

**KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR'İN (GGG-60)
İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİNİN
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ**

**2009
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU

**KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR'İN (GGG-60) İŞLENMESİNDE
KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ**

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Eylül 2009

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU tarafından hazırlanan “KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR’İN (GGG-60) İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ

Tez Danışmanı, Makina Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25/ 09/ 2009

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd.Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Yrd.Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ (GÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ (KBÜ)



23/10/2009

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

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ

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.”

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR'İN (GGG-60) İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ

Eylül 2009, 92 sayfa

Bu çalışmada KGDD'in değişik kesici takım geometrileri kullanılarak işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır. Deneylede iki tip uç geometrisi kullanılmıştır. Birinci geometri standart uç geometrisi, ikinci geometri ise wiper (silici) uç geometrisidir. Her geometri için üç adet uç radüsü (0,4; 0,8 ve 1,2 mm) olarak alınmıştır. Bu materyallerle üç kesme hızında (200, 275, 350 m/dak), üç ilerleme miktarında (0,05; 0,15 ve 0,25 mm/dev) ve 1mm kesme derinliğinde deneyler yapılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri yardımıyla wiper ve standart geometrinin KGDD üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kesici takım firmalarının wiper geometri için söyledikleri iki kat ilerlemeyle aynı yüzey pürüzlülüğü KGDD üzerinde yapılan deneylerde tüm parametreler için gerçekleşmemiştir. Fakat bazı parametrelerde wiper

geometri standart geometriye göre 4 kat daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmesini sağlamıştır. Deneyler sonucunda en iyi yüzey pürüzlülük değeri, 1,2 mm radüslü wiper geometri ile 350 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde 0,401 µm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Sözcük : Wiper geometri, standart geometri, KGDD, uç yarıçapı, yüzey pürüzlülüğü.

Bilim Kodu : 626.12.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE INFLUENCE OF CUTTING TOOL GEOMETRY ON SURFACE ROUGHNESS IN MACHINING OF DUCTILE IRON (GGG-60)

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Asst. Prof. Dr. Metin ZEYVELİ

September 2009, 92 pages

In this study, the surface roughness formed in machining of ductile iron (DI) was investigated using different cutting tool geometry. Two different types of cutting tool geometry were employed. The first one is standard cutting tool geometry while the second one is wiper cutting tool geometry. For the both geometries, three different nose radius (0,4; 0,8 and 1,2 mm) were selected. By using these materials, machining tests were carried out at three different cutting speeds (200, 275 and 300 m/min), three different feed rates (0,05; 0,15 and 0,25 mm/rev) and at 1 mm depth of cut.

The obtained surface roughness values were measured. With the help of the obtained surface roughness values, the influences of wiper and standard cutting tool geometry on DI were examined. For the wiper cutting tool geometry, the same surface roughness values at the two-fold feed rate in machining of DI which is suggested by the cutting tool manufacturers could not be achieved at all the cutting parameters.

However, the wiper cutting tool geometry provided a 4 times decrease in surface roughness at some cutting parameters when compared to the standard cutting tool geometry. The experimental results showed that the lowest surface roughness value of 0,401 μm was obtained with the 1,2 mm wiper cutting tool geometry at 350 m/min cutting speed and 0,05 mm/rev feed rate.

Key Words : Wiper Geometry, Standard Geometry, DI, Surface, Roughness
Nose Radius

Science Code : 626.12.01

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasında gerektiğinde bilgilerine baş vurduğum ve her türlü maddi manevi desteklerini esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ, Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİR ve Arő. Gör. Ahmet MEYVECİ'ye ve deneylerin yapılışında yardımcı olan Emre YURTKURAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
2.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR	2
BÖLÜM 3. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER.....	11
3.1. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TARİHÇESİ	11
3.2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TANIMI.....	12
3.3. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	13
3.4. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN ÇEŞİTLERİ	14
3.4.1. Ferritik Küresel Grafitli Dökme Demir	14
3.4.2. Perlitik Küresel Grafitli Dökme Demir	15
3.4.3. Ferritik-Perlitik Küresel Grafitli Dökme Demir	16
3.4.4. Martenzitik Küresel Grafitli Dökme Demir	16
3.4.5. Beynitik Küresel Grafitli Dökme Demir	17
3.4.6. Öztenitik Küresel Grafitli Dökme Demir	17
3.5. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ	19
3.5.1. Çekme Mukavemeti.....	19

	<u>Sayfa</u>
3.5.2. Yorulma Mukavemeti.....	19
3.5.3. Aşınma Direnci.....	19
3.5.4. Titreşim Söndürme	20
3.5.5. Termik Şok	20
3.5.6. Korozyona Direnç.....	20
3.6. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	20
3.7. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN KULLANIM SAHALARI	23
BÖLÜM 4. İŞLENEBİLİRLİKTE KULLANILAN TAKIM GEOMETRİSİ	25
4.1. KESİCİ TAKIM VE KESME AÇILARI.....	25
4.2. STANDART YARIÇAPLI UÇ GEOMETRİSİ.....	27
4.3. WİPER (SİLİCİ) UÇ GEOMETRİSİ.....	28
4.3.1. Wıper (Silici) Uç Geometrisinin Yapısı	29
4.3.2. Wıper Uç Geometrisinin Avantajları.....	30
4.3.3. Wıper Uç Geometrisinin Dezavantajları	31
4.3.4. Wıper İle Standart Uçun Kıyaslanmasıyla İlgili Yapılan Çalışmalar	32
BÖLÜM 5. İŞLENEBİLİRLİK	35
5.1. İŞLENEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN MALZEME ÖZELLİKLERİ.....	36
5.1.1. Sertlik Ve Dayanım	36
5.1.2. Süneklik	37
5.1.3. Isıl İletkenlik.....	37
5.1.4. Pekleşme	37
5.1.5. Kalıntılar	38
5.1.6. Kolay İşleme Katkıları.....	39
5.1.7. Malzemenin Yapısı.....	39
5.1.8. Malzeme İmalat Yönteminin Etkisi.....	41
5.1.9. Yüzey Düzgünlüğü Veya Düzensizliği	42
5.1.10. Alaşım Elementlerinin Etkisi.....	42
5.3. TAKIM ÖMRÜ	43

	<u>Sayfa</u>
5.4. DÖKME DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ	44
5.5. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ GEOMETRİSİ.....	47
5.5.1. Talaş Tipleri.....	48
5.5.1.1. Sürekli Talaş	49
5.5.1.2. Kesikli Talaş	49
5.5.1.3. Yığıntı Talaş.....	50
5.5.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Temel Parametreler	50
5.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	51
5.6.1. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	54
5.6.1.1. Kesme hızı, İlerleme Ve Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	55
5.6.1.2. Takım Uç Yarı Çapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	55
5.6.1.3. Titreşimin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	56
5.6.1.4. İş Parçasına Bağlı Faktörler	56
BÖLÜM 6. METERYAL VE DENEYSEL METOT	58
6.1. DENEY MALZEMESİ	58
6.2. DENEYDE KULLANILAN CNC TORNA TEZGAHI.....	59
6.3. DENEYDE KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR	60
6.4. DENEYDE KULLANILAN KESME PARAMETRELERİ	60
6.5. DENEYDE KULLANILAN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK CİHAZI	61
6.5.1. Teknik Özellikler	61
6.6. DENEYİN YAPILIŞI.....	62
BÖLÜM 7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	64
7.1. DENEY SONUÇLARI.....	64
7.2. STANDART YARIÇAPLI UÇ İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI.....	64
7.2.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü	65
7.2.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü	67
7.2.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü	69

Sayfa

7.3. WİPER GEOMETRİLİ UÇ İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI	72
7.3.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü.....	72
7.3.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü.....	74
7.3.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü	76
7.4. STANDART VE WİPER GEOMETRİLİ UÇ İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	78
7.4.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Geometrilik Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin Karşılaştırılması	78
7.4.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Geometrilik Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin Karşılaştırılması	80
7.4.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Geometrilik Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin Karşılaştırılması	82
7.6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Ferritik yapı, Büyütme: x 200 (50 µm)	15
Şekil 3.2. Sferoid yapı, Büyütme: x 600 (20 µm)	15
Şekil 3.3. % 50 Ferritik % 50 Perlitik Yapı, Büyütme: X 500 (20 µm).....	16
Şekil 3.4. Martenzitik Küresel Grafitli Dökme Demir Mikroyapısı. Temperleme Isıl İşlemi Görmüş(X100).....	17
Şekil 3.5. Farklı küresel Grafitli Dökme Demirlere Ait İçyapı Resimleri Ve Çekme Mukavemeti Değerleri	18
Şekil 4.1. (a, b) Torna Kalem Uç Açılımları	26
Şekil 4.2. Kesici Uç Yarıçaplı	27
Şekil 4.3. Yarıçaplı Uç Geometrisi	27
Şekil 4.4. Wiper (Silici) Uç Geometrisi	29
Şekil 4.5. Wiper Geometri Ve Standart Geometrilik Takımla İşlenen Parça Yüzeyleri	29
Şekil 4.6. Wiper Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğü Ve İlerleme İle İlişkisi	30
Şekil 4.7. Wiper Geometri İle Köşenin Oluşturulmaması.....	31
Şekil 4.8. AISI 4135 Malzemesinin İşlenmesinde İlerleme Ve Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	32
Şekil 4.9. Karbonlu Çeliğin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve İlerleme Değerleri.....	33
Şekil 4.10. AISI 1045 İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve İlerleme Değerleri.....	33
Şekil 4.11. AISI D2 Çeliğinin İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri.....	34
Şekil 5.1. (a, b) Talaş Oluşumu	48
Şekil 5.2. Sürekli Talaş	49
Şekil 5.3. Kesikli Talaş	49
Şekil 5.4. Yığıntı Talaş.....	50
Şekil 5.5. Yüzey Kalitesini Tayin Eden Faktörler.....	52
Şekil 5.6. Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	52
Şekil 5.7. Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Parametreler	54

Sayfa

Şekil 6.1. Deneş Numunesi.....	58
Şekil 6.2. Deneşde Kullanılan CNC Torna Tezşahı.....	59
Şekil 6.3. Kesici Takım.....	60
Şekil 6.4. Deneşde Kullanılan Yüzey Pürüzlülük Cihazı.....	62
Şekil 6.5. Numunelerin CNC Tezşahında İşlenmesi.....	63
Şekil 7.1. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	66
Şekil 7.2. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	67
Şekil 7.3. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	68
Şekil 7.4. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	69
Şekil 7.5. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	70
Şekil 7.6. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Uç Geometrisi.....	71
Şekil 7.7. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	73
Şekil 7.8. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	74
Şekil 7.9. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	75
Şekil 7.10. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	76
Şekil 7.11. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	77
Şekil 7.12. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Wiper Uç Geometrisi.....	78
Şekil 7.13. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi.....	79
Şekil 7.14. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,4 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi.....	80
Şekil 7.15. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi.....	81
Şekil 7.16. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 0,8 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi.....	82

Şekil 7.17. Kesme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi	83
Şekil 7.18. İlerleme Hızı-Yüzey Pürüzlülük İlişkisi, 1,2 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper Uç Geometrisi	84

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Farklı KGDD'lerin Mikro Yapıları.....	14
Çizelge 3.2. KGDD'in Mühendislik Özelliklerinin Diğer Malzemelerin Özellikleri İle Karşılaştırılması	18
Çizelge 3.3. TS (526/1977) Standardına Göre Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Sınıflandırılması	21
Çizelge 3.4. DIN Standartlarına Göre Küresel Grafitli Dökme Demirin Sınıflandırılması	22
Çizelge 3.5. Amerikan ASTM A536 –70'e Göre Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Sınıflandırılması	22
Çizelge 3.6. Fransız Standardına Göre Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Sınıflandırılması Verilmiştir	22
Çizelge 5.1. Dövme 18CrMo4 Çeliği İle KGDD'in İşlenebilirliklerinin Kıyaslanması	47
Çizelge 6.1. GGG-60 KGDD'in Kimyasal Bileşimi.....	59
Çizelge 6.2. GGG-60 KGDD'in Mekanik Özellikleri	59
Çizelge 6.3. Deneyde Kullanılan Kesme Parametreleri.....	60
Çizelge 6.4. Yüzey Pürüzlülük Cihazı Teknik Özellikleri.....	61
Çizelge 7.1. KGDD'in Standart Yarıçaplı Kesici Uç İle Değişik Parametrelerde İşlenmesiyle Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	65
Çizelge 7.2. KGDD'in Wiper (Silici) Kesici Uç İle Değişik Parametreleriyle İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Al	: Alüminyum
Ar	: Argon
Cu	: Bakır
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
Ce	: Seryum
Mg	: Magnezyum
Ap	: Talaş Derinliği
F	: İlerleme Miktarı
V	: Kesme Hızı
Ra	: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü

KISALTMALAR

AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)
ASTM	: American Society for Testing and Materials
DIN	: Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
EN	: Avrupa Normu
TS	: Türk Standardı
KGDD	: Küresel Grafitli Dökme Demir
HB	: Brinel Sertlik
ÖKGDD	: Öztemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demir
BSD	: Bilgisayar Sayısal Denetimli
CNC	: Bilgisayar Nümerik Kontrol
DDK	: Dökme Demir Küresel Grafitli
NFA	: Fransız Standardı

BS	: İngiliz Standardı
GOST	: Rus Standardı
CBN	: Kübik Bor Nitrür
SAE	: Otomotiv Mühendisleri Birliği
CVD	: Kimyasal Buhar Çökeltme
BUE	: Yığıntı Talaş
ISO	: Milletlerarası Standardizasyon Teşkilatı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Küresel grafitli dökme demirler diğer dökme demir türlerine göre daha yüksek dayanım, süneklik, tokluk gibi bazı özelliklere sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde çeliklerin yerine kullanılmaya başlamaları KGDD'in kullanım alanlarını önemli ölçüde arttırmıştır. Küresel grafitli dökme demirlerin son şekle yakın dökülebilmeleri ve çeliklere nazaran daha kolay işlenebilmeleri sayesinde bir çok makina parçalarının imalatında kullanılmaktadır.

Makinayı oluşturan parçalar genellikle birbirleri üzerinde hareket ederek işlevlerini yerine getirirler. Yaptıkları bu hareket sonucunda bir sürtünme oluşmaktadır. Sürtünme ile zamanla makina parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmektedir. Mühendislik problemlerinin başında gelen aşınma, makinaların ömrünü belirleyen en önemli faktörlerden biridir [1]. Aşınmayı tamamen engellemek mümkün değildir. Fakat daha kaliteli malzeme kullanarak, parçayı daha kaliteli bir malzemeyle kaplayarak veya yüzey kalitesini artırarak aşınmayı azaltmak mümkündür.

Yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için değişik imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar taşlama, honlama, lebleme vb. işlemlerdir. Torna tezgahında hassas işleme ile de belirli bir ölçüye kadar yüzey kalitesi yükseltmek mümkündür. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda değişik kesme parametreleri ve değişik kesici takım geometrileri kullanılarak yüzey pürüzlülüğü en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Talaşlı üretim yapılan fabrika ve atölyelerde üretimin ana hedeflerden biri malzemenin en ekonomik yolla üretimidir. Uygun seçilmeyen bir üretim şekli, maliyetin artmasına ve imalat kalitesinin düşmesine neden olmaktadır [2]. Torna tezgahında istenilen yüzey kalitesi elde edildiğinde taşlama, honlama, lebleme gibi işlemlere gerek kalmamaktadır. Bu sayede işleme zamanı azalacak, ilave bir tezgaha ve daha kaliteli malzemeye gerek kalmayacağından üretim maliyetinde önemli

oranda düşüş görülebilmektedir. Yüzey pürüzlülüğünün iyi olması, kullanılan malzemenin kopma direncinin artması için gerekli bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü kötü olan malzeme pürüzlülüğü iyi olan malzemeye kıyasla daha çabuk kopabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı yüzey pürüzlülüğü talaşlı imalat için büyük önem arz etmektedir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Gerek talaşlı imalat yöntemlerinin çeşitliliği ve talaş kaldırma şartlarındaki değişim, gerekse talaşlı imalatta kullanılan takımların çok farklı geometride ve değişik malzemeden yapılmış olması nedeniyle literatürde bu konuda ile ilgili değişik çalışmalar bulunmaktadır [3].

Souza vd, yaptıkları çalışmada iki tip yüzey frezeleme sistemi ile gri dökme demirin yüksek hızda işlenmesi araştırmışlardır. İlk sistemde 24 adet kare wiper geometrili seramik uç ile işlem yapılmış, ikinci sistemde ise 24 tane wiper ucun 20 tanesi Si₃N₄, 4 tanesi de PCBN uçtan oluşan sistem kullanılarak işlemi gerçekleştirmişlerdir. Kesme hızı kesme derinliği ve ilerleme oranları sabit alınarak yüzey pürüzlülüğü ve dalgalar takım ömrü (yanak aşınması) parametrelerinin iki sistem arasında karşılaştırmasını yapmışlardır. İkinci sistemin daha iyi sonuç verdiğini görmüşlerdir [4].

Özel vd, wiper geometrili seramik takım ile AISI D2 çeliğinin son işleminde takım yanak aşınmasını araştırmışlardır. Çoklu regrasyon modelleri ve yapay sinir ağları modellerin yüzey pürüzlülüğü ve takım yanak aşınmasının tahmini için geliştirmişlerdir. Yapay sinir ağ modelinde ölçülen kuvvetler, güçler algoritmanın oluşturulmasında kullanmışlardır. Wiper geometrili takımlarla yapılan bu çalışmada en düşük yüzey pürüzlülüğünü (Ra) 0,18-0,20 µm olarak elde etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada yapay sinir ağları ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve takım yanak aşınması uygulamadan elde edilen verilerle karşılaştırılmış, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü tahmininde yapay sinir ağlarının kesme parametreleri aynı veya yakın bir değerde çıktığını ortaya koymuşlardır [5].

Çiftçi vd, SiC/Al metal matrisli kompozit malzemelerin (SiC partiküllerinin oranı 45 ve 110 µm büyüklüğündeki parçacıkların) işlenebilirliğini incelemişlerdir. Bu malzemelerin CBN kesici takım ile değişik kesme hızları altında sabit ilerleme orana ve kesme derinliğinde işlenebilirliğini test etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünü de araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlardan takım aşınmasında yanak aşınmasının çoğunlukta olduğu ve partikül boyutlarının bunu etkilediğini görmüşlerdir [6].

Bu deneysel çalışmasında Çiftçi, endüstride bir çok alanda kullanılan ve işlemesi zor olan AISI 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzeme üzerinde tornalama yöntemiyle işlenebilirlik deneyleri yapmıştır. Bu deneyde kesici takım olarak, çok katlı kaplanmış sementit karbür bir takım kullanılmıştır. Deneyler, soğutma sıvısı kullanılmadan dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dk) ilerleme hızı ve talaş derinliğini sabit tutarak yapılmıştır. Deneyler esnasında kesme kuvvetleri ve işlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ölçülmüştür. Aşınmış kesici takımlar tarama elektron mikroskopunda incelenerek aşınma biçimleri ve mekanizmalarını belirlemeye çalışılmıştır. Artan kesme hızı ile belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti azalmış, ancak bu belirli değerden sonra arttığını görmüştür [7].

Yine bir diğer çalışmasında Çiftçi iki farklı kalitede östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 304 ve AISI 316) işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla soğutma sıvısı kullanılmadan tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yapmıştır. TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al₂O₃ katmanlarıyla çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanarak dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak) ilerleme hızı ve talaş derinliğini sabit tutarak yapmıştır. İlerleme hızı 0,16 mm/dev ve talaş derinliği de 1,6 mm olarak almıştır. Deney sonuçları, TiC/TiCN/TiN kaplanmış kesici takımın TiCN/TiC/Al₂O₃ kaplanmış kesici takımdan daha düşük kesme kuvvetlerine sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kesme hızının kesme kuvvetlerinde önemli derecede bir değişikliğe neden olmadığı ancak işlenmiş yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediğini görmüştür. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri belirli bir kesme hızı değerine kadar

azalmış ancak bu değerden sonra artan kesme hızı ile artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur [8].

Korkut vd, yaptıkları çalışmada (AISI 304) östenitik paslanmaz çeliğinin işlenmesinde optimum kesme parametrelerini bulmak amaçlı bir çalışma yapmışlardır [9].

Çoğun ve Özses yaptıkları çalışmada, bilgisayar sayısal denetimli (BSD) tezgahlarda değişik işleme koşulları ile işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüğünün gösterdiği değişimi deneysel olarak incelemiştir. BSD torna tezgahlarında yapılan deneylerde, sabit takım ilerlemesi için devir sayısı artırıldığında Ra'nın azaldığını görülmüştür. İş parçası dönüş hızının sabit tutulduğu ve takım ilerlemesinin artırıldığı deneylerde Ra'nın arttığını görülmüştür. Sabit işleme hızında Ra'nın paso derinliği arttıkça bozulduğu ortaya çıkmıştır. Büyük uç yarıçaplı kesici takım ile yapılan tornalama işlemlerinde düşük Ra değerleri elde edilmiştir. Sünek parçaların uç yarıçapı küçük olan uçlar ile yapılan sünek parçaların işlenmesinde talaş kırılmasının zorlaştığı ve talaşın iş parçasına dolanarak Ra'yı bozduğu gözlenmiştir. Aşınmamış yeni takımlarla (kesici kenarı keskin) yapılan tornalama operasyonlarında daha iyi Ra elde edilmiştir [10].

Bir diğer çalışmada Çaydaş vd, normalleştirme ve su verme menevişleme ısı işlemleri görmüş AISI 4340 çeliği, değişik işleme koşullarında tornalama ve taşlama deneylerine tabi tutularak numunelerin yüzey pürüzlülüğünün gösterdiği değişimi incelemiştir. Deneyleri, CNC torna ve silindirik taşlama tezgahlarında gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde, ilerleme miktarı, takım/iş parçası dönme hızı, paso derinliği ve aşındırıcı cinsi parametreleri değiştirilmiş ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün değişimini incelemiştir. Fener mili/iş mili dönme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, ilerleme miktarı ve paso derinliğinin artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği görülmüştür [11].

Motorcu ve Şahin aşınma davranışlarını incelemek amacıyla, iki kaplamalı karbür takım malzemesi; TP100 ve TP1000 ve sermet kesici takımlarla AISI 4140 çeliği üzerinde işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. İşleme testleri, ilerleme miktarı ve

talaş derinliği sabit tutularak değişik kesme hızlarında TP100 ve TP1000 için 320, 360, 400 sermet kesici takım içinse 240, 280, 360 m/dak kuru kesme şartlarında yapılmıştır.

Tüm takımlar için, kesme hızının düşmesiyle, takım ömrü belirgin bir şekilde arttığı görülmüş, sermet takımlar kaplamalı karbür takımlardan daha iyi takım ömrü performansı sergilemiştir [12].

Özdemir bu çalışmasında otomotiv sektöründe kullanılan küresel grafitli dökme demir parçaların üretimine etki eden parametreleri teorik olarak incelemiş, ultrasonik ses hızı yöntemiyle numunelerin tahribatsız kontrolünü yapmıştır. Mekanik ve metalografik incelemeler yapılarak ultrasonik çalışmalarda elde edilen verilerle karşılaştırmıştır. Ultrasonik Ses hızı ölçüm teknikleriyle grafitlerin küreselliği, mikro yapıdaki fazlar ve mekanik özellikler arasındaki ilişki ile matris yapısının değişimi sonucu ultrasonik hızdaki değişimi ayrıntılı olarak ele almıştır. Parçaların kalitesi ve proses kontrollerinin belirlenmesi ile küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerinin ayrımı için bu yöntem tercih edilebilir olduğu ortaya konulmuştur [13].

Bu çalışmada Kırçalı farklı matris yapıları sahip küresel grafitli dökme demirler üzerinde çekme ve işlenebilirlik testleri yapmıştır. Bu farklı matris yapıları elde edebilmek için numuneler farklı ısıl işlemlere tabi tutulmuş ve bunun sonucunda farklı oranlarda ferrit ve perlit içeren perlitik-ferritik mikro yapı ve temperlenmiş martenzitik mikro yapılarını elde etmiştir. Testlerde bu malzemelere ek olarak döküm sonrası ısıl işlem görmemiş malzeme de karşılaştırma yapmak amacı ile kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı ısıl işlemlere tabi tutulmuş bu malzemelerin işlenebilirlik etüdü yapılmıştır. Sabit kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğinde yapılan testlerde, işlenebilirlik takım aşınmasına, yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya ek olarak bazı malzeme gruplarında ilerlemenin takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. İşlemler sırasında kesme sıvısı kullanmamıştır. Farklı içyapılara sahip bu malzemeler üzerinde çekme deneyleri yapılarak ısıl işlem sonucunda malzemelerde oluşan çekme dayanımı ve uzama değişiklikleri incelenmiştir. Elde

edilen bu mekanik özellikler ve işlenebilirlik değerleri ile farklı matris yapılarına sahip küresel grafitli dökme demirlerin karşılaştırılmasını yapmıştır [14].

Bu çalışmada, Habalı vd farklı kesici takım kaplama malzemesinin farklı işleme parametrelerine bağlı olarak iş parçasının yüzey kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, AISI 1040 çeliği; PVD yöntemiyle Al_2O_3 kaplanmış, CVD yöntemiyle üç katlı kaplama uygulanmış (en üstte TiN kaplı) iki farklı sementit karbür takımla torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Kesme parametrelerinden kesme derinliği sabit tutularak (2,5 mm) beş farklı kesme hızı ve iki farklı ilerleme değerlerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilerek bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan deneylerde en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü en üstte TiN kaplı üç katlı kaplamaya sahip takımla elde edilmiştir. İlerleme miktarının % 33 artırılmasıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünde % 14 artış gözlenmiş, kesme hızının % 388 artırılması ile ortalama yüzey pürüzlülüğünde % 114 iyileşme elde edilmiştir [15].

Yazman, yaptığı deneysel çalışmada ÖKGDD işlenmesinde kesme parametrelerinin işlemeye olan etkisini araştırmıştır. İki farklı kesici takım kullanılan bu deneyde, kesme parametrelerinden, kesme hızı, talaş derinliği değişken değerlerde alınarak en uygun işleme koşullarını belirlemeye çalışmıştır. İşlenebilirlik deneyleri sonucunda, kaplamalı takımlarla yüksek kesme hızlarında yapılan talaş kaldırma işlemlerinde aşınma ve yüzey pürüzlülüğü açısından kaplamasız takımlara göre daha iyi bir performans elde edilmesine rağmen, fakat kaplamalı takımlarda ani uç kırılmaları görülmüştür. Düşük kesme hızlarında meydana gelen yığıntı talaş kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediğini görmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetlerinde artış gözlenmiş olup, talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına fazla bir etkisinin olmadığını görmüştür. Kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü iyileşmiştir, bunun tam tersi olarak kaplamasız takımlarla yapılan deneylerde talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış görüldüğünü ortaya koymuştur [16].

