

**TOPRAK İŞLEME TARIM MAKİNELERİNDE
KULLANILAN 5630 KALİTE ÇELİĞİNİN
AŞINMA DİRENCİNİN
DEĞİŞİK YÜZEY PROSESLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Necip SELÇUK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2014

Bu tez çalışması 13.FEN.BİL.17 numaralı proje ile bilimsel araştırma projeleri tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK İŞLEME TARIM MAKİNELERİNDE KULLANILAN
5630 KALİTE ÇELİĞİNİN AŞINMA DİRENCİNİN DEĞİŞİK
YÜZEY PROSESLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Necip SELÇUK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2014

TEZ ONAY SAYFASI

Necip SELÇUK tarafından hazırlanan “Toprak İşleme Tarım Makinelerinde Kullanılan 5630 Kalite Çeliğinin Aşınmaya Bağlı Proseslerinin İyileştirilmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 18/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

Başkan	: Prof. Dr. Şükrü TAKTAK Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,	İmza
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,	İmza
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Sinan ULU Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,	İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Yılmaz YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

18/06/2014

İmza

Necip SELÇUK

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK İŞLEME TARIM MAKİNELERİNDE KULLANILAN 5630 KALİTE ÇELİĞİNİN AŞINMA DİRENCİNİN DEĞİŞİK YÜZEY PROSESLERİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

Öğrencinin Necip SELÇUK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

Tez çalışmasında, toprak işleme aletlerinde kullanılan 5630 kalite çeliğinden yapılmış pulluk uç demiri üzerindeki aşınma mekanizmalarının incelenmesi ve iyileştirilmesi üzerinde araştırma yapılmıştır. 5630 kalite çelikler içerisinde bor bulunan sıcak haddelemeye tabi tutulmuş yassı çeliklerdir. Tarım aletlerinde kullanılan kesici uçların aşınma direnci yüksek olması arzu edildiği için kullanılmaktadır. Bununla birlikte pullukta bulunan kazıcı uç (pulluk uç demirleri) sürtünme ve aşınmanın en fazla olduğu bölümdür. Bu bölüm diğer pulluk elemanlarına göre daha fazla aşınma göstermektedir.

5630 kalite çelikten yapılan pulluk uç demirlerinin aşınmasını azaltmak için çelik yüzeyi ark kaynağı yöntemi kullanılarak sert dolgu kaynağı yapılmış ve ayrıca aynı ana malzeme yüzeyine sıvı nitrüleme banyosunda nitrüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntemle malzemelerin yüzeyleri sert kaplama yapılarak çalıştığı ortamda aşınma direnci ve tokluğunda iyileştirme amaçlanmıştır.

5630 kalite çelikler Erdemir sıcak hadde ürünü olarak farklı kalınlıklarda üretilmektedir. Afyon organize sanayi bölgesinde tarım araçları üreten “Aktaşlar Tarım” firmasından 10 mm kalınlığında 5630 kalite çelik temin edilmiştir. Bununla birlikte dolgu kaynağı yapılacak malzemeler 8 mm kalınlığında temin edilmiştir. Çünkü tabaka oluşumundan sonra deney numunelerinin hazırlanmasında ortaya çıkacak talaş kaldırma işçiliğinin azaltılması ve aynı zamanda düzgün bir kabuk kaplama yapılması durumunda kaplamalı ürünün kesici uç olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Dolgu kaynağı uygulanan

malzemeler kesme, tornalama ve freze işlemleri ile standart numuneleri hazırlanmıştır. Nitrüleme yapılacak deney numuneleri 10 mm kalınlıkta hazırlanarak Konya organize sanayi bölgesinde ısıtma alanında hizmet veren “Selçuk Isıl İşlem” firması tarafından yapılmıştır. Nitrüleme parametreleri tarafımızdan belirlenmiştir. Gerek ark kaynağı ile yapılan kaplamada gerekse nitrüleme işlemlerinde kullanılan malzemelerde bu işlemlerden önce malzeme yüzeylerinin doğal kalıntılardan, oksit ve benzeri kirliliklerden arındırılmasına özen gösterilmiştir.

Sert dolgu elektrotları ile yapılan kabuk oluşturma işlemleri malzemelerin yüzeylerinde sertlik sağlar. Oluşturulan bu sert kabuk ana malzemeyi abrasif aşınmaya karşı dayanıklı yapar ve ana malzemenin daha az aşınmasını sağlayarak ürünün kullanılma ömrünü artırmaktadır. Bu çalışmada 5630 kalite çelik üzerine elektrik ark kaynak yöntemi ile “citomangan sert dolgu elektrodu” ve dolgu kaynaklarında kullanılabilen “EIS-410 NiMo” tipi paslanmaz çelik dolgu elektrotları “Magmaweld” firmasından temin edilerek elektrot çaplarına uygun parametreler kullanılarak metal yüzeyinde dolgu oluşturulmuştur.

Tuz banyosunda nitrüleme “Sıvı nitrüleme” işlemi aşınma direncinin artırılması için uygulanan en yaygın yüzey işlemlerinden biridir. Nitrüleme işleminde, iş parçası yüzeyinin Azot ile zenginleştirildiği bir termokimyasal süreçtir. Malzeme yüzeyine sert ve ince bir tabaka oluşturularak ana malzemenin yüzeyinde koruma sağlamaktadır. 5630 kalite çeliğinden yapılan numuneler tuz banyosunda 650 °C sıcaklıkta 4 saat bekletilerek yapılan sıvı nitrüleme işlemi ile yüzey sertleştirilmiştir. Banyodan çıkarılan numunelere direk su ile soğutma işlemi uygulanmıştır.

Bu tez çalışmasında ana malzeme ile birlikte 4 farklı numune oluşturulmuştur. Dolgu kaynağı ve sıvı nitrüleme yöntemi uygulanan 5630 kalite çelikleri aşınma deneyi uygulanarak ana malzemeye göre aşınma dirençleri karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte mikro yapılar incelenerek numunelerin mikro yapıları SEM ve optik mikroskopta incelenmiştir. Numunelerin farklı bölgeden alınan mikro sertlikleri ile sertlik değişim grafikleri oluşturulmuştur. Çentik darbe deneyi ile malzemenin sünek veya gevrek yapıları gözlenerek darbe dirençleri ölçülmüştür. SEM mikroskobundan alınan

görüntülerin analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak 5630 kalite çelik dolgu kaynak yöntemi ile yapılan sert tabakalı yüzey oluşturmada maliyet düşük olmakla birlikte aşınma direncinde %50 oranında artış sağlanırken ark kaynağı ile oluşturulan sert kabuk “citomangan sert dolgu elektrotunda” süneklik azalmakta gevrek kırılmaya eğilimli bir özellik göstermiştir. Fakat “EIS-410 NiMo” dolgu elektrotu ile oluşturulan sert kabuk ise sünek özellik göstermektedir. Nitrürleme işlemi, dolgu kaynak yöntemine göre yüksek maliyette olmasına rağmen temperlemenin de etkili olduğu bu işlemde tokluk yönünden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak nitrürleme işleminde oluşan tabakanın diğer sert kabuklara göre daha ince olması Abrasif aşınmaya karşı daha kısa süreli direnç göstermektedir.

2014, xiv + 63 sayfa

Anahtar Kelimeler: 5630 çeliği, Sert dolgu kaynağı, Sıvı nitrürleme, Aşınma

ABSTRACT
M.Sc Thesis

TILLAGE IS USED DEPENDING ON THE PROCESSES OF AGRICULTURAL MACHINES, IMPROVING THE CORROSION OF REINFORCING STEEL 5630

Necip SELÇUK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Metallurgy and Materials Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

In this research, there is a study about examining and improving on wear mechanisms of plowshare which made of 5630 quality steel . 5630 quality steels are flat steels which are hot rolled and that steels include boron. 5630 quality steels are preferable materials because wear resistance of plowshare of agricultural implement should have high values. However, plowshares have higher values of friction and wear than other parts of plow.

For decreasing wear of plowshares which are maded with 5630 quality steel, nitriding and hardfacing welding with arc welding techniques are applied on surface of 5630 quality steel materials. Aim of that two methods, improving satiety and wear resistance of material surfaces.

5630 quality steels are produced by Erdemir company with different thickness. 10 mm thickness 5630 quality steels are provided from Aktaşlar Tarım where situated in Afyonkarahisar organized industrial zone. On the other hand, 8 mm thickness materials are provided for fillet welding. Standard sample from fillet welded materials is prepared with milling, turning and cutting. Nitriding of samples which have 10 mm thickness is maded by Selçuk Isıl İşlem Company where situated in Konya Organized Industrial Zone. Parameters of nitriding are determined by our. We took care oxide and natural particules cleaning before all applications. Layers formed on surfaces of samples created hardness. The Layer on surface gived durability to main material and thus, lifetime of main material is increased.

Nitriding in salt bath is one of the widely using surface processing for increasing wear resistance. Nitriding is a thermochemical process that makes enrich with nitrogen on sample surface. This nitrogen layer provide more protection on the main sample surface. Samples which are maded form 5630 quality steel are incubated in salt bath on 650 °C degrees for 4 hours. Than samples are incubated under directly cold water.

In this thesis, 4 different samples are created with main sample. 5630 quality steels which are applied with Fillet weld and liquid nitriding compared with main sample on about wear experiment. At the same time, micro structure of samples are examined under scaning elektron microscope (SEM) and light microscope. And also, micro hardness graphs are created.

Consequently, 5630 quality steel with fillet weld technique has low prices and also provides 50 percentage on wear resistans. Hardness layer which is created by arc weld “on citomangan hard fillet weld electrode” plasticity is decreased and inclined to brittle fracture. But layer which is consisted from nitriding process is more thin than other hardness layers, so this is provide more shortly resistance to abrasive wear.

2011, xiv + 63 pages

Key words: 5630 steel, hardness fillet weld, liquid nitriding, wear

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Grv. Yelda AKÇİN'e ve Sayın Arş. Grv. Melih ÖZÇATAL'a, malzeme konusunda yardımlarını esirgemeyen Aktaşlar Tarıma, nitrürasyon işleminde bu hizmeti sunan Selçuk Isıl İşleme her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışması 13.FEN.BİL.17 numaralı proje ile bilimsel araştırma projeleri tarafından desteklenmiştir.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Necip SELÇUK
AFYONKARAHİSAR, 2014

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	6
2.1 Tarım Sektörü ve Toprak İşleme	6
2.1.1 Sektörün Tanımı ve Kapsamı	6
2.1.2 Tarımda Makineleşme	7
2.1.3 Tarım Alet ve Makineleri	12
2.1.4 Toprak İşlemenin Amacı	14
2.1.5 Pulluklar	15
2.1.5.1 Kulaklı Pulluklar	16
2.1.5.2 Diskli Pulluklar.....	18
2.1.5.3 Döner Kulaklı Pulluklar	18
2.1.5.4 Dip Kazan Pulluklar	18
2.2 Aşınma ve Aşınmanın Özellikleri.....	19
2.2.1 Aşınmanın Tanıma	19
2.2.2 Aşınmanın Çeşitleri	19
2.2.2.1 Adhesif Aşınma	20
2.2.2.2 Abrasif Aşınma.....	21
2.2.2.3 Korozif Aşınma	22
2.2.2.4 Erozif Aşınma.....	22
2.2.2.5 Yorulma Aşınması.....	23
2.2.3 Toprak İşleme Alet ve Makinelerinde Aşınma.....	24
2.2.4 Aşınma Ölçüm Yöntemleri.....	25
2.2.4.1 Ağırlık Farkı Metodu.....	25
2.2.4.2 Kalınlık Farkı Metodu	25

2.2.4.3 İz Değişiminin Ölçülmesi Metodu	26
2.2.4.4 Radyo İzotoplarla Ölçme Metodu	26
3. MATERYAL ve METOT	27
3.1 EU 30MnB5 Kalite Çeliği ve Özellikleri.....	27
3.2 Citomangan Kaynak Elektrotu.....	27
3.3 EIS 410 NiMo Kaynak Elektrotu.....	28
3.4 Sert Dolgu Kaynağı ile Yüzey İşlemleri.....	28
3.5 Sıvı Nitrürleme İle Yüzey İşlemleri.....	30
3.6 Numunelerin Hazırlanması	31
4. BULGULAR	36
4.1 Mikroyapının İncelenmesi	36
4.2 Charpy Darbe – Tokluk Deneyi.....	40
4.3 Mikro Sertlik Ölçümleri.....	45
4.4 SEM analizleri	48
4.5 Aşınma Deneyi	53
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	57
6. KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

C_a	Makinenin efektif alan iş başarısı (ha/h)
V	Makinenin ilerleme hızı (km/h)
B	Makinenin iş genişliği (m)
E_f	Zamandan yararlanma katsayısıdır (%)
M_t	Tamir masrafı (TL/h)
SAF	Makinenin satın alınma fiyatı (TL)
r	Tamir masrafı faktörü (0,8-1,3)
T	Makinenin tüm kullanım süresidir (h)
M_b	Makinenin bakım masrafı (TL)
t_b	Her çalışma için gerekli bakım süresi (h)
$ü$	İşçi ücretidir (TL/h)
$N_ç$	Makinenin gereksinim duyduğu çeki gücü (kW)
F	Makinenin çeki kuvveti (kN)
V	Makinenin çalışma hızıdır (m/s)
N_{pto}	Makinenin kuyruk mili gücü gereksinimi (kW)
N_b	Makinenin özgül gücü (kW/m)
b	Makinenin iş genişliğidir (m)
N_{ph}	Hidrolik güç (kW)
Q	Hidrolik sistemdeki akışkanın debisi (L/s)
P	Sistemin basıncıdır (kPa)
N_k	Makinenin kasnak gücü (kW)
n	Kasnak devri (d/d)
M_d	Dönme momentidir (Nm)
G	Sarkacın ağırlığı (kg)
L	Sarkacın ağırlık merkezinin sarkacın salınım merkezine uzaklığı(m)
h	Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m)
h_1	Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m)
α	Düşme açısı (derece)
β	Yükseliş açısı (derece)
N_{top}	Toplam güç
E	Kırılma enerjisi

Kısaltmalar

DPT	Devlet planlama teşkilatı
AB	Avrupa birliği
NACE	Avrupa topluluğunda ekonomik faaliyetlerin istatistiki sınıflaması
SITC	Standart uluslar arası ticaret sınıflaması
DTÖ	Dünya ticaret örgütü
ITAB	Isı tesiri altındaki bölge
SEM	Taramalı elektron mikroskobu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kulaklı pulluk elemanları.....	17
Şekil 3.1 Elektrik ark kaynağı uygulaması.....	30
Şekil 3.2 Numune hazırlama basamakları.....	33
Şekil 3.3 Charpy deney numunesi ölçüleri ve üç boyutlu görüntüsü.....	35
Şekil 3.4 Aşınma deney numunesi ölçüleri ve üç boyutlu görüntüsü.....	35
Şekil 4.1 5630 kalite çelik 200x büyütmede mikro yapısı.....	36
Şekil 4.2 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede ana malzemenin 200x büyütmede mikro yapısı.....	37
Şekil 4.3 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 200x büyütmede mikro yapısı.....	37
Şekil 4.4 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 500x büyütmede mikro yapısı.....	38
Şekil 4.5 Citomangan sert dolgu kaynaklı numunede ana malzeme 200x büyütmede mikro yapısı.....	38
Şekil 4.6 Citomangan sert dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 200x büyütmede mikro yapısı.....	39
Şekil 4.7 Sıvı nitrürlü numunenin ana malzemesi 200x büyütmede mikro yapısı.....	40
Şekil 4.8 Sıvı nitrürlü malzemenin nitrür tabakası ve ana malzemenin 1000x büyütmede mikro yapısı.....	40
Şekil 4.9 Charpy deneyi.....	41
Şekil 4.10 Charpy darbe-tokluk cihazı.....	42
Şekil 4.11 Çentikli kırılmış 5630 çelik (a), EIS 410 dolgu tabakalı (b), citomangan dolgu tabakalı (c) ve sıvı nitrürlü (d) numunelerin makro yapı görüntüsü.....	45
Şekil 4.12 Optik mikroskopta mikro sertlik ölçüm aralığı.....	46
Şekil 4.13 EIS 410 kaynaklı malzemenin ana malzemedan kaynak tabakasına doğru sertlik değerleri.....	47
Şekil 4.14 Citomangan kaynaklı malzemenin ana malzemedan kaynak tabakasına doğru sertlik değerleri.....	47
Şekil 4.15 Sıvı nitrürlü malzemenin yüzeyden ana malzemeye doğru sertlik değerleri.....	48
Şekil 4.16 Sıvı nitrürlü malzemenin esas metalinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.....	49

Şekil 4.17 Sıvı nitrürlü malzemenin tabaka bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.	49
Şekil 4.18 EIS 410 dolgu kaynaklı malzemenin tabaka bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.	50
Şekil 4.19 EIS 410 dolgu kaynaklı malzemenin esas metal bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.	50
Şekil 4.20 Citomangan dolgu kaynaklı malzemenin kaynak tabakasından alınan SEM ve EDX görüntüleri.	51
Şekil 4.21 Citomangan dolgu kaynağı yapılmış malzemenin esas metalden alınan SEM ve EDX görüntüleri.	51
Şekil 4.22 Esas metalden alınan EDX haritalama görüntüleri.	52
Şekil 4.23 410 NiMo dolgu kaynağı yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.	53
Şekil 4.24 Citomangan sert dolgu kaynağı yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.	53
Şekil 4.25 Sıvı nitrürleme işlemi yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.	53
Şekil 4.26 Aşınma deney düzeneği.	54
Şekil 4.27 Numunelerin aşınmaya bağlı ağırlık değişim grafiği.	55
Şekil 4.28 5630 kalite çelik aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.	55
Şekil 4.29 EIS 410 NiMo dolgu tabakalı aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.	56
Şekil 4.30 Citomangan dolgu tabakalı aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.	56
Şekil 4.31 Sıvı nitrürlenmiş aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 5630 kalite çeliğinin kimyasal bileşimi(%).	27
Çizelge 3.2 Citomangan sert dolgu elektrotunun kimyasal bileşimi(%).	28
Çizelge 3.3 EIS 410 NiMo paslanmaz çelik dolgu elektrotunun kimyasal bileşimi(%).	28
Çizelge 4.1 Joule cinsinden darbe tokluk değerleri.	43

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 3.1 a) Malzemelerin sepete yerleştirilmesi b) Malzemelerin tuz banyosuna daldırılması c) Malzemelerin soğutma işlemi	31
Resim 3.2 a) Otomatik şerit testere makinesi b) Kesme işlemi c) Su jeti ile kesme işlemi	34
Resim 3.3 a) Parlatma cihazı b) Kesme cihazı.....	34

1. GİRİŞ

Günümüzde insan nüfusunun artması ile birlikte beslenme ihtiyacını karşılayabilmek için tarım sektöründe gelişmeler yaşanmaktadır. Toprağı daha kısa sürede ve sürekli olarak işlemek ön plana çıkmaktadır. Toprağın uzun süreli işlenebilmesi üretilen araç ve gereçlerin kullanım ömürlerini kısalmaktadır. Bu nedenle üretilen malzemelerin daha sağlam ve kaliteli olması istenilmektedir. Toprak işleme aletlerinde istenilen sağlamlık ise malzemenin aşınmaya karşı direnci ile sağlanabilir. Toprak işleme araçlarında mineral aşınmasına karşı aşınma direnci yüksek aynı zamanda da maliyeti düşük üretim yöntemleri üzerinde durulmaktadır.

Tarım sektörü, Tarım Alet ve Makineleri İmalat Sanayi sektörünce üretilen ürünlerin pazarı durumundadır. Dolayısıyla tarım sektöründe ortaya çıkan olumlu ya da olumsuz gelişmeler doğrudan bu sektöre yansımakta, bu sektördeki olgular da dolaylı biçimde tarım sektörünü etkilemektedir (DPT 1995). Tarım alet ve makinelerinde geliştirilen ürünler bağlantılı olarak tarım sektörünü buradan da insanların ihtiyaçlarının giderilmesini sağlayacaktır.

Çelikler, üstün mekanik özellikleri, talaşlı ve talaşsız imalata yatkınlıkları ve alternatif diğer malzemelere kıyasla daha ucuz olmaları nedeniyle, günümüzde en yaygın olarak kullanılan mühendislik malzemeleridir. Çelikler özellikle abrasif aşınmaya maruz kalan makine parçalarının üretiminde, dişli üretiminde, piston üretiminde, otomotiv sektöründe, yapı sektöründe ve mühendisliğin çeşitli alanlarında geniş kullanım alanına sahiptir. Bu nedenle aşınmaya karşı daha dirençli çeliklerin üretilmesi gittikçe önem kazanmaktadır (Yegen 2009).

İlk kez Sümer ve Mısır uygarlıklarında incelenen aşınma daha sonraki zamanlarda Rönesans devrinde Leonardo da Vinci (1452-1519) ve G. Amontons (1663-1705) tarafından incelenerek ana prensipleri ortaya konmuştur. Farklı mekanizmalarla gerçekleşen farklı aşınma tipleri madencilik, tarım, makine, otomotiv, yapı sektörü gibi birçok endüstri alanında makine elemanlarının ve mühendislik malzemelerinin ömrünü önemli ölçüde azaltarak büyük ekonomik (iş, zaman, malzeme vb.) kayıplara neden olmaktadır (Erdem 2006).

Dünya endüstrisi her yıl aşınmadan dolayı milyarlarca dolar değerindeki makine parçasını hurdaya atmaktadır. Endüstrinin pek çok alanındaki tesislerin ve makinelerin etkin çalışmasını azaltan, güç kayıplarını ve yedek parça kullanım oranını arttıran aşınma olayı sonucunda duruş kayıpları, montaj ve demontaj süreleri ve randıman kayıpları da göz önünde bulundurulursa bu milyarlarca dolarlık kayıp katlanarak daha da artmaktadır (Tabur 2003).

Tarım alet ve makinelerinin işleyici organlarında oluşan yıpranma; aletin işletme şartlarına, aletin konstrüksiyonuna, toprağın yapısına ve benzeri birçok çevresel etkenlere bağlı olarak oluşurlar. Özellikle, toprakla doğrudan temas halindeki aktif parçaların aşınması, toprak içerisindeki sert cisimlerin (kaya, taş, kök vb.) aşındırıcı etkisiyle meydana gelir. İşleyici organlarda meydana gelen bu aşınma abrasif aşınma prensibiyle meydana gelmektedir. Toprak işleme aletlerinde diğer aşınma türleri olan adhesif ve kohesif aşınma nadiren meydana gelmektedir (Karamış 1985).

Adhesif aşınma ise, iki metal arasında belli temas noktalarında, malzemenin akma mukavemetinin aşılmasıyla meydana gelen aşınma tipidir. Yüksek hız ve yüklenmelerde görülür. Yorulma aşınması dediğimiz kavram ise, periyodik yüklemelerde görülen ve yüzey altında zayıf noktalar meydana getirip, çatlaklar oluşturan aşınma tipi olarak açıklanabilmektedir. Korozif aşınma; kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda metal yüzeylerinde korozyon oluşarak, mekanik etkenlerle taşınması olayıdır. Bunun yanında tabaka aşınması; yüzeylerin hava ile temasa girmesi sonucunda oluşan sert tabakaların değişken yükler altında kırılması ve bu olayın sürekli yinelenmesi ile oluşur. Yenme aşınması dediğimiz aşınma tipi ise; birbirine kuvvetle temas eden iki metal yüzey arasında düşük genlikli titreşimlerin meydana gelmesiyle oluşur. Adhesif aşınmanın şiddetli bir çeşididir (Yücel 1999).

