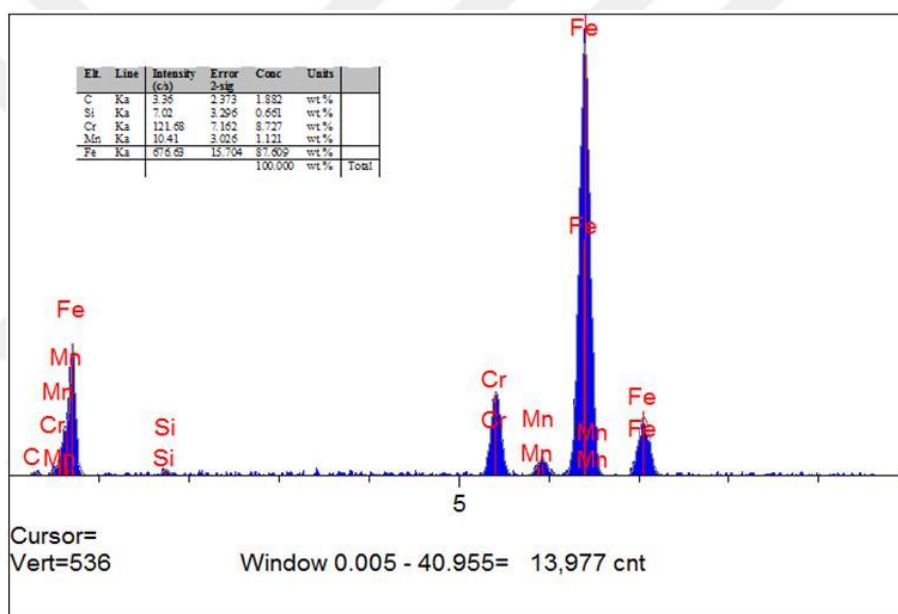
Şekil 3.19. B5 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi ve c) 2 no'lu EDS analizi.

Şekil 3.19-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 6.68 Cr elementinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.19-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 9.68 Cr ve % 2.17 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 ve 2 no'lu noktada tespit edilen elementler ile yüzeye alaşımlandırılan toz olan Cr_3C_2 tozu nedeniyle Cr_xC_y tip karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

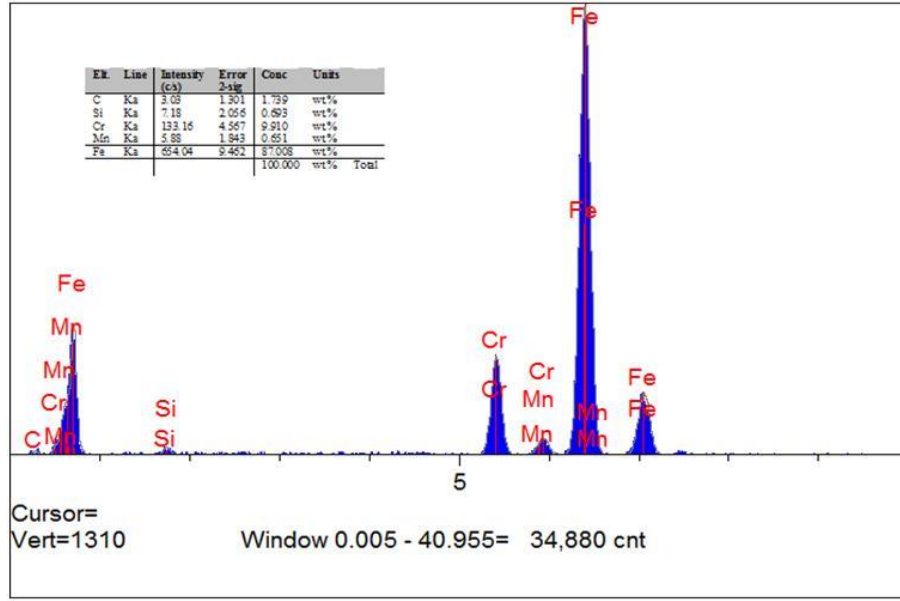
Şekil 3.20'de B5 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



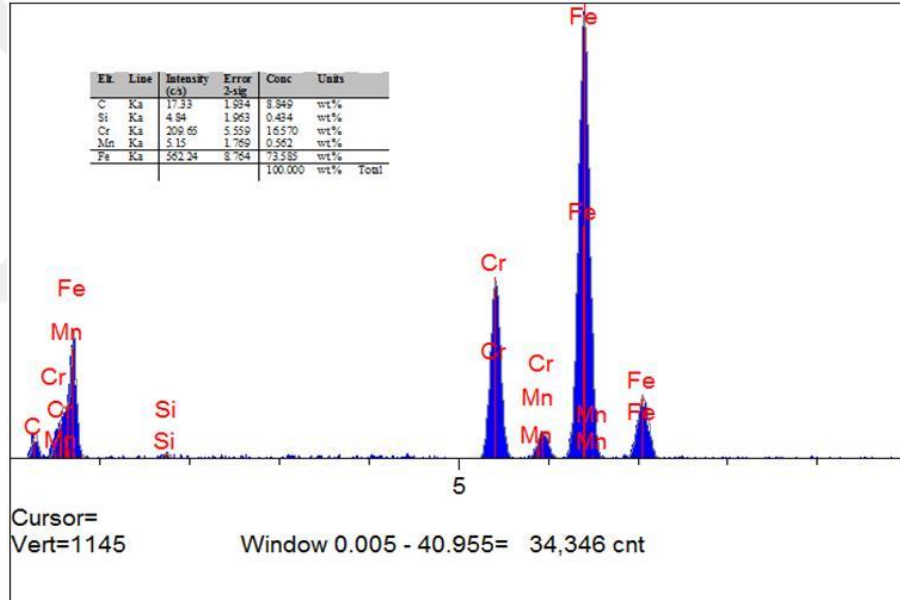
(a)



(b)



(c)



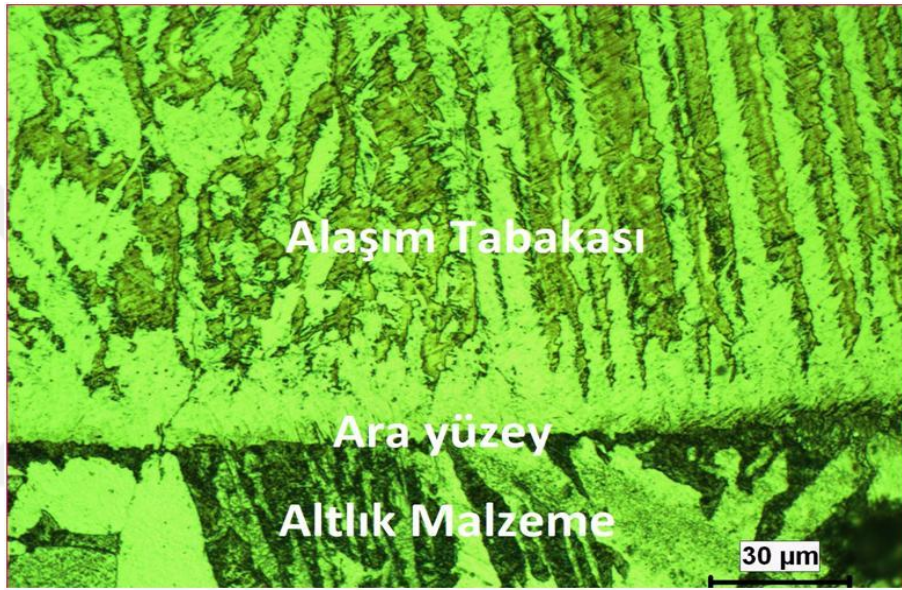
(d)

Şekil 3.20. B5 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 3 no'lu EDS analizi, c) 4 no'lu EDS analizi ve d) 5 no'lu EDS analizi

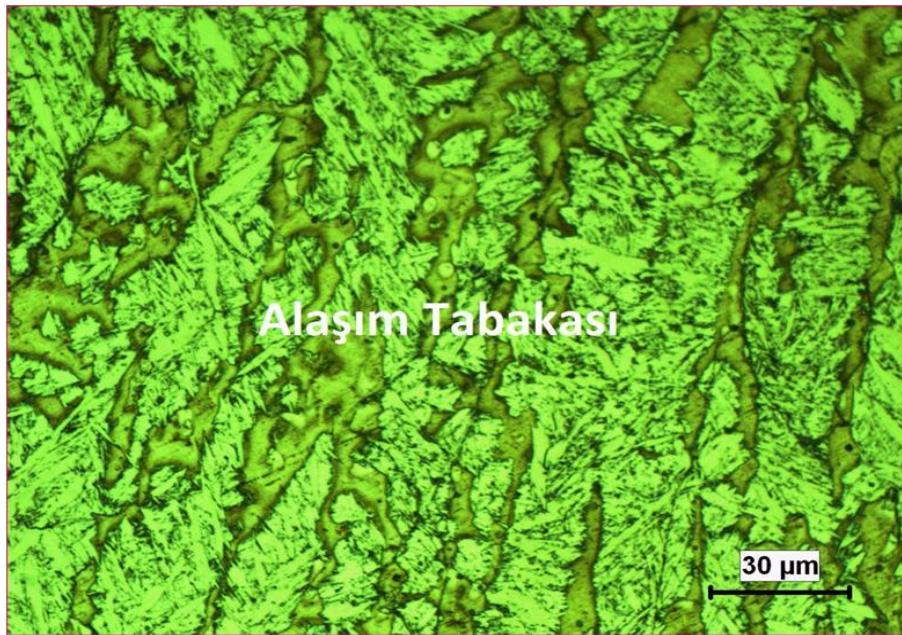
Şekil 3.20-b'de verilen tane sınırından alınan 3 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.73 Cr ve % 1.88 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.20-c'de verilen 4 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 9.91 Cr ve % 1.74 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. Şekil 3.20-d'de verilen 5 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 16.57 Cr ve % 8.85 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 3, 4 ve 5 no'lu

noktalarda, tane sınır bölgelerinde ve matris yapıda Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz ile Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 300 A akım şiddetinde alaşımlanan FeCrC tozu ile elde edilen B6 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.21’de verilmiştir. Şekil 3.22’de ise SEM mikro yapı resimleri verilmiştir. Şekil 3.21-a ve Şekil 3.22-a’daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.

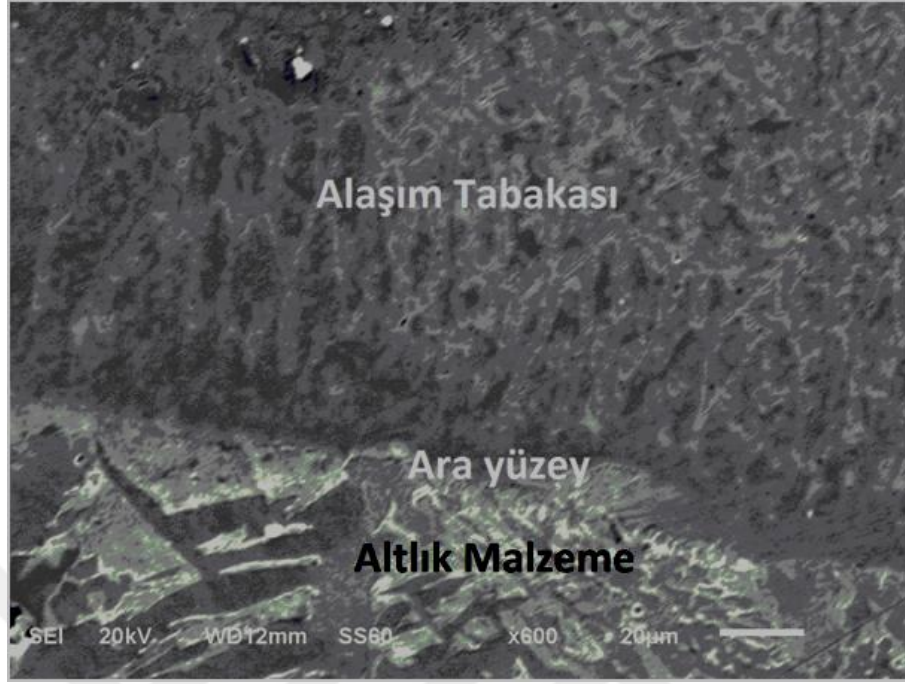


(a)

