

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**PULLUK UÇ DEMİRLERİNE UYGULANAN YÜZEY
İŞLEMLERİNİN AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Fatma Gizem Acar (Çakır)

**Danışman
Doç. Dr. Hülya DURMUŞ**



MANİSA-2019

**Fatma Gizem
ACAR(Çalır)**

**PULLUK UÇ DEMİRLERİNE UYGULANAN YÜZEY İŞLEMLERİNİN AŞINMA
DAVRANIŞINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

2019

TEZ ONAYI

Fatma Gizem ACAR (ÇAKIR) tarafından hazırlanan "Pulluk Uç Demirlerine Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Aşınma Davranışına Etkilerinin İncelenmesi" adlı tez çalışması 12/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Hülya DURMUŞ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Emre YALAMAÇ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Metin YURDDAŞKAL

Dokuz Eylül Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Fatma Gizem ACAR(ÇAKIR)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
TABLO DİZİNİ.....	VIII
TEŞEKKÜR.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT	XI
1.GİRİŞ	12
2.GENEL BİLGİLER	14
2.1 Kulaklı Pulluklar	14
2.2 Bıçak Ucu.....	16
2.3 Bıçak Uçlarında Aşınma	17
2.4. Isıl İşlemler.....	20
2.4.1. Tavlama.....	23
2.4.2. Sertleştirme	23
2.4.3. Temperleme.....	23
2.4.3.1. Menevişleme	23
2.5. Sert Dolgu Kaplama Yöntemi.....	24
2.6 Literatür Taraması.....	25
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	27
3.1. Materyal	29
3.1.1. Numune Hazırlığı	31
3.2. Karakterizasyon.....	32
3.2.1. Mikroyapı.....	32
3.2.2. Sertlik.....	35
3.2.3. Aşınma Testi	35
3.2.4. Çentik Darbe Testi	36
3.2.5 Çekme Testi	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	44
4.1. Mikroyapılar.....	44
4.2 Sertlik Test Sonuçları.....	46
4.3. Çekme Test Sonuçları	54
4.4. Çentik Darbe Test Sonuçları	56
4.5. Aşınma Sonuçları.....	63
4.6 SEM-EDX Analizleri	68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

51CrV4	51 Krom Vanadyum 4
33MnCrB5	33 Mangan Krom Bor 5
60SiMn5	60 Silisyum Mangan 5
41CrMo4	41 Krom Molibden 4
S.D	Sert Dolgu
Kar.	Karbonitrasyon



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Çekili döner kulaklı pulluk (ızgara kulak) uç demiri	12
Şekil 1.2. Döner kulaklı pulluk ile tarla sürümü	13
Şekil 2.1.Döner kulaklı pulluk	14
Şekil 2.2.Üç soklu traktör pulluğu	15
Şekil 2.3. Pulluk alt takım	15
Şekil 2.4. Tam otomatik kulaklı pulluk tarla sürümü	16
Şekil 2.5. Bıçak ucu	17
Şekil 2.6. Topraktaki abrasif aşınma	18
Şekil 2.7. Kulakların toprağa batması	19
Şekil 2.8. Demir-karbon denge diyagramı	22
Şekil 2.9. Özlü tel elektrot kaynağı	25
Şekil 3.1. Mikroyapı ve makroyapı incelemelerinde kullanılan mikroskoplar	33
Şekil 3.2. Bakalite alma cihazı	33
Şekil 3.3. Zımparalama ve parlatma cihazı	34
Şekil 3.4. Rockwell-C sertlik cihazı	35
Şekil 3.5. ASTM G65 standardına göre test cihazının şeması	36
Şekil 3.6. Sünek- gevrek geçiş sıcaklığı grafiği	37
Şekil 3.7. Darbe deneyi şematik gösterimi	38
Şekil 3.8. Charpy darbe deneyi	38
Şekil 3.9. Çentik darbe deney numuneleri	39
Şekil 3.10. Sünek ve gevrek malzemelerin çekme grafiği	41
Şekil 3.11. Gerilme şekil değişimi eğrisi	42
Şekil 3.12. Yuvarlak kesitli silindirik başlı çekme numunesi	42
Şekil 3.13.İncelemelerde kullanılan SEM-EDX cihazı	42
Şekil 4.1. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 Malzemesinden numunelerin mikroyapıları	44
Şekil 4.2. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 Malzemesinden numunelerin mikroyapıları	48
Şekil 4.3. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin mikroyapıları	46
Şekil 4.4. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin mikroyapıları	46
Şekil 4.5. Farklı ısıl ve yüzey işlemleri görmüş 33MnCrB5 malzemelerin sertlik sonuçları	48
Şekil 4.6. 51CrV4 grup numunelerin sertlik testi sonuçları	50
Şekil 4.7. Farklı işlemler uygulanmış 60SiMn5 malzemelerin sertlik sonuçları	52
Şekil 4.8. Farklı işlemler uygulanmış 41CrMo4 sertlik sonucu	53
Şekil 4.9. Farklı işlemler uygulanmış 33MnCrB5 çentik darbe test sonuçları	58
Şekil 4.10. Farklı işlemler uygulanmış 51CrV4 grubu çentik darbe test sonuçları	59

Şekil 4.11. Farklı işlemler uygulanmış 60SiMn5 grubu çentik darbe test sonuçları.....	60
Şekil 4.12. 41CrMo4 çentik darbe test sonuçları	61
Şekil 4.13. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları.....	63
Şekil 4.14. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları.....	65
Şekil 4.15. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları.....	66
Şekil 4.16. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları.....	67
Şekil 4.17. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (220C°).....	68
Şekil 4.18. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (280C°).....	68
Şekil 4.19. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (Sert Dolgu).....	69
Şekil 4.20. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (Karbonitrasyon).....	69
Şekil 4.21. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM Görüntüleri.....	70
Şekil 4.22. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (220C°).....	71
Şekil 4.23. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (315C°).....	72
Şekil 4.24. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM Görüntüleri.....	72
Şekil 4.25. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (250C°).....	73
Şekil 4.26. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları (270C°).....	74
Şekil 4.27. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin SEM Görüntüleri.....	74
Şekil 4.28. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları	75

TABLO DİZİNİ**Sayfa**

Tablo 3.1. 33MnCrB5 kimyasal kompozisyonu	28
Tablo 3.2. 51CrV4 kimyasal kompozisyonu	29
Tablo 3.3. 60SiMn5 kimyasal kompozisyonu	29
Tablo 3.4. 41CrMo4 kimyasal kompozisyonu	29
Tablo 3.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin parametreleri.....	30
Tablo 4.1. 33MnCrB5-220°C sertlik test sonucu.....	47
Tablo 4.2. 33MnCrB5-280°C sertlik test sonucu.....	47
Tablo 4.3. 33MnCrB5-sert dolgu uygulanmış numunenin sertlik test sonuçları.....	47
Tablo 4.4. 33MnCrB5-karbonitrasyon işlemi uygulanmış numunenin sertlik testi sonuçları	48
Tablo 4.5. 51CrV4-220°C sertlik test sonucu	49
Tablo 4.6. 51CrV4-315 °C sertlik test sonucu	47
Tablo 4.7. 60SiMn5-250 °C sertlik test sonucu	51
Tablo 4.8. 60SiMn5-270 °C sertlik test sonucu	51
Tablo 4.9. 60SiMn5-250 °C sert dolgu sertlik test sonucu	51
Tablo 4.10. 41CrMo4-240 °C sertlik test sonucu	52
Tablo 4.11. 41CrMo4-sert dolgu sertlik test sonucu.....	53
Tablo 4.12. 33MnCrB5-220 °C numunesi çekme test sonucu.....	54
Tablo 4.13. 33MnCrB5-280 °C numunesi çekme test sonucu.....	54
Tablo 4.14. 51CrV4-220 °C numunesi çekme test sonucu	54
Tablo 4.15. 51CrV4-315°C numunesi çekme test sonucu.....	55
Tablo 4.16. 60SiMn5-250 °C numunesi çekme test sonucu	55
Tablo 4.17. 60SiMn5-270 °C numunesi çekme test sonucu	55
Tablo 4.18. 41CrMo4-240°C numunesi çekme test sonucu	56
Tablo 4.19. 33MnCrB5-220°C numunesi çentik test sonucu	57
Tablo 4.20. 33MnCrB5-280°C numunesi Çentik Test Sonucu	57
Tablo 4.21. 33MnCrB5-karbonitrasyon numunesi çentik test sonucu.....	57
Tablo 4.22. 51CrV4-220°C numunesi çentik darbe test sonucu.....	59
Tablo 4.23. 51CrV4-315°C numunesi çentik darbe test sonucu.....	59
Tablo 4.24. 60SiMn5-250°C numunesi çentik test sonucu.....	60
Tablo 4.25. 60SiMn5-270°C numunesi çentik test sonucu.....	60
Tablo 4.26. 41CrMo4-220°C numunesinin çentik test sonucu	61
Tablo 4.27. 33MnCrB5-220 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarı	62
Tablo 4.28. 33MnCrB5-280 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	62
Tablo 4.29. 33MnCrB5 sert dolgulu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	62
Tablo 4.30. 33MnCrB5 karbonitrasyon numunesinin aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	63
Tablo 4.31. 51CrV4-220°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları	64

Tablo 4.32. 51CrV4-315°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	64
Tablo 4.33. 51CrV4-220°C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	64
Tablo 4.34. 60SiMn5-250°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	65
Tablo 4.35. 60SiMn5-270 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	65
Tablo 4.36. 60SiMn5-250 °C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	66
Tablo 4.37. 41CrMo4-220 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	66
Tablo 4.38. 41CrMo4- sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	67
Tablo 4.39. 41CrMo4-220 °C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları.....	67
Tablo 4.40. 33MnCrB5-220° EDX analiz sonuçları.....	68
Tablo 4.41. 33MnCrB5-280° EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	69
Tablo 4.42. 33MnCrB5-sert dolgu EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	69
Tablo 4.43. 33MnCrB5-karbonitasyon EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	70
Tablo 4.44. 51CrV4-220°c EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	71
Tablo 4.45. 51CrV4-315°C EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.46. 60SiMn5-250°C EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	74
Tablo 4.47. 60SiMn5-270°C EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	74
Tablo 4.48. 41CrMo4-240°C EDX birinci nokta analiz sonuçları.....	75

TEŞEKKÜR

Bilgi ve tecrübesiyle lisansüstü öğretim hayatım sürecinde maddi, manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleriyle yol gösteren, çalışmamın her aşamasında ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında en büyük katkısı olan hocam Doç. Dr. Hülya Durmuş' a, yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemeyen ve bana her konuda destek olan Halit Ünlü Ziraat Aletleri A.Ő'ye ve çalışanlarına, Genel Müdürü Sayın Halit Ünlü'ye ve Genel Müdür Yardımcısı Sayın Ahmet Büyükşahin' e, tez çalışmalarımda fikir alışveriŐi yaptığım, çalışmalarımda yardımcı olan değerli arkadaşlarım Metalurji Malzeme Mühendisi Serdar Güler ve Erol Gürses'e, hayatımın her aşamasında yanımda olan aileme ve eşime teşekkür ederim.

FATMA GİZEM ACAR(ÇAKIR)

Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Pulluk Uç Demirlerine Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Aşınma Davranışına

Etkilerinin İncelenmesi

Fatma Gizem Acar(Çakır)

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hülya DURMUŞ

Ülkemizde tarım makinalarında kullanılan parçalarının malzemeleri ve bu malzemelere uygulanan yüzey işlemler gelişen teknikler ile birlikte değişmektedir. Toprak işleme makinaları toprakta sürüm yaparken işleyici parçalar ile toprak sür-tünmektedir. Toprak işleyici parçalarının en önemli parçalarından biri uç demirleri-dir. Aşınma, pullukların işlevini bozmakta ve makinaların en iyi şekilde çalışmalarına engel olmaktadır. Ayrıca toprağa geçen yıllık metal oranını zamanla artırmaktadır. Toprak makinalarının parçalarında malzeme tercihi, imalat yöntemleri ve uygulanan ısıl işlemlerin hepsi birbirleriyle ilgilidir.

Bu tez çalışmasında 33MnCrB5, 60SiMn5, 51CrV4 ve 41CrMo4 malzemele-rine farklı ısıl ve yüzey işlemleri uygulanarak laboratuvar koşullarında aşınma testle-ri uygulanarak, aşınma davranışları incelenmiş ve malzemeye uygulanan işlemlerin aşınmaya olan etkileri karşılaştırılmıştır. Numunelerin yüzey sertlik testleri gerçekte-leştirilmiş mikroyapı ve SEM-EDX analizleri yapılmıştır. Çentik darbe deneyi yapı-larak kırılma ve tokluk özellikleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Sertlik sonuçlarına, aşınma dirençlerine, tokluk değerlerine, oluşan mikroyapılara ve maliyete göre sert dolgu kaplamalı, 33MnCrB5-280°C ile 51CrV4-315°C numuneleri uç demiri olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aşınma, 33MnCrB5, 51CrV4, 60SiMn5, 41CrMo4, uç demiri.

2019, 82 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

Investigation of the Effects of Surface Treatments Applied to Sharp

Fatma Gizem Acar(Çakır)

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Materials Engineering**

Supervisor: Doç. Dr. Hülya DURMUŞ

Materials used in agricultural machinery in our country and the materials used in the production of equipment according to these materials Soil cultivation machinery. One of the most important parts of soil tillage parts is the end bars. Wear disrupts the function of the plows and prevents the machines from operating optimally. It also increases the annual rate of metal in the soil over time. Material selection in parts of soil machinery, manufacturing methods and all of the heat treatments are all with each other.

In this thesis, different thermal and surface treatments were applied to 33MnCrB5, 60SiMn5, 51CrV4 and 41CrMo4 materials by applying abrasion tests under laboratory conditions, abrasion behavior was examined and the effects of the processes applied to the material were compared. Surface hardness tests of the samples were performed and microstructure and SEM-EDX analyzes were performed. Fracture and toughness properties were determined by notch impact test.

As a result, it is concluded that 33MnCrB5-280 ° C and 51CrV4-315 ° C samples can be used as end bars according to hardness results, abrasion resistance, toughness values, microstructures and cost.

Keywords: Wear, 33MnCrB5, 51CrV4, 60SiMn5, 41CrMo4, sharp.

2019, 82 pages

1.GİRİŞ

Tarım ürünlerinin kaliteli yetiştirilmesi uygun şartların sağlanması ile mümkündür ve uygun şartlar içinde en önemlisi topraktır. Toprağın en iyi şekilde işlenmesi ürünün verim ve kalitesini doğrudan etkileyecektir [1].

Ülkemizde tarım makinalarının kalitesi zamanla artmaktadır. Malzeme bilimindeki gelişmeler, tarım sektörü imalatlarında farklı malzemelerin kullanılmasına yol açmıştır. Teknik özellikleri uygun olan malzemelerden üretilen tarım makinaları ve aletlerinin, ömrü uzun ve kaliteli olmaktadır (Şekil 1.1) [2]. Ayrıca böyle makinaların özellik açısından iyi tasarım yapılmış olması ve bu özelliklerini tohum yataklarının hazırlığı sırasında korunması istenmektedir [3].



Şekil 1.1. Çekili döner kulaklı pulluk (ızgara kulak) uç demiri [3]

Ziraat alet ve makinalarının ömrü, modeline, imalatında kullanılan malzeme, kalitesine, bakım, tamir durumuna ve kullanma şartlarına göre değişir.

Toprak işleme parçalarının ve makinalarının toprakta sürüm yapılırken işleyici elemanlar ile toprak sürtünmektedir. Böylelikle işleyici parçalarının zamanla aşınarak fonksiyonlarını yitirmektedir. Toprak işleyici parçalarının en önemli parçalarından biri uç demirleridir. Basma, kesme, çekme gibi küçük gerilmeler ile birlikte darbe, burulma, eğilme vb. kuvvetlere maruz olan uç demirlerinin özellikle aşınma direncinin oldukça fazla olması beklenmektedir [4].



Şekil 1.2. Döner Kulaklı Pulluk ile Tarla Sürümü [5]

Aşınma, pullukların işlevini bozmakta ve makinaların en iyi şekilde çalışmalarına engel olmaktadır. Ayrıca yıllık toprağa geçen metal oranını zamanla artırmaktadır [3].

Toprak makinalarının parçalarında malzeme tercihi, imalat yöntemleri ve uygulanan ısı işlemlerin hepsi birbirleriyle ilgilidir. Malzemelerin doğru seçilmesi, üretim yöntemleri ve uygun kullanım doğru seçilmezse toprak sürümünde problemlere sebep olmaktadır. Bununla beraber çeki direncinin de artmasına neden olacaktır [4].

Bu çalışmada 33MnCrB5, 51CrV4, 60SiMnB5 ve 41CrMo4 çelikten üretilmiş pulluk uç demirine, farklı ısı işlemler uygulanarak laboratuvar koşullarında aşınma davranışları incelenmiş ve malzemeye uygulanan ısı işlemin aşınmaya olan etkileri karşılaştırılmıştır. Yüzey sertlik değerleri ölçülüp, mikroyapı analizleri yapılmıştır. 33MnCrB5 ve diğer dövme malzemelerine farklı sıcaklıklarda tavlama işlemi yapılarak ıslah edilmiştir. Malzemeler yağda soğutularak sertleştirilmiştir. Bu şekilde çeliklerde sıcaklığın ve zamanın fonksiyonu olarak alaşım içerisinde aşırı soğuma koşullarına bağlı olarak oluşacak faz dönüşümlerinin belirlenmesinde izotermal dönüşüm diyagramları tercih edilmiştir. Daha sonra farklı sıcaklıklarda menevişleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında seçilen numunelere sert dolgu işlemi uygulanmıştır. Sert dolgu, farklı endüstrilerde yeni bileşenlerin üretimi, onarımı ve servis süresinin uzatılmasında kullanılmaktadır. Uygulama ve teknolojik gelişmelerin önemli bir alanı olan aşınma, korozyon ve oksidasyona maruz kalan yüzeylerin iyileştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir [4].

2. GENEL BİLGİLER

Toprak işleme makinaları, bitki köklerinin bulunduğu orta derinlikte (10...35 cm) toprağı işleyen makinalardır. Bu makinaların genel olarak görevleri aşağıda belirtilmiştir.

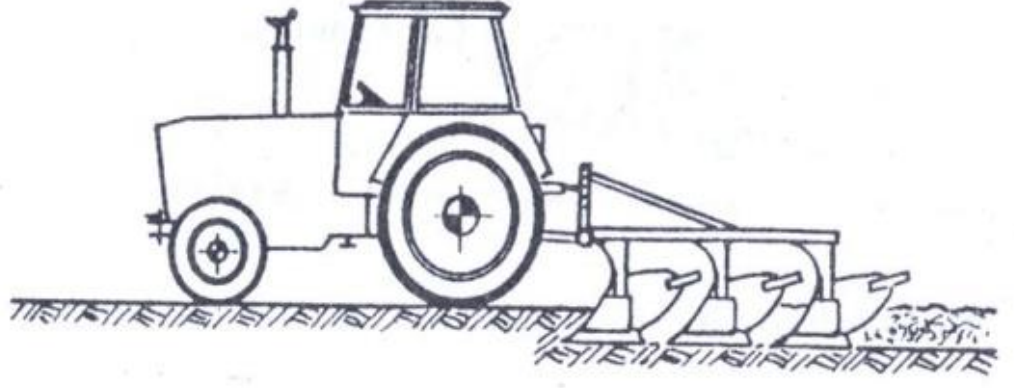
- ◆ Toprağı alt-üst etmek, gevşetmek, ufalamak,
- ◆ Organik artıkları ve gübreyi gömmek,
- ◆ Yabancı otları yok etmek.
- ◆ Bu grupta kulaklı pulluklar, diskli pulluklar, ağır toprak frezeleri vb. makinalar bulunmaktadır [6].



Şekil 2.1. Döner kulaklı pulluk [5]

2.1. Kulaklı Pulluklar

Toprağı alt-üst ederek devirme işlemi yapan makinalardır. Kulaklı pullukların çalışma ilkesi, toprağı dikdörtgen şeritler halinde kesip, alt-üst eden, aynı zamanda gevşeterek, kabartan ve kısmen parçalayan toprak işleme makinasıdır. Döner kulaklı pullukla yapılan düz sürümlerde homojen bir yüzey elde edilmektedir.

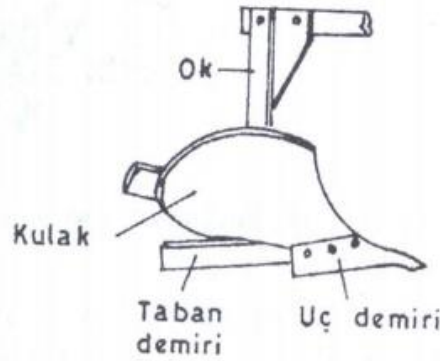


Şekil 2.2. Üç soklu traktör pulluğu [6]

Kulaklı pulluklar şase üzerine yerleştirilmiş gövdelerden (sok) oluşmuştur. Her bir sokta kulaklar ve yardımcı elemanlar bulunmaktadır. Dolayısıyla kulaklar uç demiri, bıçak ve ana gibi aktif elemanlarla, kulak ucu, gergi gibi yardımcı elemanlardan oluşur. Yardımcı elemanlar pulluğun düzenli, dengeli çalışmasını sağlar.

Döner kulaklı pulluklar tarlayı düzgün olarak süren pulluk tipidir. Ekimden hasata kadar olan işlemleri kolaylaştırır. İki kat gövde sayısı ile daha ağır olması nedeniyle daha büyük traktöre ihtiyaç duyulmaktadır.

Cazibe sulama, enerji gerektirmeden tarımsal üretim için sulama suyunun, kaynaktan sulama yapılacak yere gitmesi amacıyla kurulan tesislerdir. Cazibe sulama yapılan tarım alanlarında tercih edilmektedir, parsel başında kısa dönme uzaklığı ve zamanına sahip olması nedeniyle iş verimi ve işgücü açısından da olumlu etkiye sahiptirler [6].