Bitkisel üretim işlemlerinde toprak işleme en önemli işlemlerin başında gelir. Toprağa yapılan ilk işlem olan toprak işleme ürünün verimini ve kalitesini direk olarak etkiler. Toprak işleme alet ve makinelerinin kullanımında karşılaşılan en büyük ve önemli sorun toprağa doğrudan temas eden aktif organlarının kısa sürede aşınmalarıdır. Aşınmadan dolayı da görevlerini yapamamalarıdır. Toprak işleme alet ve makinelerinin görevlerini

istenildiği düzeyde yerine getirebilmeleri, aktif organlarının kalitesi ile büyük ölçüde doğru orantılıdır (Şenay 2013). Toprak işleyen aktif metal uçlarda aşınmadan kaynaklanan ve oldukça büyük miktarlarda olan malzeme kayıpları, araştırmacıları farklı malzeme ve/veya yeni yüzey modifikasyon işlemlerini araştırmaya ve geliştirmeye itmektedir (Er 2003).

Mekanik bir işlem olan toprak işleme tarımın en eski uygulaması olarak bilinir. Birincil toprak işleme aletlerinden olan pulluk, toprak işlemenin en temel ve en eski aleti olarak kabul edilir (Mutaf 1974). Kulaklı pulluklar toprağı kesmek, kaldırmak, parçalamak ve devirmek için kullanılan ve keski demiri, uç demiri, kulak taban demiri, kulak uzantısı gibi aktif ve pasif elemanlardan oluşan bir bütündür (Mutaf 1974). Traktörün üç nokta askı sistemine bağlı olarak çalışan asılır tip bir kulaklı pullukta, özellikle ok, kulak ve pulluk uç demiri (bıçak), değişik toprak koşullarında ve değişik çalışma hızlarında çeki kuvvetine bağlı olarak farklı ve çok büyük yüklerle yüklenir (Gürsel ve Köftecioglu 2006).

Pulluk metalinin bu yüklerle ve toprağın yapısına göre göstermiş olduğu sürtünme kuvveti pullukta aşınmalara sebep olur. Kulaklı pullukların toprağı ilk batan kısmı olan pulluk uç demiri ise en fazla aşınmanın ve malzeme kaybının yaşandığı elemandır. Pulluk uç demiri aşınmanın etkisiyle birlikte işlevini yerine getiremez. Pulluk uç demirinin aşınması aynı zamanda toprağı batmasını ve battıktan sonra çeki gücüyle birlikte enerji kullanımının artmasına da neden olmaktadır. Pulluk uç demiri işlevini yerine getiremediği takdirde toprakta istenilen tabaka oluşturulamaz ve verimli üretim sağlanamaz.

Toprak özellik bakımından heterojen bir yapıya sahiptir. İçerisinde farklı ebatlarda organik ve/veya inorganik maddeler barındırabilir. Toprağı etki eden diğer faktör ise çevre ve doğa olaylarıdır. Bu faktörlerin etkisi ile toprak yumuşak veya sert yapıda olabilir. Toprağın içerisinde barındırdığı sert maddeler darbe etkisi ve aşınma etkisi göstermektedir. Bu nedenle toprak işleme aletlerinde sertlik ve tokluk kavramları ön plana çıkmaktadır. Ancak sertlik artışı için tokluk azalmaktadır. Toprak işleme aletleri ile ilgili yapılan araştırmalarda pulluk uç demirini oluşturan malzemenin yapısını

değiştirmekten çok maliyeti düşük yüzey işlemlerine gidildiği gözlenmiştir.

Metal malzemelerin yüzeylerine uygulanan ısıl işlemlerin yanında hem ısı girdisi ile sertleştirilebilen hem de koruyucu kalkan görevi gören dolgu kaynağı ile kaplama ve nitrüleme yöntemleri bulunmaktadır. Yüzey işlemleri ana malzemenin özelliklerinden farklı olarak yüzeyde yeni bir tabaka oluşturabilmektedir. Bu tabaka sayesinde ana malzeme özellikleri talepleri karşılamasa dahi yüzeyine yapılan ince bir tabaka sayesinde istenilen yapı oluşturulabilmektedir. Bu yapı kullanım ömrüne direk etki etmektedir. Aynı zamanda onarımı ve bakım maliyeti de düşmektedir.

Kaynak teknolojisinin önemli bir bölümünü oluşturan metal ve alaşımları farklı ortamlarda ve farklı amaçlar için kullanılırlar. Metal yüzeylerinin dış ortamlardan korunması veya kullanım alanına göre; maruz kaldığı yorulma, sürtünme ve aşınmaları ortadan kaldırmak veya minimuma indirmek amacıyla çeşitli yüzey işlemlerine ve üretim yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Çay vd. 2004).

Sert dolgu, aşınmaya karşı daha nitelikli yüzeyler oluşturmak veya parçaları orijinal boyutlarına getirilebilmek için metal parçaların yüzeylerinin değişik kaynak yöntemleri kullanarak özel alaşımlı malzemelerle doldurulmasıdır. Metalik malzemeler birçok nedenle aşınırlar. Sert dolgu, metal parçaların çalışma ömürlerini uzatmak için aşınma direnci yüksek yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir metottur. Yararlarının içinde daha az parça değişim ihtiyaçı, bakım süresinin azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği, sökme takma süresinin azalması, stok bulundurma miktarlarının azalması ve genel maliyetlerin azalması vardır. Sert dolgu işlerinin çoğu tamir veya bakım operasyonunun bir parçasıdır (Cavcar 1998).

Nitrüleme işlemi, metal malzemelerin yüzeyinden azot emdirilerek yüzeylerin sertleşmesi, aşınma direncinin arttırılması ve korozyonun önlenmesi gibi mekanik özelliklerin iyileştirilmesini sağlar (Shen, Oh and Lee 2005). Termokimyasal yüzey sertleştirme işlemlerinin en önemli ve en eski metodu yüzey katmanının kimyasını değiştiren çeliğin nitrülenmesidir (Brooks 1992). Uzun zamandır kullanılmakta olan gaz nitrüleme yönteminde yüzeyde oluşan Fe₂N nitrür katmanından farklı olarak tuz

banyosunda nitrürleme yönteminde sert ve aşınma direnci yüksek olan bir katman ortaya çıkar (Funatani 2005).

Bu çalışmada toprak işleme tarım aletlerinden olan Erdemir 5630 kalite çeliğinin sert dolgu kaynak yöntemi ile yüzey kaplama ve nitrürleme yöntemi ile yüzey sertleştirme işlemleri uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucu aşınma değerleri gözlenerek malzemelerin kütle kaybı tayin edilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Tarım Sektörü ve Toprak İşleme

Günümüzde her alanda olduğu gibi tarım alet ve makineleri sektöründe de teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Tarım için kullanılan arazilerden daha kısa sürede daha çok verim elde edilebilmesi için tarımda makineleşme gerekmektedir. Üretilen makine ve aletler dünya standartlarına uygun kaliteli yapılardan oluşmalıdır. Bu durum üretici ve tüketicinin memnun kalmasını sağlayarak üretilen ürünlerinde istenilen özelliklerde olmasına zemin hazırlayacaktır.

Toprak işleme araçlarının dayanıklı malzemeler olması enerji tasarrufu ve malzeme kaybının önüne geçmektedir. Kullanılan aletlerin uzun ömürlü olması tüketicinin üretimde daha aktif ve verimli sonuçlar elde etmesini sağlayacaktır.

2.1.1 Sektörün Tanımı ve Kapsamı

Tarım, insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri konusunda beslenme ve giyim gibi temel ihtiyaçları için gerekli hammaddeleri sağlayan bir sektördür. Artan nüfus miktarı tarımın geniş alanlarda yapılmasını, tarımsal üretimde kullanılan tohum, su, gübre, ilaç, makine girdilerinin etkin kullanımını gerektirmiştir (Acar ve Öztürk 2011).

Tarım alet ve makineleri sektörü, imalat sektörünün yatırım malları üreten bir alt sektördür. Bunlar tarımsal mekanizasyon araçları olarak da isimlendirilir. Bu araçlar tarımsal üretimde işgücü verimliliğini artıran, maliyetleri düşüren, modern üretim teknolojilerinin kullanılmasını ve işlemlerin zamanında ihtiyaçlara uygun şekilde yapılmasını sağlar ve ürün kalitesini artıran önemli bir tarımsal üretim girdileri grubunu oluşturmaktadır (TC Ekonomi Bakanlığı 2012).

Tarım alet ve makinelerin üretiminde genel olarak metal yapılar kullanılmaktadır. Kullanılan ekipmanların büyük çoğunluğu yüzey özellikleri bakımından aşınmaya maruz kalmaktadır.

Tarımsal üretimde en önemli girdilerden biri olan tarım makinelerinin kullanıcısı olan çiftçilerin bitkisel ve hayvansal üretim sürecindeki en büyük amacı, makine masraflarının en aza indirilebilmesidir. Bu amaca ulaşabilmeleri için makinenin doğru seçimi ve kullanımı yanında onların nasıl onarılacağını, hatta nasıl imal edildiğini de bilmeleri gerekir (Acar ve Öztürk 2011).

2.1.2 Tarımda Makineleşme

Geniş alanlarda daha fazla miktar ve kalitede üretim yapılabilmesi için zamanla artan oranda tarımda makine kullanımı yaygınlaşmıştır. Girdiler içerisinde en pahalılarından biri olan ve yetiştirilen ürünlerin miktarı ve maliyeti üzerinde çok etkili olan, doğru kullanılmadığında toprak ve çevreye olumsuz etkileri olabileceğinden tarımda makine kullanımı, üzerinde dikkatle durulması gereken bir konudur (Acar ve Öztürk 2011).

Tarım sektöründe makineleşme ilk olarak Sümerlerin sabanı bulması ile gerçekleşmiştir. Ancak sabanın yanında insan ve hayvan gücünden de yararlanılmıştır. Sabandan örnek alınarak pulluğun gelişmesi ise Roma İmparatorluğu döneminde gerçekleşmiştir. Günümüzde ise insan ve hayvan gücünün yerini makine ve motorlar almıştır. Tarımın her alanında çiftçinin daha hızlı ürün elde etmesini sağlayan alet ve makinelerin kullanımı mevcuttur.

Makine sözcüğünün en genel tanımı, “herhangi bir enerji türünü başka bir enerjiye dönüştürmek veya belirli bir etki oluşturmak için birleştirilmiş aletler bütünü” şeklindedir. Bilindiği gibi makineler ikiye ayrılmaktadır. *Termik makineler*, yakıt enerjisini dönüştürerek hareket enerjisi oluşturur. Hareketle birlikte güç elde edilir. Yani gücü ve hareketi kendileri üretirler. Örneğin traktör, güç kaynağı olan bir termik makinedir ve bu tip makineler arasında en önemlisidir (Çakır 2005).

Yardımcı makineler, güç kaynağından alınan hareket enerjisini diğer enerji türlerine dönüştürerek istenilen işlerin yapılması için kullanılırlar. Tarım makineleri, adından da anlaşıldığı gibi zirai işlemede kullanılmak üzere imal edilirler. Birincil ve ikincil toprak işleme makineleri olmak üzere 2'ye ayrılırlar (Çakır 2005).

Birincil toprak işleme makineleri grubunu, anız bozmada, toprak yırtmada vb. işlemlerde kullanılan pulluklar, kültivatörler (kaz ayakları), dipkazanlar gibi makineler oluşturmaktadır. İkincil toprak işleme makineleri grubu ise, rotatiller (freze), merdane, mibzer, (ekim makinesi), çizer, fertilizer (gübre makinesi), pülverizatör (ilaçlama makinesi) gibi makinelerden oluşur. Bu makineler, traktörün arka bölümündeki, “üç nokta asma düzeni” denilen, bir üçgen şeklinde (üstte bir adet, altta iki adet askı aparatı) olan düzenek ile taşınır. Kimi makineler üç noktadan da bağlanır (pulluk gibi), kimisi serbest ilerleme bakımından sadece iki noktadan bağlanır (ekim makinesi gibi). Bu askı düzeneği dışında traktörün kuyruk milinden aldığı dönme hareketini, çeşitli hareketlere dönüştürerek (dairesel, düzlemsel, eliptik vs. hareket) işleyen makineler de vardır. Bu makineler arasında en çok kullanılanlar ise freze, ekim makinesi gibi makinelerdir. Tarım makineleri mühendisliği, işte bu makinelerin tasarımı, işlevi ve geliştirilmesi ile ilgili bir mühendislik branşıdır. Bu branşta hem termik (güç) hem de iş makineleri incelenir. Güç makinesi olan traktör; iş makinesi olarak freze, pulluk vb. hem güç hem de iş makinesi olarak biçerdöverler (kombine) sayılabilir (Çakır 2005).

Tarımsal mekanizasyon ile insan iş gücünün verimliliğinin artırılması ve böylece işin maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır. Bu amaca; doğrudan tarımsal işin daha kısa sürede bitirilerek birim iş için tüketilen zamanın kısaltılıp bir insan iş gücüne düşen tarım alanının artırılması ya da dolaylı olarak tüm biyolojik olanakları değerlendirilerek birim alandan elde edilecek verimin, dolayısıyla işletmenin tüm üretim yeteneğinin artırılması ile ulaşılabilir. Mekanizasyonun diğer bir yararı da tarım işlerini kolaylaştırarak tarımın karakterini değiştirmesi ve genellikle güç olan tarımsal işleri, çalışanları daha az yoran ve çekici bir iş haline dönüştürmesidir (Acar ve Öztürk 2011).

Tarımda makineleşme ile birlikte makinelere harcanan belli güç ve masraf unsurları bulunmaktadır. Makineler toprağı işleyerek verimi arttırlar. Üretilen mahsulün yüksek verimde olması istenmektedir. Kullanılan makinelerin hem alımda hem de kullanımda maliyetinin ve masraflarının düşük ancak çeki gücü, hidrolik gücü, kasnak mili gücü ve kuyruk mili gücünün yüksek olması istenmektedir. Bunun için kullanılan motorun ve toprak işleme aletlerinin tasarım yönünden toprağa yatkınlığı üst düzeyde olmalıdır. Gücü etkin kılabilme ve tasarruf edebilme içinde alet ve makinelerin kullanıldığı

malzeme kaliteli olmalıdır.

Tarım makinelerinde efektif iş başarısı gerçek çalışma koşullarında, arazide alan iş başarısı ve birim ürün miktarı olarak dikkate alınır. Tarlada ilerleyerek iş yapan alet ve makinelerde alan iş başarısı, makinenin çalışma genişliği, çalışma hızı, çalışma süresi ve zamandan yararlanma katsayısına bağlıdır ve aşağıdaki formülle hesaplanır (Acar ve Öztürk 2011).

$$C_a = \frac{V \cdot B}{10} \cdot \frac{E_f}{100} \quad (2.1)$$

Bu formülde;

C_a : Makinenin efektif alan iş başarısı (ha/h)

V: Makinenin ilerleme hızı (km/h)

B: Makinenin iş genişliği (m)

E_f : Zamandan yararlanma katsayısıdır (%)

Tamir Masrafı, makinenin çalışmaya hazır tutulması için yapılan masraflardır. Makinenin kullanım süresine, çalışma koşullarına, eskimişliğine, bakımının yapılmasına, kullanan operatöre ve makinenin sağlamlığına göre değişir. Aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Acar ve Öztürk 2011).

$$M_t = \frac{SAF \cdot r}{T} \quad (2.2)$$

Bu formülde;

M_t : Tamir masrafı (TL/h)

SAF: Makinenin satın alınma fiyatı (TL)

r: Tamir masrafı faktörü (0,8-1,3)

T: Makinenin tüm kullanım süresidir (h)

Bakım Masrafı, tarım makinelerinin çalışabilmeleri için yapılan temizleme, yağlama, yer değiştirme, bileme gibi masraflardan oluşur ve aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Acar ve Öztürk 2011).

$$M_b = t_b \cdot ü \quad (2.3)$$

Bu formülde;

M_b : Makinenin bakım masrafı (TL)

t_b : Her çalışma için gerekli bakım süresi (h)

$ü$: İşçi ücretidir (TL/h)

Çeki Gücü, Tarlada çekilerek çalıştırılan tarım makinelerinde güç gereksinimi, çalışma koşullarında gereksinim duydukları çeki kuvveti ve ilerleme hızına göre aşağıdaki şekilde değişmektedir (Acar ve Öztürk 2011).

(2.4)

$$N_{\text{ç}} = \frac{F \cdot V}{102}$$

Bu formülde;

$N_{\text{ç}}$: Makinenin gereksinim duyduğu çeki gücü (kW)

F : Makinenin çeki kuvveti (kN)

V : Makinenin çalışma hızıdır (m/s)

Makinenin çeki kuvveti (F), tarlada çekilerek çalıştırılan makineler için; toplam iş genişliği (m) ve birim iş genişliği başına düşen özgül çeki direnci (kN/m) değerine göre değişir. Özgül çeki direnci, toprağı derinden işleyen makinelerde daha yüksek (örneğin diskli anız bozma pulluğunda 250 kN/m), toprak üzerinde yuvarlanan makinelerde daha düşük (traktörle çekilen üniversal ekim makinesinde 60 (kN/m) değerlerdedir. Traktörler için çeki gücü yanında kuyruk mili gücü, hidrolik güç ve kasnak gücü çıkışları da söz konusudur (Acar ve Öztürk 2011).

Kuyruk Mili Gücü (PTO), günümüzde toprak frezesi gibi birçok tarım makinesi bir mafsallı shaft aracılığıyla traktör kuyruk milinden alınan hareketle çalıştırılmaktadır. Makinenin ihtiyaç duyduğu kuyruk mili gücü aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Acar ve Öztürk 2011).

$$N_{\text{pto}} = N_b \cdot b \quad (2.5)$$

Bu formülde;

N_{pto} : Makinenin kuyruk mili gücü gereksinimi (kW)

N_b : Makinenin özgül gücü (kW/m)

b: Makinenin iş genişliğidir (m)

Hidrolik Güç, devirmeli tip tarım arabalarının kasalarının kaldırılmasında traktör hidrolik gücünden yararlanır. Traktör hidrolik gücü şöyle hesaplanabilir (Acar ve Öztürk 2011).

$$N_{ph} = \frac{Q \cdot P}{1000} \quad (2.6)$$

Bu formülde;

N_{ph} : Hidrolik güç (kW)

Q: Hidrolik sistemdeki akışkanın debisi (L/s)

P: Sistemin basıncıdır (kPa)

Kasnak Gücü, traktör kasnağından hareket alarak sabit koşullarda iş yapan sapdöver harman makinesi gibi tarım makinelerinde güç gereksinimi, kasnağın dönme momentine, devrine, çapına ve hareketi ileten kayışların özelliklerine bağlıdır ve şöyle bulunabilir (Acar ve Öztürk 2011).

$$N_k = \frac{\pi \cdot n \cdot M_d}{30000} \quad (2.7)$$

Bu formülde;

N_k : Makinenin kasnak gücü (kW)

N: Kasnak devri (d/d)

M_d : Dönme momentidir (Nm)

Uygulamada birçok tarım makinesinin iş yapan üniteleri hem traktör kuyruk milinden, hem hidrolik sistemden hareket alıp, çekilerek iş yaptığından, bu tip makinelerin toplam gereksinim duydukları güç şöyle bulunur (Acar ve Öztürk 2011).

(2.8)

$$N_{top} = N_{\zeta} + N_{pto} + N_{ph}$$

Bu formülde;

N_{top} : Toplam güç

2.1.3 Tarım Alet ve Makineleri

Türkiye’de tarım alet ve makineleri sektöründe yaklaşık 130 dan fazla özelliklerde makine üretimi yapılmaktadır. Bunlar toprak işleme ve tohum yatağı hazırlama makine ve ekipmanı, ekim, dikim makine ve ekipmanı, gübreleme makineleri, bitki koruma ve sulama için araç ve donanımlar, hasat makineleri ve ekipmanı, makine ve ekipmanlarını oluşturmaktadır (TC Ekonomi Bakanlığı 2012).

Cumhuriyet döneminde toprak dağılımına ilişkin ilk veriler ilk kez 1950-52 yıllarında toplanmış ve bunlar il düzeyinde “1950 Ziraat Sayımı Neticeleri” adı altında 1956 yılında yayımlanmıştır. Bu sayım sonuçlarına göre köylerde yaşayan 2.760.304 ailenin 336.860’ı topraksızdır. İşlenen alana göre yapılan değerlendirmelerde ise, içinde topraksızların da bulunduğu 2.527.800 aile, toplam 19.451.940 hektar toprağı işlemektedir (Köymen 1999).

1950 sayım sonuçlarına göre toprak dağılımının en adaletsiz olduğu üç bölge sırasıyla; Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve Ege bölgeleridir. Akdeniz ve Ege ticari tarımın en gelişkin olduğu bölgeleri oluştururken Güneydoğu Anadolu bu açıdan en geri kalmış bölge olarak dikkat çekmektedir. Akdeniz ve Ege’de büyük mülkiyet, büyük ölçekli pazara yönelik üretim anlamına gelirken, Güneydoğuda az gelişmiş tarımsal yapılara özgü bir büyük toprak mülkiyeti yapısı söz konusudur. Toprak temerküzünün yüksek olduğu bölgelerde, işlediği toprağın tamamına sahip olan aile oranı Türkiye ortalamasına göre düşük bulunmaktadır. İş hayvanı olmayan aile oranı ise en yüksek Ege bölgesinde bulunmaktadır. Kentleşmenin yoğun olduğu Marmara’da 500 dekar toprağı olan işletmeler önemli değildir; bu bölgede işletmelerin %82,6’sı 100 dekara kadar olan toprak grubunda yer almakla birlikte, diğer bölgelere göre yarı-mal sahipliğinin en yüksek olduğu yöredir (Köymen 1999).

Tarım sektöründe yıllar içerisinde küçük, orta ve büyük ölçekli firmalar kurulmuştur. Bu firmaların kaplamış olduğu alan ve işletme sayılarına bakıldığında 1980 yılı itibariyle en fazla gözlenen işletme biçiminin %32,6 ile 20-49 dekar büyüklüğüne sahip işletmelerin oluşturduğu görülmektedir. Bu değerler 1991 ve 2001 tarım sayımlarında da önemli bir değişikliğe uğramamış, 2001 verilerine göre % 31,5 olarak

gerçekleşmiştir. İkinci sırada ise 50-99 dekar büyüklüğüne sahip işletmeler oluşturmaktadır. Bu grubun 1980 yılında %21,1 olan payının 2001 yılında %18,5'e gerilediği görülmektedir. Diğer yandan toprak payının en yüksek olduğu grup 20-49; 50-99; 100-199 ve 200-499 dekar toprağa sahip gruplardır. Bu dört grubun 1980 yılında toplam toprak içerisindeki payı % 83,8 iken, 1991 'de %77,2'e gerilemiş, ancak 2001 yılında tekrar yükselerek %83,3 olarak gerçekleşmiştir (Eşiyok 2004).

