



**GTA YÖNTEMİ ile KÜLTİVATÖR UÇ
DEMİRİNİN FeCrC, FeTi ve Ni TOZLARI
ile YÜZEY MODİFİKASYONU**

Kenan CAN

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

2020

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GTA YÖNTEMİ ile KÜLTİVATÖR UÇ
DEMİRİNİN FeCrC, FeTi ve Ni TOZLARI
ile YÜZEY MODİFİKASYONU

Kenan CAN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Kenan CAN



Bu tez NKÜBAP tarafından NKUBAP.06.YL.18.175 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ danışmanlığında, Kenan CAN tarafından hazırlanan “GTA YÖNTEMİ ile KÜLTİVATÖR UÇ DEMİRİNİN FeCrC, FeTi ve Ni TOZLARI ile YÜZEY MODİFİKASYONU” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 25.06.2020 tarihinde Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ

İmza:

Üye: Doç. Dr. Tanju TEKER

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
GTA YÖNTEMİ ile KÜLTİVATÖR UÇ
DEMİRİNİN FeCrC, FeTi ve Ni TOZLARI
ile YÜZEY MODİFİKASYONU

Kenan CAN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ

Toprak işleme aletlerinin abrazif aşınma direnci tarım sektörü için önemli bir yer tutmaktadır. Bunun nedeni topraktaki sert partiküllerin meydana getirdiği abrazif aşınmanın bu parçalarının ömrünü kısaltması olarak görülmektedir. Bu tez çalışmasında AISI 1040 malzeme kültivatör uç demirinin sertliğini ve aşınma direncini iyileştirmek için FeCrC, FeTi ve Ni tozları ile yüzey modifikasyonu işlemi yapılmıştır. Yüzey modifikasyonu işlemi için dışarıdan verilmesi gereken enerji girdisi için basitliği ve etkinliği nedeniyle Gaz Tungsten Ark (GTA) kaynak yöntemi seçilmiştir. Elde edilen numunelerin optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM), enerji yayımlı X ışını analizi (EDS) ve X-ışını kırınım (XRD) yöntemi ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Ayrıca mikrosertlik ölçümleri ve aşınma deneyleri ile birlikte mekanik testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan kaplama işlemlerinin sonucunda her üç kaplama türü için de sertlik değerlerinin matris malzemenin sertlik değerinden daha yüksek olduğu ve en yüksek sertlik değerinin 726,1 $HV_{0,2}$ sertlik değerindeki (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozlarının karışımı ile elde edilen numunede olduğu görülmüştür. Numunelerin kaplama tabakasında elde edilen sertlik artışının sonucu olarak aşınma dirençlerinin de arttığı belirlenmiştir. Abrasif aşınma testleri 5 N, 10 N ve 15 N'luk yükler altında 400 m, 800 m ve 1200 m'lik mesafelerde gerçekleştirilmiştir. Altlık malzemenin aşınma kaybının (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozlarının karışımı ile elde edilen kaplamaya göre 13 kata kadar fazla olduğu görülmüştür. Laboratuvar testlerinin ardından kültivatör uç demirlerine kaplama işlemi yapılmış ve tarla denemelerinde uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Abrasif aşınma, Yüzey modifikasyonu, GTA kaynak yöntemi, AISI 1040

ABSTRACT

MSc. Thesis
SURFACE MODIFICATION of CULTIVATOR SHOVEL
with FeCrC, FeTi and Ni POWDERS
by GTA METHOD

Kenan CAN

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. İbrahim Savaş DALMIŞ

Abrasive wear resistance of soil tillage tools is an important part of the agricultural sector. This is because abrasive wear caused by hard particles in the soil is seen to shorten the life of these parts. In this thesis, surface modification with FeCrC, FeTi and Ni powders have been carried out to improve the hardness and wear resistance of AISI 1040 material cultivator shovel. Due to its simplicity and efficiency, GTA welding method has been chosen for the energy input to be supplied externally for the surface modification process. The welding apparatus designed with PLC control is used for this process. Microstructure studies have been performed with optical microscope, scanning electron microscope (SEM), energy diffusion X-ray analysis (EDS) and X-ray diffraction (XRD). In addition, microhardness measurements and wear tests have been carried out. As a result of the coating processes, it has been observed that the hardness values for all three coating types is higher than the hardness value of the matrix material and the highest hardness value is in the sample obtained with a mixture of (wt. %) 70FeCrC + 30FeTi powders with a hardness value of 726.1 $HV_{0.2}$. As a result of the increase of hardness obtained in the coating layer of the samples, it has been observed that the wear resistance has also increased. Abrasive wear tests have been carried out under loads of 5 N, 10 N and 15 N at distances of 400 m, 800 m and 1200 m. The wear loss of the substrate material has been found to be up to 13 times higher than the coating obtained with the mixture of (wt. %) 70FeCrC + 30FeTi powders. After laboratory tests, cultivator shovels have been coated and field trials have been carried out.

Keywords: Abrasive wear, Surface modification, GTA welding, AISI 1040

2020, 73 Pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
TEŞEKKÜR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarım Sektörü ve Toprak İşleme	2
1.2. Tarımda İnsan Faktörü ve Makineleşme	2
1.3. Toprak İşlemenin Amacı	3
1.4. Tarımda Kullanılan Araç ve Gereçler	3
1.5. Kültivatörler	4
1.5.1. Kültivatör Uç Demirleri	5
1.6. Çelikler	6
1.6.1. Düşük Karbonlu Çelikler	6
1.6.2. Orta Karbonlu Çelikler	7
1.6.3. Yüksek Karbonlu Çelikler	7
1.6.4. Paslanmaz Çelikler	7
1.7. Aşınma	8
1.7.1. Abrasif Aşınma	9
1.7.2. Adhesif Aşınma	10
1.7.3. Yorulma Aşınması	10
1.7.4. Korozyon Aşınması	10
1.8. Aşınma Ölçüm Metotları	11
1.8.1. Ağırlık Kaybı Metodu	11
1.8.2. Kalınlık Farkı Metodu	11
1.8.3. İz Değişimi Metodu	11
1.8.4. Radyoizotop Metodu	11
1.9. Yüzey Modifikasyonu	12
1.9.1. GTA Yöntemi ile Kaplama	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler	21
3.2. Gaz Tungsten Ark (GTA) Yöntemiyle Yüzey Kaplama İşlemi	22
3.2.1. Yüzey Kaplama İşlemi İçin Numunelerin Hazırlanması	22

3.2.2. GTA Kaynak Makinesi.....	24
3.3. Mikroyapı İncelemeleri İçin Numunelerin Hazırlanması ve İncelenmesi	27
3.4. Mikrosertlik Ölçümleri.....	29
3.5. Abrasif Aşınma Testi.....	30
3.6. Kültivatör Uç Demirlerinin Kaplanması	31
3.7. 3 Boyutlu Tarama Analizleri	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Ön Denemeler Mikrosertlik Sonuçları	35
4.2. Mikrosertlik Sonuçları	36
4.3. Mikroyapı Görüntüleri	38
4.4. Abrasif Aşınma Test Sonuçları	49
4.5. Tarla Denemeleri Aşınma Kayıpları	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ	64

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi	21
Çizelge 3.2. FeCrC kimyasal kompozisyonu	21
Çizelge 3.3. FeTi kimyasal kompozisyonu	21
Çizelge 3.4. Kaplama tozu karışım oranları (% ağı.)	23
Çizelge 3.5. Seçilen numuneler ve kaplama tozu karışım oranları (% ağı.)	23
Çizelge 3.6. Kaplama işlem parametreleri	25
Çizelge 4.1. Ön denemeler sonucunda elde edilen mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)	36
Çizelge 4.2. N1 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)	37
Çizelge 4.3. N2 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)	37
Çizelge 4.4. N3 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)	37
Çizelge 4.5. N1 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları.....	44
Çizelge 4.6. N2 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları.....	46
Çizelge 4.7. N3 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları.....	48
Çizelge 4.8. N3 numunesi kaplama bölgesi noktasal EDS sonuçları	49
Çizelge 4.9. 5 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)	50
Çizelge 4.10. 10 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)	50
Çizelge 4.11. 15 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)	51
Çizelge 4.12. Tarla denemeleri sonrası aşınma kayıpları (g)	53

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Toprak işleme ve alet makineleri [10].....	4
Şekil 1.2. Kültivatör çeşitleri [11].....	5
Şekil 1.3. Kültivatör uç demirleri [11].....	6
Şekil 1.4. Aşınma Çeşitleri [16].....	8
Şekil 1.5. Yüzey modifikasyon yöntemlerinin sınıflandırılması [21].....	12
Şekil 1.6. GTA yönteminin şematik resmi [28].....	13
Şekil 3.1. Numunenin şematik resmi ve ölçüleri.....	24
Şekil 3.2. Ön denemelerde kaplama tozları yapıştırılan numuneler.....	24
Şekil 3.3. Lincoln Invertec® V205-T AC/DC kaynak makinesi.....	25
Şekil 3.4. GTA kaynak düzeneği.....	26
Şekil 3.5. Ön denemelerde GTA yöntemi ile kaplama yapılan numuneler.....	26
Şekil 3.6. GTA ile kaplama işlemi.....	27
Şekil 3.7. Optika B-500MET mikroskop.....	28
Şekil 3.8. Quanta FEG 250 marka SEM cihazı.....	29
Şekil 3.9. MICROBUL 1000-DN Micro Vickers sertlik ölçme cihazı.....	30
Şekil 3.10. Mikrosertlik ölçüm noktaları.....	30
Şekil 3.11. Aşınma testi cihazı.....	31
Şekil 3.12. Kültivatör uç demirlerinde meydana gelen aşınma.....	32
Şekil 3.13. Kaplama yapılan kültivatör uç demirleri (a) N1, (b) N2, (c) N3, (d) AISI 1040.....	32
Şekil 3.14. Tarla denemeleri yapılan alan.....	33
Şekil 3.15. Uç demirlerinin bağlandığı yaylı kültivatör.....	33
Şekil 3.16. GOM marka Atos Compact model 3D tarama cihazı.....	34
Şekil 4.1. Numunelerin mikrosertlik dağılımları.....	38
Şekil 4.2. GTA yöntemi ile kaplanmış numunelerin makro görüntüleri.....	39
Şekil 4.3. N1 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü.....	39
Şekil 4.4. N2 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü.....	40
Şekil 4.5. N3 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü.....	41
Şekil 4.6. N1 numunesine ait SEM görüntüsü.....	41
Şekil 4.7. N1 numunesine ait geçiş bölgesi SEM görüntüsü.....	42
Şekil 4.8. N1 numunesine ait EDS analizi alınan bölge.....	43
Şekil 4.9. N1 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği.....	43
Şekil 4.10. N1 numunesi XRD analiz sonuçları.....	44
Şekil 4.11. N2 numunesine ait SEM görüntüsü.....	45
Şekil 4.12. N2 numunesine ait EDS analizi alınan bölge.....	45
Şekil 4.13. N2 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği.....	46

Şekil 4.14. N2 numunesi XRD analiz sonuçları	46
Şekil 4.15. N3 numunesine ait geçiş bölgesi SEM görüntüsü	47
Şekil 4.16. N3 numunesine ait kaplama bölgesi SEM görüntüsü	47
Şekil 4.17. N3 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği.....	48
Şekil 4.18. N3 numunesine ait noktasal EDS analizi alınan bölge	48
Şekil 4.19. N3 numunesi XRD analiz sonuçları	49
Şekil 4.20. 5 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları.....	51
Şekil 4.21. 10 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları.....	52
Şekil 4.22. 15 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları.....	52
Şekil 4.23. Tarla denemeleri sonrası numune yüzeylerinin optik mikroskop görüntüsü.....	53
Şekil 4.24. Tarla denemeleri sonucu aşınan kültürator uç demiri	54
Şekil 4.25. Tarla denemeleri sonucu uç demirinde meydana gelen boyut değişimleri - genişlik.....	55
Şekil 4.26. Tarla denemeleri sonucu uç demirinde meydana gelen boyut değişimleri - kalınlık.....	55
Şekil 4.27. 3B tarama sonucu ara kesitler	56
Şekil 4.28. 3B tarama sonucu uç bölgelerdeki aşınmalar (N0-AISI 1040).....	57
Şekil 4.29. 3B tarama sonucu numune boylarındaki değişimler.....	57

SİMGELER ve KISALTMALAR

A	: Amper
AISI	: Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü - American Iron and Steel Institute
Al	: Alüminyum
C	: Karbon
cm	: Santimetre
CNC	: Bilgisayarlı Nümerik Kontrol - Computer Numerical Control
Cr	: Krom
dk	: Dakika
EDS	: Enerji Dağıtıcı X-ışını Spektroskopisi - Energy Dispersive Spectroscopy
Fe	: Demir
FeCl ₃	: Demir (III) Klorür
FeCrC	: Ferrokrom
FeTi	: Ferrotitanyum
gr	: Gram
GTA	: Gaz Tungsten Ark
HCl	: Hidroklorik Asit
HFIW	: Yüksek Frekans İndüksiyon Kaynağı - High Frequency Induction Welding
HV	: Vickers Sertliği - Hardness Vickers
HVOF	: Yüksek Hızda Oksi Yakıt Püskürtme - High Velocity Oxygen Fuel
km	: Kilometre
l	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
µm	: Mikrometre
MMAW	: Korumalı metal ark kaynağı - Manuel Metal Arc Welding
Mn	: Mangan
MPa	: Megapaskal
N	: Newton
Ni	: Nikel
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici - Programmable Logic Controller
S	: Kükürt
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu - Scanning Electron Microscopy
Si	: Silisyum
SiC	: Silisyum karbür
Ti	: Titanyum
TiC	: Titanyum karbür
TIG	: Tungsten Inert Gaz
V	: Volt
WRI	: Aşınma Direnci İndeksi - Wear Resistance Index
XRD	: X-Işını Kırınımı - X-Ray Diffraction

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında AISI 1040 çeliğinden üretilen kùltivatör uç demirlerinin yüzey modifikasyonu ile aşınma direncinin artırılıp üretimde kullanılabilirliğı araştırılmıştır.

Çalışma sürecimde her zaman destek veren, bilgi birikimini aktaran ve yol gösteren danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Savaş DALMIŞ'a, Prof. Dr. Serdar Osman YILMAZ'a, Dr. Öğr. Üyesi Kenan ÇINAR'a, tezimin değerlendirilmesine katkı sağlayan değerli jüri üyesi hocalarıma, Namık Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliğı Bölümü öğretim üyelerine en içten dileklerle teşekkür ederim.

Son olarak bugünlere gelmeme vesile olan aileme ve bana her zaman destek olan değerli eşime şükranlarımı sunarım.

Haziran 2020

Kenan CAN
Makine Mühendisi

1. GİRİŞ

Tarım endüstrisinde kullanılan toprak işleme aletlerinde yaşanan genel problem uç demirlerinde yaşanan aşınmalardır. Tarım aletleri uç demirlerinin aşınma dirençlerini arttırmak için malzeme mühendisleri ve araştırmacılar farklı yöntemler denemektedirler. Son yıllarda yaygın olarak tercih edilen yöntemler yüzey kaplama teknolojilerine yönelmiştir. Yürütülen bu araştırmada ikinci sınıf toprak işleme aletlerinden kültivatörler incelenmiştir. Kültivatörün seçilmesinde yaygın kullanıma sahip toprak işleme ekipmanlarından birisi olması etkili olmuştur.

Birçok tarımsal aletin devamlılığını sınırlayan başlıca sebep aşınmadır. Tarımsal toprak kesme aletlerinde meydana gelen aşınmanın diğer aşınma türlerinden farklı olarak kendine özgü bir karakteristiği vardır. Bunun nedeni olarak topraktaki nem, çeşitli toprak türleri ve tahmin edilemeyen durumlar görülmektedir [1].

Çelik malzemelerde sertliğin artması ile tokluk azalmaktadır. Yüzey modifikasyonu tok iç yapıyı koruyarak aşınma direncini arttırmak için araştırmacılar tarafından önerilen alternatif bir metottur. Genel olarak karbon çeliklerine aşınma direncini ve servis ömrünü iyileştirmek için sementasyon, nitrasyon, karbonitrürasyon, püskürtme, tane inceltme, fiziksel buharlı kaplama, kimyasal buharlı kaplama vb. yöntemler uygulanır. Alternatif bir metot olarak yüzey tabakasının kompozisyonunu başka metal elementleri ile modifiye ederek altlık malzemenin modifiye edilme işlemi görülmektedir. Bu işlem için elektron ışını, lazer ışını, plazma ark gibi çeşitli ısı kaynakları kullanılabilir [2].

Tüm malzemenin özelliklerini modifiye ederek değiştirmek yerine sadece yüzeyin tribolojik ve mekanik özellikleri iyileştirilebilmektedir. Malzeme yüzeyinin özelliklerinin değiştirilmesi işlemi GTA, plazma sprey, lazer kaplama, sürtünme karıştırma işlemi, anotlama vb. ile yapılabilmektedir [3].

Araştırmacılar ihtiyaç duydukları özellikleri elde edebilmek için yüzey özelliklerini iyileştirmede spesifik hedefli yüzey modifikasyonu olarak bilinen bir teknik önermişlerdir. Birçok araştırmacı fiziksel buharlı kaplama, kimyasal buharlı

kaplama, püskürtme ile kaplama, krom kaplama vb. gibi geleneksel kaplama teknikleri kullanmıştır. Yüzey modifikasyon / iyileştirme işlemi alaşımların mekanik ve tribolojik özelliklerini modifiye etmek için kullanılabilen ümit verici bir metot olarak gelişmektedir. Yüzey modifikasyon işlemi ısı kaynağı olarak lazer, elektron ışını ve GTA yöntemi kullanılarak yapılabilir. Geleneksel metotlara kıyasla yüzey modifikasyon işlemi kullanmanın faydası katılaşmadan sonra altlık malzeme ile birlikte bir bütün parçanın oluşmasıdır. Birçok araştırmacı yüzey modifikasyon işleminin hem demir hem de demir olmayan alaşımlar için mekanik ve yüzey özelliklerini geliştirdiğini benimsemişlerdir [4].

1.1. Tarım Sektörü ve Toprak İşleme

Toprak, insanoğlunun hayatını sürdürebilmesi için gezegenimizin olmazsa olmaz bir doğal kaynağıdır. Sahip olduğu faydalı özellikleri kaybetmemesi için oldukça hassas bir işlemden geçmesi gerekmektedir. Bu özellikleri arasında ürün verimi, fazla suyu tutma, içerdiği mineralleri kaybetmemesi, yapısının bozulmaması gibi örnekler verilebilir [5].

Ülkemizde tarım sektörünün ekonomideki payı oldukça yüksektir. Hızla büyüyen global dünyada üretimin verimli bir şekilde artırılması için gelişmiş tarım tekniklerinin kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Tarladan alınacak bir ürün için ilk aşama toprağın işlenmesi bölümüdür. Bu işlem ne kadar iyi olursa alınacak ürünün gelişimi ve kalitesi de o kadar iyi olabilmektedir [6].

1.2. Tarımda İnsan Faktörü ve Makineleşme

Toprağın ilk işlenilmeye başladığı zamanlar insan ve hayvan gücünden yararlanılmıştır. İlk zamanlarda insan oldukça fazla çaba göstermiş ve durum kişilerde yorgunluğa sebep olmakla birlikte zaman kaybına da neden olmuştur. Oldukça boşa giden bu zaman içerisinde daha sonra hayvanlar insanlar tarafından kullanılmaya başlanmış ve bu durumda daha sonraları maliyet gibi bir takım zorlukları olmuştur. Ancak insan gücü faktöründen hayvan gücü faktörüne geçilmesi tarımın gelişmesine oldukça fazla katkı sağlamıştır. İnsan gücünün etkin olduğu ilk zamanlarda toprak

ağaçtan yapılmış çatallarla işlenmiştir. Daha sonraları demire geçiş yapılmış ve toprağın bu sayede daha kolay işlenmesi sağlanmıştır. Önceden sadece tohumun ekileceği yerler işlenirken hayvan gücünün etkisi ile birlikte daha geniş alan sürülüp üretimin artması sağlanmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte çeşitli aletler üretilmiş ve toprağın işlenmesi işlemi insan ve hayvan gücünden makineleşmeye doğru ilerlemiştir. Makineleşme ile birlikte traktörler bu iş için vazgeçilemez bir araç olmuşturlardır. Traktör sayısı bir ülkenin tarımsal faaliyetlerinin ne kadar gelişmiş olduğunu gösteren faktörlerlerden birisidir [7].