Şekil 2.3. Pulluk alt takım [6]



Şekil 2.4. Tam otomatik kulaklı pulluk tarla sürümü [5]

2.2. Bıçak Ucu

Pullukların bir bölümünü oluşturan uç demirinin farklı kenar açılarını vardır ve kama formuna sahiptir. Uç demirleri; kazayağı, dar, üçgen vb. farklı geometrilerde imal edilmektedir. Pulluk uç demirinin toprağı, tabana paralel kesmesi gerekir. Bu eleman, toprak şeridini paralel düzlemde böler, topraktan onu ayırır ve kulağa sevk eder [7]. Bu iş için toplam çeki kuvvetinin %50 'si harcanmaktadır. Bu bakımdan pulluk uç demirinin imalatı önemlidir. Aksi halde, uç demiri kısa sürede şeklini kaybederek, toprağı işleyemez hale gelecektir [8].

Uç demiri pullukların aşınma ve zorlanma açısından en fazla olduğu için, malzemesinin tok olması beklenmektedir. Ayrıca yüzeyi sert ve aşınmaya da dayanıklı olması gerekir. Ülkemizde en çok kullanılan pulluk uç demirlerinden biri destekli diğeri ise burunlu uç demiridir. Uç demirine kaynakla destek eklenebilmektedir. Eklenen destek, uç demirinin aşınmaya karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca bir diğeri artan özellik ise pulluğun kararlılığıdır. Ancak bunun için ayrı bir işçilik yapılması gerekmektedir. Kamalı uç demirlerinin avantajları taşlı ve sert topraklarda daha uzun ömürlü çalışmaktadırlar [7]. Uç demirlerinin alt ve yan kavrana paylarının kalmaması yani aşınması pulluğun toprağı batmasını ve çizide tutunmasını zorlaştırır. Pulluk uç demirinin aşınması, malzeme kaybının yanı sıra zaman olarak da bir kayıp söz konusudur. Bu sebeple kalitede azalmaktadır.

Aşınma, uç demirlerinin kenarlarının ve burun bölümünün küçülmesine neden olmaktadır. Böylelikle pulluğun toprağa şekil verme yeteneğini olumsuz yönde etkiler. Pulluk uç demirlerinin, toprakta çalışma yaparken uygulanan kuvvetler sürekli değişiklik göstermektedir. Bu kuvvetler sürekli olarak yüksek değerlere çıkmaktadır. Aşınmaya karşı sert malzemeler dayanıklıdır. Ancak, bu şekilde uygulanan darbelere karşı iyi değildir.

Malzemelerin darbelere karşı sünek olması istenir. Çeliklerde hem sertlik hem de darbe dayanımının iyi olması bazı koşullarda sağlanır. Pulluk uç demirindeki aşınma ile sertlik birbirine bağlıdır. Martenzit kısmında sertliğin artmasıyla, aşınma da azalma meydana gelmektedir. Su verme işlemi ile, martenzit sertlik sağlanır. Tavlama işlemi ile de kırılması güçleştirilir [7].

1991 tarihli DIN 11100 standardı, hammadde seçimini imalatçıya bırakmaktadır. Aşınmaya engel olmak için sertleştirilen malzemelerde en az 49 HRC bir sertlik öngörmektedir [9].



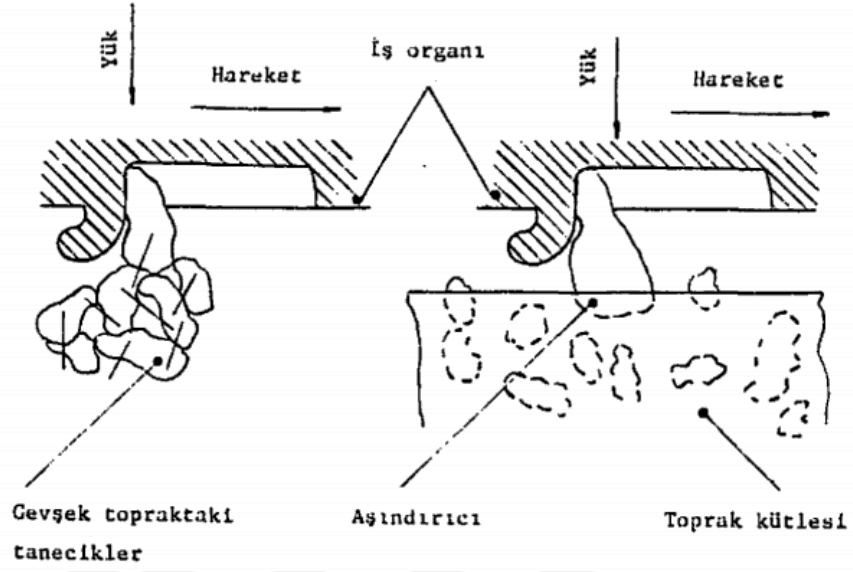
Şekil 2.5. Bıçak ucu [5]

2.3. Bıçak Uçlarında Aşınma

Aşınma, fark edilmeden oluşan ve oluşurken doğrudan ve dolaylı problemleri de beraberinde getiren genel mekanik bir olaydır. Aşınma, engellenmesi mümkün olmayan ancak sonucunda oluşan kayıplar azaltılabilir. Bu kayıplar, bazı etmenlerin kontrolü ile mümkündür. Bu nedenle üzerinde çalışmalar yapılan, ekonomiklik incelemesinde önemi vurgulanan bir sorun olarak karşımıza çıkar [10].

Abrasif aşınma, yumuşak bir yüzey ile sert ve pürüzlü bir yüzey bir yüzeyin karşılıklı çalışması ile meydana gelmektedir. Tarım sektöründe aktif olarak toprak işlemede kullanılan çelik uçlardaki abrasif aşınma, tekrar kazanılamayan fazla miktarlarda malzeme kaybının neden olmaktadır [11]. Ayrıca maliyetlerin artışına ve

aşınan uç demirlerinin değiştirilmesi zaman kaybına sebep olmaktadır. Bu nedenle aşınan uç demirleri çok büyük bir sorundur [11].



Şekil 2.6. Topraktaki abrasif aşınma [8]

Aşınma mekanizmaları, sürtünme esnasında oluşan değişikliklere bağlı olarak tanımlanmaktadır. Genelde aşınma, birden fazla aşınma mekanizması yer almaktadır. Sistemde, farklı türlerde aşınmada ki aşınma mekanizması bilinmelidir. Aşınma, kimyasal olarak yapısının değişmesi veya ara yüzeyinde çözünme suretiyle oluşur. Mikro çatlaklar oluşturarak, malzemelerin fiziksel ayrılmasına neden olur. Bundan dolayı aşınmanın birden fazla tipi mevcuttur [11]. Bunlar, abrasif aşınma, adhesif ve kohesif aşınmadır. Aşınma şiddeti, aşınma sırasında oluşan yüzeydeki pürüzlülük ve aşınmanın parçalanma şekli, bize aşınmanın sınıflandırılması konusunda, değerli bilgiler vermektedir [7].



Şekil 2.7. Kulakların toprağa batması [5]

Abrasif aşınma mekanizmasının toprak içerisindeki oluşumu şu şekilde meydana gelmektedir: Topraktaki aşındırıcı tanecikler aşınma yüzeyi ile temas halinde iken, çeşitli etki yapmaktadır. Bunlar:

- Sıkıştırmanın etkisiyle kanalcıklar halinde,
- Mikroskobik formda yüzeyden metal parçalarının kopması şeklindedir.

Birinci etki aşınma yüzeyi ile aşındırıcı tanecikler arasında oluşan, basıncın şiddetiyle, ikinci etki ise abrasif aşınma yüzeyine göre, hareket doğrultusu ve hızının şiddeti ile oluşmaktadır.

Abrasif aşınmanın şekli ve tane büyüklüğü, tanelerin hızı ve uygulanan yükün şiddetine göre abrasif aşınma mekanizması aşağıdaki şekilde ortaya çıkar.

- Oyulma ve kazınma,
- Kaya parçaları gibi kaba, sert ve sivri köşeli taneler metale belirli bir basınçta sürtündükleri zaman oyuk ve kazınmış bölgeler oluşur. Bu yüzeyler düzgün olmayıp pürüzlüdür.

Aşınmanın gerçekleştiği toprak işleminde kullanılan aletlerin şekli veya boyutlarındaki farklılık toprak kalitesinin azalmasına sebep olduğu gibi traktörün harcayacağı çeki gücünü arttırmaktadır. Artan çeki gücü kullanılan enerjinin artması

anlamını gelir. Ayrıca, gerçek enerji kaybı, aşınma sonucunda malzeme oranlarının azalmasıyla olmaktadır [12].

Pulluk uç demirlerindeki aşınma, ekonomik kayıplara sebep olduğu gibi aşınmış uç demirlerinin değiştirilmeyip kullanılmasının olumsuz sonuçları vardır. Bunlar, toprak işleme tekniklerine yeterli olarak yapılamaması ve harcanan çeki gücünden daha fazlasına ihtiyaç duyulmasıdır. Aşınmış uç demirlerinin değiştirilmeden kullanımına devam edildiğinde, taban taşının pulluk taban seviyesinde oluşumu hızlanır. Böylelikle tabanda biriken taban taşları, alt tarafta bulunan suyun tohumu gitmesine engel olmaktadır. Sürüm için ihtiyaç duyulan çeki kuvvetinin yarısı toprağa batma, toprağı kesme ve şekil vermede kullanılır. Bu işlemleri de pulluk uç demirleri yapmaktadır. Böylelikle aşınmış olan uç demirleri pulluğun çeki kuvvetini arttıracaktır. Bu konular hakkında daha önce yapılmış olan çalışmalardan birinde, uç demirlerinde ki aşınma mukavemetinin arttırılması ve kesme açısının sabit tutulmasıyla yakıttan yaklaşık %30 oranlarında tasarruf yapılabileceği vurgulamaktadır [10]. Keskin kenarlarının 2 mm bile küçülmüş olması, çeki direncini etkilemektedir. Bu oran yaklaşık olarak % 15-24 oranında olup, çeki direncini arttırmaktadır [13].

2.4. Isıl İşlemler

Metal ve alaşımlarının, belirtilen faz diyagramlarındaki ergime sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklarda yapılan ısıl işlemlerdir. Bu işlemler ile malzemelere istenilen mekanik özellik kazandırılabilir. Ayrıca içyapılar elde edilmektedir [14].

Günümüzde ısıl işlemler bir bilim dalı olup son yıllarda ne yapıldığı bilinerek uygulanmaktadır. Isıl işlemler, metal ve alaşımlara istenilen özellikleri ilave etmek ya da değiştirmek için, katı durumda iken yapılan, bilinçli bir ısıtma ve soğutma işlemidir [8]. Bir diğer deyişle; mikro yapı ve malzeme özellikleri açısından istenilen özelliklere sahip olmak için, malzemenin solidüs (katılaşma) olarak belirtilen sıcaklığından düşük uygun şartlar altında ve gerek duyulan zaman aralığında ısıtılıp soğutulmasına ısıl işlem denir [2].

Isıl işlemler aşağıdaki amaçları gerçekleştirmek için uygulanmaktadır:

- Sıcak ve soğuk şekillendirme gerginliklerini gidermek
- Talaşlı imalatını kolaylaştırmak
- Sertlik ve aşınmaya karşı dayanım kazandırmak
- Tokluk kazandırarak darbelere mukavemetini arttırmak
- Elektrik ve manyetik özelliklerini geliştirmek
- Kristal yapısını ve arzu edilen şekilde düzenlemek
- Isıya dayanımını ve korozyon direncini yükseltmek

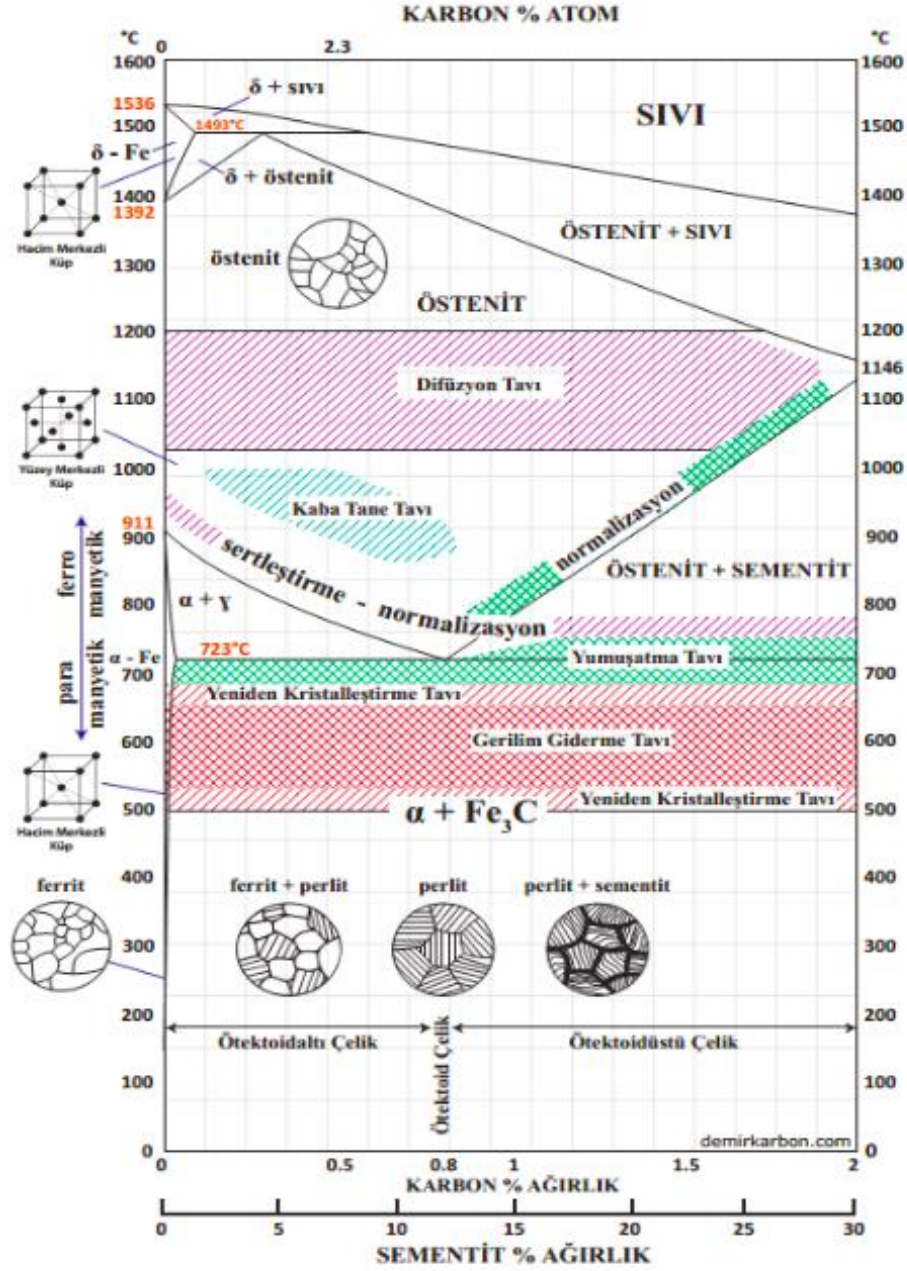
Isıl işlem, esas olarak 3 bölümden oluşur. Bu bölümler ısıtma, o sıcaklıkta bekleme ve soğutma bölümleridir. Tüm ısıl işlemler 3 safhada oluşur. Fakat farklı türlerde ısıl işlemler vardır. Isıl işlem çeşitlerine göre, uygulanan sıcaklıklar, bekletme zamanları, ısıtırken ve bekletirken ki hızı vb. parametreler farklılaştırılabilir. Sırasıyla yapılan bu işlemlere ısıl çevrim denilmektedir. Yapılan ısıl işlem çeşidine bağlı olarak işlemlerden biri ya da bir rejim yapılabilir veya sırasıyla birden fazla ısıl çevrim gerçekleştirilebilir [2].

Çelikler, başka metal ve alaşımlarına göre sektörde kullanım alanları daha fazla olduğu için çeliklerin ısıl işlemi üzerine daha çok durulmaktadır. Çeliklere uygulanan ısıl işlemleri açıklamak ve yorumlayabilmek için Fe-Fe₃C denge diyagramının irdelenip anlaşılması gerekmektedir (Şekil 2.8.).

Fe-Fe₃C denge diyagramı incelendiğinde %2 C 'a kadar olan kısım çelik olan kısımdır. Belli bir oranda karbon bileşimi içeren çelikte meydana gelmesi gereken özellikler için, çeşitli ısıl işlemler uygulanır. Bunlar, Demir-Karbon diyagramının çelik bölümündeki değişik sıcaklık bölgelerine yükseltmek, yeterli süre orada tutmak ve yeterli soğutma sağlanarak meydana gelir [1].

Fe-C Denge Faz Diyagramı

Demir-Grafit Sistemi



Şekil 2.8. Demir-karbon denge diyagramı [15]

Isıl işlemler, sertleştirme ve tavlama olarak ayrılmaktadır. Tavlama, genellikle mikro yapının dengeli duruma getirilmesi için gerek duyulan soğutma koşullarıyla yapılır.

Sertleştirme ise ostenit bölgesinden, çeliğin bileşimine göre en düşük hızın altına düşürülmeyecek şekilde soğutularak yarı dengeli bir mikro yapı (martenzit) meydana gelmesi işlemidir [2].

2.4.1. Tavlama

Tavlama işleminin amacı, çeliğin sertliğini düşürmek veya çeliğin kolay şekil almasını sağlamaktır. Tavlama terimi, genellikle, ostenit tavı içinde “katı eriyik işlemi” ve sonrasında yavaş soğutma ile ifade edilen “Tam tavlama” olarak ifade edilir. Tavlama çeşitleri aşağıdaki gibidir [8].

- Normalizasyon Tavlaması
- İri Tane Tavlaması
- Difüzyon Tavlaması
- Küreselleştirme (Yumuşatma) Tavlaması
- Gerilim Giderme Tavlaması
- Yeniden Kristalleşme Tavlaması
- Küreleştirme Tavlaması [7].

2.4.2. Sertleştirme

Sertleştirme işlemi, çeliğin ostenit sıcaklığına kadar ısıtılıp tüm karbürlerin ostenit katı eriyiğine alındıktan sonra belirli bir hızda soğutularak, yapıda martenzit oluşturularak çeliğin sertliğinde artış sağlamaktır [8].

2.4.3. Temperleme

Su verme ile oluşan martenzitik yapı, çok sert ve kırılgandır. Ayrıca malzeme içinde kalıcı gerilmeler mevcuttur. Böylelikle zamanla sertleşerek çatlamlar oluşabilir. Bundan dolayı temperleme, sertleşmeden hemen sonra uygulanır. Malzemeler A1 sıcaklığının altında tavlansak, belirli bir süre bekletilir. Böylelikle martenzitik yapı ferrit ve sementite dönüşür.

2.4.3.1. Menevişleme

100 °C ile 300 °C sıcaklıklar arasında yapılan temperleme işlemine menevişleme denir. Bu sıcaklıklarda yapılan temperleme işlemi ile sertliklerde bir değişiklik olmaz, ancak iç gerilmeler giderilir [8].

2.5. Sert Dolgu Kaplama Yöntemi

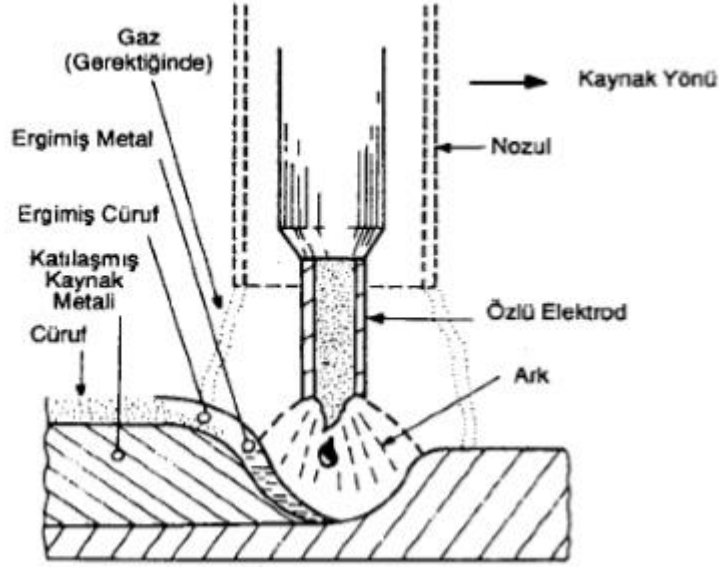
Sert dolgu kaynağı, yüzeyleri aşınan veya yüzeylerine dayanım ve ömrü arttırmak amacıyla, metal malzemelerin yüzeyine aşınmaya karşı mukavemetli ve sert malzemelerin kaynak yöntemiyle kaplanmasıdır. Altlık adı verilen ana malzemeye göre sert özellikte olan alaşım dış yüzeye kaynakla kaplanmaktadır. Amaç aşınmaya karşı olan direnci arttırmaktır [16].

Bütün metallerin bileşimine uygun kaynak teli bulunması zordur. Bazı alaşımlar kaynak teli şekline gelemmez ve onları makaralara sarmak uygun değildir. Ayrıca çok nadir kullanıldıkları içinde ekonomik değildir. Bu sorunları aşabilmek için özlü tel elektrotları geliştirilmiştir

Kalınlık olarak ince tel gibi fakat boru şeklinde üretilmiş olan elektrotların içine, aşınmayı sağlayan metal tozları ilave edilmiştir [7]. Böylelikle kararlı bir ark ve kaynak metalinin oksidasyona uğramaması sağlamaktadır. Ayrıca içine sıçramaması için bazı maddeler konulmuştur. Hatta gerek duyulduğunda yanıcı özellik göstererek koruyucu gazını oluşturabilecek curuf yapıcı özellikte maddeler ilave edilmiştir [7]. Özlü telde, arzu edilen maddelerin direk telinin içerisine konulabilmesi, ürünün performansını artırma olanağı sağlamaktadır. Bu kaynak yöntemini endüstrinin en önemli yöntemlerinden biridir.

