

**AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNE BOR
İLAVESİNİN İŞLENEBİLİRLİK
PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

Ahmet Serdar GÜLDİBİ

**AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNE BOR İLAVESİNİN
İŞLENEBİLİRLİK PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Ahmet Serdar GÜLDİBİ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Ahmet Serdar GÜLDİBİ tarafından hazırlanan “AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNE BOR İLAVESİNİN İŞLENEBİLİRLİK PARAMETRELERİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Halil DEMİR

.....

Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/06/2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT (GÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tansel TUNÇAY (KBÜ)

.....

..../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ahmet Serdar GÜLDİBİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİNE BOR İLAVESİNİN İŞLENEBİLİRLİK PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Ahmet Serdar GÜLDİBİ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Halil DEMİR

Haziran 2015, 80 Sayfa

Bu çalışmada, AISI 304 paslanmaz çeliği ve aynı çelik içerisine 10 ppm ila 40 ppm arasında bor ilave edilmiş toplamda dört farklı numune döküm yöntemiyle üretilmiştir. Farklı oranlarda bor ihtiva eden numuneler iki farklı kesici takım ile soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. İşlenebilirlik deneyleri sabit ilerleme (0,09 mm/dev) ve dört farklı kesme hızında (140, 160, 180 ve 200 m/dk) yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerinin 140 m/dk kesme hızında daha düşük çıkması nedeniyle bu hızda iki farklı kesme derinliğinde (0,5 ve 1,3 mm) deneyler yapılmıştır. İşlenebilirlik deneyleri ile bor ilavesinin işleme esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine olan etkisi incelenmiştir. Sonuçlar göre, en düşük yüzey pürüzlülük değeri ve en düşük kesme kuvveti bor ihtiva etmeyen numunede ölçülmüştür. ve bor ilavesinin kesme kuvvetlerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : AISI 304 Paslanmaz Çelik, bor, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti.

Bilim Kodu : 914.3.028

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF BORON ADDITION TO AISI 304 STAINLESS STEEL ON MACHINABILITY

Ahmet Serdar GÜLDİBİ

**Karabuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Manufacturing Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Halil DEMİR

June 2015, 80 Pages

This study presents the result of machining test of AISI 304 alloyed with Al-Ti-B at various amounts to determine the effect of their machinability. Five different groups of AISI 304 specimens alloyed with various amounts of boron were subjected to machining tests and their machinability were investigated based on surface roughness and cutting forces criteria. The machining tests were carried out with turning method at constant feed rate (0,09 mm/rev), there different depth of cut (0,5, 0,9, 1,3 mm) with constant cutting speed (140 m/min), and four different cutting speeds (140, 160, 180 and 200 m/min) with constant depth of cut (0,8 mm) without using cutting fluid. The lowest surface roughness and cutting forces was obtained with AISI 304 without boron.

Key Words : AISI 304 Stainless Steel, boron, surface roughness, cutting forces.

Science Code : 914.3.028

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamızın hazırlanması, planlanması ve yürütölmesi esnasında kıymetli vaktini esirgemeyen ve her zaman yardımcı olan, tez aşamasında karşılaőtığım sıkıntılarda desteğini eksik etmeyen, tecrübelerinden her zaman istifade ettiğim Sayın Hocam Doç. Dr. Halil DEMİR'e Őükranlarımı sunarım.

Tez çalıőmam esnasında, bor ilave edilmiş AISI 304 malzemesinin temini konusunda yardımcı olan ve bilgi birikiminden istifade ettiğim Sayın Doç. Dr. Melik ÇETİN'e ve döküm malzemelerini üreterek büyük emek harcayan Sayın Ersin ÖLMEZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez malzemelerimizin işlenmesi esnasında sağladıkları destek için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi İmalat Mühendisliği Bölümü'ne ve Sayın Dr. Gültekin UZUN'a teşekkür ederim.

Tez çalıőmam esnasında her zaman yanımda olan Anneme, Babama, Eőime ve yeni doğan kızım Zeyneb Meryem'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	13
BÖLÜM 3	15
BOR ELEMENTİ	15
3.1. BOR MADENLERİ	16
3.2. BOR KULLANIM ALANLARI VE BOR ALAŞIMLARINI ÖNEMLİ KILAN ÖZELLİKLER	19
BÖLÜM 4	24
ÇELİKLER	24
4.1. ÇELİKTEN ÖNCEKİ METALLER VE TARİHİ GELİŞİMİ.....	24
4.2. ÇELİKLER VE STANDART TANIMI.....	25
4.3. PASLANMAZ ÇELİKLER	27
4.3.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler.....	29
4.3.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler	30

	<u>Sayfa</u>
4.3.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler.....	31
4.3.4. Dubleks Paslanmaz Çelikler.....	31
4.4. ALAŞIM ELEMENTİ OLARAK BOR İÇEREN ÇELİKLER.....	32
BÖLÜM 5	35
İMALAT VE TALAŞI ÜRETİM	35
5.1. GİRİŞ.....	35
5.2. TALAŞLI İMALAT	37
5.3. TALAŞ OLUŞUMU	37
5.3.1. Sürekli Talaş Oluşumu	38
5.3.2. Süreksiz Talaş Oluşumu	39
5.3.3. Dilimli Talaş	39
5.3.4. Yığıntı Talaş	39
5.4. KESME KUVVETLERİ	39
BÖLÜM 6	42
DENEYSEL METOT	42
6.1. DENEY NUMUNESİ HAZIRLAMA VE DÖKÜM İŞLEMİ.....	42
6.2. MALZEME SERTLİK ÖLÇÜMÜ	43
6.3. MALZEME MİKRO YAPISI.....	44
6.4. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI	44
6.5. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ	45
6.6. TAKIM TUTUCULAR.....	45
6.7. İŞLENEBİLİRLİK DENEYLERİ.....	46
6.8. CNC TORNA TEZGAHI.....	48
6.9. KESME KUVVETLERİNİN ÖLÇÜMÜ.....	49
6.10. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ.....	50
BÖLÜM 7	51
DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	51
7.1. SERTLİK DEĞERLERİ	51

	<u>Sayfa</u>
7.2. KESME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ	52
7.2.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Elde Edilen Sonuçlar	52
7.2.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Elde Edilen Sonuçlar	53
7.3. KESME DERİNLİĞİNİN FARKLI ORANLARDA BOR İÇEREN MALZEMELERİN İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ	55
7.3.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım Sonuçları	55
7.3.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım Sonuçları	58
7.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	61
7.5. KESME HIZININ KESME KUVVETLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ.....	61
7.5.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler	61
7.5.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler	63
7.5.3. Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi	65
7.6. KESME DERİNLİĞİNİN KESME KUVVETİ ÜZERİNE ETKİSİ.....	66
7.6.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler	66
7.6.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler	69
7.7. MALZEME MİKROYAPISI.....	72
7.8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.	California da bulunan bor madeni.....	17
Şekil 3.2.	Bor üretimi yapılan searles gölü.....	18
Şekil 3.3.	Searles gölü kenarındaki bor fabrikası.....	18
Şekil 3.4.	Enerji teknolojisinde bor elementinin kullanım alanları.....	22
Şekil 4.1.	Çağlara göre malzemelerin popülaritesi.....	24
Şekil 4.2.	Krom-korozyon ilişkisi.....	28
Şekil 4.3.	Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı.....	29
Şekil 4.4.	%18 krom ve %0,03 karbon içeren ferritik paslanmaz çelik 1150°c'den hızlı soğutulmuştur (500x).....	30
Şekil 4.5.	%12 krom içeren ferritik paslanmaz çelik (500x).....	31
Şekil 4.6.	demir-bor denge diyagramı.....	32
Şekil 4.7.	Düşük oranda bor içeren demir denge diyagramı.....	33
Şekil 5.1.	Gerçek talaş oluşumu.....	38
Şekil 5.2.	Kesme kuvvetleri diyagramı.....	40
Şekil 5.3.	Kesme kuvvetlerinin teorik hesaplaması.....	41
Şekil 6.1.	Çekme ve diğer deney numunelerinin işlendiği Y-Blok kalıp modeli....	42
Şekil 6.2.	Deney numunesi boyutları.....	44
Şekil 6.3.	Kesici takım geometrisi.....	45
Şekil 6.4.	Takım tutucu boyutları.....	46
Şekil 6.5.	Johnford TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgâhı.....	49
Şekil 6.6.	DynoWare programıyla grafiği oluşturulan kesme kuvvetleri.....	50
Şekil 7.1.	Farklı oranlarda bor ilave edilen numunelerin sertlik değerleri.....	51
Şekil 7.2.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin KCM 25 kalite takımla farklı kesme hızlarında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.....	52
Şekil 7.3.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin KCM 15 kalite takımla farklı kesme hızlarında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.....	54
Şekil 7.4.	140 m/dk kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.....	56
Şekil 7.5.	140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.....	56

Şekil 7.6.	140 m/dk kesme hızı ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	57
Şekil 7.7.	Farklı kesme derinliği ile farklı oranlarda bor içeren numunelerin talaşlı imalat sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	57
Şekil 7.8.	140 m/dk kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	58
Şekil 7.9.	140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	59
Şekil 7.10.	140 m/dk kesme hızı ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	60
Şekil 7.11.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin farklı kesme derinliklerinde talaşlı imalat sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.	60
Şekil 7.12.	Numunelerin farklı kesme hızlarında KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	62
Şekil 7.13.	Numunelerin farklı kesme hızlarında KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	64
Şekil 7.14.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	66
Şekil 7.15.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	68
Şekil 7.16.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	69
Şekil 7.18.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	71
Şekil 7.19.	Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.	72
Şekil 7.20.	B0 numaralı numunenin mikro yapısı.	73
Şekil 7.21.	B1 numaralı numunenin mikro yapısı.	73
Şekil 7.22.	B2 numaralı numunenin mikro yapısı.	74
Şekil 7.23.	B4 numaralı numunenin mikroyapısı.	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Çelik üretiminde kullanılan alaşım elementleri tablosu.....	26
Çizelge 4.2. Paslanmaz çelik gurupları.	29
Çizelge 6.1. Deney numunesi AISI 304 paslanmaz çeliğinin bileşimi.	43
Çizelge 6.2. Farklı kesme hızlarında yapılan işlenebilirlik deney parametreleri.	47
Çizelge 6.3. 140 m/dk ile yapılan işlenebilirlik deney parametreleri.	48
Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- Fc : Esas kesme kuvveti (N)
Ff : İlerleme kuvveti (N)
Fr : Radyal kuvveti (N)
Fs : Sürtünme kuvveti (N)
Fp : Pasif kuvvet (N)
ap : Kesme derinliği (mm)
f : İlerleme miktarı (mm/dev)
V : Kesme hızı (m/dk)
Ra : Ortalama yüzey pürüzlülük değeri (μm)

KISALTMALAR

- AISI : American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
CVD : Chemical Vapor Deposition (Kimyasal Buhar Kaplama)
PVD : Physical Vapor Deposition (Fiziksel Buhar Kaplama)
ANN : Artificial Neural Network (Yapay Sinir Ağı)
BUE : Built-Up Edge (Yığıntı Talaş)
CNC : Computer Numeric Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)
DIN : Deutsche Industrie Norm (Alman Standartları)
TiAlN : Titanyum Alüminyum Nitrür
TiCN : Titanyum Karbon Nitrür
TiN : Titanyum Nitrür

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişmiş ekonomilerin en büyük gelir kaynağı incelendiğinde görülecektir ki, üretimin ve araştırma-geliştirmenin bu gelirdeki hissesi oldukça fazladır. Almanların “Vatanını en çok seven işini en iyi yapandır” sözü, çalışmanın önemine verdikleri değeri göstermektedir. Bu nedenle imalat sektörü, araştırma geliştirme sektörü ekonomilerin olmazsa olmazlarıdır. II. Dünya savaşından sonra Avrupa ülkelerinin bilhassa Almanya'nın ekonomisini kısa sürede bu derece ileri götürebilmiş olmasının nedeni üretiyor olmasından kaynaklanmaktadır. İmalat sektöründe özellikle ileri teknoloji ve katma değeri yüksek ürünler üretimi yüksek kazanç oranları sağlamaktadır. Bütün bunlar bugün imalat sektörünü ürettiği yeni materyaller ve işleme teknolojileriyle daha da önemli kılmaktadır. İmalat sektörünün dünya piyasasıyla rekabet edebilir olması ürünün teknolojik olarak kazandığı katma değerine ve üretim maliyetine bağlıdır. Örnek vermek gerekirse, günümüz piyasasında insanlar temel ihtiyaçlardan sayılmayan akıllı telefon veya bilgisayar satın alabilmek için 4-5 ton patates fiyatına denk bir ödemeyi göze alabiliyorlar. Bu durum şunu gösteriyor, günümüzde ekonomileri zenginleştiren unsur temel ihtiyaçların üretiminden daha çok yüksek teknolojinin üretimidir. Bu nedenle üretimde kalite ve yenilikçilik çok daha ön plana çıkmakta ve rakipler karşısında bir adım önde olmayı sağlamaktadır. Bütün bunlar yeni üretimleri veya var olanları geliştirmeyi gerektirmektedir.

Günümüz malzemelerinin bundan yüzyıl sonra gelecek neslin ihtiyaçlarını karşılayamayacağından, o günün ihtiyaçlarına uygun malzemelerin keşfini gerektirmektedir. Artan ihtiyaçlar eldeki malzemelerle tatmin olunmaması malzemelerin yeni ihtiyaçlara cevap verebilmesi için mekanik özelliklerini arttırmayı gerekli kılmaktadır. Malzemelerin bu şekilde özelliklerini değiştirmek, alışıma.

oranlarını ve üretim metotlarını değiştirerek mümkün olduğundan, alaşım oranlarında yapılacak değişiklikler malzeme özelliklerini geliştirmeyi mümkün kılmaktadır. Örneğin AISI 304 eliğine bor ilavesi, çekme dayanımını ve tokluğunu arttırdığını lmez ve etin yaptıkları çalışmalarında belirtmişlerdir [1]. Bu tez çalışması da 304 çeliğine bor ilavesinin işlenebilirliğe olan etkisini incelemek üzere hazırlanmıştır.

Çeliklerin retim tarihi 5000 yıl öncesine kadar gider ancak o yıllardan 1700'l yıllara kadar sadece silah ve eşya yapımında kullanıldığı düşünülmektedir. İlk keşfedilmesinin ise bir orman yangınıyla birlikte insanların demir ve çeliği fark ettiği belirtilir. 18. Yüzyılda İngiltere de demir döküm fabrikası sahibi Dunley fabrikasında odun kömürü kullanarak elik üretebilmek için taş kömürünü kok kömüre dönüştürmeye çalışmıştır.

Çelikler, demirin farklı elementlerle alaşımıyla elde edilir. Çelikler genelde %0,2 ila %2,1 arasında değişen oranlarda karbon içerir. DIN EN 10020 normunda ana element olarak demir ve %2,06 oranına kadar karbon içeren bunun yanı sıra başka alaşım elementlerini de bünyesine barındıran malzeme elik olarak tanımlanmıştır. Bu tanımda %2,06 karbon oranının elik ve dökme demir arasında bir sınır olarak belirlenmiştir. DIN normunda %2,06 diye belirlenmiş olmasına rağmen %2,1 oranına kadar karbon içeren demir alaşımları da elik olarak kabul edilir. elik içerisinde bulunan karbon ve diğer alaşım elementleri kafes yapısı içerisinde oluşan dislokasyon hareketlerini engelleyerek çeliğin sertleşmesine neden olur. Alaşım elementlerinin elik içerisindeki değişen oranları ve çözünen element veya elementlerin çökelti evresinde olması çeliğin sertliğini, sünekliğini ve gerilme noktası gibi değerlerini etkiler. Örneğin artan karbon oranı çeliğin daha sert olmasına neden olur. Bununla birlikte artan karbon oranı kırılganlığa neden olur.

Paslanmaz elik ise elik içerisine krom ilavesi ile çelikte elde edilen korozyona karşı oluşan dirençle elde edilir. Paslanmaz eliğin ilk üretim tarihi 1900'l yıllardır. 2013 yılı itibariyle ise paslanmaz elik üretimi yaklaşık 40 milyon tonu bulmuştur [2].

Paslanmaz çelik %10,5'ten fazla krom içeren çelik olarak tanımlanır. İçerisindeki yoğun kromdan dolayı paslanmaz çelik yüzeyinde kromoksit tabakası oluşur ve bu tabaka korozyona karşı direnç sağlar. Paslanmaz çeliklerin korozyona karşı olan bu dirençleri molibden, mangan, nikel ve niyobyum alaşım elementlerinin ilavesiyle arttırılabilir. Bu alaşım elementlerinin korozyona karşı sağladığı dirençlerin yanı sıra, sertliği arttırmaları malzemenin işlenebilirliğini güçleştirir, elektrik ve ısı iletkenliklerini düşürmektedir.

AISI 304 paslanmaz çelikler gurubunda yer alan endüstride sık kullanılan metallerdendir ve östenitik paslanmaz çelik gurubunda yer almaktadır ve orta derece korozyon direncine sahiptir. Alaşımındaki karbon oranının toleransı yüksek olması nedeniyle ısıl işlem esnasında tane sınırlarında kromkarbid oluşumu riski vardır, bu durumda tane içi korozyona neden olur. Bu nedenle kritik uygulamalarda karbon oranı sınırlandırılmış 304L çeliği tercih edilir. 304L çeliği klor yoğun veya tuzlu su ortamında kullanılacaksa molibden içeren 304L tercih edilir. 304 Çeliğinin soğuk şekillendirilme kabiliyeti yüksektir. Mıknatıs özelliğine sahip olmamasına rağmen, yüksek soğuk şekillendirmeye tabi tutulduğunda zayıf manyetik özellik gösterir. 500 °C ile 900 °C derece de tutulduğunda tane sınırlarına çökelerek tane içi korozyona olan dayanımı düşürmektedir [3].

Geçmişten günümüze östenitik paslanmaz çelikler geniş bir kullanım alanına sahiptir. Mükemmel aşınma ve korozyon dirençleri, yüksek sıcaklarda oksidasyon dayanımları ve servis ömrü açısından olumlu birçok olumlu özelliği vardır [4].

304 çeliğinin en yaygın kullanım alanları, gıda, mutfak eşyaları, ev eşyaları, kimyasal ekipmanlar, otomotiv ve tıp endüstrisidir. Bu nedenle 304 çeliğinin malzeme özelliklerine yapılan iyileştirmeler bu sektörün kullanım amaçlarına hizmet etmektedir. AISI 304 çeliğinin bu denli kullanım alanı bulmasının nedeni sahip olduğu özelliklerdir. 304 çeliği korozyona dayanıklı, yüksek süneklilik sahibi ve harika şekillendirme özelliklerini barındırmaktadır [5].

AISI 304 çeliği daha önce 1980'lü yıllarda nükleer çalışmalarda kullanmak için %0,5 oranında bor ile alaşımlandırılarak kullanılması üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu

Çeliğin mekaniksel özelliklerini iyileştirmek için ise lmez ve etin yaptıkları tez çalışmalarında bor ilavesinin 304 paslanmaz çeliğinin mekanik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Bu tez çalışması da 304 çeliğine bor ilavesinin işlenebilirliğe etkisi üzerine olacaktır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

AISI 304 paslanmaz çeliği östenitik paslanmaz çelikler kategorisinde yer almaktadır. Buna ek olarak AISI 304 çeliğinin sahip olduğu yüksek mekanik özellikleri 304 paslanmaz çeliğinin işlenebilirliğini zorlaştırmaktadır. 304 paslanmaz çeliğinin sahip olduğu sünekliği, yüksek mukavemeti, düşük ısı iletim katsayısı ve yüksek tokluğu bütün kesme parametreleri üzerinde olumsuz etki oluşturmaktadır. Bu nedenle, gerek takım aşınması noktasından, gerekse yüzey pürüzlülüğü ve enerji tüketimi noktasından işlenebilirliği düşük malzeme olarak değerlendirilmektedir. Bu durum araştırmacıları farklı kesici takımlar ve farklı ilerleme ve kesme hızları kullanarak optimum işleme parametrelerini bulmaya yönlendirmiştir.

Swapnagandha S. Wagh ve arkadaşlarına göre yüksek kesme hızları son yıllarda giderek önem kazandığını ve işleme maliyetlerini düşürdüğünü belirtmişler ve AISI 304 paslanmaz çeliğinde yüksek kesme hızlarında düşük yüzey pürüzlülüğü değerini elde etmek için çalışmışlardır. AISI 304 paslanmaz çeliğini kuru tornalama yöntemiyle AlCrN/TiAlN kaplamalı kesici takımlar ile yüksek kesme hızlarında işleyerek düşük yüzey pürüzlülüğü değeri elde etmeyi amaçlamışlardır. Yaptıkları deneylerde kesme kuvvetlerini de incelemişlerdir. Elde ettikleri verilere göre; yüzey pürüzlülüğü değerinin yüksek kesme hızlarında azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca AlCrN/TiAlN kaplı takımların işleme esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar karşısında daha dayanıklı olduğu ve yüksek sıcaklıklarda iş parçasıyla kimyasal tepkimeye girme eğiliminde olmadığı ve bununda yığıntı talaş oluşumu önlediğini belirtmişlerdir. İş parçası ile takım arasında artan sürtünme, kayma bölgesindeki sıcaklığı arttırmakta olduğunu ve böylece iş malzemesinin yumuşamasına neden olarak kesici takım üzerinde yığıntı talaş oluşmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Kesici takıma yapışan talaş ise yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden

olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte artan ilerleme hızının radyal kuvvetlerin artmasına böylelikle de daha fazla sürtünme oluşmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını bildirmişlerdir. Bu neden AISI 304 için yüksek kesme hızlarının yüzey kalitesi açısından iyi olacağı tavsiye edilmiştir. AISI 304 ün ısı iletimi düşük olduğundan talaş kaldırma esnasında oluşan ısının büyük bir kısmı sadece talaş yardımıyla kesici takımdan uzaklaştırılmakta olduğu belirtilmiştir. Fakat AlCrN/TiAlN kaplamalı takımların sıcak sertliği ve termal kararlılığı oldukça yüksek olduğu ve böylelikle iş takımı yüksek sıcaklıklarda da kesmeye devam ettiği bildirilmiştir. Buna ek olarak kesme hızı arttıkça talaş kalınlığı incelmekte ve kesme kuvvetlerinin düştüğü bildirilmiştir. Bu yüzden sıcaklık değerinde ve kesme hızında meydana gelen artış kesme kuvveti ve ilerleme kuvvetinde azalmaya neden olacağı ve bu durumun kısmi olarak iş parçası ile kesici takım arasındaki temas alanının ve akma bölgesindeki kesme gerilmesinin azalmasına sebep olacağı bildirilmiştir. Yaptıkları deneyden elde ettikleri sonuçlara göre şu hükümlere varılmıştır. AlCrN/TiAlN kaplamalı takımlarla yapılan talaş kaldırma işleminde kesici takımın düşük sürtünme etkisinden dolayı kesme kuvvetlerinde azalma görülmüştür. İlerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri artarken, kesme hızının artmasıyla azaldığı belirtilmiştir. Takım ile kesme bölgesi arasında oluşan sıcaklık kesme hızının artmasıyla arttığı belirtilmiştir. AISI 304 paslanmaz çeliğinin ve AlCrN/TiAlN kaplamalı takımın düşük ısı transfer özelliği nedeniyle artan kesme hızına oranla oluşan sıcaklık daha fazla olduğu bildirilmiştir. AlCrN/TiAlN kaplamalı takımın oluşan yüksek sıcaklıklarda bile performansını kaybetmemesi özellikle soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan işlemlerde yüksek performans göstermekte ve sıcaklığın artmasından dolayı kesme kuvvetleri değerini düşürmekte olduğu bildirilmiştir [6].

Korkut ve arkadaşları AISI 304 paslanmaz çeliğinin işlenmesinde optimum kesme parametrelerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne ve takım aşınmasına olan etkilerini incelemişlerdir. Deneyler neticesinde kesme kalınlığı ile kesme parametreleri arasında bir bağıntı olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları deneyde TiC, TiCN, Al₂O₃, TiN kaplamalı CNMG 120408E-2N geometrisine sahip sementit karbür takım kullanmışlardır. Deneyleri 120, 150 ve 180 m/dk kesme hızlarında, 0,24 mm/dev ilerleme hızında ve 2,5 mm

talaş kalınlığında gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, 120 m/dk kesme hızında oluşan talaşların çoğunluğunda talaş kıvrım yarıçapı 1-1,25 mm arasında ve yaklaşık 0,6 mm kalınlığında olduğu, geriye kalan talaşların ise 3-3,5 mm yarıçapta olduğu ve kalınlığının da 0,4 mm değerinde olduğunu belirtmişlerdir. Çıkan talaşın renginin ise sarıya yakın olduğu bildirilmiştir. 150 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise talaş yarıçapı 2,5 – 3 mm aralığında ve talaş kalınlığı 0,4-05 mm olduğunu belirtmişlerdir. Talaş rengi ise, 120 m/dk kesme hızında elde edilen talaş renginden daha parlak olduğunu belirtilmiştir. Kesme hızının 180 m/dk olduğu deneyde ise, talaş kıvrımının yarıçapı yaklaşık 6-7 mm ve kalınlığı 0,4 mm olarak elde edildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu kesme hızında çıkan talaş dikkate değer şekilde homojen bir yapı gösterdiği belirtilmiştir. Talaşın rengi ise, iş parçası rengine oldukça yakın bir renk gösterdiği belirtilmiştir. Deneyde sonuçlarına göre talaş kıvrımının çapı ve talaş kalınlığı ile kesme hızının birbiri ile bağlantı olduğunu tespit etmişlerdir. Buna göre, düşük kesme hızlarında talaş kıvrım çapı küçüldüğü, talaş kalınlığının arttığı bildirilmiştir. Kesme hızının artmasıyla ise talaş kıvrım çapı büyümüş ve talaş kalınlığının incelendiği belirtilmiştir. Talaş kalınlığı ve talaş açısı ile kayma düzleminde oluşan sıcaklık arasında bir bağlantı tespit etmenin mümkün olabileceğini belirtmişlerdir. Buna göre, birinci ve ikinci kayma bölgesinde oluşan sıcaklık talaşın renginden tahmin edilebilmektedir. Burada kalın talaşlar ince talaşlara kıyasen sıcaklıktan daha fazla etkilendiği bildirilmiştir. Küçük talaş açısına sahip kalın talaşlar daha az yüzey alanına sahip olduğundan ısıyı dağıtma oranlarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle takımda daha fazla aşınmaya neden olduğu belirtilmiştir. Deneyden çıkarılan sonuçlarda, takım aşınmasının 180 m/dk kesme hızına kadar düştüğü görülmüş ve yüzey pürüzlülük değerlerinin de kesme hızı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir [7].