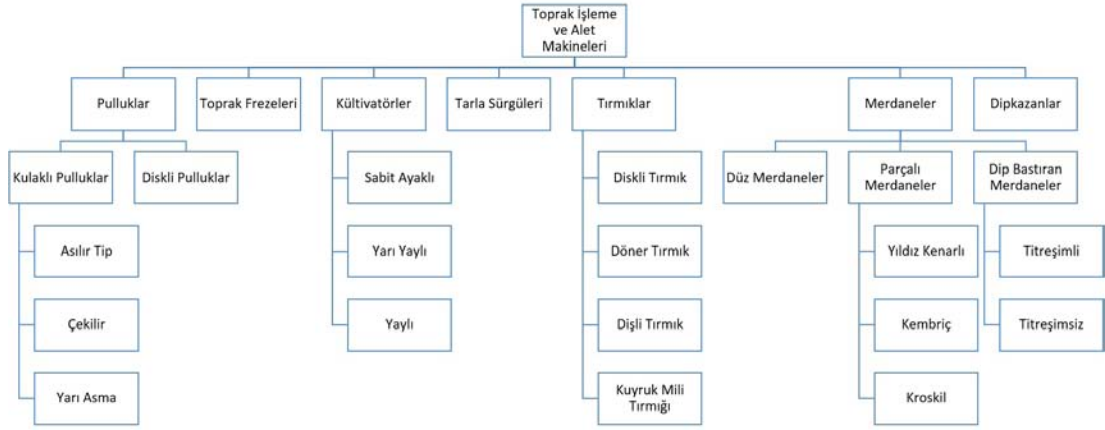
1.3. Toprak İşlemenin Amacı

Toprak işlemenin başlıca amacı, enerjiyi etkin bir şekilde kullanarak toprak için optimum koşulları oluşturmaktır. Böylece tarım uygulamalarında hem ekonomik yönden hem de fosil yakıt kaynakların ve çevrenin korunması adına fayda sağlanır. Tarım uygulamaları arasında toprak işleme en pahalı ve en çok enerji gerektiren kısımdır. Toprak işleme direkt olarak enerjinin % 55-65'lik kısmını tüketmektedir [8].

Toprak işleme, bir ürünün elde edilmesinde her zaman ayrılmaz bir parça olmuştur ve olmaya da devam edecektir. Toprak işlemenin bir ürünün elde edilmesine kadar tohum yatağının hazırlanması, tohumun yerleştirilmesi, suyun ve zararlı böceklerin yönetilmesinde birçok rolü bulunmaktadır. Toprak işleme ayrıca çevreyi etkileyen birçok biyofiziksel süreçte etkilemektedir. Rüzgar, su ve toprak erozyonu, filtreleme ve akış, pestisit emilimi ve bozunması, toprak karbon ayrılması bunlar arasındadır. Sonuç olarak toprak işleme su, toprak ve hava üzerinde dolaylı ve dolaysız etkiye sahiptir [9].

1.4. Tarımda Kullanılan Araç ve Gereçler

Toprak işlemede amaçlarına göre dört farklı yöntem kullanılmaktadır. Pulluklar toprağın şeritler halinde kesilip devrilmesi işleminde, tırmıklar ve kültivatörler pullukların aksine toprağın devrilmeden kabartılmasında, toprak frezeleri toprağın karıştırılmasında ve merdanelerde toprağın baskılanmasında kullanılmaktadır [10]. Toprak işleme alet ve makineleri genel olarak Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Toprak işleme ve alet makineleri [10]

Toprağı işleme derinliği ve kullanım sırasına göre toprak işleme aletleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

I.Sınıf toprak işleme aletleri: Toprağın işlenmesinde 25 cm ve daha altında çalışan, toprağı kesip parçalayan, toprakta bulunan çeşitli maddeleri işlediği toprakla birlikte karıştıran aletlerdir. Bu kategoride pulluklar, çizeler ve dip kazanlar bulunmaktadır.

II.Sınıf toprak işleme aletleri: Birinci sınıf toprak işleme aletlerinden sonra gelen bu sınıftaki aletlerin amacı ekim için uygun tohum yatağının hazırlanmasını sağlamaktır. Bu gruba örnek olarak kültivatörler, toprak frezeleri, merdaneler, sürgüler gösterilebilir [10].

1.5. Kültivatörler

Kültivatörlerin toprağı havalandırmak, keserek kabartmak, içinde bulunan istenmeyen otları kökleyip yüzeyine çıkarmak gibi görevleri vardır. Kültivatörler, toprağın üzerine atılan tohumların ve gübrelerin toprak ile karıştırılmasında kullanılabilir. Ayrıca ağır olan tipleriyle anız bozma işlemleri de yapılırlar. Patates, pancar gibi bitkilerin hasat edilmesinden sonra pullukla işleme gerek olmadan kültivatörlerin kullanılması toprağın daha az işlenerek bozulmasını engellemektedir [11].

Kültivatörler toprak işlemede yaygın bir şekilde kullanılırlar. Bunun sebebi karmaşık olmamaları, kullanımlarının oldukça basit olması ve maliyetlerinin de düşük olması gösterilebilir. Kültivatörlerin yapılacak olan işin genişliği ve derinliğine göre ağır ve hafif tip gibi çeşitleri bulunmaktadır [11]. Şekil 1.2’de yaylı kültivatörler gösterilmiştir.



a. Tiller (Ağır Tip) Kültivatör



b. S Ayak Kültivatör (Hafif Tip)



c. Ara Çapa Kültivatörü



d. Sıvı Gübre Kültivatörü

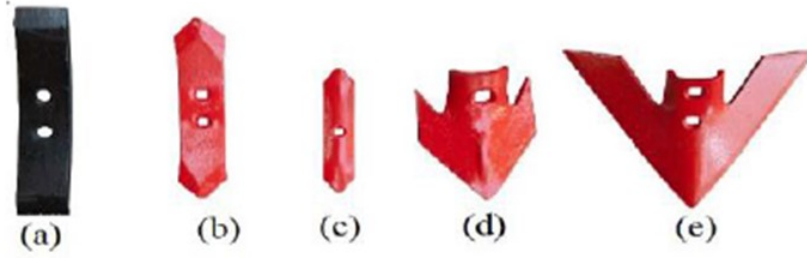
Şekil 1.2. Kültivatör çeşitleri [11]

1.5.1. Kültivatör Uç Demirleri

Uç demirleri toprak işleme aletleri arasında oldukça yüksek öneme sahip olan parçalardır. Makine elemanları üzerinde meydana gelebilecek gerilmelerin çoğunu kullanım sırasında üzerlerinde taşımaktadırlar. Çeki, bası, eğilme, kesme, burulma gibi gerilmelerin yanı sıra darbe gibi yüklemelere karşı dayanıklı olmak zorundadırlar. Ayrıca toprak içinde meydana gelen aşırı sürtünmeden dolayı yüksek derecede aşınma direnci bu aletlerden istenen olmazsa olmaz özelliklerdir. Uç demirlerinin görevlerini eksiksiz bir şekilde yerine getirmesi için uygun malzeme seçimi yapılmalıdır [12].

Çeşitli amaçlarına göre uç demirleri üretilmektedir. Şekil 1.3 a-e’de sırasıyla dar, kesici uç, sivri uç, lama ucu ve kaz ayağı gibi örnekleri gösterilmiştir. Dar uç

demirleri toprağı parçalamayı, ufalamayı, havalandırmayı sağlarken kesme genişlikleri yaklaşık olarak 55 mm'dir. Kaz ayağı şeklindeki uç demirleri ise A harfine benzemektedir. Bunlar toprağı kabartmakta ve bitki köklerinin iyi bir şekilde kaldırılmasını sağlamaktadır [11].



Şekil 1.3. Kültivatör uç demirleri [11]

1.6. Çelikler

Çelikler esas itibariyle demir-karbon alaşımları olup bileşimlerinde diğer bazı alaşım elementleri de bulunabilmektedir. Farklı bileşim ve ısıl işlem uygulamalarına göre birçok çelik türü vardır. Düşük karbonlu, orta karbonlu ve yüksek karbonlu çelikler olarak alt gruplara ayrılan çelikler yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca içerdikleri alaşım elementleri miktarına göre de sınıflandırılmışlardır. Bunlar arasında sadece karbon ve az miktarda manganez içeren basit karbonlu çelikler ve özellikle diğer alaşım elementlerinin belirli bir miktarda ilave edilmiş olmasıyla elde edilen alaşımli çelikler bulunmaktadır [13].

1.6.1. Düşük Karbonlu Çelikler

Çelik türleri arasında en çok üretilen ve yaygın bir kullanım alanına sahip olan çeliklerdir. Bu çeliklerin karbon oranı genellikle ağırlıkça %0,25'den daha azdır. Isıl işleme duyarsızdırlar ve dayanımları daha çok soğuk şekillendirme ile arttırılabilmektedir. Mikroyapıları ferrit ve perlit fazlarından oluşmaktadır. Maliyetleri düşüktür, talaşlı imalat ve kaynaklı birleştirmeye uygundur. Akma dayanımı genellikle 275 MPa, çekme dayanımları ise 415-550 MPa aralığında olan bu çeliklerin kopma uzaması %25 değerlerindedir [13].

Bileşimlerinde ağırlıkça toplam en fazla %1 bakır, vanadyum, nikel ve molibden gibi alaşım elementleri içeren yüksek dayanımlı düşük alaşım (YDDA) çelikler düşük alaşım çeliklerin bir diğer grubunu oluşturmaktadır. Bu çeliklerin düşük karbonlu çeliklere kıyasla dayanımları daha yüksektir. Isıl işlem ile sertliğe elverişli olan bu çeliklerin çekme dayanımları 480 MPa'nın üstünde olabilir. Süneklikleri yüksek olan bu çeliklerin işlenebilirliği ve şekillendirilebilirliği kolaydır [13].

1.6.2. Orta Karbonlu Çelikler

Karbon oranı ağırlıkça %0,25 ile %0,6 arasında olan çeliklerdir. Bu çeliklerin mekanik özellikleri ısıl işlem uygulamaları ile iyileştirilebilir. Genellikle iç yapısı temperlenmiş martenzit şeklinde kullanılmaktadırlar. Düşük sertleşme kabiliyetlerinden dolayı, ince kesitli parçalar yüksek soğutma hızlarında sertleştirilebilirler. Islah etme ısıl işlemine tabi tutulan bu çelikler düşük karbonlu çeliklere göre dayanımları yüksek olmasına rağmen, süneklik ve toklukları daha düşüktür [13].

1.6.3. Yüksek Karbonlu Çelikler

Karbon oranı ağırlıkça %0,6 ile %1,4 arasında olan çeliklerdir. Bu çelikler karbon çelikleri arasında sertlik ve dayanım bakımından en yüksek, süneklik bakımından en düşük değere sahiptir. Su verme ve temperleme ısıl işlemi görmüş halde kullanılan bu çelikler aşınma direncinin yüksek olması istenen çalışma şartlarında kullanılabilir. Soğuk iş takım ve kalıp çeliklerinde krom, vanadyum, molibden, tungsten gibi bazı alaşım elementlerinin bulunması ve bu elementlerin karbon ile sert $Cr_{23}C_6$, V_4C_3 , WC gibi karbür bileşiklerini oluşturmasıyla aşınmaya karşı dirençli bir yapı elde edilmektedir [13].

1.6.4. Paslanmaz Çelikler

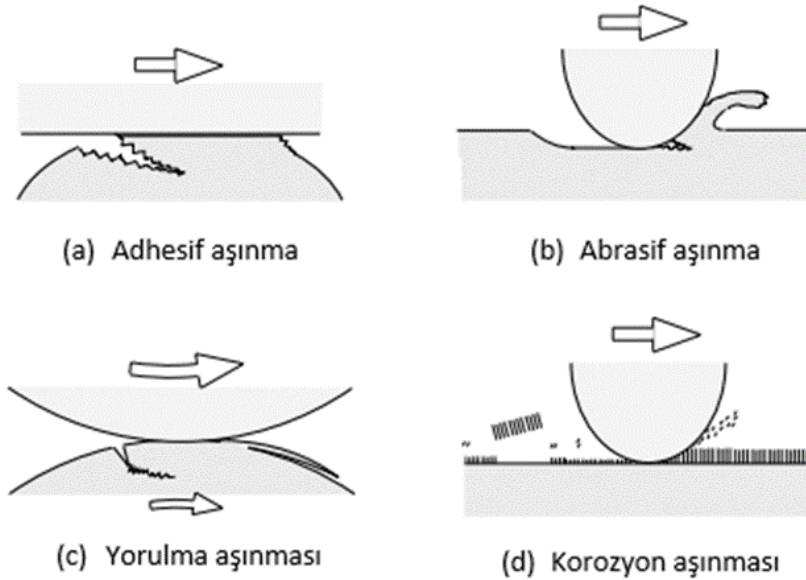
Alaşım çelikler grubuna giren paslanmaz çelikler çeşitli ortamlarda, özellikle atmosfer ortamında korozyon ve paslanmaya karşı direnç gösteren çelik grubudur. Korozyona karşı direnç göstermesini sağlayan en önemli alaşım elementi kromdur. Kromun paslanmaz çeliklerde ağırlıkça en az %11 bulunması gereklidir. Ayrıca nikel

ve molibden eklenmesiyle korozyon direnci arttırılabilmektedir. Martenzitik, ferritik ve ostenitik gibi türleri bulunmaktadır [13].

1.7. Aşınma

DIN 50 320'ye göre veya diğer terminoloji standartlarında aşınma, temas halindeki iki yüzeyin birbiri üzerinden yuvarlanma veya kayma durumunda yüzeylerde meydana gelen sürekli bir malzeme kaybı olarak tanımlanmaktadır. Temel malzeme kaybı ve aşınma mekanizmalarına göre farklı tip aşınma durumları söz konusudur. Aşınma mekanizmalarına göre adhezif aşınma, abrasif aşınma, yorulma aşınması ve tribokimyasal reaksiyonlardan kaynaklanan aşınmalar olarak ayrılabilirler. Ayrıca aynı anda temas yüzeyleri üzerinde bir veya birden çok aşınma mekanizması meydana gelebilmektedir [14].

Aşınma, malzemelerin yüzeylerinde mekanik etkilerin neden olduğu, aynı zamanda kimyasal etkilerle de gerçekleşebilen ve toprak altında çalışan aletlerin abrasif aşınma nedeniyle yüzeylerinden küçük taneciklerin kopmasıyla arzu edilmeyen bir yüzey değişikliğinin meydana gelmesi sonucu oluşan malzeme kaybı olarak tanımlanmaktadır [15]. Şekil 1.4'de yaygın görülen aşınma türleri gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Aşınma Çeşitleri [16]

Aşınma parçaların ömrünü, ölçülerini ve sonuç olarak üretilen parçaların kalitesini etkilemektedir. Devamlı olarak değiştirilmesi ve tamir edilmesi gereken birçok parçada ve bileşende aşınmanın önemi yüksektir. Oldukça karmaşık bir sistem olan aşınma genellikle dört ana unsur üzerinden incelenmektedir. Bunlar; abrazif aşınma, adhesif aşınma, yorulma aşınması, korozif aşınmadır [17].

1.7.1. Abrasif Aşınma

Abrazif aşınma mühendislik endüstrisinde karşılaşılan en yaygın mekanik hasarlardan birisidir ve uzun zamandır incelenmektedir. 1950'lerde ve 1960'ların başlarında abrazif aşınma üzerine birçok deneysel çalışma yapılmıştır [18]. Abrazif aşınmanın meydana gelmesi için birbirlerine temas eden ve bağlı hareket eden iki cismin yüzey sertlikleri ve yüzey işleme kalitelerinin farklı olması gerekmektedir [15]. Çizilme aşınması olarak da bilinen abrasif aşınma ortamdaki yabancı sert parçacıkların birbirlerine göre bağlı hareket yapan iki cismin temas yüzeyleri arasına girmesi ile meydana gelmektedir. Abrasif aşınmaya maruz kalan elemanlarda çizilme ve kesikler şeklinde hasar meydana gelmektedir.

Yıllardır makine imalat ürünleri bina, madencilik, acil kurtarma vb. gibi sayısız alanda geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak zorlu çalışma koşullarında çalışan parçalar kısa zaman içinde aşınmadan dolayı hızlı bir şekilde hasara uğrayabilmektedirler [19].

Tarım sektöründe abrazif aşınma toprak altında çalışan aletlerin zamansız mekanik hasarının en önemli sebebidir. Çiftçiler, toprak işleme aletlerinin aşınmasından dolayı değiştirme masrafları, zaman kaybı, iş gücü kaybı gibi durumlardan şikayet etmektedirler. Aşınan bu aletler toprağın işlenmesinde etkilerini kaybetmektedirler ve bu da yüksek bakım ve yakıt masraflarına neden olmaktadır. Toprak işleme aletlerinin kalitesi yüzey pürüzlülüğü ve sertlik gibi yüzey özelliklerine bağlıdır. Bu tarımsal aletler yüksek abrazif durumlar altında çalışır ve toprak yatağının hazırlanması sırasında büyük taşlara denk gelebildiklerinden dolayı yüksek darbe yüklerine de maruz kalmaktadırlar. Bu yüzden bu aletler yüksek darbe yüklerine ve abrazif aşınmaya karşı koyabilen malzemelerden üretilmelidirler. Bu aletlerin

üretimi için düşük alaşımlı çelikler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak böyle uygulamalar için hiçbir özel kompozisyon tavsiye edilmemiştir [20].

1.7.2. Adhesif Aşınma

Adhesif aşınma birbirine temas eden cisimlerin bağıl hareketleri sonucu meydana gelen kayma gerilmelerinin sonucu olarak yüzeylerinden malzeme kaybetmesi olarak tanımlanabilir [15]. İki metal yüzey birbirleriyle temas haline geldiklerinde başlangıçta pürüzlü noktalarda temas etmektedirler. Sürtünme ve aşınma bu noktalardan başlamaktadır. Bir bası yükü uygulandığında bu pürüzlü noktalar plastik olarak deformasyona uğrar ve sonuç olarak oluşan yüksek basınçtan dolayı birbirine kaynaklanır. Kayma devam ettikçe bu bağlar kırılır, bir yüzeyde çukurlar diğer yüzeyde de girintiler oluşmaktadır [21].

1.7.3. Yorulma Aşınması

Yüksek lokal gerilmelerin eşlik ettiği pürüzlülükler arasındaki temaslar, kayma veya yuvarlanma sırasında çok sayıda tekrarlanmaktadır. Tekrarlı yüklemelerin devam etmesi ile malzeme içerisindeki çatlaklar birbirlerine bağlanarak ayrılmalara ve aşınma parçacıklarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu tür aşınma yorulma aşınması olarak adlandırılmaktadır [22].

1.7.4. Korozyon Aşınması

Korozyon aşınması oksidasyon veya kimyasal aşınma olarak da bilinmektedir. Bu tür aşınmaya yüzey ve çevre arasındaki kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar neden olmaktadır. Yüzeydeki ince korozif ürünler korozyon aşınmasında aşınma parçacıklarını oluşturmaktadır. Korozif katman kayma veya abrasif etki ile yok edildiğinde başka bir katman oluşmaya başlar ve bu işlemlerin tekrarı korozif katman oluşumu işlemini sürekli hale getirmektedir. Aşındırıcı ortamlar arasında su, deniz suyu, oksijen, asitler, kimyasallar ve atmosferik hidrojen sülfür ve kükürt dioksit bulunmaktadır [23].

1.8. Aşınma Ölçüm Metotları

1.8.1. Ağırlık Kaybı Metodu

Ekonomik olmasından dolayı en çok kullanılan yöntemdir. Aşınma testinden önce ve sonra numunenin ağırlıklarının ölçümlerine ve arasındaki farka dayanmaktadır. Ölçümler 1/1000 veya 1/10000 gr hassasiyetindeki terazilerde yapılır. Gram veya miligram cinsinden ifade edilen aşınma miktarının numunenin sürtünme yoluna (metre veya kilometre) oranına (g/km),(mg/km) göre ifade edilebilir. Birim alanda bu değer (g/cm²) olarak gösterilir [24].

