

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GG 22 LAMEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRDEN ÜRETİLEN
MOTOR SİLİNDİR GÖMLEKLERİNİN CNC TORNA TEZGAHINDA
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh.Cüneyt AKMAN

Balıkesir, Haziran - 2006

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GG 22 LAMEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRDEN ÜRETİLEN
MOTOR SİLİNDİR GÖMLEKLERİNİN CNC TORNA TEZGAHINDA
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh.Cüneyt AKMAN

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ziya AKSOY

Sınav Tarihi : 22.06.2006

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ramazan YAMAN (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Ziya AKSOY (Danışman-BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Ergun ATEŞ (BAÜ)

Balıkesir, Haziran - 2006

ÖZET

GG 22 LAMEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRDEN ÜRETİLEN MOTOR SİLİNDİR GÖMLEKLERİNİN CNC TORNA TEZGAHINDA İŞLENEBİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

Cüneyt AKMAN

**Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Ziya AKSOY)

Balıkesir, 2006

Lamel grafitli dökme demirden santrifüj döküm yöntemi ile üretilen motor silindir gömlekleri, uygun kesici takımın seçilmesi ile universal tezgahlar yerine, CNC tezgahlarda daha hızlı ve ekonomik olarak işlenebilir. Bu durum, işlenebilirliğin deneysel olarak incelenmesini gerektirmektedir.

Bu çalışmada, GG 22 lamel grafitli dökme demirden üretilen motor silindir gömlekleri, seçilen kesici takımlar ile CNC torna tezgahında işlenerek, takım aşınmaları ve yüzey pürüzlülükleri incelenmiş, uygun kesici takım ile kesme ve ilerleme hızları araştırılmıştır.

Birinci bölümde; dökme demirler ve çeşitleri, ikinci bölümde; işlenebilirlik, üçüncü bölümde; deneyde kullanılan tezgah ve ölçü aletlerinin özellikleri ile deneyin yapılışı ve sonuçları anlatılmış, son bölümde; yorumlara yer verilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER : lamel grafitli dökme demir / işlenebilirlik / silindir gömlekleri / kesme hızı / yüzey pürüzlülüğü

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MACHINABILITY OF ENGINE CYLINDER BARRELS MADE FROM GG 22 GRAY CAST IRON AT CNC TURNING MACHINE

Cüneyt AKMAN

**Balikesir University, Institute of Science,
Department of Mechanical Engineering**

(Master Thesis / Supervisor : Asst.Prof.Dr. Ziya AKSOY)

Balikesir-Turkey, 2006

Engine cylinder barrels produced by centrifugal casting method from gray cast iron, can be processed more fast and economic at CNC machine in spite of universal machine with selecting appropriate cutting tools. In this case, machinability of this material must be investigated by experiments.

In this study, engine cylinder barrels made from GG 22 gray cast iron were processed at CNC machine with selected cutting tools. Cutting tool wearing and roughness were investigated, than appropriate cutting tools and turning speed were determined.

In the first chapter; cast iron and its kinds, in the second chapter; machinability, in the third chapter; characteristics of machines and measuring equipments used in experiment, how the experiment was made and the results were explained, than the last chapter consist of conclusion.

KEYWORDS : gray cast iron / machinability / cylinder barrels / cutting speed / roughness

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	ii
ABSTRACT, KEYWORDS	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. DÖKME DEMİRLER	2
2.1 Dökme Demirlere Genel Bakış	2
2.2 Dökme Demirlerin Üretimi	4
2.3 Kimyasal Bileşim ve Grafit Oluşumu	5
2.4 Mikro Yapılar	6
2.4.1 Grafit	6
2.4.2 Sementit	7
2.4.3 Ferrit	7
2.4.4 Perlit	8
2.4.5 Steadit	9
2.4.6 Ostenit	9
2.5 Soğuma Hızının Dökme Demirin Oluşumuna Etkisi	10
2.6 Bileşimin Etkisi	10
2.7 Dökme Demir Çeşitleri	11
2.7.1 Gri Dökme Demir	11
2.7.2 Beyaz Dökme Demir	14
2.7.3 Küresel Grafitli Dökme Demir	15
2.7.4 Temper Dökme Demir	18
2.7.5 Çil Uygulanmış Dökme Demir	20
2.7.6 Benekli (Mottled) Dökme Demir	21
2.8 Alaşım Elementlerinin Dökme Demirler Üzerindeki Etkisi	21
2.9 Dökme Demirlerin Birleştirilmesi	23
3. İŞLENEBİLİRLİK	25
3.1 Giriş	25
3.2 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler	25
3.2.1 Malzemelerin Kimyasal Yapısı	25

3.2.2 Malzemelerin Mekanik Özellikleri	26
3.2.3 Kesme Kuvvetleri	27
3.2.3.1 Takım Üzerine Etkileri	27
3.2.3.2 Parça Üzerine Etkileri	29
3.2.4 Kesme Sıvıları	31
3.2.4.1 Emülsiyon Kesme Sıvıları	32
3.2.4.2 Kesme Yağları	32
3.2.4.3 Kimyasal Yağlar	32
3.2.4.4 Gazlar	33
3.2.5 Takım Aşınması	33
3.2.6 Kesme Hızı ve Takım Ömrü	33
3.2.6.1 Schlesinger Kriteriyası	35
3.2.7 Talaş Kaldırma Ekonomisi	36
3.2.8 Güç Gereksinimleri	37
3.2.8.1 Takımdaki Beygir Gücü	37
3.2.8.2 Spesifik Güç Tüketimi	37
3.2.9 Takım Malzemeleri	38
3.3 Dökme Demirlerin İşlenebilirliği	40
3.3.1 Dökme Demirlerin Talaşlı İşleme Özellikleri	40
3.3.2 Lamel Grafitli Dökme Demir (GGL)	41
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	45
4.1 İşlenebilme Özelliğini Tespit Deneyi	45
4.1.1 Takım Ömrü Kriteri	45
4.1.2 Talaş Kaldırma Deneyleri	52
4.1.2.1 Sıcaklığa Bağlı Dayanma Süresi Deneyi	54
4.1.2.2 Aşınmaya Bağlı Dayanma Süresi Deneyi	54
4.1.2.3 Keski Kalemli Metoduyla Aşınma Deneyi	55
4.1.2.4 Artan Kesme Hızı İle Yapılan Deneyler	56
4.1.2.5 Kesme Kuvveti Deneyi	56
4.1.2.6 Talaş Teşekkülü Deneyi	57
4.1.3 Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi	59
4.1.4 Yüzey Pürüzlülüğün Etkisi	61
4.1.5 Muhtelif Talaş Şekillerinin Etkisi	64
4.2 Deneyde Kullanılan Tezgah ve Ölçü Aletleri	65
4.2.1 CNC Torna Tezgahı (Taksan TTC630)	65
4.2.2 Mikroskop (Carl Zeiss Neophot 21 Jena Metalografik Mikroskop)	66
4.2.3 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı	67
4.3 Deneyin Yapılışı	68
4.4 Deneyin Sonuçları	74
4.4.1 Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafikleri	79
4.4.2 Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafikleri	89
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE YORUMLAR	101
KAYNAKLAR	104

SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Adı</u>	<u>Tanımı/Değeri</u>	<u>Birimi</u>
CE	Karbon Eşdeğeri	$CE = C + \frac{Si + P}{3}$	
F _c	Kesme kuvveti		N
Me	Eğilme momenti	$Me = Fcl$	Nm
σ _e	Eğilme gerilmesi	$\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{6Fl}{BH^2} \leq \sigma_{em}$	N/mm ²
f	Eğilme şekil değiştirmesi	$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{4Fl^3}{EBH^3}$	mm
k	Rijitlik	$k = \frac{EBH^3}{4l^3}$	
l	Takımın tutturma uzunluğu		mm
B ve H	Takım sapının kesit boyutları		mm
W	Eğilme direnç momenti	$W = BH^2/6$	
I	Eylemsizlik momenti	$I = BH^3/12$	
σ _{em}	Emniyet gerilmesi		
E	Elastiklik modülü		N/mm ²
T	Takım ömrü	$T = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \left(\frac{K2K3 + K4}{K3} \right)$	dk
V _c	Kesme hızı		m/dk
f	İlerleme		mm/devir
C	Taylor sabiti		
n	Takım ömrü eğrisinin eğimi		
K2	Kalem değiştirme zamanı		dk
K3	Kalem bileme masrafı		TL
K4	Operatör masrafı + ana maliyet		TL
h _{pc}	Takımdaki beygir gücü	$h_{pc} = \frac{FcV}{4500}$	BG
W _p	Spesifik güç tüketimi	$W_p = \frac{h_{pc}}{Vfd}$	W
HB	Sertlik		Brinell
V _B	Aşınma şerit genişliği		mm
KT	Krater derinliği		mm
KM	Krater derinliğinin max. noktasının kesici ağza olan mesafesi		mm
T'	Tornalama Süresi		dk
λ _L	Uzunlamasına yığılma	$\lambda_L = Lo/L$	
λ _d	Enine yığılma	$\lambda_d = d/do$	
lo	Hesapla bulunan talaş uzunluğu		mm
l	Elde edilen gerçek talaş uzunluğu		mm

do	Hesapla bulunan talaş kalınlığı	mm
d	Gerçek talaş kalınlığı	mm
R	Hacimsel doldurma sayısı $R = (G_{sp} / G_w) \times 100$	
G _{sp}	Talaşın ağırlığı	
G _w	Aynı hacimdeki malzemenin ağırlığı	
G	Talaş kalitesi sayısı	
F _f	İlerleme kuvveti	N
F _p	Pasif kuvvet	N
α	Serbest açı	°
a _p	Kesme derinliği	mm
kc _{1.1}	Spesifik kesme kuvveti	

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Demir-Karbon Denge Diyagramı	3
Şekil 2.2	Kupol Fırını Kesiti	4
Şekil 2.3	Laplanche Diyagramı	5
Şekil 2.4 a.	Temper Dökme Demir Yapısındaki Rozet Şekli Grafit Agregatları	6
Şekil 2.4 b.	Küresel Grafitli Dökme Demir Yapısındaki Küre Şekli Grafitler	6
Şekil 2.5	Sementit (Beyaz Bölgeler)	7
Şekil 2.6	Ferrit (Beyaz Bölgeler)	8
Şekil 2.7	Perlit	8
Şekil 2.8	Steadit	9
Şekil 2.9	Ostenit	10
Şekil 2.10	Gri Dökme Demirin İç Yapısı	12
Şekil 2.11 a.	GG-22 Gri Dökme Demirin İç Yapısı	12
Şekil 2.11 b.	GG-22 Gri Dökme Demirin Dağlama Yapıldıktan Sonraki İç Yapısı	12
Şekil 2.11 c.	Gri Dökme Demirin İç Yapısı	12
Şekil 2.12	Beyaz Dökme Demirin İç Yapısı	14
Şekil 2.13	Küresel Grafitli Dökme Demirin İç Yapısı	15
Şekil 2.14	Temper Dökme Demirin İç Yapısı	18
Şekil 2.15 a.	Siyah Temper Dökme Demir	18
Şekil 2.15 b.	Beyaz Temper Dökme Demir	18
Şekil 2.16	Çil Uygulanmış Dökme Demirin İç Yapısı	20
Şekil 3.1	Kesme Kuvvetlerinin Takım Üzerine Etkisi	27
Şekil 3.2	Kesme Kuvvetlerinin Parça Üzerine Etkisi	29
Şekil 3.3	Taylor-Kalem Ömrü Denklemine Grafikselleştirilmesi	35
Şekil 3.4	Schlesinger Kriteriyası	36
Şekil 3.5	Lamel Grafitli Dökme Demirin Tornalanmasında V60 ve V20 Kesme Hızlarının İç Yapı ve Sertliğe Göre Değişimi	42
Şekil 3.6	Lamel Grafitli Dökme Demirin Tornalanmasında Ömür Doğruları	42
Şekil 3.7	Alaşım Sert Dökümün Karbon Miktarına Bağlı Olarak, Sertlik ve Talaş Kaldırılabilirlik (Vierregge Göre)	44
Şekil 4.1	Isı Etkisinde Tornalama İşleminde Dayanma Zamanı Deneyleri	46
Şekil 4.2	Tornalama İşleminde Aşınma-Dayanma Zamanının Değerlendirilmesi	48
Şekil 4.3	Kesme Hızı (VCE) - İşleme Uzunluğu (L) Grafiği	49
Şekil 4.4	Geometrik Anizotropi MnS	50
Şekil 4.5	Kaplanmış Sert Metal Plaketin Talaş Yüzeyine Demir ve Alüminyum Yapışması	52
Şekil 4.6	Talaş Kaldırma İşleminde Isı Ölçme Yöntemleri	58

Şekil 4.7	Talaş Kaldırma Kuvvetlerinin Talaş ve Eğim Açısının Değişimi	59
Şekil 4.8	Değişik Kalitede Sert Metal Plaketler İle Kesme Hızına Bağlı Olarak, İlerleme ve Pasif Kuvvetler	60
Şekil 4.9	kc1.1 ve (1-mc) Değerinin Grafik Olarak Elde Edilmesi	61
Şekil 4.10	Tornalama İşleminde Geometrik Bağıntılar	62
Şekil 4.11	Değişik İlerleme ve Köşe Radyüslerinde Hesaplanan ve Ölçülen Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri (Moll Ve Brammertz'e Göre)	62
Şekil 4.12	Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	63
Şekil 4.13	Tornalama İşleminde Talaş Formları	64
Şekil 4.14	Taksan TTC 630 CNC Torna Tezgahı	65
Şekil 4.15	Carl Zeiss Neophot 21 Jena Metalografik Mikroskop	66
Şekil 4.16	TR-200 Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı	68
Şekil 4.17	GG 22 Lamel Grafitli Dökme Demirin Dağlanmamış (a,b ve c) ve Dağlanmış (d,e ve f) İç Yapı Görünümleri	69
Şekil 4.18	GG 22 Lamel Grafitli Dökme Demirin Çekme Deney Çubuğu	70
Şekil 4.19	Landrover Aracına Ait Motor Silindir Gömleği	70
Şekil 4.20 a.	Üçgen formlu TİN kaplı karbür kesici uç (TNMA220408)	71
Şekil 4.20 b.	Geliştirilmiş üçgen formlu TİN kaplı karbür kesici uç (WNMA080408)	71
Şekil 4.20 c.	Baklava formlu seramik kaplı karbür kesici uç (CNMA 120404)	71
Şekil 4.20 d.	Üçgen formlu seramik kaplı karbür kesici uç (TNMA 220404)	71
Şekil 4.21	Çap Tornalama İşlemi	72
Şekil 4.22 a.	Tornalama ve Yüzey Pürüzlülük Ölçüm İşlemi	73
Şekil 4.22 b.	Yüzey Pürüzlülük Ölçüm İşlemi	73
Şekil 4.22 c.	Metal Mikroskobunda Aşınma Genişliği Ölçüm İşlemi	73
Şekil 4.22 d.	Kesici Takım Aşınmasının Metal Mikroskobundan Görünüşü	73
Şekil 4.22 e.	Kesici Takım Aşınmasının Metal Mikroskobundan Görünüşü	73
Şekil 4.22 f.	Hazırlanan Deney Tabloları	73
Şekil 4.22 g.	Aşınan Kesici Takım Örneği	73
Şekil 4.22 h.	Kırılan Kesici Takım Örneği	73
Şekil 4.22 i.	Aşınan Kesici Takım Örneği	74
Şekil 4.22 j.	Aşınan Kesici Takım Örnekleri	74
Şekil 4.23	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.20$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	79
Şekil 4.24	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.35$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	79
Şekil 4.25	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.50$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	80
Şekil 4.26	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.60$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	81
Şekil 4.27	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.20$ mm/d 'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	82

Şekil 4.28	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.35$ mm/d 'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	82
Şekil 4.29	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.50$ mm/d 'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	83
Şekil 4.30	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.60$ mm/d 'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	83
Şekil 4.31	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $f = 0.20$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	84
Şekil 4.32	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $f = 0.35$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	85
Şekil 4.33	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $f = 0.50$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	85
Şekil 4.34	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $f = 0.60$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	86
Şekil 4.35	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.20$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	87
Şekil 4.36	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.35$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	87
Şekil 4.37	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.50$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	88
Şekil 4.38	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $f = 0.60$ mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği	88
Şekil 4.39	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 59$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	89
Şekil 4.40	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 178$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	90
Şekil 4.41	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 297$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	90
Şekil 4.42	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 535$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	91
Şekil 4.43	TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 744$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	91

Şekil 4.44	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 59$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	92
Şekil 4.45	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 178$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	93
Şekil 4.46	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 297$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	93
Şekil 4.47	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 535$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	94
Şekil 4.48	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 744$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	94
Şekil 4.49	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 982$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	95
Şekil 4.50	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 59$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	96
Şekil 4.51	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 178$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	96
Şekil 4.52	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 297$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	97
Şekil 4.53	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 535$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	97
Şekil 4.54	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 744$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	98
Şekil 4.55	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c = 982$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	98
Şekil 4.56	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 59$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	99
Şekil 4.57	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 178$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	100
Şekil 5.1	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c=535$ m/dk ve $f = 0.35$ mm/d İçin Aşınma Genişliği / Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği	102

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo Numarası</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1	Bazı Dökme Demirlerin Mekanik Özellikleri	3
Tablo 3.1	Takım Malzemelerinin Sertliklerinin Sıcaklık İle Değişimi	40
Tablo 3.2	Lamel Grafitli Dökme Demirin Tornalanması İçin Referans Değerleri (Kömmer 'e Göre)	43
Tablo 4.1	TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Deney Tablosu	75
Tablo 4.2	WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Deney Tablosu	76
Tablo 4.3	CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Deney Tablosu	77
Tablo 4.4	TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Deney Tablosu	78
Tablo 5.1	Landrover Aracına Ait Motor Silindir Gömleğinin Çap Tornalama İşlemi İçin Belirlenen En Uygun Kriterler	103

ÖNSÖZ

Çalışmalarımın çok yakından ilgilenen, beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım, Yrd.Doç.Dr. Ziya AKSOY 'a içtenlikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Deneysel çalışmalarımın desteğini esirgemeyen, 6 ncı Ana Bakım Merkezi Komutanı Ordudonatım Kıdemli Albay H.Ömer Türk 'e, Teknik Müdür Yüksek Mühendis Binbaşı Mustafa ÜSTÜN 'e saygılarımı arz ediyorum. Ayrıca, Teknik ve Proje Yönetim Bölüm Amiri Mühendis Üsteğmen Hakan YAĞLI 'ya, Arş.Gör.Alaaddin TOKTAŞ 'a, Çarkhane Kısım Şefi Mustafa UZUN 'a, Mehmet AKTAŞ 'a ve CNC atölyesi personeline, ölçümler ve laboratuvar incelemelerinde bana yardımcı olan, Uzman Çavuş Hasan TURAN 'a, Uzman Çavuş Fatih ATILGAN 'a ve İsmail ALTINÇEKİÇ 'e teşekkür ediyorum.

Balıkesir, 2006

Cüneyt AKMAN

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, belirtilen görüş ve yorumlar yazana aittir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz.

Döküm endüstrisinin en yüksek tonaja sahip ürünü dökme demirlerdir. Dökme demirler çok geniş aralıkta değişen mukavemet, sertlik, işlenebilirlik, aşınma direnci, korozyon direnci ve diğer özelliklere sahip olabilirler. Dökme demirlerin iyi mühendislik malzemesi oluşu ve ucuz üretilişi kullanım sahasının geniş oluşuna ve devamlılığına neden olmaktadır [1].

Dökme demir denince, % 1.75 C (genelde % 2 - 4 'e kadar) içeren Fe-C alaşımı anlaşılmalıdır. Bunlar genellikle plastik şekil değiştirme ile değil, dökülerek veya talaş kaldırılarak şekillendirilirler. Dökme demirlerin talaş kaldırma miktarı C miktarına göre farklılık arz etmektedir. Grafit miktarı fazlaysa ve bu grafit lameller halinde ise, talaşlı imalat daha kolaydır [2].

Talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısınma oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi karmaşık bir fiziksel olaydır [3]. İşlenebilirlik, bir metalin tezgah ile işlenmeye karşı gösterdiği tepkidir. İşlenme kabiliyeti talaş kaldırma faktörlerinin aldığı değerlere göre değişir. Bununla beraber malzemeleri aynı işleme şartları altında birbirleri ile mukayese etmek mümkündür.

Bu çalışmanın amacı; GG 22 lamel grafitli dökme demirden üretilen motor silindir gömleklerinin, universal tezgahlarda talaş kaldırılarak işlenmesi yerine, işçilik ve zaman tasarrufu sağlanması için CNC torna tezgahlarda daha hızlı ve daha ekonomik olarak işlenmesi amacıyla, takım aşınması ve yüzey pürüzlülük değerlerinin, kesme hızı ve ilerleme ile değişimlerinin incelenmesi ve elde edilen sonuçların yorumlanmasıdır.

2. DÖKME DEMİRLER

2.1 Dökme Demirlere Genel Bakış

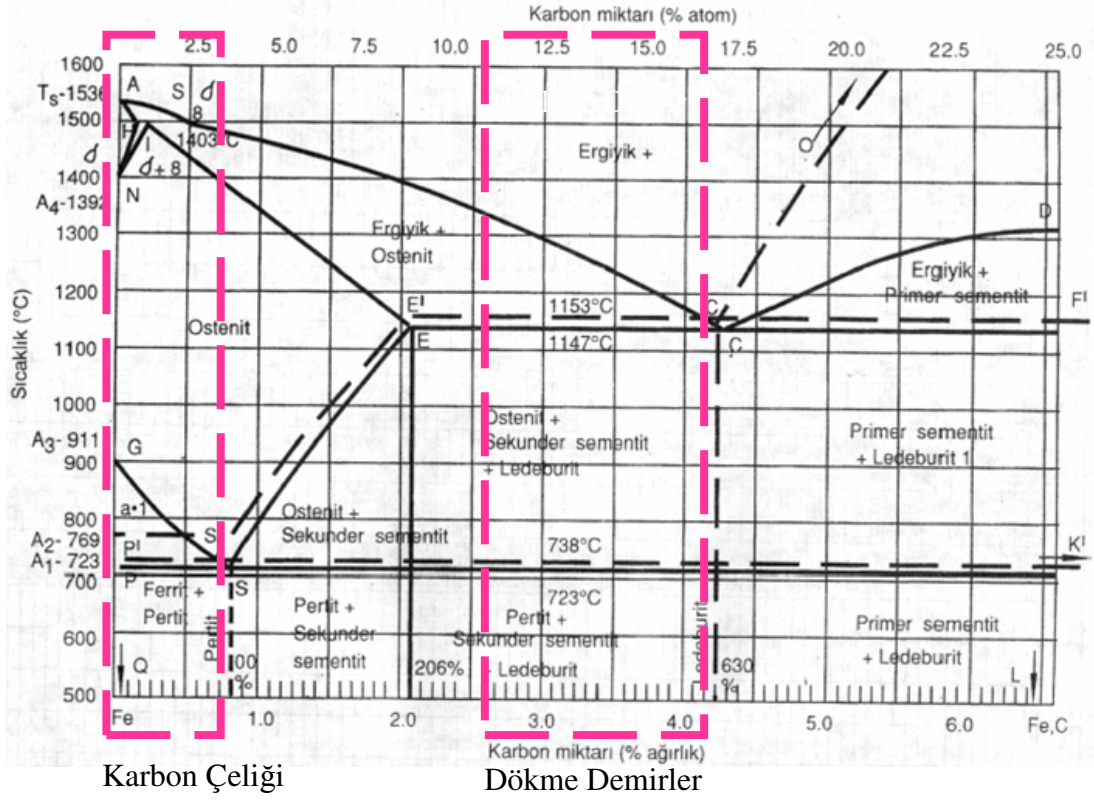
Dökme demirler genellikle % 2.4 'ün üzerinde karbon içeren demir alaşımları olup, pratikte dökme demirlerin çoğunluğu % 3.0 - 4.5 arasında karbon, % 0.5 - 3 arasında silisyum ile diğer alaşım elementlerini içerir.

Dökme demir; erime noktası çelikten daha düşük ve çelikten daha iyi akışkanlığa sahip olan, bu nedenle döküm edilebilirliği daha iyi olan, genellikle kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen ve düşük malzeme maliyeti olan demir türüdür.

Dökme demir; soğuma hızına ve bileşimine bağlı olarak geniş aralıkta değişen özelliklere sahiptir. Bunlar; mukavemet, sertlik, süneklik, ısı iletkenlik, sönüm kapasitesi gibi özelliklerdir.

Şekil 2.1 'de, dökme demirin demir karbon denge diyagramındaki yeri görülmektedir. Diyagram incelendiğinde; dökme demirlerin karbon oranının karbon çeliklerinden yüksek olduğu görülebilmektedir.

Tablo 2.1 'de dökme demirlere örnekler ve bunların mekanik özellikleri verilmiştir. Buna göre; yapılarında % 3 - 4,5 oranında karbon ve % 1 - 3 oranında silisyum olduğu ve gri dökme demirin sünek olmadığı yani işlenebilirliğinin daha iyi olduğu görülmektedir [4,5].

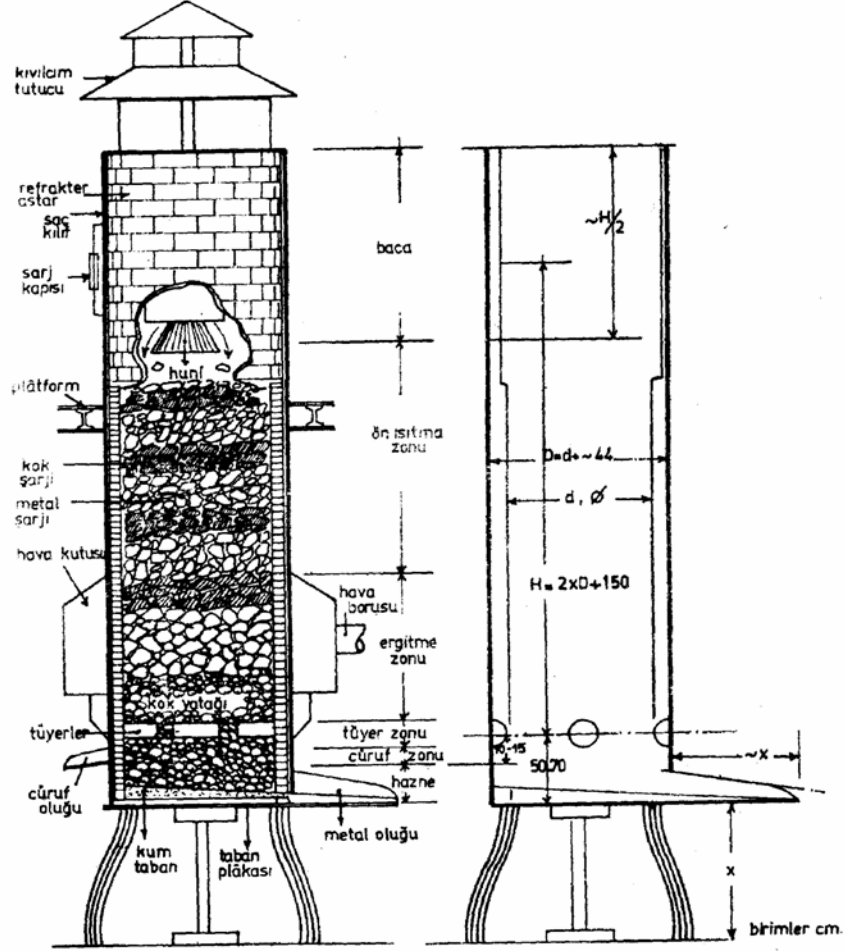


Şekil 2.1 Demir-Karbon Denge Diyagramı

Tablo 2.1 Bazı Dökme Demirlerin Mekanik Özellikleri

Kod No	Kompozisyon	Matris Yapı	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Süneklik (% Uzama)
Gri Dökme Demir					
SAE G1800	3.4-3.7C, 2.55Si, 0.7Mn	Ferrit + Perlit	124	-	-
SAE G4000	3.0 – 3.3C, 2.20Si, 0.8Mn	Perlit	276	-	-
Küresel Grafitli Dökme Demir					
ASTM A536 60-40-18	3.5-3.8C, 2.0-2.8Si, 0.05Mg	Ferrit	414	276	18
ASTM A536 60-40-18	3.5-3.8C, 2.0-2.8Si, 0.05Mg	Menevişlenmiş Martenzit	827	621	2
Temper Dökme Demir					
32510	2.3-2.7C, 1.0-1.75Si <0.55Mn	Ferrit	345	224	10
45006	2.4-2.7C, 1.25-1.55Si <0.55Mn	Ferrit + Perlit	448	310	6

2.2 Dökme Demirlerin Üretimi

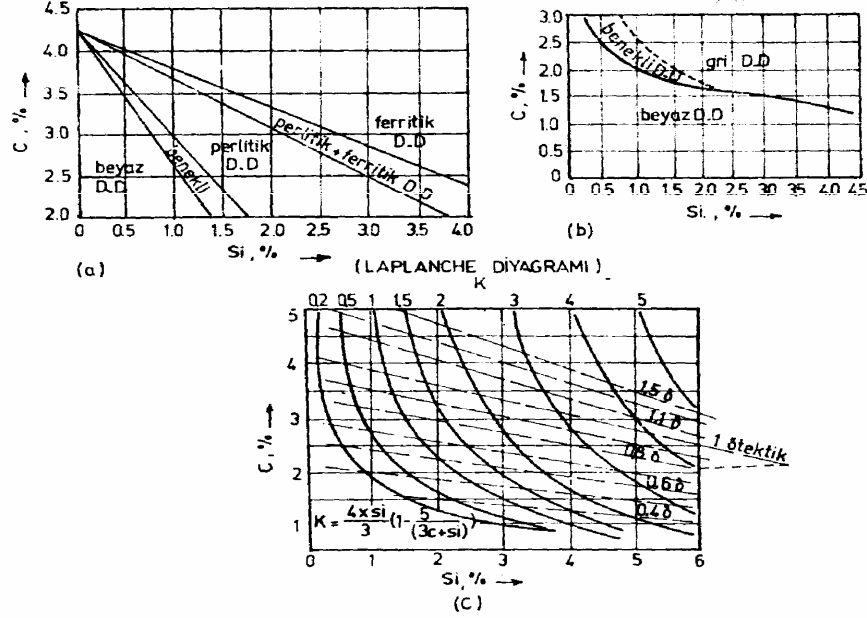


Şekil 2.2 Kupol Fırını Kesiti

Dökme demirler; pig demirin, hurda çeliğin, kireçtaşının ve karbonun yani kokun; kupol, elektrik ark fırını veya indüksiyon fırınında ergitilmesiyle üretilir. Giderek azalmakla birlikte ergitme en çok kupol fırınında (Şekil 2.2) yapılmaktadır.

Üretimde, genellikle kum kalıba döküm yöntemi kullanılır. Fakat yeniden kullanılabilir grafit kalıplarında, yerçekimli kalıp dökümü de yapılabilir. Dökümden sonra son işlem olarak işleme yapılır [1,4].

2.3 Kimyasal Bileşim ve Grafit Oluşumu



Şekil 2.3 Laplanche Diyagramı

Dökme demirlerin özellikleri ve kullanılışları üzerinde kimyasal bileşimin etkisi, büyük ölçüde iki alaşım elementine yani karbon ve silisyuma ve bunların grafit oluşumuna olan etkilerine bağlıdır.

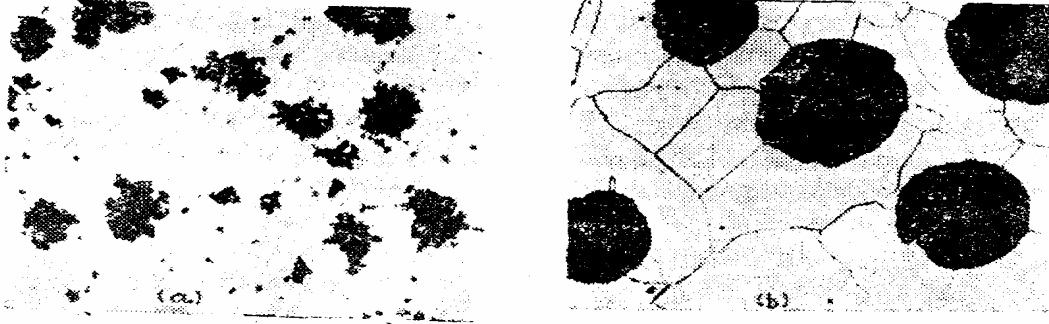
Karbon, dökme demirde demir karbür (sementit) halinde bulunabilir ve bu durumda birleşik karbon olarak tanımlanır veya serbest şekilde grafit halinde de oluşabilir; dolayısıyla grafitleşme olayı, ya serbest karbonun çökmesi veya kimyasal bileşik halindeki karbonun serbest hale (grafit) dönüşmesidir. Demir karbürü daha az stabl hale getiren grafitleştirici elementler, örneğin silisyum, grafit oluşumunu teşvik ederler.

Şekil 2.3 'teki Laplanche Diyagramından anlaşıldığı üzere, karbon veya silisyumdan herhangi biri sabit yüzdede tutulup, diğeri arttırılırsa oluşan dökme demir, beyaz, benekli, gri dönüşüm sırasını izleyecektir. Dolayısıyla karbon ve silisyum miktarları değiştirilerek beyaz veya gri dökme demir üretilebilir ancak,

düşük soğuma hızları diyagramdaki doğruları sola doğru, hızlı soğuma ise sağa doğru kaydıracaktır. Uygulamada gri dökme demirden imal edilen piston halkaları yüksek silisyum ve karbon ihtiva ederler, buna karşılık gri dökme demirden kalın kesitli ve büyük boyutlu makina parçası dökümlerinde karbon ve silisyum yüzdeleri daha düşük olabilmektedir [1].

2.4 Mikro Yapılar

2.4.1 Grafit



Şekil 2.4 a. Temper Dökme Demir Yapısındaki Rozet Şekilli Grafit Agregatları

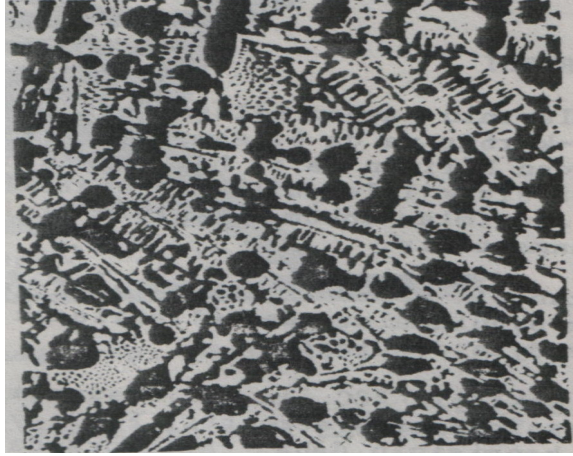
b. Küresel Grafitli Dökme Demir Yapısındaki Küre Şekilli Grafitler

Dökme demirlerde karbon, bileşik veya serbest halde bulunabilir. Gri dökme demirde katılaşmayla beraber grafit lamelleri de oluşur ve düşük yoğunlukları nedeniyle toplam döküm hacminin % 6 - 17 'sine erişebilirler. Şekil 2.4 'te görüldüğü gibi, dökme demirde lamelden farklı şekilde de grafitler oluşabilir. Örneğin; beyaz dökme demirin ısıl işlemi ile temper karbonu veya rozet şekilli grafit agregatları, dökme demire az magnezyum seryum ilavesiyle küre şekilli grafitler elde edilebilir.

Gri dökme demirde süneklik özelliğinin olmayışı lamel grafitler nedeniyledir. Temper dökme demir yapısındaki rozet şekilli grafitler veya küresel grafitli dökme demirdeki küre şekilli grafitler sünekliğe lameller kadar kötü etki etmez.