Kulkarni ve arkadaşları çevreye olan zararı en aza indirmek amacıyla soğutma sıvısı kullanmadan AISI 304 paslanmaz çeliğini işlemeye tabi tutmuşlardır. Soğutma sıvısının eksikliğinden kaynaklanan aşırı ısınmaya karşı PVD kaplama yönteminin en son teknolojik gelişmesi olan HPPMS (High Power Magnetron Sputtering) yöntemiyle AlTiCrN kaplanmış kesici takımlarla AISI 304 paslanmaz çeliğini tornalamaya tabi tutmuşlardır. Yapılan deneyde AISI 304 paslanmaz çeliğini 140, 200, 260 ve 320 m/dk kesme ve 0,08, 0,14, 0,2 ve 0,26 mm/dev ilerleme hızlarında

ve 1 mm sabit kesme derinliğinde işleyerek kesme kuvvetlerini, yüzey pürüzlülük değerini, takım aşınmasını, talaş kalınlığı ve takım ömrünü incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre şu hükümleri çıkartmışlardır: Yüksek kesme hızlarında sürekli talaş oluşumu ile birlikte düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. AlTiCrN kaplamalı takımlar yüksek sıcaklıklarda yüksek dayanım göstermekte ve kimyasal tepkimeye girme eğilimi göstermemekte ve böylelikle yığıntı talaş oluşumunu engellediği bildirilmiştir. İlerleme hızının artması iş parçası ile takım arasında meydana gelen sürtünmeyi ve yüzey pürüzlülük değerini arttırdığı belirtilmiştir. Bununla birlikte ilerleme hızının artması radyal kuvvetlerin artmasına ve böylelikle iş parçası ile kesici takım yüzeyi arasında daha fazla sürtünme oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir. Takım aşınmasının etkileri ise, hem yüzey pürüzlülük değerlerine ve malzeme mikro yapısına hem de malzeme üzerinde kalıntı gerilmelere neden olarak olumsuz etkiler doğurduğu belirtilmiştir. Ayrıca takım aşınması takım geometrisini de etkileyerek işleme şartlarına olumsuz etkiler oluşturduğu belirtilmiştir. Takımda meydana gelen aşınmanın nedeni ise takım ve iş parçası arasında meydana gelen abrasif ve adhesif etkileşimler olduğu belirtilmiştir. Takımda meydana gelen aşınma bir noktada başladığı ve takım ile iş parçası arasındaki temas bölgesi boyunca genişleyerek devam ettiği bildirilmiştir. Kesme kuvvetleri ise düşük kesme hızında yüksek, yüksek kesme hızlarında ise daha düşük çıktığı bildirilmiştir. Bunun nedeni kesme hızının düşük olmasından dolayı talaşın kesici takım ile daha uzun süre temas halinde olması ve böylelikle sürtünme kuvvetlerinde meydana gelen artış olduğu belirtilmiştir. Bir diğer nedeni ise, yüksek kesme hızlarında oluşan sıcaklık değerinin daha yüksek olması böylelikle iş parçasında meydana gelen yumuşamanın kesme kuvvetlerinin azalmasına neden olması olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmada kesme parametreleri ve talaş yapısı arasındaki ilişki incelendiğinde, kesme hızının artmasının talaş kalınlığını azalttığı görülmüştür. Bunun nedeni kesme hızında meydana gelen artışın takım ve talaş arasındaki temas yüzeyini azaltmasından ve kesme açısının artmasına neden olduğundan kaynaklandığı bildirilmiştir [8].

Xavior, AISI 304 paslanmaz çeliğinin işlenebilirliği ile ilgili bugüne kadar kaplamalı ve kaplamasız takımlar kullanılarak birçok çalışma yapıldığını ancak alüminyum oksit kaplamalı kesici takım kullanarak yapılan çalışmaların yeterli olmadığını

belirtmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan kesici takım malzemesi bileşimi %70 Al₂O₃ ve %30 TiC bileşime sahip kesici takım olmuştur. Deneylede uygulanan kesme hızları sırasıyla 80, 100, 120, 140, 160 ve 180 m/dk ve ilerleme miktarı sırasıyla 0,06, 0,1, 0,14, 0,18, 0,22 mm/dev olarak seçilmiştir. Kullanılan kesici takımların uç radyusu 0,4, 0,8 ve 1,2 mm ve geometrisi ise TNGA 160404, TNGA 160408 ve TNGA 160412 olmuştur. Xavier'un deneyde elde ettiği veriler şöyledir. Takım ömrü 180 m/dk kesme hızında 25,2 dk, 140 m/dk kesme hızında 30,8 dk ve 100 m/dk kesme hızında 36,2 dk olduğu bildirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün ilerleme hızıyla olan ilişkisini incelediğinde ise, bütün kesme hızlarında artan ilerleme hızı azar azar yüzey pürüzlülük değerinde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Kesme hızı 100 m/dk dan 180 m/dk'ya çıktıkça ilerleme hızının 0,06 mm/dev ve 0,14 mm/dev olduğu değerlerde yüzey pürüzlülüğünde çok az bir değişim olduğu belirtilmiştir. İlerleme hızının bu değerlerin üzerinde artması yüzey pürüzlülüğü değerinin kesme hızına bağlı değişim oranlarını da arttırdığı bildirilmiştir. Kesici takım uç radyusu ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki bağıntı incelendiğinde kesici uç takım radiusunun artması yüzey pürüzlülük değerinin azalmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Kesme esnasında oluşan kesme bölgesi sıcaklığı ise, kesme hızının artmasıyla arttığını ölçmüşlerdir [9].

Chien ve arkadaşları 304 paslanmaz çeliğinin işlenebilirliğini yapay sinir ağı (ANN Airtificial Neural Network) teorisiyle tahmin edebilecek bir çalışma yapmışlardır. Bu yöntemle yüzey pürüzlülük değeri, kesme kuvvetleri ve takım aşınmasını bulmayı amaçlamışlardır. Chien'in çalışmasında belirttiğine göre yapay sinir ağındaki her bir sinir bir bilgi işleme ünitesidir. Bu sinirin matematiksel modeli:

$$y_k = f\left(\sum_{j=1}^p (w_{kj}x_j - \theta_k)\right) \quad (1.1)$$

şeklinde ifade edilmiştir. Burada x₁, x₂, x₃... , x_p girdi değerleri, w_{k1}, w_{k2}, w_{k3}, ...w_{kp} değerleri k sinirinin ağırlığını, u_k değeri doğrusal birleştirici, θ_k başlangıç değeri, f aktivasyon fonksiyonu ve y_k sinir çıkış değeridir. Bu çalışmada aktivasyon fonksiyonu sigmoid transfer fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağı “ Çok Katmanlı Fonksiyonel Bağlantı Ağı (MFLN Multi functional-link Network)” diye bilinen BNP (Back Propagation Network – Geri Beslemeli Ağ)'dır. Genetik Algoritma biyolojik gelişimleri simule etmek için

kullanılmaktadır ve problemleri optimize etmek için uyarlanabilmektedir. Çalışmada kullanılan GA denklemi

$$F(V, f, d) = Q(V, f, d) - \{M^{(i)}(R(V, f, d) - R_0)^2\} \quad (1.2)$$

şeklinde belirtilmiştir. $F(V, f, d)$ optimum nesne fonksiyonu, $Q(V, f, d)$ kaldırılan talaş oranı, $M^{(i)}$ ceza faktörü 50 değeri atanmış, $R(V, f, d)$ ANN programı kullanılarak oluşturulmuş iş parçası yüzey pürüzlülüğü tahmin fonksiyonu ve R_0 umulan iş parçası yüzey pürüzlülük değeri olduğu belirtilmiştir. Deneyde kullanılan kesici takım üçgen geometriye sahip TNMG160408MM kullanılmıştır.

Deneyde kesme hızı

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \quad (1.3)$$

formülüyle tespit edilmiştir ve 149,47 m/dk ila 178,28 m/dk değerleri arasında değişmektedir. Kesme derinliği, 0,75 mm ila 1,5 mm arasındadır, ilerleme hızı ise 0,1 mm/dev ila 0,3 mm/dev değerleri arasında seçilmiştir. CNC torna fener mili dönme hızı N 1135 rpm de sabit tutulmuştur. İş parçası çapı 50 mm olarak hazırlanmıştır. İşleme esnasında kesme kuvvetleri Kistler Type 9257B ile ölçülmüştür. Sonuçlara bakıldığında çalışma iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada tahmin edilebilir bir model oluşturmak için ANN teorisinin MFLN ağı kullanılarak yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve takım ömrü üç farklı yapay sinir ağı kullanılarak ölçülmüştür. İkinci aşama ise optimum işleme parametrelerini tespit etmek için yüzey pürüzlülüğü ağı ile takım ömrü ağının GA ağı ile birleştirilmesi ile ilgili deneyler olmuştur. Çalışmada 96 test yapılmıştır ve bunlardan 56 tanesi yüzey pürüzlülük ağı ve kesme kuvvetleri ağı için yapılmış testler olduğu bildirilmiştir. Deneysel sonuçlarla elde edilen değerler ile yapay ağ yoluyla tahmin edilen değerler arasında çıkan sonuçlar kıyaslandığında, yüzey pürüzlülük değerinde hata oranı %4,4 ve kesme kuvvetlerinde hata oranı %5,4 olarak çıktığı bildirilmiştir. Sonuçların kıyaslanmasında elde edilen en yüksek hata oranı %15'den daha az, ortalama hata oranı ise %5'ten daha az olmuştur. Takım ömrü için ölçülen hata oranı ise %4,2 olmuştur. Bu nedenle yüzey

pürüzlülük ağı, kesme kuvveti ağı ve takım ömrü ağı tahmin için iyi bir sonuç verdiğini belirtmişlerdir [10].

Çiftçi yaptığı çalışmada CVD yöntemiyle kaplanmış seramik kesici takımlarla AISI 304 ve AISI 316 çeliklerini işleyerek TiN ve Al₂O₃ kaplamalarının işleme parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneyde kullandığı numuneler 150 mm boyunda ve 40 mm çapında seçilmiştir. İşleme esnasında kullanılan kesici takım geometrisi CNMG20408 olup Kennometal firmasının KC810 ve KC935 tasarımlarına sahip kesici takım kullanmışlardır. Deneyde kullanılan KC810 TiC/TiCN/TiN kaplamalı KC935 ise TiCN/TiC/ Al₂O₃ kaplamalı kesici takımlar olmuştur. Deneyler ISO 3685 kriterlerine göre yapılmıştır. Deneyde uygulanan kesme hızı 120 m/dk ile 210 m/dk arasında 30 m/dk aralıklarla arttırılarak uygulanmıştır. İlerleme miktarını 0,16 mm/dev ve kesme derinliğini 1,6 mm seçmişlerdir. Deney sonuçlarına göre, kesme hızının yüzey pürüzlülük değeri üzerinde etkili olduğu görmüşlerdir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri her iki malzeme ve her iki kesici takım içinde 120 m/dk kesme hızında elde etmişlerdir. Yüzey pürüzlülük değeri 180 m/dk'ya kadar düştüğünü bildirmişlerdir, bu hıza kadar yüzey pürüzlülük değerinin düşmesinin nedeni yığıntı talaş (BUE) oluşumunun hızın artması ile azalması olarak açıklanmıştır. 180 m/dk'dan sonra başlayan ve 210 m/dk kesme hızında da devam eden yüzey pürüzlülüğünün artışının nedeni ise artan takım aşınması olarak açıklanmıştır. Kesici takımlarda oluşan aşınmalar incelendiğinde aşınmanın iki bölgede yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bunlardan birisi kesme çizgisi altında, diğeri de kesici köşede meydana geldiği belirtilmiştir. Farklı kesme hızlarında meydana gelen takım aşınmaları incelendiğinde en yüksek takım aşınmasının 120 m/dk kesme hızında meydana geldiği, en düşük takım aşınmasının ise 180 m/dk kesme hızında olduğu görülmüştür. Bunun nedeni artan kesme hızının yığıntı talaş oluşumunu azaltması olduğu belirtilmiştir. Yığıntı talaş ve talaş takım üzerinde oluşan talaş kırıntılarının meydana gelmesi sünek malzemelerin işlenmesiyle bağlantılıdır. Bu iki yapıda yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Kesme kuvvetleri incelendiğinde TiC kaplı kesici takım ile yapılan işleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri Al₂O₃ ile yapılan işleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinden daha az çıkmıştır. Bunun nedeni TiC kaplı takımın daha düşük bir sürtünme katsayısına sahip olması olarak açıklanmıştır. Kesme

kuvvetleri ile kesme hızı arasındaki ilişki incelediklerinde kesme hızı 120 m/dk'dan 150 m/dk'ya çıkarken kesme kuvvetlerinin azalmakta olduğunu, 150 m/dk kesme hızından sonra ise tekrar artmaya başladığını bildirmişlerdir. Kesme kuvvetlerinin azalmasının nedeni kesici takım temas bölgesinin daralması ve artan sıcaklıkla birlikte kesme kuvvetinin azalması olduğu şeklinde açıklanmıştır. Kesme kuvvetlerinin daha sonra tekrar artmasının nedeni ise kesici takımda meydana gelen hızlı aşınma olduğu belirtilmiştir [11].

Saeed N. Ghali ve arkadaşları yaptıkları çalışmada karbon çeliklerine bor ilavesinin mekanik özelliklere etkisini incelemiştir. Yapılan deneyde %0,3-0,6 arası karbon içeren AISI 1536 çeliğini kullanılmıştır. Sonuçlar şöyledir: %0,0023 oranına kadar bor ilavesi akma ve kopma dayanımını yüksek oranda arttırdığı bildirilmiştir. %0,0023 oranından daha fazla bor ilavesi akma ve kopma dayanımının daha az oranlarda arttırmakta olduğu belirtilmiştir. Bor elementinin çeliklerde etkili olduğu oran %0,003 oranına kadar olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni bor elementinin taneler arasına çökelen bir element olması ve α fazında çok az oranda ($< \%0,003$) çözülmesi olduğu bildirilmiştir. Çelik içerisinde bor elementinin etkisini arttırmak için titanyum eklemek gerektiği belirtilmiştir. Bunu nedeni titanyumun nitrojen ile bor elementinden daha fazla bağ kurma eğilimi göstererek TiN yapısını oluşturması olduğu belirtilmiştir. Bor ilavesi 1536 orta karbonlu çeliğinde akma ve kopma mukavemetini arttırdığı gibi çeliğin sünekliğini de arttırdığı bildirilmiştir. Araştırma da su ile sertleştirilme yapılmış bor içermeyen ve sırasıyla %0,00066, % 0,0023 ve %0,0055 oranlarında bor içeren çeliklerin sertlik değerleri sırasıyla 352 HV, 360 HV, 372 HV, 400 HV değerinde olduğu belirtilmiştir. Bor ilavesinin çeliğin sertliğini arttırmasının nedenini östenit tane sınırlarına çökelererek tane sınırlarını ayırması ve çekirdek sınırlarında ferrit ayrışmasına neden olduğu belirtilmiştir. Böylelikle ferrit oluşumu düşük sıcaklıklarda oluşan diğer yapılara oranla yavaşladığı bildirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen veriler, %0,0023 oranında bor ilavesi akma ve kopma dayanımını keskin bir şekilde arttırmakta olduğu belirtilmiştir. Bu orandan daha fazla bor ilavesi ise daha düşük bir oranda akma ve kopma dayanımının artmasına neden olduğu belirtilmiştir [12].

Das ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bor elementi ilave edilmiş ve interkritik tavlama uygulanmış 9Cr-Mo çeliğinin sürünme davranışını incelemişlerdir. Elde ettikleri verilere göre, bor ilave edilmiş ve edilmemiş çelikte de martenzit yapı oluşturulmuştur ve bunların mikro yapıları incelendiğinde tane sınırlarında çökelti görülümüştür. Bor ilave edilmiş olan çelikte tane sınırlarında bulunan çökeltilerin daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Sürünme dayanımı incelendiğinde 600 °C de ve 100 MPa ve 120 MPa gerilme uygulanan numunelerde bor içeren numunenin sürünme ömrü 120 MPa gerilmeye 3414 saat olurken bor ilave edilmemiş numunede bu süre 425 saat sürmüştür. 100 MPa gerilme uygulandığında ise bor ilave edilmiş numune ömrü 10102 saat olurken bor içermeyen numune de bu süre 1474 saat olmuştur [13].

2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan literatür araştırmalarında elde edilen verilere göre, AISI 304 paslanmaz çeliği işlenmesi zor malzemeler arasında sayılmıştır. Bunun nedeni, AISI 304 paslanmaz çeliğinin yüksek sünekliği, yüksek deformasyon sertleşmesi oranı, düşük ısı transfer katsayısı olarak belirtilmiştir. Araştırmalarda, 304 paslanmaz çeliği gerek yüzey pürüzlülüğü açısından gerekse harcanan enerji açısından en iyi işleme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda, AlCrN/TiAlN kaplamalı takımın sıcak dayanımlarının daha fazla olduğu ve düşük sürtünme katsayısı özelliklerinden dolayı daha düşük kesme kuvvetleri oluşumuna neden oldukları görülmüştür. Literatürde işleme esnasında ortaya çıkan talaşın geometrisi ve rengi dikkate alınarak uygun işleme parametrelerinin tahmin edilebileceği de belirtilmiştir. İşlenebilirliğin yapay sinir ağı yöntemleriyle tespit edilebileceği ve çıkan değerlerin %4-5 aralığında düşük hata oranları vereceğini bildirmiştir. Ayrıca CVD yöntemiyle üretilmiş TiC kaplamalı kesici takımda Al₂O₃ kaplamalı takıma göre daha düşük kesme kuvveti elde edilmiştir.

Çelik malzemelere bor ilavesinin malzemenin sertliğinde, akma ve çekme gerilmelerinde artış sağladığı görülmüştür. Bununla birlikte çelik malzemelere bor ilavesinin iyi bir nötron emici özellik kazanmalarına neden olduğu, bu nedenle

nükleer santrallerde ve radyoaktif kullanım amaçlı bor ilave edilmiş çelik malzemelerin kullanıldığı belirtilmiştir.

BÖLÜM 3

BOR ELEMENTİ

Bor ve türevleri uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bunun nedeni bor elementinin canlılar için olduğu kadar endüstri içinde önem arz eden bir mineral olmasıdır. 21. YY'da sanayi de bor kullanılan alanlara bakıldığında ileri teknoloji gerektiren ürünlerde bor elementine rastlamak mümkündür. Bor elementinin otomobil üreticileri tarafından da son yıllarda olumlu etkilerinin fark edilmiş olmasıyla birlikte otomobil kasası imalatında kullanılmaya başlanmıştır.

Kimyasal sembolü "B" olan bor elementi Periyodik Tablo'da 3. Sırada bulunur ve atom numarası 5'tir. Mol ağırlığı 10,81 g/mol, 20 °C'deki yoğunluğu 2,3g/cm³ tür. Erime noktası 2200 °C ve kaynama sıcaklığı 3600 °C'dir [14]. Yarı metaller kategorisinde bulunan bor elementi dünya kabuğunun haricinde deniz suyunda, tatlı sularda da bulunmaktadır. Nasa kaynaklarında güneş kabuğunda bor bulunduğu dair verilerde bulunmaktadır [15]. Bor elementi toprakta 10-20 ppm arasında bulunurken bu konsantrasyon ABD'nin batı bölgelerinde ve Akdeniz'den Kazakistan'a kadar uzanan yörelerde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda ise 4-5 ppm, tatlı sularda ise yaklaşık 10 ppb arasında bor bulunur [16]. Maden olarak kullanılabilecek oranda bor içeren yerler yani bor yatakları daha çok Türkiye ve ABD'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitelerin yüksek olduğu bölgelerdir. Bor genellikle tabiatta bileşik halde boraz ve kernit gibi bileşiklerinden endüstriyel olarak buharlaştırma yoluyla saf bor elde edilir. Ülkemiz bor yatakları olarak dünyada en büyük kaynağa sahiptir ve en büyük bor üreticisidir.

3.1. BOR MADENLERİ

Bor elementinin tarihçesine bakıldığında bor tuzlarının ilk kez yaklaşık 4000 yıl önce Tibet'te kullanıldığı görülmüştür. O yıllarda Babiller değerli eşyaların ergitilmesinde, Mısırlılar mumyalamada ve eski Yunan ve Romalılarca da arena temizliği için kullanıldığına dair deliller bulunmuştur. Bilimin atası sayılan Müslümanlar ise ilk defa 875 yılında bor tuzlarını kullanarak ilaç üretmişlerdir. Bor elementinin daha da geniş alana yayılması ise 13. YY 'da seyyah Marco Polo'nun Tibet'ten Avrupa'ya bu değerli elementi getirmesiyle başlamıştır. 1771 yılında ise İtalya'nın Tuscani bölgesindeki sıcak su kaynaklarında Sassolit bulunduğu tespit edilmiştir. Bu keşifle birlikte 1830 yılında İtalya'da borik asit üretimi başlamıştır. Benzer zamanlarda 1852'de Şili'de endüstriyel anlamda ilk boraks madenciliği yapılmaya başlamıştır. Bunu Nevada, California, Caliko Mountain ve Kramer yöresindeki yatakların tespit edilip işlemeye başlanması takip etmiştir. Hatta günümüzde o yıllarda California da kurulan bir firmanın "20 Mule Team" ürünleri hala satılmaktadır. ABD bu tespit edilen bor yataklarının işletmeye alınmasıyla o yıllardaki en büyük bor üreticisi olmuştur. Türkiye de bu teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmamıştır ve 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizamnamesi ile 1865 yılında Fransız şirketine 20 yıllığına işletme imtiyazı verilerek Türkiye'de de bor kaynakları çıkarılmaya başlanmıştır. Ancak ne yazık ki, bor elementinin o yıllarda çok tanınmıyor olması nedeniyle Osmanlı'da bor çıkartan yabancılar alçıtaşı çıkarma izni alarak bu madenleri işletmişlerdir. Yabancıların bor elementini alçı taşı olarak tanıtmaları o yıllarda da bor elementinin kıymetli bir maden olduğunu göstermektedir [17].

Cumhuriyetin ilanı ile birlikte 1950 yılında Sultançayırı'ndaki cevherler Desmond Aber Smith'den alınarak o yıllarda dünyada bor konusunda tek el sayılan Borax Consolidated LTD'ye devredilmiştir. Sultançayırı'nda bulunan mineral adını, yurtdışına taşındığı Bandırma limanından aldığından Pandermit denilmiştir [18].

Borax'ın elde edilmesi şu anki yöntemlerle iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birisi sodyum tetraborat tıncal (decahydrate) den elde edilmesi ve diğeri de kernit (lifli tetrahidrat) maddesinden elde edilmesidir. Bu maddeler doğada ya katı halde

bulunurlar, ya da göllerde başka tuz minareleriyle birlikte göl suyunda çözülmüş halde bulunurlar. Borun göllerdekine kıyasla kat kat fazla bulunduğu ana kaynaklardan birisi de California'da bulunan Mojave Çölü'dür ve bu kaynak 1872 yılında keşfedilmiştir. Bu çölde bulunan ve Şekil 3.1'de gösterilen tesis US Borax and Chemical Corp. firması tarafından işletilmektedir. Bu firma RTZ Borax firmasının bir alt şirketidir. Benzer bir maden kaynağı Arjantin de de mevcuttur. Bu iki madende de bor üretimi yer kürede çukur kazma suretiyle yapılır [11].



Şekil 3.1. California da bulunan bor madeni [19].

California daki bir başka bor üretim merkezi ise, Mojave çölünde bulunan ve Boron şehri sınırları içerisinde yer alan bor madenine yaklaşık bir buçuk saat uzaklıktaki Şekil 3.2'de gösterilen Searles Gölüdür. Bu göldeki su Kerr McGee'nin ve Stauffer şirketlerinin alt şirketleri tarafından işlenmekte ve bor üretilmektedir [11]. Fabrika Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Bor üretimi yapılan searles gölü [19].



Şekil 3.3. Searles gölü kenarındaki bor fabrikası [19].

Bir başka bor cevheri de colemanite denilen $2\text{CaO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüyle içeriği ifade edilen madendir ve asıl üretim yeri Türkiye'dir ve bu üretim yıllık yedi yüz bin tona ulaşmıştır. Türkiye'deki bu bor üretimi daha çok devlet sermayesi ile kurulmuş firmalar tarafından yapılmaktadır. Bu firmalardan biriside ETİ Maden İşletmeleridir [20].

3.2. BOR KULLANIM ALANLARI VE BOR ALAŞIMLARINI ÖNEMLİ KILAN ÖZELLİKLER

Bor elementi teknolojik ve endüstriyel uygulamalarda her zaman çeşitli bileşikler halinde olup, bileşikler ve bor kimyasalları olarak kullanılmaktadır [14]. Bor oksijen ile bağ kurmaya yatkın olduğundan pek çok değişik oksijen bileşiği oluşturmakta ve oksijen ile yaptığı bileşiklere borat denilmektedir [21].

Sodyum ve kalsiyum boratların ana kullanım alanı borik asit üretimidir. Bu üretim cevherin kendinden iki kat fazla sülfirik asit ile ayrıştırılmasıyla yapılır. Yan ürün olarak ise metal sülfat oluşur. Bir diğer bordan türetilen ana bileşik ise sodyum perborattır. Kimyasal gösterimi $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dur. Bu ürün Şekil3.4'de gösterilen borax bileşiğinden üretilbildiği gibi colemanite bileşiğinden de üretilbilir [20]. Teknik kullanım alanı bulan en önemli bor mineralleri şunlardır: Borax (Tinkal) $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; Tincalconite: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; Kernite (Rasorite): $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; Boracite: $5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3$; Colemanite: $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; Sassolin: $\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [22].

