

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AISI D6 SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN
TORNALANMASINDA TAKIM AŞINMASI VE YÜZEY
PÜRÜZLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Mak. Müh. Nihat PARLAK

Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER

EYLÜL-2012

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AISI D6 SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN TORNALANMASINDA TAKIM
AŞINMASI VE YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Nihat PARLAK
(091120105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 14.08.2012

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.09.2012

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR
: Doç. Dr. Nihat TOSUN

EYLÜL-2012

TEŞEKKÜR

Özverili bir çalışma sonucunda ortaya çıkan bu tezin hazırlanmasında; değerli bilgisini, tecrübelerini, zamanını esirgemeyen ve çokça desteğini gördüğüm, çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER'e teşekkür ederim. Ayrıca Makine Mühendisliği Atölye personeline yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Maddi desteklerinden dolayı, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Nihat PARLAK
ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. GENEL BİLGİLER	11
3.1. Takım Çelikleri.....	11
3.1.1. Sıcak İş Takım Çelikleri	11
3.1.2. Soğuk İş Takım Çelikleri.....	12
3.1.2.1. Yağda Sertleştirilmiş Soğuk İş Takım Çelikleri (O Tipi)	15
3.1.2.2. Havada Sertleştirilmiş Orta Alaşımli Soğuk İş Takım Çelikleri (A Tipi).....	15
3.1.2.3. Sertleştirilmiş Yüksek Alaşımli Soğuk İş Takım Çelikleri (D Tipi)	16
3.1.2.4. Soğuk iş takım çelik çeliklerini kullanma yerleri	16
3.2. Takım Aşınması ve Ölçümü	17
3.2.1. Ana Serbest Yüzey Aşınması	19
3.2.2. Talaş Yüzeyi Aşınması.....	19
3.2.3. Çentik Aşınması	19
3.2.4. Yan Yüzey Aşınması	20
3.3. Kesici Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler	20
3.4. Takım Aşınmasının Ölçümü.....	21
3.5. Takım Ömrü	23
3.5.1. Genişletilmiş Takım Ömrü Denklemi	25
3.6. Takım Ömrü Kıstasları	25
3.7. Yüzey Pürüzlülüğü	26
3.7.1. Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler	30
3.7.2. Yüzey Pürüzlülüğünde ölçümünde Kullanılan Standartlar	31
3.8. Kesici Takımlar	32
3.8.1. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri	33

3.8.2.	Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS).....	33
3.8.3.	Sert Maden Uçlu Kesiciler (Sinterlenmiş Karbürler)	34
3.8.3.1.	Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler.....	34
3.8.4.	Seramik Kesiciler	35
3.8.5.	Sermet Kesici Takımlar	36
3.8.6.	Siyalonlar.....	36
3.8.7.	Coronite	37
3.8.8.	Elmas Takımlar	37
3.8.9.	Kübik Bor Nitrür (CBN)	37
3.8.10.	Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür (PCBN)	38
4.	MATERYAL VE METOD	40
4.1.	Materyal.....	40
4.1.1.	İş Parçası Malzemesi	40
4.1.2.	Takım Tezgahı.....	41
4.1.3.	Takım Malzemesi	41
4.1.4.	Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri	42
4.2.	Deney Şartlarının Belirlenmesi	42
5.	DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	44
5.1.	Takım Ömrünün Belirlenmesi	45
5.1.1.	Kesme Hızının Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi	49
5.1.2.	İlerleme Miktarının Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi.....	52
5.1.3.	Talaş Derinliğinin Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi	55
5.2.	Yüzey Pürüzlülük Deneyleri	58
5.2.1.	Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	59
5.2.2.	İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	61
5.2.3.	Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	63
5.3.	Takım Ömür ve Yüzey Pürüzlülük Denkleminin Belirlenmesi	66
6.	GENEL SONUÇLAR.....	69
	KAYNAKLAR.....	71
	EKLER	76
	ÖZGEÇMİŞ	82

ÖZET

Artan ihtiyaçlar, ekonomik rekabetler ve teknolojik gelişmeler yeni araştırmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır. Yeni teknolojik malzemelerin elde edilmesinde son yıllarda oldukça fazla araştırmalar yapılmakta olup, bu malzemelerin işlenmesi araştırmaların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu malzemelerden biri de soğuk iş takım çelikleridir. Soğuk iş takım çeliklerinin kullanımları oldukça yaygındır. Aşınma dayanımları ve tokluk özelliklerinden dolayı kalıp veya takım malzemesi olarak tercih edilirler.

Bu çalışmada ısıtıl işlem sonrası sertliği 62 HRc olan AISI D6 soğuk iş takım çeliği torna tezgahında işlenmiştir. Çalışmada Kübik Bor Nitrür (CBN) kesici takım uçlar kullanılmış ve farklı kesme parametrelerinde (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği) deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda kesme parametrelerinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiş, takım ömrünün ve yüzey pürüzlülüğünün matematiksel modelleri elde edilmiştir. Bu inceleme neticesinde kesme hızının, ilerlemenin ve talaş derinliğinin artmasıyla takım ömrünün hızlı bir şekilde düştüğü görülmüştür. Ayrıca kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü azaltmış buna karşılık ilerleme ve talaş derinliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır. Yüzey pürüzlülüğüne kesme hızının ve talaş derinliğinin etkisi ilerlemeye göre daha az seviyede olmuştur.

Anahtar kelimeler: Takım aşınması, Yüzey pürüzlülüğü, AISI D6, Tornalama.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF TOOL WEAR AND SURFACE ROUGHNESS IN TURNING OF COLD WORK STEEL AISI D6

Economic rivalries and technological developments lead to be made a new research. Recently more researches have been done to obtain new technological materials machinability of these materials constitute an important part of these researches. One of these materials is cold work tool steels. Use of cold work tool steel is very common. They are preferred as a mold or tool materials because of its abrasion resistance and toughness properties.

In this study, after the heat treatment AISI D6 cold work tool steel with hardness 62 HRC machined in lathe. In the study, Cubic Boron Nitride (CBN) cutting tools used and the experiments have been performed under different cutting parameters (cutting speed, feed and cutting depth). In these experiments, effect of cutting parameters on the tool life and on surface roughness were observed, and finally the mathematical models of tool life and surface roughness were obtained. As a result of the research, it was also observed that while cutting speed, feed rate and depth of cut are increasing, the tool life time is decreasing rapidly. Also, the increase of cutting speed reduced the surface roughness. On the other hand, the increase of feed rate and depth of cut raised the surface roughness. The effect of cutting speed and depth of cut on surface roughness was less than feed rate.

Key words: Tool wear, Surface roughness, AISI D6, Turning.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1.	Kesici takımındaki aşınma bölgeleri. 18
Şekil 3.2.	Kesme parametrelerinin takım sıcaklığı etkisi. 21
Şekil 3.3.	TS 10329 göre takım aşınması bölgeleri. 22
Şekil 3.4.	Taylor logaritmik takım ömrü eğrisi. 24
Şekil 3.5.	Yüksek hız çeliği takımın kesme hızı-ömür eğrisi. 25
Şekil 3.6.	Yüzey pürüzlülük grafiği. 27
Şekil 3.7.	Yüzey kalitesini tayin eden faktörler 28
Şekil 3.8.	Ra ile Rp arasındaki ilişki 30
Şekil 4.2.	Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü 42
Şekil 5.1.	Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi 46
Şekil 5.2.	Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi 47
Şekil 5.3.	Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi 48
Şekil 5.4.	Kesme hızının takım ömrüne etkisi 50
Şekil 5.5.	Farklı kesme hızlarındaki kesici takım aşınmaların optik görüntüleri. 51
Şekil 5.6.	İlerleme miktarına göre takım ömrü değişimi. 53
Şekil 5.7.	Farklı ilerlemelerdeki kesici takım aşınmaların optik görüntüleri 55
Şekil 5.8.	Talaş derinliğinin takım ömrüne etkisi 56
Şekil 5.9.	Farklı talaş derinliklerindeki kesici takım aşınmaların optik görüntüleri 58
Şekil 5.10.	Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi 60
Şekil 5.11.	İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi 62
Şekil 5.12.	Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi 64
Şekil 5.13.	Takım ömrünün gerçek ve tahmini değerlerinin karşılaştırılması 67
Şekil 5.14.	Yüzey pürüzlülüğünün gerçek ve tahmini değerlerinin karşılaştırılması 68

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Sıcak iş takım çelikleri ve kullanım yerleri.	12
Tablo 3.2. Alaşımli soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşenleri.....	14
Tablo 3.3. Soğuk iş takım çeliklerinin AISI/SAE karşılıkları ve kullanım yerleri..	17
Tablo 3.4 Takım aşınmasını belirleme metotları	23
Tablo 3.5. Yüzey işleme yöntemleri ve erişebilecek yüzey pürüzlülüğü.	29
Tablo 3.6. Ra ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı.	30
Tablo 3.7. Rsm ölçümü için örnekleme standardı	31
Tablo 3.8. Ra ve Rq ölçümü için örnekleme standardı.....	31
Tablo 3.9. Rz, Rt ve Rp ölçümü için örnekleme standardı	31
Tablo 4.1. AISI D6 Soğuk iş takım çeliğinin kompozisyonu	41
Tablo 4.2. AISI D6 Soğuk iş takım çeliğinin fiziksel özellikleri.....	41
Tablo 4.3. Torna tezgahının devir sayısı kademeleri	41
Tablo 4.4. Deneysel çalışmada kullanılan işleme değerleri.....	43
Tablo 5.1. Takım ömrü deney tasarımları.....	44

SEMBOLLER LİSTESİ

a_0, a_1, a_2, a_3	: Takım- iş parçası çiftine bağlı birer sabitler
f	: Kesici takımın iş parçası üzerinde bir devrindeki ilerleme miktarı (mm/dev)
$F\alpha$	: F istatistik anlamlılık düzeyi
F_{Ra}	: Yüzey pürüzlülüğü istatistik değeri
F_T	: Takım ömrü istatistik değeri
H_0	: İstatistiksel farksızlık hipotezi
K_T	: Krater derinliği (mm)
K_B	: Krater genişliği (mm)
K_M	: Krater merkezinin uca uzaklığı (mm)
L	: Örnekleme uzunluğu (mm)
n	: Takım iş parçası çifti üssü (sabit)
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm)
R_t	: Maksimum yüzey pürüzlülüğü (μm)
R_p	: Maksimum profil yüksekliği (μm)
R_{pm}	: Ortalama maksimum profil yüksekliği (μm)
T	: Takım ömrü (dak)
t	: Talaş derinliği (mm)
V	: Kesme hızı (m/dak)
V_B	: Yan serbest yüzey aşınma miktarı (micron)
λ_C	: Yüzey pürüzlülüğü cihazının numune uzunluğu

1. GİRİŞ

Artan ihtiyaçlara bağlı olarak teknolojik malzemelerdeki gelişmeler bir takım yeni araştırmaların yapılmasına sebep olmaktadır. Bu araştırmalardan birisi de bu malzemelerin işlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalardır. Yüksek aşınma direncine sahip malzemelerin işlenmesindeki en büyük problem kesici takımların çabuk aşınması, çatlaması veya kırılmasıdır. Bu yüzden talaşlı imalatta kesici takım giderleri önemli bir maliyet artışına sebep olmaktadır. Sert metal işleme için geliştirilen takımların oldukça yüksek maliyette olması ve ileri teknoloji ile imal edilmesi, imalatta bir takım maliyet artışına sebep olmaktadır. Ancak, sert metal kesiciler, aşınmaya dirençli malzemelerin ve hassas makine parçaları üretiminde işleme zamanını hissedilir derecede düşürdüğü ve sonradan yapılan ısıl işlemlerden dolayı oluşan geometrik düzensizlikleri (arpılma, çekme, büzülme vb.) ve mikro yapısal değişimleri (bozulmaları) ortadan kaldırdığı için, kullanım alanları hızla artmaktadır.

Talaşlı imalat yapılan fabrika ve atölyelerde üretim ana hedeflerinden biri malzemelerin en ekonomik şekilde üretimidir. Uygun olmayan bir seçim üretim maliyetinin artmasına ve imalat kalitesinin düşmesine neden olur(zler, 1998). Talaşlı imalatta imalat maliyeti takım ömrü ve kesme şartlarına göre değişir.

Talaş kaldırma işlemini ekonomik kılan koşulların belirlenmesinde dikkate alınması gereken en önemli faktör kesici takım ömrüdür. Takım mr, pratik çalışmalarda istenilen boyutta ve istenilen yüzey kalitesinde iş parçası üretmek için takımın krelme zamanı yani takımın kesme yeteneğini sürdürememesi, bir başka değişle iki bileme ya da takım değiştirme arasında geçen zaman olarak ifade edilir(şahin, 2001).

Takım aşınmasının talaşlı imalat verimliliği üzerindeki etkisi oldukça fazladır. Kesme esnasında talaşın kesme yüzeyinde sıkışması, şekil değiştirme ayırma işi nedeniyle i sürtünmeler ve talaşın takım yüzeyinde akması sonucu dış sürtünmeler meydana gelir. Kesme esnasında oluşan bu sürtünmeler kesici takımın aşırı ısınmasına neden olmaktadır. Isı oluşumu daha çok, kesici kenarın yakınlarındaki lokal alanlarda meydana gelir. Kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sürtünme ile kesici takımda oluşan ısı, takım sertliğini etkiler. Takım sertliğinin azalması kesici takımlarda bazı aşınma mekanizmalarını doğurur. Takım aşınması, kesici takımlar üzerinden ya da iş parçası üzerinden doğrudan veya dolaylı yoldan ölçülebilir. İmalat sektöründe üretim kayıplarının azaltmak, imalat işlemlerini durdurmaktan kaçınmak için aşınmayı belirlemede dolaylı ölçüm yöntemleri

tercih edilir. Bununla birlikte kesme esnasında işlenen malzeme özelliğine göre kesici takımın sergilediği davranışları önceden bilmek ve tedbir almak üretim açısından da oldukça önemlidir.

Yüksek aşınma direncine ve çekme mukavemetine sahip malzemeler genellikle zor işlenmektedirler. Bu malzemelerden biri de soğuk iş takım çelikleridir. Bu çeliklerin yüksek aşınma dirençli olmaları nedeniyle, kesme kalıpları, kağıt ve plastik bıçaklar, derin çekme kalıpları, sıvama kalıpları, aşındırıcı tozları presleme kalıpları, profil röleleri ve ovalama topları gibi yerlerde oldukça fazla kullanılmaktadırlar. Bu malzemelerin ısıl işlem görmemiş yumuşak tavlı durumlarda sertlikleri yaklaşık 24 HRc değerinde olup ısıl işlemle sertleştirilmeleri halinde sertliği 65 HRc değerine kadar ulaşmaktadırlar.

AISI D6 soğuk iş takım çelikleri aşınma dirençlerinin yüksek olması kalıp malzemesi olarak kullanımlarını avantajlı kılmaktadır. Yapılan literatür taramasında AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin torna tezgahında CBN kesici uçlarla işlenmesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla bu çalışmada AISI D6 soğuk iş takım çeliği farklı kesme şartları altında işlenerek takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen değerler yardımıyla takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü grafikleri kesme parametrelerine bağlı olarak çizilerek sonuçlar yorumlanmış ve takım ömrü ile yüzey pürüzlülüğünü veren matematiksel modeller işleme parametrelerine göre elde edilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Aşınmaya dirençli ve işlenmesi güç olan malzemelerin talaşlı olarak imalatı araştırmacıların ilgisini çeken konuların başında gelmektedir. Bu malzemelerden biri de soğuk iş takım çelikleridir. Bu çeliklerin yüksek aşınma dirençli olmaları nedeniyle, kesme kalıpları, kağıt ve plastik bıçaklar, derin çekme kalıpları, sıvama kalıpları, aşındırıcı tozları presleme kalıpları, profil röleleri ve ovalama topları gibi yerlerde ve takım malzemesi olarak oldukça fazla tercih edilirler. Bu malzemelerle ilgili olarak takım aşınması, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılmış birçok çalışma mevcut olup bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Işık ve Çakır (2001) tarafından yapılan çalışmada AISI H10, AISI O2, AISI 420 çelik malzemeler hız çeliği takımlarla torna tezgâhında işlenmiş, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda yüzey pürüzlülüğü üzerinden en büyük etkiyi ilerleme, sonra talaş derinliği ve en az etkiyi de kesme hızının yaptığı belirtilmiştir. İlerleme ve talaş derinliğinin artmasının yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediğini, kesme hızının etkisinin hız çelikler için geçerli kesme hızı aralığında çalışması nedeniyle diğer parametrelere göre ihmal edilebilecek düzeyde olduğu ifade edilmiştir. Elde ettikleri matematiksel model sayesinde istenilen yüzey kalitesini sağlayacak optimum kesme parametrelerini önceden tahmin etmenin mümkün olduğu kanısına varılmıştır.

Camuşcu ve Aslan (2005) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI D3 (35 HRc) soğuk iş takım çeliğini TiCN, TiCN+TiAlN, TiAlN kaplamalı karbür kesici takımlar, Al₂O₃ bazlı seramik kesici takım ve kübik bor nitrür kesici takımla frezelenmiştir. Frezeleme sonucunda elde ettikleri veriler doğrultusunda kesici takım performanslarını karşılaştırmışlar (takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, takım maliyeti), en iyi kesme performansını CBN kesici takımın gösterdiğini, TiCN karışımlı ve Al₂O₃ seramik kesicilerin frezeleme için uygun olduğu, kaplamalı cermet ve kaplamalı karbür kesici takımlarında yüksek hızlarda iyi kesme performansları göstermediği, düşük ve orta hızlarda tercih edilmeleri gerektiğini ifade etmişlerdir.

Aslan ve Camuşcu (2005) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI D3 (35 HRc ve 62 HRc) soğuk iş takım çeliğini seramik bağlayıcılı CBN parmak freze çakısıyla yüksek hızlarda freze tezgahında işlenerek kesici takım performansını araştırılmıştır. Çalışmada kesici takımın performansı, kesici ömrü ile iş parçasının yüzey kalitesine göre değerlendirilerek, iş parçasının sertliğinin kesici takım ömrüne ve iş parçasının yüzey

kalitesine etkisi tartışılmıştır. CBN parmak freze çakıların 62 HRc sertliğindeki malzemeden 60 cm³ hacminde talaş kaldırma kabiliyetine sahip olduğu ve aynı kesici takımın 35 HRc sertliğindeki malzeme de ise talaş hacminin 260 cm³'e kadar arttığı ifade edilmiştir. Diğer yandan 35 HRc sertliğindeki malzeme için, CBN kesici takımın çentik aşınmasından ziyade yan serbest yüzey aşınmasına maruz kaldığı belirtilmiş ve CBN kesici takımla memnun edici bir yüzey kalitesi elde edildiği ifade edilmiştir. 62 HRc sertliğindeki malzeme de yüzey pürüzlülüğü 0.02 µm gibi çok küçük bir değerde olduğu ifade edilmiştir. En kötü yüzey pürüzlülük değerinin 0.44 µm olduğu, yüzey pürüzlülüğünü artan iş malzemesi sertliği ile belirgin bir şekilde azaldığı söylenmiştir. Sonuç olarak sertleştirilmiş AISI D3 takım çeliğinin seramik bağlayıcılı CBN kesici takımla işlenmesinde takım ömrü ve yüzey kalitesi açısından değerlendirildiğinde elde edilen sonuçların memnun edici boyutlarda olduğu açıklanmıştır.

Lima vd. (2005) tarafından yapılan çalışmada düşük alaşımlı AISI 4340 ve AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin farklı kesme şartlarında tornalamışlardır. Tornalama sonucu yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ile takım aşınma mekanizmaları araştırılmıştır. 42 HRc sertlikteki AISI 4340 çeliği kaplamalı (TiAlN) sinterlenmiş karbür takımla, 50 HRc sertlikteki AISI 4340 çelik ise PCBN takımla işlenmiştir. Ayrıca AISI D2 soğuk iş takım çeliği alüminyum içerikli seramik kesici takımla işlenmiştir. Deneyler sonucunda kesme hızının artması ile yüzey kalitesi iyileşirken ilerleme miktarının artmasıyla kötüleşmiştir. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok az bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. En iyi yüzey pürüzlülük kalitesine daha geniş burun radyüsüne sahip PCBN kesici takımlarla ulaşıldığı ifade edilmiştir.

Grzesik ve Wanat (2005) tarafından yapılan çalışmada 60 HRc sertliğe sahip AISI 5140 (DIN 41Cr4) çeliğin seramik kesici takımlarla sürekli kuru olarak tornalanmış ve işlenen yüzeyin 3 boyutlu analizi yapılmıştır. Sonuçlarda seramik kesicilerle AISI 5140 çeliğini işlemede iyi yüzey kalitesi elde etmek için ilerleme miktarının 0.1 mm/dev değerinden küçük alınması gerektiği ifade edilmiştir. Optimum kesme hızının ise 100-150 m/dak değerlerinde elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca 0.04 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri Ra=0.25 µm ve Rz=1.7 µm şeklinde elde edilmiştir.

Ateş (2006) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş (55 HRc) P20 (1.2738) kalıp çeliğini Kübik Bor Nitrür (CBN) kesici takımlarla değişik kesme parametreleri kullanılarak yüksek hızlarda frezelemiştir. Elde edilen takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerleri her iki takım için birbirleri ile karşılaştırılıp, her bir kesme

parametresinin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi araştırılmıştır. Genel olarak yapılan tüm frezeleme deneylerinde, KD120 (yüksek CBN içerikli, metal bağlayıcılı) takımın aşınma direncinin KD050'ye (düşük CBN içerikli, seramik bağlayıcılı) göre tüm kesme parametreleri için çok daha üstün olduğu belirlenmiştir. KD120 takım, KD050 takıma göre daha az aşındığından dolayı, bu takım ile frezeleme neticesinde daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) elde edilmiştir. KD050 takım ile yapılan frezeleme deneyleri sonucunda yan yüzey aşınmasına en belirgin etkiyi kesme hızının yaptığı belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına bakıldığında, kesme hızı ve kesme derinliğinin işlenen parçanın yüzey pürüzlülüğüne çok fazla bir etkisi olmadığı görülmüştür. Ancak ilerleme ve kesme genişliğinin her iki takımda da yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri çok belirgin olduğu, ilerleme ve kesme genişliği arttırıldıkça, yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı görülmüştür. Özellikle kesme genişliğinin en üst düzeyinde (20 mm), her iki takımdan da diğer deneylerden elde edilen sonuçlara kıyasla çok yüksek yüzey pürüzlülüğü sonuçları elde edilmiştir. Ancak kesme genişliği ve ilerleme değerleri düşük ve orta düzeylerde tutulduğu sürece, özellikle KD120 takımdan taşlama kalitesinde yüzeylerin elde edilebildiği sonucuna varmıştır.

Arsecularatne vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI D2 (62 HRC) soğuk iş takım çeliğini tornalama işlemine tabi tutmuşlardır. Kesici takım olarak PCBN kesici takımları kullanmışlardır. Yapılan çalışmada takım aşınması, takım ömrü, kaldırılan talaş miktarı, kesme gücü arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (kesme gücü-takım aşınması, takım ömrü-kesme hızı, kesme hızı-ilerleme- takım ömrü, kesme hızı-ilerleme-kaldırılan talaş miktarı, arasındaki ilişkiler). PCBN kesici takım yan yüzeyinde sıcaklığa bağlı olarak yüzey aşınması gözlemlenmiştir. Sonuç olarak takım ömrü ve kesme şartları arasındaki ilişki Taylor takım ömrü denklemi tarafından belirlenirken, kuvvet ve kesme şartları arasında ilişkide kuvvet fonksiyon denklemi tarafından belirtilmiştir.

Khrais ve Lin (2007) tarafından yapılan çalışmada SAE 4140H çeliğini torna tezgahında TiAlN kaplamalı karbür kesici takım ile işleyerek takım aşınması işlenmiştir. Çalışmada AISI 4140 çeliğinin TiAlN kaplı karbür kesici takım ile tornalanmasında kesme hızının 410 m/dak kadar olabileceği ve 410 m/dak'dan daha yüksek hızlarda kesici takımda ani kırılma oluşabileceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek hızlarda (310-410 m/dak) kuru kesmede baskın aşınma mekanizmalarının mikro-aşınma ve mikro-yorulma olduğunu tespit etmişlerdir. Soğutma suyu kullanılarak kesmede ise mikro-termal aşınma mekanizmasının baskın aşınma mekanizması olduğunu belirterek kuru kesmede daha iyi

sonuçlar alındığını tespit etmişlerdir. TiAlN kaplı karbür kesici takım ile kuru kesmede kesme hızının 260 m/dak altındaki hızlarda daha iyi performans göstermişlerdir. Yüksek kesme hızlarında (200-400 m/dak) TiAlN kaplı karbür kesici takım ile kuru kesme soğutma sulu kesmeye göre daha iyi sonuçlar gösterdiği kanısına varmışlardır.

Bouchelaghem vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI D3 soğuk iş takım çeliğini CBN kesici takım ile tormalanmış ve takım aşınma davranışlarını incelenmiştir. Yapılan çalışmada en fazla gözlenen aşınma şeklinin takımın ana serbest yüzeyinde çentik aşınmasıyla beraber oluşan abrasiv aşınma olduğu ifade edilmiştir. Düşük kesme hızlarında yan serbest yüzeyinde görülen çentik aşınmasına ilave olarak krater aşınmasının da olduğu bildirilmiştir. Her iki aşınmanın birlikte olması takım ucunun ani hasarına neden olduğu ifade edilmiştir. Yüksek kesme hızlarında kesici takımın ilk dakikalarda hasara uğradığı, endüstriyel uygulamalarda 240 m/dak kesme hızının üzerine çıkılmaması belirtilmiştir. Ayrıca AISI D3 çeliğinin işlenmesinde takım aşınmasının $V_B=0.3$ mm değerinde olması halinde bile elde edilen yüzey pürüzlülüğünün 1 μm 'yi geçmeyeceği bildirilmiştir. Takım burun yarıçapının ani hasarının takım aşınmasının ana faktörlerinden biri olduğu görülmüştür. Ayrıca 32.5 dak işlemeden sonra $V_B=0.42$ mm'ye ulaştığı anda kesme kuvvetlerinin bileşenlerinin F_r , F_a ve F_v 'de %126.44, %66.48 ve %84.60'ın oranında arttığı söylenmiştir.