2.4.2 Sementit :

Dökme demirlerde karbon tamamen veya kısmen sementit halinde kimyasal olarak birleşmiş durumda bulunabilir, serbest veya kitle şeklinde sementit, beyaz ve çil uygulanmış dökme demirlerin katılaşması esnasında oluşur (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Sementit (Beyaz Bölgeler)

Sementit çok sert ve kırılgan olup, ana bileşenini teşkil ettiği dökme demir tiplerine de bu özelliğini yansıtır. Karbon; dökme demir bileşimindeki yüzdesinin 15 katı mertebesinde sementit meydana getirebilir. Buna göre % 2,5 C içeren bir beyaz dökme demirde yaklaşık % 37,5 demir karbür bulunacak ve dolayısıyla çok sert ve kırılgan olacaktır.

2.4.3 Ferrit

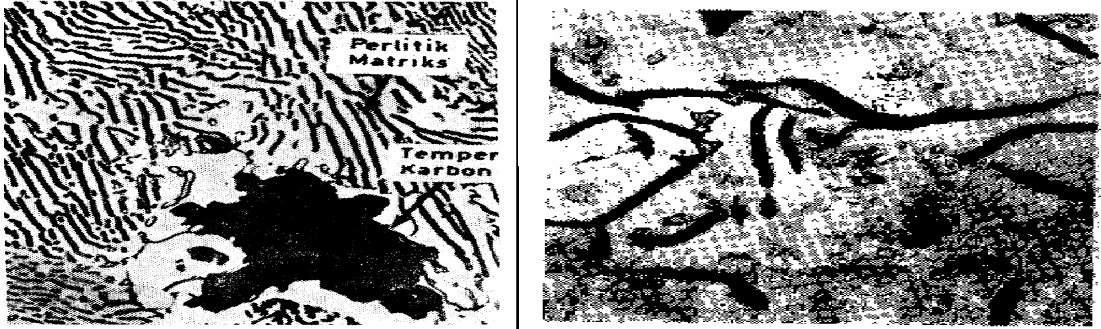
Oda sıcaklığında, kübik hacim merkezli yapıda, demir ile az miktarda karbonun oluşturduğu, nispeten yumuşak, sünek ve orta derece mukavemetli, bir katı eriyik olarak tanımlanabilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Ferrit (Beyaz Bölgeler)

Dökme demirlerde ferrit, silisyumu içeren fazdır. Silisyum, ferriti sertleştirir ve mukavemetini artırır. Yapısal açıdan, dökme demirlerde ferrit ya serbest halde veya perlit içinde oluşur. Dökme demirin karbonu serbest olarak oluşabiliyorsa, bileşimde grafitleştiriciler varsa ve soğuma yavaş ise serbest ferritin oluşma şansı yüksektir.

2.4.4 Perlit

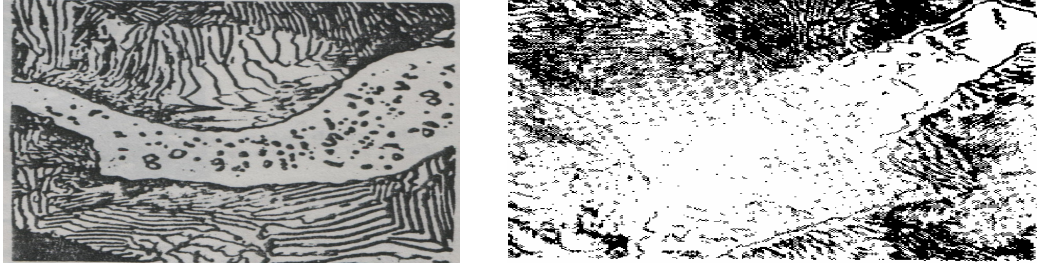


Şekil 2.7 Perlit

Yan yana sıralanmış ferrit ve sementit tabakalarından oluşmuş iki faz karışımıdır (Şekil 2.7). Dökme demirlerde perlit mukavemetli, orta sertlikte ve bir dereceye kadar sünektir. Oluşan perlit miktarı, grafitleşme mertebesine bağlıdır.

2.4.5 Steadit

Dökme demirlerde, özellikle gri dökme demirde fosfor, düşük ergime dereceli bir demir-demir fosfür ötekiği olan steadit şeklinde bulunur (Şekil 2.8).

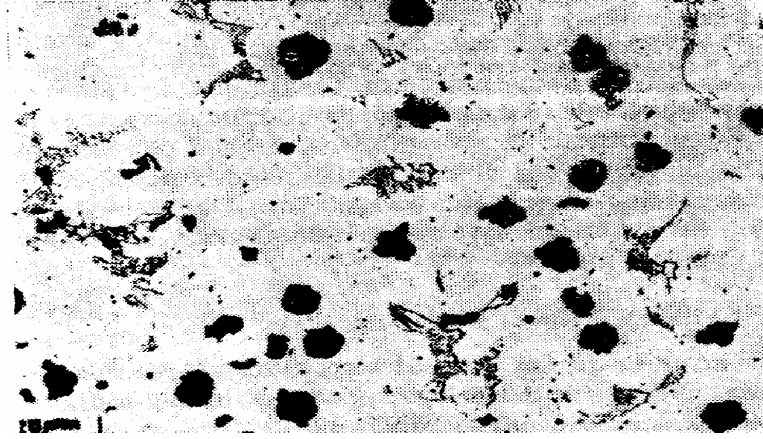


Şekil 2.8 Steadit

Steadit, % 10,2 fosfor içerir. Fosfor, katılaşmada en son katılan bölgelere toplandığından mikro yapıda steadit bölgeleri hücreli bir görünüme sahiptir. Demir fosfür, demir karbür gibi çok sert ve kırılımandır. Dar kafes ağı nedeniyle, aşınma direnci yüksektir [1,7].

2.4.6 Ostenit

Demirin yüksek sıcaklıklardaki allotropik şekli olan kübik yüzey merkezli demir ile karbonun meydana getirdiği, katılaşma esnasında oluşan ve yavaş soğuma ile perlit, ferrit veya ikisinin karışımına dönüşen bir katı eriyik olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.9 Ostenit

Şekil 2.9 'da; yüksek nikelli ostenitik dökme demir yapısı görülmektedir [1,4].

2.5 Soğuma Hızının Dökme Demirin Oluşumuna Etkisi

1. Kalın kesitler yavaş soğurken, ince kesitler hızlı soğumakta, yavaş soğuma hızı grafit oluşumunu tetikleyerek düşük sertlik vermektedir.
2. Hızlı soğuma, yüksek sertliğe yol açan karbür oluşumuna neden olur. Çekme mukavemeti artar.
3. Kum kalıbı yavaş soğur, fakat soğuk döküm kalıbı, soğuma hızını arttırarak, beyaz dökme demir oluşmasına yol açar [4].

2.6 Bileşimin Etkisi

Bileşimin etkisi, karbon eşdeğeri ile açıklanmaktadır:

Demir ile ötektik oluşturmak için gerekli karbon miktarı, fosfor ve silisyum tarafından önemli oranda azaltılır. Ötektik bileşime yaklaştıkça ergime derecesi azalır, akışkanlık artar, katılaşmış dökme demirin çekme mukavemeti azalır. Karbon eşdeğeri bu etkinin ölçüsüdür ve $CE = C + \frac{Si + P}{3}$ bağıntısı ile hesaplanır [6].

Karbon eşdeğeri 4,3 'ten büyük olduğunda, karbüre veya grafitin ilk önce katılmasıyla gri dökme demire neden olur.

Karbon eşdeğeri 4,3 'ten küçük olduğunda, östenitin ilk önce katılmasıyla, beyaz dökme demir oluşumunu tetikler.

2.7 Dökme Demir Çeşitleri

Genel olarak dökme demir tipleri şunlardır:

1. Gri dökme demir,
2. Beyaz dökme demir,
3. Küresel grafitli (nodüler, sfero, duktıl) dökme demir,
4. Temper dökme demir,
5. Benekli (mottled) dökme demir ve
6. Çil uygulanmış dökme demir.

2.7.1 Gri Dökme Demir

Katılmasından sonra, içerdiği karbonun büyük kısmı serbest halde veya başka deyimle grafit lamelleri halinde bulunacak şekilde bir bileşime sahip dökme demir tipidir. Gri dökme demirin kırık yüzeyi isli gri renktedir (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11).

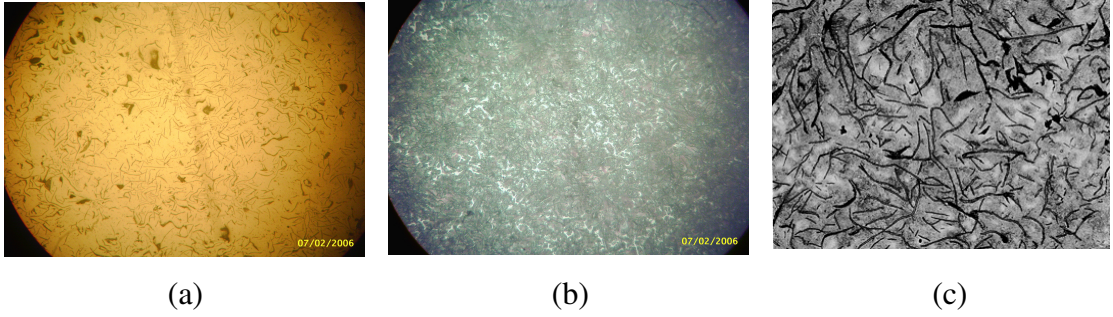
Gri dökme demirler esas olarak; demir-karbon-silisyum alaşımı olup, ötektik sıcaklığında, östenitin, katı eriyik olarak içerebileceğinden fazla karbonu olan alaşımlardır. Bileşimdeki bu fazla karbon, grafit lamelleri halinde çöker.

Gri dökme demirler genellikle % 1,7 - 4,5 karbon ve % 1 - 3 silisyum içerirler. Perlit, ferrit veya martenzit ana yapısında bulunabilirler. Geniş aralıkta uygulama alanına sahiptirler. Süneklik ve uzama düşüktür.

Gri dökme demir; soğuma hızı kalın kesitlerde ki gibi yavaş olduğunda ve silisyum veya karbon oranı yüksek olduğu zaman oluşur.



Şekil 2.10 Gri Dökme Demirin İç Yapısı



(a)

(b)

(c)

Şekil 2.11 a. GG-22 Gri Dökme Demirin İç Yapısı

b. GG-22 Gri Dökme Demirin Dağlama Yapıldıktan Sonraki İç Yapısı

c. Gri Dökme Demirin İç Yapısı

Gri dökme demirin tipik özellikleri;

1. Dökümün şekline ve kalınlığa bağlıdır.
2. Düşük mukavemetli gri dökme demirde; karbon oranı, iletkenlik ve sönümleme kabiliyeti yüksektir.

3. Yüksek mukavemetli gri dökme demirde; karbon oranı düşüktür.

Mikro yapısı incelendiğinde; düzenli, rozet şeklinde, üst üste konmuş, rasgele yönelmiş lameller görülmektedir.

Gri dökme demirin ana yapısı perlit olmakta ancak, soğuma hızı yavaş olduğunda, yüksek oranda silisyum içerdiğinde, yüksek karbon eşdeğerine sahip olduğunda veya fazla soğutulmuş grafit olduğu zaman yapıda ferrite dönüşüm gerçekleşmektedir.

Gri dökme demirin özellikleri;

1. Süneklik düşük (0.6 %), darbe direnci düşük,
2. Buna bağlı olarak işlenebilirlik mükemmel,
3. Sönüm kapasitesi yüksek,
4. Korozyona dayanıklılık iyi,
5. Isıl iletkenlik yüksek,
6. Aşınma özelliği mükemmeldir.

Gri dökme demirin başlıca uygulama alanları;

1. Motorlarda silindir blokları,
2. Yüksek lisans tezim kapsamında, üzerinde çalışma yaptığım silindir gömlekleri,
3. Fren kampanaları, debriyaj diskleri,
4. Basınçlı boru bağlama parçaları,
5. Yataklar,
6. Ocak parçaları, ingot ve cam kalıplarıdır [1,4]

2.7.2 Beyaz Dökme Demir

Katılaşımdan sonra içerdığı karbon, karbür şeklinde kimyasal olarak birleşmiş bir birleşime sahip dökme demirdir. Beyaz dökme demir kırıldığında beyaz, kristalli bir yüzey gösterir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Beyaz Dökme Demirin İç Yapısı

Gri dökme demirlerin, kimyasal bileşimlerinin veya kalıp içindeki soğuma hızlarının değiştirilmesiyle beyaz dökme demirler üretilir. Beyaz dökme demirlerin;

1. Kırılma yüzeyleri beyazdır.
2. İç yapısı, ledeburitik ve perlitiktir.
3. Karbon formları, sementit veya daha karışık karbürleri oluşturduğundan yani kimyasal olarak bileşik durumda olduğundan, iç yapıda grafit yoktur.
4. Beyaz dökme demirler daha çok yüksek aşınma dirençleri nedeniyle kullanılırlar.
5. Çoğunlukla alaşımlandırılırlar.
6. Avustralya standardında “aşınma dirençli beyaz dökme demir” şeklinde adlandırılmaktadır.

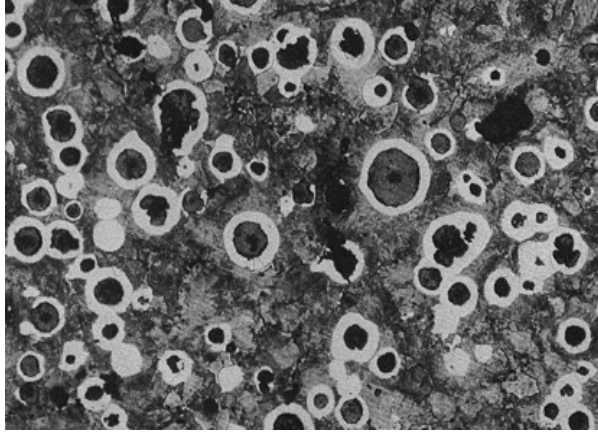
Özellikleri;

1. Kritik sıcaklığa yakın (650 °C) yüksek sıcaklık uygulamalarında başarı ile kullanılabilirler. Çünkü bu sıcaklıklarda, beyaz dökme demirin sertliği adi karbon ve az alaşımlı çeliklerde olduğu gibi önemli oranda bir düşüş göstermez.
2. Çarpma direnci düşüktür.
3. İşlenebilme kabiliyeti kötüdür.
4. Uygulama alanları sınırlıdır.

Başlıca uygulama alanları;

1. Cevher veya çimento değirmen astarları,
2. Öğütücü bilyalar,
3. Seramik kalıpları,
4. Konveyör parçalarıdır [1,4]

2.7.3 Küresel Grafitli Dökme Demir



Şekil 2.13 Küresel Grafitli Dökme Demirin İç Yapısı

Karbonun büyük kısmının lamel yerine küre şeklinde oluşmasını sağlamak amacıyla, ergimiş halde az miktar seryum, magnezyum veya başka bir element ilavesiyle özel olarak hazırlanmış bir dökme demir tipidir. Grafit şeklinin lamel

yerine küre oluşu, dökme demire süneklik kazandırır. Bu tip dökme demirin yüzeyi parlak çelikimsi görünümündedir (Şekil 2.13).

Küresel grafitli dökme demir; gri dökme demirle aynı bileşimde olan hiper ötektik dökme demirlere, ergimiş halde seryum veya magnezyum veya her ikisi ile yapılan aşılardan ibarettir. Bu aşılama ile seryumun büyük kısmı, bileşimdeki kükürtü gidermekte ve geri kalan yaklaşık % 0,02 seryum ise, grafitlerin lamel yerine küre şeklini almalarını sağlamaktadır.

Küresel grafitli dökme demir, sünek veya nodüler grafitli dökme demir olarak ta bilinmektedir. Gri dökme demirden daha iyi süneklığe sahiptir. Küresel grafitli dökme demir, gri dökme demirin başlıca avantajları olan;

1. Düşük ergime derecesi,
2. İyi akışkanlık ve dökülebilme,
3. Mükemmel işlenebilme,
4. İyi kesme mukavemeti ile,

Çeliğin mühendislik yönünden avantajları olan ;

1. Yüksek mukavemet,
2. Süneklik,
3. Sıcak işlenebilme,
4. Sertleşebilme özelliklerini birleştiren yeni bir malzemedir.

Mikro yapıda; ferritle çevrili küresel grafitler, genellikle biraz perlit ve biraz sementit bulunmakta, ısı ile sertleştirilerek, martenzit oluşabilmektedir.

Küresel grafitli dökme demirler çoğunlukla yaş veya kuru kum kalıba dökülürler. Yüksek saflık dışında bileşimi gri dökme demir ile aynıdır. Küresel grafitli dökme demirde kumdaki nem oranı daha dikkatli kontrol edilmelidir. Bunun nedeni, magnezyum ilave edilmiş sıvı metalin kolay oksitlenebilmesidir.

Aşılama için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Bunlardan en çok uygulananlar potada aşılama ve kalıp aşılmasıdır. Potada aşılama; potanın dibinde 10 - 15 cm sıvı metal varken, aşılama madde ilavesi yapılır. Kalıp aşılama ise; bir miktar aşılama maddesi parçalar halinde yolluğa yerleştirilir. Böylece; magnezyum buharı, eriyikten yukarı doğru yükselerek, sülfürü uzaklaştırır.

Döküm işleminin sonunda; küreselleşmenin gerçekleştiğini kontrol etmek için test yapmak gereklidir. Bunun için;

1. Mikro yapı incelemesi (metalografik inceleme),
2. Standart test aletlerinde mekanik testler (sünekliğin incelenmesi),
3. Ultrasonik testler yapılır.

Küresel grafitli dökme demir başta da belirtildiği gibi;

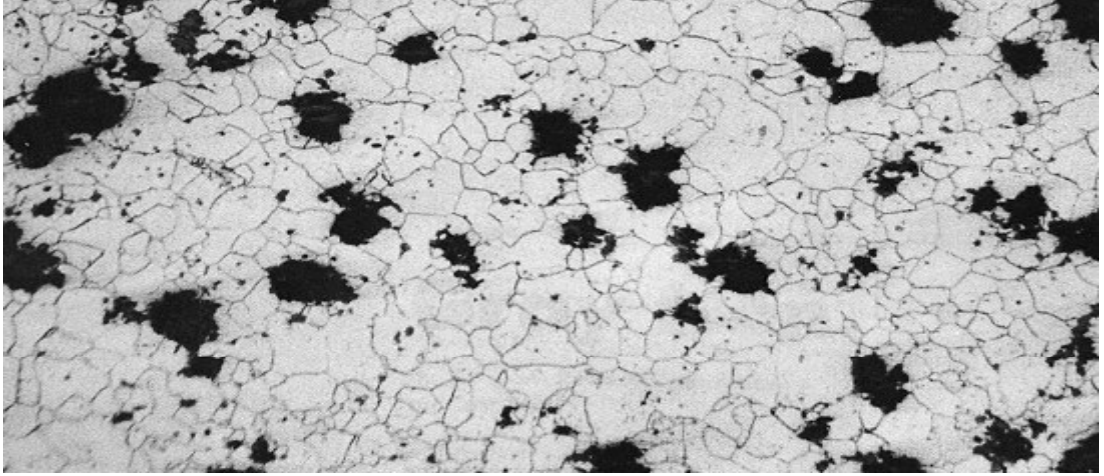
1. Gri dökme demirden daha mukavemetli, aşınma ve korozyona karşı direnci daha fazla,
2. Döküm halinde % 6'ya kadar, tavlanmış halde % 20'ye kadar sünekliğe sahip,
3. Düşük maliyetli, basit üretim işlemleri ile karmaşık şekiller yapılabilir,
4. Çelikten daha iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptir.

Uygulama alanları;

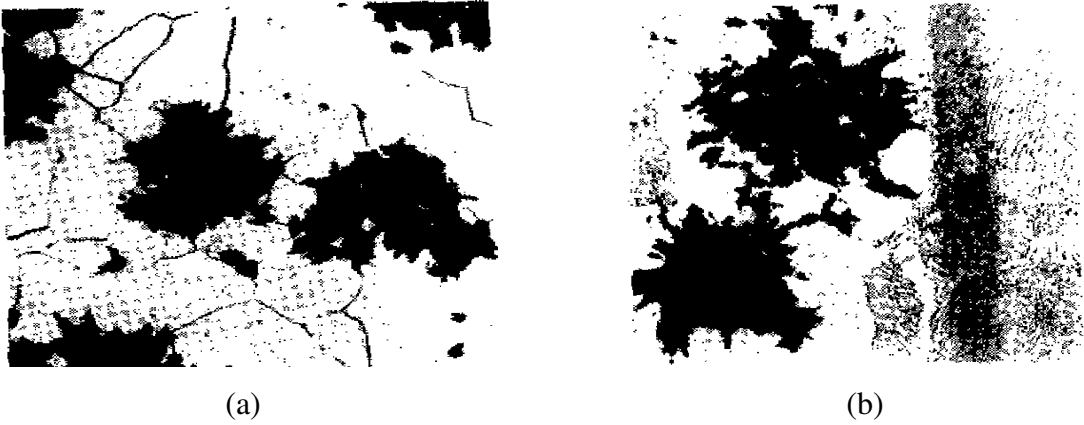
1. Amerika birleşik devletleri otomotiv endüstrisinin % 55 'inde küresel grafitli dökme demir kullanılmaktadır.
2. Otomobillerde; krank milleri, dişli kutusu, ön tekerlek dingil destekleri, direksiyon mafsalları, fren disk kaliperleri,
3. Ayrıca, fırın kapakları, vanalar, boru ve boru birleştirme parçaları küresel grafitli dökme demirden yapılmaktadır [1,4,25]

2.7.4 Temper Dökme Demir

Uygun bileşimle beyaz dökme demirden ısıl işlem (temperleme) ile üretilmiş sünek bir dökme demirdir. Temper dökme demirde karbon rozet şekilli grafit birikmeleri halindedir. (Şekil 2.14)



Şekil 2.14 Temper Dökme Demirin İç Yapısı



(a)

(b)

Şekil 2.15 a. Siyah Temper Dökme Demir

b. Beyaz Temper Dökme Demir

Temper dökme demir; tamamen grafitsiz sert ve kırılğan, beyaz dökme demirin temperleme adı verilen ısıl işlem yöntemi ile karbürlerinin parçalanması sonucu oluşan, yüksek mukavemetli, iyi işlenebilme özelliğine sahip ve mikroyapısı ferrit ve temper karbonundan meydana gelen dökme demir tipidir. Nodüler grafit yapısına sahiptir. Beyaz dökme demirden ısıl işlem ile üretilir. Grafit nodülleri düzensiz toplanmıştır. Küresel grafitli dökme demirle benzer özellikler gösterir.

Temper dökme demirin ana yapısı; ferrit, perlit veya temperlenmiş martenzit şeklindedir. Şekil 2.15 (a) 'da görülen ferritik (siyah) temper döküm 2 aşamalı tavlama gerektirir. Şekil 2.15 (b) 'de görülen perlitik (beyaz) temper döküm sadece bir aşamada gerçekleşir.

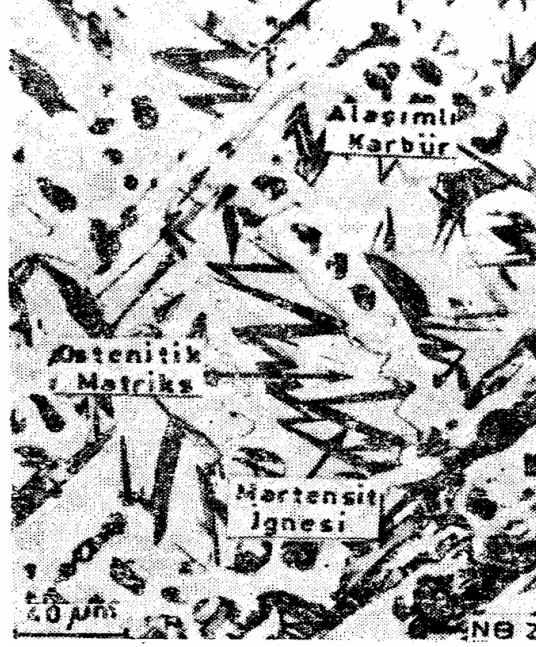
Ferritik (siyah) temper dökme demir için; ilk aşamada, 2 ile 36 saat 940°C 'de kontrollü atmosferde tavlama yapılır. 750°C 'ye kadar hızlı soğutma yapılır. İkinci aşamada, yavaş soğutma yapılarak, 750 - 680 °C sıcaklıklar arasında ostenitin hepsi, ferrit ve temper karbonuna ayrışmaktadır.

Perlitik (beyaz) temper dökme demir için, sadece bir aşama tavlama yapılır, diğerine benzer şekilde 2 - 36 saat 940 °C ' de tavllanır. 870 °C 'ye yavaşça soğutulur, daha sonra havada soğutma yapılır. Perlitik temper dökme demiri sertleştirme ve temperleme ile martenzit dökümü gerçekleştirilir.

Temper dökme demirin özellikleri küresel grafitli dökme demire benzer. Çarpma direnci, sünekliği ve işlenebilirliği iyidir.

Temper dökme demir, ince kesitlerin dökümü için daha elverişlidir. Küresel grafitli dökme demir, 40 mm den büyük kalınlıklarda daha iyi sonuç verir. Tranmisyon, şasi, süspansiyon ve tekerlek parçaları, direksiyon parçaları, diferansiyel parçaları, biyel kolu, egzoz boruları gibi araç parçalarında, tren rayları ve boru birleştirme parçalarında kullanılmaktadır [1,4]

2.7.5 Çil Uygulanmış Dökme Demir



Şekil 2.16 Çil Uygulanmış Dökme Demirin İç Yapısı

Normal olarak gri dökme demir halinde katılacak bir bileşime sahip, ancak bazı bölgeleri beyaz dökme demir haline geçecek şekilde hızlı katılaştırılmış (çil uygulanmış) dökme demirdir. Bu tür dökme demirlerin kırık yüzeylerinde katılmanın hızlı olduğu bölgelerde beyaz, normal olduğu bölgelerde ise gri dökme demir yapısı görülür.

İçi yumuşak dış yüzeyi sert olan çil uygulanmış dökme demirler; vagon, vinç tekerlekleri, konveyör rolleri gibi parçaların üretiminde kullanılırlar.

Şekil 2.16 'da yüksek miktarda nikel ilavesiyle, beyaz ve çil uygulanmış dökme demirdeki sert martenzit yapısı görülmektedir [4,7].

2.7.6 Benekli (Mottled) Dökme Demir

Normal soğuma şartlarında kısmen gri kısmen de beyaz dökme demir halinde katılacak şekilde bir ara bileşime sahip dökme demirdir.

2.8 Alaşım Elementlerinin Dökme Demirler Üzerindeki Etkisi

Alaşım elementlerinden; silisyum ve nikel, grafit oluşturucu, krom, karbür oluşturucu ve korozyon direncini arttırıcıdır.

Karbonun artmasının dökme demirler üzerindeki etkisine bakıldığında;

1. Sertleştirilmiş demirlerde sertleşme derinliğini arttırdığı,
2. Sertliği arttırdığı,
3. Gevrekliği arttırdığı,
4. Katılma esnasında grafit oluşumunu tetiklediği görülmektedir.

Silisyumun artması;

1. Ötektik karbon miktarını düşürür.
2. Katılma esnasında grafit oluşumunu tetikler.
3. Sertleşme derinliğini azaltır.
4. Sertliği olumsuz etkiler.
5. Martenzitin üzerine perlit oluşumunu tetikler.
6. Martenzit başlangıç sıcaklığı, M_s 'i yükseltir.
7. Yüksek sıcaklıkta soyulma (scaling) direncini iyileştirebilir.

Manganez ve sülfürün etkisi;

1. Her biri tek başına sertleşme derinliğini artırır.
2. İkisi birlikte (mns), diğerinin etkisini azaltır.
3. Fazla mangan, sülfürü bağlar ve östeniti kararlı hale getirir.
4. Ferrit ve perlitin katı çözeltili sertleştiricisidir.

5. Sülfür, aşınma direncini düşürür.

Fosfor;

1. Yumuşak grafit yapıcıdır.
2. Sertleşme derinliğini azaltır.
3. Alaşımli dökme demirlerde zararlı olduğu düşünülmektedir.

Krom;

1. Karbür oluşturur,
2. Korozyon direnci verir,
3. Yüksek sıcaklık kararlılığı sağlar.
4. % 3 'e kadar, sertlik üzerinde etkisi yoktur.
5. % 10 'dan fazla olduğunda, mukavemet ve sertlik verir.

Nikel;

1. Grafit oluşturucudur.
2. Perlitin mukavemetini artırır.
3. Sertleşebilme kabiliyetini artırır.
4. Taşlama taşlarında olduğu gibi % 2,5 - 4,5 oranında nikel varsa sert demirdir.
5. % 6,5 'un üzerinde nikel, östeniti kararlaştırır.

Bakır;

1. Martenzitik demirlerde perlit oluşumunu engeller.
2. Molibden ile birlikte, bakırın etkisi artar.

Molibden;

1. Sertleşme derinliğini biraz artırır.

2. Perliti sertleştirir ve gevrekleştirir.
3. Perlit oluşumunu engeller.
4. Sertleşebilme kabiliyetini artırır.

Vanadyum;

1. Kuvvetli karbür kararlaştırıcıdır.
2. Sertleşme derinliğini artırır.
3. % 0,1 - 0,5 oranında uygulanır.

Dökme demirlerde kullanılan aşılایıcılar;

1. Grafit oluşturucu olarak, ferrosilisyum,
2. Küreselleştirici olarak, magnezyum ve seryum kullanılır.
3. Telluryum, bizmut ve vanadyum; beyaz dökme demirde karbür oluşumunu teşvik eder [4].

2.9 Dökme Demirlerin Birleştirilmesi

Dökme demirlerin birleştirilmesi;

1. Kaynak,
2. Lehim kaynağı,
3. Sert lehimleme,
4. Yumuşak lehimleme ve
5. Mekanik birleştirme yöntemleri ile gerçekleştirilmektedir.

Dökme demirin kaynaklanabilirliği düşüktür ve malzeme çeşidine, kalınlığa, dökümün karmaşıklığına ve işlenebilirliğin önemine bağlı olarak değişir.

Çatlamış veya kırılmış dökme demirlerin tamiri lehim kaynağı ile yapılmaktadır. Lehim kaynağı; oksijen gazı ve 450 °C ile dökümün ergime sıcaklığı arasında ergime sıcaklığı olan, dolgu malzemesi kullanılarak yapılmaktadır.

Birleşme bölgesi kaynağa benzer. 320 - 400 °C arasında ön ısıtma yapılır. Uygun temizleyici madde ile bakır - çinko dolgu malzemesi kullanılır.

Sert lehimleme işlemi; çok ince (kılcal) birleştirmeler için kullanılır. Dökme demirlere herhangi bir sert lehimleme işlemi uygulanabilir. Otomatik sıcaklık kontrollü olanlar tavsiye edilir. Düşük ergime sıcaklığına sahip gümüş alaşımli dolgu malzemesi en iyisidir. Çünkü, fosfor içermez.

Sonuç olarak kaynaklanabilirlik konusunda şunlar söylenebilir :

1. Beyaz dökme demire kaynak yapılamaz.
2. Gri dökme demirin kaynaklanabilirliği düşüktür. Sökme ve tamir işlemleri ile sınırlıdır.
3. Küresel grafitli ve temper dökme demirlerin kaynaklanabilirliği iyidir. Ancak, yapı çeliklerinden düşüktür [4].

3. İŞLENEBİLİRLİK

3.1 Giriş

İşlenebilirlik, bir metalin tezgah ile işlenmeye karşı gösterdiği tepkidir. İşlenme kabiliyeti talaş kaldırma faktörlerinin aldığı değerlere göre değişir. Bununla beraber malzemeleri aynı işlenme şartları altında birbirleri ile mukayese etmek mümkündür.

Metallerin işlenebilirliğini tanımlamada aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulur:

1. Verilen bir kesme hızı için uzun takım ömrü veya belirli takım ömrü için yüksek bir kesme hızı,
2. İşlenmiş yüzeyin yüksek düzeydeki kalitesi,
3. Kolay kontrol için iyi kırılmış taşlar,
4. Belli bir miktar malzemeyi kesmek için düşük güç kullanımı,
5. Birbirini izleyen iş parçalarının boyutlarının aynı olması,
6. Takım bilenmesindeki maksimum metal kesimi,
7. Her birim metalin en düşük toplam maliyetle kesimi.

Ayrıca bir metalin işlenebilirliği, büyük derecede kesimi yapan takıma, uygulanan sıvıya ve onun kimyasal analizine, sertliğine, metalurjik yapısına, kesmenin boyutlarına yani kesme işleminin tüm faktörlerine bağlıdır [8,23].

3.2 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler

3.2.1 Malzemelerin Kimyasal Yapısı

Bir malzemeyi teşkil eden elemanların işlenebilirlik üzerindeki etkileri farklıdır. Çeliklerin en önemli bileşenlerinden olan karbonun etkisi incelendiğinde,

% 0.1 - 0.3 arasında karbonun artışı, relatif kesme hızını orantılı olarak az miktarda artırmaktadır. % 0.3 - 0.9 arasında ise relatif kesme hızı, sıcak haddelenmiş, dövülmüş veya normalize edilmiş halde, karbon artışı ile orantılı olarak az miktarda düşmekte ve tavlanmış halde artmaktadır. 300 Brinell'in üstünde su verilmiş halde ise karbon oranı ne olursa olsun bir tesir görülmemektedir.

% 0.25 - 2.0 oranları arasında manganez, relatif kesme hızı üzerinde olumsuz tesir yapmaktadır. % 0 - 0.15 oranları arasında fosfor, işlenebilirlik üzerine olumlu etki yapmakta, yani relatif kesme hızını orantılı olarak arttırmaktadır. % 0 - 0.3 oranları arasında kükürt, orantılı olarak olumlu yönde etki yaparken, % 0 - 2 arasında silisyum olumsuz yönde zayıf bir etki yapmaktadır. % 0 - 1.10 arasında krom, orantılı olarak olumsuz yönde tesir göstermekte ve % 0 - 5 arasında nikel, olumsuz yönde oldukça fazla etki yapmaktadır. % 0 - 0.75 arasında molibden ise orantılı olarak olumsuz yönde orta derecede bir tesir yapmaktadır [9,24].

3.2.2 Malzemelerin Mekanik Özellikleri

Birçok malzemenin sertliği ile kopma mukavemeti arasında yaklaşık bir ilişki vardır. Aynı şekilde, bu gibi malzemelerin sertliği veya kopma mukavemeti ile işlenme kabiliyeti arasında yaklaşık bir ilişki kurmak mümkündür. Genel olarak, bir malzemenin sertliği veya kopma mukavemeti ne kadar büyükse o malzemenin işlenme kabiliyeti o derece düşüktür. Bununla beraber, aynı sertliğe veya kopma mukavemetine sahip iki malzemenin işlenme kabiliyeti büyük farklılıklar gösterebilir.

Süneklik genel olarak bir malzemenin işlenme kabiliyetini iyileştirmez. Sünek bir malzemenin talaşı takıma yapışır ve körlenmesini çabuklaştırır. Öte yandan sertlik ise takımın aşınmasını hızlandırır. Dolayısıyla süneklik ile sertlik arasında bir yapı, işlenme kabiliyeti bakımından en uygunu olacaktır.

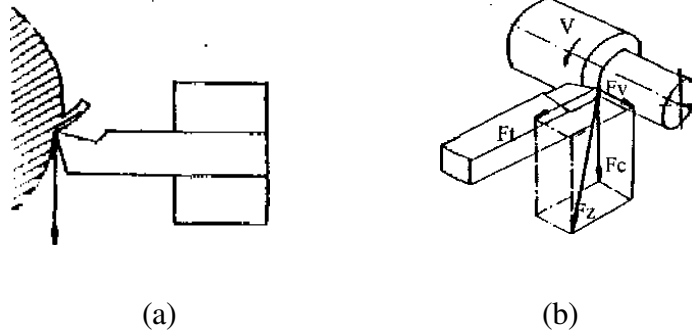
Bunun en iyi örneği çelikte görülebilir. Karbon miktarı az olan çelikler ($C < \% 0.2$) sünektir; bu çeliklerin işlenme kabiliyeti düşüktür. Aynı şekilde karbon miktarı % 2 'den fazla olan çelikler ise sert ve dolayısıyla işlenme kabiliyetleri bakımından kötü bir durum gösterirler.

