

KESME PARAMETRELERİNİN BAŞLANGIÇ AŞINMASINA ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

*Kadir ÖZDEMİR**

*M. Cemal ÇAKIR**

Özet: Takım ömrü kesici takımın ve kesme koşullarının seçiminde dikkate alınması gereken önemli faktörlerden biridir. Bunun nedeni takım aşınmasının maliyetleri ve işleme kalitesini önemli derecede etkilemesidir. Takım ömrünün anlaşılabilmesi takımın ömrünü neden dolayı sonlandırdığının bilinmesine bağlıdır. Genellikle takım ömrü aşınma, plastik deformasyon ve kırılma sonucunda sona erer.

Bu çalışmanın amacı kesici takım geometrisinin ve kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına olan etkilerinin incelenmesidir. Takım aşınması üzerine çok fazla çalışma yapılmasına karşın başlangıç aşınması ile ilgili çalışma sayısı çok sınırlıdır. Bu çalışmada iş parçası malzemesi östemperlenmiş dökme demir olup kesici takım olarak ISO TNMG 160408 (K10) sinterlenmiş karbür kesici uçlar kullanılmıştır. İşlemlerde iki farklı yavaşma açısı (60° ve 93°) kullanılmış, böylelikle talaş derinliği, kesme hızı, ilerleme gibi kesme parametrelerinin yanısıra yavaşma açılarının da başlangıç aşınmasına etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Takım aşınması, başlangıç aşınması, yavaşma açısı, kesme parametreleri.

The Effects of Cutting Parameters On The Initial Wear in Machining Austempered Cast Irons

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.

The aim of this article is to study the influence of tool geometry and cutting parameters onto the initial wear. Although many works have been conducted on the tool wear and cutting parameter relations, there are not many works related with the initial wear development. In the experiments austempered ductile iron was used as the workpiece material and ISO TNMG 160408 (K10) sintered carbide inserts as the cutting tool. Two different entering angles (60° ve 93°) were employed in the experiments and the effects of cutting parameters, such as cutting depth, cutting velocity feed rate as well as the clearance angle onto the initial wear development was investigated.

Key Words: Tool wear, initial wear, clearance angle, cutting parameters.

1. GİRİŞ

Takım ömrü dolayısıyla bunun doğrudan bağlı olduğu takım aşınması üretim yöntemini önemli derecede etkilemektedir. Takım aşınmasının en aza indirilmesi için uygulamada kesme parametrelerinin ve takım geometrisinin doğru seçilmesi gerekir. Kesme parametrelerinin ve işleme koşullarının doğru seçilmesi takım ömrünü arttıracığından işleme verimliliğini de artırır.

ISO 3685 normlarında takım ömrü kriteri olarak 0,3 mm lik bir serbest yüzey aşınması değeri tanımlanmıştır (anonim), serbest yüzeydeki aşınma bu değere ulaşana dek kesici kenar kullanımında kalır. İlk aşınma bölgesi denilen bölgede takım çok kısa bir sürede 0,1 mm'lik bir serbest yüzey aşınması değerine ulaşmaktadır ki bu değer toplam serbest yüzey aşınma değerinin üçte biridir. Bu çalışmadaki amaç takım ömrü boyunca gerçekleşen aşınma gelişiminin değil sadece başlangıç aşınmasındaki hızlı gelişimin oluşum nedenlerinin sorgulanmasıdır.

* Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü, 16059, Görükle, Bursa.

Bu güne kadar çeşitli iş parçası malzemeleri için takım aşınması konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Malzeme cinsine bağlı, malzemenin içerisindeki katkı maddelerini değiştirerek, takım cinsine ve geometrisine bağlı, titreşime bağlı, kesme parametrelerine ve işleme esnasında soğutma sıvısı kullanımına bağlı olan çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ancak literatürde başlangıç aşınması konusunda herhangi bir deneysel çalışmaya rastlanmamıştır.

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. Tornalama deneyleri, sabit ilerleme, kesme derinliği ve 75 ile 250 Vm/dak 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 yanak aşınması meydana gelmiştir. Azalan östemperleme sıcaklığı ile takım ömrü azalmış ve ayrıca azalan östemperleme sıcaklığı da takım aşınmasının artmasına neden olmuştur.

