

150106

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CNC TORNA TEZGAHLARINDA TALAŞ KALDIRMA ESNASINDA
TAKIM UCUNDA MEYDANA GELEN ISININ
DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

150106

Faruk KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2004

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CNC TORNA TEZGAHLARINDA TALAŞ KALDIRMA ESNASINDA
TAKIM UCUNDA MEYDANA GELEN ISININ
DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Faruk KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez, ~~22.09.2004~~ tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / ~~başarısız~~ olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cebeli ÖZEK

Üye: Yrd. Doç. Dr. Vedat SAYAŞ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Niyazi ÇİZDEMİR

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28/...01/...2004. tarih ve 4/3 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren ve her zaman desteğini gördüğüm danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cebeli ÖZEK'e teşekkür ederim.

Gerek deneylerin yapılmasında, gerek tezin hazırlanmasında beni yalnız bırakmayarak her konuda yardımcı olan bölümümüz Yüksek Lisans öğrencisi olan arkadaşım Onur ÖZSOLAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca manevi desteğini gördüğüm değerli arkadaşım Engin ÜNAL'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalar için bana atölye imkanlarını sağlayan başta, T.E.F. Makine Eğitimi Bölüm başkanı sayın Prof. Dr. Nazif DİNÇER ve atölye teknisyenlerine teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	III
TABLolar LİSTESİ	V
SEMBOLLER LİSTESİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler	5
2.1.1. Mikroyapılar	5
2.1.2. Mekanik Özellikleri	8
2.1.3. Korozyon özellikleri	10
2.1.3.1. Genel Korozyon	10
2.1.3.2. Çukurcuk (Oyuk) Korozyonu	10
2.1.3.3. Tanelerarası korozyon	10
2.2. Talaş Kaldırma Mekanizması ve Talaş Tipi	10
2.2.1. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler	13
2.2.1.1. Takım Geometrisi	13
2.2.1.2. Talaş Geometrisi	13
2.2.1.3. Kesme Hızı	16
2.2.1.4. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü	17
2.2.1.5. Diğer Faktörler	18
2.3. Kesici Takım Malzemeleri	19
2.3.1. Takım Çelikleri	20
2.3.1.1. Karbon (Alaşsız) Takım Çelikleri	21
2.3.1.2. Az Alaşımlı Takım Çelikleri	21
2.3.1.3. Hız Çelikleri (HSS, SS)	21
2.3.2. Demir Olmayan Metalik Alaşımlar	22
2.3.3. Sinterlenmiş Karbürler	22
2.3.4. Seramikler	23
2.3.5. Elmaslar	24
2.3.6. Genel Kesici Takım Malzemeleri	24
2.4. Kesici Takım Aşınması ve Ömrü	25
2.4.1. Kesici Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler	26
2.4.2. Kesici Takım Aşınma Tipleri	26
2.4.2.1. Yan Kenar Aşınması	27
2.4.2.2. Talaş Yüzeyi Aşınması	27
2.4.2.3. Boşluk Yüzeyi Aşınması	28
2.4.2.4. Mekanik Hasar veya Kırılma	28
2.4.2.5. Çentik Aşınması	29
2.4.3. Kesici Takım Aşınmasının Ölçülmesi	29
2.4.3.1. Aşınmada Kullanılabilecek Aygıtlar	29
2.4.4. Kesici Takım Ömrü ve Ömür Test İşlemi	30
2.4.4.1. Geliştirilmiş Takım Ömrü Denklemi	31
2.4.5. Kesici Takımlarda Aşınma Mekanizmaları	32
2.4.5.1. Adhezyon Aşınması	33
2.4.5.2. Abrasyon Aşınması	34
2.4.5.3. Yapışma Aşınması	35
2.4.5.4. Difüzyon Aşınması	35
2.4.5.5. Plastik Deformasyon	36

2.4.5.6 Yüksek Sıcaklıkta Kaymayla Oluşan Plastik Deformasyon.....	37
2.4.5.7. Kimyasal Reaksiyonla Oluşan Aşınma	38
2.5. Talaş Kaldırma İşleminde Sıcaklık Dağılımı	39
2.5.1. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi	39
2.5.2. Isı Oluşumu	40
2.6.1.1 Deformasyon Bölgelerinde Isı Oluşumu ve Sıcaklık.....	41
2.6.1.2 Sıcaklık dağılımı.....	45
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
3.1. Çalışmanın Amacı	47
3.2. Deney Malzemelerinin Seçimi ve Numunelerin Hazırlanması	47
3.3. Yüzey İşleme Deneyleri.....	50
3.3.1. Tornalama	50
3.3.2. Sıcaklık Ölçümleri.....	51
3.3.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri	52
3.3.4. Aşınma Ölçümleri.....	52
4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME.....	53
4.1. Sıcaklık Ölçüm Sonuçları	53
4.1.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları	53
4.1.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları	59
4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları	65
4.2.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları	65
4.2.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları 72	
4.3. Kesici Takım Yüzey Aşınması Ölçüm Sonuçları.....	78
4.3.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Aşınma Sonuçları.....	78
4.3.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Aşınma Sonuçları.....	84
5. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER 90	
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ	
EKLER	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Fe-% 18 Cr-% 8 Ni paslanmaz çeliklerin yapısı üzerine karbonun etkisi	5
Şekil 2.2 Tip 301 ve 304 paslanmaz çeliklerin gerilim-gerinim eğrileri	8
Şekil 2.3 Takım modeli ve ortagonal kesme	11
Şekil 2.4 Talaş kaldırma olayı	12
Şekil 2.5 Talaş tipleri	13
Şekil 2.6 Talaş geometrisi	14
Şekil 2.7 Talaş kaldırma modeli (a) ve tornalamada talaş boyutları (b)	15
Şekil 2.8 Paso tanımı	16
Şekil 2.9 Talaş kaldırma kuvvetleri	18
Şekil 2.10. Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi	26
Şekil 2.11. Meyilli kesme esnasında değişik aşınma alanlarını gösteren aşınmış bir takım	27
Şekil 2.12. Taylor takım ömür eğrisinin oluşturulması	30
Şekil 2.13. Yüksek hız çeliği takım ile üç farklı çelik işlendiğinde kesme hızı-ömür eğrisi	31
Şekil 2.14 Büyük değişim katsayılı normal log dağılımına sahip rasgele değişken olarak takım ömür görünümü	32
Şekil 2.15 Kesici takımlarda oluşan aşınma mekanizmaları	33
Şekil 2.16 Adhezyon aşınmasının meydana gelişi	34
Şekil 2.17 Yüksek hız çeliği kesici takımı üzerinde oluşan aşınma mekanizmaları	34
Şekil 2.18 Basma gerilimi altında plastik deformasyon	37
Şekil 2.5. Yüksek hız çeliği takımında kayma şartları altında meydana gelen çentik aşınmasının şematik görünümü	39
Şekil 2.20 Talaş kaldırmada ısı kaynakları	41
Şekil 2.21 Talaş kaldırma işleminde hızlar	42
Şekil 2.22 Kesme sıcaklıkları konusunda teorik çalışmalarda kullanılan, kesme işleminin idealize edilmiş modeli	43
Şekil 2.23 Γ -R.tg (ϕ) arasındaki ilişki	43
Şekil 2.24 Isıl analizlerde kabul edilen talaşın sınır şartları	44
Şekil 2.25 İkinci deformasyon bölgesinin genişliğinin talaş sıcaklığına etkisi	44
Şekil 2.26 İkinci deformasyon bölgesinde, talaş kesitinde oluşan deformasyon	45
Şekil 2.27 Sıcaklık dağılımı	45
Şekil 3.1 Deney numuneleri	49
Şekil 3.2 Kesici takımın şematik gösterimi	50
Şekil 3.3 Kesme işleminin şematik gösterimi	51
Şekil 4.1 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	53
Şekil 4.2 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	54
Şekil 4.3 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	54
Şekil 4.4 $a = 0,5$ mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	55
Şekil 4.5 $a = 1$ mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	55
Şekil 4.6 $a = 2$ mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	56
Şekil 4.7 $a = 0,5$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	56
Şekil 4.8 $a = 1$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	57
Şekil 4.9 $a = 2$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	57
Şekil 4.10 $a = 1$ mm talaş miktarında kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi	58
Şekil 4.11 $a = 2$ mm talaş miktarında kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi	58
Şekil 4.12 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	59
Şekil 4.13 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	60
Şekil 4.14 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi	60
Şekil 4.15 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	61
Şekil 4.16 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	61
Şekil 4.17 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi	62

Şekil 4.18 a = 0,5 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	62
Şekil 4.19 a = 1 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	63
Şekil 4.20 a = 2 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi	63
Şekil 4.21 a = 1 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi	64
Şekil 4.22 a = 2 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi	64
Şekil 4.23 f = 0,1 mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	65
Şekil 4.24 f = 0,2 mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	66
Şekil 4.25 f = 0,4 mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	66
Şekil 4.26 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	67
Şekil 4.27 a = 1 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	67
Şekil 4.28 a = 2 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	68
Şekil 4.29 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	68
Şekil 4.30 a = 1 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	69
Şekil 4.31 a = 2 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	69
Şekil 4.32 a = 1 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	70
Şekil 4.33 a = 2 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	70
Şekil 4.34 f = 0,1 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak pürüzlülük değişimi	72
Şekil 4.35 f = 0,2 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak pürüzlülük değişimi	72
Şekil 4.37 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	73
Şekil 4.38 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	74
Şekil 4.39 a = 2 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi	74
Şekil 4.40 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	75
Şekil 4.41 a = 1 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	75
Şekil 4.42 a = 2 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	76
Şekil 4.43 a = 1 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	76
Şekil 4.44 a = 2 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi	77
Şekil 4.45 f = 0,1 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	78
Şekil 4.46 f = 0,2 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	78
Şekil 4.47 f = 0,4 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	79
Şekil 4.48 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi	79
Şekil 4.49 a = 1 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi	80
Şekil 4.50 a = 2 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi	80
Şekil 4.51 a = 0,5 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	81
Şekil 4.52 a = 1 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	81
Şekil 4.53 a = 2 mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	82
Şekil 4.54 a = 1 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi	82
Şekil 4.55 a = 2 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi	83
Şekil 4.56 f = 0,1 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	84
Şekil 4.57 f = 0,2 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	84
Şekil 4.58 f = 0,4 mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi	85
Şekil 4.59 a = 0,5 mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi	85
Şekil 4.60 a = 1 mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi	86
Şekil 4.61 a = 2 mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi	86
Şekil 4.62 a = 0,5 mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	87
Şekil 4.63 a = 1 mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	87
Şekil 4.64 a = 2 mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi	88
Şekil 4.65 a = 1 mm talaş derinliğinde kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi	88
Şekil 4.66 a = 2 mm talaş derinliğinde kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi	89

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Dövme Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kimyasal Kompozisyonları ve Tipik Uygulamaları.....	6
Tablo 2.2 Tavlınmış Standart Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Tipik Oda Sıcaklığı Özellikleri.....	9
Tablo 2.3 Sert metallerin (HM) sınıflandırılması.....	23
Tablo 3.1 Kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi (%Ağırlık).....	49
Tablo 3.2 Deneylerde kullanılan parametreler.....	50
Tablo 4.1 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	53
Tablo 4.2 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	54
Tablo 4.3 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	54
Tablo 4.4 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	55
Tablo 4.5 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	55
Tablo 4.6 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	56
Tablo 4.7 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	56
Tablo 4.8 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	57
Tablo 4.9 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	57
Tablo 4.10 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	58
Tablo 4.11 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	58
Tablo 4.12 $f = 0,1$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	59
Tablo 4.13 $f = 0,2$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	60
Tablo 4.14 $f = 0,4$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	60
Tablo 4.15 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	61
Tablo 4.16 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	61
Tablo 4.17 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	62
Tablo 4.18 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	62
Tablo 4.19 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	63
Tablo 4.20 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	63
Tablo 4.21 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	64
Tablo 4.22 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.....	64
Tablo 4.23 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	65
Tablo 4.24 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	66
Tablo 4.25 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	66
Tablo 4.26 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	67
Tablo 4.27 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	67
Tablo 4.28 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	68
Tablo 4.29 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	68
Tablo 4.30 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.....	69

Tablo 4.31 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	69
Tablo 4.32 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	70
Tablo 4.33 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	70
Tablo 4.34 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	72
Tablo 4.35 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	72
Tablo 4.36 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	73
Tablo 4.37 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	73
Tablo 4.38 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	74
Tablo 4.39 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	74
Tablo 4.40 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	75
Tablo 4.41 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	75
Tablo 4.42 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	76
Tablo 4.43 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	76
Tablo 4.44 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.	77
Tablo 4.45 $f = 0,1$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	78
Tablo 4.46 $f = 0,2$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	78
Tablo 4.47 $f = 0,4$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	79
Tablo 4.48 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	79
Tablo 4.49 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	80
Tablo 4.50 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	80
Tablo 4.51 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	81
Tablo 4.52 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	81
Tablo 4.53 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	82
Tablo 4.54 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	82
Tablo 4.55 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	83
Tablo 4.56 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	84
Tablo 4.57 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	84
Tablo 4.58 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	85
Tablo 4.59 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	85
Tablo 4.60 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	86

Tablo 4.61 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	86
Tablo 4.62 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	87
Tablo 4.63 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	87
Tablo 4.64 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	88
Tablo 4.65 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	88
Tablo 4.66 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.	89



SİMGELER LİSTESİ

λ	: Eğim açısı (°)
β	: Kama açısı (°)
ϕ	: Kesme açısı (°)
α	: Serbest açı (°)
ρ	: Sürtünme açısı (°)
μ	: Sürtünme katsayısı
γ	: Talaş açısı (°)
η	: Verim
ϕ_c	: Talaşla taşınan ısı miktarı (Kcal)
τ_k	: Kesme mukavemeti (N/mm ²)
ϕ_m	: Toplam ısı miktarı (Kcal)
λ_s	: Büzülme faktörü
θ_s	: Kayma bölgesi sıcaklığı (°C)
ϕ_t	: Takıma iletilen ısı miktarı (Kcal)
ϕ_w	: İş parçasına iletilen ısı miktarı (Kcal)
θ_w	: Ortam sıcaklığı (°C)
a	: Talaş derinliği (mm)
A.D.	: Aşınma değeri (%ağırlık)
b	: Talaş genişliği (mm)
cp	: Volümetrik spesifik ısı (Kcal)
f	: İlerleme miktarı (mm/dev)
F_b	: Basma kuvveti (N)
F_f	: Sürtünme kuvveti (N)
F_k	: Makaslama kuvveti (N)
F_r	: Radyal kuvvet (N)
F_s	: Kesme kuvveti (N)
F_z	: Talaş kaldırma kuvveti (N)
h	: Talaş kalınlığı (mm)
K.K.	: Kaybolan kütle (gr)
L	: Kesme boyu (mm)
l	: Talaş uzunluğu (mm)
n	: Devir sayısı (d/d)
P_m	: Motor gücü (KW)
P_s	: Kesme gücü (KW)
Q_c	: II. Deformasyon bölgesindeki ısı miktarı (Kcal)
Q_f	: III. Deformasyon bölgesindeki ısı miktarı (Kcal)
Q_s	: I. Deformasyon bölgesindeki ısı miktarı (Kcal)
Q_t	: Toplam ısı miktarı (Kcal)
R	: Isıl katsayı
T	: Sıcaklık (°C)
T.K.	: Toplam kütle (gr)
u	: İlerleme hızı (mm/dak)
V	: Kesme hızı (m/dak)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CNC TORNA TEZGAHLARINDA TALAŞ KALDIRMA ESNASINDA TAKIM UCUNDA MEYDANA GELEN ISININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Faruk KARACA

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

2004, Sayfa : 90

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte rekabet ortamı içerisinde en kaliteli imalatı, en ucuza ve en kısa sürede yapmak gerekmektedir. Modern talaşlı şekillendirme işlemlerinde talaş kaldırma hızlarının artmasıyla, işlem esnasındaki ısı etkileri daha önemli bir durum arz etmektedir. Metallerin ortogonal talaş kaldırılması esnasında oluşan sıcaklıkların belirlenmesi bir çok araştırmaya konu olmuştur. İşlem esnasında harcanan enerji, kayma düzlemi olarak adlandırılan, birinci deformasyon bölgesi ve takım talaş ara yüzeyi olarak ifade edilen iki temel bölgede ısıya dönüşür.

Talaş oluşumu esnasında, olaya doğrudan ve dolaylı etkileri olan önemli faktörlerden biri sıcaklıktır. Sıcaklık, iki temel bölgede yükselmekte ve başlangıçta talaşta deformasyona daha sonra da takım ucunda aşınmaya neden olmaktadır.

Diğer taraftan, metallerin talaşlı işlenmesinin bulunduğu her endüstrinin verimliliğini etkileyen diğer önemli parametrelerden biri, kullanılan takımın aşınma özelliğidir. Talaş kaldırma esnasında takım ucunda meydana gelen ısı oluşumu ve buna bağlı takımda meydana gelen aşınma günümüz seri imalat tezgahlarında önemli bir problem olarak düşünülmektedir.

Bu tezde, talaş kaldırma esnasında oluşan ısının takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir. Bu konuda farklı takım uçları ve kesme koşulları kullanılarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deneysel verilere göre kullanılan takımlara bağlı olarak uygun kesme parametreleri yorumlanmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kesici Takım, Isı transferi, Aşınma, Östenitik Paslanmaz Çelik AISI 304, İşlenebilirlik.

ABSTRACT

Master Thesis

THE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE HEAT GENERATION ON THE TOOL NOSE DURING CHIP REMOVING ON CNC TURNING MACHINE

Faruk KARACA

Firat University

Graduate School of Science

Department of Mechanical Education

2004, Page : 90

In the competition world as a result of technological developments, it was needed that making good quality most cheaply and quickly. With the ever increasing cutting speeds used in modern machining operations the thermal aspect of cutting become more and more important. Determination of the temperatures in the removing metal during orthogonal machining has been the subject of many investigations. The rate of energy consumed during machining is converted into heat in the two main regions of plastic deformation in the chip around the so called shear plane and the tool-chip interface.

During chip formation, one of the more important factor that affect this formation by the direct or indirect way is temperature. Temperature rises in the main two zones, and primarily deformed the chip then result wear.

On the other hand, one of the other important parameter that influence of productivity of every industry, involved in metal cutting, is the behavior of wear of the cutting tools. Heat generation at the nose of the cutting tool has become a problem of increasing importance in modern automated machining operations.

In this thesis, the effect of the generated heat on the tool wear and surface quality during machining has been researched. The experimental study is carried out different cutting tools and cutting conditions. Appropriate cutting parameters are explained dependent upon the experimental results.

Keywords: Cutting Tool, Heat Transfer, Wear, Austenitic Stainless Steel AISI 304, Machinability.

1. GİRİŞ

Talaşlı şekillendirme işlemleri, endüstride yaygın şekilde uygulama alanı bulan şekillendirme yöntemlerinden biridir. Endüstriyel alanda, talaşlı şekillendirme konuları, tüm imalat yöntemleri göz önüne alındığında imalatın büyük bir kısmını kapsamaktadır.

Günümüzde teknolojik gelişmelerle birlikte rekabet ortamı içerisinde en kaliteli imalatı, en ucuza ve en kısa sürede oluşturmak gerekmektedir. Bu nedenle imalat sürecindeki değişimler günden güne artmaktadır. Talaşlı şekillendirmede kesme hızlarının artmasıyla oluşan ısı etkiler daha da önemli bir durum arz etmektedir. Bunun yanı sıra CNC (Computer Numeric Control) tezgahlarındaki gelişmelerle birlikte talaş oluşumu ve takım aşınması günümüzde oldukça büyük bir öneme sahiptir. CNC tezgahları başta olmak üzere tüm talaşlı şekillendirme tezgahlarında talaş kontrolü ve kabul edilebilir imalatların elde edilmesi gerekmektedir.

Talaş kırılması pek çok değişkenden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmektedir. Bu değişkenlerden biri de kesme işlemi esnasında oluşan ısıdır. Bu da kesme işlemini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir.

Takım kesici uçları ile çeşitli iş parçaları değişik yöntemlerle işlenmektedir. İş parçası yumuşak, sert, sünek, gevrek, lif veya ufalanabilen cinsten malzeme olabilirler. Bazı talaş kaldırma yöntemleri, sürekli kesme yapan uçlarla yapılabilir (tornalama ve delme). Diğerleri takımın karakteri gereği süreksiz kesme yaparlar. Örneğin frezelemede kesme takımları, iş parçasının şekli gereği aralıklı veya kanallarla bölünmüş olduklarından bunlarla yüzeylerin işlenmesi de süreksizdir.

Sürekli kesme ile yapılan işlemlerde, kesici uçta yüksek sıcaklıklar oluşur. Süreksiz kesmede ise kesici uçlar darbe şeklindeki yüklere karşı çalıştıkları için sıcaklık değişkendir.

Talaş kaldırma işleminde malzemenin mikroyapısına ve arzulanan yüzey pürüzlülüğüne göre uygun kesme hızlarında çalışmak gerekir. Bazı hassas talaş kaldırma işlemlerinde aşınmanın meydana gelmemesi ve takımın işlem boyunca sertliğini koruması önemlidir. Büyük kesme hızları takım uçlarında yüksek sıcaklıklar oluşturur. Talaşlı şekillendirme esnasında çok büyük ısı ve mekanik zorlamalara maruz kalan sert metaller aşınırlar. En iyi verim en kısa sürede en fazla miktarda talaş kaldırmakla elde edilir. Bu da kesme hızı ve talaş derinliğinin artmasıyla mümkündür. Kesici takımın direncinin belirli bir değerde son bulmasından dolayı kesme hızı, bu değerle sınırlandırılmaktadır. Bu sınırdan sonra aşınma hızla büyüme göstermektedir. Geçmişte ve günümüzde sıcaklık, aşınma ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bunlar;

N.R. Dhar ve diğerleri (2002), AISI 1040 ve E4340C çeliğini işlerken soğutma sıvısının etkisini belirlemek için deneylerinde soğutma sıvısı olarak sıvı nitrojen kullanmışlar ve bunun aşınmayı azalttığını ve yüzey kalitesini de arttırdığı sonucuna varmışlardır.

B. Vick ve diğerleri (2000), yapmış oldukları çalışmalarda yataklara altın, gümüş ve bakır gibi elementler kaplayarak bu metallerin aşınma kontrollerini araştırmışlar ve deneyler sonucunda bu metallerin aşınma kontrolünün iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

B.E. Clancy ve diğerleri (2002), tornalama işleminde takım aşınmasının etkisini içeren üç boyutlu bir model geliştirmişler ve modelle işleme esnasında takım aşınmasını teorik olarak hesaplamışlardır.

C. Chungchoo ve D. Saini (2002), CNC tornalamadaki ilerleme miktarı ve radyal kuvvetlere dayanan aşınmayı hesaplayan bir bilgisayar algoritması geliştirmişler ve bu programın aşınmayı yüksek bir doğrulukta hesaplayabildiğini göstermişlerdir.

N.H. Abu-Zahra ve G. Yu (2000), tornalama işleminde takım aşınmasını ultrasonik dalgalarla elde eden bir analitik model oluşturarak, bunun işlem esnasında kolaylıkla kullanılabileceğini saptamışlardır.

Q. Meng ve diğerleri (2000), tornalama işlemlerinde kesme şartlarını seçebilme özelliğine sahip, kesme kuvvetleri – basınçları ayrıca motor gücünü ve takım plastik deformasyonunu kapsayan bir model kullanarak takım ömrünün hesaplanabileceğini göstermişlerdir.

S.Y. Hong ve Y. Ding (2001), işleme esnasında Ti-Al-4V malzemesini soğutma sıvısı olarak sıvı nitrojen kullanmışlar ve bu yöntemin diğer soğutma yöntemlerinden daha iyi olduğunu görmüşlerdir.

A.E. Diniz ve R. Micaroni (2002), soğutma sıvısı kullanılmadan en uygun yüzey kalitesini elde etmek ve aşınma miktarını minimum hale getirecek araştırmaları sonucu, uzun takım ömrü ve düşük yüzey pürüzlülüğünün ancak ilerleme miktarının ve takım ucu radyüsünün birlikte artırılıp kesme hızının düşürülmesiyle elde edilebileceği sonucuna varmışlardır.

T. Özel ve T. Atan (2000), yüksek hızda yapılan kesme esnasında takım-talaş temas noktasında akma basıncı ve sürtünmeyi hesap edebilecek bir model geliştirerek bunu deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlar ve modelin deneysel verilerle uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

J.S. Chen (1996), işleme esnasında takımda meydana gelen deformasyonu hemen tespit edebilecek bir prob ve manuel bir sensör kullanarak çeşitli kesme şartlarını uygulamış, havasız ortamda yapılan deneyin sonuçları ile hava ortamındaki deney sonuçlarından farklı olduğunu tespit etmiştir.

E.G. Ng ve D.K. Aspinwall (2002), yaptıkları çalışmada sertliği yaklaşık 49 HRC olan AISI H13 malzemesinin polikristal kübik boron nitrit (PCBN) takım ile ortogonal kesme işlemini sonlu elemanlar yöntemi ile izah etmişler ve deneysel çalışmaların sonucunda elde edilen verilerle modelin uyumluluk gösterdiğini belirtmişlerdir.

A.E. Diniz ve diğerleri (2003), SAE 52100 sertleştirilmiş çeliğin polikristal kübik boron

nitrit (PCBN) takım ile kuru ve soğutma sıvısı olarak basınçlı yağ kullanarak işlenmesinin takım aşınması ve yüzey kalitesini nasıl etkilediğini araştırmışlar ve basınçlı yağla soğutmanın yüzey kalitesini artırdığı ve aşınmayı da azalttığı sonucuna varmışlardır.

E.G. Ng ve diğerleri (1999), sertleştirilmiş AISI H13 (sertliği 52 HRC) malzemesinin polikristal kübik boron nitrit takım ile ortagonal talaş kaldırma işlemi esnasında meydana gelen ısının uygulanan kesme kuvveti ile arasında bir model geliştirmişler ve bu modelin, sıcaklık ölçümü kızılötesi pirometre ile yapılan deneylerde elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında uygun olduğunu göstermişlerdir.

L. Özler ve diğerleri (2001), östenitik manganez çeliği ile yaptıkları tornalama işleminde yüzey sıcaklığı, kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin sinterlenmiş karbür takımın ömrüne etkisini deneysel olarak araştırmışlar ve takım ömrünü faktoriyel regresyon metodu ile veren bir model geliştirmişler. Deneysel sonuçlarla çıkardıkları modelin sonuçları arasında ilişki olduğunu göstermişlerdir.

W. Grzesik (2003), Al_2O_3 malzemesi ve TiAlN ile kaplı kesici takımlarla orta karbonlu çelikler ve östenitik paslanmaz çelikleri ortagonal olarak işlemiş, bu deneylerin sonuçları ile kendi çıkardığı mekanik ve termal enerjiye bağlı bir modelin sonuçları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

G.E. D'errico (1996), yaptığı ortagonal kesme işleminde oluşan sıcaklığı termokupl ile ölçmüş ve bu değerlere dayanan bir model çıkarmıştır. Modelin sonuçları ve gerçek değerler arasındaki uygunluğu tespit etmiştir.

H.A. Abdel-Aal ve diğerleri (1997), taşlama işlemi esnasında ortaya çıkan sıcaklık dağılımını deneysel olarak araştırmışlar ve bu verileri parametre kabul eden bir matematiksel model geliştirmişler.

W.C. Chen ve diğerleri (1997), tornalama işlemi esnasında meydana gelen sıcaklığı termokupl yöntemi ile ölçerek takım-talaş arayüzeyi ile iş parçası arasındaki ısı akış olayını incelemiş ve bu sonuçlara dayanan ısı transferini sonlu elemanlar yöntemi ile çözümleyen bir geliştirmişler.

H. Ay ve W.J. Yang (1998), ortogonal kesme işleminde takım ve iş parçası arayüzeyinde oluşan sıcaklığı hem termokupl hem de kızılötesi termovizyon ile ölçmüşler ve her iki yöntemden elde edilen değerlerden faydalanarak yarı ampirik bir formül çıkarmışlar, bu formülle birlikte takımda meydana gelen aşınmayı da hesaba katarak oluşan ısı ve diğer faktörlerle birlikte takım ömrü ve optimal işleme parametrelerini hesaplayan bir model oluşturmuşlardır.

R. Komanduri ve Z.B. Hou (2001), bugüne kadar ortagonal kesme işlemi esnasında takım-talaş arayüzeyinde meydana gelen sıcaklık ve bu sıcaklığı ölçme yöntemleri konusunda

bir araştırma yapmışlar ve bu yöntemler arasında en güvenilir olanını belirlemeye çalışmışlardır.

K.C. Chan ve diğerleri (2001), elmas takımla yapılan tornalama işlemlerinde yüzeyin özelliklerini spektral analizlerle çıkarmışlar ve çeşitli analitik ifadeler gerçekleştirmişler, bu analitik çözümlerden çıkarılan sonuçlarla deneysel sonuçları karşılaştırarak aralarındaki ilişkiyi tespit etmişlerdir.

J.P. Davim ve C.A.C. Antonio (2001), alüminyum kompozitinin tornalanması ve delinmesi esnasında kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını deneysel olarak araştırmışlar, kesme şartlarını optimize etmeye çalışmışlar. Daha sonra kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını zamana bağlı olarak ifade eden bir bağıntı elde etmişlerdir.

M. Takacs ve diğerleri (2003), yaptıkları frezeleme işlemlerinde çok küçük çaplı parmak freze çakısı ile yüksek devirlerde (yaklaşık 20000 dev/dak) malzemelerin işlenebilirliğini araştırmışlar ve bu yöntemin maliyetinin çok yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

L. Luliano ve diğerleri (1998), yaptıkları çalışmada Al_2O_3/Al 6061 metal matriks kompozitinin büyük kesme açılı karbür takım ve elmas kaplı takım ile işlenmesi esnasında bu malzemedeki bulunan seramik partiküllerden dolayı takımlarda meydana gelen aşınmayı karşılaştırmışlardır. Ayrıca kesme hızı ve ilerleme miktarı gibi parametrelerin aşınma ve yüzey pürüzlülüğünü nasıl etkilediğini incelemişlerdir.

Y. Özçatalbaş ve F. Ercan (2003), yaptıkları çalışmada işlemeden önce normalize edilmiş ve tavllanmış olan Ç1050 çeliğinin ısı işlemden sonra mikro yapısında ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimin bu malzemenin işlenebilirliğini nasıl etkilediğini araştırmışlardır.

M.B. Silva ve J. Wallbank (1999), yaptıkları deneysel çalışmalar ile analitik sonuçları karşılaştırmış, aralarındaki ilişkiyi tespit etmişlerdir.

G. Sutter ve diğerleri (2003), 42CrMo4 malzemesini TiCN kaplı kesici takımla ortogonal işlemiş ve takım-talaş arayüzeyi sıcaklığını kızılötesi pirometre ile ölçerek kesme parametrelerinin oluşan bu sıcaklığa etkisini araştırmışlardır.

D. O'Sullivan ve M. Cotterell (2002), yaptıkları çalışmada SS303 östenitik paslanmaz çeliğinin işlenebilirliğini araştırmışlar, bu malzemenin işlenmesinin takımlarda meydana getirdiği aşırı aşınmanın nedenlerini tespit ederek işleme maliyetini düşürmeye yönelik bazı sonuçlar elde etmişlerdir.

R.C. Dewes ve diğerleri (1999), takım çeliği AISI H13 malzemesini TiCN kaplı kesici takımla yüksek hızda işlemiş (yaklaşık 20000 dev/dak) ve takım-talaş arayüzeyi sıcaklığını hem termokupl hem de kızılötesi termometre ile ölçmüşlerdir. Kesme hızı arttığında ve aşınmış takımlar kullanıldığında bu sıcaklıkların yükseldiğini tespit etmişlerdir.

2. GENEL BİLGİLER

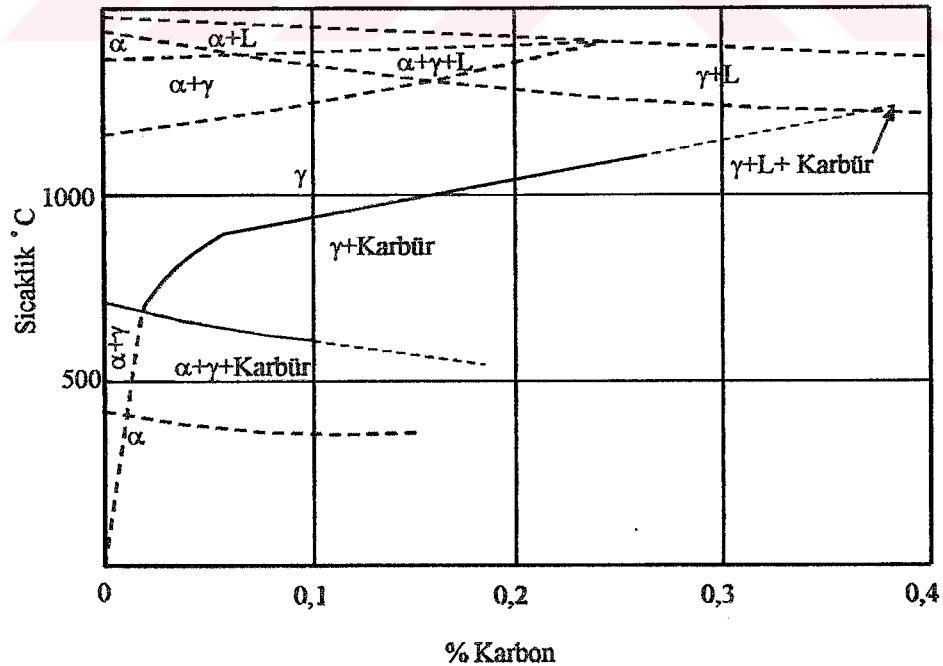
2.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler esas olarak % 16-25 Cr ve % 7-20 Ni içeren üçlü (ternary) demir-krom-nikel alaşımlarıdır. Bu alaşımların yapıları bütün ısı işlemlerde östenitik yapıda kaldığı için östenitik paslanmaz çelikler olarak adlandırılır. Yaygın olarak kullanılan bazı östenitik paslanmaz çeliklerin kimyasal kompozisyonları ve tipik uygulamaları Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tip 302 ve 304 en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çeliklerdir. Bunlar hem yüksek sıcaklıklarda hem de çevre sıcaklığında uygulama alanı bulurlar. Tip 304 ile aynı esasa sahip olan % 2 Mo içeren tip 316 yüksek korozyon direncine ve iyileştirilmiş yüksek sıcaklık dayanımına sahiptir. Krom seviyesi % 23'den 25'e artırılmış tip 309 ve 310 gibi alaşımlar, özellikle yüksek sıcaklık uygulamaları için kullanılır.

2.1.1. Mikroyapılar

Östenitik paslanmaz çelikler, prensip olarak östenit kararlaştırıcı yüksek nikel içermeleri nedeniyle yüksek sıcaklık tavlamalarından sonra oda sıcaklığında östenitik yapılarını korurlar. Bununla beraber Mn, C ve N'de östenitik yapının korunması ve kararlaştırılması için katkıda bulunur. Demir-krom alaşımlarına nikelin katılması östenitin dengede olduğu bölgeyi genişletir ve Ms sıcaklığını düşürür. Bir % 18 Cr-% 8 Ni paslanmaz çeliği tavlama sıcaklığından (örneğin 1050 °C) soğutmadan sonra östenitik bir yapıda kalır.



Şekil 2.1 Fe-% 18 Cr-% 8 Ni paslanmaz çeliklerin yapısı üzerine karbonun etkisi (Erdoğan, 2000).

Tablo 2.1 Dövmeye Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kimyasal Kompozisyonları ve Tipik Uygulamaları (Erdoğan, 2000).

Ti	Cr	Ni	C(mak)	Mn	Mo	Diğerleri++	Tipik Uygulamalar
301	17	7	0.15				Yüksek çekme hızı, yüksek dayanım, yüksek sünekliğin gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Tren yolu arabaları, treyler gövdeleri, uçak parçaları, sıkma bilezikleri, otomobil tekerlek kapakları, süslemeler.
302	18	9	0.15				Genel amaçlı östenitik paslanmaz çelik, süsleme, yiyecek taşıma ekipmanları uçak kaportaları, antenler, yaylar, pişirme ekipmanları inşaatların dış kısımları, ev aletleri, mücevherler, petrol rafine ekipmanları, isim plakaları.
304	19	9	0.08				Kaynak sırasında karbür çökmesini sınırlamak için tip 302'nin düşük modifikasyonu kimyasal ve yiyecek işleme ekipmanları, mayalama ekipmanları, soğuk kaplar, oluklar, yağmur olukları, sac kaplamalar.
304 L	19	10	0.03				Kaynak sırasında karbür çökmesinin daha çok sınırlanması için tip 304'ün daha fazla düşük karbon modifikasyonu. Kömür silo hatları, sıvı gübreleme ve lapa domates tankları.
309	23	13.5	0.20				Yüksek sıcaklık dayanımı ve oksitlenme direnci, uçak ısıtıcıları, ısı işlem ekipmanları, tavlama kapakları,, fırın parçaları, ısı işlem tepsileri, fırın kaplamalar, pompa parçaları.
310	25	20.5	0.25				Tip 309'dan daha yüksek oksitlenme direnci ve yüksek sıcaklık dayanımı, ısı değiştiriciler, fırın parçaları, yanma çemberleri, kaynak dolgu metalleri, gaz türbin bıçakları, yakma makinesi ısı toplayıcıları.
316	12	0.08	2.5				Tip 304'den daha yüksek korozyon direnci, yüksek sürünme dayanımı, kimyasal ve küspe taşıma ekipmanları, fotoğraf ekipmanları, kanyak fiçileri, gübreleme parçaları, ketçap pişirme tencereleri, maya tüpleri.
316 L	12	0.03	2.5				Tip 316'nın daha fazla karbon modifikasyonu taneler arası karbür , çökmesinin önlemek zorunda olduğu kaynaklı yapılar, tip 316 L yoğun kaynak gerektiren yerlerde kullanılır.
321	18	10.5	0.08			Ti 5XC	Çok şiddetli korozyon şartlarına maruz kaynaklı bağlantı ve 800'den 1600 °F'ta hizmet için kararlaştırılmış, uçak egzost manifoldları, kaynatma kazanları, işlem ekipmanları, genişleyen bağlantılar, kabin ısıtıcılar, ateş duvarları, esnek bağlamalar basınçlı kaplar.
347	18	11	0.08			Nb 10XC	Yüksek sürünme dayanımıyla birlikte tip 321'e benzer, uçak egzost bacaları, kimyasal maddeler için, kaynaklı tanker arabaları, jet motor parçaları.
201	17	4.5	0.15	6			Yüksek çekme hızı, tip 301'in düşük karbon eşdeğerliği, çatal kaşık takımları, otomobil tekerlek kapakları, süslemeler
202	18	5	0.15	8.7 8			Tip 302'nin düşük nikel eşdeğerliği genel amaçlı mutfak ekipmanları, başlık, süt taşıma malzemeleri

Buna karşın bazı Fe-Cr-Ni paslanmaz çeliklerde, düşük Cr ve Ni içeriklerinden dolayı östenit, termodinamik olarak kararlı değildir. Bu tip alaşımlar oda sıcaklığında ve biraz aşağısında deforme edilirse östenitin bir kısmı martenzite dönüşebilir.

En yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelikler etkili miktarda karbon içerirler. 302 alaşımında genellikle yaklaşık % 0.1 C ve tip 304 ise % 0.06 C bulunur. Östenitik paslanmaz çeliklerde karbon eriyebilirliği sıcaklık düştükçe % 18 Cr-% 8 Ni alaşımlarında olduğu gibi hızla düştüğü için bu alaşımlar yavaş soğutulursa krom karbürler çökebilir (Şekil 2.1). 304 alaşımı (% 19 Cr-% 9 Ni) yaklaşık 1050 °C'den oda sıcaklığına yavaş soğutulursa 850-400 °C arasında krom karbürler tane sınırlarına çökecektir.

Kritik sıcaklık aralığı 850'den 400 °C'ye yavaş soğutma sırasında yetersiz sayıda krom atomu tane sınırından matristeki taneden tane sınırları bölgesine doğru krom karbür çökmesi ile uzaklaştırılan krom atomlarının yerini alması için difüze eder. Bu nedenle tane sınırlarına yakın bölgeler korozyon direnci için gerekli olan % 12'den daha aşağı düşürülmüş krom içeriğine sahiptir ve bu yüzden taneler arası korozyona karşı hassas hale gelir. Bu şartlardaki östenitik paslanmaz çelikler taneler arası korozyona karşı hassas oldukları için, korozyona karşı hassas olarak bilinir (Erdoğan, 2000).

Bu nedenle bu tip östenitik paslanmaz çelikler krom-karbürü katı eriyik içine yerleştirmek için yeterince yüksek ancak tane büyümesini önlemek içinde yeterince düşük sıcaklıklarda tavlmalıdır. Çoğu paslanmaz çelikler 1050-1120 °C aralığında tavlınır. Yüksek sıcaklıkta tavlama sonra bu çelikler krom-karbürlerin çökmesini önlemek için hızlı soğutulmalıdır.

Yüksek sıcaklıklardan sonra tip 304 gibi paslanmaz çeliklerin her zaman hızlı soğutulmaları mümkün değildir ve bu korozyon problemlerine neden olabilirler. Örneğin kaynaklandığı yerde yavaş soğumak zorunda olan paslanmaz çelikte krom karbürlerin yeniden çözünmesi için müteakip tavlama mümkün olmayacaktır. Yavaş soğumanın neden olduğu taneler arası korozyonu önlemek için karbonla birleşen elementlerin katılmasıyla kimyasal kompozisyonda değişimler sağlanmıştır.

Tip 321 alaşımında karbon miktarının 5 katı kadar titanyum alaşıma katılır. Bu alaşım 870 °C'de yeterli bir süre ısıtırsa titanyum, titanyum karbür (TiC) oluşturmak üzere karbonla birleşecektir. Müteakip bir ısıtma işlemi kritik sıcaklık aralığına doğru olursa, bu işlem krom karbürlerin çökmesini önlediği için kararlı hale getirme (dengeleme) olarak adlandırılır.

18-8 paslanmaz çelikleri kararlı hale getirmenin bir başka metodu, niyobyum katmadır. Niyobyum katıldığında krom karbüre tercihen niyobyum karbürler (NbC) oluşacaktır. Tip 347 alaşımında niyobyum miktarı 18-8 paslanmaz çeliklere katılan karbon miktarının 10 katıdır. Bu alaşımda karbonun niyobyumla birleşmesi 870 °C de kararlı hale getirilmelidir.

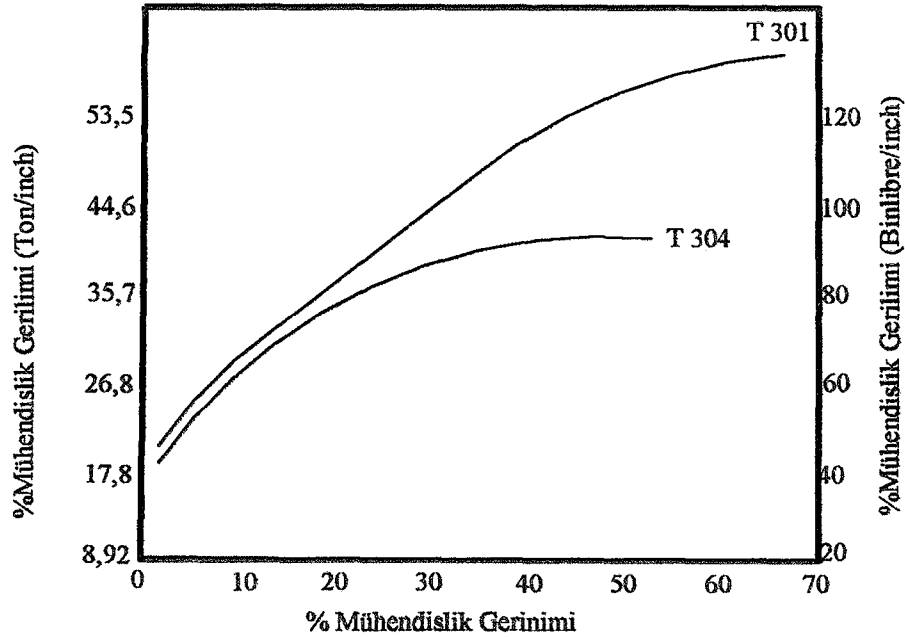
Östenitik paslanmaz çeliklerin tane sınırlarında krom karbürlerin çökmesini önlemenin bir başka metodu, karbon seviyesini yeterli bir düzeye düşürmektir. Tip 304L ve 310L'de izin verilen karbon miktarı % 0.03'tür. Yaklaşık 425 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bu alaşımlar genellikle titanyum ve niyobyum karbürler içeren alaşımlara tercihen kullanılır. (Erdoğan, 2000).

2.1.2. Mekanik Özellikleri

Östenitik paslanmaz çelikler oda sıcaklığında östenitik bir yapıya sahip oldukları için ısıtılma ile büyük bir seviyede sertleştirilemezler, buna karşın bu alaşımların soğuk deformasyonla dayanımları oldukça artırılabilir. Örneğin tip 301 alaşımının akma dayanımı soğuk deformasyonla 275,8'den 1379 MN/m²'ye yükseltilebilir.

Östenitik paslanmaz çelikler, mikro yapıdaki östenitin kararlı hale gelebilirliğine göre kararlı ve yarı kararlı östenitik çelikler olmak üzere iki grupta toplanabilir. Kararlı östenitik çeliklerin mikroyapıları soğuk deformasyondan sonra östenitik olarak kalır. Yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler soğuk deformasyonla belli bir düzeyde martenzite dönüşerek östenit-martenzit karışımından oluşan yapıyı ortaya çıkarır.

Oda sıcaklığında yarı kararlı (tip 301) ve kararlı (tip 304) östenitik paslanmaz çeliklerin çekme davranışları arasındaki fark mühendislik gerilim-gerinim eğrisiyle Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Tip 304 normal çekme davranışı sergiler ve gerilimin uygulandığında normal çekmeye işaret eden parabolik bir eğri ortaya çıkar. Buna karşın Tip 301 yaklaşık % 10-15 deformasyondan sonra hızlandırılmış bir çekme davranışı gösterir. Bu hızlandırılmış çekme davranışına kararsız östenitten martenzit oluşumu neden olmaktadır.



Şekil 2.2 Tip 301 ve 304 paslanmaz çeliklerin gerilim-gerinim eğrileri (Erdoğan, 2000).

Tablo 2.2 Tavlanmış Standart Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Tipik Oda Sıcaklığı Özellikleri (Erdoğan, 2000).

AISI TİP	Akma Dayanımı (% 0.2 deneme)		Çekme Dayanımı		2 İnçte Uzama
	Ksi	MN/m ²	Ksi	MN/m ²	
201	55	379.2	115	792.9	55
202	55	379.2	105	724	55
301	40	275.8	110	758.5	60
302	40	275.8	90	620.6	50
302B	40	275.8	95	655	55
303	35	241.3	90	620.6	50
303Se	35	241.3	90	620.6	50
304	42	389.5	84	579.2	55
304L	39	268.9	81	558.5	55
305	38	262	85	586.1	50
308	35	241.3	85	586.1	50
309	45	310.3	90	620.6	45
309S	45	310.3	90	620 d	45
310	45	310.3	95	655	45
310S	45	310.3	95	655	45
314	50	344.8	100	689.5	40
316	42	289.6	84	679.2	50
316L	42	289.6	81	558.2	50
317	40	275.8	90	620.6	45
321	35	241.3	90	620.6	45
347	40	275.8	95	655	45
348	40	275.8	95	655	45
384	35	241.3	75	527.1	55
385	30	206.9	72	496.4	55

Tavlanmış şartlardaki bazı östenitik paslanmaz çeliklerin oda sıcaklığındaki çekme özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir. Karbon içeriğindeki küçük bir değişikliğin akma dayanımı üzerine etkisi 304 ve 304L alaşımlarının akma dayanımları birbirleri ile karşılaştırılarak görülebilir. Yaklaşık % 0,08 C içerikli tip 304 42 ksi akma dayanımına sahip iken daha düşük %0,03 C içerikli 304L alaşımının akma dayanımı 39 ksi’dir. Kararlı ve yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler arasındaki fark, tavlanmış malzemelerin çekme dayanımındaki farklılıkla belirgin bir şekilde gösterilir. Örneğin yarı kararlı tip 301 çeliği 110 ksi çekme dayanımına sahipken kararlı tip 304 çeliği sadece 84 ksi çekme dayanımına sahiptir. Verilen bir soğuk deformasyon miktarı için yarı kararlı çelikler (tip 301) kararlı çeliklerden (tip 304) daha yüksek çekme, akma dayanımı ve uzama gösterirler. Yarı kararlı çeliklerin yüksek dayanımı yine bir miktar kararsız östenitin martenzite dönüşümüne atfedilir (Erdoğan, 2000).

2.1.3. Korozyon özellikleri

2.1.3.1. Genel Korozyon

Genelde östenitik paslanmaz çelikler bütün paslanmaz çeliklerden daha iyi korozyon, endüstriyel atmosfer ve asit maddelerine karşı dirence sahiptir. Parlatılmış yüzeyler, çoğu tabi şartlar altında toz ve kirden arınmış olarak kendilerini korurlar. Korozyon şartları çok şiddetli olduğunda (örneğin yüksek sıcaklık ve kuvvetli asitler) daha çok alaşım içerikli tip 304 kullanılmalıdır.

2.1.3.2. Çukurcuk (Oyuk) Korozyonu

Östenitik paslanmaz çeliklere % 2 Mo ilavesi çukurcuk korozyon direncini artırır. Bu sınıf içerisinde en popüler alaşım tip 316'dır ve % 2.5 Mo içerir. Atak çukurcuk maddesi için (örneğin yüksek klorür içerikler) tip 316 alaşımının içeriklerinden başka yüksek nikel ve molibden içerikleri gereklidir. Çok az inklüzyon ve impuriteli temiz çelikler genelde en iyi çukurcuk korozyon direncine sahiptir. Ancak üretimleri pahalıdır.

2.1.3.3. Tanelerarası korozyon

Popüler 304 alaşımı gibi bazı östenitik paslanmaz çeliklerin başlıca dezavantajı bu çeliklerin 400-850 °C hassas sıcaklık aralıklarına ısıtıldıklarında taneler arası korozyona karşı hassas olmalarıdır.

Taneler arası korozyona karşı hassasiyetlik düzeyi alaşımın kompozisyonuna ve hassasiyet sıcaklık aralığındaki zamana bağlıdır (Erdoğan, 2000).

2.2. Talaş Kaldırma Mekanizması ve Talaş Tipi

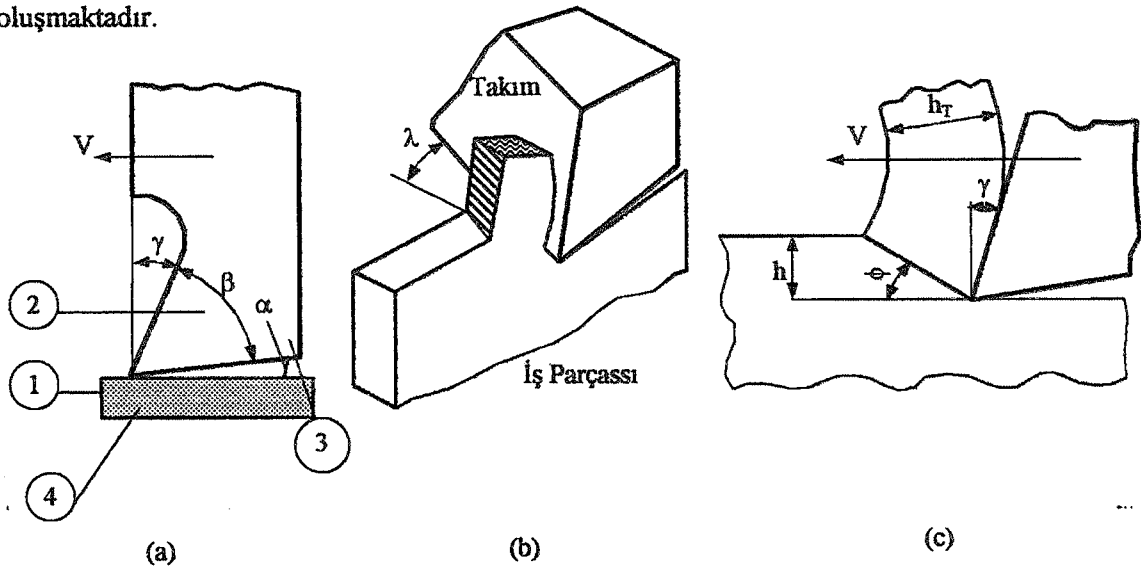
Talaş kaldırma, belirli boyut şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için ucu keskin bir takım ile ve güç kullanarak, iş parçası (hammadde, taslak) üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemidir. Ayrılan malzeme tabakasına talaş denir. Fiziksel bakımdan talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun (ağzının) aşınması gibi olayların meydana geldiği, karmaşık bir fiziksel olaydır.

Bir parçanın üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için, takımın o malzemeye nüfuz etmesi gerekir. Bu da ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir. Ayrıca takım ucunun kama şeklinde yapılması, olayı kolaylaştıran bir etkidir. Talaş kaldırma olayını incelemek için kama şeklinde bir kesme ucundan (ağzından) meydana gelen bir takım modeli oluşturulur (Şekil 2.3). Bu takım ile talaş kaldırma işlemine ortagonal kesme denilir. Ortagonal kesmede takımın

kesme kenarı, takım ile parça arasındaki kesme hızına dik veya eğik olabilir (Şekil 2.3 a, 2.3 b). Bu son duruma ortagonal eğik (meyilli) kesme denilir. Böyle bir takımın bir parça üzerine belirli bir kuvvetle bastırıldığını ve kuvvet yönüne doğru hareket ettirildiği düşünülürse, takım ucunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değiştirmeler meydana gelerek metal tabakasında akımlar başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda tabaka, talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca parçadan ayrılır (Şekil 2.3 c). Tabakanın parçadan ayrılma şekli, parça malzemesinin özelliklerine ve işleme koşullarına bağlı olarak farklı bir şekilde gerçekleşir.

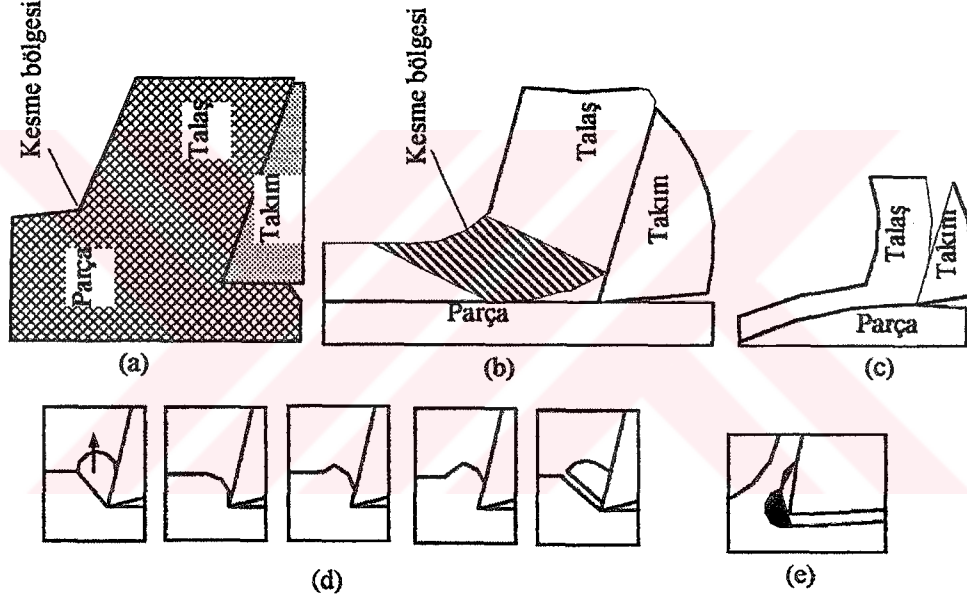
Esasen talaşın iş parçasından ayrılması bir mekanik kopmadır, bu kopma burada makaslama (kesme) şeklinde gerçekleşmektedir. Bilindiği gibi genelde kopma sünek ve gevrek olmak üzere iki çeşittir. Sünek kopmada, malzeme kopmadan önce büyük plastik şekil değiştirmeler göstermektedir. Sünek şekilde kopan malzemelere sünek malzemeler denilmektedir. Gevrek kopmada, kopmadan önce çok az veya hiç bir plastik şekil değiştirmeler meydana gelmez. Bu malzemelere gevrek malzeme de denilmektedir.

Buna göre işlenen malzemenin cinsine göre talaş kaldırma olayı şu şekilde meydana gelir. Sünek malzemelerde, takımın kesme ağzının önünde, bir plastik şekil değiştirme (kesme) bölgesi meydana gelmekte ve bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmakta, ancak zaman zaman talaş akışında bir kopma meydana gelmemektedir. Bununla beraber konuyu teorik açıdan basitleştirmek için talaşın ayrılması bir bölge içinde değil, kesme düzlemi denilen bir düzlemde meydana geldiği varsayılır (Şekil 2.4 a,b, 2.3 c, 2.4 c). Şekil 2.4 d' de gevrek malzemelerde meydana gelen talaş tipinin oluşması gösterilmiştir. Burada takımın kesme ağzının önünde aşırı plastik şekil değiştirme bölgesi oluşmakta ve malzeme talaş şeklinde hem iş parçasından ayrılmakta, hem de talaş akışından kopmakta, yani kesintili bir talaş tipi oluşmaktadır.



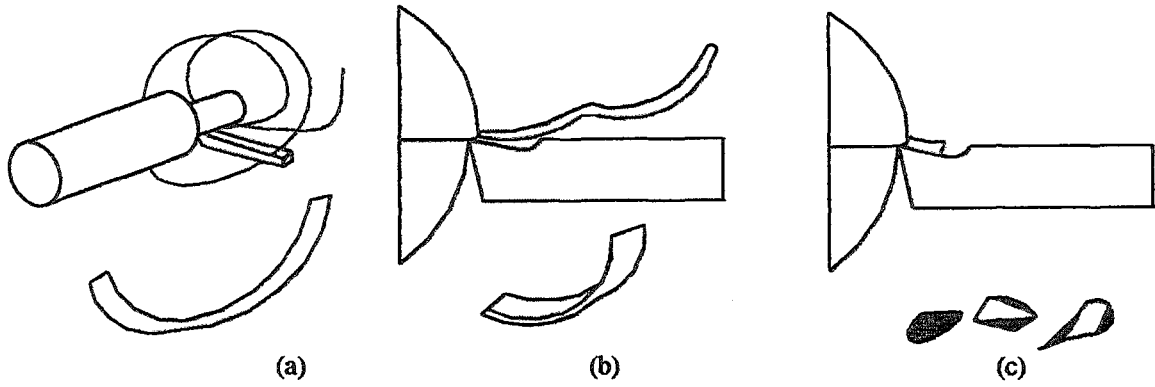
Şekil 2.3 Takım modeli ve ortagonal kesme (Akkurt, 1991).

Bu talaş oluşum şekillerine göre pratikte sürekli, yapışık ve kesintili olmak üzere üç talaş tipi vardır. Bant veya sarılmış şeklinde olabilen sürekli talaş tipi (Şekil 2.5 a), yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme ile işlenen sünek malzemelerde; yapışık talaş tipi (Şekil 2.5 b) orta kesme hızı ve yüksek ilerleme ile işlenen sünek malzemelerde ve kesintili talaş tipi de (Şekil 2.5 c) gevrek malzemelerde meydana gelir. Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin oluşması, kesme koşullarının iyi işlenen yüzeyin kalitesinin de çok iyi olduğunu gösterir. Ancak bilhassa bant şeklinde sürekli talaş, tezgahın çeşitli tertibatlarına ve iş parçasına sarılarak işlenen yüzeyi bozabilir, gerek tezgah, gerekse çalışan için bir tehlike unsuru oluşturabilir. Bu nedenle, bu gibi hallerde talaşın kırılması için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Yapışık talaş tipi, yüzey bakımından çok kötü olmakla beraber, takımın ağzına yapışır ve takım ağzının kısa zamanda bozulmasına yol açar (Şekil 2.4 e). Kesintili talaş tipi sert malzemelerde çok iyi bir yüzey meydana getirir.



Şekil 2.4 Talaş kaldırma olayı (Akkurt, 1991).

Görüldüğü gibi talaşın şekli, kesme koşulları ve yüzey kalitesi hakkında fikir veren önemli bir faktördür. Pratikte, yukarıda gösterilen ana tiplerin yanı sıra, kesme hızı, ilerleme hızı, talaş açısı, eğim açısı, kesme derinliği takım geometrisi ve takım malzemesi gibi kesme koşullarına bağlı olarak çeşitli ara talaş şekilleri de vardır (Akkurt, 1991).



Şekil 2.5 Talaş tipleri (Akkurt, 1991)

2.2.1. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler

2.2.1.1. Takım Geometrisi

Talaş kaldırma olayının en önemli elemanı takımdır. Görünürde birbirlerinden çok farklı olmalarına rağmen, tüm takımlar kesici ve tutturma (gövde veya sap) olmak üzere iki kısımdan meydana gelirler. Keskin uç, ağız veya diş denilen takımların kesici kısmı tüm takımlar için geçerli olmak üzere ortagonal bir tarzda temsil edilebilir (Şekil 2.3 a). Bu haliyle kama şeklinde olan takımın kesici kısmı (1), talaşın temas ettiği talaş yüzeyi (2) ve parçanın işlenmiş yüzeyine dönük serbest yüzey (3) ile sınırlıdır. Bu iki yüzeyin kesişmesi takım ucunu (4) meydana getirir.

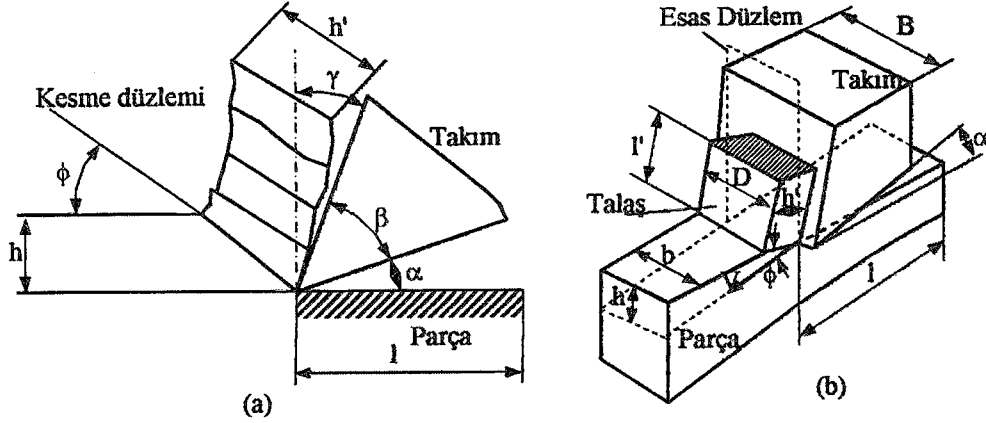
Parçanın işlenmiş yüzeyi ve ona dik bir doğru, koordinat sistemi olarak seçilirse, bu koordinat sistemine göre takımın kesme özelliğini tayin eden şu açılar meydana gelir: Dikey doğru ile talaş yüzeyi arasında talaş açısı (γ), kesici kısmının kama açısı (β) ve serbest yüzey ile parçanın işlenmiş yüzeyi arasında serbest açı (α). Bu açılar arasında; $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ bağıntısı vardır. Eğik kesmede takım ağzının kesme hızı doğrultusu ile yaptığı ve eğim açısı (λ) denilen bir açı daha vardır, bu açı dik ortagonal kesmede $\lambda = 0^\circ$ dır (Şekil 2.3 a, b).

Takımın ucu hafifçe yuvarlatılır. Yuvarlatma yarıçapının (r) değeri, takım geometrisini tamamlayan bir faktördür (Akkurt, 1991).

2.2.1.2. Talaş Geometrisi

Daha öncede belirtildiği gibi iş parçası üzerinden kaldırılan malzeme tabakasının talaşa dönüşmesi, kesme bölgesi denilen bir bölgede meydana gelmektedir. Ancak basitleştirmek amacı ile bu bölge yerine bir kesme düzlemi denilen bir düzlem alınmaktadır (Şekil 2.4 a, b, c). Buna göre kesme bölgesine dayanan talaş kaldırma teorisine kalın bölge teorisi ve kesme düzlemine dayanan teoriye de ince bölge teorisi denilmektedir.

İnce bölge teorisine göre takım parça üzerinden kesme yönü denilen belirli bir doğrultuda talaş kaldırır (Şekil 2.6 a). Talaşın parça üzerinden ayrıldığı yüzeye kesme yüzeyi denir. Kesme yüzeyi kesme yönü ile kesme açısı (ϕ) adını taşıyan bir açı meydana getirir. Kesme yüzeyi boyunca parçadan ayrılacak olan talaşın boyutları, genişliği (b) ve kalınlığı (h) ile ifade edilir (Şekil 2.6 b).



Şekil 2.6 Talaş geometrisi (Akkurt, 1991).

Metal tabakasının talaşa dönüşmesi sırasında meydana gelen plastik şekil değiştirmelerinden dolayı talaşın b genişliği aynı kalmakla beraber, talaşın kalınlığında bir genişleme (h boyutu h' olur) ve talaşın uzunluğunda bir büzülme (l boyutu l' olur) meydana gelir. Kaldırılacak tabakanın hacmi ile kaldırılan talaş hacmi eşit olduğuna göre, $V = blh = b'l'h'$ bağıntısından

$$\lambda_s = \frac{h}{h'} = \frac{l}{l'} \quad (2.1)$$

oranı elde edilir. Yani talaş uzunluğunun büzülmesi ile talaş kalınlığının genişlemesi aynı oranda meydana gelir ve talaş kalınlıkları oranı (λ_s) adını taşıyan tek bir faktör ile ifade edilir. λ_s 'in yerine bunun tersi olan $\lambda_{sb} = 1/\lambda_s$ te kullanılabilir. λ_s oranına büzülme faktörü ($\lambda_s < 1$), λ_{sb} oranına ise genişleme faktörü ($\lambda_{sb} > 1$) de denilir. Şekil 2.7 a dikkate alınır, aradaki üçgenlerden

$$h = AB \sin \phi ; h' = AB \cos (\phi - \gamma) \quad (2.2)$$

yazılabilir ve

$$\lambda_s = \frac{h}{h'} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \gamma)} \quad (2.3)$$

bulunur. Bu bağıntıda $\cos (\phi - \gamma) = \cos \phi \cos \gamma + \sin \phi \sin \gamma$ yazılırsa ve kesme açısı ϕ' ye göre çözülürse;

$$\tan\phi = \frac{\lambda_s \cos\gamma}{1 - \lambda_s \sin\gamma} \text{ veya } \lambda_{sb} = 1/\lambda_s' \text{ ye göre} \quad (2.4)$$

$$\tan\phi = \frac{\cos\gamma}{\lambda_{sb} - \sin\gamma} \quad (2.5)$$

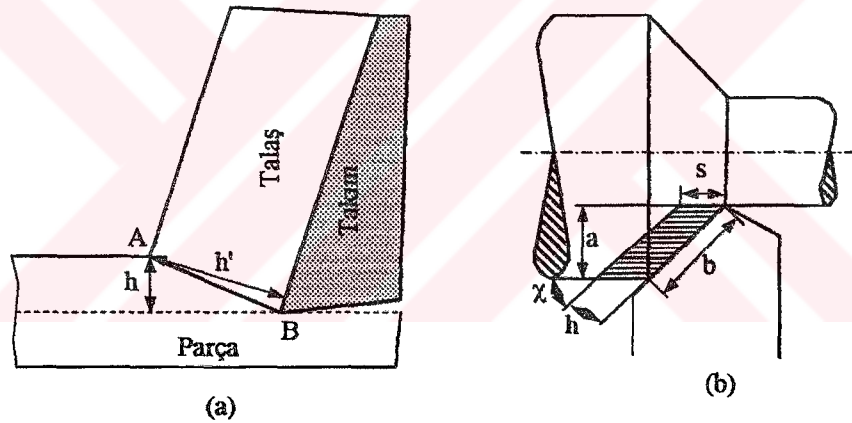
elde edilir.

Kesme açısı, talaş kaldırma koşulları hakkında fikir veren bir faktördür. Pratik ve teorik hesaplarda talaş boyu h (kalınlık) ve b (genişlik) ile ifade edilir. Bu boyutlar henüz talaşa dönüşmemiş iş parçası üzerinden kaldırılacak olan tabakaya aittir. Şekil 2.7 a' da gösterilen bu boyutlar ortogonal kesmeye aittir. Bu boyutlara bağlı olarak talaş kesiti

$$A_s = bh \quad (2.6)$$

bağıntısı ile tayin edilir.

Gerçek talaş kaldırma yöntemlerinde talaşın b ve h boyutları değişik bir şekilde ifade edilir. Örneğin tornalamada bu boyutlar Şekil 2.7 d' de gösterildiği gibidir. Bu durumda talaş boyutları $h \times b$ veya $s \times a$ ile ifade edilebilir. Burada s ilerleme ve a kaldırılan tabaka kalınlığı veya paso kalınlığıdır.

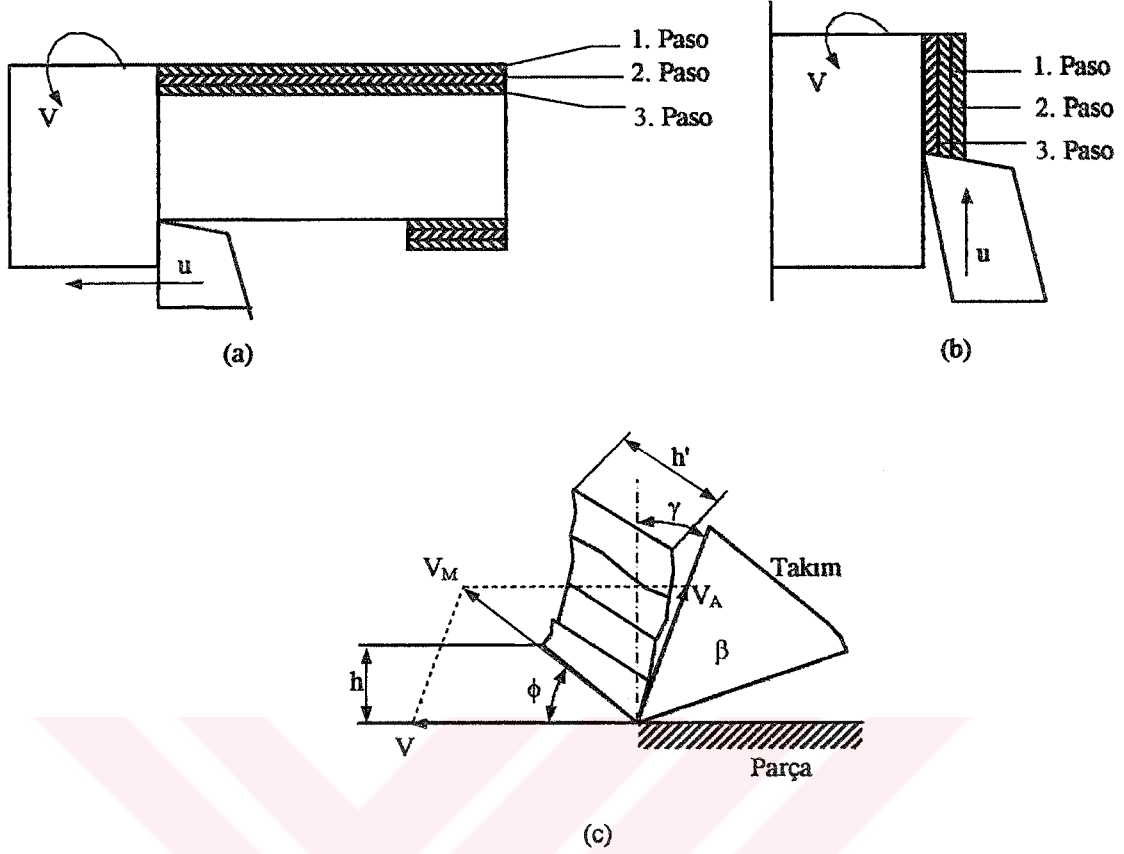


Şekil 2.7 Talaş kaldırma modeli (a) ve tornalamada talaş boyutları (b) (Akkurt, 1991)

İlerleme veya avans (s) esas ilerleme hızı (u)' ya bağlıdır. İlerleme hızı, takımın bir yüzeyi işlemesi için o yüzey boyunca yaptığı hareketin hızıdır ve genellikle (mm/dak) olarak ifade edilir (Şekil 2.8). İlerleme takımın parçanın bir devrine karşı katettiği mesafe (mm/dev) veya çok ağızlı (dişli) takımlarda bir ağıza (veya dişe) karşı katettiği mesafe (mm/diş) olarak ifade edilebilir. İlerleme ile ilerleme hızı arasında, n parçanın dönme hızı olmak üzere

$$u = n s \quad (2.7)$$

bağıntısı vardır.



Şekil 2.8 Paso tanımları, (a) boyuna tornalama, (b) alın tornalama ve talaş kaldırma hızları (c) (Akkurt, 1991)

Burada dikkat edilmesi gereken husus, ilerleme ile paso arasındaki farklılıktır. Bir yüzeyin işlenmesi için kaldırılması gereken tabaka; tabakanın kalınlığı, işlenecek yüzeyin kalitesi, tezgahın gücü gibi faktörlere bağlı olarak bir veya birkaç geçişte alınabilir. Takımın, bir geçişte parça üzerinden kaldırdığı malzeme tabakasına paso denilir (Şekil 2.8). Daha önce açıklanan a ve s boyutları pasoya aittir. Birkaç pasoda işlenen yüzeylerde, ilk paso veya pasolarda yüzey kalitesi önemli olmadığından, kesme zamanından tasarruf yapmak için paso kalınlıkları büyük seçilir bunlara kaba paso denilir. İyi bir yüzey kalitesi oluşması istenilen son pasoda, paso kalınlığı ince seçilir; buna da ince paso denilir (Akkurt, 1991).

2.2.1.3. Kesme Hızı

Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönü doğrultusunda kesme hızı (V) denilen bir hızla ilerler ve talaş parçadan, ayrılma hızı (V_A) ile uzaklaşır (Şekil 2.8 c). Bu iki hız, kesme yüzeyi boyunca makaslama veya talaş kaldırma hızı V_M denilen bir hız oluştururlar. Talaşın büzülmesinden dolayı ayrılma hızı v_A , v kesme hızından daha küçük olacaktır. Şekil 2.8 c'deki V_M V_B üçgeni ve sinüs kanunu uygulanırsa,

$$\frac{v_A}{v} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \gamma)} \text{ veya } v_A = v \lambda_s = v / \lambda_{sb} \quad (2.8)$$

bağıntısı yazılabilir.

Görüldüğü gibi talaşın ayrılma hızı (λ_s), büzülme faktörüne bağlıdır. Genellikle $\lambda_s = 0,3 \dots 0,5$ arasında değişmektedir. Buna göre $\lambda_s = 0,5$ için $V_A = 0,5 V$ dir, yani talaş kesme hızının yarısı kadar bir hızla takım üzerinden akmaktadır. Boyut bakımından m/dak olarak ifade edilen ve talaş kaldırma işleminde önemli bir rol oynayan kesme hızı, kesme zamanını ve dolayısıyla işlemin maliyetini belirler (Akkurt, 1991).

2.2.1.4. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü

a. Kesme kuvveti. Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma, kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı, talaş kaldırma kuvveti (F_z) adını taşıyan bir kuvvet uygulanır (Şekil 2.9 a). Kesme düzlemindeki kuvvetler kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Düzlem boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler, kesme düzleminin ortasında veya takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir (Şekil 2.9 a, b). Bu son durumda, takım ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti F_z olursa, bu kuvvetin aşağıda gösterilen bileşenlerden meydana geldiği düşünülebilir: Kesme yönünde kesme kuvveti (F_s), bu yöne dik yönde radyal kuvvet (F_r) ve kesme düzleminde makaslama kuvveti (F_k), bu yöne dik yönde basma kuvveti (F_b), sürtünme kuvveti (F_f) ve bunu meydana getiren normal kuvvet F_n dir. F_n ile F_z arasındaki ρ açısı sürtünme açısıdır. Sürtünme katsayısı μ ile ifade edilirse

$$\mu = F_f / F_n = \tan \rho ; \rho = \arctan \mu \quad (2.9)$$

olarak yazılabilir.

Yukarıda açıklanan kuvvetlerden pratik bakımdan en önemlisi kesme kuvveti F_s ve radyal kuvvet F_r dir. Kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra takımı parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir (Şekil 2.9). Dolayısıyla takımı parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvetin uygulanması gerekir. Bu da takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilir.

Kesme kuvveti, kesme kesiti A_k ve malzemenin kesme-mukavemeti τ_k olmak üzere

$$F_k = A_k \tau_k ; A_k = h b / \sin \phi \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilir. Şekil 2.9 b' den kesme kuvveti ve radyal kuvvet;

$$F_s = h b \tau_k \frac{\cos(\rho - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \rho + \gamma)} \quad (2.11)$$

$$F_r = h b \tau_k \frac{\sin(\rho - \gamma)}{\sin \phi \cos(\phi + \rho - \gamma)} \quad (2.12)$$

olarak bulunur.

Bir malzemeden en düşük enerji ile talaş kaldırılması için (minimum enerji ilkesine göre) ϕ kesme açısının optimum (ϕ_0) değeri (2.11) denklemi ile bulunur. Buna göre

$$\frac{dF_s}{d\phi} = 0 \text{ 'dan } \phi_0 = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{2}(\rho - \gamma) \quad (2.13)$$

bulunur. (2.13) denklemi ile F_s ve F_r kuvvetleri,

$$F_s = hb\tau_k \frac{2}{\tan\phi_0} ; F_r = hb\tau_k \left[\frac{1}{\tan^2\phi_0} - 1 \right] \quad (2.14)$$

şeklinde yazılır.