Seyfi bu araştırmada farklı ztemperleme sıcaklık ve sürelerinde elde edilen mikro yapılara bağlı, mekanik özellikleri belirlenmiş numuneler üzerinde talaş kaldırma deneyleri uygulanarak işlenebilirlik parametrelerinden kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü kriterlerinin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Numuneler zerinde, ISO 3685'e uygun olarak uygulanan talaş kaldırma işlemleri sonucunda, elde edilen bulguları değerlendirmiştir [17].

Yapılan deneyler sonucunda KGDD malzemelerinin yapı ve özelliklerinin ısı ile işleme büyük oranda geliştirilebildiğini görmüştür. Numuneler kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü bakımından değerlendirildiğinde düşük sıcaklıkta (280 C)ve (30 dak) kısa ztemperleme sürelerinde daha iyi sonuçların elde edildiği tespit etmiştir. Kesme hızı bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde ise 125 m/dak'da genellikle daha homojen sonuçlar elde etmiştir [17].

Bir diğer çalışmada Yavuz, GGG-70 sınıfı küresel grafitli dökme demirden imal edilen ve otomotiv endüstrisinde kullanılan kam millerinin baş yatak kısımları üzerinde işlenebilirlik deneyleri yapmıştır. Seçilen talaşlı işleme parametrelerine bağlı olarak kam millerinin talaşlı imalatında elde edilen sonuçların kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Deneylerde kaplamalı sementit karbür kesici uçlar kullanmıştır. Deneyler dört farklı kesme hızında, üç farklı ilerleme miktarında ve iki farklı talaş derinliği ile soğutma sıvısı kullanılmadan tornalama metoduyla yapılmıştır. Deneysel çalışmada işlenebilirlik kriteri olan kesme kuvvetleri bir dinamometre ile ölçülmüş ve iş parçası yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülerek incelenmiştir. Seçilen talaşlı işleme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Deneylerin sonucu olarak kesme kuvvetlerinin değişimleri ve yüzey pürüzlülük değerleri grafiklerle ifade edilmiştir [18].

Taşlıyan vd, kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin esas kesme kuvveti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı; 1,2 mm uç yarıaplına sahip seramik kesici takımla bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, soğutma sıvısı

kullanılmadan işlemleridir. Kesme parametreleri olarak beş farklı kesme hızı ve beş farklı ilerleme hızı ile iki farklı kesme derinliği kullanılmıştır. Yapılan deneylerde kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak en düşük esas kesme kuvvetini 192 N en yüksek esas kesme kuvvetini ise 780 N olarak elde etmişlerdir [19].

Kaçal vd, yaptıkları çalışmada küresel grafitli dökme demirlerin (KGDD) tornada yüksek kesme hızlarında son bitirme işlemlerinde kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülüğü incelemiştir. Deneyler ısıtma işlemi GGG 40 KGDD'den hazırlanan numunelere, seramik, ve CBN kesiciler kullanılarak yapılmıştır. Kesici takımlar üç farklı kesme hızı (600-700-800 m/dak) ve dört farklı ilerleme (0,05; 0,08; 0,12; 0,16 mm/dev) değerleri kullanılan deneylerde, en iyi pürüzlülük değeri seramik kesici ile kesme hızının 600 m/dak ve ilerlemenin 0,05 mm/dev olduğu kesme şartında 0.4 µm değeriyle elde etmişlerdir. Isıl işlem görmemiş KGDD'nin son bitirme işleminde elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre taşlama gibi ikincil bir işlemin gerekmediğini görmüşlerdir [20].

Altın vd, nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı; yuvarlak formu kaplamasız sementit karbür takımla bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan işlemleridir. Beş farklı kesme hızı ile sabit talaş derinliği ve tek ilerleme hızı değerleri kullanarak, kesme hızlarının asıl kesme kuvveti (F_c) ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Yapılan deneylerde kesme hızına bağlı olarak ortalama en düşük asıl kesme kuvveti 629 N, en yüksek asıl kesme kuvveti ise 1150 N olarak elde etmişlerdir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü 0,45 µm, en yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü ise 0,88 µm elde etmişlerdir [21].

Bu çalışmada Uzun, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin seramik kesici takımlar ile işlenebilirliğini incelemiştir. Kesme işleminde meydana gelen kesme kuvvetleri, kesici takımında oluşan aşınma miktarı ve iş parçası yüzeyindeki pürüzlülük değeri işlenebilirlik kriteri olarak dikkate almıştır. Deneylerde iki farklı östemperleme sıcaklığında ısıtma işlemi görmüş numuneler ile KGDD olmak üzere üç seri numune kullanmıştır. Numunelerin her biri, seramik ve sermet kesici takımlar

kullanılarak sırasıyla 100, 200, 300, ve 500 m/dk. Kesme hızlarında 1 mm talaş derinliğinde ve 0,1 mm/dev ilerleme oranına sahip kesme koşullarında oluşan kesme kuvvetlerini ölçmüş, daha sonra aşınma testlerini 340 ve 240 m/dk kesme hızlarında 1,5 mm talaş derinliğinde ve 0,32 mm/dev ilerleme oranında gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda, en kısa takım ömrü 250 °C' de östemperlenen numunelerin işlenmesinde bulunmuş, en uzun takım ömrünü ise, ısıtma işlem uygulanmamış dökme demir malzemelerin işlenmesinde elde etmiştir. Ayrıca, östemperleme sıcaklığının düşmesi kesme kuvvetlerini önemli ölçüde artırdığı görülmüş, en büyük kesme kuvveti 250 °C'de östemperlenen numunenin işlenmesinde gözlenmiştir. Bununla birlikte, seramik kesici takımlar sermet kesici takımlara nazaran daha iyi bir performans gösterdiğini ifade etmiştir [22].

Gökkaya vd, çalışmalarında, AISI 1030 çeliğini bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan, kesme derinliği sabit tutularak, değişik kesme hızı ve ilerleme hızı değerlerinde kesme işlemi gerçekleştirmişlerdir. AISI 1030 çeliği kaplamasız sementit karbür kesici takımla işlenerek, kesme parametrelerinden kesme hızı ve ilerleme hızı değerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmışlardır. Deneylerde, 0,25; 0,45 mm/dev arasında beş farklı ilerleme ve 100, 200 ve 300 m/dak kesme hızı kullanılmıştır. İlerleme değerinin % 80 azaltılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde % 215 iyileşme gözlendiğini ve kesme hızının % 200 azaltılmasıyla ise yüzey pürüzlülüğünde % 13 iyileşme elde edildiğini ortaya koymuşlardır [23].

Özçatalbaş yaptığı çalışmada, tavlama ısıtma işlemleriyle mekanik özellikleri değiştirilmiş SAE 4140 çelik malzeme ve değiştirilebilir sert metal kesici uç kullanmıştır. Yan yüzeyi farklı miktarlarda doğal olarak aşındırılmış kesici uçlar ile tornalama yaparken, gerinim ölçer esaslı bir dinamometre vasıtasıyla kesme ve ilerleme kuvveti ölçülmüştür. Ayrıca aynı kesici uçlarla işlenen farklı mekanik özelliklerdeki malzemelerin yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Yan yüzey aşınma miktarı ve daha çok işlenen malzemenin mekanik özelliklerindeki artış, ilerleme kuvvetini önemli miktarda artırdığı gözlenmiştir [24].

BÖLÜM 3

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLER

3.1. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TARİHÇESİ

Metal malzemelerin ilk kullanılmaya başladığı yıllardan günümüze kadar olan süreç içerisinde, optimum mekanik özelliklerin elde edilebileceği malzeme türleri üzerinde sürekli bir araştırma söz konusudur. Bu tarihsel süreç içerisinde imalat sanayinde yerini alan ve geçmişi çokta eskiye dayanmayan Küresel Grafitli Dökme Demirler (KGDD) son zamanlarda önemli bir kullanım alanına bulmuştur [25].

Küresel grafitli dökme demir ilk defa 1948 yılında Amerikan Foundry Society'nin metal dünyasına üstün özelliklerde yeni bir demir esaslı döküm malzemesi olarak tanıtılmasıyla ortaya çıkmıştır. 2. Dünya savaşına ABD'nin katılmasıyla kritik bazı metallerin kıtlığında problemlerin doğması, krom elementinin etkisine sahip aşınmaya dayanıklı beyaz dökme demirin krom yerine kullanılabilir diğer bir elementle üretiminin gerçekleştirilebilmesi büyük bir rekabet oluşturmuştur [13].

International Nickel Company karbür yapıcı etkisi olan elementler üzerine çalışmalarına başlamış ve tüm akla gelen elementlerin etkilerini araştırmıştır. Nisan 1943'de % 3,2 C, % 1,75 Si ve % 1 Ni içeren GG20 dökme demir ile % 3,5 C, % 2,25 Si, % 2 Ni GG14 dökme demiri 80-20 Ni-Mg alaşımı kalıcı Mg miktarı % 0,15 - % 0,3 - % 0,4 - % 0,5 olacak şekilde verilmiştir. Bu işlemten sonra potada % 0,5 FeSi 85-15 alaşımı ile aşılama yapılarak deney çubukları dökülmüştür. Çekme dayanımı deney sonuçları gri dökme demirin özelliklerinin daha yüksek değerlere ulaştığını göstermekle kalmayıp yeni bir malzemenin üretilmiş olduğunu ortaya koymuştur [13].

Yapılan mikroskobik çalışmalar grafitin lamel şeklinde olmayıp küresel bir yapıda olduğunu ortaya koymuştur. Böylece yüksek karbon değerine sahip dokusunda küresel grafitlerin olduğu, mekanik özellikler yönünden çelik dökümüne özdeş, üretim yöntemi yönünden dökme demir karakteri taşıyan yeni bir malzeme endüstriye kazandırılmıştır. Düşük ergime derecesi, iyi akışkanlık, dökülebilme, iyi işlenebilme özelliği, iyi kesme mukavemeti gibi gri dökme demirin özellikleri ile yüksek mukavemet, tokluk, süneklik, sıcak işlenebilme ve sertleştirme gibi çeliğin üstün özelliklerini bir arada bulunduran yeni bir grup ortaya çıkmış oldu [13].

3.2. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN TANIMI

Küresel grafitli dökme demir, mikro yapısı içerisindeki grafitleri küresel şekilde olan demir-karbon döküm malzemeleridir. Sıvı demire belirli oranlarda katkı elementlerinin ilave edilmesiyle grafitler yaprak yerine küresel olarak katılışrlar.

Bu elementlerin en önemlilerinden ikisi seryum (Ce) ve magnezyum (Mg)'dur. Mg, endüstride çok kullanılmaktadır. Magnezyum ve seryumun sıvı demire ilave yöntemleri aynıdır. Reaksiyon prensipleri yönünden de aynıdırlar. Seryumun büyük bir kısmı dökme demir bileşimindeki kükürdü giderirken, geriye kalan yaklaşık % 0.02 Ce, grafitlerin lamel yerine küre şeklini almasını sağlamaktadır. Bir diğer yöntemde ise; sıvı demire magnezyum (Mg) ilavesi yapılarak, grafitlerin küre şeklini alması sağlanmaktadır [22].

Demir, Magnezyum veya diğer özel elementler ile alaşım yapıldığında, demir içerisindeki grafitler küresel biçimde katılarak yüksek dayanım özelliklerinde bir malzemeye dönüşürler. Küresel grafitli dökme demir olarak bilinen bu malzeme, dökme demir türleri içerisinde en dayanıklı ve tok olanıdır. Dökme demir kırılmandır. Küresel grafitli dökme demir (KGDD) ise diğer dökme demirlerden farklı olarak sünektir [22]. Küresel grafitli dökme demirlerin yapısındaki grafitler çeliğe benzer bir matris içerisinde dağılmış küresel partiküller halindedir.

3.3. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Küresel grafitli dökme demirlerin özellikleri çelik ile dökme demirler arasında yer alır. Mekanik özellikler yönünden çeliğe benzerken, kimyasal ve fiziksel özellikleri dökme demirlere yaklaşıır. Bu sebepten kullanım alanları geniştir.

Küresel grafitli dökme demirler, çeliklerin ve dökme demirlerin özelliklerini bir arada bulundurması sebebiyle kullanımı günümüzde artmıştır. Özellikle sürtünmeli ortamlarda kullanılan KGDD'lerin matris özellikleri ve yüzeysel performanslarını arttırıcı çalışmalar yapılmaktadır [26].

KGDD'lerde proses ve bileşen kontrolü ile yada ısıl işlemler ile matris kontrolü yapılabilir ki bu da tasarımcıya farklı mekanik özelliklere sahip KGDD kullanabilme şansı verir. İyi bir sünekliğe sahip ferritik KGDD'lerde % 18 ila % 30 arasında bir uzama elde edilebilir ki bu değer de çekme dayanımı düşük karbonlu çeliklere yakındır. Perlitik KGDD'lerde ise çekme dayanım değeri 825 MPa'ın üzerine çıkar ancak süneklik azalır. Östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirler (ÖKGDD) ise çok daha iyi mekanik özelliklere ve aşınma direncine sahiptir [14].

Sanayide geniş kullanım alanına sahip küresel grafitli dökme demirlerde (KGDD) meydana gelen aşınma, çatlama ve kırılmaların kaynak yöntemi ile onarımı oldukça yaygındır. Döküm yöntemi ile parça üretimi birçok avantaj sağlamakla birlikte, bir döküm parçanın diğer bir döküm parça veya başka malzeme ile birleştirilebilmesi gibi esnek parça üretiminde kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Kaynaklı birleştirmeler, döküm zamanı ve fazla malzeme kullanımı açısından büyük ekonomik fayda sağlamaktadır. KGDD'ler diğer dökme demirlere göre daha az fosfor ve kükürt içerdikleri için kaynak işleminde sıcak yırtılma riski daha azdır [27].

3.4. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN ÇEŞİTLERİ

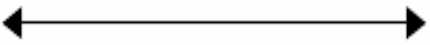
Küresel grafitli dökme demirlerde gerek döküm işlemi sırasında gerekse sonradan uygulanan ısı işlemler ile farklı iç yapılara sahip KGDD'ler elde edilebilmektedir. Bu içyapılar KGDD'lerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır.

Yüksek sıcaklıklarda östenit yapıya sahip küresel grafitli dökme demir 735 °C'nin altındaki sıcaklıklarda değişik yapıya sahiptir. Östenit içinde çözülebilen karbon miktarı yaklaşık % 1'dir. Karbon ferrit içinde yok denecek kadar az ölçülür. Bundan dolayı östenitin ferrit'e dönüşümü sırasında % 1 karbon östenitten ayrışır. Ayrışan karbon karbür olarak oluşur ve mevcut küresel grafitler üzerinde katılaştır [14].

Östenit içinde çözünen karbonun tamamı küresel grafitte dönüşmeye zaman bulursa yapı ferritik ve bu yapı içinde gelişi güzel dağılmış küresel grafitlerden oluşur. Bir çok hallerde östenitten ayrılan karbon grafitlerin bulunduğu bölgelere kadar hareket edemez ve orada katılaşmaya zaman bulamaz.

Çizelge 3.1.'de Küresel grafitli dökme demirlerin bazı çeşitleri ve bunların mikro yapıları gösterilmiştir.

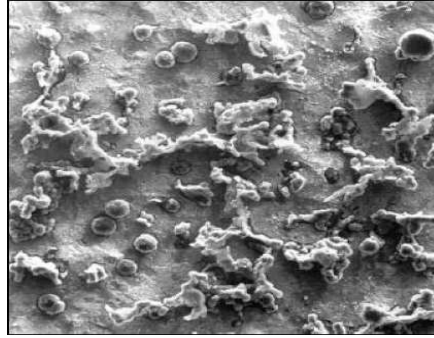
Çizelge 3.1. Farklı KGDD'lerin mikro yapıları [14].

Mazleme Cinsi	GGG 40	GGG 50	GGG 60	GGG 70	GGG 80
Mikro Yapı	FERRİTİK				PERLİTİK

3.4.1. Ferritik Küresel Grafitli Dökme Demir

Ferrit matris yapısı içerisine dağılmış grafit kürecikleri dökme demire iyi bir süneklik ve darbe direnci ile birlikte düşük karbonlu çeliklere eşdeğer bir çekme ve akma mukavemeti sağlar.

Ferritik KGDD elde etmek için üç yol vardır. Sıvı dökme demire, ağırlığına göre uygun miktarda magnezyum alaşımı katmak. Perlitik küresel grafitli dökme demire ısıl işlem uygulamak ve sıvı küresel grafitli dökme demirin katılaşmasını çok yavaş bir şekilde yapmak. Ferritik KGDD döküm yoluyla elde edilebilir ancak sertleştirme tavlama ile maksimum süneklik ve düşük sıcaklık tokluğuna sahip olması sağlanabilir. Şekil 3.1’de ferritik küresel grafitli dökme demirin iç yapısı görülmektedir [14].



Şekil 3.1. Ferritik yapı, büyütme: x 200 (50 μm) [18].

3.4.2. Perlitik Küresel Grafitli Dökme Demir

Perlit matris yapısı içerisinde bulunan grafit kürecikleri dökme demire, yüksek mukavemet, iyi aşınma direnci ve ortalama süneklik ve darbe direnci kazandırır. İşlenebilirlik ise benzer mekanik özelliklere sahip çeliklere göre oldukça üstündür. Isıl işlemler yoluyla farklı iç yapılara sahip küresel grafitli dökme demirler elde edilebilmektedir. Şekil 3.2’de perlitik küresel grafitli dökme demirin iç yapısı görülmektedir.

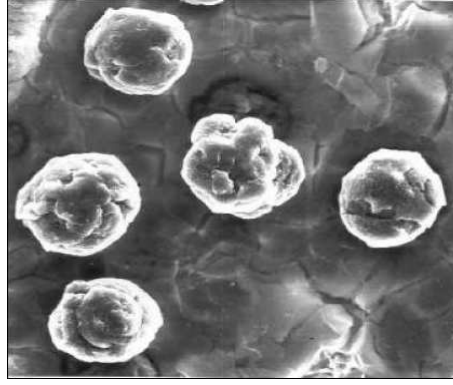


Şekil 3.2. Sferoid yapı, büyütme: x 600 (20 μm) [18].

3.4.3. Ferritik – Perlitik Küresel Grafitli Dökme Demir

Bu tip malzemeler en yaygın küresel grafitli malzeme çeşididir ve genellikle doğrudan döküm yoluyla elde edilir. Grafit kürecikleri hem ferrit hem de perlit içeren matris yapı içerisine dağılmış olarak bulunur [14].

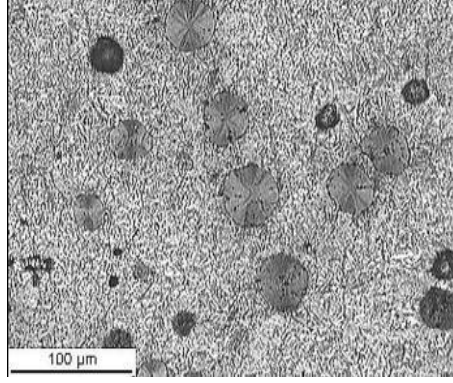
Mekanik özellikleri perlitik ve ferritik küresel grafitli dökme demirlerin arasındadır. İşlenebilirliği iyidir ve üretim maliyetleri düşüktür. Ferrit-Perlit küresel grafitli dökme demirin iç yapısı Şekil 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.3. % 50 Ferritik % 50 perlitik yapı, büyütme: X 500 (20 µm) [18].

3.4.4. Martenzitik Küresel Grafitli Dökme Demir

Bu tür KGDD’de perlit oluşumunu önlemek için yeterince alaşım elementi ilavesi yapılır veya su verme + temperleme ısıl işlemi uygulanır. Isıl işlem sonucunda oluşan temperlenmiş martenzit yapısı yüksek statik dayanım ve aşınma direnci yanında düşük süneklik ve tokluk sağlar. Martenzitik küresel grafitli dökme demirin iç yapısı Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4. Martenzitik küresel grafitli dökme demir mikro yapısı. temperleme ısıl işlemi görmüş (x100) [14]

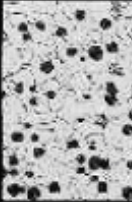
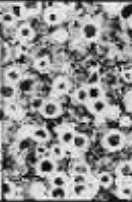

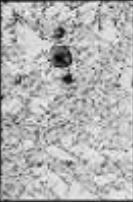
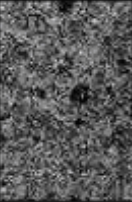

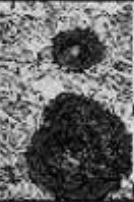

3.4.5. Beynitik Küresel Grafitli Dökme Demir

Küresel grafitli dökme demirin bu cinsi alaşımlama ve / veya ısıl işlem uygulanarak elde edilen sert ve aşınma dirençli bir malzemedir.

3.4.6. Östenitik Küresel Grafitli Dökme Demir

Östenitik matris elde etmek için alaşımlanan bu cins küresel grafitli dökme demir, korozyon ve oksidasyon direnci, üstün manyetik özellikler, statik dayanım ve yüksek sıcaklıklarda boyutsal değişimin kararlı olmasını sağlar. Matris östenitten ve az miktarda perlitten oluşur. Grafitler küresel şekillerini bir miktar kaybederler. Genellikle yüksek miktarda Ni ihtiva ederler [14].

Küresel grafitli dökme demirin mekanik özellikleri, yapısındaki yüksek miktardaki grafit içeriğiyle birlikte, matris yapısı ile belirlenir. Çizelge 3.5’de iç yapı ve çekme mukavemeti arasındaki bu ilişkiyi göstermektedir. Matris yapısının bu öneminden dolayı KGDD sınıflandırılması matris yapısına göre yapılır.

MATRİS YAPISI							
Ferit	Ferrit-Perlit	Perlitik	Martenzitik	Temperlenmiş Martenziti	OKGDD	OKGDD	Öztenitik
414 MPa	552 MPa	690 MPa	-	793 MPa	1050 MPa	1600 MPa	310 MPa
							

Şekil 3.5. Farklı küresel grafitli dökme demirlere ait içyapı resimleri ve çekme mukavemeti değerleri [14]

Elliot, R, KGDD'in mühendislik özellikleri temper dökme demir, gri dökme demir, % 0,3 C'lu çelik döküm ve beyaz dökme demir malzemelerin özellikleri ile karşılaştırmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiş, en iyiden en kötüye doğru değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.2. KGDD'in mühendislik özelliklerinin diğer malzemelerin özellikleri ile karşılaştırılması [28]

ÖZELLİKLER	KGDD	TEMPER DÖKME DEMİR	GRİ DÖKME DEMİR	% 0,3 C'LU ÇELİK DÖKÜM	BEYAZ DÖKME DEMİR
Dökülebilirlik	1	2	1	5	3
İşlenebilirlik	2	2	1	3	-
Titreşim sönümlenme	2	2	1	4	5
Yüzey sertleşebilirliği	1	1	1	3	-
Elastisite modülü	1	2	3	1	-
Darbe direnci	2	3	5	1	-
Korozyon direnci	1	2	1	4	5
Dayanım/ağırlık oranı	1	4	5	3	-
Aşınma direnci	2	4	3	5	1
Üretim maliyeti	2	3	1	4	2

1 EN İYİ	→ 2	→ 3	→ 4	5 EN KÖTÜ
-------------	-----	-----	-----	--------------

3.5. KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Küresel grafitli dökme demirlerin (KGDD) özellikleri çelik ile dökme demirler arasında yer alır. Mekanik özellikler yönünden çeliğe benzerken, kimyasal ve fiziksel özellikleri dökme demirlere yaklaşıır. Bu özelliklerinden dolayı geniş kullanım sahaları bulur.

3.5.1. Çekme Mukavemeti

Çekme mukavemeti, tatbik edilen ısııl işlem ve alaşımlandırma ya göre 40 kg/mm^2 ile 80 kg/mm^2 arasında değişir. Uzama / gerilme diyagramı adi dökümlerden ayrılarak, çeliğe benzer. Akma noktası temper dökümden çok fazladır. Bu sebepten küresel dökme demirler çok ağır yükleri kalıcı bir şekil değiştirme olmadan taşıyabilirler. Küresel dökme demirlerin elastik özellikleri oldukça yüksektir. Perlitik ve ferritik olanların $1,8 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$, yüksek alaşımlı östenitik olanların ise $1,0 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$ civarındadır [29].

3.5.2. Yorulma Mukavemeti

Yorulma mukavemetinin, çekme mukavemetine oranı olarak tarif edilen dayanma oranı dövme karbonlu çeliklerden yüksektir. Ayrıca gerilim değişme faktörü çelikten düşük olduğu için, bilhassa şaft imaline elverişlidir [29].

3.5.3. Aşınma Direnci

Aşınma direnci, dökme demirlerin genel karakteristiğidir. Küresel dökme demirinde aşınma direnci oldukça yüksektir. Dinamik ve statik yükler altında gelişi güzel dağılmış gerilimlere karşı küresel dökme demir çok iyi mukavemet gösterir. Bu sebepten bilhassa dişli çark imalinde ve bir çok yerde çeliğin yerini tutmaya başlamıştır [29].

3.5.4. Titreşim Söndürme

Grafitlerin küresel halde bulunması nedeniyle titreşim söndürme özelliği kır dökmeye nazaran daha iyidir.

3.5.5. Termik Şok

Kır dökme demir, termik şoklar altında hemen kırılır. Küresel dökme demir ise termik şoklara gayet mukavimdir. Ani sıcaklıkla küresel dökme çatlayabilir ve bu çatlama iş parçasının içine doğru ilerleyebilir. Ancak mühendislikte pek iyi bilinen bir şeyde, ilerleyen bir çatlakı durdurmak için çatlakın ilerlemiş ucuna delik açmaktır. Eğer çatlak ilerlemek istiyorsa yeni bir başlangıç noktası bulması lazımdır. Küresel dökmede aynı vazifeyi yapı içersinde adeta birer boşluk olan küresel grafitler görür [29].

3.5.6. Korozyona Direnç

Küresel dökme demir kır dökmenin gösterdiği korozyon direncine sahiptir. Deniz suyuna, alkalilere ve zayıf asitlere karşı mukavimdir. Çelikten 5 defa daha iyi korozyon direnci ve yüksek mukavemete sahip olması dolayısıyla bilhassa, petrol ve kimya endüstrisinde, denizcilikte kullanılır.