Toprak yoğunlaşmasının en hızlı gerçekleştiği kategori 1000-2499 dekar büyüklüğüne sahip kategoride gerçekleşmiştir. Buna göre 1980 yılında toplam içerisinde %1,6 olan bu kategorinin payı, 1991 yılında %5,9'a çıktıktan sonra, 2001 yılında %3'e gerilemiştir. Başka bir deyişle, 1980-1991 arasında 1000-2499 dekar arazi grubunda önemli bir yoğunlaşma yaşanırken, 1991-2001 döneminde yoğunlaşmanın düştüğü izlenmektedir (Eşiyok 2004).

Türkiye 2009 yılında 131 milyon dolar düzeyinde tarım alet ve makinesi ithal etmişken bu rakam 2011 yılı sonu itibarıyla bir önceki yıla göre %63'lük bir artış oranı ile 387 milyon dolara ulaşmıştır. İthalatta en önemli kalem biçerdöverlerdir. Bu ürün grubunda yapılan ithalatın toplam tarım alet ve makineleri ithalatı içindeki payı % 24'tür (TC Ekonomi Bakanlığı 2012). Alet ve makinelerin tarıma yönelik olarak üretilenlerinin önemli bir kısmı da yurtdışından ithal edilmektedir. Tarım alet ve makinelerinin ithal alınmasının sebebi olarak yetersiz teknoloji, kalitesiz malzeme üretimi ve piyasaya yeteri kadar üretim sağlayabilecek işletmelerin bulunmaması gösterilebilir. Üretilen bu malzemelerin 2009, 2010 ve 2011'e ait dağılımı gösterilmiştir. Bu dağılımlarda pullukların ithalatının düşük olduğu ve yıllara göre dağılımının da farklı olduğu görülmektedir. 2009'dan 2010'a gidildikçe azalma görülürken 2011'de tekrar bir artış mevcuttur (TC Ekonomi Bakanlığı 2012).

Tarım alet ve makineleriyle ilgili kurulan firmalar ve firmaların gelişebilmesi için uygun pazarların olması gerekmektedir. Bu sebeple yurtiçine yapılan satışlarla birlikte yurtdışına yapılan satışlarda büyük önem taşımaktadır. 1980'li yıllarda kurularak temeli atılan firmalardan günümüze gelindiğinde bazı tarım araç ve gereçlerindeki ihracat payı artmıştır. Tarım alet ve makinelerinin üretimi pazarın talebine bağlı olarak

gerçekleşmektedir. Bu nedenle yıllar içerisinde dalgalanmalar mevcuttur. Tarım alet ve makinelerinin 2009, 2010 ve 2011 yıllarındaki ihracatta gerçekleşen değişiklikler makine ve aletlerin yıllara göre değişimi kendi içinde farklılık göstermesine rağmen genel duruma bakıldığında her yıl biraz daha artış olduğu görülmüştür. Tarım alet ve makinelerinin en önemli üretim ve ithalat oranlarından biride pulluklardır. Pulluklarında talepler doğrultusunda yıllara göre ithalatında dalgalanmalar mevcuttur. 2009 yılından 2010 yılına gelindiğinde az bir farkla ithalat düşmüştür. Ancak 2010 yılından 2011 yılına gelindiğinde ise büyük bir artış söz konusudur. İthalatta daha fazla artış için üretilen pulluk ve pulluk elemanlarının kalitesinin de artırılması gerekmektedir. Kaliteli ve maliyeti düşük olarak üretilen pullukların ihracatına talep artması muhtemeldir (TC Ekonomi Bakanlığı 2012).

2.1.4 Toprak İşlemenin Amacı

Toprak, kendi haline bırakıldığında istenilen şartlarda üretim sağlanamaz. Bunun için toprağın işlenmesi sulanması ve verimli üretim için elementlerle zenginleştirilmesi gerekmektedir. Toprak işlenerek toprağın havalanması, daha rahat su emilimi, sert ve sıkı toprağın parçalanması, toprağın kabartılması ve karıştırılarak ilgili elementlerin homojen yayılması sağlanabilir.

Toprak işlemede ortaya çıkan direnç değişkendir. Bu direnç toprağın fiziko-mekanik özellikleri ile ilişkili olarak değişebildiği gibi, toprak işlemek için kullanılan aletlerin yapısıyla ve aletlerin kullanım şekliyle ilişkili olarak değişiklikler gösterir. Toplam çeki direncini meydana getiren dirençler ve bu dirençlerin büyüklüklerine etki eden faktörler şu şekilde sıralanabilir: toprağın cinsi, özgül ağırlığı, nemi, sürtünmesi, çizi derinliği ve genişliği, toprak işleme aletinin ilerleme hızı, pulluk keskin kenarlarının keskinlik derecesi, aletinin yapısal özelliği, çeki aracı ile bağlantı ve ayar durumu (Şenay 2013).

Toprak işlemede en çok problem yaşanan konuların başında aşınma gelmektedir. Aşınma toprağa temas eden yüzeylerde gerçekleşmektedir. Aynı zamanda dengeli bir aşınma söz konusu değildir. Toprağın içerisinde barındırdığı farklı yapı ve oluşumlar hem çeki gücüne etki etmektedir hem de aşınma dağılımını belirlemektedir. Pulluklarda en çok aşınan bölge olan pulluk uç demirlerine çözüm ise yüzey işlemleri ile

sağlanabilir.

Toprağın parçalanması işleminde toprak toz haline getirilerek erozyona maruz bırakılmamalıdır. Erozyona uğrayan topraktan verim alınmadığı gibi yağmur ve kar sularıyla toprak kaybına ve tarım arazisinde eğime bağlı bozulmalara neden olmaktadır.

Toprağın üst yüzeyleri sürekli ekim ve dikim faaliyetleri ile uzun yıllar kullanılır. Bu durumda toprağın üst katmanındaki yapı giderek elementler yönünden zayıflar. Bu yapının toprağın döndürülmesi ile alt tabakayla karışması sağlanır. Ayrıca üst tabakada bulunan organik maddeler dönme sonucunda toprak altında kalarak çürümeye bırakılır.

Toprağın yüzeyine herhangi araç ile yapılan basınç sonucu toprakta sıkışmalar meydana gelir. Eğer bu sıkışmalar toprağın uzun süre işlememesi ile birleşirse toprağın su ve hava dengesi bozulabilir. Toprak işlemede toprağın kabartılması ve arasında boşlukların bırakılması hem dengeyi geri getirir hem de organizmaların verimli çalışmasını sağlar. Toprağın her yerinde homojen ortamın sağlanması için toprağın etkin bir şekilde karıştırılması gerekir.

2.1.5 Pulluklar

Pulluklar toprağın bitkisel üretim için yeterli olan 20-25 cm'lik üst katmanını kabartıp kısmen veya tamamen devirerek işleyen aletlerdir. Pullukla işlenen toprak, yağmur ve kar sularını kolay geçirir, nemi iyi tutar, havalanma durumu iyileşir ve bitki köklerinin uzamasına fazla direnç göstermez. Toprak işleminin tarım tekniğinin gerektirdiği şekilde yapılabilmesi için çeşitli tip ve özelliklere sahip pulluklar geliştirilmiştir. Pulluklar, işleyici gövde biçimleri, kullanma şekilleri, işleyici gövde sayıları gibi özelliklere göre sınıflandırılabilirler (Acar ve Öztürk 2011).

Toprağın ısı, nem ve hava gibi etkenlerden faydalanması gerekmektedir. Topraktan istenilen şekilde ürün alabilmek için toprağı iyi işlemek ve gereksinimlerini gidermek gerekmektedir. Toprak işlemede genellikle tarım alet ve makinelerinden pulluk kullanılmaktadır.

Pulluklar toprağı işlerken toprak üzerindeki organik maddeleri toprağa gmmektedirler. Aynı zamanda sıkışmış toprağı da gevşeterek toprağın nem, hava ve su geçirgenliğini sağlamış olurlar. Pulluklar farklı ebat ve tiplerde bulunmaktadır. Bunların en yaygın kullanılanı ise kulaklı pulluk tipidir.

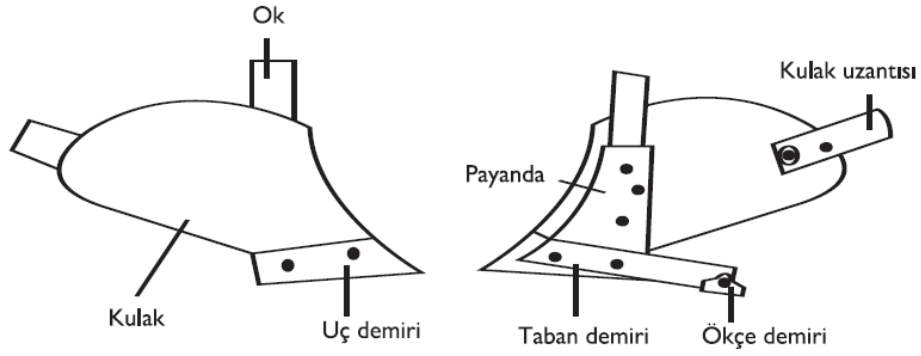
Pulluk eşitleri şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Kulaklı pulluklar
- Diskli pulluklar
- Döner kulaklı pulluklar
- Dipkazan pulluklar

2.1.5.1 Kulaklı Pulluklar

Kulaklı pulluklar toprağı devirerek, alt st ederek işlerler. Kulaklı pullukla işlemede toprak, bir dikdörtgen prizma şeklinde şeritler halinde kesilir, alt-st edilir, gevşetilir, kabartılır, kısmen parçalanır ve daha önce açılmış olan izinin üzerine yana devrilir (Acar ve ztrk 2011). Pullukların sayısı bir ile yirmi arasında art arda sırlanarak toprak işleme yapılabilir.

Kulaklı pulluklar; uç demiri, kulak, taban demiri ve varsa ke demiri, kulak uzantısı, keski demiri, ngvdecik gibi işleyici elemanlar ile payanda, çatı, traktöre bağlantı yerleri, ayar düzenleri ve tekerlekler gibi yardımcı elemanlardan oluşmuştur. Aktif elemanlar toprağı hareket ettirirler ve onunla doğrudan temas halindedirler. Yardımcı elemanlar ise pulluğun aktif elemanlarını bir arada tutarlar, ayar yapılmasını sağlarlar, taşınmasına ve dengeli çalışmasına yardımcı olurlar (Acar ve ztrk 2011). Kulaklı pulluk elemanları şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kulaklı pulluk elemanları (Acar ve Öztürk 2011).

Uç demiri; pullukta toprağa ilk batan eleman olan pulluk uç demiri toprağı keserek kulak elemanına doğru yükseltir. Uç demiri pulluğa sağlam bir şekilde bağlı olmalıdır. Pulluk uç demiri kulak ile birlikte pulluğun yüzey kısmını oluşturmaktadır. Uç demiri ile taban demiri arasında alt kavrama payı bırakılmalıdır. Bu payın az olmasında pulluğun toprağa batması güçleşirken bu payın fazla olmasında ise pulluk toprağa çok batarak derinlik normalden fazla olur ve pulluğu çeken aracı kullanmak güçleşir. Pulluk uç demirine alt kavrama payı verildiği gibi yine taban demirinden yan kavrama payı verilir. Böylelikle pulluğun sürülen veya işlenmemiş toprak tarafına geçmesi engellenir.

Kulak; pulluklarda kulağın görevi uç demirinden gelen toprağın yüzeyinde hareket ederek dönmesini sağlar. Kulaklarda kendi arasında 4 gruba ayrılmaktadır. Bunlar, dik kulaklı, orta dik kulaklı, yarı bükük kulaklı ve tam bükük kulaklı pulluklardır. Bunların kullanımı toprak durumuna ve kullanım hızına göre farklılık göstermektedir.

Taban demiri; toprak işleme sırasında uç demiri ve kulak tarafından kesilen ve devrilen toprak şeridinin oluşturduğu direnç, pulluk aktif yüzeyini çizgi tabanına ve çizgi duvarına itmeye çalışır. Pulluğun bu kuvvetleri dengeleyebilmesi için çizgi duvarına doğru yerleştirilmiş taban demirinden yararlanır (Acar ve Öztürk 2011).

Payanda; kulak ve uç demiri gibi aktif elemanlar bir yanından kulaklı pulluğun çatısına bağlanan payandanın diğer tarafına havşa başlı cıvatalarla tutturulur. Emniyet düzeneği; sürüm sırasında, toprağın çok sertleşmiş kısımlarından ya da taş, ağaç kökü gibi maddelerden kaynaklanan normalin üzerindeki kuvvetlerden pulluk elemanlarının ve bağlantılarının korunması için kesilme pimli, cıvatalı ya da yaylı emniyet düzenlerinden

yararlanılır (Acar ve Öztürk 2011).

2.1.5.2 Diskli Pulluklar

Diskli pulluklar, 50-60 cm çapında kenarları keskin iç bükey diskin bir mile bağlanarak toprağın içinde yuvarlanarak toprağı şerit halinde kesen pulluk tipidir. Toprak disk boyunca yukarıya taşınır ve sıyrıcı tarafından dağılarak düşer. Diskli pullukların kesme yüzeyleri ince olduğu için daha az kuvvetle iş yapılabilir. Ancak toprağı işlediği alan dar olduğundan dolayı kullanılan aracın daha fazla mesafe kat etmesine sebep olur. Kumlu ve nemli bölgelerden ziyade taşlı ve bitki örtüsü fazla olan topraklarda kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise toprağı ince bir şerit halinde kesmesidir. Toprak işleme esnasında yuvarlanarak ilerlemesinden dolayı kulaklı pulluklara göre daha az aşınır.

2.1.5.3 Döner Kulaklı Pulluklar

Döner pulluklar aynı çiz üzerinde gidilip gelinerek düz sürüm yapmak için kullanılırlar. Döner pulluklar kulaklı pullukların sırt sırta vermesi ile kulaklı pulluklara göre iki kat büyüklüğündedirler. Pulluğu çeken aracın kullanımı esnasında dönüşlerde zamandan ve yakıttan tasarruf etmesini sağlar. Ancak kulaklı pulluklara göre daha maliyetlidirler. Yüzeyin düzgün bir şekilde sürülmesini ve erozyonu engellemektedirler. Kulaklı pulluklar ile aynı elemanlara sahiptirler.

2.1.5.4 Dip Kazan Pulluklar

Ülkemizde en çok kullanılan derin toprak işleme makinesi dipkazandır. Pullukla her yıl aynı derinlikte işlenen topraklarda bu işleme derinliğinin altında taban taşı denilen sert bir tabaka oluşur. Bu tabaka toprağın üst kısmındaki suyun derinlere sızmasını engeller ve böylece toprağı düşen yağışların yüzeyde akmasına, erozyona neden olur. Aynı zamanda bitkilerin köklerinin derinlere gitmesini engeller ve dolayısıyla bu tabakanın altındaki besin maddelerinden yararlanılamamasına neden olur. Bu olumsuzluklardan dolayı taban taşının dipkazan gibi derin sürüm yapabilen makinelerle kırılması gerekir (Acar ve Öztürk 2011).

2.2 Aşınma ve Aşınmanın Özellikleri

2.2.1 Aşınmanın Tanıma

Genel anlam olarak aşınma malzeme yüzeyine temas eden parçaların mekanik, fiziksel ve kimyasal etkenlerle etki edecek şekilde mikroskobik parça kopmalarına neden olan malzeme kaybı olarak tanımlanabilir. Aşınma olabilmesi için farklı iki malzemenin birbirine temas etmesi ve hareketin olması gerekmektedir. Metal yüzeylere kullanım amacına göre farklı malzemeler etki edebilmektedir. Türbin kanatlarına suyun yani sıvı bir maddenin etkisi bulunurken ziraat makinelerinde toprağın etkisi ile katı madde etkisi bulunmaktadır. Aşınmanın tam olarak gerçekleşmesi için süreklilik önemlidir. Mekanik hareketle birlikte malzeme yüzeyinde sürtünmenin sağlanması uzun süreli olduğu takdirde aşınmaya sebep olmaktadır.

Aşınma, makine parçalarında enerjiden, malzemedan ve zamandan kayıplara yol açarlar. Ülke ekonomisine büyük ölçüde zarar verdiği için dolayı aşınma, makine parçalarında istenmez. Aşınma çeşitlerinin ve mekanizmalarının iyi derecede bilinmesi, aşınmanın önüne geçmekte önemlidir. Bununla birlikte aşınan malzemelere yapılan yüzey işlemleri, malzeme seçimleri ve yağlama sistemleri gibi iyileştirme çalışmalarında da ilerleme kaydedilecektir (Yu ve Bhole 1990).

Aşınmayı, tüm aşındırıcı etkenler göz önünde bulundurularak incelenmesi gerekmektedir. Aşınma, tribolojik sistem olarak adlandırılan sistem bütünlüğü içinde değerlendirilmelidir. Aşınma, tribolojik sistemin en önemli özelliklerinden biridir, sertlik veya çekme dayanımı gibi malzeme özelliği değildir. Aşınma direnci, tribolojik sistem olarak bilinen ana cisim, karşı cisim ve ara maddeden oluşan, birbirleri ile karşılıklı temas eden bu elemanlardaki yük ile hız ve termal koşulların birleşik etkisinin sonucudur (Uetz ve Föhl 1978).

2.2.2 Aşınmanın Çeşitleri

Aşınma, hareketli makine parçalarının ömürlerini, performanslarını azaltan ve bu parçaların bozulmasına neden olan çok önemli bir faktördür. Bu sebeple, ekonomik

açından aşınmanın neden olduğu kayıplar ve hasarlar çok büyük olmaktadır. Aşınma mekanizmalarının tanımlanmasında en etkili aşınma türü dikkate alınır (Urun 2008). Aşınma malzemelere, uygulama yöntemlerine ve çevresel faktörlere göre değişik tiplerde olabilir. Bunların en önemlileri adhesif aşınma, abrasif aşınma, erozif aşınma, korozyon aşınma ve yorulma aşınmasıdır.

2.2.2.1 Adhesif Aşınma

Adhesif aşınma, yapışma aşınması olarak da bilinmektedir. Temas eden iki yüzey arasında malzeme veya malzemelerden küçük boyutlu parçaların ana malzemeden ayrılarak yapışması sonucu gerçekleşir. Genellikle metalin metal malzemeye sürtünmesi ve mekanik hareketi sonucu gerçekleşir. Metal malzemelerde yapışma işlemi sıcak durumda olabildiği gibi soğuk durumlarda da gerçekleşebilir.

Soğuk durumda yapışmasının temel sebebi uygulanan yüküdür. Yüzeydeki gerilmenin üzerine etki eden düşük yüklerde bile akma sınırını geçmesi muhtemeldir. Böylelikle soğuk ortamda malzemenin üzerinden parçalar koparak yapılabilmektedir. Soğuk durumda metal malzeme yüzeyleri pürüzsüz olursa adhesif aşınma biraz daha azalacaktır.

Metal malzemelerin yüzeylerinin pürüzsüz olması tek başına adhesif aşınmanın önüne geçmez. İki yüzey arasındaki sürtünmeden kaynaklı ısı girdisi yapışmayı kolaylaştıracaktır. Kullanılan metal malzemelerin kristal kafes yapıları birbirinin aynısı veya yakın ise bu da adhesif aşınmayı hızlandırmaktadır.

Adhesif aşınmanın önüne geçmek için farklı metal malzemeler kullanılması gerekmektedir. Kullanılan malzemeler plastik deformasyona yatkın olmamalıdır. Yüksek sürtünme katsayısına sahip olan malzeme kullanılmamalıdır. Plastik deformasyona yatkın olmayan malzemeler genellikle sert olan ve içerisinde karbon bulunan metal malzemelerdir.

Metal malzemelerin temas ettikleri yüzeylerin üzerinde sıvı olması adhesif aşınmayı engellemektedir. Metallerin yüzeyleri yağlanarak hem sürtünmenin önüne geçilebilir

hem de yüzeyler arasındaki ısı düşürülebilmektedir. Yüzeyler temasın engellenmesi için düzgün bir şekilde yağlanmalıdır.

Birbiri içinde çözünen malzemelerin tercih edilmesi aşınmayı hızlandırmaktadır. Bunun için temas eden yüzeylerdeki metallerin birbiri içinde çözünmeyen metallerden seçilmesi veya metallerin yüzeyleri kimyasal işlemler uygulanarak kaplanması aşınmayı azaltacaktır.

2.2.2.2 Abrasif Aşınma

Abrasif aşınma yırtılma veya çizilme aşınması olarak da isimlendirilmektedir. İki malzemenin birbiri ile hareketli durumda belli bir temas sağlayarak pürüzlü yapının diğer malzemedan küçük parçacıklar kazınması sonucu oluşan malzeme kaybı olarak tanımlanır.

Abrasif aşınmanın olması için bir malzemenin yumuşak diğerinin ise sert malzeme olması gerekir. Sert malzeme yumuşak malzemeye çizerek aşındırma gerçekleşir. Aşındırmanın etkisi üzerine uygulanan yük, pürüzlü yüzeyin şekli ve temasın gerçekleştiği hız önemlidir.

Aşındırıcı etki gösteren sert parçacıklar abrasif veya erozif aşınmaya neden olurlar. Sanayideki uygulamalarda genellikle karşılaşılan mekanik hasar türü abrasif aşınmalardır. Bu tip aşınma; madencilik uygulamalarında, toprak kazma alet ve makinelerinde, minerallerin işlenmesinde, tarım aletlerinde ve diğer pek çok uygulamalarda meydana gelmektedir (Misra ve Finnie 1982).

Abrasif aşınmanın engellenmesinde veya aşınma hızının azaltılmasında en etkili yol, malzeme yüzey sertliğinin artırılmasıdır. Ancak bu yöntemin bazı malzemelere uygulanmasıyla gevrek kırılma gibi daha büyük problemlerle karşılaşılır (Eryiğit 2012).

Abrasif aşınmanın gerçekleşmesini sağlayan pürüzlerin ortadan kaldırılması çizilmeyi önleyeceğinden aşınmada azalma meydana gelir. Bu sebepten dolayı yüzeylerin temiz ve pürüzsüz hale getirilmesi gerekmektedir.

Makine parçalarında çeşitli hasarlara neden olan ve bu nedenle üretimin durması yada aksaması, iş kalitesinin ve miktarının düşmesi, büyük oranlarda bakım-onarım, parça değiştirme ve işçilik masraflarına sebep olan abrasif aşınmayla; aşınmaya karşı dirençli malzemeler veya kaplamalar kullanmak suretiyle, dizayn değişikliği yaparak, sisteme istenmeyen sert parçacıkların girmesinin sızdırmazlık elemanlarıyla önüne geçilmesi ve sistemdeki hava ve yağlayıcıların filtrasyonu ile mücadele edilebilir (Khruschov 1974).

2.2.2.3 Korozi Aşınma

Aşınan yüzeyler, aynı zamanda korozi etkilere de uğrarsa buna korozi aşınma denir. Kimyasal korozyon tek başına oluşabileceği gibi diğer aşınma çeşitleriyle de meydana gelebilmektedir. Yüzeye sıkıca yapışmış olan film tabakaları kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini engelleyerek yüzeyin aşınma direncini artırır. Fakat film yüzeyde kırılabilir veya gevşek ise aşınmanın miktarı hızla artmaktadır. Çünkü sürtünme hareketi sırasında filmler çatlar ve yerinden kopar (Şenay 2013).