1.8.2. Kalınlık Farkı Metodu

Aşınmadan önceki ve sonraki boyut değişikliklerinin karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Hacimsel kayıp ve birim hacimdeki aşınma miktarı kalınlık farkından elde edilen değerden hesaplanmaktadır. Kalınlık farkı metodu kullanım zorluğundan dolayı çok tercih edilmemektedir [25].

1.8.3. İz Değişimi Metodu

Bu yöntemde aşındırılacak malzemenin üzerinde plastik deformasyon ile geometrisi belli olan daha çok Brinell veya Vickers sertlik ölçüm yöntemleriyle elde edilen iz geometrileri oluşturulur. Aşınma sonucunda deneyde izin karakteristik bir boyutunun (çapının) ilk duruma göre değişimi ölçülmektedir [25].

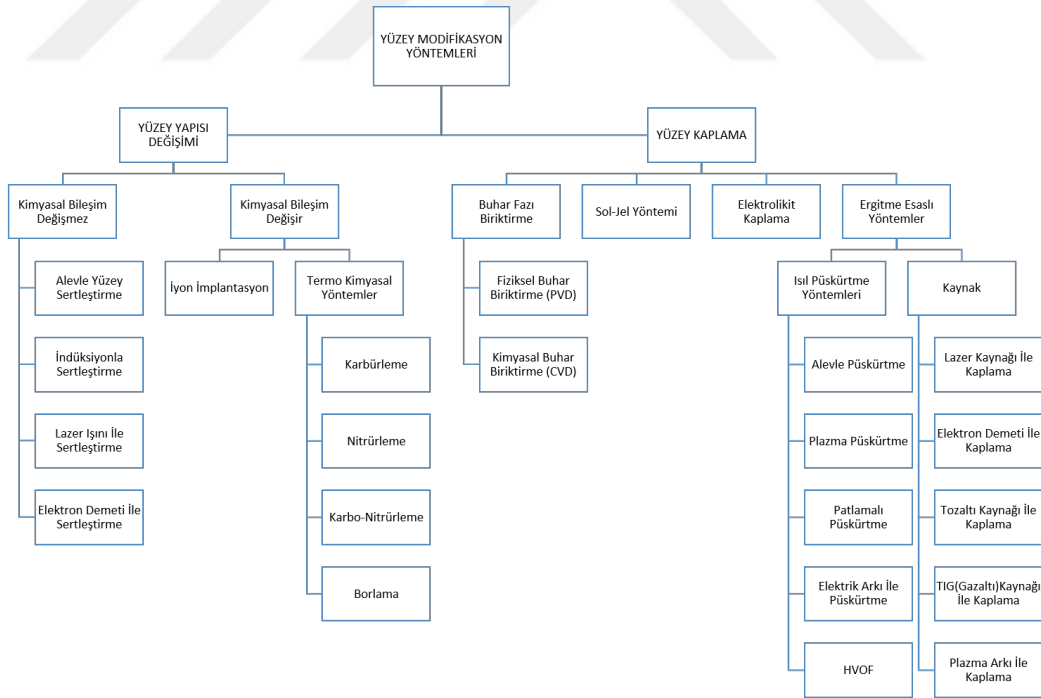
1.8.4. Radyoizotop Metodu

Proton,nötron ve yüklü a- parçacıklarıyla bombardımana uğrayan sürtünme yüzeyi bölgesinin radyoaktif hale getirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde aşınmanın yüksek bir hassasiyetle ölçülebilmesine karşın uygulanmasının pahalı olması sebebiyle kullanım alanı yaygın değildir [25].

1.9. Yüzey Modifikasyonu

Bir malzemenin yüzeyi daha iyi bir kullanım ömrü için aşınmaya ve korozyona karşı direnç, sertlik gibi geliştirilmiş yüzey özelliklerinin eşsiz bir kombinasyonunu gerektirmektedir. Malzemelerin bu özellikleri yüzey modifikasyon tekniği ile geliştirilebilmektedir [26].

Yüzey modifikasyonu ya da yüzey kaplama işlemi, malzemelerin dış yüzeylerinde çalışma ortamlarındaki olumsuz etkilere karşı direnç oluşturmak amacıyla fiziksel ve kimyasal değişimin uygulanması işlemidir. Kaplama işlemi malzemelerde mukavemet, sertlik, aşınma ve korozyona karşı direnç gibi üstün özellikler sağlamaktadır. Yapılacak olan kaplama amacına, malzemenin cinsine, kaplama kalınlığının ölçüsüne, uygulanan yöntemin maliyetine ve uygulanış kolaylıklarına göre ayrılabilir [21]. Kaplama türleri ana hatlarıyla birlikte Şekil 1.5'de detaylı olarak verilmiştir.



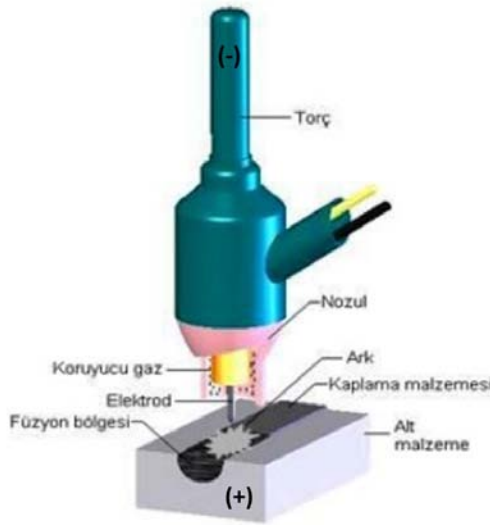
Şekil 1.5. Yüzey modifikasyon yöntemlerinin sınıflandırılması [21]

1.9.1. GTA Yöntemi ile Kaplama

Tungsten Inert Gaz (TIG) ya da Gaz Tungsten Ark yöntemi ekonomik ve kaynak parametrelerinin kolay bir şekilde ayarlanabilmesinden dolayı düşük ısı girdili sert yüzey kaplamaları yapılabilen bir işlemdir [27]. GTA kaynak yöntemi kullanılarak yapılan yüzey modifikasyonunda, altlık malzeme üzerine yapıştırılan tozların ergimeyen tungsten elektrot ile kaynak bölgesine aktarılan enerji sayesinde ana malzemeye nüfuziyeti sağlanmaktadır [28].

Kaynak işleminde proses, ergimeyen bir elektrot (yaklaşık 3370°C'lik erime sıcaklığına sahip saf veya alaşımlı tungsten) ve iş parçası arasında meydana gelen elektrik arkına dayanmaktadır. İşlem sırasında bir inert gaz (genellikle argon) kaynak havuzunu koruma görevi yapmaktadır [29]

Kaynak esnasında elektrottan iş parçasına doğru devamlı bir elektron akışı olmaktadır. Elektrodun negatif kutba bağlanması ısı konsantrasyonunun büyük bir çoğunluğunun iş parçası üzerinde (anot) oluşmasını sağladığı için bu durum elektrot için uygun olan bir bağlantı şeklidir. Alüminyum ve magnezyum hariç çoğu malzeme bu kutup şeklinde kaynak edilir. Şekil 1.6'da GTA yönteminin şematik resmi verilmiştir [29].



Şekil 1.6. GTA yönteminin şematik resmi [28]

Bu tez çalışmasında tarım endüstrisinde çok kullanılan aletlerden biri olan kültivatör uç demirinin aşınma özelliklerinin geliştirilebilmesi için GTA yöntemi ile yüzeyinin kaplanabilirliği incelenmiştir. AISI 1040 çeliğinden imal edilmiş kültivatör uç demirlerinin laboratuvar ortamında deneyleri yapılmış ve deneysel çalışmalar neticesinde mikro yapı, mikro sertlik ve aşınma sonuçları irdelenmiştir. Son olarak kültivatör uç demirlerine kaplama işlemi yapılmış ve tarla denemelerinde kaplama yapılmamış numuneye göre aşınma miktarları karşılaştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Farklı makine elemanlarının ve malzemelerin aşınma dayanımlarını arttırmak için literatürde yer almış bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Yılmaz [30], düşük alaşımlı AISI 1018 çeliğinin yüzeyini (GTA) yöntemiyle FeCr, FeCrC ve WC - FeCrC alaşım tozları kullanarak kaplamıştır. Kaplı yüzeylerin aşınma ve sürtünme davranışını kuru sürtünme koşulları altında pin-on-disk makinesinde WC-Co kaydırıcıya karşı test etmiştir. Bu yöntemle aşınma miktarı üzerinde kayma hızının etkisi belirlenmiştir. Çalışmada kaplama yapılmayan numuneye kıyasla kaplama yapılmış numunelerin ağırlık kayıplarının azaldığı görülmüştür. Yaptığı testlerin sonucunda AISI 1018 çeliğinin aşınma direncinin GTA yöntemiyle geliştirilebileceğini, WC tozlarının eklenmesinin karbür boyutlarını ve ağırlık kayıplarını azalttığını belirtmiştir. Sonuç olarak yüksek kromlu ferrokrom tozlarının yüksek hızlı uygulamalar için düşük karbonlu bir çeliğin yüzeyini WC partikül karışımıyla güçlendirmede kullanılabileceğini göstermiştir.

Iwaszko [31], yüzeyler üzerine plasma püskürtme yöntemi ile $Al_2O_3 + \%13 Ti_3O_2$ kaplamış, daha sonra GTA yöntemi ve lazer ergitme yöntemini kullanarak bir yüzey modifikasyonu oluşturmuştur. Kaplamaların aşınma davranışları incelenmiş, elde edilen sonuçlara göre GTA yöntemi ve lazer ile yüzey modifikasyonu yöntemi arasında çok bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ve GTA yönteminin lazer yönteminin yerini alabileceği belirtilmiştir.

Selvi ve ark. [32], çalışmalarında subap yuvası halkasının sertliğini arttırmak için üç farklı elektrot ile manuel metal ark kaynağı (MMAW) yapmışlardır. Çalışmalarında odak noktaları karbonun ve kromun aşınma, sertleşebilirlik, korozyon hızı, mikroyapı vb. üzerindeki etkileri olmuştur. Bileşen büyüklüğünün nispeten küçük olması, işlemin tüm pozisyonlarda uygulanabilmesi ve ekonomik olması nedeniyle MMAW metodunu bu çalışma için uygun bulmuşlardır. Sonuçlarında Cr oranının artmasıyla kaynak kaplamalarının aşınma direncinin arttığını belirtmişlerdir. Bunun nedeni olarak tane sınırlarında krom karbürlerin oluşması ile sertliğin artmasını görmüşlerdir.

Horvat ve ark. [33], normal kulaklı pulluk demirleri ile korumalı metal ark kaynağı (SMAW) ve yüksek frekans indüksiyon kaynağı (HFIW) ile sertleştirilen EN10027 ve EN 50Mn7 malzemedan yapılan iki pulluk demirinin aşınma davranışlarını karşılaştırmışlardır. Aşınma oranlarını numunelerdeki ölçü değişimlerine ve ağırlık kayıplarına göre belirlemişlerdir. Kaplama yapılmış numunelerin normal numunelere göre ölçülerindeki değişim önemli ölçüde azalmıştır. Aşınma kaybının azalması ile yakıt tüketiminin azaldığını ve daha yüksek iş akışı sağlandığını da belirtmişlerdir.

Liu ve ark. [34], GTA yöntemi ile düşük karbonlu çelik üzerine (Q235) Cr_3C_2 modifiye etmişler ve mikro yapılarını incelemişlerdir. Karbürlerin yüzey metal matriks kompozitinde daha çok erimemiş Cr_3C_2 şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Çözünmemiş krom ve karbonun M_7C_3 (M=Cr, Fe, W) karbürleri şeklinde kristalize olduğu görülmüştür. Sonuç olarak Q235 çeliğinin aşınma direnci önemli bir şekilde iyileşmiştir. Ayrıca matriksteki yüksek krom, nikel ve Cr_3C_2 içeriğinden dolayı iyi bir korozyon direnci de beklenebileceği belirtilmiştir.

Erdoğan ve ark. [35], yaptıkları çalışmada ısı kaynağı olarak TIG yöntemini kullanmış ve bu yöntem ile lamel grafitli dökme demir malzemenin yüzeyine $MoSi_2$ tabakasının kaplamış ve daha sonra kaplanan yüzeyin içyapısındaki değişiklikleri ve sertlik değişimlerini incelemişlerdir. Yöntemde lamel grafitli dökme demir malzemelerin yüzeyine kanal açılmış ve buralara $MoSi_2$ tozu yapıştırılmıştır. Yüzeydeki toz TIG yöntemi ile ergitilmiştir. Daha sonra yüzeyde oluşan kaplamanın mikro yapısı ve mikro sertlik değerleri incelenmiştir. Yüzey kaplaması yapılan bölgelerde sertlik değerlerinde önemli artış görülmüştür. Sertlik artışına, uygulanan tekniğin sonucu bölgesel olarak artan aşırı soğuma miktarına bağlı sementitlerin oluşması, molibdenin kritik soğuma hızlarını azaltması ile sertleşebilirliği iyileştirmesi ve kaplanan yüzeydeki molibden ve grafitlerin varlığının sonucu olarak molibden karbür tipi bileşiklerin neden olabileceği sonucuna varmışlardır.

Kang ve ark. [1], çalışmalarında döner toprak işleme makinesi bıçaklarının çalışma ömrünü arttırmak için termal sprey kaplama yöntemi kullanmışlardır. Yüksek dayanımlı çelik malzemedan imal edilmiş olan (EN-14B) döner bıçakların yüzeyini Stellite-21, WC, Co, Cr ve Cr_3C_2 – NiCr tozları ile kaplamışlardır. Kaplamaların

aşınma davranışlarını ASTM G-99 standardına göre kuru koşullar altında ortam sıcaklığında pin-on-disk yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Aşınan yüzeyleri analiz etmek için SEM/EDX ve XRD tekniklerini kullanmışlardır. Sonuçlarında kaplama yapılmış tüm malzemelerin aşınma direncinin kaplama yapılmamış duruma göre önemli derecede arttığı görülmüştür. Uyguladıkları üç farklı kaplama malzemesi arasında en uygun olanın WC, Co, Cr kaplaması olduğunu ve muhtemelen bununda daha yüksek kırılma dayanımına sahip olan WC tanelerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Kaplamaların aşınma dirençlerinin sırasıyla WC, Co, Cr > Cr₃C₂ – NiCr > Stellite-21 şeklinde olduğunu göstermişlerdir.

Kang ve ark. [36], çalışmalarında yüksek dayanımlı çelikten imal edilmiş olan (EN-14B) döner toprak işleme makinesi bıçaklarının 4 mm çapındaki 5HCr, 7,5 HCr, 8 HCr ve 12HCr elektrotlarını kullanarak GTA yöntemi ile yüzey modifikasyonunu yapmışlardır. Numunelere laboratuvarında ASTM G99-95 standardına göre pin-on-disk aşınma testi uygulamışlardır. Ayrıca gerçek arazi koşullarındaki durumu da incelemişler ve meydana gelen aşınmaları ağırlık kaybına göre karşılaştırmışlardır. Sonuçlarında kaplama ile sertleştirilmiş malzemelerin sertleştirme yapılmamış ilk durumuna göre abrazif aşınma dirençlerindeki artışa dikkat çekmişlerdir. Minimum aşınma oranının 12HCr kaplama yapılmış malzeme olduğu ve bununda sert krom karbürlerin varlığından kaynaklandığını belirtmişlerdir. 5 HCr elektrotla yapılan kaplamanın kaplama yapılmamış malzemeye göre önemli bir değişiklik meydana getirmediği görülmüştür. Kaplama yapılmamış ve 5 HCr elektrot ile kaplama yapılmış malzeme kazıma tip abrazif aşınma mekanizmasının etkin olduğunu göstermişlerdir. 12 HCr elektrot ile kaplanmış malzeme ise bu aşınma şekline göre ziyade yüksek sertlik nedeniyle mikro kesme mekanizmasının etkin olduğunu belirtmişlerdir. 12 HCr, 8 HCr, 7,5 HCr ve 5 HCr elektrot ile kaplama yapılmış bıçakların WRI indeksleri 2,5; 1,7; 1,6 ve 1,4 olarak bulunmuştur. Burada yüksek değerin daha iyi olduğu vurgulanmıştır. 12 HCr elektrot ile yapılan kaplamanın daha uygun olduğunu ve bıçakların çalışma ömrünün uzaması için daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir.

Ghadami ve ark. [37], yaptıkları çalışmada yumuşak çeliklere hava plazma püskürtme yöntemiyle WC, Co kaplamış ve bu yüzeylere daha sonra TIG yöntemiyle yüzey ertirme yöntemi uygulamışlardır. Püskürtme yöntemi ve bu yöntemin

üzerine ergitme yöntemi uygulanmış numuneler karşılaştırılmıştır. Mikroyapı, faz değişiklikleri, mikro sertlik ve aşınma özellikleri karşılaştırılmıştır.

Kang ve ark. [20], dört farklı yüzey sertleştirme elektrodu kullanarak EN45A çeliğinden imal edilen kültivatör uç demirlerinin aşınma direncini iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Kaplama yapılmış ve yapılmamış uç demirlerinin aşınma testleri tarlada ve laboratuvarında yürütülmüş, aşınma karakteristiklerini ve aşınma üzerinde yüzey sertleştirme alaşımlarının etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında 4 mm çapında 3HCr, 8HCr, 10HCr, 18HCr elektrodu kullanmışlar, gerekli kaplama kalınlığını 2 veya 3 kaynak pasosundan sonra elde etmişlerdir. Malzemelere laboratuvarında pin-on-disk aşınma testleri uygulanmış ve mikrosertlik ölçümleri yapılmıştır. Yüzey sertleştirme yapılmamış uç demirlerine göre yapılmış haldeki uç demirlerinin aşınma miktarının çok daha az olduğu görülmüştür. 18HCr yüzey sertleştirme alaşımının en iyi sonucu verdiği gösterilmiştir. Bunun sebebi olarak da daha yüksek Cr içeriğinin sert krom karbürler oluşturması gösterilmiştir. Araştırmalarında tarımsal aletlerin yüzey özelliklerinin yüzey kaplama işlemleri ile malzeme kompozisyonunu değiştirmek ve ısıl işlem tekniği kullanmaktansa çok daha cazip ve ekonomik olduğunu belirtmişlerdir.

Bartkowski ve Bartkowska [38], lazer kaplama teknolojisi kullanılarak üretilen Stellite-6 / WC metal matris kompozit (MMC) kaplamaların makro ve mikroyapısını, mikrosertliğini, faz yapısını ve pratik uygulamalarını incelemişlerdir. Lazer ışınını 5 eksenli CNC makine kullanarak kontrol etmişlerdir. Toz karışımı üç akımlı toz besleme sistemiyle lazer ışınına beslenmiştir. Kaplamalar B27 bor çeliği üzerine yapılmıştır. Bu çelik türünün toprak işleme aletlerinde çok sık kullanılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Tarımsal aletlerin dayanıklılığını iki metot ile ölçmüşler, ilk metot olarak kütle kaybı, ikinci metot olarak GOM optik tarayıcı kullanarak tarımsal aletin şeklinin ölçümü yapılmıştır. Kaplama materyali olarak %40 Stellite-6 tozu, %60 tungsten karbür tozları karışımı kullanılmıştır. Kaplamanın ekstrem toprak koşullarında iyi aşınma direnci gösterdiğini ve bu direncin WC, W_2C , M_7C_3 ve $M_{23}C_6$ gibi sert fazların oluşumundan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu kaplama tekniğinin düşük yüzey pürüzlülüğü gerektirmeyen ürünlerin uygulamaları için uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Kumar ve ark. [39], AISI 4340 çeliğine TIG yöntemi ile yüzey modifikasyonu işlemi yapmışlardır. Çalışmalarında ark voltajını sabit tutarak akım ve hız değerleri ile karşılaştırma yapmışlardır. Modifiye edilmiş yüzeyde maksimum sertlik sağlamak için başlıca parametreler ilk olarak tek pasolu geçişte belirlenmiş ve bulunan en iyi sonuca göre optimum sertliğe sahip daha geniş yüzey modifikasyonuna sahip alan elde etmek için çoklu kaynak pasoları uygulanmıştır. Sonuçlarında TIG yöntemi ile yapılan yüzey modifikasyon işlemlerinin yüzeyin sertliğini arttırdığını ve malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Modifiye edilmiş yüzeyin karakteristiğinde meydana gelen değişim ısı girişinin bir fonksiyonu olarak realize edilmiş ve çalışmalarında en iyi sonucun 100 A ve 12 cm/dk işlem parametrelerinde elde edildiğini göstermişlerdir.