Bordan elde edilen bileşikler daha çok sıvı çözelti içerisinde kullanılır. Sıvı çözelti içerisinde çözülmüş bor çok iyi bir koruyucudur ve özellikle korozyona karşı yüksek koruma sağlamaktadır. Bu nedenle bordan elde edilen çözeltiler Amerika Birleşik Devletlerinde uzun yıllar otomobillerin soğutma sistemlerinde soğutucu sıvı olarak kullanılmıştır. Avrupa da ise bu çözeltinin içerisine etilen glikol ile birlikte antifriz adında yeni bir ürün üretilmek suretiyle kullanılmıştır. Bununla birlikte bu çözelti birçok ülke demiryollarında dizel motorlu lokomotiflerin soğutma sıvısı olarak kullanılmaktadır [20].

Bor elementinin bir diğer kullanım alanı da cam sektörüdür. Ergimiş haldeki cama bor ilavesi, camın akışkanlığını arttırmakla birlikte nihai ürünün yüzey sertliğini ve dayanıklılığını da yükseltmektedir. Borun bu sektördeki spesifik kullanımları şöyledir: borosilikat cam, tekstil tipi ve izolasyon tipi cam elyaflar, sıvı kristal göstergeler (LCD Display), özel fırın kapları, laboratuvar malzemeleri, araba far ve

sinyal camları, ve uzay, nükleer ve elektronik sektöründe kullanılan özel camlarda kullanılmaktadır [23].

Borik asit ve borik asitin başka maddelerle karıştırılarak etkisi arttırılan yeni ürünler alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. Bor yanan malzemenin yüzeyini oksijenle temasını kesecek şekilde kaplayarak yanmayı engeller. Çinko borat plastik malzemelerin yanmaya karşı dayanımını arttırmak için kullanılırken, borik asit, boraks pentahidrat ve boraks dekahidrat gibi çözünebilir boratlar ise selülozik malzemelerde kullanılmaktadır. Özellikle aleve dayanıklı elbiseler, pamuklu minderler bu malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Ancak borikasit ve boraksın suda çözünebilme özelliği yıkanma sonrası bu ürünlerin yanmaya karşı dayanıklılık özelliklerini kaybetmesine neden olmaktadır. Boraks pentahidrat ve borik asit selülozik yalıtımda kullanılmaktadır. Bu ürünler hem enerji verimliliği açısından hem de mikro organizmaların gelişimini engellemesi ve aleve karşı dayanım sağlaması gibi birçok artısı olduğundan tercih edilmektedir. PVC de ise yanmaya karşı dayanımı arttırmak için çinko borat, baryum metaborat, bor fosfat ve amontum fluoborat kullanılır. PVC'nin yanması esnasında HCl açığa çıktığından yanma esnasında bor ve çinko reaksiyona girerek zararlı gazların açığa çıkmasını engellemektedir [20,23].

Bor elementi orman endüstrisinde de geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Birçok mantar ve ağaç kurdunun boratlara karşı alerjik olması nedeniyle fırınlanmamış ahşap ağaç kurtlarından korunması amacıyla borat solüsyonuna daldırılır veya bu solüsyon ahşaba emdirilir. Bir diğer yöntem de disodyum oktaborat tetrahidrat özel bir önlem almayı gerektirmeksizin spreyle boyama veya basınç yoluyla keresteye uygulanabilir. Borax ve borik asidin ağaç endüstrisinde kullanılmasının bir diğer nedeni de yangına karşı sağladığı avantajdır ve ağacın tutuşmasını geciktirir [20,23].

Bor elementinin bir başka kullanım alanında elektrik kablolarının yalıtımıdır. Gerek bor elementinin düşük elektrik iletkenliğinden dolayı gerekse kabloların yalıtımı esnasında yağlayıcı vazife görmesi nedeniyle bu alanda da kullanılır [20,24].

Bor elementinin endüstriyel kullanım alanındaki bir başka ürünü ise, bor fiberleridir. Bor fiberleri uzay ve hava araçlarında ve bazı spor aletlerinde kullanılmaktadır. Bor fiber kompozit bir madde olup, hava ve uzay araçlarında kullanılan ilk kompozit üründür. Ancak bor fiberin üretim maliyetleri çok yüksektir [23].

Hava ve uzay araçlarında bor alaşımları giderek daha fazla yer bulmasının nedenleri, bor ve alaşımlarının gerek mukavemet olarak gerekse yüksek sıcaklıklara karşı gösterdikleri dayanım olarak sahip oldukları avantajlardır. Havacılıkta her geçen gün artan uçuş hızı nedeniyle kullanılan yüksek hız kanatları, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı, düşük ağırlığa sahip ürünler bor alaşımlarını bu sektörde önemli kılmaktadır. Ayrıca bor kimyasalları (B_2H_4) füze yakıtı olarak kullanılmaktadır [23].

Günümüz şartlarında en önemli konulardan biri olan enerji biliminde de bor ve alaşımları önemli kullanım yeri bulmaktadır (Şekil 3.4). Ticari olarak üretilen bor hidrürlerden olan ve iyi bir bor taşıyıcı ve depolayıcı olarak bilinen sodyum borhidrür bu özelliklerinin yanı sıra, kâğıt hamurunun ağartılmasında, tekstil atıklarının indirgenmesinde ve atık sulardan ağır metallerin uzaklaştırılmasında da kullanılır. Sodyum borhidrür yanıcı ve patlayıcı değildir ve çevre dostu bir kimyasaldır. Sodyum borhidrürün reaksiyonu sonucu oluşan sodyum metaborat tekrar sodyum borhidrüre dönüştürülebilmektedir. Bununla birlikte sodyum borhidrürden hidrojen elde etme esnasındaki tepkimede ortaya çıkan hidrojenlerden birinin sodyum borhidrürden diğerinin ise sudan gelmesi ve bu kimyasalın sağlığa zararı olmaması gibi nedenler bu kimyasal enerji sektöründe önemli kılmaktadır [23].



Şekil 3.4. Enerji teknolojisinde bor elementinin kullanım alanları [23].

Bor bileşikleri metalürjide kullanımına bakıldığında metalürjinin farklı alan ve kullanım yerlerinde fayda sağlamaktadır. Bor bileşikleri yüksek sıcaklıklarda düzgün yapışkan ve çapaksız sıvı meydana getirmeleri nedeniyle demir dışı metal sanayisinde hem koruyucu cüruf olarak hem de ergitmeyi hızlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Demir dışı metaller sanayisinde bor elementinin ergitmeyi hızlandırması enerji tasarrufunu sağlamaktadır. Demir ve çelik malzemelerin koruyucu çinko ile kaplanması yani flakslama uygulamalarında da bor kullanılmaktadır.

Bor elementi alaşımlamayla çeliklere kattığı pozitif özelliklerinden dolayı dünya üzerinde aşındırıcı olarak, kesici takım imalatında, mıknatıslarda ve lehimleme de geniş bir kullanımı bulunmaktadır.

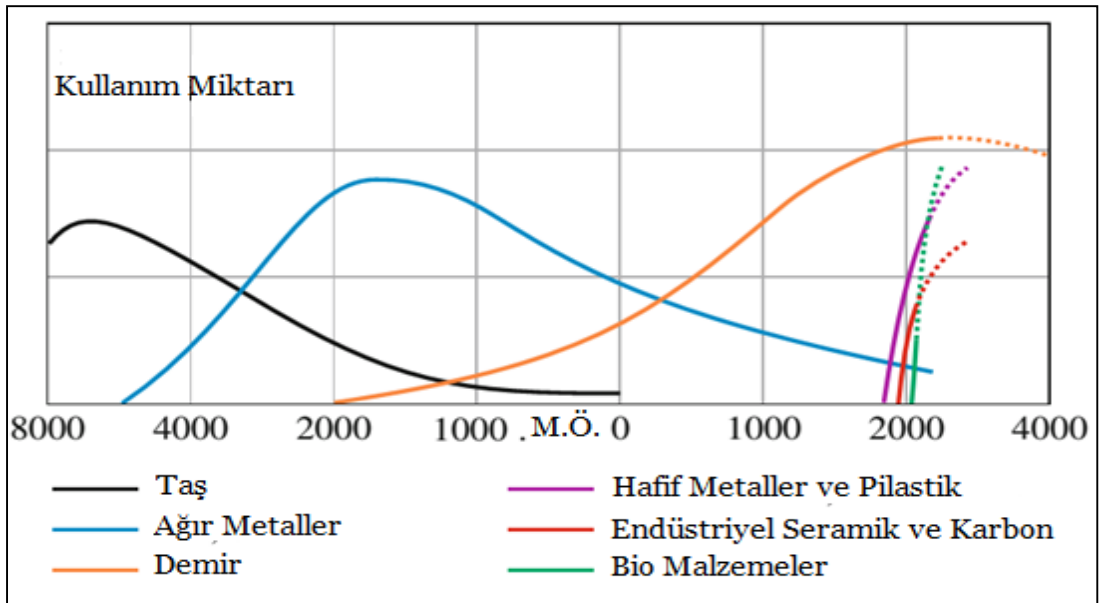
Bor elementi alaşım olarak kullandığında, ergime noktasını dűşürerek metallerin ergitilmesi için gerekli olan enerjiyi azaltmaktadır. Buna ek olarak bor elementi akıcılığı arttırma özelliğine de sahiptir. Ayrıca eliklerde kullanıldığında sertleştirilebilirliği ve dayanımı arttırmaktadır. Bunlara ek olarak bor saf ve güçlü metallerin üretiminde, metalin saflığını sağlayabilmek adına oksijeni uzaklaştırmak ve nitrojeni çözmek veya nitrojenle bađ yapan element olarak kullanılmaktadır. Bu sayede metal içerisindeki oksijen ve nitrojen metalden uzaklaştırılmış olur [23].

BÖLÜM 4

ÇELİKLER

4.1. ÇELİKTEN ÖNCEKİ METALLER VE TARİHİ GELİŞİMİ

Yeni malzemeler milletlerin kültür tarihlerinde her zaman en önemli yeri işgal etmişlerdir (Şekil 4.1). Milattan önceki çağların isimlerini de, o çağlarda kullanılan malzemelerden alıyor olması bu durumu ispat etmektedir. Günümüzde de malzeme bilimi yeni teknolojilerin üretilmesinde ve geliştirilmesinde karar verici bir bilimdir. Günümüzde 100 000'nin üzerinde geliştirilmiş veya tasarlanmış malzeme bilinmektedir, yani neredeyse her gün yeni bir ürün ya bulunuyor ya da patentleniyor [25]. Günümüz çağında demir ve çeliğin en önemli malzemeler arasında yer almasının nedeni de günümüz çağında bulunduğu geniş kullanım alanıdır.



Şekil 4.1. Çağlara göre malzemelerin popülaritesi [26].

Periyodik tabloda yer alan bütün kimyasal elementlerin yaklaşık olarak dörtte üçü metaldir. Metal atomları elektropozitifdir yani elektron paylaşmaya yatkındırlar. Bu nedenle başka atomlarla valans elektronlarını paylaşarak bağ oluşturmak isterler. Valans elektronları atom gövdesine bağlı elektronlar olmadığından bağ oluşturmaya katılan bütün atomlar tarafından ortak kullanılmaktadır. Valans elektronların yer tayinin kesin olmaması nedeniyle bu elektronlar atom çekirdeğinden bağımsız hareket edebilmektedir. Metallerin böyle bir valans elektrona sahip olması nedeniyle yüksek elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği vs. gibi özelliklere sahiptirler. Katı metal atomlarının dizilimi nisbi olarak daha yoğundur ve yüzey merkezli kübik, hexagonal sıkı paket ve kübik hacim merkezli olarak dizilim sağlarlar. Bu dizilim aynı zamanda metallerin diğer malzemelere oranla daha iyi plastik şekil verilebilir olmasını sağlamaktadır [25].

4.2. ÇELİKLER VE STANDART TANIMI

Metaller arasında günümüz kullanım oranına bakıldığında en önemli yeri işgal eden çelikler denilebilir. Özellikle ülkelerin kişi başı çelik tüketim oranının gelişmişlik oranıyla benzer neticeler vermesi, bu malzemenin kültürlerin gelişimindeki önemini izhar etmektedir. Üretilebilecek veya çelik diye isimlendirilebilecek sonsuz sayıda malzeme ve alaşım mümkün olduğundan, çelikler normlarla yani standartlarla ifade edilmektedir. Normların doğması 1900 lü yıllarda başlayan endüstrileşmeye dayanmaktadır. Dünyadaki sanayileşmeyle birlikte dünyanın globalleşmesi teknik alanda ortak tanımlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacın nedeni dünyanın bir ucunda üretilen ürünlerin diğer ucunda teknik bakıma ihtiyaç duyması, montaj edilmesi ve pazarlanması gibi nedenlerdir. Normların doğuşu yıllar süren tecrübelerle karmaşık hesaplara ve farklı dallara (endüstri, ticaret, araştırma-geliştirme ve tüketici) dayanmaktadır. Normların türetilmesindeki amaç ise, sektörün bütün bireyleri tarafından bilinebilecek terimleri standartlaştırmak suretiyle ekonomik üretim koşullarının doğmasını sağlamak ve üretimin bütün süreçlerini dünyanın her yerinde daha anlaşılabilir kılmak, kalite koşullarını uluslararası ortamda kurallara bağlamak, üretim güvenliği ve çevre koruma kurallarını evrenselleştirmektir.

Belirlenen bu standartlara göre çeliğin de DIN EN 10020 normundaki tanımı şu şekildedir; çelik demir ve karbonun alaşımlandırılmasıyla elde edilir ve maksimum karbon oranı %2'dir. Bu orana kadar karbon içeren demir-karbon alaşımları çelik diye isimlendirilir. %2'den fazla oranda karbon içeren demir-karbon alaşımları ise, dökme demir olarak isimlendirilir. Kimyasal alaşımlarına göre ve kalitelerine göre çelikler iki ana guruba ayrılmıştır. Kimyasal içeriğine göre çelikler 3 guruba ayrılmıştır. “Alaşımsız Çelikler”, “Paslanmaz Çelikler” ve içerisindeki alaşım oranı Çizelge 4.1'de verilen sınır değerlere ulaşmış ve geçmiş olan diğer çelikler de “Alaşım Çelikleri” diye sınıflandırılmıştır [27].

Çizelge 4.1. Çelik üretiminde kullanılan alaşım elementleri tablosu [27].

Al	0,3	Mo	0,08
B	0,0008	Nb	0,06
Bi	0,1	Ni	0,3
Co	0,3	Pb	0,4
Cr	0,3	Se	0,1
Cu	0,4	Si	0,6
La	0,1	Te	0,1
Mn	1,65	Ti	0,05
V	0,1	W	0,3
Zr	0,05	Alaşım Elementi	Yüzde Oranı

Kalitelerine göre çelik sınıflandırılmalarına bakıldığında ise, alaşımsız çeliklerde kendi içinde temel çelikler, alaşımsız kaliteli çelikler ve alaşımsız paslanmaz çelikler adı altında 3 guruba ayrılırlar. Bunlardan temel çelikler, üretiminde özel şartlar taşımazlar ve herhangi bir alaşım elementi içermezler. Kalite standartları olarak önceden belirtilmiş özel şartlar taşımazlar, belirli bir sıcak işlem prosesine maruz kalmamışlardır. Kopma dayanımları maksimum 690 N/mm^2 , akma sınırı ise maksimum 360 N/mm^2 'dir [28].

Alaşımsız kalite çeliklerinin üretiminde ise ısıl işlem ve üretilen çeliğin saflığı konusunda bir ön şart yoktur. Ancak gevrek kırılmaya karşı yüksek dayanım göstermesi ve şekillendirilebilmesi istenmektedir [28].

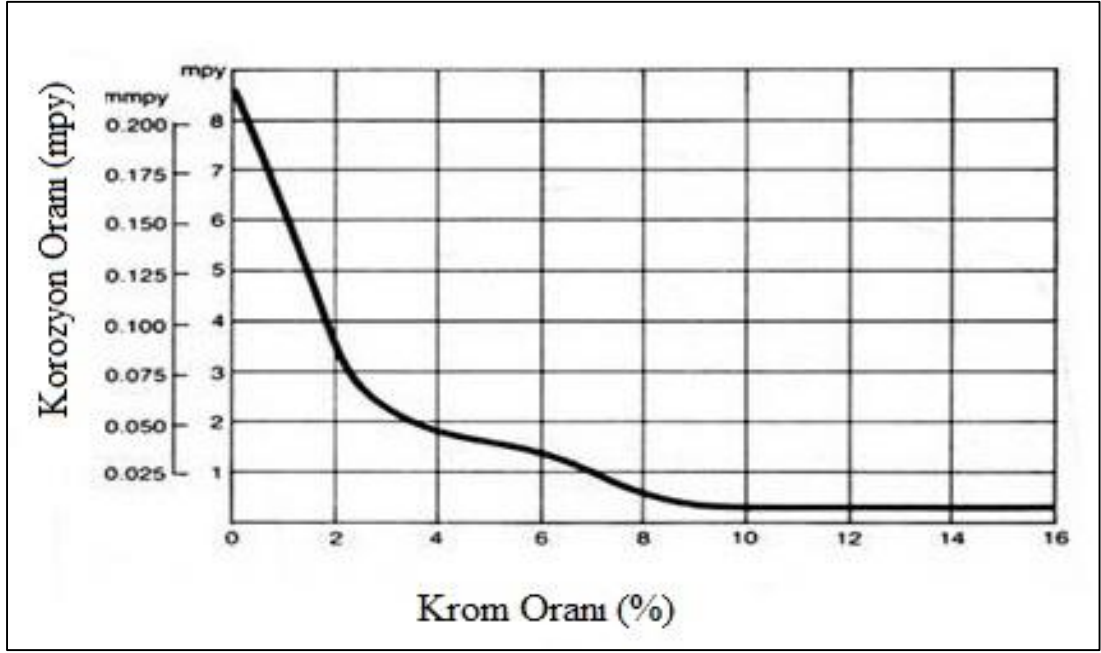
Alaşımsız paslanmaz çelikler diye sınıflandırılan çeliklerin imalatında, üretilen ürünün saflığına büyük önem verilir, özellikle metal olmayan maddelerin üründe olmaması arzu edilmektedir. Isıl işleme tabi tutulur ve genellikle su verme işlemi ve yüzey sertleştirme işlemleri yapılmaktadır. Kimyasal bileşimin istenen oranlarda tutturulması çok önemlidir. Üretiminde özel üretim şartlarına riayet edilir ve sertleşebilirlik, dayanıklılık, şekillendirilebilirlik, kaynak edilebilirlik vb. gibi farklı özellikler üretilen çelikten beklenebilir ve üretim bu beklentilere göre yapılmaktadır [28].

Alaşımli kalite çelikler ile alaşımsız kalite çelikler kullanım amaçları noktasında benzerlik göstermektedir. Aralarındaki fark ise, özel kullanım koşullarından dolayı alaşımli paslanmaz çeliklerde yüksek miktarda alaşım elementi bulunmasıdır. Alaşımli paslanmaz çelikler sınıflandırmasına tabi çelikler için standart bir ısıl işlem ve yüzey sertleştirme işlemi bulunmamaktadır [28].

Alaşımli paslanmaz çelikler sınıfında üretilen ürünlerin kimyasal bileşimde tolerans çok düşüktür ve istenilen alaşım oranlarının tutturulması istenmektedir. Bu kimyasal bileşim ve özel üretim şartları, üretilen bu paslanmaz çeliğin üretim esnasında istenilen işlemlere tabi tutulabilmesini mümkün kıldığı gibi son üründen istenilen kullanım şartlarını da sağlamaktadır. Paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklık çelikleri, takım çelikleri vs. bu guruba dâhil edilmektedir [28].

4.3. PASLANMAZ ÇELİKLER

Östenitik paslanmaz çelikler krom-nikel çeliklerindedir, minimum %10.5 krom içeren demir-karbon-krom alaşımıdır. Yüksek mekanik özellikleriyle birlikte çok iyi korozyon direnci gösterirler. Bu çelikler manyetik özellik göstermezler ve geleneksel sıcak sertleştirme yöntemleriyle değil, soğuk şekillendirme yöntemiyle sertleştirilebilmektedirler [29, 30].



Şekil 4.2. Krom-korozyon ilişkisi [29].

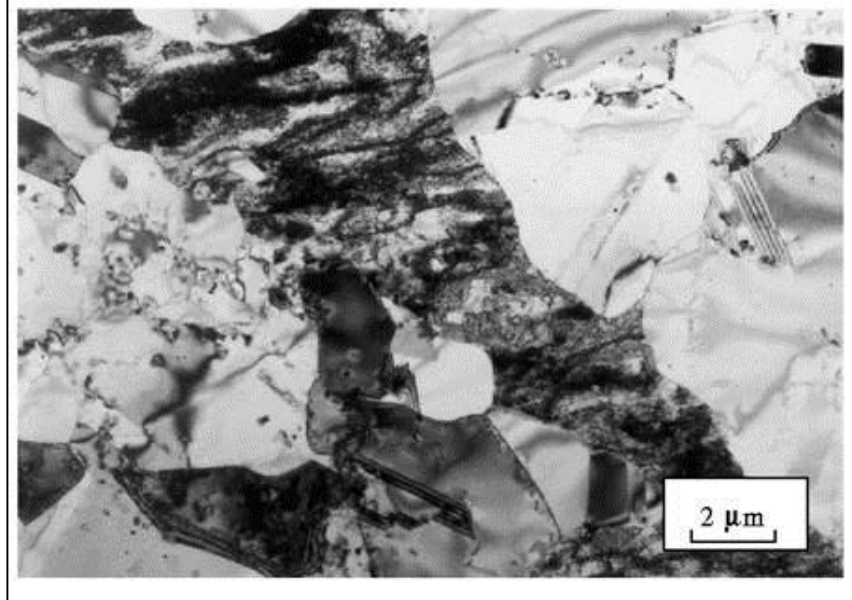
Paslanmaz çeliğin oda sıcaklığında ve hava şartlarındaki çalışma durumunda oksitlenme direnci göstermesi için gerekli ağırlıkça minimum krom oranı %13'tür. Ancak çok sert ve zor çevre şartlarında çeliğe paslanmaz özellik kazandırmak için %30'a kadar krom ilavesi yapılmaktadır. Paslanmaz çeliğin korozyona gösterdiği direnç şu şekilde izah edilmektedir. Oksijene maruz kalan paslanmaz çelik içerisindeki krom, malzeme yüzeyinde krom-oksit (Cr_2O_3) pasivasyon tabakası oluşturmaktadır. Bu katman gözle görülemeyecek kadar incedir ve ürünü oluşturan metale su veya herhangi bir gaz nüfuzunu engelleyerek örttüğü metali korumaktadır. Kromun çeliğin içerisinde alaşım elementi olarak bulunması nedeniyle, malzeme yüzeyinde çizik, hasar vb. nedenlerle yırtılan bu tabaka hızlı bir şekilde açılan yüzeyde tekrar oluşmaktadır. Bu durum pasivasyon olarak isimlendirilir ve titanyum gibi başka metaller de de görülebilmektedir. Paslanmaz çeliğe krom elementi dışında nikel, molibden ve vanadyum gibi elementler katılmasıyla bu elementler de pasivasyon oluşumuna destek vermektedir. Paslanmaz çelikler içerdiği elementlere göre östenitik, ferritik, martensitik ve duplex gibi farklı faz yapılarında bulunmaktadır [29,31].

Çizelge 4.2. Paslanmaz çelik gurupları [31].

PASLANMAZ ÇELİK GRUPLARI TABLOSU	
İç Yapı	Ana Alaşım Elementleri
Ferritik	Cr
Östenitik	Cr, Ni , Mo
Martensitik	Cr, C veya Ni
Duplex	Cr, Ni , Mo (Östenitik çeliklere göre yüksek krom, düşük Nikel)

4.3.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler, çeliğin en çok kullanılan türlerinden ve AISI 304 ve AISI 316 çelikleri ve 310S yüksek alaşımlı çeliği bu guruba girmektedir. Üretim olarak bakıldığında dünya da üretilen toplam paslanmaz çeliğin yaklaşık %60'ı östenitik paslanmaz çeliklerden oluşmaktadır. Östenitik paslanmaz çelikler manyetik özellik göstermemektedirler. Östenitik paslanmaz çeliklerin yapısı yüzey merkezli kübiktir [29].



Şekil 4.3. Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı [29].

4.3.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Ferritik paslanmaz çelikler ise düşük karbonlu ve %10,5-30 arası krom içeren paslanmaz çeliklerdir. Krom haricinde molibden, titanyum ve vanadyum gibi karbür yapıcı ve ferritik yapıyı istikrarlı hale getirmeye yarayan alaşım elementleri de içermektedir. Östenitik paslanmaz çelikler manyetik özelliğe sahip değilken, ferritik paslanmaz çelikler manyetik özellik göstermektedirler. Ferritik paslanmaz çelikler düşük oranda karbon içermelerinden dolayı ısıtılabilirler fakat kolay haddelenebilirler. Bu çeliklere uygulanabilecek ısıtılma işlemi sadece tavlama değildir En çok kullanılan türü AISI 430 ve AISI 442 çeliğidir. Ferritik paslanmaz çeliklerin yapısı hacim merkezli kübiktir [29].



Şekil 4.4. %18 Krom ve %0,03 karbon içeren ferritik paslanmaz çelik 1150°C'den hızlı soğutulmuştur (500x) [29].



Şekil 4.5. %12 Krom içeren ferritik paslanmaz çelik (500x) [29].