Işık (2007) tarafından yapılan çalışmada AISI O2 (90MnCrV8) soğuk iş takım çeliği, AISI H10 (X32CrMo33) kalıp çeliği ve AISI 420 (X42Cr13) sıcak iş takım çeliğinin farklı (HSS, kaplamasız WC, TiAlN kaplamalı WC, TiC+TiCN+TiN kaplamalı WC (ISO P25)) kesici takımlarla kesme sıvısı kullanmadan torna tezgahında işlemiştir. Çalışmada kesme parametrelerinin takım ömrüne, yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Sonuç olarak ilerlemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktör olduğunu, daha sonra talaş derinliğinin geldiğini ve en düşük etkinin ise kesme hızı tarafından gerçekleştirildiği hatta ilerleme ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilecek seviyede olduğu ifade edilmiştir. İlerlemedeki artış olumsuz etkilerken kesme hızındaki artışın ise olumlu etkilediğini tespit etmiştir. Ayrıca kaplamalı sert metallere yapılan işlemlerde yan yüzey aşınmasının krater aşınmasından çok daha etkili olduğunu ve kesme kuvvetleriyle yan yüzey aşınmasının ilişkili olduğunu tespit etmiştir.

Gezgin (2007) tarafından yapılan çalışmada AISI D3 soğuk iş takım çeliğini CNC dik işleme merkezli freze tezgahında kaplamalı karbür takımlarla işlemişler kesici takım ağız sayısının, kesme hızının ve ilerleme miktarının, takım ömrüne, kaldırılan talaş

hacmine ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, farklı kesme şartlarında yapılan deneylerde, freze çıkısındaki ağız sayısının artması ile takım ömrü kısaldığı, kesici ağız sayısının takım ömrü üzerindeki etkisi kesme hızı ve ilerleme miktarının değişmesiyle farklılık gösterdiği ancak bunun düzenli bir şekilde olmadığını görmüştür. Yüksek kesme hızlarında daha yüksek kesme sıcaklıklarının oluşması nedeniyle, ısı etki sonucu oluşan aşınma mekanizmalarının hızlanmasıyla daha düşük takım ömrü elde edilmiştir. SEM incelemeleri sonucunda yanak aşınmasının kesici takımındaki hâkim aşınma tipi olduğu görülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerleri, kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla artarken, kesme hızının önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrelerin sırasıyla kesici uç sayısı, ilerleme miktarı ve kesme hızı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çetin ve Er (2008) tarafından yapılan çalışmada DIN 16MnCr5 (sementasyon çeliği) çelik malzemeden hazırlanan deney numunelerini, 63 HRC'ye kadar sertleştirilmiş ve PCBN kesici takımlar ile işlenmiştir. Deneyler, CNC torna tezgâhında soğutma sıvısı kullanılmadan gerçekleştirilmiştir. Malzemelerin işlenmesi esnasında meydana gelen kesme kuvvetleri, tezgâha bağlanmış oldukları kistler 5019 dinamometre ile tespit edilmiş ve kesici takımların yanak yüzeyindeki aşınma miktarlarını taramalı elektron mikroskopunda (SEM JSM 5600) ölçmüşlerdir. Yapılan deneyler sonucunda PCBN kesici takımlarda meydana gelen aşınma ISO 3685 standardına göre $V_{Bmax}=0.6$ mm'nin çok altında olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada kesme kuvvetlerindeki değişimler zamana bağlı olarak değerlendirilmiş ve talaş hacmi ile aşınma değerindeki değişimler tartışılmıştır. Sonuç olarak, orta ve yüksek sertlikteki malzemelerin orta ve ince talaş kaldırma işlemlerinde PCBN takımların uygun şekilde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Thamizhmanii vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada SCM 440 (60-65 HRC) çeliğini CBN kesici takımı kullanarak tornalama işleminde kuru kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Yapılan çalışmada yüksek kesme hızı, düşük ilerleme miktarı ve düşük talaş derinliğinde en düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde etmişlerdir (188 m/dak kesme hızı, 0.20 mm/dev ilerleme miktarı ve 0.05 mm talaş derinliğinde). Elde edilen bazı deney sonuçlarında yüksek yüzey pürüzlülüğü değerlerinin oluştuğunu bunun malzemedeki bölgesel sertlik farklılığından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Yallese vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI 52100 (60 HRC) CBN kesici takım kullanarak tornalamasında kesici takımın davranışlarını araştırılmıştır.

CBN kesici takımla yapılan işlemlerde tatmin edici sonuçlara ulaşıldığı ifade edilmiştir. Deneyler sonucunda endüstriyel üretimde aşınma oranlarından dolayı kesme hızlarının 280-350 m/dak olduğu ve CBN kesici takımla 100Cr6 iş parçasının işlenmesinde ortalama kesme hızlarının da 90-220 m/dak arasında alınması gerektiği kanısına varmışlardır. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ve ilerleme miktarı, talaş derinliğinin artmasıyla da yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı belirtilmiştir. Deneylerde elde edilen verilerden faydalanılarak matematiksel bir model elde etmişlerdir.

Gaitonde vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada AISI D2 (59-61 HRC) soğuk iş takım çeliğini farklı seramik kesiciler (CC650, CC650WG ve GC6050WH) kullanarak tornalama esnasındaki işlenebilirliği araştırılmıştır. Kesme kuvveti, güç, özgül kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve işleme zamanının analizinde ikinci dereceden matematiksel model kullanmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda, CC650WG kesici takımın yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması bakımından daha iyi performans gösterdiği, geleneksel işlemler için CC650 kesici takımın kullanılmasında yararlı olduğu (kuvvet, özgül kesme kuvveti, güç bakımından), düşük talaş derinliğinde işlemlerde yüzey pürüzlülük değerlerinin düşük olduğu ifade edilmiştir. 0.4 mm talaş derinliğinde çok küçük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir.

Ucun ve Aslantaş (2009) tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI 52100 rulman çeliği kaplamalı karbür kesici takımla tornalanarak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü açısından kesici performansı araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ilerleme miktarındaki artışla birlikte takım aşınmasının arttığını gözlemlenmiştir. Kesme derinliğinin artması takımın ömrünün kısılmasına neden olduğu, aynı zamanda işlenen yüzeyin kalitesini de olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir. Yapılan sert tornalama işlemlerinde gerek takım ömrü açısından gerekse yüzey pürüzlülüğünün verimi açısından tavsiye edilebilecek talaş derinliği değerinin 0.25 mm'den küçük olması gerektiği ifade edilmiştir. Daha büyük talaş derinliklerinde yapılan kesme işlemlerinin sert tornalama işleminin amacına uymadığı belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda karbürli kesici takımlar özellikle büyük değerlerdeki kesme parametreleri için sert tornalama işlemine uygun olmadığı söylenmiştir.

Ateş (2009) tarafından yapılan çalışmada 55 HRC'ye sertleştirilmiş P20 kalıp çeliğini iki farklı tip CBN kesici takımla, yüksek hızlarda frezelenmiştir. Deneylerde kullanılan CBN kesici takımların birincisi düşük CBN katkılı (CBN-DS) seramik bağlayıcılıdır. Diğeri ise yüksek CBN katkılı (CBN-YM) metal bağlayıcılıdır. Elde edilen takım aşınması

ve yüzey pürüzlülüğü değerleri her iki CBN kesici takımlar için karşılaştırılıp, CBN oranı ve bağlayıcının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini araştırılmıştır. Sertleştirilmiş P20 kalıp çeliğinin yüksek hızlarda frezelenmesi için, yüksek CBN içerikli metal bağlayıcılı CBN takımın, düşük CBN içerikli seramik bağlayıcılı takımdan daha uygun olduğunu ifade etmiştir.

Boy vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin farklı kesici takım uç geometrisi ve kesme şartlarında yapılan tornalama işleminde elde edilen yüzey pürüzlülüklerini birbirleri ile karşılaştırılmış ve işlenebilirliğe etkilerini araştırılmıştır. Deneylerde kullanılan kesici takım ticari kalite CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış sementit karbür kesici takımdır. Kesici takımda en üst kaplama TiN, Al_2O_3 ve onun altındakilerde sırasıyla Al_2O_3 , MT-TiCN ve TiN'dür. Yapılan deneyler sonucunda kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, fakat yüksek kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen başlıca faktörlerin takım burun yarıçapı, ilerleme ve kesme hızı olduğu belirtilmiştir.

Taylan (2009) tarafından yapılan çalışmada 61 HRc sertliğindeki DIN 1.2842 soğuk iş takım çeliğini CNC dik işleme merkezli freze tezgahında kaplamasız CBN ve kaplamalı CBN (PVD ile (TiAl)N + TiN kaplanmış) kesici takımlar kullanarak işlemiştir. Çalışmada uygun deneysel parametreleri belirlenerek, kesici takımda meydana gelen aşınmalar ile yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Bu işlemin sonucunda bir model oluşturularak kesici takımda oluşabilecek aşınma değerleri ve iş parçası yüzeyinde oluşabilecek pürüzlülük değerlerinin tahmin eden bir program hazırlanmıştır. Kesme deneylerinden sonra kesici uçlarda meydana gelen aşınmalar ve iş parçası yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülük değeri ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney parametrelerine göre elde edilen aşınma miktarları ve yüzey pürüzlülük değerleri akıllı yöntemlerden biri olan evrimsel programlama ile modellenmiş ve matematiksel olarak denklemleri türetilmiştir. Hem kaplamalı hem de kaplamasız uçların genelinde çentik aşınmasına rastlanılmıştır. Kaplamalı CBN uçlarda meydana gelen kırılma olayının, kaplamasız CBN uçlara göre yaklaşık 4.5 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sabit ilerleme değerlerinde kesme hızı arttıkça belli bir değere kadar aşınma miktarlarında azalma ve bu değerden sonra tekrar artış gözlenmiştir. Kaplamasız CBN uçlarla yapılan kesme deneylerinde, taşlama kalitesinde yüzey pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Kaplamalı uçlarla yapılan bazı deney parametrelerinde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kaplamasız uçlara göre yaklaşık

10 kat daha fazla olmuştur. Sabit kesme hızlarında ilerleme değeri arttıkça, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bouchelaghem vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada AISI D3 (60 HRC) soğuk iş takım çeliğini torna tezgahında CBN kesici takımla işleyerek kesici takımda meydana gelen aşınma şekillerini incelemişlerdir. Deneyler farklı kesme parametreleri altında yapılmış ve ayrıca kesme parametrelerini yüzey pürüzlülüğüne etkileri de inceleyerek çalışma sonunda regresyon analiz metodu ile yüzey pürüzlülüğü denklemi elde edilmiştir. İşleme sonra kesici takımda hem krater aşınmasının ve hem de serbest yüzey üzerinde abrasiv aşınmanın meydana geldiği ifade edilmiştir. Kesme hızının artması ile işlenen malzemenin talaş hacmini azalttığı ve yüzey pürüzlülüğünün de azda olsa düştüğü bildirilmiştir. Aynı şekilde ilerlemenin ve talaş derinliğinin artması yüzey pürüzlülüğünü artırdığı ifade edilmiştir. Yüksek kesme hızlarında kesici takım burun yarıçapında ömrünün çok kısaldığı ve bu nedenle de bu şekilde yüksek kesme hızından kaçınılması gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca CBN ile kesme işleminde serbest yüzey aşınmasının artması kesme kuvvetlerini artırdığı belirtilmiştir.

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Takım Çelikleri

Düşük alaşımlı çeliklerin yetersiz kaldığı durumlarda yüksek alaşımlı ve spesifik özellikler taşıyan ve çoğunlukla takım imalatında kullanılan malzemeler tercih edilirler. Takım çelikleri talaşlı veya talaşsız imalatla kullanılabilen ve soğuk veya sıcak iş parçasını kesme, dövme ve haddeleme yöntemlerinden biri veya birkaçı ile biçimlendiren yüksek nitelikli çeliklerdir. Bir çeliğin takım çeliği olarak kullanılmasının ana nedeni onun ısıtılma işlemi görmüş olmasıdır. Başarılı bir ısıtılma işlemi olmadan kullanılan takım çeliğinin gerçek performansını elde etmek mümkün değildir. Hatalı ısıtılma işlemi takım çeliğinden çok büyük emeklerle üretilen kalıp-takım vb. gibi parçaların çoğu zaman geri dönülmez bir şekilde hasar görmesine neden olur(Ateş, 2006). Takım çeliklerinin özellikleri genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yüksek mukavemet,
- Yüksek aşınma direnci,
- Yüksek sertleşebilirlik,
- Yüksek süneklik ve tokluk,
- Düşük ısı genleşme,
- İyi kaynak edilebilirlik,
- Temiz ve parlak yüzey elde etmektir.

3.1.1. Sıcak İş Takım Çelikleri

Oda sıcaklığında veya düşük sıcaklıklarda şekillendirilmeyen demir, çelik ve diğer metallerin ısıtılarak şekillendirilmesi sıcak iş takım çeliklerine olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu çelikler soğuk iş takım çeliklerine göre daha düşük temper öncesi sertliğe sahip olmakla birlikte bu sertlik 600°C temper sıcaklıklarına kadar sabit kalır ve değişmez. Sıcak iş takım çeliklerine krom, molibden, tungsten, vanadyum, nikel ve kobalt elementlerinin uygun bir şekilde ilavesiyle elde edilebilir. Uygun bir çelik seçimi, uygun talaşlı imalat,

uygun ısıtma işlem ve uygun kullanımının önemi en çok sıcak iş takım çeliklerinde ortaya çıkmaktadır. Bu dört kademedен biri veya daha fazlasının eksik yapılması durumunda kalıpta çatlama, kırılma, erken aşınma vs. kaçınılmaz olur. Sıcak iş takım çeliklerinde aranan belli başlı özellikler;

- Yüksek sıcaklıkta mekanik özelliklerini koruyabilme,
- Yüksek sıcaklıkta yüksek aşınma dayanımı,
- Yüksek ısı iletkenliğidir.

Sıcak iş takım çelikleri üç tipe sahiptir. Bunlar;

- Krom esaslı tipler (H1 'den H19 'a kadar)
- Tungsten esaslı tipler (H20 'den H39 kadar) ve
- Molibden esaslı tipler (H40'den H 59 a kadar)

H11, H12 ve H3 gibi % 5 Cr'lu sıcak iş takım çelikleri yüksek sertleşebilirliğe sahiptir ve nispeten geniş kesitler minimum miktarda boyutsal değişikli havada soğutma ile sertleşebilir. Bu çeliklerin oksidasyon direncini iyileştirmek için nispeten yüksek miktarlardaki silisyum ihtiva ederler. Hali hazırda kullanılan sıcak iş takım çeliklerinden bazılarının kullanım yerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Sıcak iş takım çelikleri ve kullanım yerleri(TS 3920).

Mal. No	AISI Kodu	AISI SEA karşılığı	Kullanım yerleri
1.2713	55NiCrMoV6	6F2	830-1370 MPa kullanım dayanımlı her türlü kalıplar, cıvata ve somun üretiminde tarak, şişirme ve delme takımları.
1.2714	56NiCrMoV7	6F3	Bütün dövme kalıplarında şahmerdan olarak, ekstrüzyon presleri için baskı zimbaları matris, kovan koruyucu gömlekler ve sıcak makas ağızlarında kullanılır.
1.2343	X38CrMoV5	H11	Yüksek tokluk özelliği ile sıcak döverek şekillendirilen pres takımlarında, hafif metallerin ekstrüzyonun da ve dövme uygulamalarında.
1.2344	X40CrMoV5	H13	Demir ve demir dışı metallerin sıcak şekillendirilmesinde, delme zimbaları, sert maden gömlekleri, matris, zimba, yolluk olarak ve de aşınmanın yüksek olduğu plastik kalıpların yapımında kullanılmaktadır.
1.2365	X32CrMoV3	H10	Bakır ve alaşımların enjeksiyonun da, dövülmesinde, piston ve yolluk olarak, ekstrüzyon olarak basılmasında kovan olarak.

3.1.2. Soğuk İş Takım Çelikleri

Soğuk iş takım çelikleri aşınma direnci ve tokluğun önemli olduğu kalıp uygulamalarında kullanılırlar. Soğuk iş takım çelikleri DIN 17350 ye göre iki sınıfa ayrılır.

- Alaşımlı soğuk iş takım çelikleri,
- Alaşımsız soğuk iş takım çelikleri

Alaşımsız soğuk iş takım çelikleri dış yüzey sıcaklığı 200 °C'yi aşmayacak işlerde kullanılan çeliklerdir. Bu malzemelerin sertlikleri 200 °C sıcaklığın üzerinde hızlı bir şekilde düşer. Asal çelik niteliğinde üretildikleri için katkı ve kalıntı bakımından temiz ve homojen bir yapıya sahiptirler(Ertürk, 1994). Alaşımlı soğuk iş takım çeliklerinin sertleşme kabiliyeti ve aşınma dirençleri bakımından alaşımsızlara göre üstünlükleri çok belirgindir. Sertleşme derinliği özellikle mangan, krom, molibden ve nikel gibi elementlerle artırılır(Tablo 3.2).

Metallere bazı özellikleri kazandırmak için alaşım elementleri ilave edilir. İlave edilen alaşım elementlerinin etkileri aşağıda belirtilmiştir.

- Silisyum (Si) % 0.3'e kadar tüm çeliklere ilave edilir. Oksijen uzaklaştırıcı etkisi vardır. Daha yüksek oranlarda çeliğin esnekliğini artırır.
- Karbon (C) sertliği, aşınma dayanımını artırır, sünekliliği düşürür.
- Krom (Cr) çeliğin sertleşebilirliğini, aşınma dayanımını ve sıcaklığa mukavemetini artırır. %13'ten fazla oranlarda korozyon dayanımı sağlar(paslanmaz çelikler).
- Mangan (Mn) sertleşebilirliği artırır, kükürdün zararlı etkisini azaltır. Aşınma dayanımını artırır.
- Molibden (Mo) sertleşebilirliği, aşınma dayanımını, sıcak mukavemeti (sıcak iş çelikleri, yüksek hız çelikleri gibi) artırır.
- Nikel (Ni) özellikle düşük sıcaklıklarda, çeliğin tokluğunu artırır. Krom ile birlikte korozyon dayanımını artırır.
- Wolfram (W)-(Tungsten) molibden'e benzer etkisi vardır.
- Vanadyum (V) bazı oranlarda tane küçültücü görevi yaparak çeliği toklaştırır. Daha yüksek oranlarda aşınma dayanımını artırır.
- Kobalt (Co) çeliğin sıcak mukavemetini artırır. Bu yüzden sıcak iş çeliklerinde ve yüksek hız çeliklerinde kullanılır(Koçak, 2006).

Soğuk iş takım çeliklerinde kullanım alanına göre, aşınma dayanımı veya tokluk, yorulma direnci, işlenebilirliği ve boyutsal kararlılığı çok önemli özelliklerdendir. Sürekli aşınmaya maruz kalan ani darbenin olmadığı kalıp veya takımlarda, tokluk özelliğine bakmadan yüksek sertliğe erişebilen çelikler tercih edilebilir. Bu kalıplarda darbe

olmadığından tokluğu düşük olabilir. Fakat hem aşınma hem de darbenin olduğu kalıplarda, tokluğu yüksek olan çelikler tercih edilmelidir. Aksi takdirde çatlamlar, kırılmalar ve atmalar yaşanabilir. Yüksek darbe ile çalışan kalın sac kesen makas ağızları, zımbalar veya soğuk makaslarda ise malzemenin tokluk özelliği en ön planda gelir. Tokluk, çeliğin aşırı yüklemelerde kırılma öncesi göstereceği elastik ve plastik şekil değişimi yeteneği olarak tanımlanır. Malzemelerin tok olması, kırılma esnasında yüksek oranda plastik değişime uğrayacağını ifade eder. Yüksek tokluk ve aynı zamanda yüksek aşınma dayanımı birbirleri ile ters özelliktedir. Artan karbür miktarına bağlı olarak tokluk düşer. Nikel elementi katkısı ile tokluk yükseltilebilir.

Tablo 3.2. Alaşımli soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşenleri(TS 3921).

Malzeme No	AISI Kodu	AISI SEA karşılığı	Kimyasal bileşenleri							
			C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
1.2436	X210CrW12	D6	2.00 2.25	0.10 0.40	0.15 0.45	11.00 12.00	-	-	-	0.60 0.80
1.2080	X210Cr12	D3	1.90 2.20	0.10 0.40	0.15 0.45	11.00 12.00	-	-	-	-
1.2601	X165Cr12MoV	-	1.55 1.75	0.25 0.40	0.20 0.40	11.00 12.00	0.50 0.70	-	0.10 0.50	0.40 0.60
1.2379	X155Cr12V1Mo	D2	1.50 1.60	0.10 0.40	0.15 0.45	11.00 12.00	0.60 0.80	-	0.90 1.10	-
1.2210	115CrV3	L2	1.10 1.25	0.15 0.30	0.20 0.40	0.50 0.80	-	-	0.07 0.12	-
1.2067	100Cr6	L3	0.95 1.10	0.15 0.35	0.25 0.45	1.35 1.65	-	-	-	-
1.2838	145V33	-	1.40 1.50	0.20 0.35	0.30 0.50	-	-	-	3.00 3.50	-
1.2162	21MnCr5	-	0.18 0.24	0.15 0.35	1.10 1.40	1.00 1.30	-	-	-	-
1.2842	90MnCrV8	O2	0.85 0.95	0.10 0.40	1.90 2.10	0.20 0.50	-	-	0.05 0.15	-
1.2419	105WCr6	-	1.00 1.10	0.10 0.40	0.80 1.10	0.90 1.10	-	-	-	1.00 1.30
1.2550	60WVCr7	S1	0.55 0.65	0.55 0.70	0.15 0.45	0.90 1.20	-	-	0.10 0.20	1.80 2.10
1.2767	X45Ni4CrMo	-	0.40 0.50	0.10 0.40	0.15 0.45	1.20 1.50	0.15 0.35	3.80 4.30	-	-
1.2764	X19Ni4CrMo	-	0.16 0.22	0.10 0.40	0.15 0.45	1.10 1.40	0.15 0.25	3.80 4.30	-	-
1.2316	X36Cr17Mo	-	0.55 0.65	Max. 1.00	Max. 1.00	15.00 17.00	1.00 1.30	Max. 1.00	-	-
1.2312	40CrMnMoS86	-	0.35 0.45	0.30 0.50	1.40 1.60	1.80 2.00	0.15 0.25	-	-	-

Endüstride kesme işlemi özen gösterilmesi gereken bir yöntem olmakla beraber her geçen gün önem kazanmaktadır. Kesme işlemi esnasında boyutsal hassasiyete ve kesilen

parçanın kesme işlemi esnasında çarpılmamasına özen gösterilmeli, kesme yüzeyinin sac düzlemine dik olmasına, çapak olmamasına, köşe yuvarlanmasının minimum seviyede olmasına dikkat edilmelidir. Kullanılan takımın tasarımının doğru yapılması, çeliğin doğru seçilmesi ve çeliğe uygulanacak olan ısıtma işlemi tipide takımın çalışma ömrünü etkilemektedir.

Soğuk iş takım çeliklerinin sertleşme ortamına bağlı olarak da yağda sertleştirme, havada sertleştirme, yüksek karbon olarak sınıflandırılırlar.

3.1.2.1. Yağda Sertleştirilmiş Soğuk İş Takım Çelikleri (O Tipi)

Yağda sertleştirilmiş soğuk iş takım çelikleri en fazla kullanılan takım çelikleri arasındadır. Bu çeliklerin özellikleri yüksek su verme sertliğini, düşük su verme sıcaklıklarında yüksek sertleşebilirliği, su verme sonrasında girintili çıkıntılı kesitlerde çatlağın bulunmamasını ve kesme işlemleri için keskin uçların korunmasını içerir. Buna karşın, bu çelikler yüksek hızda kesme veya sıcak iş işlemleri için kullanılmazlar. Tablo 3.2'de hali hazırda kullanılan yağda sertleştirilmiş O tipi takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları verilmiştir(Topbaş, 1998).

3.1.2.2. Havada Sertleştirilmiş Orta Alaşımlı Soğuk İş Takım Çelikleri (A Tipi)

Havada sertleştirme soğuk iş takımı çelikleri özellikle gerdirme, biçimlendirme ve çekme kalıpları gibi oldukça iyi aşınma ve istisna tokluğun gerekli olduğu uygulamalar için uygundur. Bu çelikler karmaşık kalıplar için kullanılabilir. Çünkü bu çeliklerin sertleştirme ve temperlemeden sonraki boyutsal değişikliği yaklaşık olarak Mn'lı yağda sertleştirme takım çeliklerinin (örneğin O1 alaşımı) üçte biri kadardır.

Havada sertleştirilen soğuk iş takım çeliklerinden prensip alaşım elementleri % 1-2 C'a ilaveten krom mangan, molibden, vanadyum ve nikeldir. Bu serinin iki önemli alaşımı % 5 Cr (A2 alaşım) ve % 1 Cr, % 1-2 Mn(A4 alaşımı) tip olanlarıdır. Tablo 3.2'de hali hazırda kullanılan havada sertleştirilen (A tip) takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları verilmektedir(Topbaş, 1998).

3.1.2.3. Sertleştirilmiş Yüksek Alaşımli Soğuk İş Takım Çelikleri (D Tipi)

Yüksek karbonlu ve yüksek kromlu takım çelikleri, 1915 'de ABD 'de tanıtılmış ve muhtemelen yüksek-hız takım çeliklerinin yerini alması için geliştirilmiştir. Bu çelikler, yüksek kesme hızlarında etkili sertliğe sahip olmadıkları ve çok kırılğan oldukları için hız takım çelikleri yerini almasında sınırlı kullanıma sahip olmuştur. Buna karşılık bu çeliklerin keşfedilen yüksek aşınma dirençleri ve çok düşük deformasyon özellikleri soğuk iş kalıp çelikleri için kullanımlarını cazip hale getirmiştir. Bu gün kullanımda olan prensip D-tipi takım çeliklerinin kimyasal kompozisyonları Tablo 3.2'de verilmiştir.