Özellikle sert dolgu veya korozyona dayanıklı tabaka ile kaplama işlemlerinde bu elektrotlar birleştirme kaynaklarında kullanılmaktadırlar (Şekil 2.9.).

Özlü tel elektrod ile kaynak yöntemi çıplak tel (dolu tel) yerine iç kısmı öz diye adlandırılan ve örtü görevi gören madde ile oluşturulan boru biçiminde elektrod kullanılan bir kaynak şeklidir [17].



Şekil 2.9. Özlü tel elektrot kaynağı [17]

2.6 Literatür Taraması

Güleç ve Altuntaş'ın (2013) çalışmasında pulluk uç demir malzemesi olarak, ıslah çeliklerinden 5140, C35 ve 1050 kullanılmıştır. C35 ıslah çeliği diğer ıslah çeliklerine göre daha düşük %C oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Ortalama sertlik değerleri 5140 ıslah çeliğinin 31,9 HRC, 1050 ıslah çeliğinin sertlik değeri ise 29,1 HRC gelmiştir. C35 ıslah çeliğinin sertlik değeri ise 21 HRC gelmiştir. Çekme deneyi sonuçları 5140 ıslah çeliğinin çekme dayanımı 2293 MPa, C35 ıslah çeliğinin 1581 MPa ve 1050 ıslah çeliğinin çekme deney sonucu 1300 MPa gelmiştir. 5140 ıslah çeliğinin mikro yapısının diğerlerine göre daha ince taneli olduğu gözlenmiştir.

Nalbant ve Palalı'nın (2009) çalışmasında 30MnCrB5 ve bu malzeme üzerine elektroliz yöntemi ile sert krom, akımsız nikel ve fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile titanyum nitrit kaplama yapılmıştır. Sertlik sonuçlarında en yüksek sertlik titanyum nitrit ile 827 HV elde edilmiştir.

Gürsel ve Köftecioglu'nun (2006) yaptıkları çalışmada, pulluk uç demirlerine çalışma esnasında etki eden kuvvetlerin çok yüksek olduğu, bundan dolayı aşınmanın çok yüksek değerlere ulaştığı sonucuna varmışlardır [18].

Hsuan Han ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sert dolgu kaplama yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlarına baktığımız zaman Cr-Fe-C sistemini faz diyagramı ince-

lendiğinde sert dolgu kaplanan numunelerde oluşan karbürün M_7C_3 olduğu tespit edilmiştir [19].

Nagaratham ve Komuopoulos'ta (1995) malzemelerin yüzey işlemleri çalışmalarında karbürlerin aşınma direncini arttırdığına vurgu yapmışlardır [20].

Zhang ve arkadaşlarının (2018) makalesinde, sementit, M_3C_2 ve M_7C_3 fazlarının varlığından bahsedilmiştir. Yağda soğutma işlemleri uygulanarak sertlik değerleri elde edilmiştir [21].



3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Uç demirine hem ısıl işlem şartları değiştirilerek hem de sert dolgu işlemi uygulanarak aşınma dayanımının artırılması amaçlanmıştır. Sert dolgu, alaşımları kaynak yoluyla metalik bir altlık yüzeye homojen olarak biriktirme ve aşınma ile darbe, ısı, korozyon ve bu etmenlerin kombinasyonuna dayanıklı koruyucu bir yüzey oluşturma ve yüzey özelliklerini geliştirme işlemidir. Bu yöntem sert, aşınmaya dayanıklı malzemenin, altlık malzemesinin süneklik ve tokluğunda kayda değer kayıp olmaksızın sertliği ve aşınma direncini arttırmak amacıyla parça yüzeyinin belirli bölgelerinde uygulanmaktadır. Alaşım elementlerinin ilavesi ve hızla katılaştıran ince dağılmış sert karbür fazları içeren mikroyapı, sert dolgu alaşımlarında sertlik ve tokluğun uyumunu sergileyebilmektedir [1].

Özellikle mikroyapı, aşınma ve sertlik testleri ile en iyi mekanik özelliklerin elde edildiği parametrelerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca ısıl işlem koşullarının ve sert dolgu kaplamanın SEM-EDX analizlerinden oluşan farklı mikroyapı ve karbürlerin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle pulluk sektöründe farklı ısıl işlem koşullarında hazırlanmış parçalara sert dolgu kaynaklı tasarımların kullanılabileceği veri tabanının oluşturulmasına katkı sağlanacaktır.

Bu işlemler ile çeki kuvvetini azaltarak, enerjinin ve maliyetin azalması beklenmektedir. Körleşen uç demiri toprağı kesmeyip sadece öteleme hareketi yapacağından pulluk çizi tabanı oluşumunu hızlandırmaktadır. Toprağın sıkışması birçok bitki yetiştirilmesi yönünden önemli pek çok toprak özelliğini etkileyerek kök ve bitki gelişmesini; dolayısıyla verimi azaltmaktadır.

Bu şekilde yıllık olarak toprağı karışan metal oranı azaltılmış olacaktır. Bıçak uç demirinin malzeme ve ısıl işlem şekillerinde yapılan değişiklikler ile sertlik ve tokluk değerlerinin artması ile ömrünün artması beklenmektedir. Böylelikle kaliteli toprak ürünleri elde edilecektir.

3.1. Materyal

33MnCrB5 ısıtıl işlem uygulanmış borlu çeliktir. Kimyasal kompozisyonuna bakılırsa içerisinde % 0,3 ile % 0,36 C, % 0,4 Si, % 1,2 ile % 1,5 Mn, % 0,3 ile % 0,6 arasında Cr ve % 0,0008 ile % 0,005 arasında B bulunmaktadır.

Tablo 3.1. 33MnCrB5 kimyasal kompozisyonu [22]

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr
%	0,30 0,36	Max 0,4	1,2 1,5	0,017	0,0022	0,3 0,6
Malzeme	Ni	Mo	Al	Cu	Co	Ti
%	0,103	0,0531	0,0216	0,223	0,0074	0,0425
Malzeme	V	W	Pb	B	Sn	Fe
%	0,0016	0,0067	0,0013	0,0008 0,005	0,0151	97,3

33MnCrB5 borlu çelikler, temperleme işlemi uygulanmış şekilde Akma mukavemeti 400 MPa, çekme mukavemeti 550 MPa ve %25 uzama gösterirken, 840 °C’de östenitleme sonrası suda soğutularak çekme mukavemeti 1845 MPa ve sertlik 53 HRC’yi göstermektedir. 880 °C’de östenitlemenin ardından yağda soğutma işlemi sonrasında çekme mukavemeti 1675 MPa ve sertlik değeri 50 HRC elde edilmektedir [1].

51CrV4 krom ve vanadyum içeren, ısıtıl işlem görebilen, düşük alaşımlı bir çeliktir. Isıl işlem görmüş durumda yüksek mukavemet elde edilmekte ve bu mukavemeti korumaktadır [12]. Tablo 3.2’de 51CrV4 malzemenin kimyasal kompozisyonu verilmektedir.

Tablo 3.2. 51CrV4 kimyasal kompozisyonu [23].

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	V
%	0,47	0,40	0,70	0,025	0,025	0,90	0,10

51CrV4 çelikler, incelenen çalışmalarda 830-860 °C’de östenitleme ardından soğutma neticesi 350- 550 °C’de temperleme işlemi yapılmış halde 1175 MPa akma mukavemeti, 1370- 1620 MPa çekme mukavemeti elde edilmektedir [23].

60SiMn5 alaşımlı karbon çeliği olarak bilinmektedir. Bu malzemeler esnek ve kırılmalara karşı dayanıklıdır.

Tablo 3.3. 60SiMn5 kimyasal kompozisyonu [12]

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	N
%	0,55	1	0,90	0,05	0,05	0,007

60SiMn5 yaylı çelikler, 830-860 °C’de östenitleme ardından soğutma neticesi 400- 550 °C’de temperleme işlemi yapılmış halde 1030 MPa akma mukavemeti, 1320-1520 MPa çekme mukavemeti elde edilmektedir [24].

Tablo 3.4. 41CrMo4 kimyasal kompozisyonu [25].

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
%	0,38	0,40	0,50	0,025	0,035	0,90	0,30

41CrMo4 yüksek sertlik derinliği özelliğine sahiptir. 41CrMo4 çelik, 840-880 °C’de östenitleme ardından soğutma neticesi 540- 680 °C’de temperlenmiş halde 885 MPa akma dayanımı, 1080-1270 MPa çekme dayanımı elde edilmektedir [25].

Pulluk bıçak uç demiri olarak kullanılan 33MnCrB5 ve farklı alaşımlar içeren dövme çelikleri, tez çalışmasında farklı ısı işlem şartlarına tabi tutularak ve sert dolgu kaplamalar yapılarak test malzemesi olarak kullanılmıştır.

Tablo 3.5. Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin parametreleri

Sn	Malzeme	Isıl İşlem	Sıcaklık	Sert Dolgu
1	33MnCB5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (220 °C)	-
2	33MnCB5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (280 °C)	-
3	33MnCB5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (220 °C)	Öztlü tel ile kaplama yapılmış
4	33MnCB5	Karbonitasyon	-	-
5	51CrV4	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (220 °C)	-
6	51CrV4	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (315 °C)	-
7	51CrV4	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (220 °C)	Öztlü tel ile kaplama yapılmış
8	60SiMn5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (250 °C)	-
9	60SiMn5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (270 °C)	-
10	60SiMn5	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (250 °C)	Öztlü tel ile kaplama yapılmış
11	41CrMo4	-	-	Öztlü tel ile kaplama yapılmış
12	41CrMo4	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (240 °C)	-
13	41CrMo4	Islah Edilmiş	Isıl işlem+yağda soğutma+menevişleme (240 °C)	Öztlü tel ile kaplama yapılmış

3.1.1. Numune Hazırlığı

1.Numune; 33MnCrB5 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 220 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Bu malzemeden, 25x70x15 mm ebatlarında testere yardımıyla 2 adet aşınma numunesi çıkarılmıştır. Ayrıca 10x10x55 mm ebatlarında 3 adet çentik numunesi ve 6x5x120 mm ebatlarında 3 adet çekme numunesi hazırlanmıştır. Bir diğer numuneler ise 2 adet mikroyapı numunesi ve 1 adet mikro sertlik numunesi hazırlanmıştır.

2.Numune; 33MnCrB5 malzeme 970 °C '30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 280 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

3.Numune; 33MnCrB5 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 220 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

Yüzeyine sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Özlü tel olarak yüksek alaşımlı çelik grubundaki Böhler Sk 256 kullanıldı. Sk 256 yüksek gerilimli aşınmaya karşı koymak için tasarlanmıştır. İçerisinde yüksek oranda Krom-Karbür alaşımı mevcuttur. Stres giderici çatlaklar gösterebilmektedir. Yüksek aşınma dayanımı ve orta derece darbe dayanımına karşı etkilidir. Kimyasal kompozisyonu, %5,5 C, %1,1 Mn, %1,2 Si, %25,7 Cr ve Fe bulunmaktadır. Sertlik değeri 63 HRC'ye kadar çıkmaktadır. Yüksek sertlik değerine sahip olduğu için Sk 256 sert dolgu teli tercih edilmiştir. Kömür öğütme silindirleri, madencilik ve hafriyat ekipmanları, kum tarama parçaları gibi kullanım alanları vardır.

4. Numune; 33MnCrB5 ısıtma işlemi firmasına gönderilerek karbonitrasyon işlemi yapılmıştır. Çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

5.Numune; 51CrV4 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 220°C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

6.Numune; 51CrV4 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 315 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

7.Numune; 51CrV4 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 220 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Yüzeyine sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

8.Numune; 60SiMn5 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 250 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

9.Numune; 60SiMn5 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 270 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

10.Numune; 60SiMn5 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 250 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Yüzeyine sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

11.Numune; 41CrMo4 ısıtma işlemi yapılmamıştır. Yüzeyine sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

12.Numune; 41CrMo4 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 240 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Çekme, çentik, aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

13.Numune; 41CrMo4 malzeme 970 °C 'de 30 dakika boyunca tavlama işlemi yapılmıştır. Yağda soğutulma işlemi yapılarak 240 °C 'de 120 dakika menevişleme yapılmıştır. Yüzeyine sert dolgu kaynağı uygulanmıştır. Aşınma, mikroyapı ve sertlik numuneleri hazırlanmıştır.

3.2. Karakterizasyon

3.2.1. Mikroyapı

Malzemenin içerisinde bulunan bileşenlerin nasıl bir düzende olduğunu ve geometrik şeklini tanımlamaya yaramaktadır [17]. Bu şekilde, malzeme içinde bulunan bileşen fazlarını ve malzemede içinde bulunan ama gözle görülmeyen kusurları

içermektedir. Bir malzemenin mikro yapısının incelenmesi ile malzeme hakkında özelliklerini genel olarak tespit etmektedir [26].



Şekil 3.1. Mikroyapı ve makroyapı incelemelerinde kullanılan mikroskoplar

Bakalite alma işlemi el ile tutulup işlem yapılamayacak olan numunelere uygulanmaktadır [22]. Cihaza numune yerleştirilir ve bakalite alma tozu eklenir. Hidrolik ya da pnömatik bir sistem bulunan ve yeterli basınç altında, tozun ve numunenin yerleştirildiği hazneye ısıtma ve soğutma işlemleri yapılarak bakalite alma işlemi gerçekleştirilir [22]. Bakalite alma tozları ortalama 160-200 °C sıcaklıklarda tamamen sıvı hale gelerek numunenin etrafını kaplamasıdır [27].



Şekil 3.2. Bakalite alma cihazı

Zımparalama işlemi, parça yüzeyinde deformasyonları ve çizikleri gidermek için birden fazla aşama ile taşlama işlemidir. Taşlamayı genelleyecek olursak “Düzlemsel Taşlama” ve “Hassas Taşlama” olarak ikiye ayrılır. Taşlama işleminden sonra "Parlatma" işlemi yapılır [22].



Şekil 3.3. Zımparalama ve parlatma cihazı

3.2.2. Sertlik

Sertlik, malzemelerin kalıcı şekil değişikliğine yani plastik deformasyona karşı dayanımıdır. Sertlik ölçüm işlemi, malzemeye standartlarda belirtildiği şekilde yük uygulanmasıdır [9]. Batıcı uç olarak sert malzemeler kullanılmaktadır. Deformasyon kuvvetin yönlendirildiği malzemede (test numunesi) sınırlı tutulur [11].

- Ø Brinell Sertliği (HB, BSD) iz büyüklüğü ölçülür
- Ø Vickers Sertliği (HV, VSD) iz büyüklüğü ölçülür
- Ø Rockwell Sertliği (HR) batma derinliği ölçülür [1].



Şekil 3.4. Rockwell-C sertlik cihazı [3]

Rockwell-C ölçümünde batma derinliği ölçüleceği için yüzeyin pürüzsüz olması gerekmektedir. Aksi halde değerleri etkileyebilir. Bunu önleyebilmek için ilk olarak batıcı uç küçük bir yükü (P_0 =ön yük) malzemeye daldırılarak alet sıfır düzeyine ayarlanır. Sonraki aşamada toplam yüke tamamlanacak şekilde ana yük (P_1) uygulanır. En son ise ana yük (P_1) kaldırılır. Oluşan kalıcı izdeki derinlik artışı bulunur ve mevcut göstergeden Rockwell sertlik değeri okunur. Rockwell sertlik değerinin bir boyutu yoktur. Uzun malzemelerde her 0,002 mm batışı bir sertlik değerinin 1 sayı düşmesi olarak alınmaktadır. Ön yük uygulandıktan sonra ucun konumu ile ana yük kaldırıldıktan sonra ucun konumu arasındaki batma derinliği t_b olmak üzere Rockwell Sertlik Değeri-C (RSD-C) hesaplanabilir. Çok sert malzemelerin Rockwell sertliği koni biçimindeki elmas uç kullanarak 150 kg'lık yük altında ölçülür ve sonuçlar RSD-C simgesi ile belirtilir [3].

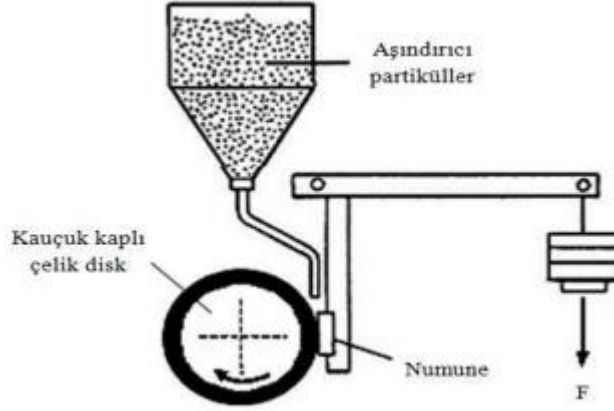
3.2.3. Aşınma Testi

130 N yük ve 300 g/dak kum akışında ASTM G65 standardına göre uygulanmıştır. Testin sonucunda numune ağırlıklarında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Test, ASTM G65- 04 standardına göre hazırlanmış abrazif aşınma test cihazında ASTM G65 – 04 şartlarında gerçekleştirilmiştir. Test cihazı, aşınmaya dayanıklı kauçuk kaplı paslanmaz çelik döner disk ile numunenin bağlanacağı bir koldan meydana gelir. Cihazın tepesinde testte aşındırıcı olarak kullanılan kumun konulacağı bir hazne mevcut olup kum bu haznedeki disk ile numune arısına doğru akar. Numunenin

yerleştirileceği kolun diğer kısmına istenildiği veya gerekli olduğu durumlarda ağırlık takılabilmektedir.

Test için kullanılmak üzere AFS 50 /70 boyut ölçülerinde silika kumu temin edilmiştir. Hazneden disk ve numune arasına doğru kum akışı 300 g/dak olacak şekilde ayarlanmıştır. Aşınma testlerine başlamadan, test numunelerinin aşındırılacak yüzeyleri ASTM G65 standardında söz edildiği gibi taşlama ya da freze işlemi uygulanarak yüzeyleri düzgün olmuştur. Test numuneleri test öncesi kurutulmuş ve alkol ile test edilecek yüzeyler temizlenmiştir.

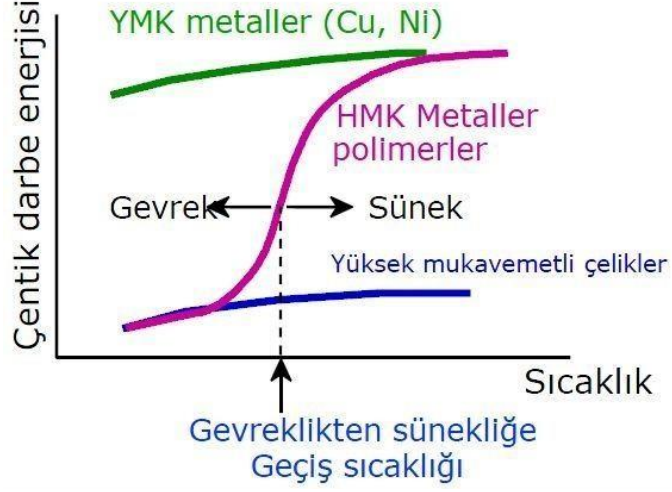
Test numunesi yüzeyinde 130 N 'luk kuvvetin etkimesi sağlanmıştır. Numunelere 30 dakika boyunca 300 g/dk kum akışı ile test numuneleri abrazif aşınmaya maruz bırakılmıştır. Test öncesi hassas terazi ile ağırlık ölçüm hassasiyeti için 0,0001 g hassasiyetindeki terazi ayarlanmış olup, test öncesi ve test sonrası ağırlıklar ölçülmüştür. Bütün numunelerin aşınma testi sonucuna göre ağırlık kayıpları karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.5. ASTM G65 standardına göre test cihazının şeması [27]

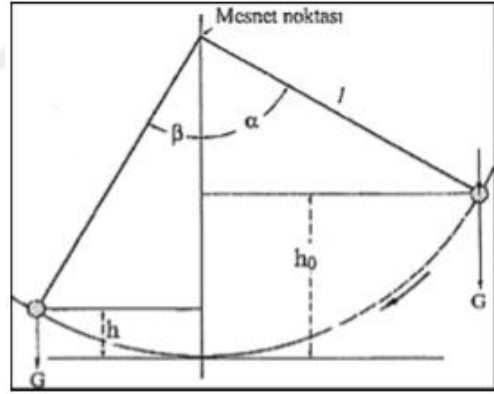
3.2.4. Çentik Darbe Testi

Gevrek kırılmaya sebep olan şartlarda çalışan malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemede kullanılmıştır [28]. Darbe deneyi sonuçları çekme deneyi sonuçları gibi mühendislik hesaplamalarında kullanılmaz. Deneyde, metalik malzemelerin dinamik zorlamalar neticesinde kırılması için ihtiyaç duyulan enerjiyi ve sünek-gevrek geçiş sıcaklığını belirlenmiştir [1]. Deneyde numunelerin dinamik zorlama seviyesinden düşük yerde kırılması için ihtiyaç duyulan enerji değerine darbe direnci denir.



Şekil 3.6. Sünek- gevrek geçiş sıcaklığı grafiği [29]

G ağırlığında olan sarkaç h yüksekliğine ulaştığında G.h enerjisi vardır. Serbest bırakılan sarkaç malzemeye çarpar ve onu kırar ve h₁ yüksekliğine doğru hareket eder. Böylelikle enerjisi G.h₁ olur. İlk başta ve sondaki iki potansiyel enerji değerindeki fark numunenin kırılmasına neden olacak enerjidir.