4.3.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

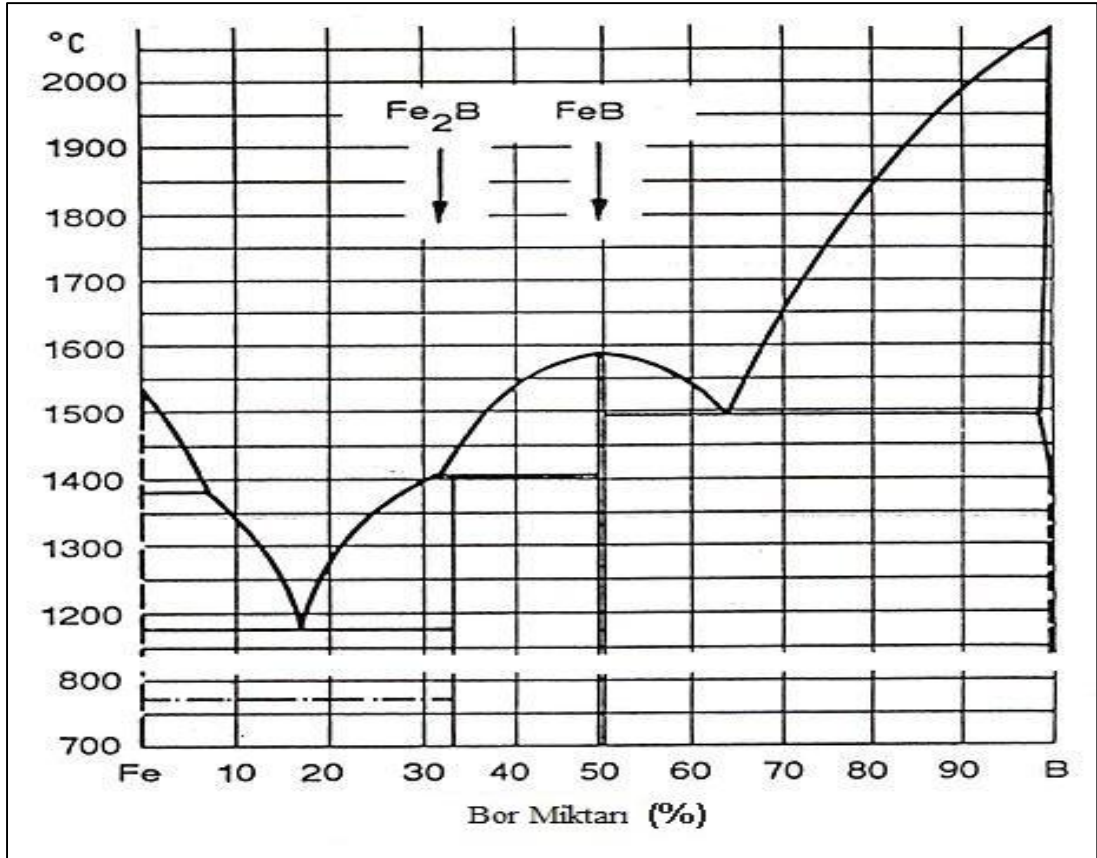
Martenzitik paslanmaz çelikler düşük alaşımı yüksek mukavemetli bir çelik türüdür. İçerdikleri fazla karbon miktarı bu çeliklerin ısıtılarak uygulanan sertleştirilip mukavemetlerinin artırılabilmesine imkân vermektedir. Temel alaşım elementi %11 ile %17 arası krom içermektedir. Martenzit yapı ısıtılarak veya soğuk işleme esnasında östenitten dönüşerek meydana gelir ve östenitik paslanmaz çeliklerin tersine martenzitik paslanmaz çelikler manyetikdir [29].

4.3.4. Dupleks Paslanmaz Çelikler

Dupleks paslanmaz çelikler ise yapısında hem östenitik hem de ferritik yapı olan çeliklerdir. Bu tip çeliklerin korozyona karşı gösterdikleri direnç içerdikleri alaşıma göre değişmektedir. Östenitik paslanmaz çeliklere göre daha yüksek bir mukavemete sahiptirler. Bunun nedeni %19-28 arasında içerdikleri krom ve %5 oranına kadar sahip oldukları molibden değeridir [29].

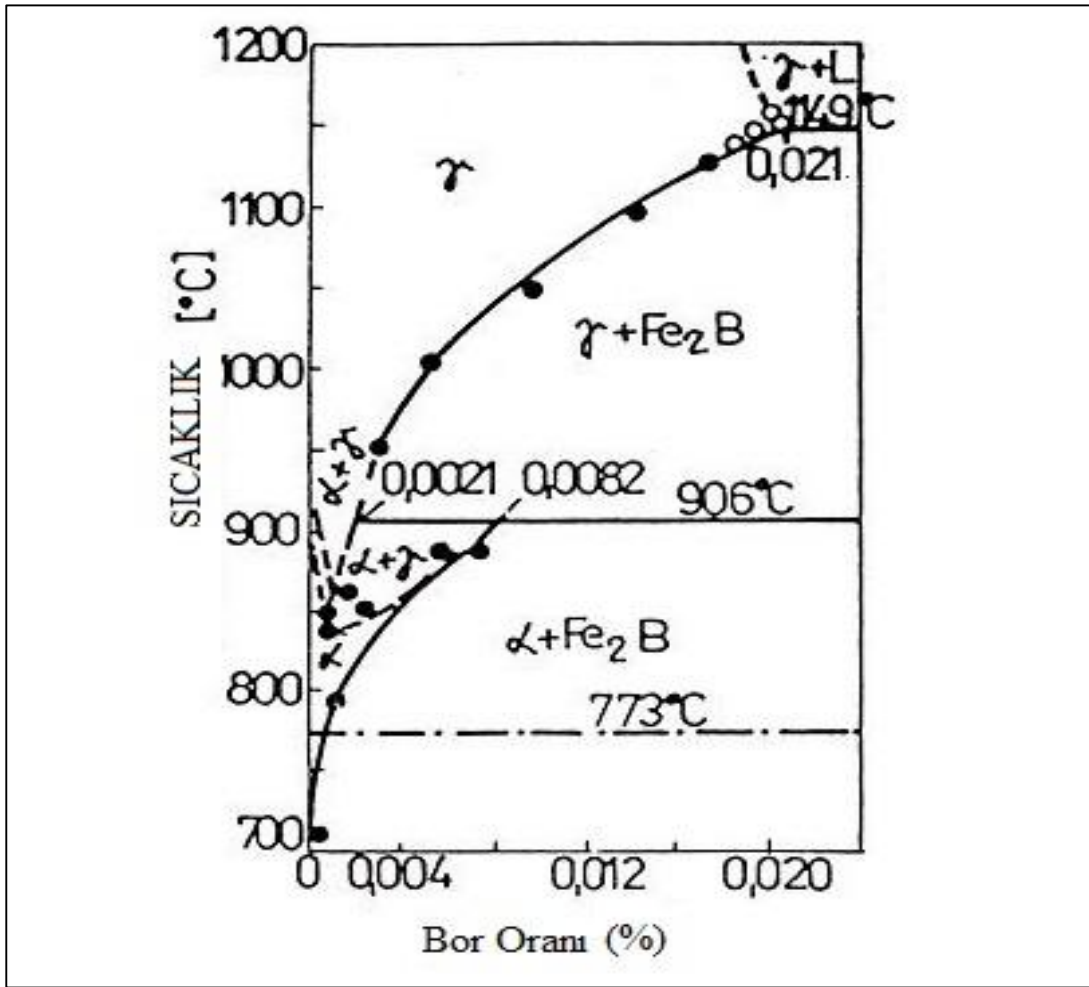
4.4. ALAŞIM ELEMENTİ OLARAK BOR İÇEREN ÇELİKLER

Bor α , γ ve δ demirinde çok az oranda çözünebilmektedir. α demirinde $910\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 20-80 ppm aralığında çözünürken $1150\text{-}1170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki γ demirinde 55-260 ppm bor çözünmektedir. Çözünebilirliğin genişliğini esas malzemenin saflığı ve tane boyutu belirlemektedir. Fe ile B arasında Fe_2B (%8,83 B), FeB (%16,23 B) bileşikleri ve $1149\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de, %3,8 B bileşiminde bir ötektik nokta oluşur. Fe-B sisteminde alaşım elementleri, örneğin %1 karbon içermesi durumunda ötektik sıcaklığı $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ aşağı indirmektedir [23,24]. Demir-bor ikili faz diyagramına bakıldığında metaller arası iki bileşik görülmektedir. Bunlar FeB ve Fe_2B bileşikleridir. FeB ortorombik kristal yapısına, Fe_2B ise tetragonal kristal yapısına sahiptir. Fe_2B nin bileşiminde %9, FeB 'nin bileşiminde ise %16 bor bulunur. İkili denge diyagramına göre, %9-16 arasında bor içeren alaşımın faz yapısı Fe_2B kristallerinden oluşmaktadır. %16'dan fazla bor içeren alaşımda ise FeB ve B kristalleri bulunmaktadır [33].



Şekil 4.6. Demir-bor denge diyagramı [33].

Çelik üretiminde kullanılan ferrobör ağırlıkça %10-20 arasında bor barındıran demir bor alaşımıdır. Bor katı haldeki demir içerisinde sıcaklığa bağlı %0,1-0,15 arasında çözünmektedir. Çeliğin içerisine çok düşük oranlarda bor ilave edilmesi sade karbonlu çeliklerin ve alaşımlı çeliklerin sertleşebilirliğini arttırmaktadır. Sertleşmeyi arttırabilmek için bu nedenle çeliğe 5-15 ppm aralığında bor ilave edilmektedir. Çeliğe ilave edilen bor, çelik içerisinde bulunan diğer sertleştirici elementlerin karbon, krom, manganez, molibden gibi etkisini arttırmaktadır ve bu durum pahalı alaşım elementlerinden tasarruf edilmesini sağlamaktadır [35].



Şekil 4.7. Düşük oranda bor içeren demir denge diyagramı [22].

Bor elementi oksijen ve azota karşı bağ yapma isteği yüksektir ve bor çelik içerisinde oksijen ve azot ile bağlanabilir. Bunu önlemek için kalsiyum, alüminyum ve silisyum ile deoksidasyona yapılmaktadır. Titanyum ve zirkonyum ise çelik içerisindeki azotun giderilmesinde kullanılır. Bor çeliğin sertliğini karbür oluşturarak

arttırmaktadır. Östenitik çeliklere %0,0005 oranında ilave edilen bor, çeliğin yüksek sıcaklık mukavemeti ile sürünme mukavemetini arttırmaktadır. Yüksek hız çeliklerinin kesme performanslarına da bor ilavesinin katkısı olmaktadır. Krom ve nikel alaşımlı 18-8 östenitik paslanmaz çeliklere bor ilave edilmesi çökelme sertleşmesine neden olduğundan akma dayanımını artırır, ancak oksitlenmeye karşı olan direncinde azalmaya neden olmaktadır [36,37].

BÖLÜM 5

İMALAT VE TALAŞI ÜRETİM

5.1. GİRİŞ

Taş devrinin başlamasıyla insanlar ilk ilk taştan üretilmiş iş aletlerini kullanmaya başladılar. Taş devrinin ilk ekonomik amaçlı ürünleri örnek olarak verilmesi gerekirse tırpan ve çifttir ki, bunlar o dönemde tarım ve hayvancılıkta önemli yer tutmuş aletlerdir. Bronz çağının kapanmasıyla birlikte yani yaklaşık olarak M.Ö. 2000 yıllarında, şuan hala daha içinde bulunduğumuz demir çağı başlamıştır.

Malzeme biliminin çağlara göre popülaritesini gösteren Şekil 4.1'e bakıldığında şu görülecektir ki, demir ve alaşımları insan medeniyetinde önemli bir yer kaplamaktadır. Ancak günümüz çağında gelişen yeni malzemeler demirin de insan hayatındaki kullanımında düşüşün başlamasına neden olmuştur.

Malzeme biliminin bu tarihi gelişiminin gelecekte ne şekil alacağını, hani malzemelerin popülaritesinin artacağını hangilerinin azalacağını söylemek elbette çok güç, ancak görünen o ki, son zamanlarda biopolimer ve biokompozit gibi biomalzemelere gösterilen yoğun ilgi, gelecekte bu malzeme türünün biraz daha fazla önem kazanacağını düşüncesini oluşturmaktadır [26].

İmalat yöntemleriyle farklı hammadde veya yarı mamuller istenilen geometri ve malzeme özellikleriyle son ürün haline getirilirler. İmalat teknolojisi, enerji ve proses teknolojileri yanında üretim yöntemleri çatısı altında yer almaktadır ve ilgilendiği konu, istenilen şekle getirilecek olan ürünlerin ekonomik üretimidir. Burada imalat proses teknolojisi ve mühendisliği işlenecek olan malzemeye uygulanacak kimyasal, fiziksel ve biyolojik işlemlerin sürecini belirler. Bu nedenle proses teknolojisi de

kendi içinde mekanik, kimyasal ve termik proses teknolojileri diyerek ayrılmaktadır. Üretim teknolojisi çatısı altında yer alan enerji teknolojisi ise üretim esnasında enerjinin verimli kullanılmasıyla ilgilenir ve bu nedenle enerji kullanılan bütün alanlarda enerjinin geri kazanımı, dönüşümü, taşınması, depolanması ve kullanımı ile uğraşmaktadır. Proses teknolojisi ve enerji teknolojisinin kesişim noktası ise enerji proses teknolojisi ki bu bilim kimyasal ve termik proseslerdeki enerjinin dönüşümü ile ilgilenmektedir [26].

Günümüz yaşantısında kullanılan birçok ürün, hammadde halinden kullanıma hazır son hale gelene kadar bir veya daha fazla imalat süreciyle üretilmektedir. İmalat bilimi bu imalat sürecini, “Üretim Prosesi” veya “belli geometriye sahip katı cisimlerin geometrilerinin değiştirilmesi suretiyle ekonomik ve vadeliden edilen süre içerisinde, istenilen kalitede üretilebilmesi” şeklinde tanımlamıştır.

Bu veriler ışığında imal edilecek olan malzemenin uygun işleme prosesine tabi tutulması gerekmektedir. Böylelikle eldeki hammadde yarı mamule, yarı mamul son ürüne ve son üründe montaj ile birlikte ticari ürüne dönüştürülmektedir. İmalat işleminde en önemli dikkat edilecek husus uygun imalat prosesinin seçimidir ki, istenilen tolerans ve yüzey kalitesi elde edilebilmiş olsun. Her bir imalat süreci, toleransların ve uygun yüzey kalitesinin elde edilmesinde etkin rol oynadığından, hangi prosesin seçildiği önemlidir.

Hammaddelerin son ürün haline getirilme işleminde kullanılan yöntemler talaşlı ve talaşsız imalat olarak iki ana guruba ayrılır. Tornalama, frezeleme, laplama vs. gibi talaşlı imalat yöntemlerinde malzeme yüzeyinden parça kaldırmak suretiyle şekil verilirken, döküm, soğuk-sıcak şekillendirme, kesme, kaynaklama, kaplama gibi üretim yöntemlerinde ise malzeme üzerinden parça koparılmadan şekil verilmektedir [30]. Ancak dövme, haddeleme, vs. gibi talaşsız yöntemlerle üretilen metal ürünlerin çoğunluğunun son şeklini alabilmesi için talaşlı imalata tabi tutulması gerekmektedir. Bu durum talaşlı imalatın üretim giderlerinin çoğunluğuna neden olması anlamına gelmektedir.

5.2. TALAŞLI İMALAT

Talaşlı imalat şekil, boyut ve yüzey kalitesi olarak önceden belirlenmiş ürünlerin bu kıstaslara göre takım tezgâhlarında hazırlanması işlemidir. Şahin'in belirttiğine göre, Akkurt bu olayı şu şekilde açıklamaktadır. Talaş kaldırma işleminde hem elastik hem de plastik şekil değişimine dayanan, iş parçası ve takım üzerinde sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi olayların meydana geldiği fiziksel bir olaydır. Bir parça üzerinden takım yardımıyla talaş kaldırmak için, takımın o malzemeden daha sert olması gerekmektedir.

Talaşlı imalat işleminde kullanılan önemli kavramlar, kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızıdır. Bunlar şöyle açıklanır: Kesme hızı (V), m/dk birimiyle gösterilir ve kesilmemiş iş parçası yüzeyindeki bir noktanın kesici takım önünde birim zamanda aldığı yol olarak izah edilmektedir [39,40].

İlerleme hızı (f) ise, iş parçası malzemesinin her bir dönüşünde kesici takımın iş parçası eksenine paralel olarak milimetre cinsinden aldığı yoldur ve mm/dev birimiyle ifade edilmektedir [39,40].

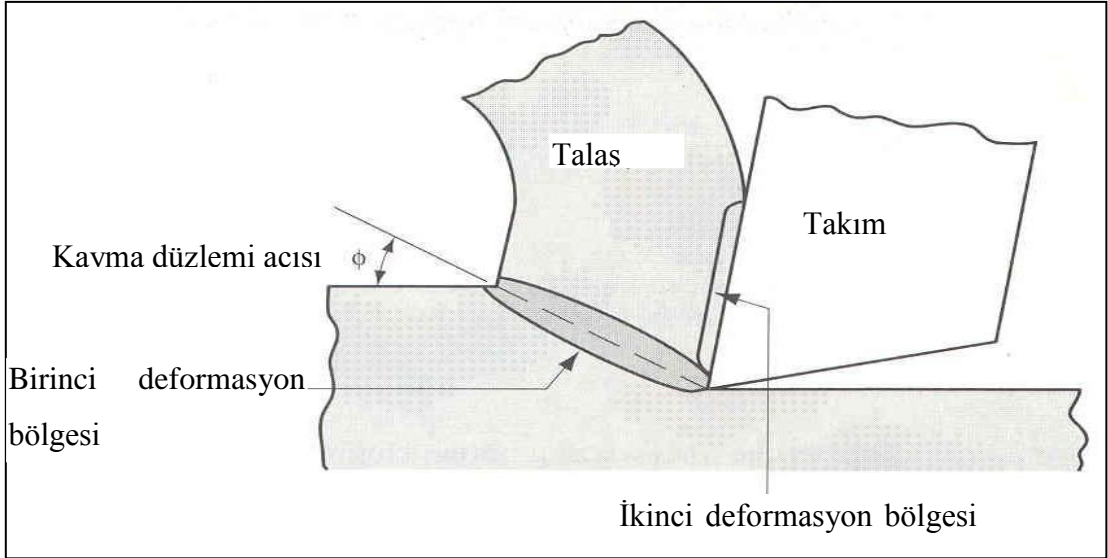
Kesme kalınlığı (a) ise, kesici takımın malzeme yüzeyinden kaldırdığı talaşın kalınlığıdır ve iş parçası eksenine dik olarak tanımlanmaktadır [39,40].

5.3. TALAŞ OLUŞUMU

İş parçası yüzeyinden parça kaldırmak suretiyle yapılan bütün mekanik şekil verme işlemlerinde talaş oluşumu mevcuttur. Bu mekanik şekil verme işlemleri, tornalama, frezeleme, delik delme, vida açma gibi farklı tip ve geometriye sahip takımlarla ve farklı yöntemlerle yapılmasına rağmen temelde talaş oluşum mekanizması aynıdır.

Kesici takımın iş parçasıyla temasıyla birlikte iş parçasında elastik deformasyon meydana gelmektedir. Geçici bir deformasyon durumu olan bu elastik deformasyon, kesici takımın iş parçasında ilerlemeye devam etmesiyle birlikte, iş parçası akma dayanımı geçilir ve plastik deformasyon denilen kalıcı şekil değiştirme başlar. Bu

durumun daha da devam etmesiyle biriken dislokasyonlar deformasyon sertleşmesine neden olur ve deformasyon sertleşmesinin de doyum noktasına ulaşmasıyla birlikte iş parçasında kayma başlar ve talaş oluşur.



Şekil 5.1. Gerçek talaş oluşumu [40,41].

Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, kesme işleminde arzu edilen yüzey kalitesi ve boyut toleranslarının elde edilmesi için önem taşımaktadır. Bununla birlikte kesme işleminin doğru parametrelerde yapılıp yapılmadığı gibi tecrübeye dayalı bilgiler de verebilmektedir. Ayrıca, çıkan talaşın durumuna göre kesme parametrelerinde değişimler yapılması, talaş kırıcı kesme takımı kullanılması vs. gibi tedbirler almak gerekebilmektedir. Bu nedenle talaş tipleri ve talaş oluşumu, talaşlı imalat işlemlerinde önem taşımaktadır.

5.3.1. Sürekli Talaş Oluşumu

Sünek malzemelerin yüksek kesme hızlarında ve yüksek talaş açısı ile işlenmesinde genelde sürekli talaş oluşmaktadır. Sürekli talaş oluşumu yüzey kalitesine olumlu etki etse de, talaşın makineye ve parçaya dolanması istenilmediğinden pek istenmeyen bir durumdur. Bunu engellemek için takım üzerine talaş kırıcı kanallar açılmıştır, ancak bu da işleme esnasında ısınan ve yumuşayan talaşı kırmaya

yetmeyebilir. Bu nedenle genellikle talaşı durdurmak için kesme işlemine ara vermek gerekir ki, bu durumda maliyeti arttırmaktadır [40].

5.3.2. Süreksiz Talaş Oluşumu

Talaşın sürekli kopması ve kırılmasıyla talaşın süreksizleşmesi, işleme esnasında oluşan kuvvetlerde değişimlere neden olur ve eğer takım ve tezgâh yeterince rijit değilse titreşimler oluşmaktadır. Oluşan bu titreşimler işleme kalitesini düşürür, takım aşınmasını hızlandırmaktadır.

Süreksiz talaş genelde, kırılğan malzemelerin işlenmesinde, çok düşük veya çok yüksek kesme hızlarında, fazla kesme derinliğinde, düşük talaş açısında ve takım tezgâhının rijitliğinin yetersiz olması durumunda meydana gelmektedir [40].

5.3.3. Dilimli Talaş

Dilimli talaş, parça parça oluşu ve homojen olmayışından dolayı yarı sürekli talaş olarak tarif edilebilir. Titanyum gibi ısı iletkenliği düşük olmasıyla birlikte, sıcaklığın etkisiyle hızlı bir şekilde dayanımı düşen malzemelerin işlenmesinde bu talaş tipi görülmektedir. Şeklinden dolayı testere dişi görünümüne sahiptirler [40].

5.3.4. Yığıntı Talaş

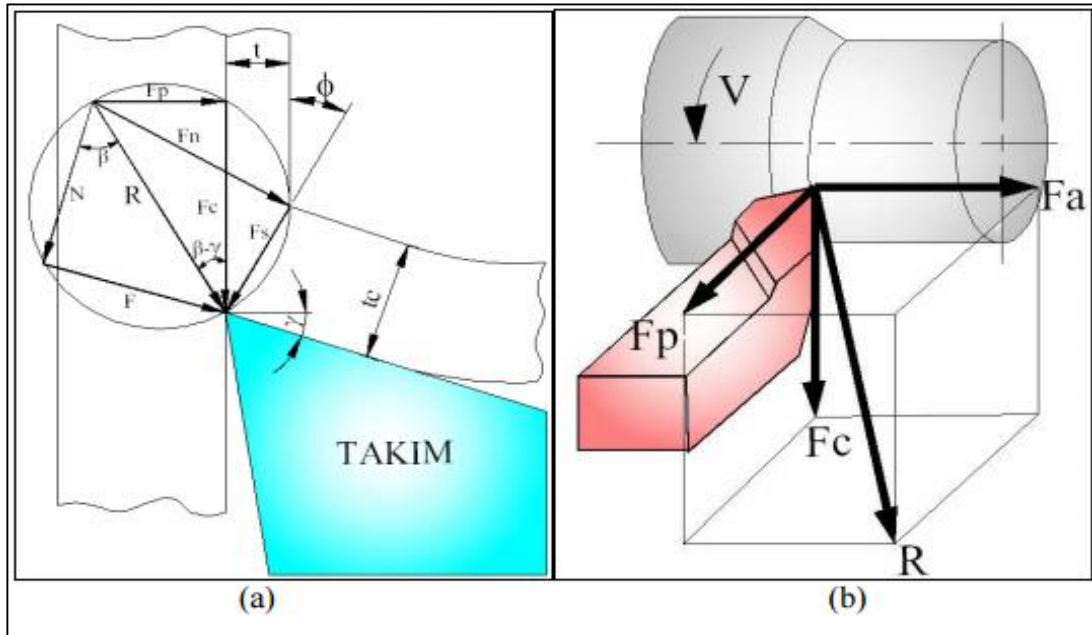
Genellikle sünek malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan bir talaş tipidir. Oluşum nedeni, sünek malzemenin veya kesme işlemi esnasında oluşan sıcaklıkta sertliği azalan malzemenin yüzeyinden koparılan parçaların takım üzerinde birikmesiyle oluşmaktadır. İşleme esnasında, yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir ve kesici takım ucundan koparak takıma zarar verebilmektedir [40].

5.4. KESME KUVVETLERİ

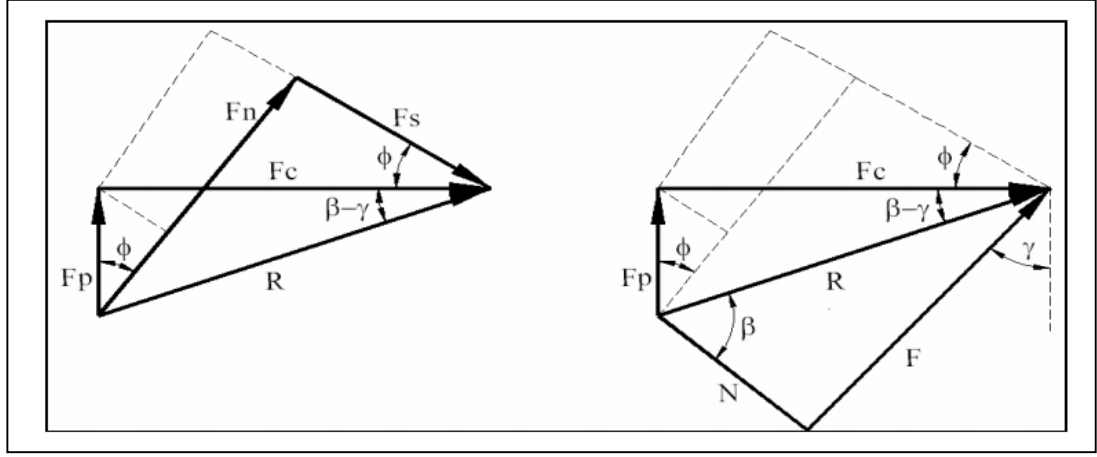
Talaşlı imalatın mekanik bir işlem olması ve kesici takımın iş parçasına girerek talaş kaldırması neticesinde iş parçası kesmeye karşı direnç gösterir ve bu durum kesme

kuvvetlerini meydana gelmektedir. Bu kesme kuvvetleri kesici takım üzerine yüksek basınç etkisine neden olduğundan kesici takımında meydana gelen mekaniksel aşınmanın nedeni bu kuvvetlerdir. Bunun yanı sıra iş parçasında meydana gelen deformasyon sertleşmesi de yine bu kuvvetlerin etkisiyle meydana gelmektedir.