Ardeshiri ve ark. [40], A2618 alüminyum malzemenin yüzeyine TIG kaynağı yardımı ile demir ve silisyum karışımı tozlarla kaplama yapmışlardır. Numunelerde 1,4 – 2,1 mm kalınlıkta Al-Fe-Si intermetalik bileşikler içeren kaplamalar oluşmuştur. Numunelerin sertlik ve aşınma deneylerinin yanısıra optik incelemeleri de yapılmıştır. Yaptıkları mikro sertlik testleri sonucu kaplama yapılmış bölgenin sertliğinin ana malzemenin sertliğine göre üç kattan daha fazla artış olduğu belirtilmiştir. Bu sertlik artışının sebebi olarak kaplama bölgesindeki $Al_{13}Fe_4$, Fe_5Si_3 , Al_8Fe_2Si ve Al_5FeSi intermetalik bileşiklerin oluşumundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Ya-long ve ark. [41], AISI 1045 çeliği üzerine plazma sprej yöntemiyle 800 μm kalınlıkta NiCrBSi kaplamışlardır ve bu kaplamayı ergitmek için Gaz Tungsten Ark (GTA) işleminden yararlanmışlardır. Ergitmeden önce ve sonraki mekanik özellikler incelenmiş ve sonuç olarak spreyle kaplamadaki mikroyapısal homojensizliğin GTA yöntemiyle ergitmeden sonra hemen hemen giderildiğini belirtmişlerdir. Kaplamanın ergitilmesi ile elastisite modülünde %84,4, kırılma tokluğunda %18,4 ve mikrosertlikte %42,8 artış meydana geldiği görülmüştür. Sonuç olarak GTA ile ergitmenin kaplamanın mikroyapısını ve mekanik özelliklerini geliştirmede uygun bir metot olduğu sonucuna varılmıştır.

Mithun ve ark. [2], GTA yöntemi yardımıyla ağırlıkça %0,2; %0,4 ve %1,1 C oranına sahip çelik malzemeler üzerine Ti ile yüzey kaplama işlemi yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre kaplamada sırasıyla 2, 4 ve 6 katlık bir sertlik artışı

sağlanmıştır. Tanelerin küçülmesini ve karbür oluşumunu bu artışın nedeni olarak belirtmişlerdir. Aynı zamanda numunelere adhesif aşınma testleri yapmışlar ve sertliğin artmasının sağladığı avantaj ile birlikte aşınma hızlarının da düştüğünü göstermişlerdir.

Dalmış ve ark. [42], AISI 1040 çeliğinin yüzeyine GTA yöntemi yardımıyla FeCrC tozları kullanarak yüzey modifikasyon işlemi yapmışlardır. Elde edilen kaplama tabakalarının mikroyapılarını EDS, SEM ve XRD analizleri ile incelemişler, mikrosertlik ölçümleri ve aşınma deneyleri yapmışlardır. Sonuçlarında altlık malzeme ile kaplama tabakasının çok iyi bir bağ kurduğunu belirtmişlerdir. Kaplama tabakasındaki hipoötektik ve hiperötektik yapıların oluşumunun kullanılan toz çeşidine ve işlem parametrelerine bağlı olduğu sonucuna varmışlardır. Arayüz bölgesinde ostenit, martenzit ve ötektik M_7C_3 karbürleri elde edilmiştir. Son olarak perlitik / beynitik matriksin primer östenitik matriksten daha düşük aşınma direncine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, yüzey kaplama işlemlerinden biri olan GTA yönteminin saha koşullarında çok fazla uygulamasının yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada laboratuvar ortamında yapılan GTA ile yüzey modifikasyon işleminin saha koşullarında da kullanılabilirliği incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada AISI 1040 çeliğinin yüzeyine GTA yöntemiyle yüzey kaplama işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen numunelerin modifikasyon bölgeleri incelenmiştir. Numunelerin optik, SEM görüntüleri alınmış, EDS ve XRD sonuçları verilmiştir. Mikrosertlik ve aşınma deneyleri ile birlikte mekanik testleri tamamlanmıştır. Laboratuvar testleri sonrası kültürator uç demirlerine kaplama yapılmış ve tarla denemelerinde uygulaması gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Laboratuvar testleri için testlerin daha kolay ve basit bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla kültürator uç demirlerinin kimyasal kompozisyonu olan AISI 1040 malzeme kullanılmıştır. AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çalışmada FeCrC, FeTi ve Ni kaplama tozu olarak kullanılmıştır. Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de FeCrC ve FeTi tozlarının kimyasal kompozisyonu verilmiştir.

Çizelge 3.1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi

C	Fe	Mn	P	S
0,4	Kalan	0,6	0,04	0,05

Çizelge 3.2. FeCrC kimyasal kompozisyonu

C	Si	S	Cr	P	Fe
6,2	1,5	0,02	64	0,03	Kalan

Çizelge 3.3. FeTi kimyasal kompozisyonu

Ti	C	Si	S	Al	Fe
70,35	0,11	0,05	0,008	3,86	Kalan

3.2. Gaz Tungsten Ark (GTA) Yöntemiyle Yüzey Kaplama İşlemi

GTA yöntemi ile yapılan kaplama işlemlerinde, çalışmada kullanılacak önemli parametreler olan akım, kaplama hızı gibi özelliklerin belirlenmesi için ön denemeler yapılmıştır. Ön denemeler neticesinde çalışmalara yeni kaplama parametreleri ve seçilen 3 toz karışımı üzerinden devam edilmiştir.

3.2.1. Yüzey Kaplama İşlemi İçin Numunelerin Hazırlanması

Yüzey kaplama işlemlerinde kullanılan numune, 100x30x10 mm boyutlarında AISI 1040 çeliğinden soğuk çekilmiş lama olarak tedarik edilmiştir. Uygun işlem parametrelerinin görülmesi amacıyla ön denemelerde numunelerin ilk olarak 30 mm'lik kısmına Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü Atölye'sinde CNC dik işlem tezgahında parmak freze çakısı ile 10 mm genişliğinde 0,3 mm derinliğinde kanal açılmıştır.

Numuneler yüzeylerindeki kirin ve pasın kaldırılması için zımpara ve asetonla temizlenmiştir. Numunelere açılan kanallara kaplama tozları kaynak esnasında arkın ve koruyucu gazın etkisi altında yüzeyden uzaklaşmaması için küçük bir miktar sodyum silikat yardımı ile yapıştırılmıştır ve son olarak içerisindeki nem gidermek için ısıtım fırınında 100°C sıcaklıkta 30 dakika süre ile kurutulmuştur. Çizelge 3.4'de ön denemelerde kullanılan numunelerin kaplama tozu karışım oranları verilmiştir.

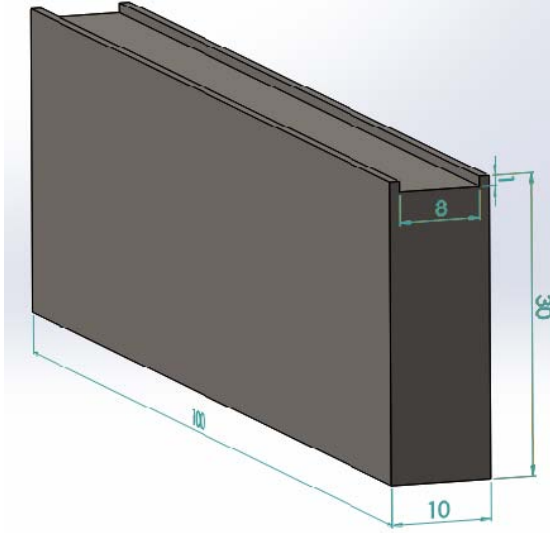
Çizelge 3.4. Kaplama tozu karışım oranları (% ağı.)

Toz Karışımı	FeCrC	FeTi	Ni
1	100		
2	95	5	
3	90	10	
4	80	20	
5	70	30	
6	76	19	5
7	72	18	10
8	68	17	15
9	64	16	20

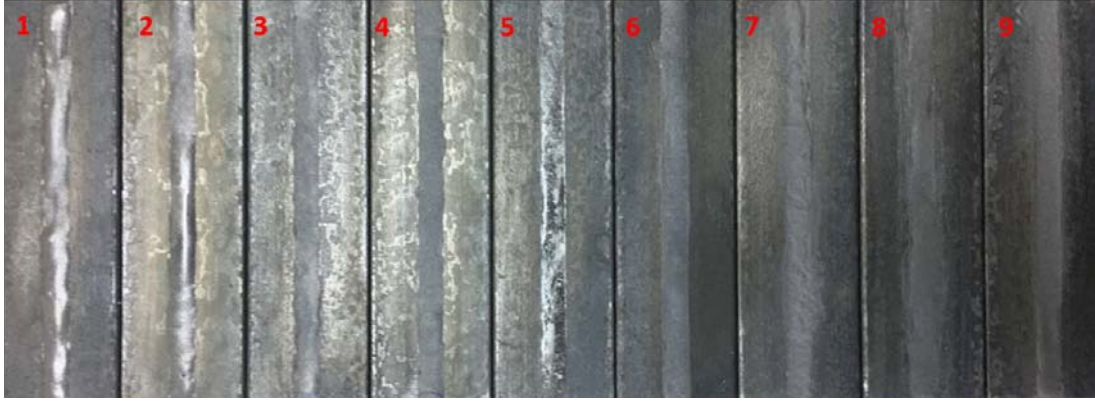
Ön denemeler neticesinde abrasif aşınma deneylerinin sağlıklı yürütülebilmesi için bu kez numunelerin 10 mm'lik kısmına 8 mm genişliğinde 1 mm derinliğinde kanal açılmıştır (Şekil 3.1). Mikrosertlik, nüfuziyet, yüzey pürüzlülüğü gibi parametreler değerlendirilerek kaplama işlemlerine 1, 5 ve 9 numaralı toz karışımları üzerinden devam edilmiştir (Çizelge 3.5). Şekil 3.2'de ön denemeler için kaplama tozu yapıştırılan numuneler görülmektedir.

Çizelge 3.5. Seçilen numuneler ve kaplama tozu karışım oranları (% ağı.)

Numune No	Toz Karışımı	FeCrC	FeTi	Ni
1	1	100		
2	5	70	30	
3	9	64	16	20



Şekil 3.1. Numunenin şematik resmi ve ölçüleri



Şekil 3.2. Ön denemelerde kaplama tozları yapıştırılan numuneler

3.2.2. GTA Kaynak Makinesi

FeCrC, FeTi ve Ni tozlarının karışımından hazırlanan katkı tozlarının malzeme yüzeyine kaplanması için dışarıdan verilen enerji girdisi su soğutmalı 'Lincoln Invertec® V205-T AC/DC' TIG kaynak makinesi ile sağlanmıştır (Şekil 3.3). Elektrot olarak ön denemelerde %2 toryumlu tungsten elektrot kullanılmıştır. Yapılan kaplama işlemlerinin sonrasında elektrotta oluşan topaklanma sebebiyle arkın etkinliği azalmış ve taşlanması gerekliliği doğmuştur. Toryumun radyoaktif bir element olması sebebiyle ön denemelerin akabinde daha güvenli olan ve benzer bir elektrot olan %1,5 lantan alaşımlı tungsten elektrot kullanılmıştır. Ön denemelerde kaynak hızı 60 mm/dk, akım değerleri ise 100 A, 120 A ve 150 A olarak seçilmiştir. Denemeler

neticesinde çalışmalara Çizelge 3.6’da verilen kaplama işlem parametreleri üzerinden devam edilmiştir.



Şekil 3.3. Lincoln Invertec® V205-T AC/DC kaynak makinesi

Çizelge 3.6. Kaplama işlem parametreleri

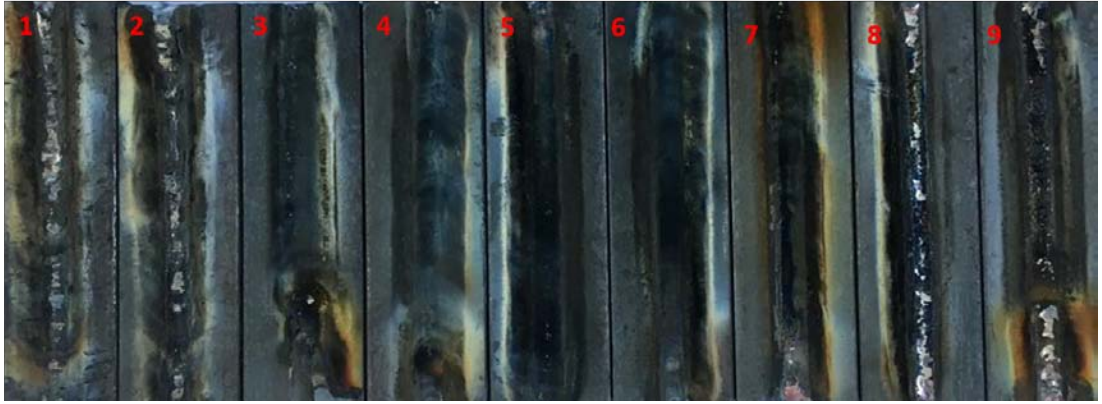
Parametreler	Değer	Birim
%1,5 Lantan alaşımlı tungsten elektrot çapı	Ø2,4	mm
Akım	160	A
Gerilim	18-25	V
Koruyucu gaz akış hızı	14	l/dk
Elektrodun işlem bölgesinden uzaklığı	2	mm
Elektrot uç açısı	180	°
İşlem hızı	100	mm/dk

Yüzey kaplama işlemlerinin devamlılığını sağlamak için GTA kaynak işleminde Şekil 3.4’deki kaynak düzeneği kullanılmıştır [42]. Söz konusu düzenek PLC kontrollü olup manuel olarak ayarlanması zor olan kaynak hızı, torç yüksekliği gibi parametreler program üzerinden kontrol edilebilmektedir.

Şekil 3.5’de ön denemeler neticesinde 100 A akım, 60 mm/dk kaynak hızında kaplama yapılan numuneler gösterilmiştir. Şekil 3.6’da ise yapılan kaplama işleminin bir görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.4. GTA kaynak düzeneği



Şekil 3.5. Ön denemelerde GTA yöntemi ile kaplama yapılan numuneler



Şekil 3.6. GTA ile kaplama işlemi

3.3. Mikroyapı İncelemeleri İçin Numunelerin Hazırlanması ve İncelenmesi

GTA yöntemi ile yüzey modifikasyonu yapılan numunelerin iç yapısını incelemek amacıyla numuneler şerit testerede 30x25x10 mm boyutlarında kesilmiştir. Numuneler üzerlerindeki testere izlerinin giderilmesi için taşlama tezgahında taşlanmıştır. Daha sonra sırasıyla 320, 480, 600, 800 ve 1000 meshlik SiC zımpara kağıtları ile zımparalanmış ve 3 μm 'lik elmas pasta kullanılarak çuha ile parlatılmıştır. Parlatılan numuneler su ile yıkanmış ve kurutulmuştur. Optik mikroskoptan görüntü alınabilmesi için numuneler 5 ml FeCl_3 , 15 ml HCl ve 50 ml saf su ile hazırlanan çözelti ile 30-45 saniye arasında dağlanmış. Son olarak numuneler

sıcak hava ile kurutulmuş ve böylece standart metalografik numune hazırlama işlemleri tamamlanmıştır. Optik incelemeler Optika B-500MET marka optik mikroskop ile yapılmıştır (Şekil 3.7). SEM - EDS analizleri Quanta FEG 250 marka cihaz (Şekil 3.8), XRD analizleri Malvern Panalytical Empyrean marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Optika B-500MET mikroskop



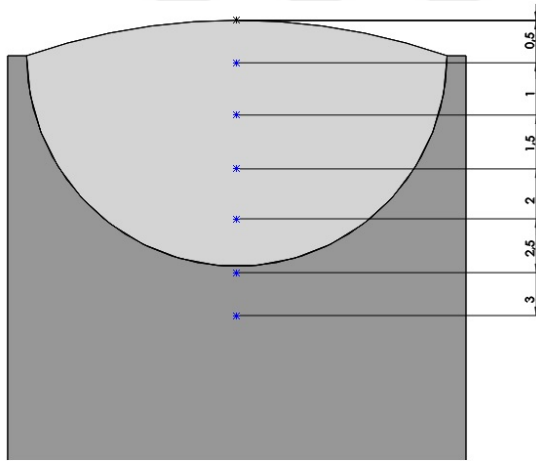
Şekil 3.8. Quanta FEG 250 marka SEM cihazı

3.4. Mikrosertlik Ölçümleri

Test numunelerinin mikrosertliği MICROBUL 1000-DN Micro Vickers sertlik ölçme cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.9). Sertlik değerleri kaplama bölgesinin üst yüzeyinden 0,5 mm aralıklar ile 200 gf yük altında 10 saniye beklenecek şekilde alınmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. MICROBUL 1000-DN Micro Vickers sertlik ölçme cihazı



Şekil 3.10. Mikrosertlik ölçüm noktaları

3.5. Abrasif Aşınma Testi

Abrasif aşınma testi ASTM G174-04 standardına göre tasarlanmış cihazda yapılmıştır. Aşındırıcı olarak 80 meshlik SiC zımpara kağıdı kullanılmıştır. Her numune için zımpara kağıdının yeni olan bölümü kullanılmıştır. Deneyler 5 N, 10

N ve 15 N' luk yükler altında 400 m, 800 m ve 1200 m'lik aşınma mesafeleri için yapılmıştır. Testlerin daha kısa sürmesi amacıyla hız yüksek tutulmuş ve motor devrinden hesaplanan zamana bağlı yol 1 dakikada 400 m olarak hesaplanmıştır. Aşınma testi cihazı Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



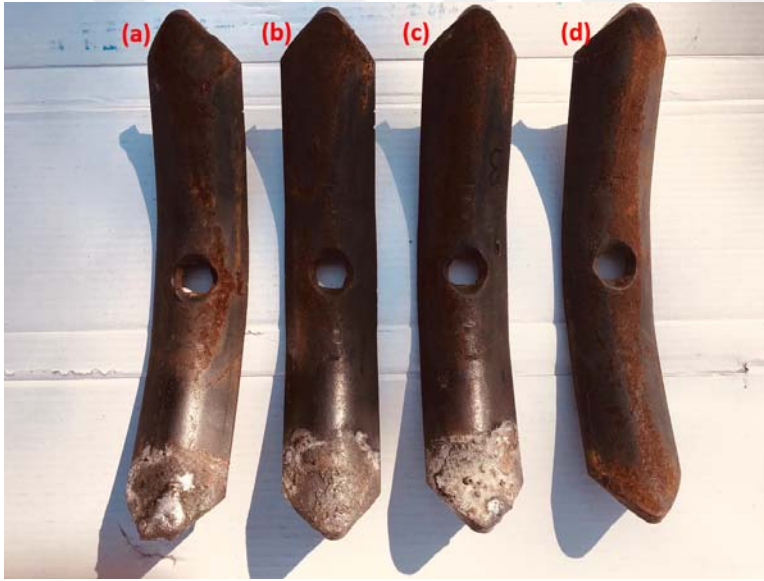
Şekil 3.11. Aşınma testi cihazı

3.6. Kültivatör Uç Demirlerinin Kaplanması

Yapılan laboratuvar testlerinin ardından kültivatör uç demirlerine yüzey modifikasyon işlemi yapılmıştır. Yapılan ön tarla denemelerinde kültivatör uç demirlerinin uç kısımlarından aşındığı ve boylarında kısalma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.12). Çiftçiler aşınan uç demirlerini ters çevirip diğer taraflarını da kullanmaktadırlar. Aşınmanın uç kısımlardan başlaması nedeni ile modifikasyon işlemi kültivatör uç demirinin uç kısımlarına yapılmıştır. Burada laboratuvar testleri için hazırlanan numunelere uygulanan tüm işlemler kültivatör uç demirleri için de uygulanmıştır. Şekil 3.13'de kaplama yapılan kültivatör uç demirleri gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Kültivatör uç demirlerinde meydana gelen aşınma



Şekil 3.13. Kaplama yapılan kültivatör uç demirleri (a) N1, (b) N2, (c) N3, (d) AISI 1040

Tarla denemeleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi kampüsünde bulunan killi-tınlı toprak yapısına sahip 60 dekarlık alanda 3,5 saatlik sürede gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.14). Toprak basıncı toprak penetrometresi ile ölçülmüş ve 1,5 - 2 MPa aralığında olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalarda Aysan marka AYK-21 model 21 ayak sayısına sahip yaylı kültivatör kullanılmıştır. Kültivatör uç demirlerinin işlemde önce ve sonraki ağırlıkları ölçülmüş ve aşınma kayıpları belirlenmiştir. Ayrıca kültivatör

uç demirlerinin boyutlarında meydana gelen değişimler hesaplanmıştır. Şekil 3.15’de kltivatre bağlanmış uç demirleri gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Tarla denemeleri yapılan alan



Şekil 3.15. Uç demirlerinin bağlandığı yaylı kültivatör

3.7. 3 Boyutlu Tarama Analizleri

Tarla denemeleri sonrası numunelerin aşınma davranışlarını gözlemleyebilmek için 3 boyutlu tarama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tarama işlemleri için kullanılan GOM marka Atos Compact model cihaz Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.16. GOM marka Atos Compact model 3D tarama cihazı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Ön Denemeler Mikrosertlik Sonuçları

Uygun işlem parametrelerinin belirlenmesi için 9 farklı toz karışımı ile hazırlanan numunelere farklı enerji girdilerinde kaplama işlemi uygulanmıştır. Ön denemeler neticesinde abrasif aşınma test numunelerine (Çizelge 3.5) Çizelge 3.6'da verilen kaplama işlem parametreleri uygulanarak kaplama işlemi gerçekteŐirilmıŐtir. Çizelge 4.1'de ön denemeler neticesinde elde edilen mikrosertlik sonuçları verilmiştir.