Aşınma çevrede bulunan ve/veya malzeme yüzeyinde bulunan kimyasalların tepkimeye girmesi ile gerçekleşir. Bu kimyasallar gaz olabileceği gibi sıvı olarak da bulunabilir. Kimyasallar tepkimeye girdiğinde belirli bir süre sonunda malzeme üzerinde oksit tabakaları oluşmaktadır. Oluşan oksit tabakası malzeme kaybına sebep olur. Korozi aşınmada yüzey bölgesinde oluşan oksit tabakası sürtünme esnasında malzemeye çizerek de aşındırma yapmaktadır.

Korozi aşınmayı önlemek için malzeme yüzeyi koruyucu tabaka ile kaplanabilir. Eğer malzeme yüzeyi tabakaya uygun değilse malzemeye uygulanan yük azaltılabilir. Korozi aşınma tarım alet ve makinelerini de önemli derecede etkilemektedir.

2.2.2.4 Erozi Aşınma

Erozi aşınmanın abrasif aşınmadan temel farkı aşınmanın sert partiküllerin yüzeyi kazımasından çok yüzeye çarpması sonucu meydana gelmesidir. Buna örnek olarak gaz türbinlerinin nozul ve kanatçıklarının yanma ürünleri içerisindeki katı parçacıklar

tarafından aşındırılması verilebilir (Yegen 2009).

Erozif aşınmada söz konusu tanecikler farklı ebat ve geometrik şekillerde bulunabilir. Bu taneciklerin erozif aşınmayı gerçekleştirebilmesi için belli bir hızda malzeme yüzeyine darbe yapması gerekmektedir. Etki eden darbe ile malzeme yüzeyinden mikroskobik boyutta parçalar koparak malzeme kaybı yaşanmaktadır. Burada en önemli faktör hızdır. Hızın artması malzeme yüzeyine darbe sayısını arttıracak ve aşınma süresi kısılacaktır.

Malzeme yüzeyine etki eden parçacıklar sıvı ya da gaz ortamda taşınabilir. Ortamında etkisi ile birlikte aşınma gerçekleşecektir. Bu aşınma ortamın sıcaklığına, darbe hızına, parçacıkların sertliğine ve ebatlarına göre değişim göstermektedir. Ortamdaki sıcaklığın artması aşınmayı da arttıracaktır.

Erozif aşınma; pervane, türbin kanatlarında ve kumlama makinelerinde görülebilmektedir. Darbe etkisi sağlayan parçaların katı olması yanında ortamın etkisi de bulunmaktadır. Sıvı ya da gazdan oluşan bir ortamda katı parçacıkların etkisiyle birlikte sıvının ya da gazında malzeme yüzeyine etkisi bulunmaktadır.

2.2.2.5 Yorulma Aşınması

Yüzeylerin sürekli ve değişken yüklere maruz kalmaları yüzeyin hemen altında yorulma çatlaklarının oluşmasına neden olur. Bu mikro çatlaklar zamanla ilerleyerek malzemenin yüzeyinden pulcuk şeklinde parçacıkların kopmasına sebep olur. Bu şekilde meydana gelen aşınmaya yorulma aşınması denir. Genellikle dişli çarklarda, rulmanlı yataklarda, demiryolu raylarında, soğuk veya sıcak haddeleme işlemlerinde görülmektedir (Kara oğlu 2006).

Yüzeye etki eden kuvvetin bu temas alanlarına oranlanmasıyla çok yüksek gerilmeler ortaya çıkar. Bunun sonucunda yüzeyin bir miktar altında çatlaklar oluşmaya başlar. Yükün her tekrarında bu çatlaklar yüzeye doğru ilerler ve bir süre sonra yüzeyden küçük çukurlar şeklinde malzeme kaybı gerçekleşir (Atik 2006).

Maksimum kayma gerilmelerinin bulunduğu yerde, plastik deformasyon ve dislokasyon olaylarına bağlı olarak çok küçük boşluklar meydana gelir. Bu boşlukların zamanla yüzeye doğru ilerleyerek büyümesi, yüzeyde küçük çukurların ortaya çıkmasına sebep olur. Bu tür aşınma daha çok dişli çarklarda, rulmanlı yataklarda ve yuvarlanma hareketi yapan mekanizmaların yüzeylerinde görülür (Kayalı vd.1997).

2.2.3 Toprak İşleme Alet ve Makinelerinde Aşınma

Tarımsal üretimde en önemli olay olan toprak işleme sürecinde kullanılan toprak işleme aletlerinin işleyici organlar, belirli bir kullanma süresi içerisinde yıpranarak ya da aşınarak yararlı kullanılabilme özelliklerini yitirirler. Tarım alet ve makinelerinin işleyici organlarında oluşan yıpranma; aletin işletme şartlarına, aletin konstrüksiyonuna, toprağın yapısına ve benzeri birçok çevresel etkenlere bağlı olarak oluşurlar. Özellikle, toprakla doğrudan temas halindeki aktif parçaların aşınması, toprak içerisindeki sert cisimlerin (kaya, taş, kök vb.) aşındırıcı etkisiyle meydana gelir. İşleyici organlarda meydana gelen bu aşınma, abrasif aşınma prensibiyle meydana gelmektedir. Toprak işleme aletlerinde diğer aşınma türleri olan adhesif ve kohesiv aşınma nadiren meydana gelmektedir (Şenay 2013).

Abrasif aşınma, biri yumuşak diğeri sert iki malzemenin birbirine hareketli bir şekilde teması ile gerçekleşir. Toprak işleme aletlerinde sert malzeme toprak ve toprağın içerisindeki organik ve inorganik maddelerdir. Toprağa göre yumuşak malzeme ise alet ve makinelerde kullanılan çelik yapılardır. Aşınma olayı toprak işleme aletlerine toprağın sürünerek yüzeyde ilerlemesi ile gerçekleşir. Buradaki etkili faktörler hız ve uygulanan yüküdür.

Tarım alet ve makinelerinde aşındırmayı sağlayan aşındırıcı topraktır. Aşındırıcı maddelerin sertliği arttıkça malzemeye uygulanan yük sabit bırakıldığında malzeme üzerindeki aşındırma etkisi de artmaktadır. Bununla birlikte aşındırıcının boyutu arttırıldığında aşınma derecesi de artar. Aşındırıcının bir diğer etki alanı ise geometrik şeklindedir. Eğer toprağın içindeki aşındırıcılar pürüzsüz ve köşesiz küre gibi yapılardan ise aşındırma azalmaktadır. Toprağın yapısı köşeli ve pürüzlü taneciklerden oluştuğunda malzeme yüzeyinde aşınma etkisi büyümektedir.

Tarım alet ve makinelerinin işleyici organların imalatında kullanılan malzemeler; şekil, miktar ve ölçü bakımından, kolaylıkla temin edilebilir özellikte olmalıdır. Üretim işlemleri bakımından, malzemenin biçimlendirilebilme özelliği (dökülebilme, dövülebilme, soğuk ve sıcak şekillendirilme ve talaşlı işlenebilirlik), ısıt işlemlerle işlenecekse ısıt işlem yöntemi, malzeme seçimini etkileyen başlıca faktörlerdir. Bu açıdan, tarım aletlerinin işleyici organları için en uygun malzeme, sertleştirilme özelliğine sahip çeliklerdir. Çünkü çelikler, normalize halde kolaylıkla şekil verildikten sonra, ısıt işlemler uygulanarak sertleştirilir ve aşınma dirençleri arttırılabilir (Şenay 2013).

İşleyici organlarda, toprağa temas eden kesit alanının artmasıyla birlikte, aşınma oranı da artmaktadır. Toprak işleme aletlerinde dikdörtgen kesitli kesme ağızlarının en fazla, üçgen ve trapez kesitli kesme ağızlarının daha az aşınmaya uğradığı, ince uzun kesici kenarları olan iş organlar doğrusal aşınma, küt ve kalın kenarlı iş aletlerinde ise, ağırlık aşınması olduğu belirlenmiştir (Richardson 1969).

2.2.4 Aşınma Ölçüm Yöntemleri

2.2.4.1 Ağırlık Farkı Metodu

Ağırlık farkı ile ölçme yöntemi ekonomik bir yöntemdir. Malzemenin ağırlığında yaşanan kayıp 10⁻³ veya 10⁻⁴ hassaslığında duyarlı teraziler ile ölçülür. Aşınmanın miktarı gram veya miligram olarak belirtilir.

Hacimsel aşınma miktarı olarak belirtilmek istendiğinde ise malzemenin yoğunluğu ve numune üzerine düşen yük hesaba katılarak birim yol ve birim yükleme ağırlığına karşılık gelen hacim kaybindan yola çıkılarak ağırlık kaybı hesaplanır (Yegen 2009).

2.2.4.2 Kalınlık Farkı Metodu

Aşınma esnasında oluşacak boyut değişikliğinin ölçülmesi, başlangıç değerinin karşılaştırılması ile elde edilir. Kalınlık olarak tespit edilen değer, hacimsel olarak tespit

edilip birim hacimdeki aşınma miktarı elde edilir. Kalınlık hassas ölçme aletleri ile $\pm 1\mu\text{m}$ duyarlıkta ölçülebilir (Eryiğit 2012).

2.2.4.3 İz Değişiminin Ölçülmesi Metodu

Sürtünme yüzeyi bölgesine geometrisi belirli bir iz, plastik deformasyonla oluşturulur. Deney boyunca bu izin karakteristik bir boyutunun değişimi ölçülür. Uygulamalarda en çok kullanılan alet Vickers veya Brinell sertlik ölçme aletleridir (Eryiğit 2012).

2.2.4.4 Radyo İzotoplarla Ölçme Metodu

Sürtünmenin yüzey bölgesinin proton, nötron veya yüklü α - parçacıkları ile bombardıman edilerek radyoaktif hale getirilmesi esasına dayanır. Aşınma miktarının yüksek derecede hassasiyetle ölçülmesi ve sistem içerisinde çalışma şartları değiştirmeden ölçü alınabilmesi en büyük avantajıdır (Eryiğit 2012).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 EU 30MnB5 Kalite Çeliği ve Özellikleri

Çelikler demir elementinin içerisinde karbon bulunan alaşımıdır. Karbon miktarı arttıkça çeliklerin sertliği de artmaktadır. Çelikler ısıtılma işlemine uygulanmaya ve yüzey işlemleri uygulanmaya elverişlidir. Çelikler içerisine katılan elementler ile istenilen mekanik ve fiziksel özelliklere sahip hale getirilebilir. Çeliklere sıcak veya soğuk işlemler uygulanarak malzemelere istenilen biçim verilebilir.

Bu çalışmada ana malzeme olarak 5630 Erdemir kalite çelik kullanılmıştır. 5630 Erdemir kalite çelik DIN EN 10083-3:2006 standartlarında bulunmaktadır. Genel itibarı ile 30MnB5 kalite olarak isimlendirilmiştir. 5630 çeliği sıcak haddeleme ile üretilmiştir. Sıcak haddeleme ısıtılan çeliğin merdaneler yardımı ile inceltilerek levhalar haline gelmesini sağlamaktadır. 5630 çeliği bor alaşımli bir çeliktir. 5630 kalite çelikler genel itibarı ile toprak işleme aletlerinde kullanılmaktadırlar. Isıtılma işlemine uygun yapıya sahiptir. İçerisinde bulunan elementler ve yüzdeleri Çizelge 3.1’ de görülmektedir.

Çizelge 3.1 5630 kalite çeliğinin kimyasal bileşimi(%)[1].

C	Mn	P maks.	S maks.	Si maks.	Cr	Ti	B
0.27 - 0.33	1.15 - 1.45	0.025	0.035	0.40	0.05 - 0.30	0.015-0.060	0.0008-0.0050

3.2 Citomangan Kaynak Elektrotu

Citomangan ile yapılan dolguların darbelere karşı direnci iyidir, dolgu kabuğu işlenebilir ve soğuk çalışma sonucunda sertliği artar. Kırıcı çeneler, konik kırıcı mantoları ve rölelerin sert dolgu kaynağında kullanımı yaygındır. Citomangan kaynak elektrotu sert dolgu kaynaklarında kullanılmaktadır. Standart olarak DIN 8555 standartlarında üretilmektedir. Kaynak yöntemlerine göre farklı tipte temin edilebilirler. Pasolar arası tampon kullanılmadan üst üste birden fazla pasolu sert dolgu kaynağı yapılabilir. Kırıcı çeneler, konik kırıcı merdaneler ve aşınan kepçe ağızlarında vb. parçalarda sert dolgu kaynağı olarak kullanılabilir. Bu elektrotun kimyasal bileşimi Çizelge 3.2’ de görülmektedir.

Çizelge 3.2 Citomangan sert dolgu elektrotunun kimyasal bileşimi(%) [2].

C	Mn	Ni	Fe
0.70	12.00	3.00	Kalan

3.3 EIS 410 NiMo Kaynak Elektrotu

EIS 410 NiMo elektrotu paslanmaz çeliklerde ve dökme çeliklerde sert dolgu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Alaşımız çelik çekirdekli ve yüksek akım taşıyabilen bazik tip elektrottur. Hidroelektrik santrallerinde tribün kanatlarında oluşan aşınmalarda yaygın olarak kullanılır. Bu elektrotun kimyasal bileşimi Çizelge 3.3’ de görülmektedir.

Çizelge 3.3 EIS 410 NiMo paslanmaz çelik dolgu elektrotunun kimyasal bileşimi(%) [3].

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
0.06	0.75	0.80	12.00	4.00	0.50

3.4 Sert Dolgu Kaynağı ile Yüzey İşlemleri

Kaynak, malzemenin sınırlandırılmış bölgesini ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak bir ilave kaynak malzemesi katarak veya katmadan birleştirmektir. Pasta, toz veya gaz gibi yardımcı kaynak malzemesi de işleme kolaylık sağlar. Günümüzde kaynak işlemi birleştirmenin yanında bakım, onarım, tampon ve yüzey işlemlerinin uygulanmasında kullanılır. Kaynakla yüzey dolgu işlemede yüzeyin üzerine komple veya belirli aralıklarla kaplama yapılabilir. Yüzeyin kaplanması ile yeni bir katman oluşturularak ana malzemeden farklı çalışma şartlarına uygun daha mukavemetli, korozif ortamlara dayanıklı vb. özelliklere sahip yeni bir yapı oluşturulmuş olur.

Sert dolgu, bir parçanın aşınmaya karşı korunması için, verilen bir alaşım türünü, ana malzeme üzerine yığılması veya kaplanmasıdır. Sert dolgu kaynağı, metal parçaların ömrünü arttırmak için yüzeylerinde aşınmaya dirençli yüzey oluşturmakta düşük maliyetli bir metottur. Daha az parça değişimi, bakım zamanının azalması, ana parçanın ucuz malzemelerden yapılabilirliği özellikle büyük kütleli ana malzemelerin değişmesine gerek kalmadan bu malzemelerin yüzeylerinde oluşan ölçü kayıplarının giderilmesi gibi durumlarda ve genel maliyette düşüş gibi avantajları vardır. Pek çok

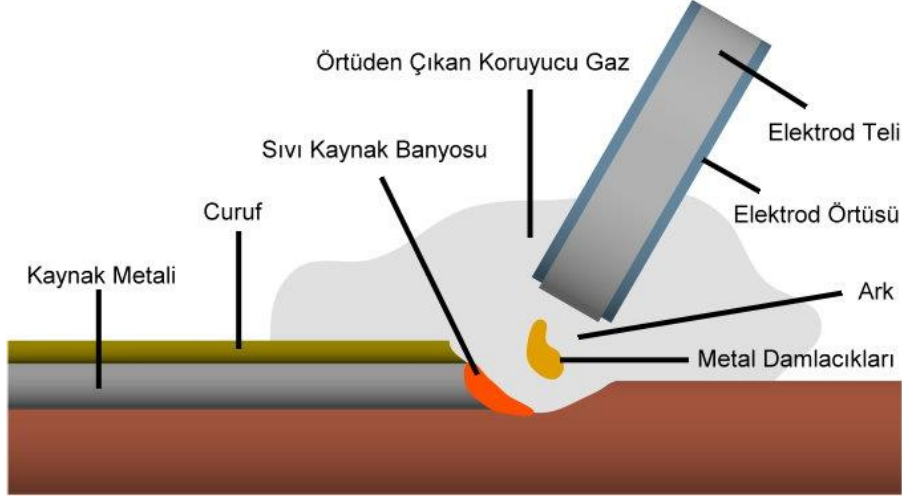
sert dolgu kaynağı bakımın bir parçası veya tamir operasyonu olarak yapılır fakat en etkili sonuca yalnızca sertliği dikkate alarak bir kaynak metali elde etmekle ulaşılamaz. Metal-metal sürtünmesi, aşınma, darbe ve darbe ile birlikte aşınmanın da dâhil olduğu servis şartlarında yüksek aşınmaya maruz olan parçaların ömrünü uzatmak ve korumak için sert dolgu yapılabilir (Cavcar 1998).

Sert dolgu kaynağı ekipmanları uygun olduğu sürece istenilen kaynak yöntemi ile dolgu uygulaması yapılabilir. Yaygın ve sık olarak kullanılması, kaynak ekipmanlarının kolay bulunması ve elektrotunun kolay temin edilebilmesi nedeni ile bu çalışmada kullanılan kaynak elektrotu örtülü sert dolgu elektrotu olarak belirlenmiştir. Kaynak yöntemi olarak elektrik ark kaynak yöntemi uygulanmıştır. Sert dolgu kaynağı uygun kaynak ekipmanlarının bulunması ve dolgu yüzeylerinin daha düzgün olması ile birlikte dolgu sonrası yüzey düzgünlüğünün çok iyi olması istenildiği durumlarda, dolgu yüzeylerinde yüzeyden talaş kaldırmadan kullanılmasının gerektirdiği durumlarda otomasyon için robotik kaynak yöntemleri de kullanılabilir.

Toprak işleme aletlerinde en sık rastlanan ve istenmeyen olay aşınmadır. Aşınma malzemelerin hasar görmesine ve fonksiyonunun azalmasına neden olur. Bu durumda parçaların yenisi ile değişmesi gerekmektedir. Sürekli malzeme değişimi maliyeti arttırmaktadır. Maliyeti artan ve kullanım ömrü kısa olan malzemeler tüketicilerin daha sağlam alet ve makinelerin kullanımına yönelmesini sağlamıştır. Sert dolgu kaynağı ile malzeme yüzeylerinin kaplanarak aşınmanın azaldığı kazı, taş kırma ve maden makineleri gibi dişli ve çenelerin toprak ile aşındığı araçlarda gözlenmiştir.

Örtülü elektrot ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrot arasında yanar ve bu şekilde eriyen elektrot aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrot örtüsü de aynı anda yanarak erir. Bu esnada açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve oluşan cürufu kaynak dikişini örterek kaynak bölgesinin korunmasını ve kaynak metalinin alaşımlanması da sağlar (Anık ve Arkadaşları 1991). Ark; kızgın bir katottan yayılan elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi neticesinde oluşur. Bu bombardıman çarpma sonunda nötr moleküllerin iyonize olmasına sebep olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi meydana gelir. Ortaya çıkan toplam

enerjinin %85'i ısı ve % 15'i de ışık enerjisine dönüşmektedir (Anık 1991).



Şekil 3.1 Elektrik ark kaynağı uygulaması.

3.5 Sıvı Nitrürleme İle Yüzey İşlemleri

Nitrürleme, metalik malzemelere azotun verilmesi ile yüzey sertliğinin, mekanik özelliklerinin aşınma ve korozyon dayanımını yorulma ömrünü arttırdığı kadarıyla iyileştirme sağlayan yüzey iyileştirme tekniğidir (Shen Oh and Lee 2005). Nitrürleme ile metalik malzemelerin yüzeyine azot emdirilerek ana malzemenin yüzey ve mikro yapı özellikleri iyileştirilebilir.

Sıvı nitrürleme işlemi ile hassas, ince detaylı, keskin köşeli gibi geometrik şeklinin kaybolmaması ve aşınma direncinin yüksek olması istenen parçalarda uygulanmaktadır. Sıvı nitrürleme uygun şartlar altında malzemelerin yüzeylerine hasar vermezler. Sıvı banyonun içerisine daldırılarak sıvının temas etmiş olduğu tüm yüzeylerde etkisini göstermektedir.

Sıvı nitrürleme (erimiş tuz banyosunda), gaz nitrürleme ile benzer sıcaklıklara sahiptir. Bununla birlikte sıvı nitrürleme demir içeren metallere yüksek sıcaklık difüzyon işlemlerinden daha fazla azot ve daha az karbon ilavesini sağlar (Topçu 2010). Bu prosesler birçok derin sertleşme gerektiren uygulamalar için ekonomiklik ve performans açısından uygun değildir fakat başarılı bir şekilde diğer ısıl işlem tipleri ile yer

değiştirebilirler. Genel olarak sıvı nitrüleme ve gaz nitrüleme benzer uygulamalardır. Gaz nitrüleme daha derin sertleştirilme istenen yerlerde tercih edilebilir (Topçu 2010). Sıvı nitrüleme, gaz nitrüleme işlemine göre sertleşme derinliği daha fazladır. Fakat hızlı ısınmadan dolayı çarpılma riski vardır. Yüksek aşınma dayanımlı yüzey elde etmek veya değişken eğilme gibi zorlamalarda yüksek sürekli dayanım için tercih edilir (Urun 2008).

Sıvı nitrüleme işlemi krom ve nikel alaşımından yapılan bir pota içerisinde seviye tuzu ve aktifleştirme tuzu olmak üzere iki tip tuzdan oluşan banyoda gerçekleşir. Seviye tuzu banyo ortamını sağlayan tuzdur. Aktifleştirme tuzu ise asıl nitrüleme işlemi yapan tuzdur. 570 °C ile 650 °C sıcaklıklar arasında 2 veya 3 saat bekletilerek nitrüleme işlemi gerçekleşir. Malzemeler banyoya daldırıldıktan sonra sirkülasyon için hava üflenebilir. Malzemeler çıkarıldıktan hemen sonra su tanklarına daldırılarak soğutma işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem esnasında yüzeyde çok ince bir oksit tabakası oluşabilir. Malzeme yüzeyleri sıvı nitrüleme işlemi için temiz olmalıdır. Resim 3.1' de malzemelere uygulanan sıvı nitrüleme işlemi gösterilmektedir.



Resim 3.1 a) Malzemelerin sepete yerleştirilmesi b) Malzemelerin tuz banyosuna daldırılması c) Malzemelerin soğutma işlemi.

Malzemelerin yüzeyine uygulanan sıvı nitrüleme işlemi gaz nitrüleme ile aynı sıcaklık ve aynı özellikler göstermektedir. Ancak gaz nitrüleme derinliği artırılabilir. Sementasyon işleminde sıvı nitrüleme işlemine göre malzemenin geometrik deformasyonu daha fazladır.