3.6. STANDARTLARA GÖRE KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRLERİN SEMBOLLERİ

KGDD'ler değişik ülkelerin standartlarına göre sembollerle gösterilmektedirler. Türk standartlarına göre (TS) DDK işareti "Dökme Demir Küresel Grafitli" anlamına gelmektedir. DDK işaretini izleyen sayılar ise minimum çekme mukavemetini gösterir. Çizelge 3.3'de TS göre KGDD'in sınıflandırılması verilmektedir. Alman DIN standartlarında küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması aynen TSE'deki gibi dir, ancak işareti GGG olarak verilmektedir. Çizelge 3.4'de DIN standartlarına göre küresel grafitli dökme demirin çekme, akma mukavemeti, % uzama ve mikro

yapıları verilmiştir. Amerikan ASTM A536 –70’e göre ise minimum çekme % 0,2 akma mukavemeti (p.s.i olarak) ve uzama %’sini gösteren rakamlar sınıflandırma işareti olarak kullanılmaktadır. Örneğin 60-40-18 işaretli malzeme, 60.000 p.s.i minimum çekme mukavemeti, 40.000 p.s.i % 0,2 akma mukavemeti ve % 18 uzaması olan küresel grafitli dökme demirdir. Çizelge 3.5’de Amerikan ASTM A536–70’e göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması verilmiştir. Fransız standartlarında NFA 32-201 Küresel grafitli dökme demir için kullanılan işaret FGS olup izleyen rakamlar, kg/mm² olarak minimum çekme mukavemetini ve % uzama değerini göstermektedir, örneğin FGS 70-2. Çizelge 3.6’da Fransız standardına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması verilmiştir. İngiliz BS 2789 standartlarında, yine çekme mukavemeti ton/inç² ve minimum % uzamayı belirtecek şekilde, örneğin SNG 24-17. Rus GOST 7293-70 standartlarında VCH 38-17 işaretiyle 38 kg/mm² minimum çekme mukavemeti ve % 17 uzamaya sahip küresel grafitli dökme demir belirtilmektedir [14].

Çizelge 3.3. TS (526/1977) Standardına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması [22].

Kısa Gösterilişi	Çekme Muk.(MPa)	Akma Muk.(MPa)	% Uzama	Sertlik HB	Mikroyapı
DDK 40	420	280	12	140-201	Daha çok ferritik
DDK 50	500	350	7	170-241	Ferrit+Perlit
DDK 60	600	400	3	192-269	Perlit+Ferrit
DDK 70	700	450	2	229-302	Daha çok perlitik
DDK 80	800	500	2	248-352	Perlitik
DDK 35.3	350	220	22	-	Ferritik
DDK 40.3	400	250	18	-	ferritik

Çizelge 3.4.DIN Standartlarına göre küresel grafitli dökme demirin sınıflandırılması [18].

Kısa gösterilişi	Çekme Muk. (Mpa)	Akma Muk. (Mpa)	% Uzama	Mikro yapı
GGG-40	400	250	15	Genellikle ferritik
GGG-50	500	320	7	Feritik-perlitik
GGG-60	600	380	3	Perlitik-ferritik
GGG-70	700	440	4	Genellikle perlitik
GGG-80	800	500	2	Perlitik

Çizelge 3.5.Amerikan ASTM A536 –70'e göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması [17].

Kısa gösterilişi	Çekme Day. Min. (psi)	AkmaDay. (% 0,2) Min. (psi)	% Uzama (2inch) Min.
60-40-18	60.000	40.000	18
65-45-12	65.000	45.000	12
80-55-6	80.000	55.000	6
100-70-3	100.000	70.000	3
120-90-2	120.000	90.000	2

Çizelge 3.6.Fransız standardına göre küresel grafitli dökme demirlerin sınıflandırılması verilmiştir [13].

Kısa gösterilişi	Çekme muk. (MPa)	Akma muk. (MPa)	Uzama (%)
70-2	700	450	2
60-2	600	400	2
50-7	500	350	7
42-12	420	280	12
38-17	380	240	17

3.7. KGDD LERİN KULLANIM SAHALARI

Küresel dökme demir, yüksek çekme ve akma mukavemetli, yüksek elastik modüllü ve uzamalı ve kolay işlenebilir kabiliyetli ve korozyona mukavim bir malzemedir. Ayrıca iş parçası boyut ve kesitleri için bir sınırlama yoktur. Bir çok yerlerde küresel grafitli dökme demir, kır dökme demir, temper dökme demir, dövme çelik ve demir olmayan alaşımların yerini tutmaya başlamıştır. Aşağıda bu kullanma sahaları ve parça adları verilmiştir.

1. Küresel grafitli dökme demirler madencilik ve metalürji sektöründe kullanılmaktadır. KGDD'den imal edilen bazı parçaları şu şekilde sıralayabiliriz. Kırıcı gövdeleri, pompa gövdeleri, alüminyum ve kurşun ergitme potaları, curuf potaları, pres makinaları, kalıplama dereceleri, sıcak hadde merdaneleri, v.s.
2. Küresel grafitli dökme demirlerden üretilen bazı makine parçaları şu şekildedir. hidrolik presler, silindirler, dövme presleri kafa ve silindirleri, krank presleri dişlileri, eğme makineleri çerçeveleri, akslar, bilimum dişliler, v.s.
3. Küresel grafitli dökme demirler ziraat sektöründe de kullanılmaktadır. Bunlar traktör parçaları, ön tekerlek çatalları, transmisyon kutuları, pedallar, v.s.
4. İnşaat sektöründe KGDD'den imal edilen parçaların bazıları şunlardır. Kreyn parçaları, beton karıştırıcı parçaları, yol inşaat makinaları, v.s
5. Küresel grafitli dökme demirler kimya sektöründe de kullanılmaktadır. Bunlar; Kurutma silindirleri, valflar, pompalar, plastik ekstürüzyon silindirleri, plastik, karıştırıcılar, rafineri valfları, v.s.
6. Güç aktarımında KGDD'den imal edilmiş bazı parçalar şunlardır. Uçak Konstürüksiyonu, diferansiyel dişli kutusu, volanlar, dişli kutuları, dişli selektör çatalları, tekerlek kalıpları, v.s.

7. Küresel grafitli dökme demirler güç üretiminde de kullanılmaktadırlar. Bunlar: Kompresör gövde ve kafaları, gaz türbini kompresör kutuları, kontrol halkaları, su türbinleri dökme parçaları, sıcağa mukavim fırın parçaları, brülör gövdeleri.

Misal olmak üzere en çok kullanılan iki sınıf küresel grafitli dökme demir için kullanım yerleri aşağıda verilmiştir.

DDK-60: Çeşitli diskler, yatak gövdeleri, pistonlar, kranklar, şaftlar, aşınma ve mukavemet isteyen otomotiv parçaları uçak malzemeleri, dizel, ziraat, ağır makine akamı, madencilik, kağıt sanayi, tekstil ve çeşitli endüstri dallarında.

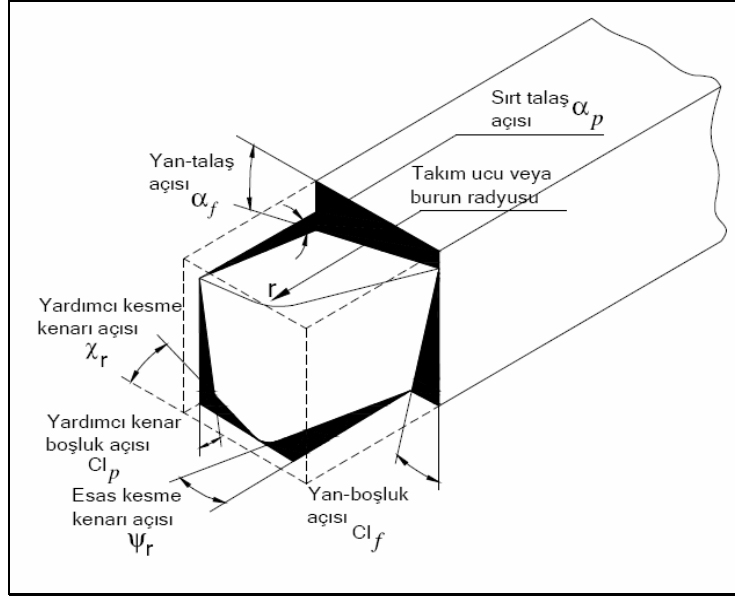
DDK-42: Basınca dayanıklı parçalarda, kompresör gövdeleri, valfler, merdaneler, pompa gövdeleri, bağlantı rotaları, otomotiv endüstrisinin darbeye dayanıklı parçaları, ziraat aletleri, elektrik teçhizatı, gemi mühendisliği malzemeleri, yüksek sıcaklık tatbik edilen, sağlamlık ve süneklik isteyen parçaların dökümü ile imalatında kullanılırlar [29].

BÖLÜM 4

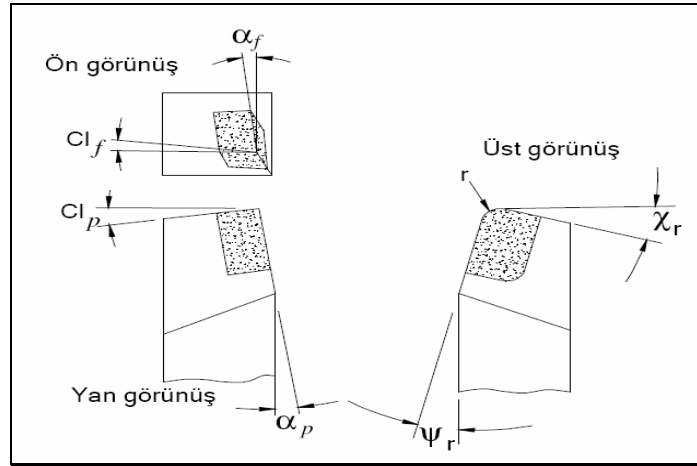
İŞLENEBİLİRLİKTE KULLANILAN TAKIM GEOMETRİSİ

4.1. KESİCİ TAKIM VE KESME AÇILARI

Kesici uçların iş parçasını kesebilmeleri için uç kısımlarına değişik kesme açıları oluşturulmaktadır. Bu açılar sayesinde kesici takım üzerinde keskin kenar oluşturulur. Bu keskin kenar yardımı ile parça üzerinden talaş kaldırılır. Standart bir tornalama takımı geometrisi Şekil 4.1'de görülmektedir. Takım üzerindeki önemli geometrik parametreler takım uç yarıçapı (r), yan-kenar talaş açısı (α_f), arka/sırt talaş açısı α_p , ve yan kesme kenarı açılarıdır (ψ_r Cl f). Ortogonal kesmede sırt talaş açısı sıfır alınır ve sadece yan-kenar talaş açısı dikkate alınır. Talaş açısının konumları pozitif ($+\alpha_p$) nötr ($\alpha_p =0$) ve negatif ($-\alpha_p$) olarak adlandırılır. Pozitif talaş açısı yüksek kayma açıları sağlar ve bu kesme kuvvetlerinin azalmasına yardımcı eder. Ayrıca talaşın iş parçasından akarak uzaklaşmasına yardımcı olduğu için daha iyi bir yüzey kalitesi bırakır. Negatif talaş açılı takımlar kayma açısını azalttığı için, aynı kesme şartlarında pozitif takımlardan daha yüksek kuvvetler meydana getirir. Kesintili kesmede negatif takımlar pozitif takımlardan daha büyük darbe direnci sağlarlar.



(a)



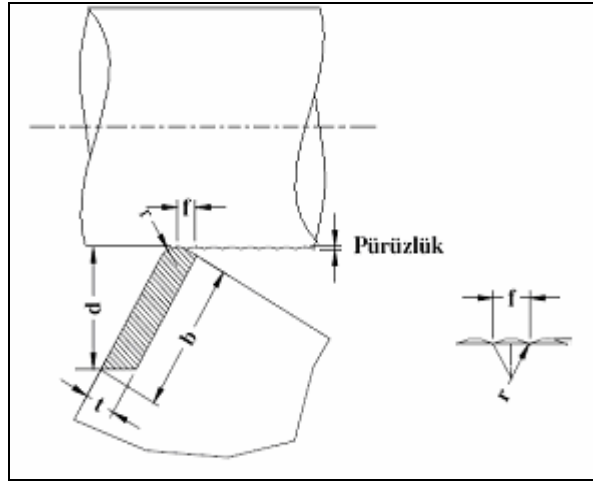
(b)

Şekil 4.1. (a, b) Torna kalemi uç açıları.

Takım ucu, istenilen kalitede (pürüzlülük değerinde) yüzey elde edilmediği noktada değiştirilmelidir. Pürüzlülük, işlenen yüzeyde örnek uzunluk boyunca ölçülen, küçük alanlı mikro düzensizliklerdir. Yüzey kalite standartlarının tespit edilmesinde, yüzey kalitesi referans alınmalıdır. Bu özellikle ince talaşta (son pasoda) büyük önem taşır. Metal kesmede yüzey yapısını, işleme operasyonu esnasında malzemenin plastik akışından doğan düzensizlikler tayin eder. Yüzey yapısı, esas itibariyle işleme metoduna, titreşimlere, tezgah kızıklarındaki hatalara, takımın tip ve durumuna, kesme parametrelerine, iş malzemesine ve toplam kararlılığa bağlı olarak değişir.

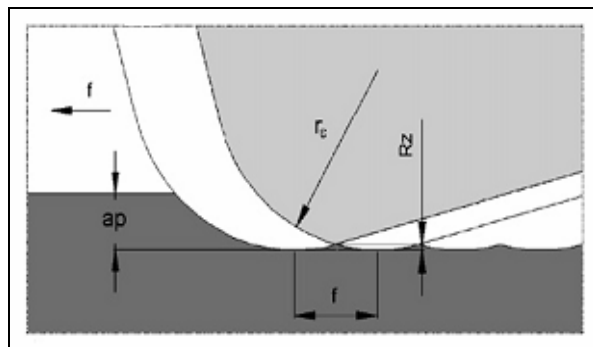
4.2. STANDART YARIÇAPLI UÇ GEOMETRİSİ

Takım ucunun yuvarlatılmış olması, talaş kesitinin yuvarlatılmış olmasına neden olur. Böylece gerçek talaş kesiti teorik talaş kesitinden daha küçük olur ve parça üzerinde aradaki fark kadar kaldırılmamış talaş kalır. Kaldırılmamış bu talaş kesiti yüzey pürüzlülüğünü oluşturur [30].



Şekil 4.2. Kesici uç yarıçapı

Şekil 4.3'te standart yarıçaplı uç geometrisi kullanılarak kesme işleminin teorik olarak yapılması görülmektedir. Burada ' r_c ' kesici uç yarıçapı ölçüsüdür ' a_p ' talaş derinliği, ' f ' ise ilerlemeyi belirtmektedir. ' R_z ' pürüzlülük yüksekliğidir.



Şekil 4.3. Standart yarıçaplı uç geometrisi

İşlenmiş yüzeydeki keskin ilerleme izlerini minimize etmek için takımlar burunlarında küçük bir kavis'e sahip olurlar (Şekil 4.2). Büyük takım uç yarıçapı, işleme sırasında kendiliğinden doğan titreşimlere veya tırlamaya daha duyarlı olduğundan tavsiye edilmez.

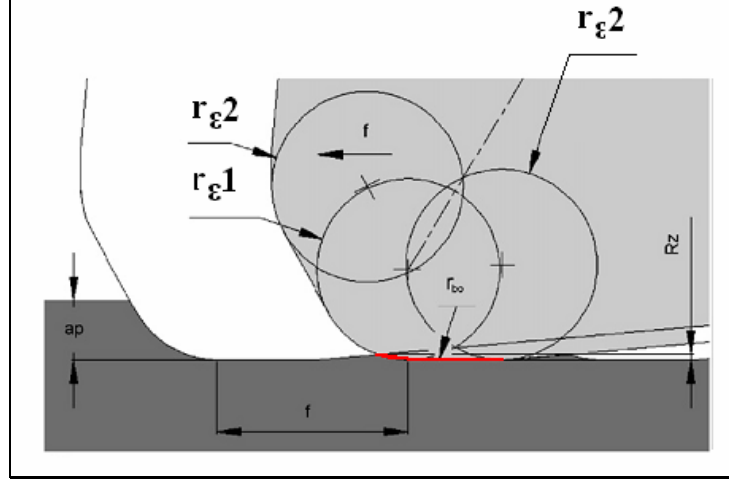
4.3. WIPER (SİLİCİ) UÇ GEOMETRİSİ

Endüstride ve günlük hayatta kullanılan makineler birbirleri ile temas halinde çalışan bir çok parça ihtiva etmektedir. Bu parçalar arasında sürtünmeden dolayı oluşan istenmeyen malzeme kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bunun en büyük nedenlerinden biri yüzey pürüzlülüğü olarak ifade edilmektedir. Talaş kaldırılarak işlenen bir parçanın yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerden birisi de takım geometrisidir. Yüzey pürüzlülüğünü daha iyileştirmek için takım ucunun geometrisinin değişik formlarda yapılması sonucunda istenilen pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu geometrilerden biri de wiper (silici) uç geometrisidir.

Talaşlı imalat işlemlerinde işlenen parça son halini alabilmesi için değişik aşamalardan geçmektedir. İşleme aşamalarının azalmasıyla işleme zamanı ve üretim maliyeti düşer. Wiper geometriye sahip uçlarla işlenen parçaların yüzey pürüzlülük değerleri taşlama sonucunda oluşan pürüzlülük değerlerine yakın veya eşit değerlerde oluşmaktadır. Bu da wiper geometrili uçların işleme maliyetini önemli ölçüde düşürdüğü anlamına gelmektedir.

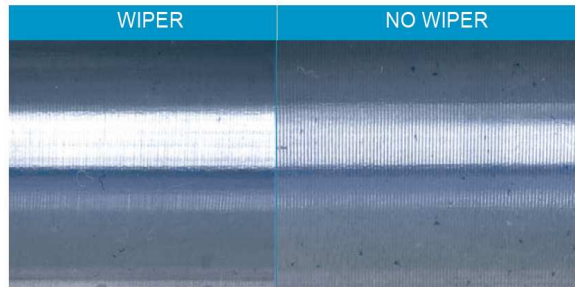
4.3.1. Wiper (Silici) Uç Geometrisinin Yapısı

Wiper geometri standart yarıçaplı uçlardan farklı bir geometriye sahiptirler.



Şekil 4.4. Wiper (silici) uç geometrisi

Şekil 4.4'de ise wiper kesici takım uç geometrisi görülmektedir. Burada ise standart yarıçaplı uçtan farklı olarak kesici yüzeyden sonra kesici yüzeyin bitmeyip geriye doğru biraz daha devam etmesidir. Bunun yararı kesici ağız kesme işlemini yaptıktan sonra oluşan izleri silerek daha düzgün bir yüzey oluşturmasıdır. Bu sayede kesme sonucu oluşan izler silinerek daha düzgün bir yüzey oluşmaktadır. Burada 'ap' talaş derinliği, 'f' ilerleme, 'Rz' pürüz yüksekliği, 'r_{ε1}' uç yarıçapı değeri, 'r_{ε2}' ise wiper kesici yüzeyin oluşmasını sağlayan yardımcı dairelerdir. Şekil 4.5'de wiper ile işlenen ve standart takımla işlenen yüzeyler arasındaki fark açıkça görülmektedir.

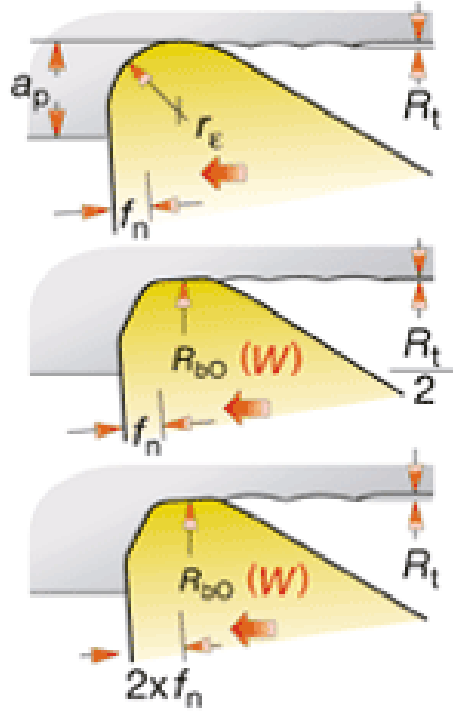


Şekil 4.5. Wiper geometri ve standart geometrili takımla işlenen parça yüzeyleri [31].

4.3.2. Wiper Geometrinin Avantajları

Standart kesici takımlara kıyaslandığında aynı talaş derinliğinde aynı ilerleme ile iki kat daha düzgün yüzey pürüzlülüğü elde edilmektedir. Bunun sebebi kesici uç yarıçapının oluşturduğu izlerin silici kenar tarafından silinmesi sonucunda oluşmaktadır.

Diğer bir avantajı ise aynı talaş derinliğinde iki kat ilerleme ile standart kesici takımlarla aynı yüzey pürüzlülüğünü vermesidir. Şekil 4.6'da aynı ilerleme ile iki kat daha iyi yüzey pürüzlülüğü, veya iki kat ilerleme ile aynı yüzey pürüzlülüğü elde edildiği anlatılmaktadır.

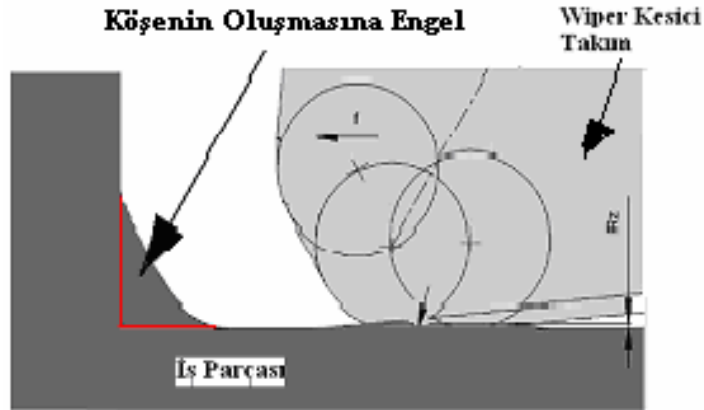


Şekil 4.6. Wiper geometrinin yüzey pürüzlülüğü ve ilerleme ile ilişkisi

4.3.3. Wiper Geometrinin Dezavantajları

Wiper kesici takımların bazı dezavantajları vardır. Bunlar kısaca şu şekilde açıklanabilir.

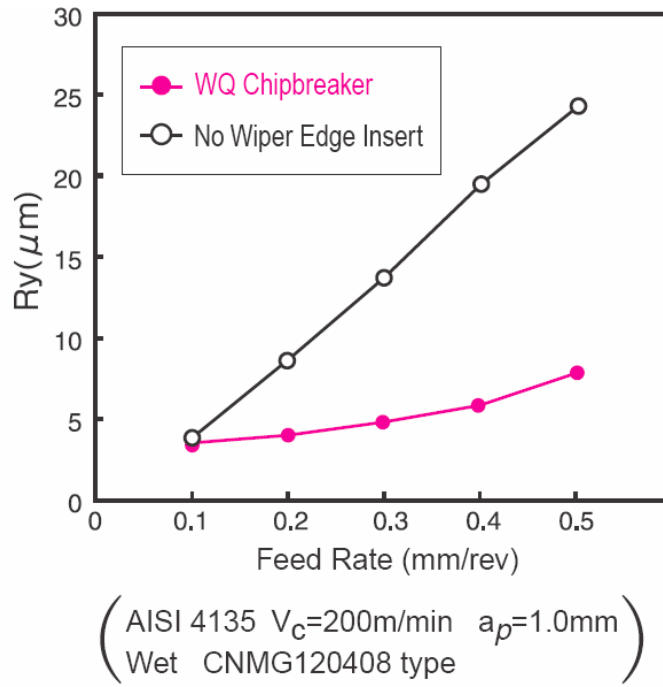
1. Kesme işlemi sırasında kesici uç kesme işlemi yaparken silici kısımdan silme işlemini gerçekleştirir. Bu olayda iş parçası ile kesici uç arasında sürtünen yüzey artmaktadır. Sürtünen yüzeyin artmasıyla kesme kuvvetleri ve oluşan ısıda bir artış görülebilmektedir.
2. Frezeleme işlemlerinde çok ağızlı freze çakılarıyla yapılan operasyonlarda wiper geometrili uç kullanılabilir. Bu operasyonlarda kesici uç sayısı artmasından dolayı kesme kuvveti ve ısıda bir artış görülmektedir. Bunun ortadan kaldırılması için takım tutucuya karşılıklı olacak şekilde az sayıda wiper uç takılır. Örnek olarak; 12 takım takılabilen takım tutucuya 8 adet standart uç 4 adette wiper takılarak işlem gerçekleştirilebilir.
3. Bir diğer dezavantajı ise kademeli tornalamalarda kademenin oluştuğu köşe tam olarak elde edilemez.



Şekil 4.7. Wiper geometri ile köşenin oluşturulamaması

4.3.4. Wiper İle Standart Uçun Kıyaslanmasıyla İlgili Yapılan Çalışmalar

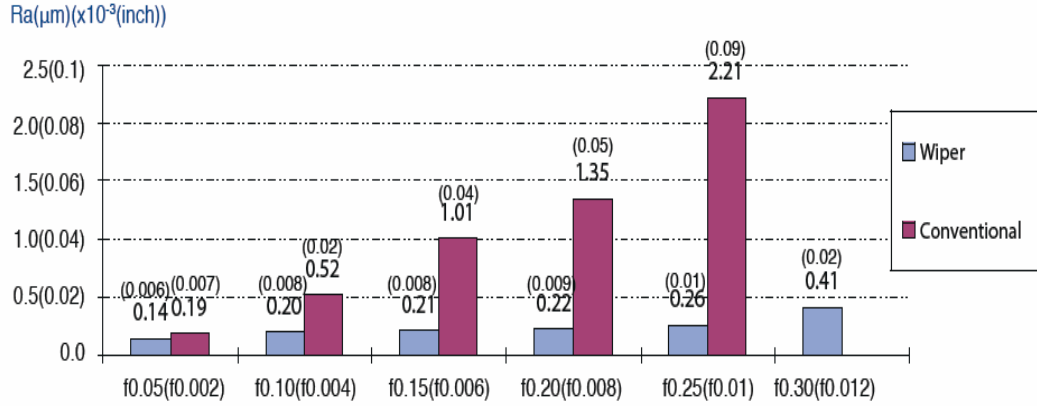
Kyocera isimli firma tarafından yapılan çalışmada AISI 4135 malzemesinin wiper ve wiper olmayan uç ile işlenmesinde ilerleme ve yüzey pürüzlülüğü kıyaslanmıştır. Kıyaslama sonucuna göre soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deneylerde 0,5 mm/dev ilerlemede wiper kesici takım ile işlenen yüzeyin yüzey pürüzlülüğü 8 μm civarında çıkarken, normal uçla işlenen yüzeyin yüzey pürüzlülüğü ise 25 μm civarında çıktığı görülmektedir.



Şekil 4.8. AISI 4135 Malzemesinin işlenmesinde ilerleme ve yüzey pürüzlülük değerleri [32].

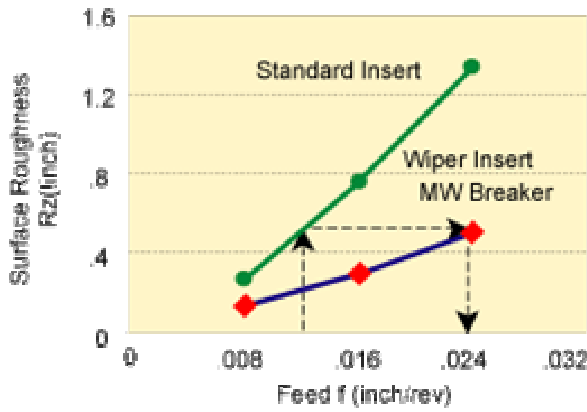
Başka bir kesici takım üreticisi tarafından yapılan çalışmada karbonlu çelik işlenmesindeki yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada wiper ve standart takım arasındaki fark en iyi 0,25 mm/dev ilerlemede görülmektedir. Wiper ile işlenen yüzeyin yüzey pürüzlülüğü 0,26 μm çıkarken aynı ilerleme ile standart takım ile yapılan işlemde yüzey pürüzlülüğü ise 2,21 μm çıkmıştır.