Çelikler arasında en yüksek işlenme kabiliyetine sahip olan süneklikle sertlik arasında bir sınır teşkil ederek yaklaşık % 0.2 karbon içeren çeliklerdir. Demir olmayan hafif metaller genellikle kolay işlenir. Örneğin alüminyumun işlenme kabiliyeti karbon çeliklerine göre 5 veya 6 kez daha yüksektir [10,11].

3.2.3 Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetleri gerek takım gerekse parça üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım-parça konumunu değiştirirler ve işleme kalitesini etkilerler. Belirli kesme şartları altında bir malzeme ne kadar az kesme kuvveti ile işlenebiliyorsa o malzemenin işlenme kabiliyetinin o derece iyi olduğu kabul edilir.

3.2.3.1 Takım Üzerine Etkileri



Şekil 3.1 Kesme Kuvvetlerinin Takım Üzerine Etkisi

Takım ankastre bir çubuk olarak göz önüne alınırsa (Şekil 3.1 a); kesme kuvvetleri takımı şu şekilde etkiler (Şekil 3.1 b);

F_c kuvveti, eğilmeye (düşey düzlemde) ve burulmaya;

F_v kuvveti, eğilmeye (yatay düzlemde) ve burulmaya;

F_t kuvveti basmaya ve takım uzun olduğu halde burkulmaya zorlar.

Ayrıca takım, tutturma sistemine yeterli derecede sıkılarak bağlanmadığı veya uygun şekilde desteklenmediği halde, Fv kuvveti takımı eğik duruma getirebilir ve Ft kuvveti de takımı parçadan uzaklaştırabilir.

Talaş kaldırma kuvvetlerinden en önemlisi olan kesme kuvveti Fc göz önüne alınırsa, bu kuvvetin meydana getirdiği eğilme momenti $M_e = Fc l$ ve buna bağlı olarak eğilme gerilmeleri;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{6Fl}{BH^2} \leq \sigma_{em} \quad (3.1)$$

şeklinde yazılır. Fc kuvvetinin etkisi altında meydana gelen eğilme şekil değiştirmesi (sehim)

$$f = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{4Fl^3}{EBH^3} \quad (3.2)$$

ve buna bağlı olarak takımın rijitliği

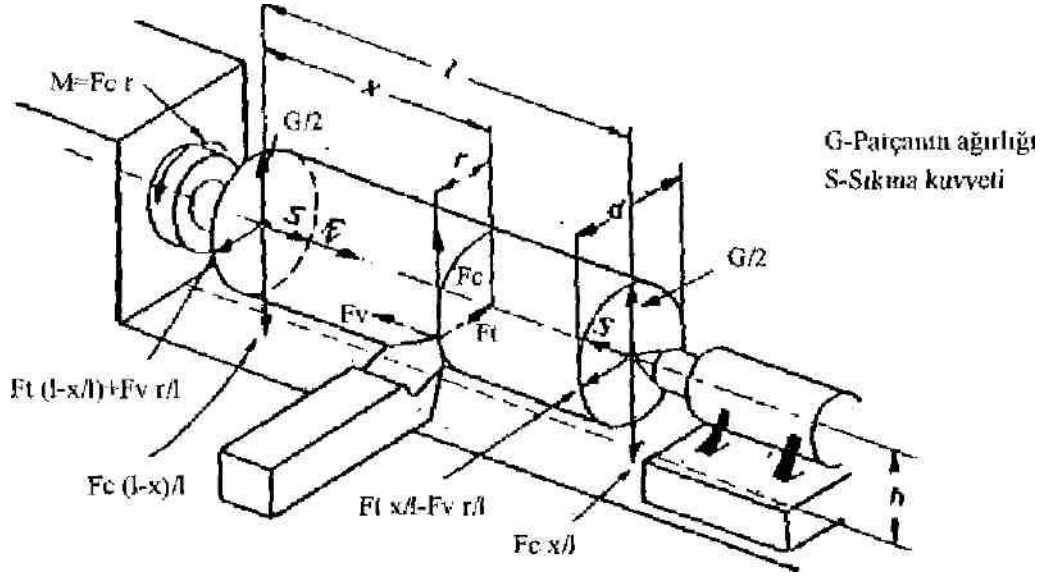
$$k = \frac{EBH^3}{4l^3} \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada l, takımın tutturma uzunluğu; B ve H, takım sapının kesit boyutları; $W = BH^2/6$, eğilme direnç momenti; $I = BH^3/12$, eylemsizlik momenti; σ_{em} , takım malzemelerinin yorulma koşullarına göre hesaplanan emniyet gerilmesidir.

Yukarıdaki bağıntılardan anlaşılacağı gibi, çalışma sırasında takımın kırılmaması için Fc 'nin oluşturduğu normal gerilmelerin, takım malzemesinin mukavemet sınırından daha küçük olması gereklidir (3.1 bağıntısı). Ayrıca işleme kalitesi bakımından şekil değiştirmelerinin de çok küçük yani takımın rijit olması lazımdır. Her iki koşul, takım kesit boyutlarının (B, H) yanı sıra takımın l tutturma uzunluğuna (3.1 ve 3.3) bağıntılarına bağlıdır. Tutturma uzunluğu büyüdükçe

normal gerilmeler artar, takımın rijitliği azalır ve aynı kesme kuvveti etkisinde büyük şekil değişimleri oluşur. Dolayısıyla takım tutturma uzunluğu olabildiğince kısa olmalıdır [12].

3.2.3.2 Parça Üzerine Etkileri



Şekil 3.2 Kesme Kuvvetlerinin Parça Üzerine Etkisi

Şekil 3.1 b 'de parçanın takım üzerindeki etki kuvvetleri gösterilmiştir. Etki tepki kanununa göre bu kuvvetler parçayı zıt yönde etkileyecektir (Şekil 3.2). Bu durumda parça F_c kuvveti ile eğilmeye (düşey düzlemde) ve burulmaya ($M_b = F_c r$); F_t kuvveti ile eğilmeye (yatay düzlemde), F_v kuvveti ile de çelmeye ve basmaya zorlanır. Ayrıca punta arası tornalamada S sıkma kuvveti tarafından basma ve burkulmaya zorlanır. Parça için önemli olan gerilmeler değil de şekil değişimleridir. Birbirlerine dik düzlemde bulunan F_c ve F_t 'nin

$$F_r^2 = F_c^2 + F_t^2 \quad (3.4)$$

bileşkesi dikkate alınır; parçanın punta arası işlendiği Şekil (3.2) ve takımın parçanın tam ortasında bulunduğu durumda sehim,

$$f = \frac{Fr l^3}{48EI} = \frac{4Fr l^3}{3E\pi D_0^4} \quad (3.5)$$

ve buna bağlı olarak parçanın rijitliği

$$k = \frac{3}{4} \times \frac{E\pi D_0^4}{3E\pi D_0^4} \quad (3.6)$$

Parçanın bir taraftan aynaya diğer taraftan da karşı puntaya bağlandığı durumda ve takımın parçanın tam ortasında bulunması durumunda sehim,

$$f = \frac{7}{768} \times \frac{Fr l}{EI} = \frac{7}{12} \times \frac{Fr l}{E\pi D_0^4} \quad (3.7)$$

ve parçanın rijitliği

$$k = \frac{12}{7} \times \frac{E\pi D_0^4}{l^3} \text{ olur.} \quad (3.8)$$

Parçanın sadece aynaya tutturulduğu ve takımın parçanın serbest ucunda bulunduğu halde sehim,

$$f = \frac{Fr l^3}{3EI} = \frac{64Fr l^3}{3E\pi D_0^4} \quad (3.9)$$

ve parçanın rijitliği

$$k = \frac{3E\pi D_0^4}{64l^3} \quad (3.10)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Burada E, malzemenin elastik modülü; $I = \pi D_0^4 / 64$ eylemsizlik momenti; D_0 , parçanın çapıdır. Kaba tornalamada sehim : $f < 6.2 - 0.4$ mm, ince tornalamada ise $f < 0.1$ mm olmalıdır [12].

3.2.4 Kesme Sıvıları

Kesme sıvılarının kullanılmasıyla malzemelerin işlenebilirliği büyük ölçüde artacaktır. Talaş kaldırma sırasında kullanılan sıvıların başlıca özelliği soğutma ve yağlamadır. Soğutma ile, kesme esnasında oluşan ısıyı çevreye ileterek ısı miktarını azaltmak; yağlama ile de takımla talaş ve takımla işlenen yüzey arasına nüfuz ederek sürtünmeyi azaltmak ve takımın aşınmasını önlemektir.

Sıvıların soğutma fonksiyonlarını iyi bir şekilde yapabilmeleri için yüksek ısı iletme kabiliyetine ve yüksek özgül ısıya sahip olmaları gerekir. Yağlama görevini yerine getirebilmeleri için de, sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı tabakası oluşturmaları lazımdır. Sıvıların bu özelliğine ıslatma kabiliyeti denir. Bu olayda sıvının kimyasal yapısı önem taşır. Tüm sıvılar yapışmış bir tabaka oluşturamaz; ancak molekülleri polar gruplara sahip sıvılar, özellikle yağlar yapışmış bir tabaka meydana getirebilirler. Islatma kabiliyetini artırmak için sıvılara az miktarda ilave madde katılır [12,13].

Kesme sıvılarının kullanımlarından doğabilecek etkileri de göz önüne alarak, kesme sıvılarından istenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

1. Yüksek ısı iletme kabiliyetine (soğutma özelliğine) sahip olmaları;
2. Metalik yüzeyler üzerine yapışmış bir sıvı tabakası oluşturabilme kabiliyetine (yağlama özelliğine) sahip olmaları;
3. Kararlı olmaları, yani özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri;
4. Anti korozyon olmaları, yani paslanmaya yol açmamaları;
5. İnsan sağlığına zarar vermemeleri;
6. Ateşleme tehlikesi taşımamaları.

Kesme sıvılarının etkili olmalarında bu sıvıların seçimi ve uygulama yöntemleri önemlidir. Kesme sıvılarının seçiminde önemli olan talaş kaldırma yöntemi ve parça malzemesidir. Çeşitli işleme yöntemlerine ve parça malzemelerine bağlı olarak uygun kesme sıvıları seçilir. Kesme sıvısının debisi yüksek ve basıncı, talaşı uzaklaştırmak ve takım ile parça arasına nüfuz edebilmek için yeterli olmalıdır. Ayrıca iyi sonuçlar elde edebilmek için sıvı jeti, talaşı değil takım ve parçayı soğutmaya çalışmalıdır [4].

Genel olarak kesme sıvıları, emülsiyon yağları, kimyasal yağlar, kesme yağları ve gazlar olmak üzere dört gruba ayrılır.

3.2.4.1 Emülsiyon Kesme Sıvıları

Bor yağı adını taşıyan bu sıvılar, içinde emülsiyonu kolaylaştıran katkıları bulunan su-yağ karışımıdır. Soğutma kabiliyeti yüksek olan bu sıvılara, polar aditifler katılırsa yağlama özellikleri büyük ölçüde iyileşir. Yüksek soğutma kabiliyeti, temiz çalışma ortamı, ucuz, ateşleme tehlikesi olmayan bu sıvılar çok ağır talaş kaldırma işlemleri dışında yaklaşık tüm hızlarda ve işlemlerde kullanılır.

3.2.4.2 Kesme Yağları

Genellikle mineral yağlar veya bunlara katılan domuz yağı, kunduz yağı gibi polar aditifli veya kükürt ve klorit gibi kimyasal aditifli yağlardır. Kesme yağları genellikle alüminyum, magnezyum ve kükürtlü otomat çelikleri için kullanılır.

3.2.4.3 Kimyasal Yağlar

Kimyasal veya sentetik kesme sıvıları, suya bazı kimyasal maddelerin katılması ile elde edilir. Bu sıvılar, katılan maddelere göre aditifli ve aditifsiz olmak üzere iki gruba ayrılır. Birinci grup çok iyi soğutma özelliğinin yanı sıra, yağlayıcı ve korozyona karşı koruyucu gibi özelliklere sahiptir. Bu sıvılar yüksek kaliteli kesme sıvıları gerektiren işlemlerde kullanılır.

3.2.4.4 Gazlar

Havanın iyi bir soğutma ve çok az da olsa bir yağlama etkisi vardır. Bu bakımdan kesme sıvısı kullanılmayan kuru talaş kaldırmada çevrede bulunan hava bir kesme akışkanı görevini yapar.

3.2.5 Takım Aşınması

Talaş kaldırma ile kesici uç kullanılamaz hale gelinceye kadar aşınabilir veya bozulabilir. Takım aşınmasına talaş kaldırma sırasında meydana gelen sıcaklık ve sürtünmeler neden olur. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzey ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiğinden aşınma, talaş yüzeyinde, serbest yüzeyinde veya her iki yüzeyde de meydana gelebilir. Talaş ve serbest yüzeydeki sürtünmeler farklı olduğundan bu yüzeylerdeki aşınmalarda farklı olacaktır. Serbest yüzeyde aşınma normal bir malzeme kaldırılması şeklinde, talaş yüzeyinde ise bir oyuk (krater) biçiminde meydana gelir.

Takım aşınması : Takım ve parça malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi bir çok faktöre bağlıdır.

Takım genelde şu olaylar meydana geldiği durumda aşınmış sayılır: Serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması; talaş yüzeyinde krater veya başka aşınma çeşitlerinin meydana gelmesi; kesme ağzından küçük parçacıkların kopması; kesme kuvvetinin ve gücün aniden artması [12,14],

Takım aşınması işlenen yüzeyin kalitesini bozacağından malzemelerin işlenebilirliğini olumsuz yönde etkileyecektir.

3.2.6 Kesme Hızı ve Takım Ömrü

Takımın iki bileme arasındaki çalışma zamanına takım ömrü denilir. Takım ömrü aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmayı etkileyen parça ve takım malzemesi, takım geometrisi, talaş geometrisi, kesme hızı, kesme sıvısı gibi faktörler takım

ömrünü etkilerler. Bunların en önemlisi kesme hızının etkisidir. Kesme hızı veya takım ömrü ne kadar büyükse o malzemenin işlenme kabiliyetinin o derece iyi olduğu kabul edilir.

Taylor, işleme operasyonlarının ekonomikliğinin kesme takımının kapasitesine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. O, hızlı kesme hızlarının da düşük kesme hızları kadar arzu edilmediğine işaret etmiştir. Çünkü birincisi sık sık takım değiştirmeyi gerektirir, ikincisi ise düşük üretim çıktısı verir. Uygun bir hız ve buna karşılık gelen takım ömrünün var olduğu düşünülmüştür. Bu Taylor 'u takım ömrü ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi analiz etmeye itmiştir.

Taylor 'un deneyi takım ömrünün hız ile değişimini aşağıda belirtilen denklemin gösterdiğini ortaya koymuştur.

$$V T^n = C \quad \text{veya} \quad (3.11)$$

$$\frac{V}{V_r} = \left(\frac{T_r}{T} \right)^n \quad (3.12)$$

Burada;

T : Takım ömrü (dak)

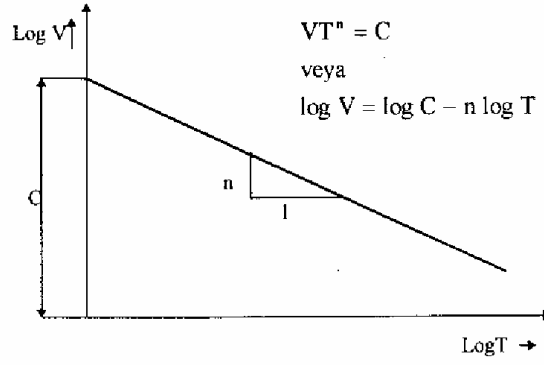
V : Kesme hızı (m/dak)

n : Test edilen durum için sabit

C : Hesaba katılmayan bazı değişkenlere bağlı sabit

V_r : Belirli bir takım ömrü (T_r) nü veren kesme hızıdır.

C parametresi bazen "Taylor sabiti" olarak bilinir. Bir dakikalık kalem ömrü için kesme hızını gösterebilir (Denklem 3.12). Eğer 3.11 eşitliği logaritmik koordinatlarda gösterilirse eğrinin eğimi "n" sabitini verir. Hız eksenindeki kesişi C 'yi verir (Şekil 3.3). Genelde "n" daha çok kalem malzemesinin bir fonksiyonudur [15].



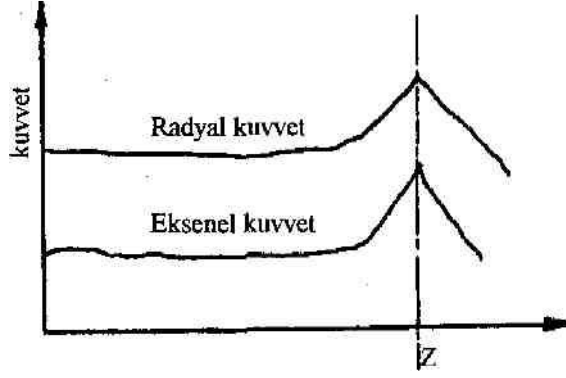
Şekil 3.3 Taylor-Kalem Ömrü Denkleminin Grafiksel Gösterimi

Çeşitli takım aşınmaları takım ömrünü belirlemede kullanılabilir. Bunlar,

1. Kesme kenarında oluşan çentik ve düzgün çatlaklar,
2. Temizleme yönündeki kırılma parçasının büyüklüğü,
3. Oyuk (krater) derinliği veya talaş yüzündeki oyuğun diğer parametreleri,
4. Takımı kıran malzemenin hacmi ve ağırlığı,
5. Takımın tamamen parçalanması,
6. Parça boyutlarındaki değişimin sınır değeri,
7. Kesmeyi yapmak için gereken güç veya kesme kuvvetlerindeki sabit artıştır.

3.2.6.1 Schlesinger Kriteryası

Kesim 3.2.6 'da değinildiği gibi takım ömrü, takım ömrünün sona erdiği noktayı belirlemede kullanılan kriteriyaya bağlıdır. Bu kriteryalardan birisi de Schlesinger kriteryasıdır. Schlesinger takımın kırılması sırasında, kesme kuvvetlerinin yatay bileşenlerinin normal kesmedeki değerlerden çok daha büyük değerlere arttığını farketti. Bu, Şekil 3.4 'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Schlesinger Kriteryası

Bu özelliğin avantajını kullanarak, kesme kuvvetlerinin yatay bileşenini ölçebilen ve kontrol eden dinamometre kullanılabilir ve takım ömrünün sona erip ermediğine karar verilebilir [15].

3.2.7 Talaş Kaldırma Ekonomisi

Verilen bir kesme hızı için Taylor denklemi, belirli bir kesinlikle takım ömrünü kestirebilse bile, maksimum üretim veya parça başına minimum masraf için kalem ömrünün ne olması gerektiğini cevaplayamaz. Aşağıdaki denklemler bu soruları cevaplayacaktır [15].

Maksimum üretim için kalem ömrü :

$$T = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) K_2 \quad (3.13)$$

Parça başına minimum masraf için kalem ömrü

$$T = \left(\frac{1}{n} - 1 \right) \left(\frac{K_2 K_3 + K_4}{K_3} \right) \quad (3.14)$$

Burada ;

T : Takım ömrü,

n : Takım ömrü eğrisinin eğimi

K2 : Kalem başına kalem değiştirme zamanı

K3 : Kalem bileme masrafı

K4 : Operatör masrafı + ana maliyet, dakika başına TL 'dir.

3.2.8 Güç Gereksinimleri

Belirli kesme şartları altında bir malzeme ne kadar az güç sarfiyatı ile işlenebiliyorsa o malzemenin işlenme kabiliyeti o derece iyidir [16].

3.2.8.1 Takımdaki Beygir Gücü

$$h_{pc} = \frac{FcV}{4500} \quad (3.15)$$

denklemlerle hesaplanır. Burada;

h_{pc} : Takımdaki beygir gücü,

V : Kesme hızı (m/dak),

Fc : Teğetsel kesme kuvveti bileşeni (daN) 'dir.

Besleme kuvveti büyüklük olarak hesaba katılsa bile besleme hızı o kadar küçüktür ki kalemi beslemek için gereken beygir gücü ihmal edilebilir [17].

3.2.8.2 Spesifik Güç Tüketimi

Spesifik güç tüketimi veya birim beygircüğü W_p , dakika başına bir santimetre küp oranındaki bir malzemeyi kesmek için gereken beygir gücü olarak tanımlanır [17].

$$W_p = \frac{h_{pc}}{Vfd} \quad (3.16)$$

Burada; V : m/dak, f : mm/dak ve d (mm) cinsindedir. veya

$$W_p = \frac{F_c}{4500fd} \text{ yazılabilir.} \quad (3.17)$$

3.2.9 Takım Malzemeleri

Bir metalin işlenebilirliği büyük ölçüde kesimi yapan takıma bağlıdır. Parça malzemesine nüfuz etme, talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetler, basınçlar, darbeler, ısı oluşumu, aşınma gibi olaylar ve ekonomik faktörler göz önüne alınırsa takım malzemesinin sahip olması gereken özellikler aşağıda gösterildiği gibi sıralanabilir.

1. Yüksek sertlik;
2. Yüksek eğilme mukavemeti, basma mukavemeti ve tokluk;
3. Yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklılık;
4. Kolay işlenebilmesi;
5. Ucuz olması.

Tüm bu özelliklere sahip olan bir takım malzemesi yoktur. Genellikle yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı takım malzemeleri, eğilme, basınç ve darbelere karşı mukavemetleri düşük, zor işlenebilen ve pahalı malzemelerdir.

Talaş kaldırma işleminde önemli olan veriler bir iş için en uygun takım malzemesini seçmektir. Seçim şu faktörlere göre yapılır :

Parça malzemesi, talaş kaldırma yöntemi, tezgahın özellikleri, takımın boyutları ve şekli, soğutma sistemi, fiyatı.

Takım malzemeleriyle ilgili önemli bir kavram da kızıl sertliktir. Kızıl sertlik, takımın kesici ucunun kızıl sıcaklığa ulaştığı halde kesme kabiliyetini gösteren bir özelliktir. Başka bir deyişle, kızıl sertliğe sahip malzemeler, yüksek

sıcaklıkta dahi sertliklerini kaybetmezler. Dolayısıyla bu malzemeler yüksek kesme hızlarına sahiptir.

Takım malzemelerinin seçimini kolaylaştırmak amacıyla aşağıda özet olarak takım malzemelerinin özellikleri verilmiştir [12].

1. Karbon Takım Çeşitleri : Maksimum çalışma sıcaklıkları 200 °C-250 °C arasında ve 10 m/dak 'lık maksimum kesme hızları vardır. Günümüzde bu çelikler hemen hemen hiç kullanılmazlar.

2. Düşük Alaşımli Takım Çelikleri : Düşük alaşımli takım çeliklerinin kesme özellikleri, karbon takım çeliklerinininkinden pek farklı değildir. Bunların çalışma sıcaklığı 250 °C...300 °C 'yi geçmez. Özel haller için kullanılırlar.

3. Hız Çelikleri : Küçük kesme hızları için hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında kullanılır, iyi eğilme mukavemetine sahiptir. Çalışma sıcaklığı 600 °C 'ye kadar çıkabilir.

4. Sert Metaller : Büyük kesme hızlarında, tüm talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Sert, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı, fakat eğilme mukavemetleri düşüktür.

5. Seramikler : Sertlikleri çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır. Kullanma alanları sınırlıdır.

6. Elmaslar : Çok pahalı olan elmaslar, diğer takım malzemelerinin kullanılması çok zor ve imkansız olduğu durumlarda kullanılır. Uygulama alanları sınırlıdır.

Tablo 3.1, takım malzemelerinin sıcaklık ile ne derece değiştiğine dair ortalama fikir vermektedir. Burada takım malzemelerinin sertlikleri RC olarak verilmiştir.

Tablo 3.1 Takım Malzemelerinin Sertliklerinin Sıcaklık İle Değişimi

MALZEME	SICAKLIK (°C)							
	0	200	300	400	500	600	700	800
Karbon Çeliği	70	67	63	48	10	-	-	-
Hız Çeliği	65	64	63	63	60	55	28	-
Sert Metaller	-	-	-	-	-	-	70	65
Seramik	-	-	-	-	-	-	-	70

3.3 Dökme Demirlerin İşlenebilirliği

3.3.1 Dökme Demirlerin Talaşlı İşleme Özellikleri

Dökme demir denince, % 1.75 C (genelde % 2 - 4 'e kadar) içeren Fe-C alaşımı anlaşılmalıdır. Bunlar genellikle plastik şekil değiştirme ile değil, dökülerek veya talaş kaldırılarak şekillendirilirler. Dökme demirlerin talaş kaldırma miktarı C miktarına göre farklılık arz etmektedir. Grafit miktarı fazlaysa ve bu grafit lameller halinde ise, talaşlı imalat daha kolaydır. Talaş kısa olmakta, spesifik kuvvet düşmektedir.

Yüksek kesme hızlarında veya kesme sıcaklıklarında grafit miktarı değişikçe takımında meydana gelen aşınma miktarı da değişmektedir.

Beyaz temper döküm GTW (takriben % 0.18 S), işleme yönünden çelik döküme benzer, ferrit kenar bölgesi iyi talaş kaldırılabilir. Kesici takım malzemesi olarak, K ve P kaliteler ile kaplanmış, sert metal plaketer kullanılır.

Siyah temper dökümün talaş kaldırmasında (GTS) P kalitesi dışında plaketer kullanılmaktadır. Ayrıca yapışma eğilimini azaltmak için, soğutma sıvısı kullanılması tavsiye edilir. Genellikle bu operasyonda kullanılacak yüksek hız çeliği takımlara (TiN, TiCN, Nitrürasyon ve buhar menevişi) uygulanır. Lamel grafitli dökme demirden talaş kaldırılması için, klasik sert metal plaketer kaliteleri ISO K10, K20, ince ve hassas pasolarda ise K05 ve K01 kalitesi kullanılır. Talaş kaldırma

gücünü belli bir miktar yükseltmek için, sert metal plakets, TiC, TiN ve TiC/TiN vb. kaplama elemanları ile kaplanmaktadır. Perlitik siyah dökme demirin hassas işlenmesinde 150 m/dak 'nın üzerinde kesme hızları uygulanmalıdır.

Kaba işlemede ise, aşağıda belirtilen kesme hızları kullanılır :

$V_c = 120-200$ m/dak, eğer sertlik HB = 120-140 N/mm², iç yapı ferrit ise,

$V_c = 90-120$ m/dak, eğer sertlik HB = 170-200 N/mm² ve iç yapı temperlemeden sonra perlit ise,

$V_c = 50-90$ m/dak, eğer sertlik HB = 240-280 N/mm² ise,

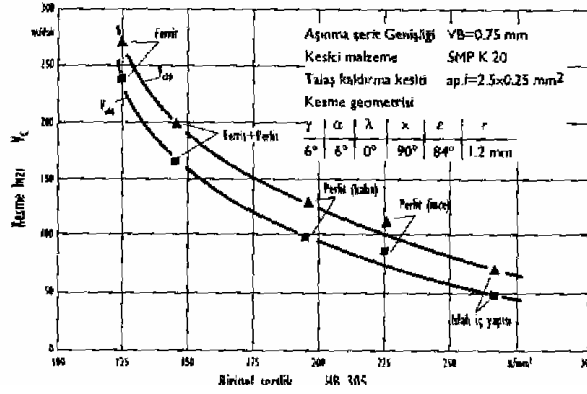
Siyah temper döküm (GTS) malzemenin işlenmesinde, işlenen malzeme ile kesici takım arasındaki temas noktasında, yüksek sıcaklıkta malzeme transferi görülmektedir. Çünkü ana matris nikel içermemekte, buna karşın fosfor ve kükürt içermektedir [2,18,19].

3.3.2 Lamel Grafitli Dökme Demir (GGL)

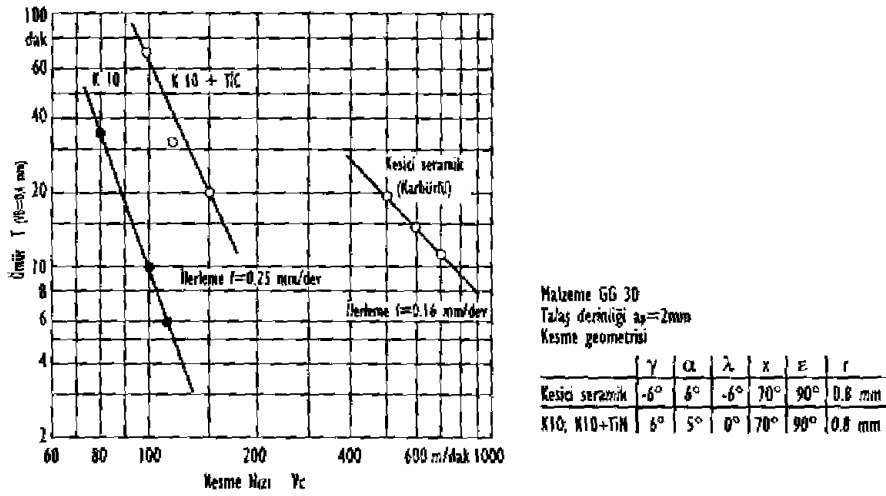
Temper döküme nazaran farklı bir talaşlı imalat karakteristiği gösterir. Grafitten dolayı meydana gelen homojensizlikler, talaşta kesme yada yırtılma etkisi göstermektedir. Bunun yanında kesme kuvvetlerinin de düştüğü tespit edilmiştir. Talaşlı imalat esnasında, kesme yüzeyi kenarında ve takımın kesici kenarında dökülmeler görülmektedir. Kesikli kesmelerde, nispeten gevrek malzemeler, örneğin, sert metal plakets ve seramikler, kullanılabilir. Lamel grafitli dökme demirde, lamel grafitler çeliklere benzer, fakat, iç yapısı süneklilik göstermez. Bundan dolayı talaş kaldırma olayında daima kısa talaş oluşur. Seçilen imalat yönteminde, işlenecek malzeme, elde edilen yüzey kalitesi, genelde seçilen kesme şartlarına ve iç yapının inceliği ve homojenliğine bağlıdır. İşlenecek malzemenin Brinell sertliği, kesme hızı seçiminde yaklaşık kriter vermektedir.

Tavlama işleminden sonra düşük miktarda perlit içeren (takriben % 10) lamel grafitli dökme demire, aynı şartlarda, yüksek perlit içerikli (takriben % 90) dökme demire nazaran 3 kat daha yüksek kesme hızları uygulanabilmektedir. Diğer sert iç yapı komponentleri,

örneğin; fosfor ötektiği, tıpkı perlitli sementit gibi kesici takımın aşınmasını arttırmaktadır. (Şekil 3.5)



Şekil 3.5 Lamel Grafitli Dökme Demirin Tornalanmasında V_{60} ve V_{20} Kesme Hızlarının İç Yapı ve Sertliğe Göre Değişimi



Şekil 3.6 Lamel Grafitli Dökme Demirin Tornalanmasında Ömür Doğruları

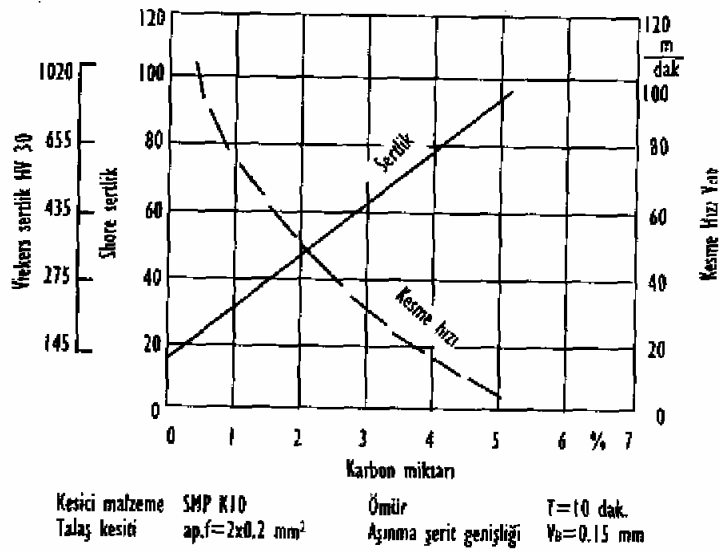
Yüksek hız çelikleri genelde, çok ince talaş kaldıran takımlarda kullanılır. Sınırlı olarak delme, delik genişletme, rayba ve vida çekme operasyonlarında da kullanılır. Genellikle bu operasyonlarda kullanılacak yüksek hız çeliği takımlara TiN, TiCN, Nitrürasyon ve buhar menevişi uygulanır.

Şekil 3.6 'da lamel grafitli dökme demirin tormalanmasında ömür doğruları görülmektedir. Lamel grafitli dökme demirin talaş kaldırma işleminde Tablo 3.2 'de verilen değerler tavsiye edilmektedir. İlerleme hızı 0.1 mm/devir altında seramik plaketer kullanılmaktadır.

Tablo 3.2 Lamel Grafitli Dökme Demirin Tormalanması İçin Referans Değerleri (Kömmer 'e Göre)

İşlenecek Malzeme	Kesme Derinliği ap (mm)	İlerleme f (mm/d)	Kesici Malzeme	Serbest Açı α°	Talaş Açısı γ°	Eğim Açısı λ°	Ayar Açısı x°	Kesme Hızı
GG10 GG15	0.5	0.1	S 10-4-3-10	8	0-6	-4	45-90 45-70	40-50
	3.0	0.3						30-40
	6.0	0.6						25-35
	1.0	0.1	K05, K10	8	6	0	45-90	80-120
	3.0	0.3	K10, K20	5-8	6-10	-4	45-70	70-100
	6.0	0.6	K20, P30, M15					50-80
GG20 GG25	1.0	0.2	Seraşık	5-8	0	-4	60-75	300-400
	3.0	0.4						250-350
	0.5	0.1	S 10-4-3-10	8	0-6	0	45-90 45-70	28-38
	3.0	0.3						27-35
	6.0	0.6						20-30
1.0	0.1	K05, K10	8	0-6	0	45-90	80-110	
3.0	0.3	K10, K20		6			65-85	
6.0	0.6	K20, M15	5-8	6-10	-4	45-70	50-70	
GG30 GG40	1.0	0.2	Seraşık	5-8	0	-4	60-75	200-350
	3.0	0.4						200-300
	0.5	0.1	S 10-4-3-10	8	0-6	0	45-90 45-70	32-40
	3.0	0.3						23-32
	6.0	0.6						15-23
1.0	0.1	K05, K10	6	0	0	45-90	70-100	
3.0	0.3	K10, K20, M10	5-8	6	-4	45-70	55-75	
6.0	0.6	K20, M15		6-9			45-65	
Alaşımli Dökme Demir	1.0	0.2	Seraşık	5	0	-4	60-75	100-250
	3.0	0.4						100-200
	0.5	0.1	S 10-4-3-10	8	0	0	45-90 45-70	18-25
	3.0	0.3						15-20
	6.0	0.6						12-15
1.0	0.1	K05	5	0	0	45-90	60-90	
3.0	0.3	K10, M10, M15	5-8	0-6	-4	45-70	40-70	
6.0	0.6	K10, K20, M15					30-60	
	1.0	0.2	Seraşık	5	0	-4	60-75	100-200
	3.0	0.4						80-150

Küresel grafitli dökme demir (GGG), çeliklerin işlenmesinde olduğu gibi, bant talaş vermektedir. Bu talaş beyaz dökme demirde olduğu gibi, grafit mangan sülfür içeriğinden dolayı kolayca kırılmaktadır. Bazı özel kesme koşulları altında metal transferi oluşmaktadır. Sert dökümün işlenmesinde; aşınma etkisi ve kesici takımın ağzındaki basınç nedeni ile seramik plaketter ile K kaliteli sert metal plaketter kullanılmalıdır. Şekil 3.7 'de de görüldüğü gibi, çok yüksek sertlikteki dökme demirlerde talaşlı imalat yerine taşlama daha ekonomiktir. Sert döküm malzemelerin işlenmesinde ayar açısı 10° - 20° ve talaş açısı -5° ile $+5^{\circ}$ arasında olmalıdır. Kesici uç olarak seramik kullanılması halinde, kesme hızı % 50 - 100 arttırılabilir. Seramikler; talaşlı imalat performansını artırmasının yanı sıra, kırılma eğiliminde de artış getirmektedir [2].