Çiftçi (2004), AISI304 çeliğinin kaplanmış sementit karbür kesici uçla işlenmesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. 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 olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge, kesici takımın 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), AISI304 östenitik paslanmaz çeliğin WC ISO P10 sinterlenmiş karbür kesici takımla tornalanması ile ilgili çalışmada; kesme hızının artmasıyla serbest yüzey aşınmasının düştüğü görülmüştür. 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 210 m/dak kesme hızında arttığı gözlenmiştir. Bu nedenle AISI304 çeliklerini işlerken kesme hızının 200 m/dak'ı geçmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Endres ve Kountanya (2002), tarafından yapılan bir çalışmada ise kenar yarıçapı ve uç yarıçapının kesici takım talaş yüzeyinin aşınmasına etkileri araştırılmıştır. Çalışmalarda iş parçası olarak AISI 1040 çeliği kullanılmıştır. Kesici takım ise 5-10 µm kenar yarı çaplı ve 0,2, 0,8, 1,2, 1,6 mm uç yarıçaplı kesici takım kullanılmıştır. Sonuç olarak yüksek ilerlemelerde aşınmanın uç yarıçapının artması ile arttığı gözlenmiştir.

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. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak sertleştirilmiş ve temperlenmiş 50HRC sertliğinde çelik ve kesici takım olarak tek katmanlı kaplanmış (Ti, Al)N ve çok katlı (Ti, Al)N + TiN sinterlenmiş karbür kesici takımlar kullanılmıştır. 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 adhezyonun önemli bir aşınma meydana getirdiğini, takımdaki koruyucu kaplamanın yüksek sıcaklık ve darbeleri yüklerle parçalanabildiğini ve bunun sonucunda çok şiddetli aşınmalar oluştuğunu göstermişlerdir.

Li ve diğ. (1999), tarafından yapılan bir çalışmada iş parçası olarak AISI 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 transferini de hesaba katmışlardır. Daha sonra bu model ile takım talaş yüzeyindeki aşınmalar elde edilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalardan da görüldüğü gibi aşınma ile ilgili çok fazla çalışma yapılmış olmasına karşın özellikle başlangıç aşınmasıyla ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada iş parçası malzemesi olan östemperlenmiş dökme demir malzemelerin kullanılmasına

karşın bu malzemelerin gerek bileşimlerinin, gerek östemperleme sıcaklıklarının gerekse östemperleme sürelerinin talaş kaldırma işlemlerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Literatürde östemperlenmiş dökme demirlerle ilgili yapılan çok sayıda çalışma mevcuttur (Şeker ve Hasırcı 2006, Çakır ve diğ. 2005). Bu çalışmada literatürdeki bu çalışmalardan farklı olarak iş parçası malzemesi etkisinden bağımsız, sadece kesme parametrelerinin ve takım geometrisinin başlangıç aşınmasına etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2. TAKIM AŞINMA MEKANİZMALARI

2.1 Takım Aşınması

Takım aşınması mekanik ve kimyasal nedenlerle, kesici takımın kesici köşesinden küçük parçaların koparak ayrılmasıyla oluşmaktadır. Kesici takım geometrisi bozulmuş, üretilen parçada istenen yüzey kalitesi sağlanamıyor ve yeni takıma göre kullanılan gerekli kesme gücü artıyorsa kesici takım aşınmış olarak nitelendirilir.

Takım aşınmasının gerçek nedenini ve her nedenin etkisini % olarak hesaplamak oldukça zordur. Aşınma, kesici takımın malzeme sertliğine bağlı olarak iş parçası malzemesi sertliğine, kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği) ve kesicinin çalışma sıcaklığına 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).

Kesici takımında oluşabilecek olan çeşitli aşınma tipleri olan kesici kenar aşınması, talaş yüzeyi (krater) aşınması, takım ucu aşınması ve kesici uç kopması, takım ucu çatlakları ve ısıl çatlaklar aşağıda Şekil 1'de gösterilmiştir. ISO 3685'e göre takım aşınması kriteri olarak serbest yüzey aşınması (VB) kullanılır.



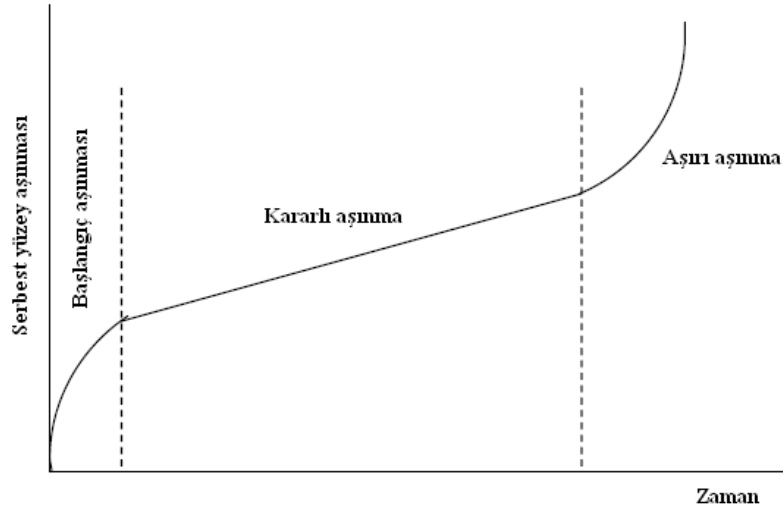
Şekil 1.