$V_c = 120\text{m/min}$ (393.67smf)
 Feed rate = 0.05 - 0.30mm/rev (.002 - .012ipr)
 Depth of cut = 0.5mm(.02inch)
 Dry cutting
 Material: Carburized steel (HRC58-62)
 Insert: CNMA 120408 LS TB650 & CNGA 120408 WZ-LS TB650



Şekil 4.9. Karbonlu çeliğin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve ilerleme değerleri [31].

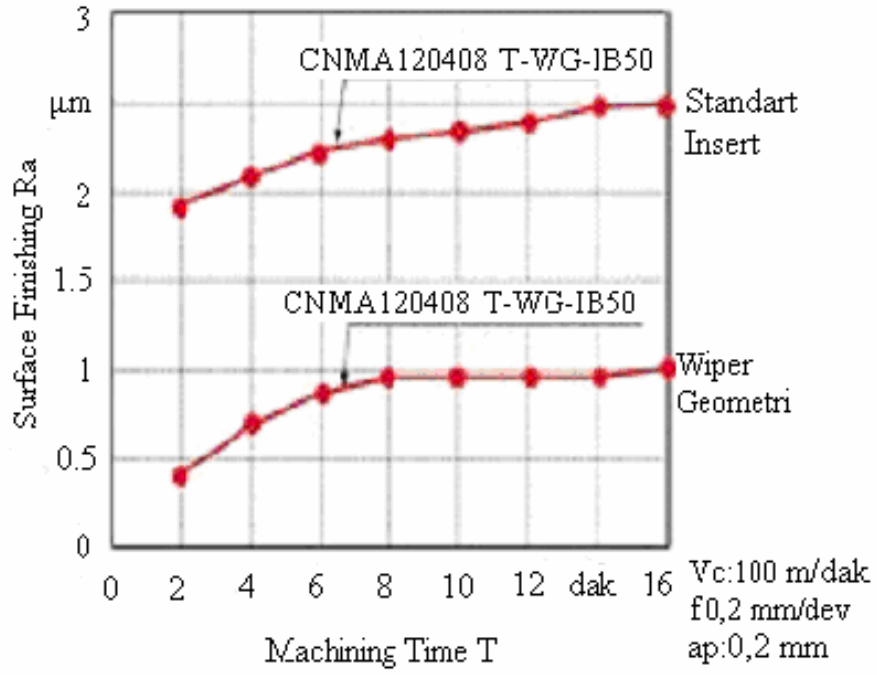
Bir diğer çalışmada kesici takım firması AISI 1045 malzemesinin wiper ve standart takımla işlenmesinde oluşan değerleri şu şekilde belirtmiştir;



Workpiece : AISI1045
 Insert : CNMG43200
 Cutting Speed=655SFM
 Depth of Cut=.059 inch
 Feed rate=.008-.024
 inch/rev
 with flood coolant

Şekil 4.10. AISI 1045 İşlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve ilerleme değerleri [33].

Kesici takım firması tarafından wiper geometrili takım ve standart takımla işlenen AISI D2 malzemesinin yüzey pürüzlülüğü kıyaslanmıştır.



Şekil 4.11. AISI D2 Çeliğinin işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü değerleri [34].

Özel vd, Wiper geometrili seramik takım ile AISI D2 çeliğinin son işleminde takım yanak aşınmasını araştırmışlardır [5].

Antoinio Maria de Souza vd, yaptıkları çalışmada iki tip yüzey frezeleme sistemi ile gri dökme demirin yüksek hızda işlenmesini araştırmışlardır. İlk sistemde 24 adet kare wiper geometrili seramik uç ile işlem yapılmıştır. İkinci sistemde ise 24 tane wiper ucun 20 tanesi Si₃N₄, 4 tanesi de PCBN uçtan oluşan sistem kullanılarak işlem gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı kesme derinliği ve ilerleme oranları sabit alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğü takım ömrü (yanak aşınması) parametrelerinin iki sistem arasında karşılaştırması yapılmıştır. İkinci sistem bu parametrelerde daha iyi sonuç vermiştir [4].

Grzesik ve Wanat tarafından yapılan çalışmada su verilmiş çelik alaşımlı parçaların standart ve silici seramik takım kullanılarak kaba tornalanmasında meydana gelen son yüzeyi incelemiştirler [35].

BÖLÜM 5

İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik terimi talaşlı işlemden yaygın olarak kullanılmasına rağmen, tek boyutlu bir özellik olmayıp karmaşık boyutların oluşturduğu bir sistem özelliğidir. Kesici takım ve iş parçası malzemelerinin, işlem ortamı ve tezgah ile oluşturduğu talaşlı işlem sistemi, kesme koşullarıyla birlikte yeni oluşan iş parçası yüzey kalitesini ve maliyet faktörünü göz önünde tutarak işlenebilirliği belirler.

İyi işlenebilir bir malzemenin talaşlı işleminde kısa sürede yüksek talaş hacmi ile işlenmesi ve yeni oluşan yüzeyin kaliteli olması (düşük yüzey pürüzlülüğü göstermesi) beklenir. Aynı zamanda takım malzemesinin işlem esnasında aşınması ve böylece uzun ömürlü olması gerekir. İyi işlenebilirlik daima maliyet faktörünü göz önünde tutarak talaşlı işlemin ekonomik olmasını ön görür. İşlenebilirlik adı altında arzulanan özellikler, genelde karşıt karakterde olup ilgili kesme operasyonuna bağlı kalınarak optimum verim alınacak şekilde belirlenir.

Değişik özellikteki çok çeşitli malzemeler üzerinde kesici takımların geometrik performanslarının ölçümü, takım tasarımı ve geliştirilmesi açısından çok önemlidir. Modern işleme metodları, takım değiştirme zamanını ve maliyetini en aza indirmeyi ve seri üretim alanlarında çok yönlü kullanmayı gerektirmektedir. Deneysel testlerin büyük bir bölümü bu hedefe ulaşmak için gerçekleştirilmekte ve işlenebilirlik deneyleri ile olay anlaşılmasına çalışılmaktadır. Bu testler iş parçası malzemelerini, kesici takımları ve onların karakteristiklerini kapsamaktadır [18].

İşlenebilirliğin standardize edilmiş bazı özelliklere göre tanımlanması oldukça güçtür. İşlenebilirlik, genellikle iş parçası malzemesinin kesici bir takımla istenilen biçime getirilmesindeki işlenebilme yeteneği olarak tanımlanır. Metal bir

malzemenin metalürjisi, ısıl işlemi, katkı elemanları inklüzyonlar, yüzey tabakası vb, özellikler işlenebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sahipken, kullanılan kesici takımın kesici kenar özellikleri, takım bağlama biçimi, kullanılan takım tezgahı, işleme yöntemi ve işleme şartları da önemli etkiye sahiptir [18].

Talaşlı işlenebilirlik, bir malzemenin bitmiş bir ürün haline getirilmesi esnasında malzemedeki talaş kaldırma kolaylığı ya da zorluğu olarak tanımlanmaktadır.

İşlenebilirlik, kullanılan kesici takımın çeşidi ve şeklinden büyük oranda etkilenmektedir. Bununla beraber işlenebilirlik ortak bir terimdir ve yalnızca takım ömrünün uzunluğu, kesme işlemi yapmak için gerekli güç, belirli bir miktardaki bir malzemeyi işleme maliyeti ya da elde edilen yüzey şartları gibi faktörlerle de belirtilmektedir. İşlenebilirlik testleri, talaş kaldırılan malzemenin direncini göstermekte ve sonuçlar malzemenin kimyasal bileşimi, sertliği, çekme mukavemeti, tane büyüklüğü, mikro yapısı, işleme sertleşmesi karakteristikleri ve malzemenin boyutlarından etkilenmektedir.

5.1. İŞLENEBİLİRLİĞİ ETKİLEYEN MALZEME ÖZELLİKLERİ

İşlenebilirliğin değerlendirilmesi ve işleme şartlarının optimizasyonu amacı ile yaygın kullanılan iş parçası malzemeleri gözden geçirildiğinde, öncelikle temel malzeme özellikleri ve bunların işlenebilirliği nasıl etkilediği dikkate alınmalıdır. Genelde malzemelerde sertlik ve dayanım arasında ilişki mevcuttur. Bir malzemenin sertliği ve dayanımı arttıkça o malzemenin işlenebilirliği o derecede azalmaktadır .

5.1.1. Sertlik Ve Dayanım

Genellikle, düşük sertlik ve dayanım değerleri işlenebilirlik için daha uygundur. Düşük yüzey kalitesine, çapak oluşmasına ve kısa takım ömrüne sebep olan yığın talaş oluşmasından dolayı problemlere yol açan çok sünek malzemeler, bu durumun dışındadır. Soğuk çekme işlemleri ve benzeri yollarla artırılmış sertlik ise pozitif bir etkiye sahiptir.

5.1.2. Süneklik

Düşük süneklik değeri genellikle olumludur ve verimli bir talaş kaldırma yöntemi söz konusudur. Genel olarak düşük süneklik yüksek sertlikle oluşur ve bunun tersi yüksek süneklik, düşük sertlik demektir. İyi işlenebilirlik, genellikle sertlik ve süneklik arasındaki bir uzlaşma noktasındadır.

5.1.3. Isıl İletkenlik

Talaşlı imalat işleminde kullanılan güç genelde ısıya dönüşerek talaşın, iş parçasının ve kesici takımın sıcaklığını artırır. Sıcaklık artışı, metal kesme işlemi esnasında oluşan ısı ve aynı zamanda bu ısının uzaklaştırılması durumuna bağlıdır.

Takım ısıısının minimum seviyeye indirgenmesi takım ömrünü arttırır, takım ısıısı aynı zamanda yüzey pürüzlülüğünü de etkilemektedir.

Yüksek ısı iletkenliğin anlamı, talaş kaldırma işleminde oluşan ısının, süratle kesme bölgesinden uzaklaştırılması demektir. İşleme açısından bakıldığında, yukarıdaki sebeple yüksek değerde ısı iletkenlik genellikle faydalıdır. Isıl iletkenlik işlenebilirlik açısından önemli bir rol oynamakla beraber bazı alaşım grupları için daha fazla iyileştirilmesi mümkün değildir.

5.1.4. Pekleşme

Plastik deformasyon sırasında, metallerin dayanımı, değişen değerlerde artar. Dayanımdaki artış, deformasyon yüzdesine ve malzemenin pekleşme kabiliyetine bağlıdır. Yüksek pekleşme oranının anlamı, deformasyon oranındaki artışa bağlı olarak hızlı bir dayanım artışıdır.

Yüksek pekleşme oranı, talaş oluşumu için çok daha fazla enerji ihtiyacı demektir. Sertlikteki ciddi bir artış, daha sonra işlenmiş yüzeyde ince bir katman oluşmasına sebep olur. Pekleşmeyle sertleşen tabakanın kalınlığı, ilerleme değeri ile aynı olursa,

kesici kenar şiddetli gerilimlere maruz kalacaktır. Pekleşme ile oluşan tabakanın kalınlığı ve sertlik düzeyi kesici kenardaki deformasyon miktarıyla orantılıdır. Büyük bir talaş açısına sahip keskin bir kesici kenar, deformasyon miktarını azaltır. Bu sebeple, pozitif bir geometri deformasyon katmanının azaltılmasına yardımcı olacak ve bunun sonucu olarak da kesici kenardaki gerilmeler azalacaktır. Bununla beraber pekleşme, yığıntı talaş oluşumunu engellemek için bir avantaj olabilir.

5.1.5. Kalıntılar

Malzemenin yapısı içerisinde makro ve mikro düzeyde iki tip kalıntıdan söz etmek mümkündür. Makro inklüzyonlar, boyutu 150 µm'den büyük olan inklüzyonlardır. Bunlar genellikle çok sert ve aşındırıcı olup, inklüzyonlardan bağımsız bir malzemeyi kuşatma eğilimlerinden dolayı önemlidir. Düşük kaliteli çeliklerde bulunan inklüzyonlar, üst curuf veya uygun olmayan curuf alma vb. gibi fırınlama sırasındaki üretimden kaynaklanır. Pek çok ani takım kırılma problemleri muhtemelen bu tip inklüzyonlar la açıklanabilir. Mikro inklüzyonlar, çelik içinde değişik miktarlarda daima mevcuttur. Bunların işlenebilirlik üzerindeki etkisi istenmeyen inklüzyonlar, nispeten istenmeyen inklüzyonlar ve istenen inklüzyonlar olmak üzere üçe ayrılır.

Alüminatlar ve spineller gibi inklüzyonlar istenmeyen inklüzyonlardır. Bunlar sert ve aşındırıcı özelliktedir. Nispeten istenmeyen inklüzyonlar, demir ve mangan oksitlerdir. Bunların deforme edilebilme kabiliyeti bir önceki gruptan daha yüksektir ve talaş akışına katılabilir. İstenen inklüzyonlar, yüksek kesme hızlarında silikatlardır. Bunun sebebi, silikatlar yeterince yüksek kesme sıcaklıklarında yumuşarlar ve bu sayede kesme bölgesinde olumlu etki yapan bir katman oluştururlar. Bu katman, takım aşınmasını geciktirir.

5.1.6. Kolay İşleme Katkıları

Çeliğin işlenebilirliğini geliştirmek için en yaygın metot, kükürt ilavesidir. Kolay işlenebilen çeliklerdeki kükürt miktarı işlenebilirliği iyileştirilmiş çeliklerdekinin on katıdır. Yeterli miktarda mangan ihtiva eden çelik sağlandığında, kükürt ve mangan mangan sülfata dönüşecektir. Talaş oluşumu sırasında bu sülfat inklüzyonları, düşük dayanımlı düzlemler oluşturacak şekilde plastik deformasyona uğrar ve böylece çatlak oluşumu ve yayılımı için gerekli enerji azalır. Bu, birinci kayma, kesme bölgesindeki deformasyonu kolaylaştırır, kayma açısının ve talaş yarıçapının artmasına sebep olurken talaş kalınlığının, takım-talaş temas uzunluğu ve işleme sıcaklığında azalmaya sebep olur. İlaveten, sülfat, takım-talaş ara yüzeyinde bir yağlayıcı gibi görev yapar. Bununla beraber, tamamen aynı sülfür muhtevasına sahip aynı tip iki çelik için işlenebilirlik önemli ölçüde farklı olabilir. İşlenebilirlik, çelikte alaşım elemanı olarak bulunan kükürttten ayrı kükürt ve kursun inklüzyonları ile iyileştirilebilir. Aynı zamanda, sülfatların boyutu, biçimi ve dağıtımı da işlenebilirliği tayin eden faktörler arasındadır.

İşlenebilirlik üzerinde malzemelerin önemli etkisi olan temel özelliklerine ilaveten malzemelerin bazı diğer özellikleri de işlenebilirlik üzerinde etkilidir. Bu özellikler:

1. Malzemenin yapısı / morfolojisi,
2. İş parçası imalat yönteminin etkisi (Isıl işlemler),
3. Alaşım elementleri,
4. Yüzey tamlığı-düzgünlüğü,

5.1.7. Malzemenin Yapısı

Malzemenin yapısı işlenebilirliği etkiler. Bazı yapılar, aşındırıcı özelliktedir ve malzemenin dayanımı yapı tipiyle değişir. Çeliklerdeki aşındırıcı bileşen karbürlerdir. Bunların miktarı ve biçimi, malzeme özelliklerini doğrudan etkiler. Karbon ve diğer alaşım elementlerinin miktarı, yapıyı doğrudan etkiler. Karbon, karbonlu çeliklerdeki en önemli element olup, muhtevasına bağlı olarak çok farklı

yapılar elde edilebilir. Oda sıcaklığında ve sertleştirme işlemi uygulanmamış şartlarda, çelikte östenite ilave olarak üç tip yapıdan söz etmek mümkündür ve bunlar işlenebilirliği doğrudan etkiler. Bu fazlar: ferrit, perlit ve sementit'tir. Ferrit, yumuşak ve sünek özelliklere sahipken, bir demir-karbon bileşiği olan sementit, elde edilebilecek en sert yapıdır ve su verme ile elde edilebilecek martenzitten bile serttir. Perlit ise, ferrit ve sementit'in lameller şeklinde bir karışımıdır. Lameller, ferrit ve sementit şeklinde sıralanmış olup, sertlik açısından orta değerlerde yer alır. Perlitin sertliği aynı zamanda, lamellerin kalınlığına bağlıdır. İnce lamel tipli perlit, kaba olana göre daha serttir, çünkü bünyesinde daha fazla sementit barındırır. Çeliğin yapısındaki ferrit, perlit ve sementit miktarı, temelde doğrudan çeliğin muhtevasına bağlıdır. Sementit'in yüksek aşındırıcı özelliğinden dolayı, küçük bir miktar sementit bile takım ömrü ve işlenebilirliği dikkate değer ölçüde etkiler [24].

Bunlara ilaveten, ferritik çelikler genellikle martenzitik çeliklere göre daha iyi işlenebilirlik özellikleri sergilerler.

Ferrit içerisinde çok az miktardaki perlit ve tane sınırlarında fosfid çökeltili ferrit gibi çift fazlı mikro yapı, kesme kuvvetlerini azaltırken yüzey pürüzlülüğünü artırır. Buna karşın, tek fazlı ferritik mikro yapı, yüzey pürüzlülüğünü iyileştirip kesme kuvvetlerini artırır. Ferrit matris içinde az miktarda martenzit fazı ihtiva eden çift fazlı çelikler, işlenebilirlik açısından iki önemli rol oynar:

1. Düşük sıcaklıklarda birincil deformasyon bölgesinde talaş kırılabilirliğini artırır.
2. Yüksek sıcaklıklarda ikincil deformasyon bölgesinde kesme kuvvetlerini düşürür [24].

5.1.8. Malzeme İmalat Yönteminin Etkisi

Çelik malzemeye ait imalat durumları şöyle sıralanabilir: Sıcak haddelenmiş, normalize edilmiş, tavllanmış (yumuşatma tavlaması, gerilim giderme tavlaması), sertleştirilmiş ve temperlenmiş.

Sıcak haddelenmiş iş parçası genellikle homojen olmayan kaba bir yapıya sahiptir. Bunun sebebi, sıcak haddeleme sonrasında malzeme uzun süre yüksek sıcaklıklar maruz kalır ve bu da nispeten kaba bir yapının oluşmasına sebep olur. İşlenebilirlik açısından bakıldığında, homojen olmayan bu yapı, malzemenin düzgün olmayan dağılım miktarına bağlı olarak sapmalara/boşluklara sebep olur. Bu da işlenebilirlik açısından olumlu bir özellik değildir. Normalizasyon işlemi sırasında malzeme östenitik bölgesindeki sıcaklığa çıkarılır. Malzeme yapısı tamamen östenite dönüştükten sonra hızla oda sıcaklığına geri soğutulur. Bu işlem, sıcak haddeleme şartlarından daha ince ve homojen bir yapı elde etmek için uygulanır.

Normalizasyonun en temel amacı, malzemenin tokluk davranışını iyileştirmektir. Daha düzgün yapıdan dolayı, işlenebilirlik düzeyinde de bir iyileşme sağlanır. Yumuşatma tavlaması, gerçekte malzemeyi yumuşatmak için uygulanan bir işlemdir. İşlem sırasında, perlitteki sementit lamelleri küresel (yuvarlatılmış) sementite dönüştürülür. Sonuç olarak ferrit içinde düzgün dağılmış küresel sementitler oluşur ve sertlik önemli ölçüde düşer. Küresel yapıdaki sementit, işleme sırasında kesici takımın sementit aşındırıcı taneciklerle çok daha kısa mesafede teması anlamı taşır. Normalde, yumuşatma tavlaması karbon miktarı % 0,5'den fazla olan çeliklerde uygulanır. Yüksek karbon muhtevası söz konusu olduğunda, optimum işlenebilirlik elde etmek için yapılması gereken işlem küreselleştirme değildir. Düşük karbon muhtevasında daha yüksek perlit miktarı optimum işlenebilirlik şartları sergiler. Yumuşatma tavlaması gerilim giderme tavlaması ile karıştırılmaktadır. Gerilim giderme tavlamasının amacı, isminden de anlaşılacağı gibi, malzemedeki su verme veya soğuk şekillendirme şartlarında oluşan gerilmelerin giderilmesidir. Eğer bu gerilmeler giderilmeden bırakılacak olursa, talaş kaldırma sırasında serbest kalacak ve iş parçasının doğrusallığını ve toleranslarını etkileyecektir. Gerilim giderme

tavlama düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen bir işlem olup yapıyı etkilemez ve dolayısı ile işlenebilirlik üzerinde de etkisi yoktur.

Soğuk şekillendirilmiş bir malzeme genellikle, normalizasyon veya yumuşatma tavlama maruz bırakılır. Nispeten küçük boyutlu kütükler veya iş parçalarına uygulanır. Küçük iş parçalarında üniform bir yapı elde etmek daha kolaydır. Soğuk şekillendirme, deformasyon miktarına bağlı olarak dayanımı artırır. Soğuk şekillendirme daha iyi yüzey kalitesi, yığıntı talaş oluşumunu azaltma ve çapak oluşmasını azaltma kriterleri açısından işleme şartları için uygun durumlar sergiler. İş parçasının sertliği, takım aşınmasının değerini etkiler yaklaşık 200 BHN'ye sahip malzemelerin sinterlenmiş karbür takımlarla işlenmesinde orta düzeyde bir aşınma meydana gelirken sertlikteki artma bunun üzerinde önemli rol oynar. Bununla beraber, nispeten yumuşak malzemeler yığıntı talaş oluşturma eğilimi sergiler ve dolayısıyla, nispeten daha sert malzemelerde olduğu gibi, işlenebilirliği negatif olarak etkiler.

5.1.9. Yüzey Düzgünlüğü Veya Düzensizliği

Modern üretimde en önemli faktörlerden biri de yüzey düzgünlüğü ve kalite gibi özelliklerdir. Ön işlemeye tabi tutulmuş bir malzemenin tercih edilmesi, çoğu zaman daha iyi sonuçlar verir. Ham malzeme üzerindeki büyük toleranslar fazladan işleme operasyonları ve istenen boyutun ve yüzey kalitesinin elde edilmesi için daha fazla gayret sarf etmek anlamına gelebilir.

5.1.10. Alaşım Elementlerinin Etkisi

Malzemedeki alaşım elementleri özellikler üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Karbon, çelikteki mekanik ve işlenebilirlik özelliklerini belirleyen en önemli elementtir. Örneğin, karbon miktarı azaldıkça işlenebilirlik özelliği düşer. Çünkü süneklik artacak ve sünek malzeme takım ucuna yapışarak körlenmeyi hızlandıracaktır. Diğer taraftan da karbon oranı arttıkça malzemenin sertliği de

arttığından, sertlikte takım aşınmasını hızlandırır. Bu nedenle, çelikler için maksimum işleme kabiliyeti % 0,2 C içerikli çelik olmaktadır [16].

Diğer alaşım elementleri, nikel, kobalt, mangan, vanadyum, molibden, niyobyum, tungsten, bakır vb.dir. Bazı alaşım elementleri ise işlenebilirlik üzerinde önemli pozitif etkiye sahiptir. Talaş oluşumu, genellikle sünekliği azaltan alaşım elementleri ile iyileştirilebilir. İş parçası malzemesinin kimyasal analizi, işlenebilirliği konusunda bize çok şey söyler. Aşağıda, işlenebilirlik açısından negatif ve pozitif etkiye sahip elementler gösterilmiştir. Negatif Etkileyenler: Mn, Ni, Co, Cr, V, Mo, Nb, W, % 0,3'den küçük ve % 0,6'dan büyük oranlarda karbondur. Pozitif Etkileyenler: Pb, S, P ve % 0,3– % 0,6 oranları arasında karbondur [16].

5.3. TAKIM ÖMRÜ

İşlenebilirliği etkileyen bir diğer özellikte takım ömrüdür. İşleme sırasında önemli olan takım ömrünün aşınma nedeniyle tamamlandığı anın belirlenmesidir. Kesme kuvvetleri ile takım ömrü arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. Fs kesme kuvveti talaş kaldırma işlemleri sırasında takımın aşınma miktarı ile orantılı olacak şekilde, lineer olarak artmakta, takımın ömrünü tamamlaması anında kesme kuvvetinde büyük bir artış görülmektedir [14].

Kesme işlemine etki eden ve optimum talaş kaldırma işlemi için değiştirilebilen faktörler kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme miktarıdır. Yapılan deneyler sonucu bu faktörlerin takım ömrüne etkileri farklı oranlarda olmaktadır. Bu oranlar şunlardır.

1. Talaş derinliğinin % 50 oranında artırılması takım ömrünün % 15 oranında azalmasına neden olmaktadır.
2. İlerleme miktarının % 50 oranında artırılması takım ömrünün % 60 oranında azalmasına neden olmaktadır.
3. Kesme hızının % 50 oranında artması takım ömrünün % 90 oranında azalmasına neden olmaktadır [3].

Uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi ile takım ömrünün artırılması mümkün olmaktadır. Kesme hızının düşük seçilmesi takım ucunda kopmalara ve bunun sonucu takımın değiştirilmesine, kesme hızının yüksek seçilmesi ise takımın kısa sürede kırılmasına neden olmaktadır. Optimum kesme hızının belirlenmesinde takım ömrü ile talaş oluşum oranı ve üretim hızı arasında denge kurulmalıdır. Maksimum üretim hızı için kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme miktarı arasında minimum takım değiştirmeyi sağlayacak bir denge kurulmalıdır. Üretim hızını etkileyen diğer faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Tezgah gücü (talaş iletim oranını sınırlar)
2. Yüzey pürüzlülüğü (ilerleme miktarını sınırlar)
3. Tezgah rijitliği (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğini sınırlar)
4. Talaş kaldırma rijitliği (talaş derinliğini sınırlar) şeklinde sıralanır.

5.4. DÖKME DEMİRLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİ

Metal üretiminin çoğu, arzu edilen son şeklin elde edilmesinde talaşlı imalat işlemlerini içerir. Dökümler, son şekle yakın dökülebilmeleri ve bu sayede hem işleme hem de malzeme maliyetlerini azaltmaları sebebiyle, karmaşık parçaların üretimi için tasarımcılara daha düşük maliyet imkanı sağlar.