Çizelge 4.1. Ön denemeler sonucunda elde edilen mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)

Toz Karışım No	V	A	HV(ort.)	HV(max)
1	60 mm/dk	100 A	806	911
1	60 mm/dk	120 A	649	660
1	60 mm/dk	150 A	539,1	701
2	60 mm/dk	100 A	496	588
2	60 mm/dk	120 A	619,5	621
2	60 mm/dk	150 A	527	593
3	60 mm/dk	100 A	555,5	568
3	60 mm/dk	120 A	450,3	470
3	60 mm/dk	150 A	538,1	639
4	60 mm/dk	100 A	533,75	577
4	60 mm/dk	120 A	523	540
4	60 mm/dk	150 A	544,8	623
5	60 mm/dk	100 A	535,25	557
5	60 mm/dk	120 A	464	500
5	60 mm/dk	150 A	583,38	644
6	60 mm/dk	100 A	601,5	623
6	60 mm/dk	120 A	544,3	628
6	60 mm/dk	150 A	551,6	570
7	60 mm/dk	100 A	483,2	555
7	60 mm/dk	120 A	410,75	420
7	60 mm/dk	150 A	480,8	524
8	60 mm/dk	100 A	525,2	593
8	60 mm/dk	120 A	459	469
8	60 mm/dk	150 A	546,1	616
9	60 mm/dk	100 A	396,1	444
9	60 mm/dk	120 A	380,2	415
9	60 mm/dk	150 A	378,5	391

4.2. Mikrosertlik Sonuçları

Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4’de her üç numunenin de mikrosertlik değerleri verilmiştir. N1 numunesinin kaplama bölgesindeki ortalama mikrosertlik değeri 469,96 $HV_{0,2}$, N2 numunesinin kaplama bölgesindeki ortalama mikrosertlik değeri 642,29 $HV_{0,2}$ ve N3 numunesin kaplama bölgesindeki ortalama mikrosertlik değeri 382,9 $HV_{0,2}$ ‘dir. Bölgesel olarak maksimum mikrosertlikler incelendiğinde ise N1 numunesinde elde edilen maksimum sertlik 593,4 $HV_{0,2}$, N2 numunesinde 726,1 $HV_{0,2}$ ve N3 numunesinde 396,1 $HV_{0,2}$ ’dir. Sonuçlar irdelendiğinde FeCrC tozlarına FeTi ilavesi sertlikte önemli bir artış meydana getirmiştir. Ni tozlarının ilave edilmesi

ile birlikte 1 ve 2 numaralı numuneye göre sertlikte düşüş gözlemlenmiştir. Kaplanmış bölgelerin sertlik değerleri, ortalama mikrosertlik değeri 220 $HV_{0,2}$ olan AISI 1040 çeliğinin sertliğinden daha yüksektir. Şekil 4.1’de elde edilen mikrosertlik sonuçlarının grafik gösterimi verilmiştir.

Çizelge 4.2. N1 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)

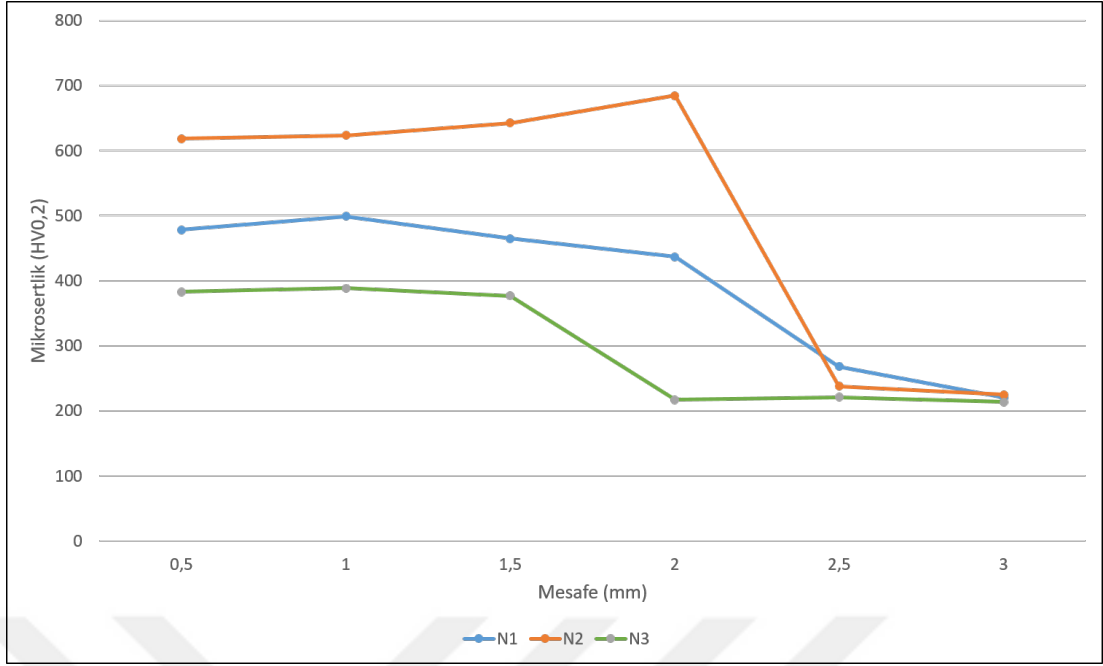
Uzaklık	1.1	1.2	1.3	Ortalama
0,5	490,4	494	451	478,46
1	441	593,4	463	499,13
1,5	466,4	494	435	465,13
2	406	483,4	422	437,13
2,5	376,2	206	223	268,4
3	216	225	220	220,33

Çizelge 4.3. N2 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)

Uzaklık	2.1	2.2	2.3	Ortalama
0,5	633,3	544,5	677,4	618,4
1	683,2	584,1	603,1	623,46
1,5	695,1	588,7	643,9	642,56
2	726,1	695,1	633	684,73
2,5	241,4	245,6	227,2	238,06
3	225	230	220	225

Çizelge 4.4. N3 numunesi mikrosertlik sonuçları ($HV_{0,2}$)

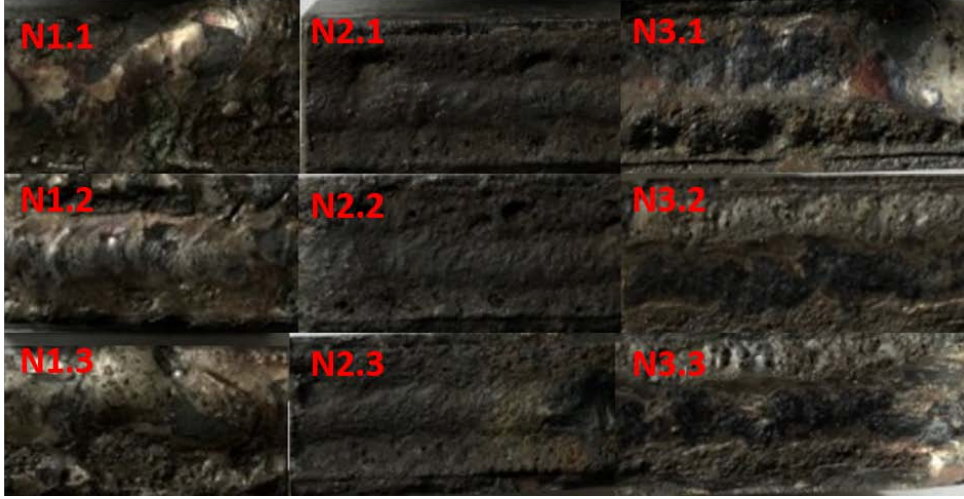
Uzaklık	3.1	3.2	3.3	Ortalama
0,5	382	388,5	379	383,16
1	388,5	396,1	381	388,53
1,5	374	380	377	377
2	215	221	215	217
2,5	220	223	220	221
3	218	205	218	213,66



Şekil 4.1. Numunelerin mikrosertlik dağılımları

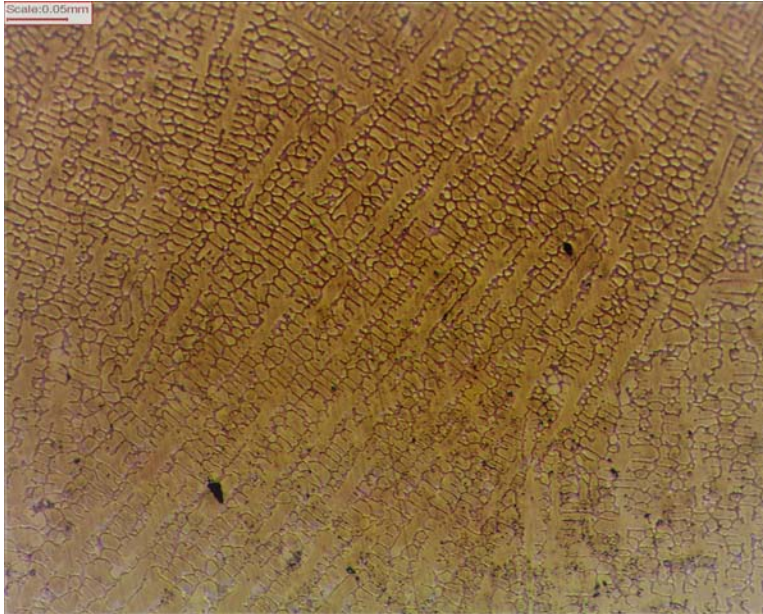
4.3. Mikroyapı Görüntüleri

Şekil 4.2’de numune yüzeylerinin kaplama yapılmış görüntüleri gösterilmiştir. Görüntüler incelendiğinde ergimenin iyi bir şekilde gerçekleştiği, kaplama tabakasının düzgün bir yapıya sahip olduğu ve gözenek, makro çatlak gibi kusurların olmadığı görülmüştür.



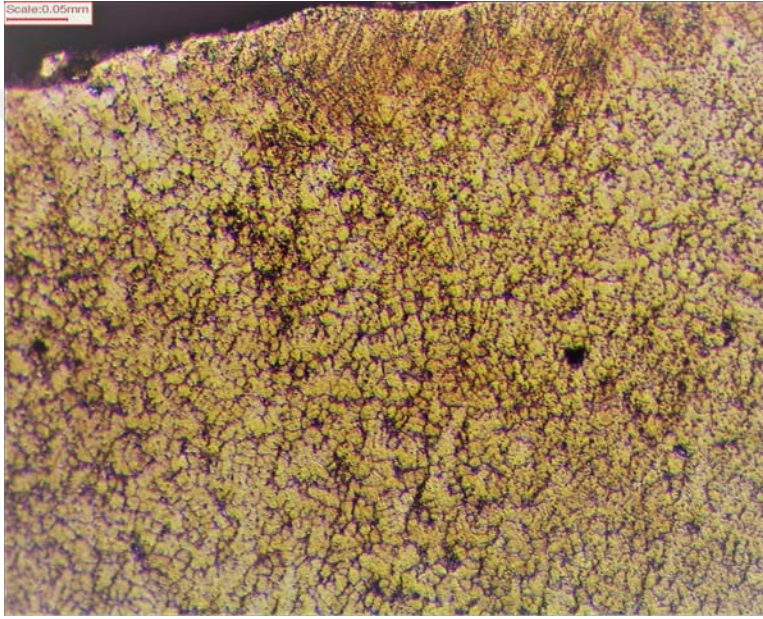
Şekil 4.2. GTA yöntemi ile kaplanmış numunelerin makro görüntüleri

N1 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü Şekil 4.3’de verilmiştir. Enerji girişinin yüksek olması nedeniyle altlık malzeme ergimesi yüksek olmuş ve yapının hızlı soğuması neticesinde dallantılı bir şekilde dendritik bir katılaşma meydana gelmiştir. GTA yöntemiyle FeCrC tozları ile yapılan kaplamada da katılaşmanın dendritik şekilde gerçekleştiği görülmüştür [30]. Dendritler arasında ise ötektik bir yapının hakim olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. N1 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü

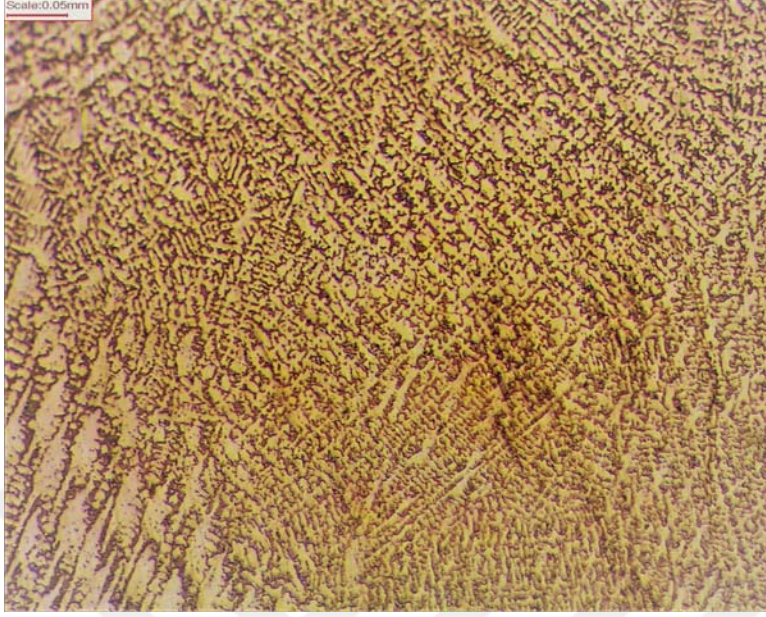
N2 numunesinin modifiye bölgesinde tanelerin küçültülmesi ve yönlendirilmesi amacıyla FeCrC tozlarına FeTi ilave edilmiştir. Şekil 4.4’de FeCrC tozlarına ilave edilen FeTi içerisindeki Ti elementinin etkisi ile eş eksenli tanelerin oluştuğu görülmektedir. Ti elementi metalik malzemelerin katılaşması esnasında aktivasyon enerjisini düşürüp yüzey gerilimini azaltmakta ve çekirdekleşme oranını arttırmaktadır. Titanyum mikroyapıda karbürlerin çekirdekleşme hızını arttırmasının bir sonucu olarak tane büyüklüklerini de önemli ölçüde azaltmaktadır [43]. Ti ayrıca yapıda karbürlerin homojen olarak dağılımını sağlamaktadır. Bu proseste de Ti ilavesi ile tane boyutu küçülmüş ve çok taneli bir yapı oluşmuştur.



Şekil 4.4. N2 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü

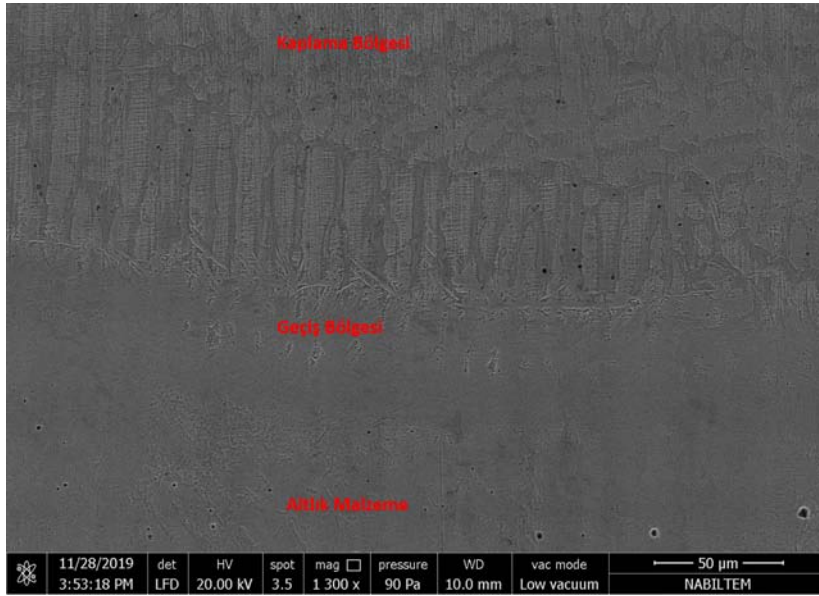
Şekil 4.5’de N3 numunesinin optik mikroskop görüntüsü incelendiğinde ince taneli dendritik bir katılaşmanın meydana geldiği görülmüştür. Ni elementinin ilavesi ile karbür miktarının düştüğü, tanelerin küçüldüğü görülmektedir. Ni ilavesi ikincil dendrit kolları arası mesafeyi kısaltmıştır. Soğutma şiddeti ikincil dendrit kolları arası mesafeyi etkiler [44]. İkincil dendrit kolları arası mesafe malzemenin mukavemeti ve tokluğu üzerinde önemli parametrelerdendir [45]. Ni ilavesinin ikincil dendrit kolları arası mesafeyi yaklaşık olarak %30-40 oranında azalttığı belirlenmiştir. Teorik olarak ikincil dendrit kolları arasındaki mesafe ile mukavemet ilişkisi dikkate alındığında Ni ilavesi ile birlikte yüzeydeki modifiye bölgenin mukavemetinde ve sertliğinde artış olduğu düşünülmektedir. Dendrit büyüme oranı ile ısı kapasitesi doğru orantılı ve

erime ısısı ters orantılıdır. Ni ilavesinin yapının ısı kapasitesini arttırmasıyla dendritik yapının morfolojisinin değiştiği düşünölmektedir.