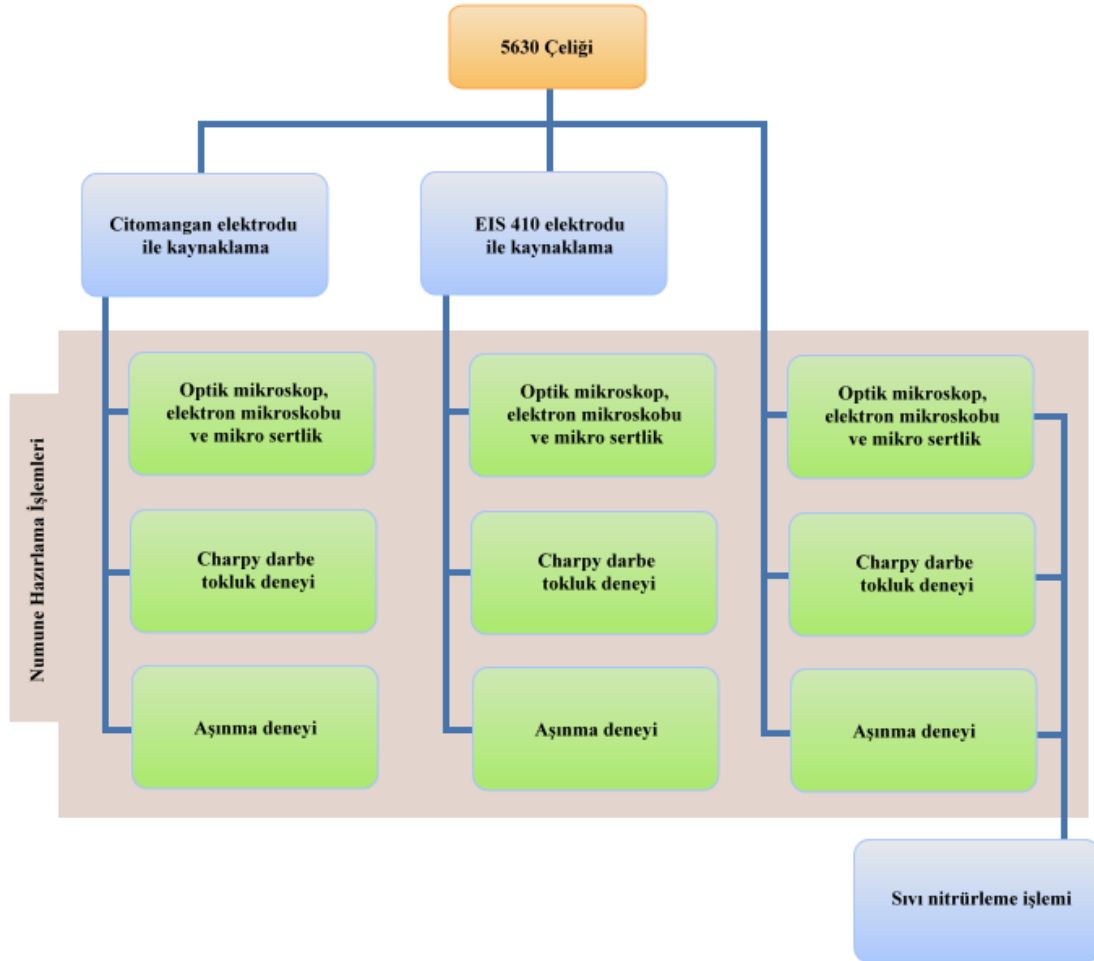
3.6 Numunelerin Hazırlanması

Numune hazırlama işlemi malzemelerden elde edilecek sonuçların doğru olabilmesi için

standartlara uygun yapılmalıdır. Numuneler yapılan deney ve gözlemler için farklı şekillerde hazırlanmaktadır. Mikro sertlik için düz, parlak ve pürüzsüz bir yüzey istenir. Darbe – tokluk için standartlara uygun ebatlarda numuneler hazırlanmalıdır. Aşınma deneyi için mekanizmaya montajı kolay ve gerçek ortamdaki yapı ile örtüşen ebatlar gereklidir. SEM mikroskobu ve optik mikroskop mikro yapısı gözlemlerinde ve mikro sertlik ölçümlerinde yüzeyin düz ve pürüzsüz olması yeterlidir.

5630 çeliğinden alınan 8 mm kalınlığındaki levhanın üzerine 2 mm kalınlığında Citomangan ve EIS 410 NiMo tipi elektrotlar ile elektrik ark kaynak yöntemiyle dolgu işlemi yapıldıktan sonra standart deney numuneleri hazırlanmıştır. Ark kaynağı ile dolgu işlemi doğru akım elektrik ark kaynak makinesi ile DC + (A) şeklinde düz kutuplama ile 155 A 'de gerçekleştirilmiştir. Amper her iki elektrot içinde aynı değerlikte seçilmiştir. Örtülü elektrot çubuklarının standart ölçüleri $\phi 4,00 \times 350$ (mm.) ebatlara sahiptir. Dolgu kaynağı yaklaşık 1,5 dk sürede 20 cm uzunlukta ve 2 cm genişlikte bir bölge düz çizgi şeklinde soldan sağa doğru ve 13,3 cm/dk kaynak hızı ile dolgu kaynağı yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elektrot açısı yaklaşık $45^\circ - 30^\circ$ ve kaynak dikişleri birbiri üzerine bindirilerek dolgunun aynı kalınlıkta ve düzgün olması temin edilmiştir. Citomangan sert dolgu kaynağında ark sırasında oluşan gaz miktarı EIS 410 elektrotuna göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte EIS 410 tip elektrotun oluşturduğu kaynak metalinin daha hızlı soğuduğu sıcaklık ölçüm cihazı "Lazerli Infrared Termometre" kullanılarak belirlenmiştir. Citomangan sert dolgu kaynak elektrotuyla yapılan kaynaklama işleminde dolgu pasoları arasındaki sıcaklık 385°C ve dolgu pasolarının bitiminde kaynak dikişi yüzeyinden alınan sıcaklık 148°C olarak ölçülmüştür.. EIS 410 paslanmaz çelik kaynağında ise dolgu pasoları arasındaki sıcaklık 450°C ve dolgu pasolarının bitiminde kaynak dikişi yüzeyinden alınan sıcaklık değeri ise 250°C olarak ölçülmüştür. Her iki elektrot tipinde de kaynak metalinin sıcaklığı 600°C olarak ölçülmüştür. Ark kaynağı dolgu işlemi bittikten sonra malzemeler doğal ortamda soğumaya bırakılmıştır. Soğuma oda sıcaklığına düştüğünde ise dolgu kaynak metalinin üzerindeki curuflar temizlenmiştir. Numune hazırlama işlemleri ve basamakları Şekil 3.2 'de görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere 3 farklı kaplama deney numunesi hazırlanmıştır. Bunlar; Citomangan kaynaklı numuneler, EIS 410 NiMo kaynaklı numuneler ve sıvı nitrürleme ile yüzey modifiyeli numunelerdir. Bunların

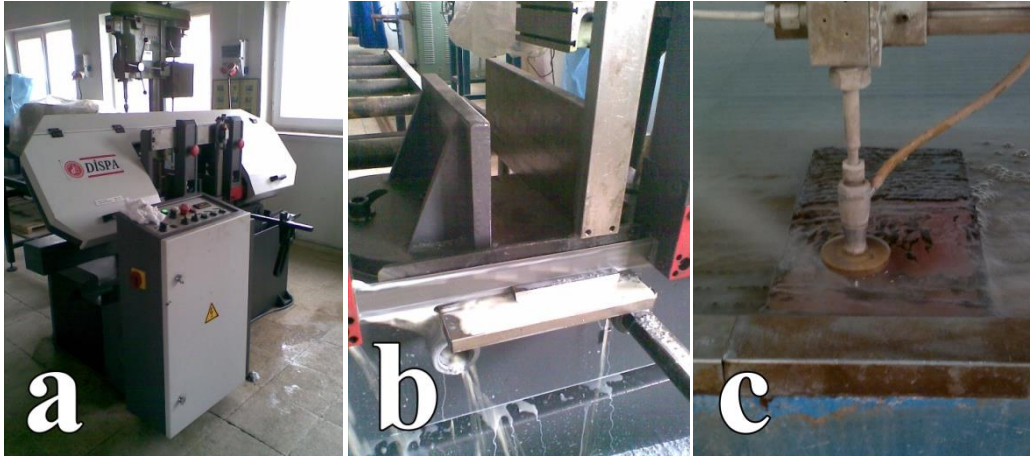
dışında esas malzeme 5630 çeliği işlemsiz olarak doğrudan satıldığı şekliyle diğer deney numuneleri gibi standart deneylere tabi tutulmuştur. Optik mikroskop, elektron mikroskobu ve mikro sertlik numunesi tek tip hazırlanmıştır. Charpy darbe tokluk deneyi için ve aşınma deneyi için ise farklı numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 3.2 Numune hazırlama basamakları.

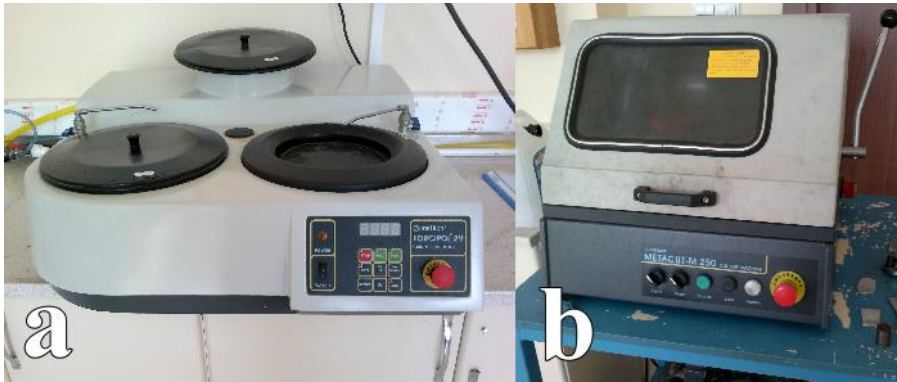
Levha halindeki 5630 malzemesinden dolgu kaynağı ve nitrüleme işlemlerinin yapılabilmesi için 10x10 mm boyutlarında hidrolik şerit testere de soğutma sıvısı kullanılarak kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Dolgu kaynağı yapılan levhalardan özellikle citomangan kaynaklı levha şerit testere ile kesilememiştir. Bunun yerine dolgu kaynağı yapılan bu levhalardan deney numunelerinin çıkarılmasında su jeti ile kesim yapılarak standart deney numuneleri hazırlanmıştır. Kesme esnasında kullanılan yöntemlerde ısı girdisini en aza çekmek amaçlanmıştır. Nitrüleme için hazırlanan levhalar 10 mm kalınlığa sahiptir. Kaynaklanan levhalarda kaynak tabakası ile birlikte

10 mm kalınlığa getirilmiştir. Kesim işlemleri Resim 3.2’te gösterilmektedir.



Resim 3.2 a) Otomatik şerit testere makinesi b) Kesme işlemi c) Su jeti ile kesme işlemi.

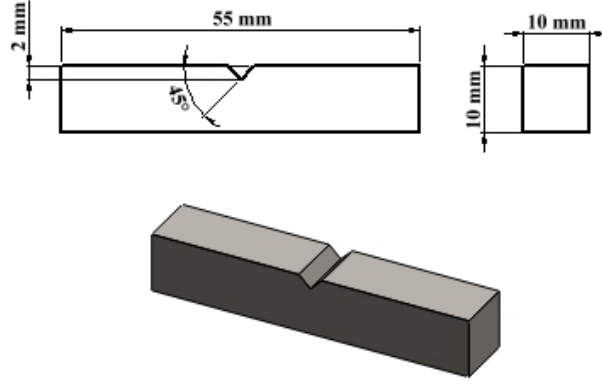
Optik mikroskopta yapılan incelemeler için hazırlanan numuneler elle tutulur büyüklüktedir. Bundan dolayı deney numunelerine polyester kalıplama yapılmamıştır. Metalografik incelemede numunelerden yansıyan ışığın geri dönüşünün sağlanması için malzemelerin alt ve üst yüzeyleri kesme cihazında düzeltilmiştir (Resim 3.3). Malzemeler 80 – 120 – 240 – 400 – 600 – 800 – 1000 - 1200 sırası takip edilerek mesh numaralı zımparalama işlemine tabi tutulmuştur. Zımparalama işlemi kalından inceye doğru ve bir önceki zımparanın izi kalmayacak şekilde hassas olarak gerçekleştirilmiştir. Parlatma işleminde çuha üzerine sıvı alümina ile poliş işlemi gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskopta incelenecek numuneler dağlanmışır. Parlatma ve zımparalama işlemleri Forcipol 2V marka metalografik numune hazırlama cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Resim 3.3).



Resim 3.3 a) Parlatma cihazı b) Kesme cihazı

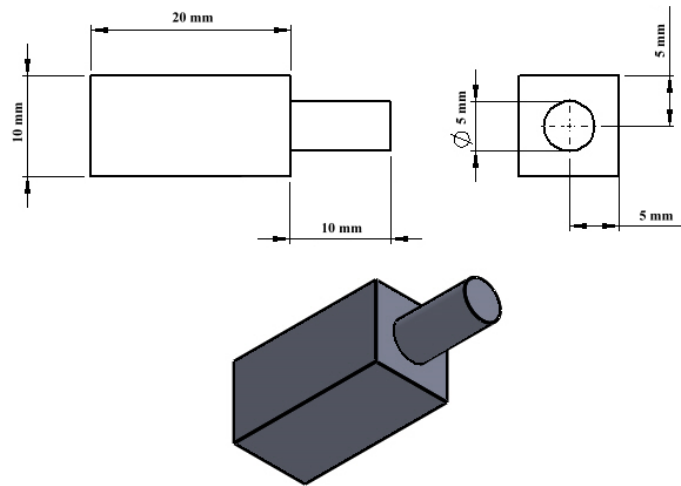
Şekil 3.3’da görüldüğü gibi Charpy darbe tokluk deneyinde kullanılacak numuneler.

Standartlara uygun 10x10x55 mm ölçülerde ve 2 mm derinliğinde tek taraflı “V” çentik açılarak hazırlanmıştır. Bununla ilgili ebatlar Şekil 3.3’de görülmektedir. Çentikler dolgu yapılmış malzemelerde kaynak tabakası üzerine açılmıştır. İşlemsiz esas malzeme 5630 çeliğinde ise haddeleme yönüne dik şekilde çentik açılmıştır.



Şekil 3.3 Charpy deney numunesi ölçüleri ve üç boyutlu görüntüsü.

Şekil 3.4’de boyutları verilen aşınma deneyi için hazırlanan numuneler görülmektedir. Bu numuneler tasarımı yapılan aşınma cihazına montajı uygun olacak şekilde 10x10x20 mm dikdörtgen prizma şeklinde ve aşınma cihazına bağlanabilmesi için kare yüzeyden dışarı doğru uzanan 5 mm çapında ve 10 mm uzunluğunda silindir şeklinde hazırlanmıştır.

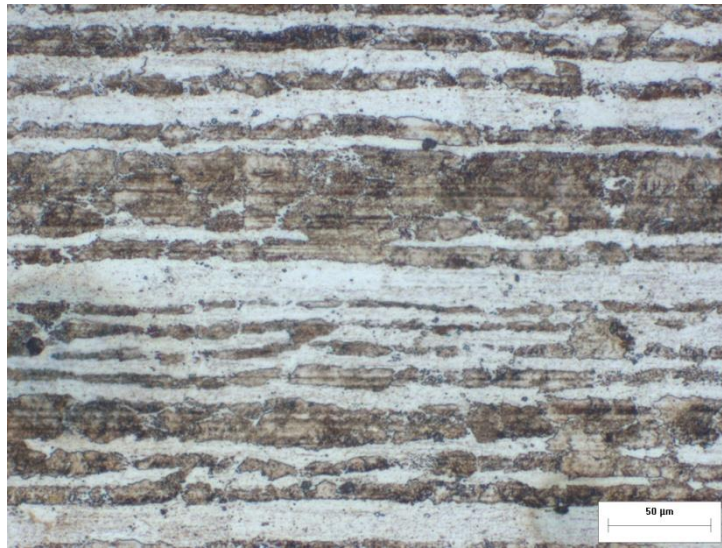


Şekil 3.4 Aşınma deney numunesi ölçüleri ve üç boyutlu görüntüsü.

4. BULGULAR

4.1 Mikroyapının İncelenmesi

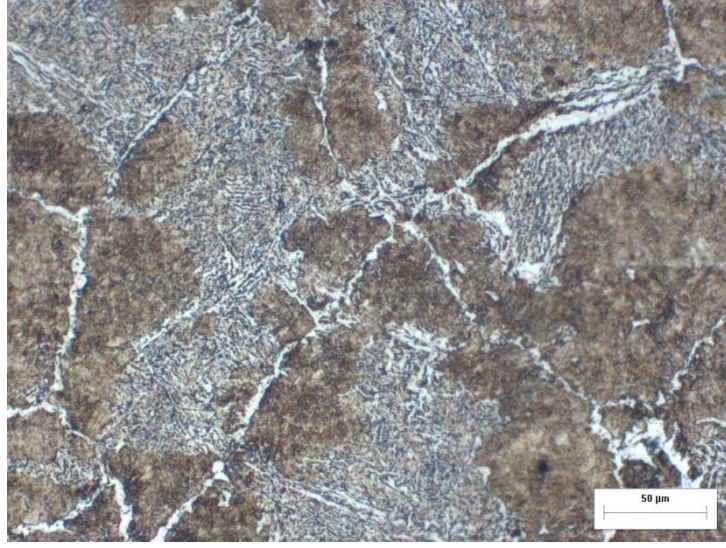
Optik mikroskopta mikro yapının incelenmesi ile malzemedeki mikroyapı değişimleri gözlenmiştir. Malzeme yüzeyine uygulanan dolgu kaynağı ve sıvı nitrüleme işlemlerinde sıcaklığın ana malzeme üzerinde gerçekleştirdiği değişimler söz konusudur. Bu değişimlerin yanı sıra 5630 kalite çeliğın yüzeyine uygulanan işlemlerin uyumluluğu da gözlenebilmektedir. EIS 410, Citomangan kaynaklı numuneler ile sıvı nitrürlü numunenin ve 5630 kalite çeliğının mikro yapıları yüzeyde oluşturulmaya çalışılan yüzey modifiyeli işlemlerinin etkileri tartışılacaktır. Şekil 4.1’de 5630 kalite çeliğın nihai ürün olarak tüketici firmalara gönderildiği şekliyle işlenmiş hali görülmektedir. Burada mikroyapıdaki haddeleme izleri ve tanelerin haddeleme yönünde yönlendirilmiş olduğu Normalizasyon işlemi uygulanmamış, bir birim HNO₃, bir birim HCl ve bir birim su çözeltisi ile dağlanmış numunenin ışık mikroskop görüntüsünde mikroyapıda haddeleme yönünde satırlanmış Ferrit ve Perlit fazları görülmektedir. Tanelerin haddeleme işlemine bağlı olarak bu doğrultuda yönlendiği belirgindir.



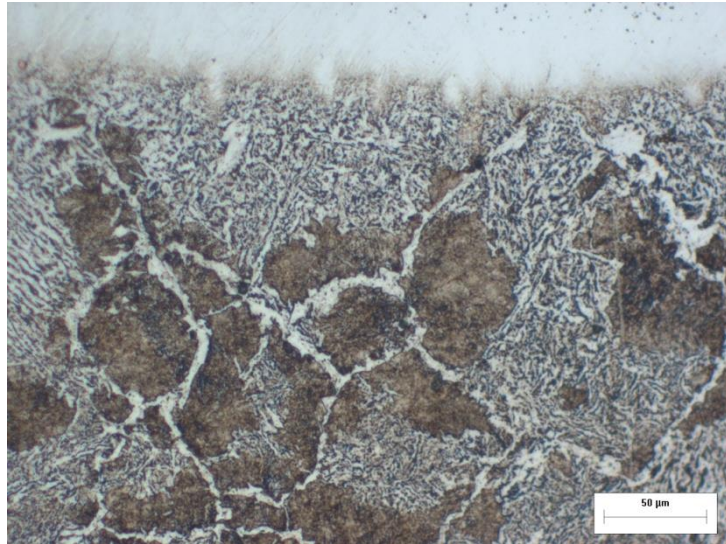
Şekil 4.1 5630 kalite çelik 200x büyütmede mikro yapısı.

Şekil 4.2 ‘de EIS 410 NiMo kaynaklı 5630 kalite çeliğın mikroyapısı görülmektedir. Kaynak sıcaklığına bağlı olarak yeniden kristalleşme meydana gelmektedir. Bundan dolayı mikroyapıda önceden var olan hadde çizgileri kaybolmakta taneler eş eksenli

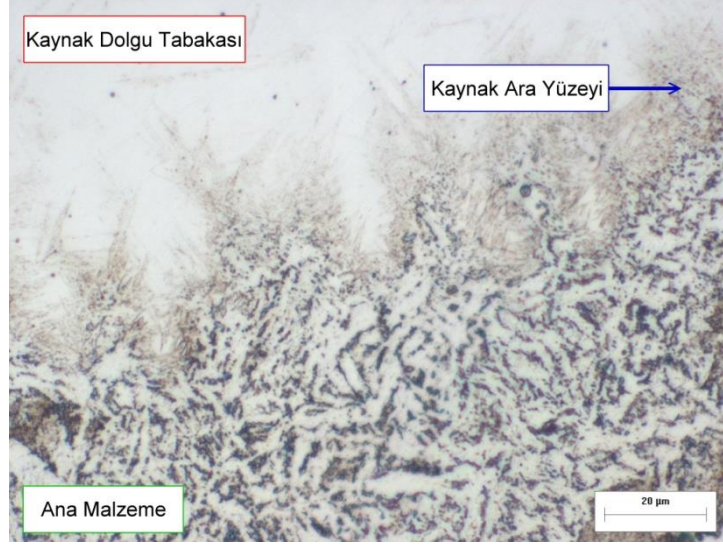
olarak dağılım göstermektedir. Bununla birlikte mikroyapıda perlittik ve özellikle kabuk tabakaya yakın bölgelerde asikülerferrit yapı bulunmaktadır. Şekil 4.3’de ve Şekil 4.4’de ise ITAB ve dolgu kaynağı bölgeleri görülmektedir. ITAB bölgesinde ve kaynak ara yüzeyinde dolgu metalinin ana malzemeye doğru nüfuziyeti, dentritik kollar şeklinde ilerleme yaptığı görülmektedir. Aynı dentritik yapı dolgu yapılmış kaynak bölgesinde de mevcuttur.



Şekil 4.2 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede ana malzemenin 200x büyütmede mikro yapısı.

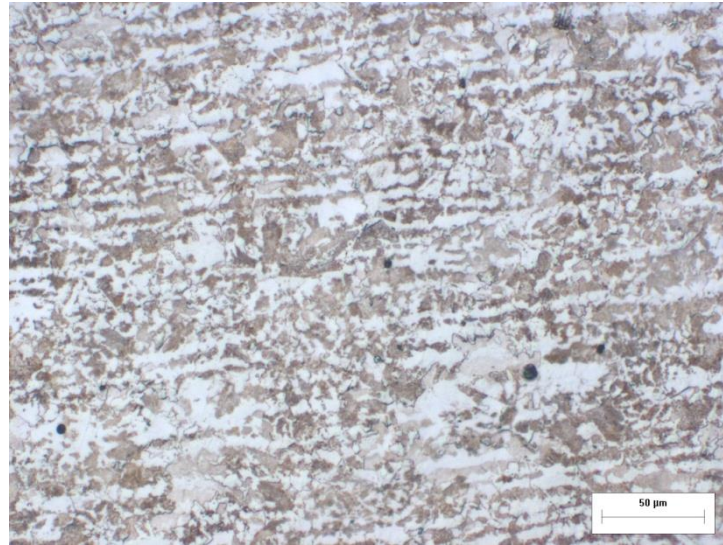


Şekil 4.3 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 200x büyütmede mikro yapısı.