Yukarıdaki denklemlerden görüldüğü gibi, talaş kaldırma için harcanan güç için önemli olan F_s kesme kuvveti, malzemenin kesme kopma mukavemetine (τ_k), talaşın boyutlarına (b , h) talaş açısı (γ), kesme açısı (ϕ) ve sürtünme açısına bağlıdır. Kesme açısı optimum kesme açısı olduğu durumda (2.13 bağıntısı), belirli bir malzeme ve talaş boyudan için en düşük kesme kuvveti ve dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücü elde edilir.

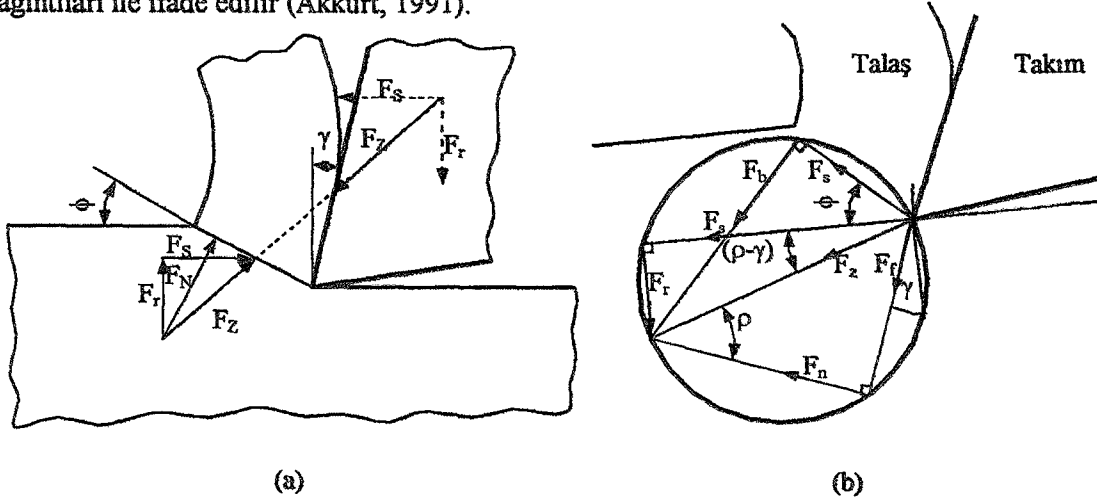
b. Kesme gücü. Kesme kuvveti (F_s) ve kesme hızı (v), tezgah motorunun verdiği enerji ile sağlanır. Bu enerji tezgahın kinematik sisteminden ana mile ulaşır. Bu faktörlere bağlı olarak talaş kaldırmak için gerekli olan kesme gücü;

$$P_s = F_s \cdot v \quad (2.15)$$

ile hesaplanır. Kinematik sistemin verimi η ile ifade edilirse, tezgah motorunun gücü,

$$P_m = \frac{P_s}{\eta} \quad (2.16)$$

bağıntıları ile ifade edilir (Akkurt, 1991).



meydana gelen sürtünmeler, ısı oluşumuna ve takım aşınmasına neden olurlar. Bu iki olay, talaş kaldırmada önemli bir faktör olan takım ömrünü tayin eder. Bunun yanı sıra talaş kaldırma olayını önemli şekilde etkileyen takım malzemesi, işlenen parçanın malzemesi ve talaş kaldırma olayını kolaylaştırmak amacıyla kullanılan kesme sıvıları gibi faktörler de sıralanabilir. Ayrıca takım ve takım tutturma sistemleri ile parça ve parça tutturma sistemlerinin esnek birer sistem oldukları düşünülürse, talaş kaldırmada titreşim olayının da oluşması beklenebilir (Akkurt, 1991).

2.3. Kesici Takım Malzemeleri

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 gösterildiğı gibi sıralanabilir: Yüksek sertlik, yüksek eğılme mukavemeti, basma mukavemeti ve tokluk, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklılık, kolay işlenebilmesi, ucuz olması.

Günümüzde tüm bu özelliklere sahip olan bir takım malzemesi yoktur. Genellikle yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı takım malzemeleri eğılme, basınç ve darbelere karşı mukavemetleri düşük, zor işlenebilen ve pahalı malzemelerdir. Mühendisliğin diğerkonularında olduğı gibi bu hususta da önemli olan, verilen işe göre birbirine zıt olan teknik ve ekonomik koşulları bir arada tutacak şekilde en uygun takım malzemesini seçmektir.

Takım malzemeleri, en genel halde karbon çelikleri, metalik takım çelikleri, sertleştirme yolu ile sertliklerini kazananlar, yekpare olanlar (kesici uç ve sap kısmı ile birlikte) ve yüksek sertliğe sahip olanlar şeklinde sınıflandırılabilirler.

Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler, hız çelikleri (yüksek alaşımlı çelikler), demir olmayan metalik alaşımlar (stellitler), sinterlenmiş karbrlar (sert metaller), seramikler, elmaslar ve abrasifler. Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri takım çelikleri grubunu oluştururlar.

Metalik takım çelikleri, stellitler ve sert metaller; metalik olmayan malzemeler: seramikler, elmaslar, abrasifler. Metalik gruptan takım çelikleri demir esasından, stellitler ve sert metaller ise demir esasından olmayan malzemelerdir. Ayrıca takım çelikleri ve stellitler dökme, sert metallerde sinterleme yolu ile elde edilirler.

Sertleştirme yolu ile sertliklerini kazananlar: takım çelikleri; doğıal sertliğe sahip olanlar: stellitler, sert metaller, seramikler, elmaslar ve abrasifler.

Yekpare (kesici uç ve sap kısmı ile birlikte): karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve kısmen hız çelikleri; kaynaklı (kesici uç sapa kaynak bile bağılanmış): kısmen hız çelikleri; uç şeklinde : kısmen hız çelikleri, stellitler, sert metaller, seramikler ve kısmen elmaslar, tane

şeklinde: kısmen elmaslar ve abrasifler.

Yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanaklı olanlar ve eğilme, basma ve darbelere mukavim olanlar. Bu açıdan sertliği dolayısıyla aşınma mukavemeti en yüksek fakat tokluğu en düşük olan takım malzemesi seramiklerdir. Onları sırasıyla karbürler ve hız çelikleri izler. En düşük sertliğe fakat yüksek bir tokluğa sahip olan karbonlu ve az alaşımlı çeliklerdir (Akkurt, 1991).

2.3.1. Takım Çelikleri

Bu grubu oluşturan karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri sertliklerini sertleştirme yolu ile kazanırlar. Bu nedenle bu malzemeler için önemli olan sertleştirme ile ilgili bazı kavramları hatırlatmakta fayda vardır.

Bilindiği gibi sertleştirme, malzemenin ısıtılmasına ve yüksek bir hızla soğutulmasına dayanan bir ısıl işlemdir. Isıtma, ötektoit altı çelikler ($C < \% 0,8$) için A_3 sıcaklığının üstünde ($A_3 + 50^\circ C$), ötektoit üstü çelikler ($C > \% 0,8$) için A_1 sıcaklığının üstünde ($A_1 + 50^\circ C$) yapılır. Soğutma kritik soğuma hızından daha büyük bir hızda gerçekleşir. Kritik soğuma hızı östenit yapısına sahip bir çeliğin, tamamen martenzit yapıya dönüşmesini sağlayan minimum soğutma hızıdır. Bu hız çeliğin karbon miktarına bağlıdır. Dolayısıyla her çeliğin farklı kritik soğuma hızı vardır.

Soğutma tuzlu suda, suda, yağda, ergimiş tuzda veya havada yapılabilir. Ancak teorik incelemelerde suda, yağda ve havada soğutma esas alınır. En yüksek soğuma hızı suda, en düşüğü ise havada elde edilir. Örneğin suda soğuma hızı 1,00 birim olarak gösterilirse bu hız yağda 0,5 ve havada 0,02' birimdir. Karbon çelikleri (alaşımsız çelikler) yüksek soğuma hızına ihtiyaç gösterdikleri için suda soğutulurlar. Alaşımlı çelikler ise, alaşım miktarına göre yağda veya havada soğutulurlar. Bu nedenle bunlara yağ ve hava çelikleri de denilir.

Sertleştirme esnasında parçalarda, iç ve dış kısımların soğuma hızları farklı olduğundan, çarpılma, burkulma veya çatlamalar gibi şekil bozukluklarına neden olan iç gerilmeler meydana gelir. Bunlar, yüksek hızla yapılan soğutmada yani suda tehlikeli bir durum gösterir, yağda soğutmada şekil bozuklukları daha az, havada ise hemen hemen hiç görülmez.

Takım malzemeleri ile ilgili bir diğer önemli kavram da kızıl sertliktir. Kızıl sertlik, takımın kesici ucunun kızıl sıcaklığa ulaştığı halde, kesme kabiliyetini kaybetmediğini gösteren bir özelliktir. Dolayısıyla bu malzemeler yüksek kesme hızlarına sahiptir. Sertliklerini sertleştirme yolu ile kazanan takım çelikleri, kızıl sertlik özelliğine sahip değildirler. Bu nedenle bu malzemelerin, bilhassa karbon çeliklerin ve az alaşımlı çeliklerin, çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olan kesme hızları düşüktür.

Çeliklerin alabileceği maksimum sertlik karbon miktarına bağlıdır. Bu bakımdan ancak

% 0,3' ün üstünde karbon içeren çelikler sertleştirilebilirler. Karbon miktarı % 0,3 ila % 0,7 arasında olan çeliklerin alabilecekleri maksimum sertlik, karbon miktarının artması ile hızlı bir şekilde artar. Karbon miktarının % 0,55 ila 0,7 arasında olması halinde sertlik maksimum bir değere ulaşır. % 0,7' nin üstünde olduğu durumda ise bir büyüme göstermez (Akkurt, 1991).

2.3.1.1. Karbon (Alaşımız) Takım Çelikleri

En eski takım malzemeleri olan karbon takım çelikleri, karbon miktarı % 0,6 ila % 1,4 arasında olan ergime koşullarının daha iyi kontrol edilebilmesi için küçük kapasiteli elektrik fırınlarında ergitilen ve vakum kokil döküm ile itinalı olarak imal edilen karbon çeliklerdir.

Suda sertleştirilen karbon takım çelikleri, RC = 58...64 arasında sertlik kazanırken, suda soğutmanın tüm menfi özelliklerine de sahip olurlar. Yani sertleşme esnasında şekil bozuklukları meydana gelebilir. Maksimum çalışma sıcaklıkları 200°... 250°C arasında ve kesme hızları genellikle $v \leq 10$ m/ dak. dır.

DİN standartlarına göre karbon takım çelikleri C100W1, C110W1, C125W1, C75W3 şeklinde simgelenir. AISI ve SAE' ye göre bu çelikler W (water hardening tool steel) ile gösterilirler. Karbon takım çeliklerinin en büyük üstünlükleri, kolay işlenmeleri ve ucuz olmalarıdır. Günümüzde sanayileşmiş ülkelerde bu çelikler hemen hemen hiç kullanılmazlar.

2.3.1.2. Az Alaşımız Takım Çelikleri

Bu çeliklerin kesme özelliklerini iyileştirmek amacı ile, karbon takım çeliklerine az miktarda krom (Cr), vanadyum (V), tungsten (W), molibden (Mo), mangan (Mn) gibi alaşım elementleri ilave edilen çeliklerdir. Alaşım elementleri bu çeliklere yağda veya havada sertleşme olanağını sağlarlar. Bu bakımdan bu çelikler yağ ve hava çelikleri olmak üzere ikiye ayrılır. Yağ çelikleri; (% 0,9...% 1,45) C, (% 1,00...% 1,6) Mn, % 1,00 Si, (% 0,50...% 0,75) Cr, (% 0,25...% 1,75) W, % 0,25 Mo, hava çelikleri, (% 0,7...% 1,00) C, (% 2...3) Mn, (% 1...5) Cr, % 1 Mo içerirler. Yağ çeliklerinde sertleştirme esnasında azda olsa şekil bozuklukları meydana gelebilir, hava çeliklerinde ise bu olay görülmez.

Az alaşımız takım çeliklerinin kesme özellikleri, karbon takım çeliklerinininkinden pek farklı değildir. Bunların çalışma sıcaklığı 250 ... 300°C' yi geçmez. Sanayileşmiş ülkelerde bu çelikler ancak çok özel maksatlar için kullanılır.

2.3.1.3. Hız Çelikleri (HSS, SS)

Hız çelikleri (% 1,2...% 19) wolfram (W) ve % 4 krom (Cr) içeren yüksek alaşımız çeliklerdir. Pratikte çok kullanılan bu çeliklerin özellikleri şöyledir. Alaşım, % C = 0,6...1,6, %Co = 2...14, %Cr = 4, %Mo = 0,7...10, %V = 1,4...5, %W = 1,2...19. Çalışma sıcaklığı $\leq$

600°C, sertliği 62...65 RC, çelik için kesme hızı $v = 30...40$ m/dak. dır. HSS (High-speed tool steel) veya SS çelikleri olarak bilinen bu çeliklerin DIN standartlarına göre simgeleme tarzı Cetvel 3.1'de ve kullanılma alanları Cetvel 3.2'de gösterilmiştir. AISI ve SAE standartlarına göre hız çelikleri, sırasıyla T ve M ile simgelenen tungsten (wolfram) ve molibden esasına dayanan iki gruba ayrılırlar. Bu iki grup arasındaki fark, M grubunun T grubuna göre daha ucuz olmasıdır.

Takım çelikleri ve özellikle hız çeliklerinin kesme kabiliyetlerini arttırmak için siyanürleme, karbonitrülme, buharlı ortamda ısıtma işlemi yapılması, krom ile elektro-kaplama gibi yöntemler uygulanmaktadır.

2.3.2. Demir Olmayan Metalik Alaşımlar

Ticari ismi stellite olan bu malzemeler tungsten (W), krom (Cr) ve kobalt (Co) alaşımlarıdır. 60...62 RC sertliğine sahip, aşınmaya dayanıklı ve çalışma sıcaklığı 800°C civarında olan bu malzemeler ancak dökme ve taşlama yolu ile işlenebilirler. Avrupa' da hemen hemen hiç kullanılmayan bu malzemeler, Amerika' da bazı alanlarda kullanılmaktadır.

2.3.3. Sinterlenmiş Karbürler

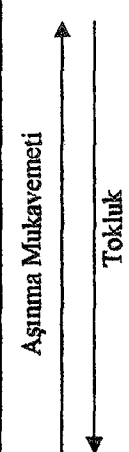
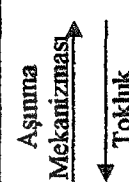
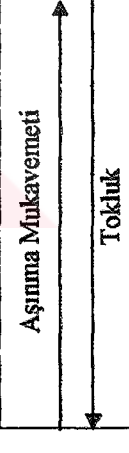
Avrupa' da sert metal (HM-Hard Metal) adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan; tungsten carbür (WC), titan carbür (TiC) ve tantal carbür (TaC) karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Bu işlemde tungsten, titan ve tantal karbürlerine, toz haline getirildikten ve istenilen oranda birbirleri ile karıştırıldıktan sonra preslerde yaklaşık 4000 ... 5000 at. basınç altında ön şekil verilir. Daha sonra elektrik fırınlarında 900° ... 950°C sıcaklıkta ön sinterleme yapılır, buradan çıktıktan sonra taşlama yolu ile son şekil verilir ve 1400 ... 1600°C'de nihai sinterleme yapılır.

Çok sert, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip bu malzemeler günümüzde gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Sinterlenmiş karbürlerin özellikleri, % WC = 60...92, %TiC +TaC=1...60, % Co = 5..17, çalışma sıcaklığı 900...1000°C, sertlikleri 87...92 RA, çelik için kesme hızı $V=80...300$ m/dak. dır.

ISO standartlarına göre sinterlenmiş karbürler üç gruba ayrılmış ve bu gruplar, P, M ve K gibi büyük harflerle gösterilirler.

P - Mavi, sürekli talaşlı malzemeler, M - sarı, yapışık talaşlı malzemeler, K -kırmızı, kesik talaşlı malzemeler için kullanılırlar. Her grubu oluşturan malzeme çeşitleri, aşınma mukavemeti ve tokluğunu (darbeye karşı mukavemetini) gösteren 01, 10, 20, 30, 40, 50 rakamları ile simgelenmiştir (Tablo 2.3). Rakamlar büyüdükçe malzemenin aşınma mukavemeti azalırken tokluğu büyür. Rakamlar küçüldükçe aşınma mukavemeti büyür ve tokluğu azalır.

Tablo 2.3 Sert metallerin (HM) sınıflandırılması (Akkurt, 1991).

Kullanma Alanı	Çalışma tarzı	Simge	Özellikleri
Uzun talaşlı malzemeler, örneğin: Çelik, dökme çelik Uzun talaşlı temper döküm.	Hassas talaş kaldırma v yüksek s düşük mümkün olduğu kadar titreşimsiz.	P01.2	
		P01.3	
		P01.4	
		P05	
	Tornalama, Frezeleme v yüksek, s küçük ila orta	P10	
	Tornalama, Frezeleme v orta, s orta planyada s küçük	P20	
	Tornalama, Frezeleme, Planya v orta ila alçak s orta ila yüksek	P30	
	Tornalama, Planya, Dikey planya, Freze, otomat işleri	P40	
	Tornalama, Planya, Dikey planya, Freze, otomat işleri	P50	
Uzun ve kısa talaşlı malzemeler. Çelik, dökme çelik, manganlı çelikler, alaşımlı dökme demir. Paslanmaz, östenitik dökme çelik, otomat çelikleri.	Tornalama, v orta ila yüksek s orta ila küçük	M 10	
	Tornalama, Frezeleme, v orta, s orta	M20	
	Tornalama, Planya, Frezeleme v orta s orta ve büyük	M30	
	Tornalama, Form tornalama. Kesme (daldırma), özellikle otomat işlemler.	M40	
Kısa talaşlı malzemeler. Dökme demir, kokil dökme demir, sertleştirilmiş çelik, demir olmayan metaller, plastikler.	Hassas işlemler.	K01	
		K05	
	Tornalama, Delme, Havsa başı açma, Raybalama. Frezeleme, Broşlama, Raspalama	K10	
	K 10' daki gibi yüksek tokluğa sahip sert metaller	K20	
	Tornalama, Planya, Dikey planya. Frezeleme uygun olmayan işleme koşulları (sert kabuklu dökme meler sertliği değişken malzemeler).	K30	
	K 30' daki gibi, büyük talaş açısı, uygun olmayan işleme koşulları.	K40	

Sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok mukavim olan bu malzemelerin eğilme ve darbe mukavemetleri çok düşüktür. Bu nedenle kesme özellikleri ile birlikte eğilme ve darbe mukavemetini de iyileştirmek için 5 mm kalınlıkta sinterlenmiş karbürle kaplanmış çeliklerden çok iyi sonuçlar veren takımlar yapılmıştır (Akkurt, 1991).

2.3.4. Seramikler

Seramikler, ana malzemesi alüminyum oksiti olan ve sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. İçerdiği alüminyum oksidin saflığı % 99,7 civarında, en yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı olan ve yüksek kesme hızlarında

kullanılabilen seramiklerin darbe ve eğilme mukavemetleri çok düşüktür. Bu nedenle ince veya çok ince tornalama gibi işlemlerde kullanılabilirler. Çalışma sıcaklığı $\leq 1800^{\circ}\text{C}$, sertliği 89..95 RA, kesme hızları çelikler ve dökme demir için kaba talaş için $V = 100...300$ m/dak, ince talaş için $V = 200... 1000$ m/dak. dır.

Seramikler bileşenlerine göre üç gruba ayrılabilirler. Bunlar; Saf alüminyum oksidi (Al_2O_3), Sermet (Cermet = Ceramic + metals) denilen ve Al_2O_3 ile Mo, Cr, Fe, Ni gibi metallerin karışımı ve Al_2O_3 ile WC, TiC gibi metalik karbürlerin karışımıdır.

Esasen metalik olmayan ve metalik malzemeler arasında yer alan ikinci ve üçüncü gruptaki seramikler daha iyi darbe ve eğilme mukavemetine sahiptirler.

2.3.5. Elmaslar

En sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılğan ve pahalı bir malzemedir. Kırılğan olduğu için ince veya çok ince talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Elmas ile işlenerek elde edilen yüzeylerin pürüzlülüğü $0,1 \mu\text{m}$ civarındadır. Normal işlemlerde 100 ila 500 m/dak arasında olan kesme hızı, özel hallerde 3000 m/dak' ya kadar çıkabilir. İşleme sıcaklığı 1500°C kadardır.

Takım malzemesi olarak, kıymetli taşlardan ayrı bir grup oluşturan sanayi elmasları kullanılır. Bunlar pratikte tek parça, çok kristalli (polycristalin) elmaslar veya toz şeklinde bulunurlar. Çok kristalli, elmasların ana gövdeleri sert metaldir. Gövdenin ağız kısmına çok yüksek basınçlarda (69 kbar) ve çok yüksek sıcaklıklarda (2200°C), çok küçük elmas tanecikleri "kristalize" edilir. Bu takımlarda takım sapa lehim yolu ile kaynatılır ve oldukça kalın talaş kaldırabilirler.

Elmas tozu, çok yüksek basınç ve sıcaklığın etkisi altında grafitten elde edilen suni elmadır. Bu işlem sonucu elde edilen küçük elmas kristalleri öğütülerek toz haline getirilir. Elmas tozu toz, pasta veya disk şeklinde imalatı veya mücevherlerin parlatılmasında kullanılır.

2.3.6 Genel Kesici Takım Malzemeleri

Talaş kaldırma işleminde önemli bir konu, verilen bir iş için en uygun takım malzemesini seçmektir. Bu da bu faktörlere göre yapılır, parça malzemesi talaş kaldırma yöntemi, tezgahın özellikleri, takımın boyutları ve şekli, soğutma sistemi ve maliyetidir.

Takım malzemelerinin özellikleri bu şekilde özetlenebilir, karbon takım çelikleri genellikle kullanılmaz. Az alaşımlı çelikler, özel haller için kullanılır. Hız çelikleri, küçük kesme hızları için hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında kullanılır. İyi eğilme mukavemetine sahiptir. Sert Metaller, büyük kesme hızlarında, tüm talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Sert, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı, fakat eğilme mukavemeti düşüktür.

Seramikler, sertlikleri çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır. Kullanma alanları sınırlıdır. Elmaslar, çok pahalı olduklarından diğer takım malzemelerinin kullanılması çok zor olan durumlarda kullanılır. Bu yüzden uygulama alanları sınırlıdır (Akkurt, 1991).

2.4. Kesici Takım Aşınması ve Ömrü

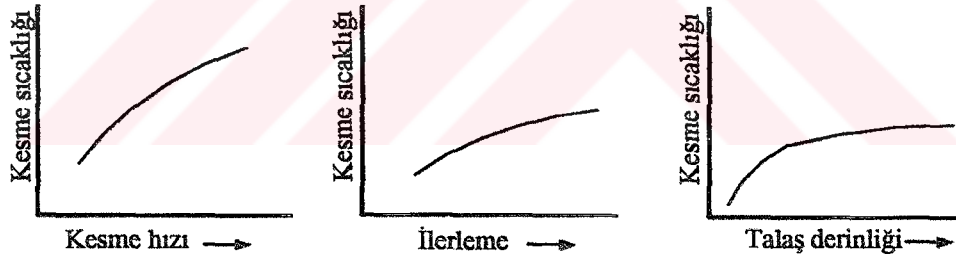
Talaş kaldırma işlemlerinde, takım malzemelerinin önemi insanların bu malzemeleri pratik uygulamalar ile ortaya çıkarmaktadır. Aşırı artan ihtiyaçlar, teknolojik olarak değişmeyi ve ekonomik rekabeti ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için de yeni takım malzemeleri araştırılmakta, bunu yaparken de sadece takımların iyileştirilmesi değil, iyi ve kaliteli üretim hassas yüzey kalitesi, az güç sarfıyatı ve ekonomikliğin sağlanması gerekir. Ancak bunları gerçekleştirilmesi, kesici takımda oluşan aşınma tipleri ve kriterlerinin, kesme esnasında oluşan problemlerin bilinmesi, anlaşılması ve buna göre gerekli tedbirlerin alınması ile gerçekleşir. Talaş kaldırma işleminde iş parçası, takım/talaş ara yüzeyinde sürtünmeler ve meydana gelen ısı, takımın aşınması ve plastik deformasyonuna sebep olur. Plastik deformasyon işlemi ve sürtünme sonucu açığa çıkan enerjinin çoğu ısıya dönüşürken bir kısmı talaşla taşınmasına rağmen, takım ucunda kalan kısmı da kesme şartlarına, iş parçası ve takım çiftine bağlı olarak yüksek sıcaklıklar oluşturur. Takım ucunda oluşan bu yüksek sıcaklıklar ve mekanik gerilmelerden dolayı kesici takım tedrici veya ani olarak malzeme kaybına maruz kalır. Takım ömrü, pratik çalışmalarda istenilen boyutta ve yüzey kalitesinde iş parçalarını üretmek için takımın körlenme zamanı yani takımın daha fazla kesme yeteneğini sürdürmemesi, başka bir ifadeyle iki bileme süresi arasında geçen zaman olarak adlandırılır. Ancak her bir takım için takım ömrü kesme şartlarına bağlı olarak farklı olacaktır. Talaş kaldırma işleminde düşünülmesi gereken en önemli faktörlerden birisi takımın ekonomik olmasıdır. Kaba işlemlerde ekonomik bir takım ömrü, genellikle değişik kesme hızları ve ilerlemeler ile sağlanabilmektedir. Fakat takım körlenmesi sonucu bilinmesi veya değiştirilmesi maliyetleri yüksek olduğundan, çok kısa takım ömrüne sahip olan takımlar ekonomik olmazlar. Başka bir ifadeyle, uzun takım ömrü elde etmek için çok düşük hız ve ilerlemenin kullanılması, üretim hacmini düşüreceğinden dolayı ekonomik olmayacaktır. Takım ömrünü artıran her hangi bir takım veya iş parçası her zaman yararlı olacak ve böyle gelişmelere esas olmak üzere, tabi takım aşınmasının ve diğer kırılma şekillerinin anlaşılması gerekmektedir. Uluslararası standartlara göre aşınma ile takımın bozulması, takım ömrünün belirlenmesinde, belirli kriterler kullanılmaktadır. Birden fazla aşınma türünün ölçülebildiği yerde her tip kaydedilmeli bunlardan herhangi birisi aşınma kriteri limitine ulaştığı zaman takım ömrüne ulaşılmış kabul edilir. Takım aşınmasının sayısal değeri ile takım malzemesinin kalitesi belirlenerek diğerleri ile karşılaştırma yapmak mümkün

olabilmektedir. Eğer sınırlanmış değerler çok düşükse oluşan sonuçlar güvenilir olmayabilir. Çünkü kesme şartları altında aşınmanın ilk aşaması sırasında bu değer belirlenebilir (Şahin, 2001).

2.4.1. Kesici Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler

Takım aşınması, kesiciden koparılan küçük parçacıkların kaybı olduğundan, işlenen yüzey üzerine de doğrudan kötü bir etkiye sahip bulunmaktadır. Çünkü parçanın kopmasıyla takım körlenmiş ve kesici takımın serbest açısı 0'a yaklaşacağından, daha çok uç alan bölgeyi sürtünme işlemi yapacak ve kesme işlemi esnasında bu daha da büyüyecektir. Bu durumda kesici takım kesme işleminden ziyade iş parçasını zorlamakta, sıvama veya iş parçası yüzeyinin sertleşmesine yol açmaktadır. Dolayısıyla takım körlenmektedir. Etkili kesme zamanını tayin etmek için bunun belirli kriterlere bağlı olarak belirlenmesi, bu nedenle kritik değerlerin ne olduğunun bilinmesi ve nelere bağımlı olduğunun anlaşılması gerekir. Takım aşınmasını etkileyen faktörler, takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, talaş geometrisi, takım geometrisi, soğutma sıvısı vb. şeklinde özetlenebilirler.

Şekil 2.10' de talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı üzerine dolayısı ile takım aşınması üzerine etkisi gösterilmiş olup, buradan da görüleceği gibi, takım aşınması üzerine en büyük etkiyi kesme hızı, bunu da takım ilerleme miktarı gösterirken, en az etkiye de talaş derinliğinin yaptığı görülmektedir.



Şekil 2.10. Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi (Şahin, 2001).

Takım ömrü, aşınma sonucu gerçekleşen bir olay olduğundan, bunlar takım ömrüne de etki eden faktörler olarak ele alınabilirler. Pratik işlemlerde aşınma, kesici kenarın etkili yan yüzey ve talaş yüzeyindeki aşınma uniform olarak oluşmamaktadır. Bu nedenle, takım tekrar bilenmeden önce müsaade edilen aşınma miktarına karar verildiği zaman, aşınma miktarı ve aşınma yerini belirlemek gereklidir (Şahin, 2001).

2.4.2. Kesici Takım Aşınma Tipleri

Talaş kaldırma esnasında kesici takımın uç yüzeyi, yan kenar, talaş ve boşluk yüzeyleri hareket eden iş parçası ile temas halindedir. Bu yüzeylerde aşınma alanları kesme hızının artmasıyla büyür ve takım orijinal şeklini kaybeder. Bu nedenle kesici takım ucunda genellikle

Yan kenar veya boşluk yüzeyi aşınması,
Talaş yüzeyi veya krater aşınması,
Uç boşluk yüzeyi aşınması,
Çentik aşınması veya mekanik kırılma, çatlama v.s.

2.4.2.1 Yan Kenar Aşınması

2.4.2.2. Talas Yüzeyi Aşınması

27

anında sıcaklık gerçek kesici uçta daha az fakat kraterin olduğu bölgede daha yüksektir. Talaş yüzeyi aşınması sadece kesme hızı ve ilerleme faktörleri ile değil, üst talaş açısı, talaş derinliği, yaklaşma açısı ve boşluk açısı tarafından da etkilenir. Bir kesici takımın burun radyusu ve dış çap olukları boyunca yan kenar aşınması ve krater aşınmasını gösteren bir takım durumu Şekil 2.11 de gösterilmiştir. Takım aşındığı zaman geometrisi de değişir. Bu geometri kesme kuvvetlerini, harcanan gücü, bitirme yüzeyini, boyutsal tamlığı ve işlemin dinamik kararlılığını etkileyecek ve aşınmış takım sıkça titreşimden ziyade atlama işlemine yol açacaktır. Bu yüksek sıcaklık ortamında gerçek aşınma mekanizmaları olan abrasyon, adhezyon, difüzyon veya kimyasal etkileşimler etkili olacaktır. Kesme işleminde bu mekanizmalardan biri veya bir kaçısı verilen bir işlemde belli bir zamanda etkili olabilmektedir.

Ani bozulmaya yol açan mekanizmalar, daha net bir şekilde, fakat önceden tahmin edilebilmeleri daha zordur. Bu mekanizmalar, plastik deformasyon, gevrek kırılma, yorulma kırılması ve kenar talaşlanması olarak sınıflandırılabilirler. Yine hangi mekanizmanın etkili olacağı ve hangi durumda takımın bozulacağını hesaplamak zordur.

2.4.2.3. Boşluk Yüzeyi Aşınması

Bu tip aşınma için esas sebep oksitlenme olup, talaşla doğrudan temasta olmayan takımın bir kısmında meydana gelir. Kesme işlemi esnasında boşluk yüzeyi üzerinde bir oksit tabakası oluşur ki bu da kademeli olarak krateri doğru yayılır. Kesme devam ederken krater derinleşir ve oksit tabakası oluşur ve sonuçta kopma meydana gelir. Bu kopma takımın kesme yapmayan kısmı üzerinde gerçekleşmekte, bu nedenle takım performansını etkilememektedir. Ancak, bu kazımadan sonra takımın burun kırılmasına dolayısıyla takım bozulmasına yol açabilir. Bu da sıcaklığa bağlı kırılma şekli olduğundan, oksitlenme yapar. Bu oksitlenme de, oksijen olmayan atmosferde kesme yapılarak ve oksitlenmeye dayanıklı takım malzemesi kullanılarak önlenmelidir.

2.4.2.4. Mekanik Hasar veya Kırılma

Bir takım malzemesinden istenen temel özelliklerden biri de sert olmasıdır. Fakat takım malzemelerinde yüksek sertlik hep sünekliği azaltır bu da çoğu takım malzemelerini gevrek yapar ve kullanıldığında kırılmaya maruz kalır. Bu nedenle seramik esaslı takımlar daha tok olan yüksek hız çeliği ve sinterlenmiş karbürü takım uçlarından daha kolay şekilde kırılırlar. Bu takımlarda pah ve dar honlanmış bir kısım kesici uç dayanımını artırmada önemli rol oynarken, takım kırılma ihtimalini de oldukça azaltmaktadır. Takım uç dayanımını arttıran diğer önemli bir parametre ise kırılmaya karşı burun yarıçapıdır. Bununla takımdaki titreşimler yok edilir. Büyük burun yarıçaplı takım ile daha uzun takım ömrü ve daha iyi yüzey kalitesi

sağlanır. Burun yarıçapı için en iyi değer, son bitirme yüzeyi ve kesme şartları arasında bir optimizasyonu gerektirir. Takımdaki kırılmalar ise dikkatsiz çalışma, kötü ayarlama ve dengesiz bağlamadan kaynaklanabilir.

2.4.2.5. Çentik Aşınması

Çentik aşınması, normal olarak kimyasal reaksiyonla, hem esas kesici uç boyunca hem de kesici ucun bir kısmında, iş parçası ile takım arasında fiziksel temas alanının dışında talaş derinliğinin bitimine yakın yerde oluşur. Her iki durumda da çentik aşınma hem talaş hem de yan kenar yüzeyini etkiler. Çentik aşınma bazen şiddetli aşınmaya sebep olur. Çentik aşınma, iş parçasının sertleşme etkisinden kaynaklanabilir. Takımlarda çentik aşınması genellikle yaklaşık 0.7 mm'nin üzerine çıktığında etkili olmaktadır, Şekil 2.11 de bu tip aşınma şekli gösterilmiştir. Ancak bazı hallerde çentik aşınma kriteri olarak 1 mm de alınabilmektedir.

2.4.3 Kesici Takım Aşınmasının Ölçülmesi

Aşınma alanında doğrudan yan kenara yapışan parçacıklar daha büyük aşınma alanı genişliği oluşturur. Keza krater içinde meydana gelen birikinti tabakası krater derinliğini azaltır. Kopmuş malzeme parçacıkları dikkatlice kaldırılmalı fakat test sonu değilse kimyasal dağlama maddesi kullanılmamalıdır.

2.4.3.1. Aşınmada Kullanılabilecek Aygıtlar

Aşınmanın ölçülmesinde kullanılacak takım ve avadanlıklar şöyle özetlenebilirler.

- a. Titreşim ve anormal durumlara karşı kararlı test yapılacak bir torna tezgahı ve kullanılacak bu tezgah, değişik fener mili hızlarını sağlayan tahrik sistemi ile donatılmalıdır.
- b. Takım geometrisini doğru olarak ölçen bir aygıt,
- c. Takım köşelerini ölçmek için profil kesit projektörü,
- d. Kesme zamanını kaydetmek için kronometre,
- e. Yan kenar aşınmayı ölçmek için kullanılan takım mikroskobu,
- f. Krater derinliğini ölçmek için yaklaşık 0.2 mm çapında nokta temaslı komparatör,
- g. Daha doğru takım aşınmasını ölçmek için x-y hareketli tabla,
- h. İş parçası ve takım sertliğinin belirlenmesi için sertlik ölçme aygıtı,
- i. İş parçasını tornaya bağlı iken yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için taşınabilir yüzey pürüzlülüğü aygıtı,
- j. Kesme hızını ölçen bir aygıt,
- k. İş parçasının çapını ve talaş kırıcı mesafesini ölçmek için, sürmeli kumpas,
- l. Kesme yağının akış miktarını ölçen aygıt olmalıdır (Şahin, 2001).

2.4.4. Kesici Takım Ömrü ve Ömür Test İşlemi

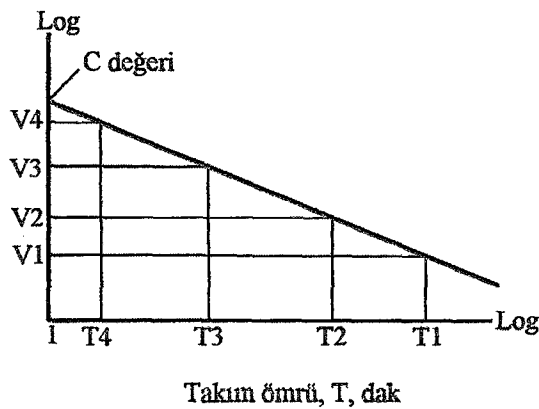
Yukarıda ifade edildiği gibi takım ömrü belirli kritere ulaşmak için gerekli kesme zamanı olarak tanımlanır. Özel bir uygulama işlemi için,

1. Takım malzemesi,
2. İş malzemesi,
3. Takım şekli (takım ömrüne etki eden en önemli faktör),
4. Kesme hızı,
5. Kesme şartlarına bağlı olarak değişir.

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı ve takım ömrü arasındaki ilişkiyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup, aşağıdaki ampirik formül ile ifade edilmektedir,

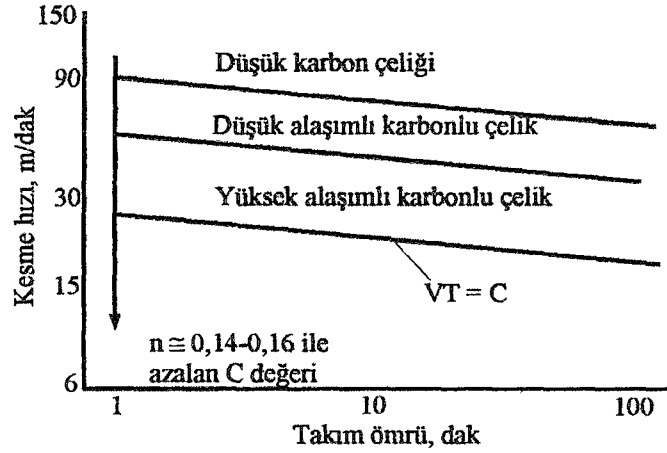
$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^n, V_1 \cdot T_1^n = V_2 \cdot T_2^n = C \quad (2.17)$$

Burada, n üssü, sabiti göstermekte olup öncelikle takım malzemesine bağlı, fakat iş malzemesi, işleme şartları ve ortama da bağlıdır. C ise ilerleme miktarı ve talaş derinliği dahil takım geometrisi, soğutma sıvısı vb. bütün giriş parametrelerine bağlı olarak değişir. Bunun yanında burada, V , kesme hızı, T , takım ömrü, V_1 , verilen bir takım ömrü için referans kesme hızını göstermektedir. 2.17 denklemi, Şekil 2.12' de gösterildiği gibi verilen takım aşınma miktarı, W_f , için kesme hızına karşılık takım ömrü (dak) değerlerinin eğrilerinden elde edilir. Bu şekilden görüldüğü gibi, bütün noktalar azalan düz bir doğru şeklinde olup, bu nedenle 2.17 denklemiyle ifade edilir. Bu denklemde $-(1/n)$ doğrunun eğimi ve doğru üzerinde bir noktada (V_1, T_1) 'dir.