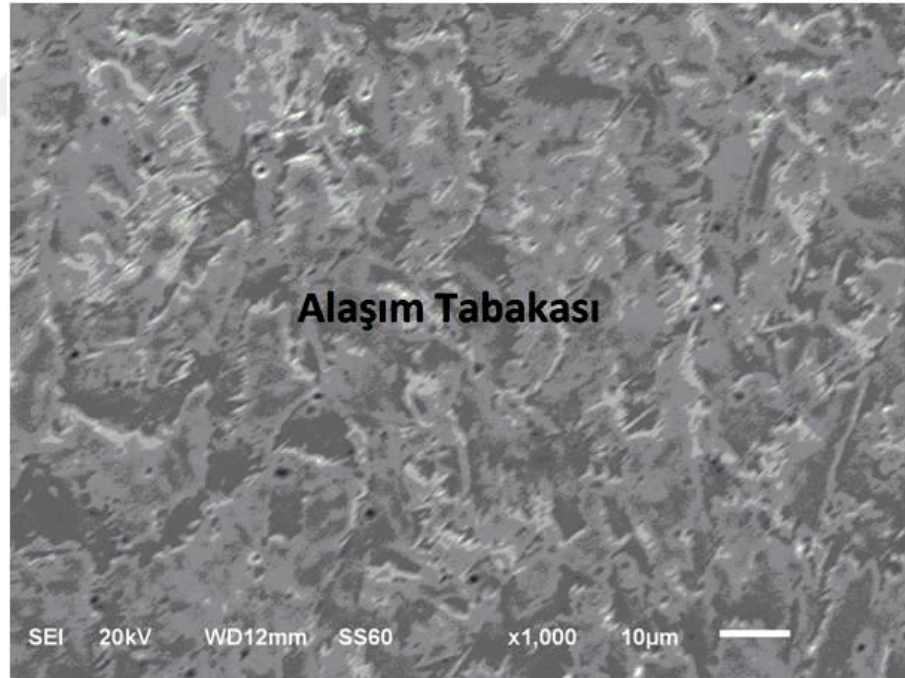


(b)

Şekil 3.21. B6 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi,
b) alaşım tabakası



(a)

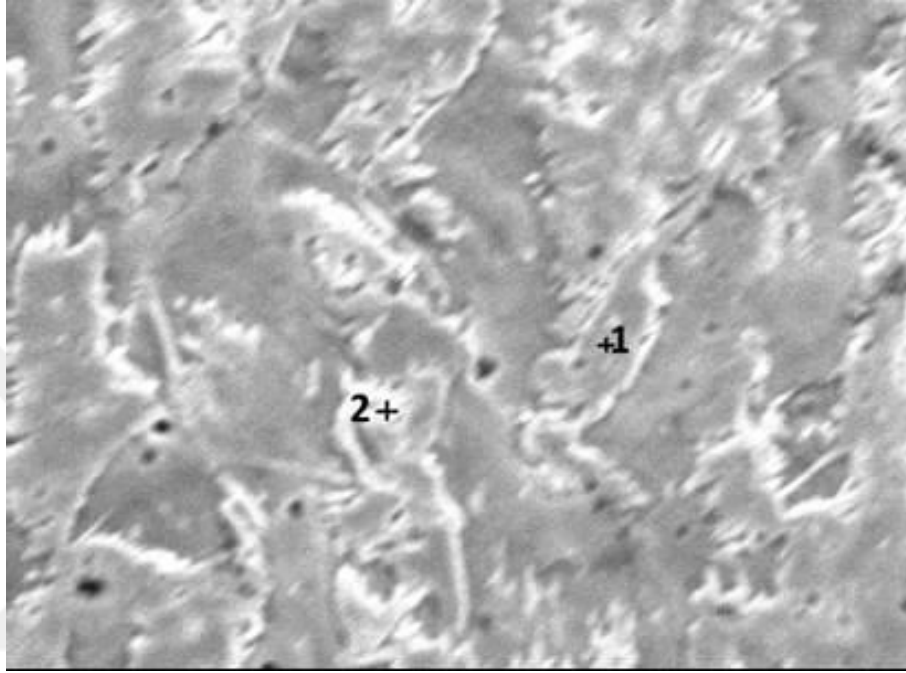


(b)

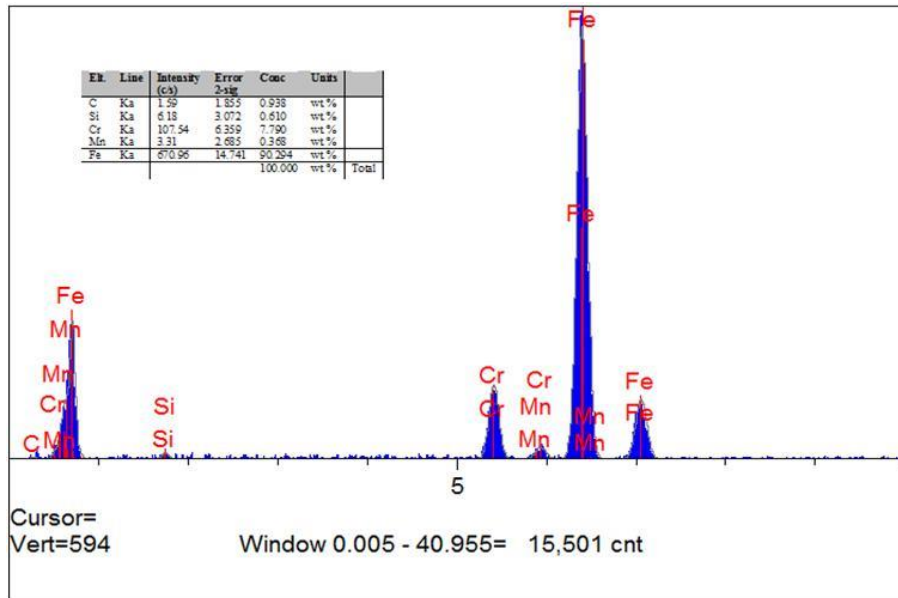
Şekil 3.22. B6 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyle ara yüzeyi,
b) Alaşım tabakası

Şekil 3.22-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görülmektedir. Fotoğrafta homojen olmayan iğnemsî yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

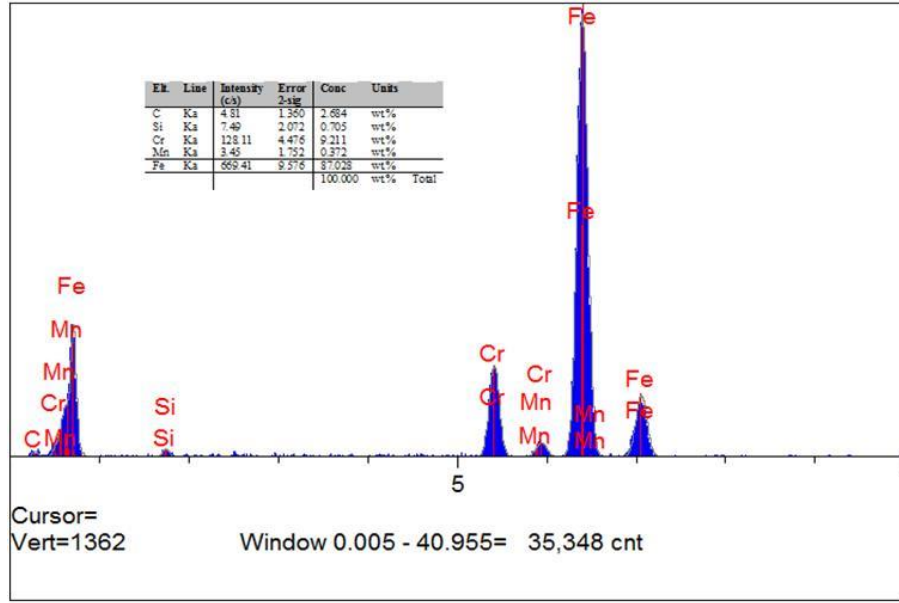
Şekil 3.23’te B6 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

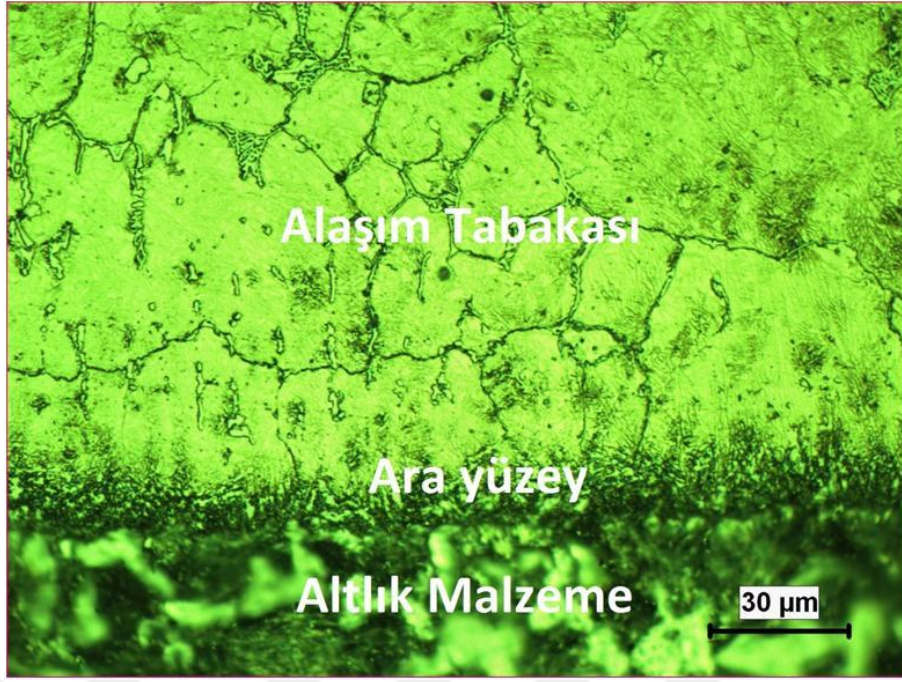


(c)

Şekil 3.23. B6 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no’lu EDS analizi ve c) 2 no’lu EDS analizi

Şekil 3.23-b’de verilen tane sınırından alınan 1 no’lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 7.79 Cr ve % 0.94 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.23-c’de verilen 2 no’lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 9.21 Cr ve % 2.68 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 ve 2 no’lu noktalarda, tane sınır bölgelerinde ve matris yapıda Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz ile Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 325 A akım şiddetinde alaşımlanan WC tozu ile elde edilen B7 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.24 ‘te ve SEM mikro yapı resimleri Şekil 3.25’te verilmiştir. Şekil 3.24-a ve Şekil 3.25-a’daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.