Şekil 3.7 Alaşımız Sert Dökümün Karbon Miktarına Bağlı Olarak, Sertlik ve Talaş Kaldırabilirlik (Vierrge Göre)

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 İşlenebilme Özelliğini Tespit Deneyi

İşlenebilme özelliği, işlenen malzemenin kompleks bir özelliğidir ve belli bir kesici takım ile işlenebilmesinden bağımsız bir olaydır. Kesici takımın kesme özelliği, takımın kesici kenarının durumu ve talaş oluşumunda zorlamalar ile belirli bir süreyi kapsamaktadır. Bu tespit deneyi ile çoğunlukla değişik değerlendirme kriteri göz önüne alınır. Bu özellikler birbirinden bağımsız incelenmelidir [2].

4.1.1 Takım Ömrü Kriteri

Malzemenin işlenebilme özelliğinin tespitinde; takım ömrü T , en önemli özelliği teşkil etmektedir. T , dakika olarak belirtilir. Bir kesici takımın operasyona başlamasından, öngörülen kriterler doğrultusunda kullanılmaz hale gelinceye kadar geçen zamandır. Takım ömrünü elde etmek için, pratikte kullanılan kesme şartlarında, uzun süreli deneyler uygulanmaktadır. Kısa deneylerde ise, daha az zaman ve malzeme harcanması ile de işlenebilme özelliği tespit edilebilir.

Takım ömrü; deney başlangıcından, sabit kesme hızı ve ilerleme ile, kesici kenarın tamamen aşındığı (serbest yüzey üzerinde parlak şeridin oluştuğu) zamandır.

Parlak şerit, ya işlenen parça üzerinde veya kesici takımın serbest yüzeyi üzerinde, aşınma şeridi şeklinde meydana gelir.

Deney raporunda görülen ilk değişikliklerin zamanı ve kesici kenarın tamamen aşındığı zaman belirlenir.

Tornalama deneyinde dört değişik kesme hızı için, 5 dakika ile 60 dakika arasında takım ömürleri tespit edilir. Kesici takım malzemesi olarak (HS 10-4-3-10) yüksek hız çeliği kullanılmaktadır. Sert metal ve seramik uç bu deney için uygun değildir.

Çift logaritmik koordinat sisteminde apsis olarak kesme hızı ve ordinat olarak takımın ömrü T kaydedilir.

Oluşan eğrinin büyük bölümü bir doğruya yaklaşmaktadır (Şekil 4.1).

$y = mx + n$ doğru formülünden yola çıkarak çift logaritmik gözlemlerde

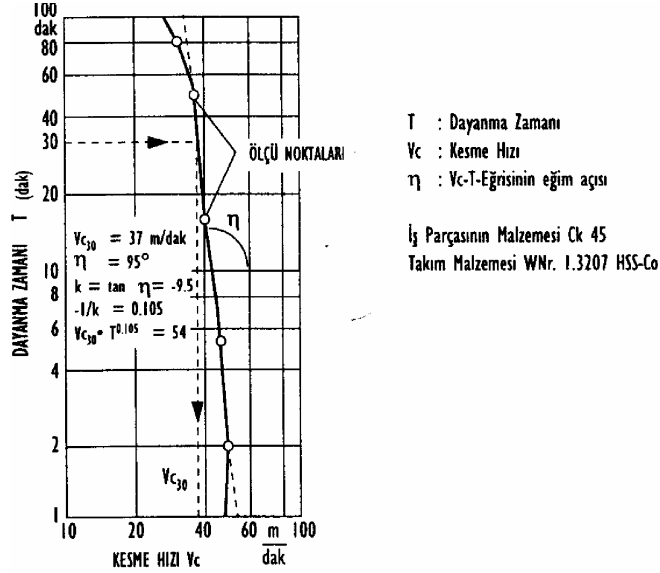
$\text{Log } T = k \cdot \text{Log } V_c + \text{Log } C_v$ buradan;

$$T = V_c^k \cdot C_v$$

Bu formül Taylor formülüdür. Bu formülün V_c büyüklüğüne dönüşmüşü;

$$V_c = T^{1/k} \cdot C_T \text{ veya } V_c \cdot T^{-1/k} = C_T \text{ buradan}$$

$$C_T = C_v^{-1/k} \text{ bulunur.}$$



Şekil 4.1 Isı Etkisinde Tornalama İşleminde Dayanma Zamanı Deneyleri

Bu denklemde V_c Takım Ömrü, $V_c = 1$ m/dak 'daki T 'ye karşılıktır. CT ise, $T = 1$ dakika için kesme hızı V_c 'ye eşittir. k faktörü ise, doğrunun eğimini göstermektedir ($k = \tan\eta$).

Kesme hızında yapılacak küçük bir değişiklik, eğrinin eğimine büyük oranda tesir eder ve ömürde değişimler meydana gelir. Bu ise sıcaklık etkisinin altında kaldığını gösterir. Buna karşılık eğimde meydana gelebilecek ufak değişim aşınma etkisinin daha yüksek olduğunu gösterir. k değeri için genelde -7 ile -12 arasında değerler verilebilir. Kesici takım ve iş parçası büyük veya küçük talaş kesitine bağlı olarak göstermiş olduğu ömür farklılık arz etmektedir. Bu durumda V_c - T eğrisi de değişir. Takımın körlenmesine kesme sıcaklığı etki etmediği durumda, ömür üzerinde aşınmanın etkin olduğu koşullarda, aşınma ömür-tomalama deneyi yapılır.

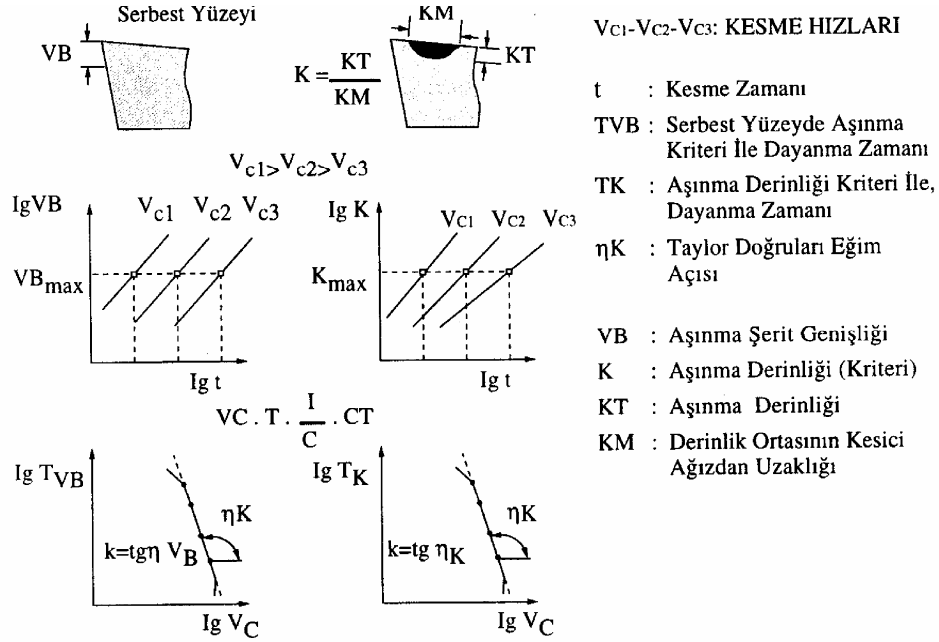
Günümüz koşullarında yüksek kesme hızlarında uygulanan talaş kaldırma deneylerinde, sert metal ve yüksek hız çeliği takımlarda, genellikle serbest yüzey ve krater aşınmasının birlikte takım ömrüne etki ettiği görülmektedir. Aşınma ömür tomalama deneyleri ile, sabit kesme hızlarında ve boyuna tomalamada, farklı kesme sürelerinde takımın serbest ve talaş yüzeyinde oluşan aşınmalar ölçülmüştür.

Genel kural olarak; aşınma şerit genişliği V_B , krater derinliği KT ve krater derinliğinin maksimum noktasının kesici ağza olan mesafesi KM 'i belirlemek yeterlidir. Malzemenin işlenebilme özelliğini kontrol etmek için, aşağıdaki kesici takım malzemeleri kullanılabilir.

1. Yüksek Hız Çeliği
2. Sert Metaller (Tüm Talaş Kaldırma Kaliteleri)
3. Kesici Seramikler

Ölçme sonuçlarını ifade etmek için, çift logaritmik koordinat ağı kullanılır. Her iki yöndeki bölüntü eşit olmalı, apsiste T , kesme süresi dakika cinsinden, ordinatta ise, aşınma şerit genişliği V_B veya krater aşınma oranı K yazılır. Sabit kesme hızında ölçülen değerler doğruya yakındır (Şekil 4.2). Bu eğrilerden, sabit bir aşınma şerit genişliği V_B , sabit krater oranı K , bütün kesme hızları için bununla ilgili

olan T ömür bulunabilmekte ve bu değerler $T_{VB} = f(V_c)$ veya $T_K = f(V_c)$ diyagramına kaydedilir.



Şekil 4.2 Tornalama İşleminde Aşınma-Dayanma Zamanının Değerlendirilmesi

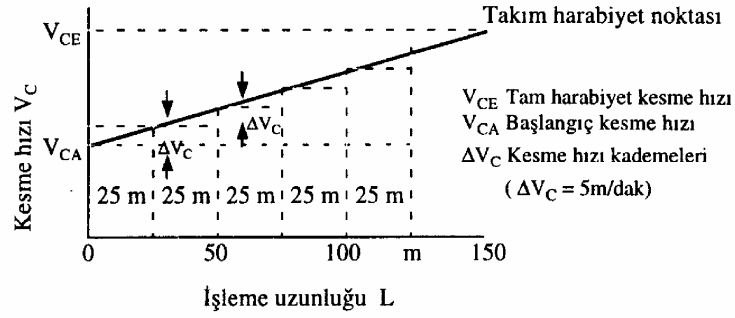
Bu eğrilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

1. Belirli bir ömür için, kesme hızı (örneğin 10, 30, 60 dak) ve belirli bir aşınma ölçüsü (örneğin $V_B = 0.2$ mm $K = 0.1$ veya $KT = 0.1$ mm) 30 dakikalık bir kesme süresinden sonra $V_B = 0.2$ mm 'lik bir aşınma şerit genişliğine ulaşılmaktadır (Kısa yazılım şekli; $V_c = 30, V_B = 0.2$).

Bundan başka $-1/k$ 'lık eğrinin yükselmesi eğride nokta olarak gösterilmiştir.

2. İkincisi ise, aşınma cinsi, aşınma şerit genişliği veya krater derinliği, V_c -T eğrisinin doğrusal kısmını gösterir. Buna karşılık gelen sayı değeri $-1/k$ için, C_T kullanılmalıdır. Eğriler; kesme süresi, kesme hızı, kesici takım aşınması ve malzemenin işlenebilirliği hakkında bilgi vermektedir. Genelde krater aşınmasını ifade eden eğriler serbest yüzey aşınmasına nazaran daha dik bir değişim gösterirler.

Yüksek hız çelikleri için k değeri -7 ve -12 arasındadır. Sert metallerde -2 ve -6, seramik kesicilerde -1.5, -3 'tür. Sıcaklık ömür-tornalama deneylerinde kesme hızı artarken (V_{CE} Deneyi) kısa süreli kontrol yöntemi olarak boyuna tornalama, kuru kesintisiz kesim, belli bir kesme hızı ve kesme koşullarında başlangıç hızı V_{CA} seçilerek, kademesiz olarak takımın kesici ağızı körlenene kadar artırılır, aşınma şeridi V_{CE} de tespit edilir. Şekil 4.3 'te kesme hızı 5 m/dak artırılarak, 25 metre tornalama boyu izlenmektedir. 120-170 m tornalama boyu sonunda kesici ağzın köreleceği başlangıç kesme hızı seçilir. Sağlıklı bir V_{CE} körlenme hızı ortalama değeri elde edebilmek için, bu deney beş kez tekrarlanmalıdır.



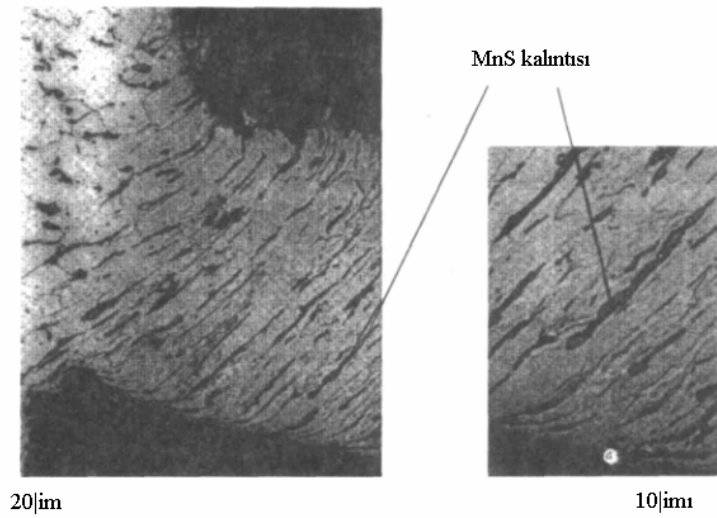
Şekil 4.3 Kesme Hızı (V_{CE}) - İşleme Uzunluğu (L) Grafiki

Değer olarak parlak aşınma şerit oluşumu esnasında ölçülen körlenme kesme hızı V_{CE} verilir. Bu yöntem, hammadde giriş kontrolünde çeliğin ıslahının uygun yapılıp yapılmadığını, farklı şekilde işlem görmüş çeliğin işlenebilirliğinin tespitinde kullanılır. Bu yöntem ile malzemelerin sert metal veya kesici seramikler ile tormalanmasında uygun verileri almak mümkün değildir.

Ömür yolu deneyi; sıcaklık ömür- tornalama deneyidir. Kesme hızı çok yükseltilmiştir. Bu nedenle kısa sürede sonuç veren bir deneydir. Deney esnasında ömrün ölçmesi sağlıklı olacağından ömür yolu ölçülmektedir. Yani iş parçası üzerinden kesilen tornalama yolu L_d , kesme başlangıcından takım körlenene kadar geçen yoldur. Takımlar, iş parçaları, teçhizatlar ve çalışma koşulları sıcaklık ömür tornalama deneyi ile aynıdır. Sözü edilen durum sadece deneyin yapılışı ve değerlendirilmesi için geçerlidir. Veri olarak, 100 metrelik ömür yolu için tespit edilen

$V = 400$ kesme hızındaki ömür yolu eğrisi dikkate alınır. Yüksek kesme hızlarından dolayı elde edilen neticeler sadece işletme koşullarında kullanılan kesme şartları fazla sayıda yapılan tecrübe değerleri ile ancak bir karşılaştırma değeri verir.

Aşınma büyüklüklerini tespit etmek için, bir çok farklı teçhizat kullanılır. Aşınma şerit genişliği V_B , Lup veya ölçme mikroskobu ile ölçülebilir.



Şekil 4.4 Geometrik Anizotropi MnS

Lup; 7-10x büyütme olup, belli bir yere bağlı olmadan kullanılabilmesi için avantajlıdır. Dezavantajı ise, ölçme değerlerinin zayıf şekilde tekrarlanabilmesi, ölçüm için herhangi bir referans bulunmadığından kullanıcı personelin okuma kabiliyetine göre değer değişmektedir.

Ölçme mikroskobunun avantajı; ölçüm değerlerinin sağlıklı bir şekilde tekrarlanabilmesi, hızlı ve doğru okunabilmesi ve ölçüm masasında mikrometre yardımı ile hassas ayarlanabilme imkanıdır.

Dezavantajı; klimatize bir ortam gerektirdiğinde ortama bağlı olması ve iş parçasının ölçülebilmesi için bağlama düzeninde harcanan zamandır.

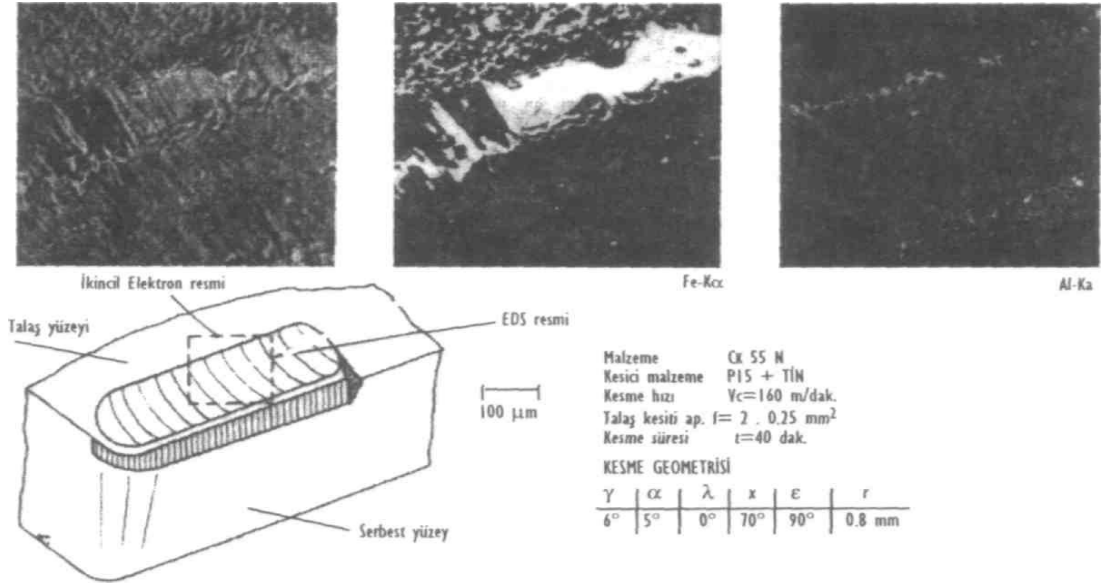
Krater aşınması, genelde özel ölçme cihazı (örneğin perth-o-meter) ile ölçülür. Bunun yanında talaş akışı yönündeki krater, tanımlı bir taster ucu ile sürekli olarak ölçülür. Ölçme protokolünde yazılan ölçme değerleri, manuel olarak değerlendirilir.

Seçilen inceleme hedeflerine göre, farklı teçhizatlar malzeme ve iç yapı incelemelerinde kullanılmaktadır. Bunlar yeterli büyütme derinlik ve sınırların belirlenmesine göre seçilir.

Optik metalografik mikroskobun biyolojik mikroskoptan farklı olarak aydınlatma sistemi değişiktir. Çünkü metaller ışığı geçirmezler. Bu yüzden refleksiyona dayanan üstten aydınlatma prensibi kullanılır. Düşük çözünürlükten dolayı genelde segregasyon ve iç yapının incelenmesinde kullanılır.

Takımların aşınması taramalı elektron mikroskobu ile de incelenebilir. Elektron mikroskobunun kullanım aralığı optik mikroskobun çalışma aralığını örtmekle birlikte çözünürlüğü ve büyütmesi çok daha yüksektir. Elde edilen görüntülerin değerlendirilmesi özel bilgi ve tecrübe gerektirdiğinden değerlendirme ancak bir uzman tarafından yapılabilir.

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) yüksek bir derinlik çözünürlüğüne sahiptir ve üç boyutlu görüntülerin elde edilmesi için uygundur. Cihaz üstten yansıtımlı prensibe dayanır. 20 ila 10000 kat büyütmeye sahiptir. Numuneler elektriksel olarak iletken olmalıdır. İletken olmayan numunelerin yüzeylerine iletken metal buharı uygulanır. SEM genel olarak, üç boyutlu yüzeylerin veya takımın kırılma yüzeyleri, talaş ve talaş diplerinin incelenmesinde kullanılır. Elektron mikroskobu yardımı ile sabit kütlelerin kalitatif ve kantitatif incelemeleri yapılmaktadır. Malzemelerin cinsleri, konsantrasyonları, konumları ve dağılımları kimyasal elementler tarafından tespit edilmektedir. Bu cihaz yardımıyla aşınma incelemelerinde iç yapıda meydana gelen kimyasal değişimler, sınır tabakasında oluşan reaksiyonlar kalitatif ve kantitatif olarak incelenmektedir. Şekil 4.5 'te talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklıkları ölçmek için, Şekil 4.6 'da gösterilen teçhizatlar kullanılabilir [2].



Şekil 4.5 Kaplanmış Sert Metal Plaketin Talaş Yüzeyine Demir ve Alüminyum Yapışması

4.1.2 Talaş Kaldırma Deneyleri

"Verein Deutscher Eisenhüttenleute" talaş kaldırma ile ilgili deneyleri standartlaştırma yoluna gitmiş, bu konuyla ilgili bilgileri "Stahl-Eisen-Prüfblatt 1160-52/1178-52" de toplamıştır. Deney şartlarının standartlaştırılması, deney metodu için uygun dokümanların temini ve birbirleriyle karşılaştırılabilen deney sonuçlarının elde edilmesi amaç edinilmiştir. Talaş kaldırma ve işlenebilirliğin en belirgin şekilde belirlenmesi ve bu iş için gerekli olan takım, kesme süresi, malzeme faktörlerinin en iyi şekilde değerlendirilmesine, deneylerin tekrarlanabilir olmasına çalışılmıştır.

Talaş kaldırılarak yapılan deneyleri birbirleriyle karşılaştırabilmek için, aşağıdaki faktörler mümkün olduğu kadar sabit tutulmalıdır.

1. İş parçasına ait yapı ve mukavemet özellikleri, kimyasal bileşim, malzemenin üretim şekli, ısıl işlem durumu, sıcak ve soğuk şekil değiştirme şekli ve mukavemet özelliklerinin homojenliği.

2. Kesici takım malzemesinin yapı ve sertliği, kimyasal bileşimi, üretim (ergitme) metodu, sıcak veya soğuk şekil değiştirme çeşidi, sertleştirme ve temperleme durumu.

3. Tezgah çeşidi, kesme kuvvetlerinin uygulanış tarzı, rijitlik, tahrik şekli ve titreşimi.

4. Takım çeşidi, kesme açıları, bağlama durumu ve rijitliği.

5. Kesme şartları; kesme hızı, paso miktarı, ilerleme, kesme şekli (kesmenin devamlı ya da kesikli yapıldığı), soğutma şekli, tornalama süresi, otomat tezgahlarda parça başına düşen süre, tornalama boyu ve talaş teşekkülü.

Kesme ve işlenebilirlik için üç metod vardır :

1. İşleme şartları altında malzeme ve zaman tasarrufunu gözönüne alan kontrol metodu,

2. Deney amacıyla uygulanan metodlar,

3. Talaş kaldırmadan uygulanan metod.

Sonuçlara göre kesme ve işlenebilirlik hakkında fikir edinilir.

Stahl-Eisen-Prüfblatt 'da sözü geçen deneyler :

1. Sıcaklığa bağlı dayanma süresi deneyi,
2. Aşınmaya bağlı dayanma süresi deneyi,
3. Keski kalemi metoduyla aşınma deneyi,
4. Artan kesme hızıyla yapılan deneyler,
5. Kesme kuvvetleri deneyi,
6. Talaş teşekkülü,

4.1.2.1 Sıcaklığa Bağlı Dayanma Süresi Deneyi

Kesme kenarının dayanma süresini etkileyen en önemli iki faktör ısınma ve sürtünme yoluyla aşınmadır.

Her çeşit yapı çeliği, dökme demir çeşitleri, takım çeliklerinin işlenebilirliği ile, yüksek hız çelikleri ve diğer malzemelerin kesme özellikleri hakkında fikir edinebilmek için, sıcaklığa bağlı dayanma süresi deneyi yapılır. Demir dışı metallere; takım çeliği, yüksek hız çeliği ve sert metal takımlar ile, aşınmaya bağlı dayanma süresi deneyleri yapılır. Aynı deney çelik ve dökme demir işleyen yüksek hız çelikleri ve sert metallerin kesme özelliği hakkında fikir verir.

Sıcaklığa bağlı dayanma süresi deneyi, kısa sürede gerçekleştirilebilir. Belirli bir kesme hızına ait takımın dayanma süresi tayin edilirken, işlenebilirlik ile ilgili deneyde aynı takım malzemesi, takımların kesme özelliği ile ilgili deneyde ise, aynı iş parçası malzemesi kullanılmalıdır.

Deney daha ziyade yüksek hız çeliği takımlar için düşünülmüş olup, 3 veya 4 farklı kesme hızına ait kesme kenarı dayanma süresi elde edilmektedir. Sonuçlar bir T-Vc eğrisi yardımıyla değerlendirilmektedir.

Eğrinin eğimi fazla ise, yani kesme hızının küçük bir değişimi dayanma süresinde büyük değişimler ortaya çıkarıyorsa, bu sıcaklık etkisinin ağır bastığını gösterir. Eğrinin eğimi az ise, aşınma etkisinin etkili olduğunu gösterir (Şekil 4.1).

4.1.2.2 Aşınmaya Bağlı Dayanma Süresi Deneyi

Aşınma etkisinin etkili olduğu hallerde, belirli şartlar altında belirli bir aşınma için gerekli zamanın tayinine dayanır. Demir dışı metallerin, metal olmayan malzemelerin yüksek hız çeliği ve sert metal ile işlenmesinde işlenebilirlik için uygundur.

Aşınmaya bağlı dayanma süresi deneyinde, boyuna tornalama yoluyla farklı tornalama süreleri sonunda serbest yüzeyde meydana gelen aşınma şeridi genişliği

ölçülmektedir. İş parçalarının işlenebilirlik tespiti için, aynı takım malzemesi, takımın kesme özelliği için, aynı iş parçası malzemesi kullanılmalıdır.

Değerlendirme T' - VB (T': Tornalama Süresi, VB: Aşınma Şerit Genişliği) ve T'-Vc eğrileri yardımıyla olmaktadır. Her hıza ait ölçme noktaları genel olarak bir doğru üzerinde bulunur (logaritmik koordinatlarda).

T' - VB eğrilerinden, 0.2 mm aşınma şeridi genişlikleri veren tornalama süreleri, her kesme hızı için tespit edilerek, bulunan değerler çift logaritmik koordinatlı bir T'-Vc sistemine taşınır. Demir dışı metaller için, aşınma şeridi genişliği VB=0.1 mm alınır. T' -Vc eğrisi;

$V.(T')^k = k$ şeklinde verilebilir.

k: T' = 1 dakika için elde edilen ordinat değeri

k: Doğrunun eğimi $k=1/\tan\theta$

Elde edilmiş olan T - Vc diyagramından, belli bir sürede, belli bir aşınma şeridi veren kesme hızı bulunabilir (V 60/0.2:60 dakikalık kesmeden sonra 0.2 mm 'lik aşınma şeridi genişliğini veren kesme hızı).

Doğrunun eğimi aşınmaya olan eğilimi vermektedir. Eğrinin yatay konuma yaklaşması, aşınma etkisinin arttığını ifade eder. k değeri, 0.3 ile 1.2 arasında değişir (Şekil 4.2).

4.1.2.3 Keski Kalemli Metoduyla Aşınma Deneyi

Amaç demir dışı metaller ve metal olmayan malzemelerin işlenebilirliği hakkında fikir edinebilmektir. Yüksek hız çelikleri ve sert metallerin kesme özellikleri için pek kullanılmaz. Kesme kalemi metoduyla devamlı olarak malzemeye dalma yapılır. Dalma sayısı ile kesme kaleminin serbest yüzeyinde meydana gelen aşınma şeridi genişliği arasında bir bağıntı vardır. Karşılaştırma deneyleri veya kesin ölçmeleri gerçekleştirmek amacıyla 3 veya daha fazla devir sayısının seçilmesi uygundur.

Demir malzemeler için 0.2 mm 'lik bir aşınma şeridi veya 1000 adet dalma, demir dışı malzemeler için ise, 0.1 mm 'lik aşınma şeridi genişliği seçilmelidir.

Değerlendirme için, logaritmik bir koordinat sistemindeki (dalma sayısı -aşınma şeridi genişliği) doğrusundan faydalanılır. 1000 dalma sonundaki şerit genişliği, eğrinin eğim ve yüksekliği karşılaştırma için yararlı bilgiler verir.

Aşınmaya bağlı dayanma süresi deneyine benzer olarak, ($T'' - VB$) ve ($V_{Ortalama} - T''$) eğrileri çizilip, çeşitli değerlendirmelere de geçmek mümkündür.

$V_{Ortalama}$ değeri dalma esnasında çap değişmesi dolayısıyla ortaya çıkan çeşitli hızların ortalamasıdır. ($T'' - V_{Ortalama}$) eğrisinin yatay konuma yaklaşması aşınma etkisinin arttığını gösterir.

4.1.2.4 Artan Kesme Hızı İle Yapılan Deneyler

Dayanma süresinin kısa zamanda elde edilebilmesi için, uygulanan bir metottur. Her çeşit yapı çeliği, hız ve takım çeliklerinin, bir çok dökme demir çeşidinin işlenebilme özelliği ile, yüksek hız çelikleri ve sert metallerin kesme özellikleri hakkında bilgi verir.

Kesme hızı artırılarak yapılan bir boyuna tornalama işlemidir. Kesme hızı, başlangıç değerinden itibaren kademeli olarak belirli değerlerde takımın harabiyetine kadar artırılır. Elde edilen tornalama uzunluğu referans alınır. Sert metal takımlar için, uygun bir deney değildir. Çünkü sert metal takımlar, belirli bir aşınma şeridi genişliğine kadar işlemede kullanılır, tam harabiyet beklenemez. Deney daha ziyade yüksek hız çeliği takımlar için düşünülmüştür. Yüksek hız çeliği takımlarda sıcaklık etkisi, sert metal takımlarda ise, aşınma etkisi ağır basar.

4.1.2.5 Kesme Kuvveti Deneyi

Kesme kuvveti deneyinde, talaşın ayrışması ve deformasyonu için gerekli kuvvetler ile, takım-iş parçası-talaş arasındaki sürtünmeye karşı koyan kuvvetlerin

toplamı ölçülür. Böylece talaş kaldırma olayına etki eden malzeme özellikleri hakkında bilgi edinilir. Kısa bir metod olup, her çeşit malzemenin işlenebilme özellikleri hakkında bilgi edinilir.

Bu deneyin amacı, takımlardaki kesme kenarlarının dayanıklılığı, aşınma mukavemeti ve buna bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki artışı göstermektedir. Artışın kesme kenarındaki diğer değişikliklerden (örneğin; talaş yüzeyinde krater teşekkülü dolayısıyla açının değişmesi) etkilenmemesi gerekir. Deney daha ziyade malzemelerin işlenebilme özelliklerinin tespiti amacıyla kullanılmalıdır. Ancak kısa talaş veren malzemelerde aşınmaların ölçülmesi yeterlidir. Metod, ana kesme kuvvetinin değişik kesme hızlarına veya değişik ilerlemelere göre değişimini incelemektedir.

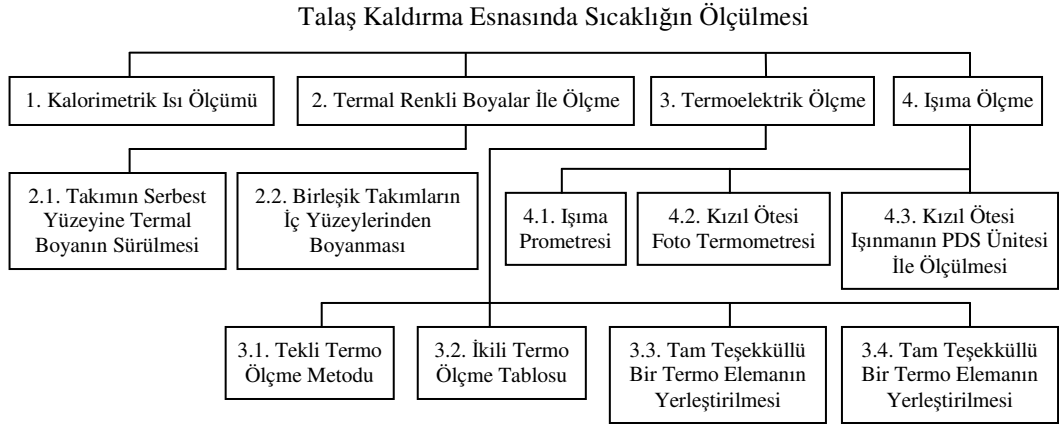
4.1.2.6 Talaş Teşekkülü Deneyi

Talaş teşekkülü sırasında elde edilen bilgiler, birçok malzemenin işlenebilme özelliği, bir çok kesici takımın ise, kesme özelliği hakkında bazı sonuçların çıkarılmasına yardımcı olur. Talaş teşekkülü (talaş yığılması) ve R (hacimsel doldurma) sayıları ile tarif edilir. Değerlendirme, belirli değerler referans alınarak (G: talaş kalite sayısı) yapılır.

Talaş teşekkülü hakkında bilgi edinebilmek için, özel deneyler gerekmez. Dayanma süresi ve kesme kuvveti deneylerinde talaşlar değerlendirilmeye tabi tutulur. Özel deneyler yapmak için, konu ile ilgili normlardan yararlanmakta fayda vardır.

Talaş yığılması iki şekilde tarif edilir :

λ_L :	Uzunlamasına yığılma	$\lambda_L = L_0/L$
λ_d :	Enine yığılma	$\lambda_d = d/d_0$
l_0 :	Birim zaman için hesapla bulunan talaş uzunluğu	
l :	Birim zaman için elde edilen gerçek talaş uzunluğu	
d_0 :	Hesapla bulunan talaş kalınlığı	
d :	Gerçek talaş kalınlığı	



Şekil 4.6 Talaş Kaldırma İşleminde Isı Ölçme Yöntemleri

Belirtilmiş olan büyüklüklerin ölçülmesi ile ilgili metotlar normlarda belirlenmiştir. R hacimsel doldurma sayısı ise aşağıdaki şekilde tarif edilmiştir :

$$R = (G_{sp} / G_w) \times 100 (\% \text{ olarak})$$

G_{sp} : Talaş hiç bir zorlama yapılmadan bir kaba doldurulur. Kap içindeki talaşın ağırlığı G_{sp} 'dir.

G_w : Aynı hacimdeki malzemenin ağırlığıdır.

Değerlendirme Schallbroch ve Bethmann 'ın hazırlamış olduğu tabloya göre yapılır. Tabloda talaş formlarına göre bir G = talaş kalitesi sayısı tarif edilmiştir. Bu değere göre karşılaştırmalar yapılabilir. Diğer yandan λ_d , λ_L - V_c ve R_{Vc} eğrilerinden de yararlanılabilir. R için aşağıdaki veriler geçerlidir :

$R < \% 5$ kötü bir talaş teşekkülü

$R = \% 5 - 20$ iyiye yakın talaş teşekkülü

$R = \% 20 - 35$ iyi bir talaş teşekkülü

$R > \% 35$ kötüleşen (arzu edilmeyen) talaş teşekkülü (çok küçük, toz halinde)

Şekil 4.6 'da görüldüğü gibi, talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın kesme kenarında meydana gelen ısınmanın ölçülmesi için, bir çok yöntem mevcuttur.

Günümüzde ısı ölçmeleri yalnızca tek taster metodu ve tam kapsamlı termoelement olarak kullanılmaktadır [2].

4.1.3 Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Kesme kuvvetinin değeri önemlidir. F_c , F_f ve F_p değerlerinden oluşur. F_c kesme kuvveti, F_f ilerleme kuvveti ve F_p ise pasif kuvvettir. Kesme kuvveti aşağıdaki durumlar için önemli bir etkendir :

1. Tezgaah konstrüksiyonlarında, takım sistemleri, tahrik mekanizmaları ve kızak seçimlerinde,
2. Kesme şartlarının tespit edilmesinde,
3. Ölçü hassasiyeti tahmininde,
4. Aşınma, titreşim tespitinde.