D tipi soğuk iş takım çeliklerinin aşınma dirençleri yüksek krom (% 12) ve karbon (%1.5-2.3) içeriklerinden kaynaklanmaktadır. Yüksek kromlu ve yüksek karbonlu takım çelikleri arasındaki aşınma direnci farklılıkları esas olarak karbon içeriklerinin bir sonucudur. D tipi takım çeliğinin yüksek krom içeriği, yüksek sıcaklıklarda oksidasyona ve sertleştirildiğinde ve parlatıldığında da lekelenmeye karşı iyi direnç sağlar(Topbaş, 1998).

Bu çeliklere farklı tipler oluşturmak için küçük miktarlarda, molibden, vanadyum, kobalt ve tungsten katılır. Molibden sertleşebilirliği ve tokluğu artırır. Fakat östenit tane boyutunu küçültür ancak kalıntı östenit miktarını çok zor etkiler. Vanadyum, tane boyutunu küçültür ancak % 0.8 'den daha fazla katıldığında sertleşebilirliği azaltır. Vanadyum kalıntı östenitide azaltır ve tokluğu da % 1 miktarında artırır(TSE.3921).

3.1.2.4. Soğuk iş takım çelik çeliklerini kullanma yerleri

Soğuk iş takım çeliklerinin kullanım alanları, kesme takımları, kazıma bıçakları, sütunlu veya yassı kesme tezgahları, hassas delme, kağıt ve plastik bıçakları, delme zımbaları, çekme takımları, derin çekme takımları, tel boru ve çubuk çekme takımları, talaşlı imalat takımları, destek parçaları ve tutucu kalıpları, kabartma takımları, el aletleri, kıvrıma ve ezme kalıpları, plastik işleme takımları, sinter presleme takımları, basınçlı hava takımları, germe kovanları, makine kovanları, soğuk ekstrüzyon takımlarıdır. TS 3921'e göre soğuk iş takım çeliklerinin AISI/SAE karşılıkları ve kullanım yerleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Soğuk iş takım çeliklerinin AISI/SAE karşılıkları ve kullanım yerleri(TS 3921).

Çelik Türü		AISI/SAE	Kullanım Yerleri
Mal.No	Sembol		
1.2436	X210CrW12	D6	Yüksek güçlü kesme ve basma kalıpları, stampa, bıçak ağzı, zımba, çelik yün kesici, çekme mandreli, tahta frezesi, raptiye
1.2080	X210Cr12	D3	Yüksek güçlü kesme ve pres kalıpları, stampa, makas ağzı, kesici ağzı, tahta frezesi, çekme matrisi ve mandrel
1.2601	X165Cr12MoV	-	Kırılmaya hassas kesme takımları, tek yönlü baskı, tel kesicileri, raptiye
1.2379	X155Cr12V1Mo	D2	Kırılmaya hassas kalıplar, vida tarakları ve makaraları makas ağzı, freze, çökertme ve basma plakaları
1.2210	115CrV3	L2	Matkap, rayba, freze, parmak freze, punta, gravür takımı, delik stampası, itici, metal testeresi
1.2067	100Cr6	L3	Torna puntası, vida klavuzu, pafta, freze, rayba, küçük kesme plakası, baskı makarası, soğuk hadde, ölçme aletleri
1.2838	145V33	-	Derin çekme takımları, çekme bileziği ve çekme stampası, cıvata ve perçin soğuk imalat takımları, küresel soğuk darbe matrisi
1.2162	21MnCr5	-	Sementasyonla yüzeyi sertleştirilen komplike, iyi parlatılabilir, sünek ve çekirdek aşınmaya dayanıklı yüzey istenen plastik kalıpları
1.2842	90MnCrV8	O2	Kesme ve basma kalıpları, küçük kesme bıçakları, vida tarağı, püskürtücü
1.2419	105WCr6	-	5 mm kalınlığa kadar saclar için kesme ve bükme, stampa, makara kesici, düz makas, klavuz, freze, ölçme aleti, master
1.2550	60WVCr7	S1	Sac ve profillerin soğuk kesme baskısı, kalın sacları kesme makası, balyoz, burç, tahta işleme takımları
1.2767	X45Ni4CrMo	-	Baskı takımları, massiv baskı matris ve mandreli, eğme takımı, kalın sac makası
1.2764	X19Ni4CrMo	-	Fazla zorlanan ve yüzeyi sementasyonla sertleştirilecek yüksek polimer kalıpları, ölçü değişmesi azdır, yüzey sertliği 58...60 RSD-C
1.2316	X36Cr17Mo	-	Kimyasal olarak tahrip edici maddeler için pres kalıplarında korozyona dayanıklı çelik
1.2312	40CrMnMoS86	-	Yüksek polimer malzemeler için işleme takımları, form kasalar, iyi talaşlı işlenebilir

3.2. Takım Aşınması ve Ölçümü

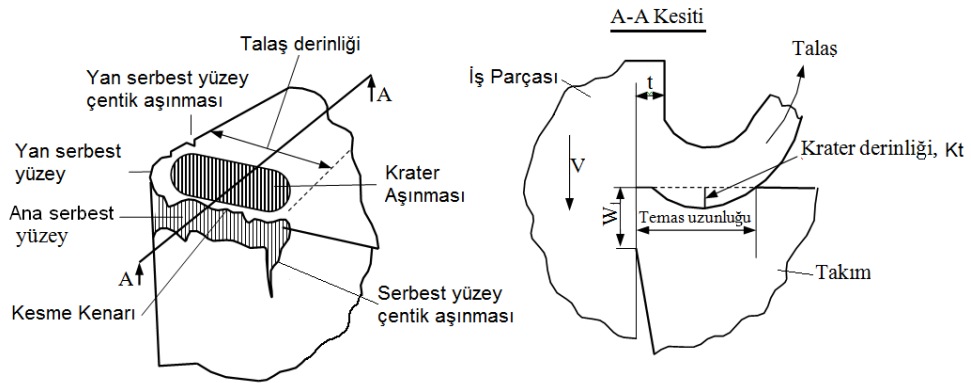
Takım aşınması, kesici takımın malzeme kaybından ileri gelen ve ilk şekline göre oluşan farklılıktır. Kesme esnasında, talaşın kesme yüzeyinde sıkışması, şekil değiştirme ve ayırma işi nedeniyle iç sürtünmeler, talaşın takım yüzeyinden akması sonucu dış sürtünmeler meydana gelir. Tüm bu sürtünmeler, kesici takımın ısınmasına neden olmaktadır. Isı oluşumu daha çok, kesme kenar bölgesinde meydana gelir. Kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sürtünme ile kesici takımda oluşan ısı, takım sertliğini etkiler. Takım sertliğinin azalması kesici takımlarda bazı aşınma mekanizmalarını

doğurur(Yılmaz vd., 2004). Genel olarak kesici takımlarda meydana gelen aşınma mekanizmaları aşağıdaki gibidir.

- Ana serbest yüzey aşınması,
- Talaş yüzeyi aşınması,
- Çentik aşınması,
- Yan serbest yüzey aşınması,
- Plastik deformasyon,
- Termal ve mekanik çatlaklar,
- Parçacık kopması,
- Kenar yığılması,
- Talaş yığılması.

İş parçası işlenirken, orijinal şeklini muhafaza etmesi verimli bir talaş kaldırma işlemi ile mümkündür. Takım formunda meydana gelebilecek en ufak bir değişiklik kesme işleminin verimliliğini etkiler.

Talaş kaldırma esnasında kesici takımın yan serbest yüzeyi, ana serbest yüzeyi ve talaş yüzeyi hareket eden iş parçası ile temas halindedir. Bu yüzeylerdeki aşınma alanları parametrelerine bağlı olarak büyür ve takım orijinal şeklini kaybeder(Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kesici takımdaki aşınma bölgeleri(Şahin, 2001).

Aşınma nedeniyle kesici takımların değiştirilmesi üretim yapılan fabrikalardaki talaşlı imalat sistemlerinin bir parçasıdır. Takım aşınması, imalatı yapılan parçanın işleme süresini % 6'ya kadar artırdığı ifade edilmiştir(Dan ve Mathew, 1990). Herhangi bir kesicinin aşınma durumu ve aşınmanın miktarı işlenen parçanın kalitesi, kesici kalitesi ve kesme şartlarına bağlı olarak değişir. Birçok durumda kesici uç yavaş yavaş aşınarak iş

parçasında boyut toleransının elde edilmesi imkansızlaşır. Ayrıca kesme kuvvetlerinin artması titreşimlere yol açar ve böylece yüzey pürüzlülüğünün de çok artmasına sebep olur. Aşınma tüm bölgelerde sürekli olmaz. Genellikle bir bölgede meydana gelir. Takım aşınmasında kıstas olarak göz önüne alınabilecek dört aşınma bölgesi vardır(Özler, 1998).

3.2.1. Ana Serbest Yüzey Aşınması

Ana serbest yüzey aşınması kesici kenarın serbest yüzeyinde meydana gelir. Abrasiv tip bir aşınma mekanizmasından kaynaklanır. Talaşın oluşumu sırasında ve sonrasında ana kesici kenar, yardımcı kesici kenar ve köşe radyüsü veya paralel kenar iş parçası ile temastadır. Bu temas nedeniyle oluşan ana serbest yüzey aşınması en yaygın aşınma tiplerinden biridir. Burada amaç ana serbest yüzey aşınmasının gelişiminin kontrol edilebilir bir düzeyde tutulmasıdır. Aşırı yüksek kesme hızları kullanılmadıkça bütün kalem malzemeleri başlangıçta ana serbest yüzey aşınmasına karşı dayanıklıdır. Ana serbest yüzey aşınmasında belirli bir değerin üzerine çıkmasıyla yüzey kalitesi kötüleşir, hassasiyet azalır, sürtünme artar.

3.2.2. Talaş Yüzeyi Aşınması

Talaş yüzeyinde abrasiv ve difüzyon aşınma mekanizmaları nedeniyle oluşur. Krater aşınması talaş yüzeyi aşınmasının bilinen en genel şeklidir. Krater, talaş kaldırma esnasında sert parçacıkların takımın talaş yüzeyinde taşlama işlemine benzer bir işlem gerçekleştirmeleri sonucunda veya takım ile talaş malzemesi arasında, talaş yüzeyinin en sıcak kısmında oluşan difüzyon nedeniyle ortaya çıkar. Krater aşınmasının belirli bir değerin üzerine çıkması halinde kesici kenarın geometrisi değişir ve uç zayıflar. Krater aşınma hızı sıcaklığa bağlı olarak artar. Krater derinliği (Kt), genellikle kesme kenarının belirli bir mesafesinde maksimum olur ve krater şekli talaş eğrilik yarıçapına göre oluşur. Krater aşınması, sert metal kesici takımlar için yüksek hız çelikleri ve seramik kesicilere nazaran daha önemlidir.

3.2.3. Çentik Aşınması

Bu durum ana serbest yüzey aşınmasının özel bir durumu olup kesici takımlarda,

takım ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında takım yüzeyinde 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. Genellikle kullanılan soğutucunun veya takım ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon ya da korozyon nedeniyle oluşan oksidasyon da çentik aşınmasına neden olur. Çentik aşınması, takım ile iş parçası yüzeyi arasındaki temas alanının arttırılmasıyla, çok pasolu talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve takım malzemesinin ısıl sertlik ve deformasyon direncini arttırarak, azaltılabilir(Özdemir ve Erten, 2003). Bu aşınma nadiren kalemin değişmesini gerektirir. Aşırı çentik aşınması takımın yeniden bilenmesini zorlaştırır ve özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur. Çentik aşınmasının diğer bütün aşınmalardan çok olduğu bütün özel durumlarda, aşınma çentiğinin uzunluğu kalem aşınma ölçüsü olarak kullanılabilir(TS 10329, 1992). Bu aşınma genellikle iş parçasının dış çapından dolayı meydana gelir.

3.2.4. Yan Yüzey Aşınması

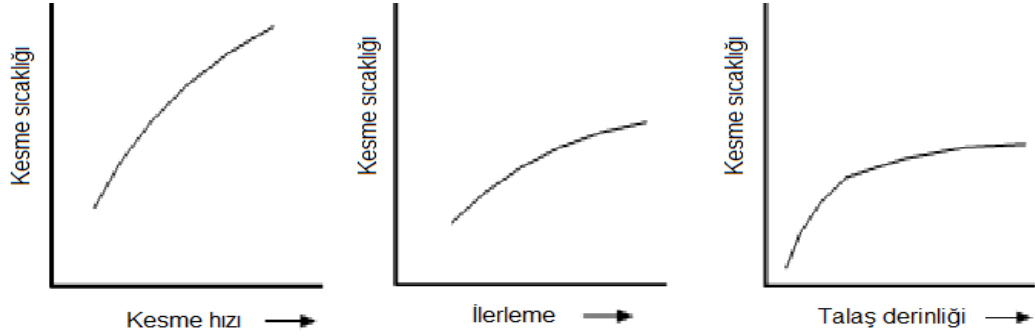
Kalemin yan serbest yüzeyi ile iş parçası arasında meydana gelen sürtünmeden dolayı oluşan hasardır. Yan serbest yüzey aşınması sebebiyle kalem yüzeyinde meydana gelecek herhangi bir değişiklik, işlenen yüzey üzerinde etkili olur. Küçük ilerlemeler ile yapılan ince tornalamada, belirli bir kesme süresinde yan yüzeyde genellikle bir veya daha çok izin meydana geldiği görülür. Bu ise işlenen yüzeyin pürüzlülüğünün artmasına neden olur. Bu tür kalem aşınmasının doğrudan gözlenmesi zordur. Ancak pürüzlülüğün belli bir değeri kalem ömrü kıstası olarak kullanılabilir.

3.3. Kesici Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler

Takım aşınmasını etkileyen faktörler, takım malzemesi, iş parçası malzemesi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, talaş geometrisi, takım geometrisi, soğutma sıvısı şeklinde özetlenebilirler.

Kesme işlemlerinde takım-iş parçası arasında meydana gelen sürtünme kesici takımın aşırı ısınmasına neden olur. Dolayısıyla takım aşınması da artan sıcaklığa bağlı olarak hızlı bir şekilde artar. Talaş kaldırma işlemlerinde takım sıcaklığına en büyük etkiyi

kesme hızı daha sonra ilerleme miktarı gösterirken, en az etkiye de talaş derinliği göstermektedir(Şekil 3.2).

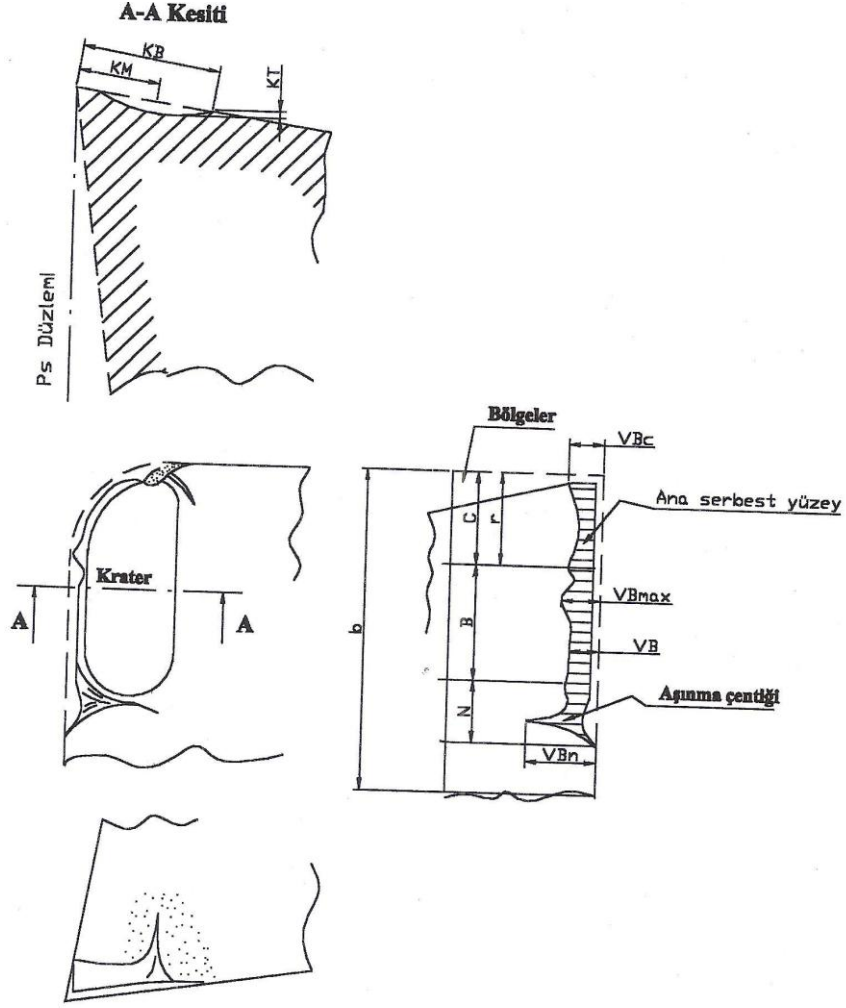


Şekil 3.2. Kesme parametrelerinin takım sıcaklığı etkisi(Şahin, 2001).

3.4. Takım Aşınmasının Ölçümü

Ana serbest yüzeyin aşınan kısmının altına yapışan parçacıklar, aşınan kısmın daha geniş görülmesine sebep olacağından kalem üzerine yapışmış olan parçacıklar dikkatli bir şekilde temizlenmelidirler. Ancak bu işlemler kimyasal aşındırıcılar kullanılarak yapılmamalıdır. Aşınmanın ölçülmesi için esas kesici kenar üç bölgeye ayrılır(Şekil 3.3).

- C bölgesi, kalem köşesindeki kesici kenarın kavisli kısmı,
- N bölgesi, kesici kenarın kalem köşesinden en uzakta olan kısmı olup b'nin 1/4'üne karşılık gelir.
- B bölgesi, kesici kenarın C ve N bölgesi arasında kalan düz kısımdır.



KB = Krater genişliği
 KM = Krater merkezinin uca uzaklığı
 KT = Krater derinliği

Şekil 3.3. TS 10329 göre takım aşınması bölgeleri

Ana serbest yüzeyin aşınan kısmının genişliği V_B , esas kesme hareket yönü ve esas kesici kenarı ihtiva eden P_s düzlemindeki B bölgesinden ölçülmelidir ve serbest yüzeyin aşınan kısmının genişliği esas kesici kenarın ilk konumuna göre ölçülmelidir. Krater derinliği KT, B bölgesindeki talaş yüzeyinin ilk konumu ile krater tabanı arasındaki azami mesafe olarak ölçülmelidir. Takım aşınmasının belirlenmesi iki ana kategoride sınıflandırılabilir. Kesici takımın durumu hakkında doğrudan bilgi veren ölçme yöntemlerinin yanı sıra, işleme performansı, talaşlı işlenebilirlik gibi farklı amaçlarla birlikte dolaylı olarak kesicinin durumunu gösteren yöntemler de kullanılmaktadır. Tablo 3.4’de takım aşınmasını belirleme metotları verilmiştir.

Tablo 3.4 Takım aşınmasını belirleme metotları (Dan ve Mathew,1990).

	Ölçme yöntemi	Ölçülen değer	Ölçme cihazı
Doğrudan (Direkt) Ölçüm	Optik	Kesici ağzın biçimi	TV kamerası, optik cihaz
	Radyoaktif parçacıklar	Parçacıkların büyüklüğü ve konsantrasyonu	Spektrofotmetre
	Takım-iş parçası temas direnci	Temas direncindeki değişim	Voltmetre
	İş parçası boyutu	İş parçası çapı	Mikrometre, optik ultrasonik, elektromanyetik cihaz
	Takım-iş parçası açıklığı	Takım ya da takım tutucu ile iş parçası arasındaki açıklık	Mikrometre, pnömatik gauge, deplasman ölçer
Dolaylı (İndirekt) Ölçüm	Kesme kuvvetleri	Kesme kuvvetindeki değişim	Dinamometre, strain-gauge
	Akustik emisyon	Gerilim dalga enerjisinin akustik emisyonu	AE çevirici mikrofon
	Titreşim	Takım ya da takım tutucunun titreşimi	Akselerometre
	Sıcaklık	Takım üzerindeki kesme sıcaklığının değişimi	Termocupol, pirometre
	Güç girişi	İlerleme motoruna ya da aynaya güç veya akım girişi	Ampermetre, dinamometre
	İşlenen yüzeyin pürüzlülüğü	İş parçasının yüzey pürüzlülüğündeki değişim	Mekanik iğneli cihaz, optik cihaz

3.5. Takım Ömrü

Talaş kaldırma işlemini ekonomik kılan koşulların belirlenmesi arzu edildiğinde dikkate alınması gereken en önemli faktör kesici takımın ömrüdür. En basit tanımlamayla takım ömrü “iki bileme arasındaki çalışma süresi” olarak ifade edilir. Ancak teknolojik gelişmelere paralel olarak değiştirilebilir uçların, HSS ve lehimli sert metal takımların yerini alması sonucunda takım ömrü tanımı değişmiştir. Takım ömrü, iş parçasına ait sınırlayıcı parametrelerin belirlenen sınırlar içerisinde kalması koşuluyla, kesici kenarın iş parçasını işlemesi için gerekli olan zamandır.

Genellikle takımın ömrü aşınma, kesici takım ucunun ya da kenarın kırılması ile sona erer. Ancak takım malzemesindeki gelişmeler sayesinde takım-iş parçası çifti ve işleme parametrelerinin doğru seçimi sonucunda bu tip hasarlara hiçbir zaman izin verilmez. Talaşlı imalatta kullanılan kesici takımların ömrü ve maliyeti, gerek üretilen parçaların kalitesi, gerekse toplam üretim maliyeti açısından büyük önem taşır. Talaşlı imalat alanında en önemli hususlardan biri en ekonomik imalat ve en ideal takım ömrü için en uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi işlemidir.

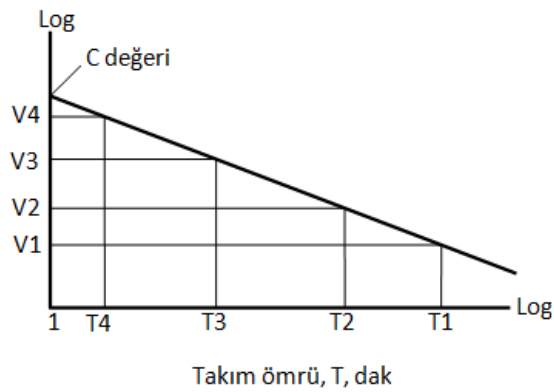
Kesici takım ömrü her zaman sınırlıdır. Takım aşınmasına etki eden faktörler kesme işlemine bağlı parametrelerdir. Kesici takımın kırılması talaş yüzeyindeki ve serbest

yüzeydeki aşınmaya bağlı olup takım ömrü kıstasları genellikle takım aşınmasına göre belirlenir. Talaş kaldırma esnasında kesici takımın doğru seçilmesi maksimum verimliliğin sağlaması açısından şarttır. Özellikle talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım geometrisi ve malzemesi oldukça önemlidir. Ancak takım doğru seçilmiş olsa bile işleme koşulları özellikle kesme parametreleri ve işlemin rijitliğini ilgilendiren koşullar standart dışı ise optimum takım ömrü elde edilemez. Bağlama elemanlarının rijit olmaması ve titreşimler birçok kesici kenarın ömrünü, belirlenen süreden önce tamamlanmasına neden olurlar. Bu tür hasarlar genellikle önceden tahmin edilmeyen ve kesici takım uç ve ağzında meydana gelen kırılmalar şeklindedir.

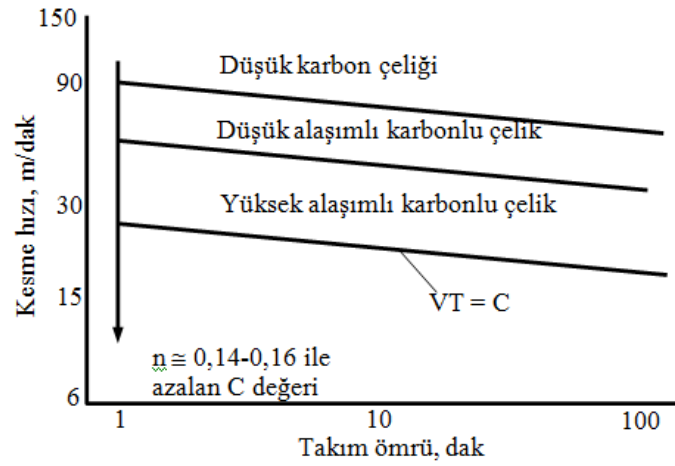
Genelde talaş kaldırma işlemi; iş parçasının cinsine, kesici takım malzemesine, tezgahın konstrüksiyonuna ve işleme yöntemine bağlıdır. Kesme işlemine etki eden ve optimum talaş kaldırma işlemi için değiştirilebilen faktörler kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme miktarıdır. Yapılan deneyler sonucu bu faktörlerin takım ömrüne etkileri farklı oranlarda ifade edilmiştir(Şahin, 2001). Bunlardan en önemlisi kesme hızının etkisidir. Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasındaki ilişkiyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir.

$$V_1 \cdot T_1^n = V_2 \cdot T_2^n = C \quad (3.1)$$

Burada, n üssü sabiti göstermekte olup öncelikle takım-iş parçası çiftine bağlıdır ve logaritmik takım ömrü eğrisinin eğimine eşittir(Şekil 3.4). C ise ilerleme miktarı ve talaş derinliği dahil takım geometrisi, soğutma sıvısı vb. bütün giriş parametrelerine bağlı olarak değişir. Değişik iş parçası malzemesinin hız çeliği kalemle işlenmesinde takım ömür eğrileri gösterilmiştir(Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Taylor logaritmik takım ömrü eğrisi(Şahin, 2001).