Küresel grafitli dökme demirler, mükemmel dökülebilirlik özelliklerine ilave olarak işlenebilirlikleri ile de tasarımcılara tüm üretim avantajlarını sunar. Bu malzemelerin diğer dökme demir ve çelik dökümlere göre, dayanım özellikleri oldukça üst düzeydedir. Dökme demirlerin işlenebilirlikleri yapı ve sertlikle belirlenir. Gri, temper ve küresel grafitli dökme demirlerdeki grafit parçaları, bu malzemelerin kolay işlenebilirlik karakteristikleri ve çelikle karşılaştırıldığında çok iyi işlenebilirliğin sebebidir. Grafit parçaları, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünü etkilerken, matris ise takım ömrünü belirleyen temel faktördür [17].

Dökme demir kalitelerine ait işlenebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesi için yapının ve analiz sonuçlarının dikkate alınmasında yarar vardır. Karbon oranı

azaldıkça işlenebilirlik düşer. Silisyum oranı arttırılmış ferritik dökme demir yapısı daha güçlü ve daha az sünektir. Matris içerisinde perlitik oranın arttırılması mukavemeti ve sertliği arttırır, işlenebilirliği azaltır.

İşlenebilirlik açısından serbest karbürlerin etkisi perlitik bir matrise sahip dökme demirler için çok daha olumsuzdur; çünkü perlit matris içerisindeki karbür parçacıklarını bağlar. Bu ise kesici kenarın en sert parçacıkları ferritik yapıda olduğu gibi yerinden çıkarması veya yumuşak ferrite gömmesi yerine kesmesini gerektirir.

Döküm üst yüzeyinin sahip olduğu curuflar veya kum kalıntıları nedeniyle işlenebilirliği düşürür. Genellikle bir tip dökme demirin sertliği ve mukavemeti ne kadar artarsa, işlenebilirliği ve kesici takım ömrü o kadar azalır.

Talaşlı imalat alanında kullanılan dökme demir tiplerinin bir çoğunun işlenebilirliği iyidir. İşlenebilirlik katsayısı yapıya bağlıdır. Sert perlitik dökme demirin işlenmesi zordur. Gri dökme demir kısa talaş, temper ve sfero dökme demir prensipte uzun talaş oluşturur. Grafit lamelli dökme demirin ve temper dökme demirin mükemmel işleme özellikleri vardır. Sfero dökme demirin yani küresel grafitli dökme demirin işleme özellikleri daha kötüdür [18].

Dökme demir işlemede karşılaşılan aşınma tipleri abreziv, adeziv ve difüzyon aşınmalarıdır. Abraziv aşınma genellikle karbürler, kum kalıntıları ve daha sert çil yüzeyler nedeniyle oluşur. Adeziv aşınma ve BUE yığıntı talaş oluşumu düşük işleme sıcaklıklarında ve düşük kesme hızlarında söz konusudur. Dökme demirin kesici uç üzerine en kolay kaynak olan kısmı ferritik olan kısmıdır. Bu durum kesme hızının ve sıcaklığın artırılması ile önlenir. Öte yandan difüzyon aşınması da sıcaklığa bağlıdır ve özellikle yüksek mukavemetli dökme demir kalitelerinde yüksek sıcaklıklarda meydana gelir. Bu kaliteler daha yüksek deformasyon direncine, dolayısıyla daha yüksek çalışma sıcaklıklarına bağlıdır. Bu tip aşınma dökme demirler ile kesici takım arasındaki reaksiyona bağlıdır. Dökme demirlerle ilgili daha iyi yüzey kalitelerinin sağlanması amacıyla bazı işlemler yüksek kesme hızlarında seramik kesici takımlarla gerçekleştirilir [18].

Dökme demir işlemede aranan tipik kesici takım özellikleri yüksek kızıl sertlik ve kimyasal kararlılıktır. Ancak iş parçası ve işleme koşullarına bağlı olarak tokluk, ısı darbelere karşı direnç ve mukavemet de kesici kenarın sahip olması gereken özelliklerdir. Sinterlenmiş karbürlerin yanı sıra seramik kaliteler de dökme demir işlemede kullanılır.

Dökme demir işlenmesinde iyi sonuçların elde edilebilmesi kesici kenarda aşınmanın ne şekilde geliştiğine bağlıdır. Isıl çatlaklar ve kesici uçtan ufak dökülmeler ucun kırılması sonucunda ani körelmeye, bunun sunucunda da iş parçasından parça kopmalarına, kötü yüzey kalitesine ve aşırı dalgalı yüzeylere neden olur. Genellikle keskin bir kenar için düzenli gelişmiş bir serbest yüzey aşınması şarttır [18].

Üretici bir firmanın hem laboratuvar hem de atölye tecrübelerine dayanan verilerden, 18CrMo4 dövme çelik yerine KGDD kullanıldığında, konik dişli imalatı sırasında takım aşınmasında önemli iyileşmeler sağlandığı gözlenmiş, verimlilik artarken maliyet önemli oranda düşmüştür. Çizelge 5.1’de takım aşınmasındaki bu iyileşme açıkça görülmektedir.

Çizelge 5.1. Dövme 18CrMo4 çeliği ile KGDD'in işlenebilirliklerinin kıyaslanması [17].

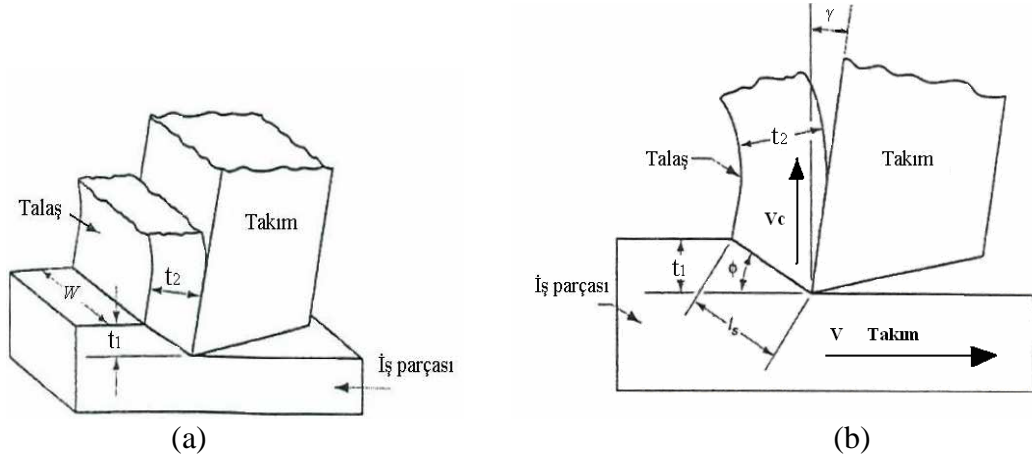
Parça	İşlem	KGDD		Dövme 18CrMo4 Çelik	
		İşlenen Parça Sayısı	Aşınma (mm)	İşlenen Parça Sayısı	Aşınma (mm)
Ayna Mahruti Dişlisi	Kaba delik işleme	250-300	0,5-0,7	80-1000	1,5
	Alın tornalama	250	0,2	100	0,4
	Cıvata deliklerinin delinmesi, raybalanması ve klavuz çekilmesi	130		500	
	Dişlilerin kaba işlenmesi	1300	0,4-0,5	180	0,9-1
	Dişlilerin ince işlenmesi	1300	0,2	200	0,5
Konik Pinyon Dişli	Her iki ucun ölçüye getirilmesi	3200		1600	
	Sap (mil) kısmının ve konik baş kısmının tornalanması	400	0,4	200	
	Dişlilerin kaba işlenmesi	1300	0,4-0,5	200	0,9-1
	Dişlilerin ince işlenmesi	1300	0,2	200	0,4

5.5. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ GEOMETRİSİ

Talaş oluşumu, Şekil 5.1'de gösterilen dik kesme modeline göre birincil deformasyon bölgesi içinde oluşan belirli bir kayma düzlemi boyunca meydana gelir. Kayma düzlemine kadar malzeme elastiktir. İlk deformasyon, oluşan bu düzlem üzerinde başlar ve kesme yönüne yönelmiş ardışık kesme düzlemleri boyunca devam eder. Kesme sırasında bu şekilde kaldırılan malzeme tabakasına "talaş" denir.

Talaşın parça üzerinden ayrıldığı düzleme kayma düzlemi, bu düzlemin kesme yönü ile yaptığı açıya kayma düzlemi açısı (ϕ) denir. Kayma düzlemi boyunca parçadan ayrılarak deforme edilmemiş talaşın genişliği (w), kalınlığı (t_1) ile ifade edilirken,

deforme edilmiş talaş kalınlığı (t_2)'den daha büyüktür. Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönünde “V” kesme hızı ile ilerler ve talaş parçadan “ V_c ” hızı ile uzaklaşır. Takım yüzeyi boyunca yapışma ve sürtünme etkisiyle oluşan bölge ikincil deformasyon bölgesidir.



Şekil 5.1. (a, b) Talaş oluşumu [18].

W: İş Parçası Genişliği

ls: Kayma Düzlemi Uzunluğu

t1: Deforme Olmamış Talaş Kalınlığı

Φ : Kayma Düzlemi Açısı

t2: Deforme Olmuş Talaş Kalınlığı

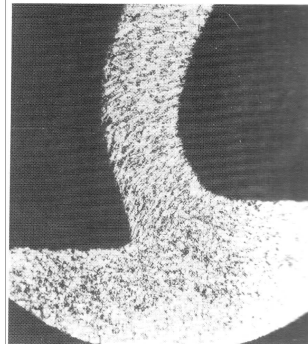
γ : Kesici Takım Talaş Açısı

5.5.1. Talaş Tipleri

Talaşlı imalatta, ham malzeme işlenirken elde edilen talaşın biçimi genellikle, işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, talaş açısı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Talaş biçimleri, kesme şartları ve yüzey kalitesi hakkında bilgi veren bir faktördür. Talaş, oluşum mekanizmasına göre en genel anlamda, sürekli, kesikli ve yığıntı talaş olmak üzere üç tip olarak meydana gelir.

5.5.1.1. Sürekli Talaş

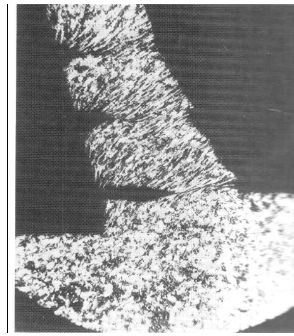
Sabit şartlarda genellikle sünek malzemelerin yüksek kesme hızlarında işlenmesi sırasında makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir. Sürekli talaş, yüksek deformasyon nedeni ile sertleşir ve yüksek sertlik değerine ulaştığında takım aşınmasını artırır.



Şekil 5.2. Sürekli talaş [16].

5.5.1.2. Kesikli Talaş

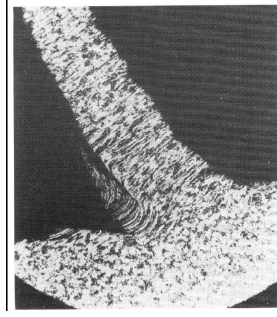
Talaş kaldırma sırasında eğer iş parçası gevrek yapıya sahip ise, bu durumda talaşın şekillendirilmesi zordur. Yani talaş daha birinci deformasyon bölgesinde kırılacaktır. Bu tür talaş genellikle dökme demir, pirinç döküm gibi malzemelerin işlenmesi esnasında ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda süreksiz talaş tipi sünek malzemelerin düşük kesme hızlarında ve büyük ilerleme değerlerinde işlenmesinde de meydana gelmektedir.



Şekil 5.3. Kesikli talaş [16].

5.5.1.3. Yığıntı Talaş

Yumuşak ve sünek malzemelerin düşük/orta kesme hızlarında işlenmesi sırasında veya takım kesici kenarının aşınma sürecine girdiği durumlarda oluşur. Çıkan talaş, takımın talaş yüzeyine tam anlamıyla sıvanır.



Şekil 5.4. Yığıntı talaş [16].

5.5.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Temel Parametreler

Talaş kaldırma işlemi, imalatın en önemli süreçlerinden birini teşkil eder. Bu nedenle bu sürecin en ekonomik şartlara bağlı olarak gerçekleştirilmesi gerekir. Bunun temel şartı, talaş kaldırmayı etkileyen faktörlerin üretim planlaması yapan birimlerce iyi bilinmesi ve en etkili bir şekilde uygulanmasıdır. Araştırmaların ortaya koyduğu sonuçlar, talaş kaldırmayı etkileyen birçok faktörün varlığından ve bu faktörlerin birbirleri ile olan ilişkilerinden söz eder. Talaş kaldırmayı etkileyen en önemli faktörler; kesici takım ömrü, kesme hızı, talaş derinliği, ilerleme miktarı, kesme açıları, titreşim durumu, soğutma sıvısı, takım-iş parçası malzeme çifti ve takım ucu yarıçapı olarak sıralanabilir [22].

Bunlar arasında en önemlisi ise kesici takım performansı ve maliyet bakımından daha yüksek olduğundan dolayı takım ömrü olup, bu da kesici takımın birbirini takip eden iki bileme esnasında etkili olarak çalıştığı zaman olduğundan, genellikle, takım ömrü-kesme hızı ve kesme hızı-talaş kesiti ilişkileri öncelik arz etmektedir.

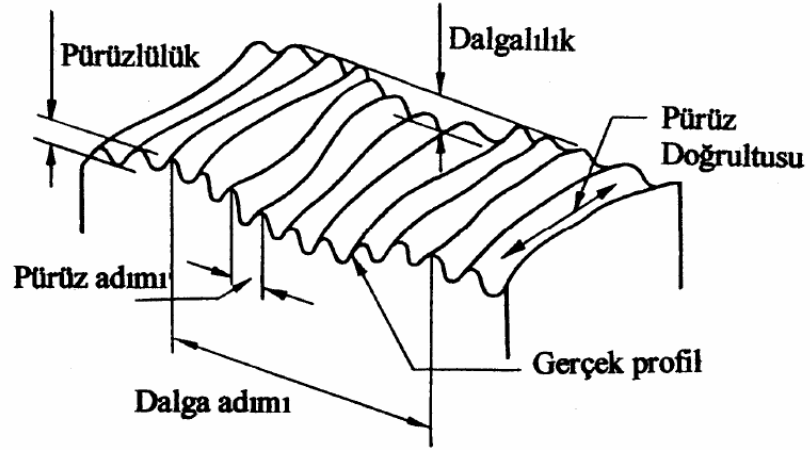
Talaş derinliğindeki değişmeler, takım ömrü üzerine en az etkiye sahiptir. İlerleme miktarındaki değişimler takım ömrü üzerine talaş derinliğindeki değişikliklerden daha büyük etkilidir. Herhangi bir malzemede kesme hızındaki değişiklerin takım ömrü üzerine etkisi hem talaş derinliği hem de ilerleme miktarından daha fazladır. Yani kesme hızının artmasıyla takım ömründe belirgin bir düşüş görülmektedir [22].

En uygun ilerleme miktarı ve talaş derinliği dikkate alındığı zaman, her zaman mümkün olan en derin talaş ve düşük ilerleme miktarı seçilir. Çünkü bunlar takım ömrü üzerine kesme hızından daha az etkiye sahip olduğundan takım ömrünü daha az oranda azaltacaktır. Optimum ilerleme miktarı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengelemelidir.

Özet olarak, maksimum üretim miktarı; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin optimize edilmesi ile takım değiştirme zamanı minimum ve toplam işleme zamanı içinde maksimum parça üretimi ile sağlanır.

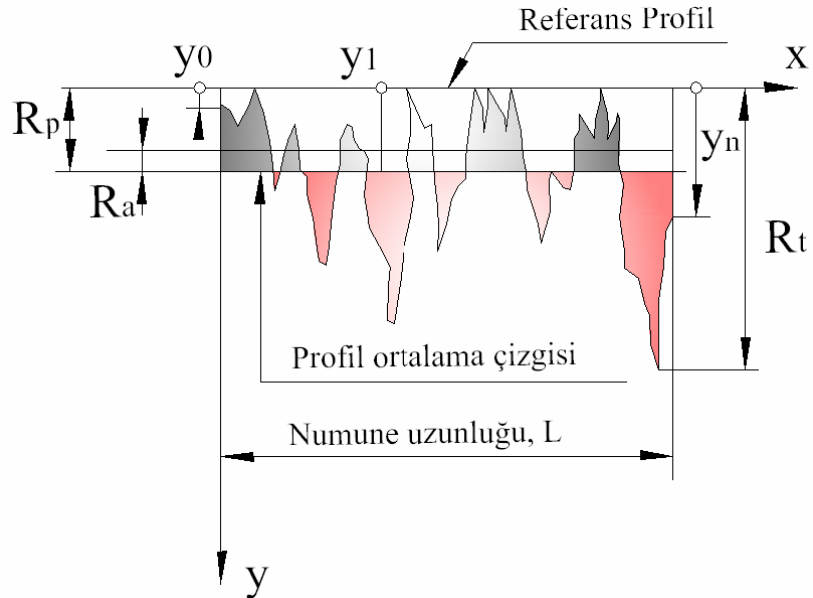
5.6. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşleme metodu, kesici takımın cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerinde etkisiyle işlenmiş yüzeylerde genellikle istenmediğı halde bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir. İşlenmiş yüzeylerde, işleme metodu ne olursa olsun yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmazdır. Yüzey kalitesi, parça yüzeyindeki genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelen düzgünsüzlük olarak ifade edilmektedir. Parçanın yüzey kalitesini gösteren düzgünsüzlük iki türdür. Birincisi çok küçük yüzeysel hatalardan meydana gelen ve yüzey pürüzlülüğü denilen mikro geometrik düzgünsüzlük, ikincisi parçanın ideal şeklinden sapmalarını belirten ve form düzgünsüzlüğü (makro dalgalanmalar) denilen geometrik bozukluktur.



Şekil 5.5. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler [16].

Tamamen giderilemeyecek şekilde olan ve ekonomik bakımdan uygun görülen her iki yüzey düzgünsüzlüğü parçanın fonksiyonuna göre belirli sınırlar içerisinde tutulması gerekir. Bu sınırlar fonksiyonel ve ekonomik faktörler göz önüne alınarak tayin edilir. Şekil 5.6’de yüzey pürüzlülüğü ölçümü için gerekli olan değerlerin neler olduğu görülmektedir.



Şekil 5.6. Yüzey pürüzlülük değerleri [16].

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlerle yapılır. Bu kriterlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Yüzey pürüzlülüğü; yüzey pürüzlülüğünün derinliği (Rt), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (Rp) ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (Ra) gibi kriterlere göre değerlendirilir. (Rt), referans profiline göre en derin pürüzün değeri (Rp), referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe (Ra)'da ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliğinin veya derinliklerin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Referans olarak profil ortalama çizgisi alınırsa yüzey pürüzlülüğü;

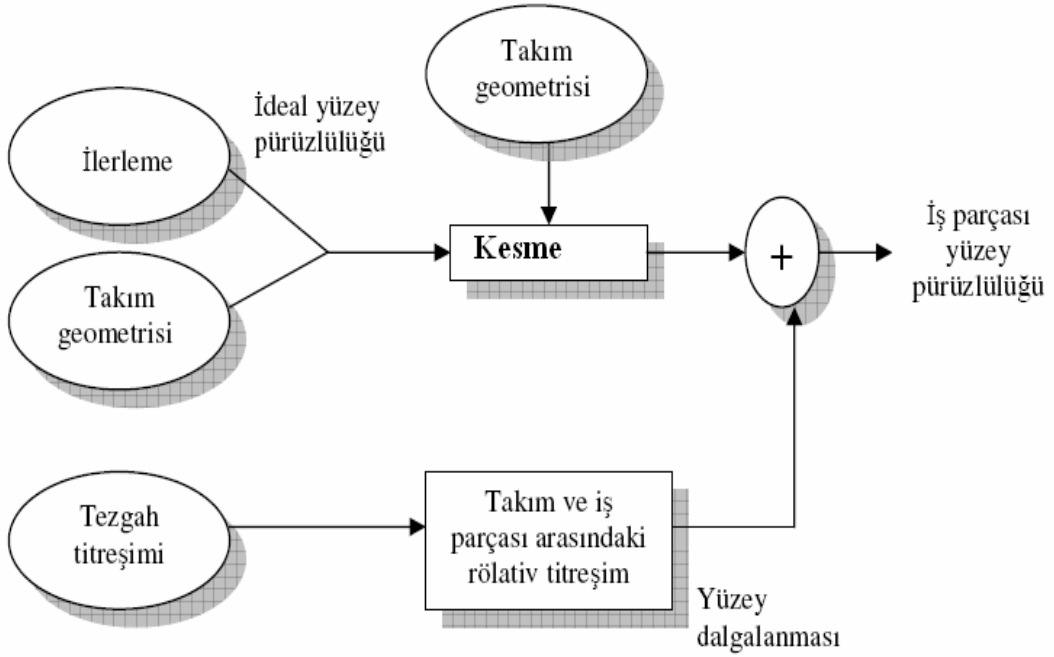
$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (5.1)$$

$$Ra = \frac{|y_0| + \dots + |y_n|}{n} \quad (5.2)$$

bağıntıları ile elde edilir. Burada, (l) örnekleme uzunluğu, (y) profil ortalama çizgisinden bağımsız dikeydeki yer değiştirmeler, ($y_0 \dots y_n$) profil ortalama çizgisi için pürüz yükseklikleri ve numune uzunluğuna tekamül eden pürüz sayısıdır. Ölçme tekniğinin gelişmesi ile yukarıdaki değerlerin biri veya hepsi ölçülebilir hale gelmiştir. Ancak pratikte yüzey kalitesi genellikle (Rp) veya (Ra)'nın değerleri ile ifade edilir. Parça imalat resimlerinin üzerine bu değerlerden birinin verilmesi yeterlidir. Eskiden daha çok (Rp)'nin kullanılmasına karşın, günümüzde daha ziyade uluslararası bir kriter olarak kabul edilen (Ra) kullanılır. (Ra)'nın değerleri standartlaştırılmış ve ISO sistemine göre N harfi ile simgelenmiştir. Genellikle yüzey pürüzlülüğünün değeri mikron (μm) olarak ifade edilir [18].

5.6.1. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Bütün talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç iş parçasında istenilen geometri ve hassas bir bitirme yüzeyi oluşturmaktır. Talaş kaldırma işlemlerinde; istenilen geometri ve yüzey pürüzlülüğü olmak üzere iki önemli kalite karakteristiği üzerinde durulmaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinde talaş akışı ve malzeme taşınımının oldukça karmaşık olmasından dolayı matematiksel modellenmesi için çoklu değişkene ihtiyaç vardır. Bu karmaşık yapıya rağmen, kısmen yüzey pürüzlülüğünün kontrolü, öncelikli olarak üç önemli talaş kaldırma değişkeni olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği için uygun değerler seçilerek sağlanabilir. Genel olarak, talaş derinliği ve ilerleme miktarının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü miktarı artarken, buna zıt olarak kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır [16].



Şekil 5.7. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreler [16].

5.6.1.1. Kesme Hızı, İlerleme Ve Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Her işleme tekniğinin doğrudan veya dolaylı olarak etkilendiği işleme parametreleri vardır. Bu parametrelerinde işleme sırasında her birinin ayrı ayrı etkileri yanı sıra, birbirleriyle de etkileşimi söz konusu olmaktadır. İyi seçilmeyen parametreler kesicilerin kırılması, hızlı aşınması yanı sıra iş parçasının bozulması veya yeni bir işlem gerektirecek kadar iş yüzeyinin yetersizliğine neden olmaktadır. Daha yüksek oranlarda üretimle, az maliyetle ve minimum zamanda kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde edilmesi arzu edilir. Bu amaçla, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen değişik parametrelerin araştırılması bir ihtiyaçtır. Bu parametreler, işleme sırasında gerekli yüzey kalitesini elde etmek için kontrol edilebilir [36].

Talaş kaldırma işlemlerinde parça üretim maliyetinin minimum değerinin belirlenmesi için kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi faktörlerin optimum değerlerinin bilinmesi gerekir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda kesme hızının artmasıyla pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmekte ve düşük kesme hızlarında ise pürüzlülük değerinin arttığı görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden biri düşük kesme hızlarında kesici kenarda yığıntı talaş oluşmasıdır. Yığıntı talaş kesici kenar geometrisinde olumsuz bir değişikliğe ve sürtünmeye sebep olur. İlerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artar, talaş derinliğinin artması ile yüzey pürüzlülüğünde artma gözlenir fakat talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi diğer parametrelerde olduğu gibi fazla değildir [16]. Yüzey pürüzlülüğü, ilerleme miktarı, paso derinliği, kesme hızı, devir sayısı gibi parametrelere bağlıdır.

5.6.1.2 Takım Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Talaş kaldırma işlemlerinde takım uç yarıçapı önemli bir faktördür. Uç yarıçapının büyük olması, malzeme üzerinde daha büyük kuvvet uygulayarak metal kesme işleminin gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu durumda kesici ucun daha fazla sürtünmesine neden olarak takım-iş parçası arasında ısıl gerilimler meydana getirmektedir. Bu ısıl gerilimler iş parçası yüzeyinde çalışma sertleşmesine ve takım ucunda daha çok ısı meydana getirerek takım aşınmasına etki etmektedir [16]. Fakat

uç yarı çapının artmasıyla yüzeyde oluşan ilerlemeye bağlı izlerin azaldığı görülmüştür.

Zeyveli ve Demir bu konuyla ilgili “Kesme parametrelerinin ve takım uç geometrisinin GGG-40 küresel grafitli dökme demirin işlenebilirliğine etkisi” isimli bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada 0,4 mm ve 0,8 mm yarıçaplı uç ile deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda 0,8 mm yarıçaplı uç ile işlenen parçanın yüzey kalitesinin 0,4 mm yarıçaplı uç ile işlenen yüzey kalitesine göre daha iyi olduğunu ortaya koymaktadır [37].

Uç yarıçapının büyümesi yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesini sağlar. Fakat bu büyüme belirli bir değeri geçtikten sonra yüzeyin kötüleşmesine neden olmaktadır.

5.6.1.3. Titreşimin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Talaş kaldırma işlemleri boyunca titreşim kaçınılmaz bir faktördür. Titreşim, işleme sırasında kesme kuvvetleri sonucu üretilen bir değişken olup, takım tezgahlarında örneğin takım dengesizliği, mil yatak sistemlerindeki salgı vb. olarak meydana gelmektedir. Kesici takım ile iş parçası arasında sürekli olarak meydana gelen bir titreşimin olması nedeniyle, kesici takım ömrü ve işlenen yüzey kalitesinde istenmeyen durumlar ortaya çıkmaktadır.

5.6.1.4. İş Parçasına Bağlı Faktörler

Talaş akışı, iş parçasının kayma dayanımı, iş parçası sertleşmesi, takım ve iş parçası arasında sürtünme, sertlik ve süneklik gibi malzeme özellikleri talaşın yapısının değişmesine etki ederler. Yüksek dayanıma sahip malzemeler düşük dayanımlı malzemelere nazaran kesme anında daha büyük kuvvet oluşturur. İşlenen malzemenin yapısı ve özellikleri talaş kaldırma işlemine etki eder. Talaş oluşumunda, süneklik de önemli bir faktördür. Sünekliği fazla olan malzemeler sadece kesme esnasında talaşın aşırı plastik deformasyonuna müsaade etmemekte takım ve talaş temas yüzeyinde sıcaklığın artmasına neden olurlar. Takımda oluşan

bu sıcaklık artışı aynı zamanda takımın aşınmasına neden olarak işlenen iş parçasının yüzey kalitesini olumsuz etkiler. Ayrıca kesici takımda yığıntı talaş oluşumu sünek malzemelerde daha fazla görülür buda yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler [16].

