



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLK AŞINMA BÖLGESİNDE TAKIM AŞINMASINI  
ETKİLEYEN PARAMETRELERİN DENEYSEL ANALİZİ

Kadir ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof.Dr. M. Cemal ÇAKIR  
(Danışman)

BURSA-2008



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İLK AŞINMA BÖLGESİNDE TAKIM AŞINMASINI  
ETKİLEYEN PARAMETRELERİN DENEYSEL ANALİZİ

Kadir ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .... / ..... / 200... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Cemal ÇAKIR

Danışman

.....

.....

## ÖZET

Takım ömrü kesici takım seçiminde ve kesme koşullarının seçiminde en önemli faktörlerden biridir. Takım aşınması maliyetleri ve işleme kalitesini önemli derecede etkiler. Bu nedenlerden dolayı takım ömrü kesici takım performansı ve işlenebilirlik açısından en önemli kriterlerden biridir. Takım ömrünü anlayabilmek için takım aşınma mekanizmasının iyi şekilde anlaşılmasına ihtiyaç vardır. Genellikle, takım ömrü aşınma, plastik deformasyon ve kırılma sonucunda biter.

Bu çalışmanın amacı başlangıç aşınması mekanizmasının kesici takımlar üzerindeki etkisini incelemektir. Kesme derinliği, kesme hızı, ilerleme hızı ve farklı yanaşma açılarının başlangıç aşınması üzerindeki etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Takım aşınması, başlangıç aşınması, kesici takımlar, takım ömrü

**ABSTRACT**

Tool life is often the most important practical consideration in selecting cutting tools and cutting conditions. Tool wear and fracture rates directly influence tooling costs and part quality. For these reasons tool life is the most common criterion used to rate cutting tool performance and the machinability of materials. An understanding of tool life requires an understanding of the ways in which tools fail. Broadly, tool failure may result from wear, plastic deformation, or fracture. Cutting edges experience much higher normal and shear stresses than almost any other type of bearing surface and, at high cutting speeds, high temperature are also generated.

The main goal of this thesis is to study the influence of initial tool wear mechanisms on the cutting tools. The effects of several cutting parameters, such as cutting depth, cutting velocity feed rate and yaklaşma açısı ,on the results are analyzed.

**Key Words :** Tool wear, initial wear, cutting tools, tool life

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
TABLolar.....	vii
ŞEKİLLER.....	vii
SİMGELER.....	ix
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>2</b>
<b>3.TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ.....</b>	<b>5</b>
3.1.Giriş .....	7
3.2.Talaş Oluşumu .....	10
3.3.Takım – Talaş Ara Yüzeyi.....	11
3.4. Talaş Kaldırma İşleminde Sıcaklığın Etkisi.....	13
3.5. Takım Ömrü.....	15
3.5. 1. Farklı Parametrelere Bağlı Takım Ömrü Denklemleri.....	15
3.5.1.1. Takım ömrünü tamamlayana dek geçen süreye bağlı Takım Ömrü.....	15
3.5.1.2. Takım ömrünün tamamlayana dek işlenen parça sayısına bağlı Takım Ömrü.....	16
3.5.1.2. Takım Ömrünün tamamlayana dek İş Parçasından Kaldırılan Talaş Hacmine Bağlı Takım Ömrü.....	17
3.5. Takım Aşınma Mekanizması.....	18
3.5.1. Aaşınma mekanizmaları.....	19
3.5.1.1. Abrziv Aaşınma.....	19
3.5.1.2. Difüzyon Aaşınması.....	19
3.5.1.3. Oksidasyon Aaşınması.....	19
3.5.1.4. Yorulma Aaşınması.....	20
3.5.1.5. Adeziv Aaşınma.....	20

3.5.2. Belli başlı aşınma tipleri .....	21
3.5.2.1. Serbest yüzey aşınması.....	22
3.5.2.2. Krater aşınması.....	23
3.5.2.3. Çentik aşınması.....	25
3.5.2.4. Burun yarı çapı aşınması.....	25
3.5.2.5. Isıl ve mekanik çatlaklar.....	26
3.5.2.6. Yığıma kenar oluşumu.....	26
3.5.2.7. Plastik deformasyon.....	27
3.5.2.8. Kenardan parçacık kopması.....	27
3.5.2.9. Talaş darbesi.....	28
3.5.2.10. Takım kırılması.....	28
3.6. Aşınmanın Ölçülmesi ve Aşınma Verilerinin Değerlendirilmesi.....	29
3.7. Takım Malzemeleri ve Genel Özellikleri.....	30
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>32</b>
4.1. Ostemperlenmiş Dökme Demirler İçin İlk Aşınma Bölgesinin İncelenmesi.....	32
4.1.2. Kesici takım tipi ve malzemesi.....	32
4.1.3. Tezgah özellikleri.....	33
4.1.4. İş parçası özellikleri.....	33
4.1.5. Mikroskopla Takım Aşınmasının Ölçülmesi.....	34
4.1.6. Kesme parametreleri.....	36
4.1.7. Başlangıç aşınmasının ilerleme hızına göre değişimi.....	38
4.1.8. İlerlemenin etkisi.....	39
4.1.9. Kesme hızının etkisi.....	42
4.1.10. Talaş derinliğinin etkisi.....	43
4.1.11. Yanaşma açısının etkisi.....	47
4.2. 9SMnPb36 Otomat Çeliği İçin İlk Aşınma Bölgesinin İncelenmesi.....	51
4.2.1. Kesici takım tipi ve malzemesi.....	51
4.2.2. İş parçası özellikleri.....	52
4.2.3. Kesme parametreleri.....	53
4.2.4. İlerlemenin etkisi.....	54

4.2.5. Kesme hızının etkisi.....	56
4.2.6. 9SMnPb36 otomat çeliği için aşınma değişimlerinin yorumlanması.....	58
4.3. 11SnMn30+Bi ve 11SnMnPb36 Otomat Çeliklerinin İlk Aşınma Bölgesinin Karşılaştırılması.....	59
<b>SONUÇLAR.....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>68</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>

**SİMGELER DİZİNİ**

a	Talaş derinliği
f	İlerleme
V <sub>c</sub>	Kesme hızı
VB	Serbest yüzey aşınması
$\kappa, k$	Yanaşma açısı
$\tau$	Sürtünme kayma gerilmesi
$\sigma$	Yüzeydeki normal gerilme
$\mu$	Yüzeydeki sürtünme katsayısı
KB	Krater genişliğinin takım ucuna olan maksimum mesafesi
KF	Krater genişliğinin takım ucuna olan minimum mesafesi
KM	Krater merkezinin takım ucuna olan mesafesi
T	Kesme zamanı
M	Mutlak kesme zamanına bağlı takım ömrü
Q	İşlenen parça sayısına bağlı takım ömrü
l	Parça işleme uzunluğu



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kesme hızı ve ilerleme hızına göre serbest yüzey aşınması değişimi.....	3
Şekil 3.1. Talaş kaldırma işleminde takım ve iş parçası .....	6
Şekil 3.2. Kesici takım deformasyon bölgeleri.....	7
Şekil 3.3. Dört temel talaş oluşumu a) kesintili, b) sürekli, c) yığılma kenar, d) lamelli tip.....	8
Şekil 3.4. Kesici takım iş parçasını kesmeye başladığı an.....	9
Şekil 3.5. Maksimum gerilmelerin oluştuğu bölgeler.....	9
Şekil 3.6. Düşük temas basıncındaki temas yüzeyi.....	10
Şekil 3.7. Takım talaş temas yüzeyinde ki normal ve teğetsel gerilmelerin dağılımı....	11
Şekil 3.8. AISI 1045 çeliğinin ortogonal kesme işleminde hesaplanan gerilmeler.....	13
Şekil 3.9. Dik (Ortogonal) kesmede ısı oluşumu.....	14
Şekil 3.10. Farklı parametrelere bağlı olarak takım ömrünün logaritmik ifadeleri.....	17
Şekil 3.11. Aşınma mekanizmalarının takım üzerinde gösterilmesi.....	20
Şekil 3.12. Aşınma mekanizmaları.....	21
Şekil 3.13. Belli başlı aşınma tipleri.....	22
Şekil 3.14. Serbest yüzey Aşınması.....	23
Şekil 3.15. Krater aşınması parametreleri.....	24
Şekil 3.16. Krater yüzeyinde krater aşınmasının hesaplanması.....	24
Şekil 3.17. Çentik aşınması.....	25
Şekil 3.18 a) Isıl Çatlaklar, b) Mekanik Çatlaklar.....	26
Şekil 3.19. Yığılma kenar oluşumu.....	26
Şekil 3.20. Plastik deformasyon.....	27
Şekil 3.21. Kesici Kenardan Parçacık Kopması.....	27
Şekil 3.22. Takım Kırılması.....	28
Şekil 3.23. Takım üzerinde ölçülen aşınma mesafeleri.....	29
Şekil 3.24. İdeal takım malzemesi.....	29
Şekil 4.1. Kesici takım.....	32
Şekil 4.2. a) Takım tutucu ( MTJNR 2020K – 16W ), b) Takım tutucu ( MTENN 2020K – 16W).....	32
Şekil 4.3. Torna tezgahı.....	33
Şekil 4.4. Sertlik Ölçüm Cihazı Ve Mikroskobu.....	34
Şekil 4.5. Aşınmanın ölçümü.....	35

Şekil 4.6. Aşınma Ölçümü.....	36
Şekil 4.7. Serbest yüzey aşınması.....	38
Şekil 4.8. $V_c = 200$ m/dak ve $\kappa = 93^\circ$ ve için aşınma değişimi .....	39
Şekil 4.9. $V_c = 200$ m/dak ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınma değişimi .....	40
Şekil 4.10. $V_c = 270$ m/dak ve $\kappa = 93^\circ$ için aşınma değişimi .....	41
Şekil 4.11. $V_c = 270$ m/dak ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınma değişimi .....	41
Şekil 4.12. $f = 0,14$ mm/dev ve $\kappa = 93^\circ$ için aşınma değişimi .....	42
Şekil 4.13. $f = 0,14$ mm/dev ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınma değişimi .....	42
Şekil 4.14. $f = 0,14$ mm/dev ve $\kappa = 93^\circ$ için aşınmadaki değişim.....	43
Şekil 4.15. $f = 0,14$ mm/dev ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınmadaki değişim.....	44
Şekil 4.16. $f = 0,18$ mm/dev ve $\kappa = 93^\circ$ için aşınmadaki değişim.....	45
Şekil 4.17. $f = 0,18$ mm/dev ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınmadaki değişim .....	45
Şekil 4.18. $f = 0,22$ mm/dev ve $\kappa = 93^\circ$ için aşınmadaki değişim.....	46
Şekil 4.19. $f = 0,22$ mm/dev ve $\kappa = 60^\circ$ için aşınmadaki değişim.....	47
Şekil 4.20. $V_c = 200$ m/dak ve $a = 1$ mm için aşınmadaki değişim .....	47
Şekil 4.21. $V_c = 270$ m/dak ve $a = 1.5$ mm için aşınmadaki değişim.....	48
Şekil 4.22. $0,14$ mm/dev ilerleme, a) $\kappa = 60^\circ$ , b) $\kappa = 93^\circ$ için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim.....	49
Şekil 4.23. $0,18$ mm/dev ilerleme, a) $\kappa = 60^\circ$ , b) $\kappa = 93^\circ$ için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim.....	49
Şekil 4.24. Kesici takım.....	51
Şekil 4.25. Kater ve katere ait bilgiler.....	52
Şekil 4.26. $V_c = 200$ m/dak için aşınma değişimi.....	54
Şekil 4.27. $V_c = 270$ m/dak için aşınma değişimi.....	55
Şekil 4.28. $V_c = 340$ m/dak için aşınma değişimi.....	56
Şekil 4.29. $a = 1$ mm için aşınmada ki değişim.....	56
Şekil 4.30. $a = 2$ mm için aşınmada ki değişim.....	57
Şekil 4.31. Talaş derinliği $2$ mm için kesme hızı arttıkça aşınmadaki değişim.....	58
Şekil 4.32. Talaş derinliği $2$ mm için ilerlemedeki değişim ile aşınmadaki değişim....	58
Şekil 4.33. Talaş derinliği $1,5$ mm için paso arttıkça aşınmadaki değişim.....	59
Şekil 4.34. Bizmutlu ve Kurşunlu otomat çeliklerinin ilk aşınma bölgesi.....	59
Şekil 4.35. Takım aşınmasının işleme miktarı ile değişimi.....	60

**TABLolar DİZİNİ**

Tablo 3.1. Takım malzemelerinin özellikleri.....	30
Tablo 3.2. Farklı tipteki kesici takımlarda ve işlemlerde önerilen aşınma miktarları....	31
Tablo 4.1. Kesme Parametreleri.....	37
Tablo 4.2. DeneYlerde elde edilen başlangıç aşınması değerleri.....	37
Tablo. 4.3 Kesici takıma ait ölçüler.....	51
Tablo 4.4 Iscar PWLNR 2020–06 kater ölçüleri.....	51
Tablo 4.5 DeneYlerde elde edilen başlangıç aşınması değerleri.....	53

## 1.GİRİŞ

Kesici takımlar ile talaş kaldırma işleminde kesici takım aşınmasına bağlı olan kesici takım ömrü, kesme işleminin kalitesi ve doğruluğu, işleme zamanı dolayısıyla kesme işleminin verimliliği açısından çok önemlidir. Kesici takım ömrüne takım geometrisi, takım cinsi, malzeme cinsi, talaş derinliği, ilerleme hızı ve kesme hızı gibi birçok parametre etki eder. Kesici takım aşınması kesme işleminin verimliliğine olan etkisinden dolayı göz önüne alınması gereken en önemli kriterlerden bir tanesidir.

Kesme işlemi sırasında, kesici takım ile parça yüzeyi arasında ki temas yüzeyinde kesici takım yüksek kesme kuvvetleri, yüksek sıcaklık gibi birçok zorlayıcı faktörün etkisine maruz kalır.

Günümüzde takım aşınması ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır ve bu çalışmalarda genellikle aşınmanın kesici uç ve malzemenin ilk 10 saniyelik temas süresince önemli bir artış gösterdiği ve kesici takımın bu süre boyunca ömrünü üçte birini tamamladığı gözlenmiştir. Bu çalışmada ilk aşınma bölgesinin malzeme cinsine, takım geometrisine, talaş derinliğine, kesme hızına ve ilerlemeye bağlı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

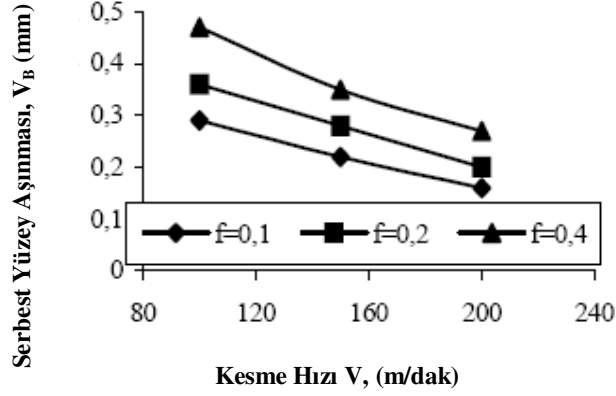
## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Takım ömrü dolayısıyla bunun direk bağı olduğu takım aşınması üretim prosesini önemli derecede etkilemektedir. Takım aşınmasını en aza indirmek için uygulamada soğutma sıvısı kullanımı, takım geometrisinin doğru seçilmesi, kesme parametrelerinin doğru seçilmesi gerekir. Kesme parametrelerinin ve işleme koşulların doğru seçilmesi takım ömrünü arttıracığından işleme verimliliğini de artırır.

Bu güne kadar takım aşınması konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Malzeme cinsine bağlı, malzemenin içerisinde ki katkı maddelerini değiştirerek, takım cinsine ve geometrisine bağlı, titreşime bağlı, kesme parametrelerine ve işleme esnasında soğutma sıvısı kullanımına bağlı olan çeşitli çalışmalar mevcuttur.

Çiftçi (2004), AISI304 çeliğinin kaplanmış sementit karbür kesici uçla işlenmesi ile ilgili bir çalışmada bulunmuştur. Bu çalışmada artan kesme hızı ile belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti azaldığı ancak bunda belirli değerden sonra artış olduğu görülmüştür. Tarama elektron mikroskobu incelendikten sonra aşınmanın kesici takım üzerinde genellikle üç bölgede küçük kırılmalar şeklinde (chipping) olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; kesici takım işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge, kesici takım yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve burun bölgesidir. Gerçekleşen aşınmaların kesici takım üzerinde oluşan yığıntı talaş ile ilişkili olduğu tahmin edilmiştir ve aşınmanın 180 m/dak'ya kadar artan kesme hızıyla azalmıştır.

Özbek ve diğ. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, AISI304 ostenitik çeliğinin WC ISO P10 sementit karbür kesici takımla tormalanması ile ilgili çalışmada; kesme hızının artmasıyla serbest yüzey aşınmasının düştüğü görülmüştür (şekil 2.1). AISI304 çeliğinin düşük ısı iletiminden dolayı malzemenin sıcaklığı hızlı olarak iletmediği tespit edilmiştir. Bu yüzden düşük kesme hızlarında; takım performansının kötü olduğu ve takım aşınması yüksek kesme hızları ile karşılaştırıldığında talaş yüzeyinden daha yavaş aktığı gözlenmiştir. Aynı zamanda serbest yüzey aşınmasının 210m/dak kesme hızında arttığı gözlenmiştir. Bu nedenle AISI304 çeliklerini işlerken kesme hızının 200m/dak'ı geçmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 2.1. Kesme hızı ve ilerleme hızına göre serbest yüzey aşınması değişimi

Endres, J.W. and Kountanya, R.K. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, kenar yarı çapı ve burun yarı çapının kesici takım talaş yüzeyinin aşınmasına etkileri araştırılmıştır. Çalışmalarda iş parçası olarak AISI 1040 çeliği kullanılmıştır. Kesici takım ise 5-10  $\mu\text{m}$  kenar yarı çaplı ve 0.2, 0.8, 1.2, 1.6 mm burun yarı çaplı kesici takım kullanılmıştır. Sonuç olarak yüksek ilerlemelerde aşınmanın burun yarı çapının artması ile arttığı gözlenmiştir.

Soderberg, S. and Hogmark, S., (1986) yüksek hız çeliklerinde görülen aşınma mekanizmalarını incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmalar sonucunda; HSS takımlarda abrazyon, aşırı abrazyon, adheziv aşınma, kenar çentikleme ve sürekli aşınma olmak üzere 5 çeşit aşınma mekanizması oluştuğunu belirtmişler ve bu aşınma mekanizmalarının oluşma şartlarını tanımlamışlardır.

Dolinsek ve diğ (2001), yüksek kesme hızları için kullanılan takımlarla yapılan talaş kaldırma sırasında oluşan mekanizmalar ve bu mekanizmaların ana aşınma mekanizmalarıyla (adhezyon, abrazyon ve difüzyon) olan ilişkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda iş parçasının homojen olmaması ve sert parçacıklar içermesi ayrıca oksidasyon sonucu oluşan sert parçacıkların abrazyon aşınmasını arttırdığını, takımın serbest yüzeyinde ve talaş yüzeyinde meydana gelen adheziv aşınmanın önemli bir aşınma meydana getirdiğini, takımındaki koruyucu kaplamanın yüksek sıcaklık ve darbeli yüklerle parçalanabildiğini ve bunun sonucunda çok şiddetli aşınmalar oluştuğunu göstermişlerdir.

Sarhan ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmada aşınma değişiminin kesme kuvvetleri büyüklüğü üzerindeki etkisini inceleyen bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu çalışma da aynı zamanda aksel kesme derinliğinin, kesme ağız başına ilerlemenin, is parçasının özgül kesme basıncının ve anlık dönme açısının bir fonksiyonu olarak kesme kuvvetini esas alan bir bilgisayar simülasyonu da yapılmıştır.

Ucun ve diğ. (2007) östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin (ÖKGDD) sinterlenmiş karbür kesici takımlar ile işlenmesinde takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerini deneysel olarak incelenmişlerdir. Dökme demir numuneleri ilk olarak tuz banyosunda 900°C de 60 dakika süreyle östenitlemeye tabi tutulmuş ve sonra 250°C ve 325°C'lerde 60 dakika süre ile östemperleme işlemi yapılmıştır. Kesme kuvvetleri üç boyutlu Kistler dinamometresi ile ölçülmüştür. Tornalama testi, sabit ilerleme, kesme derinliği ve 75 ile 250 m/dk arasında değişen kesme hızlarında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, düşük östemperleme sıcaklıklarının kesme kuvvetlerinin artmasına neden olurken, daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildiğini göstermiştir. Takımda genellikle yan yüzey yatak aşınması meydana gelmiştir. Azalan östemperleme sıcaklığı ile takım ömrü azalmış ve ayrıca azalan östemperleme sıcaklığı da takım aşınmasının artmasına neden olmuştur.

Li ve diğ. (1999), tarafından yapılan bir çalışmada iş parçası olarak 1050 çeliği ve kesici takım olarak tungsten karbür kesici takım kullanılmıştır. Bu çalışmada Kannatey' in modeli kullanılmıştır. Li ve arkadaşları bu modeli modifiye ederek takım-talaş ara yüzeyinde ısı transferinide hesaba katmışlardır. Daha sonra bu model ile takım talaş yüzeyindeki aşınmalar elde edilmiştir.

### 3.TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ

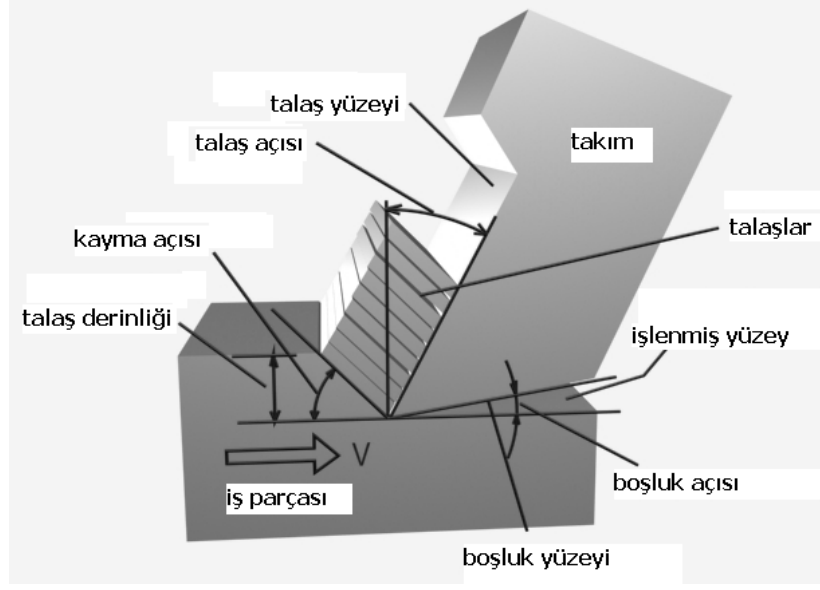
#### 3.1. Giriş

Talaş kaldırma, bir iş parçasından, istenmeyen malzemeyi genellikle talaş şeklinde kaldırmak için yapılan üretim işlemlerini tanımlar. Bu işlem; döküm, dövme ve önşekillendirilmiş metal bloklarını, tasarım isteklerinin ölçü ve yüzey kalite isteklerini karşılayacak yönde istenilen biçime getirmek için kullanılır.