Şekil 3.5. Yüksek hız çeliği takımın kesme hızı-ömür eğrisi(Şahin, 2001).

3.5.1. Genişletilmiş Takım Ömrü Denklemi

Kesme hızı-takım ömrü ilişkisini etkileyen önemli bir faktör talaş derinliği ve genişliğidir. Talaş derinliği (t) ve talaş genişliği(ilerleme) dikkate alındığında genişletilmiş Taylor takım ömrü denklemi aşağıdaki gibidir(Özler vd., 2001).

$$C = T^{\alpha} \cdot V^{\beta} \cdot f^{\gamma} \cdot t^{\phi} \quad (3.2)$$

Burada α , β , γ , ϕ ve C birer sabit olup takım iş parçasına göre değişir. Denklem tekrar düzenlenirse;

$$T = a_0 \cdot V^{a_1} \cdot f^{a_2} \cdot t^{a_3} \quad (3.3)$$

şeklinde yazılır. Denklem 3.3’de a_0 , a_1 , a_2 , a_3 takım- iş parçası çiftine bağlı birer sabitlerdir.

3.6. Takım Ömrü Kıstasları

Takım ömrü belirlenmesinde TS 10329(ISO 3685)’da tavsiye edilen kriterler aşağıdaki gibidir.

- Ana serbest yüzey aşınma alanı B bölgesinde düzgün olarak aşınmamışsa, maksimum yan kenar aşınma alanı $V_{Bmax}=0.6$ mm alınmalıdır.
- Ana serbest yüzey aşınma alanı B bölgesinde düzgün aşınmışsa ortalama yan kenar aşınma alanı, $V_{BB}=0.3$ mm alınmalıdır.
- Verilen KT krateri derinliği mm olarak şu formülle hesaplanır.

$$KT=0.06+0.3 \cdot f \quad (3.4)$$

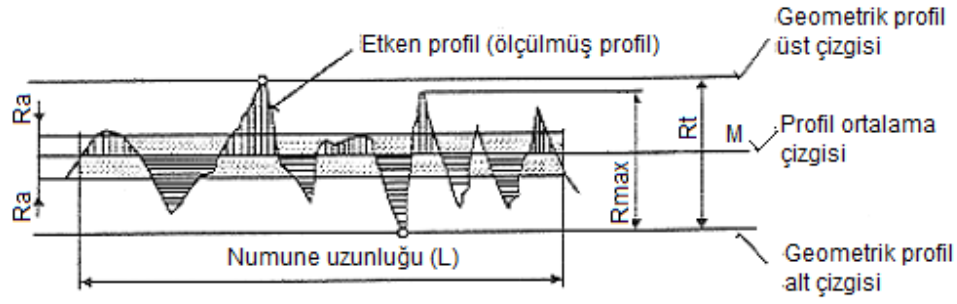
- Uç mesafedeki krater, KF değerini azaltır ($KF=0.02$ mm'dir).

3.7. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma işleminde amaç, yapım resminde belirtilen tolerans derecesine göre parçaların istenilen geometrik ölçü ve yüzey kalitesinde imal edilmesidir. Makine parçasının geometrisi, boyutu ve yüzey kalitesi işleme kalitesini oluşturur. Ancak parça yapım resminde gösterilen ideal ölçülere göre üretimi tamamlanan parça üzerinde boyut, yüzey kalitesi ve geometrisi yönünden bazı hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatalar “tolerans” olarak adlandırılır ve parçanın kullanıldığı yere göre müsaade edilen belli bir değerde tutulduğu takdirde parçanın çalışmasına engel teşkil etmez. Bu toleranslarda parçanın hem boyutu hem de yüzey kalitesini meydana getirirler. Ancak hatalar (toleranslar) ne kadar küçük olursa o kadar yüksek yüzey kalitesi elde edilir. Başka bir deyişle, toleranslar ne kadar büyük, yani kaba olursa, o derecede düşük yüzey kalitesinde parça imal edilir.

Kesme maliyeti ile toleranslar arasında ters bir ilişki vardır. Çünkü toleranslar büyüdükçe parça maliyeti büyük oranda azalır. Fakat parçanın fonksiyonunu yerine getirmesi yüzey kalitesi toleransların küçülmesi ile artar. Bu nedenle imalat mühendisliği açısından parçaların kullanılacağı yere göre ekonomiklikte dikkate alınarak parçanın uygun yüzey kalitesinde işlenmesini gerçekleştirecek üretim metodu yanında yüzey kalitesi tolerans ve maliyet arasında bir uzlaşma sağlayacak şekilde belirlenmelidir.

Yüzey kalitesi, parça yüzeyinde genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelen düzgünlük olarak ifade edilmektedir. Parçanın yüzey kalitesini gösteren düzgünlük iki türdür. Birincisi çok küçük yüzeysel hatalardan meydana gelen ve yüzey pürüzlülüğü denilen mikro geometrik düzgünlük, ikincisi parçanın ideal şeklinden sapmalarını belirten ve form düzgünlüğü denilen makro geometrik bozukluktur. Yüzey pürüzlülüğü bir takım çıkıntı ve girintilerden meydana gelmiştir(Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Yüzey pürüzlülük grafiği(Bayrak, 2002).

Ölçme tekniğinin gelişmesiyle bu düzgünsüzlük kolayca ölçülebilir. Ayrıca bu tekniğe uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü objektif bir şekilde ifade eden ve uluslar arasınca kabul edilen bir sistem kurulmuştur.

Bu sisteme göre pürüzler, yüzeylere dik olan kesite göre takdir edilir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir(Şekil 3.6). Profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tayin edilir. Yüzey pürüzlüğü profilin aritmetik ortalama yüksekliğidir ve R_a ile gösterilir. Ancak yüzey pürüzlülüğü bazen R_t , R_z şeklinde gösterilmektedir. Ölçme aygıtları hala pürüzlülük merkezinden ortalama ayrılmayı kullanır. R_q ise ortalama karekök olarak belirtilir ve 1950’li yıllardan beri hala kullanılmaktadır. R_a , ortalama profil doğrusundan y aritmetik ortalama olarak sapmasıdır. Bu normal olarak birkaç tane birbiri ardı sıra örnekleme uzunlukları (L) sonuçlarının ortalaması alınarak belirlenir. R_q ise ortalama karekök parametresine karşılık gelir.

R_t , değerlendirme uzunluğu içinde maksimum tepe-çukur yüksekliğini gösterir. R_{max} , örnekleme uzunluğu (L) içinde maksimum tepe-çukur yüksekliğidir. Fakat yüzey üzerindeki bir parçacığı veya sahte izlerden bu değerler etkilendiği için birbiri ardı sıra 5 örnekleme uzunluğunun ortalamasının (R_{tm}) kullanılması daha geneldir.

R_z , 10 nokta yüksekliği olup örnekleme uzunluğu içinde 5 derin çukur ve 5 en yüksek tepe noktaları arasında ortalama mesafeyi gösterir. Fakat buna dik olarak ölçülür.

R_p , ise örnekleme uzunluğu içinde ortalama doğrudan maksimum profil yüksekliğidir.

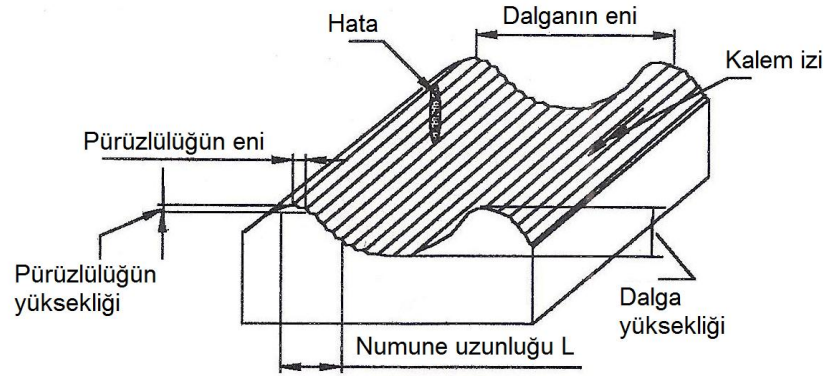
R_{pm} ise 5 örnekleme uzunluğu üzerinde belirlenen R_p ’nin ortalama değeridir(Gezgin, 2007).

Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınır, yüzey pürüzlülüğü;

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L y dx \quad \text{veya} \quad Ra = \frac{|y_0| + \dots + |y_n|}{n} \quad (3.5)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada $y_0 \dots y_n$ - geometrik ortalama pürüz yükseklikleri ve n - numune uzunluğuna tekabül eden pürüz sayısıdır.

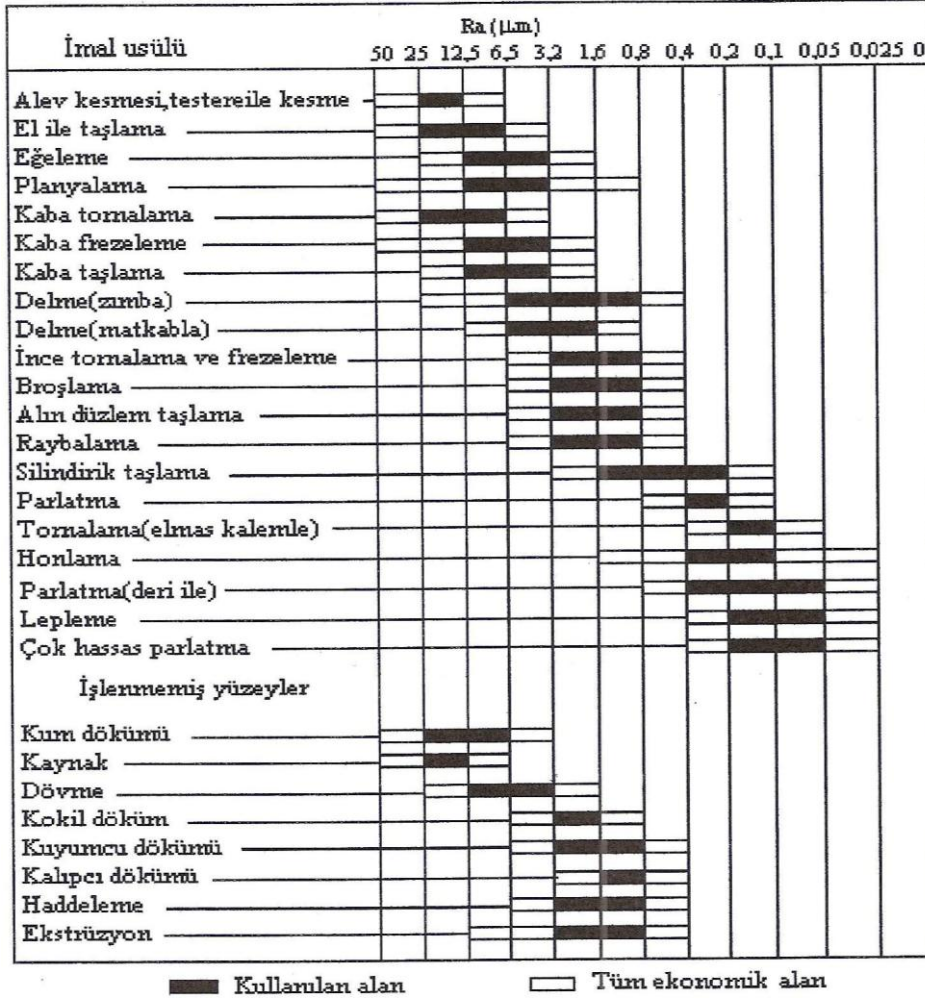
Bu ana değerin yanı sıra, pürüzlülüğü karakterize eden pürüzlülüğün eni, dalga yüksekliği, dalga eni, kesici takımın çoğunlukta olan izleri gibi ikinci mertebeden faktörler vardır(Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yüzey kalitesini tayin eden faktörler

Yüzey pürüzlülüğünün birimi mikron $10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm}$ veya mikroinch (10^{-6} inch) tir. Teorik bakımdan yüzey pürüzlülüğünü ifade etme olanağı sonsuz olmasına rağmen pratik nedenlere dayanarak, tercih edilen pürüzlülük dizileri veya yüzey pürüzlülüğü emsal sayıları tespit edilmiştir. Müşterek çarpanı (1.25) olup R10 serisinden oluşan ve tercih esnasında gerçekleşen yüzey pürüzlülüğü işleme usulüne de bağlıdır. Tablo 3.5’de kullanma yerine göre tavsiye edilen yüzey pürüzlülükleri gösterilmiştir.

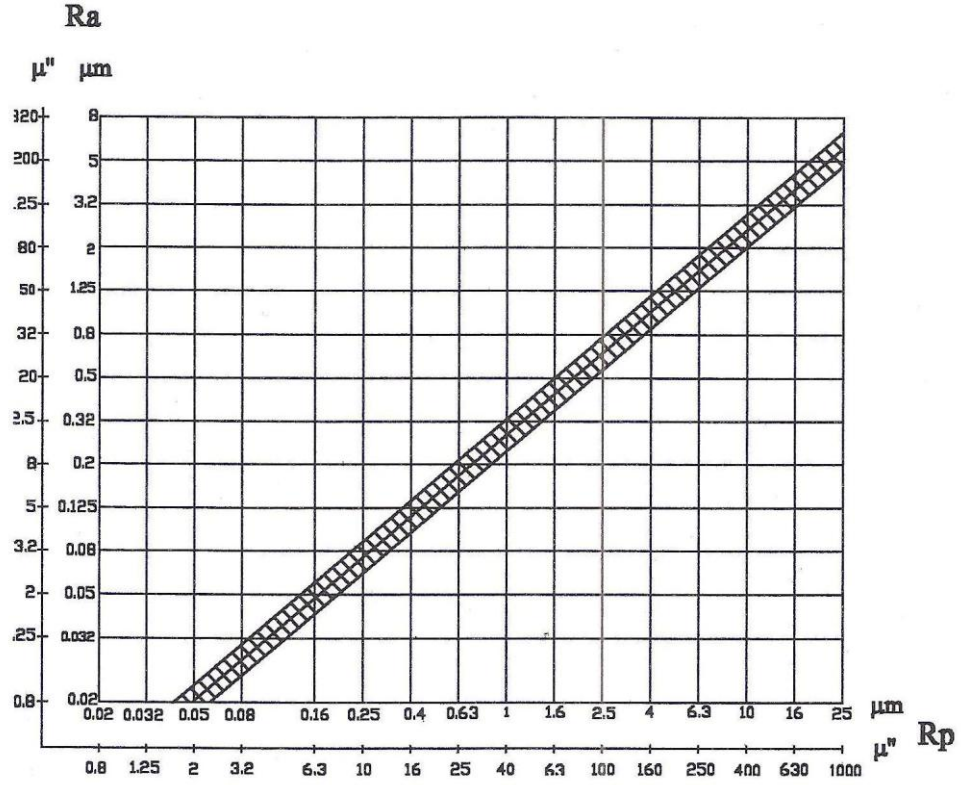
Tablo 3.5. Yüzey işleme yöntemleri ve erişebilecek yüzey pürüzlülüğü(Akkurt, 1991).



Ra ve Rp arasında belirli bir bağıntı olmamakla Şekil 3.8’de istatistik değerlere dayanarak sayısal bağıntılar vardır. Ortalama değer olarak;

$$Ra = (0,2 \dots 0,25)Rp ; \quad Rp = 0,6.Rt \quad (3.6)$$

alınabilir.



Şekil 3.8. Ra ile Rp arasındaki ilişki(Akkurt, 1991)

Teknik resimde pürüzleri belirtmek için kullanılan Ra ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı Tablo 3.6’da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Ra ile yüzey kalite simgesi arasındaki bağıntı(ISO 1302, TS 2040).

Pürüzlülük Derecesi	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Ra (µm)	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Simge	▽ ▽ ▽ ▽			▽ ▽ ▽			▽ ▽			▽		
Not: ISO sitemine göre Ra değerleri N ile simgelenmiştir.												

3.7.1 Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler

Genellikle yüzey kalitesine etki eden faktörler şöyle özetlenebilir. Bunlar;

- Kesme parametreleri,
- Kesici takım geometrisi,
- Takım tezgahının yeterli rijitlikte olmaması,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan tezgah hataları,

- Takım tutucu ve katerin rijit olmaması ve imalat hataları,
- Takım konumlama ve bağlama hataları,
- Takım aşınmasından kaynaklanan hatalar,
- Çevrenin etkisiyle oluşabilen hatalar,
- İmalat hatalarıdır.

3.7.2. Yüzey Pürüzlülüğünde ölçümünde Kullanılan Standartlar

JIS B0601–1982, JIS B0601–1994, AISI, DIN ve ISO gibi oldukça yaygın ulusal ve uluslararası standartlarda, örnekleme sayısı, ölçüm boyu ve toplam kurs boyu aralıkları tarif edilmiştir. ISO standardına göre değerlendirmeler, Tablo 3.7-3.9’da belirtilmiştir (Can, 2003).

Tablo 3.7. Rsm ölçümü için örnekleme standardı(Can, 2003).

Rsm (μm)	Örnekleme uzunluğu, λ (mm)	Ölçme uzunluğu, Ln (mm)
0,013<Rsm<0,04	0,08	0,4
0,04Rsm<0,13	0,25	1,25
0,13<Rsm<0,4	0,8	4
0,4<Rsm<1,3	2,5	12,5
1,3<Rsm<4	8	40

Tablo 3.8. Ra ve Rq ölçümü için örnekleme standardı(Can, 2003).

Ra-Rq (μm)	Örnekleme uzunluğu, λ (mm)	Ölçme uzunluğu, Ln (mm)
0,006<Ra<0,02	0,08	0,4
0,02<Ra<0,1	0,25	1,25
0,1<Ra<2	0,8	4
2<Ra<10	2,5	12,5
10<Ra<80	8	40

Tablo 3.9. Rz, Rt ve Rp ölçümü için örnekleme standardı(Can, 2003).

Rz,Rt,Rp (μm)	Örnekleme uzunluğu, λ (mm)	Ölçme uzunluğu, Ln (mm)
0,025<Rz<0,1	0,08	0,4
0,1<Rz<0,5	0,25	1,25
0,5<Rz<10	0,8	4
10<Rz<50	2,5	12,5
50<Rz<200	8	40

3.8. Kesici Takımlar

Kesici takım malzemeleri; içyapıları, ömürleri, imalat şekilleri, mekanik ve fiziksel özelliklerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

- Karbon çelikleri ve takım çelikleri,
- Yüksek hız çelikleri,
- Sert metaller (Sinterlenmiş karbürler),
- Seramikler,
- Sermetler,
- Siyalonlar,
- Coroniteler,
- Elmaslar,
- CBN,
- PCBN.

Talaş kaldırma işlemlerinde, ya tornalama ve delme işleminde olduğu gibi tek noktalı takımlarla sürekli kesme işlemi, ya da frezeleme işleminde olduğu gibi çok uçlu takımlarla sürekli olmayan kesme işlemi yapılır. Sürekli kesme işleminde kesici uçta yüksek sıcaklıklar oluşurken, sürekli olmayan kesme işleminde ise kesici uçlar darbeli yüklere maruz kaldığından daha büyük kuvvet ve sıcaklık değişimleri meydana gelir. Bu olumsuzlukları en aza indirmek için istenilen yüzey kalitesine ve malzemenin içyapısına göre uygun devir ve kesme hızları verilmelidir (Şahin, 2001).

Talaşlı imalat esnasında kesici takımın ısıtma ve soğutma etkisini yenmesi için yeterli darbe direncine sahip olması gerekir. Kesici takımın darbe direnci düşükse takım ucu hızlı bir şekilde aşınır. Tüm bu olaylar ekonomikle beraber dikkate alınırsa kesici takımın aranacak özellikler şöyle sıralanabilir.

- Aşınmaya ve şekil değiştirmeye dayanıklı olması için yüksek sertlik,
- Kırılmaya ve özellikle darbelere karşı yüksek tokluk,
- Oksidasyona dayanıklı olması için yüksek kimyasal kararlılık,
- Yüksek kızıl sertlik ve termik darbelere karşı yüksek mukavemet.

3.8.1. Karbon Çelikleri ve Takım Çelikleri

Endüstri devriminin başlangıcından beri talaş kaldırma işlemlerinde sadece karbonlu çelikler kullanılmaktaydı. Bu yaklaşık % 0.8-2 karbon içeren demir alaşımından oluşmakta ve çelik yapmayı kolaylaştırmak için manganez, silis, sülfür ve fosfor gibi diğer alaşım elementleri katılmaktaydı. Diğer alaşımlı çeliklere göre aşınmaya karşı dayanımları daha düşüktür.

Alaşımlı takım çeliklerinde; karbonlu takım çeliklerinin kesme özelliklerini iyileştirmek amacıyla alaşım elementleri ilave edilerek mukavemet özellikleri ve kritik soğuma hızları değiştirilmiştir. Alaşım elementleri olarak; az miktarda tungsten (W), krom (Cr), vanadyum (V), kobalt (Co), nikel (Ni), molibden (Mo) ve manganez (Mn) katılır.

3.8.2. Yüksek Hız Takım Çelikleri (HSS)

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen kesici takım grubu olup diğer takım malzemelerine nazaran düşük maliyeti ve işlenebilme özelliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek hız çelikleri, genelde helisel matkap, azdırma çakıları, kılavuzlar, parmak freze gibi kesici takım malzemelerinde kullanılırlar(Can, 2003).

Yüksek hız takım çelikleri T ve M olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Bunlar ilk alaşım olan Tungsten ve Molibden yüzdesine göre belirlenir. T serisi %12-20 tungsten ve diğer alaşım elementi olarak Vanadyum ve Kromla birlikte Kobaltdan oluşurken M serisi yaklaşık %3.5-10 Molibden ile diğer alaşım elementleri olarak Kobalt, Krom ve Vanadyum içerir.

Genel olarak, M serisi, T serisinden daha yüksek abrasyon aşınma direncine sahip olmakla birlikte daha ucuz ve ısıtıl işlem sonrası çatlak vb. hatalar daha az görülmektedir.

M ve T türüne bakılmaksızın yüksek hız takım çelikleri kendi aralarında fiziksel olarak birçok benzerliklere sahiptirler. Bunlar şöyle sıralanabilirler.

- Hepsi yüksek alaşım içeriğine sahiptirler.
- Genellikle 64 HRC sertliğine müsaade etmesi için yeterli oranda C içermektedir.
- Merkezden yüzeye üniform sertliğe sahiptir.
- Hepsi yüksek sıcaklıklarda sertleştirilebilir.

3.8.3. Sert Maden Uçlu Kesiciler (Sinterlenmiş Karbürler)

Sert maden uçlar, sıcaklığa dayanıklı takım malzemesi olup sert karbür parçacıkları ve sünek metallerle birleşmesiyle üretilirler. Bu malzemeler ‘sinterlenmiş karbür’ olarak da adlandırılır. Bunlar iyi aşınma direnci gösterdiklerinden 40 m/dak’dan 350 m/dak kesme hızına kadar sertliğini ve kesiciliğini kaybetmeden etkili şekilde kullanılabilir (Şahin, 2001).

Günümüzde sinterlenmiş karbürlerin iki çeşidi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar:

- Tungsten karbür + kobalt alaşımlı düz karbür uçlar (WC+Co),
- Tungsten karbür + kobalt + titanyum karbür + tantalyum karbür uçlardır (WC+Co+TiC+TaC).

Sinterlenmiş karbürler için dünyaca kabul edilen bir sistem yoktur. Bileşimlerine, mikro yapılarına, fiziksel özelliklerine göre değil, kullanıcı ve üretici tarafından yapılan uygulama kod sistemine göre sınıflandırılır. Avrupa ve Japonya’da kabul edilmiş ISO sınıflandırma sistemine göre malzemeler üç gruba ayrılır. Bunlar, P, M, K harfleri ve bu harflerin sonuna gelen rakamlardır.

- **P serisi (mavi)** : Yüksek alaşımlı, tungsten karbürü takım olup uzun talaş çıkaran malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar.
- **M serisi (sarı)** : Alaşımlı tungsten karbürü takım olup titanyum oranı P serisinden azdır. Çelikler ve dökme demirlerin işlenmesinde kullanılırlar.
- **K serisi (kırmızı)**: Düz tungsten karbür kobalt alaşımlı takım olup, dökme demir, demir olmayan metaller ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar(Şahin, 2001).

3.8.3.1. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler

Kaplama; kesme kuvvetini, oluşan ısıyı ve aşınmayı büyük oranda azaltarak geçici bir yağlayıcı görevi yapmaktadır. Özellikle daha kaliteli yüzey elde edilmek istenildiğinde daha yüksek hızların kullanılmasına imkân sağlar(Şahin, 2001).

Kesici takım malzemelerindeki en önemli gelişme, takımların yüzeylerinin birkaç mikron kalınlığındaki tabaka ile kaplanmasıdır. Kesici takımların yüzey kaplamalarında yaygın olarak dört farklı kaplama malzemesi kullanılmaktadır. En belli başlı kaplama

malzemeleri titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), titanyum karbonitrür (TiCN), alüminyumoksit (Al_2O_3)'tir. Titanyum nitrür kaplamalar aşınma etkisini azaltmaktadır. Oksidasyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda titanyum alüminyum nitrür (TiAlN), sert malzemelerin işlenmesinde titanyum karbür nitrür (TiCN) kaplamalar en iyi özelliklere sahiptirler. Korozyona karşı direncin gerekli olduğu uygulamalarda ise daha kalın seramik kaplamalar kullanılmaktadır(Habalı, 2003).

3.8.4. Seramik Kesiciler

Seramik malzemeler yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olan inorganik, metal olmayan malzemelerdir. Seramik kesicilerin dar olan kullanım alanları katkılı seramiklerin, seramik matrisli kompozitlerin ortaya çıkarılmasıyla artmaya başlamıştır(Şahin, 2003).