BÖLÜM 6

MATERYAL VE DENEYSEL METOT

6.1. DENEY MALZEMESİ

Bu çalışmanın temel amacı, KGDD'in farklı kesici takım uç geometrisi ve değişik kesme parametreleri kullanılarak işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüklerinin karşılaştırılmasıdır. Bu çalışmada kullanılan küresel grafitli dökme demir, A United Cast Bar Company (UK) firması tarafından üretilen Unibar-600-3 (EN-GJS-600-3) standardında malzemedir. Bu malzemenin sertlik değeri 229-255 HB aralığındadır. Deneyleerde kullanılan malzeme numuneleri $\text{Ø}50 \times 250$ mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deney numunesi Şekil 6.1'de görülmektedir. Numuneler belirlenen kesme parametreleri ile 30 mm boyutlarında işlenmiş ve yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür.



Şekil 6.1 Deney numunesi

Unibar-600-3 küresel grafitli dökme demir malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 6.1 ve mekanik özellikleri'de Çizelge 6.2'de görülmektedir.

Çizelge 6.1. GGG-60 KGDD'in kimyasal bileşimi

Alaşım Elementi	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Mg	% Cu	% SN
% Oranı	3.69	2.59	0.25	0.015	0.046	0.063	0.27	0.26

Çizelge 6.2. GGG-60 KGDD'in mekanik özellikleri

Mikroyapı	Grafit Tipi	% Perlit	% Ferrit	% Karbür
% Oranı	% 90 Nodul	75	25	

6.2. DENEYDE KULLANILAN CNC TORNA TEZGAHI

Deneyde kullanılan GGG-60 malzeme Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim Dalı Atölyesinde bulunan Taksan TTC 550 CNC torna tezgahında işlenmiştir. CNC torna tezgahının resmi Şekil 6.2'de görülmektedir. Tezgah gücü 10 kW, iş mili devir sayısı 6000 dev/dak, iş parçası maksimum boyu 550 mm, hassasiyet 0,001 mm dir.



Şekil 6.2. Deneyde kullanılan CNC torna tezgahı

6.3. DENEYDE KULLANILAN KESİCİ TAKIMLAR

Deneyleerde iki tip kesici takım kullanılmıştır. Bunlar standart uç geometrisi ve wiper uç geometrisidir. KGDD malzemenin işlenmesinde CVD yöntemi ile kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımların kalitesi KC 9225 olup formu ise WNMG 080404 formunda 0,4; 0,8 ve 1,2 mm uç yarıçapı olmak üzere üç farklı kesici uç ile işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Kesici takımın görünüşü Şekil 6.3’de görülmektedir. Kesici takımın bağlandığı takım tutucu ise yanaşma açısı 95° olacak şekilde tasarlanmış DWLN R/L 2020K08KC04 metrik formundaki mekanik sıkımal takım tutucudur [39].



Şekil 6.3 Kesici takım

6.4. DENEYDE KULLANILAN KESME PARAMETRELERİ

Deneyleerde değişik kesme parametreleri kullanılarak KGDD’in standart yarıçaplı ve wiper (silici) geometriyle işlenmesindeki yüzey pürüzlülükleri kıyaslanmaktadır. Deneyleerde üç değişik kesme hızı ve üç değişik ilerleme hızı kullanılmaktadır. Talaş derinliği ise tüm kesme parametrelerinde sabit ($a_p=1$ mm) alınıp, tornalama deneyleri kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 6.3’de verilmektedir.

Çizelge 6.3. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri

(V) Kesme Hızı (m/dak)			(f) İlerleme Hızı (mm/dev)			(a_p) Talaş Derinliği (mm)
200	275	350	0,05	0,15	0,25	1

6.5. DENEYDE KULLANILAN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK CİHAZI

Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı olarak Mahr marka Marsurf PS1 tipi masaüstü yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 6.4.'te verilmektedir. Şekil 6.4'de yüzey pürüzlülük cihazı gösterilmektedir.

6.5.1. Teknik Özellikler

Çizelge 6.4. Yüzey pürüzlülük cihazı teknik özellikleri

Birim	mm/inch çevrimli
Pikap	2µm uç radyuslu ölçüm ucu, 0,7mN baskı kuvveti
Parametreler	Ra, Rp, Rz (Ry), Rmax, Rpm, Rpk, Rk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rt, R3z, R _{Pc} , R _{mr} , R _{Sm} , R, Ar, Rx
Çözünürlük	32nm profil çözünürlüğü
Filtre	DIN EN ISO 11562 (Gauss); DIN EN ISO 13565; DIN EN ISO 3274
Kesme Boyu	0,25 - 0,8 – 2,5 mm (otomatik seçim)
Tarama Boyu	1,75-5,6-17,5mm(ISO) 1,1-2-4-8-16 mm (CNOMO)
Kalibrasyon	Dinamik kalibrasyon
Bellek	15 profil; 20.000 ölçüm sonucu
Güvenlik	Ayarları saklama ve şifre ile koruma
Diğer İşlevler	Saat/tarih ayarı
Boyutlar	140x50x70 mm; 400gr
Bağlantı	USB ve RS232 çıkışı

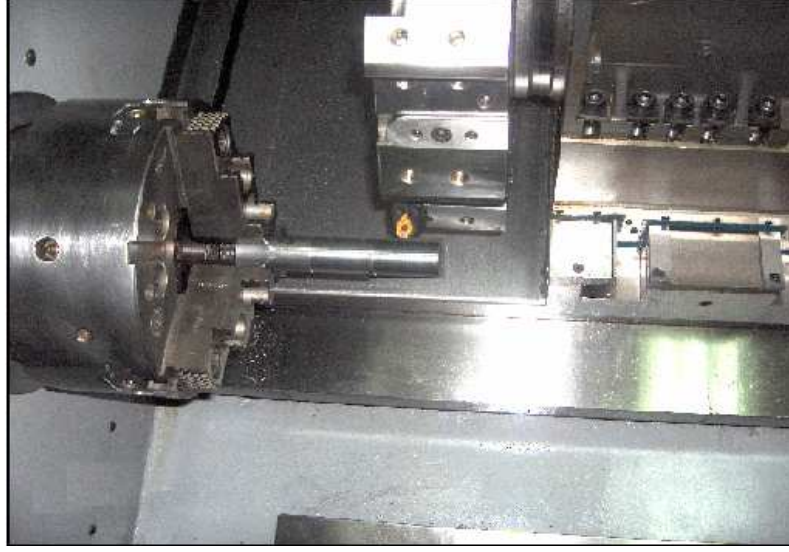


Şekil 6.4. Deneyde kullanılan yüzey pürüzlülük cihazı

6.6. DENEYİN YAPILIŞI

Deneyleler $\text{Ø}50 \times 250$ mm ölçülerindeki KGDD'in CNC torna tezgahında işlenmesiyle yapılmıştır. Deney numunesi torna tezgahında 0,4; 0,8; 1,2 mm uç yarıçaplı standart ve wiper geometrili kesici takımlar kullanılarak işlenmiştir. Her radyüslü uç için değişik kesme hızı ve her kesme hızı içinde değişik ilerleme değeri alınmıştır. Üç adet uç yarıçapı, üç adet kesme hızı ve üç adet ilerleme değeri olduğu için; $3 \times 3 \times 3$ toplam 27, iki adet kesici takım geometrisi olduğundan 27×2 toplam 54 adet deney yapılmıştır.

Deneyleler numunenin CNC tezgahına bağlanarak 30 mm'lik kısımlar halinde tornalanmasıyla geręekleşmiştir. Her yapılan deneyde kesici uç değiştirilerek takım aşınmasından dolayı oluşacak yüzey pürüzlülüğü ortadan kaldırılmıştır. Deneylelerde tüm kesme parametreleri için talaş derinliği standart $a_p=1$ mm alınmıştır. Deneyleler soğutma sıvısı kullanılmadan kuru kesme şartlarında geręekleştirilmiştir. Şekil 6.5'de KGDD deney numunelerinin CNC torna tezgahında işlenme görülmektedir.



Şekil 6.5. Numunelerin CNC tezgahında işlenmesi

Pürüzlülük ölçümleri malzemenin 30 mm uzunlukta tornalanması ile elde edilen yüzeylerde yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri işlenmiş yüzeylerde başlangıç, orta ve bitiş kısmı olmak üzere üç farklı yerde, üç tekrar ile ölçülmüş ve bu değerlerin ortalamaları alınmıştır. Deneilerde mümkün olduğunca ISO 3685 standardına uygun kesici ve kesme parametrelerinin seçilmesine çalışılmıştır.

BÖLÜM 7

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

7.1. DENEY SONUÇLARI

KGDD'in işlenmesinde kullanılan deney parametreleri ve yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2'de verilmiştir. Çizelge 7.1'de KGDD'in standart yarıçapı kesici takım ile işlenmesinde elde edilen değerler verilmiştir. Çizelge 7.2'de ise KGDD'in Wiper (silici) uç ile işlenmesinde oluşan değerler verilmektedir.

7.2. STANDART YARIÇAPLI UÇ İLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

Küresel grafitli dökme demirlerin standart yarıçaplı uç ile yapılan deney sonuçları Çizelge 7.1'de verilmektedir. Talaş derinliği sabit alınarak (1 mm) her kesme hızı için üç farklı ilerleme değeri kullanılarak yapılan deneylerde, oluşan yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Ölçümler işlenen parçanın üç farklı bölgesinden (başlangıç, orta ve bitiş) alınarak ortalamaları hesaplanmış ve çıkan değer ortalama yüzey pürüzlülüğü olarak alınmıştır.

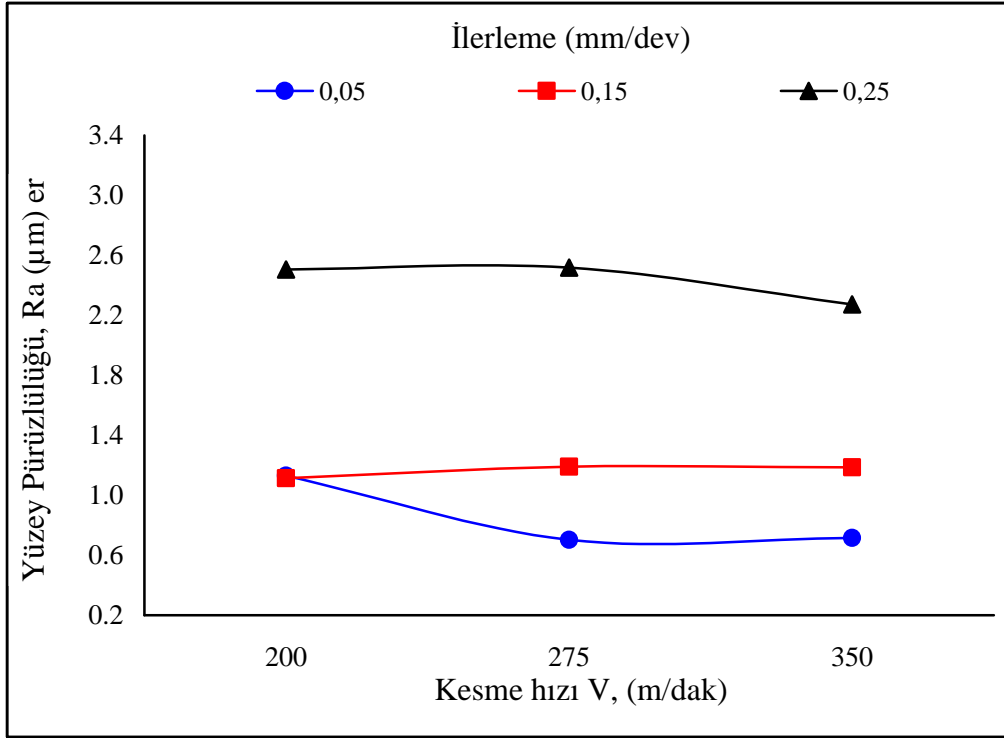
Çizelge 7.1.KGDD'in standart yarıçaplı kesici uç ile değişik parametrelerde işlenmesiyle elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Kesici Takım Uç Yarıçapı	Talaş Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak.)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Yüzey Pürüzlülük Değerleri			
					Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ortalama
1	0,4 mm Yarıçaplı Standart Uç	1 mm	200	0,05	1,062	1,119	1,213	1,131
2				0,15	1,050	1,208	1,082	1,113
3				0,25	2,468	2,538	2,508	2,505
4			275	0,05	0,689	0,760	0,662	0,704
5				0,15	1,031	1,225	1,317	1,191
6				0,25	2,448	2,540	2,565	2,518
7			350	0,05	0,713	0,719	0,716	0,716
8				0,15	1,192	1,228	1,137	1,186
9				0,25	2,269	2,204	2,346	2,273
10	0,8 mm Yarıçaplı Standart Uç	1 mm	200	0,05	1,510	1,719	1,710	1,646
11				0,15	0,811	0,992	0,962	0,922
12				0,25	1,342	1,428	1,426	1,399
13			275	0,05	1,815	1,753	1,918	1,829
14				0,15	0,915	1,042	1,166	1,041
15				0,25	2,192	2,285	2,219	2,232
16			350	0,05	0,743	0,724	0,832	0,766
17				0,15	1,043	1,013	0,961	1,006
18				0,25	2,055	2,611	1,963	2,210
19	1,2 mm Yarıçaplı Standart Uç	1 mm	200	0,05	1,042	1,320	1,275	1,212
20				0,15	1,275	1,100	1,131	1,169
21				0,25	1,721	1,585	1,654	1,653
22			275	0,05	0,865	0,790	0,797	0,817
23				0,15	0,680	0,841	0,734	0,752
24				0,25	0,687	0,628	0,686	0,667
25			350	0,05	1,613	1,669	1,670	1,651
26				0,15	0,984	0,883	0,912	0,926
27				0,25	1,274	1,272	1,250	1,265

7.2.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

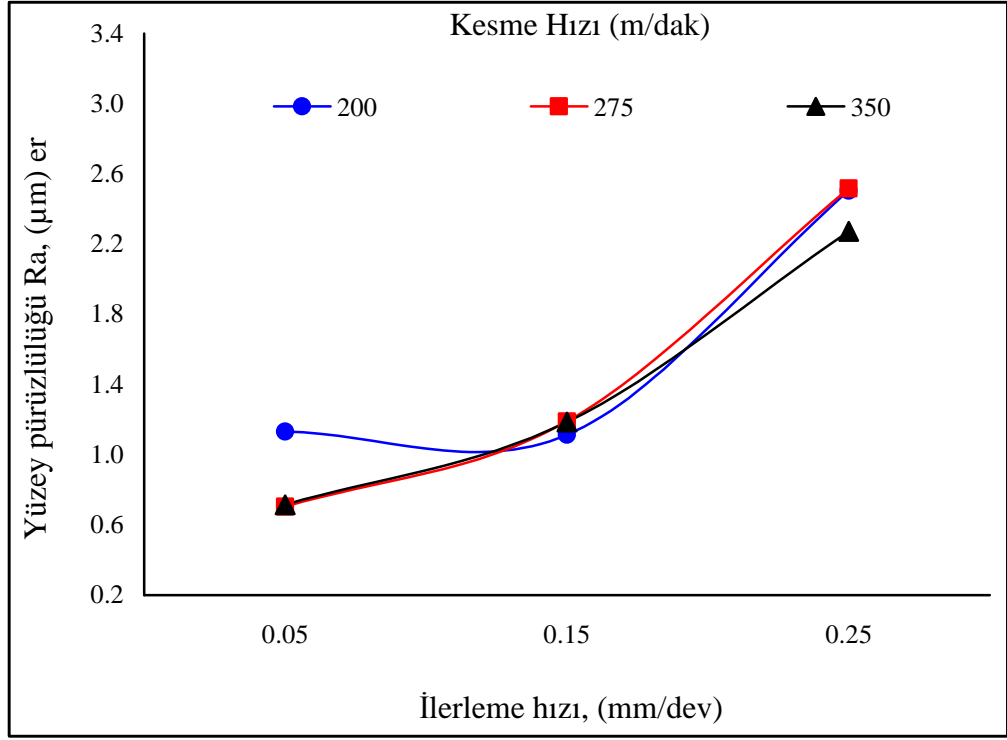
Literatür araştırmalarına bakıldığında KGDD'in yüksek kesme hızları kullanılarak işlenmesi ile ilgili fazla deney yapılmamıştır. Bu çalışmada yüksek kesme hızları alınarak üç değişik kesme hızında deneyler yapılmıştır. Bu deneylere göre KGDD'in 0,4 mm yarıçaplı uç geometrisi ile işlenmesinde kullanılan kesme hızı ve oluşan yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki Şekil 7.1'de görülmektedir. Burada 0,15 mm ve 0,25 mm ilerleme değerlerinde 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızı aralığında yüzey pürüzlülüğünde bir artış görülürken 275 m/dak ve 350 m/dak değerleri arasında ise bir düşüş görülmektedir. 0,05 mm ilerleme değerinde ise 200 m/dak ve 275 m/dak

kesme hızı değerleri arasında bir düşüş görülürken 275 m/dak ve 350 m/dak değerleri arasında yüzey pürüzlülüğünde azda olsa bir yükselme görülmektedir.



Şekil 7.1. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı uç geometrisi

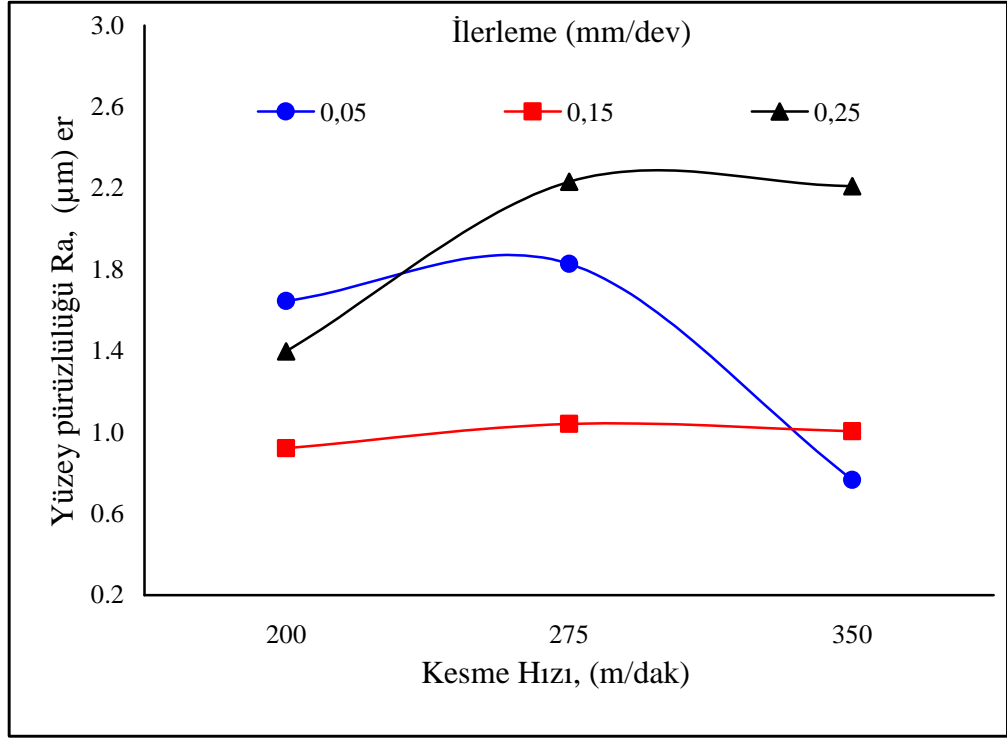
İlerleme-yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 7.2'de görülmektedir. Grafikte 0,4 mm yarıçaplı uç için ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde artış görülmektedir. Bu deneyde en düşük yüzey pürüzlülüğü 275 m/dak kesme hızında 0,05 mm ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.2. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı uç geometrisi

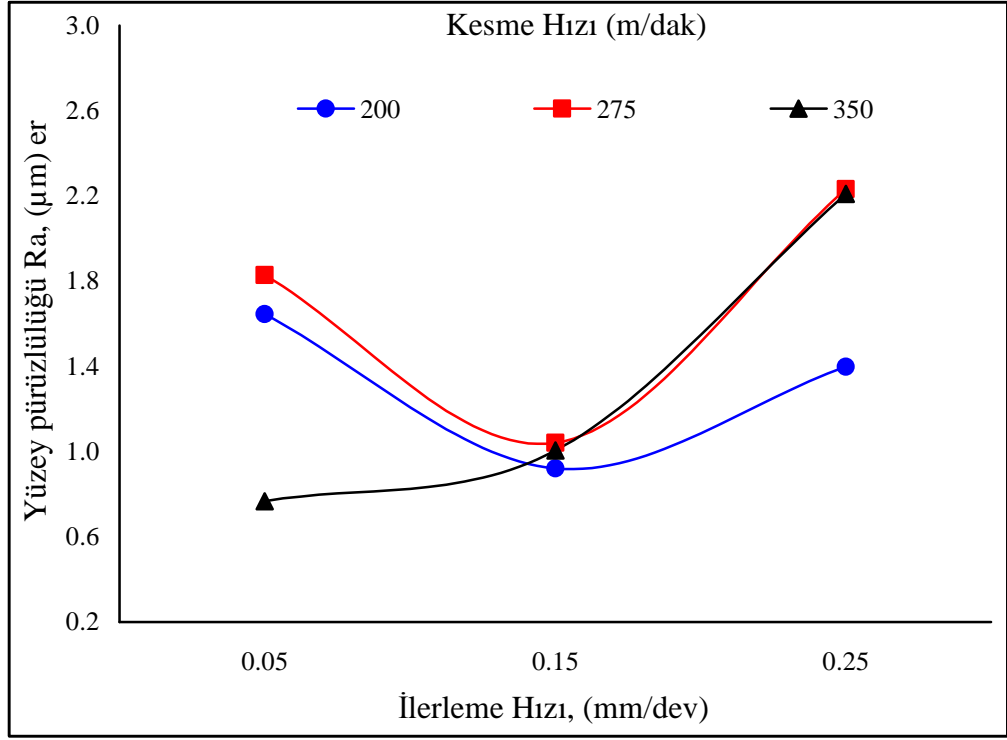
7.2.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

Aşağıdaki grafiklerde 0,8 mm yarıçaplı uç geometrisi kullanılarak işlenen KGDD'in yüzey pürüzlülük değerleri verilmektedir. Şekil 7.3'de kesme hızı-yüzey pürüzlülük değerleri verilmektedir. Her üç ilerleme hızı için, 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızı değerleri arasında yüzey pürüzlülüğünde bir artış görülmektedir. Fakat kesme hızı 275 m/dak dan 350 m/dak ya çıkarıldığında yüzey pürüzlülüklerinde bir düşüş söz konusudur. 0,15 ve 0,25 mm/dev ilerleme hızlarında kesme hızlarına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde fazla bir düşüş görülmezken, 0,05 mm/dev ilerleme ile 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızları arasında yüzey pürüzlülüğünde aşırı bir düşüş meydana gelmiştir.



Şekil 7.3. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı uç geometrisi

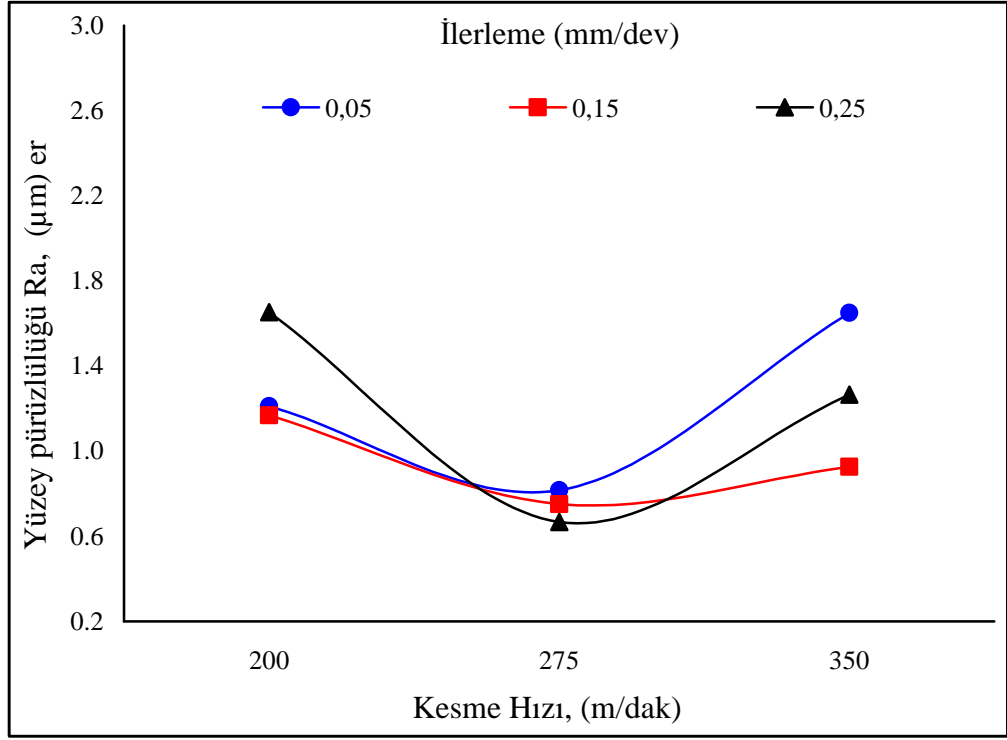
0,8 mm yarıçaplı uç geometrisi için ilerleme-yüzey pürüzlülük grafiği Şekil 7.4'de verilmektedir. 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızlarında ilerleme değeri 0,05 mm/dev'den 0,15 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde bir düşme görülmüştür. İlerleme hızının 0,15 mm/dev'den 0,25 mm/dev'e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüklerinde artış meydana gelmektedir. 350 m/dak kesme hızında ise ilerleme hızının artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde devamlı bir artış görülmektedir. Bu deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.4. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı uç geometrisi

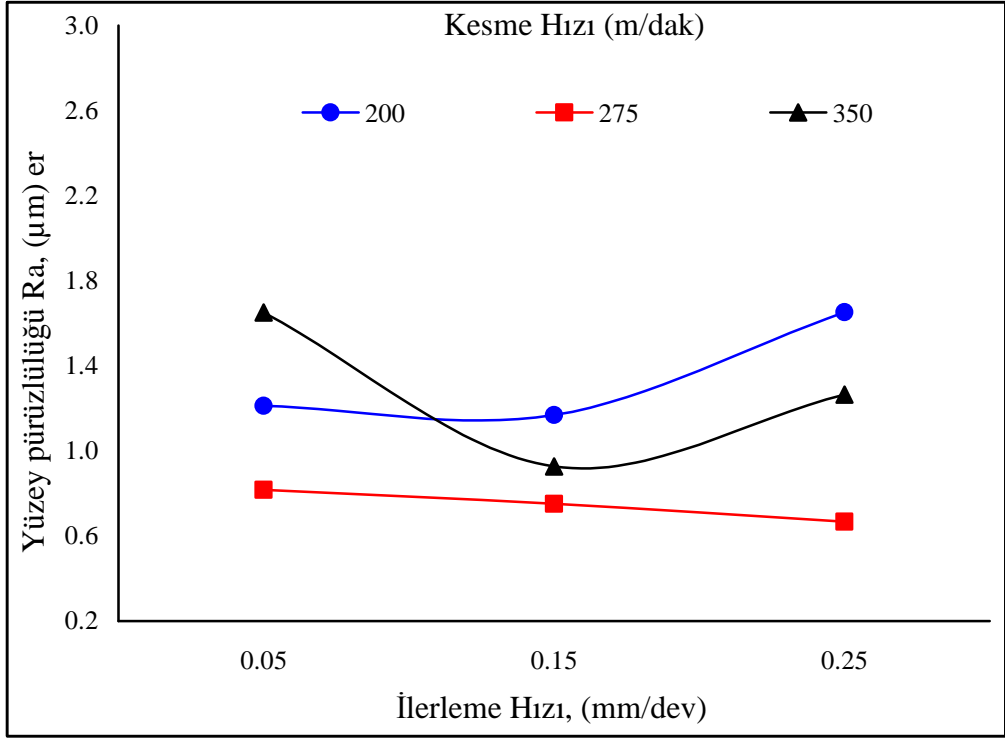
7.2.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

Bu deneyde 1,2 mm yarıçaplı uç kullanılmıştır. Bütün ilerleme hızları için, 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızları arasında yüzey pürüzlülüğünde bir düşüş görülmektedir. 0,25 mm/dev ilerleme hızında meydana gelen düşüş diğer ilerleme hızlarına bakarak daha fazladır. 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızları arasında tüm kesme hızları için yüzey pürüzlülüğünde artış oluşmaktadır. Bunun sebebi kesme hızının belirli bir değerden sonra yüzey pürüzlülüğünü kötü yönde etkilemesidir. 0,15 mm/dev ilerleme hızında oluşan bu artış diğer ilerleme hızlarına nazaran daha az meydana gelmektedir.