Talaş kaldırma işleminin anlaşılabilmesi için farklı tipteki malzemelerin talaşlı olarak işlenebilme özellikleri anlaşılmalıdır. İşlemin kalitesinde büyük bir rol oynadığı için deformasyon, sıcaklık ve kesme kuvvetlerinin seçimi önemlidir. Eğer sıcaklık yüksekse kesici takım malzemesini, kesme kuvvetleri kesme işlemi için gerekli olan güç ve mukavemeti etkiler. Kesme kenarının seçimi ise işleme sırasında oluşan sıcaklık, kesme kuvveti ve talaş oluşumunu kontrol etmek demektir. Kesme işleminde kesici takım iş parçasını deforme eder ve talaşın iş parçasından ayrılmasını sağlar. Talaş oluşumu esnasında yüksek gerilmeler oluşur ve bu yüksek gerilmeler malzemenin akma sınırına ulaştığı zaman elastik şekil değişimi plastik şekil değişimine dönüşür. Talaşlar parça malzemesine bağlı olarak farklı şekillerde olabilirler.

Deforme olmuş ve olmamış metal arasında kalan yani takım ve iş parçası arasında kalan düzlem kayma düzlemi olarak adlandırılır ve bu düzlemle iş parçası arasındaki açıya kayma açısı denir ( Şekil 3.1 ) . Talaş oluşumu deforme olmamış talaş kalınlığına, talaş yüzeyi ile iş parçası düzlemi arasındaki talaş açısına ve iş parçasının mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu faktörler aynı zamanda kayma açısını ve kesme kuvvetlerini etkiler. Böylece kayma düzleminde istenen kesme hareketi meydana gelir.

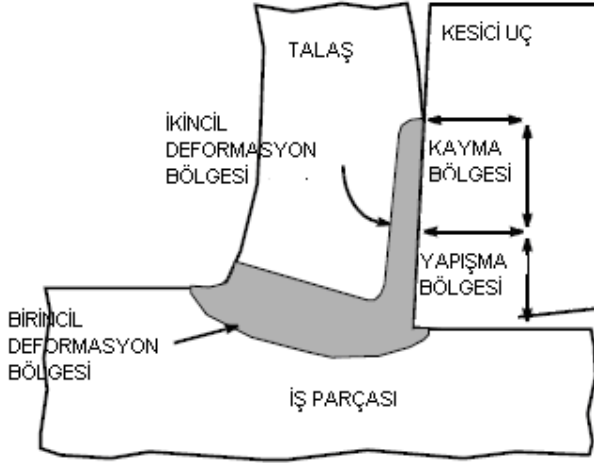




Şekil 3.1. Talaş kaldırma işleminde takım ve iş parçası

Takım ve iş parçası malzemesinin kesiştiği yerde şiddetli zorlama ve yüksek sıcaklık vardır. Talaşın ilerlemesi ve iş parçasının dönmesi (verilen enerji sayesinde) sonucu ısı ortaya çıkar. Kesme işlemine verilen daha fazla enerji, daha fazla ısı çıkışı anlamına gelir. Dolayısıyla kesme işlemi sırasında büyük kuvvetler ve yüksek sıcaklıklar ortaya çıkar.

Talaşlar, takımın biraz ilerisinden kaldırılır. Bu alan birincil deformasyon bölgesi olarak adlandırılır. Burası plastik deformasyon için yeterli kuvvet ve basıncın olduğu yerdir. Birde talaşın yüzeyi boyunca, ikincil deformasyon bölgesi mevcuttur. Burası da talaşın takım yüzeyinden kaydığı bölgedir (şekil 3.2). İkincil kesme bölgesi kayma bölgesi ve yapışma bölgesi olarak kendi içinde iki bölgeye ayrılır ( Zorev, 1966). Yapışma bölgesinde talaş takımla birlikte hareket eder ve talaş içerisinde kayma oluşmaya başlar. Burada sürtünme kuvvetleri yüksektir ve bundan dolayı sıcaklık artışı görülür. En yüksek sıcaklıklar ise kayma bölgesinde görülür.



Şekil 3.2. Kesici takım deformasyon bölgeleri

KAYNAK: Kalhori, V. (2001) Modelling and Simulation of Mechanical Cutting, Lulea University of Thecnology, Doctoral thesis. Lulea, Sweden, s.6

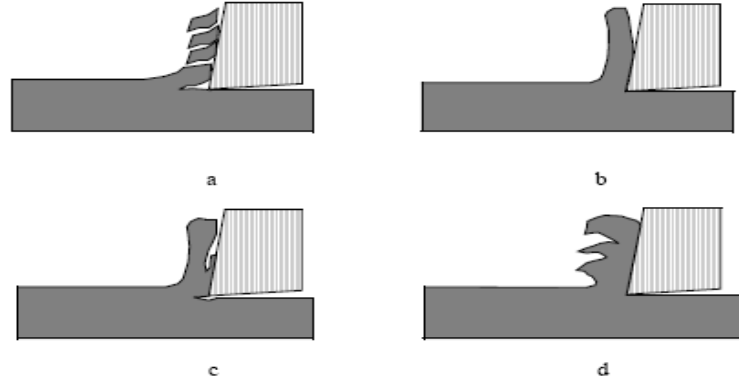
Talaş kaldırma işleminde çok sayıda plastik deformasyon meydana gelir. Kesme işlemi için gerekli enerjinin çoğu kayma düzlemi çevresinde yoğunlaşır. Metal kesici kenara yüklendiği zaman istenen kayma gerilmesi meydana gelir ve bu gerilme talaşın kesici takım yüzeyi boyunca akmasına izin verir. Metalin kayma düzlemi boyunca gösterdiği plastik davranış takım ve kesilen yüzeyin sertleşmesinde etkili olması bakımından önemlidir. Deformasyon miktarı büyük ölçüde takımın talaş açısına bağlıdır. Kayma düzlemi açısı küçük olduğu zaman, kayma kuvvetleri yüksek olur. Bu açının ölçüsü ve kayma düzleminin alanı kesme performansı üzerinde oldukça etkilidir. Kesme işleminde daha sonraki önemli faktör ise takımla temas yüzeyi boyunca talaş hareket etme karakteridir ( Kalhori, 2001 ).

### 3.2. Talaş Oluşumu

Talaş kaldırma işlemindeki temel mekanizma, takımın kesici kenarının, hemen önündeki malzemede deformasyon oluşturmasıdır. Kesme sırasında takım ve iş parçası arasındaki bağıl hareket, takım önündeki malzemeyi sıkıştırır ve bu da talaşı şekillendiren deformasyonu oluşturur. Talaş takım üzerindeki kayarken ve talaş yüzeyinden geçerken ek bir şekil değiştirmeye uğrar.

Çıkan talaş, kesme işlemi sırasında takımın talaş yüzeyine sürtünerek ısınır ve plastik şekil değiştirmeye uğrar, bundan dolayı da ikinci şekil değiştirme bu kesme düzlemindeki olaydan etkilenir. Aynı anda, kesme yönü de, doğrudan doğruya kesme yüzeyindeki şekil değiştirme ve sürtünmeden etkilenir. Kesme yönü, kesme işlemindeki talaşın ısınmasını ve gerilmesini etkiler. Metal kesme teorisi olarak, şu demektir ki kesme gerilimi ve kesme yönü aynı anda çözümlenmelidir (Anonim, 1996).

Talaşın nihai şeklini belirleyen koşullar üzerine birçok teori mevcuttur. Kesilen malzeme ve kesme koşullarının talaş şekli üzerinde etkisi büyüktür. Şekil 3.3' te görüldüğü gibi kesme sırasında oluşan 4 tip talaş vardır. Süreksiz talaş, kırılğan malzemeler düşük kesme hızlarında işlendiği zaman oluşur. Sürekli talaş takımında bir yığılma ağzı olmadan oluşur. Bu yumuşak malzemelerin karakteridir. Ayrıca sürekli talaş tiplerini kesme sırasında kontrol etme ve kaldıramama zorluğu vardır. Düşük kesme hızları altında ki koşullarda talaş ve takım talaş yüzeyi arasında ki sürtünme fazla olduğundan talaş takım yüzeyine kaynayabilir. Talaş malzemesinin bu davranışı yığılma kenar olarak bilinir. Son talaş tipi ise akma mukavemeti sıcaklık arttıkça azalan malzemelerde görülen lamel tipli talaştır. Kesme sırasında takım önünde dar bir şeritte ki hızlı şekilde ısınan malzeme çevresindeki malzemedan daha zayıf hale gelir bu da bölgesel deformasyona yol açar. Bu tip talaş sertleştirilmiş çelikler, paslanmaz çelikler ve alaşımları yüksek kesme hızlarında işlendiği zaman görülür.

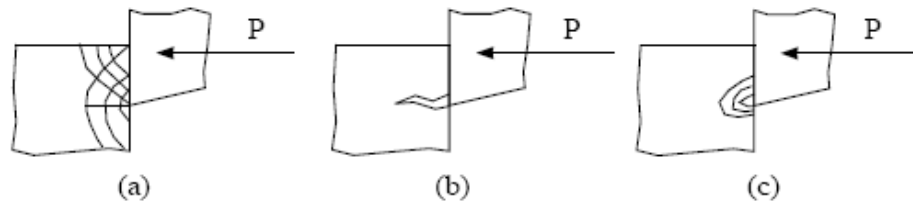


Şekil 3.3. Dört temel talaş oluşumu a) kesintili, b) sürekli, c) yığılma kenar, d) lamelli tip

**KAYNAK:** <http://www.mkn.itu.edu.tr/~vuralmu/eut21.pdf>, Erişim tarihi: 02/06/2008 Konu: Talaş Kaldırmanın Teorisi

Kesici takım iş parçasına doğru ilerlediği zaman kesme kenarının önünde ki gerilmeler artar (Şekil 3.4 a ). Bu gerilmeler belirli bir maksimum limite ulaştığı zaman aşağıda ki olasılıklar meydana gelebilir.

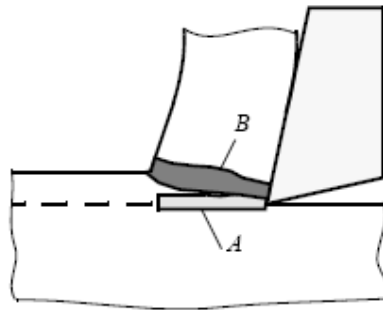
- Eğer iş parçası kırılansa, kesme kenarının önünde bir çatlak meydana gelir ve bu olay kırılmayla sonuçlanır (Şekil 3.4 b )
- Eğer iş parçası sünekse, iş parçasında belirli bir elastoplastik bölge meydana gelir. Bu bölgelerin büyüklüğü malzemenin sünekliğine bağlıdır. (Şekil 3.4 c )



Şekil 3.4. Kesici takım iş parçasını kesmeye başladığı an

**KAYNAK:** Kalhori, V. (2001) Modelling and Simulation of Mechanical Cutting, Lulea University of Thecnology, Doctoral thesis. Lulea, Sweden, s.6

Ayrıca çatlağın belirlenmesinde iki konu üzerinde durulur. Bunlardan ilki çatlağın nerede oluştuğu, ikincisi ise çatlağın tipi (yumuşak veya gevrek). Şekil 3.5' te iş parçasında ki maksimum gerilmenin iki bölgeden birinde oluştuğu görülür. A bölgesi kaldırılan tabaka ile iş parçası arasında paylaşılan yüzeydir. B bölgesi ise gerilme yüzeyi boyuca uzanan bölgedir.



Şekil 3.5. Maksimum gerilmelerin oluştuğu bölgeler

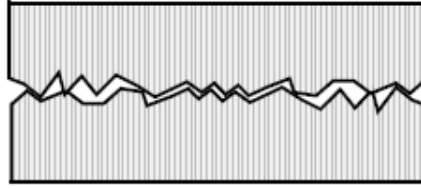
**KAYNAK:** Kalhori, V. (2001) Modelling and Simulation of Mechanical Cutting, Lulea University of Thecnology, Doctoral thesis. Lulea, Sweden, s.6

A bölgesi kayma ve normal gerilmelerin yoğun olduğu bölgedir. Çatlak oluşumundaki malzemenin yüksek plastik akış yoğunluğundan dolayı buradaki deformasyon seviyesi yüksektir. Şekil 3.5'teki gibi kesme işleminde ki kırılmanın A bölgesinden başladığına kabul edilir ( Kalhori, 2001 ).

### 3.3. Takım – Talaş Ara Yüzeyi

Kesme işlemi sırasında takım – talaş arasında oluşan sürtünme karmaşık bir olgudur. Sürtünme talaş şeklini, yığma kenar şeklini, kesme sıcaklığını ve takım aşınmasını etkiler. Bu nedenle kesme kuvveti ve kesme sıcaklıklarını doğru şekilde analiz etmek için sürtünme mekanizmasının iyi anlaşılması gerekir.

Moleküler ölçekte bakıldığı zaman sürtünme yüzeyi görüldüğü gibi düz değildir ve temas alanı görünen kayma yüzeyi alanından daha küçüktür. ( Şekil 3.6 )



Şekil 3.6. Düşük temas basıncındaki temas yüzeyi

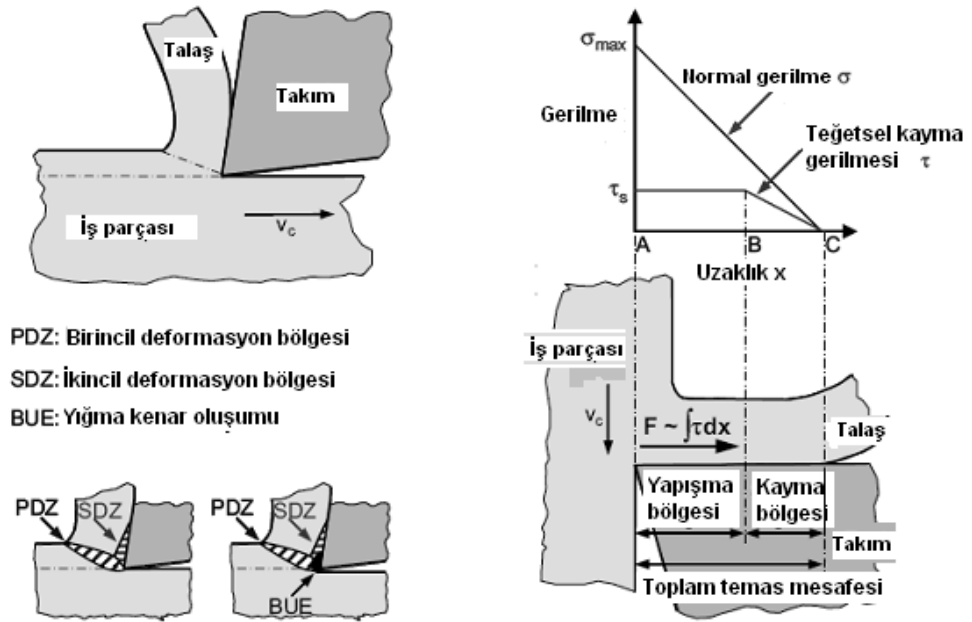
Colomb'un sürtünme modeli :  $\tau = \mu \cdot \sigma$

$\tau$  : sürtünme kayma gerilmesi

$\sigma$  : yüzeydeki normal gerilme

$\mu$  : yüzeydeki sürtünme katsayısı

Kesme koşullarında talaş ve takım temas yüzeyi iki farklı bölgeye ayrılır. Takım ucuna yakın bölge kavrama ve temas yüzeyinin arka bölgesi de kayma bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgeler şekil 3.7'de görülmektedir diğer şekiller ise basma ve kayma gerilmelerini göstermektedir. Talaş takımın ucundan takımdan ayrıldığı bölgeye gelene kadar maksimum Gerilmede 0'a doğru azalmaktadır .



Şekil 3.7. Takım talaş temas yüzeyinde ki normal ve teğetsel gerilmelerin dağılımı

**KAYNAK:** Apple, C.A. (1989). The Relationship between Inclusions and the Machinability of Steel. Mechanical Working and Steel Processing Conference Proceedings. p. 415.

Kayma gerilmesi  $\tau$  , kayma bölgesinde ( B – C ) normal gerilme ve sürtünme katsayısı vasıtasıyla hesaplanır;  $\tau = \sigma \cdot \mu$

Kavrama bölgesi ( A – B ) ise  $\tau = \tau_s$

Burada  $\tau_s$  talaş malzemesinin akma gerilmesidir ve talaşın üst yüzeyinde ki ikincil deformasyon bölgesi (SDZ) ' den ulaşılır. Böylece  $\tau$  normal gerilmeden, kesme derinliğinden ve talaş açısından bağımsız olur. Buna göre, kavrama bölgesi için maksimum sürtünme katsayısı  $\mu_{max}$ , Von Mises'e göre kayma (akma) gerilmesinden ( 1.1 ) ve ( 1.2 ) numaralı denklemlerden hesaplanır.

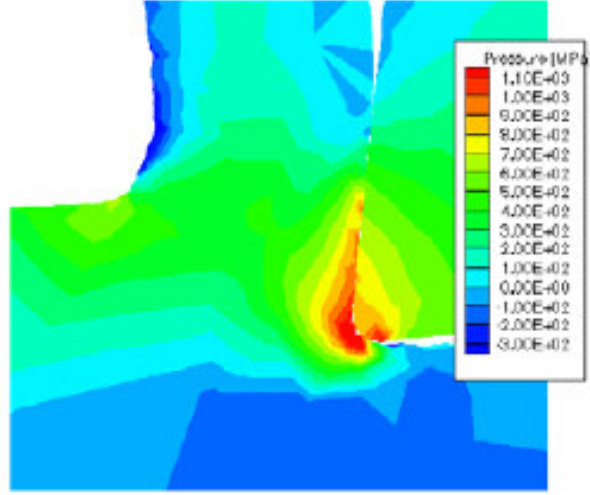
$$\tau_s = \frac{\sigma}{\sqrt{3}} \quad (1.1)$$

$$\mu_{\max} = \frac{\tau_s}{\sigma} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577 \quad (1.2)$$

Talaş yüzeyine paralel olan toplam teğetsel kuvvetler ,  $\tau$ -x eğrisinin altında ki alanla orantılıdır ( şekil-3.7 ). Böylece  $\tau$  veya kavrama bölgesi küçültüldüğü zaman kesme işlemi kolaylaşır. Sürtünme katsayısının düşmesi kayma bölgesinde  $\tau$ 'nun düşmesini sağlar ve aynı zamanda yapışma bölgesinin alanı da bu etkiye bağlı olarak azalır. Bu teğetsel kuvvetlerin düşmesiyle sonuçlanır. Böylece ikincil deformasyon bölgesinde ki teğetsel kuvvetlerde de düşme sağlanır.

Kesme işlemi sırasında takım-talaş ara yüzeyindeki temas basıncı çoğunlukla iş parçası malzemesinin akma gerilmesine eşit olur (Şekil 3.7). Böyle bir durumda takım ve iş parçası arasındaki gerçek temas ara yüzey alanının büyük bir bölümünü kapladığından ara yüzeydeki kayma mümkün hale gelir. Böylece çatlama için gerekli sürtünme kuvveti elde edilir. Bu kuvvet normal kuvvetlerden bağımsızdır, ancak görünen temas alanıyla orantılıdır ( Essel 2006).

Aşağıda Şekil 3.8’da AdvantEdge sonlu elemanlar analiz programında AISI1045 çeliğinin ortogonal kesme işleminde elde edilen gerilmelerin takım ucundan talaşın takımdan ayrıldığı bölgeye kadar gerilme değişimleri incelenmiştir. Takım ve iş parçası arasındaki temas takım- talaş arayüzeyinin hemen hemen tamamını kaplamaktadır. Bu durum takım-takaş arayüzeyindeki kaymayı imkansız hale getirmektedir (Trent 1991). Görüldüğü gibi maksimum gerilmeler takım ucunda meydana gelmektedir ve gerilmeler takım ucundan uzaklaştıkça azalmaktadır.



Şekil 3.8. AISI 1045 çeliğinin ortogonal kesme işleminde hesaplanan gerilmeler.

Kesme hızı 198 m/dak ve talaş derinliği 0,25 mm

### 3.4. Talaş Kaldırma İşleminde Sıcaklığın Etkisi

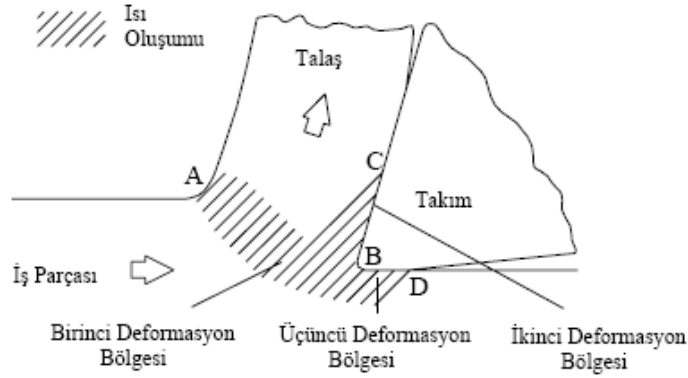
Sıcaklığın gerilme – gerinim bağlantısı, akma ve kırılma özellikleri üzerinde ki etkisi iyi bilinir. Sıcaklık arttıkça genellikle malzemelerin mukavemeti azalır ve sünekliği artar.

Talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan ısı, kesme kuvvetleri ve işlenen iş parçası malzemesine göre farklılık gösterir. Kesme parametrelerinden kesme hızı ve ilerleme hızı oluşumu üzerinde çok önemli bir rol oynarlar. Isı oluşumunda kesme hızının ilerlemeye göre daha etkili olduğu bilinmektedir (Anonim 1994). Çok düşük kesme hızlarında ısı iletiminin oluşması için yeterli süre vardır tam tersi durumda yani yüksek kesme hızlarında ısı iletimi için yeterli zaman yoktur. Bu durumda adyabatik koşullar ile birlikte talaş üzerinde yüksek bölgesel sıcaklıklar görülebilir.