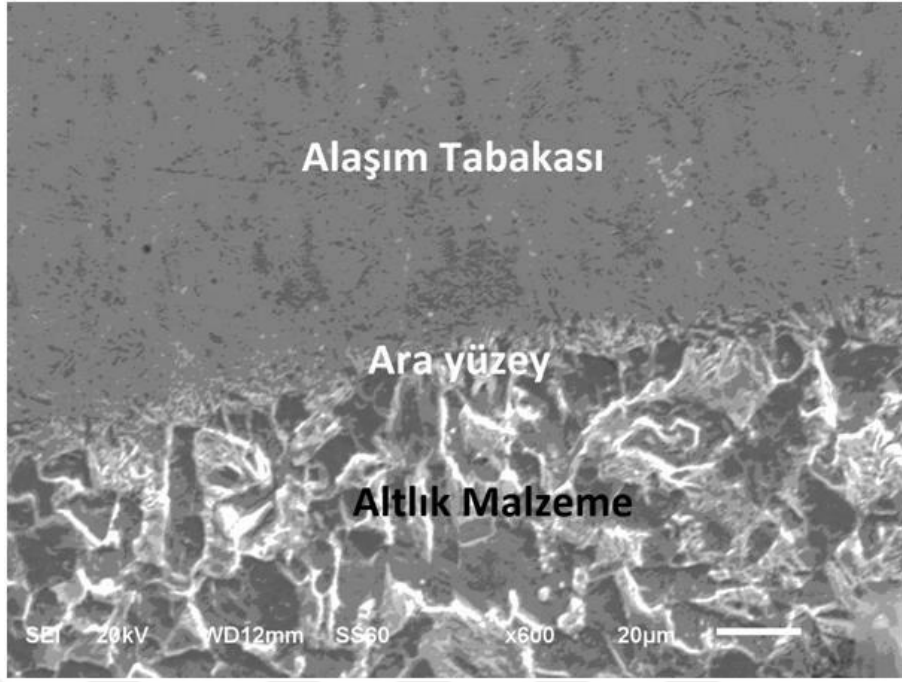


(a)

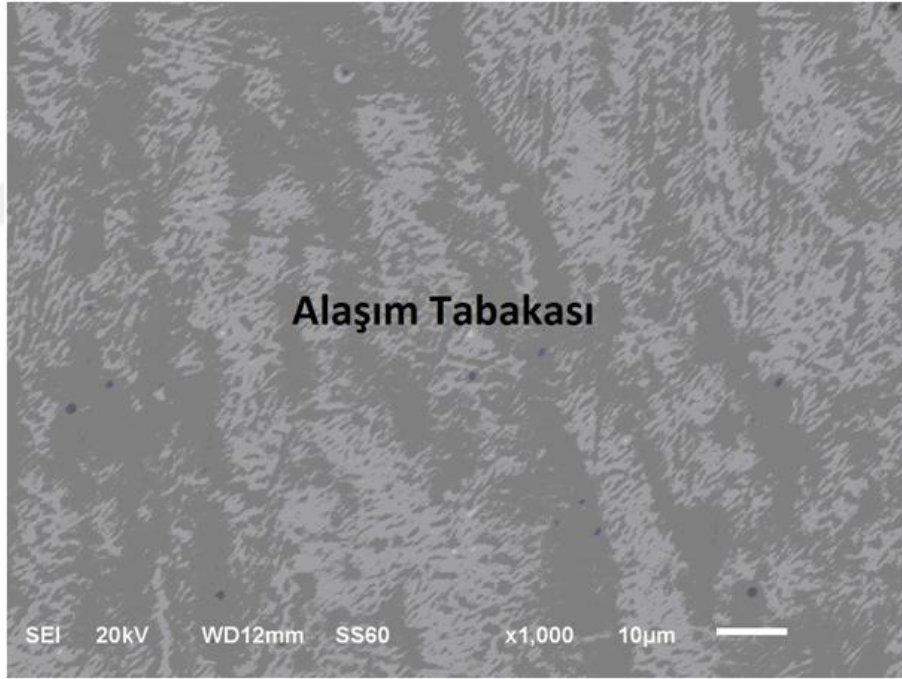


(b)

şekil 3.24. B6 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası



(a)

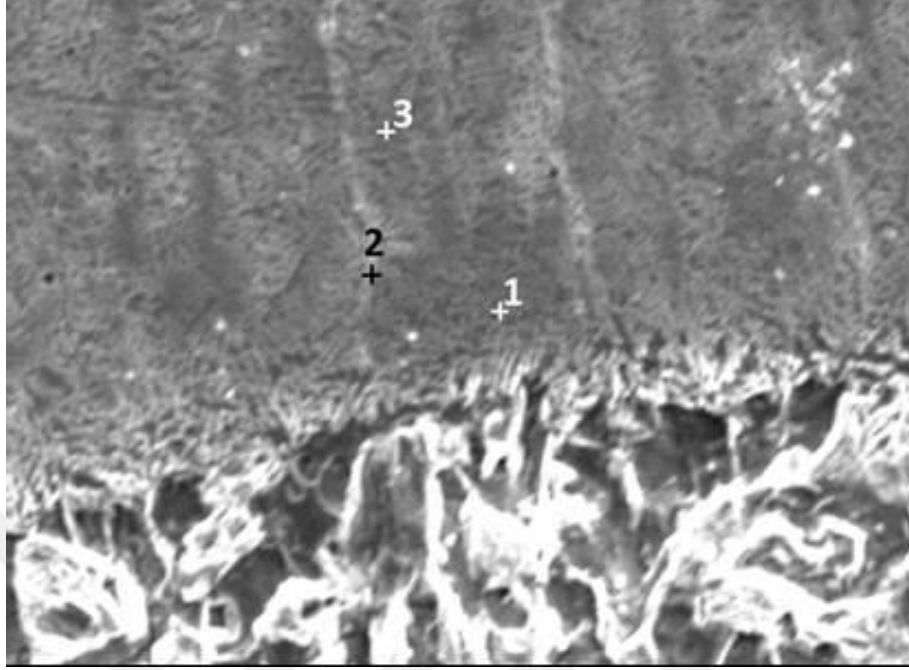


(b)

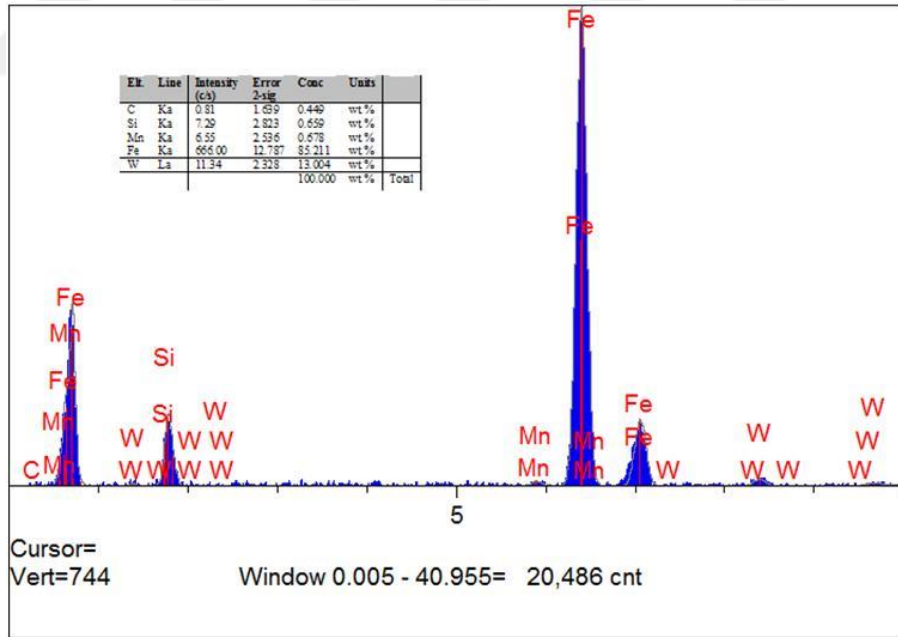
Şekil 3.25. B7 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) Alaşım tabakası

Şekil 3.25-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görülmektedir. Matris içerisinde farklı katılaşma yapıları görülmektedir. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

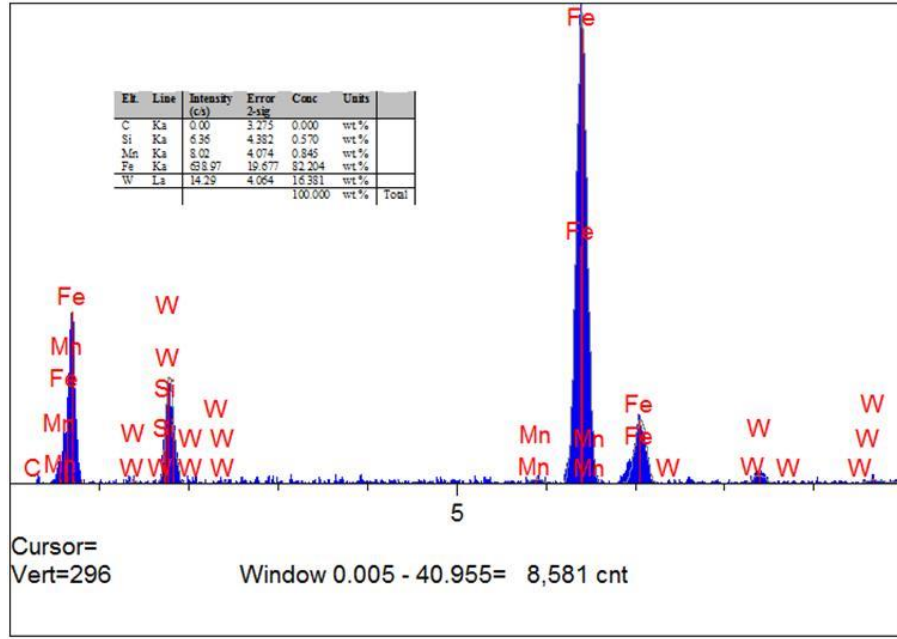
Şekil 3.26'da B7 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

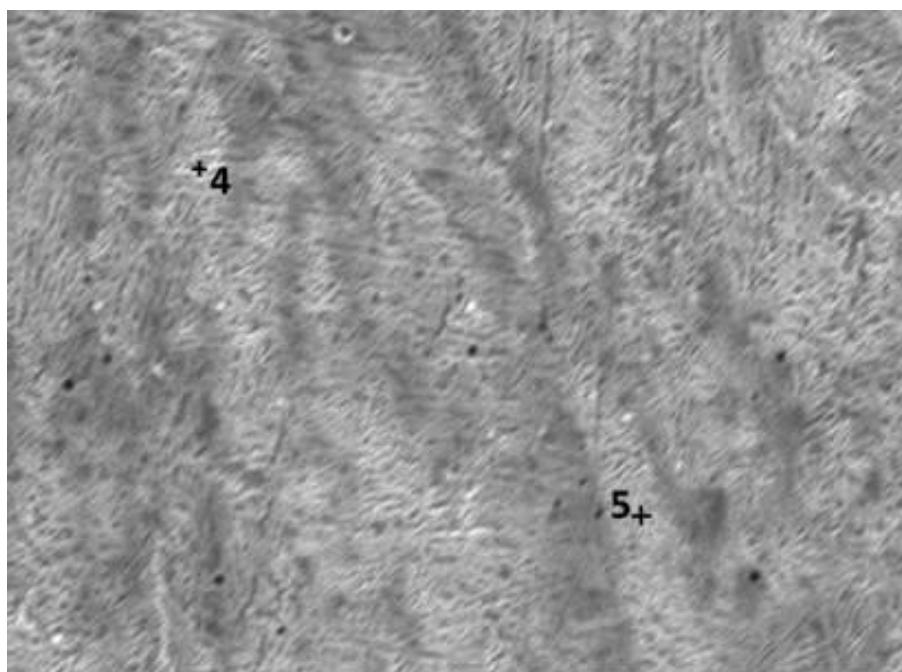


(d)

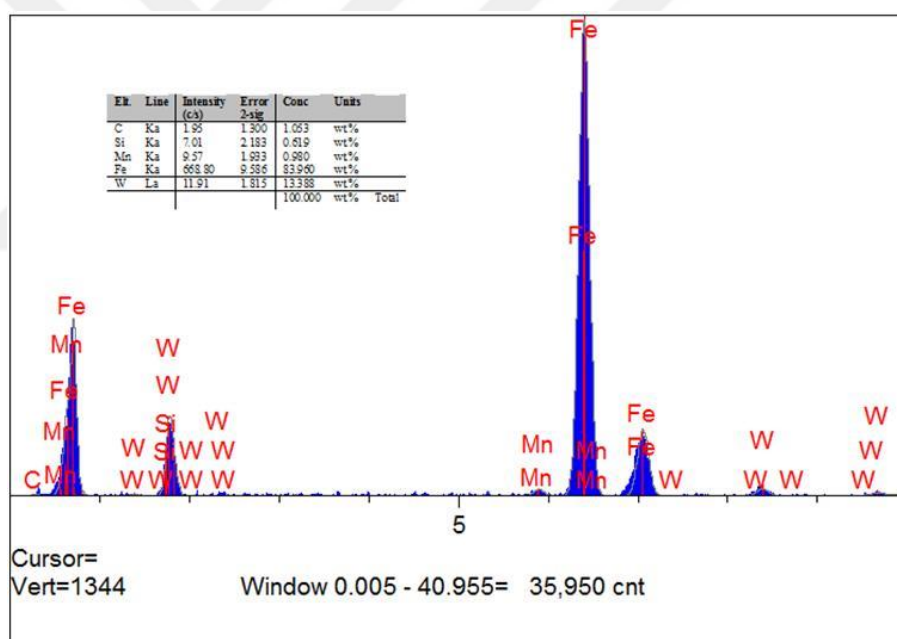
Şekil 3.26. B7 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi ve d) 3 no'lu EDS analizi

Şekil 3.26-b'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 13.00 W ve % 0.45 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.26-c de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 16.38 W elementinin katıldığı görülmektedir. Şekil 3.26-d'de verilen 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.86 W ve % 2.06 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. 1, 2 ve 3 no'lu noktalarda, W ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz olan WC tozu ile W_xC_y tip karbür oluşumunu göstermektedir.