Seramik takımlar sert, yüksek kızıl sertliğine sahip, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun bir takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldıracırlar. Metalik olmayan seramiklerin özelliklerinde çeliklere göre bazı temel farklılıklar mevcuttur. Bunlar;

- Yoğunlukları çeliğin üçte biridir,
- Çok yüksek basma mukavemetine sahiptirler,
- Çeliklerde söz konusu olan plastik uzama seramiklerde söz konusu değildir,
- Çok daha kırılğandır,
- Saf seramiğin elastikiyet modülü çeliğin yaklaşık iki katıdır,
- Çeliğin ısı iletim katsayısının yüksek olmasına karşın seramikler çok düşük ısı iletim katsayısına sahiptirler(Çakır, 2006).

Seramik kesicilerin esasını alüminyum oksit (Al_2O_3) oluşturmaktadır. Bunun yanında magnezyum oksit (MgO), yitrium oksit (Y_2O_3), zirkonyum oksit (ZrO), krom oksit (CrO), vb. malzemeler farklı özellikteki seramiklerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Bugün gelinen nokta itibarıyla çeşitli seramik kesici türleri geliştirilmiştir. Seramik kesicileri temel olarak üç sınıfta incelemek mümkündür.

- a. Al_2O_3 içeren seramikler,
 - Saf oksit esaslı,
 - Katkılı alüminyum oksit esaslı,
 - Alüminyum oksit esaslı takviyeli,

- b. Silisyum nitrür (Si_3N_4) içeren seramikler,
- c. Kaplamalı seramikler(Şahin, 2001).

Seramik kesici takımlar, öncelikle tornalama ve delik delme işlemlerinde tercih edilmekte olup bu seramiklerin farklı uygulama alanları aşağıda gösterilmektedir. Yüksek talaş kaldırma miktarı da rijit tezgahlarla ve sürekli kesmeyle mümkündür. Seramik kesici takımların ilk akla gelen uygulama alanları şunlardır:

- Çelikler ve dökme demirler,
- 66 Rc'ye kadar çelikler,
- Nikel esaslı süper alaşımlar.

3.8.5. Sermet Kesici Takımlar

Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine titanyum karbür (TiC), titanyum karbonitrür (TiCN) ve titanyum nitrür (TiN) gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinterlenmiş karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi SERamik ve METal den gelmektedir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçacıklardır.(Şahin, 2001).

Sermet kesici takımların en genel özellikleri:

- Yüksek kesme hızlarında (belirli bir dereceye kadar düşük) kullanılmaları,
- İşlenen parçalarda yüksek hassasiyet sağlamaları,
- Yüksek kaliteli bir yüzey oluşturmalarıdır(Çakır, 2000).

3.8.6. Siyalonlar

Siyalonlar; silisyum, alüminyum, oksijen, azot (Si-Al-O-N) bileşiminden oluşan silisyum nitrür esaslı kesici takım malzemeleridir. Bunların üretiminde yaklaşık %88 alüminyum nitrür (AlN) ve %13 alümina (Al_2O_3) ile birlikte %10 yitrum oksit (Y_2O_3) tozları karıştırılarak kurutulmaktadır. İstenilen şekil ve boyutta yaklaşık 1800 °C'de 1 saat süreyle sinterlenerek preslenir.

Yüksek aşınma miktarlarına rağmen siyalon takımlar kopmaya karşı güvenilir ve ani uç kırılması oluşturmaz. Bu nedenle siyalonların takım ömrü oldukça uzundur(Şahin, 2001).

3.8.7. Coronite

Coronite yüksek hız çeliğinin tokluğu ile sinterlenmiş karbürün aşınma direncini bir araya getiren yeni bir kesici takım malzemesidir. Coronite parmak frezelerin bu alandaki benzerlerinden daha hızlı talaş kaldırmalarını, daha uzun ve güvenilir bir takım ömrüne sahip olmalarını, daha iyi bir yüzey kalitesi elde etmelerini sağlar. Bu takım malzemesi daha çok çelik işleme için geliştirilmiş bir malzeme olmasına karşın titanyum ve çeşitli hafif alaşımların işlenmesinde de iyi sonuçlar verir(Çakır, 1999).

3.8.8. Elmas Takımlar

Takım malzemesi olarak, kıymetli taşlardan ayrı bir grup oluşturan sanayi elmasları kullanılır. Bunlar pratikte tek parça, çok kristalli elemanlar veya toz şeklinde uygulanır. Çok kristalli elemanların ana gövdeleri sert metaldir. Gövdenin ağız kısmına çok yüksek basınçlarda ve çok yüksek sıcaklıklarda çok küçük elmas tanecikleri kristalize edilir. Bu elemanlar takım sapına lehim yoluyla tespit edilir ve oldukça kalın talaş kaldırabilirler. Elmas tozu çok yüksek basınç ve sıcaklığın etkisi altında grafitten elde edilen suni elmadır(Akkurt 1991).

Elmas uçlu takımlar, çok yakın toleranslı ve yüksek hassasiyet gereken metal olmayan ve demirsiz malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar. Bunlar gevrek olduğundan şoka ve kesme basıncına karşı karbürü kesiciler kadar dirençli olmadığından esas olarak bu malzemeler son bitirme yüzeylerinin işlenmesinde kullanılan takımlardır(Krar, S.F.).

Elmas kesici takımlar genellikle demir içermeyen metalik malzemeler ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadırlar(Şahin, 2001).

3.8.9. Kübik Bor Nitrür (CBN)

CBN kesici takımlar çok yüksek basınç ve sıcaklıklar altında özel seramik bağlayıcı malzemelerin karışımının sinterlenerek yapıldığı kesici takım malzemeleridir. Dövme çelik, sertleştirilmiş çelik, dökme demir, yüzeyi sertleştirilmiş iş parçaları ve ısıl dirençli alaşımlar CBN takımların yaygın olarak kullanıldığı malzemelerdir.

Kübik bor nitrür, elmadan sonra gelen ikinci en sert kesici takım malzemesidir. Çok yüksek sertlik, çok yüksek kızıl sertlik (2000 °C), mükemmel aşınma direnci ve işleme

esnasında genellikle iyi kimyasal kararlılık gibi özellikleri sayesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir.

CBN kesici takımlar, sertlikleri 48 HRC'nin üzerinde olan sert iş parçası malzemelerinde uygulanmaktadır. İş parçaları çok yumuşaksa takım aşırı şekilde aşınır. Malzeme ne kadar sertse takım aşınması o derece azdır. CBN kesici takımlar, sağladıkları mükemmel yüzey kaliteleri sayesinde tornalama işlemlerini taşlama işlemlerine alternatif hale getirmişlerdir(Çakır, 1999). Bu takımlar aşağıdaki malzeme gruplarının işlenmesinde kullanılmaktadır.

- Takım çelikleri
- Sert çelikler
- Perlitik esmer dökme demirler
- Sert yüzeyli alaşımlar
- Sertleştirilmiş çelik ve dökümler

3.8.10. Çok Kristalli Kübik Bor Nitrür (PCBN)

Çok kristalli kübik bor nitrür uçlar ile daha yüksek kesme hızlarında, daha fazla talaş derinliğinde kesme yapılabilmekte ve sertliği 35 HRC'den daha yüksek sertlik derecesindeki malzemeler işlenebilmektedir. Çok kristalli kübik bor nitrürlerin temel özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir:

- Yüksek sertlik,
- Yüksek abrasyon direnci,
- Yüksek basma dayanımı,
- Yüksek termal iletkenlik.

Bu takımlar düz tornalama, alın tornalama, delik büyütme, profil tornalama ve frezeleme işlemlerinde de başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu takımlar aşağıdaki malzeme gruplarının işlenmesinde kullanılmaktadır.

- Sert nikel alaşımları,
- YHÇ takımları,

- Soğuk iş takım çelikleri,
- Cr-Ni'li çelikler,
- Kobalt esaslı ve nikelli sert yüzeyli alaşımlar,
- Beyaz dökme demirler,
- Esmer dökme demirler vb. işlenebilmektedir(Şahin, 2001).

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

Deneyisel çalışmada kesici takımlar, iş parçası malzemesi, ölçü aletleri ve iş parçasının işlenmesinde kullanılan tezgah ile ilgili bilgiler bu kısımda anlatılmıştır. İş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi, boyutları, ısıtılma durumu gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri belirtilmiştir. Ayrıca deneylerde kullanılan kesici takımın özelliği hakkında bilgiler verilmiştir.

4.1.1. İş Parçası Malzemesi

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak DIN 1.2436 (AISI D6, X210CrW12) alaşımlı soğuk iş takım çeliği kullanılmıştır. % 12 kromlu ledeburitik yapıya sahip soğuk iş takım çeliğidir. AISI D6 çeliği ısıtılma işlemlerindeki iyi boyutsal kararlılık ve derinliğine sertleştirme yapılabilirlikleri ile öne çıkmaktadır. Isıtılma işlemlerinin ardından yüksek oranda basma dayanımı ve aşınma direnci gösterir. Bu çelik malzeme yüksek abrasiv ve adhesiv aşınma direncine sahiptir. Yumuşak ve sert kesme işlemlerinde kullanılırlar. Seramik kalıpları, kırıcı ve öğütücü tekerleklerinin imalatlarında yaygındır. AISI D6 çeliğinin üstün yapısal ve mekanik özellikleri nedeniyle birçok etkene karşı dayanıklı ve uzun ömürlü takımların imalatında kullanılmasında etkili olmaktadır (Hasırcı, 2010).

Deneylerde kullanılan AISI D6 iş parçası malzemesi Dizdar Metal Sanayi, İstanbul/Türkiye tarafından 70 mm çapındaki ve 700 mm boyunda temin edilerek analizi yapıldı (Tablo 4.1). Analizi yapılan ve 22 HRC sertliğinde olan iş parçasına deneyler öncesi ısıtılma işlemi uygulanmıştır. Isıtılma işlemi olarak 860-880 °C sıcaklıktaki AISI D6 soğuk iş takım çeliğine 40 dakika süreyle yağda soğutma işlemi yapılmıştır. Daha sonra üç kez 3'er saat aralıklarla 180 °C'de temperleme işlemi uygulanmıştır. Isıtılma işlemi sonrası AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin sertliği 62 HRC'dir. Deneylerde kullanılan soğuk iş takım çeliğinin fiziksel özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1. AISI D6 Soğuk iş takım çeliğinin kompozisyonu

DIN Normu	AISI Normu	Kimyasal Bileşim (%)							
		C	Si	Mn	Cr	W	Ni	P	Fe
X210CrW12	AISI D6	2,24	0,33	0,34	12,21	0,60	0,17	0.017	84,37

Tablo 4.2. AISI D6 Soğuk iş takım çeliğinin fiziksel özellikleri

Yoğunluk	20 °C de 7,70 kg/dm ³
Isı İletkenliği	20 °C de 20 W/(m.K)
Özgül Isı	20 °C de 460 J/(kg.K)
Elektrik Direnci	20 °C de 0,65 Ohm.mm ² /m
Elastisite Modülü	20 °C de 210.10 ³ N/mm ²

4.1.2. Takım Tezgahı

Sıcak talaşlı işleme için kullanılan torna tezgâhı, Fritz Warner lisansı ile Makine ve Kimya Endüstri Kurumu tarafından imal edilmiştir. Tezgah 6.5 kW gücünde ve 12 kademeli devir sayısına sahip olup (Tablo 4.3) punta açıklığı 2000 mm'dir. Araba üzerinde işlenebilecek maksimum parça çapı 220 mm ve kızaklar üzerinde işlenebilecek parça çapı ise 400 mm'dir.

Tablo 4.3. Torna tezgahının devir sayısı kademeleri

Devir Sayıları (dev/dak)			
16	45	125	355
22,4	63	180	500
31,4	90	250	710

4.1.3. Takım Malzemesi

Soğuk iş takım çeliklerin işlenmesi ilgili yapılan çalışmalarda Kübik bor nitrür (CBN) kesici uçlar kullanılmıştır (Bouchelaghem vd., 2010; Bouchelaghem vd., 2007; Aslan ve Camuşcu, 2005; Ateş, 2009; Gezgin, 2007; Taylan, 2009). Bu nedenle AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde CBN kesici takımlar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan CBN kesici uçlar IB55 kalitesinde ve tek lehimli kesme köşesine sahip olup ISCAR kesici takım ticaret ve imalat Ltd Şti'den temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan

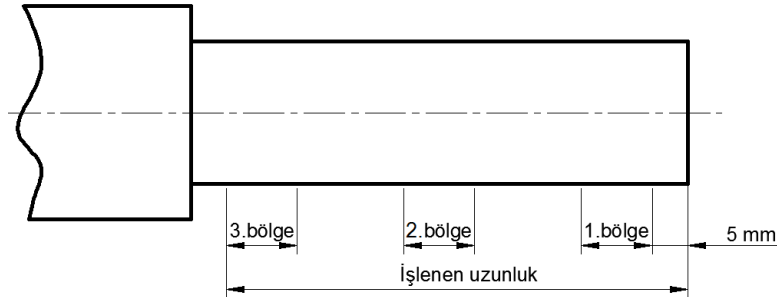
kesici uçlar ISO 1832'e uygun olup plakelerin ve katerin sembolü aşağıda verilmiştir.

Kübik bor nitrür uçlar : CNMA 120404 T

Kater : PCBNR 2525M-12

4.1.4. Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için kullanılan ölçü aleti, Mitutoyo marka Surf test 201 modelinde olup dijital göstergeli mekanik iğnelidir. Ölçümlerde yüzey pürüzlülük cihazının numune uzunluğu (the cut off length) $\lambda_c=0.8$ ve numune sayısı 5 (the sampling number) seçilerek ölçü aleti kendi kalibrasyon numunesi ile her deneyden önce kalibre edildi. Ölçümler, deney malzemelerinin 0.3 mm takım aşınmasına karşılık gelen işleme boyu esas alınarak üç farklı noktasından eksenleri boyunca yapıldı (Şekil 4.1). Malzemenin üç farklı noktasından okunan pürüzlülük değerlerinin ortalaması alındı. Aşırı sapma gösteren veya hatalı olduğu düşünülen deneyler tekrar edildi.



Şekil 4.2. Yüzey pürüzlülüğünün ölçümü

4.2. Deney Şartlarının Belirlenmesi

AISI D6 Soğuk iş takım çeliği ile ilgili deneysel çalışmada torna tezgahının konstrüksiyonu ve literatür çalışmalarındaki kesme şartları dikkate alındı. Takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğüne kesme hızının, ilerlemenin ve talaş derinliğinin etkisini belirlemek amacıyla her defasında bir parametre değiştirilerek diğer parametreler sabit tutulmak üzere deneyler yapıldı. Deneysel çalışma için belirlenen kesme parametreleri Tablo 4.4'de verilmiştir. AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesi için 70 mm çapında ve 700 mm boyunda ısıtılmış ve sertleştirilmiş malzemeler kullanıldı. Bu malzemeler torna

tezgahının aynası ile puntası arasına alınarak bağlandı. Deney numunelerinin dış yüzeyleri deneyden önce uygun kesici takım kullanılarak temizlendi. Yüzeyleri temizlenen iş parçaları önceden belirlenen kesme şartları göz önüne alınarak tornalamaya hazır hale getirildi. Kesme şartlarında ISO 3685’de belirtilen esaslar göz önüne alındı. Kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin farklı kombinasyonlarında yapılan takım ömrü deneylerinde yan serbest yüzey aşınması (V_B) esas alındı. Yan serbest yüzey aşınması (V_B) 0.3 mm değerine ulaştığı zaman deneyler durduruldu. Aşınma değerleri (V_B) 0.3 mm değerine ulaşılmadan takım ömrünü kırılma hasarı şeklinde bitiren deneylerin aşınma değerleri 0.3 mm kabul edildi.

Tablo 4.4. Deneysel çalışmada kullanılan işleme değerleri

Kesme Parametreleri	Değerler
Kesme hızı (m/dak)	50 - 100 - 150
İlerleme (mm/dev)	0.1 - 0.15 - 0.2
Talaş derinliği (mm)	0.2 – 0.4 – 0.6

5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

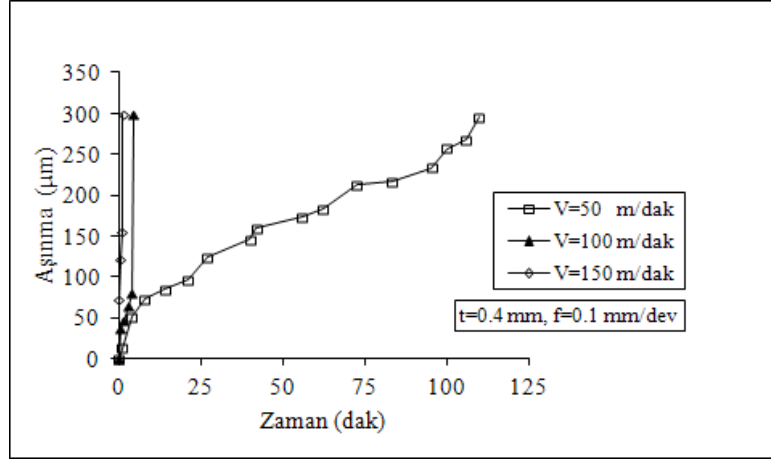
Soğuk iş takım çeliklerinin işlenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü deneyleri ISO 3685’de belirtilen norm değerler göz önüne alınarak yapılmıştır. Çalışmada kesme hızının, ilerleme miktarının ve talaş derinliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kesme parametrelerinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılmasında 3^3 faktöriyel tasarıma uygun bir şekilde deneysel planlama yapılmıştır (Tablo 5.1). Deneysel çalışmada, her bir parametrenin etkisi ayrı ayrı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmek üzere grafikler haline getirilmiştir. Daha sonra elde edilen sonuçlar doğrultusunda takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünün matematiksel modelleri elde edilmiş deneysel değerler ile modelden elde edilen değerler birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.1. Takım ömrü deney tasarımları

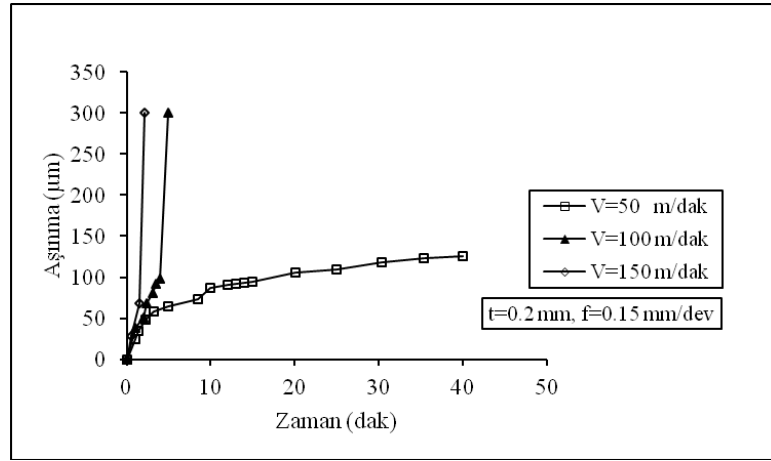
Deney no	Kesme hızı (m/dak)	Talaş derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)
1	50	0.2	0.1
2	50	0.2	0.15
3	50	0.2	0.2
4	50	0.4	0.1
5	50	0.4	0.15
6	50	0.4	0.2
7	50	0.6	0.1
8	50	0.6	0.15
9	50	0.6	0.2
10	100	0.2	0.1
11	100	0.2	0.15
12	100	0.2	0.2
13	100	0.4	0.1
14	100	0.4	0.15
15	100	0.4	0.2
16	100	0.6	0.1
17	100	0.6	0.15
18	100	0.6	0.2
19	150	0.2	0.1
20	150	0.2	0.15
21	150	0.2	0.2
22	150	0.4	0.1
23	150	0.4	0.15
24	150	0.4	0.2
25	150	0.6	0.1
26	150	0.6	0.15
27	150	0.6	0.2

5.1. Takım Ömrünün Belirlenmesi

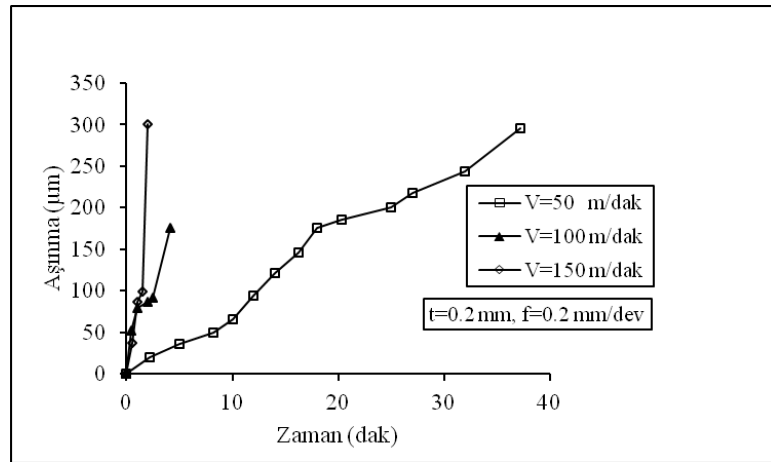
AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin işlenebilirliği için yapılan deneylerde ISO 3685-E'de belirtilen $V_B = 0.3$ mm değeri esas alındı ve 0.3 mm aşınma değerine gelinceye kadar talaşlı işleme deneylerine devam edildi. Deneyler neticesinde elde edilen sonuçlar aşınma-zaman eğrilerine dönüştürüldü (Şekil 5.1-5.3). Takım ömrünün belirlenmesinde takım aşınma grafikleri esas alındı ve aşınma ekseninde 0.3 mm aşınma değerine karşılık gelen işleme zamanları tespit edildi. Daha sonra elde edilen takım ömürleri kesme parametrelerine göre grafikler haline getirilerek birbirleriyle karşılaştırıldı. Şekil 5.1-5.3 grafikleri incelendiğinde 150 m/dak kesme hızlarında takım aşınmasının hızlı bir olduğu, kesmenin hemen başlangıcında kesici takımın kullanılamaz hale geldiği görülmüştür. 50 m/dak kesme hızlarında ise takımda meydana gelen ana serbest yüzey aşınmasının düzgün olduğu kesici takımının daha yavaş aşındığı belirlenmiştir. Yine aynı şekilde ilerlemenin artmasıyla kesici takımın hızlı bir şekilde aşındığı fakat bu aşınmanın kesme hızı kadar aşırı bir şekilde oluşmadığı görülmüştür. Buna rağmen 0.2 mm/dev ilerlemedeki takım aşınmanın 0.1 mm/dev ilerlemeye göre yaklaşık 3 kat olduğu belirlenmiştir. Talaş derinliğinin artmasında ise takım aşınmanın arttığı, bu artışın kesme hızı ve ilerlemeye göre oldukça az olduğu tespit edilmiştir.



a)

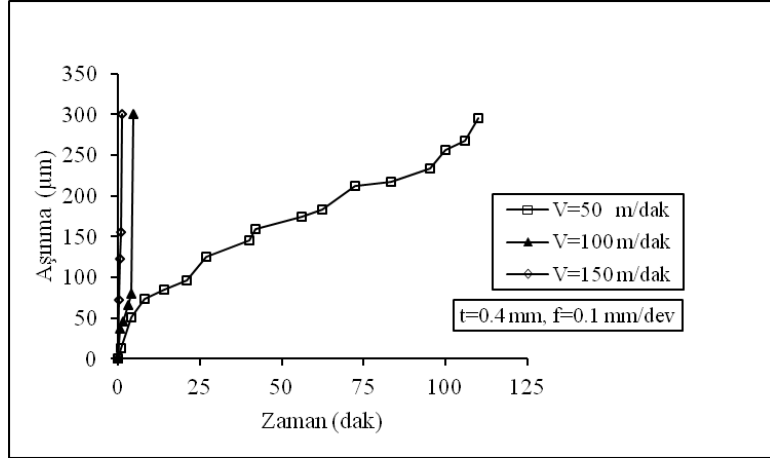


b)

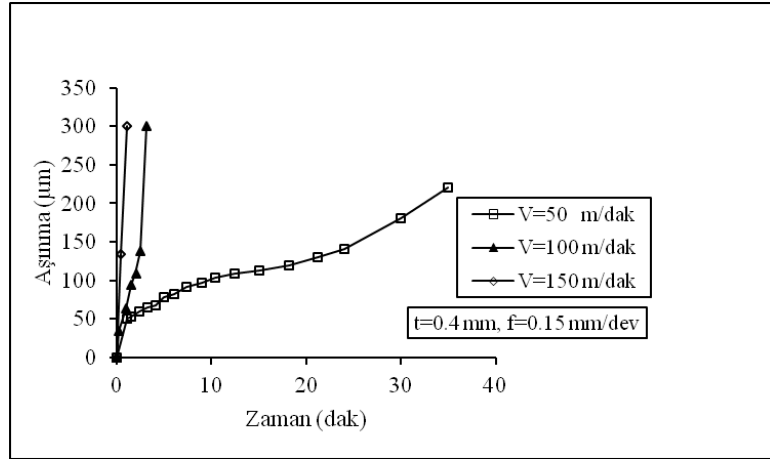


c)

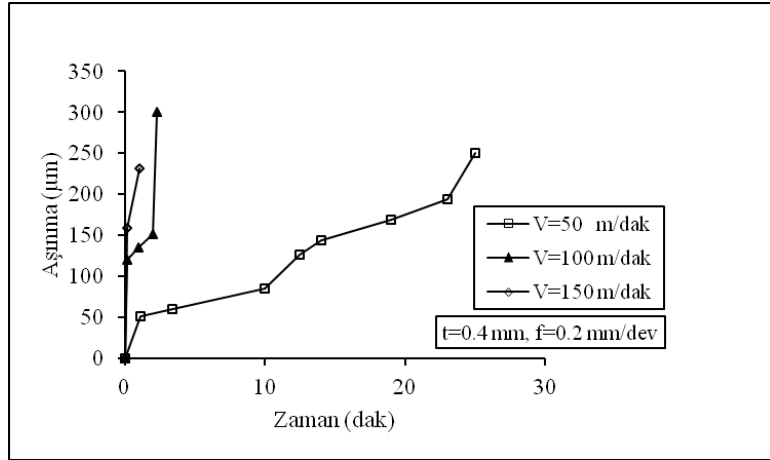
Şekil 5.1. Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi ($t=0.2 \text{ mm}$)



a)