Talaş kaldırma sırasında ısı oluşumu, Şekil 3.9’ da görüldüğü gibi üç bölgede oluşur. İş parçası I.deformasyon bölgesinde aşırı derecede gerilmeye maruz kalır. Gerinim için harcanan enerji, elastik gerinim için harcanan enerjiden oldukça yüksektir. Bundan dolayı, mekanik enerjinin yaklaşık olarak tamamına yakın kısmının ısıya dönüştüğü kabul edilebilir. Bu sebeple kesme bölgesinde oluşan ısı, takım performansı



ve iş parçası yüzey kalitesini etkilediği için, oldukça önemli bir faktör olarak kabul edilebilir (Gökkaya ve Nalbant 2006).



Şekil 3.9. Dik (Ortogonal) kesmede ısı oluşumu

**KAYNAK:** Boothroyd, G. (1981). Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools. International Student ed. 5<sup>th</sup> Printing, McGraw-Hill, New York.

Dik kesmede oluşan üç ısı bölgesi şöyle sıralanabilir;

- Birinci deformasyon (AB) bölgesi, plastik deformasyon ile oluşan temel ısı kaynağıdır. Bu bölgedeki ısının büyük bir kısmı takım içinde kalır ve talaşla kesme bölgesinde uzaklaştırılır.
- İkinci deformasyon (takım-talaş ara yüzeyi (BC)) bölgesi. Talaş içinde ekstra plastik deformasyonun olduğu ve yeni talaş malzemesinin sürekli akışı sonucu, sürtünme nedeniyle meydana gelen ısının, bir kısmı talaşla atılırken, bir kısmı da kesici takım gövdesine geçerek kesme bölgesinden uzaklaştırılır.
- Üçüncü ısı kaynağı, takım ve iş parçasının işlenmiş yüzeyi arasındaki serbest kenarda (BD' de) oluşur. Oluşan ısının bir miktarı talaş, bir kısmı da iş parçası tarafından uzaklaştırılır. Bu bölgede oluşan ısı, ön boşluk açısı olan kesici takım kullanıldığında olmamaktadır. Bu durum kesici takım ön boşluk açısına bağlıdır.

### 3.5. Takım Ömrü

Takım ömrü genelde takımın belirli bir aşınma miktarına veya tam aşınarak kesememesine kadar geçen süredir. Kesici takım malzemelerinde kesme ömrü takım geometrisinin yanı sıra, talaş kesiti ve kesme hızı tarafından belirlenir. Takım ömrü üzerinde kesme hızı büyük etkindir bu yüzden takım seçiminde diğer parametreler kesme hızına göre belirlenir.

Taylor, takım aşınmasının kesme hızına bağlı olduğunu görerek ve takım ömür testlerinden elde edilen bilgileri kullanarak aşağıdaki denklemi bulmuştur.

$$V.T^n = C \quad (1.3)$$

Taylor takım formülü olarak bilinen bu denklemde V kesme hızını, T takım ömrünü gösterir, n üssü ve C sabiti ise kesici takım ömür testlerinden bulunan sabit sayılardır. Bu sabit sayılar; kesici takımları, bir takım ömür ölçütü kullanarak farklı kesme hızlarında ömür testi uygulamak suretiyle elde edilirler. Takım ömrü denklemi yukarıdaki gibi logartimik şekilde gösterilebilir

$$\log V = \log C - n \cdot \log T \quad (1.4)$$

#### 3.5.1. Farklı Parametrelere Bağlı Olarak Takım Ömrü Denklemleri

##### 3.5.1.1. Takım ömrünü tamamlayana dek geçen süreye bağlı Takım Ömrü

Tornalama işlemleri için genişletilmiş Taylor bağıntısı aşağıda verilmektedir.

$$T = \frac{K}{V^{\frac{1}{n}} f^{\frac{1}{n_1}} d^{\frac{1}{n_2}}} \quad (1.5)$$

Burada T kesme zamanıdır. V, f ve d sırası ile kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğidir. K, 1/n, 1/n<sub>1</sub> ve 1/n<sub>2</sub> takım ömrü eğrisinde elde edilen deneysel değerlere bağlı sabitlerdir.

Bu eşitlik birçok takım- iş parçası kombinasyonunda kullanılabilir. Burada  $n$ ,  $n_1$ , ve  $n_2$  değerleri aşağıdaki aralıklarda değişir.

$$1 < n < n_1 < 1$$

$$0 < n_2 < \infty$$

$n_2 > n_1 > n > 0$ ' dir. Fakat burada  $n_2$  1'den az olamaz.  $n_2$ , T takım ömrü değeri, d talaş derinliği değerinden bağımsız olduğu zaman çok büyük değerler alır.

Takım ömrünü en fazla sırasıyla kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği etkilemektedir. Bu nedenle belirli bir takım ömrü için kaldırılan talaş hacminin arttırılması uygun olacaktır ( Akkurt, 1993).

### 3.5.1.2. Takım ömrünün tamamlayana dek işlenen parça sayısına bağlı Takım Ömrü

İşlenen parça sayısına bağlı takım ömrü denklemi yukarıda ki kesme zamanına bağlı takım ömrü denkleminde elde ettiğimiz verilere bağlıdır. Böylece V kesme hızında, f ilerleme miktarı ve talaş derinliği d ile tormalanan bir komponent için

$$Q = \frac{T}{t} \quad (1.6)$$

olur. Burada T gerçek takım ömrü, t ise her parça için takım ömrünü ifade etmektedir. D parça çağı, l parça işleme uzunluğu, f ilerleme miktarı ve d ise talaş derinliğidir.

$$t = \frac{l}{fN} = \frac{\pi D l}{fV} \quad (1.7)$$

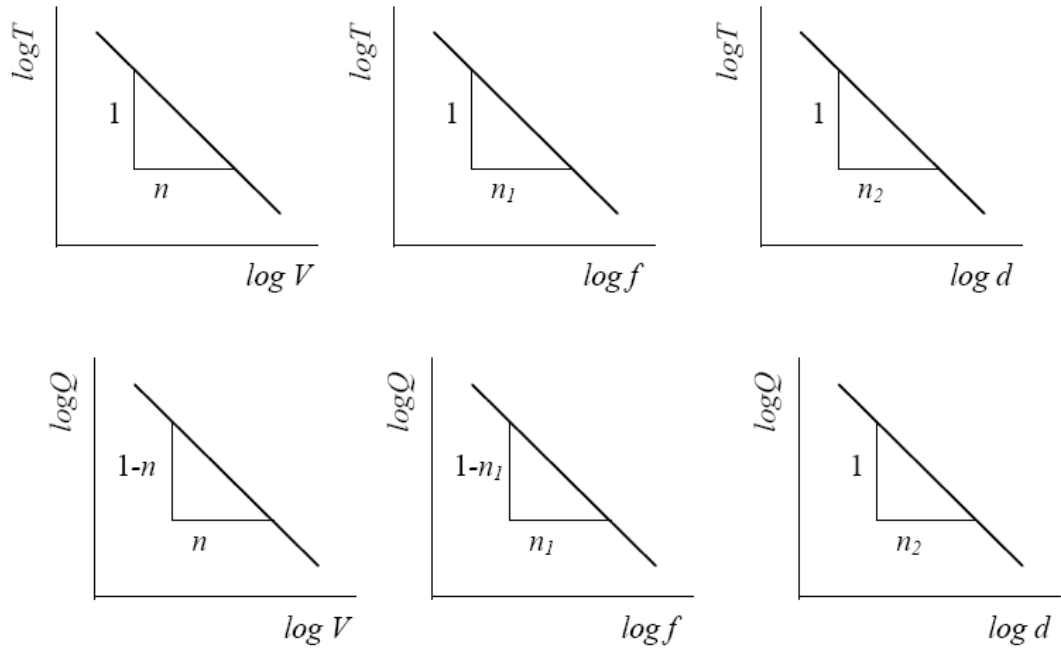
Olduğundan ve denklem (1) de verilen T'den

$$Q = \frac{K}{\pi D l V^{\frac{1-n}{n}} f^{\frac{1-n_1}{n_1}} d^{\frac{1}{n_2}}} = \frac{K'}{V^a f^b d^c} \quad (1.8)$$

eşitliği elde edilir.

$$K' = \frac{K}{\pi D l} \quad (1.9)$$

$$a = \left( \frac{1}{n} - 1 \right), \quad b = \left( \frac{1}{n_1} - 1 \right), \quad c = \frac{1}{n_2}$$



Şekil 3.10. Farklı parametrelere bağlı olarak takım ömrünün logaritmik ifadeleri

### 3.5.1.3. Takım Ömrünün tamamlayana dek İş Parçasından Kaldırılan Talaş Hacmine Bağlı Takım Ömrü

$M = ( \text{Mutlak kesme zamanına bağlı takım ömrü} ) \times ( \text{iş parçasından kaldırılan talaş hacmi oranı} ) = T \times Vfd$

$$Q = \frac{K}{V^{\left(\frac{1}{n}-1\right)} f^{\left(\frac{1}{n_1}-1\right)} d^{\left(\frac{1}{n_2}-1\right)}} = \frac{K'}{V^x f^y d^z} \quad (1.10)$$

Sonuç olarak, takım ömrü denklemleri ve  $K$ ,  $n$ ,  $n_1$  ve  $n_2$  değerlerini elde etmek maliyeti yüksek ve zaman alıcı deneyler gerektirir. Tekrar tekrar yapılan testlerle farklı parametrelere göre takım ömrünü tayin etmek her zaman mümkün değildir. Yukarıdaki eşitlikler farklı parametrelere bağlı takım ömrü tahminleri için faydalı olabilir. Ayrıca pratikte bir takım ömür denklemini kullanarak diğerleri hakkında bilgi elde edilebilir.

### 3.6. Takım Aşınma Mekanizması

Kesici takım ömrü hakkında fikir sahibi olabilmek için, kesici takım zayıflamasına neden olan sebepleri bilmek gereklidir. Takım hasarı; aşınma, plastik deformasyon ve kırılma nedeniyle meydana gelir. Takım aşınması, takım etkilendiği bölge veya aşınmayı meydana getiren fiziksel mekanizmaya göre sınıflandırılırlar. Ana aşınma mekanizması da büyük ölçüde takım malzemesine bağlıdır. Takımlar; Talaş oluşumu sırasında meydana gelen yükleri karşılayamadıklarında, plastik deformasyona uğrarlar veya kırılırlar.

Talaş kaldırmayla ilgili çalışmalarda temel amaç, göz önüne alınan takım hasar mekanizmasından takım ömrünü tespit edecek yöntemler geliştirmektir. Herangi bir durum için takım ömrünü doğrulukla tespit etmek oldukça zordur. Çünkü takım ömrü kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, takım ve iş parçası malzemesi, talaş kaldırma yöntemi gibi pek çok faktöre bağlıdır. Tahmini olarak aşınmayı, %50 sürtünme (abrazyon) aşınması, %20 yapışma (adhezyon) aşınması, %10 kimyasal aşınma ve %20 diğer aşınmalar (difüzyon, plastik deformasyon) oluşturmaktadır (Kopac 1998). En büyük aşınma miktarını oluşturan sürtünme aşınması, talaş altındaki sert parçacıkların takım yüzeyi ve iş parçası arasında "taşlama" ya neden olarak kesicide oluşturduğu aşınma ya da iki yumuşak yüzey arasına sert parçacıkların girmesiyle oluşan aşınmadır. Sürtünme aşınmasının olduğu kesiciden daha sert kesici takım kullanılarak sürtünme aşınması azaltılabilir.

### 3.6.1. Aşınma Mekanizmaları

#### 3.6.1.1 Abraziv Aşınma

En yaygın aşınma tiplerinden biridir. Genellikle iş parçası malzemesine ait sert parçacıklar nedeniyle ortaya çıkar. Bu durum, iş parçası yüzeyi ile takım arasına giren sert parçacıkların neden olduğu taşlama işlemine benzer bir durumdur. Bu aşınma tipi kesici ucun serbest yüzeyinin aşınmasına yol açar. Kesici kenarın abraziv aşınmaya dayanma kabiliyeti önemli ölçüde ucun sertliğine bağlıdır.

#### 3.6.1.2. Difüzyon Aşınması

Bu aşınma tipi kesme işlemi esnasında daha çok kimyasal yükten etkilenir. Takım malzemesinin kimyasal özellikleri ile takım-iş parçası malzemesi arasındaki etkileşim difüzyon aşınması mekanizmasının ortaya çıkmasına neden olur. Takım malzemesi sertliğinin bu tip aşınma üzerine etkisi yoktur. Malzemeler arasındaki metalürjik ilişkiler aşınma miktarını belirler. Bazı takım malzemeleri birçok iş parçası malzemesiyle etkileşime girmez, bazılarının ise bazı iş parçaları ile afinitesi yüksektir.

Difüzyon aşınmasının yüksek kesme hızlarında artması söz konusudur. Bu tip aşınma tüm takım malzemeleri için söz konusu değildir ve bu tip aşınmayı önlemek için çeşitli önlemler alınabilir. Örneğin çeliklerin işlenmesinde sinterlenmiş karbür kalitesini iyileştirmek amacıyla ilave bir gama fazı koruyucu kalkan görevi görecektir. Mesela  $Al_2O_3$  hiçbir şekilde iş parçası ile reaksiyona girmeyen malzemedir. Bu nedenle de yüksek difüzyon aşınması direncine sahiptir.

#### 3.6.1.3. Oksidasyon Aşınması

Yüksek sıcaklıkların ve havanın varlığı birçok metal için oksidasyon demektir. Tungsten ve kobalt, gözenekli oksit film tabakaları oluştururlar, ancak bu tabakalar takım ile yüzeyden uzaklaştırılabilirler. Alüminyum oksit gibi bazı oksitler ise son derece dayanıklı ve serttir. Bu nedenle bazı takım malzemeleri için kesici kenarın

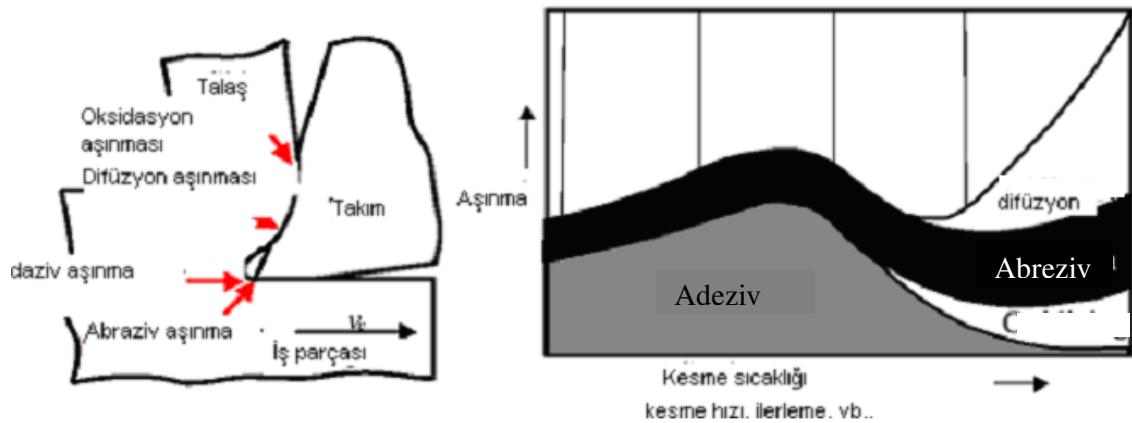
aşınması söz konusudur. Özellikle kesici kenarın talaş ile temasta olan kısmında, talaş genişliğinin sona erdiği noktada (talaş derinliğinde) hava da kesme işlemine etkide bulunur ve oksidasyon nedeniyle kenarda çentikler oluşur.

#### 3.6.1.4. Yorulma Aşınması

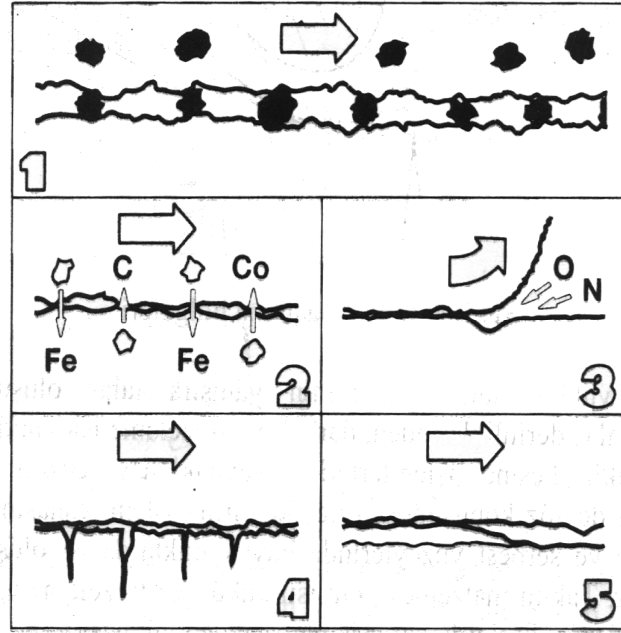
Termo-mekanik bir kombinasyonun sonucudur. Sıcaklıktaki dalgalanmalar ve takıma etkiyen kesme kuvvetlerinin sıfır ile maksimum değerler arasında değişmesi kesici kenarın çatlamasına ve kırılmasına yol açar. Aralıklı kesme işlemi ucun sürekli olarak ısınıp soğumasına ve talaş ile temasta olan kesici kenarda şok etkisine neden olur.

#### 3.6.1.5. Adeziv Aşınma

Genellikle takımın talaş yüzündeki düşük işleme sıcaklıklarından dolayı ortaya çıkar. Çelik, alüminyum ve dökme demir gibi uzun ve kısa talaş oluşumunun söz konusu olduğu malzemelerde görülür. Bu aşınma mekanizması genellikle kenar ile talaş arasında yağma kenar oluşumuna neden olur. Bazı kesici takım malzemeleri ve sünek çeliklerde yağma kenar oluşumu diğerlerine göre çok daha fazladır.



Şekil 3.11. Aşınma mekanizmalarının takım üzerinde gösterilmesi



Şekil 3.12. Aşınma Mekanizmaları (1-Abrasiv, 2-Difüzyon, 3-Oksidasyon, 4-yorulma, 5-adhesiv)

**KAYNAK:** Ferudun, N. (2005). Kaplamalı Kesici Uçlarda İlk Aşınma Bölgesinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Lisans Tezi, Bursa.

### 3.6.2. Belli Başlı Aşınma Tipleri

Talaş kaldırma işleminde oluşan sürtünme makine elemanları arasında meydana gelen sürtünmeden farklıdır. Farklılık, talaş kaldırma olayındaki sürtünmenin sürekli olarak yeni yüzeylerde, yüksek sıcaklık, yüksek basınç ve küçük temas alanlarında meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle takım aşınması, çeşitli aşınma şekillerini kapsayan çok karmaşık bir olaydır.

Belli başlı takım aşınma tipleri:

- Serbest yüzey aşınması
- Krater aşınması
- Çentik aşınması



- Burun yarı çapı aşınması
- Isıl ve mekanik çatlaklar
- Yığılma kenar oluşumu
- Plastik deformasyon

Aşağıda ki şekilde kesici takımında meydana gelebilecek olan bazı aşınma tipleri görülmektedir.



Şekil 3.13. Belli başlı aşınma tipleri

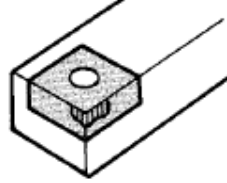
KAYNAK: [http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP\\_toolwear\\_Toronto.pdf](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008.

Aşağıda verilen aşınma tiplerinden bazıları aşınma olmayıp takımın tamamen kırılmasıdır. Dolayısıyla bu tip aşınmaların mutlaka engellenmesi gerekmektedir. Belli başlı aşınma tipleri şunlardır:

### 3.6.2.1. Serbest Yüzey Aşınması

Takım serbest yüzeyinde (takım, işlenen is parçasıyla temas halinde olan yüzeyi serbest yüzey olarak adlandırılır) meydana gelen aşınma serbest yüzey aşınması olarak adlandırılır ve bir aşınma bölgesi oluşur. Bu aşınma bölgesinin işlenmiş yüzeye sürtünmesiyle, Talaş kaldırılan parça yüzeyinde hasar meydana gelir ve böylelikle oluşan yüksek serbest yüzey kuvvetleri nedeniyle boyutsal doğrulukta azalma ve sapmalar meydana gelir. Serbest yüzey aşınması genellikle kesme kenarlarının

abrazyonu ile oluşur. Serbest yüzey aşınmasının büyüklüğü, ortalama serbest yüzey aşınması veya takım ucuna olan maksimum mesafesi ile ifade edilir. Serbest yüzey aşınma bölgesi genellikle üniform genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur. Serbest yüzey aşınmasının ortadan kaldırılması mümkün olmayıp, azaltılabilmesi için tedbir alınması mümkündür.



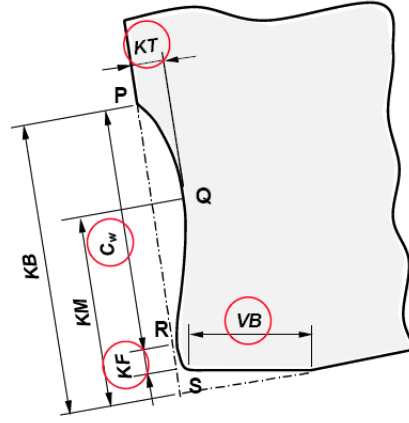
Şekil 3.14 Serbest Yüzey Aşınması

**KAYNAK:** [http://www.sumitool.com/sumi\\_english/information/Turning-G.pdf](http://www.sumitool.com/sumi_english/information/Turning-G.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008. Konu: Turning Guidance.

### 3.6.2.2. Krater Aşınması

Kesici takım Talaş yüzeyinde krater aşınması adı verilen krater seklinde bir aşınma oluşur. Takım talaş yüzeyi, is parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinde kaydığı yüzeydir. Genellikle ılımlı bir krater aşınması takım ömrünü sınırlamaz. Gerçekten de krater oluşumu takım talaş açısının etkinliğini artırır ve böylece kesme kuvvetleri azalır. Fakat aşırı krater aşınması kesme kenarlarını zayıflatır ve bu durum takım deformasyonuna veya kırılmasına yol açar. Buradan da anlaşılacağı gibi takım ömrünü kısalttığı ve takımın yeniden bilenmesini zorlaştırdığı için aşırı krater aşınmasından kaçınılmalıdır. Krater aşınmasının zamana göre değişimi, serbest yüzey aşınmasının zaman göre değişimi gibidir ( Şekil 3.15 ). Aşırı krater aşınması, difüzyon veya kimyasal aşınma mekanizmalarıyla meydana gelir. Krater aşınması, takım malzemelerinin kimyasal kararlılığının artırılması veya takım talaş içinde çözünürlülüğünün azaltılmasıyla minimize edilebilir.