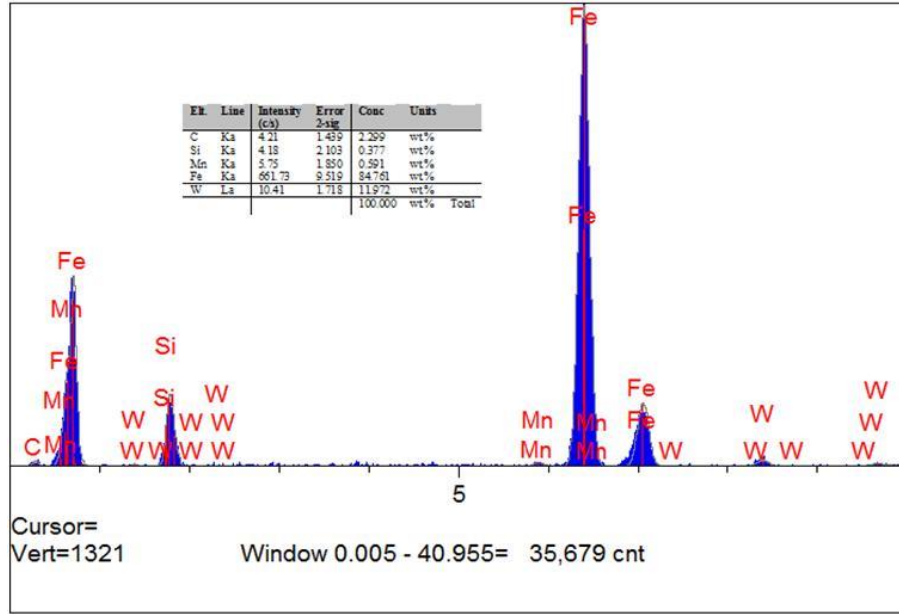
Şekil 3.27'de B7 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)



(b)

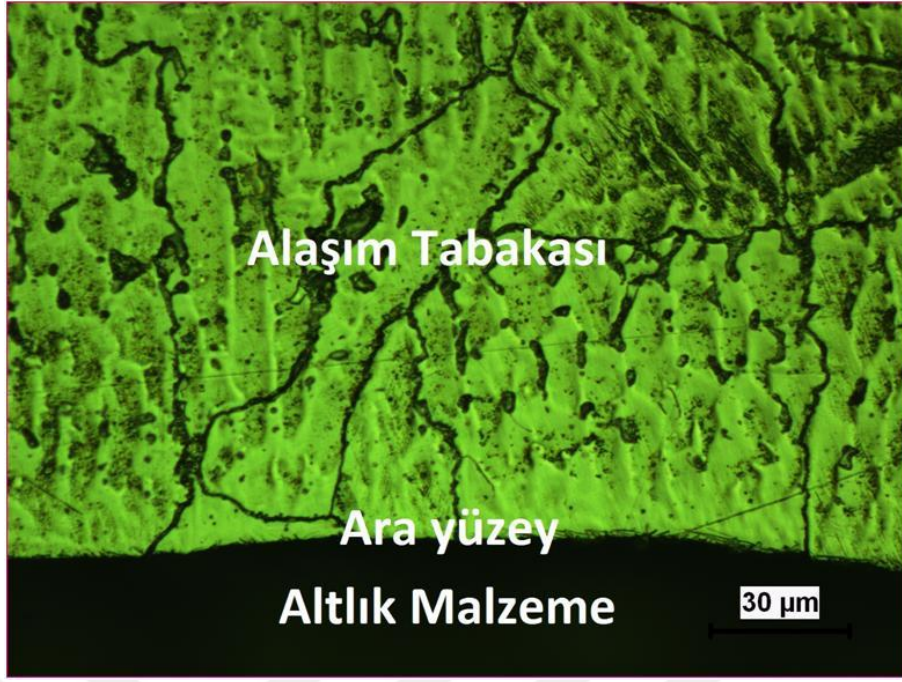


(c)

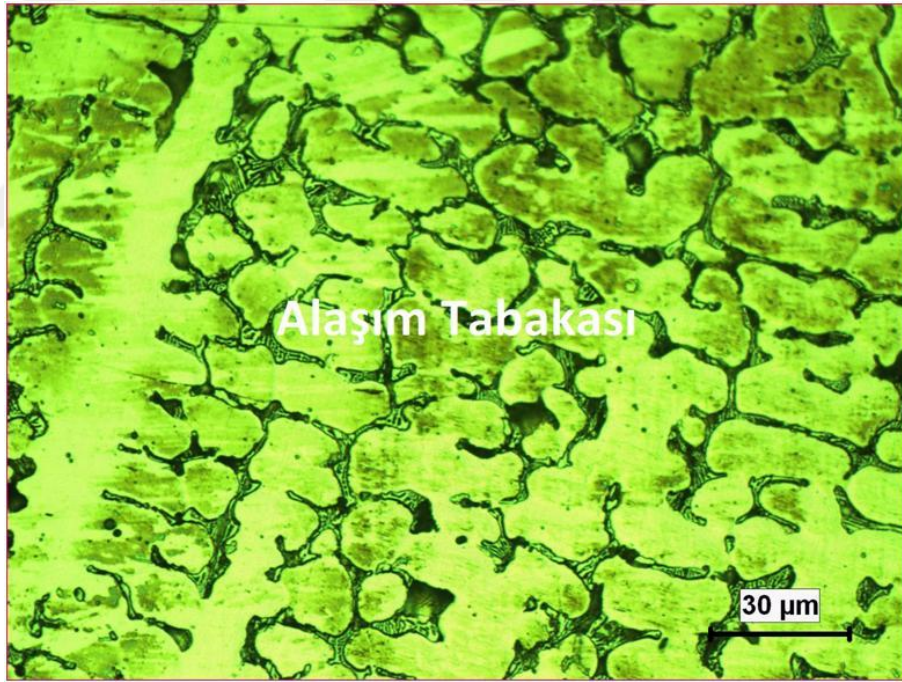
Şekil 3.27. B7 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi ve d) 3 no'lu EDS analizi.

Şekil 3.27-b'de verilen tane içerisinde alınan 3 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 13.39 W ve % 1.06 C elementinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.27-c'de verilen 4 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin olduğu, ayrıca % 11.97 W ve % 2.30 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. Alınan EDS analizleri, 3 ve 4 no'lu noktalarda W_xC_y tip karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 325 A akım şiddetinde alaşımlanan Cr_3C_2 tozu ile elde edilen B8 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.28'de ve SEM mikro yapı fotoğrafları Şekil 3.29'de verilmiştir. Şekil 3.28-a ve Şekil 3.29-a'daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Bu numunede de alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.

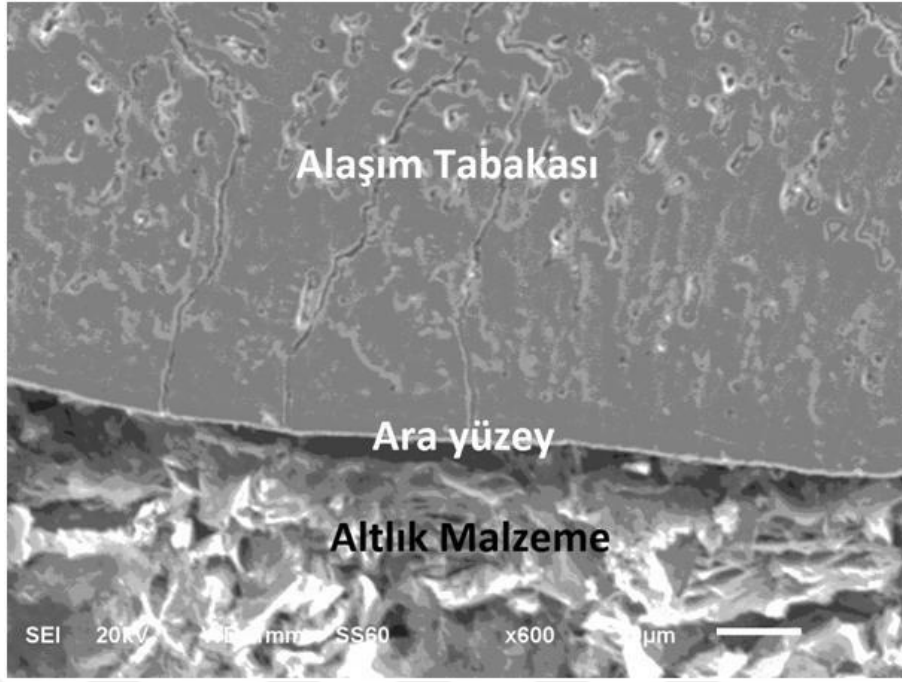


(a)

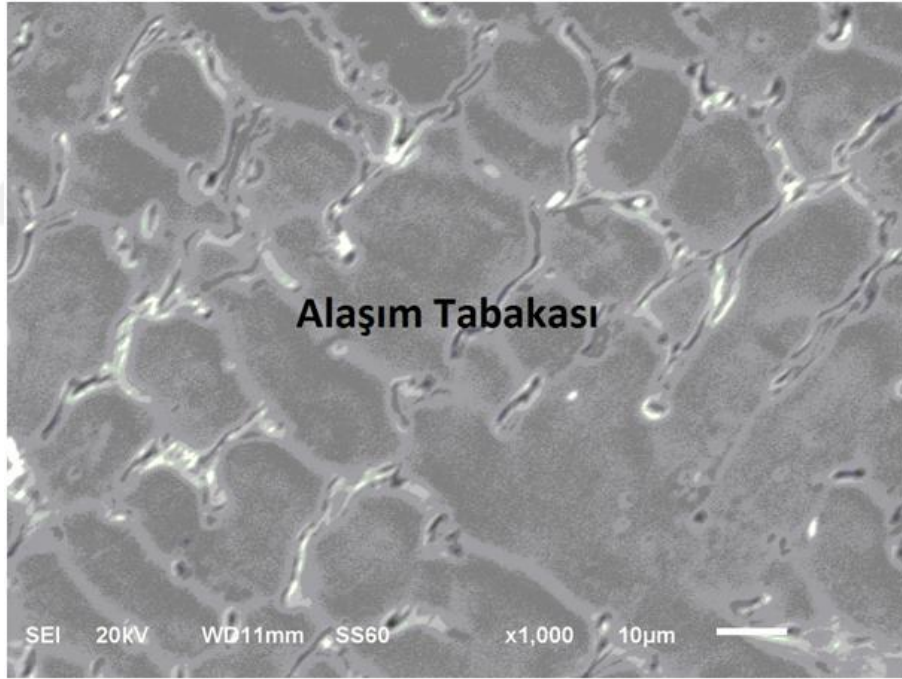


(b)

Şekil 3.28. B7 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası



(a)