Şekil 5.2’de kesme işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri gösterilmiştir. Buna göre, kesme işlemi esnasında ilerleme kuvveti (F_a), pasif kuvvet (F_p) ve esas kesme kuvveti (F_c) oluşmaktadır. Bileşke kuvvet (R) ise bu üç temel kuvvetin bileşkesidir. Bu üç kuvvetin haricinde kesim işlemi esnasında oluşan kuvvetlerde mevcuttur. Bunlar sürtünme kuvveti (F_s), kesme kuvveti (F) ve normal kuvvetlerdir (F_n).



Şekil 5.2. Kesme kuvvetleri diyagramı, a) dik kesme dairesel kuvvet diyagramı, b) tornalama da kesme kuvvetleri [40-43].



Şekil 5.3. Kesme kuvvetlerinin teorik hesaplaması [40].

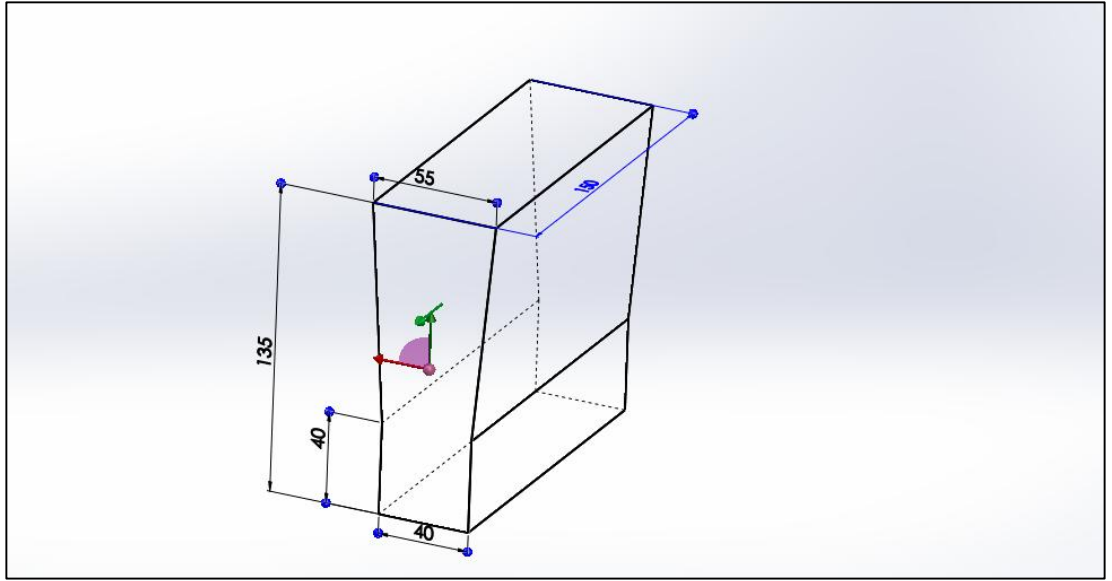
Kesme kuvvetlerinin teorik hesaplaması yukarıdaki kuvvet diyagramı kullanılarak yapılmaktadır. Buradaki üçgen yardımıyla oluşan kesme kuvvetleri hesaplanabileceği gibi, işleme esnasında dinamometre yardımıyla da ölçülebilmektedir. Esas kesme kuvvetinin büyüklüğü torku, yani talaş kaldırma için gerekli gücü etkilemektedir. Prensip olarak esas kesme kuvveti ile kesme hızının çarpımı talaş kaldırmak için gerekli olan gücü vermektedir [40].

BÖLÜM 6

DENEYSEL METOT

6.1. DENEY NUMUNESİ HAZIRLAMA VE DÖKÜM İŞLEMİ

Deneysel çalışmada kullanılan numune kalıpları karbondioksitle sertleşen reçine kum Y-blok kalıplara TSE TS-526 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Numunelerin işleme payları göz önüne alınarak hazırlanan Y-blok kalıbı Şekil 6.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Çekme ve diğer deney numunelerinin işlendiği Y-Blok kalıp modeli.

Deneysel çalışmada kullanılan numuneler 500 kg kapasiteli İndüktoterm marka induksiyon ocağında yapılmıştır. AISI 304 paslanmaz çelik hurdası yüklenmiş ve atmosferde ergitilmiş, malzeme sıvı hale geldikten sonra sıvı çelik üzerine perlit ilave edilmiş, sıcaklık 1635°C'ye çıktıktan sonra, tavlama yapılmıştır. Daha sonra döküm işleminden önce Al, Al-Ti-B ve Ferrobor ilavesi yapılmıştır. Sıvı maden

içerisine ilave edilecek Al-5Ti-1B ve ferrobor makine, teçhizat ve işçilere zarar vermemesi açısından nemli olmamasına özen gösterilmiş ve her ihtimale karşı döküme yakın zamanda ocağın yanında çok az miktarda da olsa ısıtılmıştır. Döküm işleminden önce sıvı AISI 304 paslanmaz çelik malzemeye farklı oranlarda Al-5Ti-1B master alaşımı ve % 10-20 oranlarda bor ihtiva eden ferrobor alaşımı ilave edilmiştir. Karbondioksitle sertleşen reçine kalıplara (Y-blok) 1635 °C sıcaklığında numune dökümü gerçekleştirilmiştir. Normal oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır [44].

Numune isimlendirmeleri, malzemelerin içerdiği bor oranlarına göre yapılmıştır. Böylelikle bor içermeyen numune B0, 10 ppm bor içeren B1 numaralı, 20 ppm bor içeren B2 numaralı, 40 ppm bor içeren numune ise B4 numaralı numune olarak isimlendirilmiş ve şekillerde bu isimlendirmeler kullanılmıştır [44].

Bu çalışmada kullanılan farklı bor bileşimlerine sahip AISI 304 paslanmaz çelik malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney numunesi AISI 304 paslanmaz çeliğinin bileşimi [44].

	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Al	Ti	B
B0	0,085	0,65	0,78	<0,001	<0,001	17,715	8,93	0,014	0,002	<0,001
B1	0,090	0,79	0,81	<0,001	<0,001	18,443	8,69	0,073	0,024	0,001
B2	0,089	1,29	0,98	<0,001	0,011	19,048	9,46	0,061	0,023	0,002
B4	0,085	1,20	1,05	<0,001	<0,001	18,793	8,96	0,052	0,023	0,004

6.2. MALZEME SERTLİK ÖLÇÜMÜ

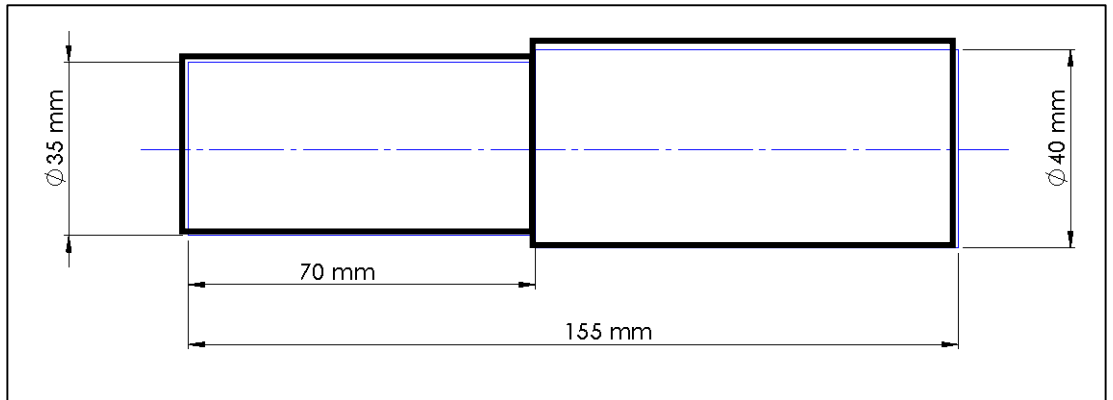
İşlenmeye hazır hale getirilen numunelerin sertlikleri Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü’nde bulunan tam otomatik sertlik ölçümü yapabilen QNESS marka Q250 M model sertlik ölçüm cihazı ile Brinell (HB) türünden sertlik ölçümü yapılmıştır. Her bir numune de üç farklı noktadan ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak çıkan değer numunenin sertlik değeri olarak kabul edilmiştir.

6.3. MALZEME MİKRO YAPISI

Malzeme mikro yapısı incelenmesi numuneler polisaj cihazı ile sırasıyla 200, 400, 600, 800, 1000, 1200 meshlik su zımparasıyla yüzeydeki pürüzler yok edilinceye kadar zımparalanmıştır. Bu yüzeyler sırayla 6 µm, 3 µm ve 1 µm elmas pastalar ile parlatılarak dağlamaya hazır hale getirilmiştir. Metalografik incelemeler için parlatılan ve dağlamaya hazır hale getirilen numuneler için % 90 saf su içerisine % Oksalik asit katılarak dağlama solüsyonu hazırlanmıştır. Numuneler dağlayıcı içerisinde elektroliz yöntemiyle 30-35 sn bekletilerek dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Dağlama işlemi tamamlandıktan sonra dağlanan yüzeyler alkol ile temizlenip kurutulmuş ve ardından Nikon marka 1000 X büyütme yapabilen optik mikroskopta incelemeye hazır hale getirilmiştir.

6.4. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

Dökümden çıkan parçalar, Y-Blok şeklinde olduğundan ve düzgün işlenmeye müsait olmadığından, Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Talaşı İmalat Atölyesi'nde bulunan üniversal torna yardımıyla işlenerek şekil 6.2'de verilen ölçülere getirilmiştir.

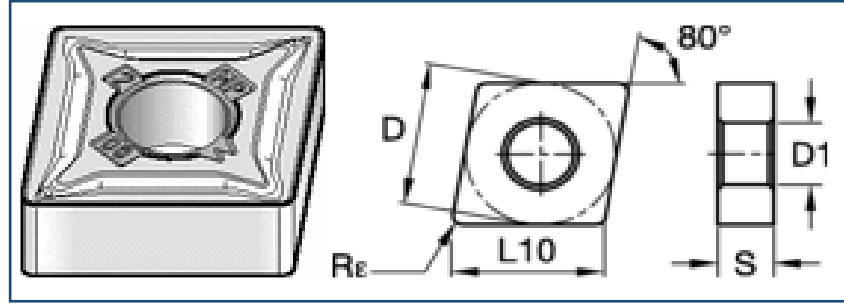


Şekil 6.2. Deney numunesi boyutları.

6.5. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ

Deneyleerde kullanılan kesici takımlar Kennemetal firması tarafından üretilmiş CNMG120404MP takım geometrisine sahip KCM25 ve KCM15 kalitedeki iki farklı kesici takım ile yapılmıştır.

KCM25 kalite kesici takım kobalt ile daha da sertleştirilmiş karbür malzeme üzerine CVD yöntemiyle TiN-MT-TiCN-Al₂O₃ kaplanmıştır. Bu CVD kaplama, östenitik paslanmaz çeliklerin genel amaçlı tornalama işlemleri için, çok yüksek olmayan ilerleme hızı ve kesme derinliğinde kullanılması amacıyla geliştirilmiştir. Yüksek aşınma direnci ve sertliğe sahiptir.

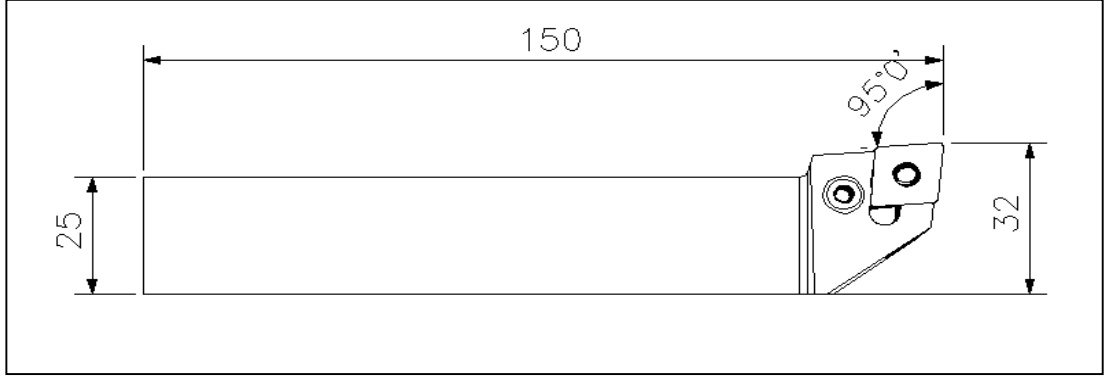


Şekil 6.3. Kesici takım geometrisi.

KCM15 kalite kesici takım ise çok katmanlı TiCVD-TiCN-Al₂O₃ CVD kaplamaya sahiptir. KCM15 kalite takımın özellikleri, bu ürünü östenitik paslanmaz çeliklerin basit ve orta zorluktaki tornalama işlemlerinde yüksek ilerleme hızında kullanılması amaçlanmaktadır. Bu kesici takımın geometrisi yığıntı talaş oluşumunu azaltacak şekilde tasarlanmıştır.

6.6. TAKIM TUTUCULAR

Deneyde Kennemetal firmasının ürettiği PCLNR 2525M 12 koduyla tanımlanmış takım tutucu kullanılmıştır. Takım tutucunun geometrisi ve ölçüleri Şekil 6.3.'te verilmiştir.



Şekil 6.4. Takım tutucu boyutları.

6.7. İŞLENEBİLİRLİK DENEYLERİ

Bütün deneylerde ilerleme hızı sabit 0,09 mm/dev seçilmiş olup, 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında ve 0,9 mm kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar sonrası, 140 m/dk kesme hızında daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiş olması nedeniyle 140 m/dk kesme hızlarında 0,5 ve 1,3 mm farklı kesme derinliklerinde de deneyler yapılarak kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi incelenmiştir. Her bir deney için farklı bir kesici takım kullanılmıştır. İşlenebilirlik deney tasarımı Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Farklı kesme hızlarında yapılan işlenebilirlik deney parametreleri.

Deney No	Malzeme No	Kesici Uç Kalitesi	Kesme Hızı (m/dk)	Kesme Derinliği
1	B0	KM 25	140	0,9
2			160	
3			180	
4			200	
5	B0	KM 15	140	
6			160	
7			180	
8			200	
9	B1	KM 25	140	
10			160	
11			180	
12			200	
13	B1	KM 15	140	
14			160	
15			180	
16			200	
17	B2	KM 25	140	
18			160	
19			180	
20			200	
21	B2	KM 15	140	
22			160	
23			180	
24			200	
33	B4	KM 25	140	
34			160	
35			180	
36			200	
37	B4	KM 15	140	
38			160	
39			180	
40			200	

Çizelge 6.3. 140 m/dk ile yapılan işlenebilirlik deney parametreleri.

Deney No	Malzeme No	Kesici Uç Kalitesi	Kesme Hızı (m/dk)	Kesme Derinliği
41	B0	KM 25	140	1,3
42	B0	KM 15	140	
43	B0	KM 25	140	0,5
44	B0	KM 15	140	
45	B1	KM 25	140	1,3
46	B1	KM 15	140	
47	B1	KM 25	140	0,5
48	B1	KM 15	140	
49	B2	KM 25	140	1,3
50	B2	KM 15	140	
51	B2	KM 25	140	0,5
52	B2	KM 15	140	
57	B4	KM 25	140	1,3
58	B4	KM 15	140	
59	B4	KM 25	140	0,5
60	B4	KM 15	140	

6.8. CNC TORNA TEZGAHI

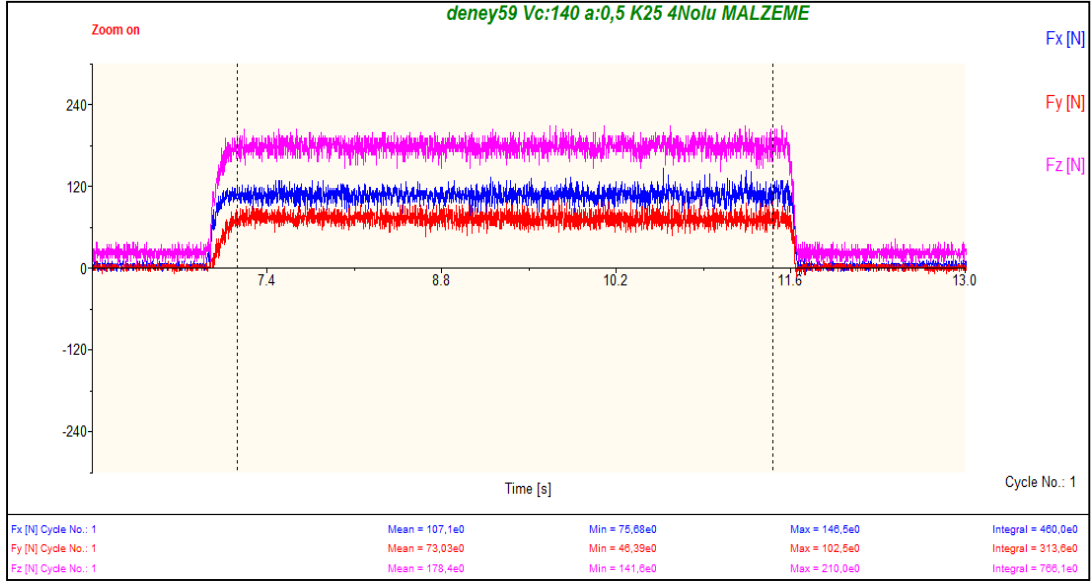
Deneyleerde kullanılmak üzere hazırlanan iş parçaları Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümünü atölyesinde bulunan FANUC kontrol ünitesine sahip Johnford TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgâhında işlenmiştir. Johnford TC-35 10 KW gücündedir ve iş mili değişken kademesiz hıza sahiptir (Şekil 6.4).



Şekil 6.5. Johnford TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgâhı.

6.9. KESME KUVVETLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Deney numunelerinin işlenmesi esnasında kuvvet ölçümleri KISTLER 9257A tipi piezoelektrik dinamometre ile ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin bilgisayarda grafik haline dönüştürülmesi için ise Dyno Ware Type 2825 Ai-2 programı kullanılmıştır. Ölçülen her bir kuvvet Newton değerindedir ve deney sonuçlarında her bir deney için ölçülen kuvvetlerin ortalaması kesme işlemi başladıktan sonra kesme kuvvetlerinin kararlı hale geldiği kararlı bölgeden alınan değerlerle hesaplanmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 6.6. DynoWare programıyla grafiği oluşturulan kesme kuvvetleri.

6.10. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülük değerleri ölçümü Mahr Perthometer M1 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Bütün yüzey pürüzlülük ölçümleri üç farklı noktadan yapılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazına ait teknik bilgiler Çizelge 6.4’de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri.

MODEL	Perhometer M1
Ölçme Hızı	150 $\mu\text{m}/\text{sn}$
Uç Malzemesi	Elmas
Kesme Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	1,75-5,6-12,5 mm
Tarama Hızı	0,5 mm/sn

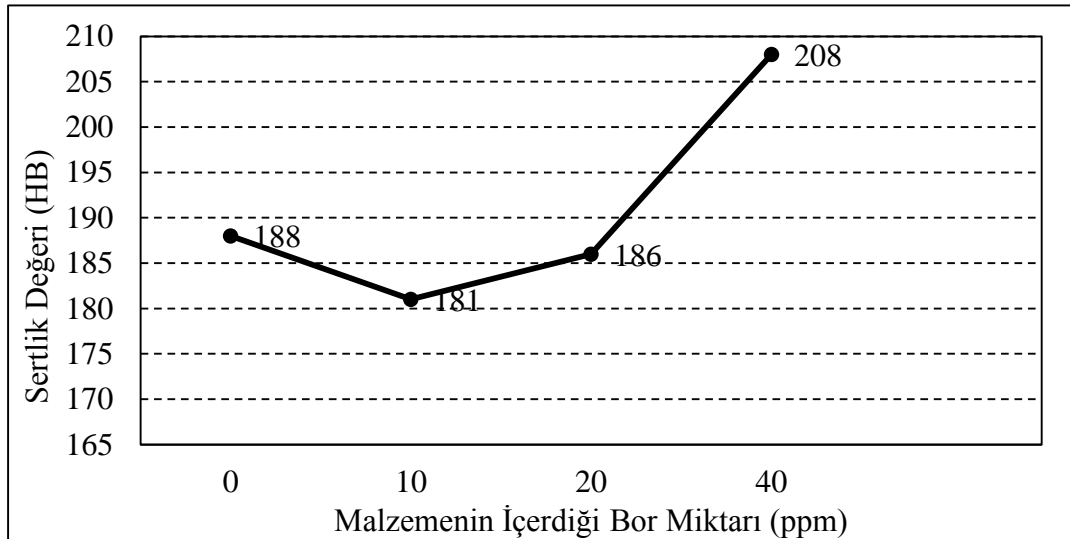
BÖLÜM 7

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

7.1. SERTLİK DEĞERLERİ

Deneysel numunelerinin ölçülen sertlik değerleri Şekil 7.1’de verilmiştir, B0 numaralı numunede ölçülen sertlik değeri 188 HB olurken B1 numaralı numunede bu değer %3,7 azalarak 181 HB ölçülmüştür. B2 numaralı numunede ölçülen sertlik değeri B0 numaralıya göre %1 azalarak 186 HB değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numunede sertlik değeri ise B0 numaralı numuneye göre %10,6 artarak 208 HB olmuştur. Literatürde bor ilavesinin sertlik değerini artırdığı bildirilmektedir. Bu nedenle sonuçlar literatürle de uyumludur.

Ancak sertlik değerinde daha fazla artış sağlanabilmesi için homojenleştirme tavanması yapılması gerekmektedir.

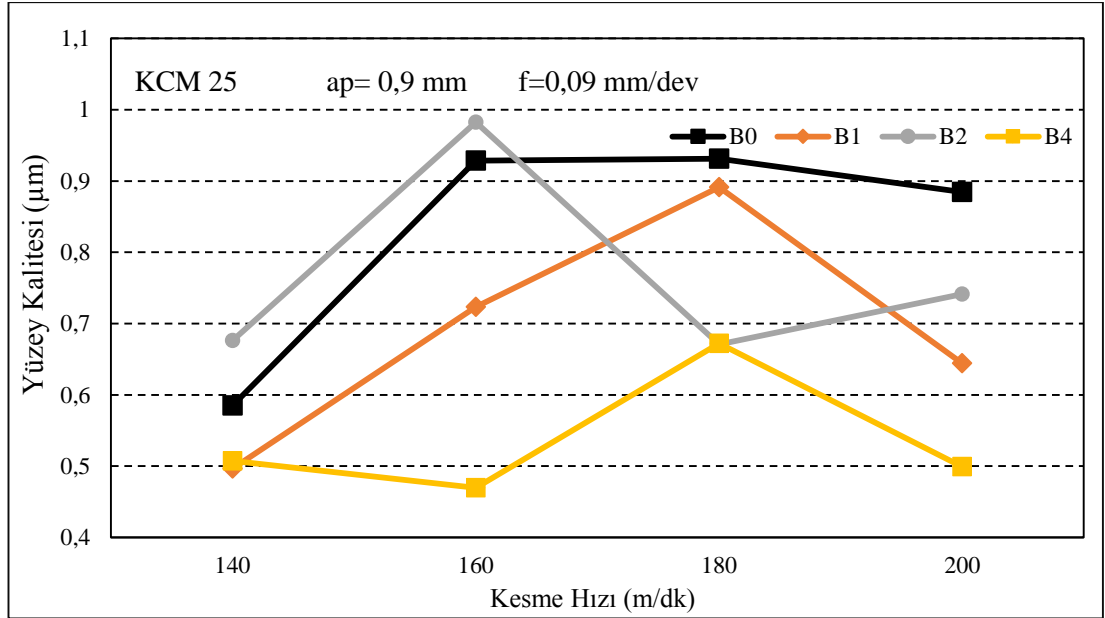


Şekil 7.1. Farklı oranlarda bor ilave edilen numunelerin sertlik değerleri.

7.2. KESME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

7.2.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Elde Edilen Sonuçlar

Kesme hızının yüzey pürüzlülük değerini incelemek amacıyla, genel işleme amaçlı hazırlanmış olan CVD kaplamalı KCM 25 kalite kesici takım ile deneyler yapılmıştır. KCM 25 kalite uç kullanarak yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.2’de verilmiştir.



Şekil 7.2. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin KCM 25 kalite takım ile farklı kesme hızlarında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.

B0 numaralı numune ile yapılan kesme hızının 140 m/dk ve kesme derinliğinin 0,9 mm olduğu deneylerde Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,585 µm ölçülmüştür. Bu değer 160 m/dk kesme hızında %58 artarak 0,928 µm olmuştur. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere göre %59 artarak 0,931 µm değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerine oranla %51 artarak 0,884 µm ölçülmüştür.

B1 numaralı numunenin 0,9 mm kesme kalınlığında 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,496 μm ölçülmüş ve 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde bu değer %46 artarak 0,723 μm değerinde ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde bu değer 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %80 artış göstermiş ve 0,891 μm olmuştur. 200 m/dk kesme hızına yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %30 artarak 0,644 μm değerinde ölçülmüştür.

B2 numaralı numune ile 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerde 0,676 μm olan Ra yüzey pürüzlülük değeri, 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde bu değer %45 artarak 0,982 μm ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerine oranla %0,9 azalarak 0,670 μm ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %9,6 artarak 0,741 μm değerinde ölçülmüştür.