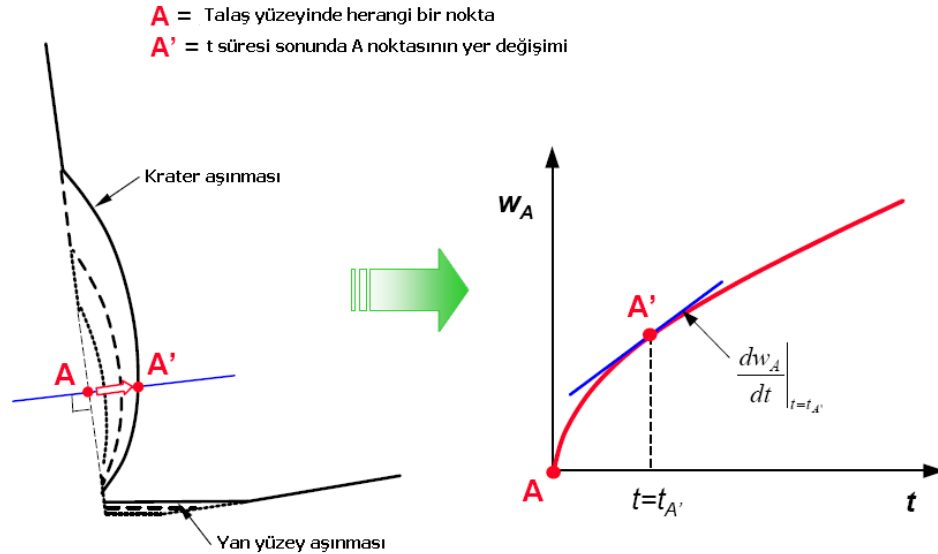
Krater aşınması genellikle dökme demirler gibi sert ve kırılgan malzemelerin işlenmesinde görülmektedir. Krater aşınmasını analiz etmek için aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kabuller yapılabilmektedir. Bu kabuller karmaşık olan talaş kaldırma işleminin incelenmesi açısından olumludur.



KT : Zamanla lineer artış gösteren maksimum krater derinliği  
 Maksimum krater derinliğinin merkezine olan uzaklık,  $l_{max} = KF + (C_w/2)$ .  
 Krater profili üç P,Q ve R noktasından geçen bir yay olarak kabul edilir  
 Kenar yarıçapı S ise 0,025 mm'dir.  
 Çember içindeki değişkenler ise deneysel olarak ölçülen büyüklüklerdir.

Şekil 3.15 Krater aşınması parametreleri

KAYNAK: [http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP\\_toolwear\\_Toronto.pdf](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008.

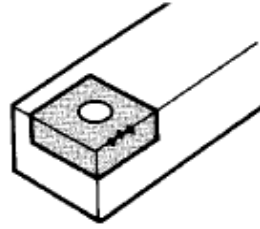


Şekil 3.16 Krater yüzeyinde krater aşınmasının hesaplanması

KAYNAK: [http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP\\_toolwear\\_Toronto.pdf](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008.

### 3.6.2.3. Çentik Aşınması

Kaba yüzeylerin tornalanmasında kullanılan takımlarda, talaş ile işlenmemiş yüzey veya Talaş kenarı arasındaki temas noktasında talaş yüzeyinde çentik (notch) aşınması meydana gelir. Çentiğin derinliği genellikle abrazyonun ve özellikle işlenen parçaların sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan abraziv talaşın (örneğin paslanmaz çelik ve nikel-bazlı süper alaşımlar) bir sonucudur. Kullanılan bir soğutucunun neden olduğu veya talaş ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon veya korozyon nedeniyle oluşan oksidasyon da çentik aşınmasına neden olur. Aşırı çentik aşınması talaş yeniden bilenmesini zorlaştırır ve özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur. Çentik aşınması, talaş ile iş parçası yüzeyi arasındaki temas alanının arttıran dalma açısının arttırılmasıyla, çok pasolu Talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve talaş malzemesinin ısı sertlik ve deformasyon direncini arttırarak, azaltılabilir.



Şekil 3.17 Çentik Aşınması

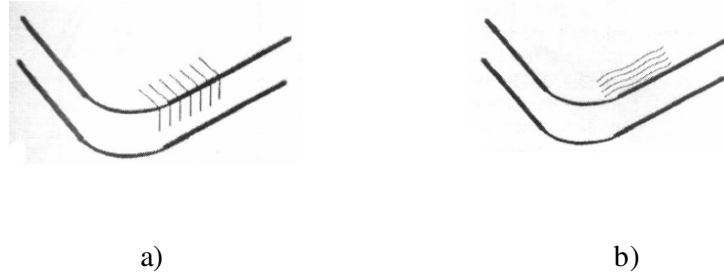
**KAYNAK:** [http://www.sumitool.com/sumi\\_english/information/Turning-G.pdf](http://www.sumitool.com/sumi_english/information/Turning-G.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008. Konu: Turning Guidance.

### 3.6.2.4. Burun Yarıçapı Aşınması

Bu aşınma talaş burun yarıçapında, serbest yüzeyinin sonuna yakın bölgede iz kenarı üzerinde meydana gelir. Bu aşınma serbest yüzey ile çentik aşınmasının kombinasyonuna benzer ve öncelikle abrazyon ile korozyon ya da oksidasyon nedeniyle oluşur. Aşırı burun aşınması işlenmiş yüzeyin kalitesini azaltır.

### 3.6.2.5. Isıl ve Mekanik Çatlaklar

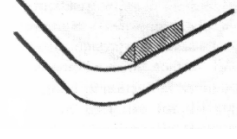
Bu çatlaklar, kesintili Talaş kaldırmada talaş değişken yüklerle yüklenmesi veya Talaş kaldırma sırasında yüksek talaş-talaş sıcaklıkları nedeniyle oluşur. İki tip çatlak oluşur; özellikle bir soğutucu kullanıldığında değişken ısıl yükler altında kesme kenarlarına dik olarak oluşan çatlaklar ve değişken mekanik yükler nedeniyle kesme kenarlarına paralel olarak oluşan çatlaklar. Çatlak oluşumu talaş hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur.



Şekil 3.18 a) Isıl Çatlaklar, b) Mekanik Çatlaklar

### 3.6.2.6. Yığılma Kenar Oluşumu

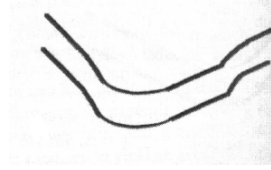
Genellikle, yumuşak malzemelerin (örneğin Al) düşük hızlarda işlenmesi durumunda oluşur. Ağız birikimi; işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışmasında, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmasıyla meydana gelir. Özellikle delmede ağız birikimi önemli bir problemdir. Ağız birikimi oluşumu, etkili kesme derinliğini (veya delik çapını) değiştirdiği, böylelikle kesme derinliğinin kararsız olmasına ve dolayısıyla kalitesiz bir işlenmiş yüzeyin meydana gelmesine neden olduğu için istenilmez. Ağız birikimi oluşumu, pozitif Talaş açılı talaşlar kullanılarak, yüzey pürüzlülüğü çok az takımlar kullanılarak (<5-10 ? m), yağlayıcılık özelliği artırılmış soğutucular kullanılarak, yüksek basınçlı soğutucuyu direk talaş yüzeyine sevk ederek ve yüksek kesme hızları kullanılarak minimize edilebilir.



Şekil 3.19 Yığıma kenar oluşumu

### 3.6.2.7. Plastik Deformasyon

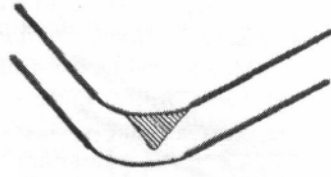
Talaş ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları talaş tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme hızlarında veya talaş sertliğinin artan kesme hızı ve sıcaklıkla birlikte azaldığı yüksek kesme hızlarında oluşur. Kesme kenarındaki aşırı deformasyon boyutsal doğruluğun azalmasına, kötü bir yüzey kalitesine ve aşırı serbest yüzey aşınmasına veya talaş kırılmasına neden olur.



Şekil 3.20 Plastik Deformasyon

### 3.6.2.8. Kenardan parçacık kopması

Kenar parçalanması seramik gibi gevrek talaşlarla yapılan talaş kaldırmada veya sert ya da abraziv parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin işlenmesi durumunda oluşur. Aşırı kesme kuvvetleri veya düşük sistem rijitliği nedeniyle meydana gelen titreşim de kenar çentiklemesine neden olur. Kenar çentiklemesi nedeniyle işlenen yüzeyin kalitesi düşer, serbest yüzey aşınması artar ve sonuçta talaş kırılabilir. Bu mekanizma; talaş kenarlarının değiştirilmesiyle veya talaşların kırılma dayanımlarının artırılmasıyla kontrol edilebilir.



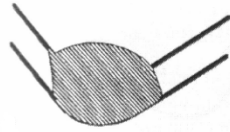
Şekil 3.21 Kesici Kenardan Parçacık Kopması

### 3.6.2.9. Talaş darbesi

Bu durum tok veya abraziv talaş meydana getiren malzemelerin (örneğin paslanmaz çelik) seramik talaşlarla islenmesi durumunda meydana gelir. Talaş vurma, talaş geriye doğru kıvrıldığında ve kesme kenarından uzakta talaş yüzeyine çarptığında oluşur. Böylece talaş yüzeyinde çukurcuklar oluşur ve bu durumun devam etmesi halinde talaş hasara uğrar. Talaş Vurması yanlış talaş kontrolü nedeniyle oluşur. Talaş akis yönünü değiştirmek için dalma açısı, kesme derinliği, ilerleme hızı veya talaş burun yarıçapı değiştirilerek “Talaş darbesi” önlenir.

### 3.6.2.10. Takım Kırılması

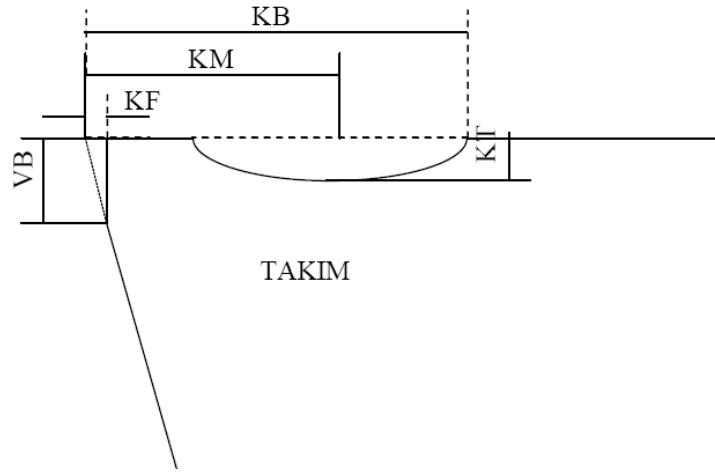
Takım kırılması, talaş önemli bir parçasının veya kesme kenarlarının parçalanması anlamındadır. Bu tip hasarı önlemek için genel stratejiler; kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit talaş tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış talaşlar kullanılması şeklindedir.



Şekil 3.22 Takım Kırılması

### 3.7. Aşınmanın Ölçülmesi ve Aşınma Verilerinin Değerlendirilmesi

Serbest yüzey ve krater aşınması en önemli aşınma tipleri olduğu için ve hemen tüm talaşlı imalat yöntemlerinde serbest yüzey aşınması meydana geldiği için, takım aşınmasının izlenmesinde genellikle serbest yüzey aşınması ölçümü (VB) kullanılır. Talas yüzeyi üzerinde ise; krater genişliğinin takım ucuna olan maksimum mesafesi KB, krater genişliğinin takım ucuna olan minimum mesafesi KF, maksimum krater derinliği KT ve krater merkezinin takım ucuna olan mesafesi KM en çok ölçülen büyüklüklerdir. Takım üzerinde ölçülen bu büyüklükler Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23. Takım üzerinde ölçülen aşınma mesafeleri

Takım aşınmasını izleme yöntemleri direk ve endirek yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Aşınmanın direk izlenmesi yöntemlerinde, talaş kaldırma işlemi durdurularak takım üzerinde meydana gelen aşınma fiziksel olarak ölçülür. Endirek yöntemlerde ise talaş kaldırma işlemi kesintiye uğratılmadan, talaş kaldırmadan elde edilen değişik sinyaller (titreşim, gürültü, güç, kesme kuvveti, is mili hız değişimi, is parçası boyutları değişiminin ölçümü gibi) kullanılarak takım aşınmasının durumu hakkında bilgi edinilir. Endirek yöntemde talaş kaldırma işlemi durdurulmadığından direk yöntemde olduğu gibi bir üretim kaybı söz konusu değildir. Ancak takım aşınmasının izlenmesi için algılanan sinyaller üzerinde bozucu etkiler olduğu için, takım aşınmasının güvenilir bir şekilde izlenebilmesi konusunda sıkıntılar mevcuttur.



Takım aşınmasının direk olarak ölçülmesi için mikroskopla takımın aşınmış yüzey büyüklüğünün ölçülmesi veya takımdaki ağırlık ölçümü ile aşınma nedeniyle meydana gelen hacimsel kayıp hesaplanabilir. Es zamanlı (on-line) olarak takım aşınmasının izlendiği metotlar olarak; optik, pnomatik, elektrik, yer değişimi ve kuvvet ölçümleri söylenebilir. Bu metotlar içinde, kuvvet ve güç ölçüm yöntemi daha pratiktir. Tornalamada aksel ve radyal kuvvetler, teğetsel kuvvetlere göre serbest yüzey aşınmasına göre daha duyarlıdır, bu nedenle aksel veya radyal kuvvetlerin oranı teğetsel kuvvete göre takımın serbest yüzey aşınmasıyla daha güçlü ilişkilidir (Özdemir ve Erten 2003).

### 3.8. Takım Malzemeleri ve Genel Özellikleri

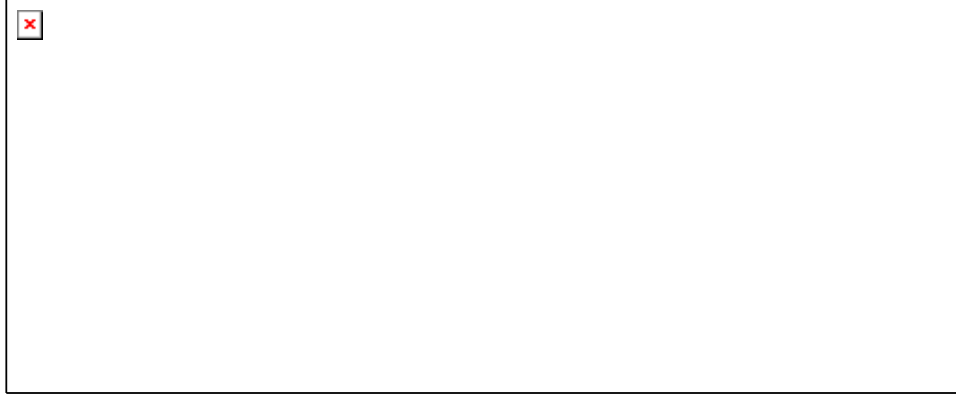
Pratikte en çok kullanılan takımlar yüksek hız çelikleri (HSS), kobaltla zenginleştirilmiş yüksek hız çelikleri (HSS-Co), sinterlenmiş tungsten karbür (WC), seramikler, çok kristalli kübik borun nitrür (PCBN), çok kristalli elmas (PCD) ve tek kristalli elmadır (Özdemir ve Erten 2003). Bu takımların özellikleri çok geniş bir aralıkta değişmektedir. Tablo 3. 1’de takım malzemelerinin özellikleri, her bir sütundaki özellik yukarıdan aşağıya doğru azalacak şekilde sıralanmıştır. Sekil 3.24’de ise değişik takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 3.1. Takım malzemelerinin özellikleri

Mikro Sertlik	Kırılma Tokluğu	Elastiklik Modülü	Kayma Modülü	Isıl İletkenlik	Özgül Isı	Isıl Yumuşama	Kimyasal Kararlılık
A	D	A	D	A	G	A	G
B	J	B	A	B	E	B	J
C	H	D	F	D	I	G	H
D	F	G	C	E	C	D	F
E	E	C	E	F	F	-	E
F	C	J	H	C	H	-	D
G	G	E	G	I	-	-	-
H	I	F	B	G	-	-	-
I	-	I	I	H	-	-	-

A	: Çok kristalli elmas (PCD)	F	: Sialon
B	: Çok kristalli kübik borun nitrür (PCBN)	G	: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
C	: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiC	H	: ZrO <sub>2</sub>
D	: C2 Karbür	I	: Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> RB
E	: Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> HIP	J	: SiCw-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

**KAYNAK:** Stephenson, D.A. (1996). Metal Cutting Theory and Practice, Marcel Dekker Inc. New York.



Şekil 3.24. İdeal takım malzemesi

**KAYNAK:** Özdemir, U. ve Erten, M. (2003). Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi 1(1):37-50.

Tablo3.1 ve Şekil 3.24 incelendiğinde, istenilen tüm özellikleri aynı anda sağlayan takım malzemesinin olmadığı görülecektir. Dolayısıyla belli kesme şartları için en iyi çözümü veren takım malzemesi seçilerek kullanılır. Takımlar genel olarak talaş oluşumu sırasında meydana gelen yüksek sıcaklık ve yüksek gerilmelere dayanabilme özelliğinde olmalıdır. İdeal bir takım, aşağıda sıralanan şu özelliklere sahip olmalıdır;

- 1- Yüksek sıcaklıklarda abrazyon aşınmaya karşı direnç için yüksek sertlik,
- 2- Yüksek gerilme altında kesme kenarının deforme olmasını önlemek için yüksek bir deformasyon direnci,
- 3- Özellikle kesintili talaş kaldırmada kırılma ve chipping olayına karşı yüksek kırılma tokluğu,
- 4- Difüzyon, kimyasal ve oksidasyon aşınmasına karşı direnç için is parçası malzemesiyle düşük kimyasal benzerliği, kimyasal kararlılık,
- 5- Talaş kenarı yakınlardaki sıcaklığın azaltılabilmesi için yüksek ısı iletkenlik,
- 6- Özellikle kesintili talaş kaldırmada yüksek yorulma dayanımı,
- 7- Kesintili talaş kaldırmada talaş kırılmasını önlemek için yüksek ısı sok direnci,
- 8- Boyutsal kararlılık için yüksek rijitlik,
- 9- Özellikle yumuşak, sünek malzemelerin işlenmesinde yığılma kenar oluşumunu önlemek için uygun sürtünme özellikleri.

Tablo 3.2. Farklı tipteki kesici takımlarda ve işlemlerde önerilen aşınma miktarları

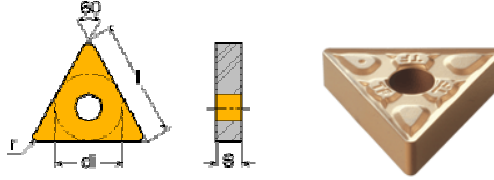
<b>Aşınma (mm)</b>	<b>Takım malzemesi</b>	<b>İşleme türü</b>
0.76	Karbür	Kaba pasolar
0.25-0.38	Karbür	İnce pasolar
1.25	H.S.S.	Kaba pasolar
0.25-0.38	H.S.S.	İnce pasolar
0.25-0.38	Seramik	Kaba ve ince pasolar

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

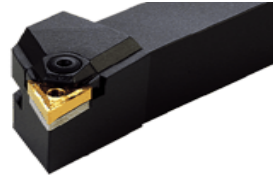
### 4.1. Ostemperlenmiş dökme demirler için ilk aşınma bölgesinin incelenmesi

#### 4.1.2. Kesici takım tipi ve malzemesi

Kesici takım malzemesi olarak ISCAR TNMG 160408-TF ISO kodlu kesici takım kullanılmıştır. Takım tutucu olarak  $\kappa=60^\circ$  lik yanaşma açısına sahip ISCAR MTENN 2020K – 16W kodlu takım tutucu ve  $\kappa=93^\circ$  lik yanaşma açısına sahip ISCAR MTJNR 2020K – 16W kodlu takım tutucu kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Kesici takım



a)



b)

Şekil 4.2. a) Takım tutucu ( MTJNR 2020K – 16W ), b) Takım tutucu ( MTENN 2020K – 16W )

#### 4. 1. 3. Tezgah özellikleri

Talaş kaldırma deneyleri TOS marka konvansiyonel tornada gerçekleştirilmiştir. Tezgah gücü 5,5 Kw maksimum devir 2000 dev/dak dır. Tezgah ilerleme aralığı, 0,08 – 0,80'dir. Parça üzerinde rijitliği etkileyecek eksenden kaçıklıkların (salgıların) önlenmesi için parça üzerinden deneyde kullanılmayacak kesici takımla talaş kaldırılmıştır. Parça üzerindeki salgı 0.01 mm hassasiyetli kompretör saati ile kontrol edilerek parça üzerinde hiç salgı olmayacak şekilde parça yüzeyi temizlenmiştir.



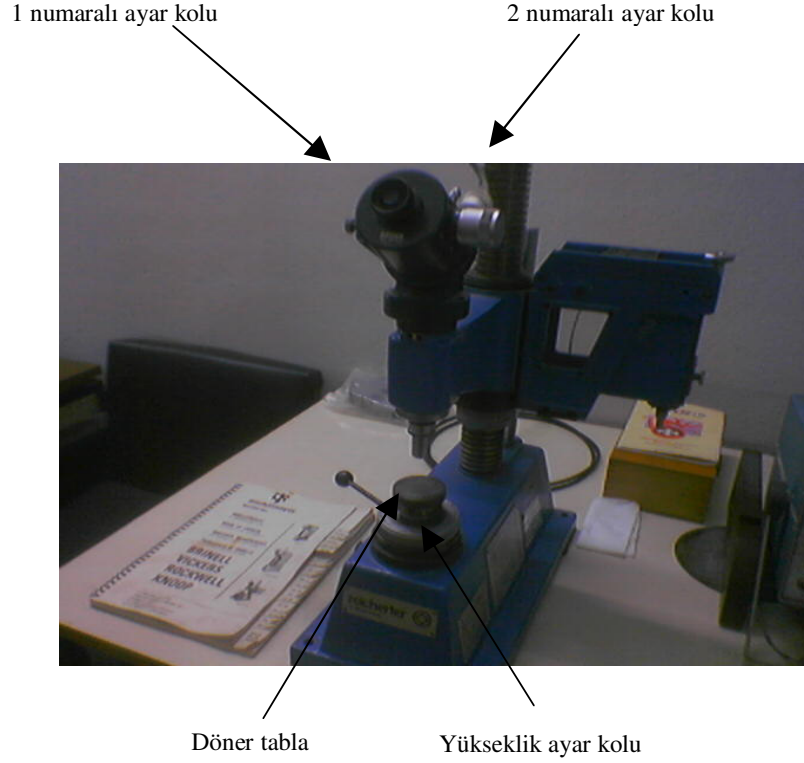
Şekil 4.3. Torna tezgahı

#### 4. 1. 4. İş parçası özellikleri

Deneyde kullanılan iş parçası 400°C'de ostemperlenmiş 47,3 HRC sertliğinde dökme demirdir. İş parçası deney öncesi 90 mm çap ve 240 mm boya sahiptir.