ETKİ BÜYÜKLÜKLERİ	AÇILARDA YAPILAN DEĞİŞİME BAĞLI OLARAK TALAŞ KALDIRMA KUVVETLERİNİN DEĞİŞİMİ		
	KESME KUVVETİ F_c	İLERLEME KUVVETİ F_f	PASİF KUVVETİ F_p
AZALAN ↓ TALAŞ AÇISI EĞİM AÇISI	↑ % 1.5	↑ % 5.0	↑ % 4.0
	↑ % 1.5	↑ % 1.5	↑ % 10.0
ARTAN ↑ TALAŞ AÇISI EĞİM AÇISI	↓ % 1.5	↓ % 1.5	↓ % 4.0
	↓ % 1.5	↓ % 1.5	↓ % 10.0

Şekil 4.7 Talaş Kaldırma Kuvvetlerinin Talaş ve Eğim Açısının Değişimi

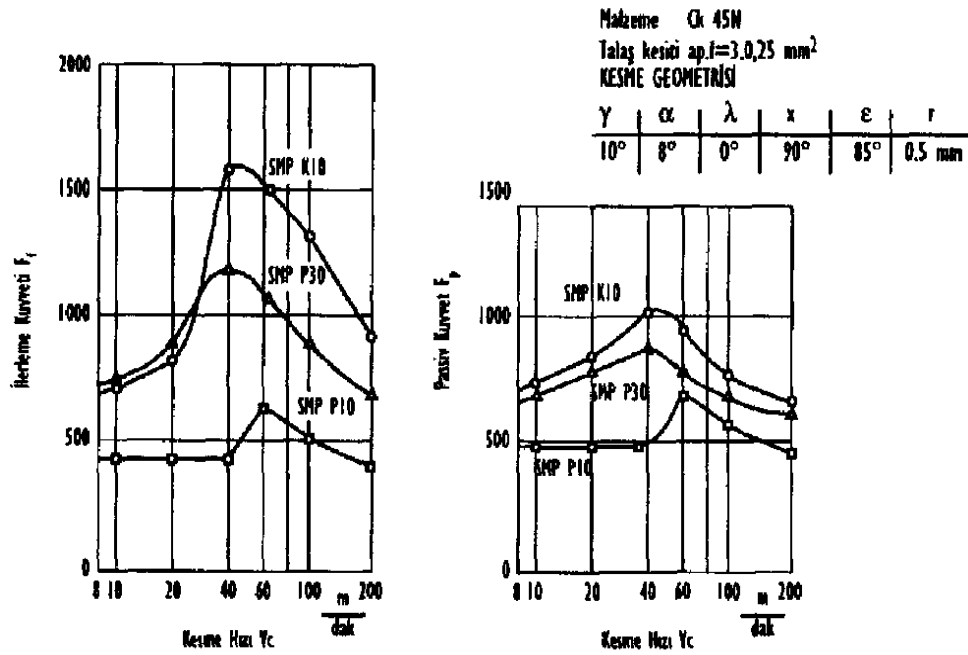
Şekil 4.7 'de değişik talaş ve eğim açısı varyasyonu ile, talaş kaldırma kuvvetlerinin değişimi gösterilmiştir. Serbest açının $3^\circ \leq \alpha \leq 12^\circ$ arasında olması ve köşe radyüsünün $2r \leq a_p$ (kesme derinliği) durumunda bulunması halinde, talaş kaldırma kuvvetleri üzerinde belirli bir etkisi yoktur. Ancak, işlenen parçanın malzemesi ve kesici takım malzemesi talaş kaldırma kuvvetlerine etki eder.

$$Kc 1.1 (N/mm^2) = 1450 (N/mm^2) + 300 (N/mm^2) \Delta c$$

$$C_0 = \% 0.15$$

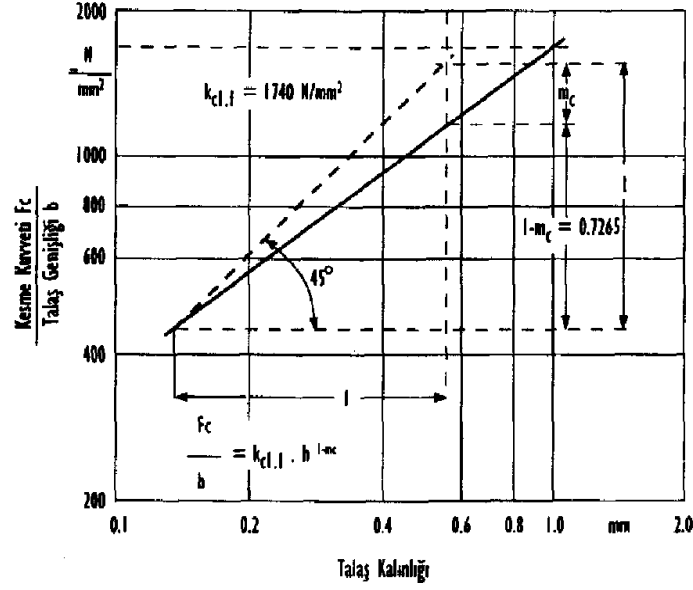
$$\Delta C = C - C_0$$

Kesme kuvveti yukarıda verilen denklem ile tespit edilebilir. Bu denklemden büyük sapmalar, özellikle kesme kuvvetini azaltıcı elemanların (kükürt gibi) konsantrasyonu ile sağlanabilir.



Şekil 4.8 Değişik Kalitede Sert Metal Plaketler İle Kesme Hızına Bağlı Olarak, İlerleme ve Pasif Kuvvetler

Aşınmalar kesme kuvvetine değişik şekilde etki ederler. Yüksek talaş açısı ile oluşan krater aşınması, kesme kuvvetinin azalmasını sağlar. Buna karşı serbest yüzey üzerindeki serbest yüzey aşınması etkisi ile kesme kuvveti yükselir. Serbest yüzey üzerinde oluşan aşınmanın 0.5 mm 'ye ulaşması, yaklaşık olarak F_f kuvvetini % 90, F_p kuvvetini % 100, F_c kuvvetini ise % 20 oranında arttırmaktadır.



Şekil 4.9 $k_{c1.1}$ ve $(1-mc)$ Değerinin Grafik Olarak Elde Edilmesi

$$\log (F_c/b) = \log (k_{c1.1}) + (1-mc) \log (h)$$

$$\text{Kienzle denklemi; } F_c/b = k_{c1.1} \cdot h^{(1-mc)}$$

Spesifik kesme kuvveti $k_{c1.1}$, 1 mm genişliğinde ve 1 mm derinliğinde talaşın elde edilmesi için, gerekli olan kesme kuvvetidir. $k_{c1.1}$ değişiminin saptanması için, değişik ilerlemelerde, sabit kesme hızı ve kesme geometrisinde deneyler yapılır.

$$F_{f/b} = k_{f1.1} \cdot h^{(1-mf)}$$

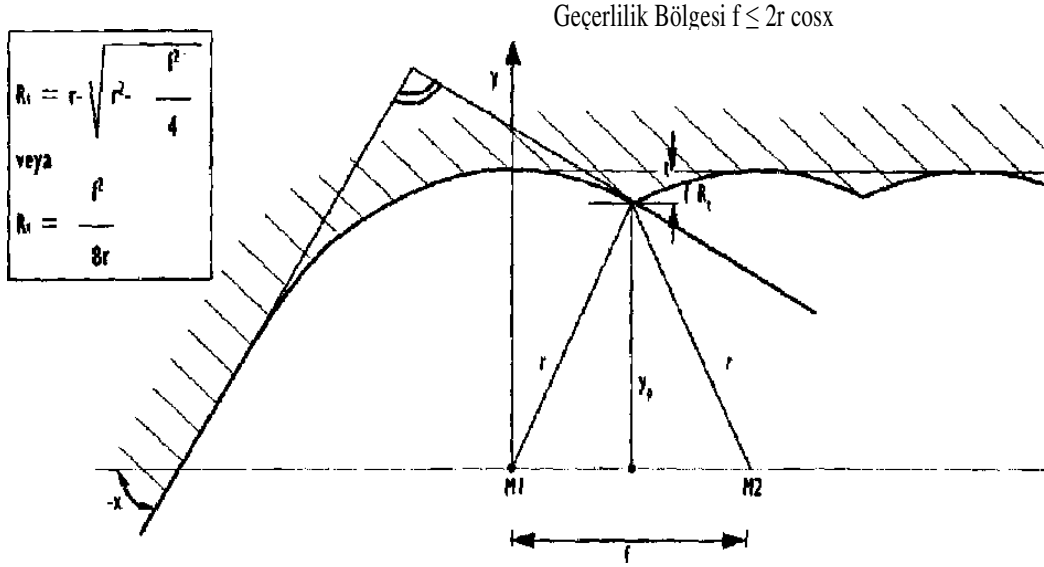
$$F_{p/b} = k_{p1.1} \cdot h^{(1-mp)}$$

Elde edilen bu değerler, talaş kalınlığı $h > 0.1$ mm için geçerlidir [2].

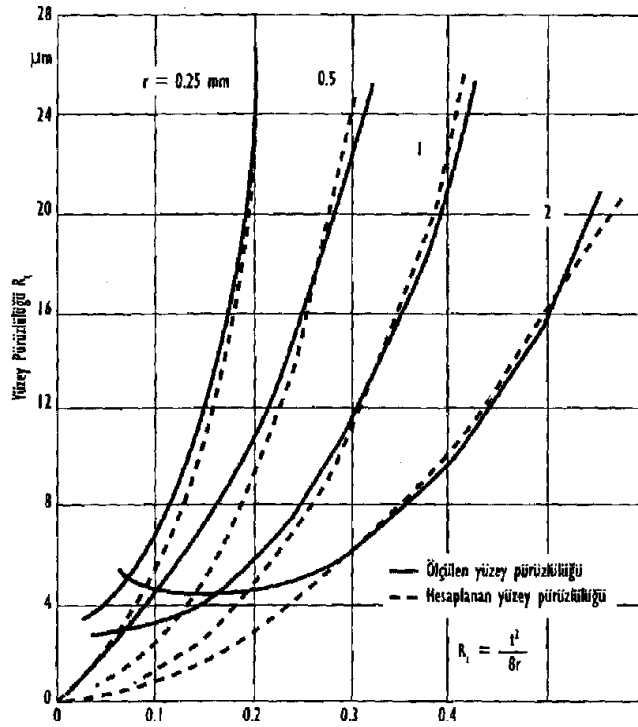
4.1.4 Yüzey Pürüzlülüğünün Etkisi

Yüzey pürüzlülüğü, talaş kaldırma işleminde sonra herhangi bir işlemin yapılmayacağı durumlarda bir kriter olabilir. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden en önemli faktörler, kesme şartları ve kesme geometrisidir. Kinematik pürüzlülük, kesme kenarının formu ve takım ile işlenen parça arasındaki relatif hareketinden oluşur.

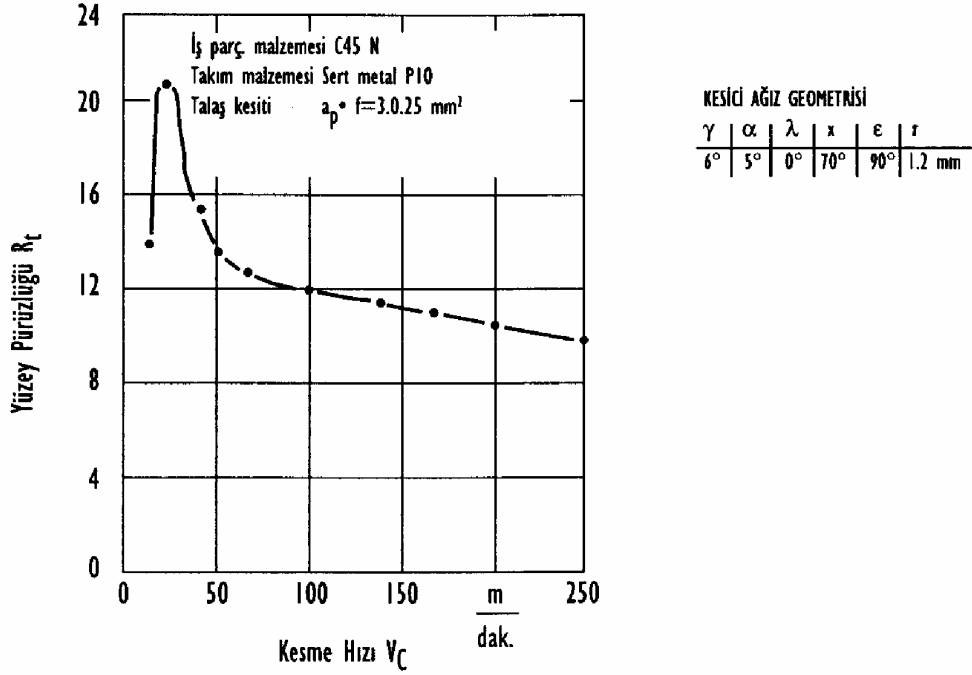
Şekil 4.10 'da tornalamada geometrik bağlantılar ve Şekil 4.11 'de ise hesaplanan ve ölçülen yüzey pürüzlülük değeri gösterilmektedir.



Şekil 4.10 Tornalama İşleminde Geometrik Bağlantılar



Şekil 4.11 Değişik İlerleme ve Köşe Radyüslerinde Hesaplanan ve Ölçülen Yüzey Pürüzlülüğü Değerleri (Moll Ve Brammertz'e Göre)



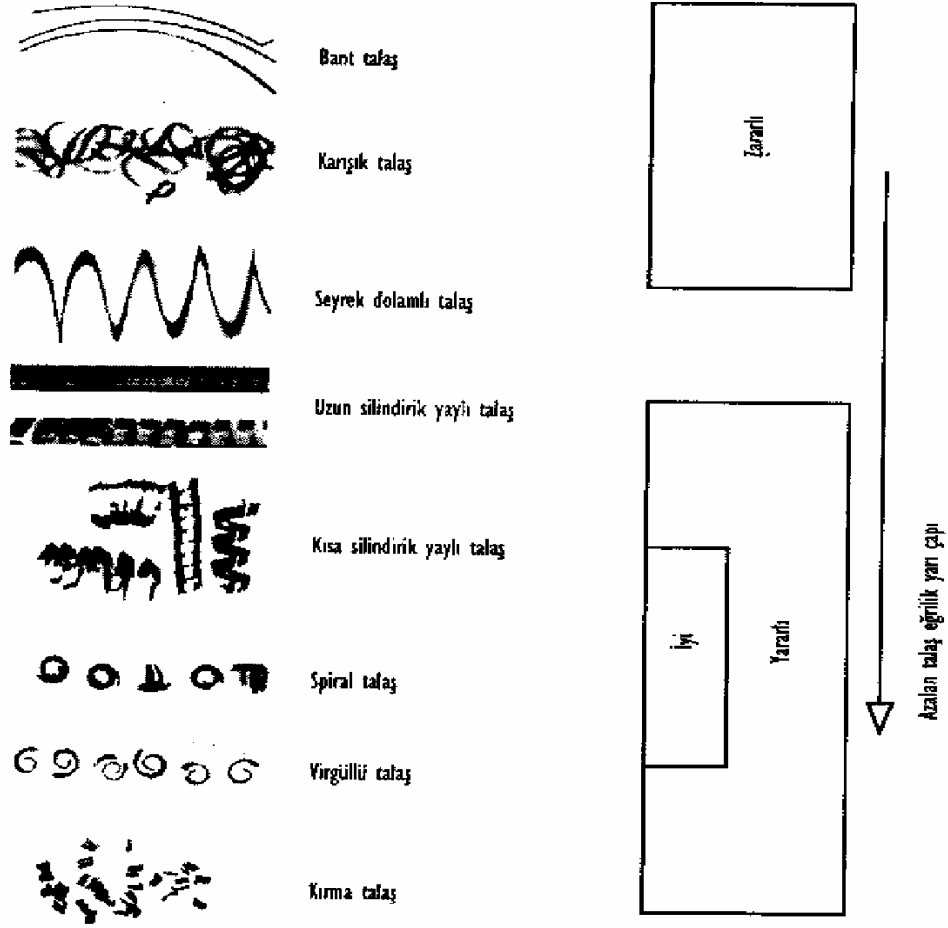
Şekil 4.12 Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi Şekil 4.12 'de görülmektedir. Düşük kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün maksimum değerinde oluşu, kesici ağızda mikro birikme (metal transferi) ile izah edilir. Yüksek kesme hızlarında ise, akıcı talaş oluşumu ve mikro birikmenin önlenmesi ile, yüzey pürüzlülüğü çok küçük değere erişir.

$a_p > a_{pmin}$ durumunda kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi görünmez. Bunun minimum talaş derinliğinde değeri 4-10 μm arasındadır.

Talaş ve ayar açısı da yüzey pürüzlülüğüne etki etmektedir. Artan pozitif talaş açısı ile yüzey pürüzlülüğü değeri azalır. Küçük ayar açılarında titreşim olasılığı artacağından yüzey pürüzlülüğü negatif etkilenir. Ayrıca kesici takımın aşınması da yüzey pürüzlülüğü kalitesini olumsuz yönde etkiler [2,22].

4.1.5 Muhtelif Talaş Şekillerinin Etkisi



Şekil 4.13 Tornalama İşleminde Talaş Formları

Talaşın büyüklüğü, formu ve transferi özellikle talaş hacminin küçük olduğu (delme, frezeleme, broşlama) operasyonlarında büyük önem kazanır. Talaşın oluşumuna etki eden en önemli faktör, kesme şartları ve kesme geometrisidir.

Talaş oluşumu önemli ölçüde işlenen malzemenin işlenebilme özelliğine, sünekliğine, mukavemetine ve iç yapısına bağlıdır. Artan mukavemet ve azalan süneklik genel olarak talaşın kırılmasına neden olmaktadır. Talaş oluşumuna etki eden en önemli bileşim elemanları fosfor (P), kükürt (S) ve kurşundur (Pb). Bu elemanlar kısa talaş oluştururlar.

Takımın aşınması, özel olarak talaş yüzeyinde krater oluşturduğundan, talaş kırılmasına olumlu yönde etki gösterir. Talaş kırıcı sert metal plakette ise, bu kademenin aşınması ile yok olması, talaşın kırılmasını olumsuz yönde etkiler. Şekil 4.13 'te muhtelif talaş formları ve tanımları belirtilmiştir. İlk dört sırada gösterilen talaş formları oluştuğunda talaş transferi zorlaşmaktadır. Özellikle seyrek dolamlı talaş, serbest yüzeyin üzerinden geçtiğinden, kesici kenar üzerinde tahribat oluşturur. Bant, karışık ve seyrek dolamlı talaşlar tezgah operatörleri için tehlike oluşturmaktadır [2].

4.2 Deneyde Kullanılan Tezgah ve Ölçü Aletleri

4.2.1 CNC Torna Tezgahı (Taksan TTC630)



Şekil 4.14 Taksan TTC 630 CNC Torna Tezgahı

Şekil 4.14 'te görülen, deneyin gerçekleştirildiği CNC torna tezgahının özellikleri şunlardır :

1. Boyuna strok (Z eksen) 630 mm.,
2. Radyal strok (X eksen) 197 mm,
3. Ayna - Punta arasında işlenecek maksimum çap 210 mm,
4. Çalışma hızı (X - Z eksen) 10/15000 mm/dk,
5. Çalışma Kuvveti 800 daN,
6. Ana iş mili gücü 15 KW,
7. Ana iş mili devri (min/max) 10/4000 d/dk,
8. İş mili delik çapı 52 mm,
9. Ayna çapı 210 mm,
10. Kullanılabilen döner takım sayısı 6,
11. Döner takım maksimum devri 4000 d/dk,
12. Kontrol ünitesi Siemens.

4.2.2 Mikroskop (Carl Zeiss Neophot 21 Jena Metalografik Mikroskop)



Şekil 4.15 Carl Zeiss Neophot 21 Jena Metalografik Mikroskop

Deneyde; kesici takımların aşınmasını incelemek üzere kullanılan ve Şekil 4.15 'te görülen metalografik mikroskobun özellikleri şunlardır :

1. Neophot 21 geniş gelen ışık metalografı,
2. Temel çalışma masası ve elektroniği,

3. Otomatik kamera ünitesi,
4. XBO 150W lamba yuvası,
5. Halojen 12V 100W kendinden güç kaynağı destekli lamba yuvası,
6. Geniş dönebilen ve merkezlenebilen platform,
7. Çifte Dürbünlü Tüp,
8. Süzgeç polarizer ve ayırıcı,
9. Dikey Aydınlatıcı – parlak alan – koyu alan,
10. Düşük güçteki büyültme için makro aydınlatıcı,
11. Ölçüm aparatları.

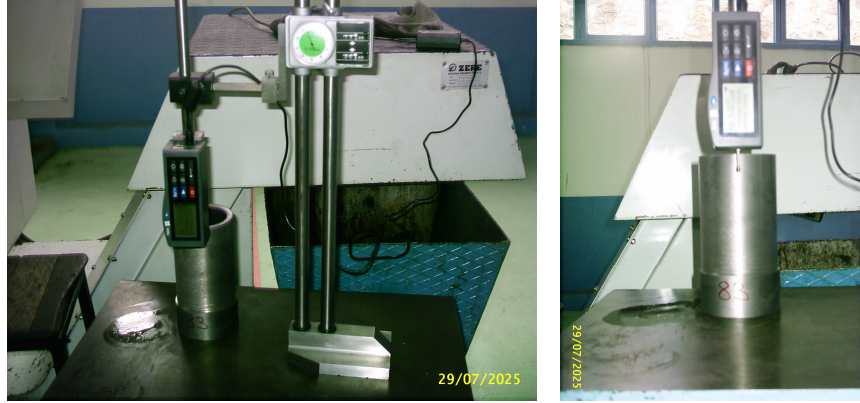
Carl Zeiss Neophot 21 Jena metalografik mikroskop; çok çeşitli dışardan aydınlatmalı metodlara olanak tanımaktadır. Polaroid zeminli, A 5” x 4” kamera ile donatılmıştır. Lensler, (x6.3/0.12 ve x12.5/0.25 planakromatlar, x25/0.65, x50/0.90 ve x100/1.35 planapokromatlar) hem koyu hem de aydınlık alan uygulamaları için kullanılabilir olmasına rağmen, yüksek güçler koyu alan uygulamaları için, çok kısa çalışma mesafeleri olmasından dolayı, önemle kısıtlanmıştır. Objektifler sonsuz düzeltilmiş tiptir ve normal göz adedeleri uygun denkleştirmeye sahiptir. Çeşitli platform plakaları farklı görüntü ekranlarıyla desteklenmiştir. Aletin ayarlanabilir anti-titreşim ayakları, çeşitli lambalar için olan güç kaynağıyla ve birçok aksesuarı güvenle saklayabilmek için gömülmüş tahta çekmecelerle bağdaştırılmış masaya rahatça yerleştirilebilir [20].

4.2.3 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Deneyde; tornalama işlemi yapılan motor silindir gömleklerinin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan ve Şekil 4.16 ‘da görülen yüzey pürüzlülük ölçüm cihazının özellikleri şunlardır :

1. Grafik ekran boyutu :50 x 30 mm,
2. 13 farklı parametre ölçümü,
3. 5 dakika içinde otomatik kapanma,
4. Gösterge dilleri : İngilizce, Almanca, Fransızca, İtalyanca, İspanyolca,
5. RS-232 veri çıkışı PC veya mini printer TA-220 ‘ye,

6. Ölçülen parametreler : Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rm, R3z, S, Sm, Sk, tp,
7. Profiller : Birincil profil (P), pürüzlülük profili (R), tp eğrisi (Mr)
8. Profil kayıt büyütmesi : Vv : 200x-20000x Vh : 20x50x200
9. Ölçüm aralığı : Ra, Rq : 0.01-40 μm , Rz, Ry, Rp, Rt, R3z : 0.02-160 μm , Sm, S : 2-4000 μm , tp : 1-100% (%Ry)
10. Minimum ölçülebilir delik iç çapı ve derinliği : çap:6mm, derinlik:15mm, hareket hızı : 1.0mm/s

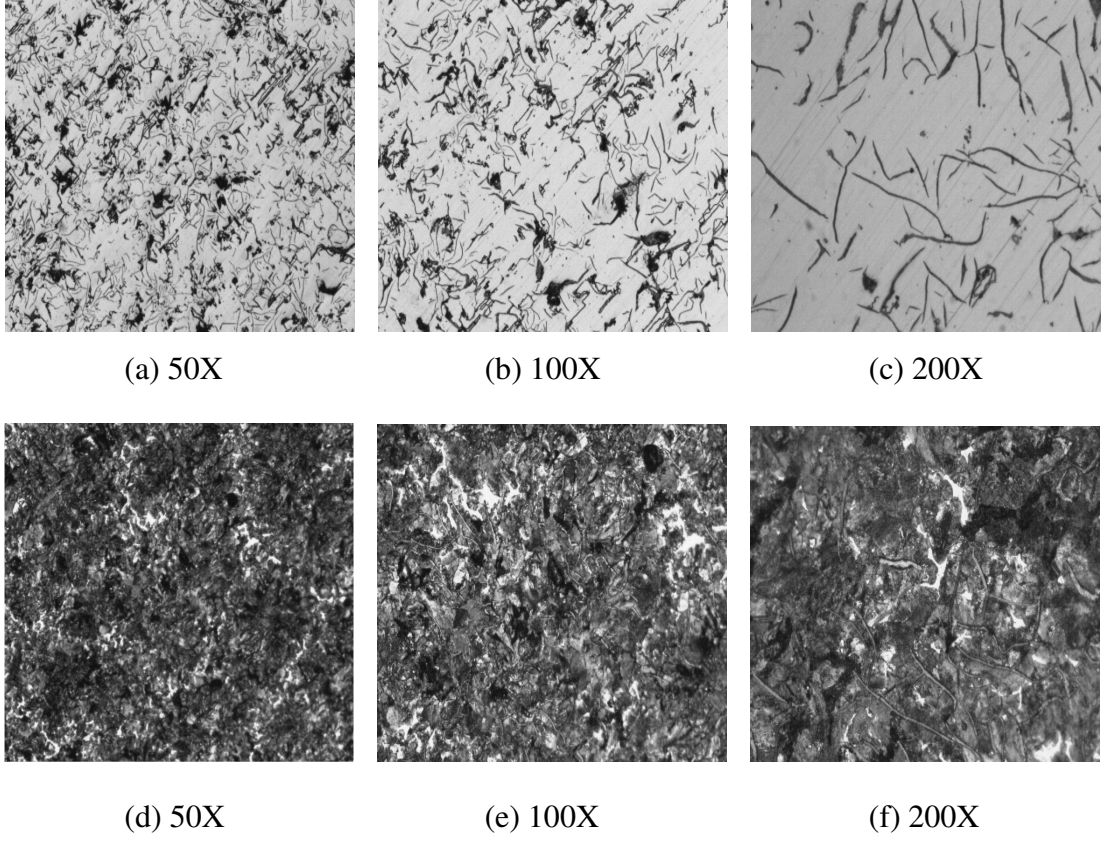


Şekil 4.16 TR-200 Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı

4.3 Deneyin Yapılışı

Tez çalışması kapsamında; üzerinde inceleme yapılan, GG 22 lamel grafitli dökme demirden üretilen, Landrover aracına ait motor silindir gömleklerinden;

1. 2 adet numune, standart metalografik işlemlerle parlatılarak, bir tanesi % 5 'lik nitale dağlanmış ve metalografik iç yapı incelemesi sonucunda çekilen fotoğraflar Şekil 4.17 'de gösterilmiştir. Buna göre; grafit dağılımının dıştan içe B ve AB tipi, dokunun perlitik, fosfit ötekiğinin kapalı ağ şeklinde olduğu belirlenmiştir.

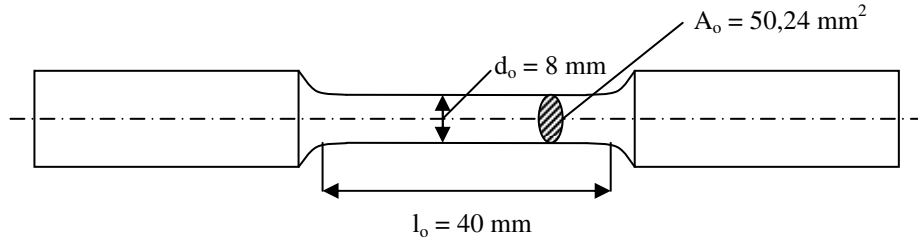


Şekil 4.17 GG 22 Lamel Grafitli Dökme Demirin Dağlanmamış (a,b ve c) ve Dağlanmış (d,e ve f) İç Yapı Görünümleri

2. Baird marka spektrometre cihazında 3 kez spektral analiz yapılarak, kimyasal bileşimin ortalama değerlerinin şu şekilde olduğu belirlenmiştir :

C : % 3,51 Si : % 2,20 Mn : % 0,47
Cr : % 0,37 P : % 0,24 S : % 0,03

3. Şekil 4.18 'de boyutları verilen çekme deney çubuğuna TS 138 EN 10002-1 (ISO 6892, DIN EN 10002-1) 'e göre yapılan 3 adet çekme deneyi sonucunda; çekme mukavemeti ortalama 261 MPa olarak bulunmuştur. Kaynak kitaplarda, GG 22 lamel grafitli dökme demirin çekme mukavemeti 216 MPa olarak verilmektedir [1,21].



Şekil 4.18 GG 22 Lamel Grafitli Dökme Demirin Çekme Deney Çubuğu

4. Hecket marka 2,5 mm çelik bilya uçlu sertlik ölçüm cihazında, 187,5 kg yük altında 12 sn süreyle 5 adet sertlik ölçümü yapılarak, malzeme sertliğinin ortalama 215 Brinell olduğu tespit edilmiştir.

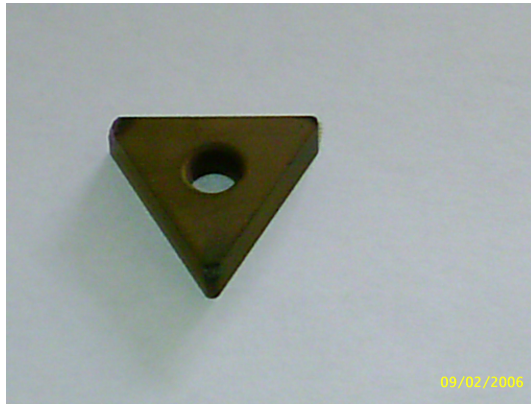
Deneye başlamadan önce; Şekil 4.14 'te resmi görülen CNC torna tezgahı, 200 mm boy, 100 mm çap ve 13 mm et kalınlığında hazırlanan ve Şekil 4.19 'da görülen, Landrover aracına ait motor silindir gömleklerine, 2,5 mm talaş derinliğinde çap tornalama işlemi yapacak şekilde programlandı.