Belli başlı aşınma tipleri

(http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/6thCIRP_toolwear_Toronto.pdf)

2.2 Takım Aşınmasının Aşamaları

Aşınmalarda ilk andaki 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 (Ferudun, 2005).



Şekil 2.
Serbest yüzey aşınmasının zamana göre değişimi (Özdemir, U. ve Erten, M., 2003)

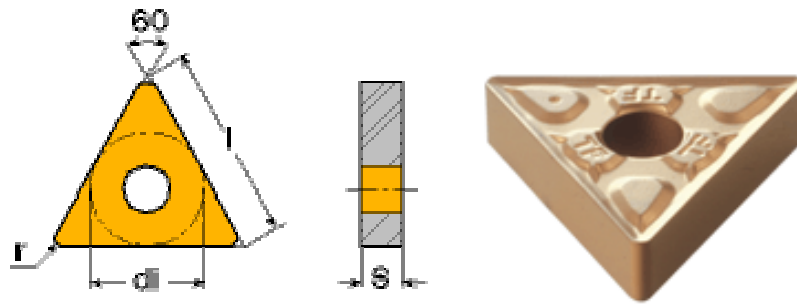
Normal olarak ilk aşınma aralığı $VB = 0,05 - 0,1$ mm'dir. Mikro çatlak, yüzey oksidasyonu ve karbon kayıp tabakası yüzünden ve üretim sırasında kesme takım ucundaki takım aşınması nedeniyle mikro seviyede pürüzlülük oluşur. Yeni kesici kenar için, küçük temas alanı ile yüksek temas basıncı nedeni ile daha yüksek bir aşınma oranı ortaya çıkar. İlk aşınmadan sonra mikro pürüzlülük gelişir. Bu bölgede aşınma genişliği ile kesme zamanı doğru orantılıdır. Bu aşınma gelişiminin lineer olması anlamına gelir (Yırgal, Ç. ve Özgen, M., 2006).

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.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kesici Takım Tipi ve Malzemesi

Kesici takım olarak ISCAR TNMG 160408-TF (K10) sinterlenmiş karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Takım tutucu olarak 60° 'lik yanaşma açısına sahip ISCAR MTENN 2020K – 16W kodlu takım tutucu ve 93° 'lik yanaşma açısına sahip ISCAR MTJNR 2020K – 16W kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Deneylerde yanaşma açısı κ simgesi ile gösterilmiştir.



Şekil 3.
Kesici takım



Şekil 4.

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

3.2. İş Parçası Özellikleri

Deneyde kullanılan iş parçası 400 °C’de östemperlenmiş 47,3 HRC sertliğinde dökme demir- dir. İş parçası deney öncesi 90 mm çap ve 240 mm boya sahiptir. İş parçasının kimyasal bileşimi Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1:
İş parçasının kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	Ni	Cu	P	S	Mo
3.72	1.95	0.198	0.015	0.582	0.0283	0.0093	0.0012

3.3. Kesme Parametreleri

Başlangıç aşınması inceleneceği için parça üzerinden kesici takımla ilk 10 sn boyunca talaş kaldırılmış ve 10. saniye sonunda (yapılan deneysel çalışmalarda ilk 10 saniyede takım ömrünün yaklaşık üçte birinin tüketildiği gözlenmiştir) takım ucundaki aşınma ölçülmüştür. Deneylerde, 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 2).

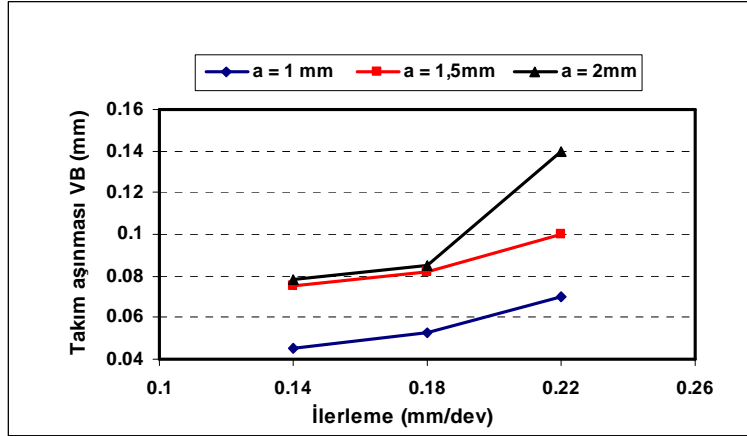
Tablo 2.
Kesme Parametreleri

Kesme Parametreleri	
Kesme hızı (V) (m/dak)	200 – 270 – 340
İlerleme miktarı (mm/dev)	0,14 – 0,18 – 0,22
Talaş derinliği (mm)	1 – 1,5 – 2
Yanaşma açısı (°)	60 – 93