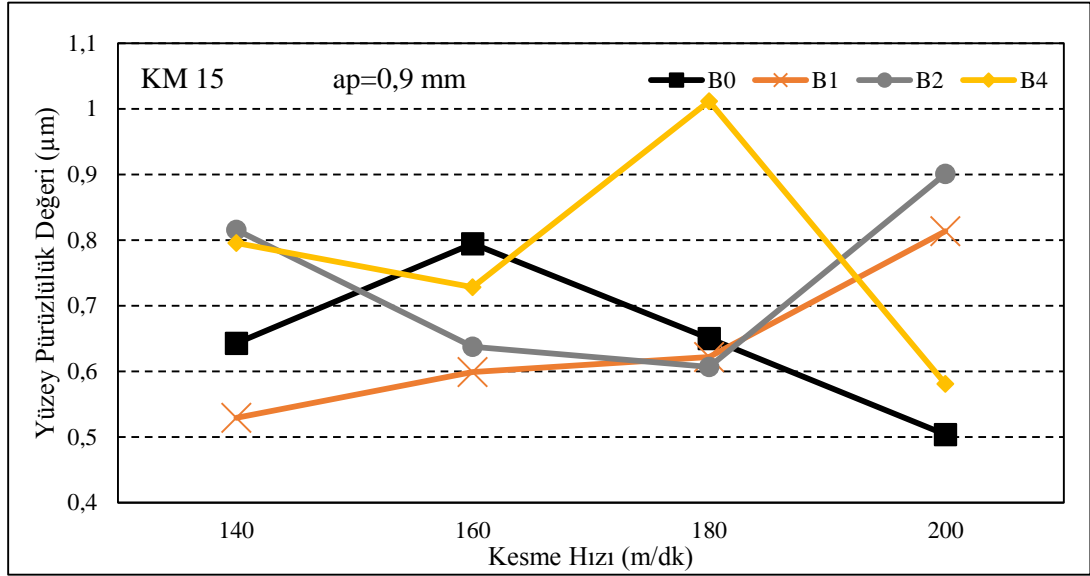
B4 numaralı numunede ise 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde 0,507 μm olarak ölçülen Ra yüzey pürüzlülük değeri 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde %8 azalarak 0,469 μm değerinde ölçülmüştür. Kesme hızının 180 m/dk olmasıyla yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %32 artarak 0,672 μm değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında 140 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerine oranla %1,6 azalarak 0,499 μm ölçülmüştür.

7.2.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Elde Edilen Sonuçlar

KCM 15 kalite kesici takım ile yapılan deneylerde elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.3’de verilmiştir buna göre elde edilen veriler şöyledir:

B0 numaralı numune ile 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde yapılan deneyler sonrası elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,643 μm ölçülürken, kesme hızının 160 m/dk olmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değeri %23

artarak 0,794 μm değerinde ölçülmüştür. Kesme hızının 180 m/dk olmasıyla yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerine oranla %1 azalarak 0,650 μm değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %22 oranında azalarak 0,503 μm ölçülmüştür.



Şekil 7.3. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin KCM 15 kalite takımıyla farklı kesme hızlarında ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri.

B1 numaralı numune de 140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde işlenmesiyle elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,529 μm ölçülmüştür. Numunenin 160 m/dk kesme hızında işlenmesiyle yüzey pürüzlülük değeri %13 artarak 0,599 μm değerinde ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %17 artarak 0,621 μm ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yüzey pürüzlülük değeri ise 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %54 artarak 0,813 μm değerinde ölçülmüştür.

B2 numaralı numunede 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerde oluşan Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,815 μm ölçülmüştür. Kesme hızının 160 m/dk olmasıyla yüzey pürüzlülük değeri %22 azalarak 0,637 μm ölçülürken, 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değeri

140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %25 azalarak 0,606 μm ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise 140 m/dk kesme hızında elde edilen değerlere oranla %10,5 artarak 0,901 μm değerinde ölçülmüştür.

B4 numaralı numunenin 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde işlenmesiyle oluşan Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,795 μm değerinde ölçülürken, 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise bu değer %8 azalarak 0,728 μm ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerden elde edilen yüzey pürüzlülük değerine oranla %27 artarak 1,011 μm ölçülürken, 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde %27 azalarak 0,581 μm ölçülmüştür.

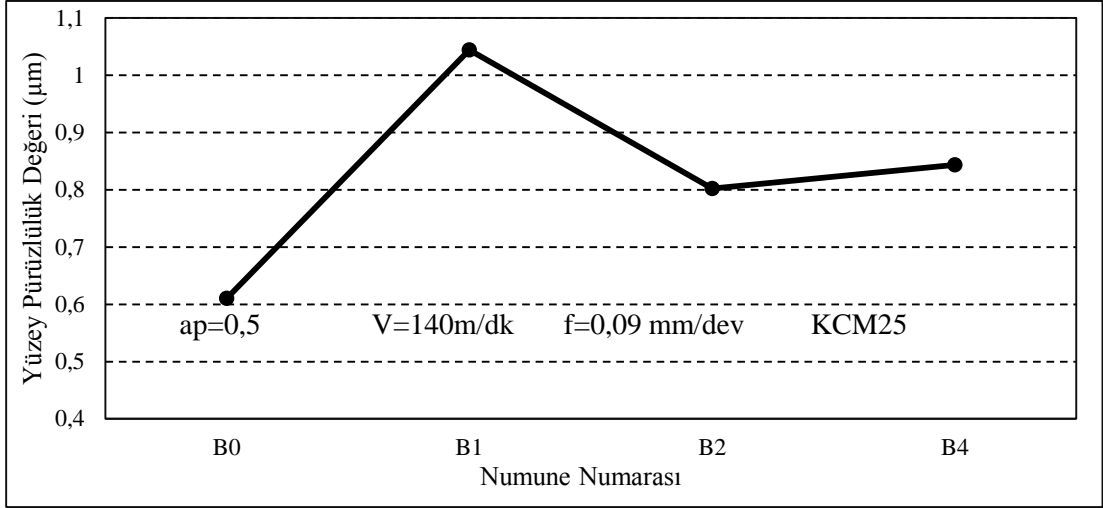
7.3. KESME DERİNLİĞİNİN FARKLI ORANLARDA BOR İÇEREN MALZEMELERİN İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Kesme derinliği ile malzemelerin içerdiği bor oranı arasındaki bağıntıyı tespit etmek niyetiyle yapılan deneyler KCM 15 ve KCM 25 kalite kesici takımlar kullanılarak yapılmıştır.

7.3.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım Sonuçları

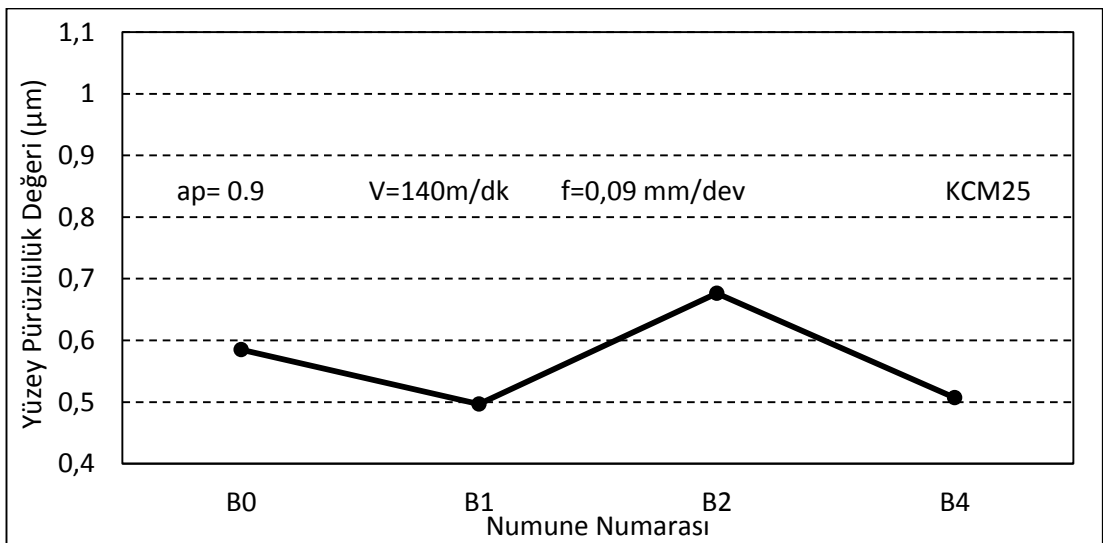
KCM 25 kalite kesici takım ile yapılan deney sonrası elde edilen veriler Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6 ve Şekil 7.7'de gösterilmiştir.

Kesme hızı 140 m/dk ve kesme derinliği 0,5 mm değerlerinde seçilerek yapılan deneyler sonucu ölçülen Ra yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.4'te verilmiştir. B0 numaralı numune de 0,610 μm olan değer, B1 numaralı numune de % 71 artış göstermiş ve 1,044 μm ölçülmüştür. B2 numaralı numune de işleme sonrası oluşan yüzey pürüzlülük değeri B0'a kıyasla %31 artarak 0,802 μm ölçülmüştür. B4 numaralı numunenin yüzey pürüzlülük B0 numaralı numuneye oranla %38 artarak 0,843 μm olarak ölçülmüştür.



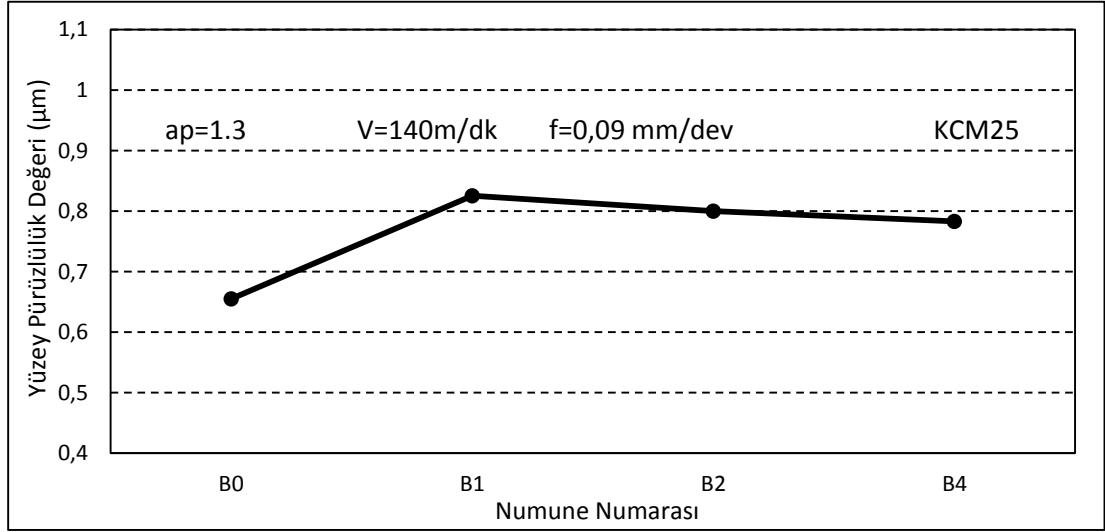
Şekil 7.4. 140 m/dk kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Numunelerin 140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde işlenmesi ile oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.5'te verilmiştir. B0 numaralı numunenin 140 m/dk ve 0,9 mm kesme derinliğinde işlenmesi sonucu oluşan Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,585 µm değerinde ölçülürken, B1 numaralı numunede bu değer %15 azalarak 0,496 µm değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede yüzey pürüzlülük değeri B0 numaralı numuneye oranla %15,5 oranında artarak 0,676 µm ölçülmüştür. B4 numaralı numunede B0 numaralı numuneye oranla %13 oranında azalarak 0,507 µm değerinde ölçülmüştür.

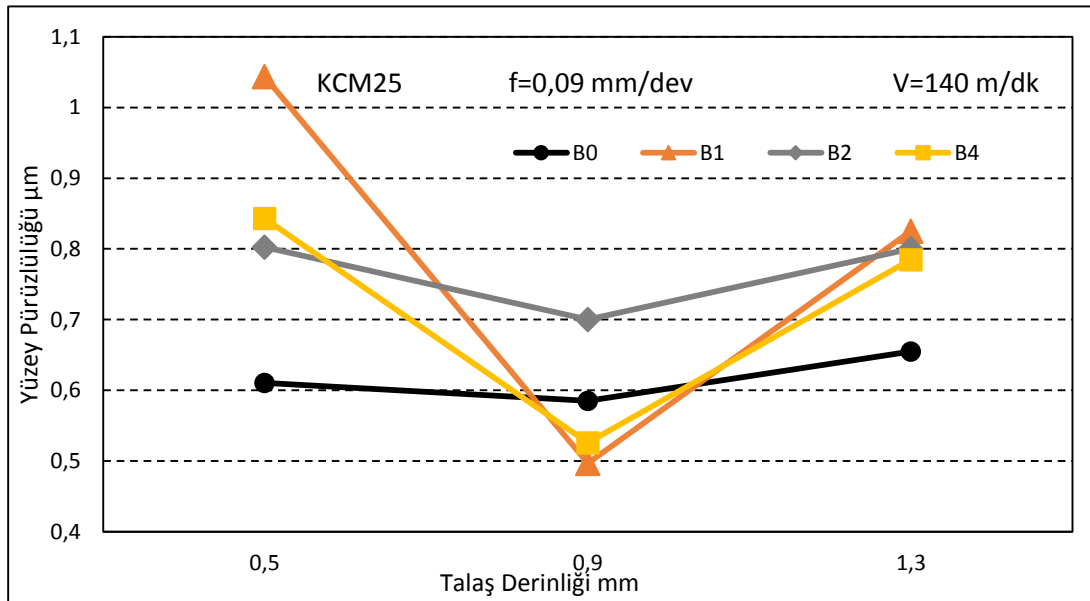


Şekil 7.5. 140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Numunelerin 1,3 mm kesme derinliği ve 140 m/dk kesme hızlarında işlenmesiyle oluşan yüzey pürüzlülük değeri Şekil 7.6'da verilmiştir. Buna göre, B0 numaralı numune de Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,655 μm ölçülmüştür. B1 numaralı numunede ise bu değeri %26 artarak 0,825 μm olmuştur. B2 numaralı numunede bu değeri B0'a oranla %22 artarak 0,800 μm değeri ölçülmüştür. B4 numaralı numune de bu değeri B0'a oranla %20 artarak 0,785 μm değeri ölçülmüştür.



Şekil 7.6. 140 m/dk kesme hızı ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değeri.

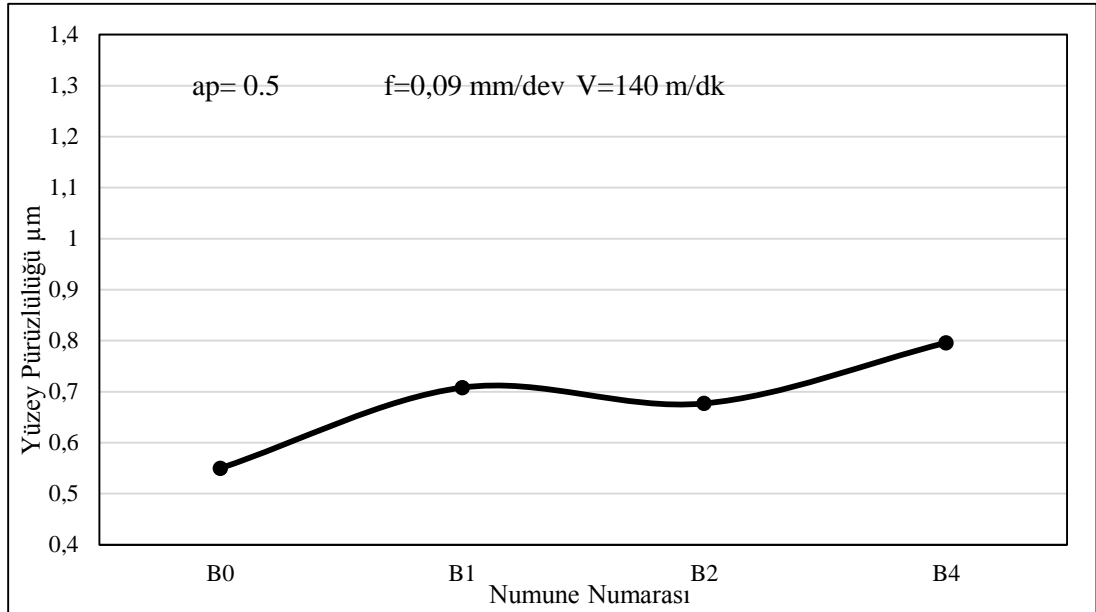


Şekil 7.7. Farklı kesme derinliği ile farklı oranlarda bor içeren numunelerin talaşlı imalat sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değeri.

7.3.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım Sonuçları

Kesme derinliği ve bor arasındaki bağıntının tespitinde KCM 15 kalite kesici takım kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen veriler şöyledir.

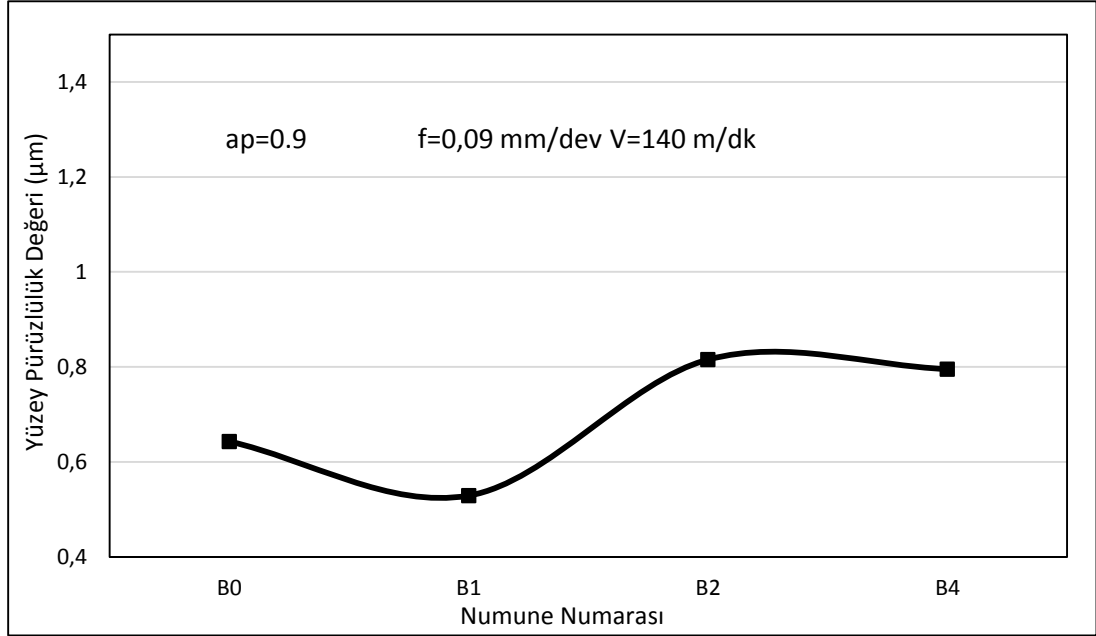
Kesme derinliği 0,5 mm ve 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde elde edilen veriler Şekil 7.8’de verilmiştir, bu verilere göre en düşük Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,572 μm ile B0 numaralı numunede gerçekleşmiştir. B1 numaralı numune aynı şartlar altında işlendiğinde oluşan yüzey pürüzlülük değeri %31 oranında artarak 0,749 μm ölçülmüştür. B2 numaralı numune de ise bu değer B0 numaralı numuneye oranla %24 artarak 0,710 μm değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numunede yüzey pürüzlülük değeri B0 numaralı numuneye oranla %34 artarak 0,765 μm değerinde ölçülmüştür.



Şekil 7.8. 140 m/dk kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

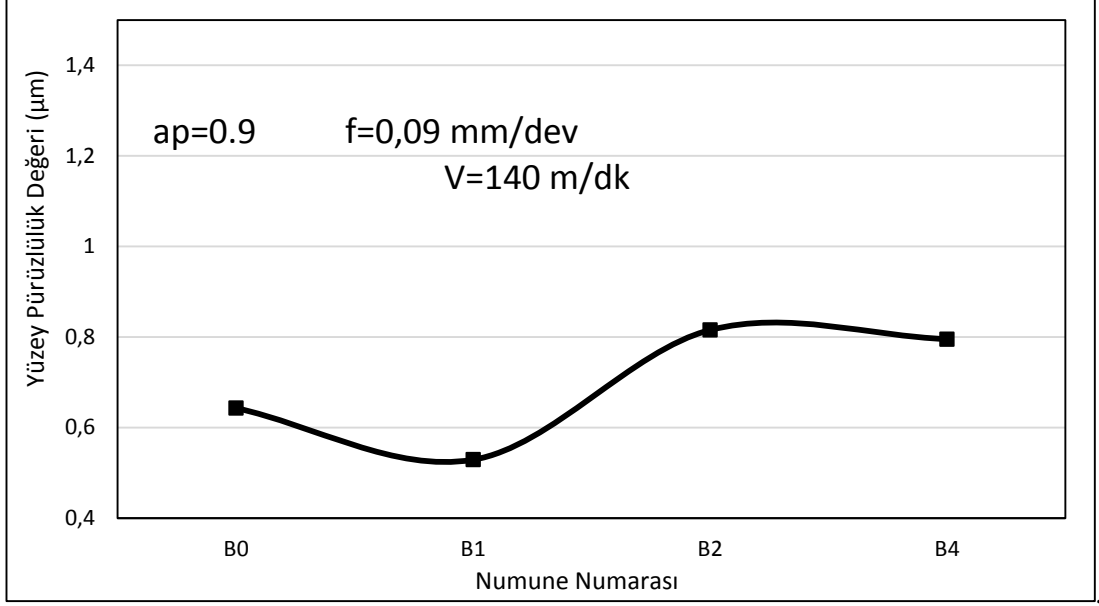
Farklı numunelerin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140 m/dk kesme hızında işlenmesiyle oluşan Ra yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.9’da verilmiştir, B0 numaralı numunenin işlenmesi sonrası oluşan Ra yüzey pürüzlülük değeri 0,643 μm olmuştur. B1 numaralı numunede bu değer %18 azalarak 0,529 μm değerine gerilemiştir. B2 numaralı numunede ise bu değer B0 numaralı numuneden elde

edilen değerlere oranla %26 artarak 0,815 μm değerine çıkmıştır. B4 numaralı numunede işleme sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri ise B0 ile elde edilen değere oranla %24 artarak 0,795 μm olmuştur.



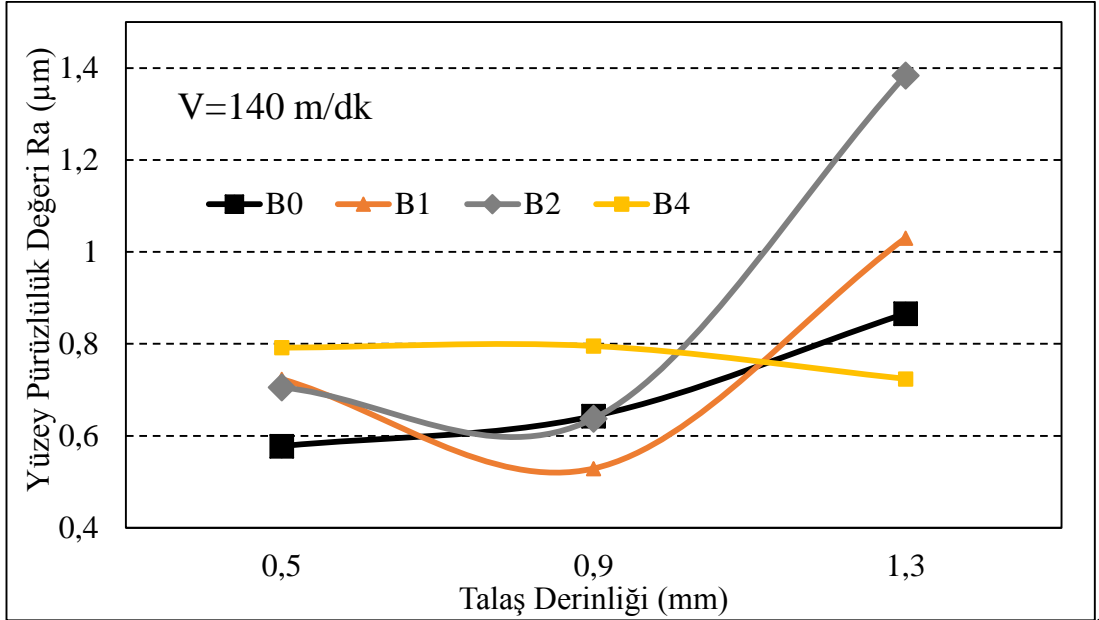
Şekil 7.9. 140 m/dk kesme hızı ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Kesme derinliğinin 1,3 mm ve kesme hızının 140 m/dk olduğu deneylerde ölçülen Ra yüzey pürüzlülük değerleri Şekil 7.10'da verilmiştir. B0 numaralı numunede 0,866 μm olarak ölçülen Ra yüzey pürüzlülük değeri B1 numaralı numunede %19 artarak 1,030 μm değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede ise bu değer B0 numaralı numuneden elde edilen değere oranla %60 artarak 1,384 μm ölçülmüştür. B4 numaralı numunede ise bu değer B0 numaralı numuneden elde edilen değere oranla %16 azalarak 0,724 μm ölçülmüştür.



Şekil 7.10. 140 m/dk kesme hızı ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

Şekil 7.11’de kesme derinliğini bor ilave edilmiş numunelerin işlenmesi sonrası oluşan yüzey pürüzlülük değerlerine olan etkisi verilmiştir.



Şekil 7.11. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin farklı kesme derinliklerinde talaşlı imalat sonrası elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri.

7.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Genel olarak sonuçlara bakıldığında takımının daha düşük hızlar ve kesme derinlik değerleri için tasarlanmış olması düşük kesme hızlarında daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmesine neden olmuştur. Düşük kesme derinliğinde uç radyüsüne göre talaş oluşumu düşük olduğundan dolayı yüzey pürüzlülük değeri yüksek çıkmıştır. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerindeki azalmalar yüksek kesme hızlarında oluşumu azalan BUE ile açıklanabilir [45,46]. İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan BUE kararsız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini arttırmaktadır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve kararsız olması durumunda yüzey pürüzlülük değeri daha da artarak, kötü bir yüzey oluşur. Kesme hızının artmasıyla BUE oluşumu azaldığı için yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha az bir etkiye sahip olur ve yüzey pürüzlülük değeri azalmaktadır. Artan kesme hızıyla BUE'nin etkisinin azalması sıcaklık artışıyla açıklanabilir. Yüksek kesme hızları daha çok sıcaklık artışına neden olacağı için kesici uçtaki BUE sertliğini ve dayanımını kaybederek devam eden kesme sürecinde üzerine gelen gerilmelere dayanamayarak kesici uçtan uzaklaştırılır. Dolayısıyla yüksek kesme hızları yığıntı talaş oluşma eğilimini azaltarak iş parçası yüzey pürüzlülük değerlerinin düşmesini sağlamaktadır [45,46]. Ancak bazı durumlarda yüzey pürüzlülük değerlerinde bor oranlarına göre yüzey pürüzlülük değerlerinde düzensiz artma ve azalmalar görülmüştür. Bunun nedeni ise malzeme üretiminden kaynaklanan üretim hataları olduğu düşünülmektedir.