Şekil 3.7. Darbe deneyi şematik gösterim [11]

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

G: Sarkaç kütlesi(kg)

L: Sarkaç ağırlık merkezi ile sarkaç salınım merkezi arasındaki mesafe (m)

h: Yükseklik (m)

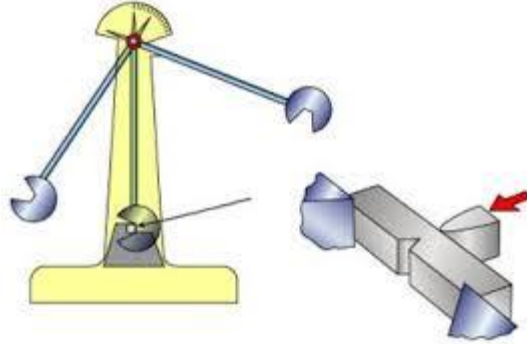
h₁:Sarkacın ağırlık merkezine çıkış yüksekliği (m)

α : Düşme açısı (derece)

β : Yükseliş açısı (derece) [6].

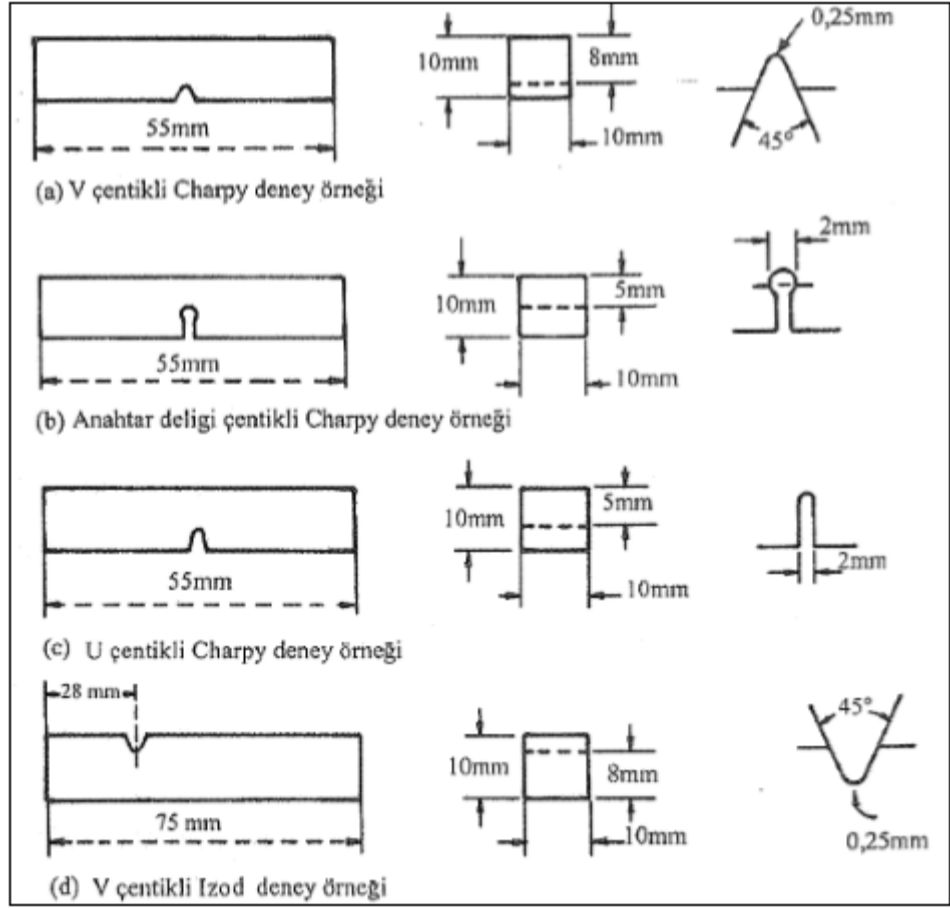
Darbe direncinin birimi Joule (J) olarak gösterilir. Birimler gerektiği zaman J/m^2 , Nm ya da Nm/m^2 olarak da verilebilmektedir. Kırılma enerjileri fazla olan malzemelerin kırılma toklukları da fazladır [6]. Darbe deneylerinde numunede bulunan gerilimlerin çentik kısmının tabanında birikmesi ve malzemeye uygulanan yükün davranışının tespiti amaçlanmıştır [6].

Numune uygulanan kuvvetten zorlandığında çentik kısmında oluşturduğu dik gerilimler kırılmasına sebep olur. Numuneye uygulanan bu dik gerilimin kristallerini birlikte tutan kohezif kuvvet ya da kaymaması için fazla olması gerekmektedir. Eğer numune plastik şekil değiştirmeden önce kırılırsa gevrek kırılma adı verilir. Kırılan yüzeyinin düz olduğu gözlenmektedir. Genellikle parçalarda kırılmadan önce plastik deformasyon meydana gelir. Meydana gelen dik gerilimlerin yanında bu gerilimle yaklaşık olarak 45° açı oluşturan gerilime kayma gerilmesi denir. Malzemeler kritik kayma gerilimini aştığında malzemede plastik deformasyon meydana gelir. Bundan dolayı numuneler ilk plastik deformasyona uğrayarak sonrasında kırıldığında sünek kırılma adı verilir. Bu durumda ise yüzey görüntüsü girintili çıkıntılıdır [6].



Şekil 3.8. Charpy darbe deneyi [6]

Bu tez çalışmasında hazırlanan numunelere Charpy Darbe Deneyi uygulanmıştır. Numunelere V çentik açılmıştır. Numune ebatları 10x10x55 mm'dir.



Şekil 3.9. Çentik darbe deney numuneleri [6]

Darbe dayanımına, çentik etkisi, sıcaklık, bileşim etkisi, hadde yönü, üretim yöntemleri, ısıl işlemler, tane boyutu ve mikro yapı vb. etki etmektedir. Çentikler fazla keskin olursa çentik tabanındaki normal gerilme oluşan kayma gerilmesinden fazla olacak ve numune fazla gevrek kırılma eğilimi gösterecektir. Genellikle sıcaklık ile darbe direnci arasında doğru orantı vardır. Biri düştüğü zaman diğer değerde düşüş göstermektedir. Her zaman HMK yapıya sahip olanlarda gevrek-sünek geçiş sıcaklığı mevcuttur. Sebebi ise HMK yapının alçak sıcaklıklarda az sayıda kullanılan kayma sisteminin bulunmasıdır ve plastik deformasyonu sınırlamaktadır. Haddelenmiş yönü dik yönde mevcut levhanın sıcaklık ile darbe direnci arasında ters orantı vardır. Sıcaklık arttıkça darbe direnci azalmaktadır. Eğer hadde yönünde olursa ise darbe direnci yüksektir [28].

3.2.4 Çekme Testi

Malzemede istenilen şekil değiştirmeyi oluşturmak için ihtiyaç duyulan kuvvetin hesaplanmasıdır. Diğer bir deyişle numuneye belli bir kuvvet altında oluşacak şekil değişiminin tespiti için yapılmaktadır. Mühendislikte önemi fazladır. Şekil değiştirme ve değişim için gereken kuvvet ile ilişkisi, malzemenin hangi şartlarda devam edebileceğini ya da nasıl şartlarda şekillendirilebileceğini tespit etmektedir [8]. Çekme deneyi; malzemelerin statik yüklemeler sonucu elastik ve plastik davranışlarının (mekanik özelliklerinin) tespiti, mekanik özelliklerine göz önünde bulundurularak gruplandırılması ve malzeme tercihi sebebiyle yapılmaktadır.

Gerilme (σ), birim alana uygulanan yüküdür. Formülü gösterilmiştir [13].

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ , gerçek gerilme olarak formüle edilmiştir.

Birim Şekil Değişirme (e): Malzemeye uygulanan kuvvet ile meydana gelen boy değişiminin arasındaki orandır [13].

$$e = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Gerçek Şekil Değişirme (ϵ): Uygulama esnasında ölçü boyu değişkenlik göstermektedir [13].

$$\epsilon = \int_{l_0}^l \frac{dl}{l} = \ln \frac{l}{l_0}$$

ϵ , logaritmik veya tabii şekil değiştirmedir ve $l > 10$ gösterildiği için pozitiftir [13].

$$\frac{l}{l_0} = 1 + e$$

$$\varepsilon = \ln(1+e)$$

e değeri elastik şekil değişimi gösterilmektedir [28].

$$\varepsilon \cong e$$

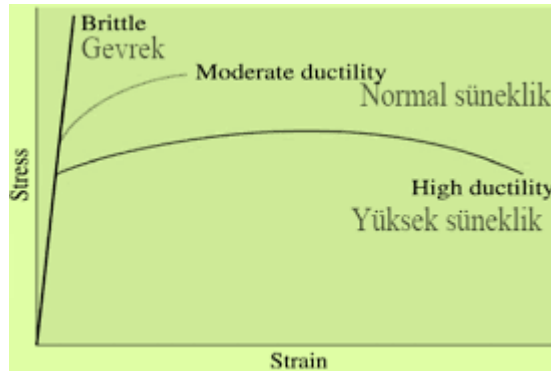
olur. e değerinin büyük çıkması için ε ve e arasındaki fark fazladır [28].

Elastisite Modülü (E): İki atomun bağ kuvvetinin tanımıdır. Malzeme dayanımı (mukavemetinin) ölçüsü olarak bilinir ve elastisite modülü malzemeye ait özek bir özelliktir. Elastisite modülü arttıkça, atomların arasındaki bağlar kuvvetlenir bu sebepten dolayı beraber dayanım ve akma gerilmesinin arttığı gözlemlenir [28].

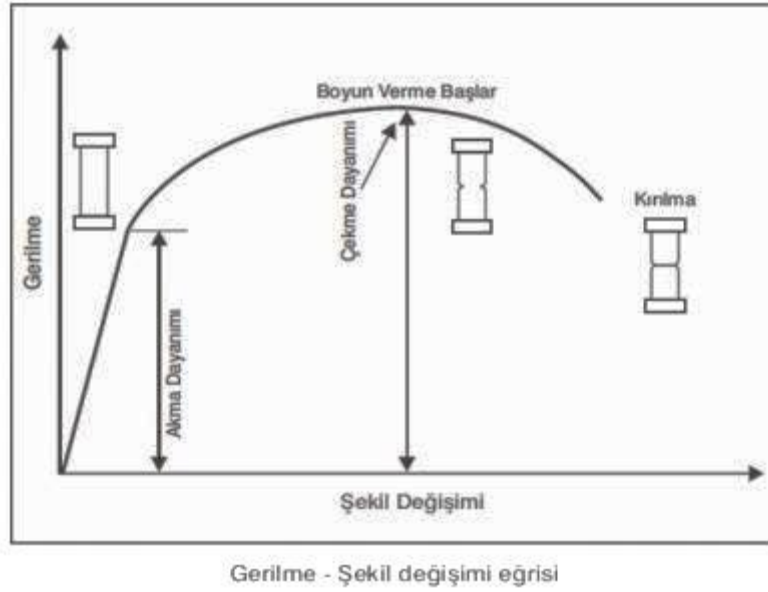
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Akma dayanımı (σ_a): Maruz bırakılan çekme kuvvetinin durması sebebiyle, plastik şekil değişiminin yüksek olması ve çekme diyagramının düzensizlik belirttiği bölüme karşılık gelen ölçüdür [23].

Çekme dayanımı ($\sigma_{\check{c}}$): Malzemelerin kopmasına veya kırılmasına dayanabileceği en fazla gerilme değeri çekme gerilmesi adı verilir [23].



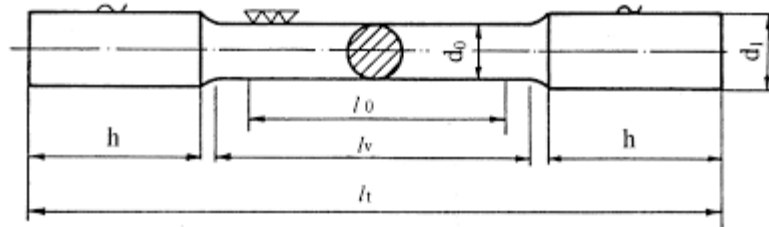
Şekil 3.10. Sünek ve gevrek malzemelerin çekme grafiği [28]



Şekil 3.11. Gerilme şekil değişimi eğrisi [28]

Çekme cihazı, paralel olarak yukarı ve aşağı hareket halinde olan, deney parçasının takıldığı bir cihazdır. İki adet çenesi bulunmaktadır. Çenelere hareket veya kuvvet vererek çalışan bir ünedir. Çenelerden biri belli bir hızda yukarı yönde çeker ve deney numunesine farklı ölçülerde çekme kuvveti uygulanır ve bu uygulanan kuvvete karşı oluşan uzama elde edilir. Çekme deneyinde ölçüleri standartlara göre hazırlanmış olan daire veya dikdörtgen kesitli parçalar; çekme cihazının çenelerine monte edilir ve parçaya eksenli boyunca yük uygulanır.

Deney numuneleri içi dolu çubuk şeklinde hazırlanmıştır. Ölçüleri, 6x5x120 mm'dir.



Şekil 3.12. Yuvarlak kesitli silindirik başlı çekme numunesi [28]

Numune çapı (d_0)=6 mm

Baş kısmının çapı (d_1)= 8 mm

Ölçü uzunluğu (l_0)= 30 mm

İnceltilmiş kısmın uzunluğu (l_v)=36 mm

Toplam uzunluk (l_t)=95 mm

Baş kısmının uzunluğu (h) = 25 mm

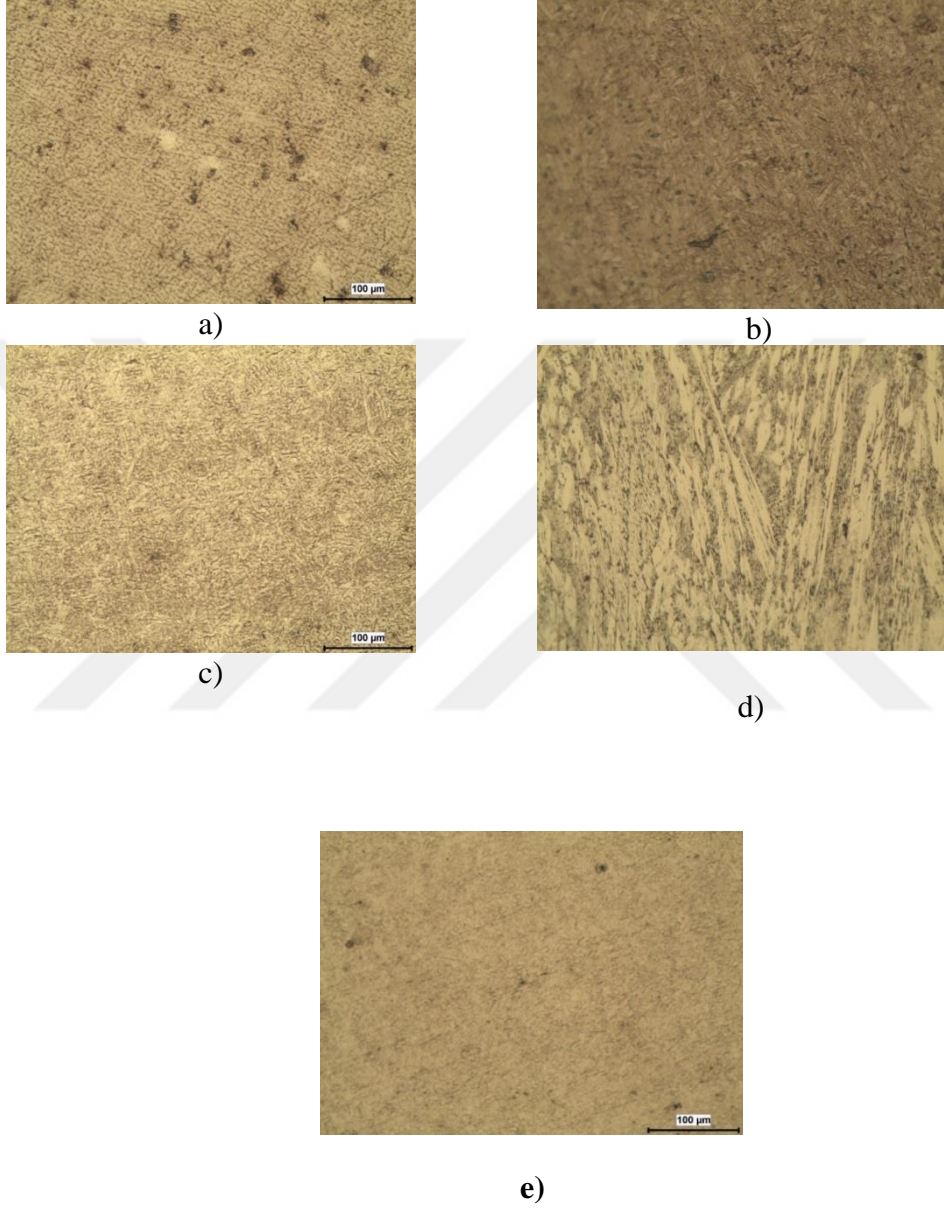


Şekil 3.13. İncelemelerde kullanılan SEM-EDX Cihazı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Mikroyapı İncelemeleri

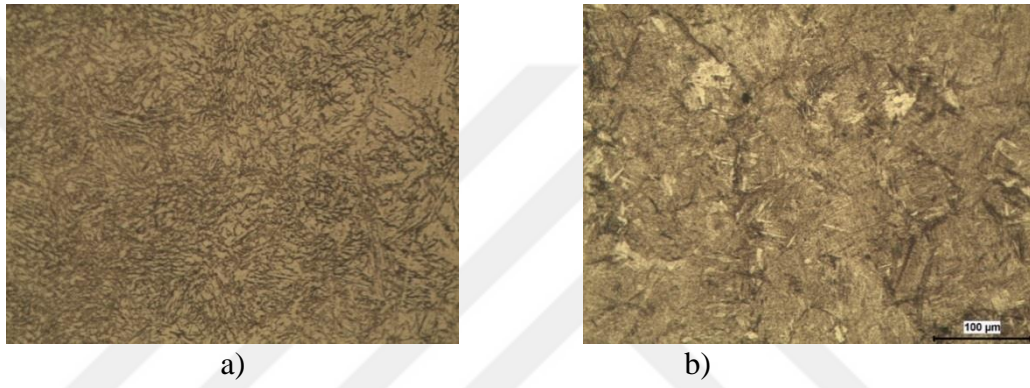
Malzemelere uygulanan farklı ısıl ve yüzey işlemlerinin mikroyapılarına olan etkileri Şekil 4.1-4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 Malzemesinden numunelerin mikroyapıları a) 33MnCrB5-220 °C 20X büyütme (100 µm) b) 33MnCrB5 karbonit-rasyon 20X büyütme (100µm) c) 33MnCrB5-280 °C 20X büyütme (100 µm) d) 33MnCrB5-sert dolgu 20X büyütme (100 µm) e) 33MnCrB5-250°C 20X büyütme (100 µm) (Referans Numune)

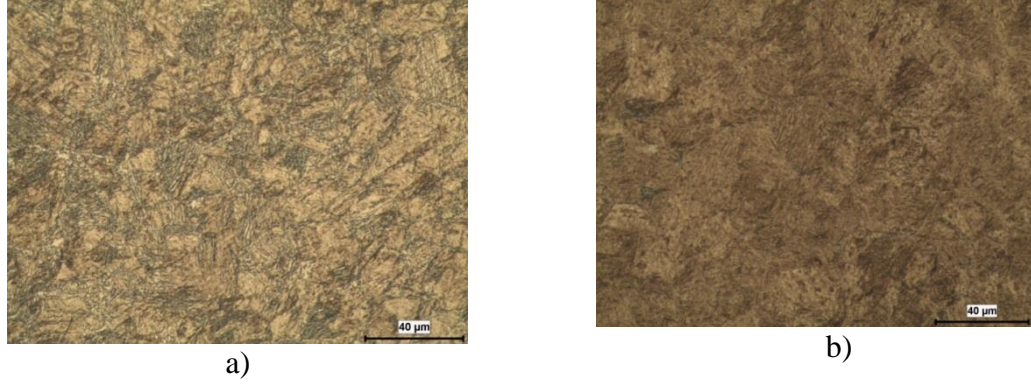
33MnCrB5 250°C’de işlem görmüş olan numune referans numune olarak seçilen numunedir. Seri üretimde kullanılan 33MnCrB5 malzeme 250°C’de 30 dakika menevişleme yapılmakta, sonrasında yağda soğutma işlemi uygulanmaktadır.

Östenit sıcaklığında bekletilerek ve daha sonra soğutma gerçekleştirilen 51CrV4 malzemesinin mikro yapısı incelendiğinde, martenzitik yapı açıkça görülmektedir. Çeşitli sıcaklıklarda temperlenmiş numunelerin mikro yapıları arasındaki bariz fark görülmez [30]. O yüzden referans numunenin mikroyapısı ile 220C’de menevişleme yapılan numunenin mikroyapısı birbirine benzerlik göstermektedir (Şekil 4.2).