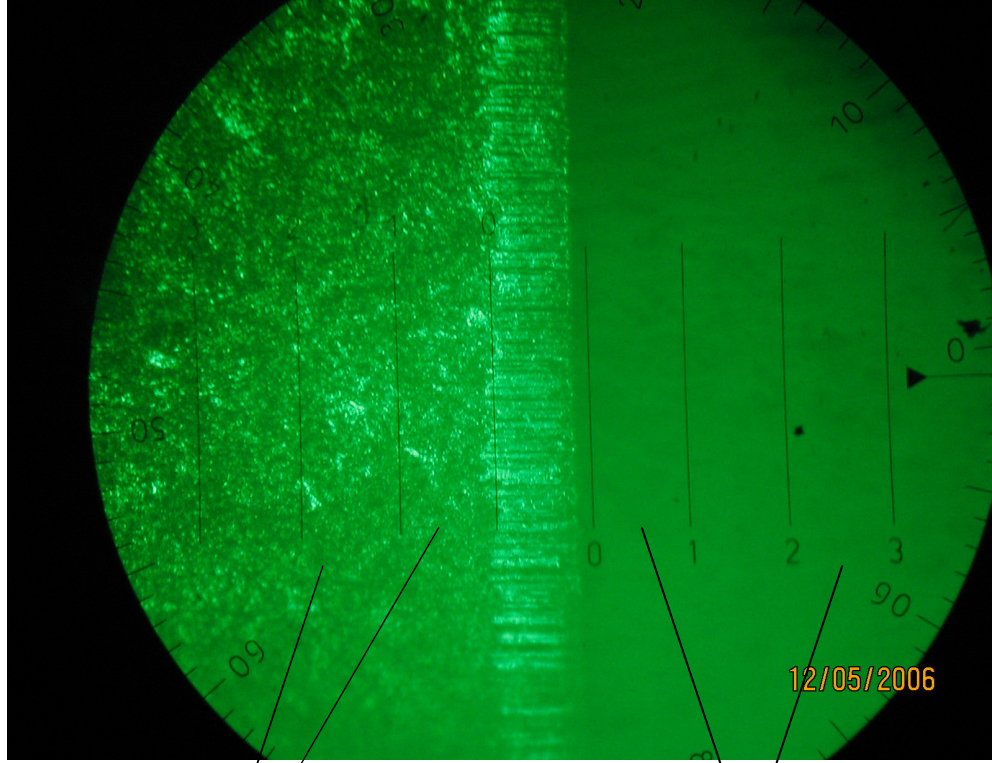
#### 4.1.5. Mikroskopla Takım Aşınmasının Ölçülmesi

Kesici takımda deneyde gözlenen aşınma tipi serbest yüzey aşınmasıdır. Bu aşınmanın ölçülmesi için sertlik ölçüm cihazının mikroskobundan faydalanılmıştır.



Şekil 4.4 Sertlik Ölçüm Cihazı Ve Mikroskobu

Aşınmanın ölçümü için kesici takım döner tabla üzerindeki yuvaya konur. Yükseklik ayar kolu döndürülerek mikroskopta görüntünün netleşmesi sağlanır. Görüntü netliği sağlandıktan sonra döner tabla döndürülerek aşınması bölgesi sol tarafta olacak şekilde ayarlanır. Daha sonra aşınmanın ölçümü için görüntü dikey konuma getirilir.( Şekil 4.5)



1 numaralı ayar koluna  
bağlı olan ölçüm çizgileri

2 numaralı ayar koluna  
bağlı olan ölçüm çizgileri

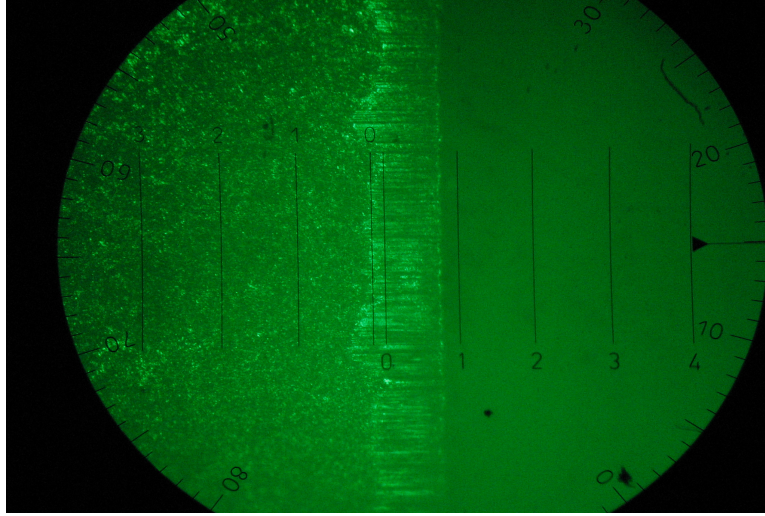
Şekil 4.5 Aşınmanın ölçümü

Daha sonra 1 numaralı ayar koluna bağlı olan ve üzerinde 0 yazan ölçüm çizgisi Şekil 4.10 de gösterilen aşınma bölgesine getirilir. Aşınma bölgesi; yukarıdan aşağıya tırtıklı gibi görünen bölgedir. 1 numaralı ayar koluna bağlı olan ölçüm çizgilerinden 0 numaralı olan çizgi tam olarak bu aşınma bölgesinin ortasına yerleştirilir.

Daha sonra 2 numaralı ayar koluna bağlı olan çizgilerden 0 numaralı çizgi ucun köşe radyüsünün bittiği yere konumlandırılır. Konumlandırma işlemi bittiğinde en sağda görülen ve daire şeklindeki tambura konumlandırılmış rakamlardan, takımda meydana gelen aşınma miktarı ölçülür.

Örneğin Şekil – den tamburdan okunan değer 99 dur. Bu mikron cinsinden aşınmadır. Yani uçta meydana gelen aşınma 0,099 mm 'dir. Fakat cihazın kalibrasyonundan dolayı 0,003 lük bir hatası vardır. Bu hatayı telafi etmek için ölçülen değere 0,003 mm 'lik ekleme yapılarak gerçek aşınma değeri bulunur. Aşınma miktarı büyük değerlere ulaştığında cihazın yapısı gereği 2 numaralı ayar koluna bağlı olan 0

çizgisi istenen yere getirilememektedir. Böyle durumlarda 2 numaralı ayar koluna bağlı olan 0 çizgisi yerine 1 çizgisi gerekli konuma getirilir. Böyle durumlarda tamburdan okunan değere 0,1 mm eklenir. Bunu gösteren bir örnek Şekil 4.11 verilmiştir.



Şekil 4.6 Aşınma Ölçümü

Şekil 4.6 de tamburdan 15 değeri okunmaktadır. Fakat üzerinde 1 yazan 2 numaralı ayar koluna bağlı olan çizgi referans alınarak ölçüm yapıldığı için aşınma değeri 0,115 mm 'dir. Tabi cihazın hatası olan 0,003 değeri de eklenirse gerçek aşınma değeri 0,118 olacaktır.

#### 4. 1. 6. Kesme parametreleri

Başlangıç aşınması inceleneceği için parça üzerinden kesici takımla ilk 10sn talaş kaldırılmış ve 10.saniye sonunda takım ucundaki aşınma ölçülmüştür. Deneylede, 0,14 mm/dev, 0,18 mm/dev ve 0,22 mm/dev olmak üzere üç farklı ilerleme, 200 m/dak, 270 m/dak ve 340 m/dak olmak üzere üç farklı kesme hızı ve 1 mm, 1,5 mm ve 2 mm olmak üzere üç farklı talaş derinliği kullanılmıştır (Tablo 4.1 ). Farklı kesme verileri ve yanaşma açıları için 10 sn. sonunda elde edilen aşınma değerleri Tablo 4.2 'de verilmiştir.



Tablo 4.1. Kesme Parametreleri

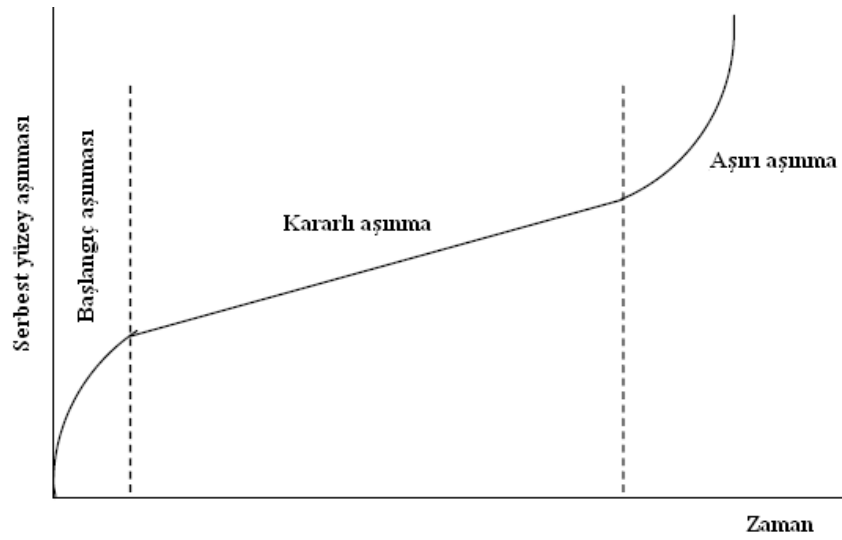
Kesme Parametreleri	
Kesme hızı, ( $V_c$ ) (m/dak)	200 – 270 – 340
İlerleme miktarı, $f$ (mm/dev)	0,14 – 0,18 – 0,22
Talaş derinliği, $a$ (mm)	1 – 1,5 – 2
Yanaşma açısı, $\kappa$ (°)	60° - 93°

Tablo 4.2. Deneilerde ilk 10 saniyede elde edilen başlangıç aşınması değerleri

İlerleme, $f$ (mm/dev)	Talaş Derinliği, $a$ (mm)	Kesme Hızı, $V_c$ (m/dak)	Süre (sn)	VB (AŞINMA) $\kappa = 93^\circ$ için	VB (AŞINMA) $\kappa = 60^\circ$ için
0,14	1	200	10	0,045	0,056
		270	10	0,067	0,073
		340	10		
0,14	1,5	200	10	0,075	0,085
		270	10	0,091	0,093
		340	10		
0,14	2	200	10	0,078	0,097
		270	10	0,095	0,1
		340	10		
0,18	1	200	10	0,053	0,06
		270	10	0,08	0,085
		340	10		
0,18	1,5	200	10	0,098	0,11
		270	10	0,1	0,15
		340	10		
0,18	2	200	10	0,082	0,093
		270	10	0,087	0,095
		340	10		
0,22	1	200	10	0,07	0,075
		270	10	0,09	0,095
		340	10		
0,22	1,5	200	10	0,1	0,13
		270	10	0,12	0,16
		340	10		
0,22	2	200	10	0,14	0,1
		270	10	0,16	0,17
		340	10		

#### 4. 1. 7. Başlangıç aşınmasının ilerleme hızına göre değişimi

Aşınmalarda ilk anda görülen hızlı artıştan sonra aşınma hızı yavaşlamakta ve doğrusal olarak artışa devam etmektedir. Takımın ömrünü tamamlamasına yakın aşınma tekrar hız kazanmakta ve kesme işlemine devam edildiği takdirde takım ömrü sona ermektedir. Aşınmanın doğrusal eğimi ne kadar az olursa, takım ömrü o kadar büyük olmaktadır. Bu nedenle kesici takımların sertliği arttıkça aşınma doğrusunun eğimi azalmaktadır.



Şekil 4.7. Serbest yüzey aşınması (Yırgal ve Özgen 2006).

İlk aşınma alanının daha homojen bir yapı göstermesi daha uzun bir takım ömrüne sahip olduğunu göstermektedir. Kesme kuvvetinin daha yüksek çıkması ile birlikte ilk aşınma alanında gösterdiği homojenlik sayesinde takım ömrü daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

Normal olarak ilk aşınma aralığı  $VB = 0,05 - 0,1$  mm'dir. Mikro çatlak, yüzey oksidasyonu ve karbon kayıp tabakası yüzünden ve üretim sırasında kesme takım ucundaki takım aşınması nedeniyle mikro seviyede pürüzlülük olmuştur. Yeni kesici kenar için, küçük temas alanı ile yüksek temas basıncı nedeni ile daha yüksek bir aşınma oranı ile sonuçlanacaktır.

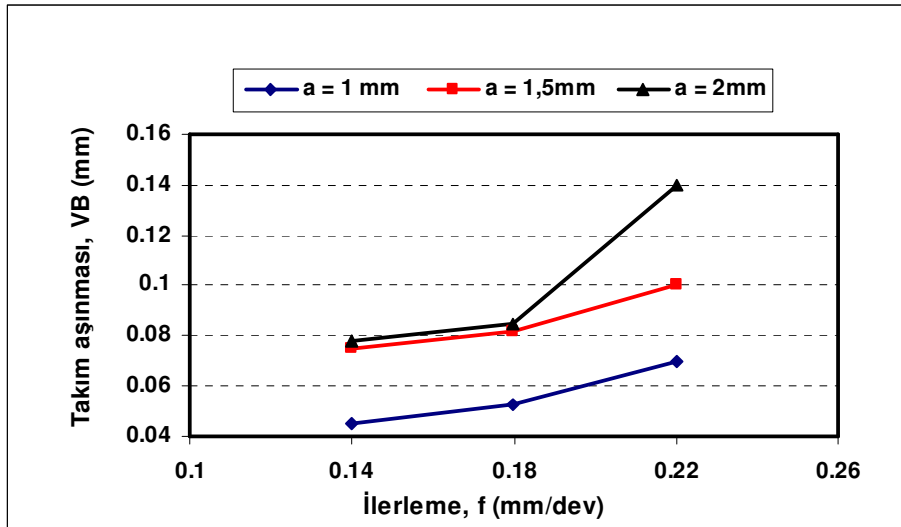
İlk aşınmadan sonra mikro pürüzlülük gelişir. Bu bölgede aşınma genişliği ile kesme zamanı doğru orantılıdır. Aşınma miktarı sabit seyretmektedir ( Ferudun, 2005).

Aşınma miktarı belirli bir kritik değere ulaştığında, işlenmiş yüzey pürüzlülüğü düşer, kesme kuvveti ve sıcaklık hızlı bir şekilde yükselir, aşınma oranı artar. Ve takım kesme kabiliyetini kaybeder. Pratikte bu aşınma bölgesinden kaçınılmalıdır.

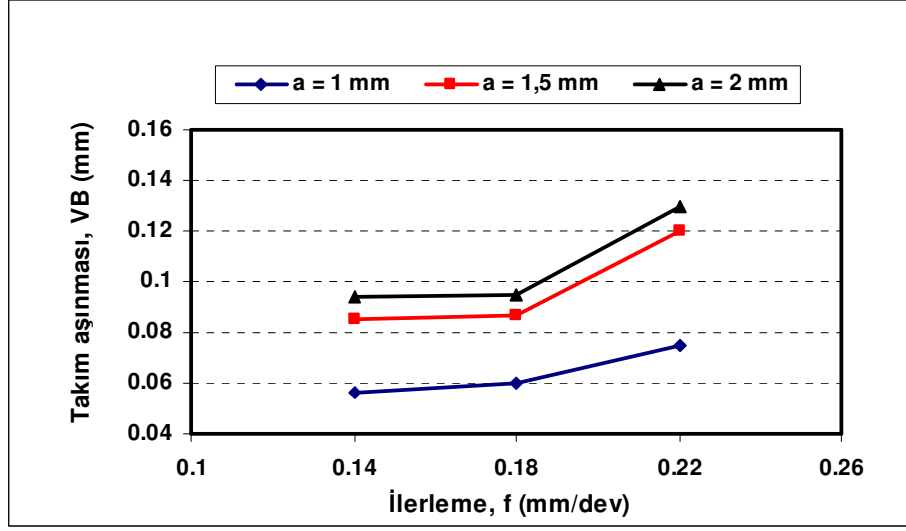
ISO 3685 normlarında takım ömrü kriteri olarak 0,3 mm lik bir serbest yüzey aşınması değeri tanımlanmıştır, serbest yüzeydeki aşınma bu değere ulaşana dek kesici kenar kullanımda kalır (Anonim, 1993). İlk aşınma bölgesi denilen bölgede takım çok kısa bir sürede 0,1 mm' lik bir serbest yüzey aşınması değerine ulaşmaktadır ki bu değer toplam ömrün üçte biridir. Bu çalışmada amaç bu başlangıç aşınmasındaki hızlı aşınmanın oluşum nedenlerini sorgulamaktır.

#### 4. 1. 8. İlerlemenin etkisi

Burada sabit bir kesme hızı ( $V_c$ ) ve sabit bir yanaşma açısı ( $\kappa$ ) için talaş derinliğine ve ilerleme artışına bağlı olarak başlangıç aşınmasında ki değişim incelenmiştir.



Şekil 4.8.  $V_c = 200$  m/dak ve  $\kappa = 93^\circ$  ve için aşınma değişimi

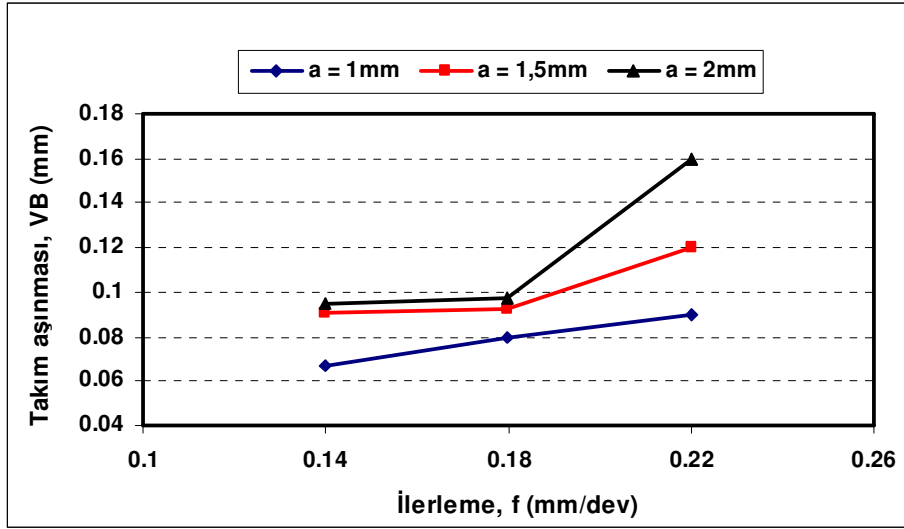


Şekil 4.9.  $V_c = 200$  m/dak ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınma değişimi

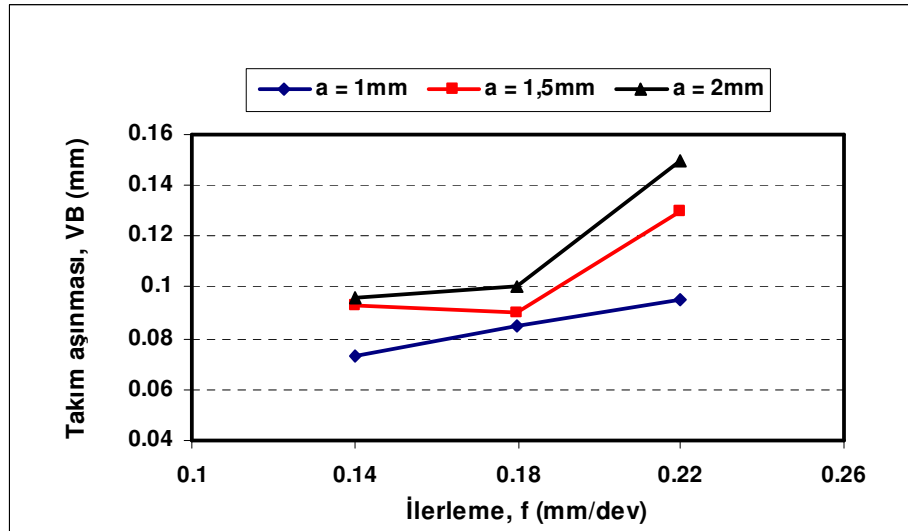
İlerlemenin etkisi dikkate alındığında 1 mm talaş derinliğinde ilerleme artışı aşınma oranı üzerinde çok az etkide bulunur. Büyük talaş derinliklerinde ve düşük ilerleme hızlarında talaş derinliğinin aşınma artışı üzerindeki etkisi çok azdır. Şekil 4.8 ve şekil 4.9 daki grafiklerden de görüleceği gibi aşınma miktarları birbirine çok yakındır. Fakat talaş derinliği ile birlikte ilerlemenin artmasının aşınma oranını artırıcı etkisi olduğu gözlenmektedir.

93°'lik yanaşma açısı için 1,5 ve 2 mm talaş derinliğinde 0,14 ve 0,18 mm/dev ilerleme hızlarında elde edilen aşınma değerlerinin hemen hemen eşit olduğu gözlenmektedir. 2 mm talaş derinliğinde ise ilerlemenin artması ile belirgin bir aşınma oranı artışı söz konusudur.

60°'lik yanaşma açısı için 1,5 ve 2 mm talaş derinlikleri için aşınma oranı benzer karakteristiklere sahiptir ve aşınma miktarları birbirine yakındır. Aynı zamanda iki grafikte de talaş derinliği 1,5 mm ve 2 mm ye çıktığında elde edilen aşınma değerleri birbirine yakın olmakla birlikte 1 mm talaş derinliğinde elde edilen aşınma değerlerine göre belirgin bir artış vardır.