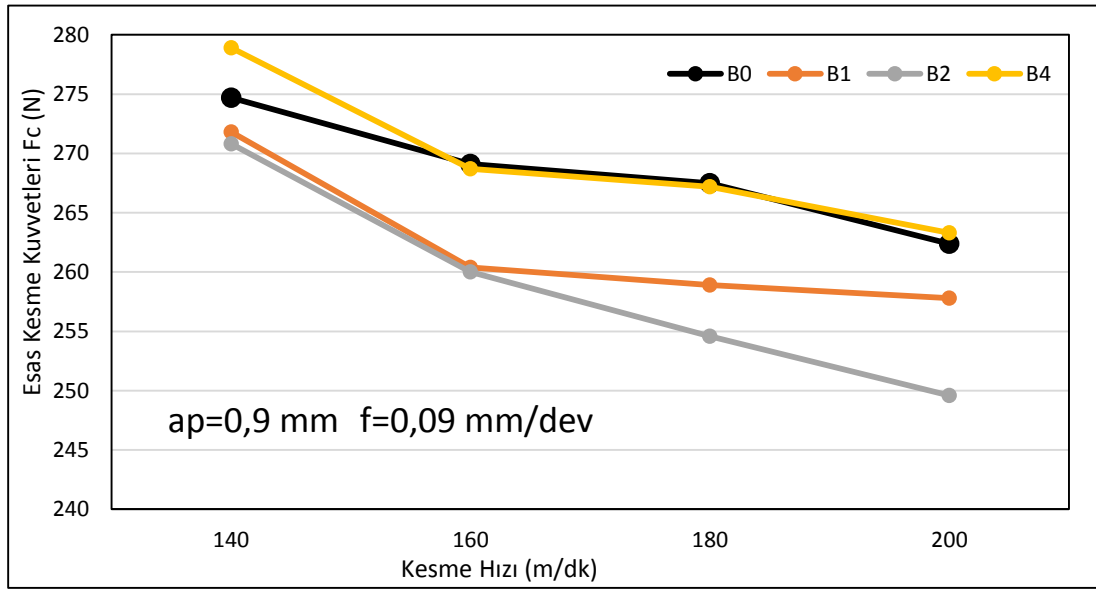
7.5. KESME HIZININ KESME KUVVETLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yapılan her bir deneyde işleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri dinamometre yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir.

7.5.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler

KCM 25 kalite kesici takım ile farklı kesme hızlarında (140, 160, 180, 200 m/dk) ve sabit talaş derinliğinde (0,9 mm) yapılan deneyler sonrası ölçülen esas kesme kuvvetleri incelenmiştir.

B0 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180, 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında ölçülen esas kesme kuvvetleri ortalaması Şekil 7.12'de verilmiştir. 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde B0 numaralı numunede en yüksek kesme kuvveti (274,7 N) ölçülmüştür. 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise bu değer %2 oranında azalarak 269,1 N ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında ise kesme kuvvetleri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değerlere göre %2,6 oranıyla azalarak 267,5 N ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında ise 140 m/dk kesme hızında elde edilen değerlere göre bu değer %4,4 oranında azalarak en düşük kesme kuvveti (262,4 N) ölçülmüştür.



Şekil 7.12. Numunelerin farklı kesme hızlarında KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

B1 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180, 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvvetleri ortalaması Şekil 7.12'de verilmiştir. 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde en yüksek kesme kuvveti (271,8 N) ölçülmüştür. Bu değer 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde %4,2 oranında azalarak 260,4 N değerinde ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise bu değer 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %4,7 oranında azalarak 258,9 N değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise kesme kuvvetleri 140 m/dk kesme hızında elde edilenlere oranla %5,1 oranında azalarak en düşük kesme kuvveti değeri (257,8 N) ölçülmüştür.

B2 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180, 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvvetleri ortalaması Şekil 7.12’te verilmiştir. 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde en yüksek kesme kuvveti (270,8 N) ölçülmüştür. Bu değer 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde kesme kuvvetleri %4 oranında azalarak 260 N ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında ise bu değer 140 m/dk kesme hızında elde edilen kesme kuvvetlerine oranla %6 oranında azalarak 254,6 N değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise kesme kuvvetleri 140 m/dk kesme hızında ölçülenlere oranla %7,8 oranında azalarak en düşük değerde (249,6 N) ölçülmüştür.

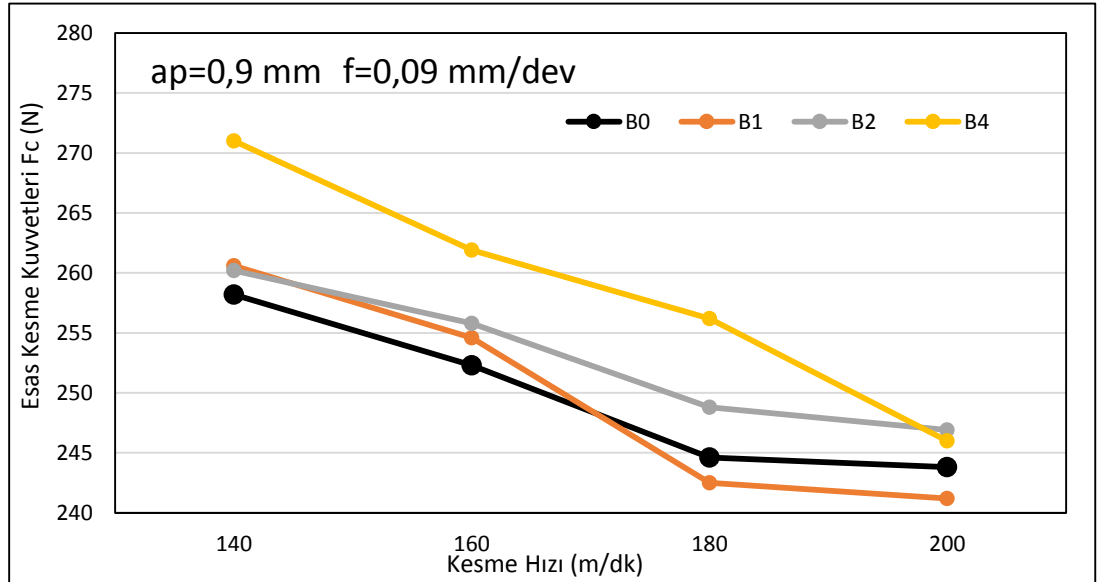
B4 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180, 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvvetleri ortalaması Şekil 7.12’te verilmiştir. 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde en yüksek kesme kuvveti (278,9 N) ölçülmüştür. 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise bu değer %3,7 azalarak 268,7 N değerinde ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ise kesme kuvvetleri 140 m/dk kesme hızında elde edilen değerlere oranla %4,2 azalarak 267,2 N ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında ise bu değer 140 m/dk kesme hızında ölçülen değerlere oranla %5,6 azalarak en düşük kesme kuvveti (263,3 N) ölçülmüştür.

Yapılan deneylerde bütün numunelerde benzer şekilde en yüksek kesme kuvveti en düşük kesme hızında (140 m/dk) elde edilmiştir. En düşük kesme kuvveti ise en yüksek kesme hızında (200 m/dk) elde edilmiştir. Kesme hızının artmasıyla tüm numunelerde kesme kuvveti benzer eğilimle azalmıştır. Bu durum işleme esnasında tüketilen enerjinin azalması ve üretim süresinin kısalması anlamına gelmektedir.

7.5.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler

KCM 15 kalite kesici takım ile 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında yapılan deneyler esnasında oluşan ortalama kesme kuvvetleri ölçülmüştür elde edilen veriler şöyledir:

B0 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliği ve 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri Şekil 7.13'da verilmiştir. Bu verilere göre, B0 numaralı numunenin 140 m/dk kesme hızında işlenmesi esnasında ölçülen ortalama kesme kuvveti değeri 258,2 N olmuştur. Bu değer 160 m/dk kesme hızında %2,3 azalarak 252,3 N olarak ölçülmüştür. Kesme hızı 180 m/dk ile yapılan deneylerde kesme kuvveti 140 m/dk kesme hızında elde edilen değerlere oranla %5,3 azalarak 244,6 N ölçülmüştür. Bu değer 200 m/dk kesme hızında 140 m/dk kesme hızında ölçülen değerlere oranla %5,6 azalarak 243,8 N değerinde ölçülmüştür.



Şekil 7.13. Numunelerin farklı kesme hızlarında KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

B1 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliği ve 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri Şekil 7.13'de verilmiştir. Bu verilere göre, B1 numaralı numunenin 140 m/dk kesme hızında işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvveti ortalaması 265,6 N olurken, 160 m/dk kesme hızında bu değer %4 azalarak 254,6 N ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında ise bu değer 140 m/dk kesme hızında ölçülen değere oranla %8,7 azalarak 242,5 N değerinde ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında ölçülen kesme kuvvetleri ise 140 m/dk kesme hızında ölçülen değerlere oranla %9,1 azalarak 241,2 N ölçülmüştür.

B2 numaralı numunenin 0,9 mm kesme derinliğinde ve 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvvetleri Şekil 7.13’de verilmiştir. Bu verilere göre, B2 numaralı numunenin 140 m/dk kesme hızında işlenmesi esnasında 260,2 N olan kesme kuvveti, 160 m/dk kesme hızında %1,7 azalarak 255,8 N ölçülmüştür. Kesme hızı 180 m/dk olduğunda bu değer 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %4,4 azalarak 248,8 N ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında ise bu değer 140 m/dk kesme hızında elde edilen değere oranla %5,1 azalarak 246,9 N ölçülmüştür.

B4 numaralı numunenin işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri değerleri Şekil 7.13’de verilmiştir. Buna göre, B4 numaralı numunenin 140 m/dk kesme hızında işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri 271 N olarak ölçülmüştür. 160 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde ortalama kesme kuvveti değeri %3,4 azalarak 261,9 N değerinde ölçülmüştür. 180 m/dk kesme hızında bu değer %5,5 azalarak 256,2 N ölçülmüştür. 200 m/dk kesme hızında ise %9,2 azalmış ve 246 N ölçülmüştür.

Deney sonuçlarına göre, yapılan tüm deneylerde en yüksek kesme kuvveti en düşük kesme hızında (140 m/dk) çıkmıştır. En düşük kesme kuvveti ise en yüksek kesme hızında (200 m/dk) kesme hızında elde edilmiştir. Kesme hızının artmasıyla tüm numunelerde kesme kuvvetleri benzer eğilimlerle azalmıştır (Şekil 7.12-Şekil 7.13).

7.5.3. Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

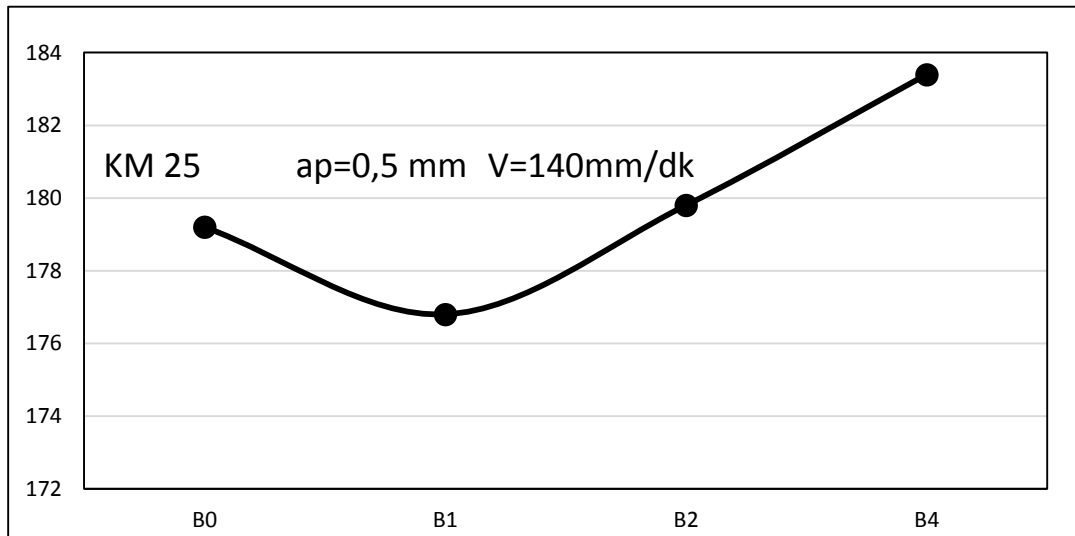
Farklı oranlarda bor içeren malzemelerin KCM 25 ve KCM 15 kalite kesici takımlar ile işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri değerlendirildiğinde, artan kesme hızının kesme kuvvetlerinin azalmasına neden olduğu görülmüştür. Artan kesme hızıyla birlikte kesme kuvvetlerinin azalmasının nedeni, kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım talaş temas uzunluğunun azalması ve kısmen de artan kesme hızı sonucu kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma dayanımının azalmasıyla açıklanabilir [45,46].

7.6. KESME DERİNLİĞİNİN KESME KUVVETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kesme derinliğinin kesme kuvveti üzerine olan etkisini incelemek amacıyla KCM 15 ve KCM 25 kalite kesici takımlar ile deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde, yüzey pürüzlülük değerlerinin 140 m/dk kesme hızında daha düşük çıkması sebebiyle 140 m/dk kesme hızı sabit tutulup, kesme derinliği 0,5 mm, 0,9 mm ve 1,3 mm değerlerinde farklı seçilerek kesme derinliğinin etkisi incelenmiştir.

7.6.1. KCM 25 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler

Kesme derinliğinin 0,5 mm ve kesme hızının 140 m/dk olarak seçildiği deneylerde ölçülen kesme kuvvetleri değerleri Şekil 7.14'te verilmiştir. Buna göre değerler şöyledir: B0 numaralı numunede ölçülen kesme kuvveti 179,2 N olurken B1 numaralı numunede bu değer %1,3 azalarak 176,8 N değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede ise kesme kuvvetleri B0 numaralı numuneye oranla %1,7 artarak 179,8 N değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numunede bu değer B0 numaralı numuneye oranla %2,2 artarak 183,4 N değerinde ölçülmüştür.



Şekil 7.14. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

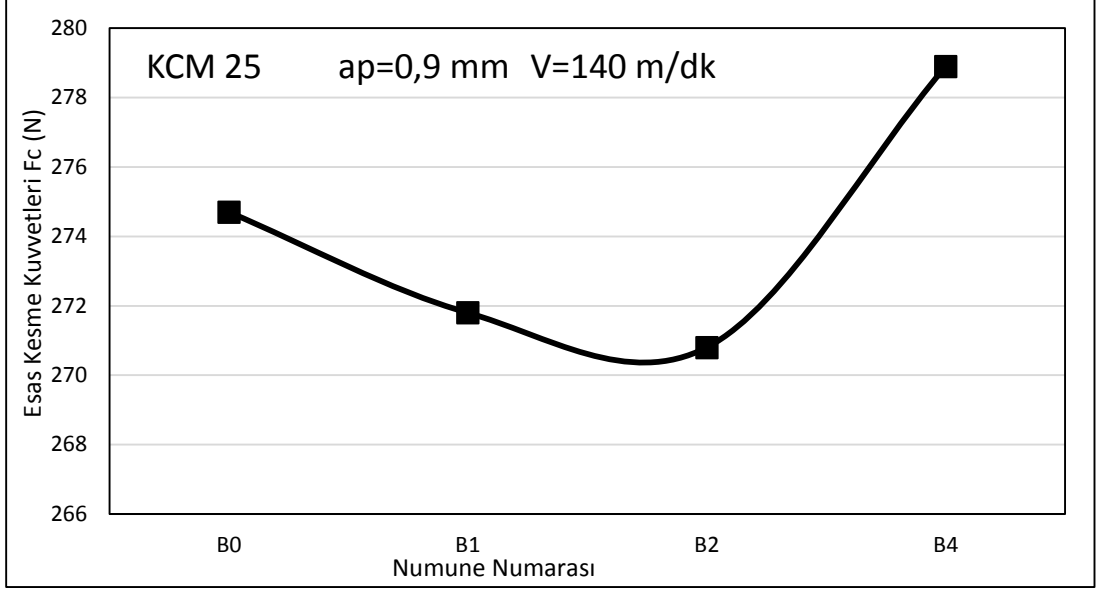
Yapılan deneylerde oluşan kesme kuvvetleri ile deneyi yapılan malzemenin sertliği karşılaştırıldığında benzer bir eğri görülmüştür. (Şekil 7.1)

Sertlik değeri en yüksek olan (208 HB) B4 numaralı numune ile yapılan kesme kuvveti deneylerinde B4 numaralı numuneden en yüksek kesme kuvveti değerinin (183,4 N) oluştuğu görülmüştür. Bunun nedeni ise bor ilavesi ile malzemenin kesme direncinin artması ile açıklanabilir.

Kesme derinliğinin 0,9 mm ve kesme hızının 140 m/dk olduğu deneylerdeki veriler Şekil 7. 15'te verilmiştir. Bu verilere göre çıkan sonuçlar şöyledir: B0 numaralı numunede işleme esnasında oluşan kesme kuvvetleri ortalaması 274,7 N değerinde ölçülmüştür. B1 numaralı numunede bu değer %1 azalarak 271,8 N değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede kesme kuvvetleri B0 numaralı numuneye oranla %1,5 azalarak 270,8 N ölçülmüştür. B4 numaralı numune ile yapılan deneyde oluşan kesme kuvvetleri ise %1,5 artarak 278,9 N ölçülmüştür.

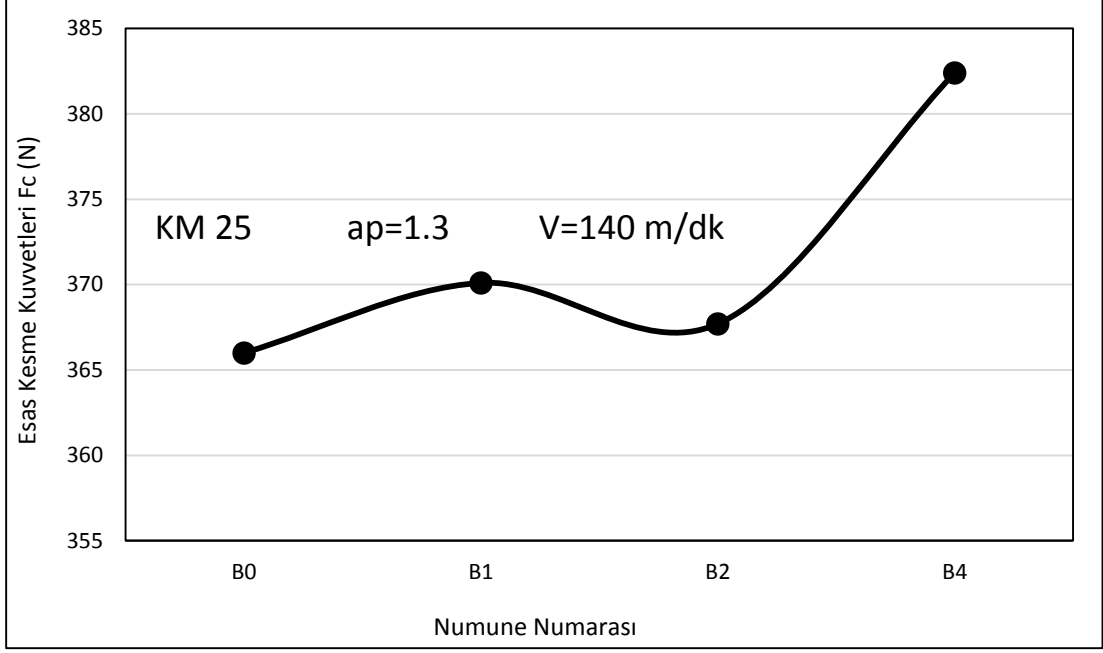
Yapılan deneylerde en yüksek kesme kuvveti ise B4 numaralı numune ile yapılan deneylerde elde edilmiştir. 0,9 mm kesme derinliği ile yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri 0,5 mm kesme derinliği ile yapılan deneylerden elde edilen kesme kuvvetlerine nazaran daha yüksek ölçülmüştür. Kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetleri yaklaşık %50 oranında artmasının nedeni, kesme derinliğinin artması ile kesme işleminde talaş kesitinin artması ile açıklanmaktadır.

0,9 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri ile 0,5 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri, deney yapılan malzemelerin sertlikleri ile orantılı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7.15. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

Kesme derinliği 1,3 mm ve kesme hızının 140 m/dk olduğu deneylerde bor ilavesinin kesme kuvvetine olan etkisi incelendiğinde ortaya çıkan veriler Şekil 7.16'da verilmiştir. Bu verilere göre sonuçlar şöyledir: B0 numaralı numunede kesme esnasında oluşan kesme kuvvetleri 366 N ölçülürken, bu değer B1 numaralı numunede %1 artarak 370,1 N değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunenin işlenmesi esnasında oluşan ortalama kesme kuvveti ise B0 numaralı numuneye oranla %0,5 azalarak 367,7 N değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numunede ile yapılan deneylerde ise kesme kuvvetleri B0 numaralı numuneye oranla %4,5 artarak 382,4 N ölçülmüştür.



Şekil 7.16. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 25 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

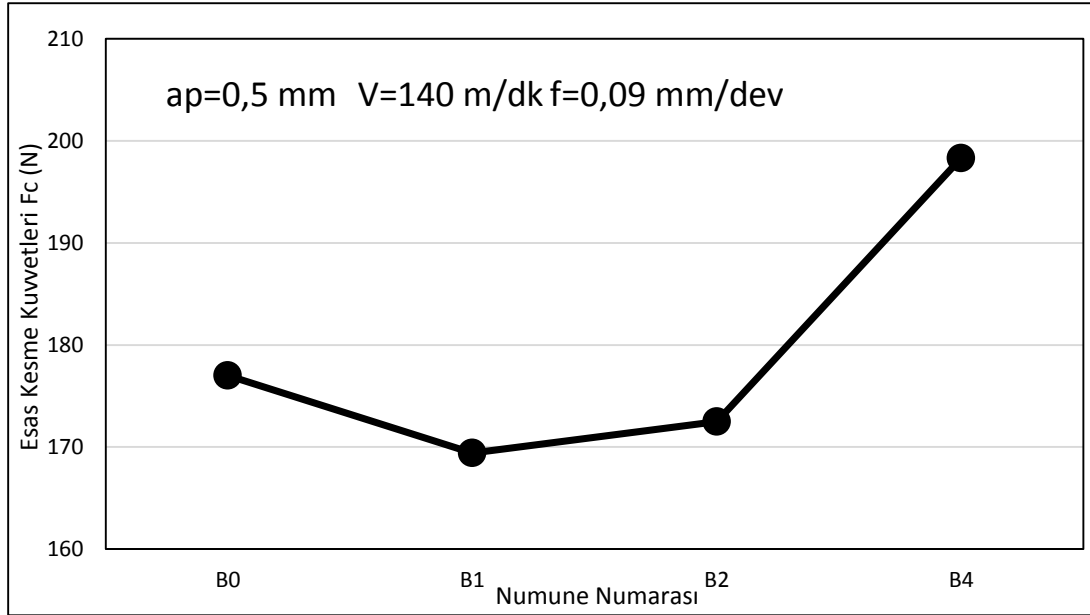
Kesme derinliği 1,3 mm olan numunelerde en yüksek kesme kuvvetleri ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti Şekil 7.16’da B4 numaralı numune ile yapılan deneylerde 382,4 N olarak ölçülmüştür. Bunun nedeni ise B4 numaralı numunenin sertliğinin en yüksek değerde (208 HB) olması ve kesme işleminde en büyük kesit alanının oluşmasından kaynaklanmaktadır.

7.6.2. KCM 15 Kalite Kesici Takım İle Yapılan Deneyler

KCM 15 kalite kesici takım ile 140 m/dk sabit kesme hızında, 0,5, 0,9 ve 1,3 mm farklı kesme derinliklerinde yapılan deneylerde oluşan ortalama kesme kuvvetleri incelenmiştir.

0,5 mm kesme derinliği ve 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar Şekil 7.17’de verilmiştir. Bu bilgilere göre, B0 numaralı numunenin işlenmesi esnasında ölçülen ortalama kesme kuvveti değeri 177 N olurken, B1 numaralı numunede bu değer %4 azalarak 169,4 N değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede ölçülen ortalama kesme kuvvetleri B0 numaralı numuneye

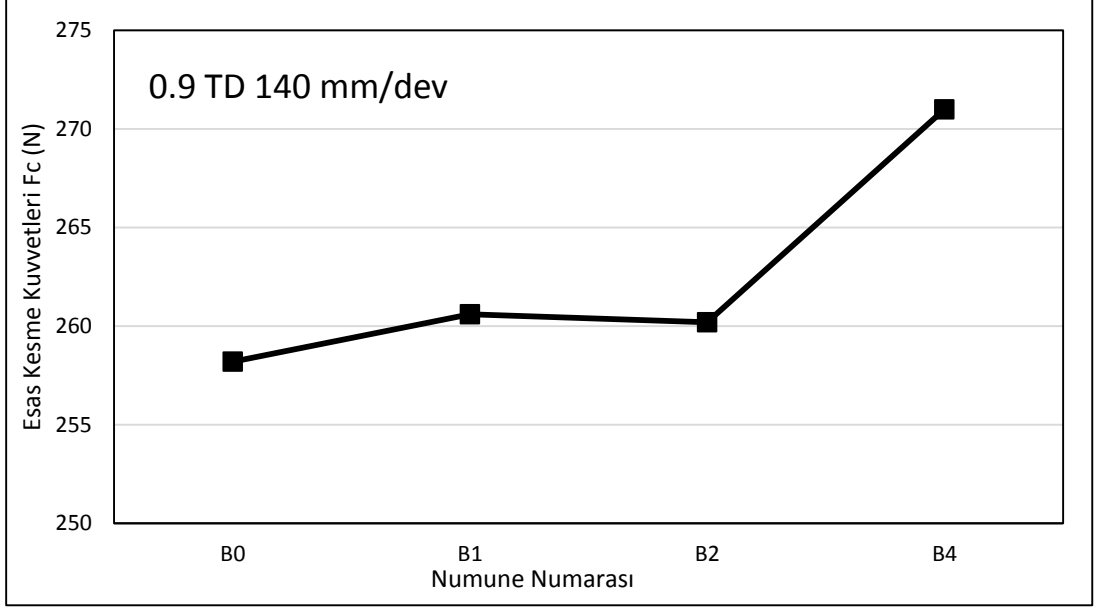
oranla %2,5 azalarak 172,5 N değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numunede bu değer B0 numaralı numuneye oranla %12 artarak 198,3 N ölçülmüştür.