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. İlerlemenin Etkisi

İlk olarak sabit bir kesme hızı ve sabit yanaşma açısı için talaş derinliğine ve ilerleme artışına bağlı olarak başlangıç aşınmasındaki değişim incelenmiştir. 1 mm talaş derinliğinden 1,5 mm talaş derinliğine çıkılması başlangıç aşınmasını yaklaşık iki kat artırmıştır. Buna karşın Şekil 5’teki grafikten de görüleceği gibi 1,5 ve 2 mm talaş derinliğinde 0,14 ve 0,18 mm/dev ilerleme hızlarında 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. Talaş derinliği ile birlikte ilerlemenin artmasının aşınma oranını artırıcı etkisi olduğu gözlenmektedir. 2 mm talaş derinliği için ilerleme artışının etkisi açık olarak görülmektedir.

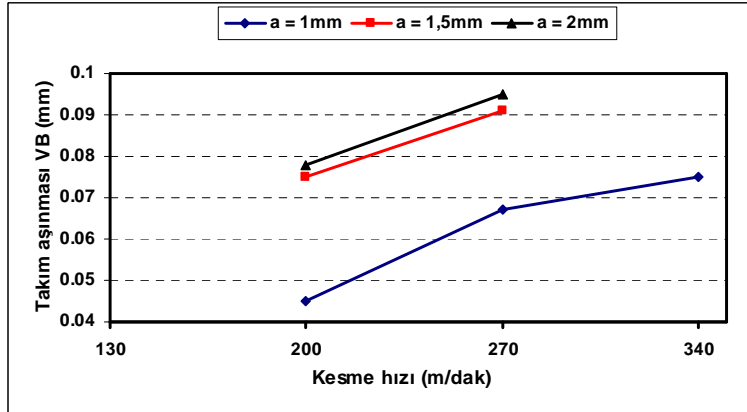


Şekil 5.

$\kappa = 93^\circ$ ve kesme hızı $V = 200$ m/dak için aşınma değişimi

4.2. Kesme Hızının Etkisi

Burada sabit bir ilerleme ve yanaşma açısı için talaş derinliği ve kesme hızındaki değişime göre aşınma değerleri karşılaştırılmıştır. Grafikte gözlendiği gibi kesme hızı ve talaş derinliğindeki artış aşınmayı da arttırmıştır. Şekil 6 'da kesme hızındaki artışla 1 mm talaş derinliği için aşınma oranında azalma gözlenmektedir. Tezgahın konvansiyonel bir tezgah olması ve hız ayarının kademeli olması nedeniyle çalışılmak zorunda kalınan 340 m/dak lık kesme hızı için orta ve yüksek talaş derinliklerinde kesici takım kırılarak ömrünü tamamlamıştır. Bu katalog değerlerinde tavsiye edilen 320 m/dak kesme hızını doğrulamaktadır. 1 mm talaş derinliğinden 1,5 mm talaş derinliğine çıkılması başlangıç aşınmasını yaklaşık iki kat arttırmıştır. Ancak orta ve yüksek talaş derinliği değerleri için aşınma değerlerinin değişmediği gözlenmektedir, bu ise orta ve yüksek talaş derinlikleri için talaş derinliğinin aşınmaya etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 6.

$\kappa = 93^\circ$ ve ilerleme 0,14 mm/dev için aşınma değişimi

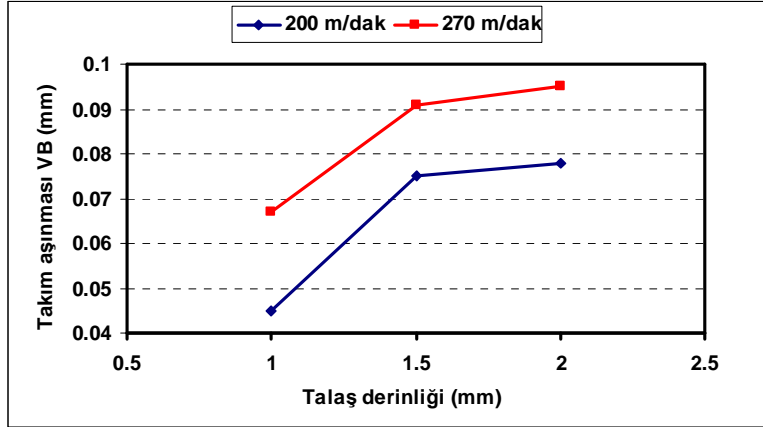
4.3. Talaş Derinliğinin Etkisi

Burada sabit ilerleme değerleri ve yanaşma açısı için talaş derinliği ve kesme hızına bağlı olarak aşınma değerleri karşılaştırılmıştır.