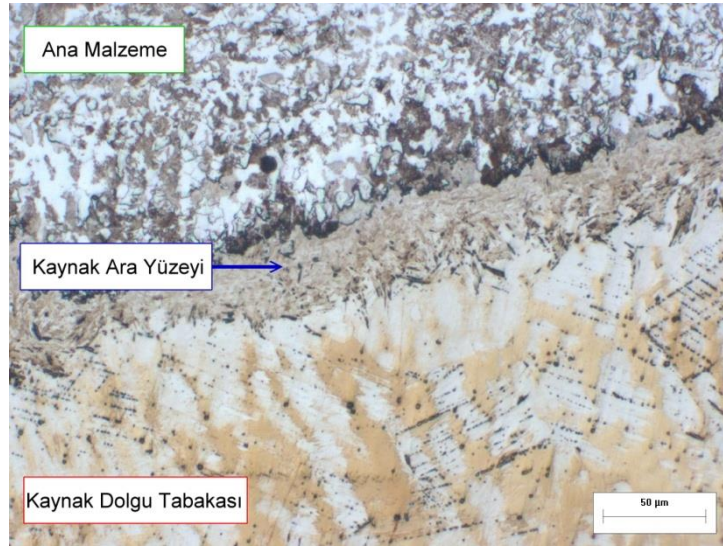
Şekil 4.4 EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 500x büyütmede mikro yapısı.

Şekil 4.5’de verilen mikroyapıda citomangan sert dolgu kaynak işlemi esnasında ana metalin yapısında var olan hadde izleri varlığını korumaktadır. Bu elektrotla yapılan dolgu işleminde kaynak metali sıcaklığının ana malzemeye etkisi EIS 410 NiMo’li elektrotla göre daha az etkili olmuştur. Kaynak metalinin sıcaklığını düşük çıkması bu düşüncüyü doğrulamaktadır. Mikroyapıda kısmen de olsa değişimler meydana gelmesine rağmen esas metal mikroyapıda hadde çizgileri varlığını devam ettirmektedir. Fakat kaynak sıcaklığına bağlı olarak tanelerde eş eksenli yapıya eğilim görülmektedir.



Şekil 4.5 Citomangan sert dolgu kaynaklı numunede ana malzeme 200x büyütmede mikro yapısı.

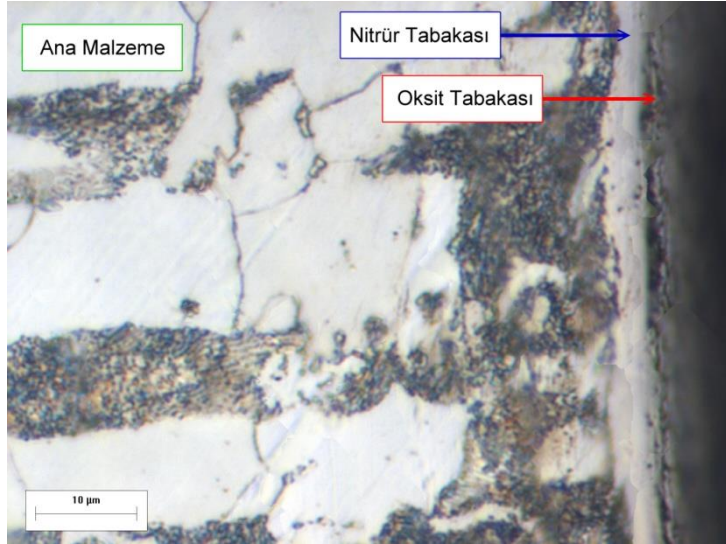
Şekil 4.6’da citomangan kullanılarak yapılan dolgu kaynağının mikroyapısı görülmektedir. Burada dolgu metalinin esas metal ile belirgin bir sınır çizgisi ile ayrılığı fakat ara yüzeyde martenzit fazının oluştuğu görülmektedir. Burada ana metal malzemede tanelerin eş eksenli dağılımı Ferrit ve Perlit yapı olarak dağılım göstermektedir. Fakat kaynak ısısına bağlı olarak ara yüzeyde yönlenmiş taneler mevcuttur. Şekil 4.7’de nitrürlenmiş mikroyapı görülmektedir. nitrüleme yaklaşık 500 °C de yapıldığında bu sıcaklık aynı zamanda temperleme etkisi yapmıştır. Esas metalde var olan hadde çizgileri aynı özellikleri sergilerken taneler eş eksenli olarak dağılım göstermektedir. Bu özellik nitrürlenmiş malzemenin tokluğunda artışa sebep olmaktadır. Bu durum tokluk deneyi sonuçlarından da anlaşılmaktadır. Şekil 4.8’de nitrüleme işleminde oluşan tabakanın çeliğin yüzeyindeki durumunu göstermektedir. Bu tabaka çok ince bir tabaka olması ile birlikte ana malzemenin iç bölgelerine doğru kaynaklı dolgularda olduğu gibi dentritik kollu yapılar oluşmamıştır. Nitrür tabakasının üzerinde bir miktar da oksit tabakasının varlığı görülmektedir.



Şekil 4.6 Citomangan sert dolgu kaynaklı numunede kaynak bölgesi 200x büyütmede mikro yapısı.



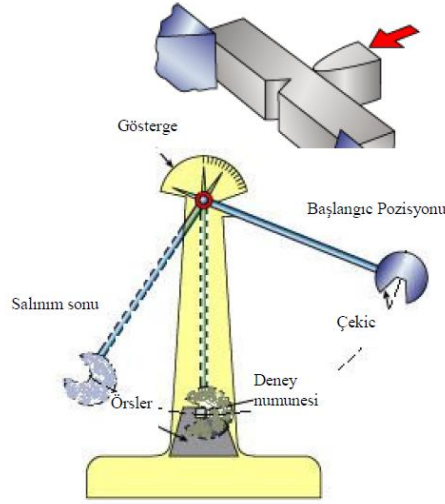
Şekil 4.7 Sıvı nitrürlü numunenin ana malzemesi 200x büyütmede mikro yapısı.



Şekil 4.8 Sıvı nitrürlü malzemenin nitrür tabakası ve ana malzemenin 1000x büyütmede mikro yapısı.

4.2 Charpy Darbe – Tokluk Deneyi

Deneyde, yatay ve basit kiriş halinde iki mesnetle yaslanan numunenin çentik tabanının bir sarkacın ucundaki potansiyel enerjiye sahip olan çekicinin düşürülmesiyle sahip olduğu enerjiyi çentikli numuneye aktarması ile darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimlerin etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerjinin belirlenmesi işlemidir. Deney düzeneği Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Charpy deneyi (Sevinç 2007).

G ağırlığına sahip sarkaç h yüksekliğine çıkarılır bu konumda $G.h$ enerjisine sahiptir. Serbest bırakılan sarkaç numuneye çarparak kırar ve h_1 yüksekliğine çıkar. Bu konumda enerjisi $G.h_1$ haline gelir. Başlangıçtaki ve sondaki iki potansiyel enerji değeri arasındaki fark numunenin kırılması için gerekli olan enerjidir. Darbe direnci olarak da adlandırılan bu değer şöyle hesaplanır:

$$E = G(h - h_1) = G.L(\cos\beta - \cos\alpha) \quad (4.1)$$

Bu formülde;

E: Kırılma enerjisi

G: Sarkacın ağırlığı (kg)

L: Sarkacın ağırlık merkezinin sarkacın salınım merkezine uzaklığı(m)

h: Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği (m)

h_1 : Sarkacın ağırlık merkezinin çıkış yüksekliği (m)

α : Düşme açısı (derece)

β : Yükseliş açısı (derece)

Haddelenmiş malzemeler darbe direncinde değişim göstermektedir. Deney için hazırlanan numunelerde haddeleme çizgileri numune uzunluğuna paralel olacak şekilde hazırlanmıştır. Numune üzerine açılan çentikler hadde çizgilerine dik olarak hazırlanmıştır. Dolgu yapılan tabakalı numunelerde dolgu dikişleri ana malzemelerdeki hadde çizgilerine paralel bindirme dolgu dikişleri sağlandıktan sonra numune üzerinde

oluşturulan çentik çizgileri ise dik yönde hazırlanmıştır. Bu numuneler üzerinde yapılan deney verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Düşük sıcaklıklarda darbe direncinde fazla bir değişim olmazken yüksek sıcaklıklarda direnç farkları artmaktadır. Şekil 4.10’da numunelerin Charpy deneyine tabi tutulduğu cihaz gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlarda 0,1 Joule sürtünmeye bağlı kayıp mevcuttur. Deneyin yapıldığı ortam 20 °C sıcaklıktadır. Darbe direnci kg.m yada kg.m/cm² olarak ifade edilir.



Şekil 4.10 Charpy darbe-tokluk cihazı.

Kırılma tokluğu, metal ve alaşımların kırılma davranışına ait hangi sıcaklıkta süneklikten gevrekliğe geçildiğini ve kırılma tokluğunda üst düzlüğün büyüklüğünü tanımlamaktadır (Anonim A). CVN verileri, çeliğin ısıl işleminin kontrolünde kullanılmaktadır. Aşırı ısıtma ve temper (sertleştirme) gevrekliği mevcut ise, daha düşük süneklik elde edilmektedir. Deney verileri çeliğin yaşlanma eğiliminin kontrolünde de kullanılmaktadır (Demirci, A.H. 2004). W_v , darbe işi (j), A_0 kesit alanı (mm^2) ise çeliğin çentik darbe dayanımı aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$\alpha_k = \frac{W_v(J)}{A_0(mm^2)} \quad (4.2)$$

5630 çeliği ile ilgili elde edilen charpy darbe deneyi sonuçları Çizelge 4.1’de ve numunelerin kırık yüzey makro yapı görüntüleri ise Şekil 4.11’de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kırık yüzeyde pürüzlü ya da diğer bir ifade ile sünger görümlü bir yapı görülmektedir. Bu tür kırılmalar sünek kırılmadır. Sıcak haddelenerek işlenmiş

ana malzemenin darbe tokluk değerinde ortalama 46,2 Joule olarak hesaplanmıştır. Esas malzemenin sünek davranış gösterdiği ve yüksek süneklığe sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 Joule cinsinden darbe tokluk değerleri.

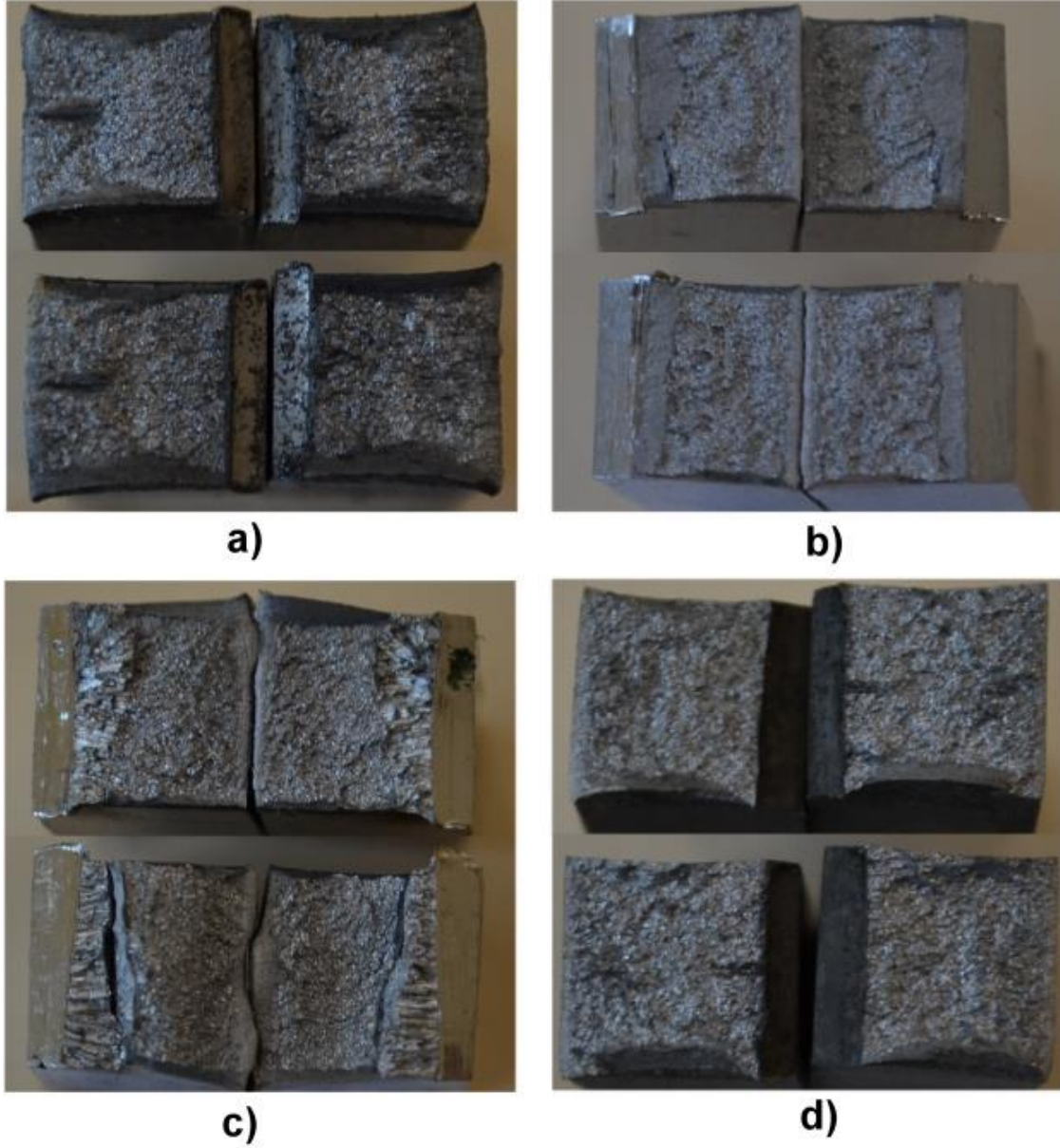
Numune adı	Deney sayısı	Sonuçlar (J)	Ortalama darbe enerjisi değeri (J)
5630 elik (Esas metal)	1	46,9	46,2
	2	46,4	
	3	45,3	
EIS 410 tabakalı	1	13,6	13,5
	2	16	
	3	11,1	
Citomangan tabakalı	1	26	27,76
	2	31,9	
	3	25,4	
Nitrürlenmiş	1	19,1	18,8
	2	18,4	
	3	18,9	

EIS 410 dolgu tabakalı numunelerin charpy darbe deneyi sonuçları Çizelge 4.1’de ve numunelerin kırık yüzey makro yapı görüntüleri ise Şekil 4.11’de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi EIS 410 dolgu kaynağı tabakasında oluşan kırık yüzeyde parlak düzgün yüzey oluşmaktadır. Kırık yüzeylerde oluşan pürüzsüz yapı yapının gevrek kırılma davranışını göstermektedir. Esas metal üzerinde oluşturulan dolgu kaynağı tabakasının gevrek davranış göstermiştir. Deneyden elde edilen tokluk değerinin düşmesi bu ifadeyi desteklemektedir. Dolgu tabakasının darbe tokluk değerinin ortalama 13,5 Joule olduğu hesaplanmıştır. Çünkü dolgu metalinin sahip olduğu yapının kırılma sırasında gösterdiği davranışın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Citomangan dolgu tabakalı numunelerin charpy darbe deney sonuçları Çizelge 4.1’de ve numunelerin kırık yüzey makro yapı görüntüleri ise Şekil 4.11’de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi Citomangan tabakalı dolgu kaynağı kırık yüzeyinde EIS 410

dolgu yüzeyine göre daha pürüzlü sünger görünümlü kırık yüzeyin oluştuğu görülmektedir. Bu dolgu tabakası esas metal gibi sünek kırılma davranışı göstermiştir. Deney sonucunda elde edilen tokluk değeri diğer kaynaklı dolgu tabakasına göre esas malzemenin tokluk değerine yakın hesaplanmıştır. Dolgu tabakasının darbe tokluk değerinin ortalama 27.76 Joule ve orta değerde sünekliğe sahip olduğu görülmektedir.

Sıvı nitrürlü numunelerin charpy darbe deney sonuçları Çizelge 4.1’de ve numunelerin kırık yüzey makro yapı görüntüleri ise Şekil 4.11’de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi nitrürlenmiş esas metal yüzeyinde oluşan nitrür tabakası diğer kaplama tabaklara oranla oldukça ince bir film tabakası şeklindedir. Bu kaplama sırasında kullanılan sıvı nitrür banyosunu sıcaklığı yaklaşık 600 °C’de olması esas metalde var olan haddeleme tokluk mukavemetini düşürmüştür. Çünkü bu işlem sonucunda esas metal aynı zamanda temperleme etkisinde kaldığından nitrürlenmiş numunelerde tokluk değerinde azalma meydana gelmiştir. Numunelerin kırık yüzeylerinde pürüzsüz yapı görülmesi nitrür tabakası gevrek kırılma davranışı göstermiştir. Numunelerin darbe tokluk değeri ortalama 18,8 Joule ve esas malzemeye göre düşük sünekliğe fakat EIS 410 dolgu tabakalı numunelerin tokluk değerinden daha yüksek olduğu ölçülmüştür.

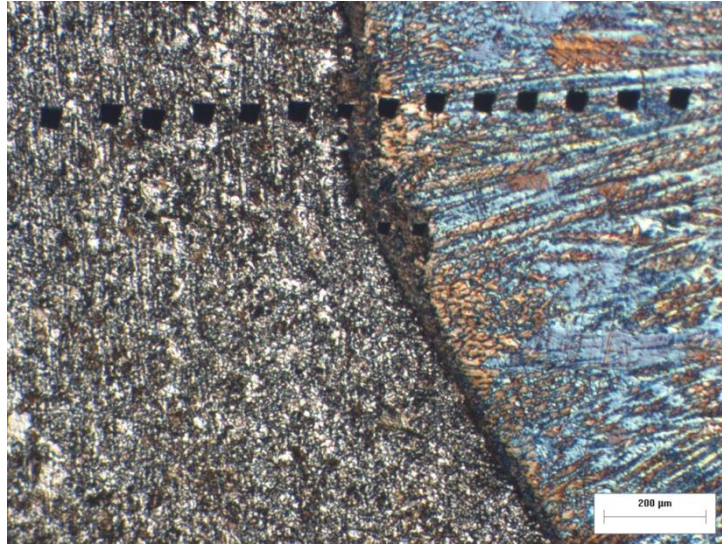


Şekil 4.11 Çentikli kırılmış 5630 çelik (a), EIS 410 dolgu tabakalı (b), citomangan dolgu tabakalı (c) ve sıvı nitrürlü (d) numunelerin makro yapı görüntüsü.

4.3 Mikro Sertlik Ölçümleri

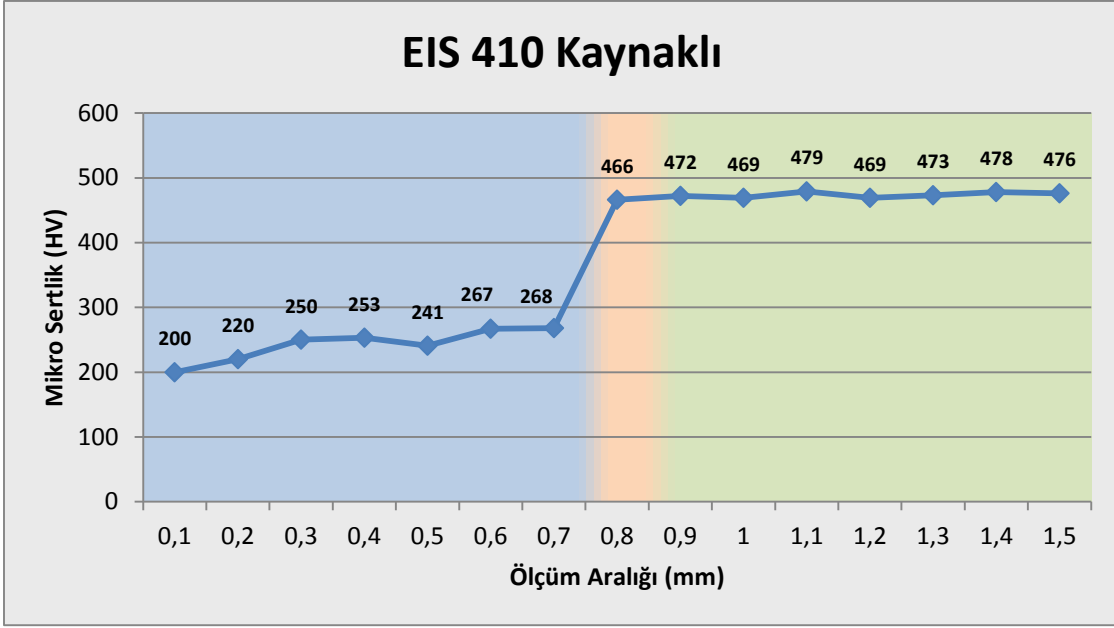
Malzemelerin sertliği ile mekanik özellikleri arasında paralel bir ilişki bulunmaktadır. Malzemelerin çizilmeye veya aşınmaya karşı gösterdiği dirence sertlik denilmektedir. Sert tabaka oluşturulan kaplama yüzeylerinde oluşan yapıdaki sertliğin ölçülmesinde Mikro sertlik yöntemi kullanılmıştır. Tabaka, geçiş bölgesi sertlikleri yapıda oluşan farklı fazların sertliğini de mikro sertlik ile ölçülebilir. Bu kaplama yapılmış numunelerde de mikro sertlik yöntemi kullanılmıştır. Vickers sertlik biriminde ölçüm

yapan cihaz; tabanı kare, tepe açısı 136 ° olan piramit ucun numune üzerine dik bir açı ile batırılması ile oluşan izin büyüklüğünü hesaplar. Mikro sertlik ölçümlerinde uygulanan yük 300 gr ve ölçü aralıkları 0,10 mm olarak numune yüzeyinden sertlik değerleri alınmıştır. Mikro sertlik ölçümlerinin yapılışı Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Burada esas metalden dolgu metaline doğru 0,1 mm aralıklarla alınan izler görülmektedir.



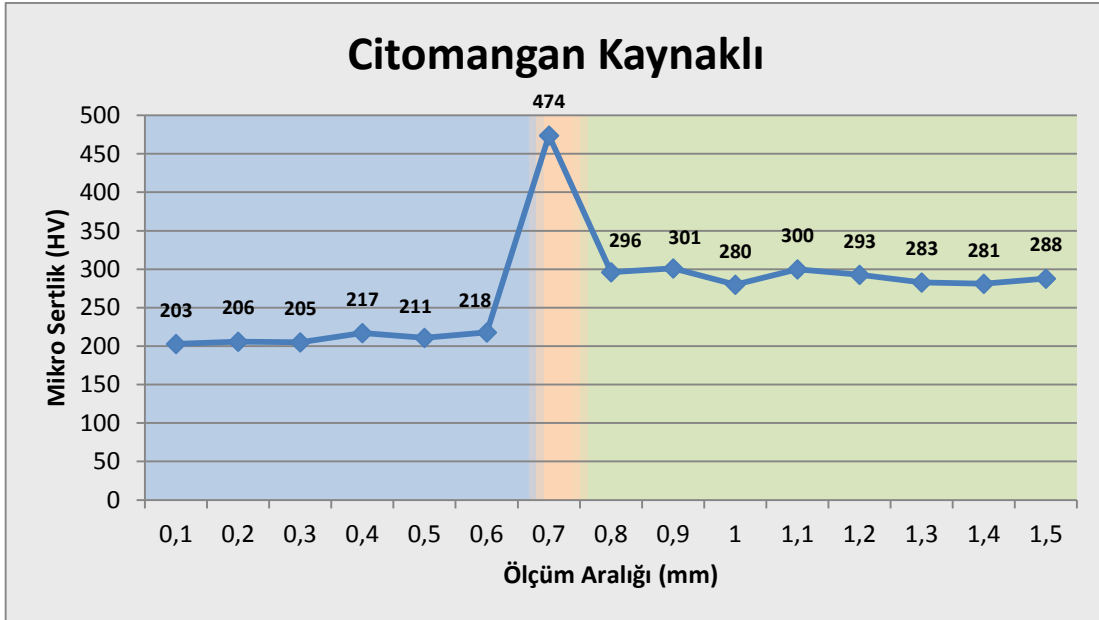
Şekil 4.12 Optik mikroskopta mikro sertlik ölçüm aralığı.