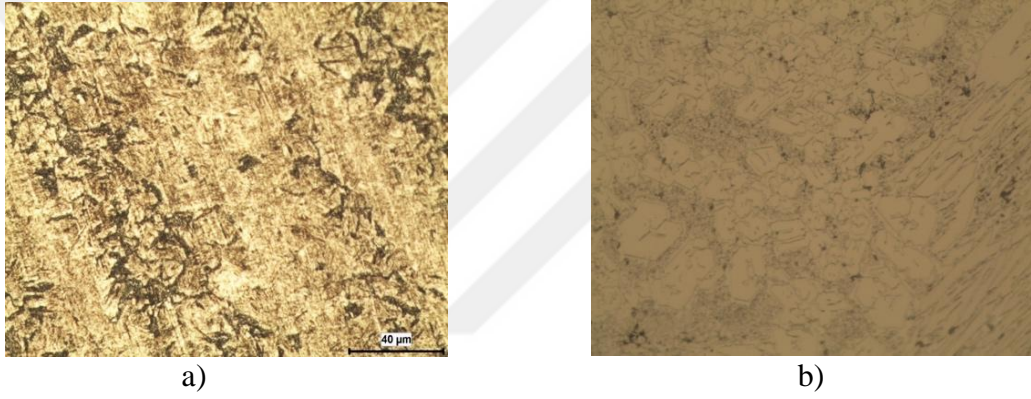


Şekil 4.2. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin mikroyapıları a) 51CrV4 220 °C 20X büyütme (100 μm) b) 51CrV4 315 °C 20X büyütme (100 μm)

Zhang ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada 51CrV4 malzemesine farklı menevişleme sıcaklıkları uygulanmış. 450°C’de menevişleme uygulanan numune mikroyapısı incelendiğinde karbürlerin oluştuğu, oluşan bu karbürlerin ferrit tanelerinin içinde dağılmış olduğu yorumlanmıştır. Bu çalışmadan yola çıkarak 51CrV4 numunesinde de oluşan karbürler gözlenmektedir. Aynı zamanda martenzit yapılar görülmektedir. Bu martenzit yapılar iğne şeklinde olup, menevişleme sıcaklığının artması ile karbürlerin büyüdüğü gözlenmiştir [21].



Şekil 4.3. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin mikroyapıları a) 60SiMn5-250 °C 50X büyütme (40 µm) b) 60SiMn5-270 °C 50 X büyütme (40 µm)



Şekil 4.4. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin mikroyapıları a) 41CrMo4 240 °C 50 X büyütme (40 µm) b) 41CrMo4 240 °C sert dolgu 50 X büyütme (40 µm)

Ethem Kesit'in çalışmasında temperleme sıcaklığının artışı ile mikroyapıda irileşme meydana geldiğinden söz etmiştir. Bu yapılarda sementit fazı oluşmuş ve ferrit taneleri irileşmiştir [31].

4.2 Sertlik Test Sonuçları

33MnCrB5-220°C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri ile farklı bölgelerde alınan sertlik ölçümlerinin standart sapma değerleri Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1. 33MnCrB5-220°C sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	46,98 HRC	46,66 HRC	0,33
2.Yüzey Sertliği	46,70 HRC		
3.Yüzey Sertliği	46,32 HRC		
1.Kesit Sertliği	45,22 HRC	46,68 HRC	1,27
2.Kesit Sertliği	47,22 HRC		
3.Kesit Sertliği	47,60 HRC		

33MnCrB5-280°C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2. 33MnCrB5-280°C sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	55,42 HRC	54,52 HRC	1,12
2.Yüzey Sertliği	54,89 HRC		
3.Yüzey Sertliği	53,26 HRC		
1.Kesit Sertliği	52,4 HRC	51,94 HRC	0,49
2.Kesit Sertliği	52,02 HRC		
3.Kesit Sertliği	51,41 HRC		

33MnCrB5-Sert dolgu kaplamalı olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.3'de verilmiştir

Tablo 4.3. 33MnCrB5-sert dolgu uygulanmış numunenin sertlik test sonuçları

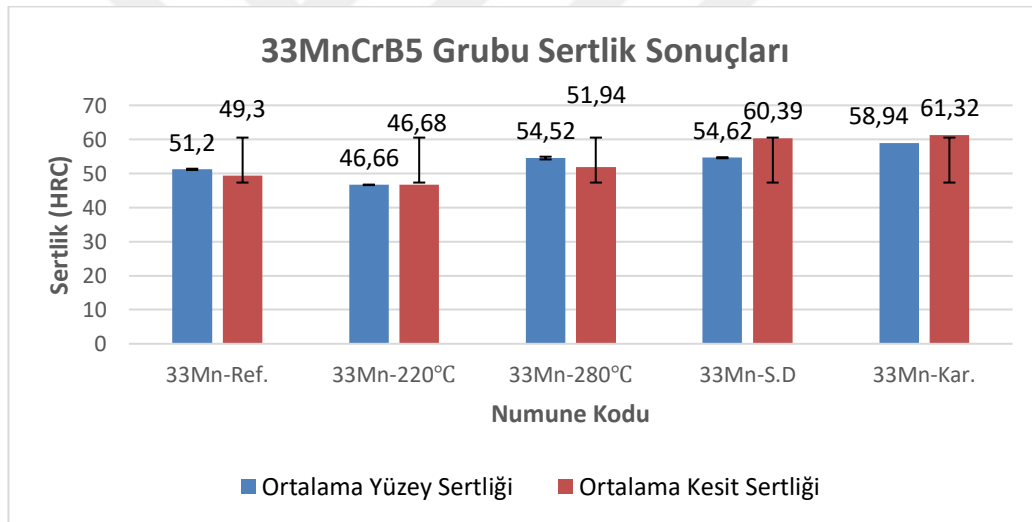
Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	54,2 HRC	54,62 HRC	1,08
2.Yüzey Sertliği	53,80 HRC		
3.Yüzey Sertliği	55,85 HRC		
1.Kesit Sertliği	60,60 HRC	60,39 HRC	0,18
2.Kesit Sertliği	60,32 HRC		
3.Kesit Sertliği	60,25 HRC		

33MnCrB5-Karbonitrasyonlu numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.4'de verilmiştir.

Choteborsky ve Linda (2014)'nın çalışmasında SK256-O ile sert dolgu kaplama yapılmış numunelerin mekanik özellikleri incelenmiştir. 56 HRC değeri bu çalışmada da elde edilmiştir. Test ettikleri farklı işlem görmüş numuneler arasında en düşük aşınma testinde kütle kaybı yine sert dolgulu numunede elde edilmiştir [32].

Tablo 4.4. 33MnCrB5-karbonitrasyon işlemi uygulanmış numunenin sertlik testi sonuçları

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	59,18 HRC	58,94 HRC	1,04
2.Yüzey Sertliği	59,85 HRC		
3.Yüzey Sertliği	57,80 HRC		
1.Kesit Sertliği	60,75 HRC	61,32 HRC	0,49
2.Kesit Sertliği	61,58 HRC		
3.Kesit Sertliği	61,62 HRC		



Şekil 4.5. Farklı ısı ve yüzey işlemleri görmüş 33mMnCrB5 malzemesinin sertlik sonuçları

Şekil 4.5' de görüldüğü gibi yüzey ve kesitten alınan sertlik sonuçlarında önemli derecede farklılık gözlenmemiştir. Sert dolgu yapılmış ve karbonitrüleme uygulanmış numunelerde en yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. Sertleştirme ve menevişleme uygulanmış numunelerde ise yüksek menevişleme sıcaklığı olan 280 °C' de menevişlenmiş numunede en yüksek sertlik değeri elde edilmiştir.

51CrV4-220°C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5. 51CrV4-220°C sertlik test sonucu

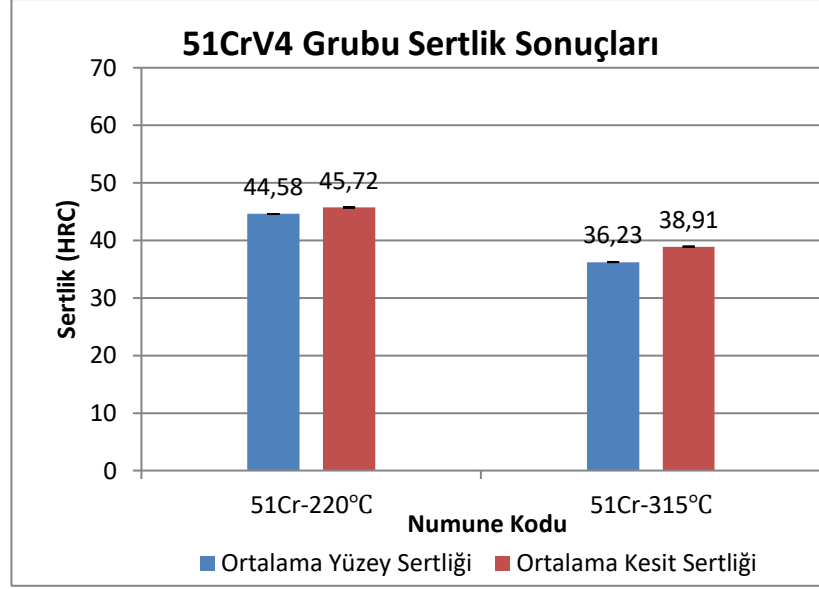
Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	43,65 HRC	44,58 HRC	1,06
2.Yüzey Sertliği	45,75 HRC		
3.Yüzey Sertliği	44,35 HRC		
1.Kesit Sertliği	46,95 HRC	45,72 HRC	1,11
2.Kesit Sertliği	44,78 HRC		
3.Kesit Sertliği	45,42 HRC		

51CrV4-315°C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. 51CrV4-315 °C sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	36,20 HRC	36,23 HRC	0,37
2.Yüzey Sertliği	35,88 HRC		
3.Yüzey Sertliği	36,62 HRC		
1.Kesit Sertliği	39,07 HRC	38,91 HRC	0,17
2.Kesit Sertliği	38,72 HRC		
3.Kesit Sertliği	38,95 HRC		

Yapılan ısı işlemler sonucu 51CrV4 numunelerin mekanik özelliklerinden biri olan sertlik test sonuçları çok yüksek değildir. Ama ısı işlem sonucunda yapının homojen olarak sağlandığı standart sapmanın düşük olmasından anlayabiliriz.



Şekil 4.6. 51CrV4 grup numunelerin sertlik testi sonuçları

Şekil 4.6’da görüldüğü gibi 51CrV4 malzemesine uygulanan meneviş sıcaklığının artmasıyla kesit ve yüzey sertlik değerleri azalmıştır.

Yurddaşkal ve arkadaşlarının (2018) yapmış olduğu çalışmada 51CrV4 malzemesine farklı ısı işlemler uygulanmış ve sertlik değerleri elde edilmiştir. 240°C ve 420°C’de temperleme işlemi yapılmıştır. Uygulanan ısı işlemler sonucunda 240°C’deki sertlik değeri 50 HRC gelmiş. 420°C’de temperleme yapılan numune sertliği ise 43 HRC tespit edilmiş. Bu tez çalışmasında ise 220°C’de menevişlenmiş numunelerde 315 °C’ de menevişlenmiş numunelere göre daha yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir [30]. 220 °C’ de yapılan menevişleme ile Yurddaşkal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 240 °C’ yi karşılaştıracak olursak yakın sertlik değerleri elde edilmiştir.

60SiMn5-250 °C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.7’de verilmiştir

Tablo 4.7. 60SiMn5-250 °C sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	49,68 HRC	51,99 HRC	2,02
2.Yüzey Sertliği	52,88 HRC		
3.Yüzey Sertliği	53,42 HRC		
1.Kesit Sertliği	51,82 HRC	53,13 HRC	1,25
2.Kesit Sertliği	54,32 HRC		
3.Kesit Sertliği	53,25 HRC		

60SiMn5-270 °C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. 60SiMn5-270 °C sertlik test sonucu

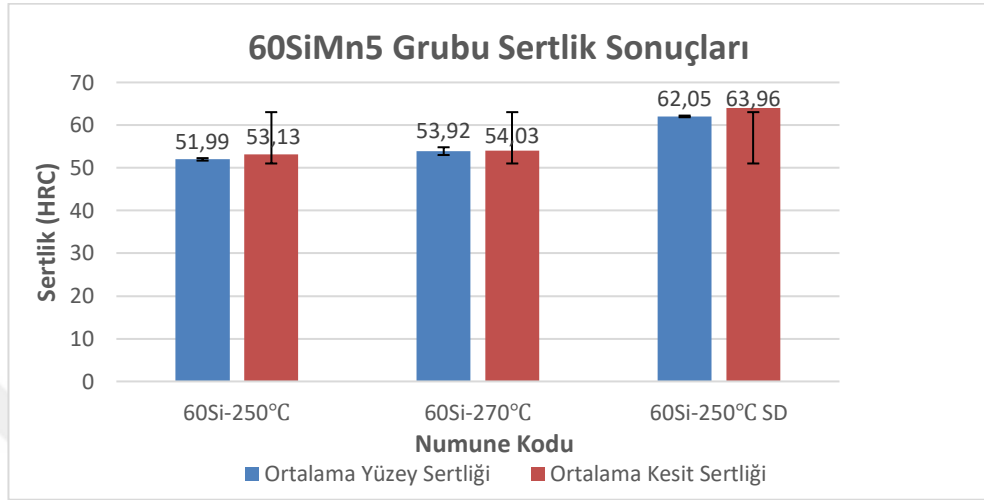
Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	54,10 HRC	53,92 HRC	0,16
2.Yüzey Sertliği	53,85 HRC		
3.Yüzey Sertliği	53,80 HRC		
1.Kesit Sertliği	52,30 HRC	54,03 HRC	0,50
2.Kesit Sertliği	54,75 HRC		
3.Kesit Sertliği	55,05 HRC		

60SiMn5-250 °C sert dolgu olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. 60SiMn5-250 °C sert dolgu sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	62,05 HRC	62,05 HRC	0,1
2.Yüzey Sertliği	61,95 HRC		
3.Yüzey Sertliği	62,15 HRC		
1.Kesit Sertliği	63,14 HRC	63,96 HRC	0,72
2.Kesit Sertliği	64,49 HRC		
3.Kesit Sertliği	64,26 HRC		

Mikroyapıdaki perlit içerisinde sementit bölgeler bulunduğundan sertlik değeri yüksektir. Ama çentik darbe dayanımı tam tersine düşük tespit edilmiştir. Numunelerin tokluğu düşük ve gevrek bir yapıdadır.



Şekil 4.7. Farklı işlemler uygulanmış 60SiMn5 malzemelerin sertlik sonuçları

41CrMo4-240 °C olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.10'da verilmiştir.

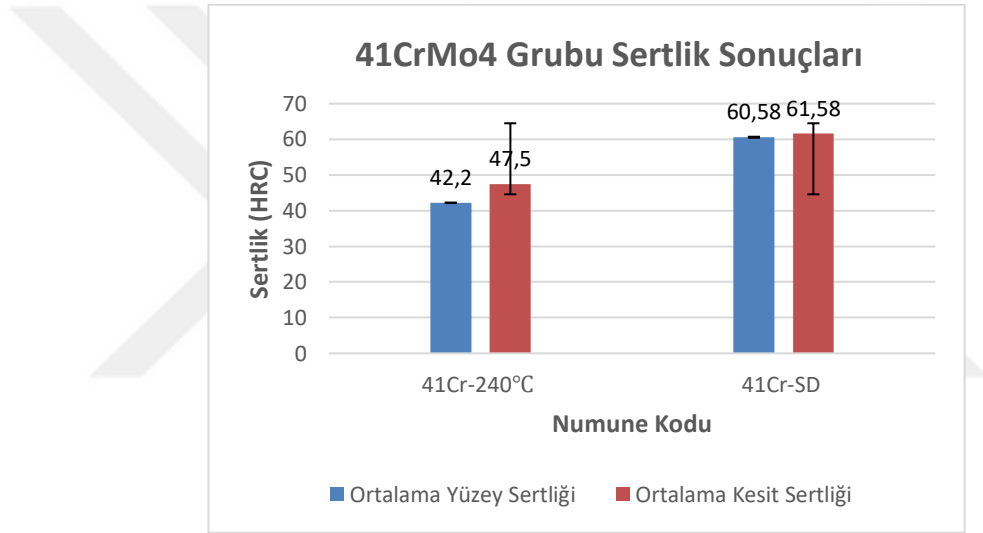
Tablo 4.10. 41CrMo4-240 °C sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	41,12 HRC	42,2 HRC	1,21
2.Yüzey Sertliği	41,95 HRC		
3.Yüzey Sertliği	43,52 HRC		
1.Kesit Sertliği	47,35 HRC	47,50 HRC	0,84
2.Kesit Sertliği	48,42 HRC		
3.Kesit Sertliği	46,75 HRC		

41CrMo4 sert dolgu olan numunenin ölçülen tüm sertlikler ile ortalama sertlik değeri Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. 41CrMo4-sert dolgu sertlik test sonucu

Numuneden Sertlik Alınma yeri	Sertlik Değeri	Ortalama Sertlik Değeri	Standart Sapma
1.Yüzey Sertliği	60,82 HRC	60,58 HRC	0,63
2.Yüzey Sertliği	59,86 HRC		
3.Yüzey Sertliği	61,06 HRC		
1.Kesit Sertliği	62,26 HRC	61,58 HRC	1,16
2.Kesit Sertliği	62,24 HRC		
3.Kesit Sertliği	60,23 HRC		



Şekil 4.8. Farklı işlemler uygulanmış 41CrMo4 Sertlik Sonucu

Demirezen ve arkadaşlarının (2006) yaptığı çalışmada 41CrMo4 malzemeye farklı menevişleme sıcaklığında çekme ve sertlik testleri uygulanmıştır. Menevişleme sıcaklığının artması ile sertlik değerleri azalmıştır. 450°C’de menevişleme yapılan numunenin sertlik değeri ortalama olarak 44 HRC elde edilmiş. 650°C’de menevişleme yapılan numunenin sertlik değeri ortalama olarak 27,5 HRC elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında 240°C’deki düşük menevişleme sıcaklığında yüzey sertliği 42,2 HRC ve kesit sertliği 47,5 HRC elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda menevişleme sıcaklığının azalması ile sertlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir [33].

4.3. Çekme Test Sonuçları

Çekme testi sonucunda tüm numunelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4.12-Tablo 4.18.)

33MnCrB5-220 °C’de menevişleme işlemi uygulanmış numunenin elde edilen çekme değerleri Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. 33MnCrB5-220 °C numunesi çekme test sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1400	1700	18
2.Numune	1350	1650	16,5
3.Numune	1300	1580	15
Ortalama	1350	1643,3	16,5
Standart Sapma	50	60,3	1,5

33MnCrB5-280 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13. 33MnCrB5-280 °C Numunesi Çekme Test Sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1322	1512	14
2.Numune	1300	1500	13
3.Numune	1290	1480	11
Ortalama	1304	1497,3	12,7
Standart Sapma	16,4	16,2	1,5

Referans numunenin ortalama olarak, akma mukavemeti 1330 N/mm², çekme mukavemeti 1580 N/mm² ve % uzama 14,8’dir.

51CrV4-220 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14. 51CrV4-220 °C Numunesi Çekme Test Sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1100	1200	12,6
2.Numune	1100	1220	13
3.Numune	1050	1170	13
Ortalama	1083,3	1196,7	12,9
Standart Sapma	28,9	25,2	0,2

51CrV4-315 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15. 51CrV4-315 °C Numunesi Çekme Test Sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1400	1580	11,4
2.Numune	1792	1750	14
3.Numune	1640	1880	15,8
Ortalama	1610,7	1736,7	13,7
Standart Sapma	197,6	150,4	2,2

60SiMn5-250 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.16’de verilmiştir.

Tablo 4.16. 60SiMn5-250 °C Numunesi Çekme Test Sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1550	1750	10
2.Numune	1580	1800	12
3.Numune	1620	1880	13,2
Ortalama	1583,3	1810,0	11,7
Standart Sapma	35,1	65,6	1,6

60SiMn5-270 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. 60SiMn5-270 °C numunesi çekme test sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1330	1700	12
2.Numune	1150	1400	10,5
3.Numune	1500	1880	13,5
Ortalama	1326,7	1660,0	12,0
Standart Sapma	175,0	242,5	1,5

41CrMo4-240 °C olan numunenin ölçülen çekme değerleri Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. 41CrMo4-240 °C Numunesi Çekme Test Sonucu

	Akma Mukavemeti (N/mm ²)	Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	Uzama (%)
1.Numune	1100	1350	14,6
2.Numune	1150	1520	15
3.Numune	1200	1550	15,2
Ortalama	1150,0	1473,3	14,9
Standart Sapma	50,0	107,9	0,3

Çekme test sonuçları karşılaştırıldığında en fazla uzamaya sahip olan numune 33MnCrB5-220°C olan numunedir. Malzemelere ve menevişleme sıcaklıklarına bakıldığı zaman sıcaklığın artışı ile % uzama ve akma-çekme mukavemetlerinin azaldığı yorumu yapılabilir.

Demirezen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 41CrMo4 malzemeye farklı menevişleme sıcaklığında çekme ve sertlik testleri uygulanmıştır. 650°C ve 450°C arasında uygulanan meneviş sıcakları sonucunda çekme testlerinde meneviş sıcaklığının düşmesi ile çekme ve akma değerlerinde artma meydana gelmiştir. 650°C'de menevişlenen numunenin çekme dayanımı 968MPa ve akma dayanımı 871 MPa gelmiştir. Menevişleme sıcaklığının 450°C'lere düşürülmesi ile çekme dayanımları 1461 MPa olmuştur. Bu tez çalışmasında ise daha düşük menevişleme sıcaklığı uygulanmış ve ortalama olarak daha yüksek çekme dayanımları elde edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda menevişleme sıcaklığının azalması ile çekme dayanımlarının ve akma dayanımlarının arttığı tespit edilmiştir [33].

Önder Dokuzlar'ın yaptığı çalışmada 41CrMo4 malzemeye farklı menevişleme sıcaklığında çekme testleri uygulanmıştır. 550°C ile 570°C sıcaklıkları arasında menevişleme işlemi uygulanmış. 550°C'de çekme dayanımı 1157 MPa ve 570 °C'de 1113 MPa gelmiş. Akma mukavemetleri ise sırasıyla 1066 MPa ve 1033 MPa gelmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada ise bu çalışmaya göre daha düşük sıcaklıklarda menevişleme işlemi uygulandığından daha yüksek çekme ve akma değerleri elde edilmiştir. Buradan da menevişleme sıcaklığının artması ile çekme ve akma dayanımlarının düştüğü söylenebilir. [34].