Şekil 4.10.  $V_c = 270$  m/dak ve  $\kappa = 93^\circ$  için aşınma değişimi



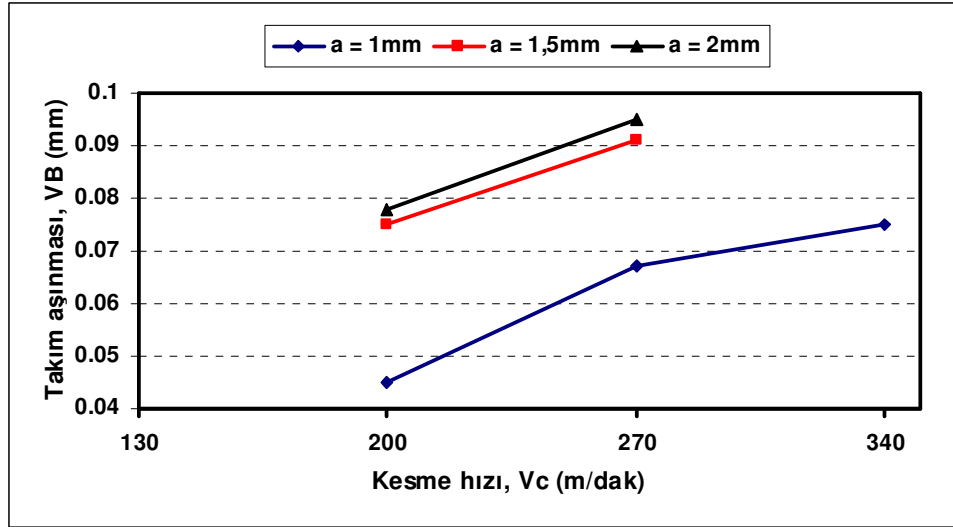
Şekil 4.11.  $V_c = 270$  m/dak ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınma değişimi

Burada  $93^\circ$  lik yanaşma açısı için 2 mm talaş derinliğinde en yüksek aşınma oranı elde edilmiştir ve 0,14 – 0,18 mm/dev ilerleme hızları için 1,5 ve 2 mm talaş derinliğinde elde edilen aşınmalar hemen hemen eşittir. Bu ise bu ilerleme değerleri için orta ve yüksek talaş derinliklerinde talaş derinliğindeki artışın aşınma üzerine etkisi olmadığı anlamına gelmektedir. İlerleme artığında talaş derinliğinin etkisi ortaya

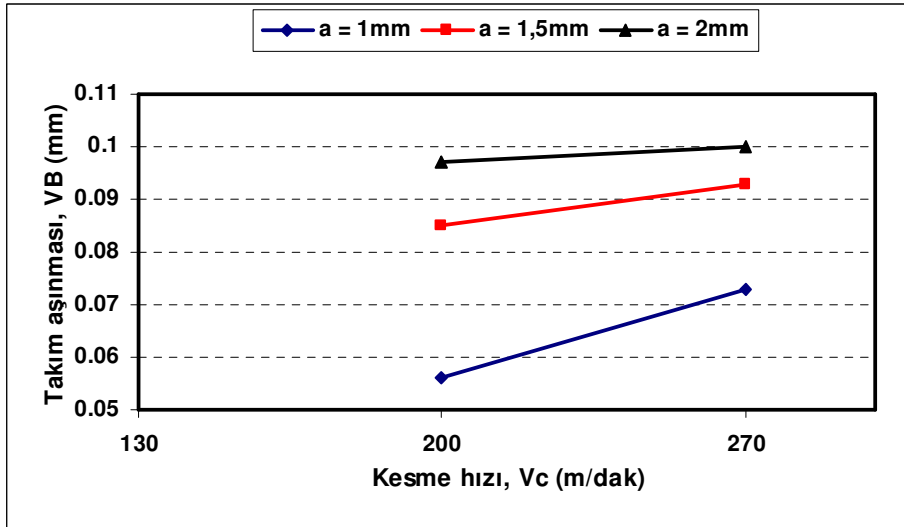
çıkmaktadır. Ayrıca 1 mm talaş derinliğinde her iki grafik için de ( Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 ) lineer bir aşınma artışının olduğu göze çarpmaktadır.

#### 4. 1. 9. Kesme hızının etkisi

Burada sabit bir ilerleme miktarı ( $f$ ) ve sabit bir yanaşma açısına bağlı olarak talaş derinliği ve kesme hızındaki değişime göre aşınma değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.12.  $f = 0,14$  mm/dev ve  $\kappa = 93^\circ$  için aşınma değişimi

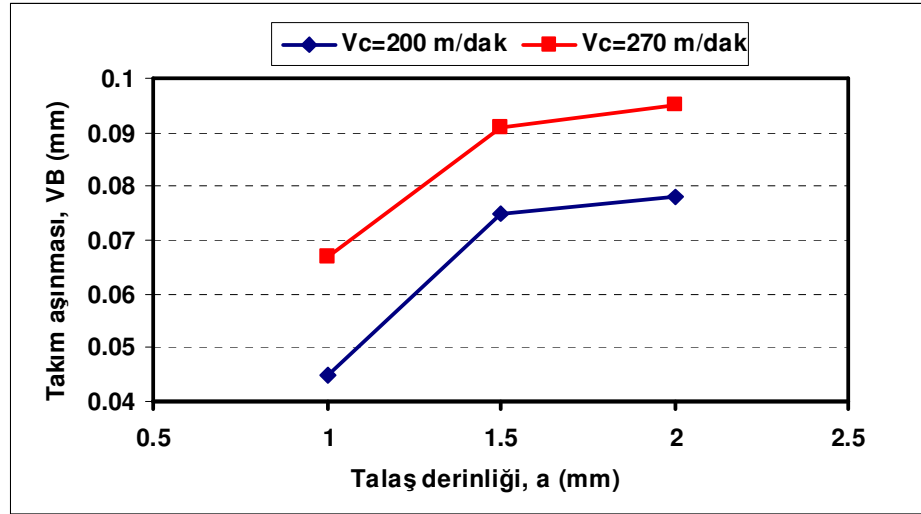


Şekil 4.13.  $f = 0,14$  mm/dev ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınma değişimi

İki grafikte de gözleendiği gibi kesme hızı ve talaş derinliğindeki artış aşınmayı da arttırmıştır. Şekil 4.12 'de kesme hızındaki artışla 1 mm talaş derinliği için aşınma oranında azalma gözlenmektedir. Kesme hızı 340 m/dak için diğer talaş derinliği ve ilerleme değerlerinde kesici takım kırılarak ömrünü tamamlamıştır. Bu katalog değerlerinde tavsiye edilen 320 m/dak kesme hızını doğrulamaktadır.  $\kappa = 93^\circ$  için kesme hızının aşınma üzerindeki etkisinin açık olarak görünmesine karşın orta ve yüksek talaş derinliği değerleri için aşınma değerlerinin değişmediği gözlenmektedir, bu ise bu talaş derinliklerinde talaş derinliğinin aşınmaya etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir.  $\kappa = 60^\circ$  için talaş derinliğinin aşınmaya etkisi daha net olarak görülmektedir.

#### 4. 1. 10. Talaş derinliğinin etkisi

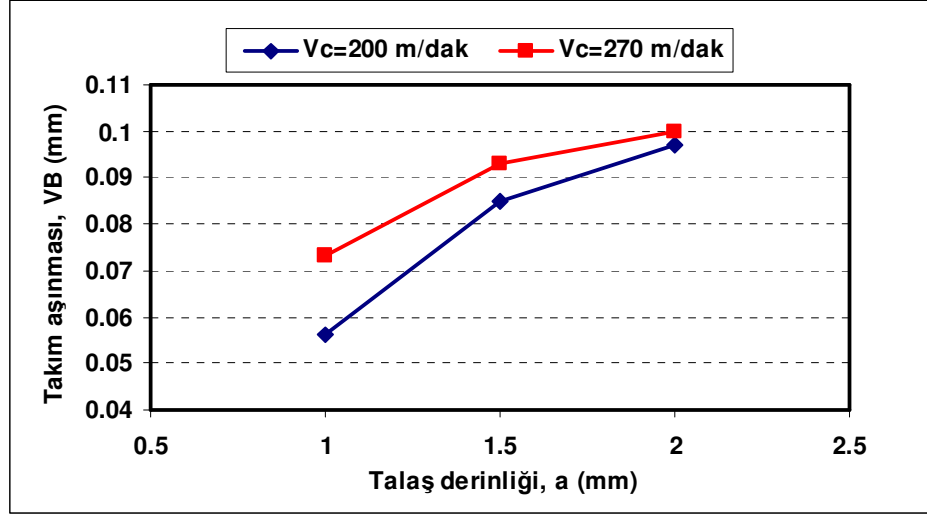
Burada sabit bir ilerleme değeri ve sabit bir yavaşma açısına bağlı olarak talaş derinliği ve kesme hızına bağlı aşınma değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.14.  $f = 0,14$  mm/dev ve  $\kappa = 93^\circ$  için aşınmadaki değişim

Kesme hızındaki ve talaş derinliğindeki artışla aşınmada da artış olmaktadır. Aşınma oranında talaş derinliği arttığında azalma olmaktadır. Düşük, orta ve yüksek talaş derinlikleri için aşınma artış miktarları yaklaşık olarak eşittir, bu ise yine talaş derinliğinin etkisinin aşınma artış miktarı üzerine etkisinin olmadığı anlamına gelmektedir. En yüksek aşınma değerine 2 mm talaş derinliği ve 270 m/dak kesme

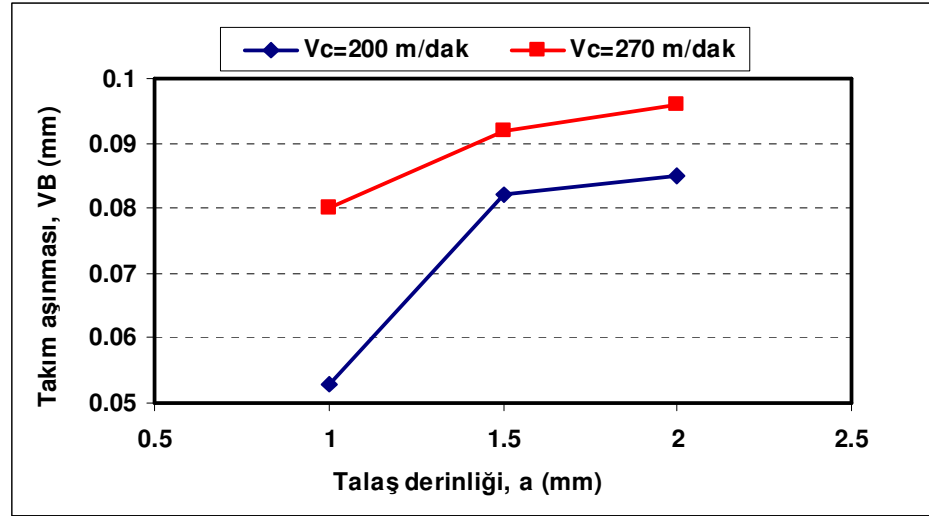
hızında ulaşılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi aşınma karakteristikleri her iki kesme hızı için de birbirine benzerdir.



Şekil 4.15.  $f = 0,14$  mm/dev ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınmadaki değişim

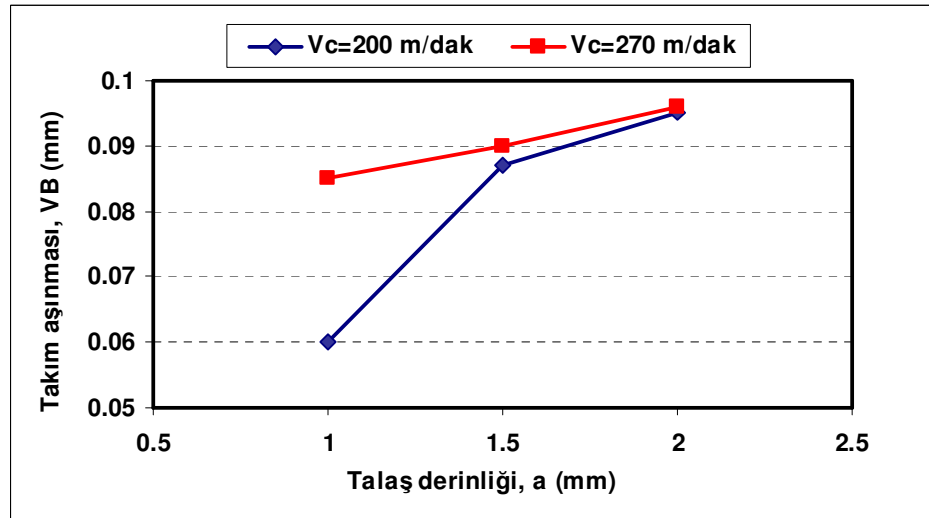
$\kappa = 60^\circ$  için verilen grafikte talaş derinliğinin artması aşınma artış oranını azaltmaktadır. En yüksek aşınma değerine yine 2 mm talaş derinliği ve 270 m/dak kesme hızında ulaşılmıştır. 2 mm talaş derinliği için grafikten de görüldüğü gibi aşınma miktarları her iki kesme hızı içinde birbirine çok yakındır.  $\kappa = 93^\circ$  için söz konusu olan düşük, orta ve yüksek talaş derinlikleri için aşınma artış miktarlarının yaklaşık olarak eşit olması burada söz konusu değildir. Dolayısıyla talaş derinliği arttıkça aşınma miktarları birbirine yaklaşmaktadır. Bu da aşınma talaş derinliği arttıkça kesme hızının aşınma miktarı üzerindeki etkisinin azaldığını göstermektedir.





Şekil 4.16.  $f = 0,18$  mm/dev ve  $\kappa = 93^\circ$  için aşınmadaki değişim

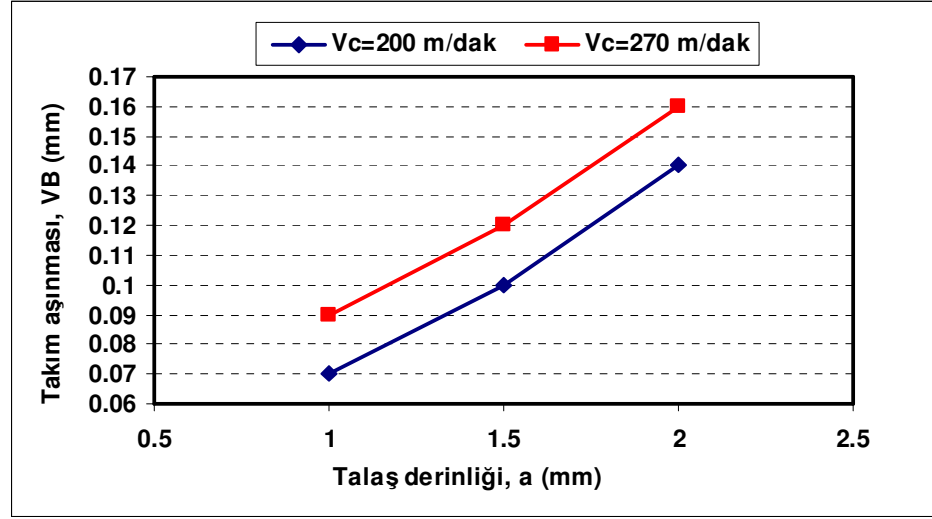
Şekil 4.16'da ki grafikte her iki kesme hızında da talaş derinliğinin artışı ile birlikte aşınma oranında azalma olmaktadır. Bu azalma 200 m/dak'lık kesme hızında daha belirgindir. Orta ve yüksek talaş derinliklerinde aşınma artış miktarları yaklaşık olarak eşittir.



Şekil 4.17.  $f = 0,18$  mm/dev ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınmadaki değişim

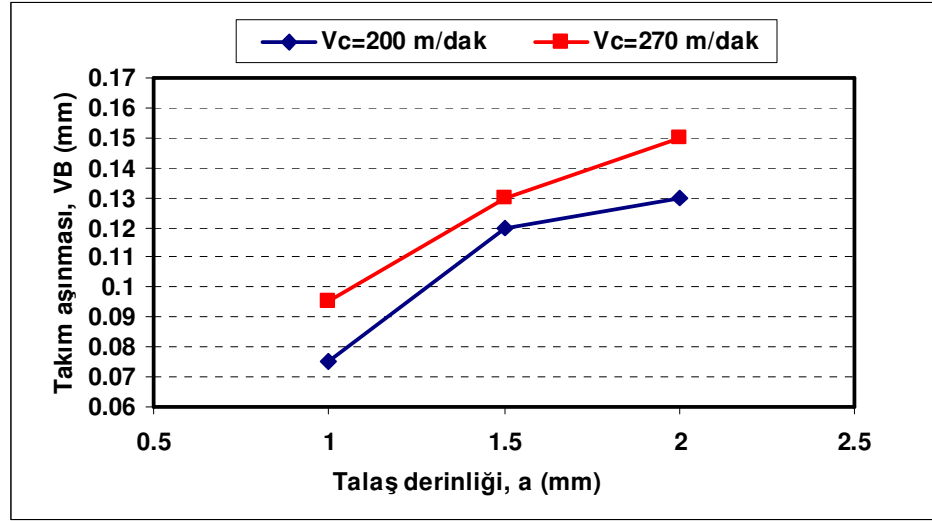
Şekil 4.17'deki grafikte 270 m/dak kesme hızında lineer bir aşınma artışı söz konusudur. 200 m/dak'lık kesme hızı için talaş derinliği 1,5 mm' ye çıktığında aşınma

oranı azalmıştır. 2 mm talaş derinliğinde ise aşınma değerleri her iki kesme hızı için birbirine çok yakındır. Dolayısıyla orta ve düşük talaş derinliklerinde aşınma üzerinde kesme hızının etkisi çok azdır. En fazla aşınma 2 mm talaş derinliği ve 270 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.



Şekil 4.18.  $f = 0,22$  mm/dev ve  $\kappa = 93^\circ$  için aşınmadaki değişim

Şekil 4.18' de her iki kesme hızı içinde lineere yakın bir aşınma artışı görülmektedir. Diğer durumlardan farklı olarak tüm talaş derinlikleri için (iki kesme hızı için de) aşınma karakteristikleri benzerdir. Bu durum diğer grafiklerle karşılaştırıldığında yüksek ilerlemelerde ve yüksek yaklaşma açılarında talaş derinliği etkisinin aşınma üzerinde ki etkisinin artması anlamına gelir.

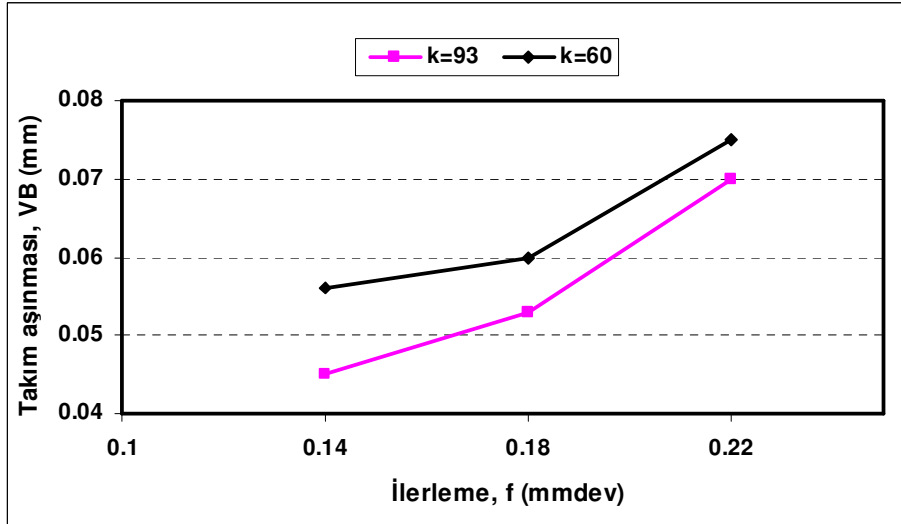


Şekil 4.19.  $f = 0,22$  mm/dev ve  $\kappa = 60^\circ$  için aşınmadaki değişim

Şekil 4.19'da talaş derinliğinin artışı ile aşınma oranında azalma meydana geldiği gözlenmektedir. Bu azalma 200 m/dak kesme hızı için daha belirgindir. Yüksek kesme hızında aşınma oranı lineere yaklaşmıştır.

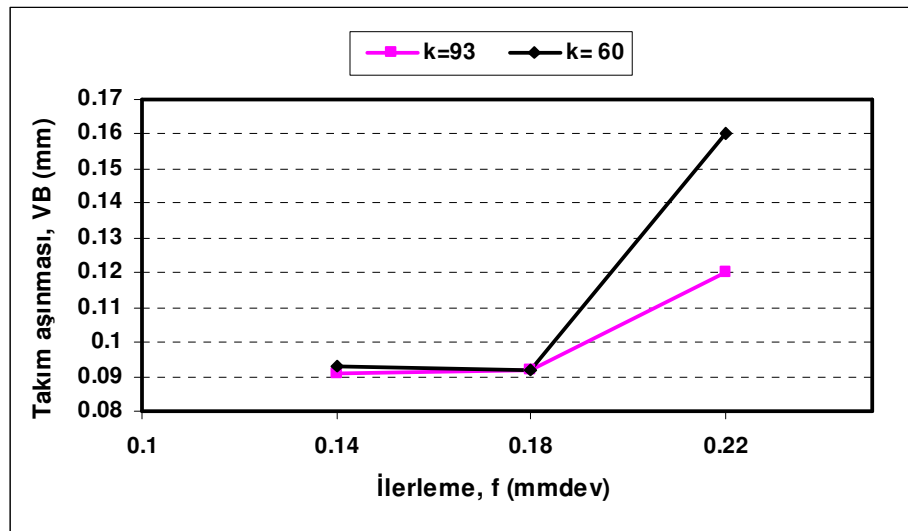
#### 4. 1. 11. Yanaşma açısının etkisi

Burada sabit bir talaş derinliği ve kesme hızı için yanaşma açısı ( $k$ ) değişimine bağlı olarak aşınma değişimleri ölçülmüştür.



Şekil 4.20.  $V_c = 200$  m/dak ve  $a = 1$  mm için aşınmadaki değişim

Her iki yanaşma açısı için aşınma değerleri birbirine çok yakındır ve aşınma karakteristikleri birbirine benzerdir. İlerleme değerindeki artışla birlikte iki yanaşma açısı içinde aşınma artış oranında artma gözlenmektedir. En yüksek aşınma değerine  $\kappa=60^\circ$  değerinde ulaşılmaktadır. İlerleme değerinin artışı  $\kappa = 90^\circ$  için aşınma artış oranını  $\kappa = 60^\circ$  yanaşma açısına göre daha fazla arttırmaktadır. Aynı zamanda aşınma değerleri ilerleme değeri arttıkça birbirine yaklaşmaktadır. Dolayısıyla yüksek ilerlemelerde yanaşma açısının aşınma üzerinde etkisinin azaldığı söylenebilir.