Kesme hızındaki ve talaş derinliğindeki artışla aşınmada da artış olmaktadır (Şekil 7). Aşınma oranı (aşınma doğrusunun eğimi) talaş derinliği arttığında azalmaktadır. Ancak düşük ilerlemelerde düşük, orta ve yüksek talaş derinlikleri için aşınma artış miktarı yaklaşık olarak eşittir, bu ise yine talaş

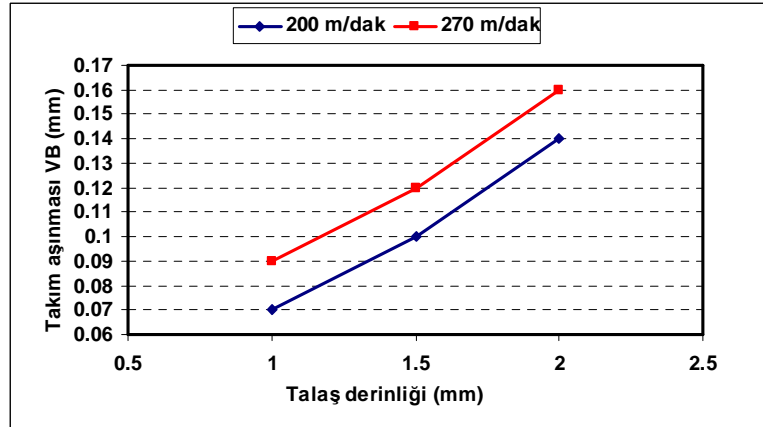
derinliğinin aşınma artış miktarı üzerine etkisinin olmadığı anlamına gelmektedir. En yüksek aşınma değerine 2 mm talaş derinliği ve 270 m/dak kesme hızında ulaşılmıştır. Grafikte görüldüğü gibi aşınma karakteristikleri her iki kesme hızı için de birbirine benzerdir.

Şekil 8’de her iki kesme hızı için de lineere yakın bir aşınma artışı görülmektedir. Ancak her iki hız için de yüksek ilerlemelerde talaş derinliği arttıkça aşınma oranı artmaktadır. Bu durum daha önceki bölümlerde öne sürülen savları desteklemektedir. Talaş derinliği ne olursa olsun aşınma artış miktarının sabit olduğu, başka bir deyişle talaş derinliğinin takım aşınma artış miktarına etkisinin olmadığı görülmektedir.



Şekil 7.

0,14 mm/dev ilerleme, $\kappa = 93^\circ$ için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim



Şekil 8.

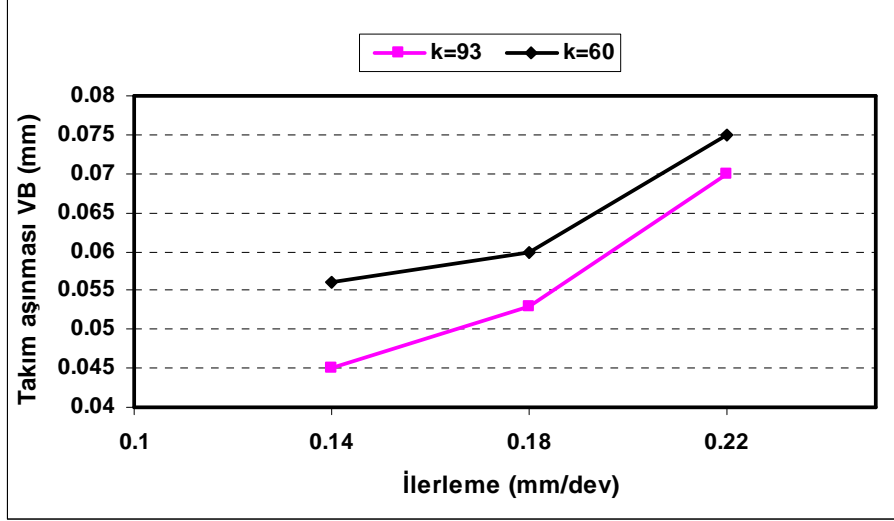
0,22 mm/dev ilerleme, $\kappa = 93^\circ$ için talaş derinliğine bağlı aşınmadaki değişim

4.4. Yanaşma Açısının Etkisi

Bu bölümde yanaşma açısının başlangıç aşınmasına etkisinin incelenmesi için deneylerde 60°'lik ve 93°'lik yanaşma açılarına sahip iki farklı takım tutucu kullanılmış, sabit kesme hızı ve sabit talaş derinliği için ilerleme-yanaşma açısı-takım aşınması ilişkisi incelenmiştir. İlk olarak kesme hızı 200 m/dak olacak şekilde sabit tutulmuş ve deneyler yapılmıştır. Grafikte k ile gösterilen değerler iki farklı yanaşma açısı içindir (Şekil 9 ve Şekil 10).