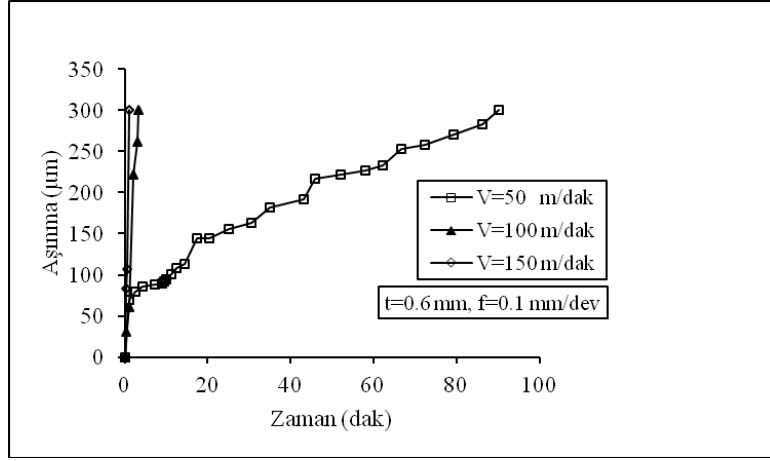


b)

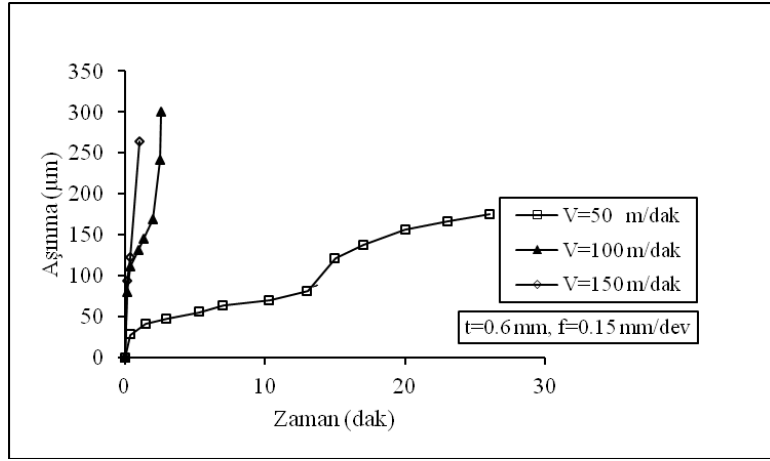


c)

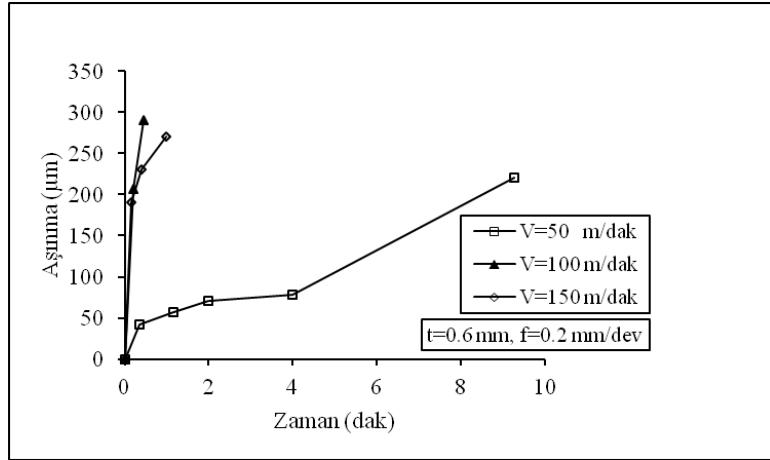
Şekil 5.2. Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi($t=0.4$ mm)



a)



b)



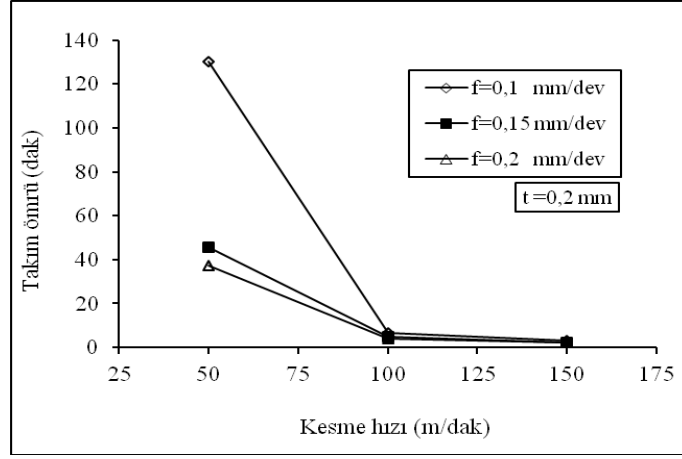
c)

Şekil 5.3. Takım aşınmasının kesme hızı ve ilerlemeye göre değişimi($t=0.6$ mm)

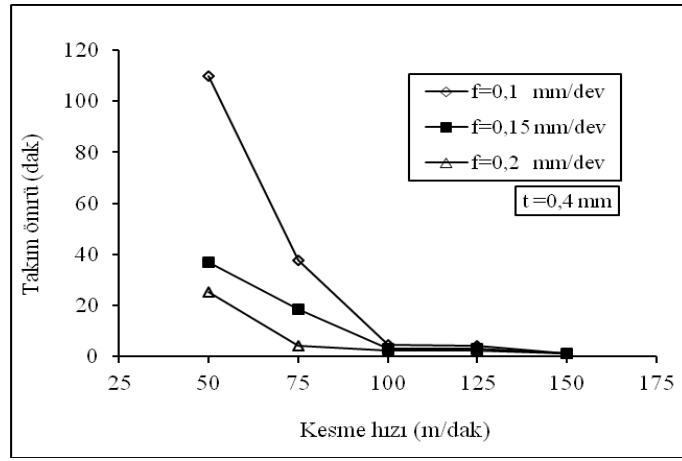
5.1.1. Kesme Hızının Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının takım ömrüne etkisini incelemek amacıyla yapılan deneylerde 50, 100 ve 150 m/dak olmak üzere üç farklı kesme hızları kullanılmış ve elde edilen değerler grafikler haline getirilmiştir(Şekil 5.4). Ayrıca kesme hızının takım ömrüne etkisini daha iyi yorumlamak amacıyla 0.4 mm talaş derinliği için 75 m/dak ve 125 m/dak kesme hızlarında da ilave deneyler yapılmıştır(Şekil 5.4.b).

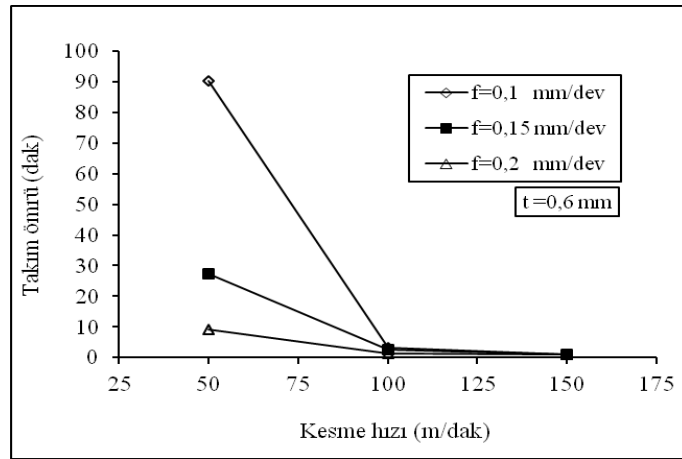
Şekil 5.4'deki grafikler incelendiğinde, kesme hızı arttıkça takım ömrünün azaldığı görülmektedir. 0.2 mm talaş derinliği ve 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde (Şekil 5.4.a) en yüksek takım ömrü 0.1 mm/dev ilerleme miktarında sırasıyla 130, 6.38 ve 3.11 dakika olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme miktarında takım ömrü incelendiğinde sırasıyla 45.5, 5 ve 2.1 dakika olarak elde edilmiştir. En düşük takım ömür değerleri ise 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde olup sırasıyla 37.25, 4.15 ve 2.03 dakika olarak elde edilmiştir. 0.4 mm talaş derinliği ve 50, 75, 100, 125 ve 150 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde (Şekil 5.4.b) ise en yüksek takım ömrü 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinde sırasıyla 110, 37.5, 4.55, 4.05 ve 1.23 dakika olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme değerlerinde ise takım ömrü incelendiğinde sırasıyla 37, 18.45, 3.1, 3 ve 1.1 dakika elde edilmiştir. En düşük takım ömür değerleri ise 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiş olup sırasıyla 25.25, 4.40, 2.3, 2.25 ve 1.08 dakika olarak elde edilmiştir. 0.6 mm talaş derinliği ve 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde (Şekil 5.4.c) en yüksek takım ömrü 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinde sırasıyla 90.25, 3.25 ve 1.15 dakika olmuştur. 0.15 mm/dev ilerleme değerleri için takım ömrü incelendiğinde ise sırasıyla 27.2, 2.58 ve 1.07 dakika olduğu görülmüştür. En düşük takım ömür değerleri ise 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiş olup sırasıyla 9.25, 1.2 ve 1 dakika olarak tespit edilmiştir.



a)



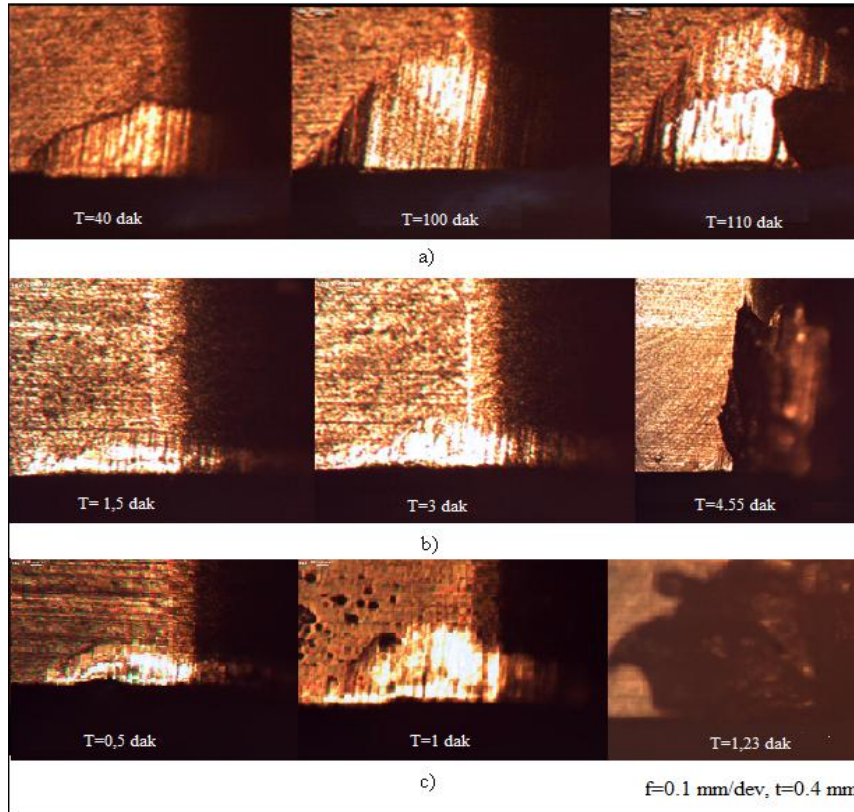
b)



c)

Şekil 5.4. Kesme hızının takım ömrüne etkisi

Deneylerde en yüksek takım ömürleri 50 m/dak kesme hızlarında ve 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. 0.2 mm talaş derinliği ve 0.1 mm/dev ilerleme değeri için kesme hızı 50 m/dak değerinden 2 kat artırılarak 100 m/dak kesme hızı değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 130 dakikadan yaklaşık 20 kat azalarak 6.38 dakikaya düşmüştür. Kesme hızı 100 m/dak değerinden 150 m/dak değerine kadar 1.5 kat artırıldığı zaman ise, takım ömrü yaklaşık 2 kat azalarak 3.11 dakikaya düşmüştür(Şekil 5.4.a). 0.4 mm talaş derinliği ve 0.1 mm/dev ilerleme değeri için aynı karşılaştırma yapılacak olursa kesme hızı 50 m/dak değerinden 1.5 kat artarak 75 m/dak kesme hızına yükseltildiği zaman takım ömrü 110 dakikadan yaklaşık 3 kat azalarak 37.5 dakikaya düşmüştür. 50 m/dak kesme hızından 100 m/dak kesme hızına yükseltildiğinde ise yaklaşık 25 kat azalarak 4.55 dakika düşmektedir. Kesme hızı 100 m/dak değerinden 150 m/dak değerine artırıldığında ise takım ömrü yaklaşık 4 kat azalarak 1.23 dakika düşmektedir(Şekil 5.4.b). 0.6 mm talaş derinliği için ise kesme hızı 50 m/dak değerinden 100 m/dak değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 28 kat azalarak 3.25 dakikaya düşmüştür. Kesme hızı 100 m/dak değerinden 150 m/dak değerine yükseltildiğinde ise 3 kat azalarak 1.15 dakikaya düşmüştür(Şekil 5.4.c).



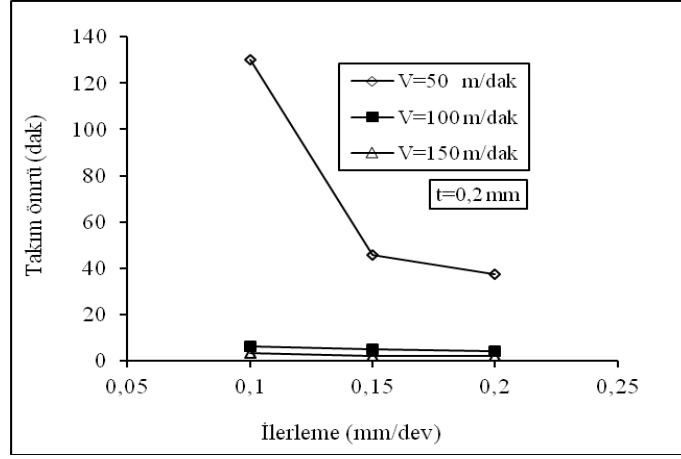
Şekil 5.5. Farklı kesme hızlarındaki kesici takım aşınmalarının optik görüntüleri (100x)

[a) V=50 m/dak, b) V=100 m/dak, c) V=150 m/dak]

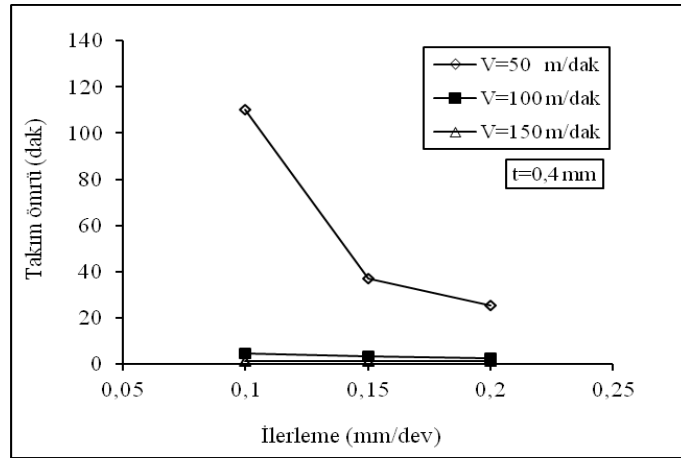
CBN kesicilerle yüksek kesme hızlarında yapılan deneylerin tamamında kesici takımlar 0.3 mm yan serbest yüzey aşınma kriterine ulaşmadan ömrünü kırılma hasarı şeklinde tamamladığı görülmektedir(Şekil 5.5). Düşük kesme hızlarında ($V=50$ m/dak) yapılan takım aşınması deneylerde kesici takımda meydana gelen aşınma tipi genellikle yan serbest yüzey aşınmasıdır(Şekil 5.5.a). Kesme hızının artmasıyla kesici uçta hızlı bir şekilde yan serbest yüzey aşınması görülmekte fakat yüksek kesme hızlarında oluşan aşırı gerilme nedeniyle kesici takım hemen kırılarak ömrünü kısa sürede tamamlamaktadır(Şekil 5.5.c). Yüksek kesme hızları homojen olmayan kesme zorlanmasına sebep olur(Lin vd., 2008). Bu durum yüksek kesme hızlarında kesici takım üzerinde aşırı gerilmeleri doğurarak takım ömrünün düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca kesme hızının artması takım-talaş ara yüzey sıcaklığını artırmakta ve bunun sonucunda kesici takımda meydana gelen ısı etki aşınma mekanizmasının hızlanmasına (Habalı, 2003) neden olarak takım ömrünü düşürmektedir. Yapılan bu çalışmaya göre, AISI D6 soğuk iş takım çeliğinin CBN kesici takımlar kullanarak işleminde yüksek kesme hızlarının uygun olmadığı ve özellikle 75 m/dak kesme hızından sonraki kesme hızlarında kesici takımın anında körelerek kesme özelliğini yapamaz hale geldiği görülmüştür. Yüksek aşınma dirençli malzemelerin CBN kesici uçlarla yüksek kesme hızlarında işlenmesi ile ilgili elde edilen bu sonuç, literatür çalışması ile uyum sağlamaktadır(Yallese vd., 2009).

5.1.2. İlerleme Miktarının Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi

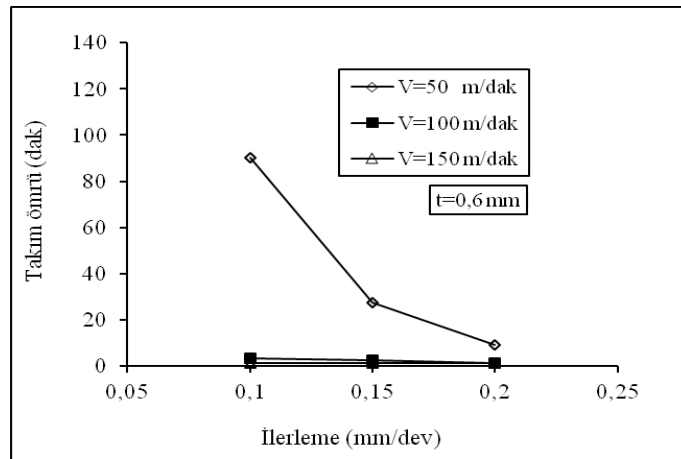
İlerleme miktarının takım ömrü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, Şekil 5.6'daki grafiklerde vermiştir.



a)



b)

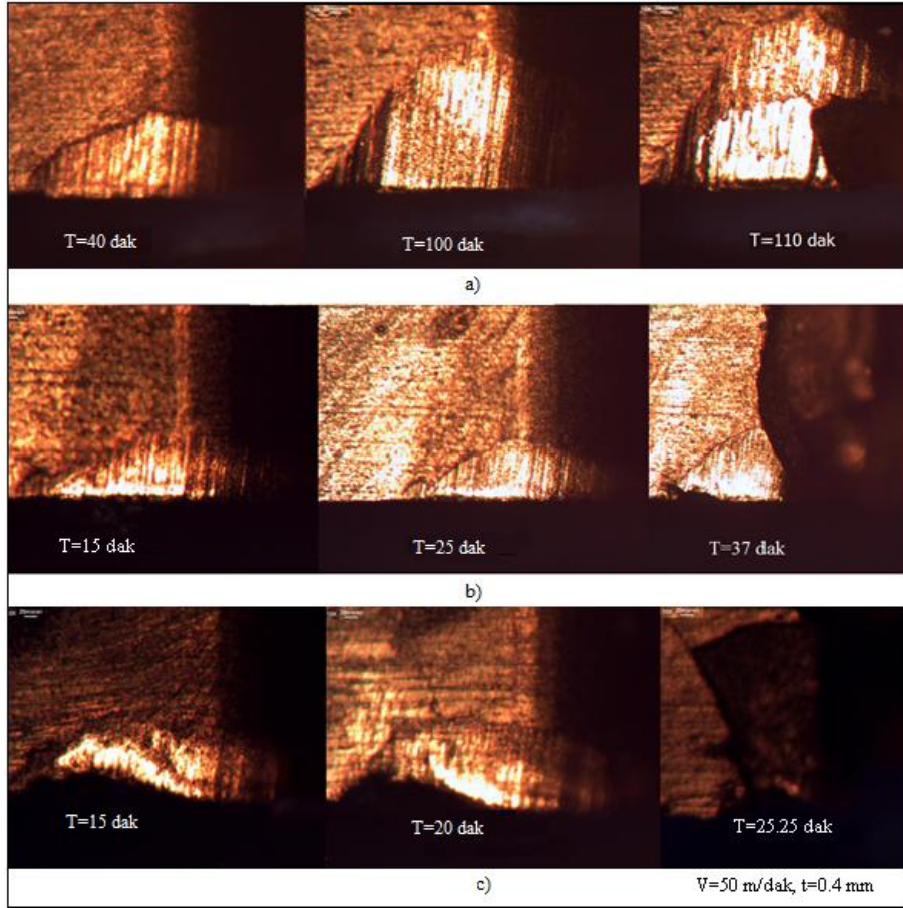


c)

Şekil 5.6. İlerleme miktarına göre takım ömrü değişimi

İlerlemenin takım ömrüne etkisi incelendiğinde en yüksek takım ömürleri 0.1mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. 50 m/dak kesme hızı ve 0.2 mm talaş derinliği için ilerleme miktarı 0.1 mm/dev değerinden 1.5 kat artırılarak 0.15 mm/dev ilerleme miktarı değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 130 dakikadan yaklaşık 3 kat azalarak 45.5 dakikaya düşmüştür. İlerleme miktarı 0.15 mm/dev değerinden 0.2 mm/dev değerine kadar 1.3 kat artırıldığı zaman ise, takım ömrü yaklaşık 1.2 kat azalarak 37.25 dakikaya düşmüştür(Şekil 5.6.a). 0.4 mm talaş derinliği değeri için aynı karşılaştırma yapılacak olursak ilerleme miktarı 0.1 mm/dev değerinden 1.5 kat artırılarak 0.15 mm/dev ilerleme miktarı değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 110 dakikadan yaklaşık 3 kat azalarak 37 dakikaya düşmüştür. 0.15 mm/dev ilerleme miktarından 0.2 mm/dev ilerleme değerine yükseltildiğinde ise yaklaşık 1.4 kat azalarak 25.25 dakikaya düşmektedir(Şekil 5.6.b). 0.6 mm talaş derinliği için ise ilerleme miktarı 0.1 mm/dev değerinden 0.15 mm/dev değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 3 kat azalarak 27.2 dakikaya düşmüştür. İlerleme miktarı 0.15 mm/dev değerinden 0.2 mm/dev değerine yükseltildiğinde ise 3 kat azalarak 9.25 dakikaya düşmüştür(Şekil 5.6.c). İlerleme takım ömrünü etkileyen önemli parametrelerden biridir(Özler vd., 2001; Feng ve Wang, 2002; Özel ve Karpaz, 2005). İlerleme miktarının artması takım ömrünü hızlı bir şekilde azalttı. İlerleme miktarındaki artışlar takım üzerine gelen gerilmeleri doğrudan artırmaktadır. Bu durum CBN kesicilerle yapılan kesmelerin birçoğunda takımlar 0.3 mm yan serbest yüzey aşınma kriterine ulaşmadan ömrünü kırılma hasarına uğrayarak tamamlanmasına neden olmuştur(Şekil 5.7). Düşük ilerleme değerlerinde($f=0.1$ mm/dev) yapılan takım aşınması deneylerde kesici takımında meydana gelen aşınma tipi genellikle yan serbest yüzey aşınmasıdır(Şekil 5.7.a). Şekil 5.7.a'da $V=50$ m/dak, $f=0.1$ mm/dev, $t=0.4$ mm şartlarında yapılan deneyin takım ömrü 110 dakika olarak elde edilmiştir. 0.1 mm/de ilerleme değerinde kesici takımında yan yüzey serbest yüzey aşınması gözlenmesine karşılık aynı zamanda kesme kenarda ilave olarak aşınma çentiği de gözlenmiştir. 0.15 mm/dev ilerlemedeki deneyde ise, kesici takım ömrünü 37 dakikada 0.3 mm aşınma kriterine ulaşmadan kırılma hasarı şeklinde ömrünü tamamlamıştır(Şekil 5.7.b). Kesici uçta ilerlemenin artmasına karşılık yan serbest yüzeyde meydana gelen yan serbest yüzey aşınması azalmakta, buna karşılık kesici takımında krater aşınması da ilave olarak görülmekte ve kesici takımın kesme kenarı hemen hasara uğrayarak kısa süre bozulmaktadır(Şekil 5.7.c). Şekil 5.4.c incelendiğinde 20. dakikada kesici takımın kesme kenarında çatlağın olduğu görülmüştür. Ayrıca 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yapılan deneylerde en fazla etkili olan aşınma tipi kesme kenarda

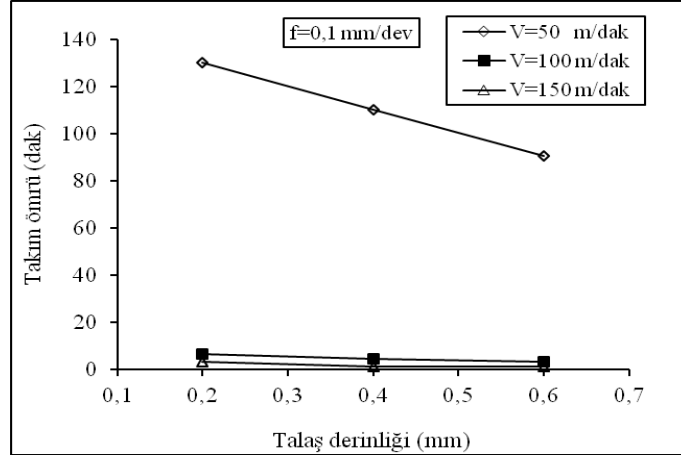
meydana gelen krater aşınmasıdır. Takım ucunda meydana gelen ani hasarın, çatlağın bulunduğu kısımdan başladığı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmaya göre, yüksek ilerleme değerlerinin takım ömrü için uygun olmadığı ve özellikle 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinden sonra kesici takımın çabuk aşınarak daha kısa sürede ömrünü tamamladığı görülmüştür.