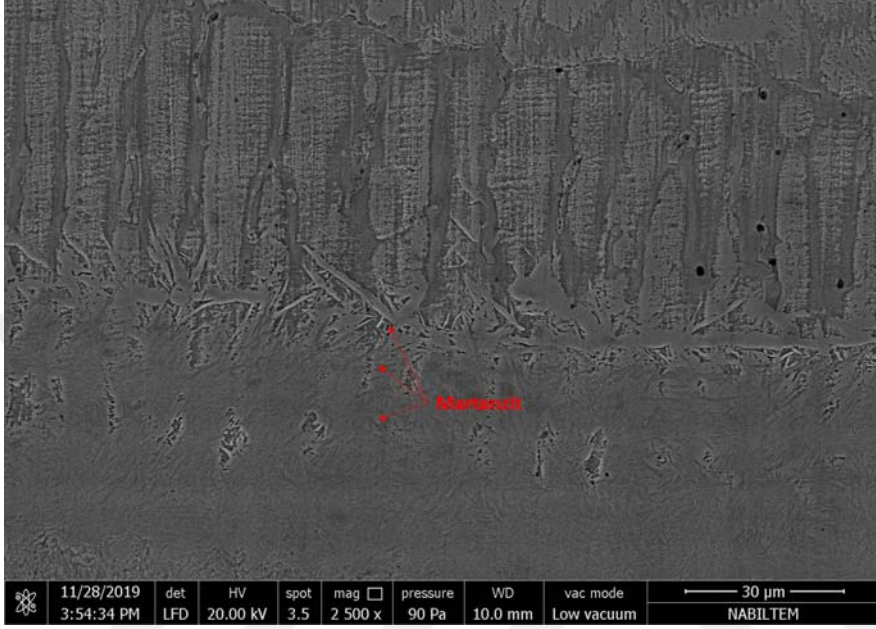
şekil 4.5. N3 numunesine ait optik mikroskop görüntüsü

şekil 4.6 ve şekil 4.7’de N1 numunesine ait SEM görüntüleri verilmiştir. şekil 4.6 incelendiğinde katılaşmanın sütunsu bir şekilde başladığı ve daha sonra dendritik olarak devam ettiği görölmektedir.



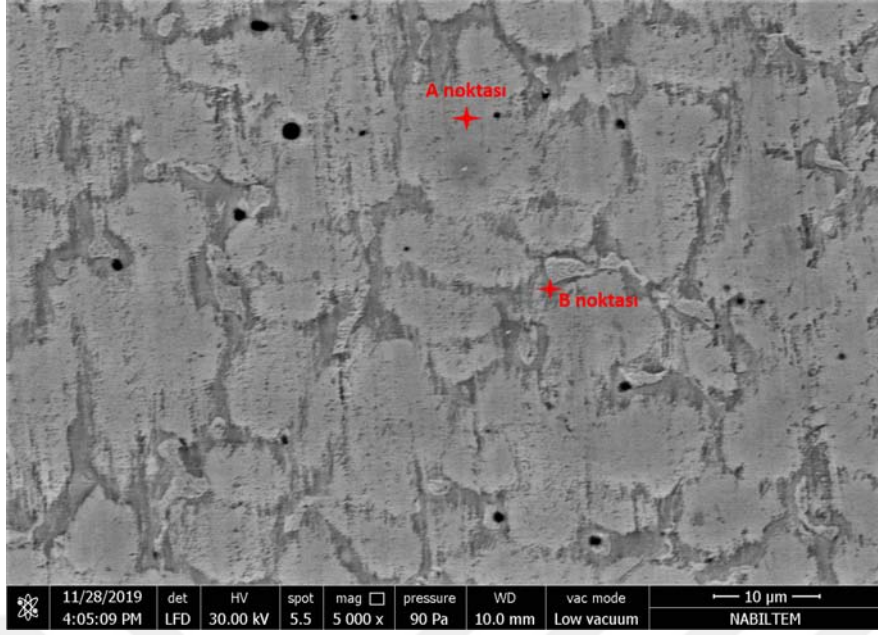
şekil 4.6. N1 numunesine ait SEM görüntüsü

Şekil 4.7’de geçiş bölgesinde iğnemsî şekilde martenzitlerin oluştuğu gözlemlenmiştir. Ostenit fazı, karbon atomlarının hızlı soğuma neticesinde difüzyonuna fırsat verilmeden soğutulması nedeniyle martenzit fazına dönüşmüştür. Martenzit fazı sert ve gevrek bir yapı olduğu için oluşabilecek çatlaklar için muhtemel başlangıç yerleridir. Bu yüzden yapılar da bulunması tercih edilmemektedir.



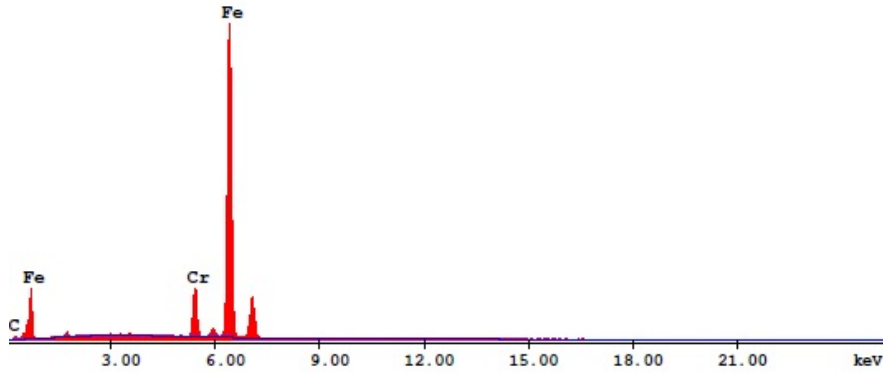
Şekil 4.7. N1 numunesine ait geçiş bölgesi SEM görüntüsü

Şekil 4.8’de N1 numunesinin bölgesel ve noktasal olarak EDS analizleri yapılan bölgesi gösterilmiştir. Şekilde katılaşmanın dendritik olarak gerçekleştiği ve dendritler arasında ötektik yapının da oluştuğu görülmektedir. Böyle bir katılaşmanın ötektikaltı (hypoeutectic) yapı olduğu belirtilmiştir [42].



Şekil 4.8. N1 numunesine ait EDS analizi alınan bölge

EDS sonuçları incelendiğinde ötektik yapının (Şekil 4.8-B noktası) dendritik bölgeden (Şekil 4.8-A noktası) daha yüksek Cr konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.9’da kaplama tabakasının EDS analizinin grafiği gösterilmiştir. Çizelge 4.5’de noktaların ve bölgenin EDS sonuçları verilmiştir.

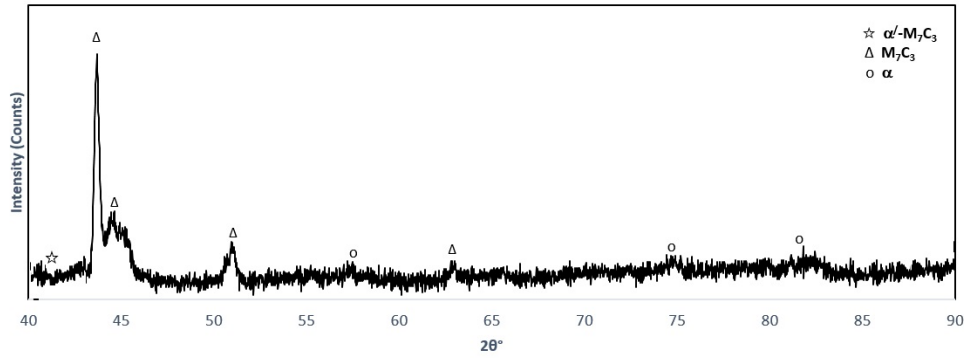


Şekil 4.9. N1 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği

Çizelge 4.5. N1 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları

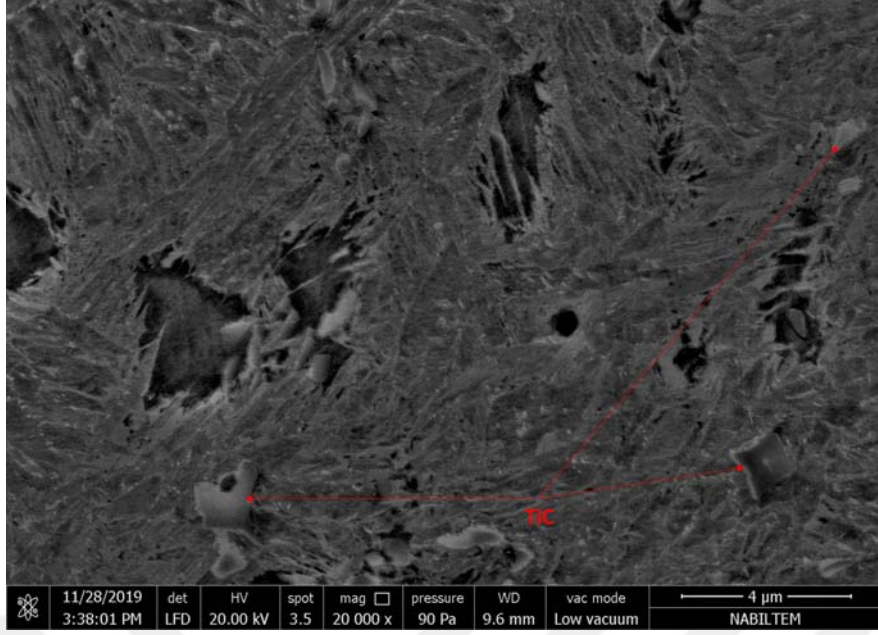
	Fe	Cr	C
Genel	81,06	8,41	10,53
A noktası	67,77	6,28	25,95
B noktası	66,55	8,68	24,77

N1 numunesinin kaplama tabakasını oluşturan bileşikler Şekil 4.10' da görülmektedir. SEM ve EDS analizleri ile uyumlu olarak XRD analiz sonuçlarında kaplama tabakasında M_7C_3 (M=Cr,Fe), α -Fe ve α' - M_7C_3 fazları tespit edilmiştir.



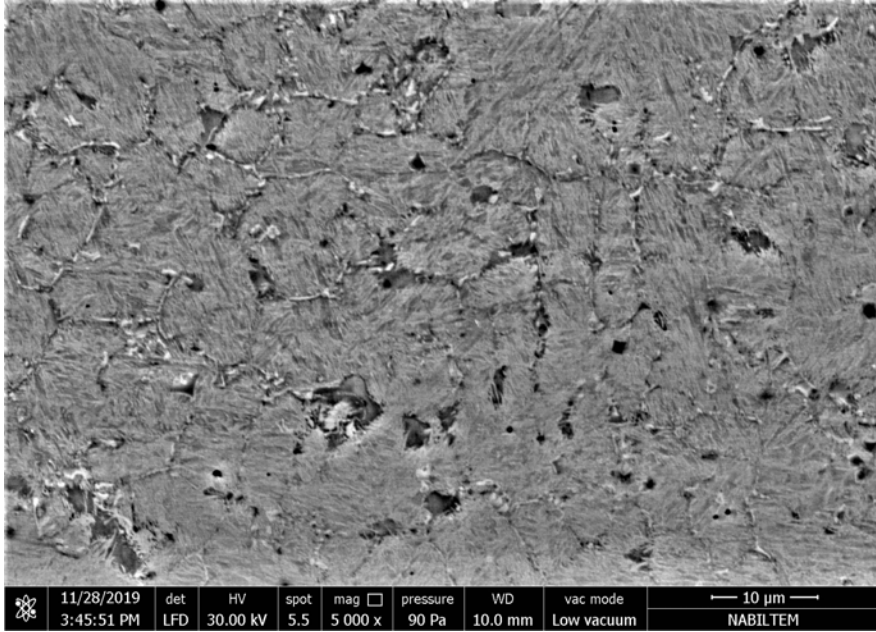
Şekil 4.10. N1 numunesi XRD analiz sonuçları

Şekil 4.11'de N2 numunesinin SEM görüntüsü verilmiştir. FeCrC tozlarına ilave edilen FeTi tozlarının etkisi ile yapıda tane içinde kübik formda titanyum karbürler (TiC) oluşmuştur. Yapılan literatür taramasında, serbest titanyumun yüksek karbonlu ergiyiklerin katılaşması sonrasında küçük kübik TiC parçacıkları oluşturduğu belirtilmiştir [43].

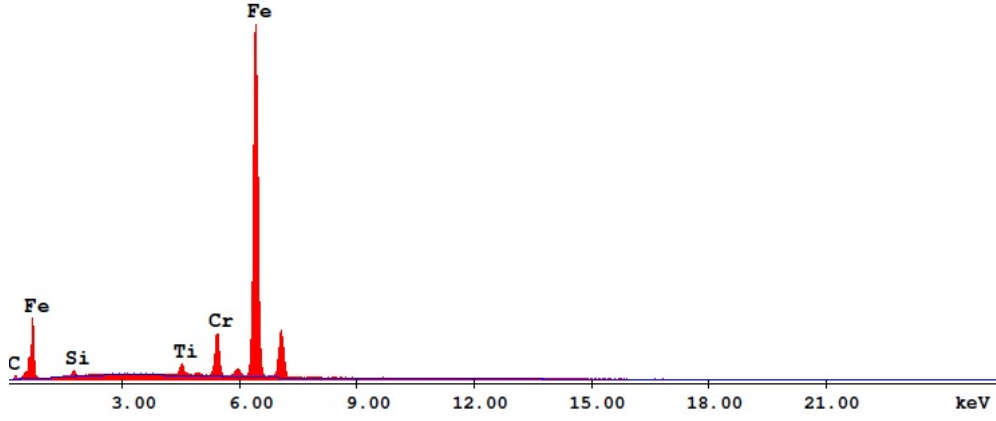


Şekil 4.11. N2 numunesine ait SEM görüntüsü

Şekil 4.12 ve 4.13’de N2 numunesinin kaplama tabakasının SEM görüntüsü ve EDS analizinin grafiği verilmiştir. Mikroyapı Ti elementinin çekirdek oluşturucu özelliği sayesinde ince taneli bir yapı halini almıştır. SEM, EDS ve XRD analizlerinden tane sınırlarında kompleks karbürlerin oluştuğu belirlenmiştir. Çizelge 4.6’da EDS analizlerinin sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.12. N2 numunesine ait EDS analizi alınan bölge

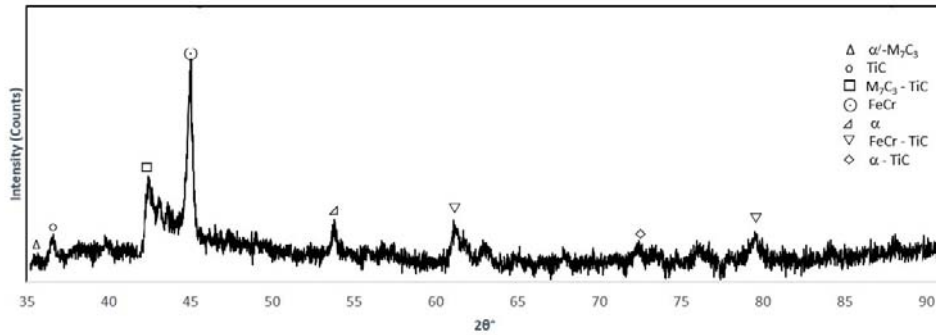


Şekil 4.13. N2 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği

Çizelge 4.6. N2 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları

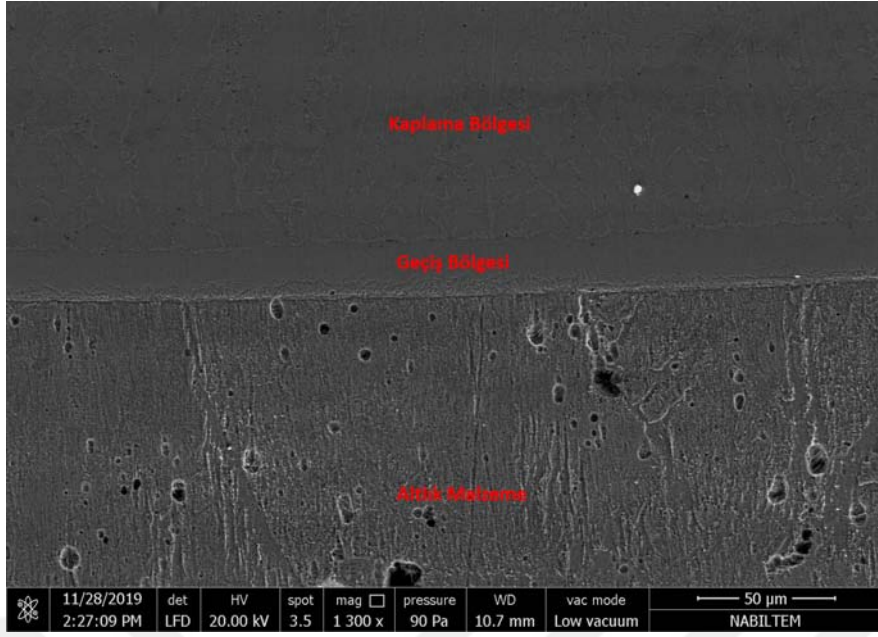
Fe	Cr	C	Ti	Si
74,28	6,65	13,14	1,81	4,11

N2 numunesinin kaplama tabakasını oluşturan bileşikler Şekil 4.14’ de görülmektedir. XRD analiz sonuçlarından kaplama tabakasında α' - M_7C_3 , TiC, M_7C_3 -TiC, FeCr, α -Fe, FeCr-TiC, α -TiC fazları tespit edilmiştir.

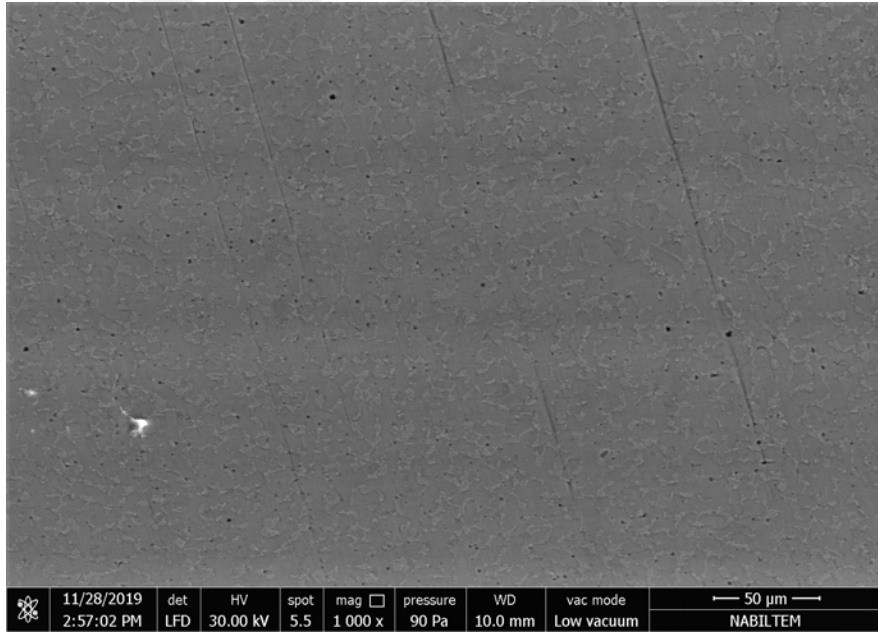


Şekil 4.14. N2 numunesi XRD analiz sonuçları

Şekil 4.15’de N3 numunesinin geçiş bölgesinin SEM görüntüsü verilmiştir. N3 numunesine FeCrC ve FeTi tozlarına ilave olarak tokluğunu arttırmak amacıyla Ni tozları katılmıştır. Numunede dar bir geçiş bölgesinin olduğu ve kaplama bölgesinin ince taneli dendritler ve bu dendritler arasındaki ötektik fazlardan meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 4.16).

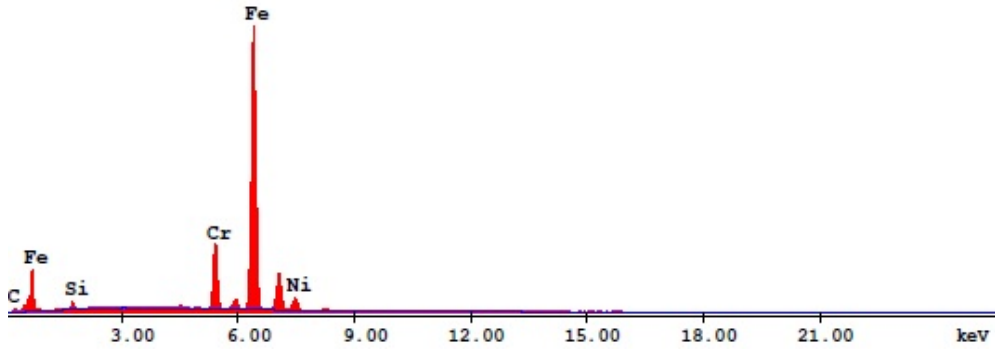


Şekil 4.15. N3 numunesine ait geçiş bölgesi SEM görüntüsü



Şekil 4.16. N3 numunesine ait kaplama bölgesi SEM görüntüsü

Yapı içerisinde nikelin kromu tane sınırlarına ittiği ve tane sınırlarında krom konsantrasyonunun yükselmesi ile birlikte kompleks krom karbürlerin oluştuğu yapılan EDS ve XRD analizlerinden görülmüştür. Şekil 4.16'da gösterilen bölgenin EDS analizi sonuçları Şekil 4.17'de ve Çizelge 4.7'de verilmiştir.