Şekil 2.12. Belirlenen takım aşınma verileri kullanılarak Taylor takım ömrü eğrisinin oluşturulması (Şahin, 2001).

Bir takım malzemesi ve 3 farklı iş parçası malzemesi için tipik takım ömür eğrileri Şekil 2.13’ de gösterilmiştir. 3 eğride aynı n eğimine eşit olduğuna dikkat edilmelidir.



Şekil 2.13. Yüksek hız çeliği takım ile üç farklı çelik işlendiğinde kesme hızı-ömür eğrisi (Şahin, 2001)

Taylor denkleminde sabitleri elde etmek için bir çok deneysel çalışma yapmak gereklidir. Takım ve iş malzemeleri farklı sabitlere sahip olduğundan 1 dakikalık ömür için, $C=V_1$, veya bu takım 1 dakikalık ömür veren kesme hızına sahiptir (Şahin, 2001).

2.4.4.1. Geliştirilmiş Takım Ömrü Denklemi

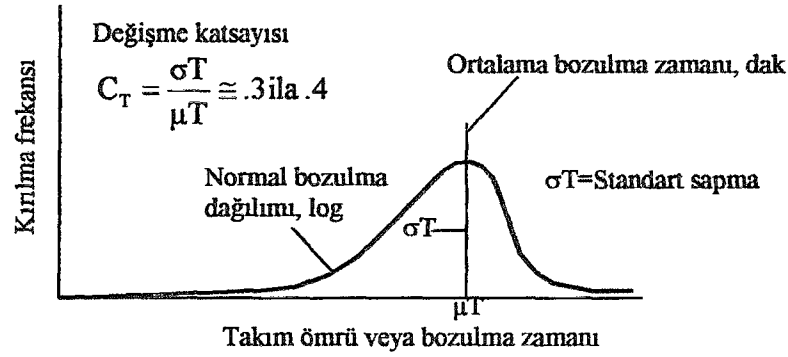
Kesilen boyut etkisi 2.17 denkleminde yerine konulursa,

$$V.T^n.f^m.t^p = C_0 \quad (2.18)$$

yazılabilir. Bu eşitlikte, C_0 ; orantı sabiti olup rasgele bir değişkendir. Ölçülemeyen bütün faktörlerin etkileşimini göstermektedir. Kesme hızı ve diğerleri de giriş değişkenleridir. Bunlardan, f : ilerleme miktarı (mm/dev), t : talaş derinliği (mm) m : ilerleme miktarı üssü, ortalama değeri 0.5-0.8, p : talaş derinliğini, ortalama değeri 0.2-0.4, göstermektedir. Belli bir takım ömrü için optimum kesme hızı, talaş derinliğinden daha ziyade ilerleme miktarındaki değişmelerden daha çok etkilenir. Ancak takım ömrü de ilerleme miktarından daha ziyade kesme hızındaki değişmelerden daha çok etkilenirken talaş derinliğindeki değişmelerden daha az oranda etkilendiği Şekil 2.14’ de gösterilmiştir. Takım ömrü değişkenliği parçadan parçaya ve bir parça içinde bile iş malzemesi sertliğindeki değişme, kesici takım malzemeleri, takım geometrisi ve bunların hazırlanmasındaki değişiklikler, iş bağlama, takım bağlama aygıtları rijitliği ve takım tezgahındaki titreşimler, iş parçalarının yüzey karakteristiğindeki değişmeler gibi faktörlere bağlıdır.

Değişik çelikler kullanılarak çok sayıda yapılan takım ömür çalışmalarının

incelenmesi, takım ömrünün takım malzemesi veya işlemesi ile ilgili olmadığını göstermiş, takım ömrü dağılımları genellikle karışık ve tipik olarak büyük standart sapmaya sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 2.14 de gösterildiği gibi, takım ömrü dağılımı büyük değişme katsayısına, C_T , sahip olduğu ve bu nedenle de takım ömrü çok hassas olarak tahmin edilememekte ve önceden hesaplanamamaktadır (Şahin, 2001).



Şekil 2.14 Büyük değişim katsayılı normal log dağılımına sahip rasgele değişken olarak takım ömrü görünümü (Şahin, 2001).

2.4.5. Kesici Takımlarda Aşınma Mekanizmaları

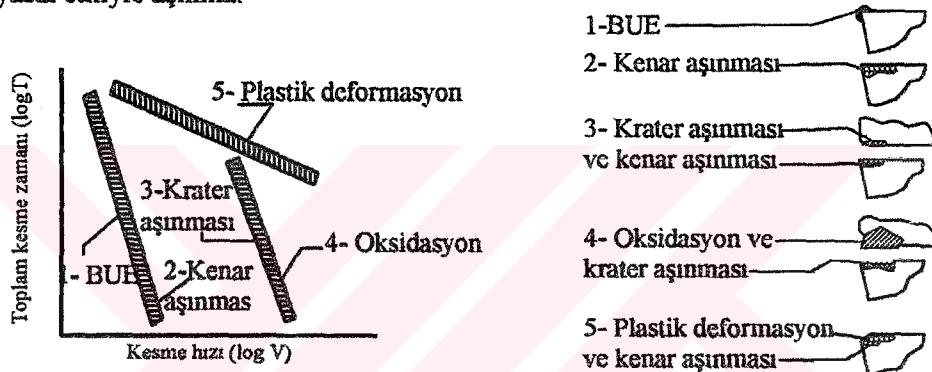
Talaş kaldırma işlemi esnasında değişik çalışma koşulları altında iş parçası/takım ara yüzeyinde aşırı sürtünme ve mekanik gerilmelerden dolayı yüksek sıcaklıklar meydana gelir. Bu da zamanla veya ani olarak takımın aşınmasına yol açar. Talaş kaldırmada ise aşınma etkili kesme zamanının sona ermesi, bunun da takımın orijinal profilini kaybetmesi veya birbiri ile etkileşim yaparak malzeme kaybına yol açmasıdır ki bu da istenilen ölçü ve boyutta ürün elde edilmesinin önlenmesi demektir. Burada özellikle takım/talaş ara yüzeyinde nelerin olduğu, hangi mekanizmaların olduğu ve hangi şartlarda ortaya çıktığının anlaşılması ve ona göre gerekli tedbir ve şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Takım ucunda iş parçasının aşırı plastik deformasyona uğraması bazı problemler yaratmaktadır. Plastik deformasyon işinin ve sürtünmenin çoğu ısıya dönüşür. Talaş kaldırmada bu ısının yaklaşık % 80'i talaşla birlikte dışarıya atılırken % 10 iş parçasına fakat takım ucunda kalan yaklaşık % 10'luk oran ise oldukça yüksek sıcaklıklar meydana getirir.

Kesici takımlar çok değişik şartlara maruz kaldığı için takım ucunda yüksek gerilmeler oluşur bunun gerçek değeri ise işleme şartlarına ve iş parçası malzemesinin mekanik özelliklerine bağlıdır. Buna ilaveten, fasıllı kesme sırasında takım tekrarlanan şok etkisine maruz kalır ve çıkan talaşlar takım malzemesi ile kimyasal reaksiyona girer. Bu da takımın performansına kötü şekilde etki eder. Yüksek gerilme ve sıcaklıklar takım ucunun plastik deformasyonla körlenmesine sebep olarak takımın şiddetli şekilde kırılmasına yol açar. Plastik

deformasyon ve kırılma ile birlikte kesici takımın ömrü, krater, yapışma, yan kenar veya abrasyon aşınma, termal yorulma ve talaş derinliğinde çentik etkisi gibi bir çok aşınma problemleri ile karşılaşılabilir (Şahin, 2001).

Genellikle, kesici takımlarda yaygın olarak oluşan aşınma mekanizmaları Şekil 2.15’de gösterildiği gibi sınıflandırılabilirler.

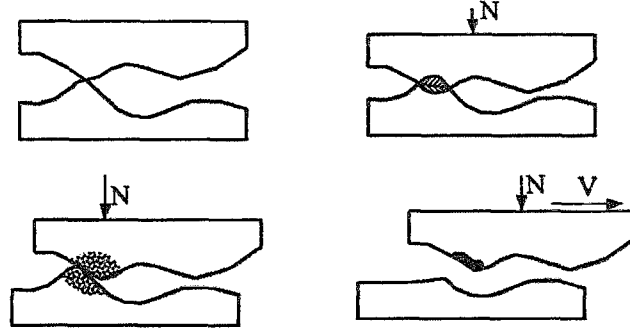
- Adhezyon,
- Abrasive,
- Yapışma (attrition),
- Difizyon,
- Plastik deformasyon,
- Yüksek sıcaklıkta kaymayla oluşan plastik deformasyon,
- Kimyasal etkiyle aşınma.



2.4.5.1. Adhezyon Aşınması

Bilindiği gibi adhezyon, birbiri ile temas halinde çalışan iki metal parçanın birbirlerine bastırılması halinde yüzeyler yüksek noktalarda temas ederler. Bu durumda temas noktalarında çok yüksek basınçlar meydana gelir. Bu yüksek basınç nedeniyle metaller akma sınırına ulaşırlar ve temas bölgelerinde mikro-kaynaklar oluşur. Temas yüzeyleri birbirine göre bağıl olarak hareket ederlerse mikro-kaynaklar kırılır. Diğer bir ifadeyle, mekanik gerilmeler sürtünme elemanı olan malzemenin akma sınırını aştığında yüzey plastik deformasyona uğramaktadır. Birbirlerinin yüzeylerinden çok ufak talaş zerrelere özellikle yumuşak malzemeden koparılır. Bu şekilde ortaya çıkan aşınma adhezyon aşınması olarak adlandırılır. Adhezyon aşınmanın meydana gelişi Şekil 2.16’de gösterilmektedir.

Bu tip aşınmaya en fazla tesir eden faktörler temas eden yüzeylerin sertliği, yüzey kaliteleri ve yüzeyler arasındaki basınçtan ileri gelmektedir. Sıcaklıkta malzemenin sertliğine tesir ettiğinden aşınmaya neden olur. Talaş kaldırmada bu tür aşınma, takım, iş parçası ile temasta iken çıkan talaşın takım yüzeyine sürtünmesi durumunda gözlenebilmektedir (Şahin, 2001).

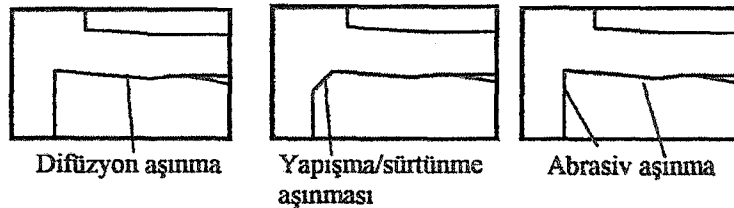


Şekil 2.16 Adhezyon aşınmasının meydana gelişini (Şahin, 2001).

2.4.5.2 Abrasyon Aşınması

Abrasyon aşınması, kaldırılan talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyinden geçerken bunların mekanik hareketiyle oluşur. Bu tip aşınma sert parçacıklar ihtiva eden iş parçalarının işlenmesinde ve talaş kaynamasından oluşan sertleştirilmiş parçalarda ortaya çıkar. Abrasyon aşınmasını iki yumuşak yüzey arasına sert parçaların girmesiyle oluştuğunu ve boşluklu dökme demirlerin kaba işlenmesinde, sert parçacık içeren alaşımların işlenmesinde takım aşınmasının mümkün olduğu görülmüştür. Keza küçük boyutlu sert parçaların aşınma üzerine etkisi az olurken büyük sert parçacıklar abrasyon aşınma miktarını daha fazla artırır. Bu sert parçacıklar zımpara tozu gibi yüzeyler arasında kazıyıcı görevi yaparak taşlama işlemine benzer şekilde takımı aşındırırlar. Bu tip yüksek hız çeliği takım üzerinde oluşan aşınma mekanizması Şekil 2.17' de verilmiştir. Austenitik paslanmaz çeliği kesmek için kullanılan yüksek hız çeliği takım ile takım-talaş yüzeyi kesitinde, $Ti(C,N)$ parçacıkları tarafından oluşturulan abrasive aşınması yine Şekil 2.17' de gösterilmektedir. Bu tip mekanizmaların önlenmesinde en iyi yöntem,

- Sert parçalardan daha sert bir takım malzemesi kullanmak ancak takım malzemesi yumuşak tekrarlanan abrasyon altında sertleşme kabiliyetine sahip olmalıdır,
- Abrasyon parçacıkları tarafından kesmeye veya daha fazla deformasyonu önleyen sert bir yüzey tabakasının elde edilmesi gerekir,
- Sert parçacıklar içermeyen iş parçaları veya en azından sert parçaları düzgün yayılı olan parçaları kullanmak faydalı olacaktır.



Şekil 2.17 Yüksek hız çeliği kesici takımı üzerinde oluşan aşınma mekanizmaları. Düşük hızda çelik kesildiğinde kesici uç boyunca kesiti ve oluşan yapışma-sürtünme aşınması(4), Difüzyon aşınması (3), Abrasyon aşınması (5), (Şahin, 2001).

2.4.5.3. Yapışma Aşınması

Yapışma aşınması, temelde takım yüzeyinde oluşan mikroskobik ölçüdeki parçacıklar veya büyük parçaların takım yüzeyinden aralıklarla koparılması olarak adlandırılır. Takım-talaş temas alanında sürtünme mekanizmasının sonucu oluşan kaynamaların kırılmasıyla meydana gelir. Sıcaklığın düşük olduğu düşük kesme hızlarında görülmekte olup, kesici uçtan akan talaş laminer olmayıp daha düzensiz talaş yığılması sırasında takımla temas alanını daha süreksiz yapar. Şekil 2.17' de yüksek hız çeliği takımla karbonlu çeliğin 30 m/dak kesme hızı ve 30 dak süre işlendiğinde kesici ucun kesiti ve kesme sonrası takım üzerinde talaş sıvanmasını göstermektedir. Yapışma aşınması;

- a. Takım yüzeyinde talaşın düzgün akmadığı veya takım-talaş arasında kesikli temasın olduğu yerde,
- b. Takım/talaş ara yüzeyi kaba ve düzgün değilse meydana gelmektedir.

Bu şartlar yapışma aşınmasının düşük hızlarda oluştuğunu göstermektedir.

Parlatılmış takımların kullanılması bu tip aşınmaya karşı daha dirençlidir. Talaş kaynamasının dinamik yapısından dolayı bu tür aşınmanın temel sebeplerinden biri olduğu ifade edilebilir. Talaş sıvanması nedeniyle oluşan yapışma aşınması hızlı olup düşük süneklığe sahip ve daha sert takım malzemelerinde çok daha fazla gerçekleşebilir.

Titreşimli ve düşük rijitliğe sahip takım tezgahları, düşük kesme hızı ve ilerleme miktarları gibi faktörler yapışma aşınma miktarını artırır. Bu aşınma;

- a. Yeterli boşluk açısı,
- b. Küçük tane boyutlu takım malzemelerinin kullanılması,
- c. Kesme hızının artırılmasıyla önlenmektedir.

2.4.5.4. Difüzyon Aşınması

Bir metal kristal kafesinde atomlar yüksek konsantrasyon bölgesinden düşük bölgeye hareket ettiğinde katı difüzyon meydana gelir. Bu işlem sıcaklığa bağlı olup, difüzyon miktarı sıcaklıkla üstel olarak artar. Talaş kaldırmada, takım malzemesi ve iş parçası arasında sürtünmeden dolayı yüksek sıcaklıklar olduğundan atomlar takım malzemesinden iş parçasına doğru hareket ettiğinde difüzyon ortaya çıkar. Bu işlem iki malzeme arasında ara yüzeyde ya iş parçasının atomlarının difüzyona uğraması yada takımın yüzey katmanıyla reaksiyona uğramasıyla, dar bir reaksiyon bölgesinde meydana gelerek, takım yüzeyinin zayıflamasına yol açar ve difüzyon aşınması olarak adlandırılır. Yapışma kesikli olmaksızın parlak ve düz kraterler oluşturur ki bu tip aşınmada, takımın metalürjik olarak iş parçasına bağlandığı yerde görülür. Başka bir ifadeyle difüzyon aşınması takım yüzeyinde kimyasal reaksiyonun çeşidi olarak, bu fazların sertliğinden ziyade, yüzey üzerinde akan metalde takım ve malzemesinin farklı

fazlarının çözünabilirliğine bağlıdır. Karbür parçacıkların çelik iş parçası içinde daha düşük çözünürlüğü nedeniyle daha dirençli ancak takım çeliğinden demir atomlarının iş malzemesi içine difizyon engellemeleri yoktur. Daha düşük kesme hızlarında daha yavaş olarak krater oluşumu ve takım plastik deformasyonuna ait bir gözlem de yoktur. Difizyon aşınmasının ya takımdan iş parçasına veya iş parçasından takıma atomların geçmesiyle oluşabilmektedir. Karbürli takımlarla çelikler işlendiğinde Co, C, W talaş içine difizyonla yayılırken Fe takım malzemesi içine yayılmaktadır. Çelikler ve yüksek ergime noktalarına sahip malzemelerin, yüksek hızlarda karbürlerle işlenmesinde karşılaşılmaktadır. Takım malzemesi içine bir veya iki kübik karbürler (T_1C , T_2C , ve N_3C) katılarak difizyon azaltılabilmektedir. Sebebi ise bu karbürlerin çelikteki düz karbürlerden çok yüksek sıcaklıklarda daha kolay çözülebilmesidir. Difizyon aşınması, paslanmaz çeliği kesmek için kullanılan kesici takım kesitinde daha iyi anlaşılır. Kesme sırasında bu noktada takımdan ayrılan talaş yakınında sıcaklık yaklaşık $750^{\circ}C$ ve ara yüzeye kadar tane sınırları alttan deforme olmaktadır. Takımdan akma bölgesi içine alaşım elementlerinin difizyonu yapısal modifikasyona sebep olmaktadır. Fakat optik mikroskopla görülemeyecek kadar küçüktür. Talaş/takım arasında kararsız yaklaşık $2\ \mu m$ kalınlığında bir tabaka katmanı oluşturmaktadır. Yüksek hız çeliği takımları ile genel kesme hızlarında difizyonla aşınma miktarı, ara yüzeyde sıcaklığın daha düşük olması nedeni ile oldukça yavaştır. Yüksek kesme hızı ile difizyon hızlanır fakat yüksek hız çeliği takımlarda difizyon aşınması, plastik deformasyonla gizlenerek daha hızlı aşınma mekanizması oluşabilir.

Difizyon aşınmasını,

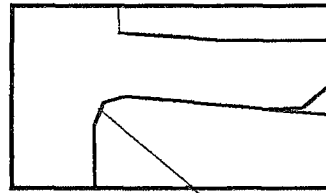
- Kafi derecede yüksek sıcaklığın yaklaşık $750-900^{\circ}C$ oluşması,
- İki yüzey arasında metalürjik olarak oluşan bağdan dolayı atomların ara yüzey boyunca serbest olarak hareket etmesi,
- Takım malzemesinden iş parçasına bazı çözünabilirliğin oluşması gibi faktörler etkiler.

Difizyon ve kimyasal etkileşim, yüksek kesme hızlarında, yan kenar aşınması için muhtemelen önemli aşınma mekanizması olup, bu aşınma hem sıcaklıkla hem de kaplanmış yüzeye çok yakın iş malzemesindeki hızlı akma miktarına, metal atomlarının uzaklaştırılmasına, bağlıdır. Yan kenar aşınma miktarına bağlı olarak, $VT^n = C$ takım ömrü denkleminin difizyon aşınma mekanizmasına dayandığı bunun difizyonun az önemli olduğu düşük kesme hızlarında takım ömrünün uzun olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Takım ömrü difizyonla ilişkilendirilecek olursa o takdirde düşük hızlarda takım ömrü sonsuz olmalıdır (Şahin, 2001).

2.4.5.5 Plastik Deformasyon

Takımların işlenebileceği belli kesme şartları mevcut olup çelikler, süper alaşımlar ve işlenebilirliği düşük diğer malzemeler işlendiği zaman takımın kendisi basma gerilimi altında

plastik deformasyona maruz kalır veya kırılabilir. Bu alaşımlar kesilirken kesici ucunun hızla k r lenmesi, takım temas yüzeyinin yumuşaması ve plastik deformasyonu yüzünden kesici geometrisinin bozulmasına neden olur ( ekil 2.18). Bu işlem, takım malzemesinden her hangi bir talaş kaldırmadığı için aşınma işleminde daha çok bir deformasyon işlemdir. Takım ucundaki deformasyon takım kuvvetini ve lokal sıcaklığı artırır. Ancak bu deformasyon işlemi, her zaman takım kenarı boyunca aynı şekilde olmaz ve sık sık keskin burunlu veya küçük burun rady sl  takım ucundan ba lar. Artırılmış gerilim ve lokal sıcaklığın zincirleme reaksiyonuyla yüksek hız  eliğı takımların çok ani bozulmasıyla son bulur. Özellikle nikel alaşımları işlenirken oluşan yüksek sıcaklıklarla takımların deformasyonu daha muhtemel görülmektedir.



Basma gerilimi altında deformasyon

Şekil 2.18 Basma gerilimi altında plastik deformasyon ( ahin, 2001).

Takımdaki deformasyonu kontrol eden diğ r önemli faktör i  parçası malzemesinin sertliğidir. Takım ucunda oluşan deformasyon, kesme hızı ve ilerlemeyle kontrol altında tutulabilir. I  parçasının ergime noktasında takım sertliği kayma düzleminde kayma geriliminden 6 defa büyük olduğunda kesici takım plastik deformasyona uğramaktadır. Yukarıda ifade edildiğı gibi malzemenin plastik deformasyona karşı direnci, atomlar arasında bağ kuvvetleri ve onun yapısal şekline bağlı olarak değişmektedir. Tane boyutu küçük kesici takım malzemesi daha dayanıklı olduğu için daha az plastik deformasyona maruz kalmaktadır. I  sertleşmesine sahip olan alümine-seramik takımlarda plastik deformasyonla aşınmanın az olduğu, iki farklı tane boyutlu takımlarla test yaparak daha küçük tane boyutlu takımlarda aşınma ve i  sertleşmesinin kaba taneli takımlara göre daha az olmaktadır ( ahin, 2001).

2.4.5.6 Yüksek Sıcaklıkta Kaymayla Oluşan Plastik Deformasyon

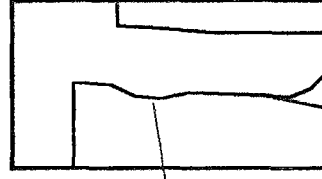
Yüksek sıcaklıkta kaymayla oluşan plastik deformasyon yüksek hız ve ilerleme miktarında  elik ve diğ r ergime noktası yüksek olan metaller kesildiğinde, kesici ucun biraz gerisinde talaş yüzeyinde oyuk şeklinde oluşan bir krater tipi olarak gözlenmektedir. Krater sıcaklığı bilindiğı gibi deformasyon talaş yüzeyinde en yüksek sıcaklığın meydana geldiğı kısımda yaklaşık 950 C'ye ulaşmaktadır. Yüksek hız  eliğı ile düşük karbonlu  eliğı işlemek için yüksek gerilimler ortaya çıkarken, saf demiri işlerken bu derece yüksek gerilimler yüksek sıcaklıkta yüksek hız  eliğı'nin akma geriliminin hayli azalması ve düşük karbonlu  eliğın

uzama miktarı akma bölgesinde çok yüksek yüksek hız çeliğinde ise bir kaç kat daha düşük olduğundan ortaya çıkmamaktadır.

Her iki malzemede de akma dayanımı uzama miktarıyla artar. Çoğu çeliklerde de bu özellik vardır. Takım çeliğinden kaymayla ayrılan tabakanın uzaklaşması, özellikle, kraterin arkasında daha iyi görülür. Bu mekanizma Ti, Ni ve alaşımların kesilmesinde de görülmektedir. Daha dayanıklı alaşımlar saf metallere göre daha düşük hızlarda kesildiğinde oluşmakta, çünkü kayma gerilmesi daha yüksek olduğundan takım daha düşük ara yüzeyi sıcaklıklarında kesilir. Ancak nikel alaşımları kesildiğinde takım-iş parçası yüzeyinin en yüksek sıcaklık bölgesinde her zaman ortaya çıkar. Bu şekil de bu mekanizma kesici uç kenarında gözlemlenmiş yüksek sıcaklıkla birleşen takım aşırı ısındığı zaman takım yan kenarı üzerinde de oluşabilmektedir. Bu hızlı ve etkili aşınma mekanizması, derin kraterler oluşturarak kesici ucun zayıflamasına ve böylece takımın kırılmasına sebep olur. Bu tür aşınma, endüstriyel işletme şartlarında gözlemlenmeyebilir. Fakat yüksek hız çeliği takımlarda daha yüksek ergime noktasına sahip olan metaller işlendiği zaman kullanılan hız ve ilerlemeyi sınırlı kılar. Ancak bu mekanizma, yüksek hız çeliği takımlarla bakır ve alüminyum esaslı malzemeler kesildiğinde gözlenmesi muhtemel değildir. Bunun nedeni ise düşük ergime noktalı malzemelerde oluşan sıcaklıklar ve kayma gerilmeleri çok daha düşüktür (Şahin, 2001).

2.4.5.7. Kimyasal Reaksiyonla Oluşan Aşınma

Adhezyon, abrasyon ve difüzyon aşınmalarının hepsi yapışma şartları altında meydana gelmektedir. Fakat kayma şartları altında kimyasal reaksiyonla aşınma ortaya çıkmaktadır. Bu da önemli aşınma mekanizması olup bazen takım ömrünü kontrol etmekte talaş derinliğinde yoğunlaşan aşınmanın talaş yapışması-kaynamasından kaynaklandığını ve bunun işleme esnasında kesme şartları altında büyüyen talaş sıvanmasının kesici boyunca daha düşük bir basınç bölgesinde akmaya başladığını göstermektedir. Kesici ucun dışına doğru ve bu hareket yığılan talaş malzemesinin iş parçası yüzeyi ve takım yan yüzeyi arasında kama oluşturmasını sağlamaktadır. Kama şeklindeki malzeme takım yan yüzeyi boyunca sürüklendiği zaman kaynayan malzemenin sertliği nedeniyle abrasif etki yaparak bir yiv oluşturur. Şekil 2.19'de böyle bir kayma aşınması, yan kenar yüzeyi ve çentik aşınması gösterilmektedir. Talaş derinliğindeki yivlerin kesici takım malzemesinin yorulma aşınmasının bir sonucu olduğu ve talaş derinliğinde çentiğin oluşmasına iş parçası üzerinde sertleşen tabaka, serbest yüzeyde enine değişimler nedeniyle termal çatlaklar, önceki kesme işleminden dolayı iş üzerinde oluşan oksit tabakası ve iş parçası yüzeyi üzerinde ve gerisinde kalan takım parçaları gibi faktörler etki etmektedir.



Yüksek sıcaklıkta plastik deformasyon

Şekil 2.5. Yüksek hız çeliği takımında kayma şartları altında meydana gelen çentik aşınmasının şematik görünümü (Şahin, 2001).

Talaş derinliğinde konsantre olan aşınmanın kaynama veya sıvanma basıncı nedeniyle çekilmeyle ve bunun sonucunda takım malzemesinden talaşın koparılması şeklinde oluşabilmektedir. Çekilmeyle meydana gelen hasar hızlı şekilde talaş derinliğinde takım yan yüzeyi boyunca aşağı doğru yayılarak ara yüzeyin diğer kısmını oluşturan aşırı hasardan korunabilir. Talaş derinliğinde çentiğin takımın yan yüzeyinde talaşın kayma hareketiyle olduğu ve tamamen kaplanan veya yapışan ara yüzey konumunun çentiğe maruz kalmadığı ileri sürülebilir. Keza talaşın takım yüzeyinde kaydığı yerlerde çentik oluşturduğunu göstermiş, ve karbürli takımlarla oksijenli ortamda çentik etkisinin artırıldığı ifade edilmiştir. Benzer görüş çentiğin oksijen atmosferinde daha derin olduğu alümine-seramik takımlarla demir içerikli metaller işlendiğinde ortaya çıkartabilmektedir (Şahin, 2001).

2.5. Talaş Kaldırma İşleminde Sıcaklık Dağılımı

Metal kesmede, talaş kaldırma esnasında oluşan ısı ve sıcaklığı pek çok araştırmacı ele alıp teorik ve deneysel çalışmalar yapmışlardır. Literatürde, talaş kaldırma için öne sürülen farklı modeller, birbirlerine benzemektedir. Öne sürülen modellerde sıcaklıkla ilgili ölçüm zorlukları ve deneysel verilerin yetersizliğinden dolayı, modellerin en doğru şekilde yapılabilmesi bazı düzenlemelere ihtiyaç duymaktadır (Kıyak, 2000).

2.5.1. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi

Talaş kaldırma işlemlerinde kesme takımı ile iş parçası arasında meydana gelen sıcaklığı ölçmek için çeşitli araştırmacılar tarafından değişik metotlar geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başlıcaları şöyledir;

- Kalorimetre yöntemi
- Termokupl yöntemi
- Kızılötesi (infrared) esaslı ölçüm yöntemleri
- Sıcaklığa hassas kimyasal maddelerin kullanıldığı yöntemler
- Dağlama yöntemi.

Bu bahsedilen metotlardan en yaygın olanı termokupl ve kızılötesi yöntemlerdir. Bu

yöntem aslında iki farklı iletkenin arasındaki elektrik iletkenliğinin milivolt cinsinden farkıdır. Burada termokupl iki farklı iletken tel cinsidir. Bunlar istenilen veya ölçülen bölgede meydana gelmesi muhtemel sıcaklık değerlerine göre seçilir. Ekl' de bu termokuplların çeşitleri ve özellikleri verilmiştir. Termokupl yöntemleri kendi içinde çeşitlidir. Bunlar:

- İş parçasına gömülü termokupl yöntemi,
- Takıma gömülü termokupl yöntemi,
- Tel-takım yöntemi,
- Takım iş parçası termokupl yöntemidir.

Bu yöntemler yapılacak olan işleme yönteminin (tornalama, frezeleme, taşlama, v.b.) uygunluğuna ve uygulamanın kullanılabilirliğine göre tercih edilebilmektedir. Ancak her yöntemin avantajları ve dezavantajları vardır. Bu güne kadar yapılmış olan çalışmalar göstermiştir ki takım talaş arayüzeyindeki sıcaklığı tam manasıyla ölçebilen bir yöntem bulunamamıştır. Yapılan çalışmalar hep mükemmelle en yakın çalışmalardır. Çünkü malzeme içerisindeki dislokasyonlar, homojen olmayan yapılar ve işleme rijitliği gibi etkenler gerçek sıcaklık değerinin ölçülmesine engel olmaktadır.

Kızılötesi yöntemlerde ise, kızılötesi ışık dalgalarından faydalanarak gerek noktasal gerekse bölgesel sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır. Bu yöntemlerde de aşağıdaki aygıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Infrared pirometre,
- Fotosel cihazı,
- Infrared kamera ve fotoğraf makinesi dir.

Bu yukarıdaki aygıtlar kesmenin tipine ve uygulama koşullarına göre belirlenirler. Ölçme yönteminin kolaylığı bakımından bu aygıtlarla ölçüm yapılması termokupllara nazaran daha avantajlıdır. Bahsedilen diğer yöntemler ise ölçme hassasiyetinin yeterli olmaması bakımından pek tercih edilmemektedirler.

2.5.2. Isı Oluşumu

Takım tarafından kaldırılmaya çalışılan talaş, kayma bölgesinde plastik şekil değiştirerek esas malzemeden ayrılmaktadır. Bu plastik şekil değiştirme bölgesinde takım tarafından iş parçasının deformasyonu için harcanan enerji ısı enerjisine dönüşmektedir.

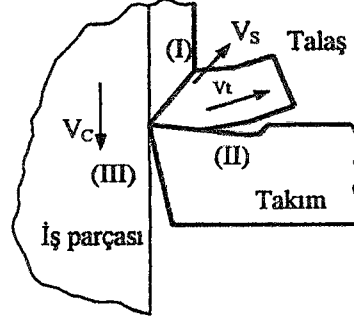
Talaşlı şekillendirmede, kesme işlemi için verilen mekanik enerji, ısıya dönüşmekte bunun sonucunda yüksek kesme sıcaklıkları oluşmaktadır. Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan ısının ana kaynakları Şekil 2.20'de görülmektedir.

- Kayma bölgesinde (I nolu bölge), birinci plastik deformasyon oluşmakta ve Q_s ısısi ortaya çıkmaktadır.

- Takım talaş ara yüzeyi (II nolu bölge), ikinci plastik deformasyon bölgesi olarak anılmakta ve sürtünmeden dolayı Q_c ısısı oluşmaktadır.
- Takım ile iş parçası ara yüzeyinde (III nolu bölge), takımın serbest yüzeyi ile iş parçası arasında sürtünmeden meydana gelen Q_f ısısı oluşmaktadır.

Bu durumda toplam ısı denklemi (Q_t), elde edilebilir.

$$Q_t = Q_s + Q_c + Q_f \quad (2.19)$$



Şekil 2.20 Talaş kaldırma sırasında ısı kaynakları (Kıyak, 2000)

Herhangi bir malzeme elastik deformasyona uğradığında, işlem için harcanan enerji, gerilim enerjisi olarak malzeme içine depolanır ve ısı oluşmaz. Bununla birlikte, malzemede plastik deformasyon olduğunda, kullanılan enerjinin büyük bir miktarı ısı enerjisine dönüşmektedir.

Talaşlı şekillendirmede işlenen malzeme, aşırı derecede yüksek gerilmelere maruz kalır ve toplam deformasyonun çok küçük bir kısmı elastik deformasyon şeklinde oluşup, büyük bir kısmı ise plastik deformasyon şeklindedir. Böylece, parça üzerine yüklenen enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşebilir.

Mekanik enerjinin, ısı enerjisine dönüşümü, plastik deformasyonun iki temel bölgesinde görülmektedir (Kıyak, 2000).

2.6.1.1 Deformasyon Bölgelerinde Isı Oluşumu ve Sıcaklık

Burada, birinci ve ikinci deformasyon bölgelerindeki ısı oluşumu ayrı ayrı ele alınmıştır. Bhartcharya yaptığı araştırmalarda Jaeger'in "hareketli ısı kaynağı" konusunda yapmış olduğu termodinamik esaslı çalışmayı temel olarak kabul etmiş ve matematiksel olarak formülasyon sunmuştur.

Kayma düzlemi boyunca harcanan kayma enerjisi,

$$E_s = F_s \cdot v_s \quad (2.20)$$

dir. Bu enerji şu şekilde yazılabilir;

$$F_s \cdot v_s = F \cdot v - F_f \cdot v_f \quad (2.21)$$

Talaş kaldırma işleminde geçerli üç önemli hız, Şekil 2.22'de gösterilmiştir. Bunlar

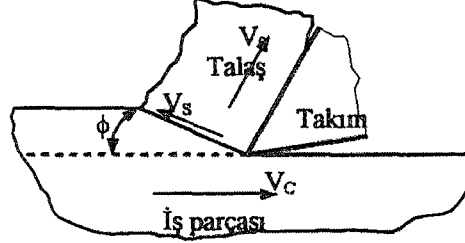
şu şekildedir:

v = Kesme hızı

v_f = Talaş hızı

v_s = Kayma hızı

$\vec{v}_s = \vec{v}_f + \vec{v}$ dir.



Şekil 2.21 Talaş kaldırma işleminde hızlar (Kıyak, 2000).

Bu enerjinin ısıya dönüşen kısmı %A olarak alındığında, birinci deformasyon bölgesi sıcaklığı;

$$\theta_s = \frac{A[F.v - F_f.v_f]}{J.a.b.\csc\phi} \quad (2.22)$$

Denklemden, J ısıнын mekanik eşdeğeri, A ise 0.98-1.00 arasında bir sabittir.

Bu ısıнын ((1-Γ).Qs) miktarı talaşla atılmaktadır, ve (Γ).Qs miktarı da iş parçasına geri dönmektedir.

Kayma bölgesinde oluşan toplam ısıнын talaşa giden kısmı ((1-Γ).Qs);

$$A.(1-\Gamma) \left[\frac{F.v - F_f.v_f}{J} \right] \quad (2.23)$$

Bu ısı, talaşın sıcaklığının yükselmesinde kullanıldığında;

$$\frac{A.(1-\Gamma)}{J} [F.v - F_f.v_f] = c.p.p.v.a[\theta_s - \theta_w] \quad (2.24)$$

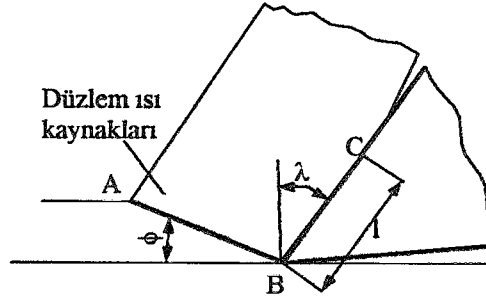
Burada c.p; kayma bölgesi sıcaklığında talaş malzemesinin volumetrik spesifik ısıdır.

Böylece;

$$\theta_s = \frac{A.(1-\Gamma)[F.v - F_f.v_f]}{J.c.p.c.p.b} + \theta_w \quad (2.25)$$

Şeklinde yazılabilir. Burada θ_s = Kayma bölgesi sıcaklığı ve θ_w = ortam sıcaklığıdır.

Weiner ve Rapier talaş kaldırma işlemlerinde yaygın olarak kullanılan modeli benimsemişler ve talaş ile kayma bölgesindeki sıcaklıkların teorik analizleri konusunda çalışmışlardır. Bu model Şekil 2.22’de verilmektedir.



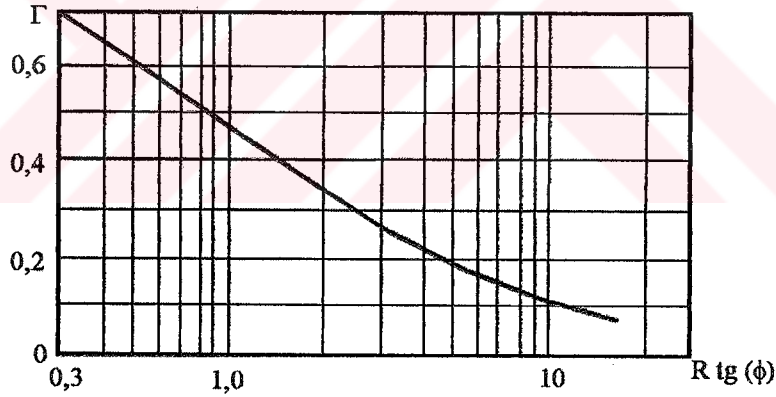
Şekil 2.22 Kesme sıcaklıkları konusunda teorik çalışmalarda kullanılan, kesme işleminin idealize edilmiş modeli (Kıyak, 2000).