5630 çeliğine ait farklı bölgeden alınan mikro sertlik değerleri ortalama 179,66 HV olarak ölçülmüştür. Dolgu kaynağı ve nitrüleme işlemi uygulanan numunelerin mikro sertlikleri belirtilirken renklendirmelerden yararlanılmıştır. Mavi ile belirtilen bölge 5630 çeliğini temsil etmektedir. Kırmızı ile gösterilen bölge ana metal ile kaynak tabakası arasındaki çizgi şeklindeki kaynak bölgesini göstermektedir. Yeşil ile gösterilen bölge dolgu kaynağı ara yüzeyini göstermektedir. Mor ile gösterilen bölge ise sıvı nitrüleme işlemine tabi tutulan numunenin nitrür tabakasından alınan mikro sertlik değerini göstermektedir. Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de sırası ile EIS 410 NiMo kaynaklı, citomangan kaynaklı ve sıvı nitrürlü malzemelerin mikro sertliklerindeki değişimler 0,1 mm aralıklarla ölçülmüştür. Şekil 4.13’de görüldüğü gibi esas metaldeki sertlik dolgu tabakası kaynak ara yüzeyine doğru yatay bir şekilde artmakta ve dolgu kaynağı tabaka ara yüzeyinde maksimum değere ulaşmakta ve aynı değere yakın değerliklerde yatay olarak devam etmektedir.



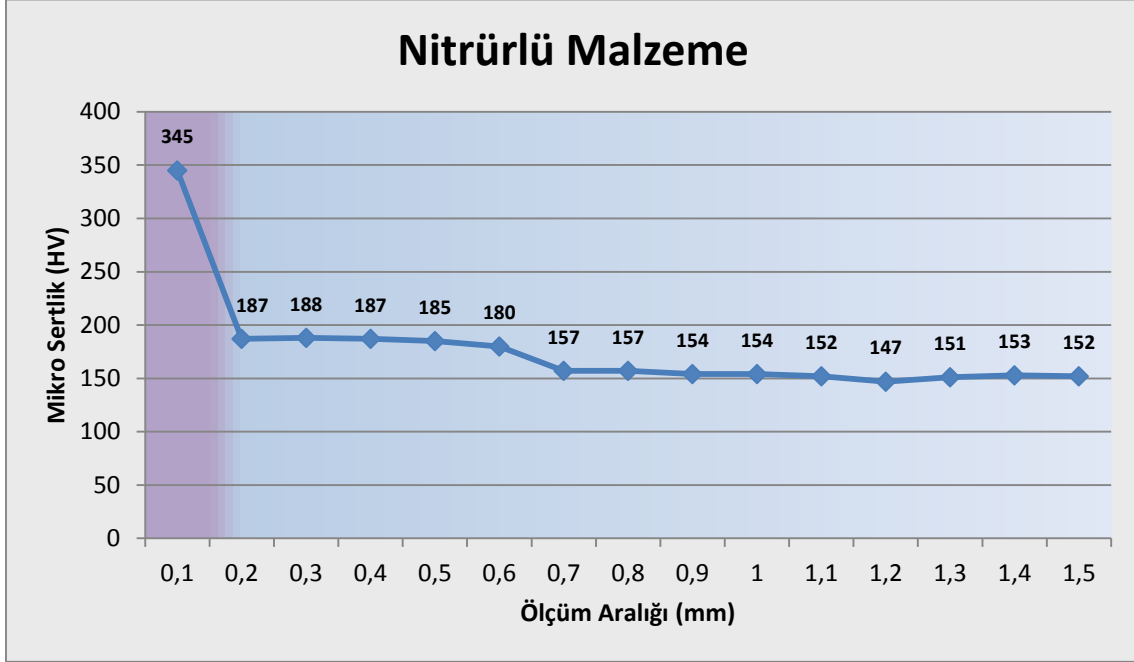
Şekil 4.13 EIS 410 kaynaklı malzemenin ana malzemeden kaynak tabakasına doğru sertlik değerleri.

Şekil 4.14’de görüldüğü gibi esas metaldeki sertlik dolgu kaynağı kaynak ara yüzeyine doğru yatay bir şekilde artmakta iken tabaka ara yüzeyinde maksimum değere ulaşmakta ve daha sonra bu sertlik yaklaşık yarıya düşerek ana malzemeden yüksek değerde yatay devam etmektedir.



Şekil 4.14 Citomangan kaynaklı malzemenin ana malzemeden kaynak tabakasına doğru sertlik değerleri.

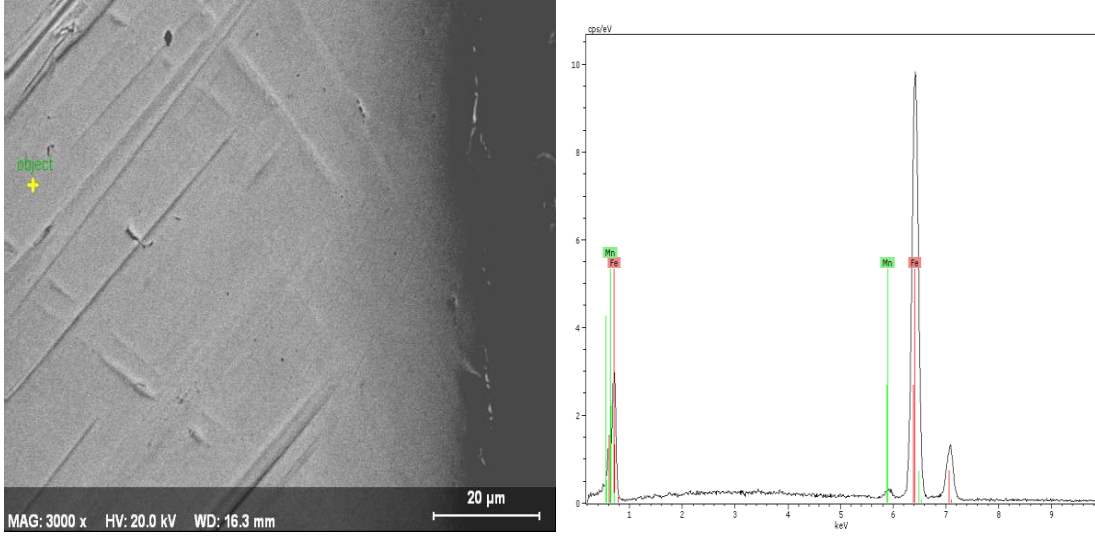
Şekil 4.15’de görüldüğü gibi nitrür tabakasındaki sertlik değeri maksimum değerde ve esas metale doğru sertlik azalmakta daha sonra esas metalde yatay bir şekilde devam etmektedir.



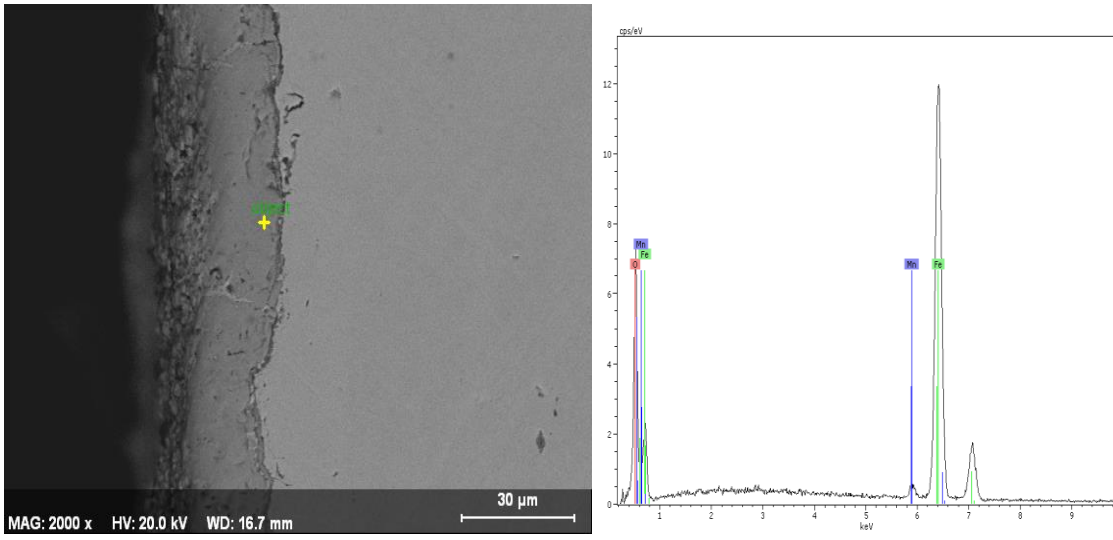
Şekil 4.15 Sıvı nitrürlü malzemenin yüzeyden ana malzemeye doğru sertlik değerleri.

4.4 SEM analizleri

SEM çalışmasında geri yansıyan elektron yöntemi ile alınan görüntülerin ve bunların EDX analizleri yapılmıştır. Nitrürlü malzemelerin esas metalinden alınan görüntüsü ve EDX analizi Şekil 4.16’da görülmektedir. Bununla birlikte bu ölçümlerde nitrür ve oksit tabakasının varlığı görülmektedir (Şekil 4.17).

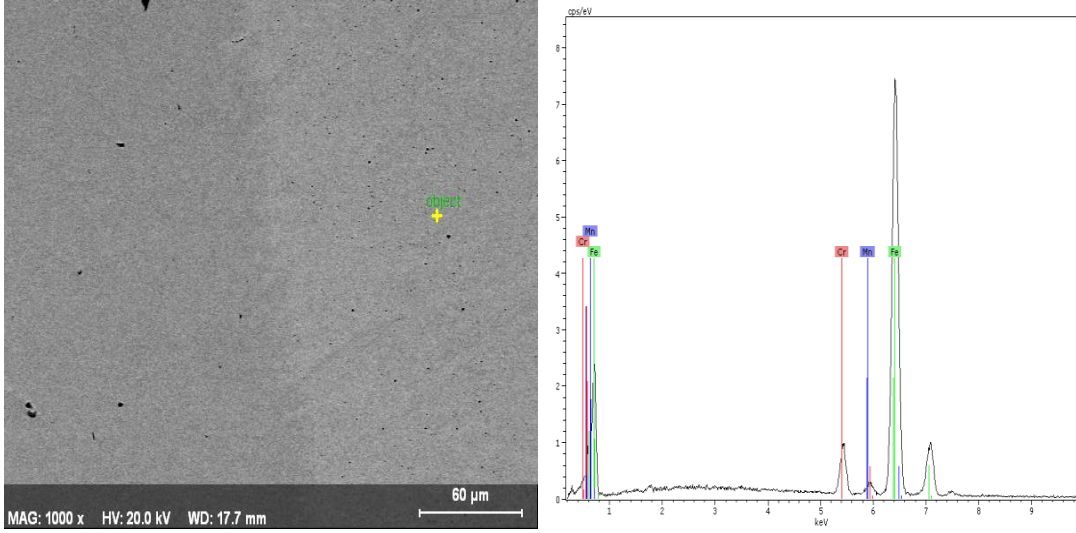


Şekil 4.16 Sıvı nitrüllü malzemenin esas metalinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.

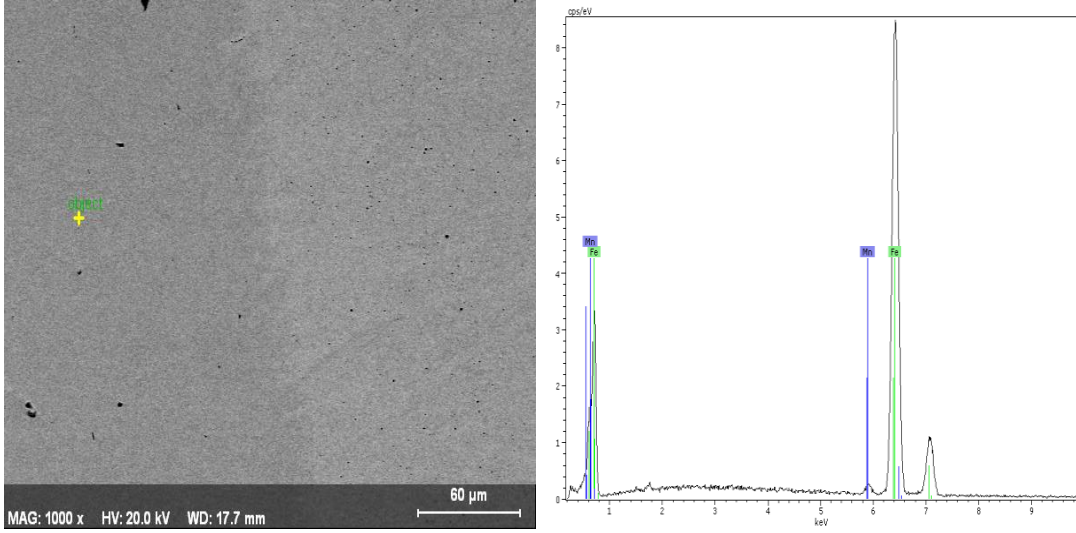


Şekil 4.17 Sıvı nitrüllü malzemenin tabaka bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.

EIS 410 dolgu elektrotu kullanılarak yapılan kaynaklı numunenin kaynak tabakasından alınan SEM ve EDX görüntüleri Şekil 4.18’de görülmektedir. Ayrıca EIS 410 dolgu elektrotu kullanılarak yapılan malzemenin esas metal bölgesinden alınan görüntü ve analizlerde Şekil 4.19’da mevcuttur.



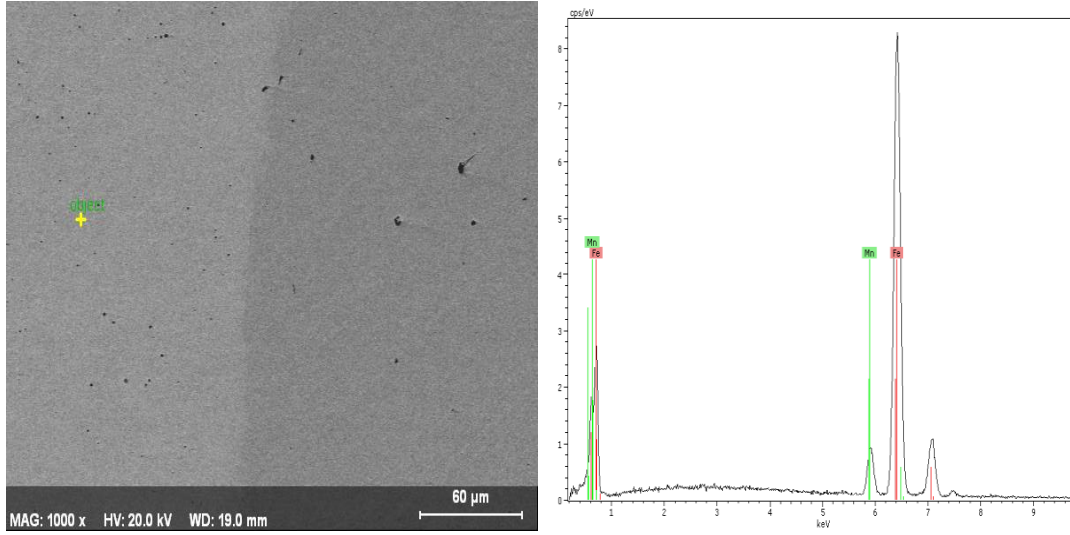
Şekil 4.18 EIS 410 dolgu kaynaklı malzemenin tabaka bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.



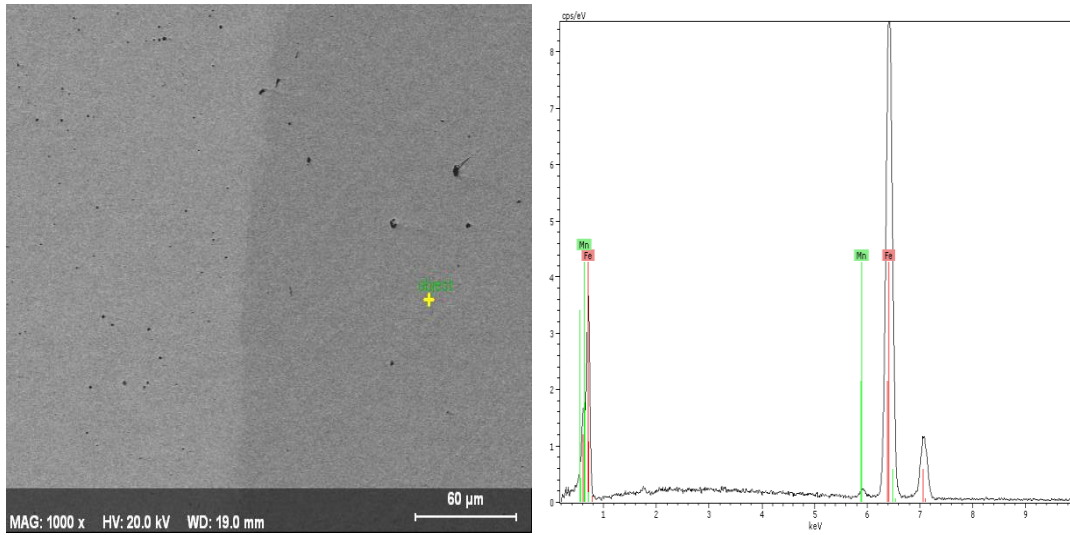
Şekil 4.19 EIS 410 dolgu kaynaklı malzemenin esas metal bölgesinden alınan SEM ve EDX görüntüleri.

Citomangan dolgu elektrotu kullanılarak yapılan numunenin kaynak tabakasından

alınan SEM ve EDX görüntüleri Şekil 4.20’de görülmektedir. Ayrıca citomangan dolgu elektrotu kullanılarak yapılan malzemenin esas metal bölgesinden alınan görüntü ve analizlerde Şekil 4.21’da mevcuttur.



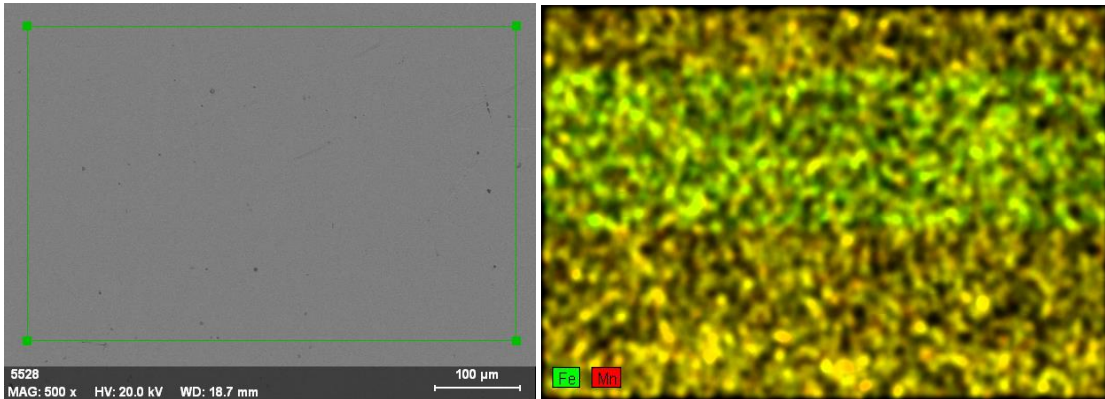
Şekil 4.20 Citomangan dolgu kaynaklı malzemenin kaynak tabakasından alınan SEM ve EDX görüntüleri.



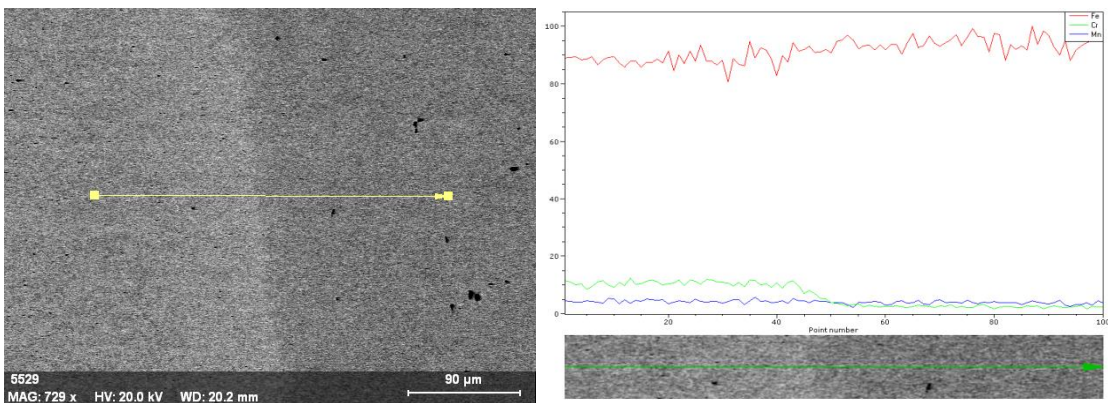
Şekil 4.21 Citomangan dolgu kaynağı yapılmış malzemenin esas metalden alınan SEM ve EDX görüntüleri.