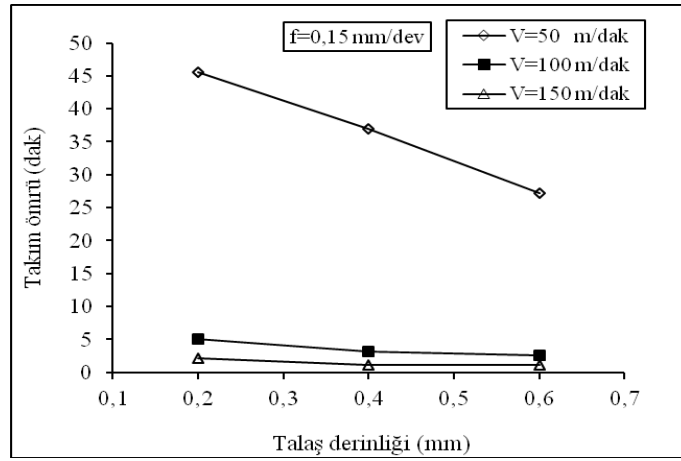
Şekil 5.7. Farklı ilerlemelerdeki kesici takım aşınmalarının optik görüntüleri (100x)
[a) $f=0.1$ mm/dev, b) $f=0.15$ mm/dev, c) $f=0.2$ mm/dev]

5.1.3. Talaş Derinliğinin Takım Ömrü Üzerindeki Etkisi

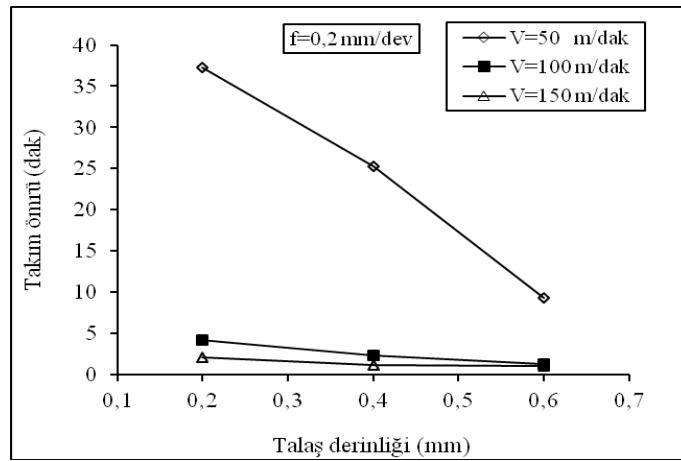
Talaş derinliğinin takım ömrü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, Şekil 5.8'deki grafiklerde vermiştir.



a)



b)



c)

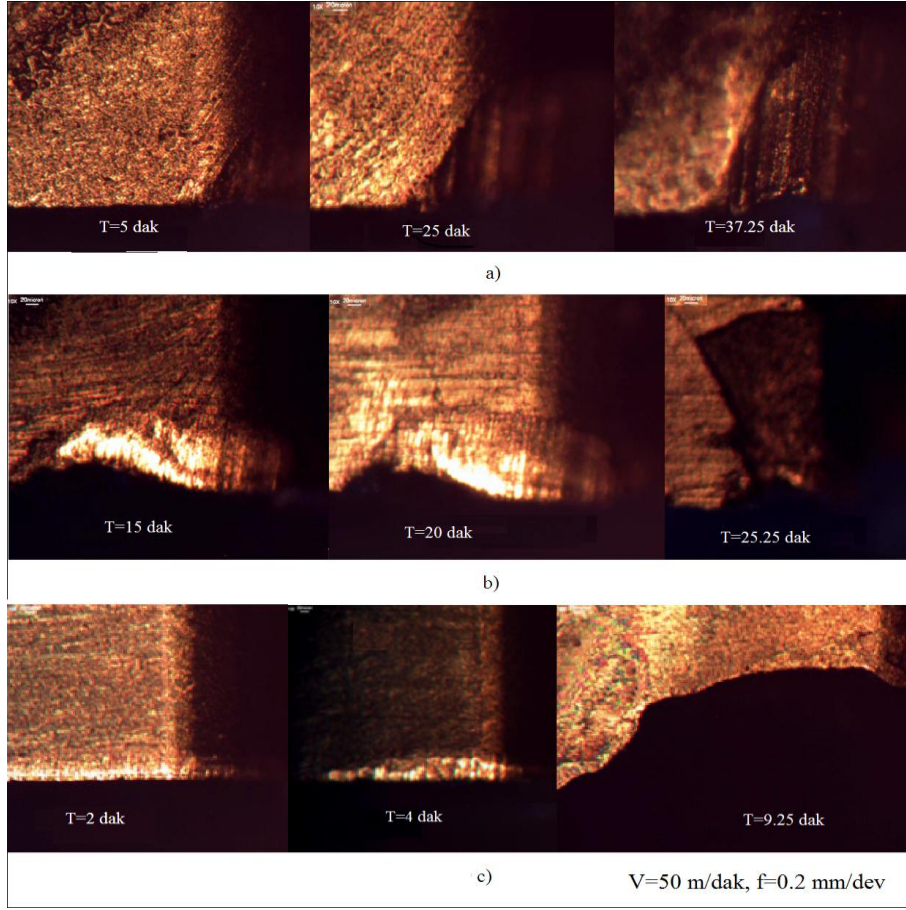
Şekil 5.8. Talaş derinliğinin takım ömrüne etkisi

Şekil 5.8'deki grafikler incelendiğinde, talaş derinliği arttıkça takım ömrünün azaldığı görülmektedir. 0.1 mm/dev ilerleme miktarında ve 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde (Şekil 5.8.a) en yüksek takım ömrü 50 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 130, 110 ve 90.25 dakika olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında takım ömrü incelendiğinde sırasıyla 6.38, 4.55 ve 3.25 dakika elde edilmiştir. En düşük takım ömür değerleri ise 150 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 3.11, 1.23 ve 1.15 dakika olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme değerlerinde ve 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde (Şekil 5.8.b) ise en yüksek takım ömrü 50 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 45.5, 37 ve 27.2 dakika olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızı incelendiğinde takım ömürleri sırasıyla 5, 3.1 ve 2.58 dakika elde edilmiştir. En düşük takım ömür değerleri ise 150 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 2.1, 1.1 ve 1.07 dakika olarak belirlenmiştir. 0.2 mm/dev ilerleme miktarında ve 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde (Şekil 5.8.c) en yüksek takım ömrü 50 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 37.25, 25.25 ve 9.25 dakika olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında takım ömrü incelendiğinde sırasıyla 4.15, 2.3 ve 1.2 dakika elde edilmiştir. En düşük takım ömür değerleri ise 150 m/dak kesme hızında olup sırasıyla 2.03, 1.08 ve 1 dakika olarak elde edilmiştir.

Deneylerde en yüksek takım ömürleri 50 m/dak kesme hızlarında ve 0.2 mm talaş derinliği değerlerinde 130 dakika elde edilmiştir. 0.1 mm/dev ilerleme değeri için talaş derinliğini 0.2 mm değerinden 2 kat artırılarak 0.4 mm talaş derinliği değerine yükseltildiği zaman takım ömrü 130 dakikadan yaklaşık 1.2 kat azalarak 110 dakikaya düşmüştür. Talaş derinliğini 0.4 mm değerinden 0.6 mm değerine kadar 1.5 kat artırıldığı zaman ise, takım ömrü yaklaşık 1.2 kat azalarak 90.25 dakikaya düşmüştür(Şekil 5.8.a).

0.2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde kesici uçta meydana gelen aşınma şekli genellikle yan serbest yüzey aşınmasıdır(Şekil 5.9.a). Talaş derinliği 0.4 mm olduğunda yan serbest yüzeyinin aşınmasına ilave olarak krater aşınması da etkili olmuştur(Şekil 5.9.b). 0.6 mm talaş derinliğinde ise kesici takım yan serbest yüzey aşınması ve krater aşınması görülmeden kırılma hasarı şeklinde kısa sürede ömrünü tamamlamıştır(Şekil 5.9.c). Bu durum yüksek aşınma dirençli malzemelerin işlenmesi ile ilgili literatür çalışmalarıyla uyum sağlamaktadır(Manna vd., 2003). Talaş derinliğinin artması kesici takımın kaldırdığı talaş hacmini artırmakta dolayısıyla takım yüzeyine etkiyen termal ve kesme gerilmeleri büyümektedir(Escalona vd., 2005). Artan gerilmelerle birlikte kesme sıcaklıkları artmakta ve kesici takım daha erken aşınarak ömrünü kısa sürede

tamamlamaktadır.



Şekil 5.9. Farklı talaş derinliklerindeki kesici takım aşınmalarının optik görüntüleri (100x)
[a) 0.2 mm, b) 0.4 mm, c) 0.6 mm]

Elde edilen bu değerler neticesinde takım ömrünü en fazla etkileyen değişkenin kesme hızı olduğu görülmektedir. İlerleme miktarındaki değişimlere karşılık takım ömürlerindeki değişimler incelendiğinde ilerleme, kesme hızından sonra takım ömrünü etkileyen ikinci parametredir. Talaş derinliği de takım ömrüne en az etkileyen parametredir.

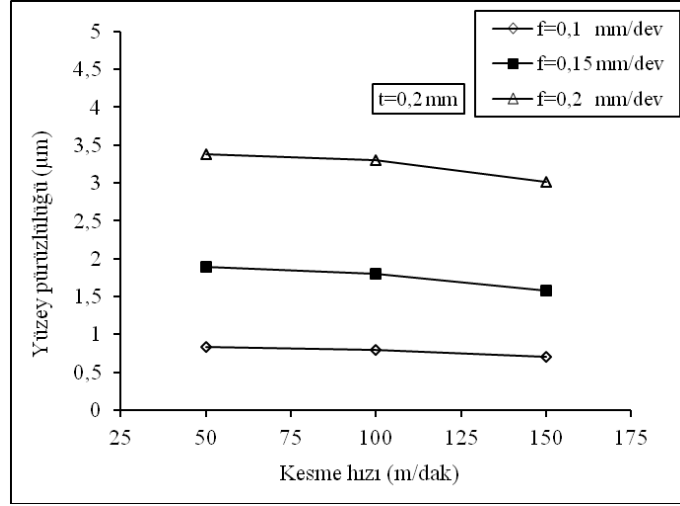
5.2. Yüzey Pürüzlülük Deneyleri

AISI D6 soğuk iş takım çeliklerinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemek amacıyla ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümleri yapıldı. Ölçümler sonucunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 5.10-5.12’de grafik olarak verilmiştir.

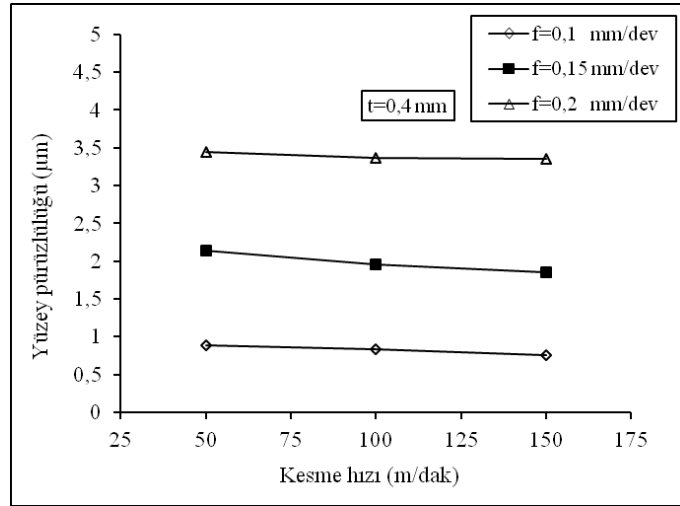
5.2.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar grafik olarak verilmiştir(Şekil 5.10).

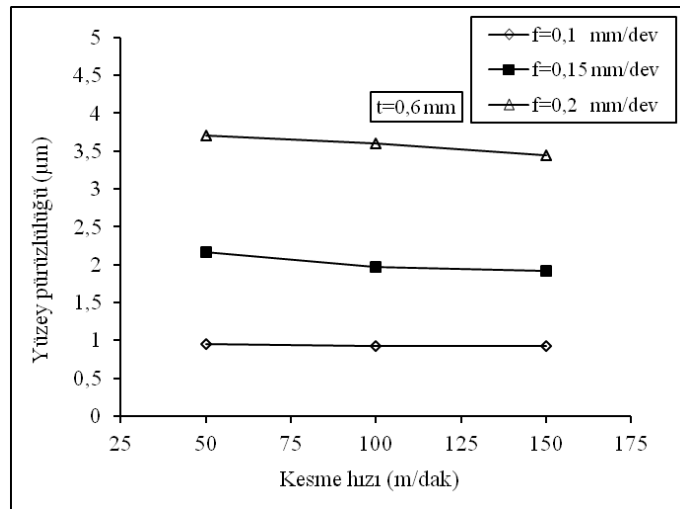
Şekil 5.10'daki grafikler incelendiğinde, kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün bir miktar azaldığı görülmektedir. 0.2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde (Şekil 5.10.a) en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.2 mm/dev ilerleme değerinde olup 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 3.38 μm , 3.3 μm ve 3.01 μm olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değerleri 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 1.89 μm , 1.8 μm ve 1.58 μm olmuştur. 0.2 mm talaş derinliği için en düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0.1 mm/dev ilerleme değerinde olup 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 0.83 μm , 0.8 μm ve 0.7 μm elde edilmiştir. Şekil 5.10.b'deki grafik incelendiğinde, kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün değiştiği fakat bu değişimin 0.2 mm talaş derinliğine göre çok az olduğu görülmektedir. 0.4 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.2 mm/dev ilerleme değerinde olup 50, 100, ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 3.45 μm , 3.37 μm , ve 3.35 μm olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değerleri 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 2.14 μm , 1.96 μm ve 1.85 μm olmuştur. 0.4 mm talaş derinliği için en düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0.1 mm/dev ilerleme değerinde olup 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 0.89 μm , 0.84 μm ve 0.76 μm elde edilmiştir. 0.6 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde (Şekil 5.10.c) en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.2 mm/dev ilerleme değerinde olup 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 3.7 μm , 3.6 μm ve 3.45 μm olarak elde edilmiştir. 0.15 mm/dev ilerleme değerinde yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değerleri 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 2.17 μm , 1.97 μm ve 1.92 μm olmuştur. 0.6 mm talaş derinliği için en düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0.1 mm/dev ilerleme değerinde elde edilmiş olup 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları için sırasıyla 0.95 μm , 0.93 μm ve 0.92 μm şeklinde olmuştur.



a)



b)



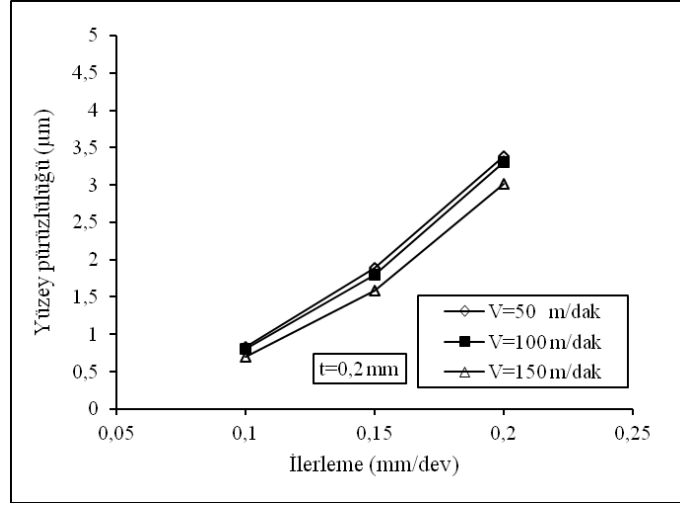
c)

Şekil 5.10. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

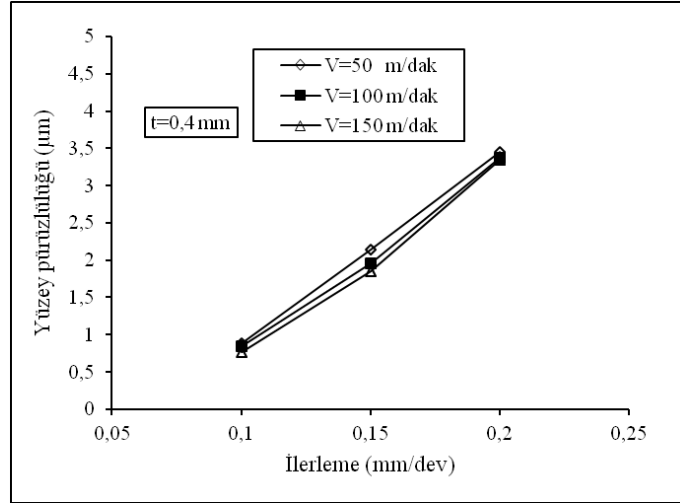
Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelendiğinde, kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı ancak, bu azalmanın önemli şekilde olmadığı görülmüştür. Yüksek ilerleme değerlerindeki deneylerde kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünü bir miktar azaltmıştır. Buna karşılık düşük ilerleme (0.1 mm/dev) değerlerinde kesme hızının artmasıyla beraber yüzey pürüzlülüğü değerlerinde pek fazla değişiklik gözlenmemiştir. Kesme hızının artması kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde oluşan sıcaklığı artırmakta ve kesme işlemi kolaylaşarak yüzey pürüzlülük değeri düşmektedir(Escalore vd., 2005; Uzun vd., 2009). Fakat takım talaş ara yüzey sıcaklığının artmasına rağmen kesici takımdaki hızlı aşınma sıcaklığın etkisini azaltmış ve bu nedenle yüzey pürüzlülüğü pek fazla değişmemiştir. Ayrıca düşük kesme hızlarında kesme işlemi esnasında iş parçasından talaş kaldırma zorlaşmakta(Yallese vd., 2009) ve dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü artmaktadır.

5.2.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

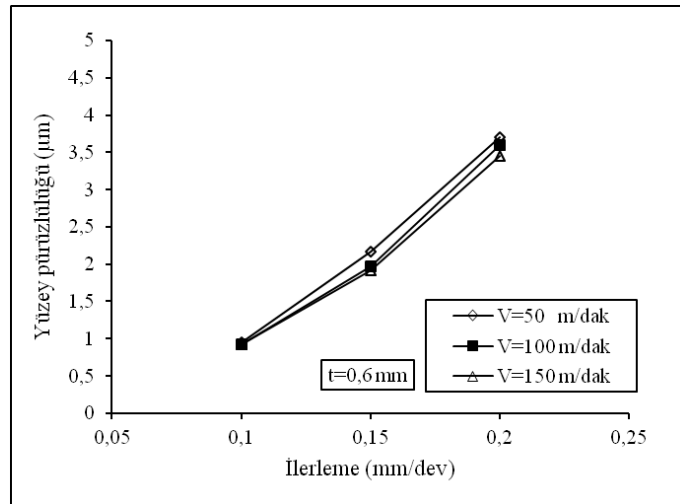
İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar grafik olarak verilmiştir(Şekil 5.11). Şekil 5.11'deki grafikler incelendiğinde, ilerleme değeri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.2 mm/dev ilerleme değerinde olup, 50 m/dak kesme hızı için 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.83 μm , 1.89 μm ve 3.38 μm olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değerleri 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerleri için sırasıyla 0.8 μm , 1.80 μm ve 3.30 μm olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0.1 mm/dev ilerleme değerindedir. 150 m/dak kesme hızı için 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.7 μm , 1.58 μm ve 3.01 μm şeklindedir(Şekil 5.11.a). Şekil 5.11.b'deki grafiği incelendiğinde, en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. 0.4 mm talaş derinliği için 50 m/dak kesme hızında 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.89 μm , 2.14 μm ve 3.45 μm olarak belirlenmiştir.



a)



b)



c)

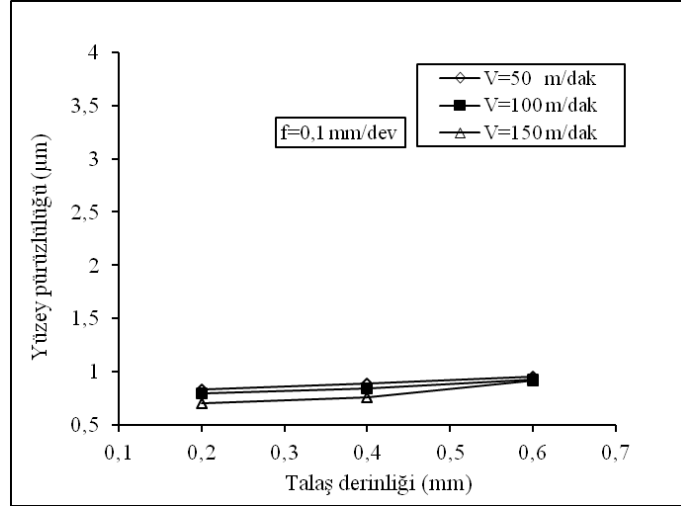
Şekil 5.11. İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

75 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerleri için sırasıyla 0.85 μm , 2.04 μm ve 3.39 μm olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerleri için yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.84 μm , 1.96 μm ve 3.37 μm olarak elde edilmiştir. 125 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde ise yüzey pürüzlülük değerleri 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerleri için sırasıyla 0.8 μm , 1.86 μm ve 3.36 μm olarak tespit edilmiştir. 0.4 mm talaş derinliği için 150 m /dak kesme hızında 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülüğü sırasıyla 0.76 μm , 1.85 μm ve 3.35 μm olarak elde edilmiştir. Şekil 5.11.c'deki grafik incelendiğinde en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde elde edilmiştir. 0.6 mm talaş derinliği için 50 m/dak kesme hızı için 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülüğü sırasıyla 0.95 μm , 2.17 μm ve 3.7 μm olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerleri için sırasıyla 0.93 μm , 1.97 μm ve 3.6 μm olmuştur. 0.6 mm talaş derinliği için 150 m/dak kesme hızı için 0.1, 0.15 ve 0.2 mm/dev ilerleme değerlerinde yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0.92 μm , 1.92 μm ve 3.45 μm elde edilmiştir.

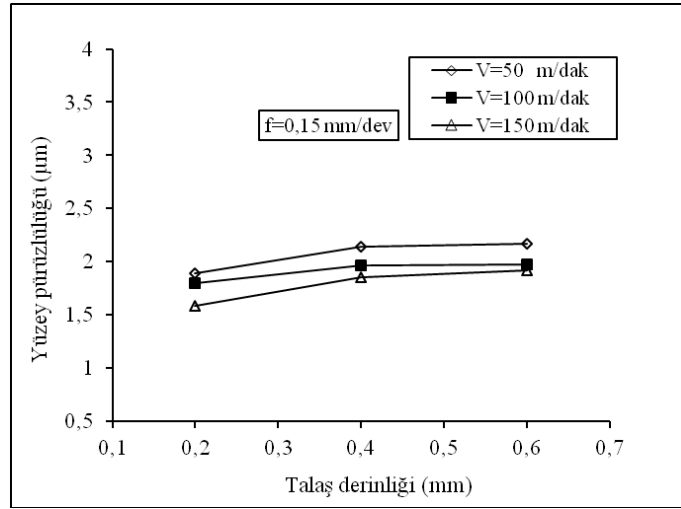
İlerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelendiğinde, ilerlemenin artması ile beraber ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hızlı bir şekilde arttığı görülmüştür. İlerleme takım burun yarıçapından sonra yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olan en önemli parametredir(Wuyi, 2000; Bouclelaghem vd., 2010; Yallese vd., 2009; Ezugwua vd., 2005). İlerlemenin artırması iş parçası ile kesici takım arasında birim zamanda meydana gelen sürtünmeyi artırarak kesici takımın hızlı bir şekilde bozulmasına neden olmaktadır. Takımda meydana gelen bozulmanın neticesinde kesme kuvvetleri ve titreşimi artmakta(Özler, 2000) ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü hızlı bir şekilde artarak yüzey kalitesini kötüleştirmektedir.

5.2.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

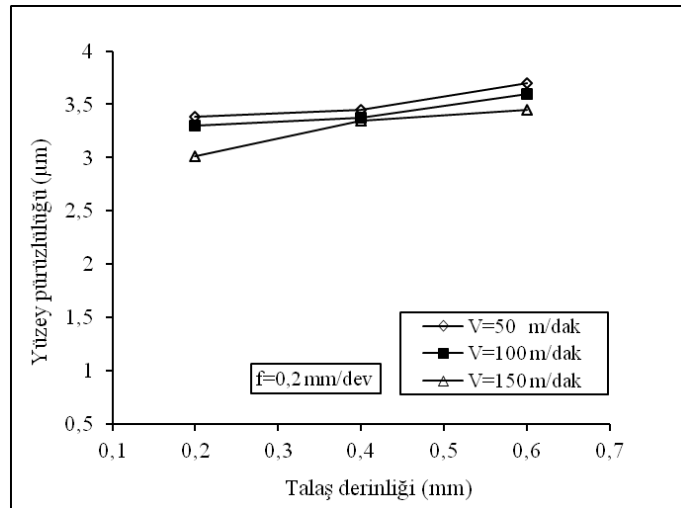
Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek amacıyla yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar grafik olarak verilmiştir(Şekil 5.12).



a)



b)



c)

Şekil 5.12. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

Şekil 5.12'deki grafikler incelendiğinde, talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir. Şekil 5.12.a'daki grafik incelendiğinde en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.6 mm talaş derinliği değerlerinde elde edilmiştir. 0.1 mm/dev ilerleme miktarı ve 50 m/dak kesme hızında 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 0.83 μm , 0.89 μm ve 0.95 μm olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızı için ise 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 0.8 μm , 0.84 μm ve 0.93 μm olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde 150 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 0.7 μm , 0.76 μm ve 0.92 μm olarak belirlenmiştir. Şekil 5.12.b'deki grafik incelendiğinde en düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0.2 mm talaş derinliklerinde elde edilmiştir. $f=0.15$ mm/dev ilerleme değerinde 50 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 1.89 μm , 2.14 μm ve 2.17 μm olmuştur. 100 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde ise yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 1.8 μm , 1.96 μm ve 1.97 μm olarak elde edilmiştir. 150 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 1.58 μm , 1.85 μm ve 1.92 μm olarak belirlenmiştir. Şekil 5.12.c'deki grafik incelendiğinde ise en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.6 mm talaş derinliği değerlerinde elde edilmiştir. 0.2 mm/dev ilerleme miktarı için, 50 m/dak kesme hızında 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 3.38 μm , 3.45 μm ve 3.7 μm olarak elde edilmiştir. 100 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde ise yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 3.3 μm , 3.37 μm ve 3.6 μm olarak elde edilmiştir. 150 m/dak kesme hızı için 0.2, 0.4 ve 0.6 mm talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla 3.01 μm , 3.35 μm ve 3.45 μm olarak tespit edilmiştir.