Şekil 7.5. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı uç geometrisi

Şekil 7.6'da ilerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi verilmektedir. Bütün kesme hızları için 0,05 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerleme hızları arasında yüzey pürüzlülüğünde bir düşüş görülmektedir. 200 m/dak ve 350 m/dak kesme hızları için 0,15 mm/dev ve 0,25 mm/dev ilerleme hızları arasında yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmektedir. 275 m/dak kesme hızı için ilerleme hızı artırılmasına rağmen yüzey pürüzlülüğündeki düşüş devam etmektedir. Bu deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü 275 m/dak kesme hızında 0,25 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.6. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı uç geometrisi

7.3. WIPER GEOMETRİYLE YAPILAN DENEY SONUÇLARI

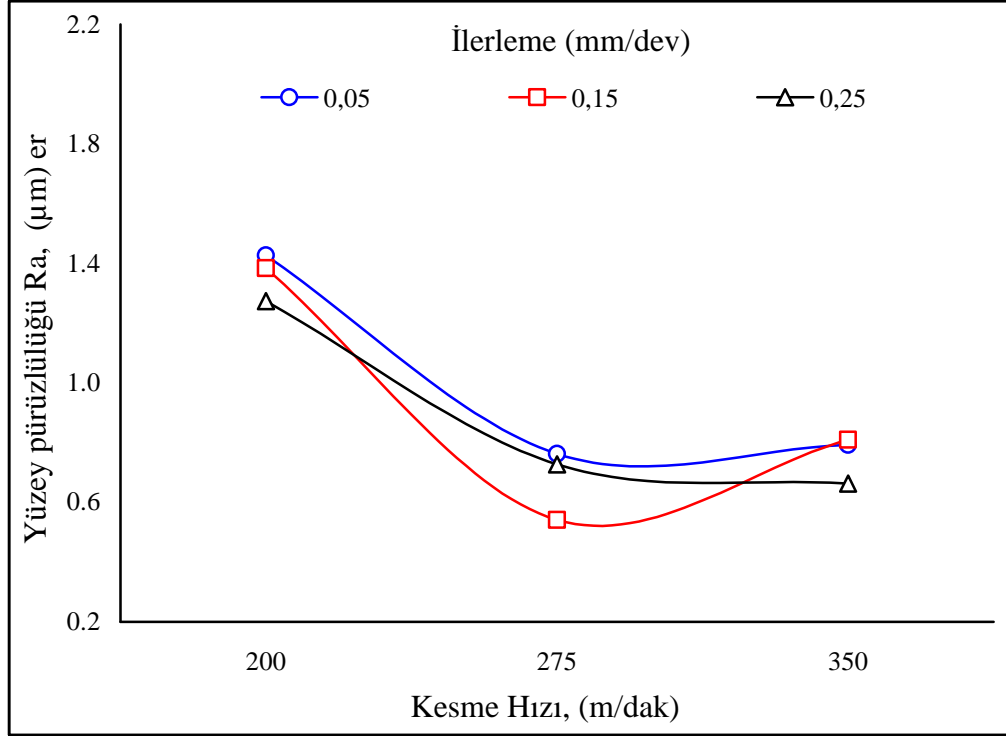
Çizelge 7.2. KGDD'in wiper (silici) kesici uç ile değişik parametreleriyle işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Kesici Takım Uç Açısı	Talaş Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak.)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Yüzey Pürüzlülük Değerleri					
					Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ortalama		
28	0,4 mm Yarıçaplı WIPER Geometri	1 mm	200	0,05	1,285	1,611	1,385	1,427		
29				0,15	1,362	1,409	1,381	1,384		
30				0,25	1,226	1,437	1,158	1,274		
31			275	0,05	0,790	0,759	0,738	0,762		
32				0,15	0,586	0,547	0,492	0,542		
33				0,25	0,713	0,766	0,704	0,728		
34			350	0,05	0,799	0,884	0,693	0,792		
35				0,15	2,916	2,532	2,787	0,820		
36				0,25	0,777	0,616	0,595	0,663		
37			0,8 mm Yarıçaplı WIPER Geometri	1 mm	200	0,05	0,974	0,762	0,725	0,820
38						0,15	1,010	1,125	1,105	1,080
39						0,25	1,207	1,092	1,258	1,186
40	275	0,05			1,178	0,984	1,038	1,067		
41		0,15			1,175	1,155	1,300	1,210		
42		0,25			1,380	1,386	1,390	1,385		
43	350	0,05			0,665	0,451	0,479	0,532		
44		0,15			1,514	1,314	1,511	1,446		
45		0,25			1,985	2,029	2,047	2,020		
46	1,2 mm Yarıçaplı WIPER Geometri	1 mm			200	0,05	0,859	0,865	0,831	0,852
47						0,15	1,131	1,124	1,075	1,110
48						0,25	1,070	1,026	1,100	1,065
49			275	0,05	0,700	0,636	0,690	0,675		
50				0,15	0,622	0,624	0,674	0,640		
51				0,25	0,651	0,591	0,697	0,646		
52			350	0,05	0,395	0,374	0,435	0,401		
53				0,15	0,477	0,504	0,459	0,480		
54				0,25	0,522	0,570	0,548	0,547		

7.3.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

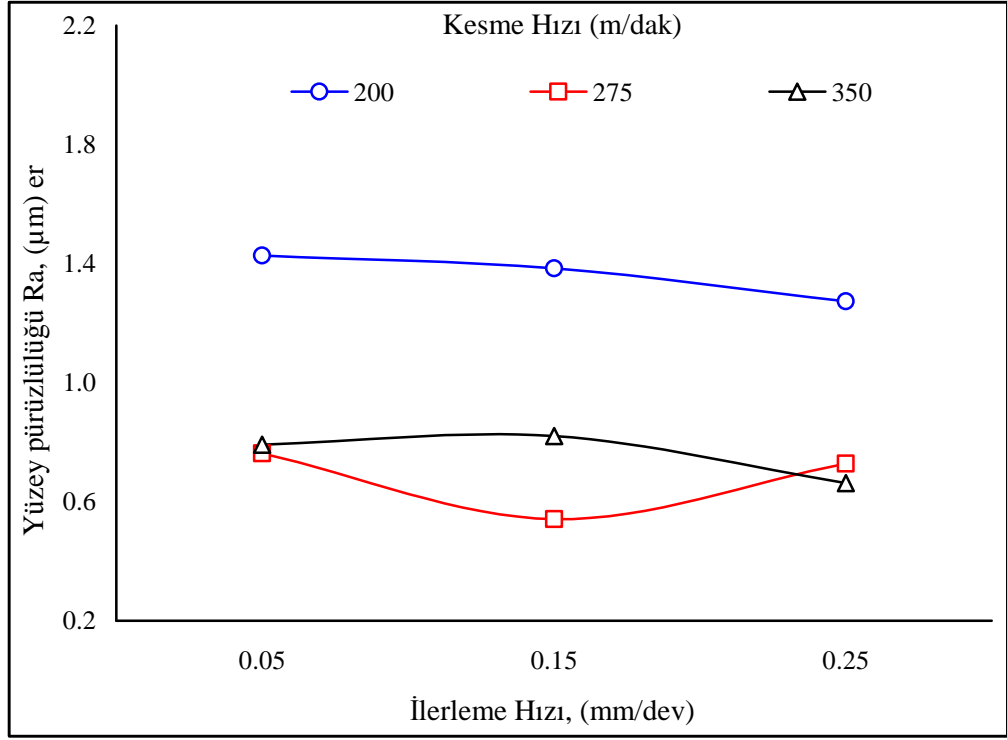
Bu çalışmada wiper uç geometrisinin KGDD üzerindeki etkisinin ve diğer standart yarıçaplı kesici uçlara göre performansının araştırması yapılmaktadır. Bu amaçla deneylerde wiper uç geometrisi kullanılmıştır. Şekil 7.7'de 0,4 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi ile yapılan deneylerin grafiği verilmektedir. Deney sonuçlarına göre 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızlarında bütün ilerlemeler için yüzey pürüzlülüğünde belirgin bir düşüş görülmektedir. 275 m/dak kesme hızından sonra

0,05 mm/dev ilerleme hızı için yüzey pürüzlülüğünde az bir yükselme, 0,15 mm/dev ilerleme hızında ise bir miktar yükselme görülmektedir. 0,25 mm/dev ilerleme değerinde ise yüzey pürüzlülüğündeki düşüş devam etmektedir.



Şekil 7.7. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

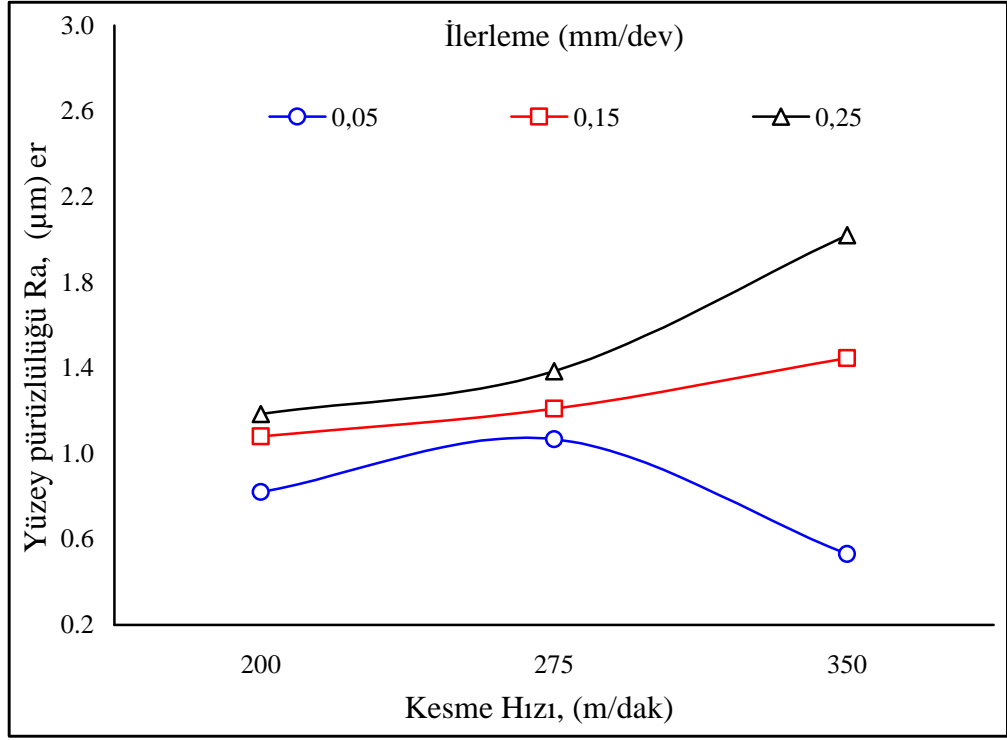
İlerlemeye bağlı yüzey pürüzlülüğü ise Şekil 7.8’de verilmektedir. Grafiğe bakıldığında 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızlarında, ilerleme 0,05 mm/dev den 0,15 mm/dev’e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde bir düşüş görülürken, 350 m/dak kesme hızında ise az bir artış görülmektedir. Fakat bu artış ilerleme hızının 0,25 mm/dev değerine çıkarılmasıyla düşüş eğilimi göstermektedir. İlerleme hızının 0,25 mm/dev’e çıkarılmasıyla 200 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülüğünde düşüş, 275 m/dak kesme hızında ise bir artış görülmektedir. Bu deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü 275 m/dak kesme hızında ve 0,15 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmektedir.



Şekil 7.8. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

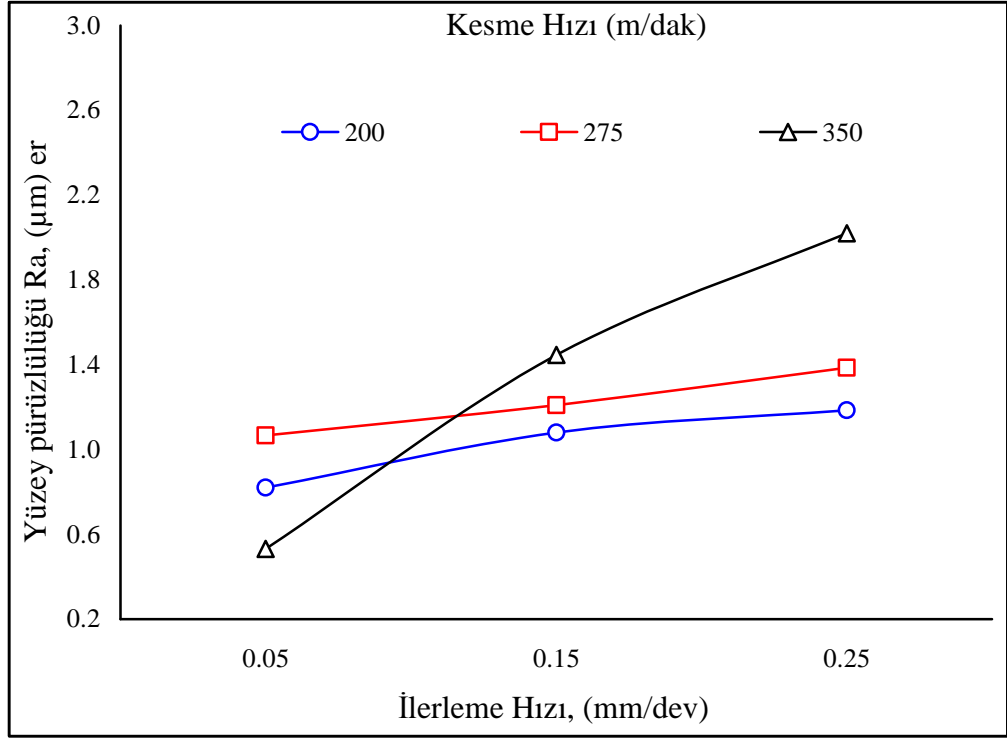
7.3.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

Kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin de araştırılması için wiper uç geometrisinde de değişik uç yarıçapları kullanılmıştır. 0,8 mm yarıçaplı uç için elde edilen deney sonuçları Şekil 7.9'da verilmektedir. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük grafiğine bakıldığında tüm ilerleme hızları için kesme hızının 200 m/dak dan 275 m/dak ya çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde artış görülmektedir. 350 m/dak kesme hızına çıkıldığında 0,15 mm/dev ve 0,25 mm/dev değerlerinde yüzey pürüzlülüğünde artış görülürken, 0,05 mm/dev ilerleme değerinde ise düşüş görülmektedir. Burada uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 7.9. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

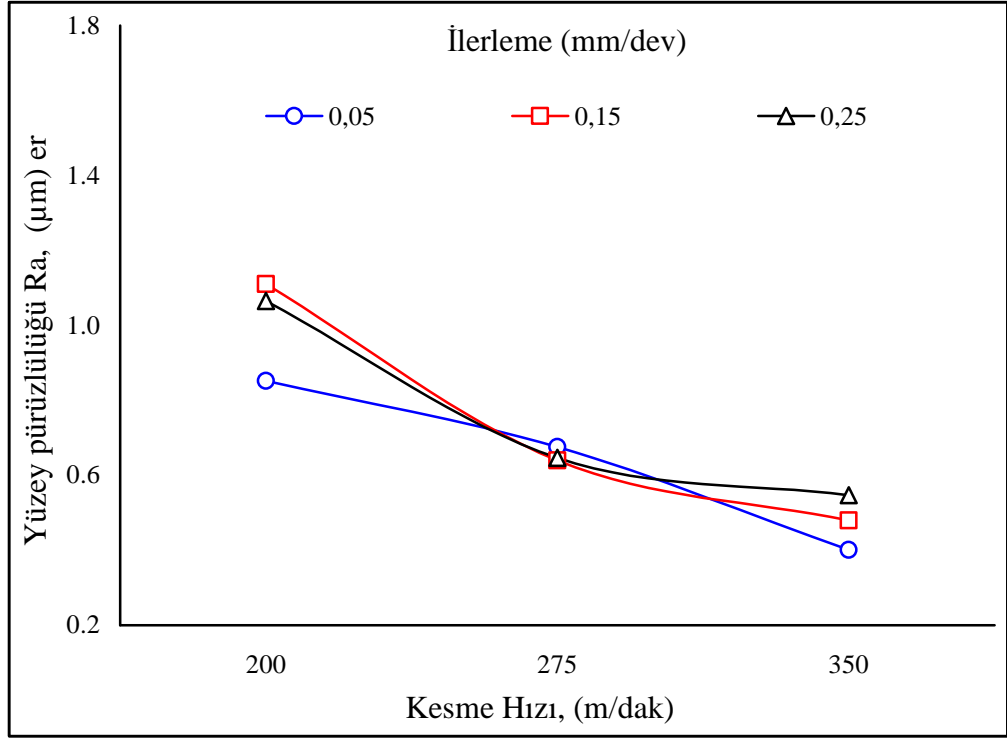
İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük grafiğine bakıldığında, tüm kesme hızlarında 0,05 mm/dev ilerleme hızından 0,15 mm/dev ilerleme hızına çıkıldığında yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelmektedir. 0,15 mm/dev ilerleme değerinden 0,25 mm/dev ilerleme hızına çıkıldığında ise yine tüm kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğündeki artış devam etmektedir. Bu deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında ve 0,05 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.10. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

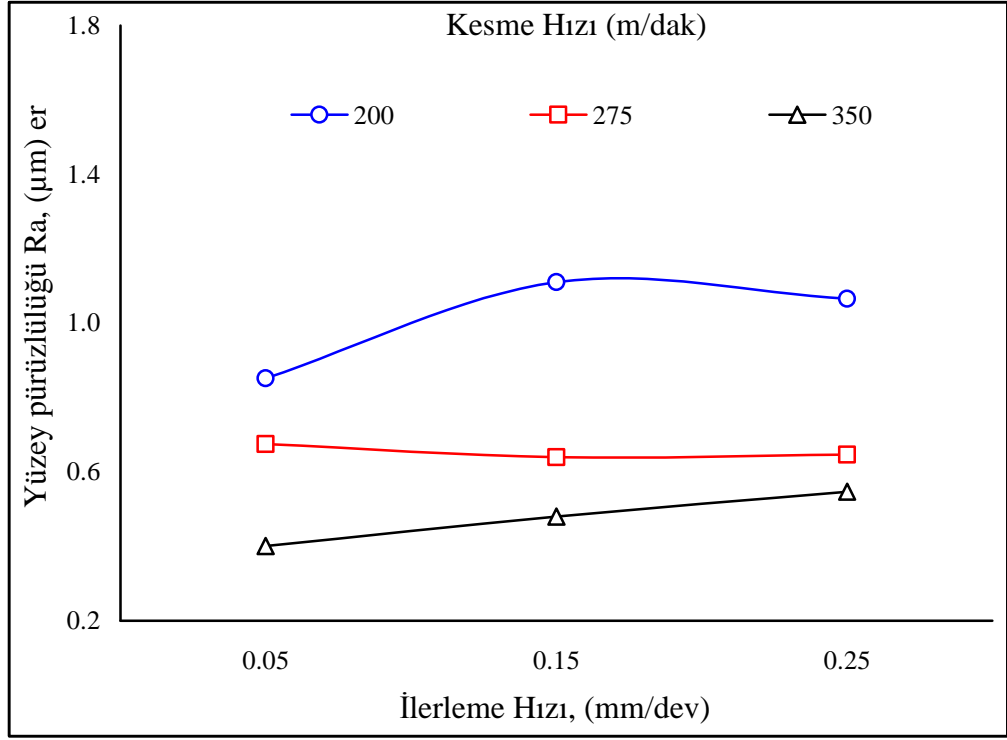
7.3.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Wiper (silici) Uç Geometrisi İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüğü

KGDD'in 1,2 mm yarıçaplı wiper geometrili uç ile işlenmesindeki yüzey pürüzlülük grafiği Şekil 7.11'de verilmektedir. Wiper geometri ile yapılan deneyler arasında en düzenli olarak değişim gösteren grafiklerdir. 200 m/dak ve 275 m/dak kesme hızlarında bütün ilerlemeler için yüzey pürüzlülüğünde bir düşüş görülmektedir. 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülüğündeki bu düşüş devam etmiştir. Burada yüzey pürüzlülüğünün kesme hızından olumlu etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 7.11. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

İlerleme hızı yüzey pürüzlülük grafiği ise Şekil 7.12’de verilmektedir. Grafiğe bakıldığında 200 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında ilerleme hızının 0,05 mm/dev den 0,15 mm/dev’e çıkarılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde bir artış oluşmaktadır. 275 m/dak kesme hızı için bunun tam tersi olarak yüzey pürüzlülüğünde bir düşüş meydana gelmiştir. İlerleme hızı 0,15 mm/dev den 0,25 mm/dev değerine çıkarıldığında ise 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünde bir artış gözlenirken, 200 m/dak kesme hızında ise düşüş oluşmaktadır. Bu deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir. Bu değer yapılan bütün deneyler açısından elde edilen en düşük yüzey pürüzlülük değeridir.



Şekil 7.12. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı wiper uç geometrisi

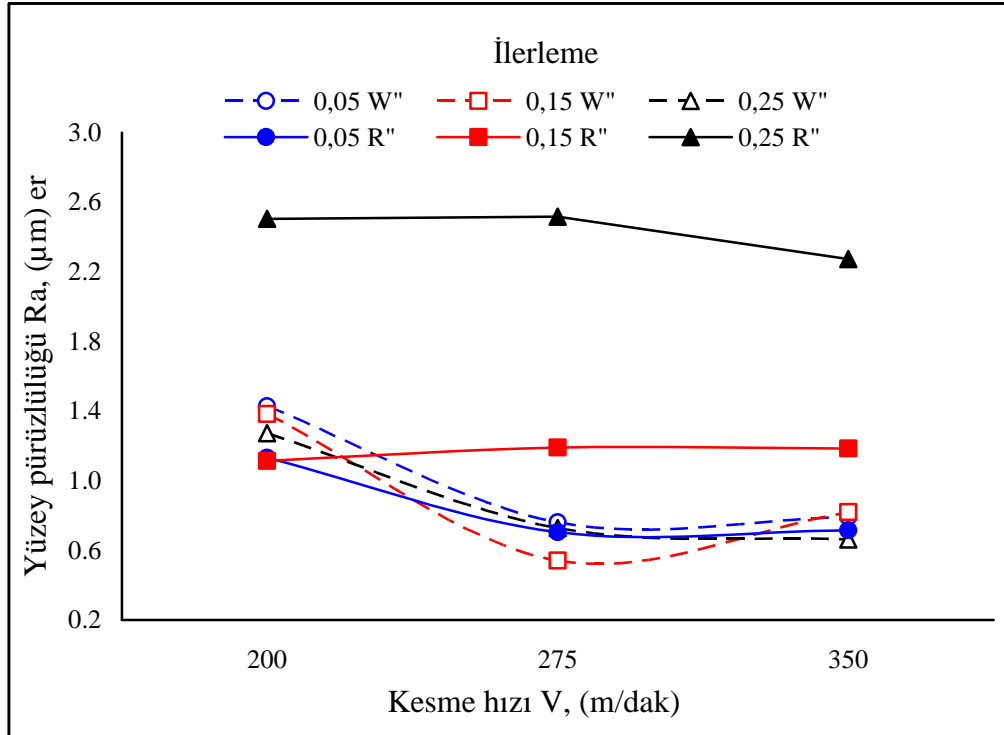
7.4. STANDART VE WIPER GEOMETRİ İLE YAPILAN DENEYLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada wiper ve standart geometri ile yapılan deney sonuçları birbirleri ile mukayese edilmektedir.