Her 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

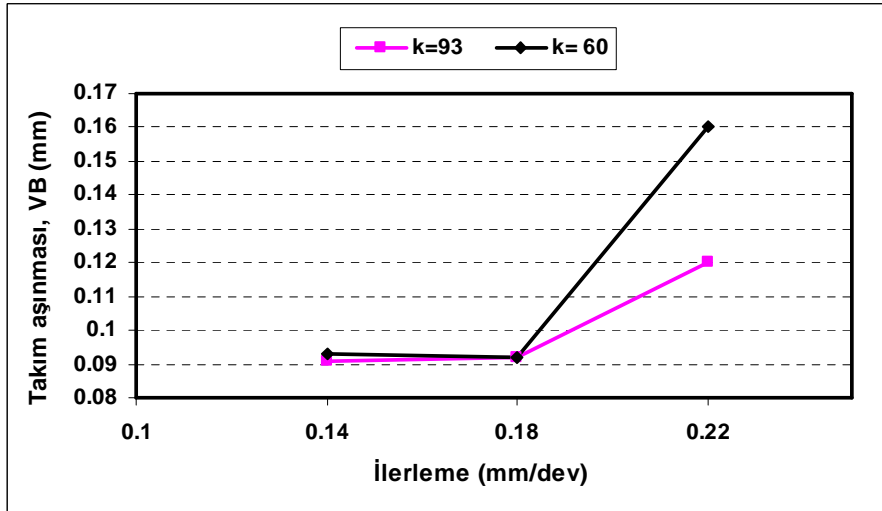
gözlenmektedir. En yüksek aşınma değerine $\kappa=60^\circ$ değerinde ulaşılmaktadır. İlerleme değerinin artışı $\kappa = 93^\circ$ için aşınma oranını $\kappa = 60^\circ$ yavaşma açısına göre daha fazla arttırmaktadır. Aşınma değerleri ilerleme değeri arttıkça birbirine yaklaşmaktadır (Şekil 9). Bu durum sabit kesme hızı ve sabit talaş derinliği için yüksek ilerlemelerde yavaşma açısının aşınma üzerinde etkisinin azaldığı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 9.

Talaş derinliği 1 mm ve kesme hızı 200 m/dak için aşınmadaki değişim

Talaş derinliği 1,5 mm olduğunda en yüksek aşınma değerine 0,22 mm/dev ilerleme ve 60° lik yavaşma açısıyla ulaşılmaktadır. Bu talaş derinliği için 0,14 mm/dev ve 0,18 mm/dev ilerleme değerlerinde yavaşma açısının aşınma oranı üzerinde bir etkisinin olmadığı Şekil 10'da görülmektedir. İlerlemenin artması ile birlikte aşınma oranında belirgin bir artış meydana gelmektedir.

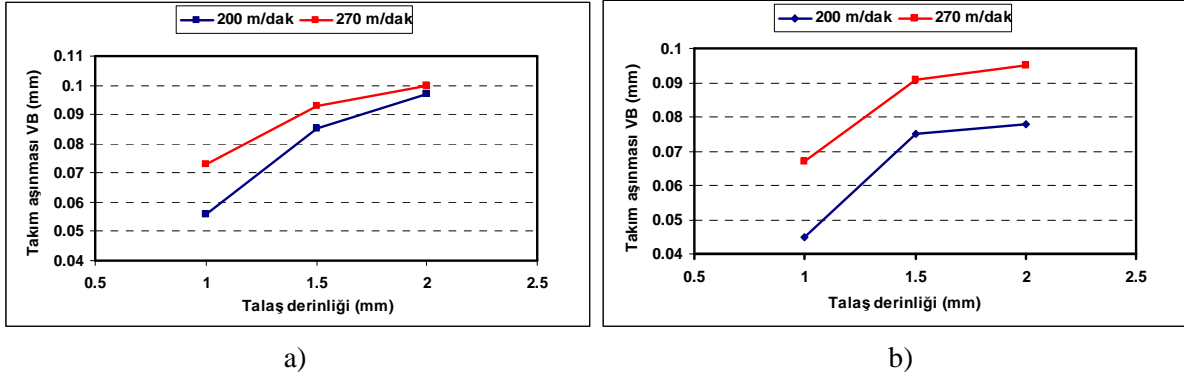


Şekil 10.