Tez çalışmasında kullanılan 5630 kalite çeliğe ait SEM analizleri Şekil 4.22’de görülmektedir. Burada yapılan haritalama sonucunda çelik içerisinde bulunan Fe ve Mn hadde çizgileri boyunca farklı dağılımlar göstermektedir. 410 NiMo dolgu kaynağı

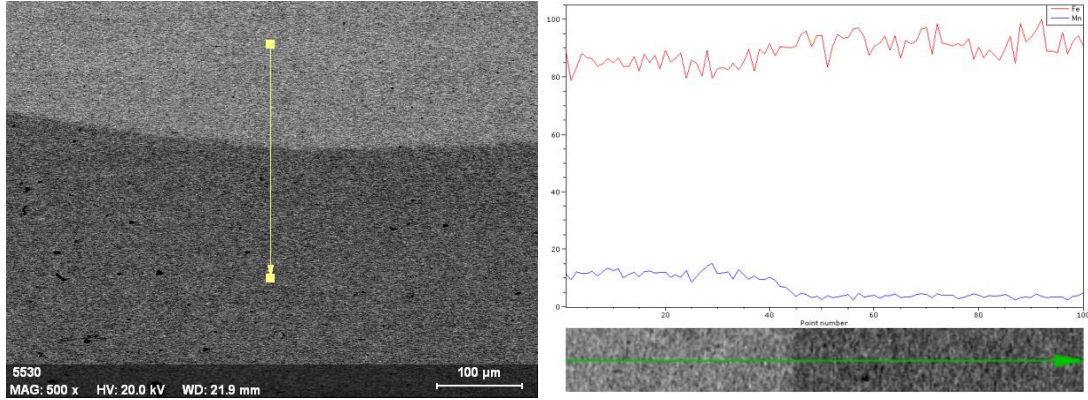
yapılmış malzemenin çizgi analizi Şekil 4.23’de görülmektedir. Bu analizde dolgu tabakasında görülen Cr artışı kullanılan elektrottan gelmektedir. Çünkü 410 NiMo dolgu elektrotundaki Cr miktarı esas metalde var olan Cr da daha fazla olmasından kaynak tabakasında Cr seviyesi ana malzemeye kıyasla daha fazla olduğu analiz sonuçlarından anlaşılmaktadır. Citomangan sert dolgu kaynağı yapılmış malzemenin çizgi analizi Şekil 4.24’de görülmektedir. Citomangan sert dolgu yapılan malzemenin kaynak tabakasında Mn seviyesindeki artış kullanılan dolgu elektrotundan gelmektedir. Çizgi analizinde bu durum Mn çizgisi yatayda aratarak devam etmekte ve esas metale kıyasla daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Sıvı nitrüleme işlemi yapılmış malzemenin çizgi analizi Şekil 4.25’de görülmektedir. Nitrürlü malzemenin çizgi analizine bakıldığında Azot ve Oksijen tabaka yüzeyinden esas metale doğru gittikçe azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi Azot ve Oksijenin dıştan içe doğru difüzyon mekanizması ile hareket etmesinden ileri gelmektedir. Çizgi analizinde görülen Alüminyum ise SEM’de kullanılan tutucu aparattan yansımaktadır.



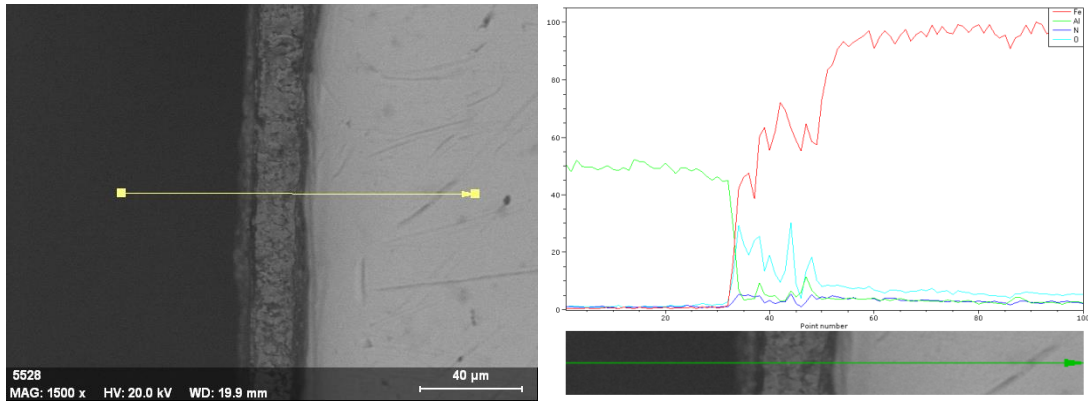
Şekil 4.22 Esas metalden alınan EDX haritalama görüntüleri.



Şekil 4.23 410 NiMo dolgu kaynağı yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.



Şekil 4.24 Citomangan sert dolgu kaynağı yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.



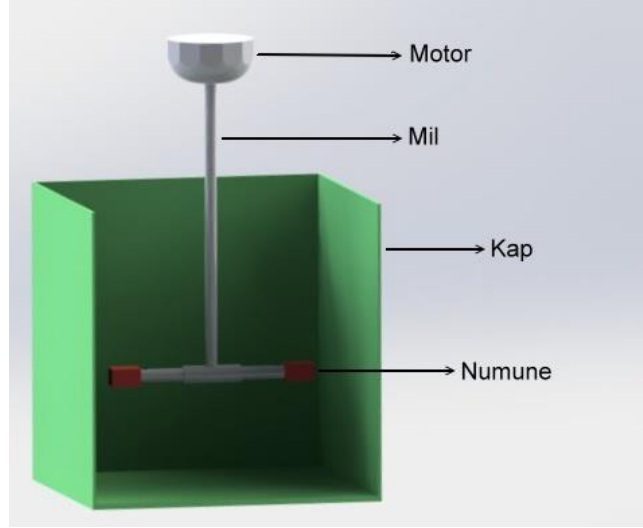
Şekil 4.25 Sıvı nitrüleme işlemi yapılmış malzemenin EDX çizgi analizi görüntüleri.

4.5 Aşınma Deneyi

Toprak işleme araçlarında dikkat edilen en önemli unsur aşınmadır. Yapılan bu deneyde pulluk uç demirinde kullanılan 5630 kalite çeliğin yüzeyine dolgu elektrotları ve nitrüleme işlemleri yapılarak yüzey modifiye edilmiştir. Uygulanan yüzey işlemlerinin aşınma davranışları değerlendirilmiştir.

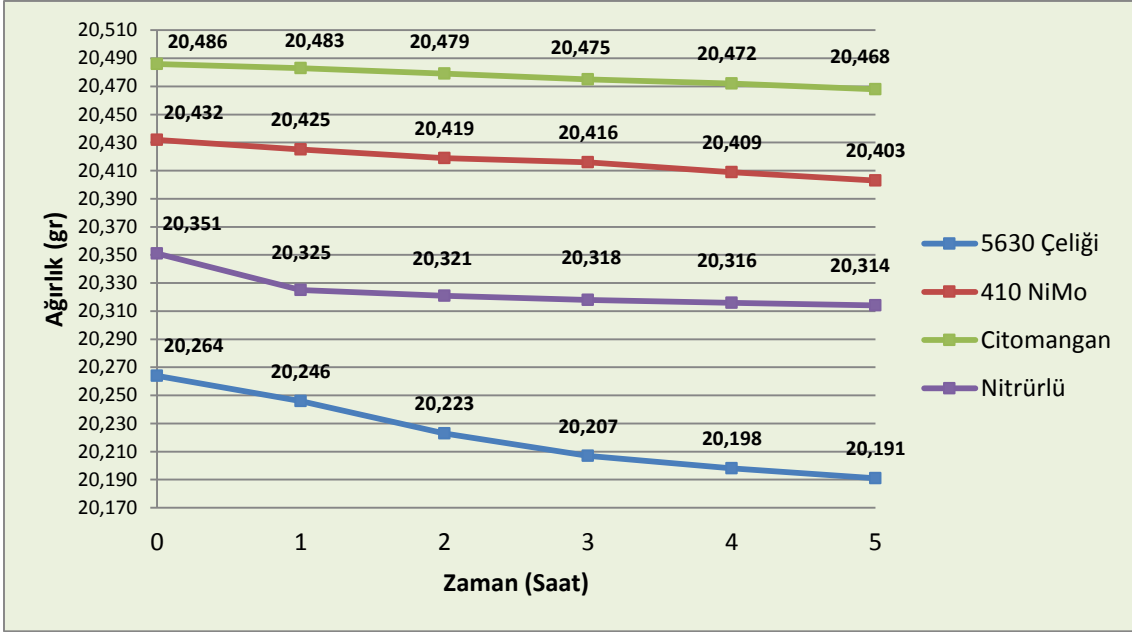
Aşınma deney düzeneğinde sütunlu şanzımanlı matkap tezgâhı kullanılmıştır. Karıştırıcı mikser olarak milin uç kısmına iki veya daha fazla kol monte edilerek bu kolların uçlarına da numuneler yerleştirilerek kutu içerisinde bulunan agrega ortamında aşınma deneyleri yapılmıştır. Aşınma deney düzeneği Şekil 4.26'da gösterilmektedir. Agrega

olarak kırma taş ve kumdan oluşan deney ortamı içerisine yerleştirilen sistem 50 Dev/sn motor yardımı ile döndürülmektedir. Dönüş esnasında numunelerin arkasında bıraktığı boşluğun diğer numuneyi sürtünmesiz ortamda hareket ederek aşınmamasına sebep olmaktadır. Bunun için agrega karışımının üzerine 10 kg ağırlığında yük yüklenerek boşluk oluşumu engellenmiştir.



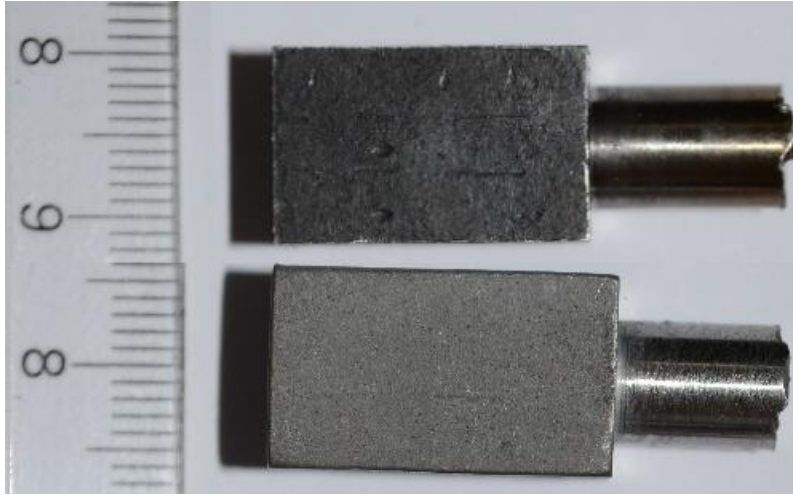
Şekil 4.26 Aşınma deney düzeneği.

Aşınma işlemi numunelerin birer saat periyotlarda toplam 5 saat olmak üzere her periyotta ağırlık kaybı 1/1000 hassasiyetindeki terazide ölçüm yapılmıştır. Aşınma testinde dolgu ve nitrürleme yapılmış her bir numuneden 2 şer adet ve toplamda 8 adet numune kullanılmıştır. Aşınma deney sonucunda numunelerin üzerinde bulunan kirlilikler (kum vb) su ve alkol yardımıyla temizleme işleminden sonra hassas terazide ağırlık kayıpları alınmıştır. Aşınma deneyinde numunelerden elde edilen sayısal değerler Excel formatında zaman-ağırlık değişimi çizgi grafiği olarak Şekil 4.27’de gösterilmektedir.



Şekil 4.27 Numunelerin aşınmaya bağlı ağırlık değişim grafiği.

Aşınma deneyinde kullanılan numunelerin aşınma öncesi ve sonrasında sahip oldukları fiziksel görünümlerinin fotoğrafları, 5630 çeliği Şekil 4.28’de, EIS NiMo dolgu tabakalı numune Şekil 4.29’da, citomangan dolgu tabakalı numune Şekil 4.30’da ve sıvı nitrürlü malzeme Şekil 4.31’de görülmektedir.



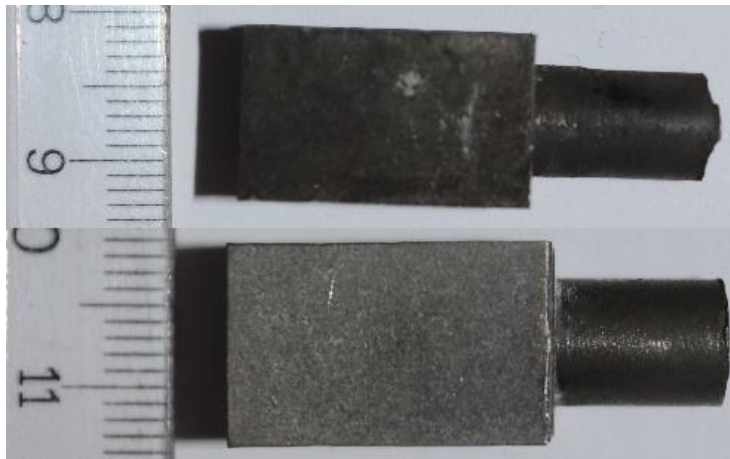
Şekil 4.28 5630 kalite çelik aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.



Şekil 4.29 EIS 410 NiMo dolgu tabakalı aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.



Şekil 4.30 Çitomangan dolgu tabakalı aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.



Şekil 4.31 Sıvı nitrülenmiş aşınma yapılmamış (üstte) ve aşınma sonrası (altta) numuneler.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Tarım alet ve makinelerinde kullanılan araçların en önemlisi pulluklardır. Pulluklarda aşınmaya en çok maruz kalan pulluk uç demiridir. Sıcak haddeleme ile üretilen çelik türlerinden olan 5630 çeliği toprak işleme aletlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada aşınmayı önlemek için 5630 çeliği üzerinde ark kaynak ve nitrüleme yöntemleri kullanılarak malzeme yüzeyi modifiye edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada, aşınma sonucu ağırlık kayıpları, optik mikroskop ve SEM analizleri yapılarak mikroyapı özellikleri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte mikroyapı sertlik değişimleri, tokluk değerlerinin belirlenmesinde charpy darbe deneyi ve aşınma deneyi ile aşınma davranışları tespit edilmiştir.

- 5630 kalite çelik esas metal mikroyapısı ile Citomangan ve EIS 410 NiMo dolgu ile yapılan dolgu sonrasında oluşan mikro yapılarda belirgin değişimler oluşmaktadır. Esas metalde var olan haddeleme çizgileri dolgu kaynağı sonrasında belirgin olarak azalmaktadır. Sıvı nitrüleme ise haddeleme çizgileri varlığını korurken yönlenmiş olan taneler 650 °C'de yapılan işlem sıcaklığı ve süresinden dolayı yeniden toparlanma yaparak mikroyapıda değişim meydana getirmiştir.
- Dolgu kaynağı yapılmış numunelerde mikroyapı sonuçlarında tabaka bölgesinden esas metale doğru dentritik girintilerin varlığı mevcuttur. Yüzeyde bulunan nitrür tabakası esas metal ile ince düz bir çizgi oluşturmaktadır. Bu tabakanın içerisinde tuz banyosundan çıkarılıp soğutma işlemi sırasında oluşan oksit tabakası meydana gelmiştir.
- Charpy darbe tokluk deneyinde, en yüksek kırılma tokluğu 5630 çeliğinde hesaplanmıştır. En düşük kırılma tokluğu ise EIS 410 NiMo dolgu kaynaklı çelik numunelerde hesaplanmıştır. Fakat dolgu kaynaklı malzemelerin darbe deneyinde aynı dolgu tabakalı numuneler arasında farklı sonuçlar hesaplanmıştır. Bu durum malzemelerin üzerine yapılan dolgu tabakasının kalınlığına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.
- Mikro sertlik ölçümlerinde ana malzemeye göre sertlik artışı tespit edilmiştir. Bu artış kaplama kaynak ara yüzeyinde en yüksek değere ulaşmaktadır. EIS 410

dolgu kaplamalı malzemenin sertliği kaynak tabakasında da devam ederken citomangan dolgu tabakalı yapıda ise dolgu tabakasında artarken ara yüzeyden sonra düşme göstermiştir fakat bu değer esas metalin sertliğinden daha yüksektir. Sıvı nitrürleme uygulanmış numunelerde nitrür tabakasındaki sertlik değeri yüksek olmasına rağmen tabakadan sonra esas metale doğru sertlikte azalma meydana gelmiştir.

- Aşınma deney sonuçları değerlendirildiğinde 5630 kalite çelikte meydana gelen ağırlık kaybı % 0,366 olarak hesaplanmıştır. En fazla malzeme kaybı işlem görmemiş 5630 kalite çelikte meydana gelmiştir. En az malzeme kaybı % 0,087 ağırlık kaybı ile citomangan örtülü elektrodu ile kaplanan numunelerde hesaplanmıştır. Sıvı nitrürlü malzemede ilk 1 saatlik aşınma periyodunda yüzeyde var olan oksit tabakası nedeni ile ağırlık kaybı hızlı olurken daha sonraki aşınma periyotlarında oksit tabakasının kırılması aşınma miktarını yavaşlatmıştır. Fakat yine de esas metalden daha yüksek aşınma direncine sahip olduğu hesaplanmıştır.
- Aşınma deneyinde EIS 410 örtülü elektrodu ile kaynaklı numunelerin sertlik değerlerinin yüksek olmasına rağmen yüzeyden talaş kaldırma işleminin zor olması ve yüzeyin pürüzlü ve keskin yapılar içermesi citomangan dolgu kaynaklı numuneye göre daha fazla malzeme kaybına neden olmuştur. Bundan dolayı citomangan dolgu kaynaklı yapılarda daha düzgün doğu yüzeyleri elde edilebilir.
- Sertlik değerleri ve ağırlık kaybı oranları göz önünde bulundurulduğunda, dolgu kaynaklı yüzeylerdeki aşınma daha az olurken sıvı nitrürlü malzemede aşınma nitrür tabakasından sonra gittikçe artan bir grafik sergileyecektir.
- 5630 kalite çeliğin ağırlık kaybı yüzdesi ile citomangan kaynaklı çeliğin yüzdesi orantılandığında % 76.2 malzeme kazancı sağlandığı belirlenmiştir. Aşınmanın genellikle köşelerde meydana geldiği görülmektedir.

5630 kalite çelikte yapılan tez çalışmasında ve bulunan sonuçlar ile ilgili bazı öneriler şu şekildedir.

- Toprak işlemede kullanılan pullukların aşınma oranı yüksek olan pulluk uç demirlerinde aşınmanın azalması için tokluk değerlerinin yüksek olması gerekmektedir.

- Pulluklarda kullanılan yüzeylerin temiz ve düz yüzeylerden oluşması aşınma değerlendirmeleri daha hassas hale getirecektir. Bununla birlikte işlem uygulanan metaller doğal koşullarda da denenerek sonuçlar gözlemlenmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, A.İ. ve Öztürk R. (2011). Tarım Alet ve Makineleri, Anadolu Üniversitesi, Açık öğretim Fakültesi Yayını No: 1351, Eskişehir.
- Anık, S. (1991). Kaynak Tekniği El Kitabı, Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul, 250s.
- Anık, S., Tülbentçi, K. ve Kaluç, E. (1991). Örtülü Elektrot ile Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Eğitim Vakfı, İstanbul, 296s.
- Anonim, 2012. T.C. Ekonomi Bakanlığı, Tarım Alet ve Makineleri Sektörü, Sektör Raporu, Ankara.
- Atik, E. (2006). Triboloji Ders Notları, Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa.
- Brooks, C. R. (1992) Principles of the surface treatment of steels. Lancaster, Basel: Technomic Publishing Company.
- Cavcar, M. M. (1998). Sert Dolgu Rehberi, Oerlikon Yayınları, İstanbul, 3s.
- Çakır, E. (2005). Tarımsal Aletler ve makineler Sektörü Profil Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Çay, V.V., Çelik, H., Gök, M.S., (2004). Elektrik ark kaynak yöntemiyle yüzeyi alaşımlandırılan AISI 1010 çeliğinin abrasif aşınma Davranışının araştırılması, Denizli Malzeme Sempozyumu, 101-109s.
- DPT (1995), VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİKR ,Tarım Alet ve Makineleri İmalat Sanayi.
- Erdem, S. (2006). Yüksek Karbon İçeriğine Sahip, Yüksek Kromlu, Manganlı ve Alaşımsız Düşük Karbonlu Çeliklerin Aşınma Davranışlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Er, Ü. (2003). Bor yayınımla yüzeyi sertleştirilmiş çeliklerin aşınmaya karşı dayanımlarının ve pulluk uç demirlerinde uygulama olanaklarının araştırılması, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Eryiğit, H. (2012). Borlanmış Çift Fazlı Çeliklerin Aşınma Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Afyonkarahisar.

- Eşiyok, B.A. (2004). Kalkınma Sürecinde Tarım Sektörünün Ekonomideki Yeri, Yapısı ve Gelişme Dinamikleri (1923-2004), Cilt I, Ankara.
- Funatani, K. (2005). Nitro-carburizing and nitriding technology. The state and development of processing technology. Proceedings of the 23rd Heat Treating Society Conference, 141-146
- Gürsel, K.T., Köftelioğlu, E.Y. (2006). İki Soklu kulaklı Pulluk Elemanlarının Yapısal Analizi, Araştırma Makalesi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Karamış, M.B. (1985). Toprak İşleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes.
- Karaoğlu Y. (2006). Bir Aşınma Test Cihazının Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kayalı, E.S., Eruslu, N., Ürgen, M., Taptık, Y., Çimenoğlu, H. (1997). Hasar Analizi Seminer Notları 07-11 Nisan, İstanbul.
- Khruschov, M.M. (1974). Principles of Abrasive Wear, *Wear*, **28**: 69-88.
- Köymen, O.(1999), “Cumhuriyet Döneminde Tarımsal Yapı ve Tarım Politikaları” 75 Yılda Köylerden Şehirlere İçinde, Tarih Vakfı Yayınları
- Misra, A. and Finnie I. (1982). A review of the abrasive wear of metals, *Journal of Engineering Materials and Technology*, **2**: 94-101.
- Mutaf, E. (1974). Tarım Alet ve Makinaları I. Cilt, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:218, İzmir.
- Richardson, R. C. D. (1967). The wear of metallic materials by soil-practical phenomena, *Journal of Agricultural Engineering Research*, **12 (1)**: 22-39.
- Sevinç, B. (2007). Geleneksel Charpy Vurma Deneyi Verilerinin Labview Programı Kullanılarak Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Shen, Y. Z, Oh, K. H, Lee, D. N.(2005) Nitriding of steel in potassium nitrate salt bath. *Scripta Materialia*, 1345–1349.

- Şenay, S. (2013). Pulluk Uç Demirlerinde Kullanılan Borlanmış AISI 1050 Çeliği ile AISI 1020 Çeliğinin Aşınma ve Bazı Mekanik Özellikler Yönünden Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Tabur, M. (2003). Farklı Isıl İşlemlerdeki 8620 Sementasyon Çeliğinin Abrasif Aşınma Davranışları, Yüksek Lisans Tezi.
- Topçu, Ş. (2010). Farklı Şartlarda Plazma Nitrülenmiş Çeliklerin Aşınma Davranışının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Uetz, H. and Fohl J. (1978). Wear as an energy transformation process, *Wear*, 49 (3): 253-264.
- Urun, R. (2008). Sürtünme ve Aşınma Test Cihazı Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Yegen, İ. (2009). Sıcak Haddelenmiş ve Soğuk Çekilmiş SAE 8620 ve 16MnCr5 Çeliklerinde Tuz Banyosunda Gerçekleştirilen Sementasyon İşleminin Aşınma Direncine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Yu, H.J. and Bhole, S.D. (1990). Development of a Prototype Abrasive Wear Tester for Tillage Tool Materials, *Triboloji International*, 5: 309-316.
- Yücel, A. (1999). Çeliklerde Aşınmaya Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- 1- <http://www.erdemir.com.tr>, 02.02.2014
- 2- http://www.oerlikon.com.tr/sert_dolgu_uygulamalari_icin_elektrodlar.html, 02.02.2014
- 3- http://www.oerlikon.com.tr/paslanmaz_celik_elektrodlar.html, 02.02.2014

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Necip SELÇUK
Doğum Yeri ve Tarihi : Balıkesir – 02/10/1988
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0 506 469 14 88 – necipselcuk@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Soma Teknik Lisesi – Bilgisayar Bölümü (2006)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Metal Öğrt. (2011)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi - Metalurji ve Malzeme Mühendisliği (2014)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Yayınları (SCI ve diğer) :

Diğer konular