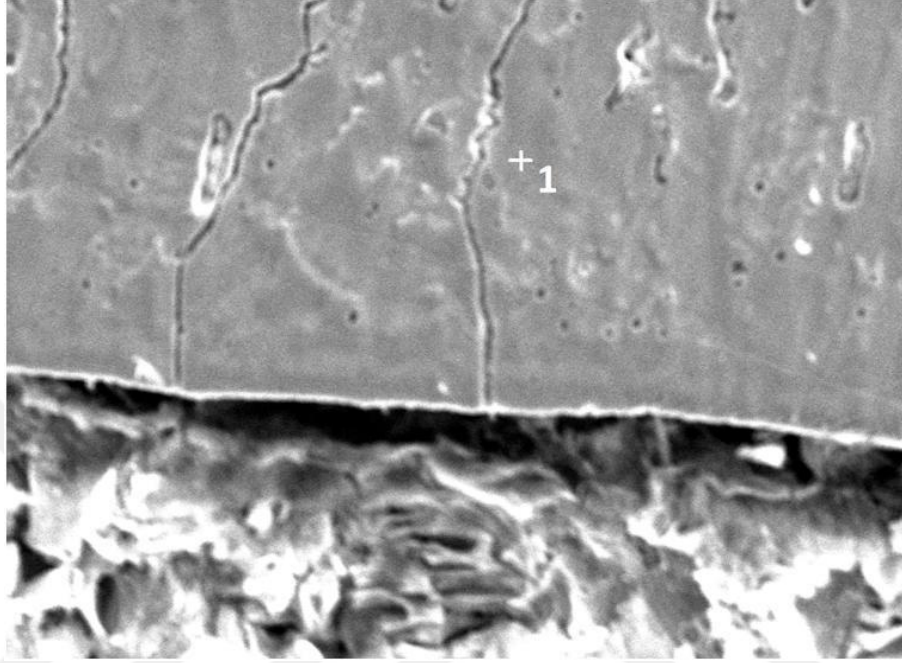
(b)

şekil 3.29. B8 numunesinin SEM fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyele ara yüzeyi, b) Alaşım tabakası

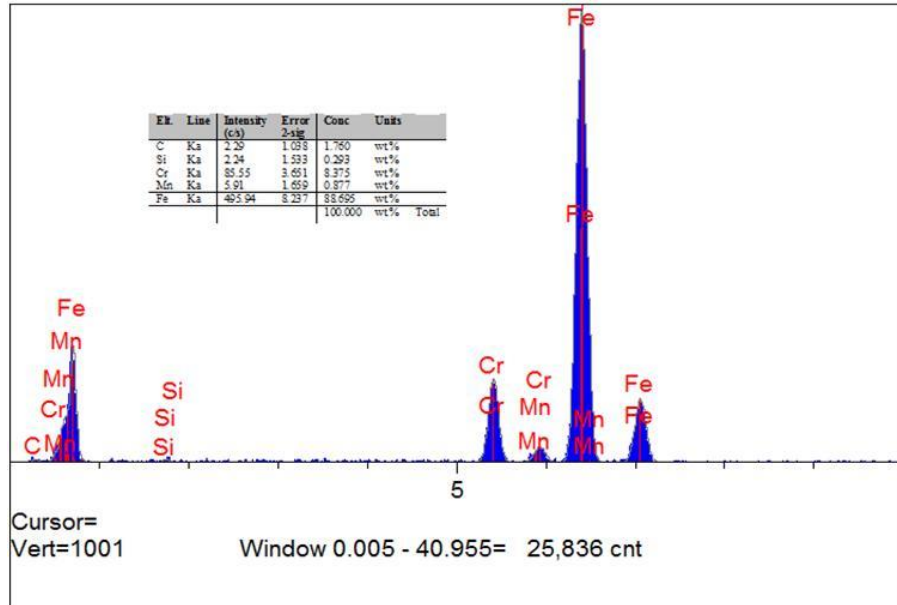
şekil 3.29-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafı görölmektedir. Fotoğrafta kısmi tane sınırlarının oluşumu açıkça görölmektedir. Tane

sınırlarında katılaşmada farklı yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

Şekil 3.30'da B8 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)

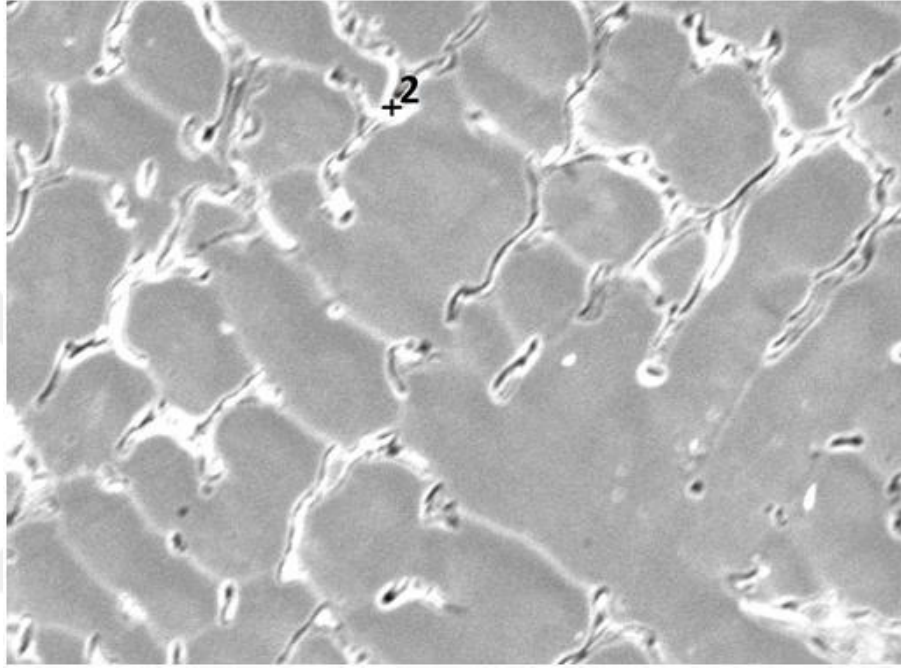


(b)

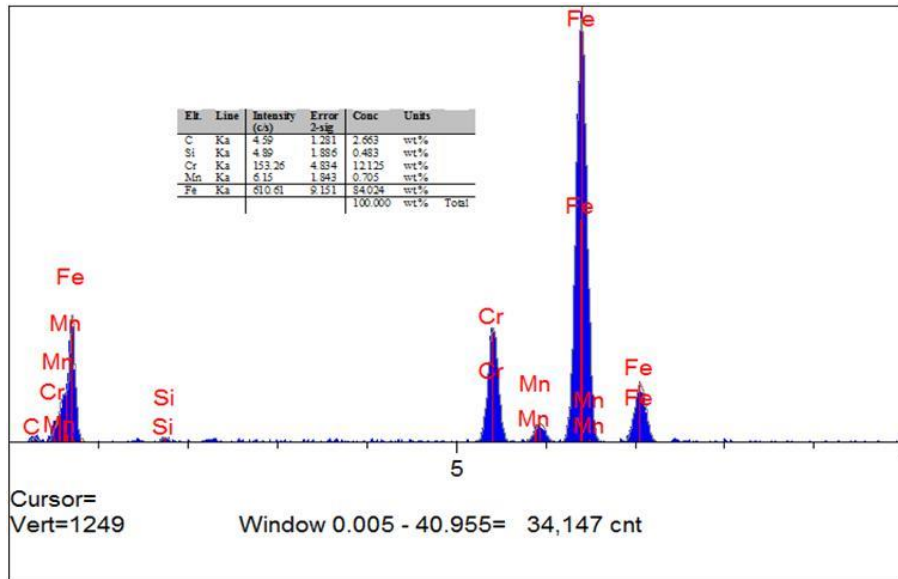
Şekil 3.30. B8 numunesinden alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi

Şekil 3.30-b’de verilen 2 no’lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 8.38 Cr ve % 1.76 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. 1 noktada tespit edilen elementler ile yüzeye alaşımlandırılan toz olan Cr_3C_2 tozu nedeniyle Cr_xC_y tip karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Şekil 3.31’de B8 numunesinin alaşım tabakasından alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



(a)

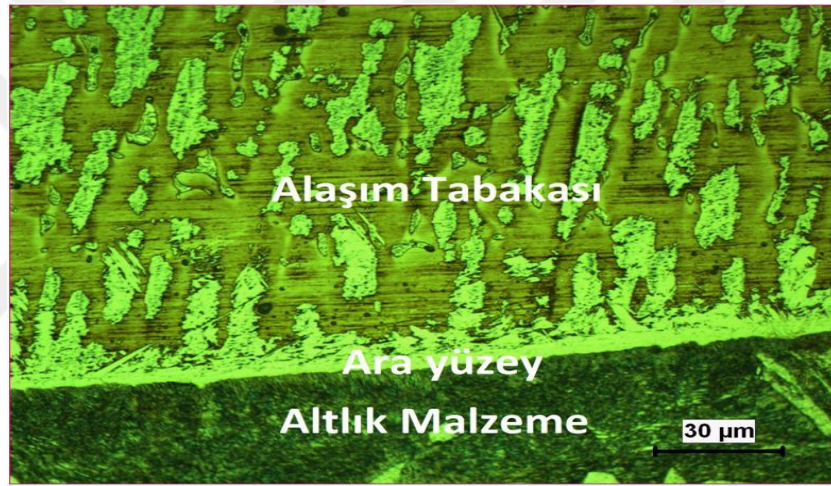


(b)

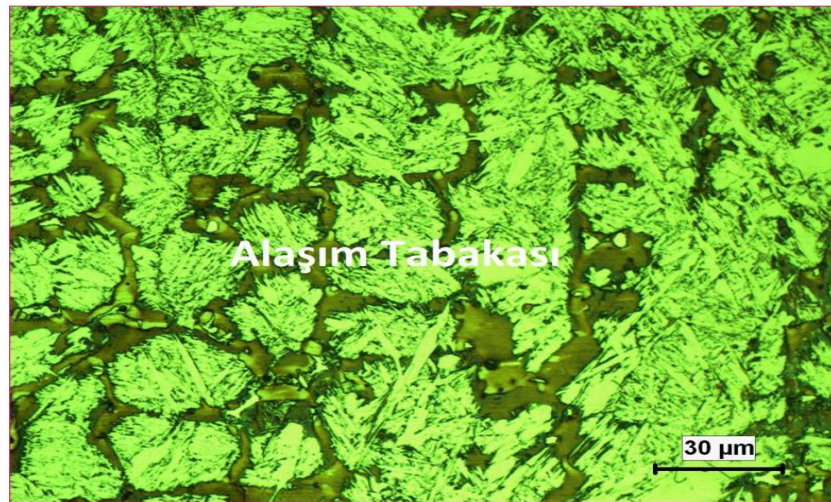
Şekil 3.31. B8 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 2 no’lu EDS analizi

Şekil 3.31-b’de verilen tane sınırından alınan 2 no’lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 12.13 Cr ve % 2.66 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. 2 no’lu noktada, tane sınır bölgesinde yapıda Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz ile Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.

Altlık malzeme yüzeyine 325 A akım şiddetinde alaşımlanan FeCrC tozu ile elde edilen B9 numunesine ait optik mikro yapı resimleri Şekil 3.32’de ve SEM mikro yapı resimleri Şekil 3.33’te verilmiştir. Şekil 3.32-a ve Şekil 3.33-a’daki mikroyapı resmi incelendiğinde, yüzeyde oluşan alaşım tabakası ile altlık malzeme arasındaki ara yüzeyde herhangi bir boşluk veya çatlığın oluşmadığı görülmektedir. Alaşım tabakası ile altlık malzeme arasında uyumlu bir katılma geçişi görülmüştür.