4.4. Çentik Darbe Test Sonuçları

Çentik darbe testi sonucunda tüm numunelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4.19-Tablo 4.26).

Tablo 4.19' daki 33MnCrB5-220°C Numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 83,5 J elde edilmiştir.

Tablo 4.19. 33MnCrB5-220°C numunesi çentik test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	78 J
2.Numune	86 J
3.Numune	86 J
Ortalama	83,5 J
Standart Sapma	4,6

Tablo 4.20' deki 33MnCrB5-280°C numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 57,5 J elde edilmiştir.

Tablo 4.20. 33MnCrB5-280°C numunesi çentik test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	62 J
2.Numune	55 J
2.Numune	55 J
Ortalama	57,5 J
Standart Sapma	4,04

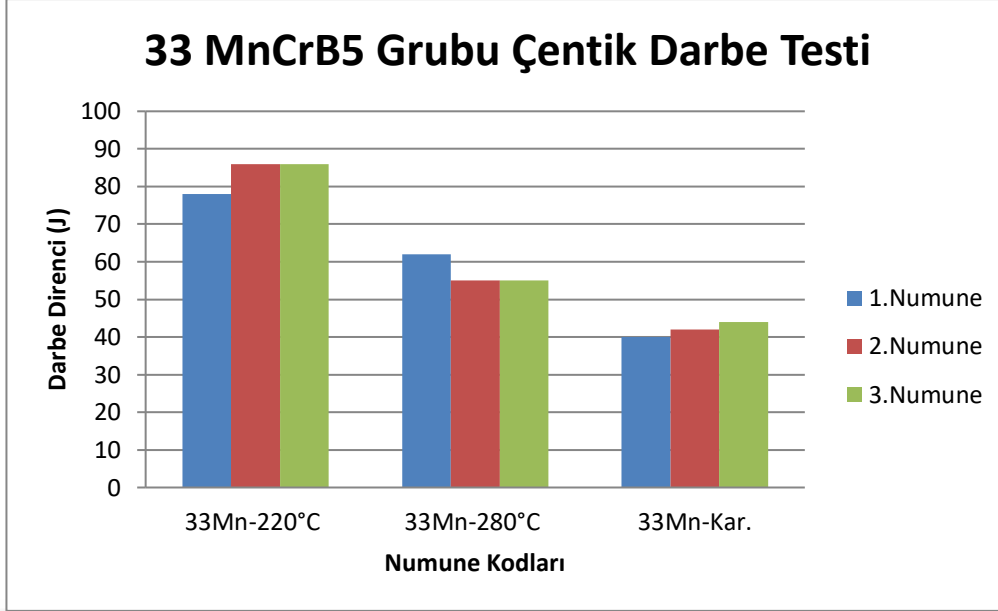
33MnCrB5-220°C ve 280°C meneviş sıcaklıklarındaki çentik darbe değerleri incelendiğinde, sıcaklığın artması ile darbe direncinin azaldığı gözükmemektedir.

Referans numunenin ortalama çentik darbe dayanımı 70,8 J gelmektedir.

Tablo 4.21' deki 33MnCrB5-karbonitrasyon numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 42 J elde edilmiştir.

Tablo 4.21. 33MnCrB5-karbonitrasyon numunesi çentik test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	40 J
2.Numune	42 J
3.Numune	44 J
Ortalama	42 J
Standart Sapma	2



Şekil 4.9. Farklı işlemler uygulanmış 33MnCrB5 çentik darbe test sonuçları

33MnCrB5 malzemesinde darbe dayanımı sonucu oldukça yüksek çıkmıştır.

Kayral'ın çalışmasında da bahsettiği üzere, Mn ilavesi çeliklerin dayanımını artırıcı etki etmektedir. Aynı zamanda mangan ilavesi ile sertleşebilme ve kaynak kabiliyetini artırıcı özellik göstermektedir. Genellikle malzemelere sünekliği azaltarak dayanımı artırıcı özellik göstermektedir. Böylelikle 33MnCrB5 malzemelerin darbe dayanımının yüksek çıkmasını içinde mangan bulunmasındandır [35].

Literatüre göre menevişleme sıcaklığının artışı ile çentik darbe dayanımlarının arttığı gözlenmiştir. Ancak bu tez çalışmasında 33MnCrB5 malzemesinden numuneleri incelediğimizde menevişleme sıcaklığının artması ile çentik darbe direnci azalmıştır. Bunun sebeplerine bakılacak olursa, hazırlanan parçada bir hata mevcut olabilir. Ya da çentik açma sırasında çentikler istenilen şekilde açılmamış olabileceği şeklinde düşünülebilir. Bu yüzden 33MnCrB5 malzeme için diğer yapılan çalışmalardaki gibi bir sonuç elde edilememiştir.

Tablo 4.22'deki 51CrV4-220°C numunesinin çentik darbe testi sonuçlarının ortalaması alındığında 9 J elde edilmiştir.

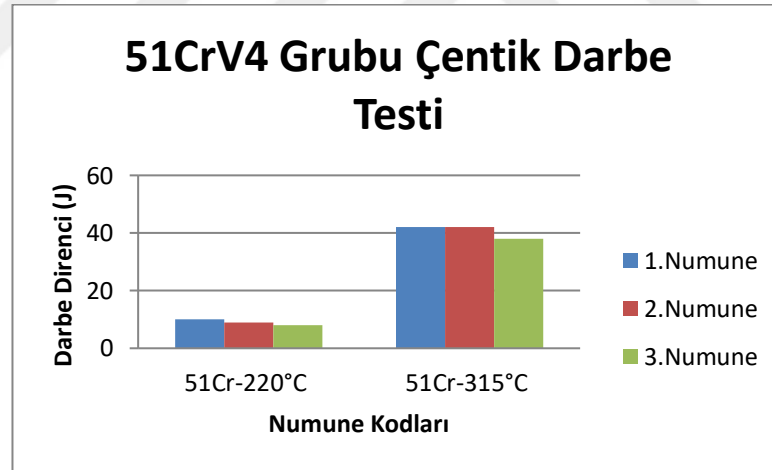
Tablo 4.22. 51CrV4-220°C numunesi çentik darbe test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	10 J
2.Numune	9 J
3.Numune	8 J
Ortalama	9 J
Standart Sapma	1

Tablo 4.23' deki 51CrV4-315°C numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 41 J elde edilmiştir.

Tablo 4.23. 51CrV4-315°C numunesi çentik darbe test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	42 J
2.Numune	42 J
3.Numune	38 J
Ortalama	41 J
Standart Sapma	2,30



Şekil 4.10. Farklı işlemler uygulanmış 51CrV4 grubu çentik darbe test sonuçları

Tablo 4.24' deki 60SiMn5-250°C numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 6 J elde edilmiştir. Diğer malzemelere göre çok gevrek olduğu sonucuna varılmıştır.

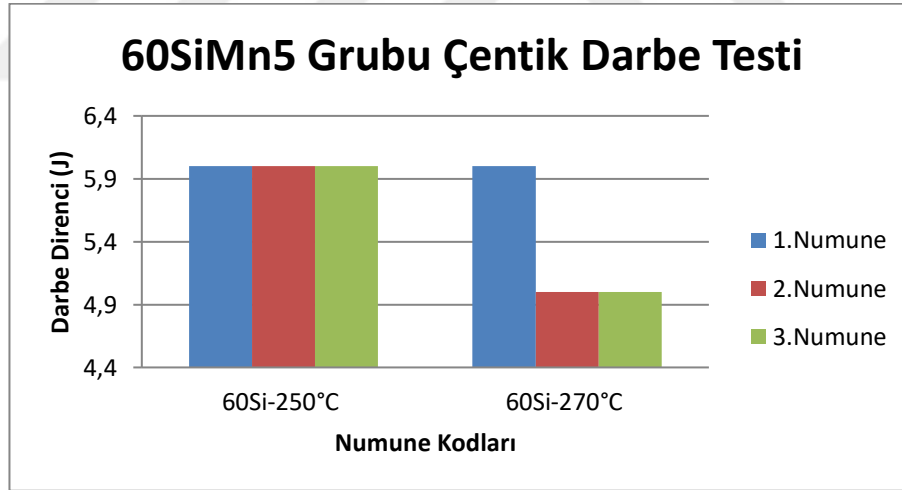
Tablo 4.24. 60SiMn5-250°C numunesi çentik test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	6 J
2.Numune	6 J
3.Numune	6 J
Ortalama	6 J
Standart Sapma	0

Tablo 4.25’ deki 60SiMn5-270°C numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 5,5 J elde edilmiştir.

Tablo 4.25. 60SiMn5-270°C numunesi çentik test sonucu

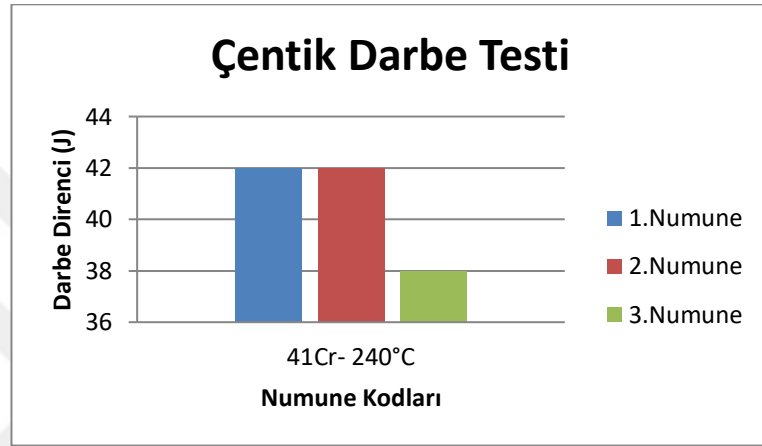
	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	6 J
2.Numune	5 J
3.Numune	5 J
Ortalama	5,5 J
Standart Sapma	0,57



Şekil 4.11. Farklı işlemler uygulanmış 60SiMn5 grubu çentik darbe test sonuçları Tablo 4.26’deki 41CrMo4-240°C numunesinin çentik darbe test sonuçlarının ortalaması alındığında 42 J elde edilmiştir.

Tablo 4.26. 41CrMo4-240°C numunesinin çentik test sonucu

	Çentik Darbe Dayanımı
1.Numune	40 J
2.Numune	44 J
3.Numune	42 J
Ortalama	42 J
Standart Sapma	2



Şekil 4.12. 41CrMo4 çentik darbe test sonuçları

Kesit'in yapmış olduğu çalışmalarda 41CrMo4 malzemeye farklı sıcaklıklarda menevişleme yapılmıştır. 150°C'de meneviş yapılan numunenin çentik darbe dayanımı 10,3 J elde edilmiş. Menevişleme sıcaklığının artması ile çentik darbe dayanımının arttığı gözlenmiştir. 600°C'de menevişleme yapılan numunenin çentik darbe dayanımı 92 J elde edilmiş. Çalışmada temperleme sıcaklığının artması ile mikroyapıda irileşmenin meydana geldiğinden darbe dayanımının bu yüzden arttığından söz edilmiştir. Bu tez çalışmasında ise 240°C'de ortalama olarak 42 J gelmiştir [31].

Dokuzlar'ın yaptığı çalışmada 41CrMo4 malzemeye farklı sıcaklıklarda menevişleme yapılmıştır. 550°C'de ile 570°C'de arasında sıcaklıklarda meneviş işlemi uygulanmıştır. 550°C'de 40 J elde edilmiş. Sıcaklığın artışı ile 570 °C'de ise 54 J elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında bu çalışmaya göre daha düşük sıcaklıklarda 42 J elde edilmiştir. Çalışmalarda görüldüğü gibi menevişleme sıcaklıkları çentik darbe dayanımını etkilemektedir. Menevişleme sıcaklığının artması ile çentik darbe dayanımı da artmaktadır [34].

4.3. Aşınma Testi Sonuçları

ASTM G65 göre test cihazında gerçekleştirilen aşınma testi sonuçları Tablo 4.27-4.39 de verilmiştir.

Tablo 4.27. 33MnCrB5-220 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarı

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	187,406 g	187,404 g	187,402 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	185,585 g	185,589 g	185,588 g
Fark (g)	1,821	1,815	1,814
Yüzde (%)	0,972	0,9685	0,9680

Tablo 4.27' deki sonuçlara göre 33MnCrB5-220 °C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 1,82 g ve ortalama yüzde kayıp %0,969 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.28. 33MnCrB5-280 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	189,290 g	189,310 g	189,270 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	188,490 g	188,470 g	188,510 g
Fark (g)	0,8	0,84	0,76
Yüzde (%)	0,42	0,44	0,40

Tablo 4.28' deki sonuçlara göre 33MnCrB5-280 °C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,80 g ve ortalama yüzde kayıp %0,42 olarak hesaplanmıştır.

Referans numunenin ortalama olarak ağırlık kaybı 0,87 g ve ortalama yüzde kayıp %0,50 olarak hesaplanmıştır.

Menevişleme sıcaklığının artması mikro yapı ve sem incelemelerinde de görüldüğü gibi martenzit yapının oluşumu ve karbürlerin dağılımı ile dayanımı arttırdığı yorumu yapılabilir.

Tablo 4.29. 33MnCrB5 sert dolgulu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

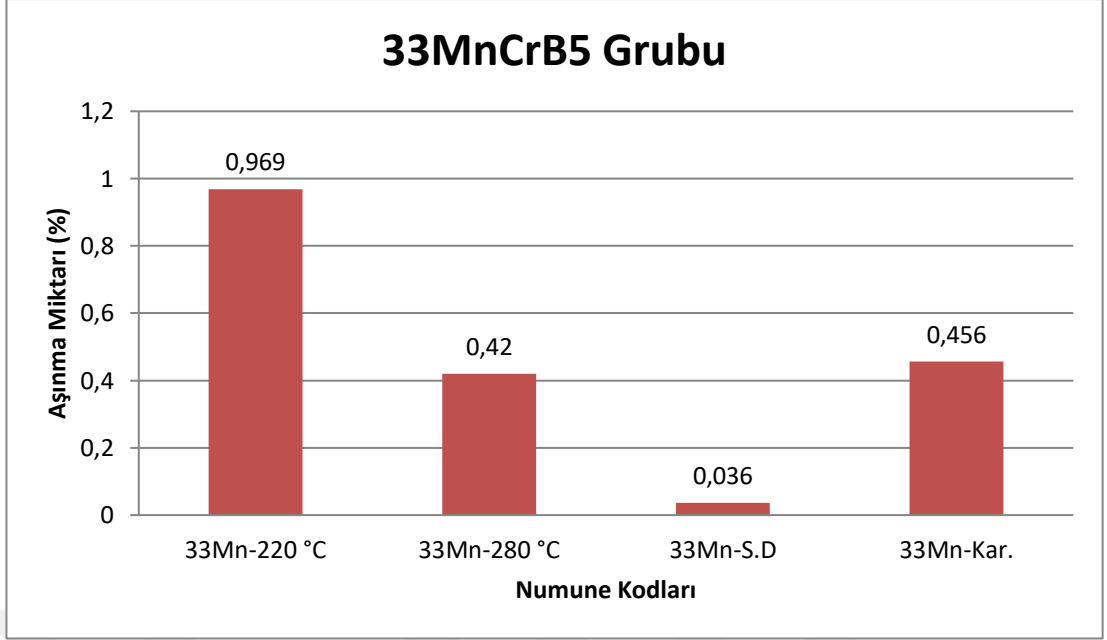
	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	199,001g	198,999 g	199,003 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	198,931 g	198,928 g	198,932 g
Fark (g)	0,07	0,071	0,071
Yüzde (%)	0,035	0,036	0,036

Tablo 4.29' daki sonuçlara göre 33MnCrB5-sert dolgulu numunenin ortalama ağırlık kaybı 0,070 g ve ortalama yüzde kayıp %0,036 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.30. 33MnCrB5 karbonitrasyon numunesinin aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	179,720 g	179,722 g	179,722 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	178,902 g	178,902 g	178,903 g
Fark (g)	0,818	0,82	0,819
Yüzde (%)	0,455	0,4563	0,4557

Tablo 4.30' daki sonuçlara göre 33MnCrB5 karbonitrasyon numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,82 g ve ortalama yüzde kayıp %0,456 olarak hesaplanmıştır. Sadece 280°C meneviş sıcaklığı ile aynı aşınma değeri elde edilebilmektedir.



Şekil 4.13. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları

Tablo 4.31. 51CrV4-220°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	200,001 g	200,005g	200,003 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	198,033 g	198,035 g	198,031 g
Fark (g)	1,968	1,97	1,972
Yüzde (%)	0,984	0,985	0,986

Tablo 4.31' daki sonuçlara göre 51CrV4-220°C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 1,97 g ve ortalama yüzde kayıp %0,985 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.32. 51CrV4-315°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

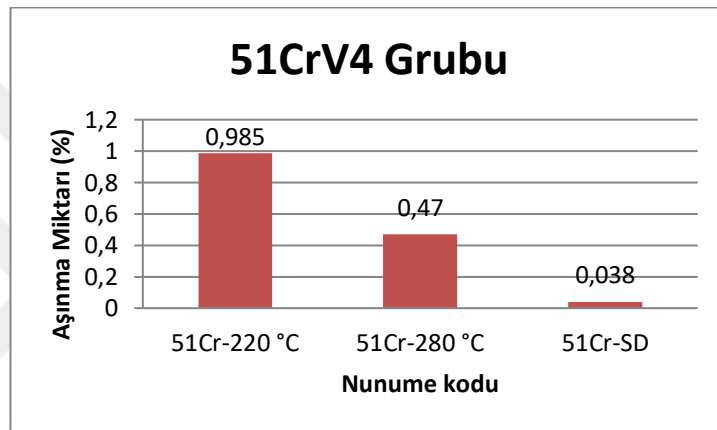
	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	206,880 g	206,840 g	206,900 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	205,910 g	205,930 g	205,890 g
Fark (g)	0,97	0,91	1,01
Yüzde (%)	0,47	0,44	0,49

Tablo 4.32' deki sonuçlara göre 51CrV4-280°C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,97 g ve ortalama yüzde kayıp %0,47 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.33. 51CrV4-220°C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	175,322 g	175,319 g	175,323 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	175,253 g	175,257 g	175,256 g
Fark (g)	0,069	0,062	0,067
Yüzde (%)	0,039	0,035	0,038

Tablo 4.33'deki sonuçlara göre 51CrV4-220°C sert dolgu numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,066 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,038 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.14. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları

Tablo 4.34. 60SiMn5-250°C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	201,777 g	201,775 g	201,779 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	199,993 g	199,995 g	199,997 g
Fark (g)	1,784	1,78	1,782
Yüzde (%)	0,884	0,882	0,883

Tablo 4.34' deki sonuçlara göre 60SiMn5-250°C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 1,78 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,883 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.35. 60SiMn5-270 °C aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

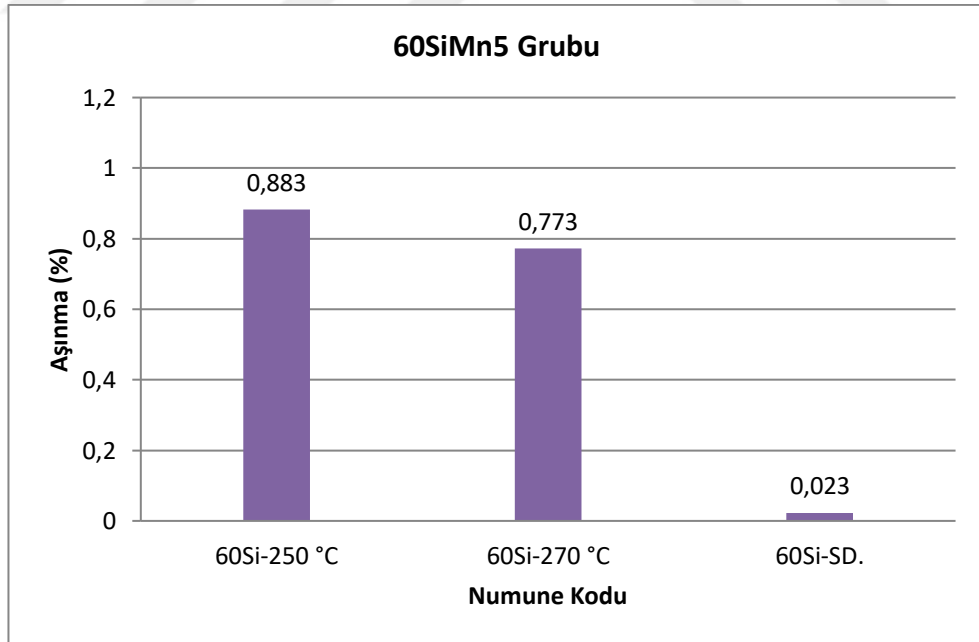
	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	192,751 g	192,753 g	192,749 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	191,260 g	191,263 g	191,262 g
Fark	1,491	1,49	1,487
Yüzde	0,774	0,773	0,771

Tablo 4.35' deki sonuçlara göre 60SiMn5-270 °C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 1,49 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,773 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.36. 60SiMn5-250 °C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	173,469 g	173,467 g	173,466 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	173,426 g	173,428 g	173,426 g
Fark (g)	0,043	0,039	0,04
Yüzde (%)	0,025	0,022	0,023

Tablo 4.36' daki sonuçlara göre 60SiMn5 250 °C Sert Dolgu numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,041 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,023 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.15. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları

Tablo 4.37. 41CrMo4-240 °C Aşınma Testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	212,789 g	212,791 g	212,787 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	210,865 g	210,862 g	210,860 g
Fark (g)	1,924	1,929	1,927
Yüzde (%)	0,904	0,907	0,906

Tablo 4.37' deki sonuçlara göre 41CrMo4-240 °C numunesinin ortalama ağırlık kaybı 1,93 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,905 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.38. 41CrMo4-sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