Talaş oluşumu esnasında birinci deformasyon bölgesinde meydana gelen ısı bir diğer çalışmada, Bootroyd'un 1975 yılında Weiner ve Rapier'i temel alarak yapmış olduğu çalışmada ele alınmıştır. Bootroyd'a göre Γ , $R \cdot \tan(\phi)$ 'nin fonksiyonudur. Yani;

$$R = \frac{\rho \cdot c \cdot a \cdot v}{k} \quad (2.26)$$

ϕ = Kayma açısı, R : ısıl katsayıdır

Şekil 2.23'de Weiner'in teorik elde ettiği eğri ve Nakayama'nın deneysel bulguları verilmektedir. Bu şekle göre deneysel sonuçlarla teorik sonuçlar birbirine uyum göstermektedir. Bu grafikten faydalananarak $R \cdot \tan(\phi)$ 'ye bağlı olarak Γ bulunabilir.



Şekil 2.23 Γ - $R \cdot \tan(\phi)$ arasındaki ilişki (Kıyak, 2000).

Rapier'in talaş sıcaklığı analizinde, talaş ve takım arasındaki sürtünmeden oluşan ısı kaynağının uniform bir ısı kaynağı olduğu ve sınır şartları ile aşağıdaki denklemin çözümüyle elde edilebileceği kabul edilmiştir.

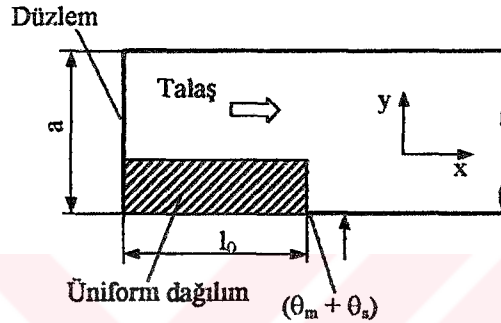
$$\frac{\partial^2 Y}{\partial y^2} - \frac{R}{a} \cdot \frac{\partial Y}{\partial x} = 0 \quad (2.27)$$

Çözüm sonucu şu denklem elde edilir;

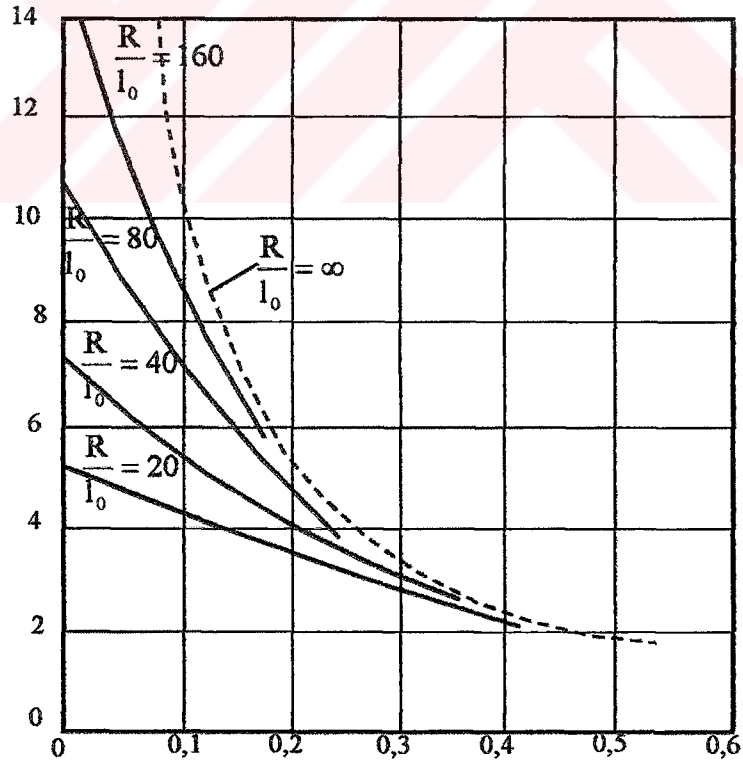
$$\frac{\theta_m}{\theta_f} = 1.13 \sqrt{\frac{R}{l_0}} \quad (2.28)$$

Burada; l_0 =Takım-talaş temas mesafesi/deforme olmuş talaş kalınlığıdır (l/h).

Deneyisel sonuçlar ile denklemin karşılaştırılması Rapier'in teorisinin bir hayli yüksek θ_m (ikinci deformasyon bölgesinden geçen malzemede sürtünmeden dolayı oluşan sıcaklık artışı) değerleri verdiğini göstermiştir. Bunun nedeni takım ve talaş arasındaki sürtünmenin talaşın deformasyonuna sebep olması ve ısı kaynağının talaşın içinde yayılma göstermesindendir. Şekil 2.24'de görülen sınır şartları gerçek şartlara oldukça yakın bir yaklaşım gösterdiği düşünülmekte ve düzeltilmiş model esaslı analiz, deneyisel sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, Şekil 2.25'da gösterilen, uniform olarak dağılmış ısı kaynağının genişliğinde değişimin etkisini göstermektedir.

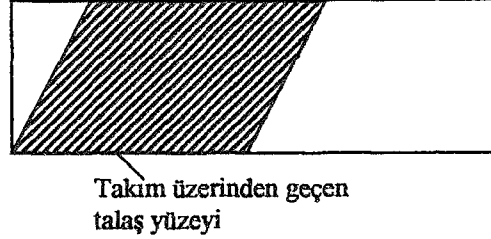


Şekil 2.24 Isıl analizlerde kabul edilen talaşın sınır şartları (Kıyak, 2000).



Şekil 2.25 İkinci deformasyon bölgesinin genişliğinin talaş sıcaklığına etkisi (Kıyak, 2000)
(w_0 =İkinci deformasyon bölgesi genişliği)

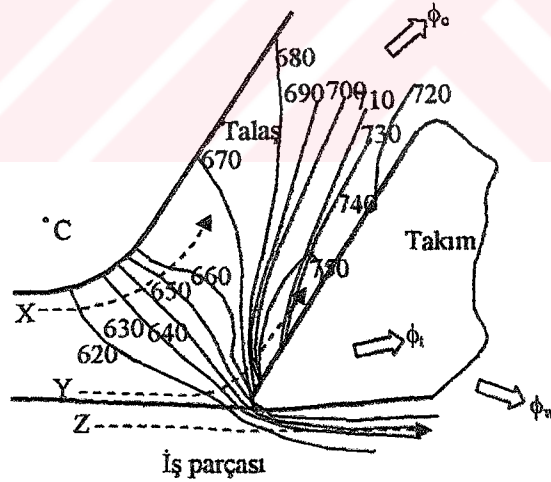
Bu eğriler kullanıldığında l_0 değeri, takım yüzeyi üzerinde aşınmadan bulunabilir. Böyle bir talaş kesiti Şekil 2.26'de verilmektedir. Burada maksimum tane uzama hatları eğriler şeklindedir (Kıyak, 2000).



Şekil 2.26 İkinci deformasyon bölgesinde, talaş kesitinde oluşan deformasyon (Kıyak, 2000)

2.6.1.2 Sıcaklık dağılımı

Bootroyd'a göre ortagonal talaş kaldırma esnasında (belirli talaş kaldırma şartları için) talaş ve iş parçasında, deneysel olarak saptanan sıcaklık dağılımı Şekil 2.27'de verilmiştir. Malzemedeki x noktası, kesme takımına doğru ilerlemekte, yaklaşmakta ve birincil deformasyon bölgesinden geçmektedir. x noktası bölgeyi terk edinceye kadar ısınır ve talaş ile uzaklaştırılır, y noktası ise her iki deformasyon bölgesinden birden geçmekte ve ikinci deformasyon bölgesini terk edinceye kadar ısınır. Sonra y noktası, ısı talaşa iletildiğinden dolayı soğur ve talaş uniform sıcaklığa ulaşır.



Şekil 2.27 Sıcaklık dağılımı (Kıyak, 2000)

Maksimum sıcaklık kesme kenarından biraz uzakta takımın talaş yüzeyi boyunca oluşur. İş parçasında bulunan z noktası, birinci deformasyon bölgesinden ısının iletimi ile ısınır. Bir miktar ısı ikinci deformasyon bölgesinde takıma iletilir. Böylece takım yüzeyine yakın talaş malzemesi hızlı aktığından takımdakinden daha büyük bir ısı giderme kapasitesine sahiptir.

$$\phi_m = \phi_c + \phi_w + \phi_t \quad (2.29)$$

olmaktadır. Burada;

ϕ_m = Toplam ısı, ϕ_c = Talaşla taşınan ısı, ϕ_w = İş parçasına iletilen ısı, ϕ_t = Takıma iletilen ısıdır (Kıyak, 2000).



3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Çalışmanın Amacı

Günümüzde pek çok malzemenin şekillendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanı iş parçasının üzerinden talaş kaldırarak gerçekleştirilen şekil verme yöntemidir. Bu talaş kaldırma işlemi pek çok etkenden etkilenmektedir. Ancak kesmeyi, diğer etkenlere göre takım ve işlenen parça arasında meydana gelen ısı en fazla etkileyen faktördür.

Bu ısı oluşumunun nedeni, kesme işleminde takımın iş parçasına uyguladığı büyük sürtünme kuvvetidir. Kesme işlemi devam ettikçe takım ucu ısınmakta ve belirli bir sıcaklık değerinden sonra plastik deformasyona uğramaktadır. Bu olaya aşınma denir. Bilindiği gibi her malzemenin kendine has bir sürtünme direnci vardır.

Son yıllarda kesme işleminin verimliliğini artırmak ve kısa sürede daha fazla miktarda talaş kaldırmak için çeşitli yöntemlerle elde edilen aşınmaya karşı dayanıklı kesici takımlar kullanılmaktadır. Bunlar arasında özellikle seri imalat tezgahları olan CNC tezgahlarında yaygın olarak kullanılan sert karbür takımlar veya titanyum kaplı olanları sıradan olan takım çeliklerine göre daha avantajlıdır. Fakat bu takımlar da belirli bir seviyeye kadar aşınmaya karşı direnç gösterebilmektedir.

Yaygın olarak kullanılan makine parçaları arasında özellikle korozyon ve oksitlenmeye karşı direnci yüksek olan paslanmaz çeliklerdir. Bu malzemelerin kimyasal bileşiminde bulunan krom elementi büyük oranda oksitlenme ve korozyon direnci sağlamaktadır. Genelde paslanmaz çelikler ve özellikle de östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği oldukça düşüktür. Bünyesinde bulunan silisyum ve nikel elementleri takım ucunda adeta taşlama etkisi yaparak aşınmaya sebep olmaktadır. Ancak her ne kadar işlenebilirliği düşük olsa da genellikle korozyona ve oksitlenmeye müsait ortamlarda yaygın olarak kullanılan bir malzemedir.

Bu çalışmada östenitik (AISI 304) paslanmaz çeliğinin tornalanması esnasında ortaya çıkan ısı ve buna bağlı olarak takımda meydana gelen aşınma miktarını minimum düzeyde gerçekleştirebilecek kesme parametrelerinin araştırılması amaçlanmaktadır.

3.2. Deney Malzemelerinin Seçimi ve Numunelerin Hazırlanması

Östenitik paslanmaz çelikler ferromanyetik değildirler. Östenitik iç yapıları dönüşüm göstermediği için normalleştirme ve sertleştirme ısı işlemleri uygulanamaz.

Östenitik çeliklerde, mukavemet artırıcı yöntem soğuk şekillendirme değildir. Östenitik paslanmaz çelikler soğuk şekillendikçe pekleşmeleri nedeniyle işlenmeleri zordur.

Bu tür paslanmaz çelikler bileşimlerinde %12 ~ 25 Cr ve %8 ~ 25 Ni içerirler. Nikel, kuvvetli bir Östenit yapıcı olduğundan, bu çeliklerde katılaşma sırasında ortaya çıkan Östenit

oda sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda bile dönüşmeden kalır. Soğuma sırasında Östenit – Ferrit dönüşümü olmadığından su verme yolu ile sertleştirilemezler.

Bu çeliklerde, özellikle aşırı soğuk şekil değiştirmelerde dövme sonucunda kısmen martenzit bir yapı elde edilir. Özellikle 18/8 tipi östenitik paslanmaz çelikler 450 ~ 850 °C arasında bir sıcaklığa kadar ısıtılıp o sıcaklıkta tutulduklarında bir karbon çökmesi eğilimi kendini gösterir.

Krom-Nikelli Östenitik paslanmaz çelikler, paslanmaz çeliklerin en popüler grubudur. Fe-Ni-Cr alaşımıdır. %18-20 Cr, %8 – 10 Ni ihtiva ederler. %17 – 18 Cr, %7 – 8 Ni, %0,10 – 0,12 C terkibindeki çelik en çok tercih edilen cinstir. Bu çelikler, ısıl işlemle sertleştirilemezler. Ancak soğuk çekme, soğuk haddeme gibi işlemler malzemede sertlik ve şiddetli gerilmeler hasıl eder. Bu sebeple her soğuk işlem arasında mutlaka yumuşatma gereklidir.

Yumuşatma, 1000 – 1100°C civarında özüne kadar ısıtıp suya batırmak suretiyle yapılabilir.

Bu işlemten dolayı oksitleme (tufal teşekkülü) olur. Tufal giderme işlemini hareketli suda yıkama ve izleri gidermek için asitleme takip eder.

Tufal giderme ve asitle temizleme işleminde eşit miktarlarda hidroklorik asit ve toplam hacmin %5 nitrik asit ve %2 inhibitör eriyiği kullanılır. İnhibitör, asitin menfi tesirine mani olucu bir özellik taşır. İnhibitör piyasada Ferrocleanol II olarak bilinir.

Yüksek kromlu hararete mukavim Östenitik paslanmaz çelikler genellikle ısıl işleme müsait değildirler.

Östenitik paslanmaz çelikleri dövme sonucu, istenilen şekil ve boyuta getirmek, orta karbonlu çeliklere nispetle daha zordur. Dövme işlemleri için 820 °C'ye kadar dikkatle ısıtılmalıdırlar. İstisnasız olarak bütün bu çeliklerin dövülmesi 900 °C altında asla yapılmamalıdır. Zira bu sıcaklık altında yalnız sertleşmekle kalmayacak, aşırı kırılmalık kazanacaktır.

Diğer taraftan kısmen ısıl işlem uygulanabilen 3 tip sıcağa mukavim östenitik çelik vardır.

I. %20 Cr, %25 Ni, %0.25 C, %0.5 Mn, %2.5 Si ihtiva eden çelikler, 1100 - 1150 °C arasında dövülerek bu derecede yumuşatılabilirler. Fakat ısıl işlemle sertleştirilemezler. Yumuşatma sıcaklığına eriştikten sonra fazla bekletilmeden yağda veya serbest havada soğutulmalıdırlar.

II. %25 Cr, %12 Ni, %0.2 C, %0.75 Si, %1 Mn ihtiva eden çelikler, dövmeden önce 840 - 870 °C'de ön ısıtmaya tabi tutulmalı, 1100 – 1230 °C'de dövme yapılmalı, 980 °C'nin altında asla dövmeyle devam edilmemelidir. Bu çeliğin yumuşatılması 1100 - 1150 °C'ye kadar ısıtıp, fırında soğutmakla olur.

III. % 25 Cr, %20 Ni, %0.25C, %1.1 Si, %0.6 Mn ihtiva eden çelikler, dövme için 920 - 980 °C'ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulmalı, 1120 - 1200 °C arasında dövme yapılmalıdır. Östenitik paslanmaz çeliklerin yumuşatma işlemleri, 1100-1150 °C kadar ısıtıp fırında soğutmakla olur.

Nikelce zengin östenitik paslanmaz çelikler, Ni-Cr-Fe alaşımlarıdır. "Kromel" olarak da tanınırlar. Tel şeklindeki direnç alaşımı %80 Ni, %10 Cr, alaşım elemanları ihtiva eder. %60 Ni, %16 Cr, %24 Fe terkinindeki alaşım daha alçak sıcaklıklarda (950 °C'a kadar) kullanılır. %80 Ni, %14 Cr, %5 Fe (Inconel alaşımı) tanınmış bir alaşımdır. % 30 - 50 Cr, %30'dan az Ni'li alaşımlar umumiyetle Fe - Cr fazının teşkilinden meydana gelen kırılganlık sebebiyle kullanılmaz. %12Cr'lu çeliklerde maksimum mukavemetin sağlanabilmesi için çeliğin 1050°C de %100 östenitik bir yapıya sahip olması gerekir. Östenitten Martensite dönüşüm için östenitleme işleminin 1050°C de uygulandığı bu çeliklerde östenitleme sonrası havada soğutma ile dahi %100 martensitik yapı oluşmaktadır. %0,1 C'lu %12 Cr'lu çeliğin maksimum çekme mukavemeti 1300 MN/m²'dir. Muhtelif özelliklerin, geliştirilmesi, (örneğin süneklik, tokluk) için martenzitik yapının temperlenmesi gerekir.

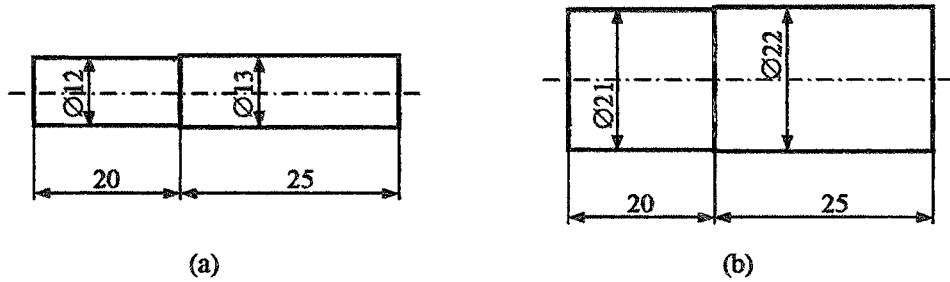
Deney çalışmalarında Tablo 3.1' de kimyasal bileşimi verilen AISI 304 östenitik paslanmaz çeliği kullanıldı. Deneylerde kullanılan malzeme Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'nden temin edildi.

Tablo 3.1 Kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi (%Ağırlık)

Malzeme	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo
AISI 304 (Östenitik)	0,033	0,480	1,324	0,037	0,005	19,500	7,370	0,313

Deneylerde farklı çapta deney numuneleri kullanıldı; bunlar Şekil 3.1. (a) ve (b) de görülmektedir. Numunelerin kesme boyları 25 mm, çapları ise 13 mm ve 22 mm olarak belirlendi. Bu deney numuneleri uzun paslanmaz çelik çubuklardan kesilerek çalışmalar için hazır hale getirildi.

Kesme deneylerinde farklı kesicilerin kesme sıcaklığına etkisini görmek için P10 ve P20 tipi kesici takımlar kullanıldı.



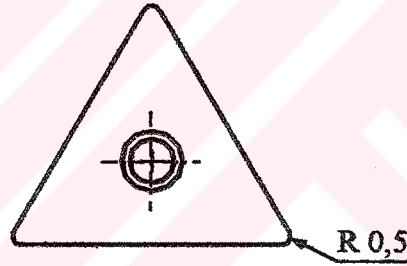
Şekil 3.1 Deney numuneleri

3.3. Yüzey İşleme Deneyleri

3.3.1. Tornalama

Deney çalışmaları, Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Atölyesinde bulunan DYNA 3300 MYTE marka CNC torna tezgahında yapıldı. Yapılan deneylerde ilk önce P10 tipi kesici takım kullanılarak, değişken parametreler olan ilerleme miktarı, devir sayısı ve paso derinliği (talaş miktarı) üçlüsünün üçlü kombinasyonlarını içeren bir CNC imalat programı hazırlandı. Yapılan programla her numune gerekli değişikliklerle işlendi. Her numunede ilerleme miktarı, devir sayısı ve paso derinliği değişkenlerinden en az biri değiştirilerek kesme işlemi yapıldı. Daha sonra aynı işlemler için takım P20 tip ile değiştirilerek yeniden yapıldı.

Kesme işlemi yapılırken belirlenen kesme mesafelerinde anlık sıcaklık değerleri ölçüldü. Numuneler işlenirken ilerleme miktarı, devir sayısı ve talaş derinliği parametreleri değiştirildi. Deneyler esnasında her kesme işleminde daha önceden kullanılmamış kesici takımlar kullanıldı. Takımlar üçgen tipli, uç radyüsleri 0,5 mm, P10 ve P20 cinsi takımlardır. Takımların şematik görünüşü Şekil 3.2’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Kesici takımın şematik gösterimi

Deneylerin gerçekleştirilmesinde kullanılan parametreler ve bunların değişen değerleri Tablo 3.2’ de verilmektedir. Bu parametreler P10 ve P20 takımların her ikisi için de aynıdır. Bahsedilen parametreler kesme boyu 25mm olan numunelerde kullanıldı. Bu parametreler belirlenirken literatürdeki bilgiler ve elde olan imkanlar göz önüne alındı. Ayrıca bu kesme değerleri takımların cinsine göre genelde kaynaklarda önerilen ve pratikte yaygın olarak kullanılan değerlerdir.

Tablo 3.2 Deneylerde kullanılan parametreler

Değişken Parametreler	Parametrelerin Değerleri		
Devir Sayısı (dev/dak)	1000	1500	2000
İlerleme Miktarı (mm/dev)	0,1	0,2	0,4
Talaş Derinliği (mm)	0,5	1	2

Deneyisel çalışmalarda özellikle iki parametre direkt olarak karşılaştırılmakta, dolaylı olarak da dışarıda kalan diğer parametrenin etkisi kıyaslanabilmektedir.

Deneylerde kesme hızının değişmesi için öncelikle değişik devir sayılarında çalışıldı. Bunun yanı sıra kesilen malzemenin çapı 13 mm' den 22 mm' ye çıkarıldı. Ayrıca iki farklı takım kullanıldı. Çapı 22 mm olan numuneler iki farklı ilerleme miktarında, iki farklı talaş derinliği ve iki farklı devir sayısında kesildi. Bu grup deney ve diğer 13 mm çaplı numunelerde gerçekleştirilen deneylerden de faydalanılarak dört farklı kesme hızı elde edilerek bunların sıcaklık, aşınma ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi tablolar ve grafiklerde ifade edildi. Bu değerlerin hesaplanmasında bilinen kesme hızı denklemi olan

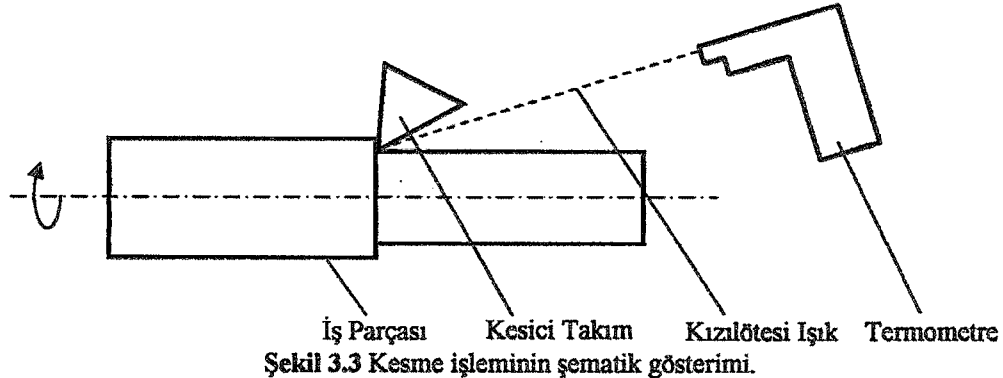
$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ kullanılmıştır. Bu eşitlikten elde edilen dört farklı kesme hızı değeri şöyledir:}$$

$$V_1 = 61,23 \text{ m/dak, } V_2 = 81,64 \text{ m/dak, } V_3 = 94,2 \text{ m/dak ve } V_4 = 125,6 \text{ m/dak.}$$

3.3.2. Sıcaklık Ölçümleri

Sıcaklık ölçümü için Infrared (kızılötesi) termometre kullanıldı. Termometrede kızılötesi ışık kaynağı, sıcaklık algılama ve değeri gösterme birimleri bir arada bulunmaktadır. Cihaz elle tutulup kontrol edilebilen portatif tiptedir. Kullanılan kızılötesi termometre Cole - Parmen marka ve modeli de H - 08406 - 46 dir. Cihaz 0 - 870 °C arası sıcaklık ölçme kapasitesine sahiptir. Aletin sıcaklık ölçme hassasiyeti ise $\pm 1^\circ\text{C}$ dir. Aletin sıcaklığı algılama süresi ise 0,2 ms(mili saniye)dir. Cihaz yayınladığı kızılötesi ışık dalgası demetiyle (lazer) çarptığı noktadaki sıcaklığı ölçmektedir. Bu ölçüm prensibinde de termokupl tekniğinde olduğu gibi, ışık dalgalarının elektromotif farkından elde edilen sıcaklık değerleri kullanılmaktadır. Aynı bir özellik olarak termometre, lazer ışığın gezdiği bölgeler arasında en yüksek sıcaklık değerini hafızaya almaktadır. Bu da cihazın elle tutulması esnasında olabilecek sapmaları en az seviyeye indirmektedir. Ölçüm şekli Şekil 3.3'de şematik olarak gösterilmektedir.

Kesme işlemi esnasında takım - talaş ve iş parçası ara yüzeyine bu ışık demeti düşürülerek mümkün olan en yakın noktadaki sıcaklık değeri ölçüldü. Bahsedilen bu kesme işlemlerinin tamamı soğutma sıvısı kullanılmadan normal oda koşullarında gerçekleştirildi.



3.3.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için SurfTest 211 modeli Mitutoyo marka ölçüm cihazı kullanıldı. Cihaz dijital göstergeli ve mekanik iğne özelliğine sahiptir. Cihazın pürüzlülük ölçüm hassasiyeti Ra cinsinden 0,05 – 40 µm, Rq cinsinden ise 0,05 – 40 µm ve Ry cinsinden de 0,3 – 160µm arasındadır.

Ölçüm işlemi, cihazın iğnesinin işleme çizgilerine dik yönde hareket ettirilmesi ile gerçekleştirilerek, üç farklı bölgeden alınan pürüzlülük değerlerinin ortalaması alınarak ortalama bir pürüzlülük ölçümü yapıldı.

Elde edilen çizelgeler ve diyagramlarda üçerli gruplar halinde parametrelerin birbirleriyle ve yüzey pürüzlülüğü ile ilişkileri sunulmaktadır.

3.3.4. Aşınma Ölçümleri

Aşınma ölçümlerinde Mitutoyo marka dijital göstergeli elektronik bir tartı aleti kullanıldı. Tartının hassasiyeti 10^{-4} gr'dır. Her kesme işleminden önce kesici takımlar tek tek tartıldı. Kesme işleminden sonra kesme işlemini yapan takım tekrar tartılarak oluşan kütle farkı aşınma miktarı olarak alındı. Bu deneysel işlemlerden sonra, ortaya çıkan bu kütle kaybının toplam kütleye göre yüzdelik payı aşınma miktarı olarak dikkate alındı ve oluşturulan diyagram ve tablolarda bu değerler kullanıldı.

Bunu şu şekilde ifade edebiliriz;

$$A.D. = \left[\frac{T.K. - K.K.}{T.K.} \right] \times 100$$

Burada;

A.D. = Aşınma değeri,

T.K. = Toplam kütle (gr),

K.K. = Meydana gelen kütle kaybı (gr).

4. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

4.1. Sıcaklık Ölçüm Sonuçları

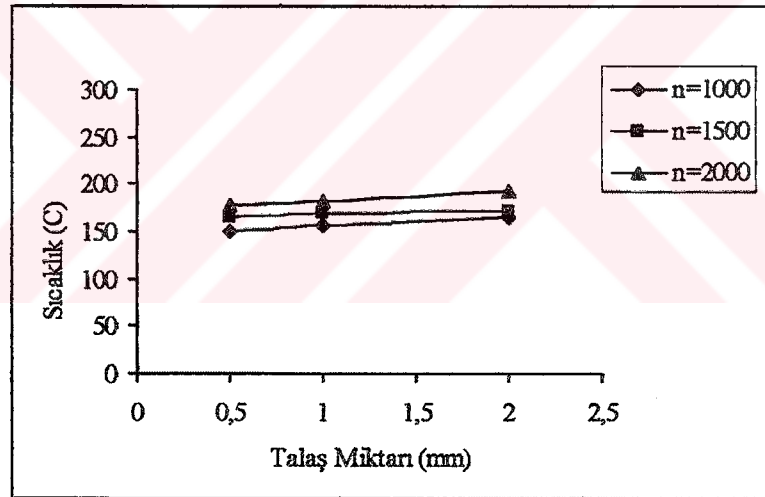
4.1.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

Bu bölümde yer alan tablo ve grafiklerde P10 kesici takım kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen kesici takım – talaş arayüzeyi sıcaklık ölçüm sonuçlarını içermektedir.

Buradaki grafiklerde talaş miktarı, ilerleme miktarı, devir sayısı ve kesme hızına bağlı takım – talaş arayüzeyi sıcaklık değerleri sunulmaktadır.

Tablo 4.1 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
0,5	150	0,5	164	0,5	178
1	156	1	169	1	182
2	164	2	171	2	192

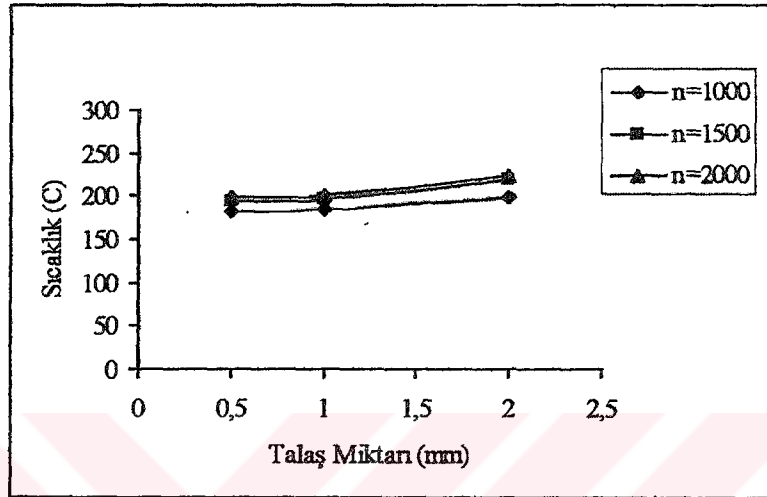


Şekil 4.1 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Yapılan deneylerden elde edilen başta yukarıdaki olmak üzere aşağıdaki grafiklerde görülmüştür ki ilerleme miktarı ve devir sayısı sabit tutularak talaş miktarı artırıldığında kesici takım – talaş arayüzeyinde meydana gelen sıcaklık değerleri de yükselmektedir. Bu sonuçların oluşmasında kesici takımın üzerine binen yükün artmasıyla harcanan enerjinin artması ve dolayısıyla oluşan sıcaklığın artması olarak düşünülmektedir. Aşağıdaki talaş miktarı – sıcaklık grafikleri de bu belirtilen düşünce yönündedirler.

Tablo 4.2 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

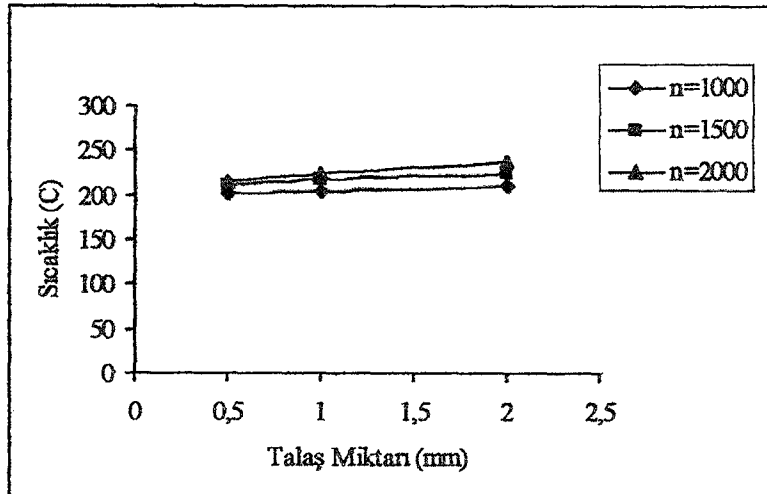
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)
0,5	182	0,5	193	0,5	198
1	185	1	196	1	200
2	198	2	219	2	224



Şekil 4.2 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.3 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

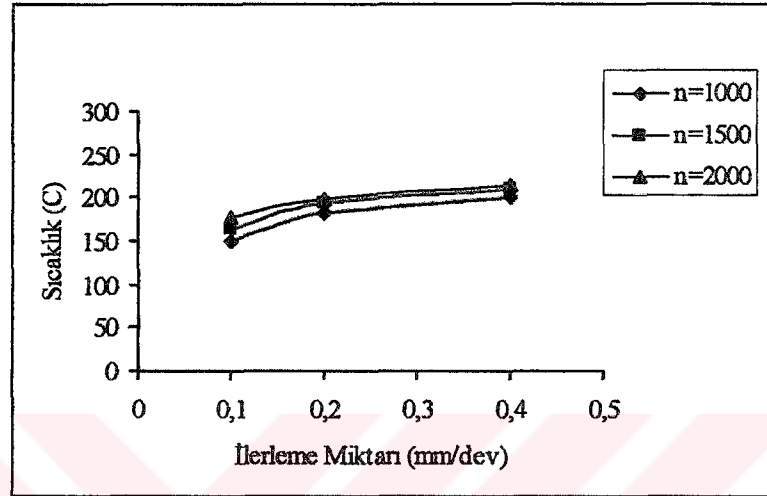
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)
0,5	201	0,5	210	0,5	215
1	204	1	218	1	224
2	210	2	225	2	238



Şekil 4.3 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.4 a = 0,5 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

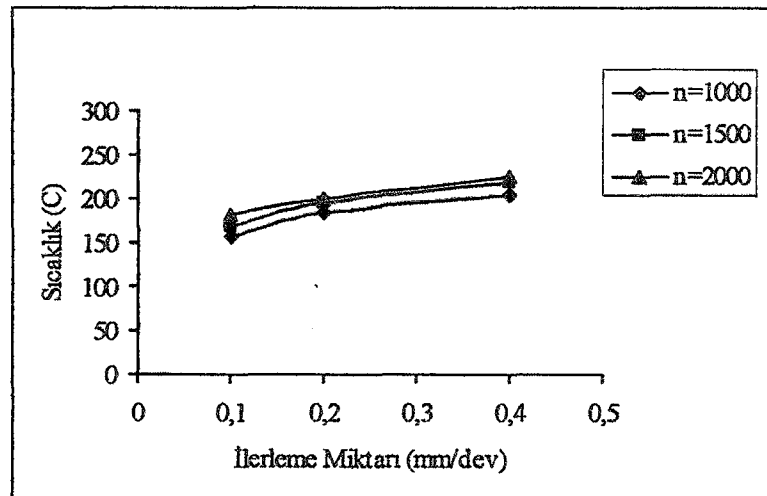
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	150	0,1	164	0,1	178
0,2	182	0,2	193	0,2	198
0,4	201	0,4	210	0,4	215



Şekil 4.4 a = 0,5 mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.5 a = 1 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

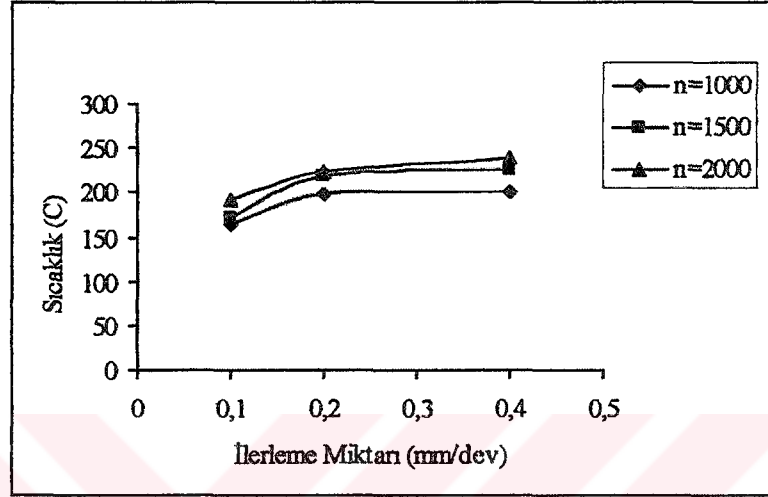
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	156	0,1	169	0,1	182
0,2	185	0,2	196	0,2	200
0,4	204	0,4	218	0,4	224



Şekil 4.5 a = 1 mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.6 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

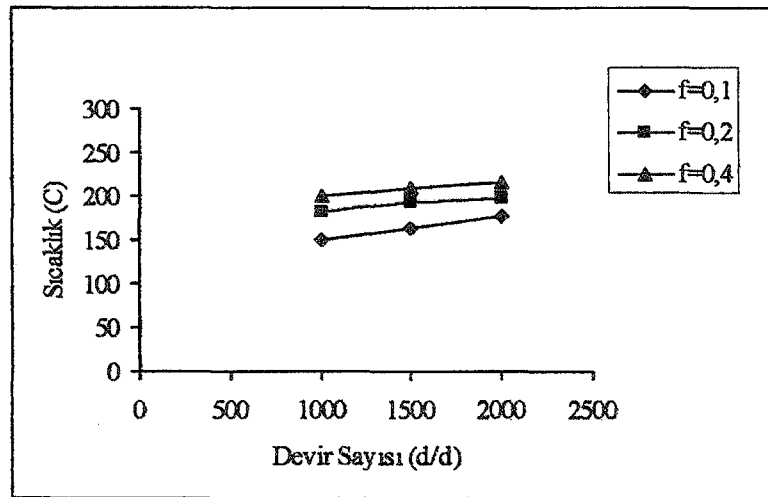
$n = 1000$ dev/dak		$n = 1500$ dev/dak		$n = 2000$ dev/dak	
İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	164	0,1	171	0,1	192
0,2	198	0,2	219	0,2	224
0,4	201	0,4	225	0,4	238



Şekil 4.6 $a = 2$ mm talaş miktarında ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.7 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

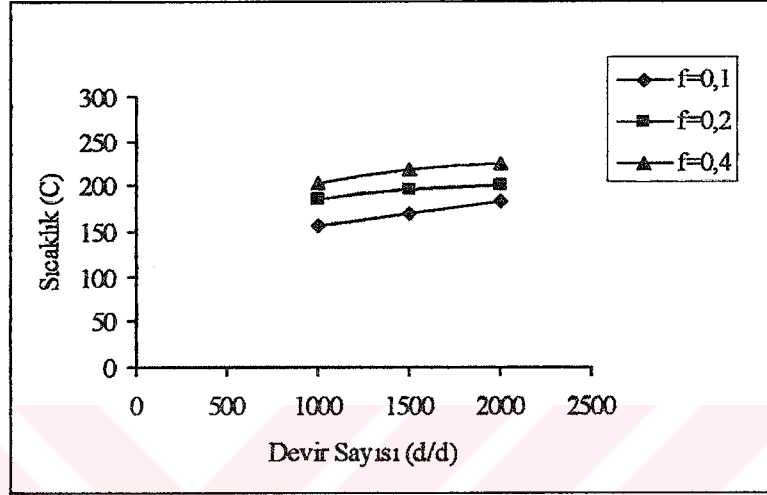
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Sıcaklık (°C)	Devir Sayısı	Sıcaklık (°C)	Devir Sayısı	Sıcaklık (°C)
1000	150	1000	182	1000	201
1500	164	1500	193	1500	210
2000	178	2000	198	2000	215



Şekil 4.7 $a = 0,5$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.8 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

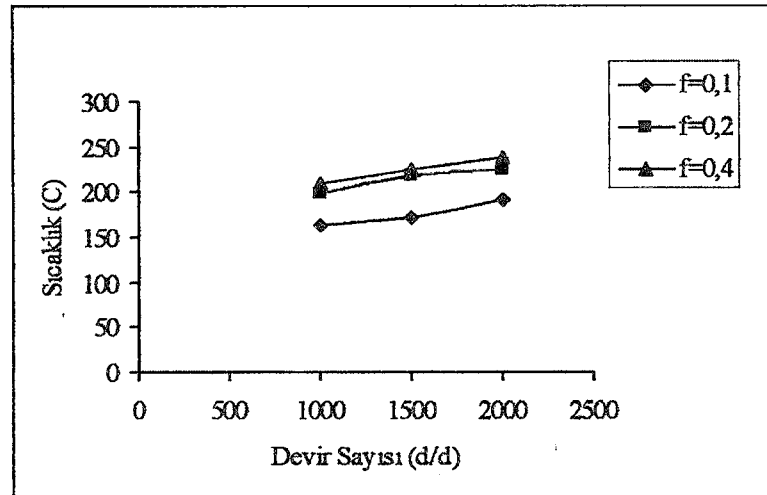
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
1000	156	1000	185	1000	204
1500	169	1500	196	1500	218
2000	182	2000	200	2000	224



Şekil 4.8 $a = 1$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.9 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

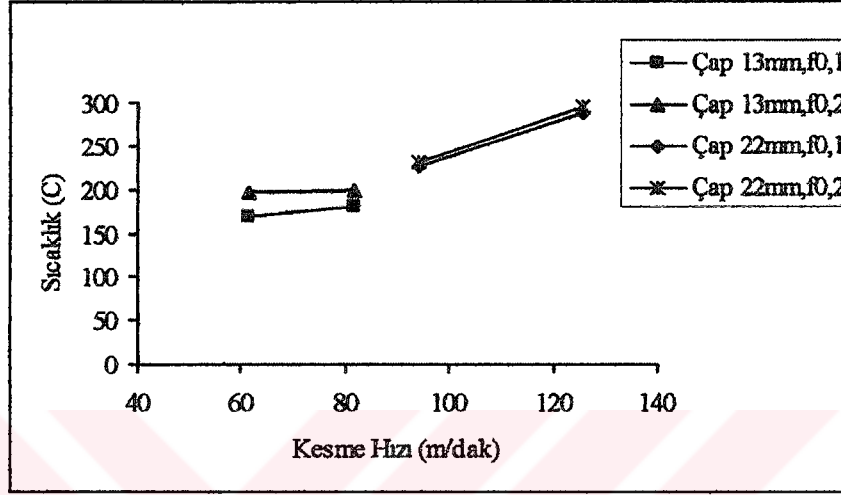
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
1000	164	1000	198	1000	210
1500	171	1500	219	1500	225
2000	192	2000	224	2000	238



Şekil 4.9 $a = 2$ mm talaş miktarında devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi,

Tablo 4.10 a = 1 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

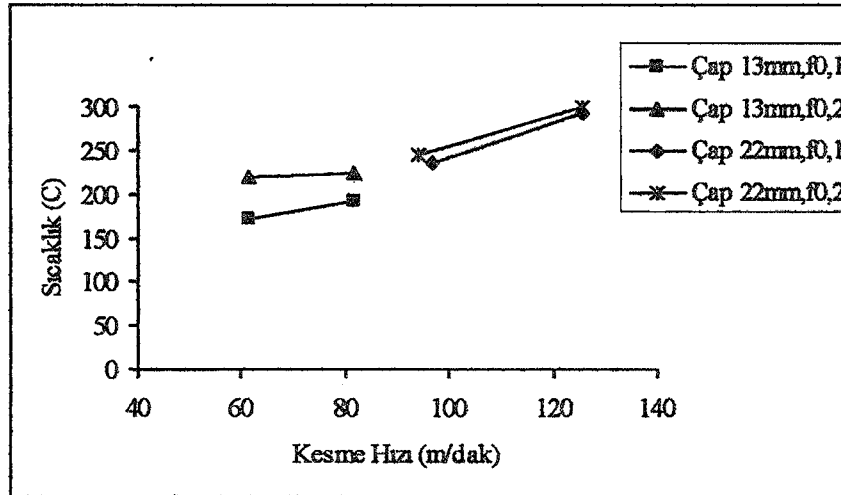
f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık (°C)	Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık (°C)
61,23	169	61,23	196
81,64	182	81,64	200
94,2	226	94,2	231
125,6	289	125,6	296



Şekil 4.10 a = 1 mm talaş miktarında kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi

Tablo 4.11 a = 2 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık (°C)	Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık (°C)
61,23	171	61,23	219
81,64	192	81,64	224
97	236	94,2	245
125,6	292	125,6	299



Şekil 4.11 a = 2 mm talaş miktarında kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi

İlerleme miktarı ve sıcaklık ilişkisini sergileyen yukarıdaki grafikler incelendiğinde talaş miktarı ve devir sayısının sabit olduğu durumda ilerleme miktarında meydana gelen artışla kesici takım – talaş arayüzeyinde oluşan sıcaklığın da artış gösterdiği görülmüştür. İlerleme miktarının artırılmasıyla ilerleme hızının da artarak kesici takımın ucunda meydana gelen radyal kuvvetler de yükseltmesi, sarf edilen enerji miktarını artırmıştır ve buna bağlı olarak kesici uç – talaş - iş parçası arayüzeyinde sıcaklığın artış göstermesi beklenen bir durumdur.