(a)

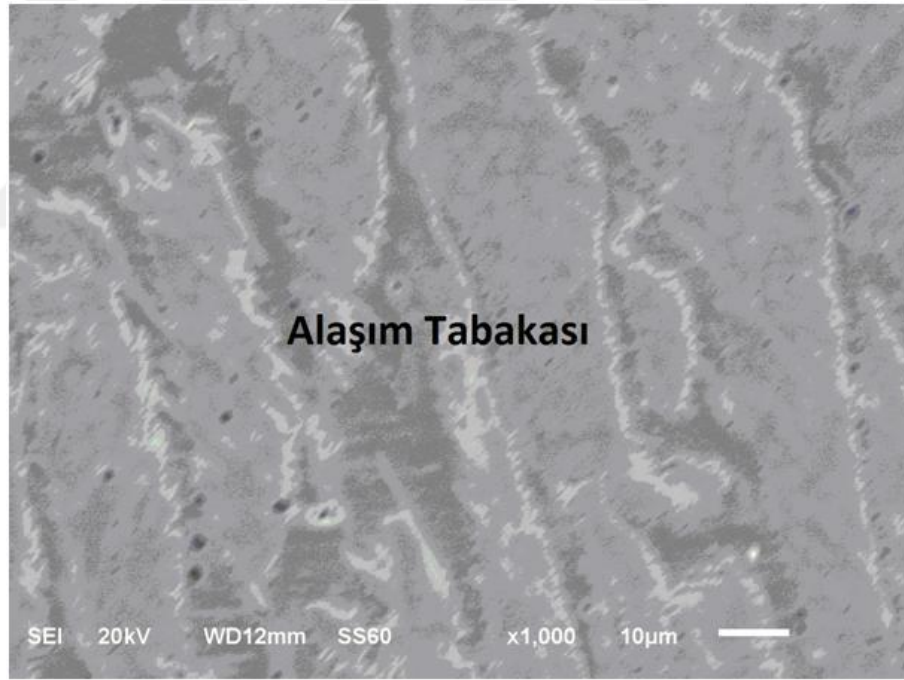


(b)

Şekil 3.32. B9 numunesinin optik fotoğrafı, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeye ara yüzeyi, b) alaşım tabakası



(a)

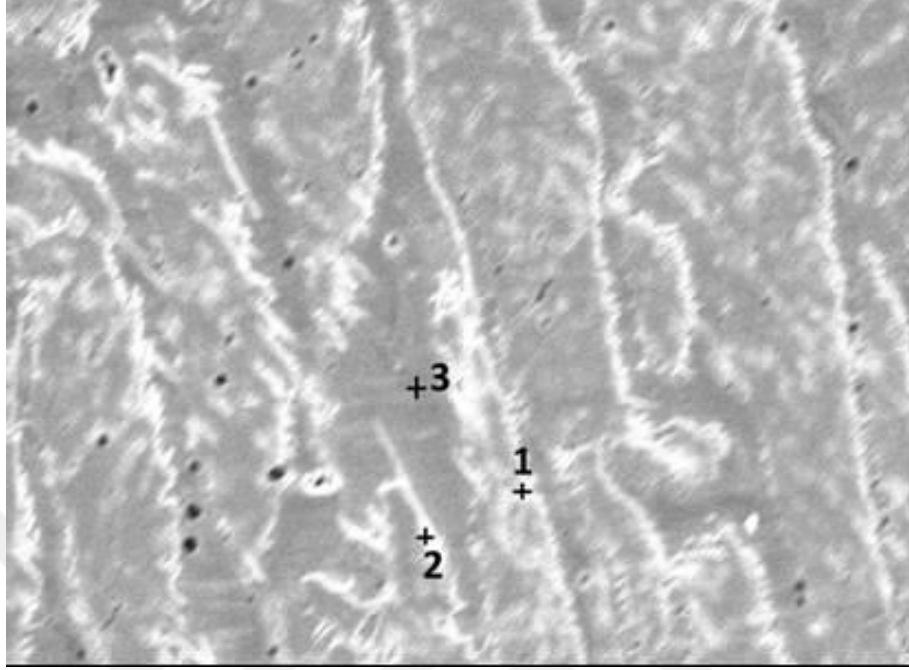


(b)

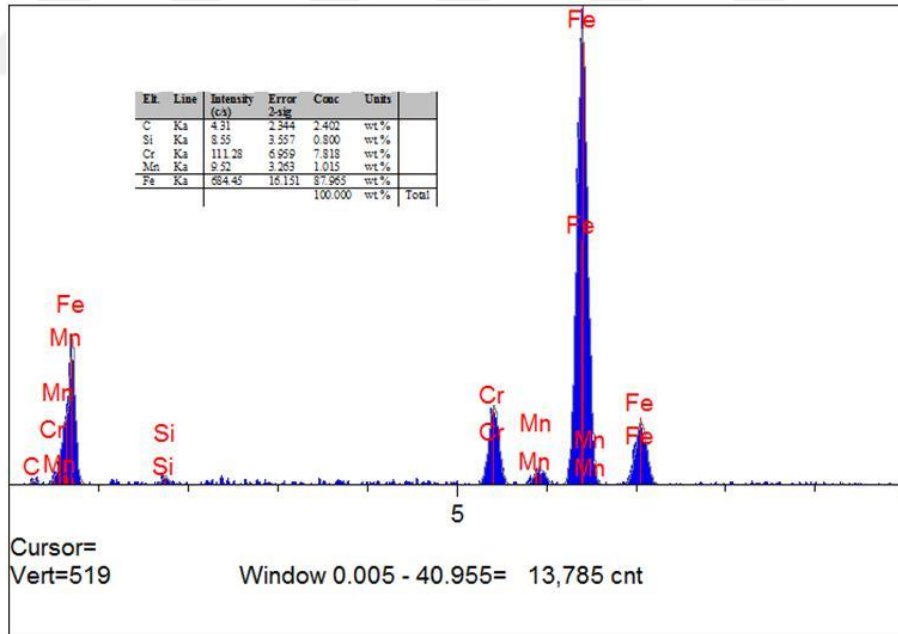
şekil 3.33. B9 numunesinin SEM fotoğrafları, a) Alaşım tabakası ve altlık malzemeyele ara yüzeyi, b) Alaşım tabakası

şekil 3.33-b’de yüzeyde oluşturulan alaşım tabakasına ait 1000 büyütmedeki SEM fotoğrafları görölmektedir. Fotoğrafta homojen olmayan tanelerarası iğnemsı yapılar oluşmuştur. Tane içi ve tane sınırından yapılan EDS analizleri ile yapılar incelenmiştir.

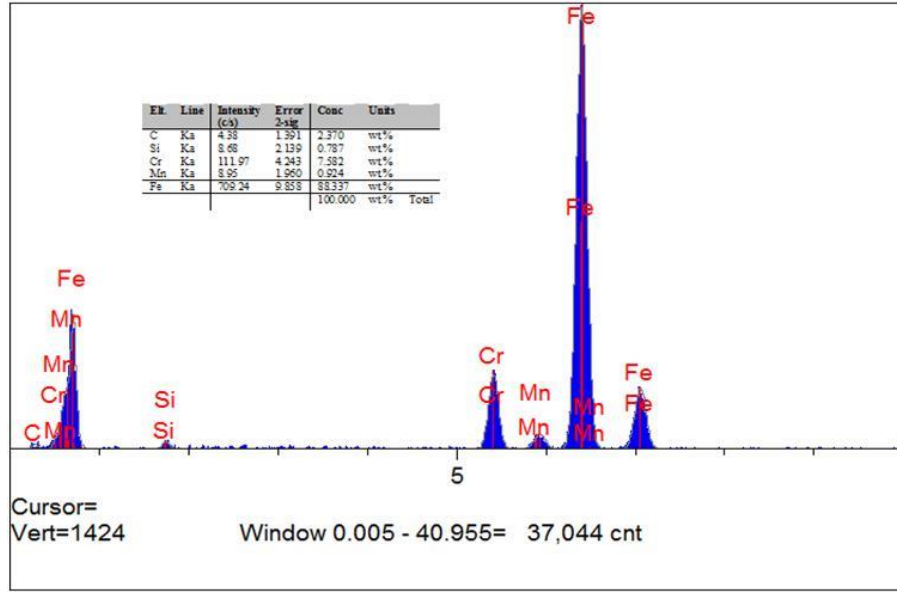
Şekil 3.34'te B9 numunesinin alaşım tabakası ile ara yüzey bölgesinden alınan EDS analizleri ve yerlerini gösteren SEM fotoğrafı verilmiştir.



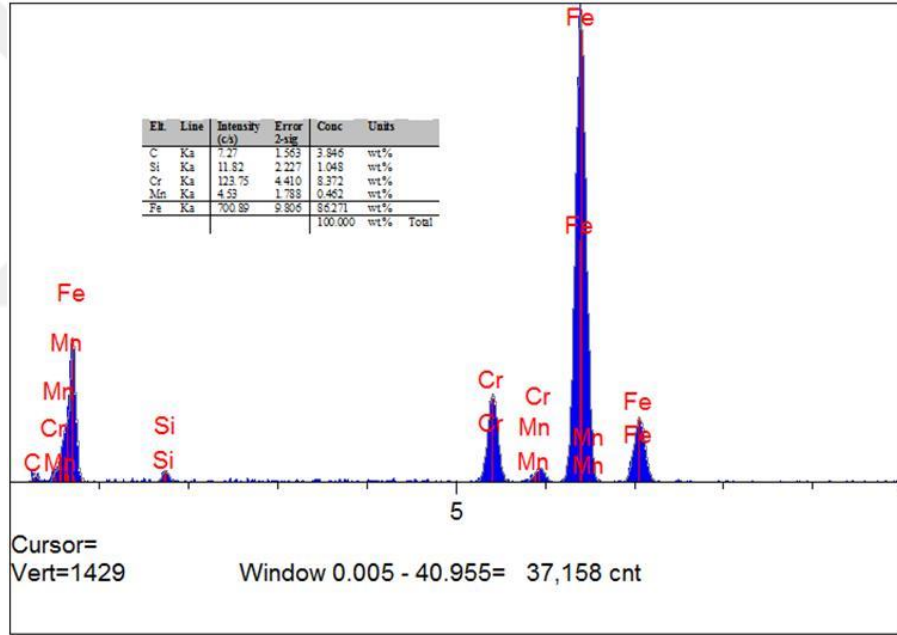
(a)



(b)



(c)

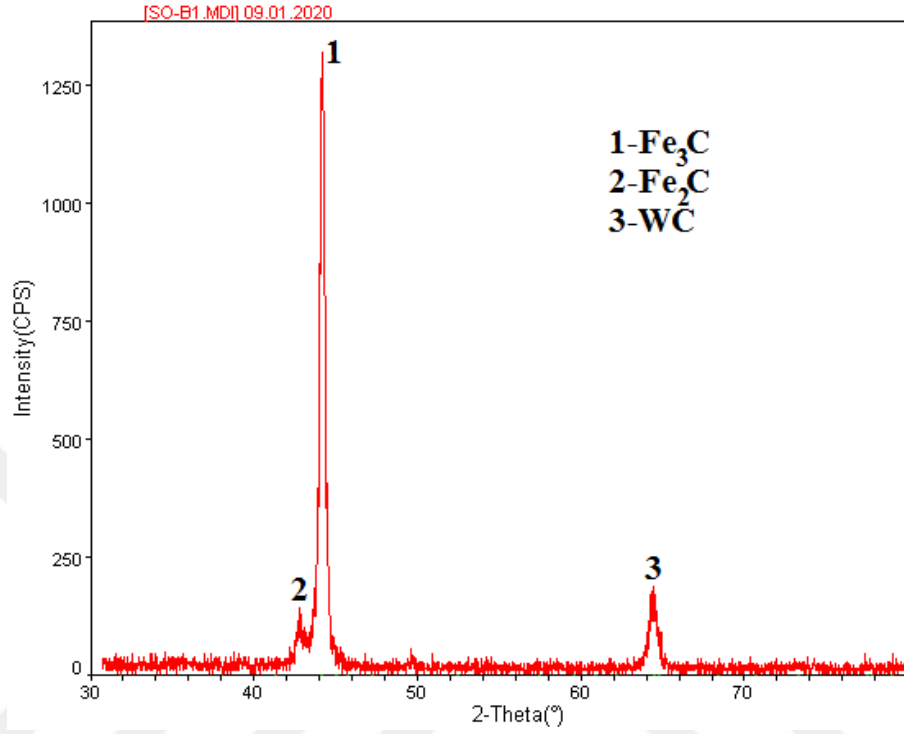


(d)