Talaş derinliği 1,5 mm ve kesme hızı 270 m/dak için aşınmadaki değişim

Talaş derinliğinin 1,5 mm'ye çıkmasıyla kesici kenar üzerine gelen talaş yükü artmakta, kesme hızının 270 m/dak ya ulaşmasıyla da kesici kenara etkiyen sıcaklık artış göstermektedir. Bu durumda ilk giriş anındaki 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 11'de gösterilmiştir.

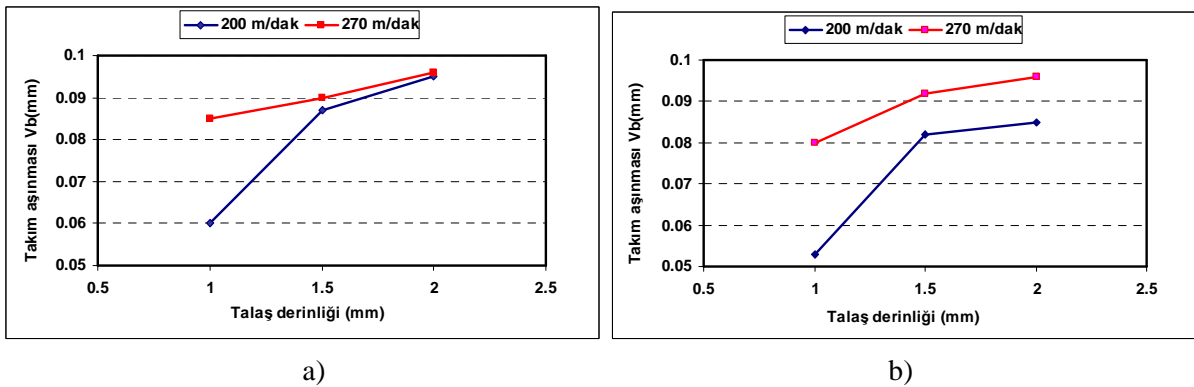


Şekil 11.

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

Her iki yanaşma açısı için de talaş derinliği artışıyla aşınma oranında azalma gözlenmiştir. Bu azalma 93°'lik yanaşma açısı için daha belirgindir. Küçük yanaşma açısında talaş derinliği artışı ile birlikte aşınma değerleri birbirine yaklaşıyorlarken büyük yanaşma açısında aşınma artış miktarı 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.

Benzer bir deney 0,18 mm/dev ilerleme için tekrarlanacak olursa 93°'lik yanaşma açısı için şekil 11'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 12). Bu durum bu kesme hızında 1 mm talaş derinliği için daha yüksek takım aşınması elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 12.

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

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- İlerlemenin aşınmaya etkisi dikkate alındığında; sabit bir kesme hızı ve yavaşma açısı için düşük (0,14 mm/dev) ve orta (0,18 mm/dev) ilerlemelerde, orta (1,5 mm) ve yüksek (2 mm) talaş derinlikleri için talaş derinliğinin aşınmaya etkisi yoktur, ancak talaş derinliği ile beraber ilerlemenin de artırılması aşınmayı önemli ölçüde arttırmaktadır.
- Kesme hızının aşınmaya etkisi dikkate alındığında; sabit bir ilerleme ve yavaşma açısı için kesme hızı ve talaş derinliğindeki artışın aşınmayı arttırdığı gözlenmiştir. Düşük talaş derinliğinden orta talaş derinliğine çıkılması başlangıç aşınmasını yaklaşık iki kat arttırmış, ancak orta ve yüksek talaş derinliği değerleri için aşınma değerinin değişmediği görülmüştür. Bu ise bu talaş derinlikleri için talaş derinliğinin aşınmaya etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir.
- Talaş derinliğinin aşınmaya etkisi dikkate alındığında; sabit ilerleme değerleri ve yavaşma açısı için talaş derinliği arttığında aşınma oranının azaldığı söylenebilir. Ancak düşük ilerlemelerde düşük, orta ve yüksek talaş derinlikleri için aşınma artış miktarı yaklaşık olarak eşittir, bu durum talaş derinliğinin aşınma artış miktarı üzerine etkisinin olmadığını bir kanıttır. En yüksek aşınma değerine 2 mm talaş derinliği ve 270 m/dak kesme hızında ulaşılmıştır. Yüksek ilerlemelerde (0,22 mm/dev) talaş derinliği arttıkça aşınma oranı artmaktadır. Burada yine ilerleme yüksek olduğunda talaş derinliğinin de yüksek olması halinde aşınma oranının arttığı savı doğrulanmaktadır.
- Sabit bir kesme hızı için ilerleme arttıkça iki yavaşma açısı için de aşınma oranında artma gözlenmektedir, ancak $\kappa = 93^\circ$ için bu artış oranı daha yüksektir. Aşınma değerleri ilerleme değeri arttıkça birbirine yaklaşmaktadır, dolayısıyla yüksek ilerlemelerde yavaşma açısının aşınma üzerinde etkisinin azaldığı söylenebilir.
- Orta talaş derinliklerinde ve orta ve düşük ilerlemelerde yavaşma açısının aşınmaya etkisinin olmadığı gözlenmektedir. İlerleme arttığında yavaşma açısının etkisi ortaya çıkmaktadır. Bu talaş derinliği için en yüksek aşınma değerine 0,22 mm/dev ilerleme ve 60° lik yavaşma açısı ile ulaşılmıştır.
- Sabit bir ilerleme için küçük yavaşma açısında ($\kappa = 60^\circ$) talaş derinliği artışı ile birlikte aşınma değerleri birbirine yaklaşmaktayken büyük yavaşma açısında ($\kappa = 93^\circ$) aşınma artış miktarı değişmemektedir. Her iki yavaşma açısı için de talaş derinliği artışıyla aşınma oranında azalma gözlenmiştir. Kesme hızının aşınmaya etkisinin özellikle küçük yavaşma açılarında daha azdır.