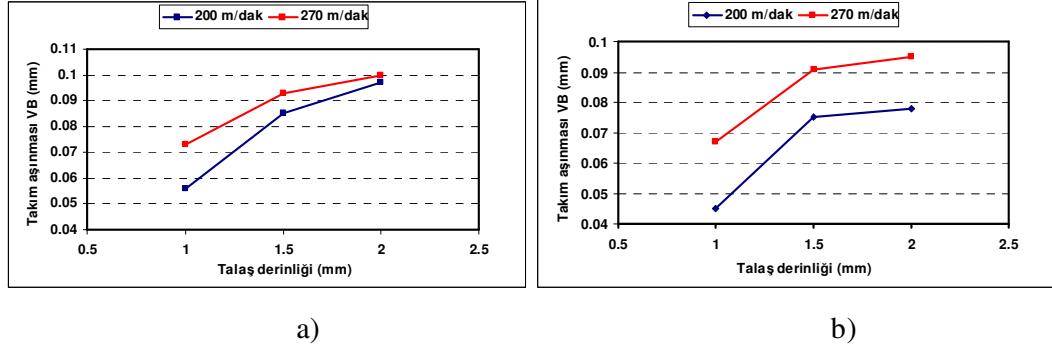
Şekil 4.21.  $V_c = 270$  m/dak ve  $a = 1.5$  mm için aşınmadaki değişim

En yüksek aşınma değerine 0,22 mm/dev ilerleme ve  $60^\circ$  lik yanaşma açısı değerinde ulaşılmaktadır. 1,5 mm talaş derinliği için 0,14 mm/dev ve 0,18 mm/dev ilerleme değerlerinde yanaşma açısının aşınma oranı üzerinde bir etkisinin olmadığı Şekil 4.18' de görülmektedir. İlerlemenin artması ile birlikte aşınma oranında belirgin bir artış meydana gelmektedir.

Talaş derinliği 1,5 mm'ye çıkmasıyla kesici kenar üzerine gelen talaş yükü artmakta, kesme hızının 270m/dak ya ulaşmasıyla da kesici kenara etkiyen sıcaklık artış göstermektedir. Bu durumda ilk giriş anında ki darbe etkisi yüksek ilerlemede yüksek kesici uç aşınmasına daha önemli bir etkide bulunmaktadır. 60 lik yanaşma açısının

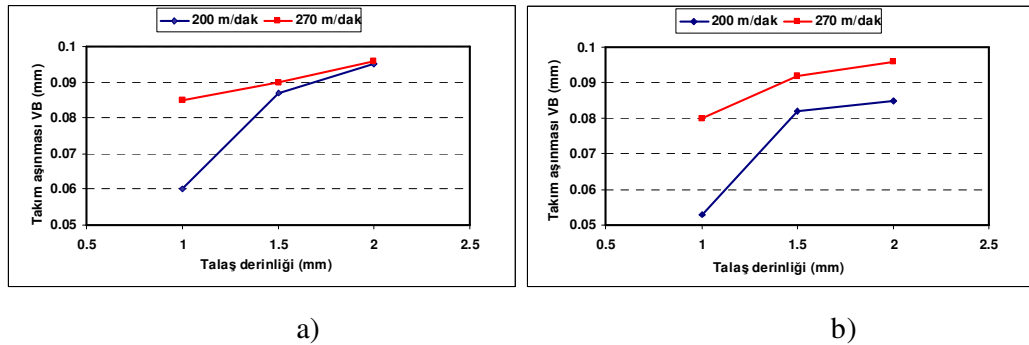
daha büyük aşınma değeri vermesi işlem süresince daha uzun kenarın temasta olması ile açıklanabilir.

Son olarak ilerleme sabit tutulmuş kesme hızı-yanaşma açısı-takım aşınması ilişkisi incelenmiştir. 0,14 mm/dev sabit ilerleme için iki farklı yanaşma açısı için elde edilen grafikler Şekil 4.22 ve Şekil 4.23' te gösterilmiştir.



Şekil 4.22. 0,14 mm/dev ilerleme, a)  $\kappa = 60^\circ$ , b)  $\kappa = 93^\circ$  için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim

Her iki yanaşma açısı içinde talaş derinliği artışıyla aşınma oranında (aşınma doğrusunun eğimi) azalma gözlenmiştir. Bu azalma 93°'lik yanaşma açısı için daha belirgindir. Küçük yanaşma açısında talaş derinliği artışı ile birlikte aşınma değerleri birbirine yaklaşmaktayken büyük yanaşma açısında aşınma artış oranı değişmemektedir. Kesme hızının aşınmaya etkisinin küçük yanaşma açılarında büyük yanaşma açılarında göre daha az olduğu grafiklerden gözlenmektedir. Burada da kesme hızının sabit tutulduğu duruma benzer olarak yanaşma açısı küçüldükçe aşınma miktarının arttığı gözlenmektedir. Bu durum tüm talaş derinlikleri için geçerlidir.



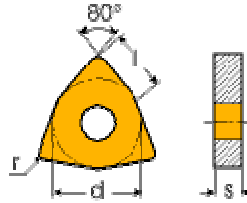
Şekil 4.23. 0,18 mm/dev ilerleme, a)  $\kappa = 60^\circ$ , b)  $\kappa = 93^\circ$  için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim

Benzer bir deney 0,18 mm/dev ilerleme için tekrarlanacak olursa 93°'lik yanaşma açısı için şekil 4.22'deki grafiğe benzer bir grafik elde edilmesine karşın, 60°'lik yanaşma açısı için 270 m/dak kesme hızında çalışıldığında takım aşınması lineer bir davranış göstermiştir (şekil 4.23). Bu durum bu kesme hızında 1 mm talaş derinliği için daha yüksek takım aşınması elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

## 4.2. 9SMnPb36 Otomat çeliği için ilk aşınma bölgesinin incelenmesi

### 4.2.1. Kesici takım tipi ve malzemesi

Kesici takım, işlenecek malzemeye ve yapılacak işleme göre seçilmiştir. İşlenecek malzeme kurşunlu otomat çeliği olduğundan ve yapılacak işlemenin orta kaba bir işlem olması nedeniyle bu takım kullanılmıştır. Takım ve takıma ait bilgiler Şekil 4.24 de verilmiştir.



Şekil 4.24 Kesici takım ve Kesici takıma ait bilgiler

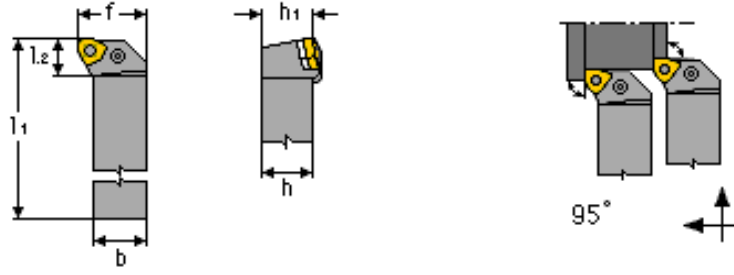
Tablo. 4.3 Kesici takıma ait ölçüler

l	d	s	r
8,70	12,700	4,76	0,80

Deney boyunca parça işlemede kullanılan takımı üzerinde bulunduran kater Şekil 4.25' te verildiği gibidir. Katerin markası Iscar olup, modeli PWLNR 2020-06 'dir. Katere ait teknik bilgiler Tablo 4.4' te verilmiştir.

Tablo 4.4 Iscar PWLNR 2020–06 kater ölçüler

h	h1	b	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	F	Ga°	Gr°	R / L
20	20	20	125	15	25	-6	-6	R



Şekil 4.25 Kater ve katere ait bilgiler

#### 4.2.2. İş parçası özellikleri

Deneilerde iki farklı malzeme kullanılmıştır: otomat çeliği olup Pb yerine %0.05 Bi ilave edilmiş 11SMn30 malzemesi ve 9SMnPb36 otomat çeliği. Kesme parametreleri Tablo da verilmiştir.



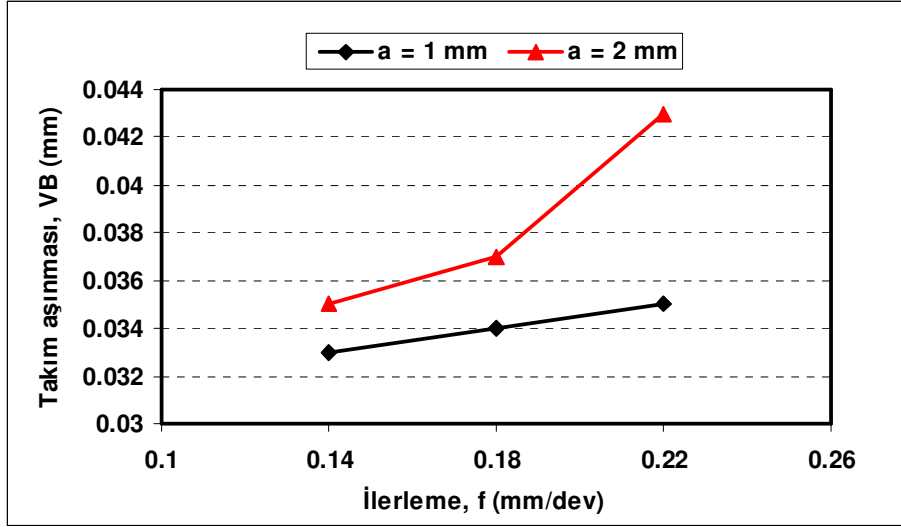
### 4.2.3. Kesme parametreleri

**Tablo 4.5** Deneylerde elde edilen başlangıç aşınması değerleri

İLK AŞINMA DEĞERLERİ VE KESME PARAMETRELERİ İLİŞKİSİ							
Malzeme	Uç tipi	Çap(mm)	f(mm/dev)	a(mm)	Vc (m/dak)	İşleme miktarı	İlk aşınma(mm)
11SMn30+Bi	WNMG	72,4	0,22	1,5	350	110mm	0,057
11SMn30+Bi	WNMG	73	0,14	1	350	220mm	0,06
9SMnPb36	WNMG	86	0,14	1,5	270	30mm	0,068
9SMnPb36	WNMG	72,4	0,22	1,5	350	30mm	0,071
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1	200	10sn	0,033
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1	270	10sn	0,034
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1	340	10sn	0,042
9SMnPb36	WNMG	90	0,18	1	200	10sn	0,034
9SMnPb36	WNMG	90	0,18	1	270	10sn	0,04
9SMnPb37	WNMG	90	0,18	1	340	10sn	0,045
9SMnPb38	WNMG	90	0,22	1	200	10sn	0,035
9SMnPb39	WNMG	90	0,22	1	270	10sn	0,038
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	1	340	10sn	0,046
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1,5	200	10sn	0,034
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1,5	270	10sn	0,036
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	1,5	340	10sn	0,043
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	1,5	200	10sn	0,031
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	1,5	270	10sn	0,033
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	1,5	340	10sn	0,035
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	2	200	10sn	0,035
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	2	270	10sn	0,037
9SMnPb36	WNMG	90	0,14	2	340	10sn	0,045
9SMnPb36	WNMG	90	0,18	2	200	10sn	0,037
9SMnPb36	WNMG	90	0,18	2	270	10sn	0,039
9SMnPb36	WNMG	90	0,18	2	340	10sn	0,044
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	2	200	10sn	0,043
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	2	270	10sn	0,043
9SMnPb36	WNMG	90	0,22	2	340	10sn	0,048

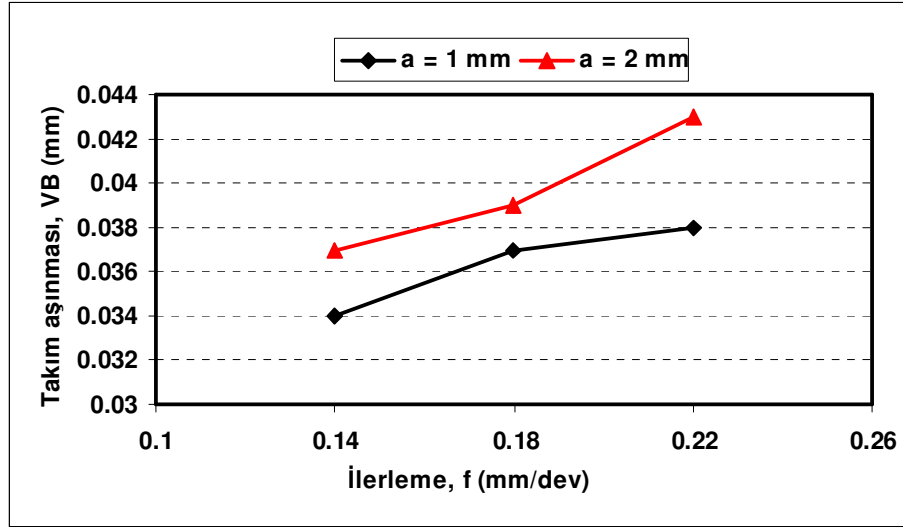
#### 4.2.4. İlerlemenin etkisi

9SMnPb36 otomat çeliği için sabit kesme hızına göre elde edilen grafiklerde, ilerleme ve talaş derinliğindeki değişime göre aşınma değerleri karşılaştırılmıştır.



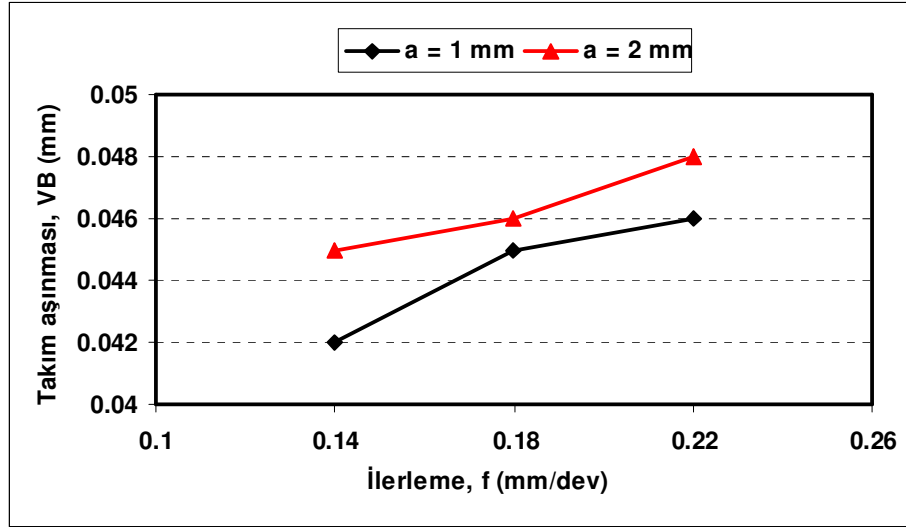
Şekil 4.26.  $V_c = 200$  m/dak için aşınma değişimi

Grafikte görüldüğü ilerleme hızının ve talaş derinliğinin artması ile birlikte aşınmada da artış olmaktadır. 1 mm talaş derinliği için aşınma lineer bir artış görülmektedir. Talaş derinliği 2 mm' ye çıktığında ise ilerleme artışı ile aşınma oranındaki lineer artış ortadan kalkmaktadır. Özellikle ilerleme değeri 0,22 mm/dev olduğunda aşınma oranının belirgin bir şekilde artışı söz konusudur. Bu durum 200 m/dak kesme hızı ve 2 mm talaş derinliği için aşınma oranı üzerinde ilerleme artışının etkili olduğunu göstermektedir. 1 mm talaş derinliğinde ise ilerleme artışının aşınma oranı üzerinde etkisi olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.27.  $V_c = 270$  m/dak için aşınma değişimi

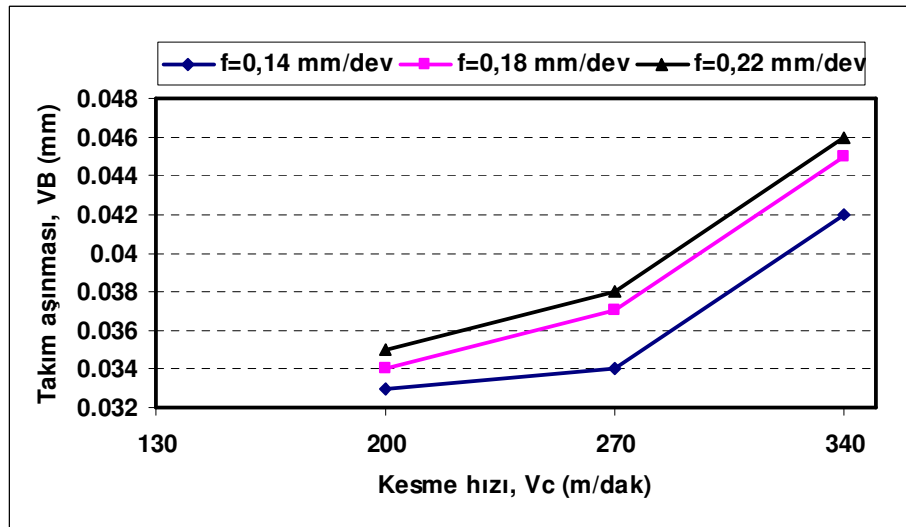
Kesme hızı 270 m/dak' ya çıktığında 1 mm talaş derinliğinde aşınma 0,18 mm/dev ilerleme değerine kadar artmış, ilerleme 0,22 mm/dev olduğunda ise aşınmanın değişmediği gözlenmiştir. Bu durum 1 mm paso için ortadan yükseğe değişen ilerlemenin aşınma üzerine bir etkisi olmadığı şeklinde açıklanabilir. 2 mm talaş derinliğinde ise ilerleme ile birlikte takım aşınmasında da artma olmuş ve 0,18 mm/dev ilerleme değerinden sonra yine önceki grafikte olduğu gibi aşınma oranı artmıştır. Burada da 2 mm talaş derinliği için ilerleme artışının aşınma oranını arttırıcı etkisi olduğu görülmektedir. Bu artış oranının 200 m/dak lık kesme hızı için çizilen grafikte (Şekil 4.26 ) karşılaştırıldığında daha düşük olduğu gözlenmektedir. 270 m/dak kesme hızı ile talaş kaldırıldığında düşük,orta ve yüksek ilerleme değerleriyle her iki talaş derinliği değeri için daha büyük aşınma değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.28.  $V_c = 340$  m/dak için aşınma değişimi

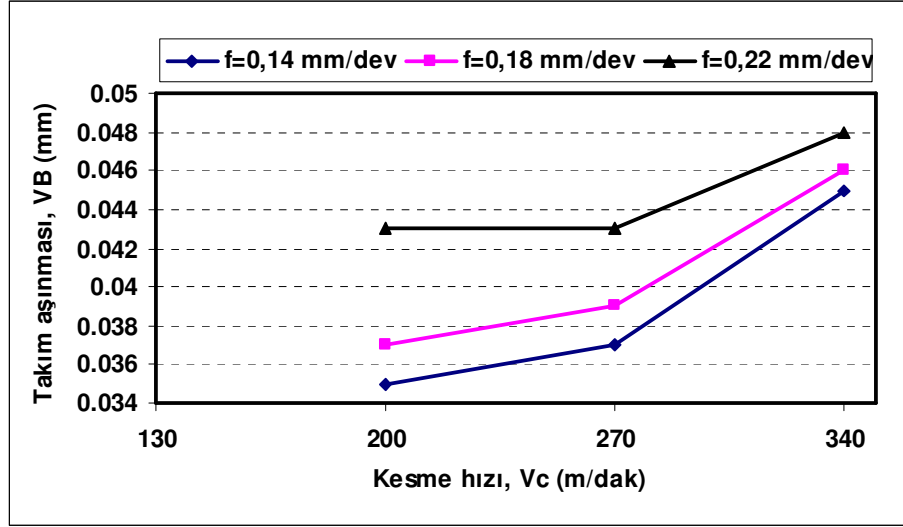
Kesme hızı 340 m/dak için 1 mm talaş derinliğinde ilerleme artışının aşınma oranını azaltıcı, 2 mm talaş derinliğinde ise aşınma oranını arttırıcı bir etkisi olduğu gözlenmektedir. Diğer kesme hızları ile karşılaştırıldığında ise ilerleme artışının aşınma oranı üzerinde kesme hızı arttıkça etkisinin azaldığı söylenebilir.

#### 4.2.5. Kesme hızının etkisi



Şekil 4.29.  $a = 1$  mm için aşınmada ki değişim

Şekil 4.29' da görüldüğü gibi kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi vardır bu 1 mm talaş derinliği için daha belirgindir. Düşük kesme hızı ve düşük ilerleme değerlerinde aşınmalara birbirine çok yakındır. Orta ve yüksek ilerlemelerde aşınma karakteristikleri benzerdir ve aşınmalar kesme hızı ne olursa olsun birbirine çok yakındır.

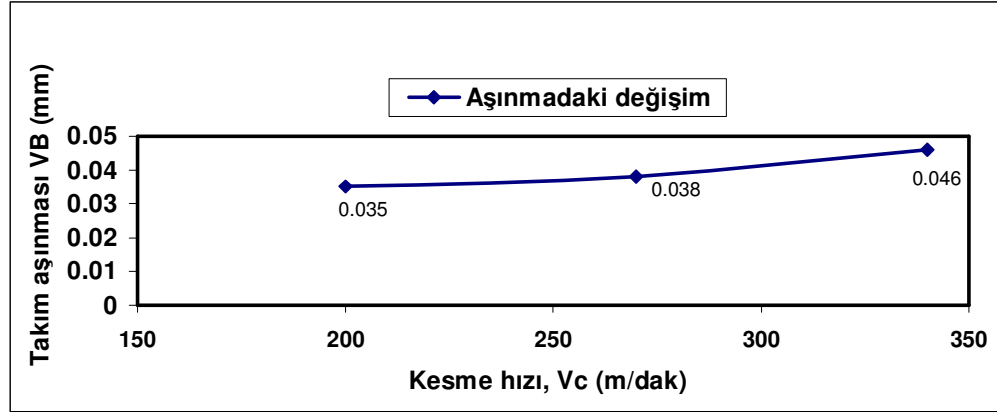


Şekil 4.30. a = 2 mm için aşınmada ki değişim

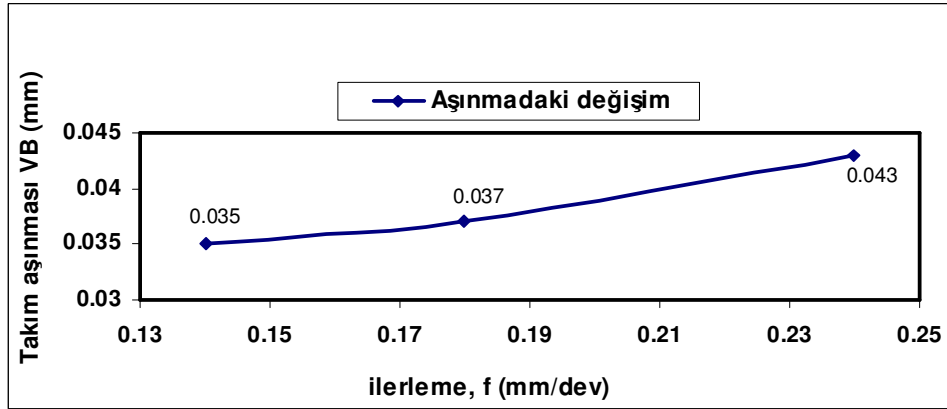
Şekil 4.30'da görüldüğü gibi 2 mm talaş derinliği için kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi vardır. 0,14 ve 0,18 mm/dev ilerlemeler için düşük kesme hızlarında aşınma karakteristikleri benzerdir ayrıca kesme hızı 340 m/dak ya çıktığında aşınma miktarlarının çok yakın olduğu görülmektedir. 0,22 mm/dev ilerleme için kesme hızının 200 m/dak dan 270 m/dak çıkmasının aşınma artışı üzerinde bir etkisinin olmadığı fakat kesme hızı 340 m/dak ya çıktığında ise aşınma oranının arttığı görülmektedir. Burada 2 mm talaş derinliği için özellikle düşük kesme hızında ilerlemenin aşınma üzerine büyük etkisi olduğu, kesme hızı arttıkça ilerlemenin aşınma üzerindeki etkisinin azaldığından söz edilebilir. Kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi olduğu şekil 4.30'dan da görülmektedir.