Şekil 7.17. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,5 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

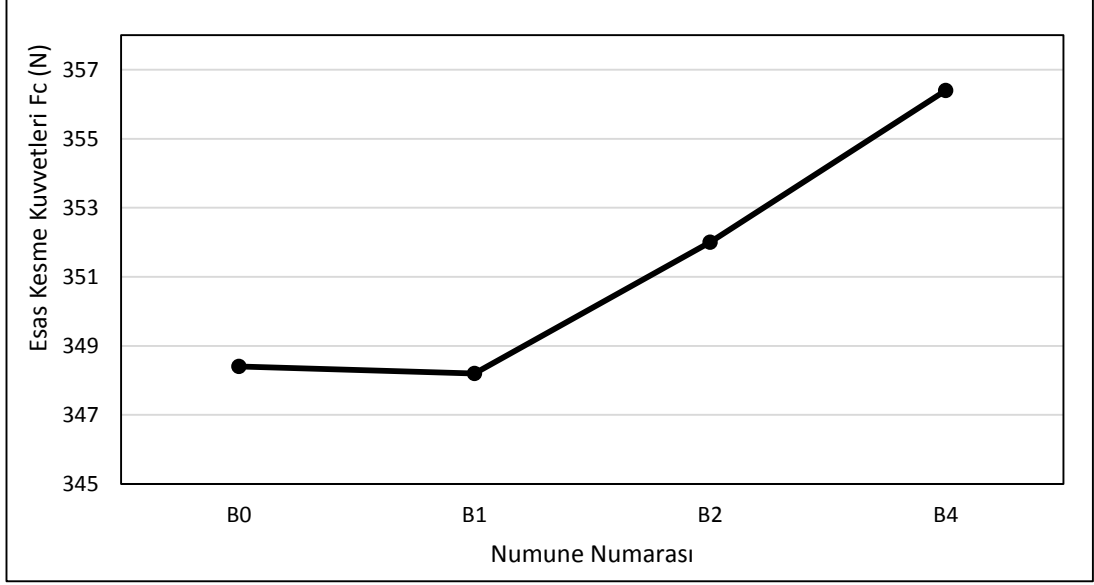
Kesme derinliği 0,5 mm ve 140 m/dk kesme hızında yapılan deneylerde B1 ve B2 numaralı numunelerde elde edilen kesme kuvvetleri yaklaşık aynı değerde ölçülürken en yüksek kesme kuvveti, sertliği en yüksek olan B4 numaralı numune de ölçülmüştür.

Kesme derinliğinin 0,9 mm ve kesme hızının 140 m/dk olduğu deneylerde elde edilen veriler Şekil 7.18’de verilmiştir. Buna göre, B0 numaralı numunenin işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri 258,2 N ölçülürken, bu değer B1 numaralı numunede %0,9 artarak 260,6 N ölçülmüştür. B2 numaralı numunede ise aynı değer B0 numaralı numuneye oranla %0,8 artarak 260,2 N değerinde ölçülmüştür. B4 numaralı numune de oluşan kesme kuvvetleri ise B0 numaralı numuneye oranla %5 artarak 271 N değerinde ölçülmüştür.



Şekil 7.18. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 0,9 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

Kesme derinliği 1,3 mm ve kesme hızının 140 m/dk olduğu deneylerde ölçülen kesme kuvvetleri Şekil 7.19’da verilmiştir. Buna göre elde edilen veriler şöyledir: B0 numaralı numunenin işlenmesi esnasında ölçülen kesme kuvveti değeri 348,4 N değerinde iken, B1 numaralı numune de bu değer %0,05 azalarak 348,2 N değerinde ölçülmüştür. B2 numaralı numunede bu değer B0 numaralı numuneye oranla %1 artarak 352 N olarak ölçülmüştür. B4 numaralı numunede ölçülen ortalama kesme kuvvetleri B0 numaralı numuneye oranla %2,3 artarak ve 356,4 N değerinde ölçülmüştür.

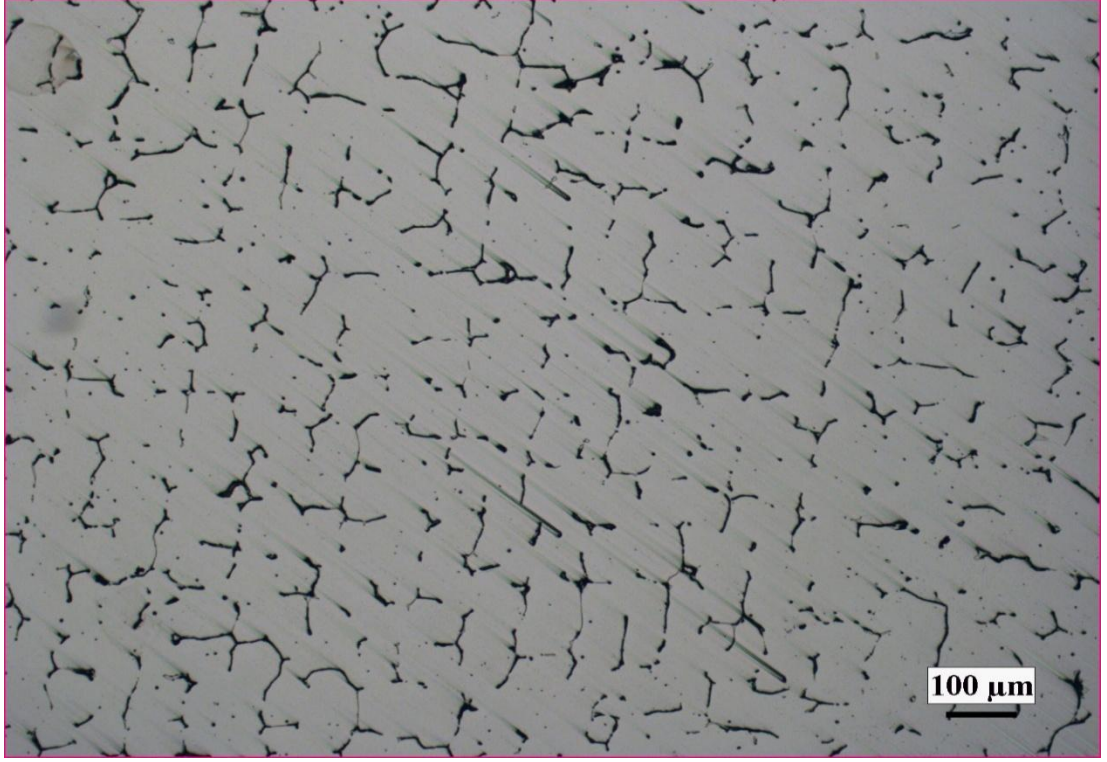


Şekil 7.19. Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM 15 kalite kesici takım ile işlenmesiyle oluşan esas kesme kuvvetleri.

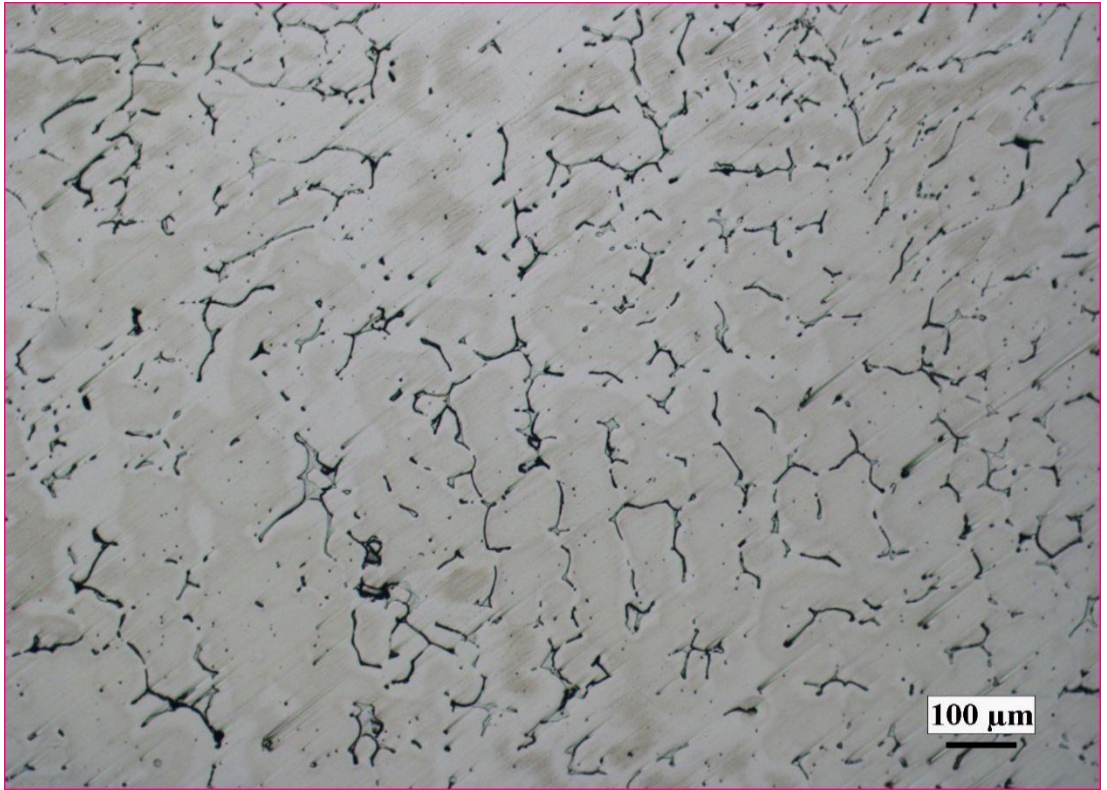
Farklı oranlarda bor içeren numunelerin 140 m/dk kesme hızında 0,5 mm, 0,9 mm ve 1,3 mm kesme derinliğinde KCM15 kalite kesici takımlarla yapılan deneylerde (Şekil 7.17, Şekil 7.18 ve Şekil 7.19) ölçülen kesme kuvveti değerleri grafiklerde benzer şekilde oldukları görülmektedir. Yapılan bütün deneylerde en yüksek kesme kuvvetleri B4 numaralı numune ile yapılan deneylerde ölçülmüştür.

7.7. MALZEME MİKROYAPISI

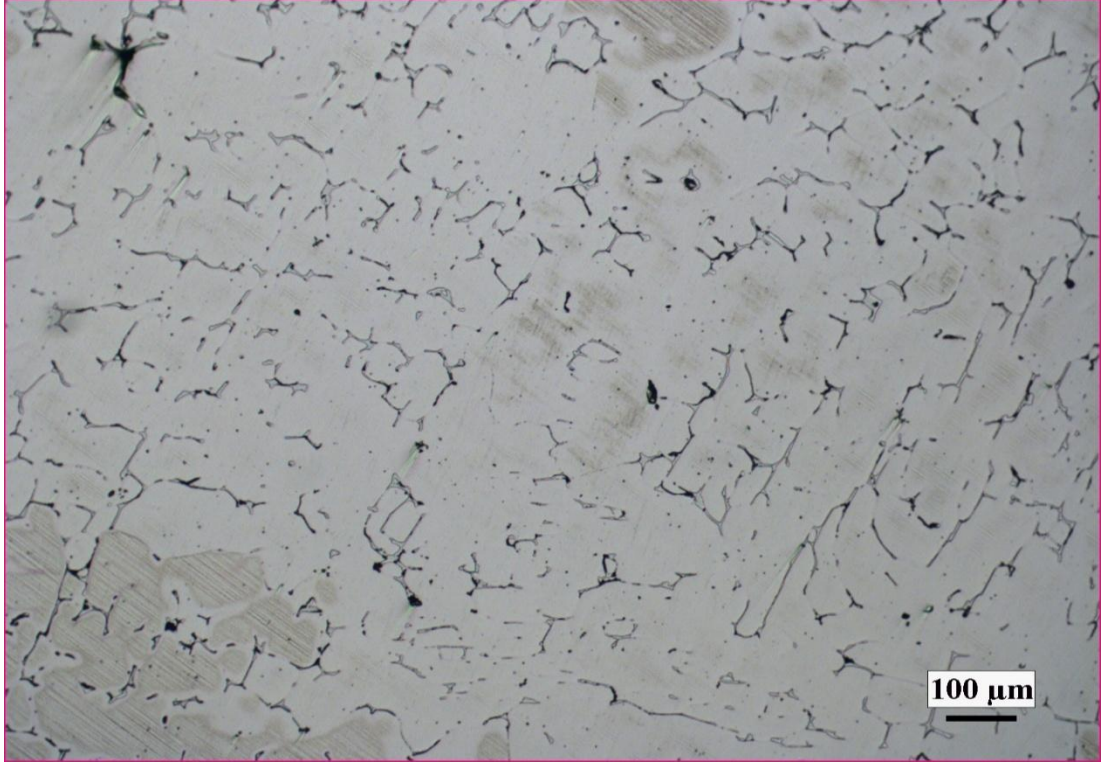
Deneylerde kullanılan malzemelerin mikro yapısı incelenerek, yüzey pürüzlülük değerlerinde meydana gelen dalgalanmaların nedeni araştırılmıştır. İncelenen mikro yapı görüntüleri sonucu, malzemelerin mikro yapısında ufak çatlaklar ve boşluklar olduğu görülmüştür. İşleme sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinde dalgalanmalara bu döküm hatalarının neden olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7.20. B0 numaralı numunenin mikro yapısı.



Şekil 7.21. B1 numaralı numunenin mikro yapısı.



Şekil 7.22. B2 numaralı numunenin mikro yapısı.



Şekil 7.23. B4 numaralı numunenin mikroyapısı.

7.8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

AISI 304 paslanmaz çeliği temel malzeme olarak seçilen bu deneyde, bor ilavesinin etkilerini incelemek için bor ilave edilmemiş AISI 304 malzemedan başka 10 ppm, 20 ppm ve 40 ppm bor ilave edilmiş toplamda 4 farklı deney malzemesi hazırlanmıştır. Deney malzemeleri dökümden Y-Blok şeklinde çıktıklarından dolayı üniversal torna yardımıyla silindirik hale getirilmiştir. CNC de işlenmeye hazır hale gelen numuneler, KCM 15 ve KCM 25 kalite kesici takımlar ile 140, 160, 180 ve 200 m/dk kesme hızlarında sabit 0,09 mm/dev ilerleme hızında ve sabit 0,9 mm kesme derinliğinde işlenmiştir. Ayrıca 140 m/dk kesme hızı ve 0,09 mm/dev ilerleme hızı sabit tutularak 0,5 mm, 0,9 mm ve 1,3 mm farklı kesme derinliklerinde işlenerek, kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine olan etkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmadan aşağıdaki sonuç çıkarılmıştır.

- 1- AISI 304 paslanmaz çeliğine bor ilave edilmesi bu çeliğin sertliğini genel olarak arttırmıştır. Literatürde de, çeliğe 50 ppm değerine kadar bor ilave edilmesinin sertliği arttırdığı bildirilmektedir. Ancak, elde edilen sertlik değerlerinin lineer olmamasının nedeni ise, malzemenin homojen bir yapıya sahip olmaması olduğu düşünülmektedir.
- 2- Yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığında, malzemenin işlenebilirliğe hazırlanması esnasında yüzeyinde meydana gelen yapısal değişiklikler ve bu nedenle sertliğinde meydana gelen değişikliklerle birlikte, malzemenin sünek yapısı ve çıkan sürekli talaşın olumsuz etkisi yüzey pürüzlülük grafiklerinde dalgalanmalara yol açmıştır.
- 3- KCM 25 kesici takım ile işleme esnasında en düşük kesme kuvveti B0 numaralı bor ilave edilmemiş malzeme de 140 m/dk kesme hızı ve 0,5 mm kesme derinliğinde 172,1 N olarak gerçekleşmiştir.
- 4- KCM 15 kesici takımda en düşük kesme kuvveti ise 10 ppm bor içeren numune de 140 m/dk kesme hızında ve 0,5 mm kesme derinliğinde 169 N olarak gerçekleşmiştir.

5- En yüksek kesme kuvveti değerleri bor oranı en yüksek olan numunelerde ölçülmüştür.

6- Kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetleri de artmıştır.

7- Yapılan deneylerde oluşan kesme kuvvetleri ile işlenebilirlik deneyleri yapılan numunelerin sertlik grafikleri karşılaştırıldığında benzer eğriler görülmüştür.

İlerde yapılacak çalışmalar için öneriler aşağıda sıralanmıştır.

1- Döküm işlemi ile mikro oranda alaşımlama yapıldığında, homojen bir yapı elde edildiğini teminat altına almak adına homojenleştirme tavlama yapılması gerekmektedir. Bu tavlama, malzemede yapısal olarak daha homojen bir oluşuma zemin hazırlayacaktır.

2- Bor ilave edilmiş paslanmaz çeliğe tavlama sonrası işlenebilirlik deneyleri yapılarak işlenen malzemenin yüzeyinde oluşacak hasarlar (kalıntı gerilmeler gibi) incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Ölmez, E., “Paslanmaz çelik üretiminde Al-Ti-B alaşımının mekanik özelliklere ve mikroyapıya etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, 1-83 (2014).
2. İnternet: World Stainless, “2013 Yılı Dünya Üretim İstatistiği”, http://www.worldstainless.org/crude_steel_production/crude_2013 (2013).
3. İnternet: Pxpccimnet, “Çelik Kataloğu AISI 304 Özellikleri”, <http://www.pxpccimnet.ch/alliages-precision/homepage.html> (2012).
4. Matik U., and Çıtak R., “Influence of Acidic and Alkali Electrolessnickel Coating Solutions on Coating Quality of Iron Based Parts Produced by Powder Metallurgy”, **J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.** 20: 239-246 (2005).
5. İnternet: ASM Aerospace Specification Metals Inc. ASM Material Data, “AISI Type 304 Stainless Steel“, <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MQ304A> (2015).
6. Swapagandha, S., “Machinability studies of Austenitic Stainless Steel (AISI 304) Using PVD Cathodic Arc Evaporation (CAE) system deposited AlCrN/TiAlN coated carbide inserts”, **Procedia Engineering**, 64: 908-913 (2013).
7. Korkut, I., Kasap, M., Çiftçi, I., and Seker, U., “Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel”, **Materials and Desing**, 25: 303-305 (2004).
8. Kulkarni, A. P., Joshi, G.G., and Sargade, V. G., “Dry turning of AISI 304 austenitic stainless steel using AlTiCrN coated insert produced by HPPMS technique” **Procedia Engineering**, 64: 737-746 (2013).
9. Xavior, M. A., “Evaluating the machinability of AISI 304 stainless steel using alumina inserts”, **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, 2: 841-846 (2012).
10. Chien, W. T., and Chou, C. Y., “The predictive model for machinability of 304 stainless steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, 118: 442-447 (2001).
11. Çiftçi, I., “Machining of austenitic stainless steels using CVG multi-layer coated cemented carbide tools”, **Tribology International**, 39: 565-569 (2006).

12. Ghali, N. S., El-Faramawy, H. S., and Eissa, M. M., “Influence of Boron additions on mechanical properties of carbon steel”, *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 11: 995-999 (2012).
13. Das, C. R., Albert, K. S., Swaminathan, J., Bhaduri, A. K., and Murty, B. S., “Effect of Boron on creep behaviour of inter-critically annealed modified 9Cr-1Mo Steel”, *Procedia Engineering*, 55:4 02-407 (2013).
14. Çalık, A., “Makine ve metalürji sanayinde bor kullanımı”, *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Isparta, 249-257 (2004).
15. İnternet: The SAO/NASA Astrophysics System, “Evidence of Boron in the Sun” <http://adsabs.harvard.edu/full/1928ApJ....68..327N> (2014).
16. İnternet: LennTech Water Treatment Solutions, “Bor(B) und Wasser”, <http://www.lenntech.de/pse/wasser/boron/bor-und-wasser.htm> (2014).
17. İnternet: Etimaden, “Türkiye’de Bor Üretiminin Tarihçesi”, <http://www.etimaden.govtr/bor-turkiye-tarihcesi-74s.htm> (2014).
18. İnternet: Balıkesir Valiliği, “Balıkesir İlinde Madencilik”, <http://www.balikesir.gov.tr/ustsayfa.php?id=42> (2014).
19. Google Maps, “Google Maps California”, *Google Maps* (2015)
20. Thompson, R, “Industrial Applications of Boron Compounds”, *International Symposium on Boron Chemistry*, Leeds, UK, 547-550 (1974).
21. Yılmaz, A.,. “Her derde deva hazinemiz Bor” *Bilim ve Teknik Dergisi*, Mayıs Sayısı, 38-48 (2002).
22. İnternet: Total Materia Materyal Kaynakları, “Boron in Steel: Part One”, <http://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&LN=DE &NM=212> (2007).
23. İnternet: Boren Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, “Bor Kullanım Alanları”, <http://www.boren.gov.tr/tr/bor/kullanim-alanlari> (2013).
24. İnternet: Etimine Eti Maden İşletmeleri USA, “Bor ve Kullanım Alanları”, <http://www.etimine.de/index-2.htm>.
25. Wanner, A., und Weidanmann, K., A., “Werkstoffkunde Maschinenbau”, ISBN 978-3-8274-2554-6_14, Werner Skolaut, *Springer*, Heidelberg, 337-546 (2014).
26. Fechter, T., A., “Fertigungstechnik Maschinenbau”, ISBN 978-3-8274-2554-6_29, Werner Skolaut, *Springer*, Heidelberg, 967-1158 (2014).
27. Alman Standartları Enstitüsü, DIN EN 10020, *Alman Standartları Enstitüsü* (2014).

28. Hochschule Bremen, Prof. Dr. -Ing. Uwe Reinert, Prof.Dr.-Ing. Rüdiger Schubert, Fachbereich Maschinenbau Ders Notları. (2015).
29. İnternet: Gözdem Paslanmaz Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., “Paslanmaz Çelik Nedir?”, <http://www.gozdempaslanmaz.com/paslanmaz-celik.asp?ha=1>, (2014).
30. C.J. Novak, in: D. Peckner, I.M. Bernstein (Eds.), Handbook of Stainless Steels, *McGraw-Hill*, New York,4-1-4-7.8, (1977).
31. İnternet: Satıtış Paslanmaz Çelik Merkezi, “Paslanmaz Çelik”, <http://www.saritas.com.tr/paslanmaz/?tab=Siniflari#!> (2014).
32. Bozkurt, N. “Bor Yardımıyla Çeliklerde Yüzey Sertleştirme” Doktora Tezi, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (1984).
33. Özsoy A., “Çeliğin Budanmasında Borür Tabakası, Geçiş Zonu ve Anamatriksin Özelliklerinin İyileştirilmesi”, Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir (1991).
34. Özbek, İ. “Borlama Yöntemiyle AISI M50, AISI M2 Yüksek Hız Çeliklerinin ve AISI W1 Çeliğinin Yüzey Performansının Geliştirilmesi” *SAÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta (1999).
35. Donald E. Garreth., “Borates Handbook of Deposits,Processing, Properties and Use”, ISBN:978-0-12-276060-0, *Academic Press*, ABD, (1998).
36. U. Schriever, “Untersuchungen zur Wirkungsweise der Elemente Bor, Titan, Zirkon, Aluminium und Stickstoff in wasservergüteten, schweißbaren Baustählen”, ISBN: 92-826-2593-3, *Europäische Kommission, Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, Generaldirektion Forschung und Innovation*, Brüksel (1991).
37. Roskil, “Bor Ekonomisi“ *Roskil Information Services LTD.*, 2 Clampham Road London, England, 145 (1999).
38. Özdemir, U., ve Erten, M., “Talaşlı imalat sırasında kesici takımında meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1:37-38 (2003).
39. Kuş, A., “AISI 53100 rulman çeliğinin tornalanmasında uygun kesici takım ve kesme parametrelerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 12-58 (2013).
40. Şahin, A., “Sertleştirilmiş Mikroalaşımli Çeliğin (30MnVS6) farklı kesicilerle işlenmesinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 33-48 (2013).

41. Groover, M.P, "Theory of Metal Machining", "Fundamentals of Modern Manufacturing" 4th ed. ,*Lehigh University*, ISBN 978-0470-467002, 484-486 (2010).
42. Akkurt, M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları", *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 8-107 (1992).
43. Mendi, F., "Takım tezgahları teori ve hesapları", *72 TDFO Ltd. Şti.*, Ankara, 17-34 (1996).
44. Ölmez, E., ve Çetin, M., "Bor ilavesinin 304 paslanmaz çelik malzemenin mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi", *International Iron & Steel Symposium*, Karabük, (2012).
45. Trent EM., *Metal Cutting, Butterworths Pres*, London, (1989).
46. Demir, H., ve Özlü, B., "Serleştirilmiş 30MnVS6 mikroalaşımli çeliğın kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliğin araştırılması", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25: 262-271 (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Serdar GÜLDİBİ 1988 yılında Çankırı’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Karatekin İlköğretim Okulunda tamamladıktan sonra, Nevzat Ayaz Anadolu Öğretmen Lisesi’nde eğitim aldı. Mustafa Kemal Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2010 yılında mezun oldu. Sırasıyla Paderborn Üniversitesi, Duisburg-Essen Üniversitesi ve RWTH Aachen Teknik Üniversitesi’nde almanca dil eğitimi aldı. ÖYP Araştırma Görevlisi olarak 2013 Ağustos ayında Karabük Üniversitesi’nde göreve başlaması nedeniyle, RWTH Aachen Teknik Üniversitesi’nden ayrılarak bu üniversitede yüksek lisansa başladı. Halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve 1 kızı olan Ahmet Serdar Güldibi, iyi derecede Almanca ve orta düzeyde İngilizce bilmektedir

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
B123

Tel : (0507) 173 9979

E-Posta : aserdarguldibi@karabuk.edu.tr