Bu sonuçlardan yola çıkarak ve başlangıç aşınmasının çok kısa bir süre içinde 0,1 mm değerine ulaştığı dikkate alınarak östemperlenmiş dökme demirlerin tornalanması için şu öneriler yapılabilir:

- Orta ve düşük ilerlemelerde çalışılması halinde 1,5 mm ve 2 mm'lik talaş derinliklerinde çalışılması arasında takım aşınması açısından farklılık yoktur, ekonomiklik açısından 2 mm talaş derinliği daha uygundur.
- Orta ve düşük ilerlemelerde çalışılması halinde yavaşma açısının aşınmaya etkisi yoktur.
- Yüksek ilerlemelerde çalışılmaktan kaçınılmalıdır, ilerleme artışı hem talaş derinliğinin hem de yavaşma açısının etkisini ortaya çıkarmaktadır. En yüksek aşınma değerlerine yüksek ilerleme değerlerinde ulaşılmaktadır.
- Sabit bir kesme hızı için küçük yavaşma açısı (özellikle yüksek ilerlemelerde) daha fazla aşınmaya neden olmaktadır, dolayısıyla $\kappa = 93^\circ$ lik bir yavaşma açısı daha uygun bir açıdır.
- Küçük yavaşma açısında çalışılması halinde özellikle yüksek talaş derinliklerinde kesme hızının aşınmaya etkisi çok azdır, bu durumda kesme hızının yüksek seçilmesi ekonomiklik açısından yararlıdır.

KAYNAKLAR

1. Anonim, ISO 3685: 1993 (E), Tool-life testing with single point tools, 1993
2. Çakır, M.C., Bayram, A., Işık, Y., Salar, B. (2005) The effects of austempering temperature and time onto the machinability of austempered ductile iron, *Materials Science and Engineering: A*, 407 (1-2), 147-153.
3. Çiftçi, İ. (2004) AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinin Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla İşlenmesi Esnasında Oluşan Takım Aşınması, *Teknoloji*, 7(3), 489-495.
4. Dolinsek, S., Sustarsic, B., Kopac J., (2001) Wear mechanisms of cutting tools in high-speed cutting processes, *Wear*, 250, 349-356.
5. 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.
6. Ferudun, N. (2005) Kaplamalı Kesici Uçlarda İlk Aşınma Bölgesinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Lisans Tezi, Bursa.
7. Kopac, J. (1998) Influence of Cutting Material And Coating on Tool Quality and Tool Life, *Journal of Materials Processing Technology* 78, 95-103.
8. 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
9. Özbek, C., Hasçalık, A., Çaydaş, U., Karaca, F., Ünal, E. (2006) AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğinin Tornalanması, Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Üretim Bölümü, Elazığ.
10. 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.
11. Şeker, U., Hasırcı, H. (2006) Evaluation of machinability of austempered ductile irons in terms of cutting forces and surface quality, *Journal of Materials Processing Technology* 173 (3), 260-268.
12. Uçun, 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.
13. Yırgal, Ç. ve Özgen, M. (2006) Kurşun Katkılı Çeliklerin İşlenebilirliği Etüdü, Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Makale 03.06.2008 tarihinde alınmış, 23.06.2008 tarihinde düzeltilmiş, 19.06.2008 tarihinde kabul edilmiştir. İletişim Yazarı: M. C. Çakır (cemal@uludag.edu.tr).