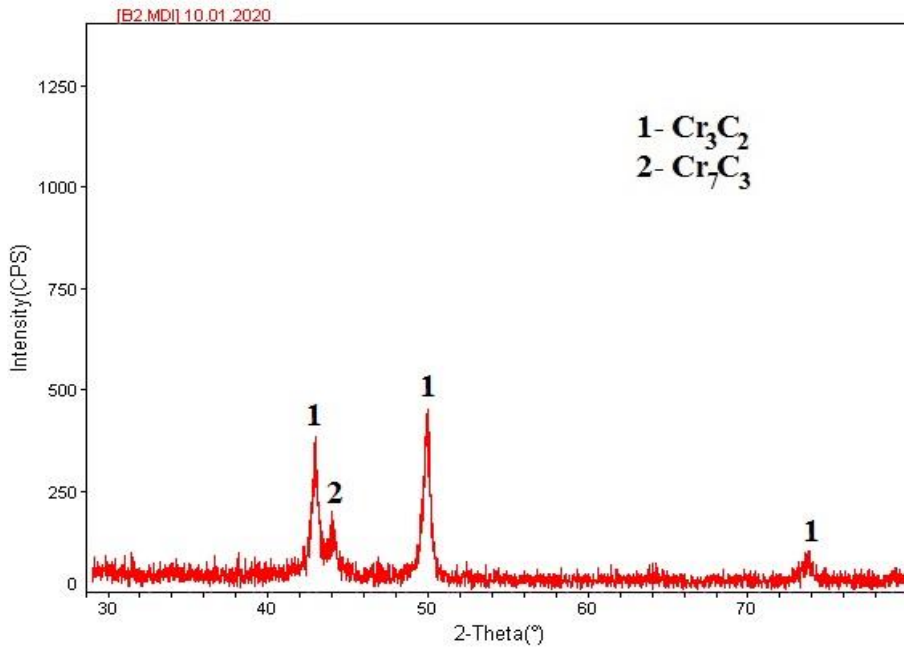
Şekil 3.34. B9 numunesinin alaşım tabakasından alınan a) SEM fotoğrafı, b) 1 no'lu EDS analizi, c) 2 no'lu EDS analizi

Şekil 3.34-b'de verilen tane sınırından alınan 1 no'lu noktaya ait EDS analizinde, ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 7.82 Cr ve % 2.40 C elementlerinin de katıldığı görülmektedir. Şekil 3.34-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla olduğu, ayrıca % 7.58 Cr ve % 2.37 C elementlerinin katıldığı görülmektedir. Şekil 3.34-c'de verilen 2 no'lu noktaya ait EDS analizinde ise ağırlıkça Fe elementinin fazla

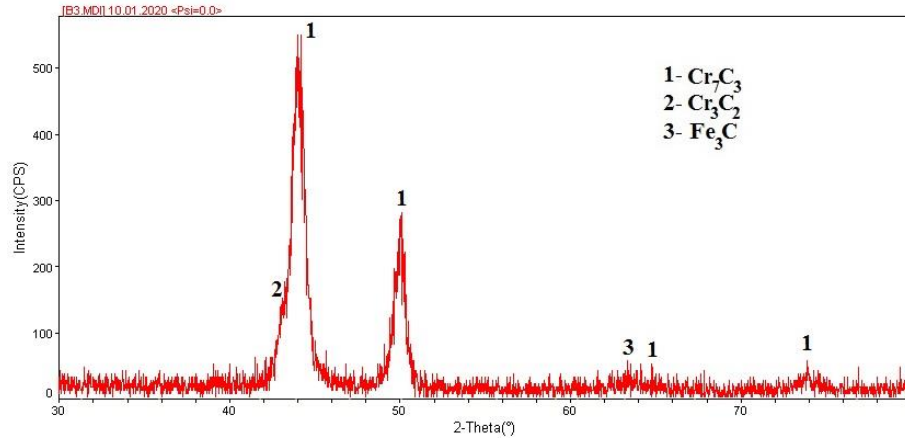
olduğu, ayrıca % 8.37 Cr ve % 3.85 C elementlerinin katılaştığı görülmektedir. 1, 2 ve 3 no'lu noktalarda, tane sınır bölgelerinde ve matris yapıda Cr ve C elementlerinin varlığı yüzeye alaşımlandırılan toz ile Cr_xC_y tipi karbürlerin oluşumunu göstermektedir.



(a)



(b)

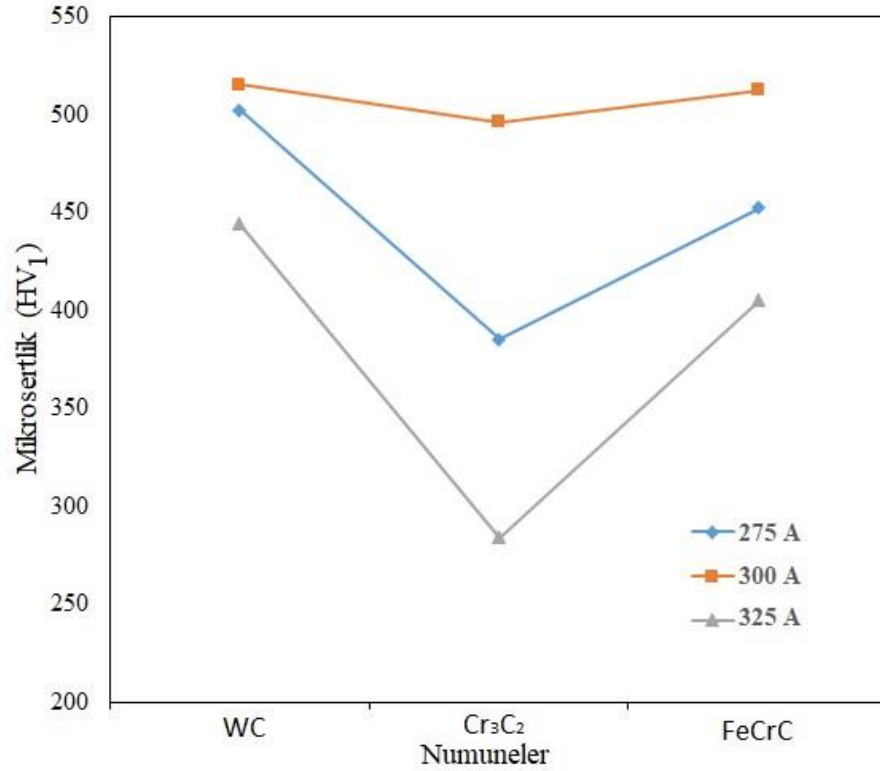


(c)

Şekil 3.35. B1, B2 ve B3 no'lu numunelerden alınan XRD analizleri

B1, B2 ve B3 no'lu numunelerden alınan XRD analiz sonuçları Şekil 3.35'te verilmiştir. Mikroyapı incelemesi başlığı altında numunelerin SEM ve EDS analizleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey alaşım tabakalarının EDS analizlerinde, Fe, Cr, W ve C elementlerinin varlıkları gösterilmiştir. Bu elementler ile XRD analizlerinde tespit edilebilmiş olan bileşiklerin oluşumları açıkça görülmektedir. Yüzeye WC tozu alaşımlanan numunelerde Fe_3C , Fe_2C ve WC gibi bileşiklerin oluştuğu, yüzeye C_3C_2 tozu alaşımlanan numunelerde Cr_7C_3 ve C_3C_2 gibi bileşiklerin oluştuğu, yüzeye FeCrC tozu alaşımlanan numunelerde Cr_7C_3 , C_3C_2 ve Fe_3C gibi bileşiklerin oluştuğu tespit edilmiştir.

3.2. Mikrosertlik İncelemesi



Şekil 3.36. Yüzey alaşım tabakalarından alınan mikrosertlik değerleri

Yüzey alaşımlama gerçekleştirilen numunelerin tabakalarından alınan mikrosertlik değerleri Şekil 3.36’da verilmiştir.

Tozaltı kaynak yöntemiyle WC tozu kullanılarak;

275 A’de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemiyle elde edilen B1 numunesinde, yüzey alaşımlama işlemi sonrası yüzeyde oluşan alaşım tabakasından alınan ortalama sertlik değeri 502 HV olarak tespit edilmiştir. 300 A’de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B4 numunesinde, ortalama sertlik değeri 515 HV olarak tespit edilmiştir. 325 A’de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B7 numunesinde, ortalama sertlik değeri 444 HV olarak tespit edilmiştir. XRD ölçümlerinden de anlaşılabacağı üzere yapıda meydana gelen karbür bileşiklerinin etkisi ile düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyindeki sertlik miktarı artmıştır.

Tozaltı kaynak yöntemiyle Cr₃C₂ tozu kullanılarak;

275 A’de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi elde edilen B2 numunesinde, yüzey alaşımlama işlemi sonrası yüzeyde oluşan alaşım tabakasından alınan ortalama sertlik değeri 385 HV olarak tespit edilmiştir. 300 A’de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B5 numunesinde, ortalama sertlik değeri 496 HV olarak tespit edilmiştir. 325 A’de gerçekleştirilen

yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B8 numunesinde, ortalama sertlik değeri 284 HV olarak tespit edilmiştir. XRD ölçümlerinden de anlaşılabacağı üzere yapıda meydana gelen karbür bileşiklerinin etkisi ile düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyindeki sertlik miktarı artmıştır.

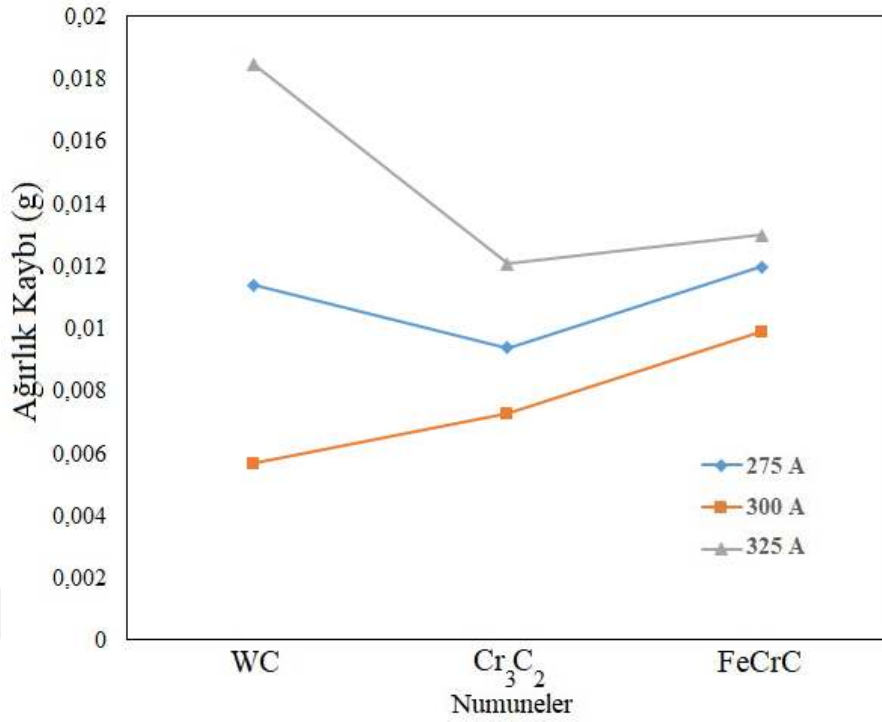
Tozaltı kaynak yöntemiyle FeCrC tozu kullanılarak;

275 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi elde edilen B3 numunesinde, yüzey alaşımlama işlemi sonrası yüzeyde oluşan alaşım tabakasından alınan ortalama sertlik değeri 452 HV olarak tespit edilmiştir. 325 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B6 numunesinde, ortalama sertlik değeri 512 HV olarak tespit edilmiştir. 325 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işlemi ile elde edilen B9 numunesinde, ortalama sertlik değeri 405 HV olarak tespit edilmiştir. XRD ölçümlerinden de anlaşılabacağı üzere yapıda meydana gelen karbür bileşiklerinin etkisi ile düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyindeki sertlik miktarı artmıştır.

300 A akım şiddetinde gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işleminde elde edilen B4, B5 ve B6 no'lu numunelerde en yüksek sertlik değerleri tespit edilmiştir. B4 no'lu numunede 515 HV, B5 no'lu numunede 496 HV ve B6 no'lu numunede 512 HV sertlik değerleri ölçülmüştür. Yüzey alaşımlama yapılan numunelerin tümüne ait mikrosertlik değerleri incelendiğinde en yüksek sertlik değerinin, WC ilave edilerek elde edilen B4 numunesinde olduğu görülmüştür.