Şekil 4.19 Landrover Aracına Ait Motor Silindir Gömleği

Parçaların işlenmesi için, Şekil 4.20 'de görülen 4 ayrı özelliklerde kesici uç belirlendi. Bunlar :

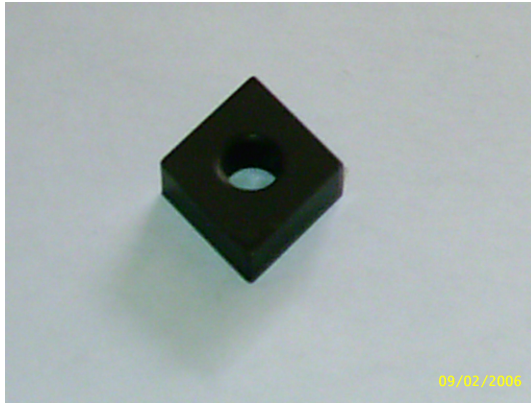
1. Üçgen formlu TiN kaplı karbür kesici uç (TNMA220408)
2. Geliştirilmiş üçgen formlu TiN kaplı karbür kesici uç (WNMA080408)
3. Baklava formlu seramik kaplı karbür kesici uç (CNMA 120404)
4. Üçgen formlu seramik kaplı karbür kesici uç (TNMA 220404)



(a)



(b)



(c)



(d)

- Şekil 4.20 a. Üçgen formlu TiN kaplı karbür kesici uç (TNMA220408)
- b. Geliştirilmiş üçgen formlu TiN kaplı karbür kesici uç (WNMA080408)
- c. Baklava formlu seramik kaplı karbür kesici uç (CNMA 120404)
- d. Üçgen formlu seramik kaplı karbür kesici uç (TNMA 220404)

Her kesici uç ayrı ayrı takılarak, 200 d/dk, 600 d/dk, 1000 d/dk, 1220 d/dk, 1800 d/dk, 2500 d/dk, 3300 d/dk devirlerinde ve 0,20 mm/d, 0,35 mm/d, 0,50 mm/d, 0,60 mm/d ilerlemede çap tornalama işlemi yapıldı (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Çap Tornalama İşlemi

İşleme boyu 140 mm olan parçaların tornalama işlemleri esnasında, her 280 mm 'de kesici takım ve parça sökülerek, yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile parçaların yüzey pürüzlülük değerleri, metal mikroskopunda kesici takımın aşınma genişliği ölçüldü ve hazırlanan tablolar ile kayıt altına alındı. (Şekil 4.22)



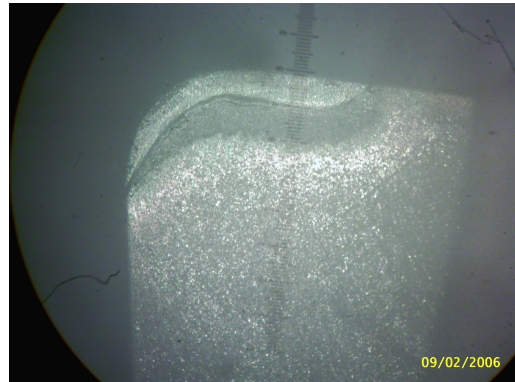
(a)



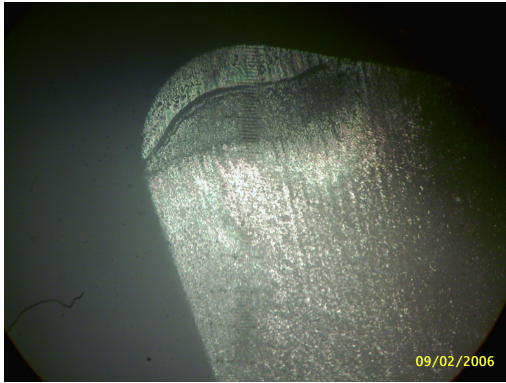
(b)



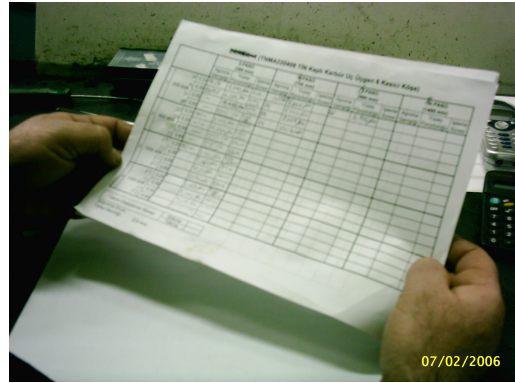
(c)



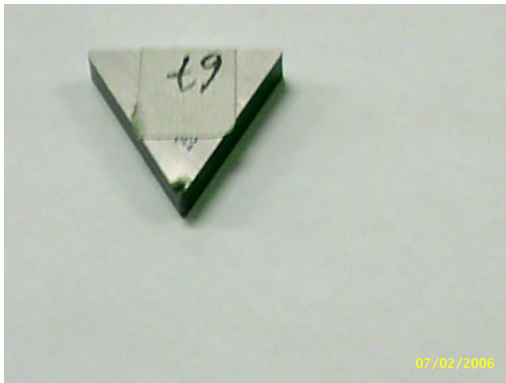
(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

Şekil 4.22 a. Tornalama ve Yüzey Pürüzlülük Ölçüm İşlemi

b. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm İşlemi

c. Metal Mikroskopunda Aşınma Genişliği Ölçüm İşlemi

d. Kesici Takım Aşınmasının Metal Mikroskopundan Görünüşü

e. Kesici Takım Aşınmasının Metal Mikroskopundan Görünüşü

f. Hazırlanan Deney Tabloları

g. Aşınan Kesici Takım Örneği

h. Kırılan Kesici Takım Örneği

i. Aşınan Kesici Takım Örneği

j. Aşınan Kesici Takım Örnekleri

4.4 Deneyin Sonuçları

Yapılan 200 adet deney sonucunda; her uç için 280 mm 'de bir, aşınma genişliği, yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülerek, oluşturulan tablolar ve çizilen aşınma genişliği - ilerleme yolu grafikleri ile yüzey pürüzlülüğü - ilerleme yolu grafikleri aşağıda gösterilmiştir :

Tablo 4.1 TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Deney Tablosu

S.No	Kesme Hızı (m/dk)	Derinlik (mm)	2 PA.Ö (280 mm)		4 PA.Ö (540 mm)		6 PA.Ö (840 mm)		8 PA.Ö (1120 mm)		10 PA.Ö (1400 mm)		12 PA.Ö (1680 mm)		14 PA.Ö (1960 mm)			
			Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)	Açınma Ge-ni-liği (mm.)	Yıseyi Pürüzlülüğü RA. (µm.)
1	59	0,30	0,293	2,792	0,317	2,825	0,488	2,904	0,400	3,024	1,000							
			0,415	4,339	0,415	5,727	0,482	6,414	0,700	7,213	1,000							
			0,052	8,412	0,974	8,029		8,332		şüphesiz								
2	178	0,40	0,022	şüphesiz	0,244	şüphesiz	0,450	şüphesiz	0,413		0,780	1,000	1,000					
			0,244	2,117	0,244	2,227	0,244	2,559	0,350		0,452	0,550	0,800					
			0,241	5,444	0,278	5,344	0,355	5,127	0,412		0,524	0,730	1,000					
3	297	0,30	0,105	şüphesiz	0,488	10,23	0,780	10,041										
			0,045		0,244	şüphesiz	0,430		0,573		0,741	1,000	1,000					
			0,143	2,121	0,143	2,352	0,171	1,019	0,171	1,217	0,173	0,180	0,178					
4	343	0,35	0,248	5,048	0,248	5,299	0,248	5,54	0,248	5,852	0,273	0,294	0,300					
			0,195	10,8	0,317	10,9	0,317	10,54	0,317	şüphesiz	0,392	0,513	0,724					
			0,341	şüphesiz	0,341	şüphesiz	0,341	şüphesiz	0,439		0,500	0,550	0,400					
5	535	0,20	0,171	2,059	0,171		0,192		0,221		0,240	0,242						
			0,220	5,207	0,220		0,221		0,223		0,242	0,351	0,353					
			0,244	9,471	0,242		0,285		0,350		0,500	0,750	1,000					
6	744	0,40	0,323	şüphesiz	0,328		0,333		0,355		0,475	0,400	0,800					
			0,195	1,88	0,195	1,907	0,195	2,198	0,220	2,209	2,209	2,084	0,344	2,051	0,344	2,184		
			0,344	5,027	0,344	5,774	0,344	5,831	0,348	5,484	0,311	4,051	0,334	5,849	0,335	4,121		
7	744	0,50	0,244	11,471	0,317	10,82	0,317	10,895	0,344	10	0,392	11,72	0,392	10,44	0,392	şüphesiz		
			0,293	12,43	0,293	13,43	0,293	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz		
			0,144	1,84	0,171	2,114	0,171	1,482	0,171	1,548	0,171	1,821	0,171	2,014	0,171	1,717		
8	744	0,35	0,244	5,454	0,244	5,843	0,244	5,449	0,244	5,992	0,244	5,573	0,244	5,899	0,244	4,055		
			0,244	9,924	0,293	10,17	0,293	10,57	0,293	11,53	0,293	10,44	0,293	10,227	0,293	10,04		
			0,244	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz	0,344	şüphesiz		

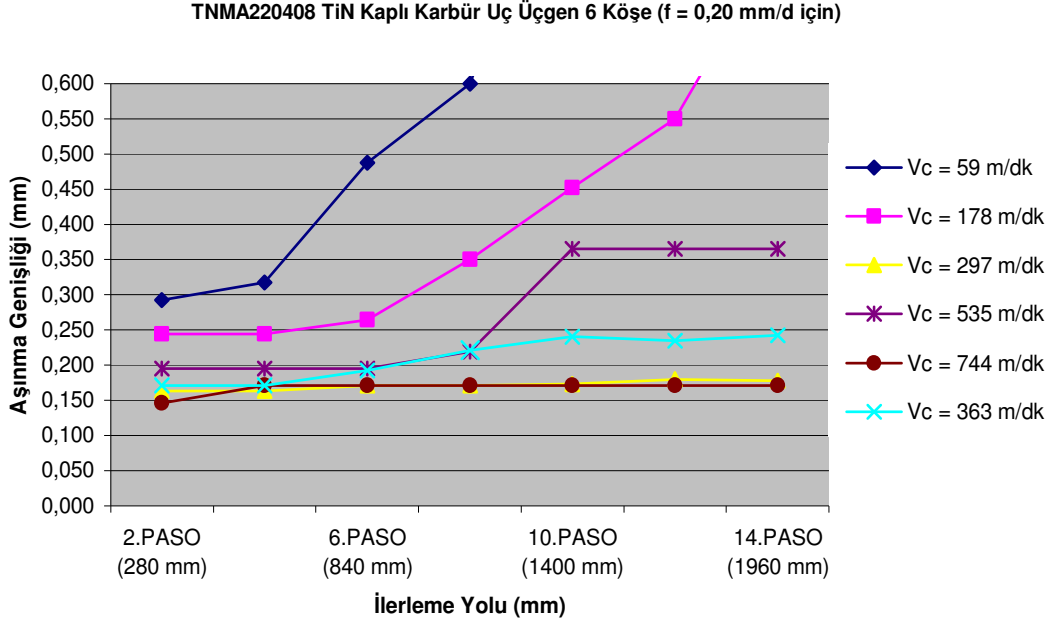
S.No	Körme Hızı (mm/dk)	Daire Çapı (mm)	3.PAŞO (280 mm)		4.PAŞO (340 mm)		6.PAŞO (540 mm)		8.PAŞO (1120 mm)		10.PAŞO (1400 mm)		13.PAŞO (1680 mm)		14.PAŞO (1940 mm)		
			Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	Azımsa Gömürlüğü (mm)	Yısey Parabolüğü EA (mm)	
1	59	0.20	0.317	2.414	0.390	2.531	0.415	2.381	0.439	1.911							
			0.35	4.174	0.488	4.834	0.541	4.537	0.612								
			0.50	5.324	0.344	5.441	0.512	8.153	0.400								
			0.40	5.599	0.415	7.125	0.488	7.954	0.435								
2	178	0.20	0.244	1.507	0.317	1.831	0.347	2.025	0.387								
			0.35	3.809	0.353	4.222	0.452	4.524	0.487								
			0.50	4.19	0.257	4.002	0.421	4.315	0.512								
			0.40	5.021	0.244	5.314	0.425	4.954	0.527								
3	297	0.20	0.195	1.595	0.244	0.938	0.244	1.872	0.244	2.359							
			0.35	3.319	0.293	5	0.293	5.487	0.317	4.444							
			0.50	4.928	0.248	8.291	0.248	8.015	0.293	4.408							
			0.40	8.109	0.195	8.784	0.195	7.451	0.244	7.221							
4	343	0.20	0.220	1.839	0.231		0.251		0.251								
			0.35	4.104	0.247		0.247		0.275								
			0.50	2.721	0.251		0.257		0.245								
			0.40	7.232	0.233		0.224		0.244								
5	535	0.20	0.220	1.423	0.220	1.4	0.220	1.355	0.220	1.322	0.220	1.834	0.220	1.814	0.220	1.489	
			0.35	4.487	0.244	4.337	0.244	3.484	0.244	4.537	0.244	5.124	0.244	4.485	0.244	5.1	
			0.50	5.454	0.244	4.439	0.244	4.254	0.244	4.044	0.244	7.434	0.244	7.312	0.244	7.038	
			0.40	8.058	0.244	8.312	0.244	7.241	0.244	7.144	0.244	7.459	0.244	7.857	0.244	7.514	
6	744	0.20	0.144	1.752	0.171	1.993	0.171	2.47	0.171	2.222	0.171	2.84	0.171	2.498	0.171	2.225	
			0.35	3.454	0.244	3.773	0.244	4.43	0.244	4.173	0.244	4.189	0.244	4.193	0.244	4.414	
			0.50	4.432	0.244	4.133	0.244	4.524	0.244	4.444	0.244	4.908	0.244	4.914	0.244	4.184	
			0.40	7.958	0.244	8.433	0.244	8.925	0.244	8.183	0.244	8.474	0.244	8.884	0.244	8.124	
7	982	0.20	0.122	1.445	0.195	1.554	0.195	1.995	0.195	2.24	0.195	3.243					
			0.35	4.557	0.244	4.509	0.244	4.805	0.244	4.855	0.244	5.248					
			0.50	4.194	0.244	4.533	0.244	4.405	0.244	4.741	0.244	5.374					
			0.40	7.819	0.244	7.747	0.244	7.417	0.244	8.19	0.244	8.593					

Tablo 4.3 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Deney Tablosu

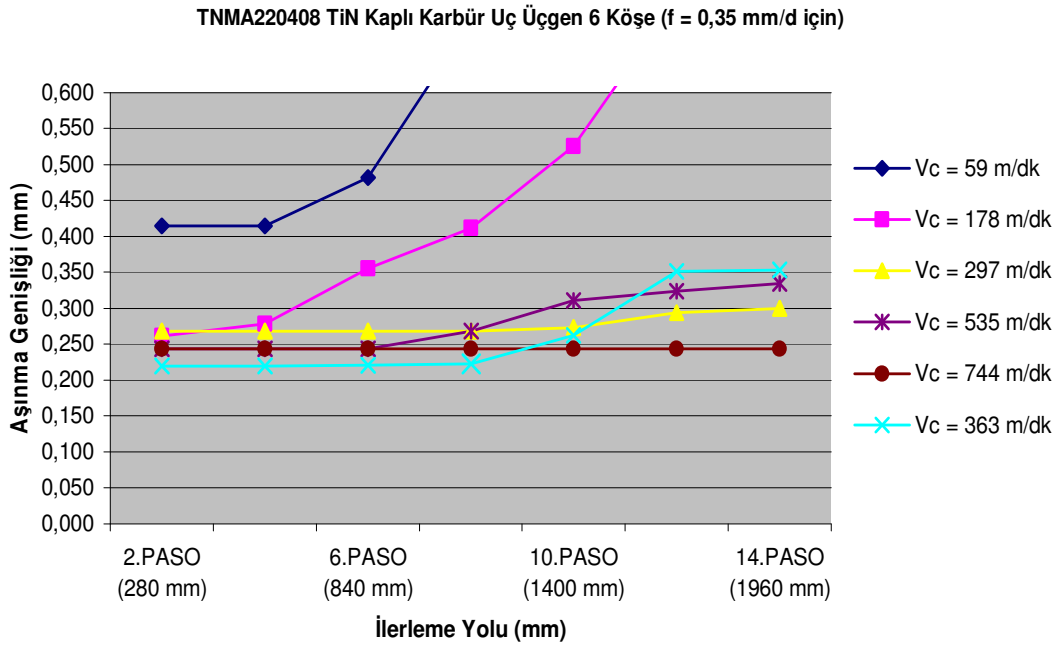
S.No	Kesme Hızı (mm/dk)	2.PARÇ (280 mm)		4.PARÇ (540 mm)		4.PARÇ (840 mm)		8.PARÇ (1120 mm)		10.PARÇ (1400 mm)		12.PARÇ (1680 mm)		14.PARÇ (1960 mm)		
		Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	Açınma (mm)	Yısey Parabolüğü (mm)	
1	59	0.20	0.415	2.374	0.488	2.213	0.488	2.41	0.488	2.993						
		0.35	0.380	4.933	0.393	5.354	0.451	5.451	0.488							
		0.50	0.345	4.584	0.443	4.408	0.488	4.714	0.488							
		0.40	0.355	7.842	0.439	4.457	0.488	4.415								
2	178	0.20	0.244	2.385	0.244	3.083	0.324		0.374							
		0.35	0.245	4.033	0.341	3.597	0.350		0.357							
		0.50	0.255	5.742	0.300	5.895	0.324		0.340							
		0.40	0.250	4.022	0.312	8.125	0.355									
3	297	0.20	0.244	2.171	0.293	2.471	0.293	2.452	0.293	2.901						
		0.35	0.244	3.314	0.248	3.944	0.248	4.854	0.248	4.842						
		0.50	0.290	5.713	0.317	5.832	0.317	4.109	0.391	4.783						
		0.40	0.244	5.931	0.244	4.222	0.244	4.499		7.415						
4	343	0.20	0.144	2.145	0.258		0.274		0.275							
		0.35	0.233	3.998	0.241		0.244		0.257							
		0.50	0.234	5.475	0.235		0.244		0.254							
		0.40	0.244	5.822	0.244		0.244									
5	535	0.20	0.171	2.111	0.171	2.731	0.171	2.845	0.195	2.411	0.220	2.871	0.244	2.784	0.244	2.495
		0.35	0.195	3.489	0.195	4.731	0.195	4.4	0.220	4.414	0.244	4.415	0.317	4.415	0.317	5.009
		0.50	0.244	5.437	0.248	4.24	0.248	4.198	0.248	4.455	0.248	4.385	0.248	4.59	0.248	4.345
		0.40	0.244	4.887	0.244	4.941	0.244	4.944	0.293	7.245	0.293	7.185	0.293	7.177	0.293	7.581
6	744	0.20	0.144	2.004	0.195	2.077	0.195	2.299	0.195	1.9	0.195	2.493	0.195	2.544	0.195	2.433
		0.35	0.144	4.034	0.171	3.759	0.171	4.135	0.195	3.72	0.195	4.378	0.195	4.322	0.195	4.714
		0.50	0.244	5.439	0.244	5.982	0.244	4.42	0.244	4.339	0.248	4.521	0.293	4.254	0.293	5.74
		0.40	0.244	4.223	0.244	5.944	0.244	4.14	0.293	7.302	0.293	4.325	0.293	4.73	0.293	5.935
7	983	0.20	0.122	2.4	0.244	2.714	0.244	2.443	0.244	2.532	0.244	2.745				
		0.35	0.195	3.482	0.220	3.443	0.220	3.354	0.220	4.307	0.220	3.09				
		0.50	0.144	4.111	0.144	5.511	0.171	5.723	0.195	5.948	0.244	5.042				
		0.40	0.220	4.019	0.244	4.111	0.248	4.44	0.341	7.139	0.344	7.574				

Tablo 4.4 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Deneş Tablosu										
S.No	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme (mm/d)	2.PASO (280 mm)		4.PASO (560 mm)		6.PASO (840 mm)		8.PASO (1120 mm)	
			Aşınma Genişliği (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü RA (µm)	Aşınma Genişliği (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü RA (µm)	Aşınma Genişliği (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü RA (µm)	Aşınma Genişliği (mm)	Yüzey Pürüzlülüğü RA (µm)
1	59	0,20	0,244	4,034	0,244	4,98	0,488	5,069	0,488	5,112
		0,35	0,232	9	0,244	9,294	0,488	Ölçülemedi	0,732	9,521
		0,50	0,854	Ölçülemedi	0,924	Ölçülemedi	0,976	Ölçülemedi	0,976	Ölçülemedi
		0,60	0,976	Ölçülemedi		Ölçülemedi	1,220	Ölçülemedi	1,220	Ölçülemedi
2	178	0,20	0,337	3,766	0,621	5,205	0,855		1,000	
		0,35	0,610	4,195	0,834	Ölçülemedi	1,115		1,322	
		0,50	0,854	Ölçülemedi	1,122	Ölçülemedi				
		0,60	0,976	Ölçülemedi	1,366	Ölçülemedi				
3	297	0,20	0,439	Ölçülemedi	1,463	6,19				
		0,35	0,585	Ölçülemedi	1,758					
		0,50	0,927	9,698	1,250					
		0,60	0,976	Ölçülemedi	1,527					
4	363	0,20	0,488	6,751	1,482					
		0,35	1,122	9,23	2,283					
		0,50	0,976	Ölçülemedi	1,592					
		0,60	1,200	Ölçülemedi	1,813					

4.4.1 Aşınma Genişliği – İlerleme Yolu Grafikleri

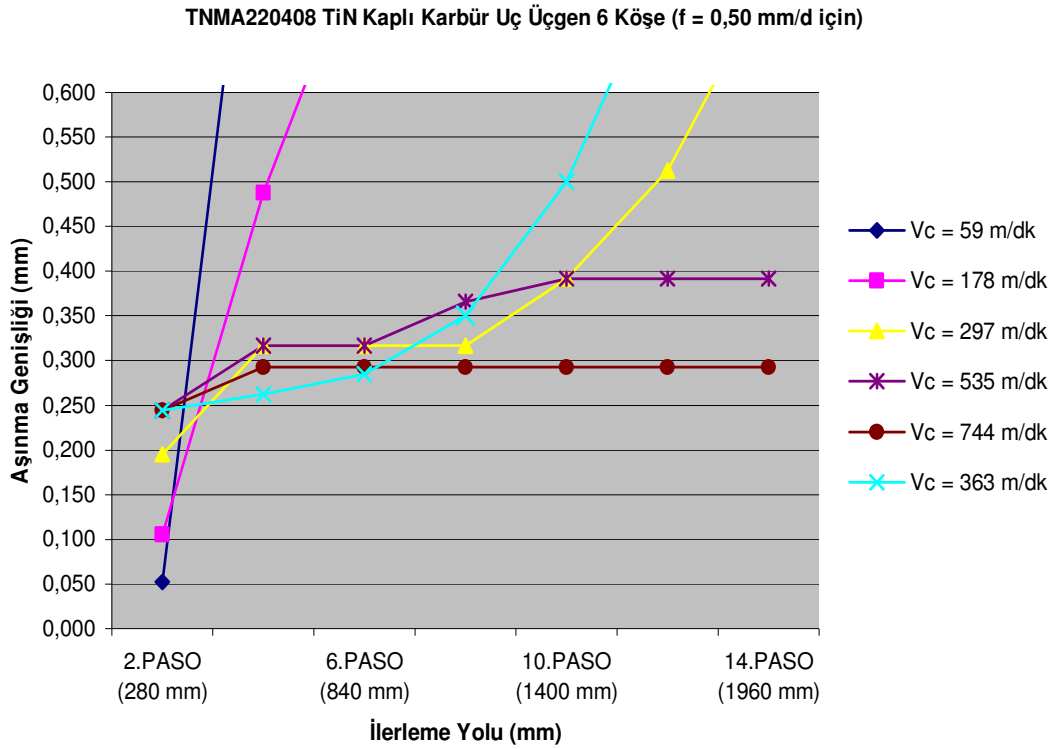


Şekil 4.23 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.20 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği



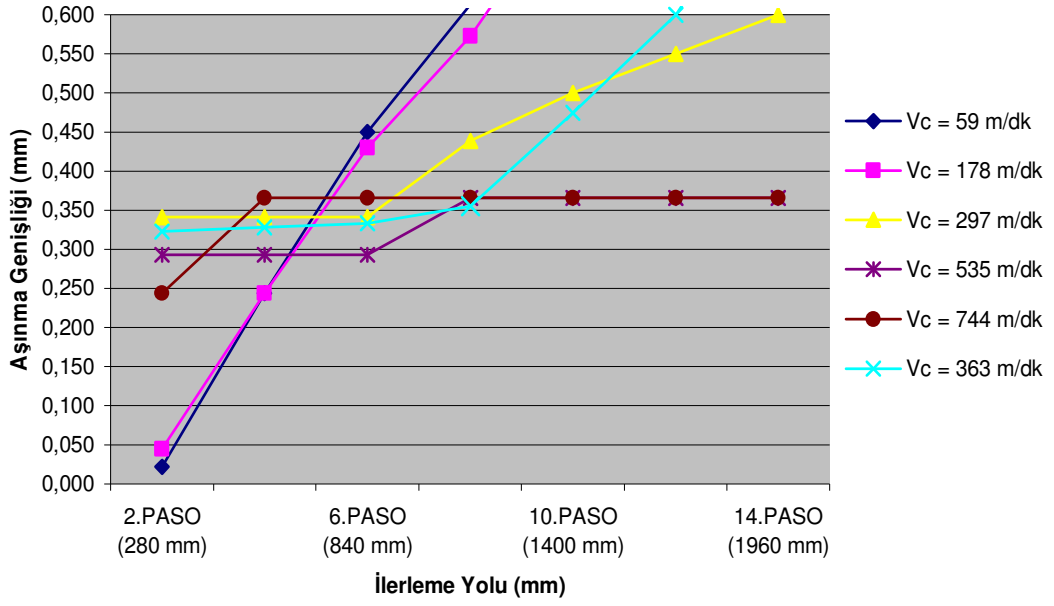
Şekil 4.24 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.35 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

Birinci kesici takımın (TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takım), 300 m/dk kesme hızının altında hızla aşındığı, üstündeki hızlarda ise ancak, 8 nci pasodan (1120 mm) sonra aşınmaların arttığı görülmektedir. Bunun nedeni; düşük kesme hızında, kesici takımın çalışma süresinin daha fazla olmasıdır. 0.20 mm/devir ilerleme ve 535 m/dk kesme hızında, 8 nci pasodan (1120 mm) sonra 0.15 mm civarında büyük bir aşınma meydana geldiği ve bunun, işlenen parça yüzeyi sertliğinin, diğer parçalardan daha fazla olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Her iki ilerleme de değerlendirildiğinde, aşınmaların ortalama 0.15 - 0.25 mm civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.25 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.50 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

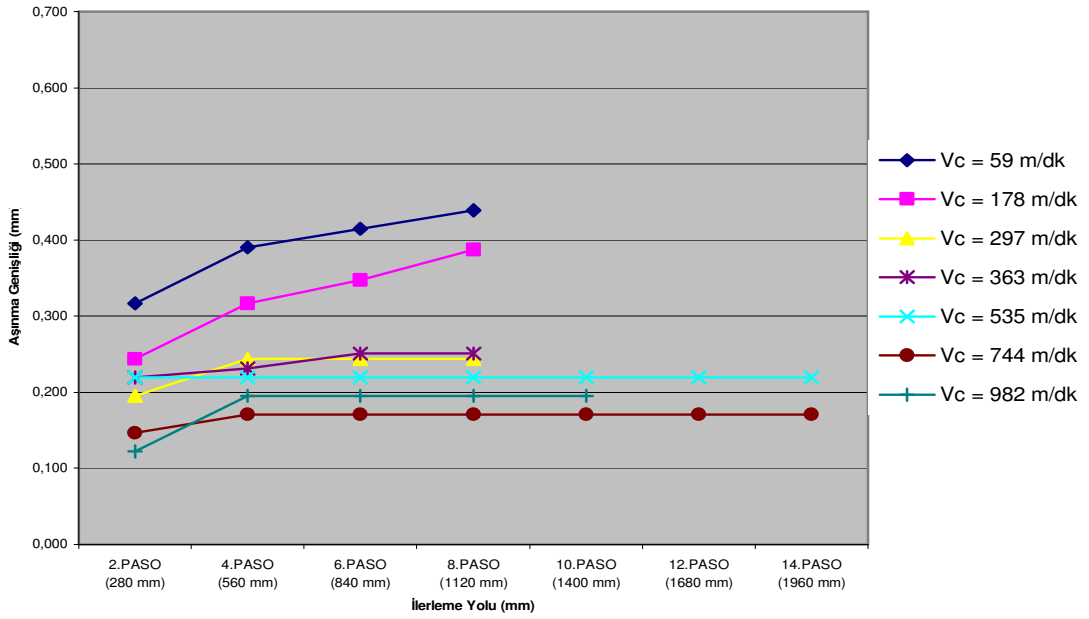
TNMA220408 TiN Kaplı Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (f = 0,60 mm/d için)



Şekil 4.26 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın(6 Kesici Köşe) f = 0.60 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

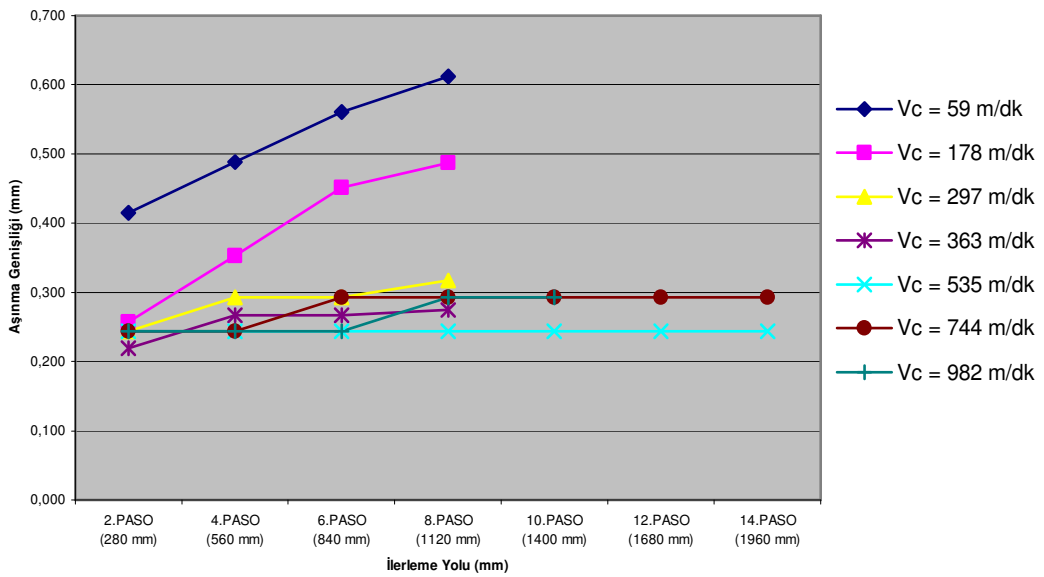
0.50 mm/devir ve 0.60 mm/devir ilerlemelerde; ilk pasolarda aşınmaların, düşük ilerlemedekilere göre ortalama 0.10 mm daha fazla olduğu, 500 m/dk kesme hızının altında, 8 nci pasodan (1120 mm) sonra aşınmaların hızla arttığı ve takımın köreldiği, 535 m/dk ve 744 m/dk kesme hızlarında aşınmaların, 14 ncü paso (1960 mm) sonuna kadar, 0.30 - 0.35 mm civarında sabit kaldığı görülmektedir.

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(f = 0,20 mm/d için)



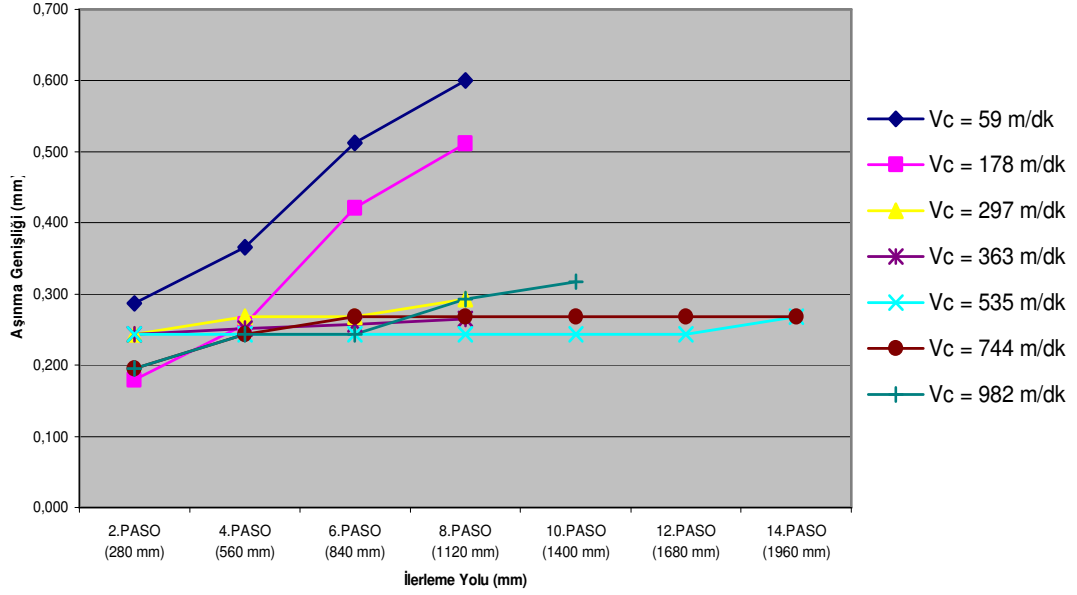
Şekil 4.27 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.20mm/d'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(f = 0,35 mm/d için)



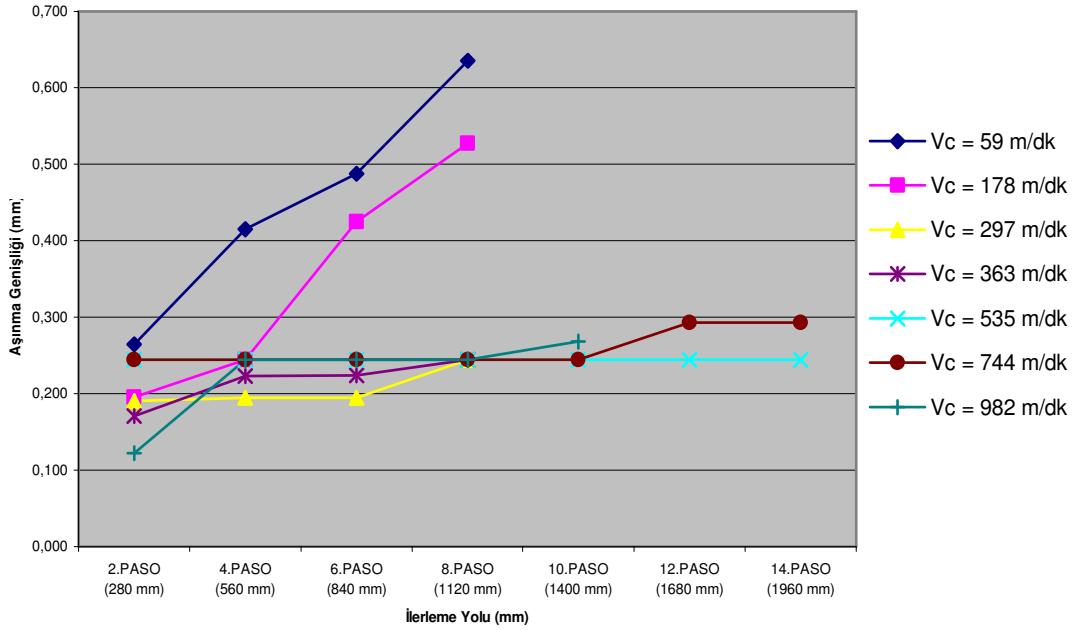
Şekil 4.28 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.35mm/d'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(f = 0,50 mm/d için)



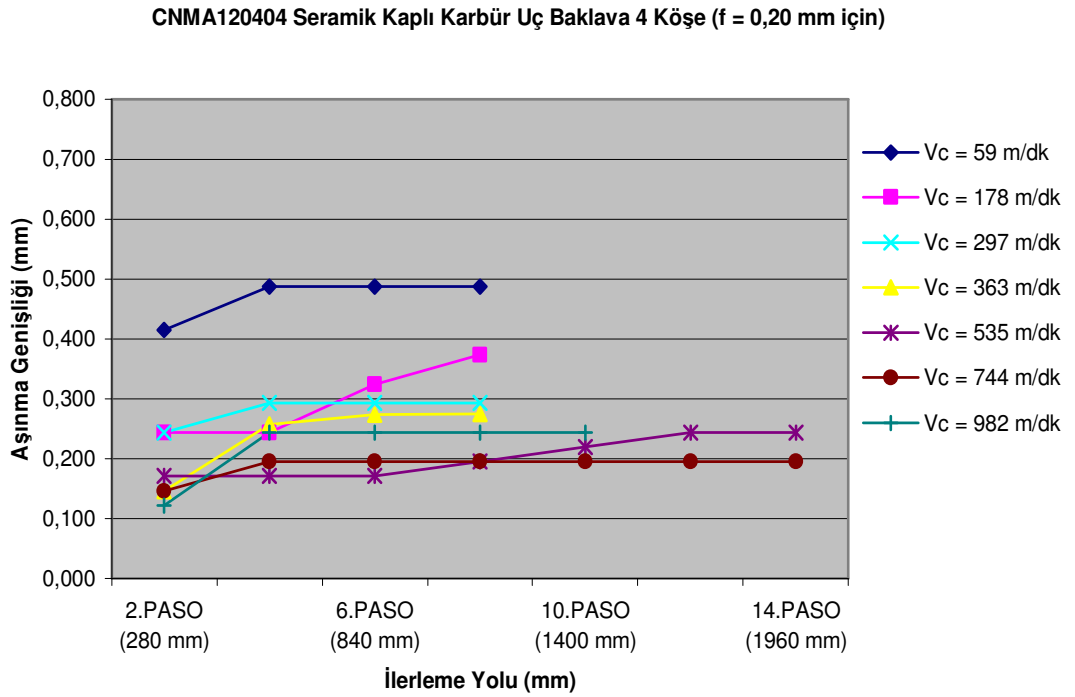
Şekil 4.29 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.50mm/d'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(f = 0,60 mm/d için)



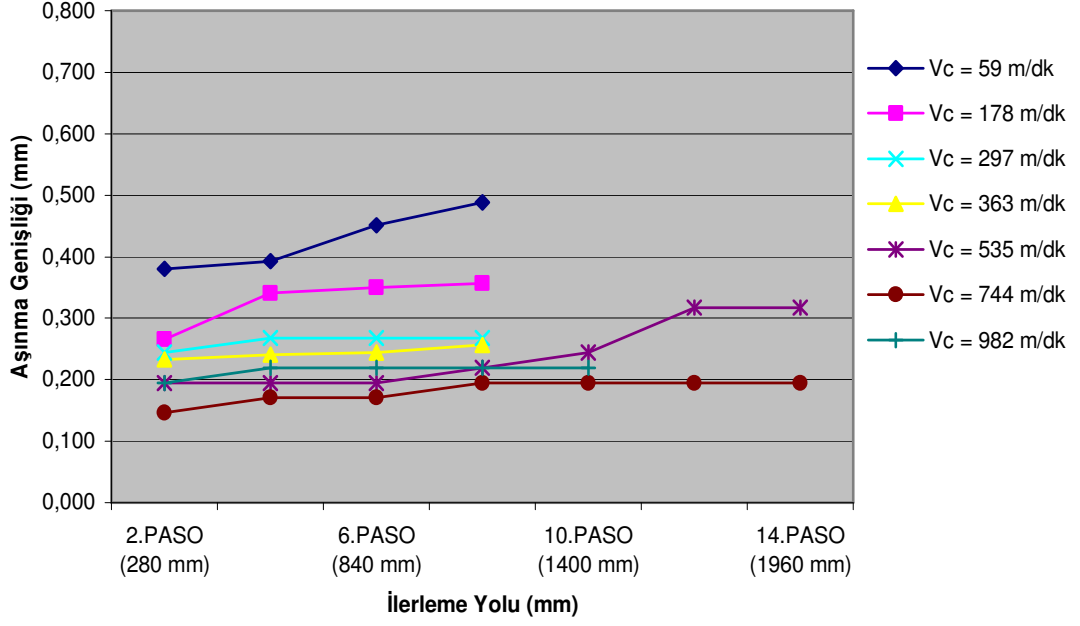
Şekil 4.30 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.60mm/d'de Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

İkinci kesici takımın (WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takım), birinci kesici takımda olduğu gibi, her ilerlemede, 300 m/dk kesme hızının altında hızla aşındığı, ancak, üstündeki hızlarda ise 14 ncü paso (1960 mm) sonuna kadar aşınmaların sabit kaldığı görülmektedir. 0.20 mm/devir ilerlemede, aşınmaların ortalama 0.20 mm civarında, ilerleme arttırıldığında aşınmaların ortalama 0.25 – 0.30 mm civarında olduğu görülmektedir. Yüksek ilerlemelerde, birinci kesici takıma göre daha az aşınma meydana gelmektedir.