#### 4.2.6. 9SMnPb36 otomat çeliği için aşınma değişimlerinin yorumlanması

Talaş kaldırma işlemi başlangıcında yani ilk aşınma bölgesinde aşınma miktarı doğrusal olarak artış göstermektedir. Şekil 4.31'deki grafikte de görüldüğü gibi en yüksek kesme hızında en yüksek aşınma miktarı kaydedilmektedir.

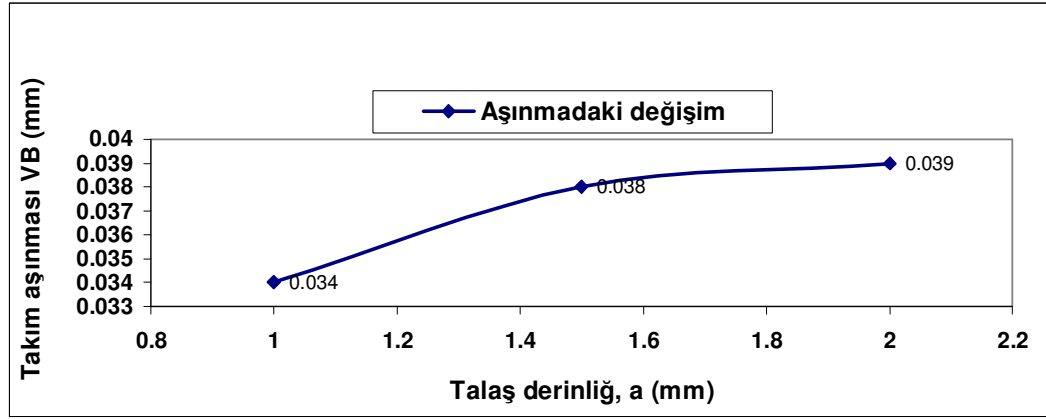


Şekil 4.31. Talaş derinliği 2 mm için kesme hızı arttıkça aşınmadaki değişim



Şekil 4.32 Talaş derinliği 2 mm için İlerlemedeki değişim ile aşınmadaki değişim

İlerleme miktarının ilk aşınma bölgesinde kesici uç üzerindeki aşınma miktarında ikinci büyük etken olduğu görülmektedir. Aşınma miktarı 0,24 mm/dev de 0,043 mm lik değer ile en büyük ikinci değerini almaktadır.

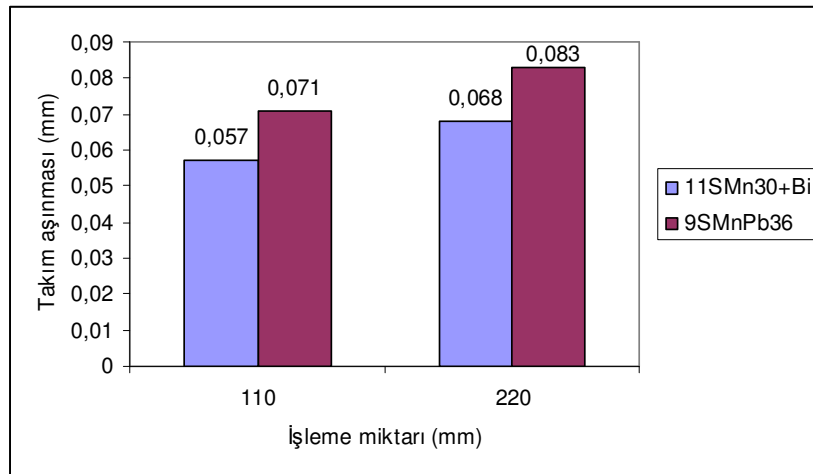


Şekil 4.33. Talaş derinliği 1,5 mm için paso arttıkça aşınmadaki değişim

Talaş derinliğinin artmasının aşınma artış oranı üzerinde azaltıcı etkisi vardır. Bu talaş derinliğinin aşınma artış oranı üzerindeki etkisinin kesme hızı ve ilerleme etkisine göre daha az olduğunu göstermektedir.

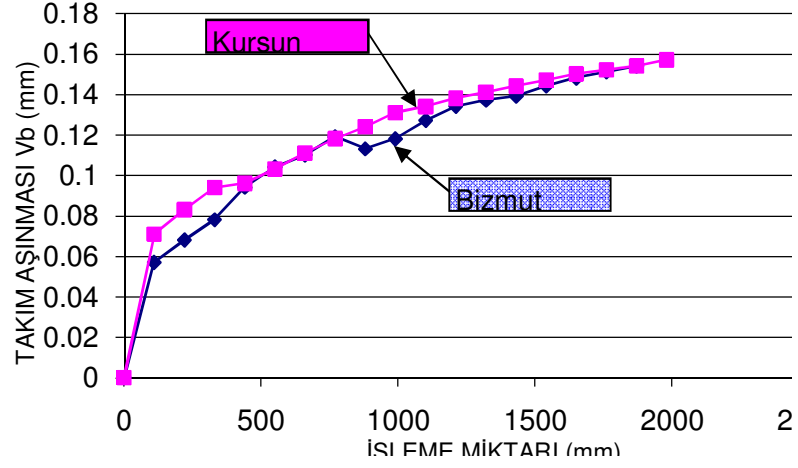
#### 4.3. 11SnMn30+Bi ve 11SnMnPb36 OTOMAT ÇELİKLERİNİN İLK AŞINMA BÖLGESİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Şekil 4.34' deki grafikte Bizmut katkısının aşınmadaki değişim üzerindeki olumlu etkisi gösterilmiştir. İlk aşınma bölgesinde aşınmanın Bizmut katkılı çelikte daha az olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.34 Bizmutlu ve Kurşunlu otomat çeliklerinin ilk aşınma bölgesi

Yapılan çalışmalarda her iki çelik için de aşınma karakteristiklerinin benzer olduğu görülmüştür. Eşit miktarda işlenen malzemelerden kurşun katkılı olan otomat çeliğindeki aşınma miktarı 0,163 mm olarak gözlemlenirken bizmut katkılı otomat çeliğinde 0,156 mm olarak gözlemlenmiştir.



Şekil 4.35 Takım aşınmasının işleme miktarı ile değişimi



#### 4.4. SONUÇLAR

Sabit bir kesme hızı ve yanaşma açısı için ilerlemenin etkisi dikkate alındığında düşük kesme hızlarında (200 m/dak) 1 mm talaş derinliğinde ilerleme artışının aşınma oranı üzerinde çok az etkide bulunduğu görülür. 1 mm talaş derinliğinden 1,5 mm talaş derinliğine çıkılması başlangıç aşınmasını yaklaşık iki kat arttırmıştır. Buna karşın 93°'lik yanaşma açısında orta ve yüksek talaş derinliklerinde düşük ve orta ilerlemelerde elde edilen aşınma değerleri hemen hemen eşittir. Bu ise bu talaş derinliği ve ilerleme değerleri için talaş derinliğindeki artışın aşınma üzerine etkisi olmadığı anlamına gelmektedir.

İki yanaşma açısı içinde düşük kesme hızlarında 1,5 ve 2 mm talaş derinliklerinde elde edilen aşınma miktarları yakın olmakla birlikte 1 mm talaş derinliğinde elde edilen aşınma değerlerine göre belirgin bir aşınma artışı meydana gelmektedir. Talaş derinliği ile birlikte ilerlemenin artmasının aşınma oranını artırıcı etkisi olduğu gözlenmektedir. 2 mm talaş derinliği için ilerleme artışının etkisi açık olarak görülmektedir.

Yüksek kesme hızlarında (270 m/dak) ilerlemenin aşınma üzerindeki etkisini incelediğimizde düşük kesme hızlarındakinden farklı olarak düşük talaş derinliği değerlerinde elde edilen aşınmaların büyük talaş derinliklerinde elde edilen aşınma miktarlarına yakın olduğunu söyleyebiliriz. Burada büyük yanaşma açısının en yüksek aşınma artışına yol açtığı ve 1,5 ve 2 mm talaş derinliğinde düşük ilerleme hızlarında elde edilen aşınma değerlerinin hemen hemen eşit olduğu gözlenmektedir. Bu ise bu ilerleme değerleri için orta ve yüksek talaş derinliklerinde talaş derinliğindeki artışın aşınma üzerine etkisi olmadığı anlamına gelmektedir. Talaş derinliği 2 mm iken ilerlemenin artışı ile birlikte belirgin bir aşınma artışı meydana gelmektedir.

340 m/dak kesme hızı değeri için uç ömrünü tamamlandığından yeterli karşılaştırma değerleri elde edilememiştir. Bu kesme hızı değerinde ucun ömrünü tamamlaması aynı zamanda kesici uç katalog değerlerini de doğrulamaktadır.

Sabit bir ilerleme ve yanaşma açısı için talaş derinliği etkisi dikkate alındığında, düşük ve orta ilerlemelerde talaş derinliğindeki artışla aşınma oranında azalma olmakta ve kesme hızının artışı ile aşınma miktarında artmaktadır. Yüksek ilerlemelerde ise aşınma oranının 60° lik yanaşma açısı için lineere yaklaştığı ve 93° lik yanaşma açısı için aşınmanın doğrusal bir artış gösterdiği görülmektedir. Dolayısı ile yüksek ilerlemelerde talaş derinliğinin aşınma üzerinde etkisi artmaktadır. Küçük yanaşma açısı ve düşük ilerlemelerde talaş derinliği artışı ile birlikte aşınma değerleri birbirine her iki kesme hızı içinde birbirine yakınken büyük yanaşma açısında aşınma artış miktarı değişmemektedir. Buda kesme hızının aşınmaya etkisinin küçük yanaşma açılarında büyük yanaşma açılara göre daha az olduğu göstermektedir.

Sabit bir talaş derinliği ve kesme hızında iki yanaşma açısının aşınma üzerindeki etkisini karşılaştıracak olursak; iki yanaşma açısı için aşınma değerleri birbirine çok yakın, aşınma karakteristikleri birbirine benzerdir. İlerleme değerindeki artışla birlikte iki yanaşma açısı için de aşınma oranında artma gözlenmektedir. En yüksek aşınma değerine  $\kappa=60^\circ$  değerinde ulaşılmaktadır. İlerleme değerinin artışı aşınma oranını  $\kappa = 93^\circ$  için  $\kappa = 60^\circ$  yanaşma açısına göre daha fazla arttırmaktadır. Aynı zamanda aşınma değerleri ilerleme değeri arttıkça birbirine yaklaşmaktadır. Dolayısıyla yüksek ilerlemelerde yanaşma açısının aşınma üzerinde etkisinin azaldığı söylenebilir.

Talaş derinliği 1,5 mm olduğunda en yüksek aşınma değerine 0,22 mm/dev ilerleme ve 60° lik yanaşma açısı değerinde ulaşılmaktadır. Bu talaş derinliği için düşük ve orta ilerleme değerlerinde yanaşma açısının aşınma oranı üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmektedir. İlerlemenin artışı ise aşınmayı belirgin şekilde arttırmaktadır.

Dolayısıyla; yanaşma açısının etkisi dikkate alındığında düşük talaş derinliklerinde aşınma oranının ilerleme artışı ile arttığı ve küçük yanaşma açısında daha yüksek aşınmaların elde edildiği görülmektedir. Düşük talaş derinliği değerleri için her iki yanaşma açısı içinde aşınma karakteristikleri benzerken talaş derinliği arttığında küçük ve orta ilerleme ilerleme değerlerinin iki yanaşma açısı içinde aşınma üzerinde etkisi olmadığı ve ilerleme değeri arttığında aşınma oranının belirgin bir şekilde arttığı gözlenmektedir.

Otomat çelikleri için ilerlemenin etkisi dikkate alındığında talaş derinliğini artışı ile birlikte ilerlemenin artması aşınma oranını arttırmaktadır. Bu artış düşük kesme hızlarında daha fazla olduğu görülmektedir. Kesme hızı arttıkça aşınma artış oranının üzerindeki ilerlemenin etkisi azalmaktadır.

İlerleme ve talaş derinliğinin artması ile birlikte aşınmada da artış olmaktadır. 1 mm talaş derinliği için aşınma lineer bir artış göstermektedir. Talaş derinliğinin artması ile ilerleme artışı aşınma oranındaki sabit artış ortadan kalkmaktadır. Özellikle yüksek ilerlemelerde (0,22 mm/dev) aşınma oranının belirgin bir şekilde artışı söz konusudur. Bu durum 200 m/dak kesme hızı ve 2 mm talaş derinliği için aşınma oranı üzerinde ilerleme artışının etkili olduğunu göstermektedir. Düşük talaş derinliklerinde (1 mm) ise ilerleme artışının aşınmayı arttırdığı ancak aşınma oranı üzerinde etkisi olmadığı görülmektedir.

Kesme hızı 270 m/dak' ya çıktığında 1 mm talaş derinliğinde aşınma 0,18 mm/dev ilerleme değerine kadar artmış, ilerleme 0,22 mm/dev olduğunda ise aşınmanın değişmediği gözlenmiştir. Bu durum 1 mm paso için ortadan yükseğe değişen ilerlemenin aşınma üzerine bir etkisi olmadığı şeklinde açıklanabilir. 2 mm talaş derinliğinde ise ilerleme ile birlikte takım aşınmasında da artma olmuş ve 0,18 mm/dev ilerleme değerinden sonra aşınma oranı artmıştır. Burada da 2 mm talaş derinliği için ilerleme artışının aşınma oranını arttırıcı etkisi olduğu görülmektedir. Bu artış oranının düşük kesme hızlarına oranla daha düşüktür. 270 m/dak kesme hızı ile talaş kaldırıldığında düşük, orta ve yüksek ilerleme değerleriyle her iki talaş derinliği değeri için daha büyük aşınma değerleri elde edilmiştir.

Kesme hızı 340 m/dak için 1 mm talaş derinliğinde ilerleme artışının aşınma oranını azaltıcı, 2 mm talaş derinliğinde ise aşınma oranını arttırıcı bir etkisi olduğu gözlenmektedir. Düşük kesme hızları ile karşılaştırıldığında ise ilerleme artışının aşınma oranı üzerinde kesme hızı arttıkça etkisinin azaldığı söylenebilir.

Sabit bir talaş derinliği ve ilerleme değerinde kesme hızı etkisi gözönüne alındığında kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi olduğu bu etkinin 1

mm talaş derinliği için daha belirgindir. Düşük kesme hızı ve düşük talaş derinliği değerlerinde ilerlemeler ne olursa olsun aşınmalar birbirine çok yakındır. Bu düşük kesme hızı ve düşük ilerleme değerlerinde ilerlemenin aşınma üzerinde etkisi az olduğu anlamına gelmektedir.

2 mm talaş derinliği için kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi vardır. 0,14 ve 0,18 mm/dev ilerlemeler için düşük kesme hızlarında aşınma karakteristikleri benzerdir, ayrıca kesme hızı 340 m/dak ya çıktığında aşınma miktarlarının çok yakın olduğu görülmektedir. 0,22 mm/dev ilerleme için kesme hızının 200 m/dak dan 270 m/dak çıkmasının aşınma artış oranı üzerinde bir etkisinin olmadığı fakat kesme hızı 340 m/dak ya çıktığında ise aşınma oranının arttığı görülmektedir.

Otomat çelikleri için kesme hızının etkisi göz önüne alındığında kesme hızı artışının aşınma oranını arttırıcı bir etkisi olduğundan söz edilebilir. Büyük talaş derinliğinin aşınma üzerinde büyük etkisi vardır ve 2 mm talaş derinliğinde en yüksek aşınma değerine ulaşılmıştır.

Otomat çeliklerde katkı maddesinin değişmesi de başlangıç aşınması üzerinde etkili olmaktadır. Otomat çeliklere kurşun elementi yerine bizmut katılması ile ilgili yapılan işlenebilirlik testlerinde bu etki açık olarak görülmektedir. Bizmutlu çeliklerde kurşunlu çeliklere göre ilk aşınma bölgesinde aşınma miktarı daha azdır.

**KAYNAKLAR**

Akkurt, M. (1993). Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi, İstanbul.

Anonim, ISO 3685: 1993 (E), Tool-life testing with single point tools, 1993.

Anonim (1994) “Modern Metal Cutting”, Practical Handbook, Sandvik, (1994).

Anonim. (1996). Üretim ve Tasarım. Makine Mühendisliği El Kitabı, 2(170):14.

Apple, C.A. (1989). The Relationship between Inclusions and the Machinability of Steel. Mechanical Working and Steel Processing Conference Proceedings. p. 415-426.

Boothroyd, G. (1981). Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools. International Student ed. 5<sup>th</sup> Printing, McGraw-Hill, New York.

Çiftçi, İ. (2004). AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinin Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla İşlenmesi Esnasında Oluşan Takım Aşınması. Teknoloji, 7(3):489-495.

Dolinsek, S., Sustarsic, B., Kopac J., (2001) Wear mechanisms of cutting tools in high-speed cutting processes. Wear, 250:349-356.

Endres, J.W. and Kountanya, R.K. (2002). The Effects of Corner Radius and Edge Radius on Tool Flank Wear. Journal of Manufacturing Processes, 4(2):89-96.

Essel, I. (2006). Machinability Enhancement of Non-Leaded Free Cutting Steels. Germany. p. 2-13.

Ferudun, N. (2005). Kaplamalı Kesici Uçlarda İlk Aşınma Bölgesinin İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Lisans Tezi, Bursa.

Gökkaya, H.ve Nalbant, M. (2006). Talaş Kaldırma Sırasında Isı Oluşumu Ve Dağılımı. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3(2):33-43.

Kalhuri, V. (2001) Modelling and Simulation of Mechanical Cutting, Lulea University of Thecnology, Doctoral thesis. Lulea, Sweden.

Kopac, J. (1998) Influence Of Cutting Material And Coating on Tool Quality and Tool Life, Journal of Materials Processing Technology 78:95-103.

Li, X.P., Ng, H.H., and Lim, S.C. (1999) A predictive mapping system for tool wear in metal cutting, Journal of Materials Processing Technology 89(90), 279-286.

Özbek, C., Hasçalık, A., Çaydaş, U., Karaca, F., Ünal, E. (2006). AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinin Tornalanması. FıratÜniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Üretim Bölümü, Elazığ.

Özdemir, U. ve Erten, M. (2003). Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi 1(1):37-50.

Sarhan, A., Sayed, R., Nassr, A.A., El-Zahry,R.M. (2001). Interrelationships between cutting force variation and tool wear in end-milling, Journal of Materials Processing Technology. 109:229-235.

Soderberg, S. and Hogmark, S., (1986). Wear Mechanisms and Tool Life of High Speed Steels Related to Microstructure. Wear, 110:315-329.

Stephenson, D.A. (1996). Metal Cutting Theory and Practice, Marcel Dekker Inc. New York.

Trent, E.M. (1991). Metal Cutting. Third Edition. Butterworth-Heinemann Ltd. Oxford.

Ucun, İ., Aslantaş, K., Taşgetiren, S., Gök, K. (2007). Östemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirin Sinterlenmiş Karbür Kesici Takım ile Tornalama İşleminde Takım Performansının İncelenmesi,. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 22(4):739-744.

Yırgal, Ç. ve Özgen, M. (2006). Kurşun Katkılı Çeliklerin İşlenebilirliği Etüdü. Lisans tezi. Bursa.

Zorev, N.N. (1966). Metal Cutting Mechanics. Pergamon Press, Oxford.

<http://www.iscar.com/Ecat/familyhdr.asp/fnum/448/app/13/mapp/IS/GFSTYP/M/lang/EN/type/1>, Erişim Tarihi: 02.06.2008. Konu: Kesici takım tipi ve malzemesi.

<http://www.iscar.com/Ecat/familyHDR.asp/fnum/283/app/13/mapp/IS/GFSTYP/M/type/1/lang/EN>, Erişim Tarihi: 02.06.2008. Konu: Kesici takım tipi ve malzemesi.

[http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP\\_toolwear\\_Toronto.pdf](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf), Erişim Tarihi: 02/06/2008. Konu : TakımAşınması.

[http://www.mame.mu.oz.au/manuf-sci3/436413/tool\\_wear.htm](http://www.mame.mu.oz.au/manuf-sci3/436413/tool_wear.htm), Erişim Tarihi: 02/06/2008. Konu : TakımAşınması.

[http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP\\_toolwear\\_Toronto.pdf](http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008. Konu: Belli Başlı Aşınma Tipleri, Krate aşınması, Krater yüzeyinde krater aşınmasının hesaplanması.

[http://www.sumitool.com/sumi\\_english/information/Turning-G.pdf](http://www.sumitool.com/sumi_english/information/Turning-G.pdf), Erişim tarihi : 02/06/2008. Konu: Turning Guidance.

<http://www.mkn.itu.edu.tr/~vuralmu/eut21.pdf>, Erişim tarihi: 02/06/2008. Konu: Talaş Kaldırmanın Teorisi.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalıőmamda bana destek olan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. M. Cemal ÇAKIR'a ve çalıőmalarımnda destek olan Cihat ENSARİOĞLUN'a ve çalıőmalarım sırasında kolaylık gösteren Makine Mühendisliği Bölümü çalıőanlarına ayrıca bugünlere gelmemde benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teőekkürlerimi sunarım.



## **ÖZGEÇMİŞ**

1980 yılında Bandırma da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimine Bandırma da devam etti. Lise öğrenimini Bandırma Teknik Lisesi Makine Bölümünde tamamladıktan sonra yine aynı alanda üniversite öğrenimi görmek için 2001 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalına kayıt yaptırdı. 2005 yılında üniversite öğrenimini bitirdikten sonra Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yüksek lisans öğrenimine başladı. Şu anda Uludağ Üniversitesinde yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