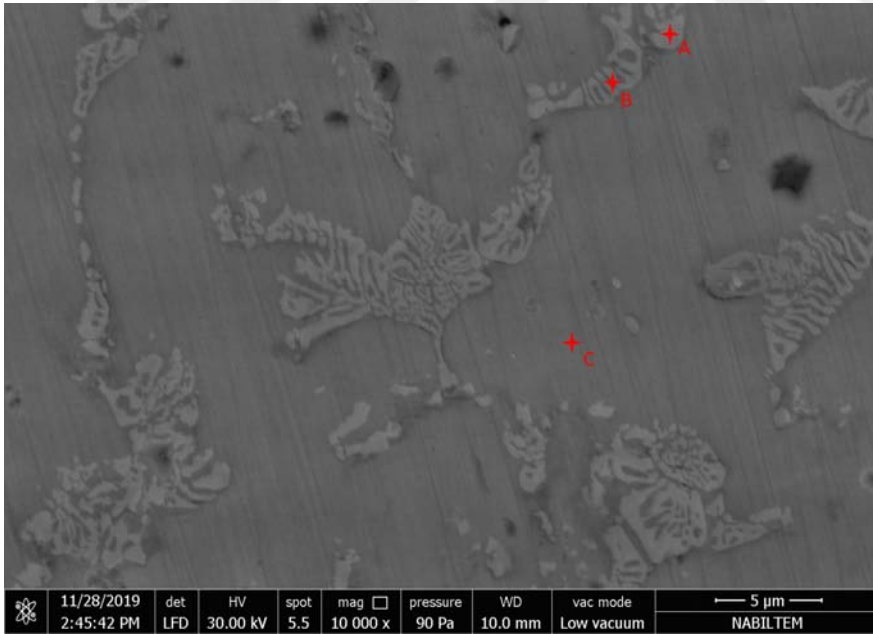


Şekil 4.17. N3 numunesine ait kaplama bölgesi EDS analiz grafiği

Çizelge 4.7. N3 numunesi kaplama bölgesi EDS sonuçları

Fe	Cr	C	Si	Ni
61,95	9,80	15,63	5,14	7,48

Şekil 4.18’de N3 numunesi için noktasal EDS sonuçları alınan bölge gösterilmiştir ve değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

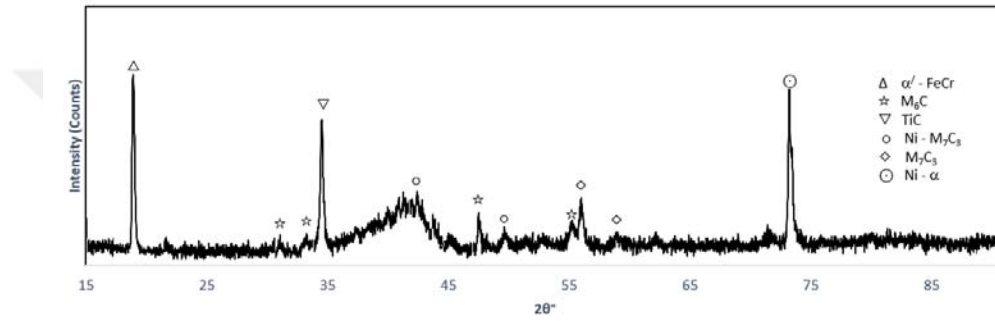


Şekil 4.18. N3 numunesine ait noktasal EDS analizi alınan bölge

Çizelge 4.8. N3 numunesi kaplama bölgesi noktasal EDS sonuçları

	Fe	Cr	C	Ti	Si	Ni
A noktası	44,21	10,93	40,81	0,00	0,00	4,06
B noktası	48,19	13,89	30,64	0,55	2,96	3,78
C noktası	55,53	7,38	26,10	0,00	4,30	6,69

N3 numunesinin kaplama tabakasını oluşturan bileşikler Şekil 4.19'da görülmektedir. XRD analiz sonuçlarından kaplama tabakasında α' -FeCr, M_6C , TiC, Ni- M_7C_3 , M_7C_3 , Ni- α fazları tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. N3 numunesi XRD analiz sonuçları

4.4. Abrasif Aşınma Test Sonuçları

Abrasif aşınma testleri 5 N, 10 N ve 15 N'luk yükler altında 400 m, 800 m ve 1200 m'lik mesafelerde gerçekleştirilmiştir. Aşındırıcı olarak 80 meshlik SiC zımpara kağıdı kullanılmıştır. Her bir yük durumu için ayrı ayrı grafikler çizilmiştir. Grafik çizimleri aşındırılan numunelerin mesafeye bağlı olarak kütle kayıpları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Çizelge 4.9 - 4.11'de 5 N, 10 N ve 15 N yük altında numunelerde mesafeye bağlı olarak meydana gelen aşınma kayıpları verilmiştir. Şekil 4.20-22'de sonuçlar grafik şeklinde gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde altlık malzemenin aşınma kaybının kaplama yapılan her üç numunenin aşınma kaybından daha fazla olduğu görülmüştür. Kaplamaların tribolojik özellikleri fazların çeşidine, tane boyutuna, sert karbürlerin dağılımına ve elemental konsantrasyona bağlıdır [30]. Kaplanan

numunelerde oluşan karbürlerin sertliklerinin altlık malzemenin sertlik değerinden yüksek olmasından dolayı aşınma kaybının azaldığı düşünülmektedir.

Kaplama yapılan numuneler arasında en iyi aşınma direncini 2 numaralı numune olan (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozları ile kaplanan kompozisyon vermiştir. 15 N yük altında N2 numunesi 1200 m'lik aşınma mesafesinde 0,4995 g kütle kaybına uğramış iken altlık malzeme AISI 1040 çeliği 6,3569 g kütle kaybına uğramıştır. Altlık malzeme N2 numunesine oranla yaklaşık 13 kat daha fazla aşınmıştır.

N2 numunesinden sonraki en iyi sonuç FeCrC tozu ile yapılan 1 numaralı kaplamada elde edilmiştir. 5 N, 10 N ve 15 N yükler altında yapılan aşınma testlerinde altlık malzemenin N1 numunesine göre aşınma kaybı yaklaşık 2 kat fazladır.

(% ağı.) 64FeCrC + 16FeTi + 20Ni tozlarının karışımı ile yapılan 3 numaralı kaplamada ise N1 ve N2 numunelerine göre aşınma kaybı daha fazla olmuştur. Bunun nedeninin yapıdaki karbürlerin azalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. N3 numunesinin altlık malzemeye göre daha iyi aşınma direncine sahip olduğu görülmüştür. Altlık malzemenin aşınma kaybının N3 numunesine göre yaklaşık 1,7 kat fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. 5 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)

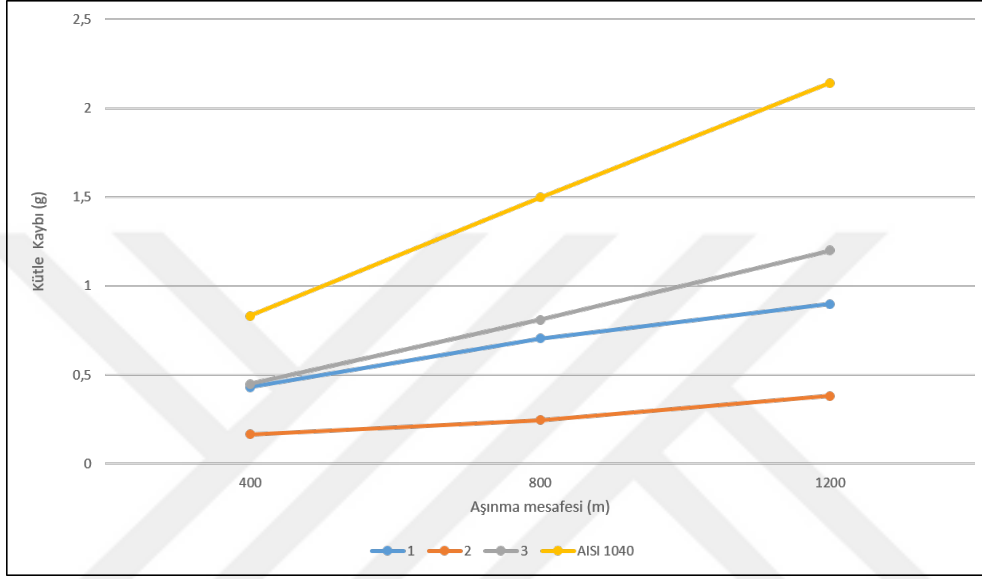
Numune No	400m	800m	1200m
1	0,43	0,7041	0,8989
2	0,1659	0,2448	0,382
3	0,4476	0,8085	1,2001
AISI 1040	0,8319	1,4973	2,1422

Çizelge 4.10. 10 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)

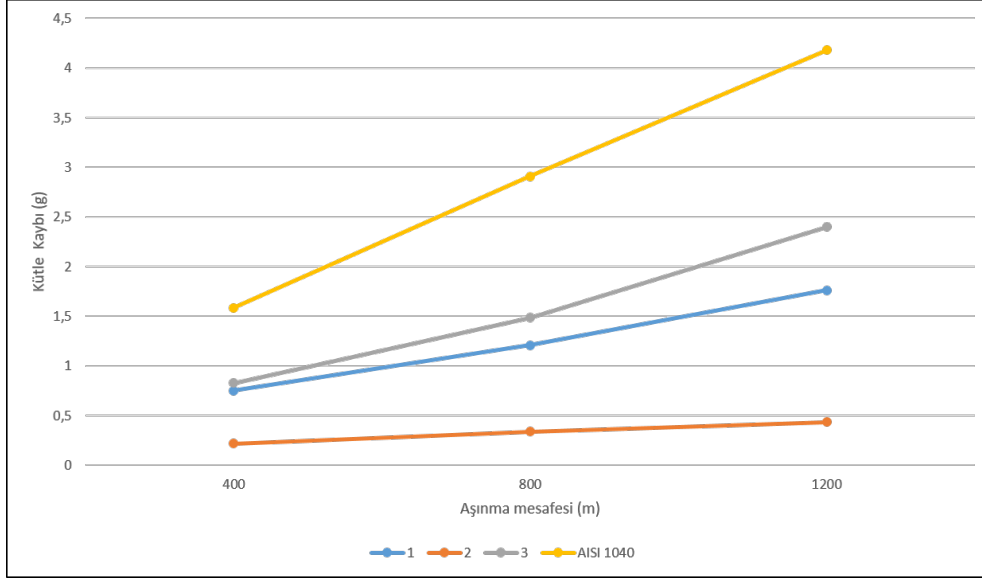
Numune No	400m	800m	1200m
1	0,7503	1,2096	1,7633
2	0,2171	0,337	0,4322
3	0,8257	1,4857	2,3991
AISI 1040	1,5866	2,9075	4,1819

Çizelge 4.11. 15 N yük altındaki aşınma kayıpları (g)

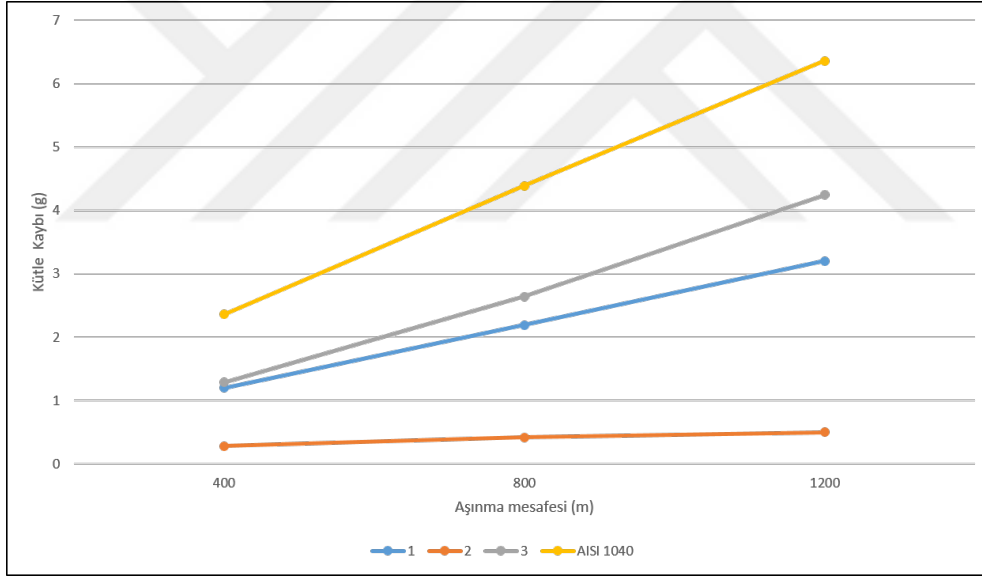
Numune No	400m	800m	1200m
1	1,1962	2,1924	3,2025
2	0,2811	0,4187	0,4995
3	1,2836	2,6384	4,2457
AISI 1040	2,3602	4,3878	6,3569



Şekil 4.20. 5 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları



Şekil 4.21. 10 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları



Şekil 4.22. 15 N yük altında kaplama yapılmış numunelerin ve altlık malzemenin aşınma kayıpları

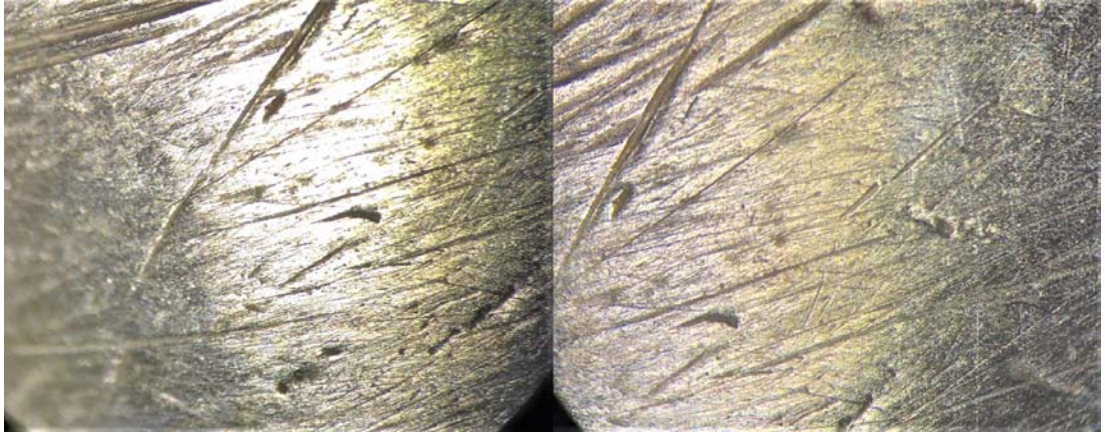
4.5. Tarla Denemeleri Aşınma Kayıpları

Tarla denemeleri sonrası oluşan aşınma kayıpları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Kaplama işlemi yapılan tüm numunelerin aşınma kaybının kaplama işlemi yapılmamış

numuneden daha az olduğu görülmüştür. Laboratuvar testlerinin aksine en az aşınan numunenin N3 numunesi olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin kaplama işleminin bu numunede daha başarılı bir şekilde gerçekleştiği için olduğu düşünülmektedir. Kaynak işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi durumunda diğ er numunelerde de laboratuvar testlerine benzer sonuçlar çıkması beklenebilir. Şekil 4.23’de tarla denemesi sonrası numune yüzeyinin optik mikroskopta alınan görüntüsü verilmiştir. Yüzeyde meydana gelen çizikler toprak altında malzemelerin abrasif aşınma mekanizmasına maruz kaldığını göstermektedir. Şekil 4.24’de tarla denemesi sonucu aşınan kültivatör uç demirinin bir görüntüsü verilmiştir.

Çizelge 4.12. Tarla denemeleri sonrası aşınma kayıpları (g)

Numune No	Başlangıç	Deneme Sonrası	Fark
1	287	279	8
2	285	276	9
3	286	280	6
AISI 1040	287	270	17

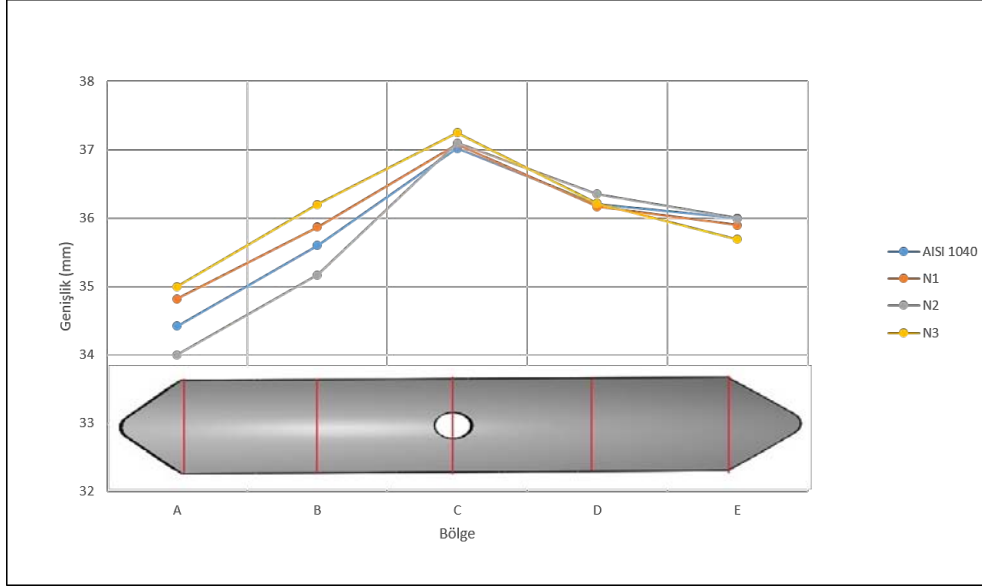


Şekil 4.23. Tarla denemeleri sonrası numune yüzeylerinin optik mikroskop görüntüsü

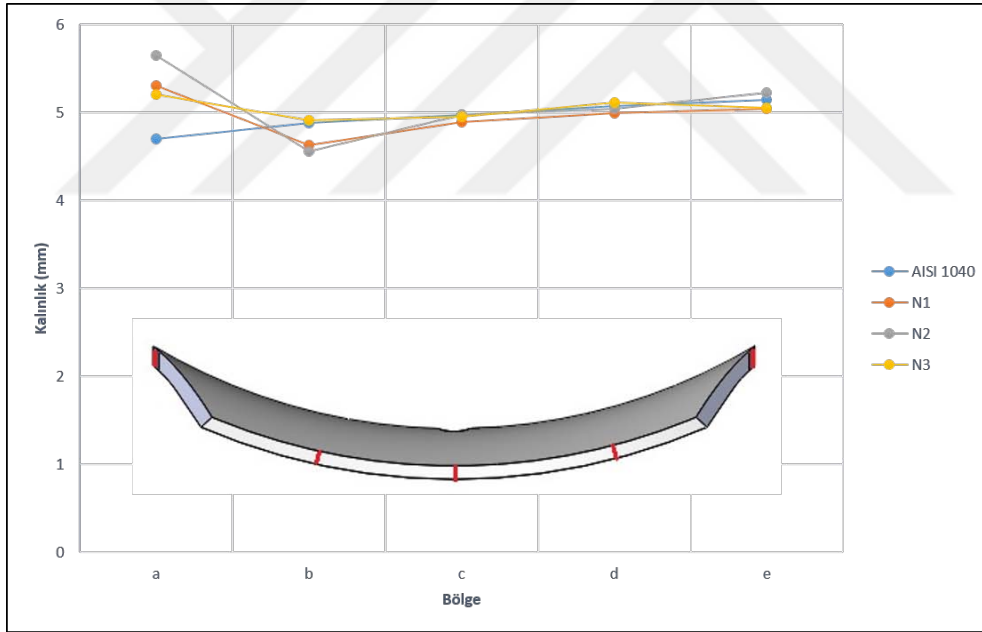


Şekil 4.24. Tarla denemeleri sonucu aşınan kùltivatör uç demiri

Kùltivatör uç demirlerinin aşınma deneylerinin ardından boyutlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu ölçümler toprak altında uç demirlerinin daha çok hangi bölgelerden aşındıklarını göstermesi açısından önem arz etmektedir. Numunelerin boyutları incelendiğinde aşınma deneyi yapılmayan kısımlara göre konik bir şekil aldıkları görülmüştür. Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da uç demirlerinin boyutlarındaki değişimler gösterilmiştir.