325 A akım şiddeti ile gerçekleştirilen yüzey alaşımlama işleminde elde edilen B7, B8 ve B9 no'lu numunelerde en düşük sertlik değeri tespit edilmiştir. B7 no'lu numunede 444 HV, B8 no'lu numunede 284 HV ve B9 no'lu numunede 405 HV sertlik değerleri ölçülmüştür. Akım şiddetinin artmasıyla ısı girdisinin artarak, altlık malzemedan yüzey alaşım tabakasına bir miktar daha fazla altlık malzemedan ergiyerek katılaşmanın olduğu ve bununla sertlikte düşüşe sebep olduğu düşünülmektedir. Yüzey alaşımlama yapılan numunelerin tümüne ait mikrosertlik değerleri incelendiğinde en düşük sertlik değerinin, Cr₃C₂ ilave edilerek elde edilen B4 numunesinde olduğu görülmüştür.

3.3. Aşınma İncelemesi



Şekil 3.37. Yüzeyi alaşımlanan numunelerin aşınma deneyi ağırlık kayıpları

Aşınma deneyleri sonunda numunede meydana gelen ağırlık kayıpları Şekil 3.37’de verilmiştir.

Yüzey alaşımlama işlemi esnasında 300 A akım şiddeti ile gerçekleştirilen B4, B5 ve B6 no’lu numunelerde en düşük ağırlık kaybı ölçülmüştür. Mikro sertlik değerleri incelendiğinde 300 A akım şiddeti ile gerçekleştirilen B4, B5 ve B6 yüzey alaşımlanmış numunelerinin mikro sertlik değerlerinin en yüksek olduğu görülmektedir. Sertlikteki bu artış bağlı olarak aşınma miktarlarında düşüş görülmüştür. B4 numunesinde 0.0056 g, B5 numunesinde 0,0072 g ve B6 numunesinde 0,0098 g ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Numunelerin mikroyapıları, EDS analizleri ve muhtemel oluşacak bileşikler incelendiğinde yapıdaki karbür bileşikleri ve kısmen oluşmuş dendritik yapı sertliğin yüksek çıkmasına ve buna bağlı olarak ta aşınma miktarlarında ağırlık kaybının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Tüm numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde (Şekil 3.37) WC tozu kullanılarak gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 0,0056 g değeriyle en düşük ağırlık kaybı ölçülmüştür.

Akım miktarının 325 A değerine çıkmasıyla altlık malzemenin alaşım tabakası içerisine daha fazla eridiği ve yüzeye alaşımlandırılacak toz miktarının oranını düşürdüğü düşünülmektedir. Bu durum sertlik grafiğinde düşüşe neden olmuştur. Akım şiddetinin 325 A

olduğu numunelerde yüzeye alaşımlanan tabakanın matris yapısında düşük karbonlu çelik malzemenin daha fazla eridiği ve bunun da aşınma direncini düşürdüğu düşünölmektedir. Tüm numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde (Şekil 3.37) WC tozu kullanılarak gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 0,0184 g değeriyle en yüksek ağırlık kaybı ölçölmüşür.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Düşük karbonlu çelik malzeme yüzeyine tozaltı kaynak yöntemi kullanılarak WC, Cr_3C_2 ve FeCrC alaşım tozları, 275 A, 300 A, 325 A 'lık akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılmıştır.

275 A akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılan numunelerde;

- 1- Yüzey alaşımlama esnasında tozaltı kaynak yönteminde WC tozu kullanılmıştır. Sade WC kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B1 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, W ve C elementleri tespit edilmiş ve XRD analizinde Fe_3C , Fe_2C ve WC bileşikleri görülmüştür.
- 2- Cr_3C_2 tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B2 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde Cr ve C elementleri tespit edilmiş ve XRD analizinde Cr_7C_3 ve Cr_3C_2 bileşikleri görülmüştür.
- 3- FeCrC tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B3 numunesinde karbür mikroyapısı olan bir yapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, Fe ve C elementleri tespit edilmiş ve XRD analizinde Cr_7C_3 , C_3C_2 ve Fe_3C bileşikleri görülmüştür.

300 A akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılan numunelerde;

- 1- WC tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B4 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde W, Cr ve C elementleri tespit edilmiştir. B2 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Mn_6Si ve WC bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.
- 2- Cr_3C_2 tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B5 numunesinde karbür mikroyapısı olan bir yapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, C elementleri tespit edilmiştir. B2 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Cr_{23}C_6 , Fe_3C bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.
- 3- FeCrC tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B6 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, Fe ve C elementleri tespit edilmiştir. B3 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Cr_{23}C_6 , Fe_3C ve CrSi_2 bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.

325 A akım şiddeti kullanılarak alaşımlandırılan numunelerde;

- 1- WC tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B7 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde W, Cr ve C elementleri tespit edilmiştir. B1 ve B4 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Mn_6Si ve WC bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.
- 2- Cr_3C_2 tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B8 numunesinde karbür mikroyapısı olan bir yapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, C elementleri tespit edilmiştir. B2 ve B5 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Cr_{23}C_6 , Fe_3C bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.

3- FeCrC tozu kullanılarak yüzey alaşımlaması gerçekleştirilen B6 numunesinde dendritik bir mikroyapı görülmüştür. Elementel analizde Cr, Fe ve C elementleri tespit edilmiştir. B3 ve B9 numunesiyle aynı tür Cr_7C_3 , C_3C_2 , Cr_{23}C_6 , Fe_3C ve CrSi_2 bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir.

Tozaltı kaynak yöntemiyle WC tozu kullanılarak yapılan yüzey alaşımlama işleminde, 275 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 502 HV, 300 A'de akım şiddetinde 515 HV ve 325 A akım şiddetinde 444 HV sertlik değerleri ölçülmüştür.

Tozaltı kaynak yöntemiyle Cr_3C_2 tozu kullanılarak yapılan yüzey alaşımlama işleminde, 275 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 385 HV, 300 A'de akım şiddetinde 496 HV ve 325 A akım şiddetinde 284 HV sertlik değerleri ölçülmüştür.

Tozaltı kaynak yöntemiyle FeCrC tozu kullanılarak yapılan yüzey alaşımlama işleminde, 275 A'de gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 452 HV, 300 A'de akım şiddetinde 512 HV ve 325 A akım şiddetinde 405 HV sertlik değerleri ölçülmüştür.

Tüm numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde (Şekil 3.24) WC tozu kullanılarak gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 0,0056 g değeriyle en düşük ağırlık kaybı ölçülmüştür.

Tüm numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde (Şekil 3.24) WC tozu kullanılarak gerçekleştirilen yüzey alaşımlama numunesinde 0,0184 g değeriyle en yüksek ağırlık kaybı ölçülmüştür.

Yapılan bu çalışmada kullanılan tozlar ve kullandığımız akım değerleriyle elde ettiğimiz sonuçlar ışığında, optimum akım değeri olarak 275 A, 300 A ve 325 A akım şiddetinin seçilebileceği ve aynı yöntemle TiC, B_4C , SiC ve Mo_2C gibi farklı karbür tozlarının da yüzey alaşımlama için denenebileceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Özel S, Sarsılmaz F, 2009. WC-Co-SiC Tozlarının TIG Yöntemi ile Yüzey Modifikasyonu, 1. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 11-13 Haziran 2009, Gazi Üniversitesi-Ankara, s: 927-932.
- [2] Dsewolt R, 1969. "Diffusion Coatings for the Protection of Iron and Steel" Anti Corrosion pp: 11-15.
- [3] Hocking MG, 1993. Coatings Resistant to Erosive/Corrosive and Severe Enviroments, Surface and Coating Technol, 62: 460-466.
- [4] Wang X, Zou H, Qu Y, Song S, 2005. Microstructure and Wear Peoperties of Fe-based Hardfacing Coating Reinforced by TiC particles, Journal of Materials Processing Technology, 168 (1): 89-94.
- [5] Külahlı E, 1988. Kaynak Bilimi, Qerlikon Yayını, Sayı 2.
- [6] Upadhyaya G, Westwood N, 1998. Cemented Tungsten Carbides Production, Properties, and Testing, Noyes Publications.
- [7] Fayomi OSI, Ayoola A, Popoola A, 2019. Anticorrosion properties and thin film composite deposition of Zn-SiC-Cr₃C₂ coatng on mild steel Defence Technology, 15: 106-110.
- [8] Panagopoulos C, Koutsomichalis A, Badekas H, 1993. Wear Behaviour of Alumina Plasma Sprayed Coating on an Al-Cu Alloy ,Materials Letters, 19-24.
- [9] Choudhary A, Kumar M, Unune DR, 2019. Experimental Investigation and Optimization of Weld Bead Characteristics During Submerged arc Welding of AISI 1023 Steel, Defence Technology, 15 (1): 72-82.
- [10] Purohit R, Rana RS, Verma CS, 2012. Fabrication Of Al-Sicp Composites Through Powder Metallurgy Process And Testing Of Properties, International Journal of Engineering Research and Applications, 420-437.
- [11] Song M, 2009. Effects Of Volume Fraction Of SiC Particles On Mechanical Of A Powder Metallurgy SiC/ Cu-Al Composite, Journal Of Materials Processing Technology, 197: 43-48.
- [12] Tavoosi M, Arjmand S, 2017. In Situ Formation of Al/Al₃Ti Composite Coating on Pure Ti Surface With TIG Coatiing Process, Surfaces and Interfaces 8: 1-7.
- [13] Kwok CT, 2012. Laser Surface Modification Of Alloys For Corrosion and Erosion Resistance. Woodhead Publishing in Materials, Cambridge, UK.
- [14] Steen WM, Mazumder J, 2010. Laser material processing Springer, USA.
- [15] Heat Treating , Ohio, 1998. ASM, Handbook, ASM International, Materials Park.

- [16] Toyserkani E, Khajepour A, Corbin S, 2005. Laser cladding, CRC pres, ABD 1-76.
- [17] Liu CY, Zhang YH, Wang HQ, 2011. Technical test in aliminium alloy using duality gas. Weld Tech 40: 18-21.
- [18] https://www.wikiwand.com/tr/TIG_Kaynağı (Erişim Tarihi: 27.01.2020)
- [19] S Adolfsson, A Bahrami, G Bolmsj, I Claesson, 1999. On-line quality monitoring in short-circuit gas metal arc welding, Weld.Res.Suppl, 59-73.
- [20] Kim YS, 1989. Metal Transfer in Gas Metal Arc Welding, Ph.D.Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- [21] <https://borsenboru.com/dogru-kaynak-yontemi> (Erişim Tarihi: 15.12.2019)
- [22] Parmar RS, 2010. Welding Process and Technology, 3rd ed, Khanna Publishers.
- [23] Tülbentçi K, 1990. Mig-Mag Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı, Gedik Holding Yayınevi.
- [24] Lukkari J, 2005. Orbital Tıg Welding, The Esab Welding and Cutting Journal, 60(1): 3-6
- [25] W3.bilecik.edu.tr/makine-en/wp-content/uploads/sites/119/2016/12kaynakteknigi-föy-notu (14.12.2019)
- [26] Yang LJ, Chandel RS, Bibby MJ, 1992. The effects of proses variables on the bead width of submerged-arc weld deposits, J.Mater.Process.Tech. 29: 133-144.
- [27] Mahapatra M, Datta GL, Pradhan B, Mandal NR , 2008. Modelling of angular distortion of double –pass butt-welwed plate, Proc.Inst.Mech.Eng.Part BJ.Eng.Manuf 222: 391-401.
- [28] Özel S, 2004. Cu,Sn,Zn,Al Bronz Alaşımı Yüzeyine Ferromangan Kaplamasının Aşınma Direncine Etkisinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

ÖZGEÇMİŞ

16.03.1992 tarihinde Diyarbakır’da doğdum. İlköğretimi Mustafa Kemal İlköğretim Okulu’nda, liseyi Ziya Gökalp Lisesi’nde tamamladım. 2016 yılında Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik – Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldum. 2016 yılında Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı Programı’nda yüksek lisansa başladım. Halen aynı bilim dalında yüksek lisans eğitimine devam etmekteyim.

Burcu AKIN