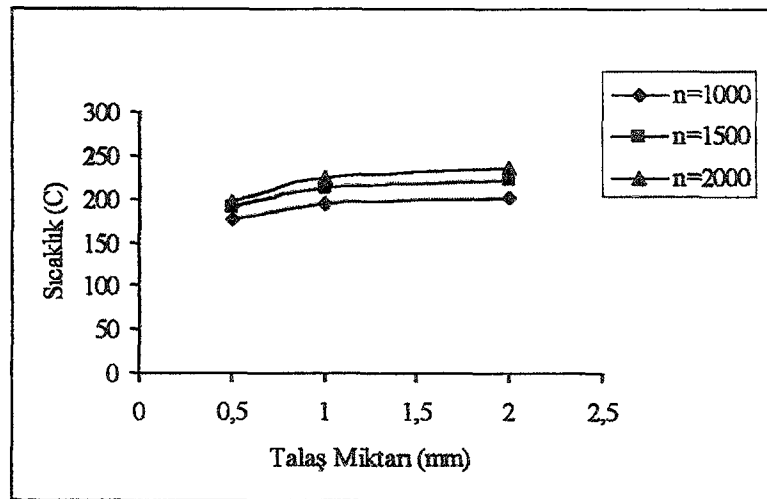
Devir sayısı ve sıcaklık değişimini gösteren yukarıdaki grafiklerde de yine diğer parametrelerde (talaş miktarı ve ilerleme miktarı) olduğu gibi, talaş miktarı ve ilerleme miktarının sabit tutulmasıyla devir sayısının artmasıyla kesici takım – talaş arayüzeyindeki sıcaklık değerlerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir. Burada temel etken olarak, malzemenin mikro yapısında bulunan sert partiküllerin (özellikle Krom (Cr) ve Silisyum (Si)) takım ucunda meydana gelen sürtünme kuvveti etkisini artırması ve artan sürtünme etkisiyle de takım – talaş arayüz sıcaklığının artması görülmüştür.

Kesme hızı ve sıcaklık arasındaki ilişki de devir sayısı – sıcaklık arasındaki ilişkiye benzer bir eğilim göstermiştir. Burada kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş miktarı sabit tutularak artırıldığında kesici takımın yüzeyden talaş kaldırmak için gerek duyduğu enerji miktarı da yükselerek takım – talaş arayüzeyinde oluşan sıcaklığı da yükselttiği saptanmıştır.

4.1.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Sıcaklık Sonuçları

Tablo 4.12 $f = 0,1$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

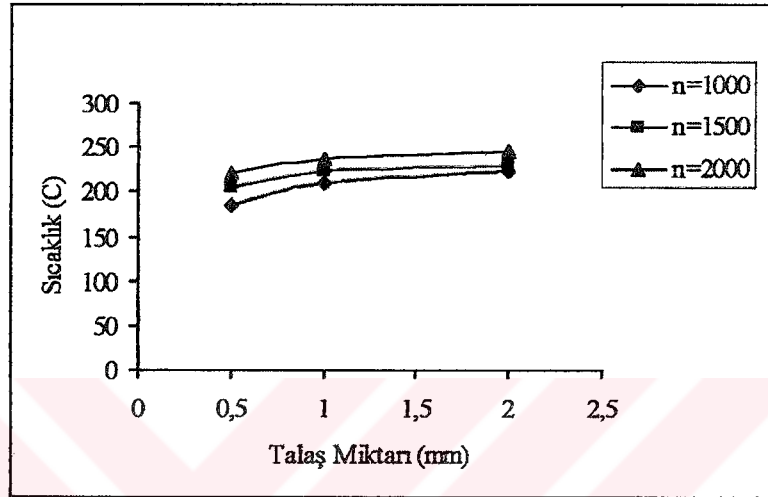
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)
0,5	176	0,5	189	0,5	198
1	195	1	214	1	225
2	201	2	221	2	236



Şekil 4.12 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.13 $f = 0,2$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

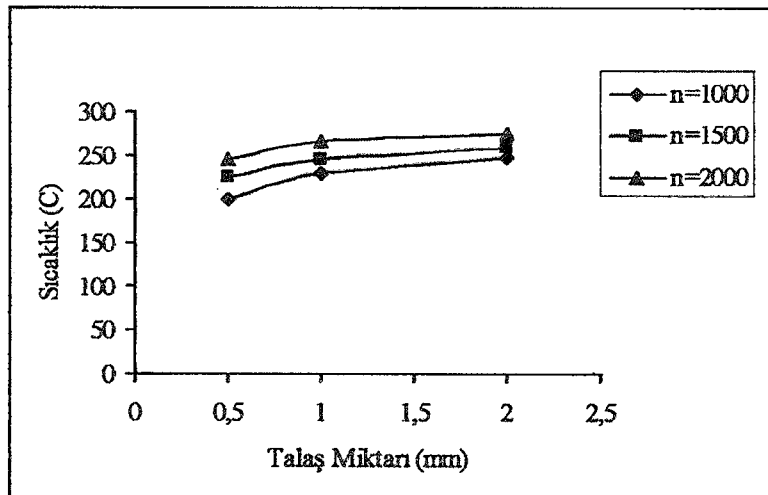
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)
0,5	185	0,5	205	0,5	221
1	210	1	224	1	237
2	223	2	231	2	245



Şekil 4.13 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.14 $f = 0,4$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

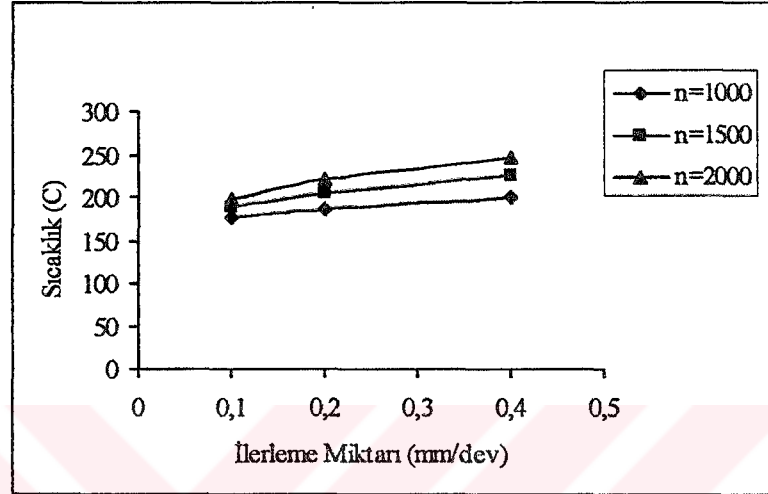
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)	Talaş Miktarı (mm)	Sıcaklık (°C)
0,5	201	0,5	225	0,5	246
1	229	1	245	1	267
2	248	2	259	2	276



Şekil 4.14 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.15 a = 0,5 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

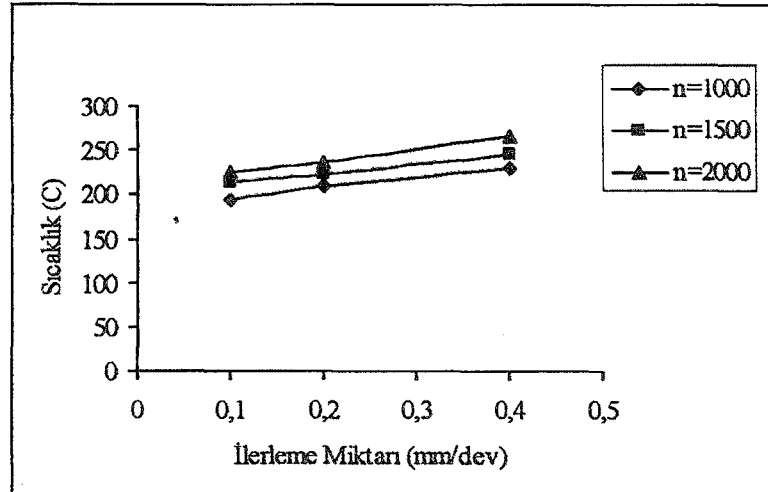
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	176	0,1	189	0,1	198
0,2	185	0,2	205	0,2	221
0,4	201	0,4	225	0,4	246



Şekil 4.15 a = 0,5 mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.16 a = 1 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

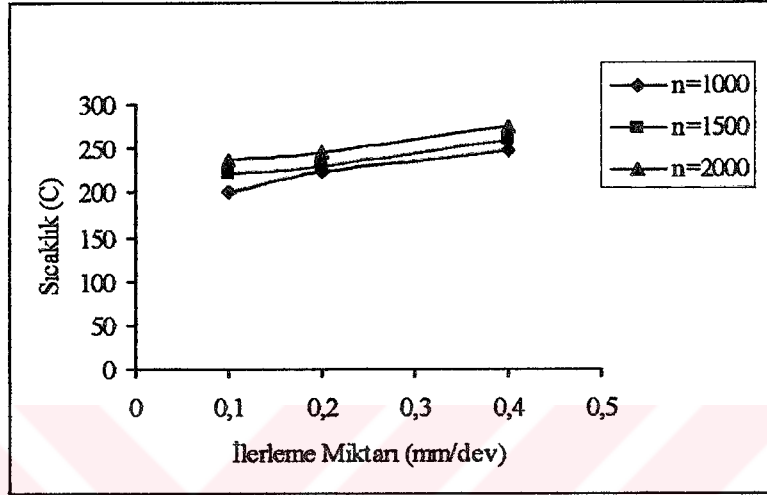
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	195	0,1	214	0,1	225
0,2	210	0,2	224	0,2	237
0,4	229	0,4	245	0,4	267



Şekil 4.16 a = 1 mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.17 a = 2 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

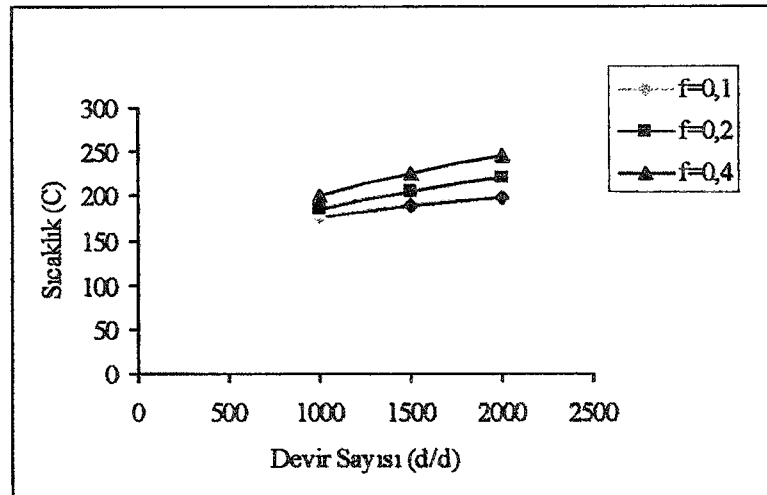
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Sıcaklık (°C)
0,1	201	0,1	221	0,1	236
0,2	223	0,2	231	0,2	245
0,4	248	0,4	259	0,4	276



Şekil 4.17 a = 2 mm talaş miktarında, ilerlemeye bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.18 a = 0,5 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

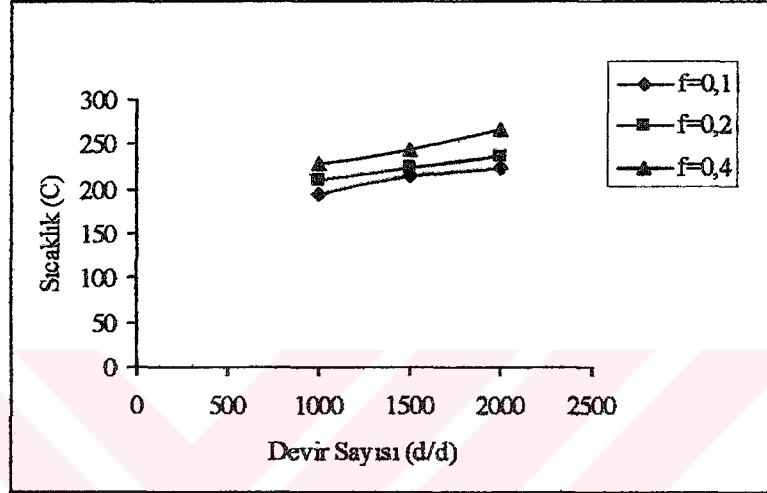
f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev		f = 0,4 mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık (°C)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık (°C)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık (°C)
1000	176	1000	185	1000	201
1500	189	1500	205	1500	225
2000	198	2000	221	2000	246



Şekil 4.18 a = 0,5 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.19 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

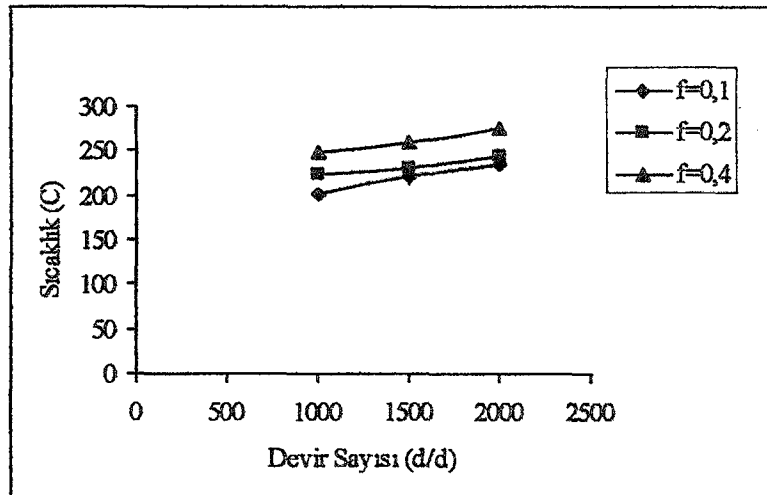
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
1000	195	1000	210	1000	229
1500	214	1500	224	1500	245
2000	225	2000	237	2000	267



Şekil 4.19 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.20 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

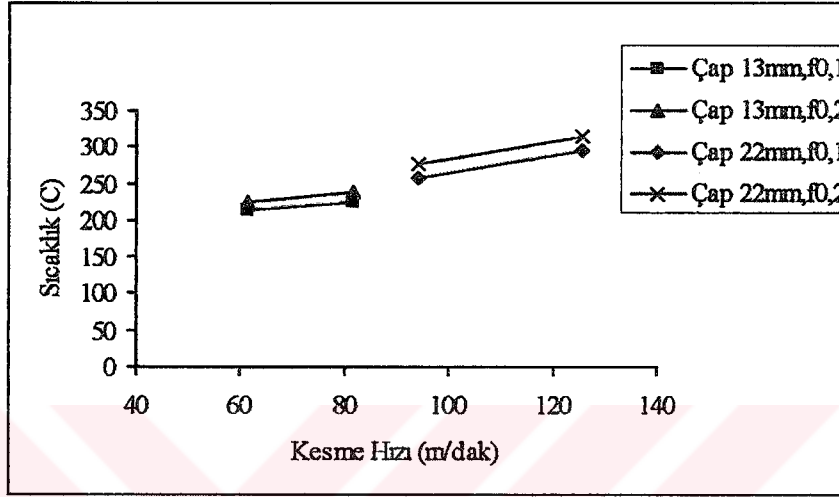
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Devir Sayısı (d/d)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
1000	201	1000	223	1000	248
1500	221	1500	231	1500	259
2000	236	2000	245	2000	276



Şekil 4.20 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.21 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

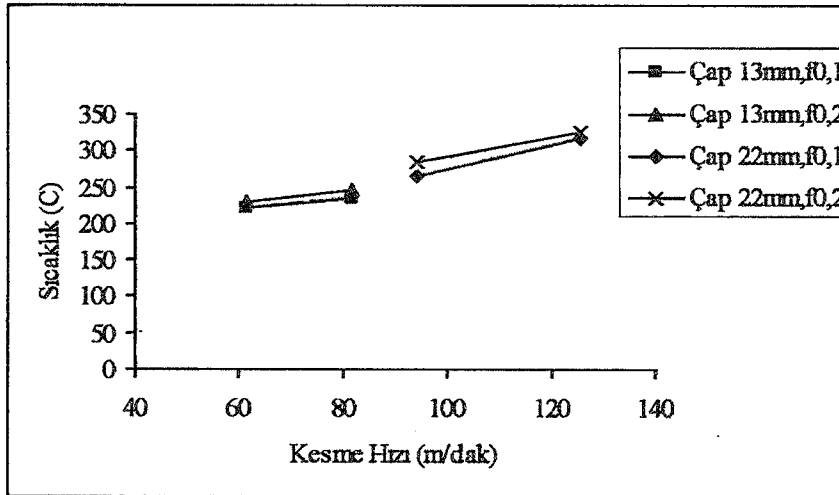
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
61,23	214	61,23	224
81,64	225	81,64	237
94,2	258	94,2	275
125,6	296	125,6	314



Şekil 4.21 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

Tablo 4.22 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen sıcaklık değerleri.

$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Kesme Hızı (m/dak)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
61,23	221	61,23	231
81,64	236	81,64	245
94,2	266	94,2	285
125,6	318	125,6	326



Şekil 4.22 $a = 2$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak sıcaklık değişimi.

P10 ve P20 kesici takım tipleri karşılaştırılacak olursa P20 takım kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde elde edilen sıcaklık değerlerinin P10 takımınıninkilere nazaran daha yüksek seyrettikleri gözlenmektedir. Bunun nedeni ise kesici takımların spesifik ısı kapasiteleri olduğu söylenebilir. Daha açık bir ifadeyle P10 takım ısıyı üzerinde depolama yeteneğinin düşük olması buna karşın P20 takımın ısıyı depo etme yeteneğinin daha fazla olması bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra diyagramlardaki eğriler her iki kesici takımında da benzer eğimler göstermektedir.

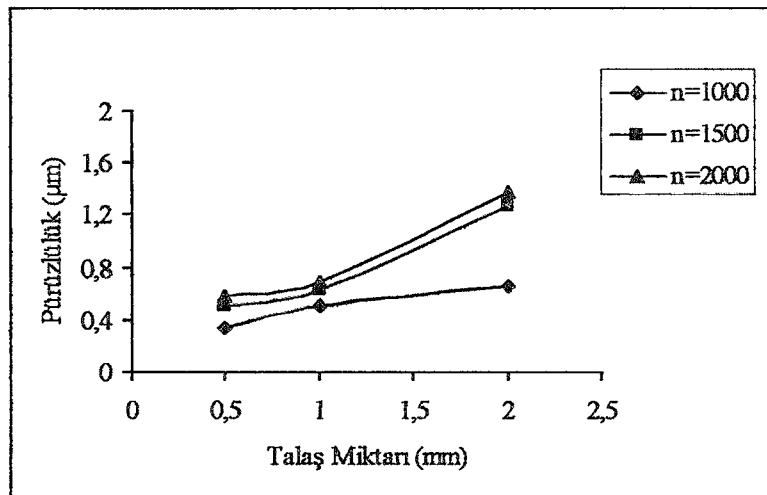
Yukarıda sergilenen grafikler incelendiğinde farklılıklar olsa da belirlenen üç parametrenin de kesici takım – talaş arayüzündeki sıcaklığı arttırdığı görülmüştür. Bu artışların altında yatan ortak temel sebep ise, her üç parametrenin artırılmasıyla talaşın yüzeyden koparılması için gereken enerji miktarı da artmasıdır. 2. bölümde bahsedildiği üzere harcanan bu enerjinin büyük kısmı ısıya dönüşmektedir. Buradan hareketle harcanan enerjideki artışın sıcaklığı arttırdığı söylenebilir.

4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Sonuçları

4.2.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

Tablo 4.23 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

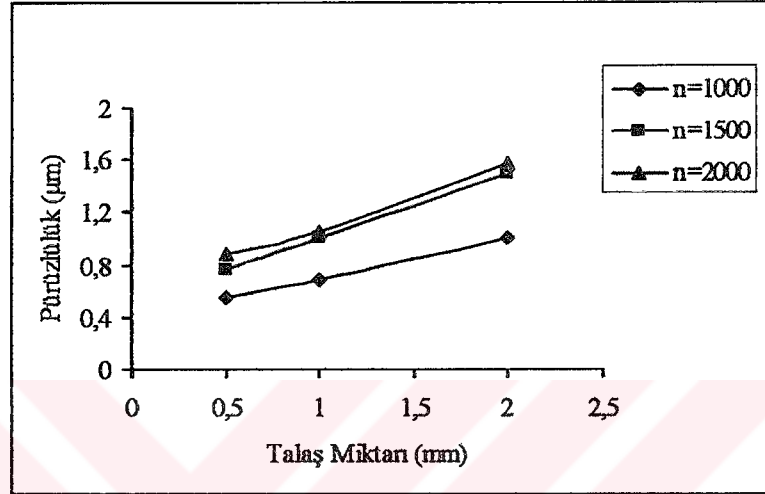
n = 1000		n = 1500		n = 2000	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)
0,5	0,33	0,5	0,5	0,5	0,58
1	0,51	1	0,62	1	0,69
2	0,66	2	1,26	2	1,38



Şekil 4.23 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.24 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

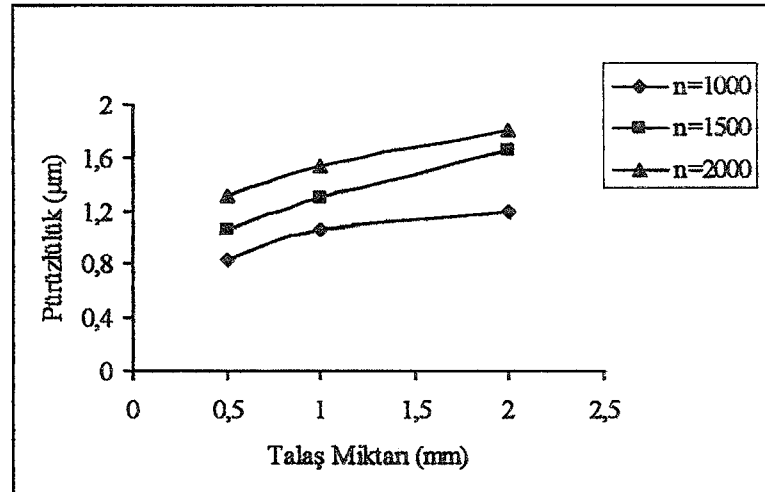
n = 1000		n = 1500		n = 2000	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)
0,5	0,55	0,5	0,76	0,5	0,88
1	0,68	1	1,01	1	1,06
2	1,01	2	1,49	2	1,58



Şekil 4.24 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.25 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede , talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

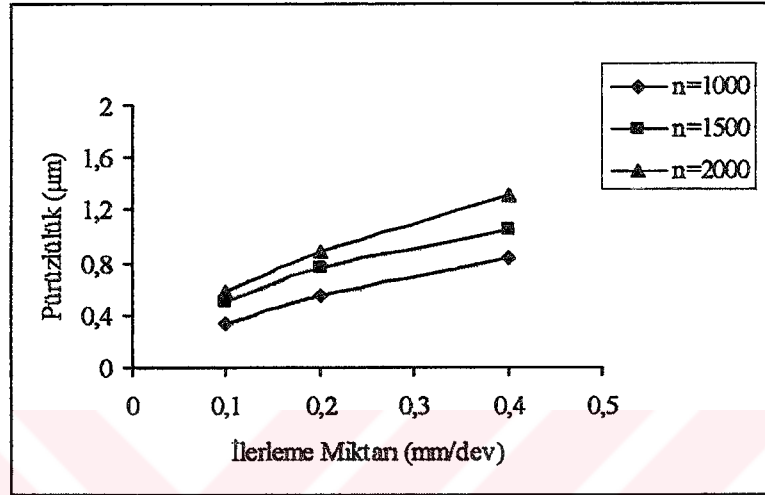
n = 1000		n = 1500		n = 2000	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)
0,5	0,84	0,5	1,06	0,5	1,31
1	1,06	1	1,3	1	1,53
2	1,2	2	1,65	2	1,8



Şekil 4.25 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede , talaş miktarına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.26 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

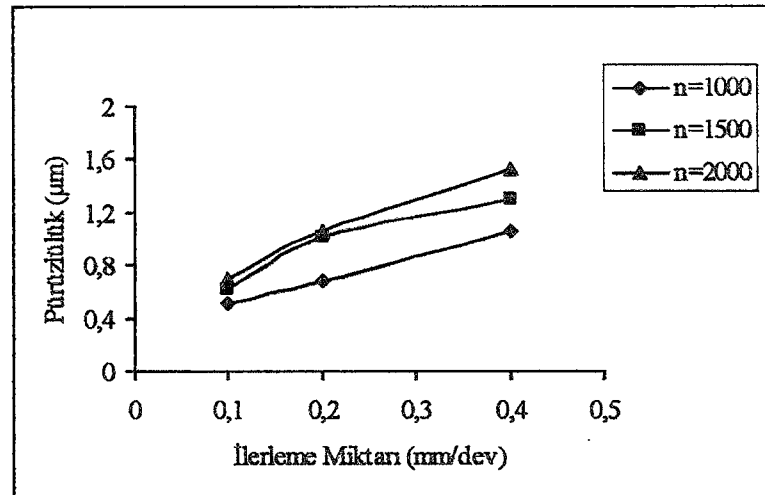
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	0,33	0,1	0,5	0,1	0,58
0,2	0,55	0,2	0,76	0,2	0,88
0,4	0,84	0,4	1,06	0,4	1,31



Şekil 4.26 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.27 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

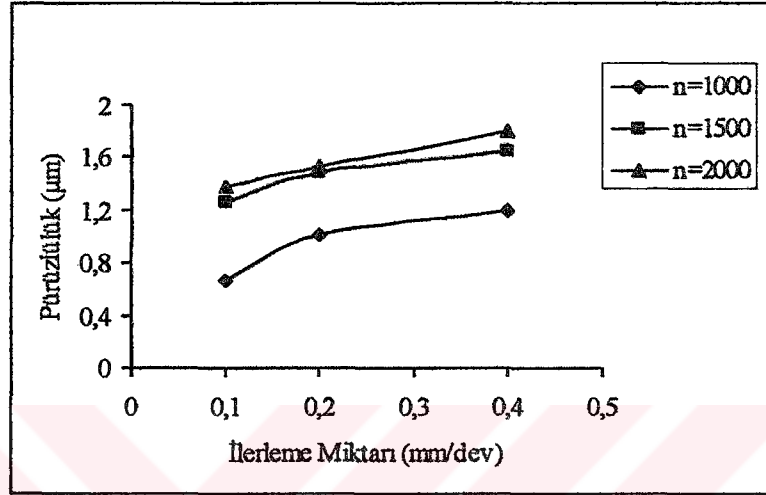
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	0,51	0,1	0,62	0,1	0,69
0,2	0,68	0,2	1,01	0,2	1,06
0,4	1,06	0,4	1,3	0,4	1,53



Şekil 4.27 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.28 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

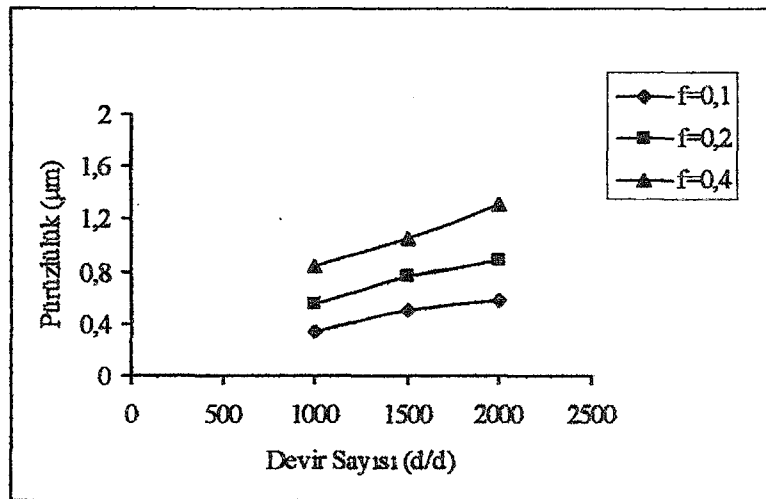
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	0,66	0,1	1,26	0,1	1,38
0,2	1,01	0,2	1,49	0,2	1,53
0,4	1,2	0,4	1,65	0,4	1,8



Şekil 4.28 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.29 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

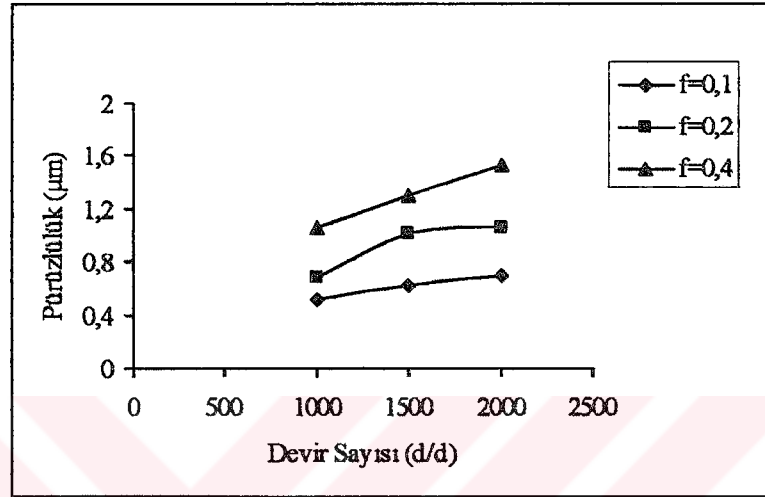
f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev		f = 0,4 mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	0,33	1000	0,55	1000	0,84
1500	0,5	1500	0,76	1500	1,06
2000	0,58	2000	0,88	2000	1,31



Şekil 4.29 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.30 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

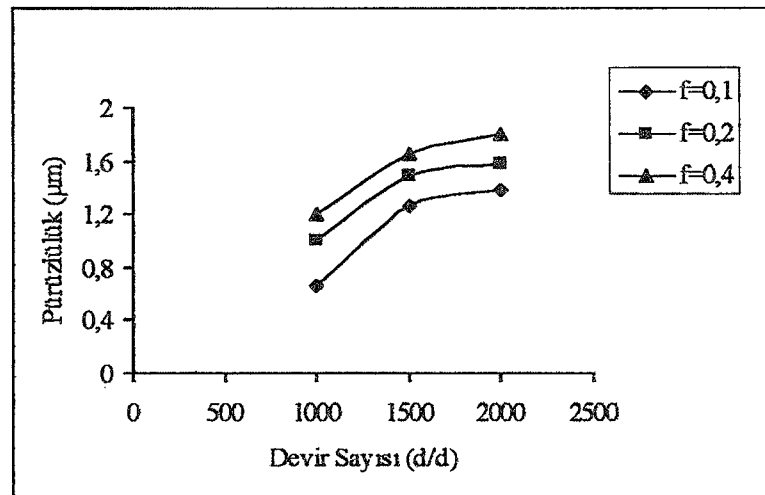
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	0,51	1000	0,68	1000	1,06
1500	0,62	1500	1,01	1500	1,3
2000	0,69	2000	1,06	2000	1,53



Şekil 4.30 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.31 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

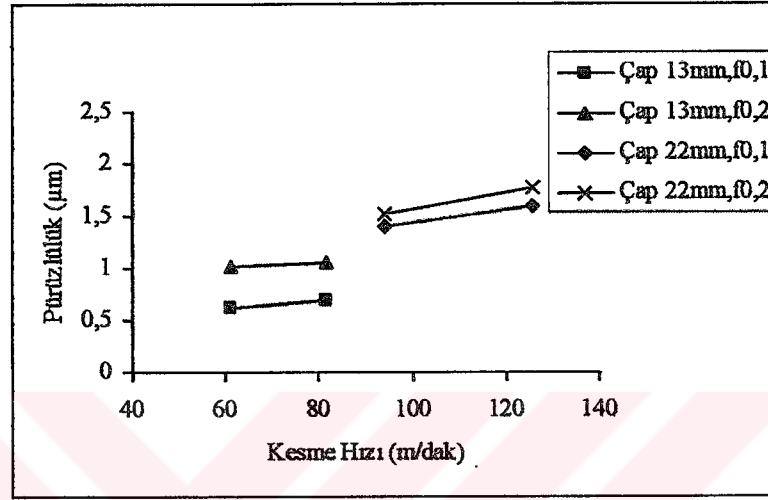
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	0,66	1000	1,01	1000	1,2
1500	1,26	1500	1,49	1500	1,65
2000	1,38	2000	1,58	2000	1,8



Şekil 4.31 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.32 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

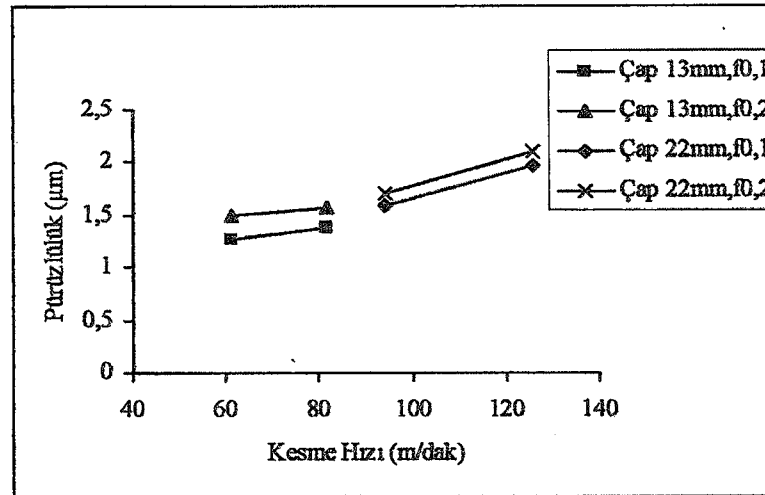
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)	Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)
61,23	0,62	61,23	1,01
81,64	0,69	81,64	1,06
94,2	1,4	94,2	1,52
125,6	1,59	125,6	1,76



Şekil 4.32 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.33 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)	Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)
61,23	1,26	61,23	1,49
81,64	1,38	81,64	1,58
94,2	1,6	94,2	1,71
125,6	1,97	125,6	2,11



Şekil 4.33 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Yukarıdaki grafiklerde talaş miktarı, ilerleme miktarı, devir sayısı ve kesme hızlarına bağlı yüzey pürüzlülüğü değerleri ve değişimleri görülmektedir. Değişken parametreler sırasıyla ele alınacak olursa, sabit ilerleme miktarı ve devir sayısında talaş miktarının artmasıyla iş parçasının yüzey kalitesinin düştüğü göze çarpmaktadır. Talaş miktarının artmasıyla kesici takımın yüzeyden kaldıracağı talaş hacmi büyümekte ve buna bağlı olarak kesici takımın ucundaki gerilmeler artarak takım – iş parçası arasında titreşimlerin büyümesine yol açtığı ve bu titreşimlerin de iş parçasının yüzey kalitesini düşürdüğü düşünülmektedir.