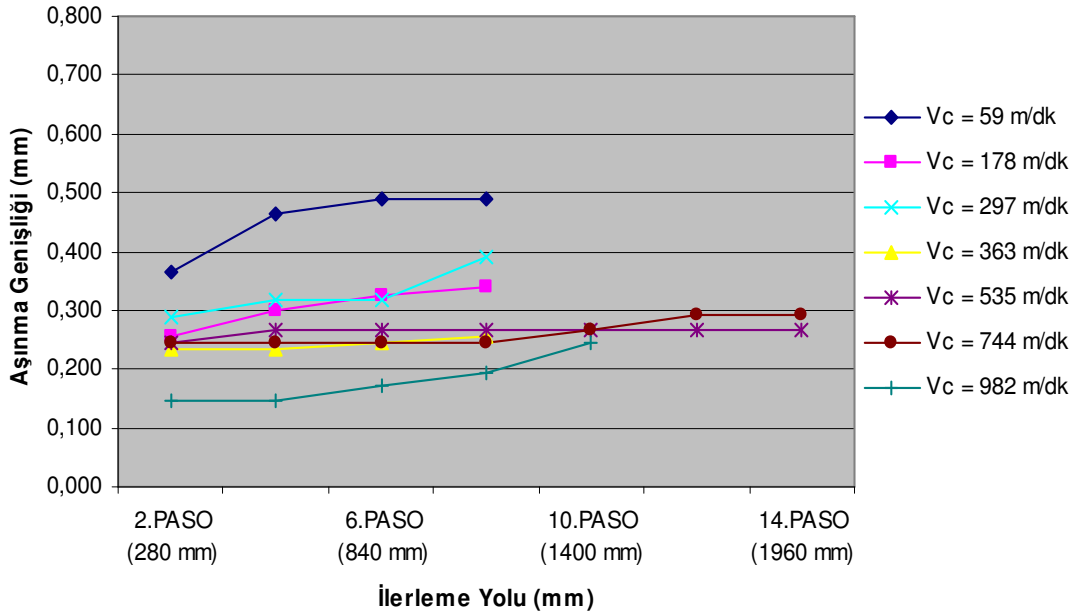
Şekil 4.31 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) f = 0.20 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (f = 0,35 mm için)



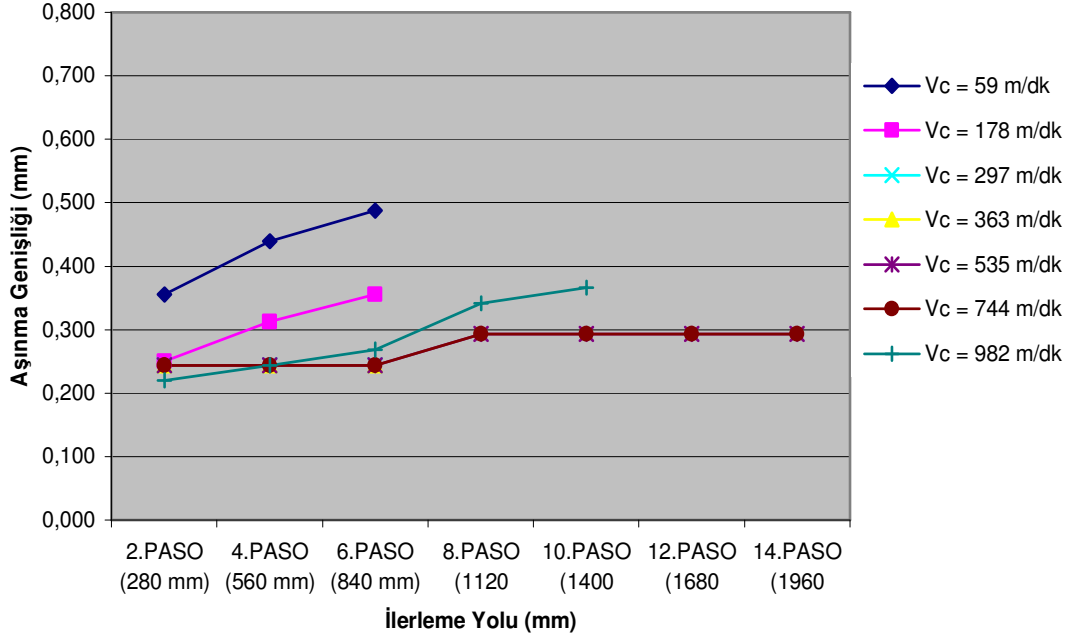
Şekil 4.32 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) f = 0.35 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (f = 0,50 mm için)



Şekil 4.33 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) f = 0.50 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

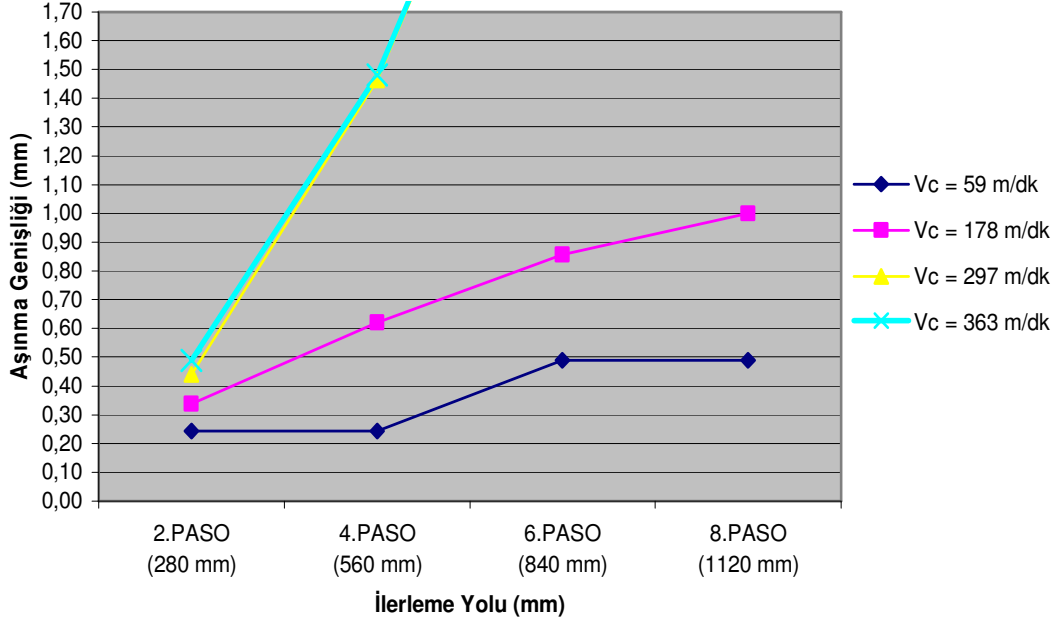
CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (f = 0,60 mm için)



Şekil 4.34 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) f = 0.60 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

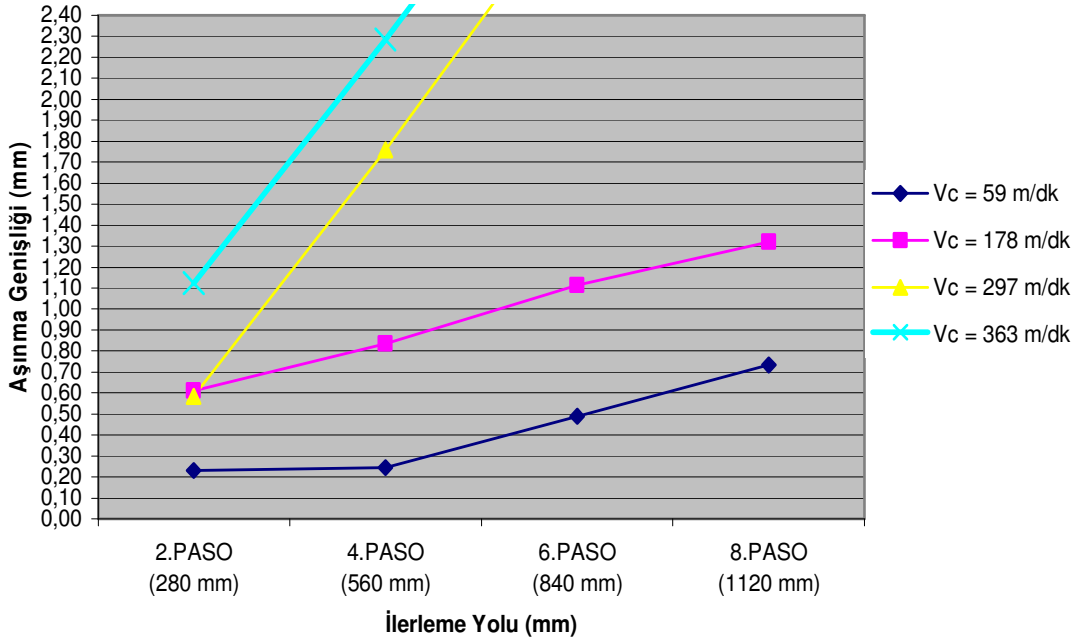
Üçüncü kesici takımın (CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takım) aşınma değerinin, tüm ilerlemelerde 14 ncü paso (1960 mm) sonuna kadar ortalama 0.20 - 0.25 mm civarında olduğu, 59 m/dk ve 178 m/dk düşük kesme hızlarındaki aşınma grafiği eğimlerinin, birinci ve ikinci kesici takıma göre daha düşük olduğu yani düşük kesme hızlarında aşınmaların daha az olduğu, 982 m/dk gibi yüksek hızda bile, aşınmaya dayanıklı olduğu görülmektedir. Söz konusu kesici takımın dezavantajı, 4 kesici köşe olmasıdır. Diğer kesici takımlarda, 6 kesici köşe bulunmaktadır.

TNMA220404 Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (f = 0,20 mm/d için)



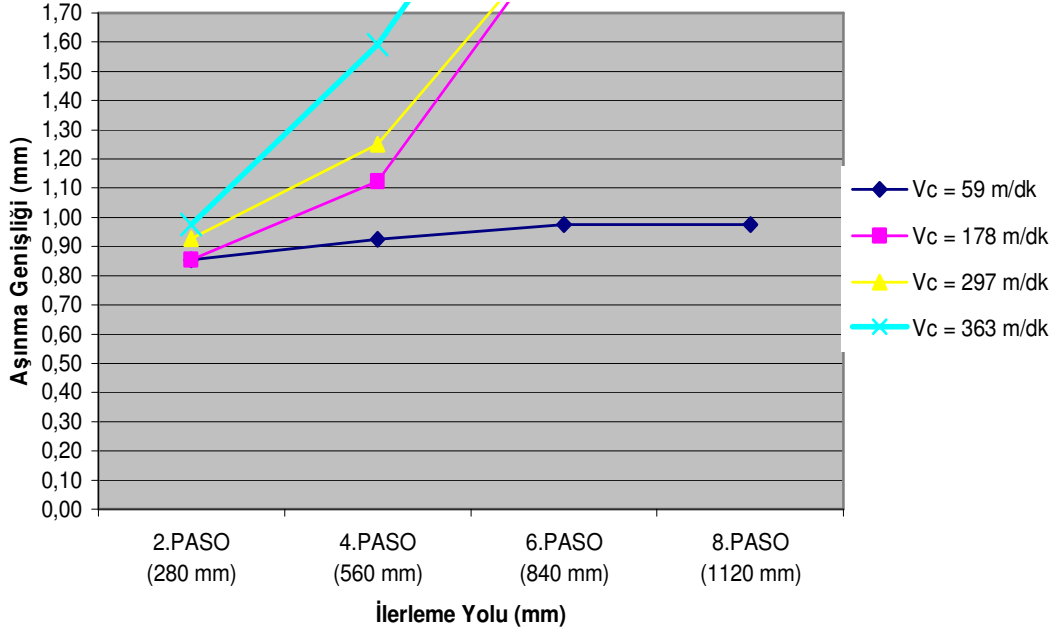
Şekil 4.35 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.20 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

TNMA220404 Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (f = 0,35 mm/d için)



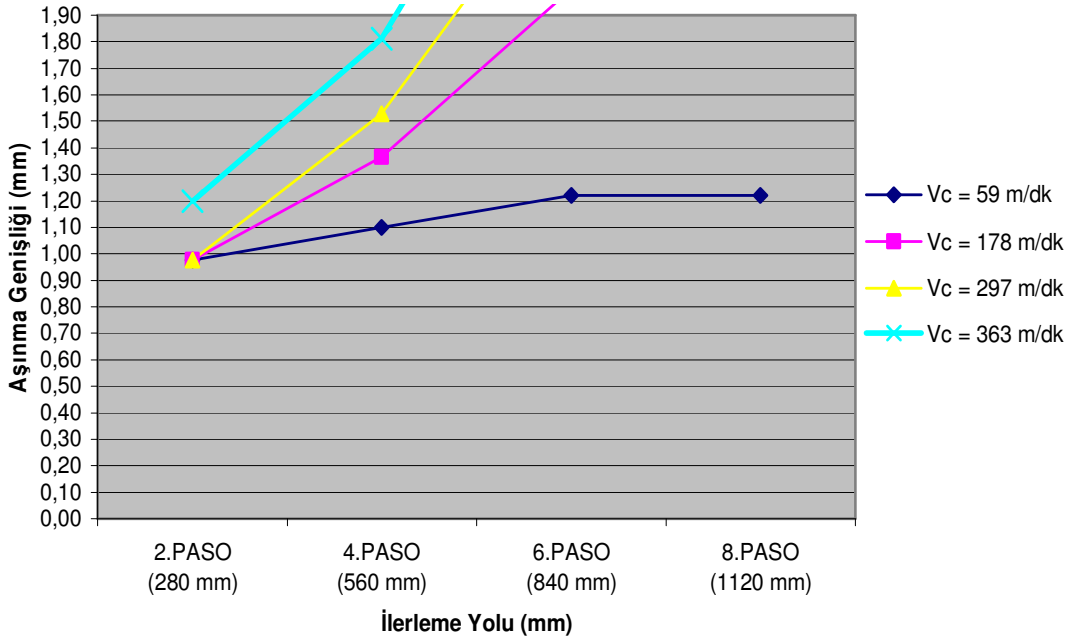
Şekil 4.36 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.35 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

TNMA220404 Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (f = 0,50 mm/d için)



Şekil 4.37 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.50 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

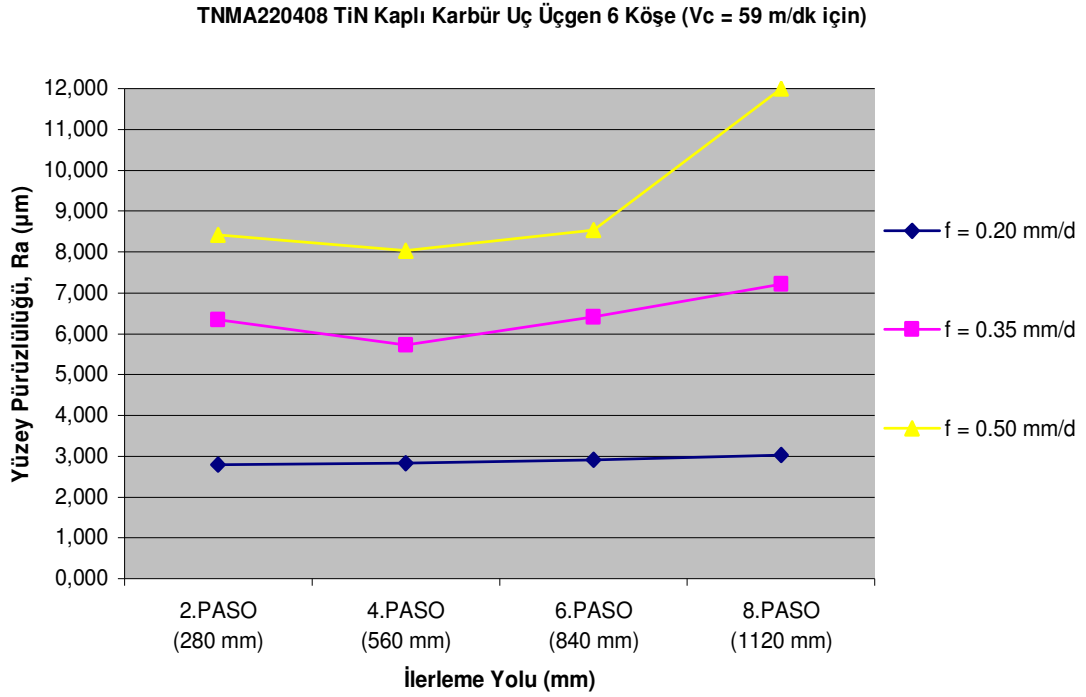
TNMA220404 Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (f = 0,60 mm/d için)



Şekil 4.38 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) f = 0.60 mm/d İçin Aşınma Genişliği - İlerleme Yolu Grafiği

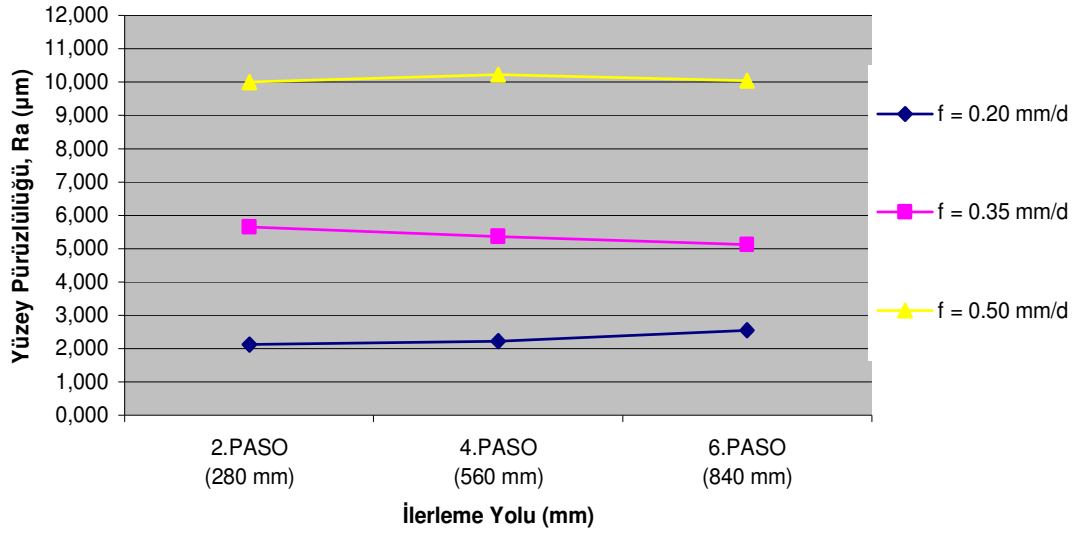
Dördüncü kesici takımın (TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takım) 59 m/dk düşük kesme hızında ve 0.20 mm/devir ilerlemede, aşınma miktarının ortalama 0.40 mm olduğu ve kesme hızları ile ilerlemeler arttıkça aşınmanın hızla arttığı, takımların hemen köreldiği görülmektedir. Grafik sonuçlarına göre; söz konusu kesici takımın motor silindir gömlekleri için, CNC torna tezgahında kullanılmasının uygun ve ekonomik olmayacağı değerlendirilmiştir.

4.4.2 Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafikleri



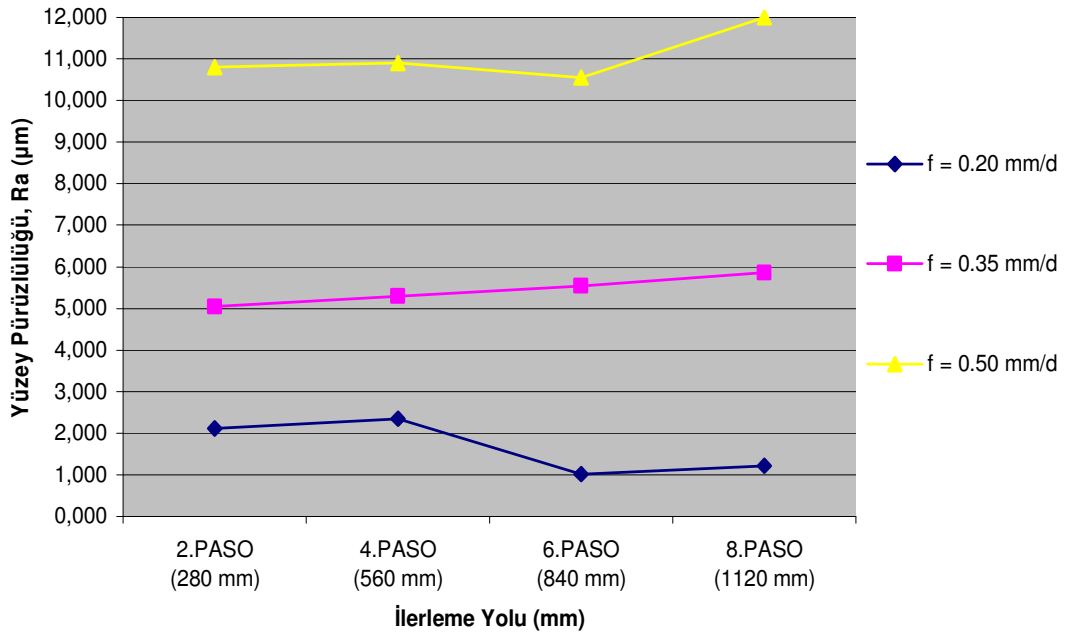
Şekil 4.39 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 59 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

TNMA220408 TiN Kaplı Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (Vc = 178 m/dk için)

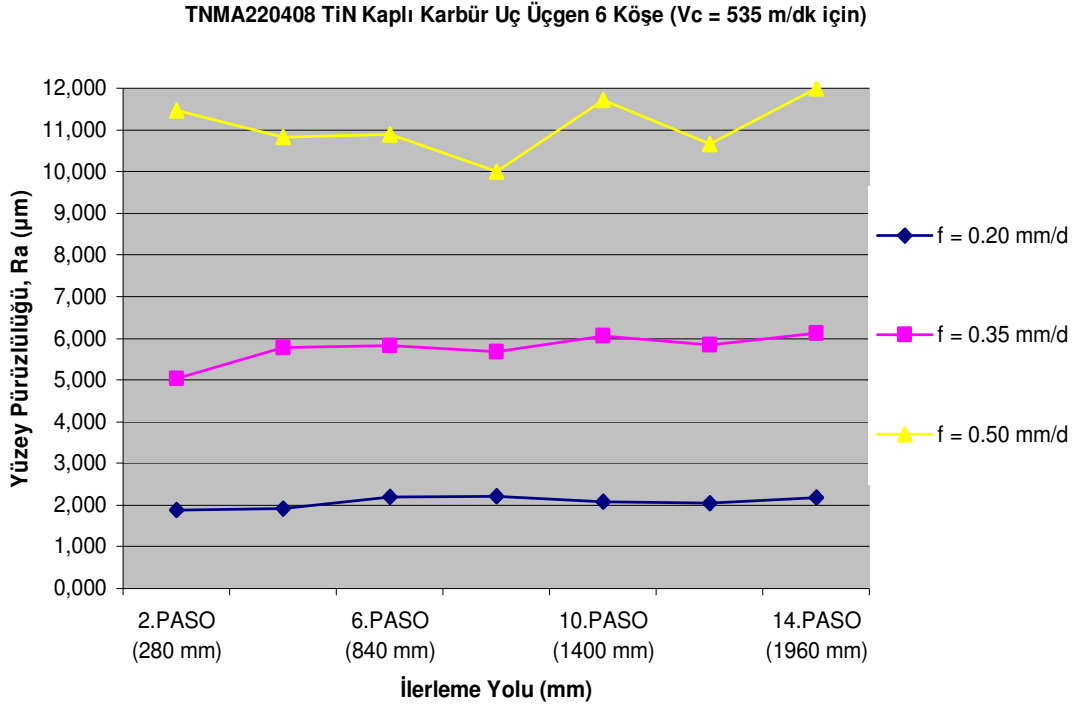


Şekil 4.40 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 178 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

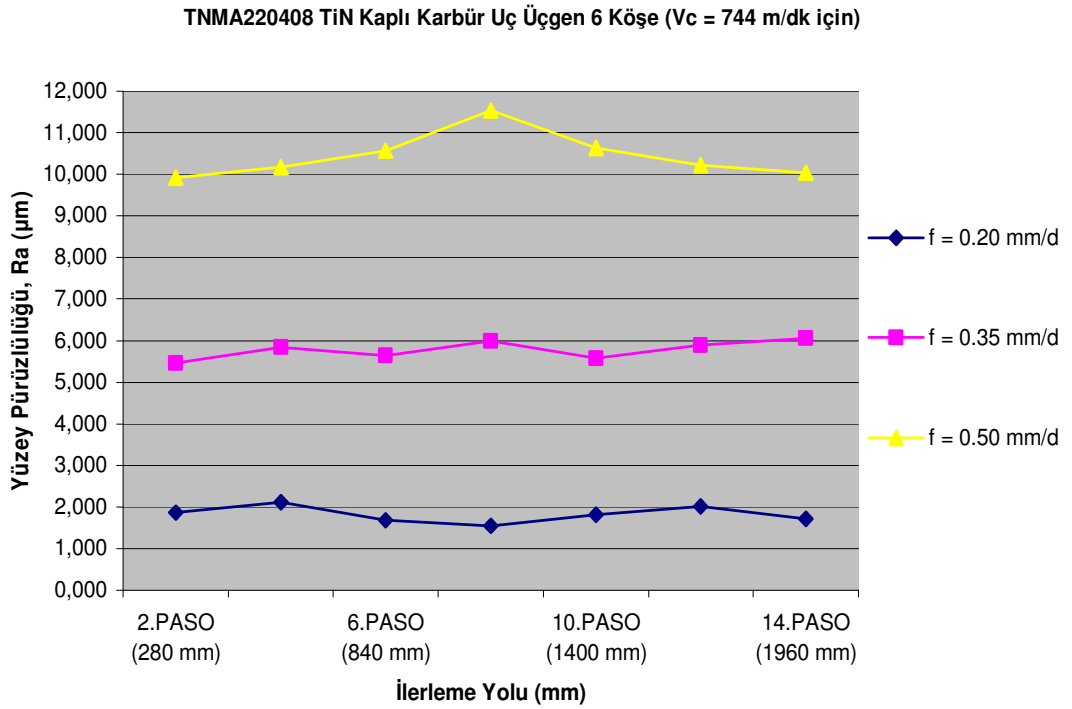
TNMA220408 TiN Kaplı Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (Vc = 297 m/dk için)



Şekil 4.41 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 297 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

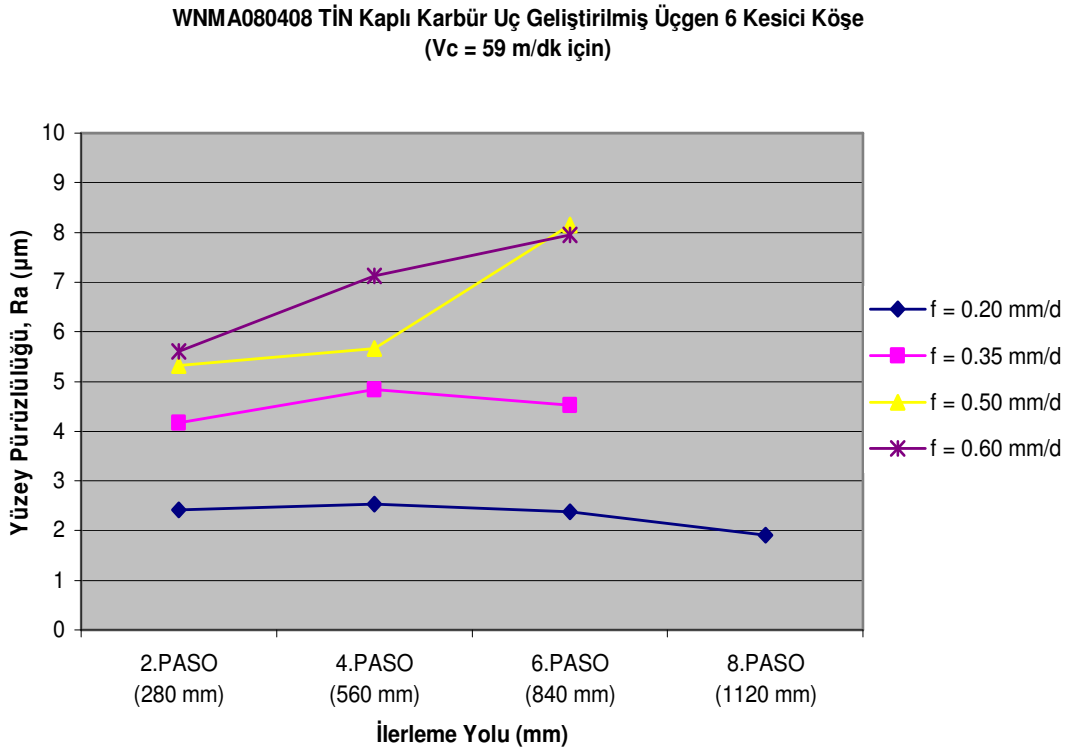


Şekil 4.42 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 535 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği



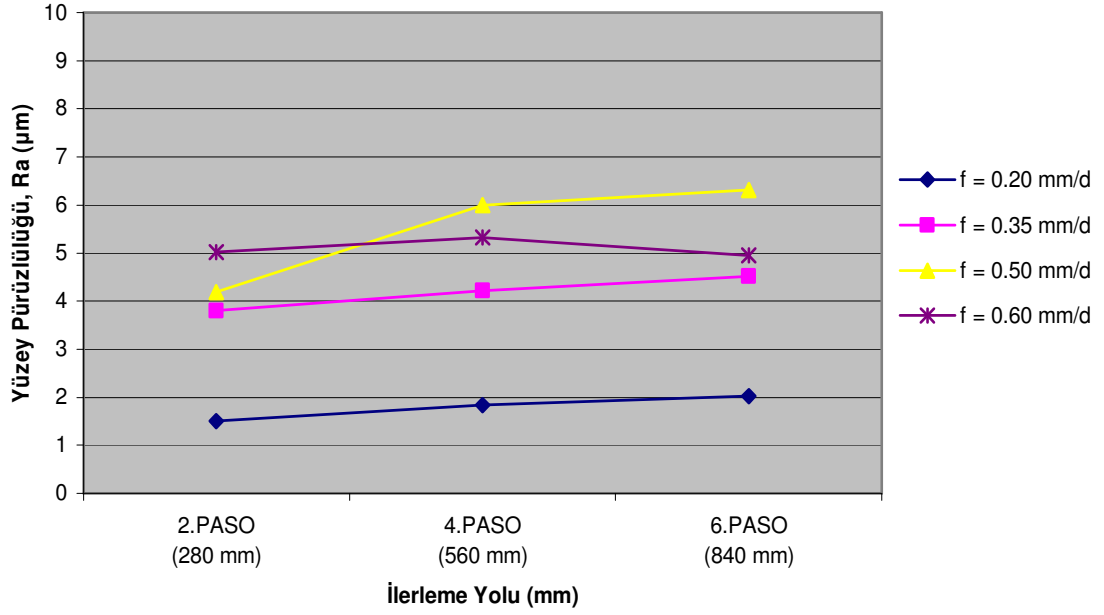
Şekil 4.43 TNMA220408 Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 744 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

Birinci kesici takımın (TNMA220408 Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takım), 0.60 mm/devir ilerlemede, yüzey pürüzlülük değerleri çok yüksek olduğundan ölçülememiştir. Kesme hızı arttıkça, yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır. Örneğin, 59 m/dk kesme hızında ve 0.20 mm/devir ilerlemede yüzey pürüzlülüğü, ortalama 3 µm civarında iken, 535 m/dk ve 744 m/dk kesme hızında ve 0.20 mm/devir ilerlemede pürüzlülük değeri, 1.5 -2 µm civarına düşmektedir. 0.35 mm/devir ilerlemenin üzerinde yüzey pürüzlülüğünün çok yüksek olduğu görülmektedir.