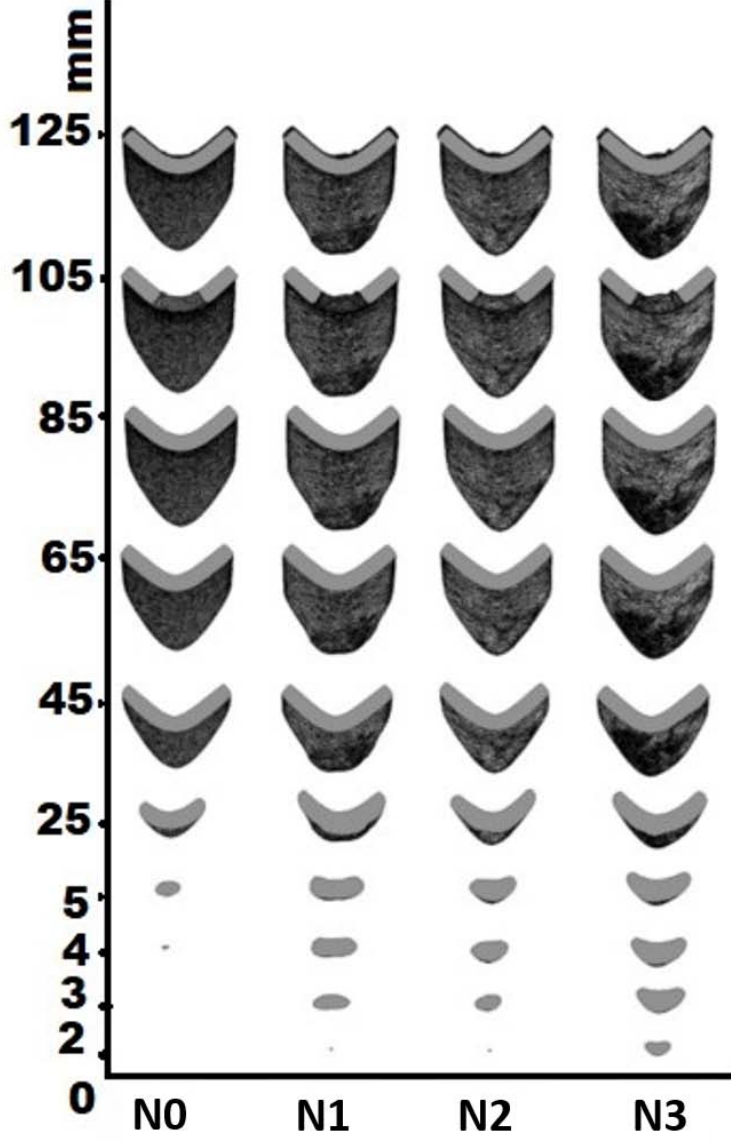


Şekil 4.25. Tarla denemeleri sonucu uç demirinde meydana gelen boyut değişimleri - genişlik



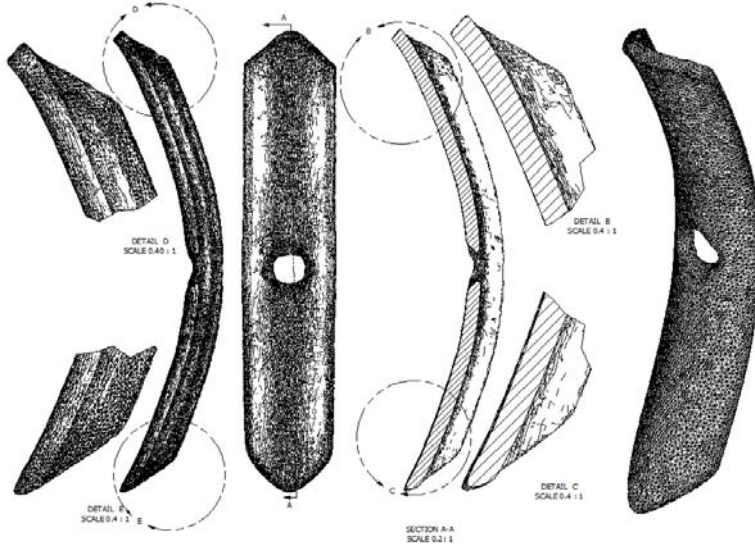
Şekil 4.26. Tarla denemeleri sonucu uç demirinde meydana gelen boyut değişimleri - kalınlık

Kültivatör uç demirlerinin aşınma bölgelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan 3 boyutlu tarama işlemleri sonrası elde edilen ara kesitler Şekil 4.27’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde en büyük aşınmanın N0 (kaplama yapılmamış) numunesinde meydana geldiği, en düşük aşınmanın ise N3 numunesinde olduğu görülmektedir.



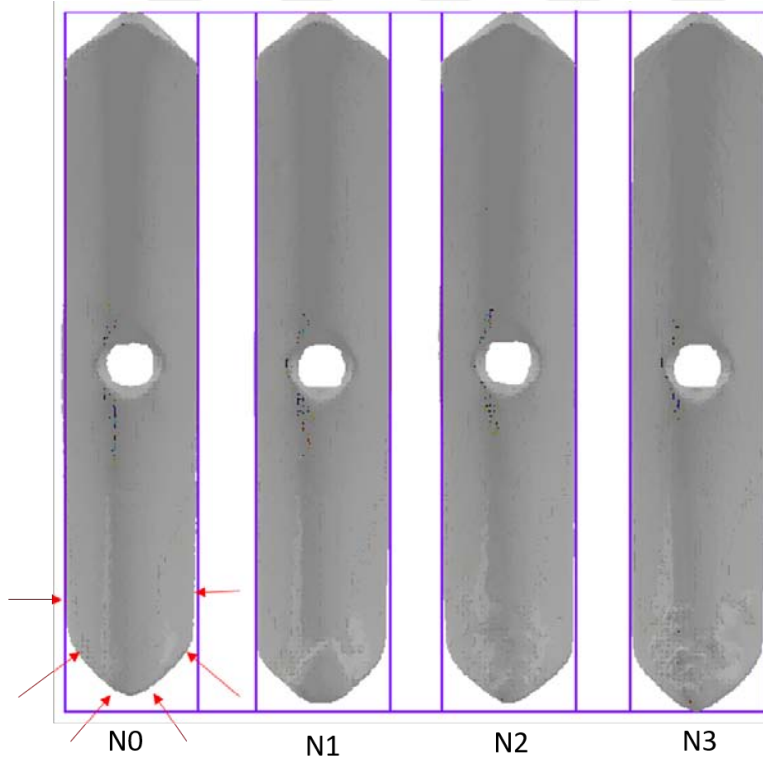
Şekil 4.27. 3B tarama sonucu ara kesitler

Şekil 4.28’de kaplama yapılmamış N0 numunesinin 3B tarama sonrası elde edilen modelinin uç bölgelerindeki aşınmalar sunulmuştur. Şekilde sunulan detay resimleri incelendiğinde kullanılan ve kullanılmayan uç arasındaki aşınma sonrası oluşan farklılık görülmektedir.



Şekil 4.28. 3B tarama sonucu uç bölgelerdeki aşınmalar (N0-AISI 1040)

Tarla denemeleri sonucu en büyük aşınma kayıplarının numune boylarında olduğu görülmüştür. Numune boylarındaki değişimler Şekil 4.29'da sunulmuştur. Şekil üzerindeki oklar aşınma yüzeylerini göstermektedir.



Şekil 4.29. 3B tarama sonucu numune boylarındaki değişimler

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinin yüzeyi FeCrC, FeTi ve Ni tozları ve bu tozların birbirleriyle farklı oranlarda karıştırılması ile GTA kaynak yöntemi yardımıyla kaplanmıştır. Mikroyapı incelemeleri, mikrosertlik ve aşınma testi sonuçları neticesinde elde edilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. AISI 1040 çeliğinin ve bu çelikten üretilen kültivatör uç demirlerinin FeCrC, FeTi ve Ni tozları kullanılarak GTA kaynak yöntemi ile başarılı bir şekilde kaplanabileceği görülmüştür.
2. Kaplama tabakasında ve kaplama ara yüzeylerinde herhangi bir mikro veya makro çatlğa rastlanılmamıştır.
3. Yüksek ısı girdisi ve buna bağlı olarak ergime yoğunluğunun artmasından dolayı kaplama tabakasının derinliğinin uygun olduğu görülmüştür.
4. Kaplama yapılan tüm numunelerin sertlik değerlerinin AISI 1040 çeliğinin sertlik değerinden yüksek olduğu görülmüştür.
5. En yüksek mikrosertlik değeri (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozları ile kaplanan numunede 726,1 $HV_{0,2}$ olarak ölçülmüştür. En yüksek ortalama mikrosertlik değeri de yine aynı numunede 684,73 $HV_{0,2}$ ölçülmüştür.
6. Laboratuvar şartlarında en yüksek aşınma direnci, sertliğin en yüksek olduğu (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozları ile kaplanan numunede elde edilmiştir.
7. Tüm numunelerde homojen bir kaplama tabakası oluşmuştur. (% ağı.) 100FeCrC ve (% ağı.) 64FeCrC + 16FeTi + 20Ni tozları ile kaplanan numuneler dendritik bir şekilde katılaşıırken, (% ağı.) 70FeCrC + 30FeTi tozları ile kaplanan numune Ti elementinin etkisi ile eş eksenli taneler oluşturacak şekilde katılmıştır.
8. Numunelerdeki mikrosertlik artışı ve buna bağlı olarak aşınma değerlerinin iyileşmesinin kaplama tabakalarındaki M_7C_3 , M_6C , TiC gibi sert bileşiklerin oluşmasından kaynaklı olduğu değerlendirilmiştir.

9. Tarla denemelerinde elde edilen aşınma sonuçlarına göre, kaplama yapılan tüm numunelerin kütle kaybının ana malzemeden önemli miktarda az olduğu görülmüştür.

Çalışmadan çıkarılan sonuçlara göre sonraki çalışmalarda yapılabilecek çalışmalar şu şekildedir:

1. Çalışmada kullanılmış olan toz karışımları farklı bir altlık malzemenin yüzey modifikasyonu işleminde kullanılabilir.
2. AISI 1040 çeliğinin yüzeyi farklı toz karışımları ile kaplanabilir.
3. Farklı enerji girdileri ve buna bağlı olarak oluşan farklı soğuma hızlarının mikro ve makro yapıya etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] A. S. Kang, J. S. Grewal, D. Jain, and S. Kang, “Wear behavior of thermal spray coatings on rotavator blades,” *Journal of thermal Spray technology*, vol. 21, no. 2, pp. 355–359, 2012.
- [2] C. Mithun, R. Sellamuthu, and R. Saravanan, “Effect of surface modification on microstructure, hardness and wear rate of steels with 0.2%, 0.4% and 1.1 wt% c by the addition of titanium using gas tungsten arc,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 7586–7594, 2018.
- [3] A. Shanmugasundaram, S. Arul, and R. Sellamuthu, “Investigating the effect of wc on the hardness and wear behaviour of surface modified aa 6063,” *Transactions of the Indian Institute of Metals*, vol. 71, no. 1, pp. 117–125, 2018.
- [4] S. Nair, R. Sellamuthu, and R. Saravanan, “Effect of nickel content on hardness and wear rate of surface modified cast aluminum bronze alloy,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 6617–6625, 2018.
- [5] I. Çelik, H. Gunal, Z. Barut, N. Acir, and M. Acar, *Çevre dostu toprak işleme uygulamaları*, Apr. 2018.
- [6] Z. Gözübüyük, İ. Öztürk, O. Demir, and A. Çelik, “Erzurum kuru tarım koşullarında farklı toprak işleme–ekim sistemlerinin toprak nem değişimine etkisi,” *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, vol. 8, no. 4, pp. 365–374, 2012.
- [7] M. Doğan, “Türkiye ziraatinde makineleşme: Traktör ve biçerdöverin etkileri,” *Coğrafya Dergisi*, no. 14, 2005.
- [8] E. Özgöz, E. Altuntaş, and M. Asiltürk, “Effects of soil tillage on energy use in potato farming in central anatolia of turkey,” *Energy*, vol. 141, pp. 1517–1523, 2017.
- [9] D. A. Lobb, E. Huffman, and D. C. Reicosky, “Importance of information on tillage practices in the modelling of environmental processes and in the use of environmental indicators,” *Journal of Environmental Management*, vol. 82, no. 3, pp. 377–387, 2007.
- [10] Anonim, *Tarım alet ve makineleri*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2015.
- [11] O. Polat, F. Balıkoğlu, and N. Arslan, *S tipi kulvitatör ayaklarının deneysel olarak yorulma ömrünün araştırılması*, 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, 2012.
- [12] U. Güleş and E. Altuntaş, “Farklı kültivatör uç demirlerinin malzeme özelliklerinin belirlenmesi,” *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, vol. 2013, no. 1, pp. 13–24, 2013.

- [13] W. D. Callister and D. D. Rethwisch, *Malzeme bilimi ve Mühendisliği*. Nobel, 2013.
- [14] N. Axén, S. Jacobson, and S. Hogmark, “Friction and wear measurement techniques,” in. Jan. 2001, vol. 2, pp. 493–510.
- [15] M. Tarhuni, “Bazı kültivatör uç demirlerinde aşınmanın azaltılabilmesini sağlayan yöntemler üzerinde araştırmalar,” Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1996.
- [16] K. Kato and K. Adachi, “Modern tribology handbook,” *Wear Mechanisms, cap*, vol. 7, 2001.
- [17] J. T. Burwell Jr, “Survey of possible wear mechanisms,” *Wear*, vol. 1, no. 2, pp. 119–141, 1957.
- [18] M. Binder, F. Klocke, and B. Doebbler, “Abrasive wear behavior under metal cutting conditions,” *Wear*, vol. 376, pp. 165–171, 2017.
- [19] Z. Chen, Q. Zhu, J. Wang, X. Yun, B. He, and J. Luo, “Behaviors of 40cr steel treated by laser quenching on impact abrasive wear,” *Optics & Laser Technology*, vol. 103, pp. 118–125, 2018.
- [20] A. S. Kang, G. Singh, and G. S. Cheema, “Improving wear resistance via hardfacing of cultivator shovel,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 8, pp. 7991–7999, 2017.
- [21] A. Orhan, “Gaz tungsten ark kaynak yöntemiyle üretilen fe esaslı kaplama tabakalarının aşınma ve mikroyapı karakteristiklerinin araştırılması,” Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2008.
- [22] G. Stachowiak and A. Batchelor, *Engineering tribology, vol. 24 of tribology series*, 1993.
- [23] J. G. R. Sereni, “Reference module in materials science and materials engineering,” 2016.
- [24] H. Bektaş, “Aşınan aks mafsalının dolgu kaynağı ile tamiri,” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2011.
- [25] S. Erdem, “Yüksek karbon içeriğine sahip, yüksek kromlu, manganlı ve alaşımsız düşük karbonlu çeliklerin aşınma davranışlarının araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2006.
- [26] S. Kumar and P. K. Ghosh, “Thermal behaviour of tig arc surfacing affecting mechanical properties of aisi 4340 steel substrate under static and dynamic loading,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 773, p. 138 734, 2020.
- [27] R. Yılmaz, “Fe-mn-c yüzey sertleştirme alaşımının mikroyapı ve aşınma özellikleri,” *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, Türkiye*, 2009.
- [28] S. Islak, “Gta yöntemi kullanılarak üretilen sic (p) esaslı kaplamaların aşınma davranışlarının incelenmesi,” *Engineering Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 227–237, 2013.

- [29] Anonim, "Invertec V205-T DC V205-T AC/DC", [Online]. Erişim adresi: <https://www.lincolnelectric.com/assets/servicenavigator-public/lincoln3/im937.pdf>. [Erişim tarihi: 19 Mayıs 2020].
- [30] S. O. Yılmaz, "Wear behavior of gas tungsten arc deposited fecr, fecrc, and wc coatings on aisi 1018 steel," *Surface and Coatings Technology*, vol. 201, no. 3-4, pp. 1568–1575, 2006.
- [31] J. Iwaszko, "Surface remelting treatment of plasma-sprayed al₂o₃+ 13 wt.% tio₂ coatings," *Surface and Coatings Technology*, vol. 201, no. 6, pp. 3443–3451, 2006.
- [32] S. Selvi, S. Sankaran, and R. Srivatsavan, "Comparative study of hardfacing of valve seat ring using mmaw process," *Journal of materials Processing technology*, vol. 207, no. 1-3, pp. 356–362, 2008.
- [33] Z. Horvat, D. Filipovic, S. Kosutic, and R. Emert, "Reduction of mouldboard plough share wear by a combination technique of hardfacing," *Tribology International*, vol. 41, no. 8, pp. 778–782, 2008.
- [34] A. Liu, M. Guo, H. Hu, and Z. Li, "Microstructure of cr₃c₂-reinforced surface metal matrix composite produced by gas tungsten arc melt injection," *Scripta Materialia*, vol. 59, no. 2, pp. 231–234, 2008.
- [35] M. Erdoğan, İ. Güneş, and M. Başpınar, "Lamel grafitli dökme demir yüzeylerinin mosi₂ ile yüzey modifikasyonu," *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, vol. 7, no. 3, pp. 45–54, 2010.
- [36] A. S. Kang, G. S. Cheema, and S. Singla, "Wear behavior of hardfacings on rotary tiller blades," *Procedia Engineering*, vol. 97, pp. 1442–1451, 2014.
- [37] F. Ghadami, M. H. Sohi, and S. Ghadami, "Effect of tig surface melting on structure and wear properties of air plasma-sprayed wc-co coatings," *Surface and Coatings Technology*, vol. 261, pp. 108–113, 2015.
- [38] D. Bartkowski and A. Bartkowska, "Wear resistance in the soil of stellite-6/wc coatings produced using laser cladding method," *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, vol. 64, pp. 20–26, 2017.
- [39] S. Kumar, P. Ghosh, and R. Kumar, "Surface modification of aisi 4340 steel by multi-pass tig arcing process," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 249, pp. 394–406, 2017.
- [40] A. Ardeshiri, M. H. Sohi, and A. Safaei, "Surface alloying of a2618 aluminum with silicon and iron by tig process," *Surface and Coatings Technology*, vol. 310, pp. 87–92, 2017.
- [41] L. Ya-long, D. Tian-shun, L. Guo-lu, W. Hai-dou, F. Bin-Guo, Z. Xiao-dong, and Z. Xiu-kai, "Microstructure and mechanical property of ni-based thick coating remelted by gas tungsten arc," *Vacuum*, vol. 155, pp. 260–269, 2018.
- [42] S. Dalmış, T. Teker, and S. Yılmaz, "Wear behavior of gta coated fecrc based bond alloy on an aisi 1040 steel substrate," *Kovove Mater*, vol. 56, pp. 339–348, 2018.

- [43] T. Teker, S. Karataş, and S. Yilmaz, “Microstructure and wear properties of fecrc, few and feti modified iron based alloy coating deposited by pta process on aisi 430 steel,” *Archives of Metallurgy and Materials*, vol. 59, no. 3, pp. 925–933, 2014.
- [44] K. S. Bal, J. D. Majumdar, and A. R. Choudhury, “Effect of electron beam accelerating voltage on the melt zone area, secondary-dendrite arm spacing and fusion line microstructure of bead-on-plate welded hastelloy c-276 sheet,” *Optik*, vol. 183, pp. 355–366, 2019.
- [45] E. Ghassemali, M. Riestra, T. Bogdanoff, B. S. Kumar, and S. Seifeddine, “Hall-petch equation in a hypoeutectic al-si cast alloy: Grain size vs. secondary dendrite arm spacing,” *Procedia Engineering*, vol. 207, pp. 19–24, 2017.



ÖZGEÇMİŞ

Kenan CAN, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun olmuştur. 2015 yılında Pamukkale Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2017 yılında Namık Kemal Üniversitesi'nde araştırma görevliliği kadrosuna atandıktan sonra eğitimine burada devam etmiştir.