Talaş miktarı ve devir sayısının sabit tutularak ilerleme miktarının artırılmasıyla iş parçasının yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlenmektedir. Burada kesici takım ucunun artan ilerleme miktarına bağlı olarak ilerleme hızının artması ve bunun da takım ucundaki sıcaklığı yükseltmesi takım ucunda talaşların yapışması ve sıvanmasına neden olmaktadır. Takım ucunda meydana gelen bu yapışma kesici ucun formunun bozulmasına ve kesici takımın özelliğinin kaybolmasına sebep olduğu ve bu bozukluğun da yüzey pürüzlülüğünü artırdığı görülmüştür.

Devir sayısı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelendiğinde devir sayısındaki artışın yüzey kalitesini diğer parametrelere nazaran daha az oranda etkilediği gözlenmektedir. Burada artan devir sayısı ile birlikte ilerleme miktarının da artması iş parçası yüzeyindeki pürüzlülüğü artırdığı düşünülmektedir. Bununla birlikte ilerleme miktarı ve talaş miktarı sabit tutulup devir sayısı artırıldığında ise yüzey kalitesinin yükselttiği görülmüş ancak yine devir sayısının belirli bir değerinde gerek tezgahta gerekse takımda titreşimlerin artmasıyla yüzeyin pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür.

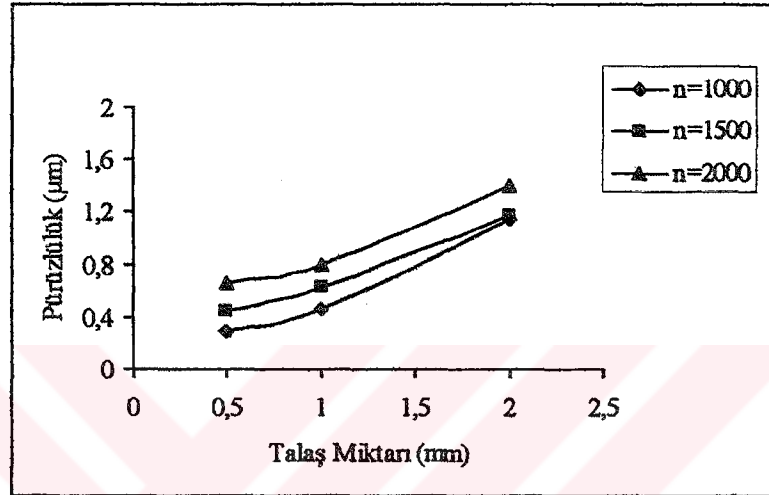
Kesme hızı ve iş parçası yüzey kalitesi arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerdeki eğriler devir sayısı yüzey kalitesi arasındaki ilişkiye benzer eğilimler göstermektedir. Ancak yine kesme hızının artmasıyla yüzey kalitesinin düştüğü görülmüştür. Burada takımın artan kesme hızı ve buna bağlı takım ucunun formunu yitirmesi bu pürüzlülük artışına neden olduğu düşünülmektedir.

Aşağıda P20 kesici takımına ait yüzey pürüzlülüğü sonuçları sunulmaktadır. Grafikler incelendiğinde P10 ve P20 takım arasında belirgin bir fark görülmemiştir. Ancak P10 kesici takımının kullanıldığı deneylerin sonuçlarıyla P20 kesici takımınıninkilerle karşılaştırıldığında P10 takımının P20 takımından genel olarak daha yüksek yüzey pürüzlülüğü oluşturduğu görülmüştür.

4.2.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

Tablo 4.34 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

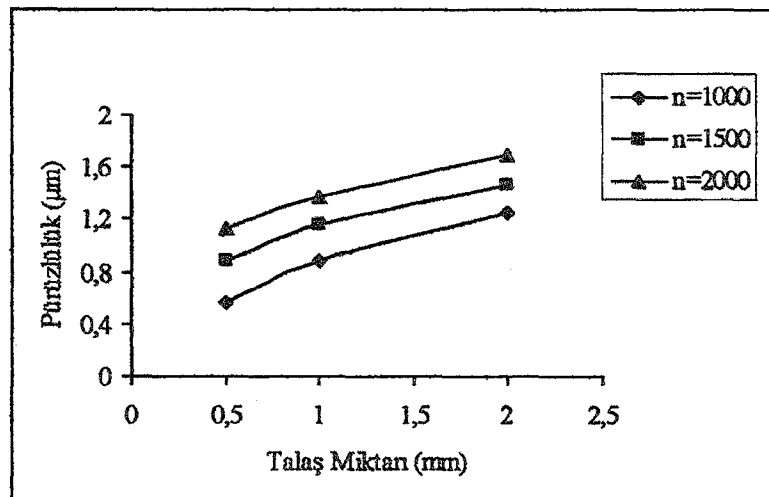
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)
0,5	0,29	0,5	0,44	0,5	0,65
1	0,46	1	0,63	1	0,79
2	1,15	2	1,18	2	1,41



Şekil 4.34 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.35 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

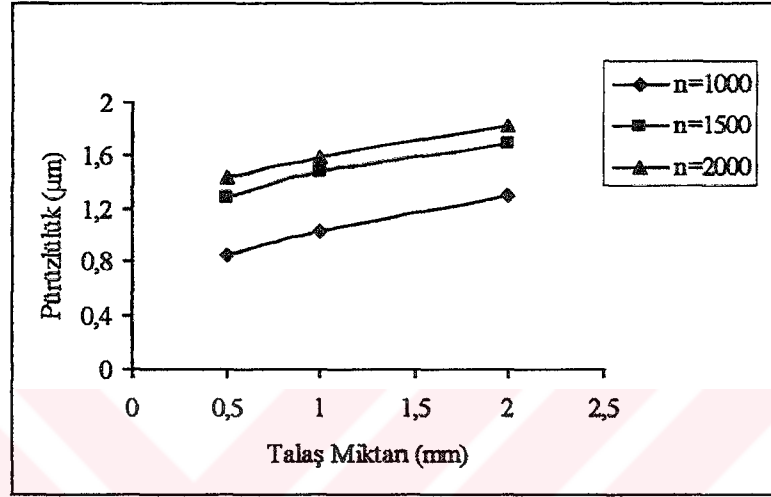
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μ m)
0,5	0,56	0,5	0,88	0,5	1,13
1	0,88	1	1,16	1	1,38
2	1,25	2	1,46	2	1,7



Şekil 4.35 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.36 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

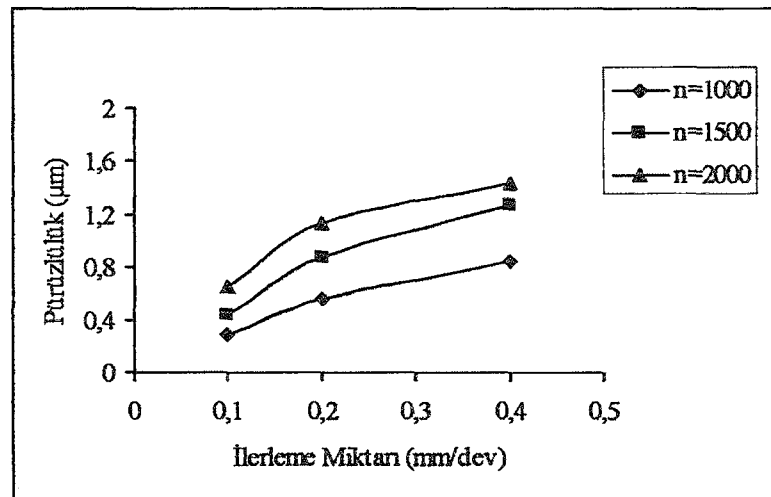
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)	Talaş Miktarı (mm)	Pürüzlülük (μm)
0,5	0,85	0,5	1,28	0,5	1,44
1	1,03	1	1,48	1	1,58
2	1,3	2	1,68	2	1,82



Şekil 4.36 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.37 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

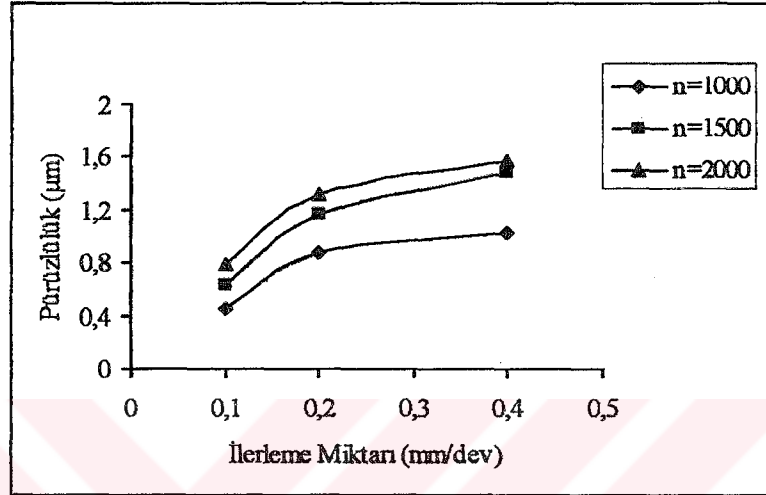
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	0,29	0,1	0,44	0,1	0,65
0,2	0,56	0,2	0,88	0,2	1,13
0,4	0,85	0,4	1,28	0,4	1,44



Şekil 4.37 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.38 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

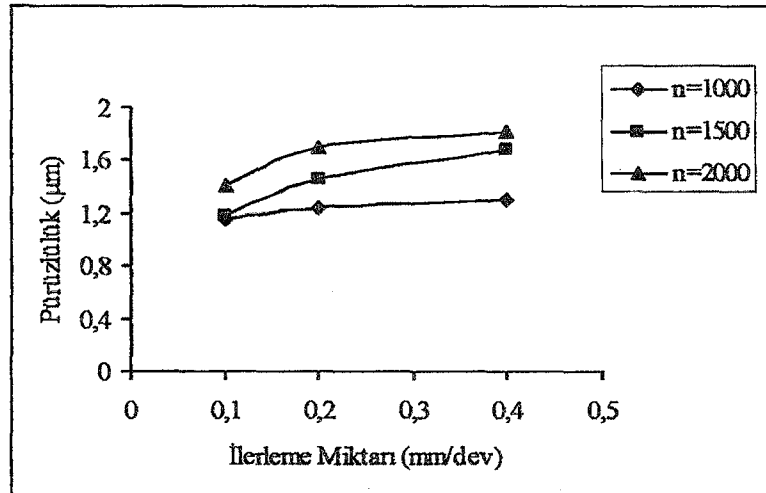
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	0,46	0,1	0,63	0,1	0,79
0,2	0,88	0,2	1,16	0,2	1,32
0,4	1,03	0,4	1,48	0,4	1,58



Şekil 4.38 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.39 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

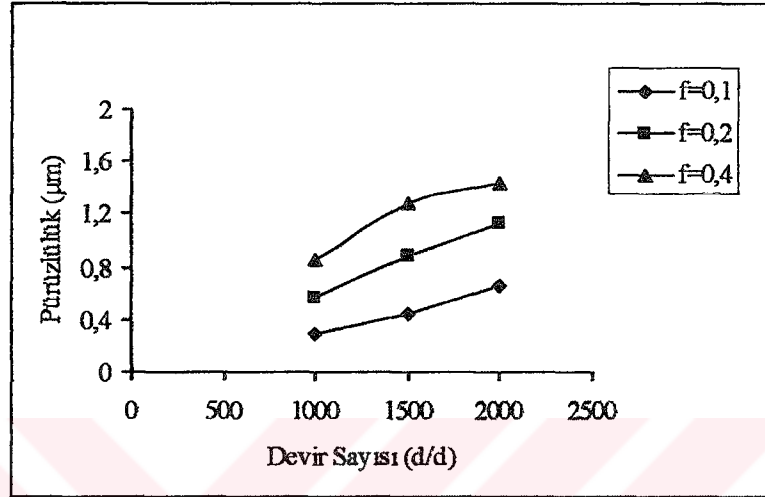
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Pürüzlülük (μm)
0,1	1,15	0,1	1,18	0,1	1,41
0,2	1,25	0,2	1,46	0,2	1,7
0,4	1,3	0,4	1,68	0,4	1,82



Şekil 4.39 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.40 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

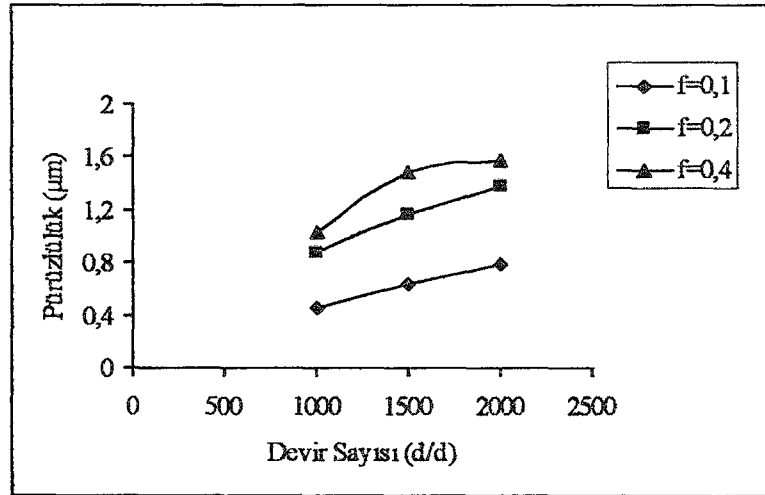
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	0,29	1000	0,56	1000	0,85
1500	0,44	1500	0,88	1500	1,28
2000	0,65	2000	1,13	2000	1,44



Şekil 4.40 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.41 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

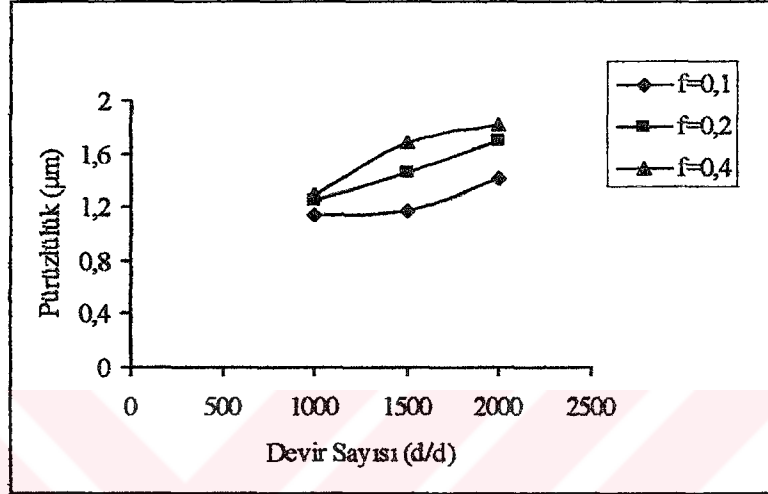
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	0,46	1000	0,88	1000	1,03
1500	0,63	1500	1,16	1500	1,48
2000	0,79	2000	1,38	2000	1,58



Şekil 4.41 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.42 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

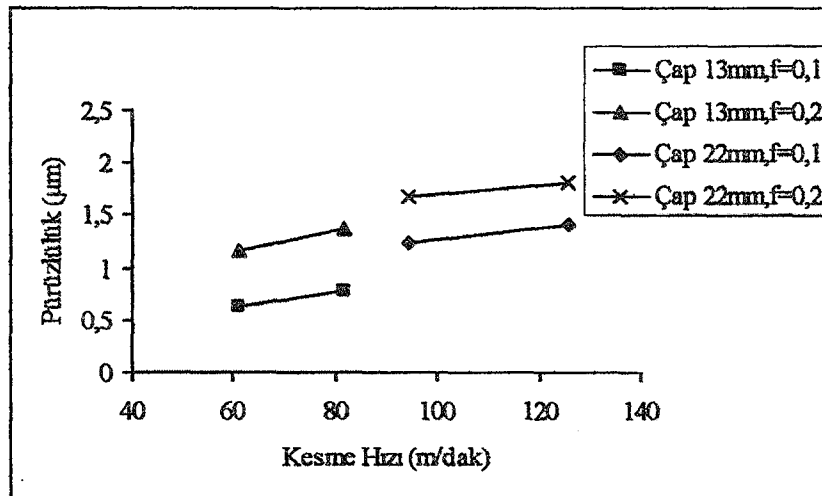
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)	Devir Sayısı	Pürüzlülük (μm)
1000	1,15	1000	1,25	1000	1,3
1500	1,18	1500	1,46	1500	1,68
2000	1,41	2000	1,7	2000	1,82



Şekil 4.42 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.43 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

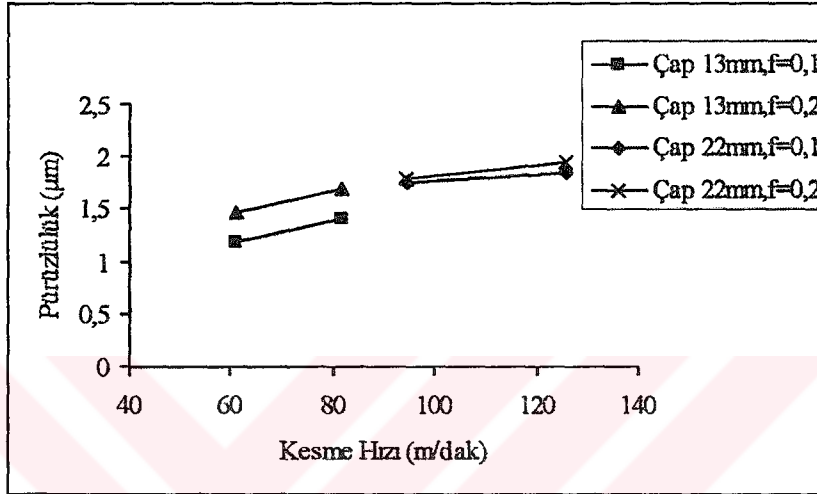
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)	Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)
61,23	0,63	61,23	1,16
81,64	0,79	81,64	1,38
94,2	1,24	94,2	1,67
125,6	1,41	125,6	1,81



Şekil 4.43 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Tablo 4.44 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak ölçülen pürüzlülük değerleri.

$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)	Kesme Hızı (m/dak)	Pürüzlülük (μm)
61,23	1,18	61,23	1,46
81,64	1,41	81,64	1,7
94,2	1,75	94,2	1,8
125,6	1,86	125,6	1,95



Şekil 4.44 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak pürüzlülük değişimi.

Yukarıda talaş miktarı, ilerleme miktarı ve devir sayısına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü grafiklerinde görüldüğü gibi küçük talaş miktarı ve ilerleme miktarı ve bunlara uygun devir sayısı ile birlikte iyi bir yüzey kalitesi elde edilebilir.

Burada yüzey pürüzlülüğünün artmasındaki ortak neden talaşın yüzeyden koparılırken kullanılan enerjinin artması ve bunun da kesici takım ucundaki sıcaklığı arttırması, bu sıcaklığın da diğer etkenler titreşim ve takım ucunda sıvanma ile birlikte takımın uç formunu bozması, böylece yüzeyde pürüzlülüğün artması söylenebilir. Ayrıca bu takım – iş parçası – talaş arayüzündeki sıcaklık artışı yüzeyde bir nevi ısıl işlem etkisi yaparak yüzeyin düzensiz sertleşmesine yol açtığı bunun da yüzey kalitesini olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

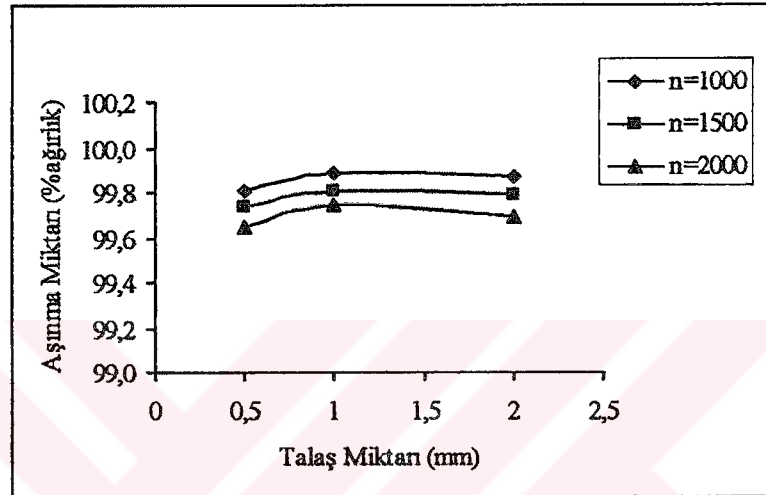
Genel olarak parametrelerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelendiğinde en az etkinin devir sayısında görüldüğü ortaya çıkmıştır. Literatürdeki verilere göre de yüzey kalitesine öncelikle talaş miktarı ve ardından da ilerleme miktarının etkili olduğu görülmektedir. Buna etken de bir defa da yüzeyden koparılan malzeme miktarının büyüklüğü olduğundan bahsedilmektedir.

4.3. Kesici Takım Yüzey Aşınması Ölçüm Sonuçları

4.3.1. P10 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Aşınma Sonuçları

Tablo 4.45 $f = 0,1$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

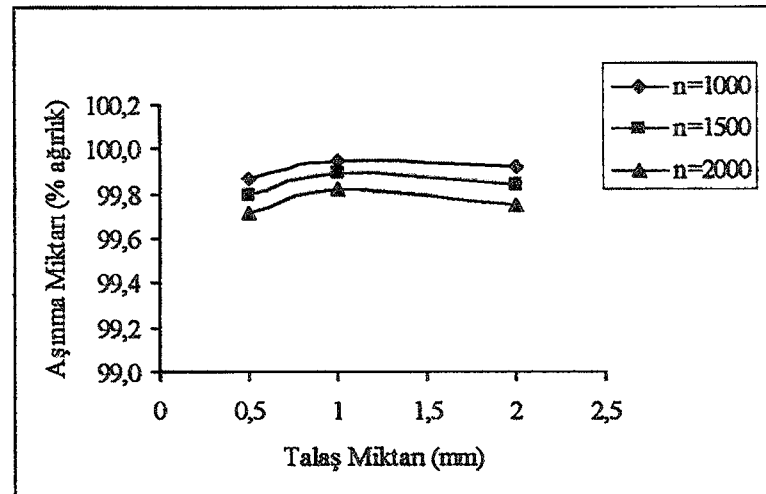
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,8110	0,5	99,7380	0,5	99,6490
1	99,8860	1	99,8110	1	99,7460
2	99,8700	2	99,7950	2	99,6930



Şekil 4.45 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.46 $f = 0,2$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

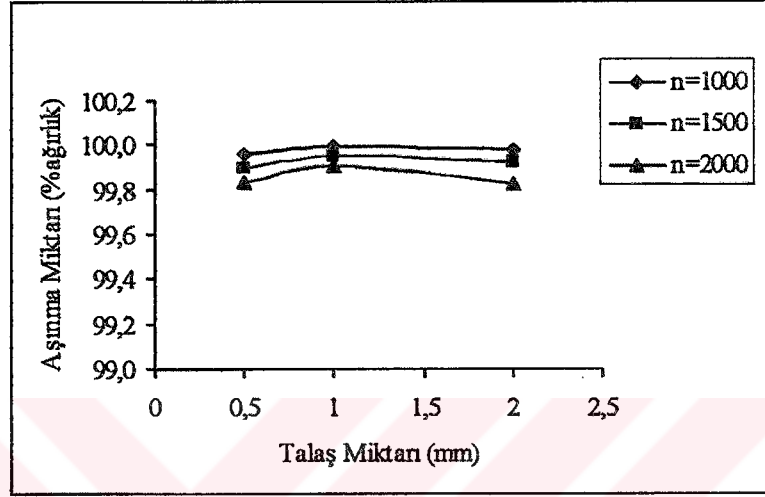
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,8660	0,5	99,7940	0,5	99,7200
1	99,9500	1	99,8940	1	99,8280
2	99,9260	2	99,8460	2	99,7490



Şekil 4.46 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.47 $f = 0,4$ mm/dev ilerleme miktarında, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

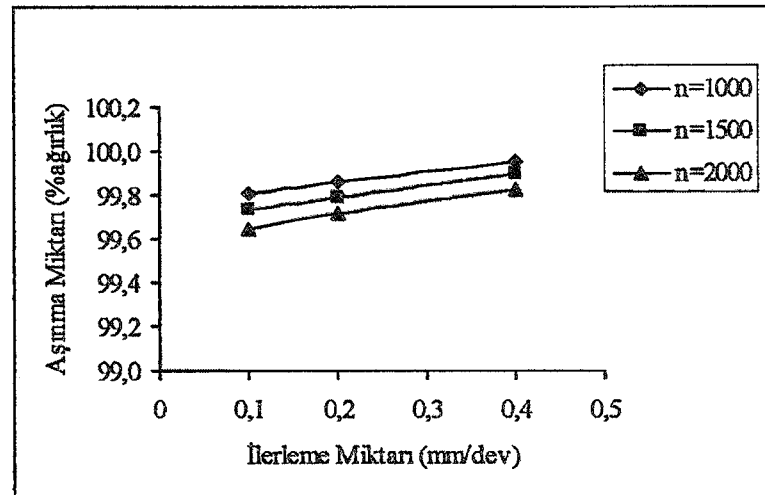
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,9560	0,5	99,8960	0,5	99,8300
1	99,9946	1	99,9480	1	99,9070
2	99,9740	2	99,9200	2	99,8230



Şekil 4.47 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.48 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

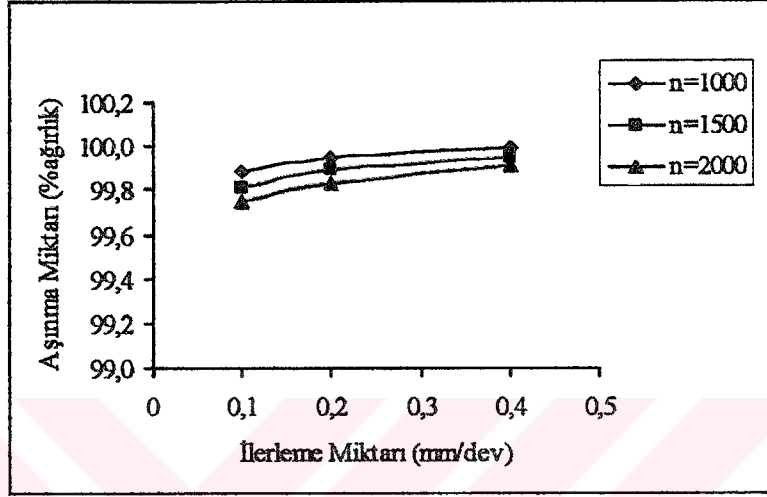
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,8110	0,1	99,7380	0,1	99,6490
0,2	99,8660	0,2	99,7940	0,2	99,7200
0,4	99,9560	0,4	99,8960	0,4	99,8300



Şekil 4.48 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.49 a = 1 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

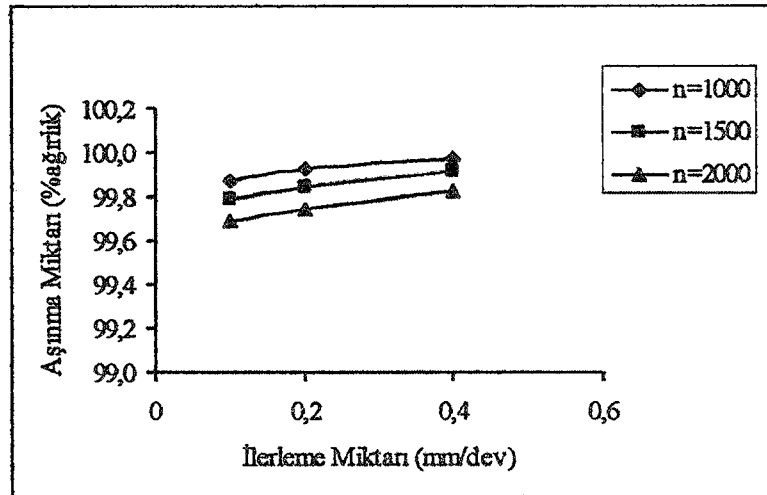
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,8860	0,1	99,8110	0,1	99,7460
0,2	99,9500	0,2	99,8940	0,2	99,8280
0,4	99,9946	0,4	99,9480	0,4	99,9070



Şekil 4.49 a = 1 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.50 a = 2 mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

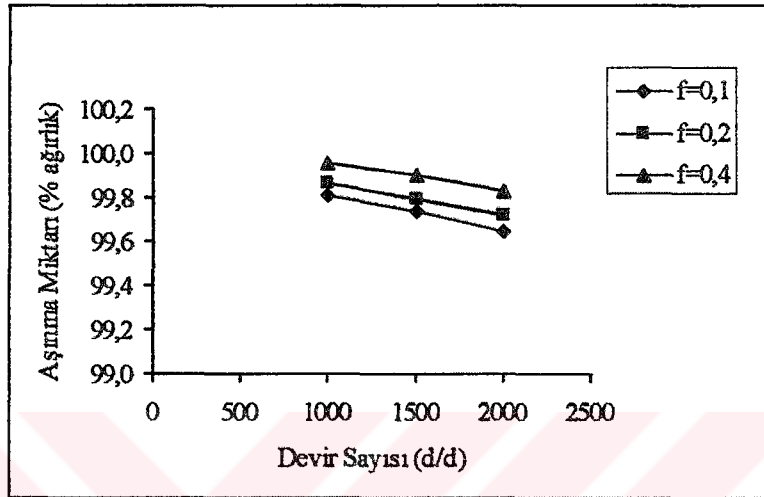
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,8700	0,1	99,7950	0,1	99,6930
0,2	99,9260	0,2	99,8460	0,2	99,7490
0,4	99,9740	0,4	99,9200	0,4	99,8230



Şekil 4.50 a = 2 mm talaş derinliğinde, ilerlemeye bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.51 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

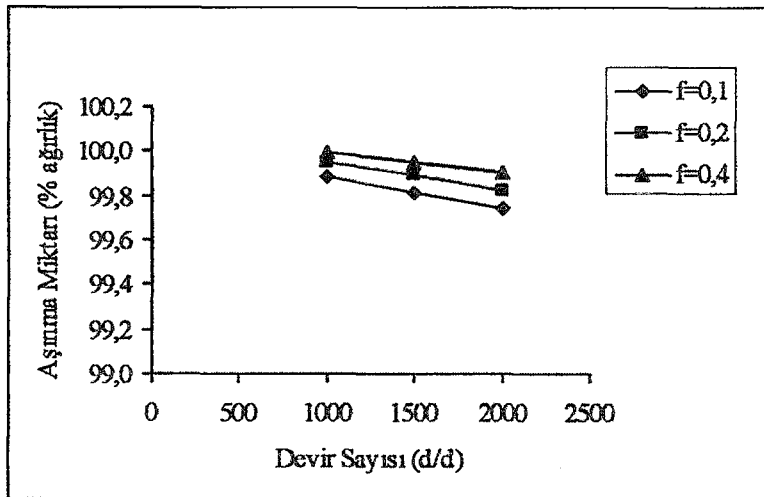
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,8110	1000	99,8660	1000	99,9560
1500	99,7380	1500	99,7940	1500	99,8960
2000	99,6490	2000	99,7200	2000	99,8300



Şekil 4.51 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.52 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

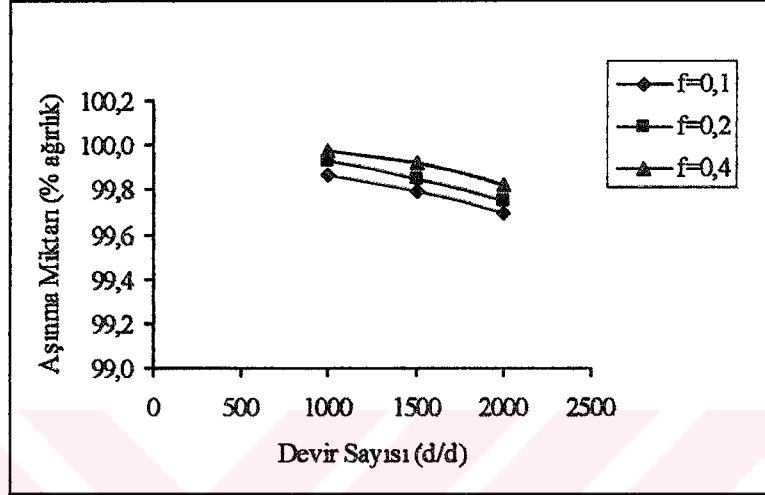
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,8860	1000	99,9500	1000	99,9946
1500	99,8110	1500	99,8940	1500	99,9480
2000	99,7460	2000	99,8280	2000	99,9070



Şekil 4.52 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.53 $a = 2$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

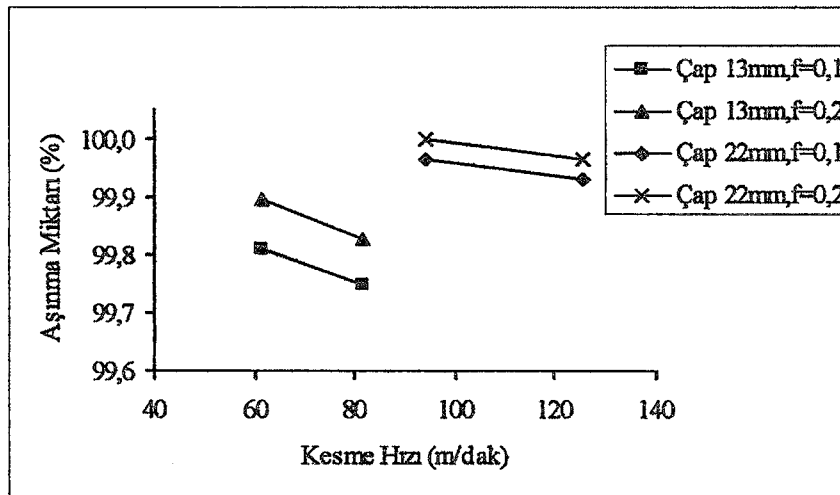
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,8700	1000	99,9260	1000	99,9740
1500	99,7950	1500	99,8460	1500	99,9200
2000	99,6930	2000	99,7490	2000	99,8230



Şekil 4.53 $a = 2$ mm talaş derinliğinde, devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.54 $a = 1$ mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

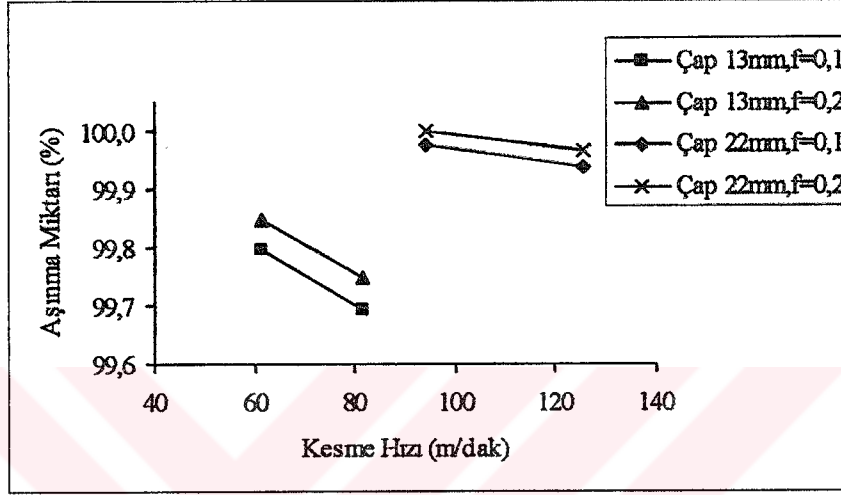
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)	Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)
61,23	99,8110	61,23	99,8940
81,64	99,7460	81,64	99,8280
94,2	99,9630	94,2	99,9972
125,6	99,9290	125,6	99,9630



Şekil 4.54 $a = 1$ mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.55 a = 2 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)	Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)
61,23	99,7950	61,23	99,8460
81,64	99,6930	81,64	99,7490
94,2	99,9753	94,2	99,9973
125,6	99,9380	125,6	99,9630



Şekil 4.55 a = 2 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi.

Yukarıda talaş miktarı, ilerleme miktarı ve devir sayısının kesici takım ucunda meydana gelen aşınmaya etkisi gösterilmektedir. Burada göze çarpan bu üç parametrede meydana gelen artışların kesici takım ucundaki aşınmayı arttırdığıdır.

Talaş miktarı ve aşınma oranı arasındaki ilişkiyi gösteren grafiklerde ilerleme miktarı ve devir sayısı sabit tutulup talaş miktarı artırılmıştır. Talaş miktarı artırıldığında aşınma miktarının artmasının sebebi olarak artan talaş hacminin takımın ucundaki yükü artırarak uçta krater oluşumunu büyütmesi olarak düşünülmektedir.

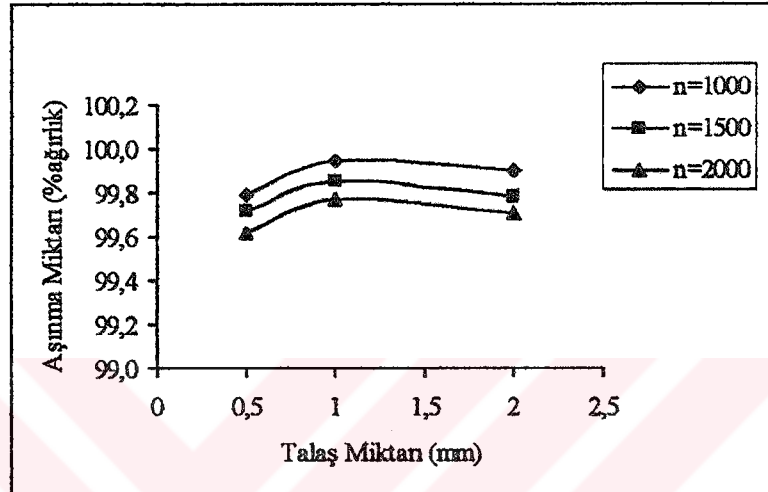
Talaş miktarı ve devir sayısı sabit tutulup ilerleme miktarı artırıldığında aşınma miktarı da artmaktadır. Burada ilerleme miktarının artmasıyla takımın ucuna talaşın sıvanarak ucun formunu yitirerek uç sıcaklığının artmasına sebep olması ucun mikroyapısında değişmelere neden olarak takımın mukavemetini yitirerek aşınmasına neden olduğu öngörülmektedir. Ayrıca burada sıvanan talaş parçasının da üzerinde ısıyı tuttuğu ve bu şekilde takımın sıcaklığı uzaklaştıramaması da bu sıcaklık yükselişine etki ettiği söylenebilir.