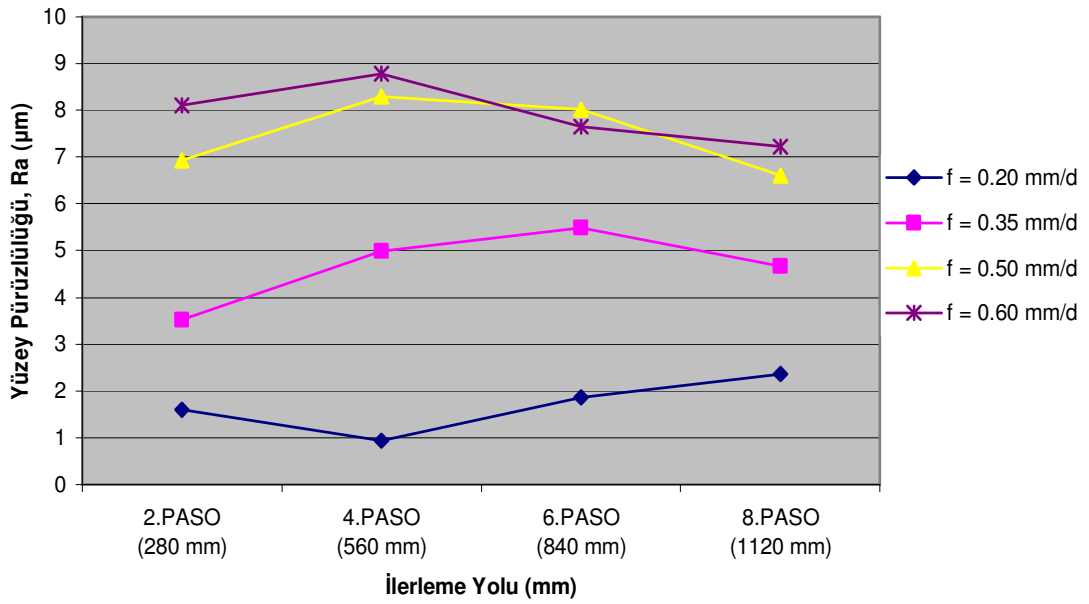
Şekil 4.44 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 59 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TiN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(Vc = 178 m/dk için)



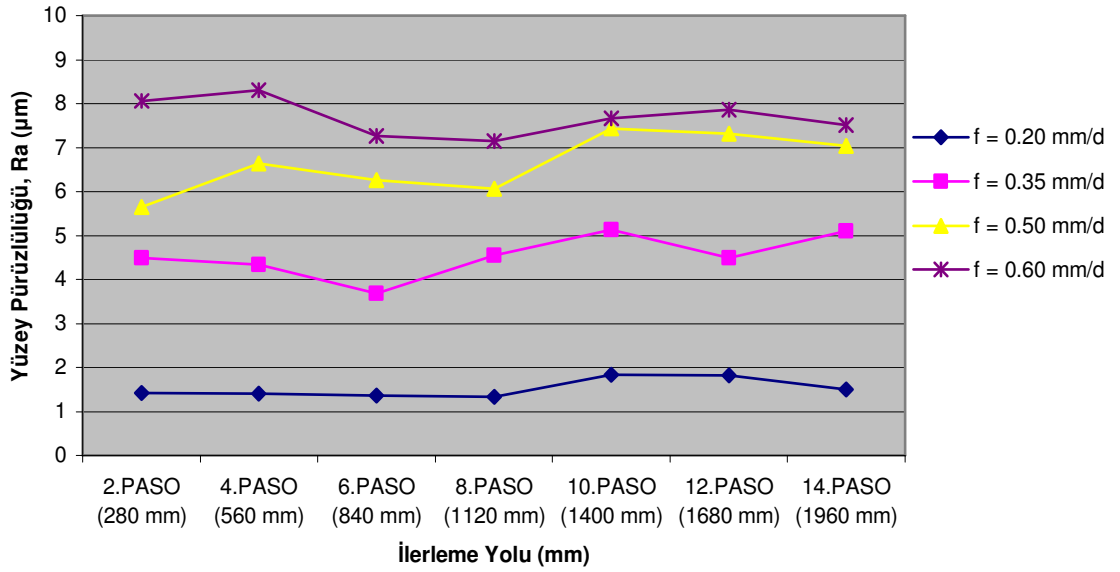
Şekil 4.45 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 178 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TiN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(Vc = 297 m/dk için)



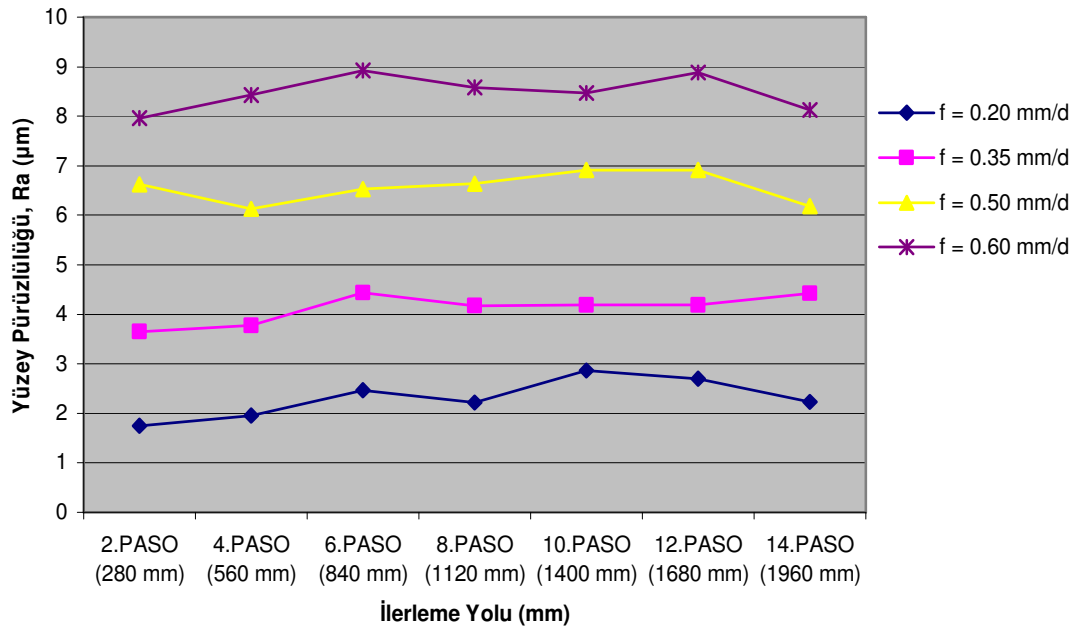
Şekil 4.46 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TiN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 297 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(Vc = 535 m/dk için)



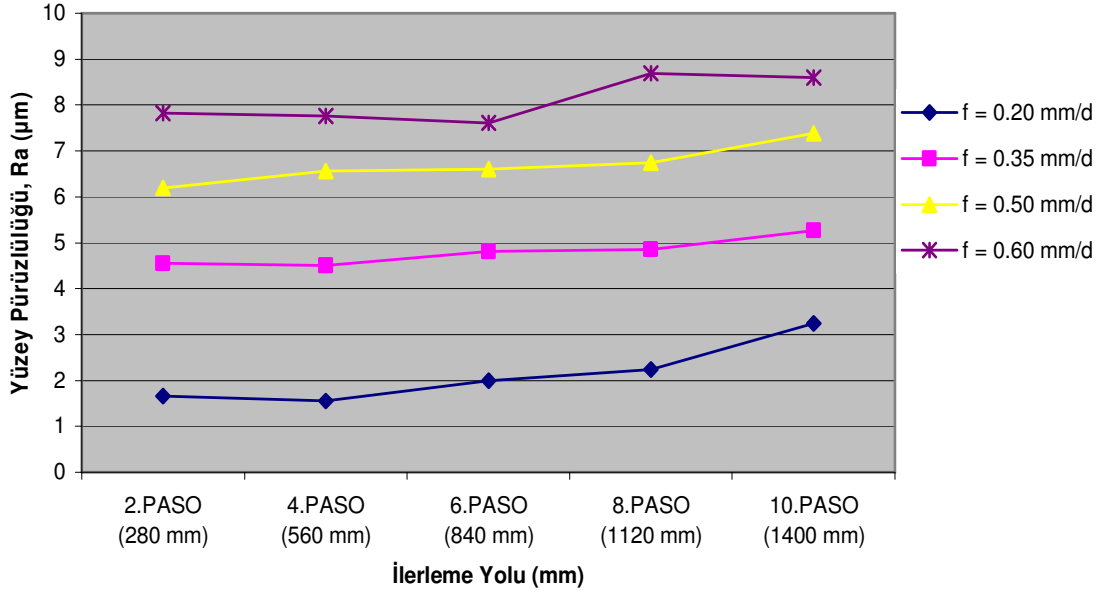
Şekil 4.47 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 535 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(Vc = 744 m/dk için)



Şekil 4.48 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 744 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

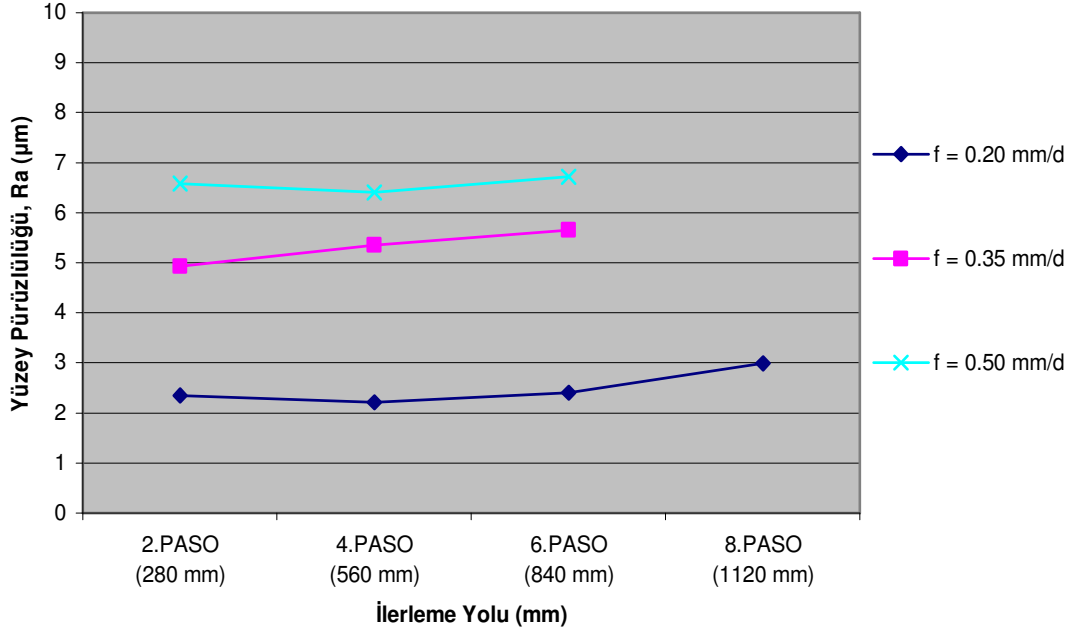
WNMA080408 TİN Kaplı Karbür Uç Geliştirilmiş Üçgen 6 Kesici Köşe
(Vc = 982 m/dk için)



Şekil 4.49 WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 982 m/dk Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

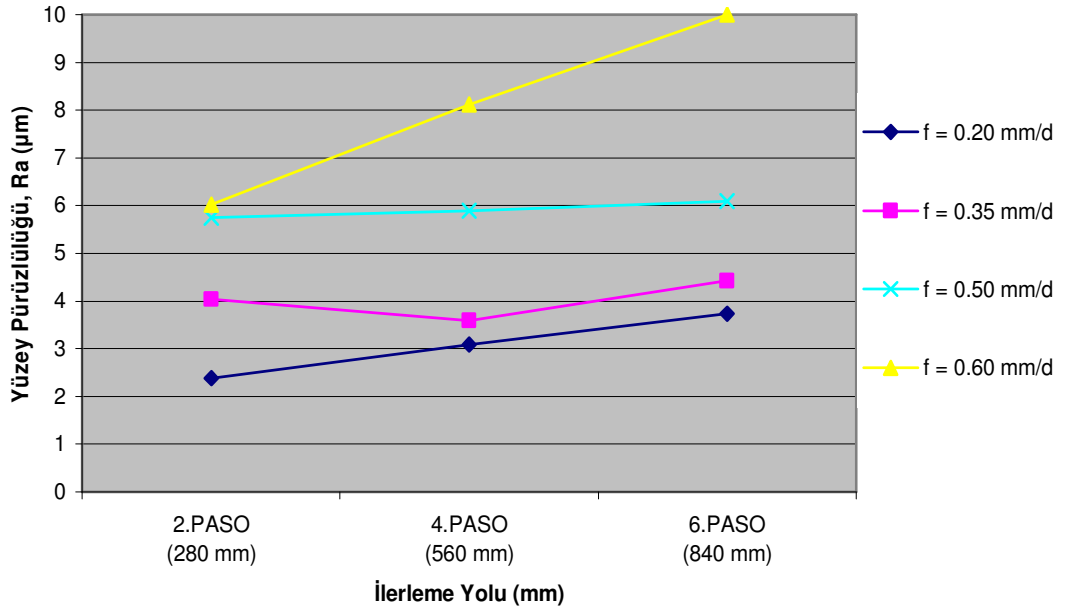
İkinci kesici takımın (WNMA080408 Geliştirilmiş Üçgen Formlu TİN Kaplı Karbür Kesici Takım), birinci kesici takımın aksine 0.60 mm/devir ilerlemede de yüzey pürüzlülük değerinin ölçülebildiği, ancak yüksek olduğu (ortalama 7 - 9 μm), kesme hızı arttıkça, 0.50 mm/devir ve 0.60 mm/devir yüksek ilerlemelerde, yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı, 0.20 mm/devir ve 0.35 mm/devir ilerlemelerde yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı, 982 m/dk kesme hızında tekrar arttığı görülmektedir. Söz konusu kesici takım ile düzgün yüzey elde etmek için en uygun kesme hızı aralığının, 300-500 m/dk ve en uygun ilerleme aralığının 0.35 - 0.50 mm/devir olduğu belirlenmiştir.

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 59 m/dk için)



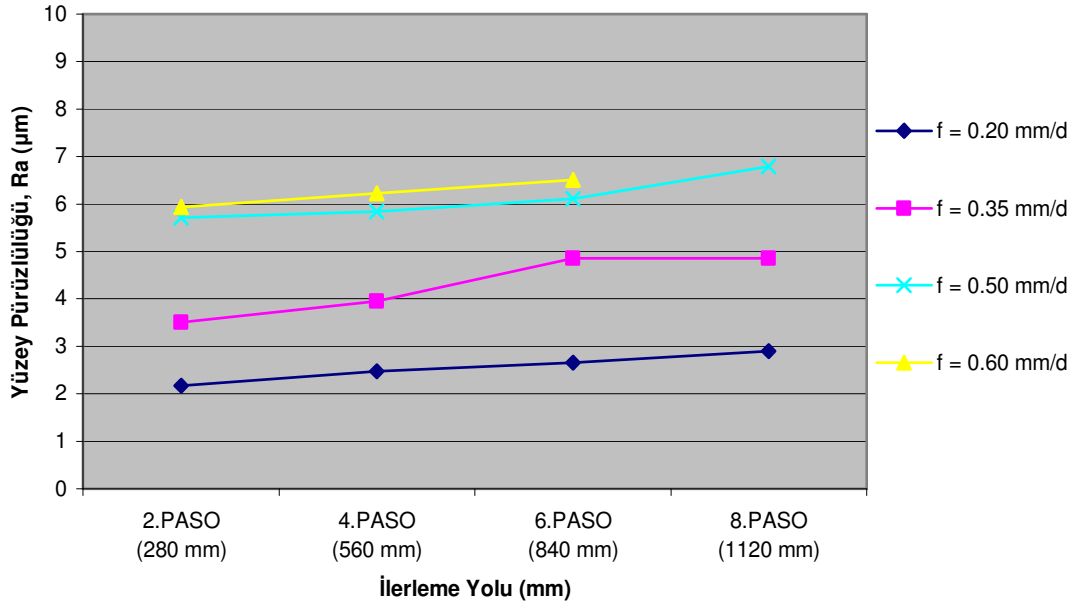
Şekil 4.50 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 59 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 178 m/dk için)



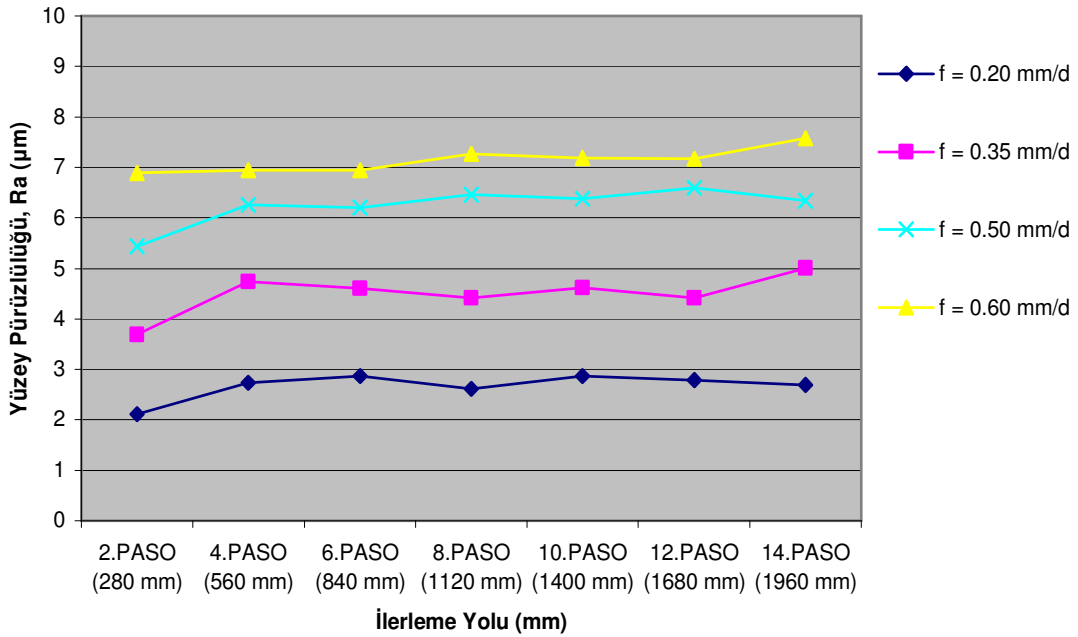
Şekil 4.51 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 178 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 297 m/dk için)



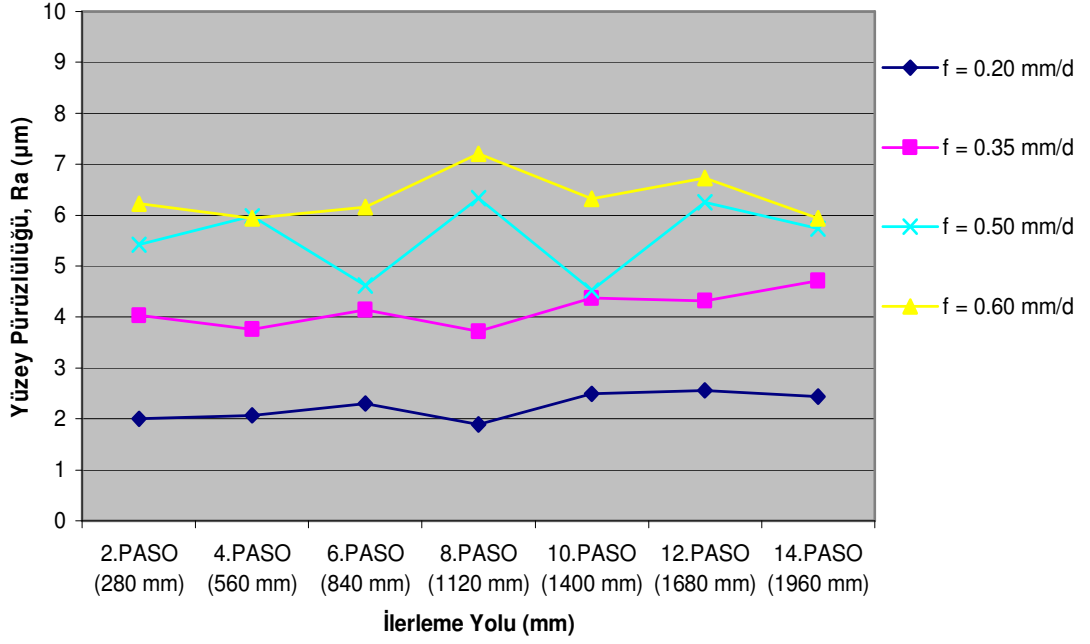
Şekil 4.52 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 297 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 535 m/dk için)



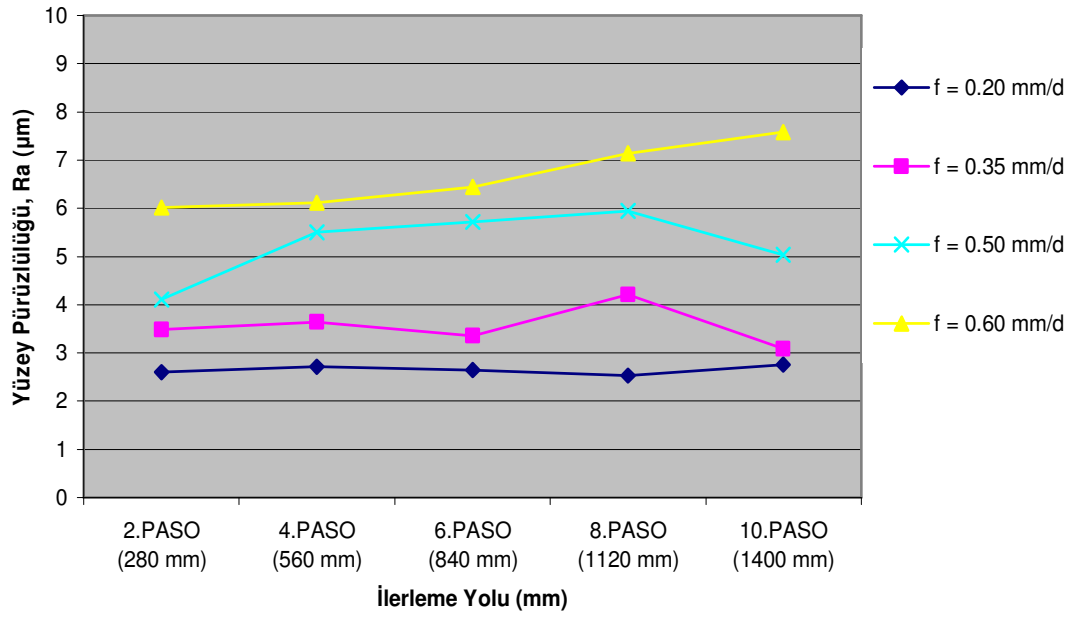
Şekil 4.53 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 535 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 744 m/dk için)



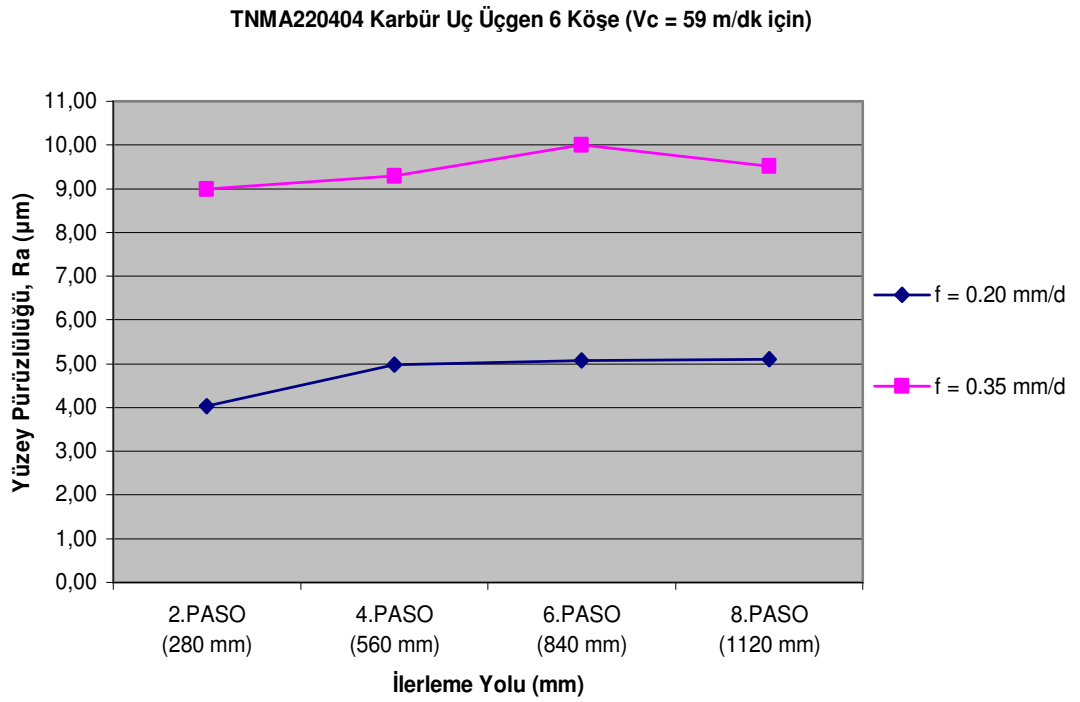
Şekil 4.54 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 744 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

CNMA120404 Seramik Kaplı Karbür Uç Baklava 4 Köşe (Vc = 982 m/dk için)



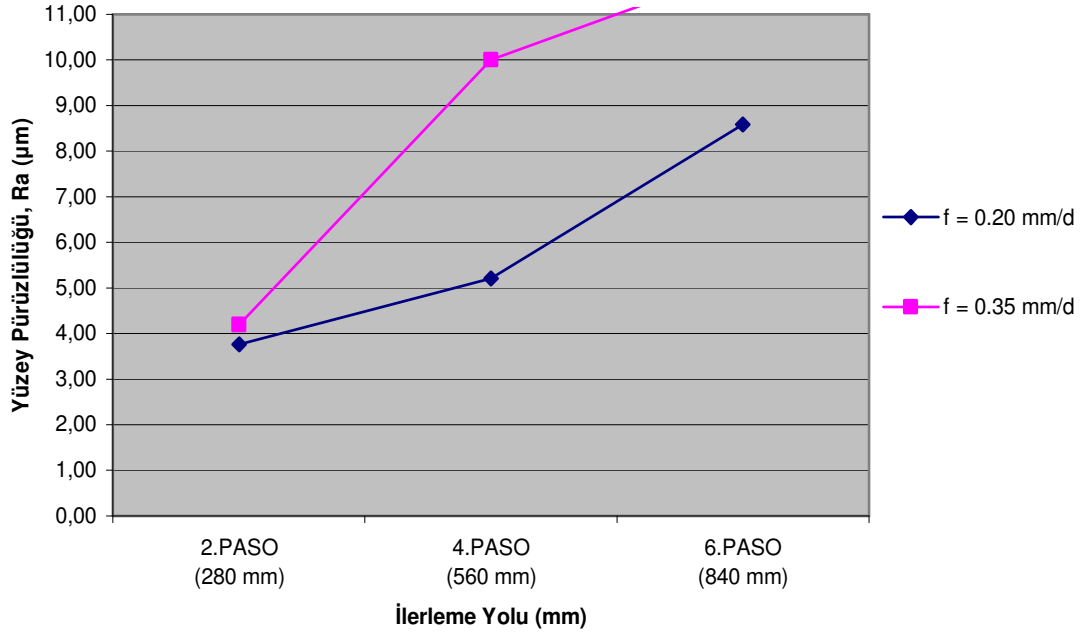
Şekil 4.55 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) Vc = 982 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

Üçüncü kesici takım (CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takım) ile 0.60 mm/devir ilerlemede bile, diğer takımların aksine, ortalama 6 - 7 μm yüzey pürüzlülüğü elde edilebilmekte, düşük ilerlemelerde ikinci kesici takım ile hemen hemen aynı yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmektedir. Söz konusu kesici takım ile düzgün yüzey elde etmek için en uygun kesme hızı aralığının, 300 - 700 m/dk ve en uygun ilerleme aralığının 0.35 - 0.50 mm/devir olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.56 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) $V_c = 59$ m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

TNMA220404 Karbür Uç Üçgen 6 Köşe (Vc = 178 m/dk için)



Şekil 4.57 TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takımın (6 Kesici Köşe) Vc = 178 m/dk İçin Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

Dördüncü kesici takımın (TNMA220404 Üçgen Formlu Karbür Kesici Takım), sadece 59 m/dk ile 178 m/dk düşük kesme hızlarında ve 0.20 mm/devir ile 0.35 mm/devir düşük ilerlemelerde yüzey pürüzlülük değerleri ölçülebilmiş, söz konusu değerlerin, 4 μ m den başlayarak arttığı görülmüştür. Bu kesici takım ile düzgün yüzey elde edilememiştir.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE YORUMLAR

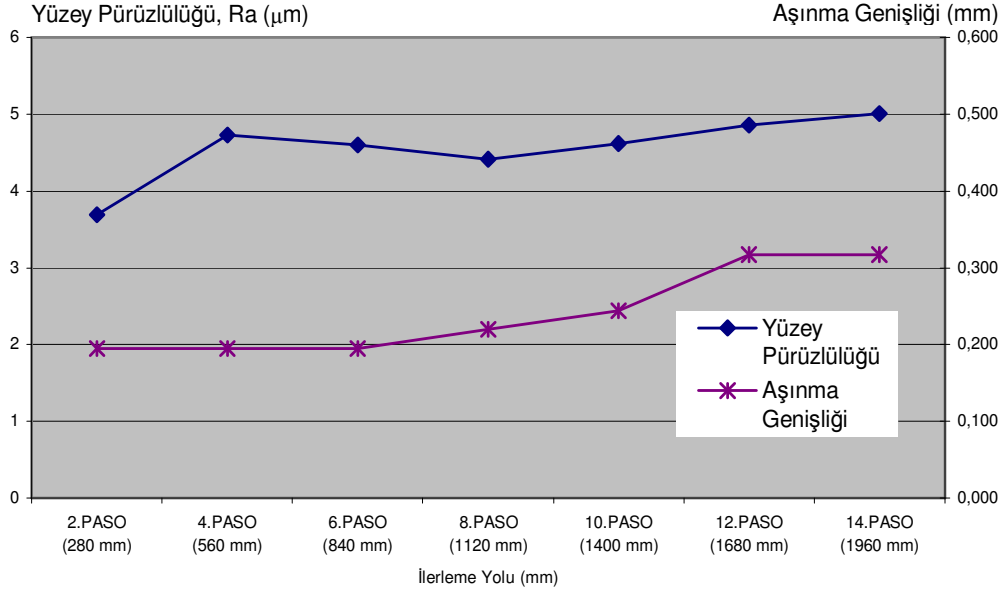
GG 22 lamel grafitli dökme demirin, CNC tezgahda talaş kaldırılması için 4 çeşit kesici takım üzerinde yapılan deney sonuçları ve grafikler mukayese edildiğinde;

1. TNMA220404 üçgen formlu karbür kesici takımın, 100 m/dk kesme hızı ve 0.35 mm/devir ilerleme değerlerinin üzerinde hemen aşındığı, 4 çeşit kesici takım içerisinde, aşınma dayanımı en az olan kesici takım olduğu görülmüştür. Bunun nedeni; kesici takım üzerinde, hiçbir kaplama elemanının (TiN, TiC vb.) kullanılmamış olması ve kesici köşe açısının küçük (60°) olmasıdır. Ayrıca, söz konusu kesici takım ile işlenen yüzeyler, düşük ilerleme hızlarında bile çok pürüzlü olmaktadır.

2. TNMA 220408 TiN kaplı üçgen formlu karbür kesici takımın, çabuk aşınmaması için 200-350 m/dk kesme hızı ve düşük ilerleme (0.30-0.40 mm/devir) değerlerinde kullanılabileceği görülmüş, ancak seri üretimde aşağıda belirtilen diğer 2 kesici takım ile daha hızlı talaş kaldırma yapılabileceği tespit edilmiştir. Kesici takımın kesici köşe açısı 60° dir. Ancak, TiN kaplı olması çabuk aşınmasını engellemektedir. Söz konusu kesici takım ile işlenen yüzeylerin pürüzlülüğü, en düşük ilerleme hızı olan 0.20 mm/devir ilerlemeyi geçince, 5 μm 'nin üzerine çıkmaktadır.

3. K15 kalite WNMA080408 TiN kaplı geliştirilmiş üçgen formlu karbür kesici takımın, düşük kesme hızlarında daha fazla aşındığı, 300-400 m/dk kesme hızı ve 0.35-0.50 mm/devir ilerleme değerlerinde seri üretime yönelik olarak kullanılabileceği görülmüştür. Kesici takımın TiN kaplı olması ve kesici köşe açısının 80° olması, aşınmasını yavaşlatmaktadır. Yüzey pürüzlülük değerinin, 982 m/dk gibi yüksek kesme hızı ve 0.40 mm/devir ilerleme değerlerinde bile, 5 μm 'nin üzerine çıkmadığı ve 14 ncü paso (1960 mm) sonunda da düzgün yüzey elde edilebildiği gözlenmiştir.

4. K20 kalite CNMA120404 Seramik kaplı baklava formu karbür kesici takımın, geliştirilmiş üçgen formu kesici takımında olduğu gibi, düşük kesme hızlarında daha fazla aşındığı, 350-600 m/dk kesme hızı ve 0.35-0.50 mm/devir ilerleme değerlerinde seri üretime yönelik olarak kullanılabileceği görülmüştür. Kesici takımın seramik kaplı olması ve kesici köşe açısının 80° olması, aşınmasını yavaşlatmaktadır. Yüzey pürüzlülük değerlerinin, geliştirilmiş üçgen formu kesici takıma göre daha düşük olduğu ve özellikle en yüksek ilerleme hızı olan 0.60 mm/devir ilerleme hızında ve 14 ncü paso (1960 mm) sonunda, 8 µm 'yi geçmeyen yüzeyler elde edildiği görülmüştür.



Şekil 5.1 CNMA120404 Baklava Formlu Seramik Kaplı Karbür Kesici Takımın (4 Kesici Köşe) $V_c=535$ m/dk ve $f = 0.35$ mm/d İçin Aşınma Genişliği / Yüzey Pürüzlülüğü - İlerleme Yolu Grafiği

5. Sonuçta; CNMA120404 Seramik kaplı baklava formu karbür kesici takımın aşınmaya en çok dayanan ve en düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilen kesici takım olduğu saptanmış, maliyet etkinliği incelendiğinde TiN kaplı uçlara göre daha ucuz olduğu belirlenmiştir. Şekil 5.1 'de görüldüğü gibi, söz konusu kesici takımın aşınma genişliği, ilerleme yolu ile birlikte artmakta, yüzey pürüzlülük değeri de buna paralel olarak yükselmektedir.

6. Deneyleer sonucunda; GG 22 lamel grafitli dökme demirden üretilen Landrover aracına ait motor silindir gömleklelerinin, CNC tezgahlarda tornalama işlemleri için belirlenen en uygun kriterler Tablo 5.1 'de belirtilmiştir:

Tablo 5.1 Landrover Aracına Ait Motor Silindir Gömleğinin Çap Tornalama İşlemi İçin Belirlenen En Uygun Kriterler

Kesici Takım	Devir Sayısı (d/dk)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme (mm/d)	Takım Ömrü (dk)
K10 - K20 Kalite, Seramik Kaplı, Baklava Formlu, Karbür Kesici Takım (CNMA 120404)	1800	535	0,35	45-50

7. Üniversal torna tezgahında, 59 m/dk hızla 0.12 mm/devir ilerleme ile 1 adet motor silindir gömleğinin çap tornalama işlemi 31,6 dk sürerken, CNC torna tezgahında aynı işlem, 250 m/dk kesme hızı, 0,35 mm/devir ilerleme ile 2,6 dk 'da yapılabilmekte, böylece % 92 zaman tasarrufu sağlanabilmektedir. CNC torna tezgahında üniversal tezgaha oranla, % 30 daha fazla kesici takım kullanılmaktadır. Toplamda, zaman tasarrufu daha fazla olduğundan, CNC tezgahlarda işleme daha ekonomik olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Çavuşoğlu, E.N., Döküm Teknolojisi 1, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya - Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul, (1992), 245, 289-416.
- [2] Avuncan, G., Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar, Makine Takım Endüstrisi A.Ş., Mavi Tanıtım ve Pazarlama Ltd.Şti., İstanbul, (1998), 19-37, 51-55.
- [3] Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1992), 112, 134.
- [4] <http://www.mech.uwa.edu.au/~liu/Lectures/EF420>, (2002).
(Web sayfasındaki kaynağa erişim tarihi 06.02.2006 'dır).
- [5] <http://www.mas.dti.gov.uk/pluto-resources/1130402364160.pdf>, (2005).
(Web sayfasındaki kaynağa erişim tarihi 06.02.2006 'dır).
- [6] <http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2001/adi/cast.iron.html>, (2001).
(Web sayfasındaki kaynağa erişim tarihi 08.02.2006 'dır).
- [7] Anayurt, M., Ferizoğlu, T., Öztürk, Ş., Sadioğlu, S., Erkeksoy, İ., Demir Döküm Teknolojisi, KOSGEB Dökümhane Geliştirme İhtisas Merkezi, Ankara, (1994), 120, 125, 135.
- [8] Groover, M.P., A survey on the Machinability of Metals, SME Technical Paper, (1976), 82.
- [9] Vidosic, J.P., Metal Machining, New York, (1984), 258.
- [10] Shaw, M.C., "Metal Cutting Principles", *MIT Press*, Cambridge, (1995), 15.
- [11] Merchant, M.E., "Basic Mechanics of the Metal Cutting Processes", *Journal of Applied Mechanics*, (1994), 32, 33.
- [12] Akkurt, M., Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1985), 122, 126.
- [13] Hoper, D.A., "Cutting Fluids - Peton Pest", *Tribology International*, (1977), 23-27.
- [14] Lorenz, G., "Comprehensive Tool Wear Equations Obtained from Accelerated Facing Tests", Australia, (1973), 3-6.
- [15] Srinivas, B.K., Optimum Tool Life, (1976), 89.

- [16] Akün F., Takım Tezgahları, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, (1978), 74, 105.
- [17] Boston, W., “Metal Cutting Process and Power Requirements for Machinetools”, (1982), 7.
- [18] Srivastava, A.K., Finn, M.E., “Machinability of Cast Iron”, *TechSolve*, Ohio, (2005), 18.
- [19] <http://www.moderncasting.com/MoreInfo/0405/MoreInfo0405.pdf>, (2002). (Web sayfasındaki kaynağa erişim tarihi 16.01.2006 ‘dır).
- [20] VEB Carl Zeiss Jena, Neophot 2 Large Incident - Light Camera Microscope Instruction Manual (1992), 5-14.
- [21] TS 138 EN 10002-1, “Metalik Malzemeler - Çekme Deneyi - Bölüm 1 : Ortam Sıcaklığında Deney Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, (Nisan 2004), 2-10.
- [22] Aşkun, Y., Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi, Ankara, (2001), 58.
- [23] <http://www.sciencedirect.com>, “The Effects of Austempering Temperature and Time onto the Machinability of Austempered Ductile Iron”, (2005). (Web sayfasındaki kaynağa erişim tarihi 12.04.2006 ‘dır).
- [24] Eleftheriou, E., Bates, C.E., Effects of Inoculation on Machinability of Gray Cast Iron, Vol.122, AFS Transactions, (1999), 659-669.
- [25] Güleyüpoğlu, S., Casting Process Design Guidelines, Vol.83, AFS Transactions, (1997), 869-876.