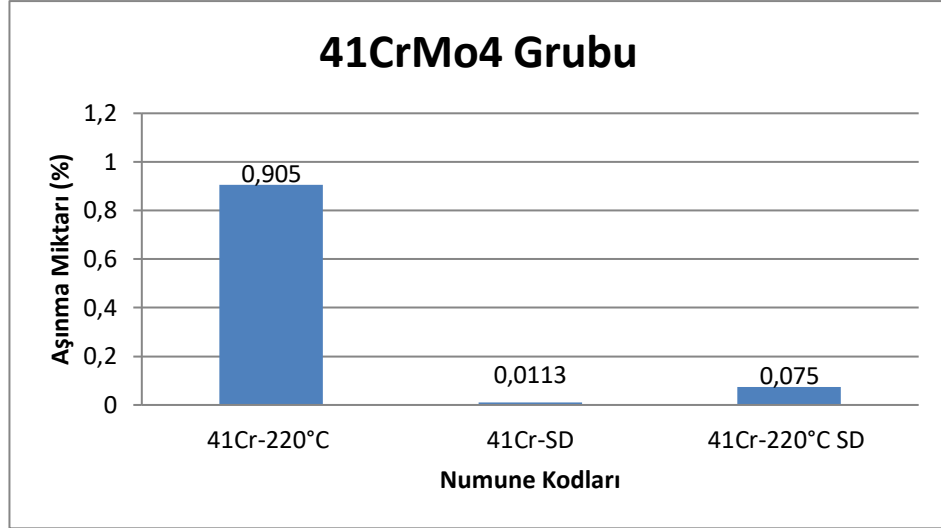
	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	182,945 g	182,944 g	182,943 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	182,924 g	182,924 g	182,922 g
Fark (g)	0,021	0,02	0,021
Yüzde (%)	0,0115	0,0109	0,0115

Tablo 4.38' deki sonuçlara göre 41CrMo4-Sert Dolgu numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,021 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,0113 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.39. 41CrMo4-240 °C sert dolgu aşınma testi önce ve sonrası ağırlıkları ile % aşınma miktarları

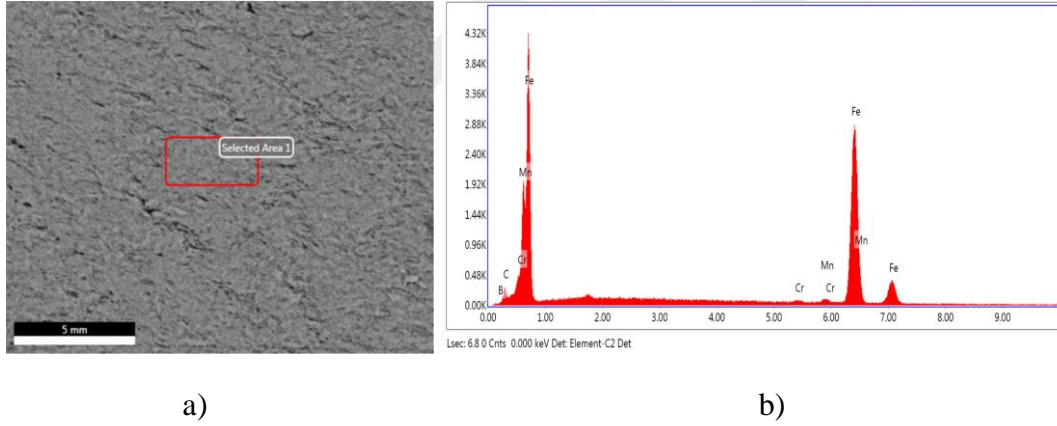
	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Aşınma Öncesi Ağırlık	175,819 g	175,821 g	175,821 g
Aşınma Sonrası Ağırlık	175,692 g	175,689 g	175,685 g
Fark (g)	0,127	0,132	0,136
Yüzde (%)	0,072	0,075	0,077

Tablo 4.39' daki sonuçlara göre 41CrMo4-sert dolgu numunesinin ortalama ağırlık kaybı 0,131 g ve ortalama yüzde kayıp % 0,075 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.16. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin aşınma sonuçları

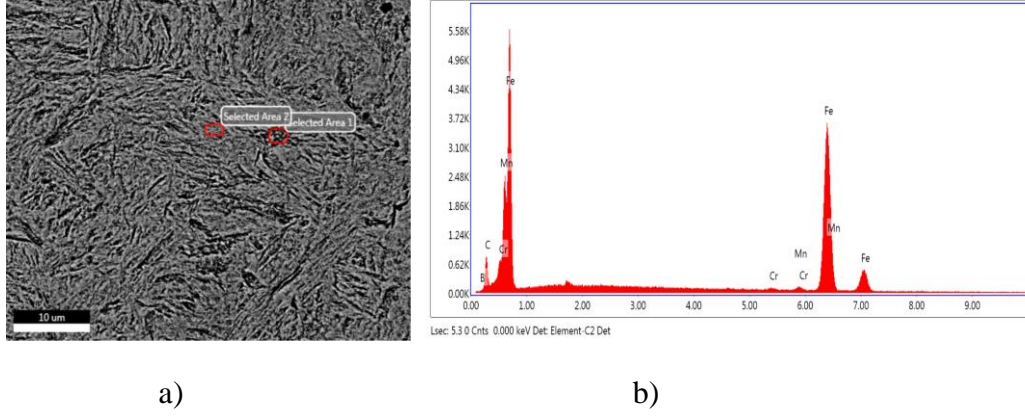
4.5 SEM-EDX Analizleri



Şekil 4.17. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 33MnCrB5-220°C SEM b) 33MnCrB5-220°C EDX

Tablo 4.40. 33MnCrB5-220° EDX Analiz Sonuçları

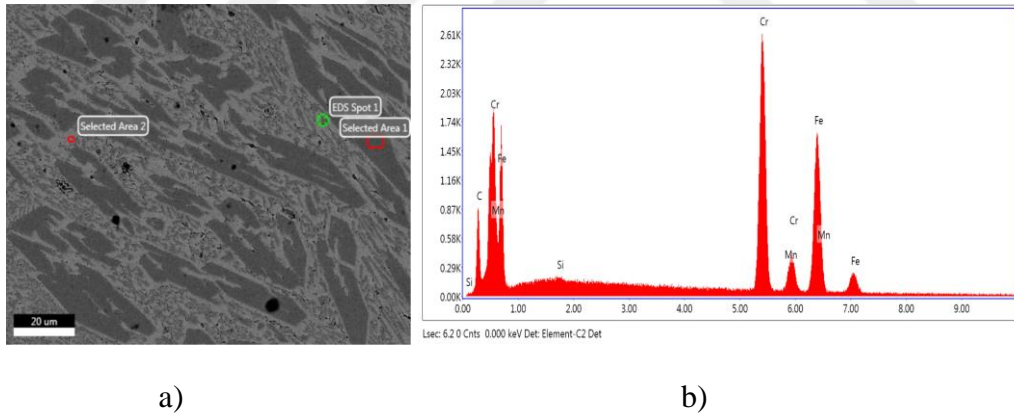
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
B K	0.31	1.53	6.44	87.74	0.0007	1.2863	0.8253	0.1698	1.0000
C K	0.81	3.61	65.45	24.21	0.0026	1.3521	0.8394	0.2399	1.0000
CrK	0.31	0.31	39.88	61.53	0.0047	1.0010	0.9920	0.9939	1.5342
MnK	1.24	1.21	99.23	23.61	0.0140	0.9801	0.9970	0.9977	1.1541
FeK	97.33	93.33	5753.83	2.92	0.9926	0.9958	1.0013	0.9998	1.0243



Şekil 4.18. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 33MnCrB5-280°C SEM birinci nokta görseli b) 33MnCrB5-280°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.41. 33MnCrB5-280° EDX Birinci Nokta Analiz Sonuçları

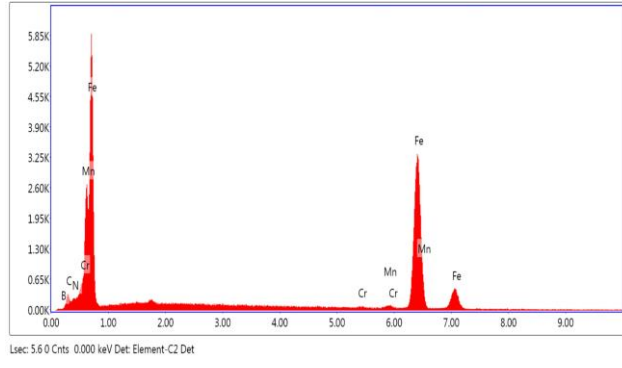
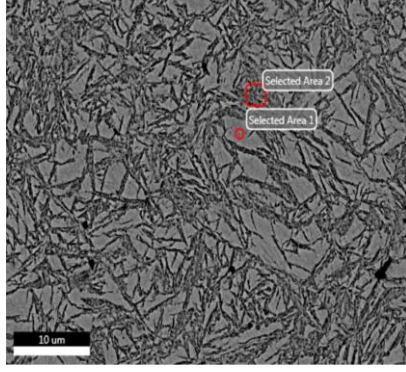
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
B K	0.35	1.57	10.88	84.39	0.0008	1.2716	0.8307	0.1705	1.0000
C K	3.86	15.52	463.13	12.66	0.0121	1.3367	0.8448	0.2340	1.0000
CrK	0.31	0.29	67.04	50.94	0.0047	0.9886	0.9959	0.9941	1.5333
MnK	1.09	0.96	143.49	25.26	0.0121	0.9679	1.0006	0.9982	1.1556
FeK	94.39	81.66	9209.26	2.85	0.9511	0.9832	1.0047	1.0004	1.0244



Şekil 4.19. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 33MnCrB5 sert dolgu SEM birinci nokta görseli b) 33MnCrB5 sert dolgu EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.42. 33MnCrB5-sert dolgu EDX birinci nokta analiz sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
C K	7.05	25.43	531.95	11.14	0.0257	1.3210	0.8551	0.2763	1.0000
SiK	0.21	0.32	45.17	62.89	0.0015	1.1496	0.9377	0.6215	1.0075
CrK	39.69	33.08	3146.48	4.04	0.4285	0.9748	1.0030	0.9979	1.1098
MnK	0.00	0.00	0.01	99.99	0.0000	0.9540	1.0073	0.9954	1.0487
FeK	53.05	41.16	2515.20	5.03	0.5059	0.9687	1.0110	0.9593	1.0262



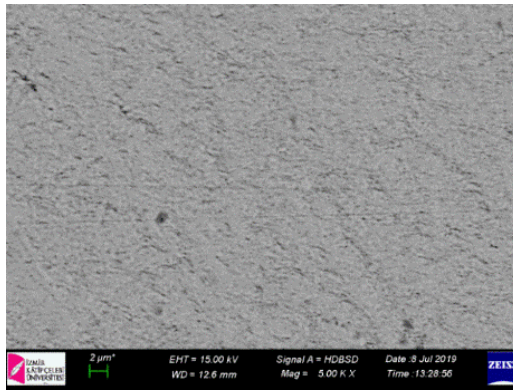
a)

b)

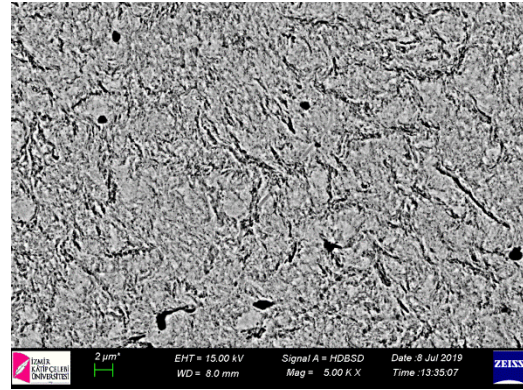
Şekil 4.20. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 33MnCrB5-karbonitrasyon birinci nokta SEM görseli b) 33MnCrB5-karbonitrasyon birinci nokta EDX sonuçları

Tablo 4.43. 33MnCrB5-karbonitrasyon EDX birinci nokta analiz sonuçları

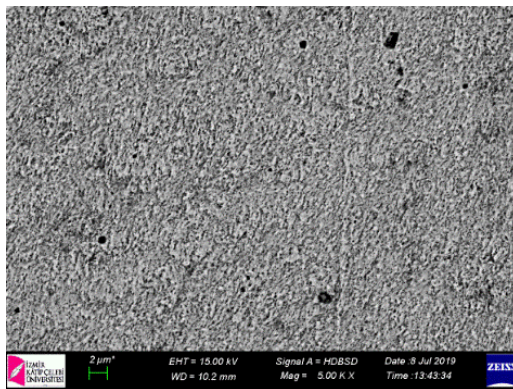
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
B K	0.36	1.78	10.02	84.46	0.0008	1.2853	0.8257	0.1681	1.0000
C K	0.74	3.29	79.52	29.32	0.0023	1.3511	0.8398	0.2336	1.0000
N K	0.24	0.90	41.12	70.01	0.0011	1.3203	0.8530	0.3528	1.0000
CrK	0.23	0.24	43.20	62.29	0.0036	1.0002	0.9923	0.9935	1.5369
MnK	1.12	1.09	127.06	23.77	0.0127	0.9793	0.9972	0.9976	1.1557
FeK	97.30	92.70	8146.84	2.86	0.9915	0.9949	1.0016	0.9999	1.0243



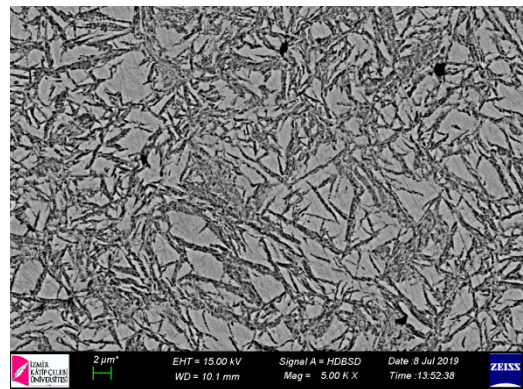
a)



b)



c)



d)

Şekil 4.21. Farklı işlemler görmüş 33MnCrB5 malzemesinden numunelerin SEM görüntüleri a) 33MnCrB5-220°C b) 33MnCrB5-280°C c) 33MnCrB5-sert dolgu d) 33MnCrB5-karbonitrasyon

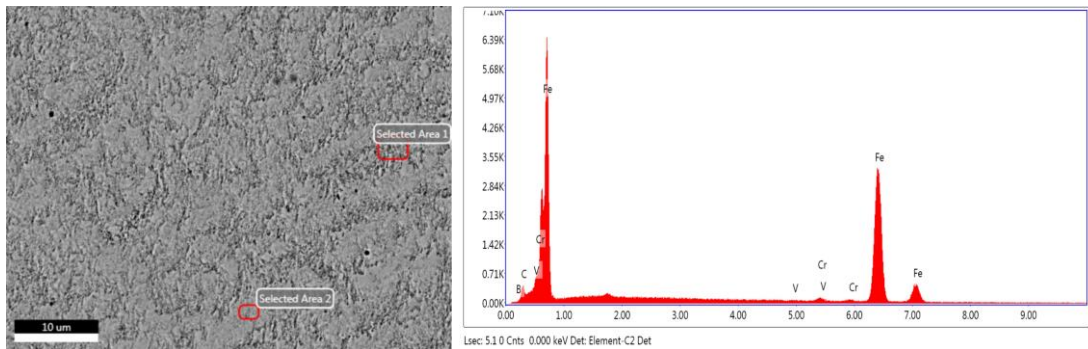
33MnCrB5-220°C malzemenin tavlama sıcaklığının değişimi ile mikroyapı ve SEM görüntüsü incelendiğinde daha sünek ve tok bir yapı olduğu gözlemlenmiş olup, bu durum aşınma direncinin düşük olmasının göstergesidir. Ayrıca beynit yapısı görülmüştür.

33MnCrB5-280°C malzemenin tavlama sıcaklığının artışı ile mikroyapı ve SEM görüntüsü incelendiğinde çubuk şeklinde martenzit yapılar belirginleşmeye başlamıştır. Tavlama sıcaklığının yükselmesi Martenzit kırılgenliğini azaltıcı yönde etkisi olmuştur. Ara ara beynit yapılar mevcuttur. Beynit büyüklüğü ve oranı artmış böylelikle beynit adaları artmıştır. Martenzit ve beynit yapıdan dolayı 220°C'deki menevişlemeden daha düşük tokluk değeri elde edilmiştir. Sıcaklığın artışı ile sertlik değeri ve aşınma direnci artış göstermiştir.

Sert dolgu işlemi uygulanmış olan numunede metal karbürler oluşmuştur. Sert dolgu teli içinde Cr ve Cr-Karbürlerin olduğu EDX analizi ile tespit edilmiştir (Tablo 4.42). Etrafında ki matrisin sertliği daha azdır. Karbürlerin oluşumu mükemmel aşınma direnci sağlamıştır.

Cr-Fe-C sistemini faz diyagramı incelendiğinde sert dolgu kaplanan numunelerde oluşan karbürün M_7C_3 olduğu tespit edilmiştir [19].

Nagaratham ve Komuopoulos'ta (1995) çalışmalarında bu karbürlerin aşınma direncini arttırdığına vurgu yapmışlardır [20].



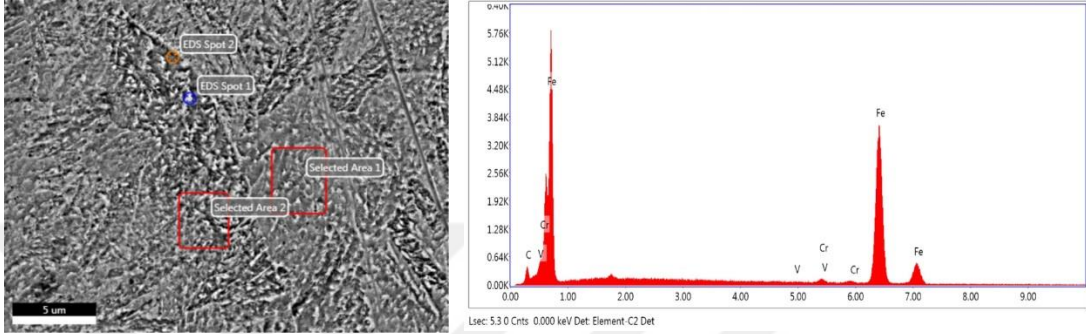
b)

b)

Şekil 4.22. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 51CrV4-220°C SEM birinci nokta görseli b) 51CrV4-220°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.44. 51CrV4-220°C EDX Birinci Nokta Analiz Sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
B K	0.32	1.55	9.47	88.03	0.0007	1.2833	0.8262	0.1678	1.0000
C K	1.35	5.91	155.47	18.53	0.0042	1.3490	0.8403	0.2320	1.0000
V K	0.00	0.00	0.00	99.99	0.0000	0.9835	0.9873	0.9877	1.3678
CrK	0.57	0.58	115.87	35.50	0.0087	0.9985	0.9927	0.9935	1.5298
FeK	97.76	91.97	9017.46	2.88	0.9943	0.9933	1.0019	0.9997	1.0243



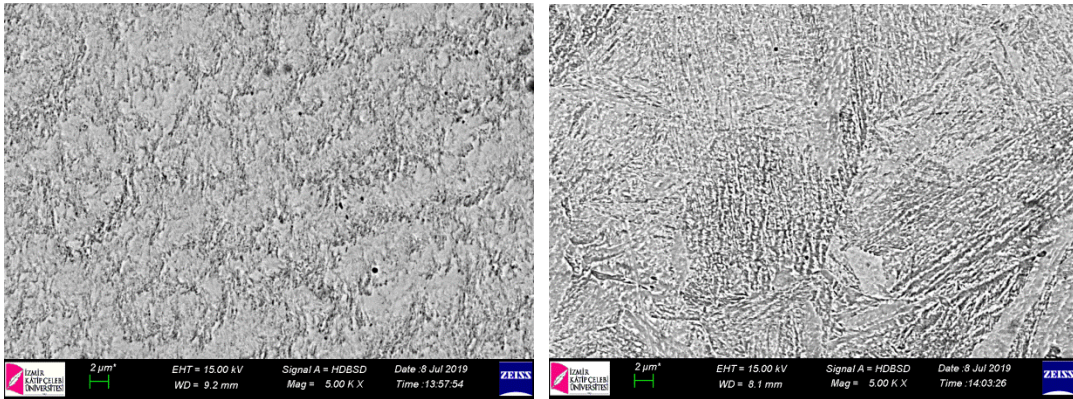
a)

b)

Şekil 4.23. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 51CrV4 315°C SEM birinci nokta görseli b) 51CrV4 315°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.45. 51CrV4-315°C Edx Birinci Nokta Analiz Sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
C K	1.22	5.44	140.23	18.92	0.0038	1.3510	0.8395	0.2308	1.0000
V K	0.01	0.01	1.49	99.99	0.0001	0.9851	0.9867	0.9872	1.3682
CrK	0.54	0.56	112.81	37.65	0.0082	1.0001	0.9921	0.9932	1.5307
FeK	98.23	94.00	9268.01	2.85	1.0006	0.9949	1.0014	0.9996	1.0243



a)

b)

Şekil 4.24. Farklı işlemler görmüş 51CrV4 malzemesinden numunelerin SEM Görüntüleri a) 51CrV4 220°C b) 51CrV4 315°C

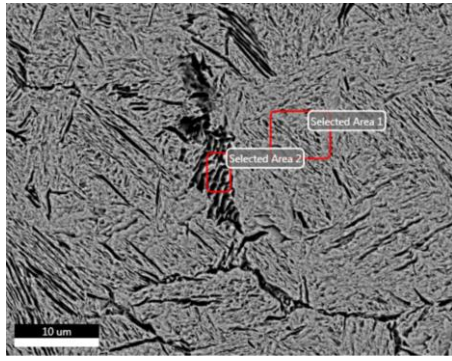
51CrV4 numunesinde menevişleme sıcaklığının artışı sertlik değerini azaltmış, çentik darbe dayanımını arttırmıştır. Sertliğin yüksek olduğu ve beynitik yapıya sahip 220°C’de menevişlenmiş numunede aşınma dayanımı sertliğin etkisiyle kırılan numunelerin parçalardan ayrılma sonucudur. Tokluğun daha yüksek olduğu 315°C’de menevişlenmiş numunede ise 220°C’de menevişlenmiş numuneye göre yarı yarıya bir aşınma direnci elde edilmiştir.