İlerleme miktarı ve talaş miktarı sabit tutulup devir sayısının artırıldığı deneylerde aşınmanın da arttığı görülmektedir. Bu sonuca etken olan ise artan devir sayısı ile birlikte kesme hızının artması ve malzeme içindeki sert partiküllerin takım ucunda adeta taşlama etkisi yapmaya başlaması gösterilebilir.

4.3.2. P20 Kesici Takım Kullanılarak Elde Edilen Aşınma Sonuçları

Tablo 4.56 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

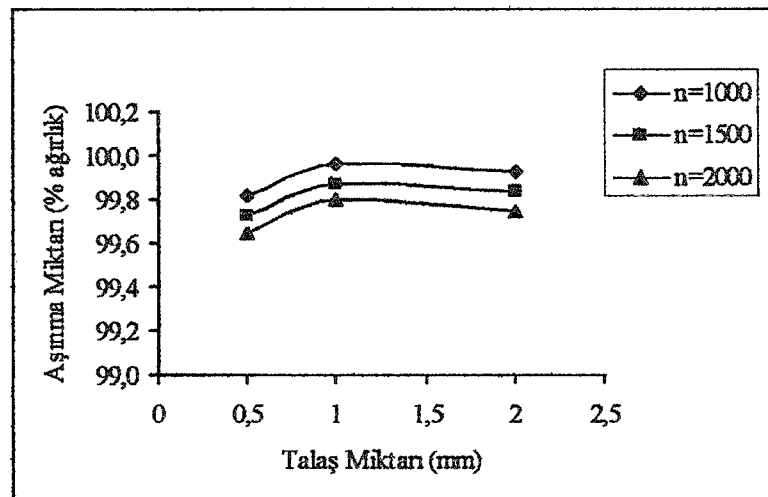
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,7950	0,5	99,7140	0,5	99,6160
1	99,9490	1	99,8590	1	99,7700
2	99,9000	2	99,7780	2	99,7050



Şekil 4.56 $f = 0,1$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.57 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

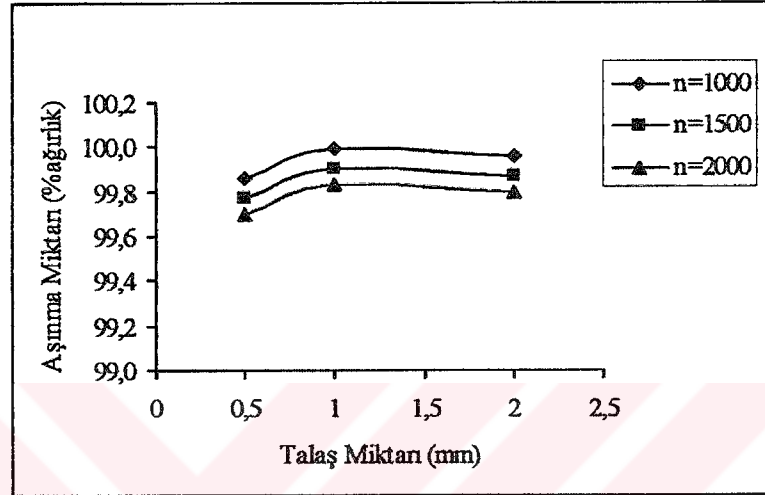
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,8190	0,5	99,7300	0,5	99,6490
1	99,9650	1	99,8760	1	99,8000
2	99,9240	2	99,8350	2	99,7460



Şekil 4.57 $f = 0,2$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.58 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

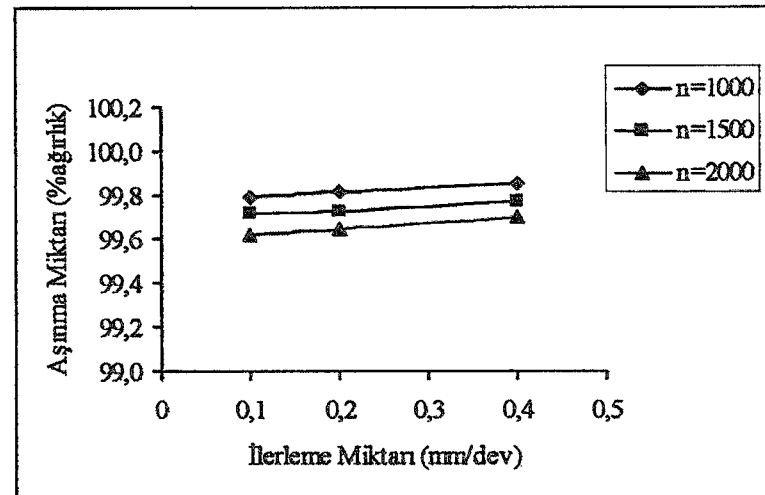
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)	Talaş Miktarı (mm)	Aşınma (%)
0,5	99,8590	0,5	99,7700	0,5	99,6970
1	99,9946	1	99,9060	1	99,8350
2	99,9600	2	99,8680	2	99,7950



Şekil 4.58 $f = 0,4$ mm/dev ilerlemede, talaş derinliğine bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.59 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

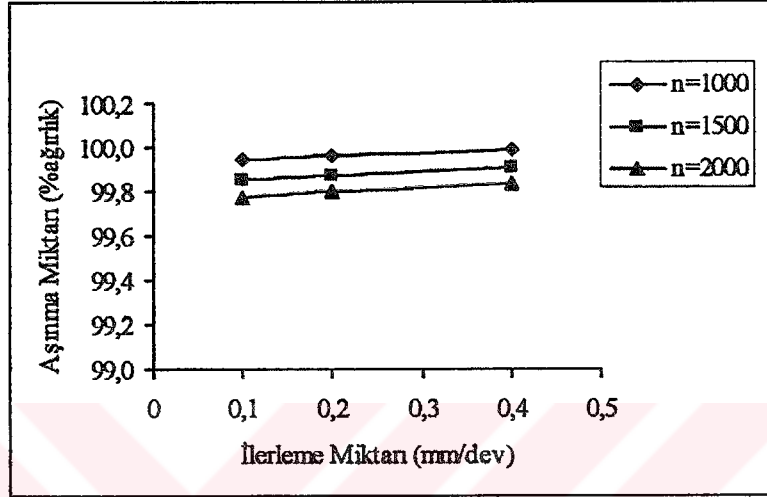
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,7950	0,1	99,7140	0,1	99,6160
0,2	99,8190	0,2	99,7300	0,2	99,6490
0,4	99,8590	0,4	99,7700	0,4	99,6970



Şekil 4.59 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.60 $a = 1$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

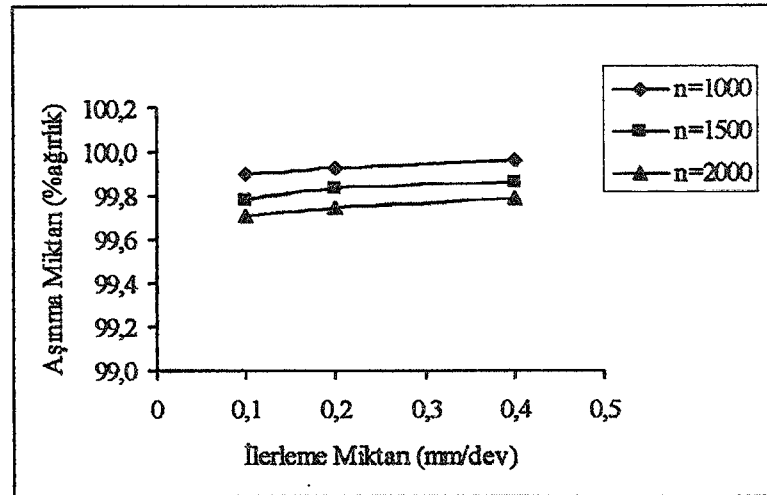
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,9490	0,1	99,8590	0,1	99,7700
0,2	99,9650	0,2	99,8760	0,2	99,8000
0,4	99,9946	0,4	99,9060	0,4	99,8350



Şekil 4.60 $a = 1$ mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.61 $a = 2$ mm talaş miktarında, ilerleme miktarına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

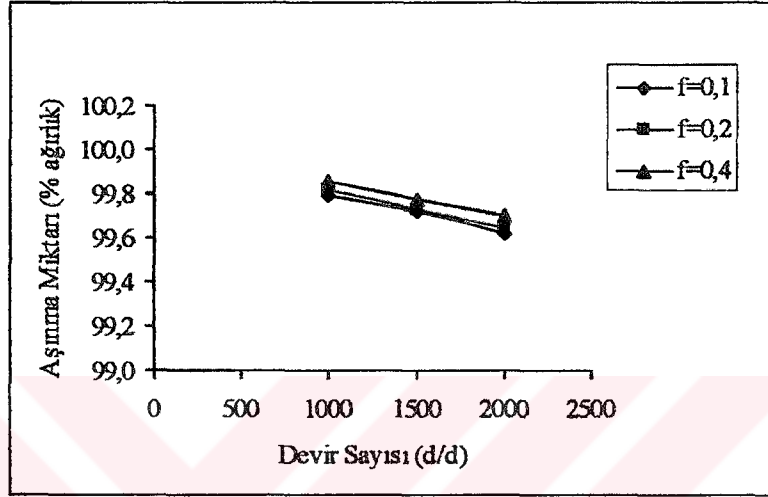
n = 1000 dev/dak		n = 1500 dev/dak		n = 2000 dev/dak	
İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)	İlerleme Mik. (mm/dev)	Aşınma (%)
0,1	99,9000	0,1	99,7780	0,1	99,7050
0,2	99,9240	0,2	99,8350	0,2	99,7460
0,4	99,9600	0,4	99,8680	0,4	99,7950



Şekil 4.61 $a = 2$ mm talaş derinliğinde ilerleme miktarına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.62 $a = 0,5$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

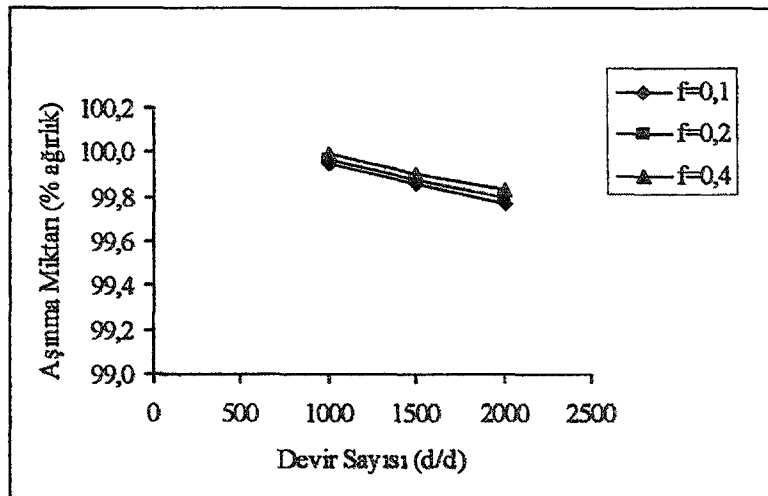
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,7950	1000	99,8190	1000	99,8590
1500	99,7140	1500	99,7300	1500	99,7700
2000	99,6160	2000	99,6490	2000	99,6970



Şekil 4.62 $a = 0,5$ mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.63 $a = 1$ mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

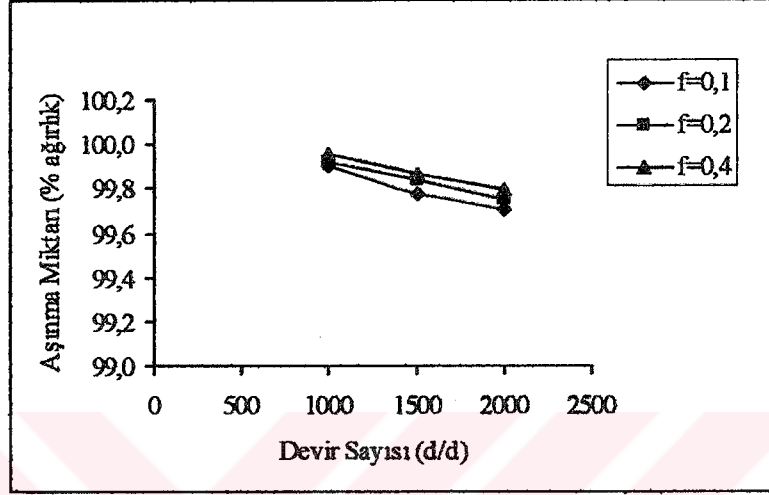
$f = 0,1$ mm/dev		$f = 0,2$ mm/dev		$f = 0,4$ mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,9490	1000	99,9650	1000	99,9946
1500	99,8590	1500	99,8760	1500	99,9060
2000	99,7700	2000	99,8000	2000	99,8350



Şekil 4.63 $a = 1$ mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.64 a = 2 mm talaş miktarında, devir sayısına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

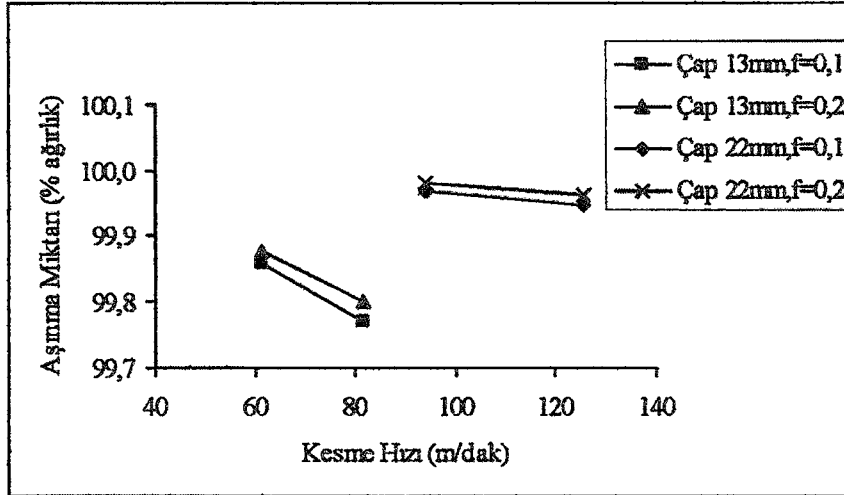
f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev		f = 0,4 mm/dev	
Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)	Devir Sayısı (d/d)	Aşınma (%)
1000	99,9000	1000	99,9240	1000	99,9600
1500	99,7780	1500	99,8350	1500	99,8680
2000	99,7050	2000	99,7460	2000	99,7950



Şekil 4.64 a = 2 mm talaş derinliğinde devir sayısına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.65 a = 1 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

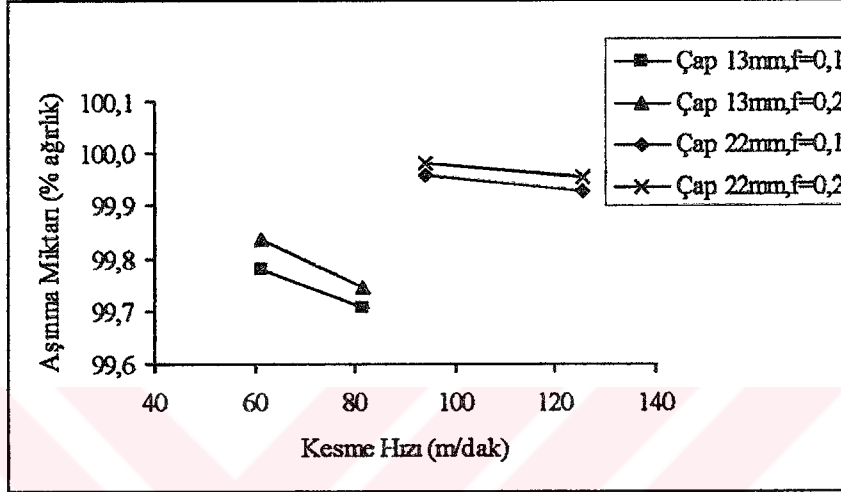
f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)	Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)
61,23	99,8590	61,23	99,8760
81,64	99,7700	81,64	99,8000
94,2	99,9680	94,2	99,9820
125,6	99,9460	125,6	99,9620



Şekil 4.65 a = 1 mm talaş derinliğinde kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi.

Tablo 4.66 a = 2 mm talaş miktarında, kesme hızına bağlı olarak ölçülen aşınma değerleri.

f = 0,1 mm/dev		f = 0,2 mm/dev	
Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)	Kesme Hızı (m/dak)	Aşınma (%)
61,23	99,7780	61,23	99,8350
81,64	99,7050	81,64	99,7460
94,2	99,9600	94,2	99,9800
125,6	99,9280	125,6	99,9550



Şekil 4.66 a = 2 mm talaş derinliğinde kesme hızına bağlı olarak aşınma değişimi.

Her iki kesici takımın aşınma değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemekle birlikte P10 takımının aşınma direncinin az da olsa P20 kesici takımınınkinden biraz yüksek olduğu söylenebilir. Bu farkın doğmasına başta mikroyapılarının farklı olması ve daha sonra spesifik ısıl kapasitelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. P10 takımının ısı depolama özelliğinin düşük olması takımda ısınmayı azalttığını bunun da aşınmayı azalttığı söylenebilir.

Deneyler sonucunda görüldü ki yüzey kalitesine ve kesici takımın aşınmasında takım – talaş – işparçası üçlüsü arayüzeyinde meydana gelen sıcaklık etkilidir.

Bütün bulgular neticesinde iyi bir yüzey kalitesi ve aşınma miktarı için östenitik 304 malzeme için düşük ilerleme miktarı ve talaş derinliği ile birlikte yüksek devir sayısının seçilmesi gerektiği görülmüştür.

5. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzeme 1000, 1500 ve 2000 dev/dak da; 0,1, 0,2 ve 0,4 mm/dev ilerleme miktarında; 0,5, 1 ve 2 mm talaş verilerek P10 ve P20 tip iki farklı takım kullanılarak 13mm ve 22 mm çapında deney numuneleri tornalandı. Buna göre aşağıdaki sonuçlar elde edildi.

1. Kesme deneyleri sonucunda en yüksek sıcaklık 326 °C olarak 22 mm çaplı paslanmaz çeliğin 2 mm talaş derinliği, 0,2 mm/dev ilerleme miktarı ve 2000 dev/dak' şartlarında işlenmesi esnasında ortaya çıktığı görülmüştür.
2. P20 takımına ait sıcaklık, yüzey pürüzlülüğü ve aşınma değerlerinin P10 takımındakilerden daha yüksek olduğu görülmüştür.
3. Yüzey pürüzlülüğü ve aşınma değerlerini en belirgin biçimde etkileyen faktörün takım – talaş arayüzündeki sıcaklık olduğu sonucuna varılmıştır.
4. Özellikle sıcaklık değerlerinin etkilenmesinde talaş miktarının etkisinin diğer parametrelerin etkilerinden daha fazla olduğu ortaya çıktığı görüldü.
5. Yüzey kalitesini en az etkileyen parametrenin devir sayısı olduğu görülmüştür.
6. Yüzey pürüzlülüğünün büyük çaplı numunede daha kötü olduğu görülmüştür.
7. İyi bir yüzey kalitesi için, talaş miktarı, ilerleme miktarı ve devir sayısı arasında iyi bir seçimin yapılması gerektiği görülmüştür.
8. Yapılan deneylerle belirlenen parametrelerin sıcaklık oluşumu, aşınma ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde ekonomik bir kesme sağladıkları görülmüştür.

Bu çalışmanın daha ilerisinde özellikle kesme boyu uzun tutularak ve ilerleme miktarı daha düşük değerlerde uygulanmasıyla sıcaklığın oluşumu daha detaylı incelenebilir. Oluşan bu sıcaklığın yüzeyde meydana getirdiği ısı etki araştırılabilir. Ayrıca yaygın kullanılan malzemeler ve takımlar ile daha ekonomik yöntemler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Aal, H.A., Et al, 1997, On the development of surface temperatures in precision single-point diamond abrasion of semiconductors, *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 1131-1140.
- Abu-Zahra, N.H. and Yu, G., 2000, Analytical model for tool wear monitoring in turning operations using ultrasound waves, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1619-1635.
- Akkurt, M., 1992, *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Ay, H. And Yang, W.-J., 1998, Heat transfer and life of metal cutting tools in turning, *Int. J. Heat Mass Transfer*, 613-623.
- Bodur, H. O., 1984, *Takım Tezgahları*. Birsen Kitabevi Yayınları, İstanbul.
- Chan, K.C., Et Al, 2001, A theoretical and experimental investigation of surface generation in diamond turning of an Al6061/SiC metal matrix composite, *International Journal of Mechanical Sciences*, 2047-2068.
- Chen, J.-S., 1997, Fast calibration and modeling of thermally-induced machine tool errors in real machining, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 159-169.
- Chen, W.-C., Et Al, 1997, Determination of temperature distributions on the rake face of cutting tools using a remote method, *Int. Comm. Heat Mass Transfer*, 161-170.
- Chungchoo, C. and Saini, D., 2002, A computer algorithm for flank and crater wear estimation in CNC turning operations, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1465-1477.
- Clancy, B.E. and Shin, Y.C., 2002, A comprehensive chatter prediction model for face turning operation including tool wear effect, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1035-1044.
- D'errico, G.E., 1997, A systems theory approach to modelling of cutting temperature with experimental identification, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 149-158.
- Davim, J.P. and Antonio, C.A.C., 2001, Optimisation of cutting conditions in machining of aluminium matrix composites using a numerical and experimental model, *Journal of Materials Processing Technology*, 78-82.
- Dewes, R.C., Et Al, 1999, Temperature measurement when high speed machining hardened mould/die steel, *Journal of Materials Processing Technology*, 293-301.
- Dhar, N.R., Et Al, 2002, The influence of cryogenic cooling on tool wear, dimensional accuracy and surface finish in turning AISI 1040 and E4340C steels, *Wear*, 932-942.

- Diniz, A.E. and Micaroni, R., 2002, Cutting conditions for finish turning process aiming: the use of dry cutting, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 899-904.
- Diniz, A.E., Et Al, 2003, Influence of refrigeration/lubrication condition on SAE 52100 hardened steel turning at several cutting speeds, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 317-326.
- Eraslan, M., 1994, Kesici takımında aşınmaya bağlı sıcaklık dağılımının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdoğan M., 2000, *Mühendislik Alışımalarının Yapı ve Özellikleri*. Nobel Yayın Dağıtım No: 105, Ankara, Cilt 1.
- Grzesik, W., 2003, Friction behaviour of heat isolating coatings in machining: mechanical, thermal and energy-based considerations, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 145-150.
- Hong, S.Y. and Ding, Y., 2001, Cooling approaches and cutting temperatures in cryogenic machining of Ti-6Al-4V, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1417-1437.
- Iuliano, L., Et Al, 1998, High-speed turning experiments on metal matrix composites, *Composites Part*, 1501-1509.
- Kıyak, M., 2000, Tek kesen ağızlı kesici takımlarla ortagonal talaş kaldırmada sıcaklığın talaş kırılmasına etkisinin incelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Komanduri, R. and Hou, Z.B., 2001, A review of the experimental techniques for the measurement of heat and temperatures generated in some manufacturing processes and tribology, *Tribology International*, 653-682.
- Meng, Q., Et Al, 2000, Calculation of optimum cutting conditions for turning operations using a machining theory, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 1709-1733
- Ng, E.-G. And Aspinwall, D.K., 2002, Modelling of hard part machining, *Journal of Materials Processing Technology*, 222-229.
- Ng, E.-G., Et Al, 1999, Modelling of temperature and forces when orthogonally machining hardened steel, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 885-903.
- O'Sullivan, D. and Cotterell, M., 2002, Machinability of austenitic stainless steel SS303, *Journal of Materials Processing Technology*, 153-159.
- Ozcatalbas, Y. and Ercan, F., 2003, The effects of heat treatment on the machinability of mild steels, *Journal of Materials Processing Technology*, 1-12.

- Özel, T. and Altan, T., 2000, Determination of workpiece flow stress and friction at the chip-tool contact for high-speed cutting, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 133-152.
- Özler, L., Et Al, 2001, Theoretical and experimental determination of tool life in hot machining of austenitic manganese steel, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 163-172.
- Rozzi, J.C., Et Al, 2000, Transient, three-dimensional heat transfer model for the laser assisted machining of silicon nitride: I. Comparison of predictions with measured surface temperature histories, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1409-1424.
- Silva, M.B. and Wallbank, J., 1999, Cutting temperature: prediction and measurement methods a review, *Journal of Materials Processing Technology*, 195-202.
- Sutter, G., Et Al, 2003, An experimental technique for the measurement of temperature fields for the orthogonal cutting in high speed machining, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 671-678.
- Şahin, Y., 2000, *Talaş Kaldırma Prensipleri*. Nobel Yayın Dağıtım No:196, Ankara, Cilt 1.
- Şahin, Y., 2001, *Talaş Kaldırma Prensipleri*. Nobel Yayın Dağıtım No: 240, Ankara, Cilt 2.
- Takacs, M., Et Al, 2003, Micromilling of metallic materials, *Journal of Materials Processing Technology*, 1-4.
- Tekin, A., 1981, *Çeliklerin Metalürjik Dizaynı*. Doyuran Matbaası, İstanbul
- Vick, B., Et Al, 2000, Theoretical surface temperatures generated from sliding contact of pure metallic elements, *Tribology International*, 265-271.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Elazığ'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Elazığ'da tamamladım. 1997 – 1998 eğitim öğretim yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği Bölümünde lisans eğitimime başladım. 2000 – 2001 eğitim öğretim yılında lisans eğitimimi başarıyla tamamladım. 2001 – 2002 eğitim sezonunun bahar döneminde Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimime başladım.



P10 Takım Kullanılan Numunelerin Parametreleri (çap 13mm)			
Deney No	Talaş Miktarı(mm)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Devir Sayısı (d/d)
A1	0,5	0,1	1000
A2	0,5	0,1	1500
A3	0,5	0,1	2000
A4	0,5	0,2	1000
A5	0,5	0,2	1500
A6	0,5	0,2	2000
A7	0,5	0,4	1000
A8	0,5	0,4	1500
A9	0,5	0,4	2000
A10	1	0,1	1000
A11	1	0,1	1500
A12	1	0,1	2000
A13	1	0,2	1000
A14	1	0,2	1500
A15	1	0,2	2000
A16	1	0,4	1000
A17	1	0,4	1500
A18	1	0,4	2000
A19	2	0,1	1000
A20	2	0,1	1500
A21	2	0,1	2000
A22	2	0,2	1000
A23	2	0,2	1500
A24	2	0,2	2000
A25	2	0,4	1000
A26	2	0,4	1500
A27	2	0,4	2000

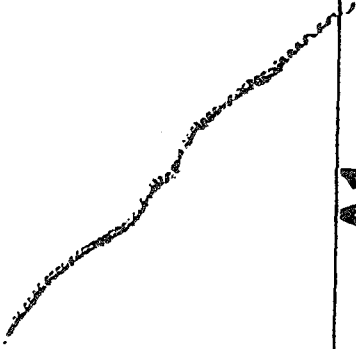
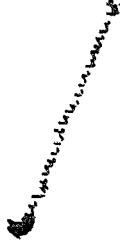
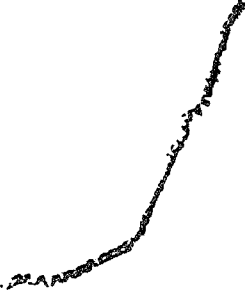
P20 Takım Kullanılan Numunelerin Parametreleri (çap 13mm)			
Deney No	Talaş Miktarı(mm)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Devir Sayısı (d/d)
B1	0,5	0,1	1000
B2	0,5	0,1	1500
B3	0,5	0,1	2000
B4	0,5	0,2	1000
B5	0,5	0,2	1500
B6	0,5	0,2	2000
B7	0,5	0,4	1000
B8	0,5	0,4	1500
B9	0,5	0,4	2000
B10	1	0,1	1000
B11	1	0,1	1500
B12	1	0,1	2000
B13	1	0,2	1000
B14	1	0,2	1500
B15	1	0,2	2000
B16	1	0,4	1000
B17	1	0,4	1500
B18	1	0,4	2000
B19	2	0,1	1000
B20	2	0,1	1500
B21	2	0,1	2000
B22	2	0,2	1000
B23	2	0,2	1500
B24	2	0,2	2000
B25	2	0,4	1000
B26	2	0,4	1500
B27	2	0,4	2000

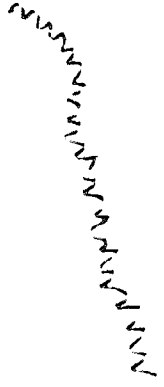
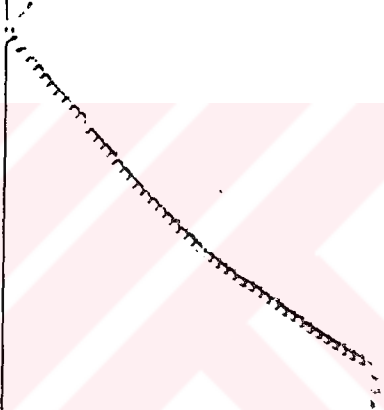
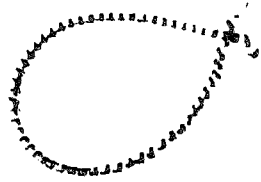
P10 Takım Kullanılan Numunelerin Parametreleri (çap 22mm)			
Deney No	Talaş Miktarı(mm)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Devir Sayısı (d/d)
D1	1	0,1	1500
D2	1	0,1	2000
D3	1	0,2	1500
D4	1	0,2	2000
D5	2	0,1	1500
D6	2	0,1	2000
D7	2	0,2	1500
D8	2	0,2	2000

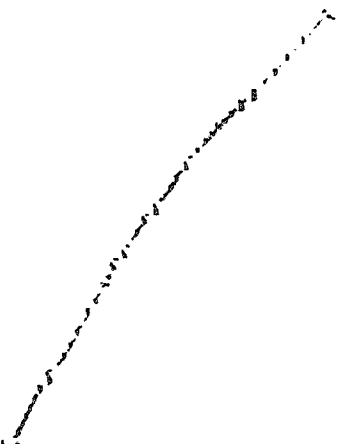
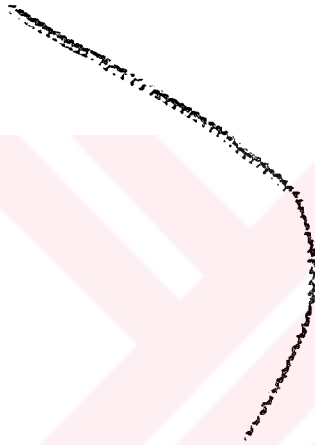
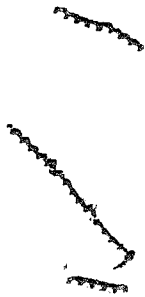
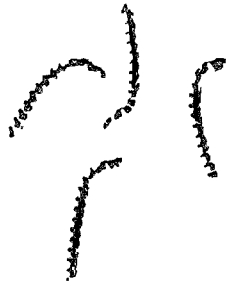
P20 Takım Kullanılan Numunelerin Parametreleri (çap 22mm)			
Deney No	Talaş Miktarı(mm)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Devir Sayısı (d/d)
D9	1	0,1	1500
D10	1	0,1	2000
D11	1	0,2	1500
D12	1	0,2	2000
D13	2	0,1	1500
D14	2	0,1	2000
D15	2	0,2	1500
D16	2	0,2	2000

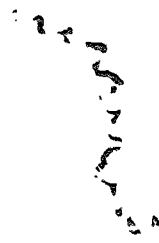
EK4

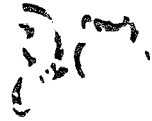
Ek 1'deki parametreler kullanılarak işlenen numunelerin talaş resimleri

	A1		A3
	A2		A5
	A4		A6

		
A7	A8	A9
		
A10	A11	A12

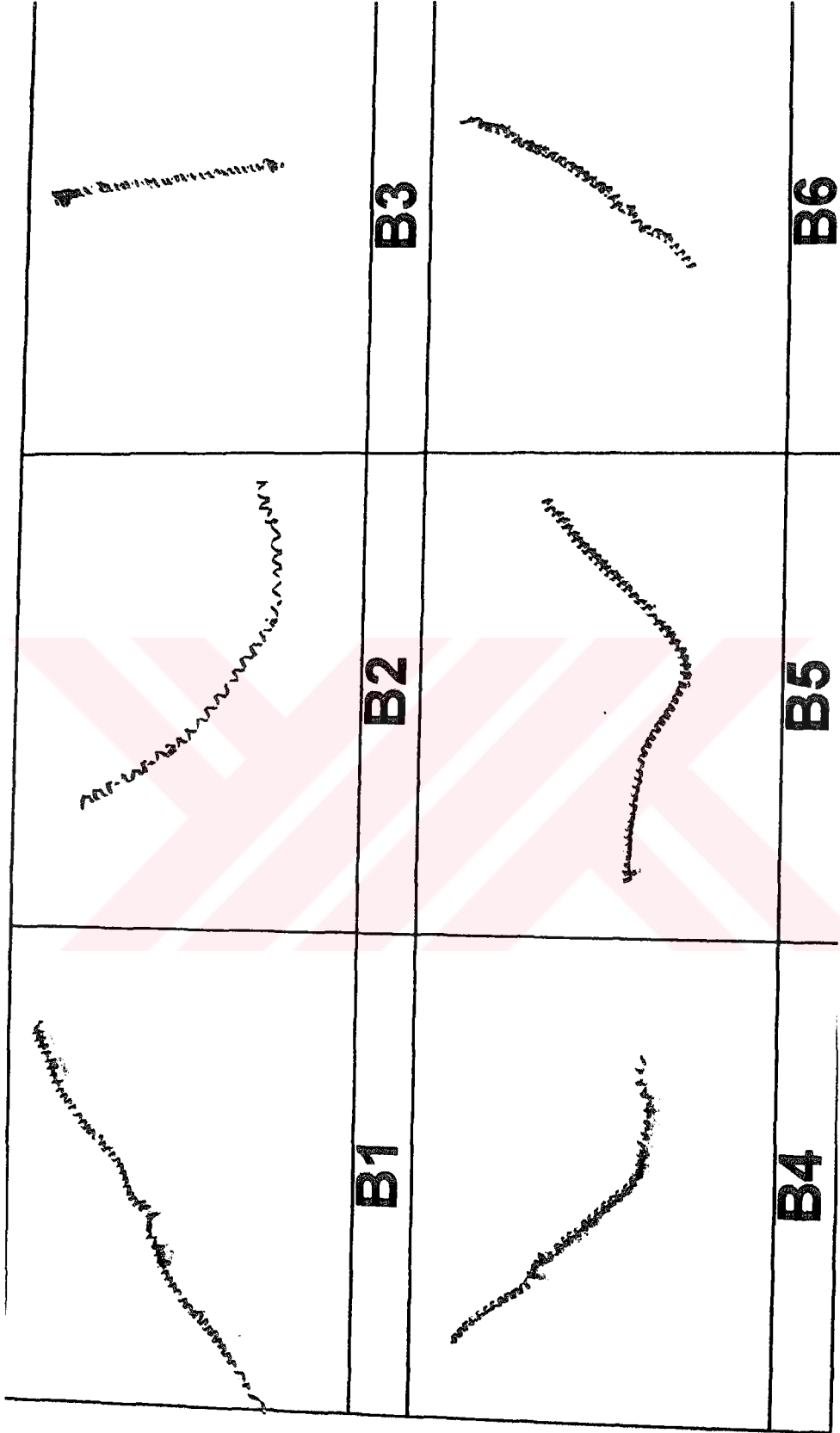
		
A13	A14	A15
		
A16	A17	A18

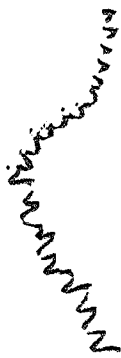
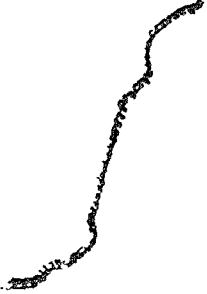
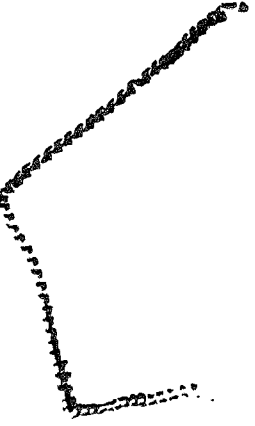
	A19		
			A22
			A23
	A20		A24
			A21
			

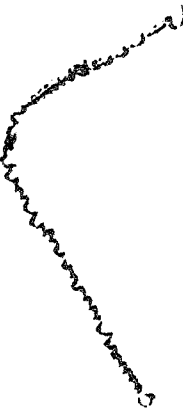
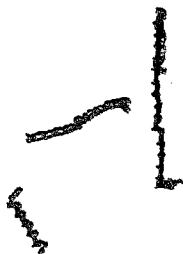
 		 
A25	A26	A27

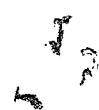
EK5

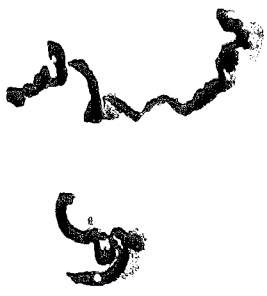
Ek 2'deki parametreler kullanılarak işlenen numunelerin talaş resimleri



		
B7	B8	B9
		
B10	B11	B12

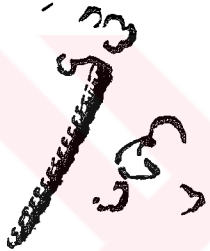
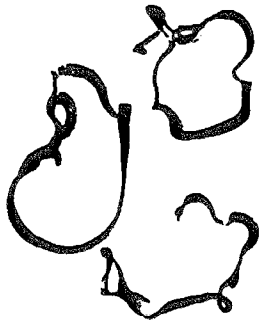
		
B13	B14	B15
		
B16	B17	B18

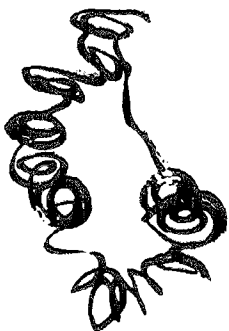
	B19		
	B20		
 	B21	 	B24
			B23

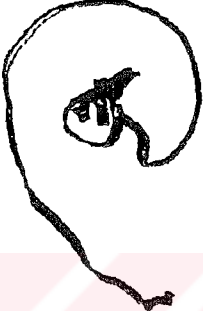
		
B25	B26	B27

EK6

Ek 3'deki parametreler kullanılarak işlenen numunelerin talaş resimleri

		
D1	D2	D3
		
D4	D5	D6

		 	
D7		D8	D9
 		 	
D10		D11	D12

	
D13	D14
	
D15	D16