7.4.1. KGDD'in 0,4 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper geometrili Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin karşılaştırılması

Çalışmada kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi ile beraber wiper geometrinin Standart uçlara göre KGDD'ler üzerinde nasıl bir etki oluşturdukları araştırılmıştır. 0,4 mm yarıçaplı standart ve wiper geometrili uçların oluşturdukları yüzey pürüzlülükleri Şekil 7.13'de verilmiştir. Grafiğe bakıldığında 0,05 mm/dev ilerleme hızı için 200 m/dak, 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında standart uç geometrisi wiper geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. İlerleme hızı 0,15 mm/dev değerine çıkarıldığında ise başlangıçta Standart uç geometrisi wiper'a göre

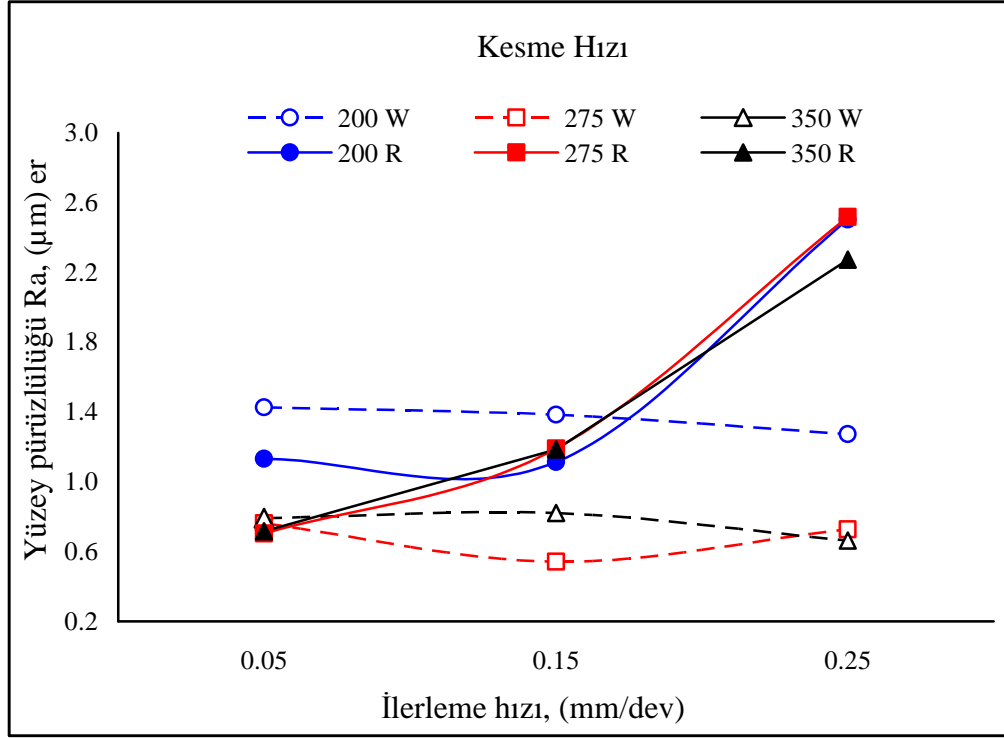
daha iyi sonuç verirken, kesme hızı 275 m/dak ve 350 m/dak değerine çıktığında wiper geometri daha iyi sonuç vermektedir. 0,25 mm/dev ilerleme hızında ise bütün kesme hızlarında wiper geometrinin farkı ortaya çıkmaktadır. Bu grafiğe göre wiper geometri standart uç geometrisine göre yüksek ilerleme değerinde bütün kesme hızlarında daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 7.13. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük grafiği Şekil 7.14'de verilmektedir. Bu grafiğe göre 200 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerleme hızlarında standart uç geometrisi wiper geometriye göre daha iyi sonuç verirken ilerleme hızının 0,25 mm/dev değerine çıkarılmasıyla wiper geometri daha iyi sonuç vermiştir. 275 m/dak kesme hızında da 0,05 mm/dev ilerleme değerinde standart geometri daha iyiyken ilerleme hızının artırılmasıyla wiper geometri daha iyi sonuç vermektedir. 350 m/dak kesme hızında standart uç başlangıçta daha iyi sonuç verirken ilerleme hızının artmasıyla wiper geometri daha iyi sonuç vermiştir. Bu grafiğe göre wiper geometri yüksek ilerleme hızlarında standart geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu

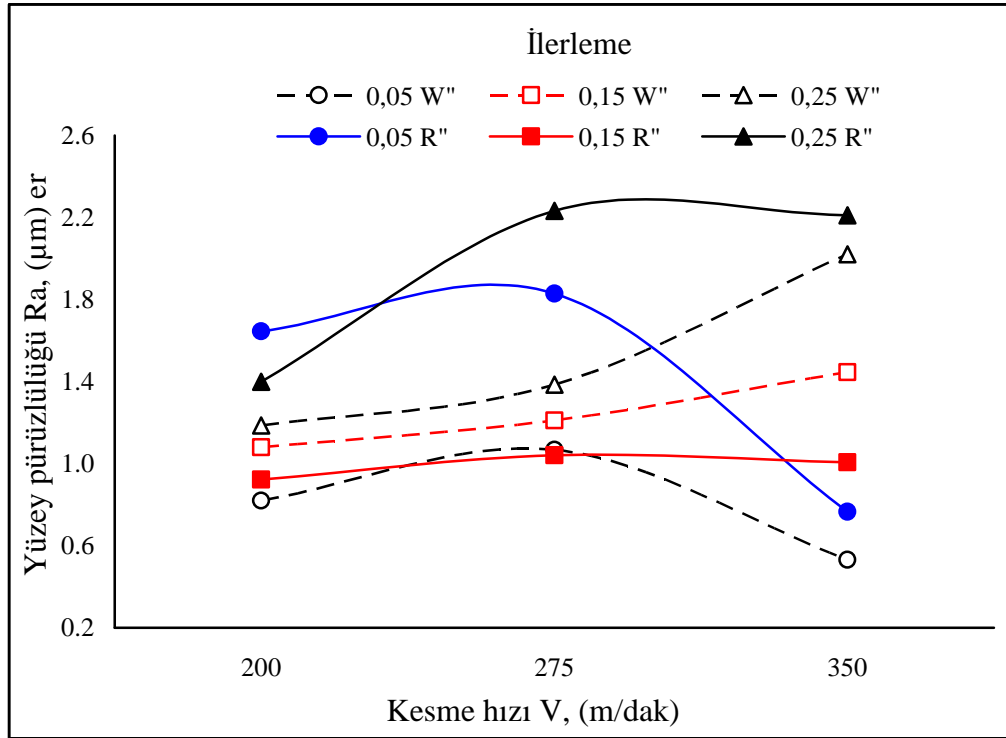
deneyde en iyi yüzey pürüzlülüğü wiper geometriyle 275 m/dak kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiştir.



Şekil 7.14. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,4 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

7.4.2. KGDD'in 0,8 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper geometrili Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin karşılaştırılması

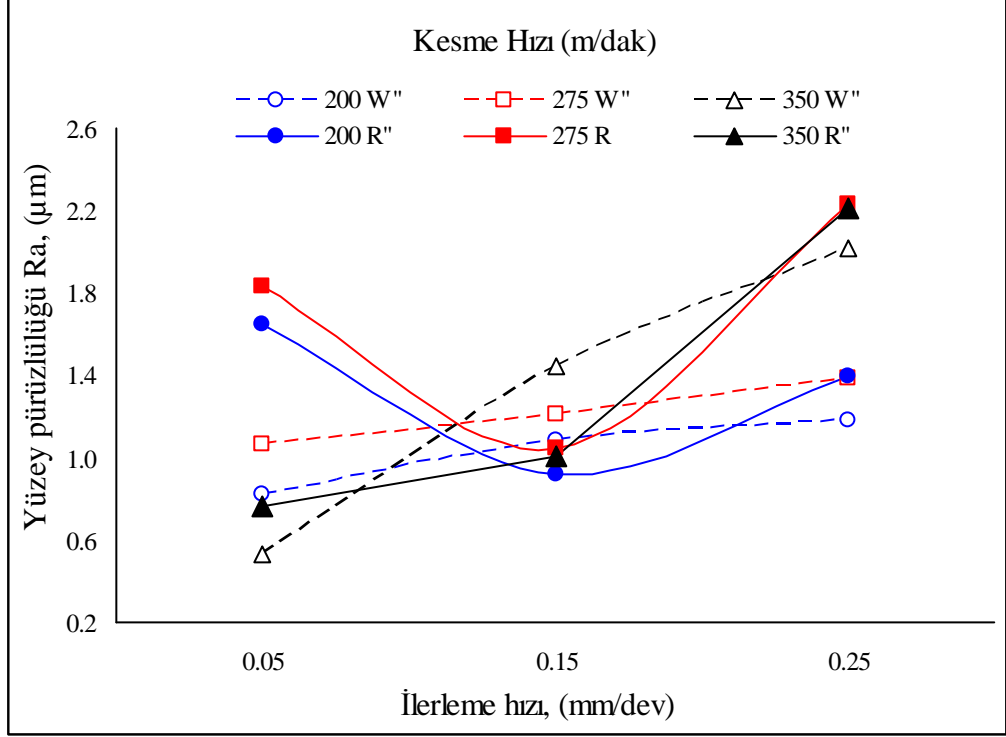
0,8 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrili çakıların oluşturdukları kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü grafiği Şekil 7.15'de verilmektedir. Grafiğe göre 0,05 mm/dev ilerleme değerinde 200 m/dak, 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında wiper geometrinin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. 0,15 mm/dev ilerleme hızında, tüm kesme parametrelerinde wiper geometrili uç daha iyi sonuç vermektedir. İlerleme hızı 0,25 mm/dev'e çıkarıldığında ise wiper geometri bütün kesme hızları için standart geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. Burada standart ve wiper geometri için 0,05 mm ilerleme hızında kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde düşüş görülmektedir. 0,25 mm/dev ilerleme değerinde ise kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde bir artış oluşmuştur.



Şekil 7.15. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

İlerleme hızı-yüzey pürüzlülüğü grafiği Şekil 7.16'da verilmektedir. 200 m/dak kesme hızında, 0,05 mm/dev ilerleme değerinde wiper ve standart uç geometrisi için yüzey pürüzlülüğüne bakıldığında wiper uç daha iyi sonuç vermektedir. İlerleme hızının 0,15 mm/dev'e çıkarılmasıyla wiper ile işlenen yüzeyin pürüzlülüğü kötüleşirken, standart uç ile işlenen yüzeyin pürüzlülüğü ise azalarak daha iyi bir yüzey oluşturmaktadır. İlerleme değeri 0,25 mm/dev'e çıkarılmasıyla wiper daha iyi sonuç vermektedir. 275 m/dak kesme hızında bütün kesme hızlarında wiper uç standart uç geometrisine göre daha iyi sonuç vermektedir. 350 m/dak kesme hızı değerinde ise 0,05 mm/dev ilerleme hızında wiper daha iyi sonuç verirken, 0,15 mm/dev ilerleme değerine çıkıldığında standart uç daha iyi sonuç vermektedir. İlerleme hızının 0,25 mm/dev değerine çıkarıldığında ise wiper yine iyi sonuç vermiştir. Wiper geometri 0,05 mm/dev ve 0,25 mm/dev ilerleme hızlarında bütün kesme hızı değerlerinde standart geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. Fakat 0,15 mm/dev ilerleme hızlarında bu durum söylenemez. Bu deneyde en iyi yüzey

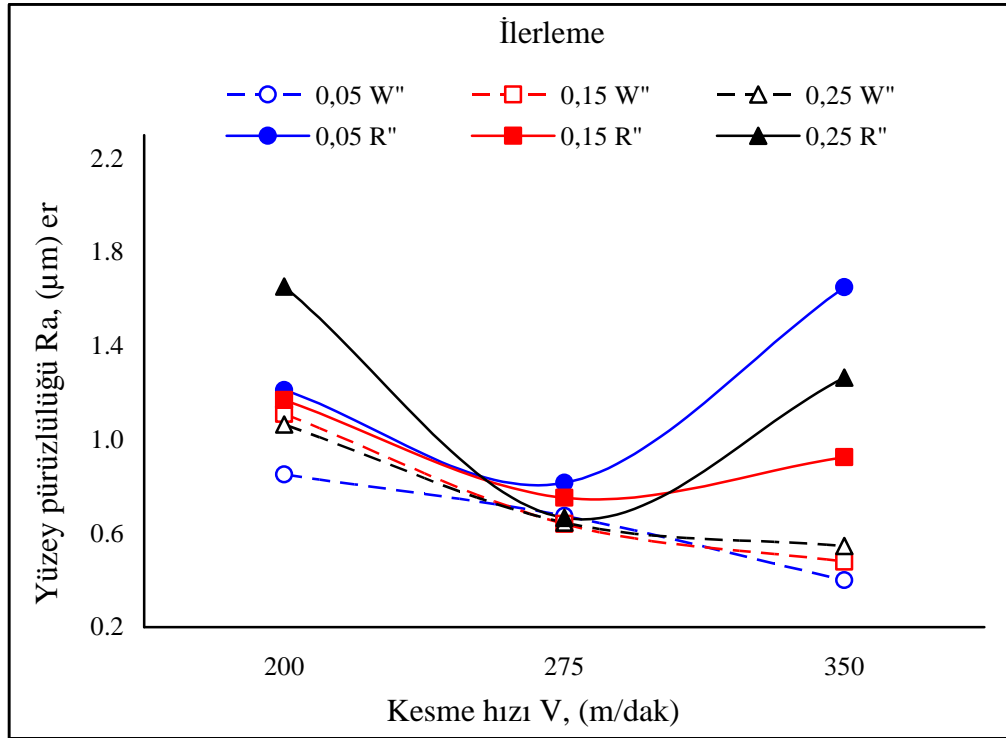
pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde wiper geometri ile elde edilmiştir.



Şekil 7.16. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 0,8 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

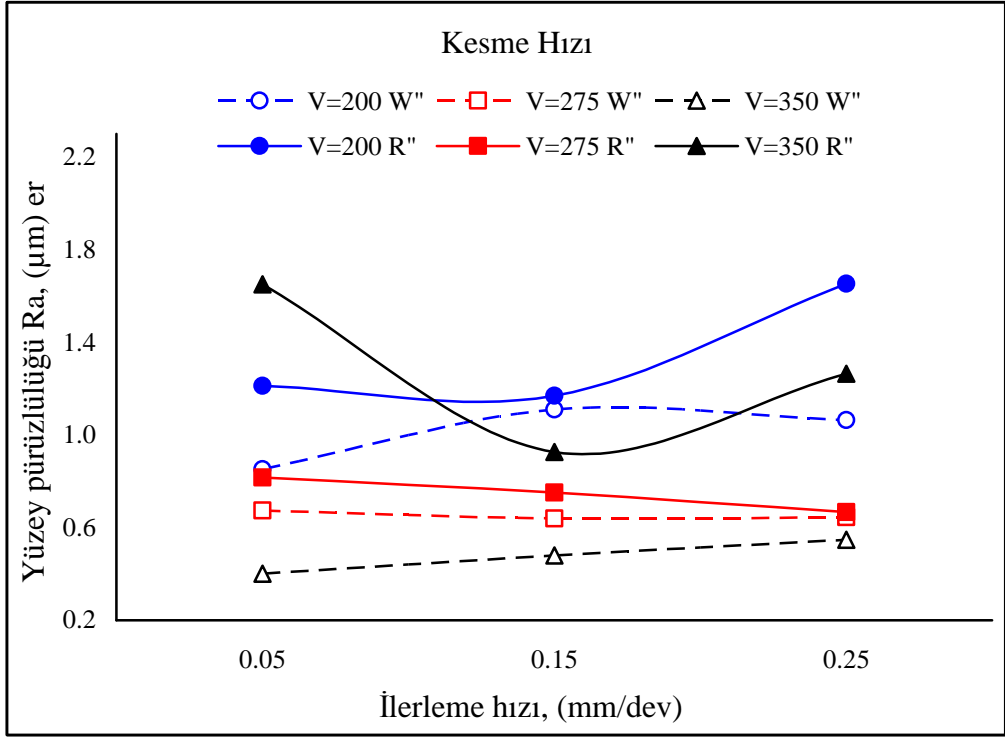
7.4.3. KGDD'in 1,2 mm Yarıçaplı Standart Ve Wiper geometrili Kesici Uç İle İşlenmesinde Oluşan Yüzey Pürüzlülüklerinin karşılaştırılması

KGDD'in 1,2 mm yarıçaplı standart ve wiper geometrili uçlar ile işlenmesindeki yüzey pürüzlülüğü Şekil 7.17'de verilmektedir. 0,05 mm/dev ilerleme hızı için wiper geometri tüm kesme hızlarında daha iyi sonuç vermektedir. Kesme hızı 350 m/dak değerine çıkartılmasıyla pürüzlülük değerleri arasındaki fark çok fazla olmaktadır. İlerleme hızı 0,15 mm/dev değerinde tüm kesme hızlarında wiper geometri standart geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. 0,25 mm/dev ilerleme değerinde ise bütün kesme hızları için wiper geometri daha iyi sonuç vermiştir. Uç yarıçapının 1,2 mm olduğu bu grafiğe bakıldığında, tüm ilerleme hızları için kesme hızının 350 m/dak'ya çıkarılmasıyla wiper geometrinin standart uç geometrisine göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 7.17. Kesme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

İlerleme hızı-kesme grafiği Şekil 7.18'de verilmektedir. Grafiğe göre 200 m/dak kesme hızında tüm kesme hızlarında wiper geometri standart geometriye göre daha iyi sonuç vermektedir. İlerleme değeri 0,25 mm/dev olduğunda ise yine wiper iyi sonuç vermektedir. 275 m/dak ve 350 m/dak kesme hızlarında ise bütün ilerleme değerleri için wiper uç geometrisi standart uç geometrisine göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu deney için en iyi yüzey pürüzlülüğü 350 m/dak kesme hızında 0,05 mm/dev ilerleme değerinde oluşmaktadır.



Şekil 7.18. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülük ilişkisi, 1,2 mm yarıçaplı standart ve wiper uç geometrisi

7.6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada KGDD'in değişik kesici uç geometrileri ve değişik uç yarıçapları ile değişik kesme parametreleri kullanılarak işlenmesinde oluşan yüzey pürüzlülükleri incelenmiş ve bunlar yukarıda verilmiştir. Bu veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. Standart uç geometrili çakılarda kesme hızının artması, 0,4 mm yarıçaplı uç için yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesine neden olmuştur.
2. 0,8 mm yarı çaplı uç için bu söylenememektedir. Belirli bir değere kadar yüzey kötüleşirken belirli değerden sonra bir miktar iyileşme sağlanmıştır.
3. 1,2 mm yarıçaplı uç geometrisinde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü belirli bir değere kadar iyileşme gösterirken bu değerden sonra yüzey pürüzlülüğünde kötüleşme gerçekleşmiştir.
4. Uç yarıçapının belirli değerlere kadar artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde iyileşme gözlenmektedir. Fakat bu değerden sonra uç yarıçapı yüzey düzgünlüğünü kötü etkilemektedir.
5. Standart uç geometrili çakılarda ilerleme hızı yüzey pürüzlülük grafiklerine bakıldığında, 0,4 mm yarıçaplı uç için ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü giderek kötüleşmektedir.
6. 0,8 mm yarıçaplı standart uç ile yapılan deneyde ise ilerlemenin artması yüzey pürüzlülüğünün de önce iyileşme sağlarken bir değerden sonra yüzey pürüzlülüğünü kötü etkilenmektedir.
7. İlerleme hızının artması en az 1,2 mm yarıçaplı standart uç geometrisini etkilemektedir. Büyük uç yarıçaplı çakılarda ilerleme hızının küçük yarıçaplı uçlara göre daha fazla alınabildiği görülmektedir.

8. Wiper geometrili uç için düşük uç yarıçaplarında kesme hızının artırılmasıyla yüzey pürüzlülüğünde kararlı bir düşüş görülmemektedir.
9. Wiper geometri için uç yarıçapının artması kesme hızının artmasından olumlu etkilenecek, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde tüm kesme parametreleri için iyileşme görülmüştür.
10. Kesici takım firmalarının wiper geometri için iki kat ilerlemeyle aynı yüzey pürüzlülüğü yaklaşımı KGDD'in işlenmesinde tüm parametreler için sağlanamamaktadır.
11. Bazı parametrelerde wiper geometri daha kötü yüzey pürüzlülüğü sağlarken bazı parametrelerde ise iki kat ve üzeri daha iyi sonuç vermiştir.
12. 0,8 mm yarıçaplı uç ile yapılan deneyde 200 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme değerinde wiper geometri standart geometriye göre % 50 daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağlamıştır.
13. 0,4 mm yarıçaplı uç ile yapılan deneyde 275 m/dak kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme değerinde wiper geometri standart geometriye göre % 54,2 daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağlamıştır.
14. Yine 0,4 mm yarıçaplı uç ile yapılan deneyde 275 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme değerinde wiper geometri standart geometriye göre % 71 daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağlamıştır.
15. Yapılan deneylerdeki en yüksek oran 1,2 mm yarıçaplı uç ile 350 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme değerinde standart geometri wiper geometriye göre % 311,7 daha kötü yüzey pürüzlülüğü oluşturmuştur.

16. Yapılan deneylerde bazı parametrelerde wiper geometri taşlama kalitesine yakın veya taşlama kalitesinde yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Önder, A., “Silindirik parçaların yüzey tornalanmasında elde edilen yüzey pürüzlülüğünün aşınmaya etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-5 (1995).
2. Özler, L., Tosun, N. Ve İnan, A., “Östenitik manganlı çeliğin sıcak talaşlı işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi”, *Turk J Engin Environ Sci*, 24: 287-296, (2000).
3. İşbilir, F., “Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi”, Yüksek Lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2006).
4. Souza Jr, A. M., Sales, W. F., Santos, S. C. And Machado, A. R., ”Performance of single Si3N4 and mixed Si3N4 + PCBN wiper cutting tools applied to high speed face milling of cast iron”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45: 335–344 (2005).
5. Özel, T., Karpat, Y., Figueira, L. And Davimb, J. P., “Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts”, *Journal of Materials Processing Technology.*, 189: 192–198 (2007).
6. Çiftçi, İ., Türker, M. Ve Şeker, U., “Evaluation of tool wear when machining SiCp-reinforced Al-2014 alloy matrix composites”, *Materials and Design*, 25 : 251–255 (2004).
7. Çiftçi, İ., “AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin kaplanmış sementit karbür kesici takımla işlenmesi esnasında oluşan takım aşınması”, *Teknoloji Dergisi*, 7 (3): 489-495 (2004).
8. Çiftçi, İ., “Machining of austenitic stainless steels using cvd multi-layer coated cemented carbide tools”, *Tribology International.*, 39: 565-569 (2006).
9. Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. Ve Şeker, U., “Determination of optimum Cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless stel”, *Meteryals And Design*, 25: 303-305, (2004).
10. Çoğun, C. Ve Özses, B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Ankara, 17 (1): 59-75 (2002).

11. Çaydaş, U. Ve Haşçalık, A., “CNC tornalamada işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, *Teknoloji Dergisi*, 8 (2): 167-172 (2005).
12. Motorcu, A. R. Ve Şahin, Y., “AISI 4140 çeliğinin farklı kaplamalı karbür ve sermet kesici takımlarla işlenebilirliği”, *Onbirinci Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, Antalya, 1-2 (2004).
13. Özdemir, Ö., “Otomotiv sektöründe kullanılan küresel grafitli dökme demir üretimine etki eden parametrelerin teorik incelenmesi ultrasonik ses hızı yöntemiyle tahribatsız kontrolü ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 1-9 (2007).
14. Kırçalı, K. K., “Farklı matris yapıları sahip küresel grafitli dökme demirlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması”, *Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 5-20 (2006).
15. Habalı, K., Gökçaya, H. Ve Sert, H., “Kesici takım kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin AISI 1040 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 9 (1): 35-38, (2006).
16. Yazman, Ş., “Östemperlenmiş ferritik küresel grafitli dökme demirlerde kesme parametrelerinin işlemeye etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 16-47 (2006).
17. Seyfi, A., “Öztemperlenmiş GGG60 sınıfı küresel grafitli dökme demirlerin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 7-66 (2006).
18. Yavuz, K., “GGG-70 sınıfı küresel grafitli dökme demir kam millerinin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 19-48 (2006).
19. Taşlıyan, A., Acarer, M., Şeker, U., Gökçaya, H. Ve Demir, B., “Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 22 (1): 1-5 (2007).
20. Kaçal, A., Gülesin, M. Ve Melek, F., “GGG 40 küresel grafitli dökme demirlerin ince tornalama operasyonlarında kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, 11 (3): 229-234, (2008).
21. Altın, A., Gökçaya, H. Ve Nalbant, M., “İşleme parametrelerinden kesme hızının inconel 718 süper alaşımının işlenebilirliğine etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 21(3): 581-586 (2006).

22. Uçun, İ., “Seramik kesici takımlar kullanarak östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirlerin işlenebilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 32-35 (2007).
23. Gökkaya, H., Sur, G. Ve Dilipak, H., “Kaplamaşız sementit karbür kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 : 59-64 (2006).
24. Özçatalbaş, Y., “Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 4 : 47-52, (2002).
25. Aslantaş, K., “Öztemperlenmiş küresel grafitli dökme demirden imal edilmiş düz dişlilerde yüzey yorulma hasarlarının analizi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 37-40 (2003).
26. Yazıcı, A. M., “Küresel grafitli dökme demirin bortemperlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-5 (2006).
27. Yalçın, N., “Ark kaynağı ile kaynatılan ferritik küresel grafitli dökme demirlere öntav sıcaklığının mikro yapı ve mekanik özelliklere etkisi”, *Politeknik Dergisi*, 11 (2): 153-195, (2008).
28. Elliot, R., “Cast iron technology”, *Butterworths & Co Ltd.*, London, 50-136 (1988).
29. Akkaya, H., “Küresel Grafitli Dökme Demirler”, Yıl İçi Projesi, *Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Öğretmenliği Bölümü*, Sakarya, 38-39, (2000).
30. Kartal, M. S., “Alaşımşız çeliklerin cnc torna tezgahında işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının taguchi yöntemiyle incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 11-15 (2000).
31. Taegutec, “TaeguTec introduces a new wiper geometry for ceramic and CBN Inserts”, *New Product Announcement*, 59, 2, (2006).
32. İnternet: Kyocera Kesici Takım Katalogu “Wiper (Silici) Uç” <http://www.kyocera.com> (2009).
33. İnternet: Mitsubishi Materyal “Wiper (Silici) Uç” <http://www.mitsubishi.com> (2009)

34. İnternet: İscar Kesici Takım Katalogu ‘‘Wiper (Silici) Uç Geometrisi’’
<http://www.iscar.com> (2009)
35. Grzesik, W. And Wanat, T., ‘‘Surface finish generated in hard turning of quenched alloy steel parts using conventional and wiper ceramic inserts’’, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46: 1988–1995, (2006).
36. Güllü, A., ‘‘Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu’’, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1995).
37. Zeyveli, M. Ve Demir, H., ‘‘Kesme parametrelerinin ve takım uç geometrisinin GGG-40 küresel grafitli dökme demirinin işlenebilirliğine etkisi’’, *International Materials Symposium (IMSP’ 2008)*, 729-735 (2008).
38. Kennametal, ‘‘*Tornalama Takım Kataloğu*’’, Catalog 4010, (2004).

ÖZGEÇMİŞ

Halil Ahmet KARAMUSAOĞLU 1984'de Kastamonu'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Taşköprü'de tamamladı. Mustafa Sıtkı Erkek Çok Programlı Endüstri Meslek Lisesi, Tesviye Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2002 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği Bölümü'ne girdi; 2006'da "iyi" derece ile mezun olduktan sonra Zintaş Firmasında Kalite Sistem Yönetim Temsilcisi olarak işe başladı. 2006 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı altında sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: ZİNTAŞ Zincir Fabrikası
Ankara Yolu Üzeri 5. Km
KASTAMONU

Tel: (366) 214 23 37

Faks:

E-posta: h_ahmet_k@hotmail.com