Zhang ve arkadaşlarının (2018) makalesinde, sementit, M3C2 ve M7C3 fazlarının varlığından bahsedilmiştir. Yağda soğutma yapıldığında bu tez çalışmasındaki gibi 43 HRC sertlik değeri elde edilmiştir [21].

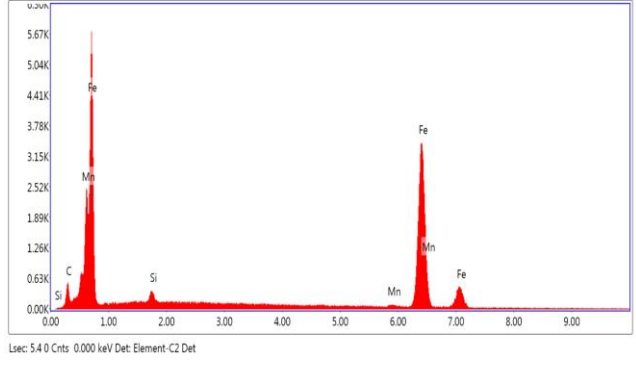
51CrV4 malzemelerinin mikroyapı ve sem görüntüleri incelendiğinde menevişleme sıcaklığının artması ile martenzit yapının belirginleştiği gözlemlenmektedir. Karbür artışı meydana gelmekte ve karbürler ferrit içerisinde dağılmış şekildedir. Sıcaklığın artışı ile beynit yapılar artmaktadır [30].

51CrV4 315°C’de menevişlemede beynitik-perlit bir yapı olduğu vanadyumun varlığından dolayı mikroyapının keskin köşeli ve büyük fazların ortaya çıktığı görülmüştür. Sünek yapının içinde sert fazların olduğu bir yapıda 315 °C’ de menevişlenmiş numunede aşınma direnci 220 C’de menevişlenen numuneye göre daha iyi elde edilmiştir.

Sertliğin yüksek olması 51CrV4 220°C numunesinde aşınma direncini arttırmamıştır. Kum ile aşınmada tok olmayan sert yapıdan parçacıkların koparak ayrılması sonucu aşınma direncini düşürmüştür. 51CrV4 grubunda sert dolgulu numune en iyi aşınma direncine sahiptir.



a)

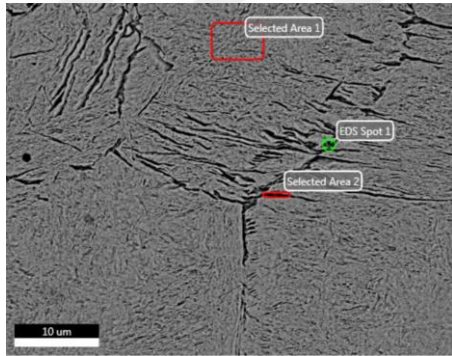


b)

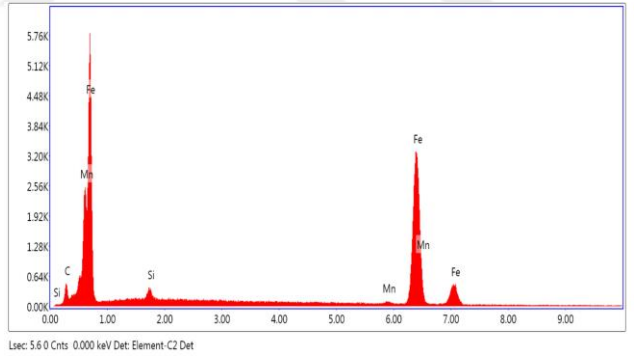
Şekil 4.25. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 60SiMn5-250°C SEM birinci nokta görseli b) 60SiMn5-250°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.46. 60SiMn5-250°C EDX birinci nokta analiz sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
C K	2.30	9.79	262.92	14.99	0.0072	1.3437	0.8422	0.2322	1.0000
SiK	0.90	1.64	334.16	12.28	0.0061	1.1703	0.9257	0.5753	1.0077
MnK	0.90	0.84	111.61	30.10	0.0102	0.9734	0.9989	0.9976	1.1586
FeK	95.89	87.73	8739.88	2.85	0.9716	0.9889	1.0031	1.0002	1.0244



a)

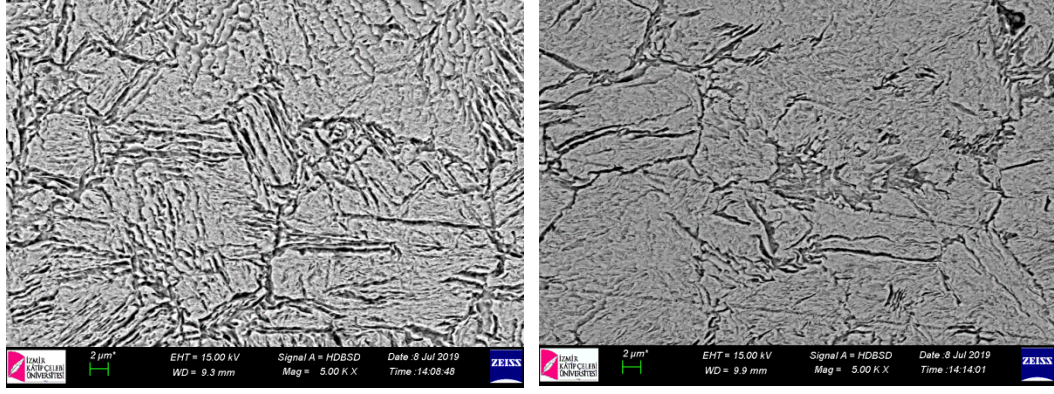


b)

Şekil 4.26. Farklı işlemler görmüş 60SiMn5 malzemesinden numunelerin SEM-EDX analiz sonuçları a) 60SiMn5-270°C SEM birinci nokta görseli b) 60SiMn5-270°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.47. 60SiMn5 270°C EDX birinci nokta analiz sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
C K	1.72	7.44	184.94	15.77	0.0054	1.3464	0.8413	0.2321	1.0000
SiK	0.97	1.80	337.41	12.37	0.0066	1.1727	0.9248	0.5775	1.0077
MnK	0.84	0.79	96.56	28.60	0.0094	0.9756	0.9982	0.9976	1.1590
FeK	96.48	89.97	8212.90	2.86	0.9796	0.9911	1.0025	1.0001	1.0244

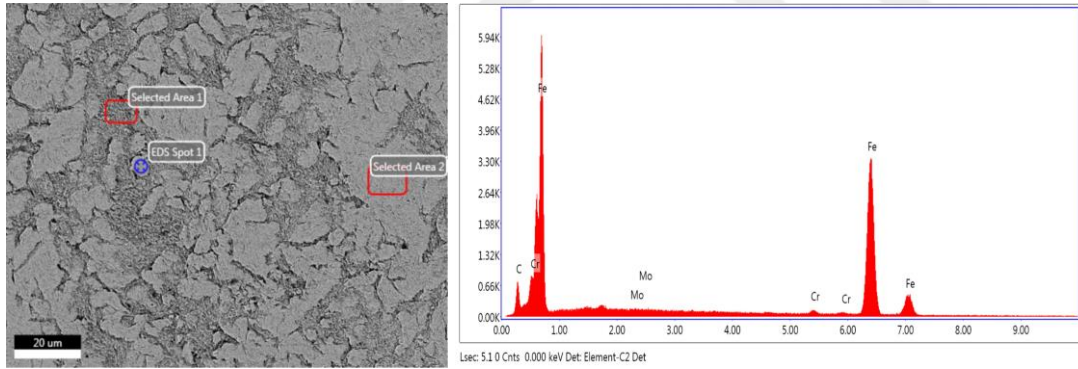


a)

b)

Şekil 4.27. Farklı işlemler görmüş 60SiMn malzemesinden numunelerin SEM Görüntüleri a) 60SiMn5-250°C b) 60SiMn5-270°C

60SiMn5 numunelerinde çentik darbe dayanımları çok düşüktür. Mikro yapılar ve SEM görüntüsü incelendiğinde yapının çubuk martenzit olduğu görülmektedir. Bu malzeme grubundaki numunelerde de aşınma sırasında büyük parça kopmasından dolayı aşınma miktarları yüksektir. Çekme testleri sonucunda malzemelerin uzama değerleri çok düşük elde edilmiştir. Lamelli oldukları için matrisi sürekli keserler ve kırılganlık gösterirler.



a)

b)

Şekil 4.28. Farklı işlemler görmüş 41CrMo4 malzemesinden numunelerin SEN-EDX analiz sonuçları a) 41CrMo4-240°C SEM birinci nokta görseli b) 41CrMo4-240°C EDX birinci nokta sonucu

Tablo 4.48. 41CrMo4 240°C EDX birinci nokta analiz sonuçları

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
CK	4.26	17.13	512.86	12.49	0.0136	1.3359	0.8448	0.2389	1.0000
MoL	0.04	0.02	8.24	62.34	0.0003	0.8715	1.1067	0.8993	1.0314
CrK	0.52	0.49	108.66	35.48	0.0079	0.9881	0.9959	0.9942	1.5291
FeK	95.18	82.37	8970.27	2.88	0.9584	0.9826	1.0047	1.0002	1.0244

41CrMo4 numunesinde sert dolgu işlemleri hem menevişlemeden sonra hem de menevişleme işlemi uygulanmadan yapılmıştır. Her iki sonuçta birbirine yakındır. Sadece sertleştirme ve menevişleme uygulanan numunede aşınma miktarı çok yüksek elde edilmiştir. SEM ve mikroyapı görüntüleri incelendiğinde sementitlerin oluştuğu gözlenmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sertlik test sonuçlarına göre 33MnCrB5 grubunda bulunan malzemelerden en yüksek sertlik değerine sahip malzeme 33MnCrB5-karbonitrasyon ve 33MnCrB5 sert dolgu uygulanan numune de olmuştur. 60SiMn5 grubunda bulunan malzemelerin sertlik test sonuçları birbirine yakın çıkmıştır. 250°C meneviş yapılan numunenin sertlik değerleri 53 HRC ve 270 °C meneviş yapılan numunenin sertlik değeri 54 HRC ölçülmüştür. 51CrV4 grubunda bulunan malzemelerin sertlik değerleri 220°C e meneviş yapılan numunenin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu grupta ortalama en yüksek değer ise 45,5 HRC' dir. 41CrMo4 numunesinin sertlik değeri 45 HRC gelmiştir. Bu malzemelerin sertlik test sonuçlarını kıyaslayacak olursak en yüksek sertlik değerine sahip olan malzeme 33MnCrB5 Karbonitrasyon 60,5 HRC gelmiştir. En düşük sertlik değerine sahip numune ise 51CrV4 315 °C olmuştur. Mikroyapı incelemelerinden de yapının martenzitik olduğu görülmektedir.

Çekme testi sonuçlarına göre 33MnCrB5 grubunda bulunan malzemelerden en yüksek çekme akma dayanımını gösteren malzeme 33MnCrB5 220 °C 'dir. Çekme testi sonucuna göre ortalama en iyi % uzama değeri %16,5 gelmiştir. 60SiMn5 grubu malzemelerin çekme test sonuçları düşük çıkmıştır. Ortalama olarak yüzde uzama %12 ölçülmüştür. 51CrV4 ve 41CrMo4 malzemelerin çekme ve akma dayanımları orta seviyede çıkmıştır.

Çentik darbe deneyi sonuçlarına göre 33MnCrB5 grubunda bulunan malzemelerden en yüksek darbe direnci gösteren malzeme 33MnCrB5-220 °C 'dir. Bunun çentik darbe sonucu ortalama değeri 83,5 J' dür. 60SiMn5 grubunda bulunan malzemelerin çentik darbe dirençleri çok düşük çıkmıştır. Ortalama olarak 6 J elde edilmiştir. 51CrV4 ve 41CrMo4 malzemelerinin çentik darbe direnci orta seviyelerde çıkmıştır. 51CrV4 darbe direnci 41 J, 41CrMo4 darbe direnci 42 J elde edilmiştir. Bu malzemelerin çentik darbe sonuçlarını kıyaslayacak olursak en yüksek 33MnCrB5 220°C 83,5 J elde edilmiştir. En düşük darbe direnci gösteren numuneler ise 60SiMn5 olmuştur. Çentik darbe sonuçlarına göre tüm malzemelere uygulanan meneviş sıcaklıklarının artması ise çentik darbe direncinin düştüğü yorumu yapılabilir. Tüm sonuçlar karşılaştırıldığında aşınmanın, sertliğin ve çentik darbe dirençlerinin en iyi sonuçlar 33MnCrB5 malzeme grubunda elde edilmiştir. Altlık malzemesine bakmaksızın tüm sert dolgulu numuneler en yüksek aşınma direnci elde edilmiştir.

Aşınma sonuçlarına göre 33MnCrB5 grubunda bulunan malzemelerden en az aşınmış olan malzeme 33MnCrB5 sert dolgu işlemi uygulanan numunedir. Aşınma sonucunda kütle kaybı 0,070 g ve ortalama yüzde kayıp %0,036 olmuştur. Onun ardından ise en az aşınan numuneler 33MnCrB5-280 °C ve 33MnCrB5 karbonitrasyon uygulanan numuneler olmuştur. Ancak sert dolgu ile kaplama yapılan malzemenin kütle kaybı oldukça düşüktür. Bu da demek oluyor ki çok az bir aşınma söz konusudur. 60SiMn5 grubunda bulunan malzemelerden en az aşınmış olan malzeme 60SiMn5-270 °C olmuştur. Aşınma sonucunda kütle kaybı 1,49 g ve ortalama yüzde kayıp %0,773 gelmiştir. 51CrV4-315 °C numunesinin aşınma sonucunda kütle kaybı 0,97 g ve ortalama yüzde kayıp %0,47 gelmiştir. 41CrMo4-240 ° C numunesinin aşınma sonucundaki kütle kaybı 1,93 g ve ortalama yüzde kayıp %0,905 gelmiştir. Bu malzemelerden aşınma sonuçlarını kıyaslayacak olursak en az aşınan numune 33MnCrB5-sert dolgu uygulanan numunedir, kütle kaybı ise 0,070 g'dır. En çok aşınan numune ise 41CrMo4 olmuştur.

Tüm aşınma sonuçları incelendiğinde sert dolgu yapılan numunenin dolgu teline içeriğine bağlı olarak aşınmaya karşı direncinin arttığı gözlemlenmiştir. Onun dışında aşınma sonuçlarına bakılacak olduğunda yüksek sıcaklıklarda meneviş yapılan ve karbonitrasyon işlemi uygulanan numunelerinde diğer malzemelere göre aşınma dayanımının iyi olduğu tespit edilmiştir.

Karbonitrürlemenin etkisi SEM-EDX analizlerinden tespit edilememiştir. Sadece sertleştirme işleminin etkileri ile sertlik artışı tespit edilmiştir.

Sertlik sonuçlarına, aşınma dirençlerine, tokluk değerlerine, oluşan mikroyapılara ve maliyete göre sert dolgu kaplamalı, 33MnCrB5-280°C ile 51CrV4-315°C numuneleri uç demiri olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Gualco, A. Effect of welding procedure on wear behaviour of a modified martensitic tool steel hardfacing deposit. *Materials & Design*. 2010, 31.9, 4165-4173.
- [2] Uras, A. Okursoy, R. Pulluk Uç Demirlerindeki Aşınmaların Görüntü İşleme Tekniğinden Yararlanılarak Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2007, 13(3), 253-260.
- [3] http://malzememuh.cbu.edu.tr/db_images/site_117/file/sertlik.pdf Erişim Tarihi: 20.6.2019
- [4]<http://www.demircelikstore.com/skin/-1-2033-33mncrb5-borlu-celik-ve-1050-celik-malzemenin-adhesive-asinma-direncinin-arastirilmesi.html> Erişim Tarihi: 17.6.2019
- [5] <http://www.halitinluziraat.com.tr> Erişim Tarihi: 02.6.2019
- [6]<https://acikders.ankara.edu.tr> Erişim Tarihi: 25.5.2019
- [7] Yıldız, T., Gür A.K., Aşınma Sistemleri, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2006,86-91.
- [8] Yaldız, S. Bazı toprak işleme aletlerinin işleyici organlarında uygulanan ısı işlemler ve uygun ısı işlemlerin belirlenmesi. 1990. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.(Doktora Tezi)
- [9]<https://pdfs.semanticscholar.org/789e/b4947727f29e6293628a855ddb2a32e2cab2.pdf> Erişim Tarihi: 15.5.2019
- [10] Halil, Ü., Tümsavaş, Z. Toprak frezesi bıçaklarının farklı çalışma hızlarındaki aşınma durumlarının incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005,19.1, 51-62.
- [11] <http://www.mikrotest.com.tr> Erişim Tarihi: 25.5.2019
- [12] <http://www.htsteelmill.com/mat-no-1-8159-din-50crv4-aisi-61456150.html> Erişim Tarihi: 28.5.2019
- [13] Yazıcı A. Pulluk Uç Demirlerinde Aşınma Sorununu ve Çözüm Yaklaşımları, Özdoğan Matbaa, Ankara,2014,60
- [14]<http://www.metaluzmani.com/isil-islem-nedir-celige-nicin-isil-islem-yapilir> Erişim Tarihi: 10.5.2019
- [15] <http://demirkarbon.com/> Erişim Tarihi: 20.5.2019
- [16] <https://weldwolf.com/sert-dolgu-kaynagi-nedir> Erişim Tarihi: 25.5.2019

- [17] Güner, M. MAG Kaynağında Elektrod Tipinin (Çıplak Tel – Özlü Tel) Kaynak Dikişi Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. 2007. Yıldız Teknik Üniversitesi, F.B.E. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- [18] Gürsel, K.T., Köftecioglu E.Y. Structural Analysis of Elements of Two-Bottom Mouldboard Plough. Sigma, 2006, 3.
- [19] Hsuan-Han L., Chih-Chun h., Chiming L., Weite W., Charateristics of Eutectic α (Cr,Fe)-(Cr,Fe) 23C6 in the eutectic Fe-Cr-C Hardfacing Alloy, Metallurgical and Materials Transactions. 48:1, 493-500,2017.
- [20] K. Nagarathnam, K. Komvoglou, Met.and Mate Transsactions A, Physical Metallurgy and Mat. Science, 26 (1995), 99.2131-2139.
- [21] Lin Zhang, Deha; Gong, Yunchaoti, Xiaojun Wang, Xixi Ren, Engang Wang, Effect of Quenching Condistions on the Misrostructure and Mechanical Properties of 51CrV4 Spring Steel, Metals 2018,8,2-16.
- [22] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=345 Erişim Tarihi: 1.6.2019
- [23]<http://www.akcelik.com.tr/dosyalar/kalite/Yay%20%C3%87elikleri/50CrV4.pdf> Erişim Tarihi: 30.5.2019
- [24] Er, Ü., Gaşan, H. Bazı borlu çeliklerin toprak işleme aletlerinin uç demirlerinde kullanımının laboratuvar koşullarında incelenmesi. 23. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiriler Kitabı, 2006, 232-230.
- [25] <http://www.hascometal.com/teknik-bilgiler.aspx?ID=77> Erişim Tarihi: 29.5.2019
- [26] <http://www.metkon.com> Erişim Tarihi: 28.5.2019
- [27] www.nigtasmikronize.com Erişim Tarihi: 23.5.2019
- [28] Güleç, U., Altuntaş, E. Farklı Kültivatör Uç Demirlerinin Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.2013,1 (2013), 13-24.
- [29] <https://www.inploid.com/t/sunek-ve-gevrek-malzeme-nedir/21859/> Erişim Tarihi: 25.5.2019
- [30] Atik, E., Civi, C. Yurddaskal M. Celik E. Quenching and tempering of 51CrV4 (SAE-AISI 6150) steelvia medium and low frequency induction. Article in Materialprufung .2018
- [31] Kesit E. Ç, 4140 Çeliğinin, Mikro Yapı Ve Mekanik Özelliklerine Su Verme Ortamının Etkilerinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,2009,99 s. (Yüksek Lisans Tezi)

[32] R. Choteborsky, M. Linda, Evaluation of friction force using a rubber Wheel instrument, Agronomy Research, 12 (1), 247-254,2014

[33] Demirezen M. Bayrak M. Öztürk F. DIN 41Cr4 Ve DIN 41CrMo4 Çeliklerde Isıl İşlemin Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması. Teknoloji.2006,9(2),145-152.

[34] Dokuzlar Ö. 36CrB4 ve 42CrMo4 Çeliklerde Isıl İşlemin Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2018, 66. (Yüksek Lisans Tezi)

[35] Kayral S. Isıl İşlem Görmüş 30MnB5 Çeliğinin Mekanik Özelliklerinin Ve Çentik Darbe Geçiş Sıcaklığının İncelenmesi. NWSA-Technological Applied Sciences, 2014, 9(4), 43-50.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatma Gizem ACAR
Doğum Yeri ve Yılı : Muğla, 1993
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : fatmagizemacar@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Naip Hüseyin Lisesi, 2011
Lisans : Celal Bayar Üniversitesi, Malzeme Müh. Bölümü, 2016.

Mesleki Deneyim

Kurum Bilgisi : Vals Elektronik San. Ve Tic. A.Ş. 2016-2018
Kurum Bilgisi : Halit Ünlü Ziraat Aletleri A.Ş 2018-.....(halen)