Talaş derinliği arttıkça takım talaş ara yüzey alanı artmakta ve kesme kuvvetlerinin bileşenleri maksimum etki göstermektedir(Morea vd., 2006). Bu durum tornalama esnasında kesici takımda titreşimi artırarak işlenen parçanın yüzey kalitesini kötüleştirmekte ve yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Bununla beraber kesme derinliğinin aşırı artması tezgah sisteminde kendiliğinden doğan titreşimleri ortaya çıkarır(Özler vd., 2000). Bu durum iş parçanın tornalama sırasında yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirir. Ayrıca tornalama işlemlerinde talaş derinliğinin artması kesici takımın kesme kenarının çabuk bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozulma işlenen yüzeye olumsuz etki yaparak ortalama yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır.

5.3.Takım Ömür ve Yüzey Pürüzlülük Denkleminin Belirlenmesi

Talaşlı imalatla kesme şartlarının önceden bilinmesi üretim hızı ve ekonomikliğı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünde etkili olan kesme parametrelerinin optimum değerlerinin belirlenmesi için takım ömür ve yüzey pürüzlülük denkleminin elde edilmesi gerekir. Takım ömür ve ortalama yüzey pürüzlülük denklemi takım-iş parçası çiftine, ilerlemeye, kesme hızına ve talaş derinliğine bağılı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir(Özler, vd., 2000).

$$F_{(T,Ra)}=a_0 \cdot V^{a_1} \cdot t^{a_2} \cdot f^{a_3} \quad (5.1)$$

Denklemden verilen a_0 , a_1 , a_2 ve a_3 katsayıları faktöriyel deney tasarımı sonucunda çoklu regresyonla belirlenmiştir. Elde edilen katsayılar denklemden (5.1) yerine konularak takım ömür ve ortalama yüzey pürüzlülüğü denklemleri;

$$T= 40886,08 \cdot V^{-3,06} \cdot t^{-0,35} \cdot f^{-2,46} (R=0.98) \quad (5.2)$$

$$Ra= 131,523 \cdot V^{-0.0771} \cdot t^{0.103} \cdot f^{1.9916} (R=0.98) \quad (5.3)$$

şeklinde elde edilirler.

Elde edilen Takım ömrü modeli için F istatistik değeri hesaplandığında;

$$F_T=497,12 \quad (5.4)$$

olarak elde edilir. $\alpha=0.01$ dağılım için istatistik tabloya bakıldığında F_{α} değeri,

$$F_{\alpha}=5,85 \quad (5.5)$$

olduğı görülmektedir. $497,12 \geq 5,85$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilerek karşı hipotez kabul edilir. Yani elde edilen takım ömrü modelinin korelasyonlu olduğu ve hatalı bir karar verme ihtimalinin azaldığı söylenebilir.

Elde edilen yüzey pürüzlülüğü modeli için F istatistik değeri hesaplandığında ise;

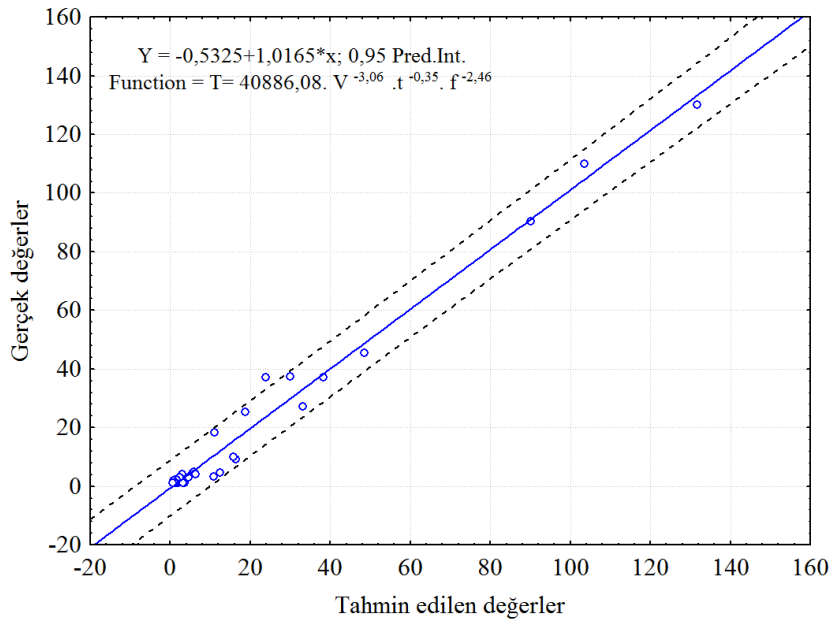
$$F_{Ra}=10140,71 \quad (5.6)$$

olarak elde edilir. $\alpha=0.01$ dağılım için istatistik tabloya bakıldığında $F\alpha$ değeri,

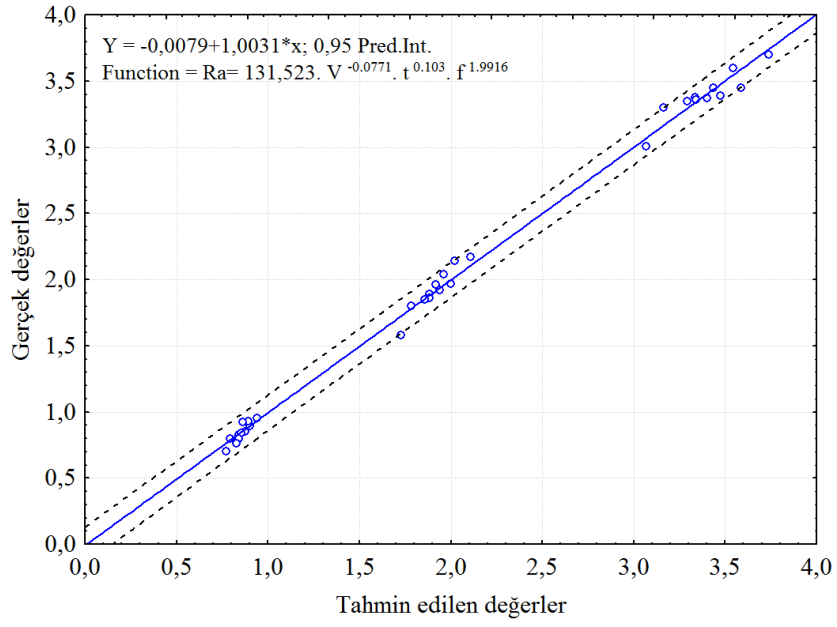
$$F\alpha=5,85 \quad (5.7)$$

olduğu görülmektedir. $10140,71 \geq 5,85$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilerek karşı hipotez kabul edilir. Yani elde edilen yüzey pürüzlülüğü modelinin de korelasyonlu olduğu ve hatalı bir karar verme ihtimalinin azaldığı söylenebilir.

Regresyon modeli ile elde edilen tahmini değerler ile deneysel çalışma sonucu elde edilen gözlenen değerler birbiri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 5.13-5.14). Tahmin edilen değerler ile gözlenen değerler arasındaki korelasyonun mükemmel olduğu zaman, noktalar grafik üzerindeki eğimi 1 olan düz çizgi üzerine düşer. Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de gözlemlenen değerlerin tümü % 95 güvenilirlikteki regresyon bantları (tireli çizgi) içinde bulunmaktadır. Bu durum, modelin uygun olduğunu ve modelle elde edilen bütün değerlerin %95 güvenilirlik içerisinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.13. Takım ömrünün gerçek ve tahmini değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.14. Yüzey pürüzlülüğünün gerçek ve tahmini değerlerinin karşılaştırılması

6. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI D6 (62 HRC) soğuk iş takım çeliği CBN kesici takımlar kullanılarak torna tezgâhında işlenmiş ve kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin takım aşınması, takım ömrü ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) etkileri incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Takım ömrünü en fazla etkileyen parametre kesme hızıdır. Kesme hızının artması kesici takımını hızlı bir şekilde aşındırarak takım ömrünü düşürmektedir. CBN kesicilerle yüksek kesme hızlarında yapılan deneylerde kesici takımlar 0.3 mm yan serbest yüzey aşınma kriterine ulaşmadan ömrünü kısa sürede tamamlamaktadır. Bu çalışma için en uygun kesme hızı değeri 50 m/dak olarak elde edilmiştir. Özellikle kesici takımda meydana gelen aşırı aşınma nedeniyle AISI D6 iş parçasını CBN kesicilerle 75 m/dak kesme hızından daha yüksek hızlarda işlemek ekonomik açıdan uygun olmamaktadır.

İlerleme, kesme hızından sonra takım ömrünü etkileyen ikinci parametredir. İlerlemenin artması kesici takımının hızlı bir şekilde aşınmasına neden olmaktadır. 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinde görülen aşınma şekli yan serbest yüzey aşınmasıdır. İlerleme değeri yükseldikçe yan serbest yüzeyi aşınmasına ilave olarak krater aşınması da etkili olmaktadır. AISI D6 iş parçasının CBN kesicilerle tornalamasında yüksek ilerleme değerlerinin takım ömrü için uygun olmamakta ve özellikle 0.1 mm/dev ilerleme değerlerinden sonra kesici takımın çabuk aşınarak ömrünü daha kısa sürede tamamlamaktadır.

Talaş derinliği kesme hızı ve ilerlemeye göre daha az etkili olan bir parametredir. Talaş derinliğini artması takım aşınmasını artırmaktadır. Düşük talaş derinliğinde görülen aşınma şekli yan serbest yüzey aşınması olup talaş derinliği arttıkça krater aşınması da görülmektedir. En yüksek takım ömrü 0.2 mm talaş derinliğinde, en düşük takım ömürleri ise 0.6 mm kesme derinliklerinde elde edilmiştir. Talaş derinliğinin artması kesici takımının kaldırdığı talaş hacmini artırmakta dolayısıyla takıma etkiyen kesme ve termal gerilmeleri artırarak takımın ömrünü kısa sürede tamamlamasına neden olmaktadır. AISI D6 iş parçasını kaba pasoda işlemede CBN kesici takımları kullanmanın uygun olmadığı, fakat 0.2 mm ve daha küçük talaş derinliklerinde yani son paso işlemlerinde kullanmanın daha uygun olduğu görülmüştür.

Ortalama yüzey pürüzlülüğünde kesici takım burun yarıçapından sonra en etkili

parametre ilerlemedir. İlerleme miktarı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü hızlı bir şekilde artırarak yüzey kalitesini kötüleştirmiştir. İlerleme ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından oldukça önemli parametredir.

Talaş derinliği büyüdükçe takım talaş ara yüzey alanı artmakta ve kesme kuvvetlerinin bileşenleri takıma maksimum etki göstererek ortalama yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Bu artış ilerlemeye göre oldukça düşük seviyededir. Ayrıca kesme derinliğinin aşırı artması tezgah sisteminde kendiliğinden doğan titreşimleri ortaya çıkararak tornalama sırasında yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirir.

Kesme hızının artmasıyla birlikte ortalama yüzey pürüzlülük değeri azalmakta fakat bu azalma ihmal edilecek seviye çok az miktarlarda olmaktadır. Kesme hızı artması kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde oluşan sıcaklığı artırmakta ve kesme işlemi kolaylaşarak yüzey pürüzlülük değeri düşmektedir. Fakat takım talaş ara yüzeyindeki sıcaklık artışına rağmen kesici takımda meydana gelen hızlı aşınma sıcaklığın etkisini azaltmış ve bu nedenle yüzey pürüzlülüğü belirgin bir şekilde değişmemiştir.

Takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü için matematiksel model faktöriyel regresyon analiz metodu kullanılarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak yeterliliği kontrol edilmiştir. Matematiksel modellerle elde edilen teorik değerlerin, deneysel değerlere yakın olduğu ve %95 güvenirlilikteki regresyon bantları(sınırları) içerisinde olduğu görülmüştür. Regresyon analiz metodu ile elde edilen matematiksel modeller yardımıyla takım ömrünü önceden tahmin etmek mümkün olmakla beraber istenilen yüzey kalitesini sağlayacak optimum kesme parametrelerini belirlemek de mümkündür.

KAYNAKLAR

- Akkurt, M.**, 1991. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Aslan, E. ve Camuşcu, N.**, 2005. High speed end milling of hardened AISI D3 cold work tool steel with CBN cutting tool, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **18**(3), 453-458.
- Ateş, S.**, 2009. P20 çeliğinin CBN kesicilerle frezelenmesi sırasında aşınma ve yüzey pürüzlülüğüne ilerleme değerinin etkisi, *Int.J.Eng.Research - Development*, Vol.1,No.2.
- Ateş, S.**, 2006. Sertleştirilmiş P20 çeliğinin kübik bor nitrür (CBN) kesici takımlarla yüksek hızlarda frezelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Arsecularatne, J.A., Zhang, L.C., Montross, C. and Mathew, P.**, 2006. On machining of hardened AISI D2 steel with PCBN tools, *Journal of Materials Processing Technology*, **171**, 2, 244-252.
- Bayrak, M.**, 2002. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bouchelaghem, H., Yallese, M. A., Mabrouki, T., Amirat, A., Rigal, J. F.**, 2010. Experimental investigation and performance analyses of CBN insert in hard turning of cold work tool steel (D3), *Machining Science and Technology*, **14**, 4, 471 – 501.
- Bouchelaghem, H., Yallese, M. A., Amirat, A., Belhadi, S.**, 2007. Wear behaviour of CBN tool when turning hardened AISI D3 steel. *Mechanika 2007*, 3(65), 1392 - 1207.
- Boy, M., Demir, H., Korkut, İ.**, 2009. Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi, *5. Uluslar arası İleri Teknolojileri Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15, Karabük, Türkiye.
- Camuşcu, N., Aslan, E.**, 2005. A comparative study on cutting tool performance in end milling of AISI D3 tool steel, *Journal of Materials Processing Technology*, **170**, 121-126.
- Can, A.**, 2003. AISI 5140 çeliğinin sermet , PVD İle Ti AIN – CUD İle TIN kaplanmış kesici uçlarla tamamlanmasında kesme değişkenleri, kaplama cinsi ve takım

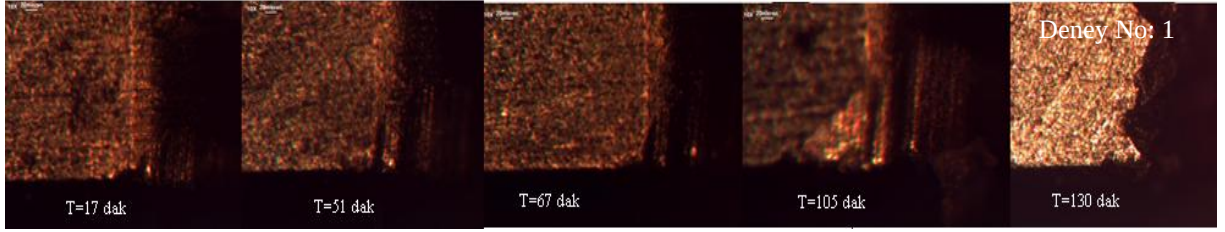
- aşınmasının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çakır, M.C.**, 2006. Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Nobel Yayın Dağıtım No:993, Ankara, Bölüm 1.
- Çakır, M.C.**, 1999. Modern Talaşlı İmalatın Esasları, Ceylan Matbaacılık, Ankara.
- Çetin, O., Er, A.O.**, 2008. Sertleştirilmiş 16MnCr5 çeliğin yüksek hızda PCBN kesici takım ile işlenmesinde uç performansının araştırılması, *Teknoloji Cilt 11(2)*, 121-128.
- Dan, L. and Mathew, J.**, 1990. Tool wear and failure monitoring techniques for turning-A review, *Int.J.Mach.Tool and Manuf.*, **30(4)**, 579-598
- Davim, J.P., and Figueira, L.**, 2007. Comparative evaluation of conventional and wiper ceramic tools on cutting forces, surface roughness, and tool wear in hard turning AISI D2 steel, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, **221**, 625—633.
- Ertürk, İ.**, 1994. Takım Çeliklerin Kaynağı, Mersin Üniversitesi 19-21, Mersin
- Er, A.O.**, 2007. İşlenmesi güç malzemelerin talaşlı üretiminde kesici performanslarının araştırılması, *Doktora Tezi*, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Escalona, P., Melkote, S., Liu, K.**, 2005. Influence of the stress, strain, and temperature on the surface roughness of an AISI 52100 steel due to an orthogonal cut, *Journal of Materials Engineering and Performance*, **14**, 582-590.
- Ezugwua, E.O., Da Silva, R.B., Bonneya, J., Machado, A.R.**, 2005. Evaluation of the performance of CBN tools when turning Ti-6Al-4V alloy with high pressure coolant supplies, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **45** (2005) 1009–1014.
- Feng, X., Wang, X.**, 2002. Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* **20**, 348–356.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Figueira, L., Davim, S.J.P.**, 2009. Machinability investigations in hard turning of AISI D2 cold work tool steel with conventional and wiper ceramic inserts, *International Journal of Refractory Metals Hard Materials*, **27**, 754-763.

- Gezgin, A.**, 2007. Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara..
- Grzesik, W. Wanat, T.**, 2005. Comparative assessment of surface roughness produced by hard machining with mixed ceramic tools including 2D and 3D analysis, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, **169**, 364-371.
- Habalı, K.**, 2003. Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hasırcı, H.**, 2010. AISI D6 çeliğinin adhesif aşınma davranışına ısı işlem şartları ve kayma hızlarının etkileri, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, **25**, 3, 587-592.
- Işık, Y., Çakır, M.C.**, 2001. Hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi, *Teknoloji*, Sayı 1-2, 111-118.
- Isık Y.**, 2007. Investigation the machinability of tool steels in turning operations, *Materials and Design*, **28**-5, 1417.
- Koçak, H.**, 2006. Takım Çelikleri El Kitabı, Sağlam Metal No:4, VII. Baskı.
- Krar, S.F., Oswald J.W. and Amand J.E.**, Techonology of Machine Tools, Third Editions.
- Kharis, S.K., Lin, Y.J.**, 2007. Wear mechanisms and tool performance of TiAlN PVD coated inserts during machining of AISI 4140 steel, *Science Direct* , **262** (2007) 64–69.
- ima, J.G., Avila, R.F., Abrao, A. M., Faustino, M., Davim J. P.**, 2005. Hard turning: AISI 4340 high strength low alloy steel and AISI D2 cold work tool steel, *Journal of Materials Processing Technology*, **169**, 388–395.
- Lin, H.M., Liao, Y.S., Wei, C.C.**, 2008. Wear behavior in turning high hardness alloy steel by CBN tool wear, **264**, 679-684.
- Manna, A., Bhattacharayya, B.**, 2003. A study on machinability of Al/SiC-MMC, *Journal of Materials Processing Technology*, **140**, 711–716.
- Morea, A.S., Jiang, W., Brown, W.D., Malshe, A.P.**, 2006. Tool wear and machining performance Of CBN–TiN coated carbide inserts and PCBN compact inserts in turning AISI 4340 hardened steel, *Journal of Materials Processing Technology*, **180**, 253–262.

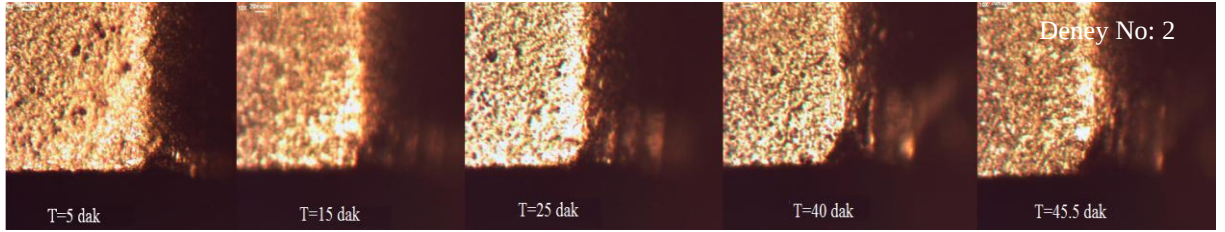
- Özdemir U., Erten M.,** 2003. Talaslı imalat sırasında kesici takımında meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri, *Havacılık ve Uzak Teknolojileri Dergisi*, Cilt 1 Sayı 1 (37-50).
- Özel, T., Karpat, Y.,** 2005. Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks, *International Journal of Machine Tool Manufacture*, **45**, 467-479.
- Özler L.,** 1998. Östenitik manganlı çeliğin sıcak talaşlı işlenmesinde kalem ömrünün teorik ve deneysel olarak araştırılması, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Özler, L., İnan, A., Özel, C.,** 2001. Teoritical and experimental determination of tool life in hot machining of austenitic mangasnese steel, *Int. J. Mac.Tool.*, **41**, 163-172.
- Özler L., Tosun,N., İnan, A.,** 2000. Östenitik manganlı çeliğin sıcak talaşlı işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi, *Turk J Enin Enviro Sci*, **24**, 287-296.
- Şahin, Y.,** 2003. İmal Usulleri, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Şahin, Y.,** 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri, Nobel Yayın Dağıtım No:196, Ankara, Cilt 1.
- Şahin, Y.,** 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri, Nobel Yayın Dağıtım No:240, Ankara, Cilt 2.
- TS-10329/Haziran,** 1992. Kalem Ömrü Kıstasları ve Kalem Aşınmasının Ölçülmesi.
- TS-3921,** 1983. Alaşımli Soğuk İş Takım Çelikleri, *Türk Standartları Endüstrisi*, Ankara.
- Ucun, İ., Aslantaş, K.,** 2009. Sertleştirilmiş 52100 takım çeliğinin tornalanmasında karbürli kesici takımın performansının araştırılması, *5. Uluslar arası İleri Teknolojileri Sempozyumu (IATS'09)*, 13-15, Karabük, Türkiye.
- URL-1,** www.osmanlicelik.com.tr/images/pdf/K107DE.pdf, ColdWork Tooling, March 2011.
- URL-2,** www.saglammetal.com/pdf/200812311481648.pdf, March 2011.
- Yılmaz, N., Yalçın, B. ve Özsoy, A.,** 2004. Kesici takımlarda aşınma ve takım performansının iyileştirilmesi, *Metal-Makine Dergisi*, **17** (150), 474-481.
- Taylan, F.,** 2009. Sert malzemelerin frezelenmesinde takım aşınma davranışlarının belirlenmesi, *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Thamizhmanii, S., Kamarudin, K., Badrul, A. Saparudin, Hassan, S.,** 2008. Study of surface roughness on induction hardened steel using CBN cutting tool, *Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering*, 97-98 –2963-59-2.

- Topbaş, M.A.**, 1998. Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı , Prestij Yayıncılık Basım Hizmetleri, İstanbul.
- Wuyi, C.**, 2000. cutting forces and surface finish when machining medium hardness steel using CBN tools, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* **40**, 455–466.
- Yallese M.A., Chaoui, K., Zeghib, N., Boulanouar, L., Rigal, Jean-F.**, 2009. Hard machining of hardened bearing steel using cubic boron nitride tool, *Journal of Materials Processing Technology*, **209**, 2, 1092–1104.

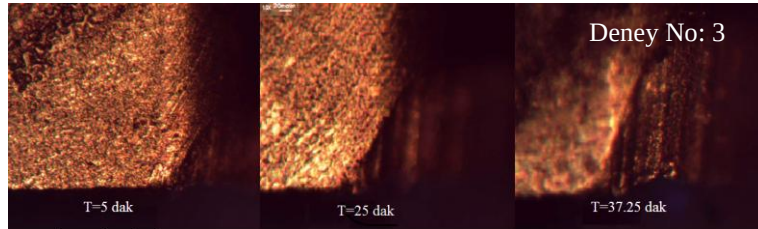
EKLER



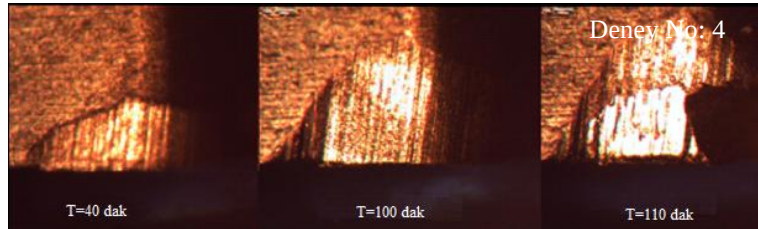
Ek Şekil 1. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



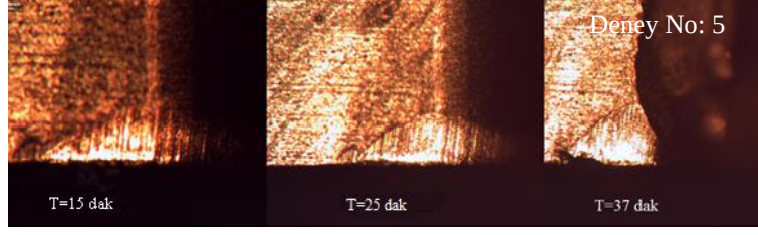
Ek Şekil 2. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



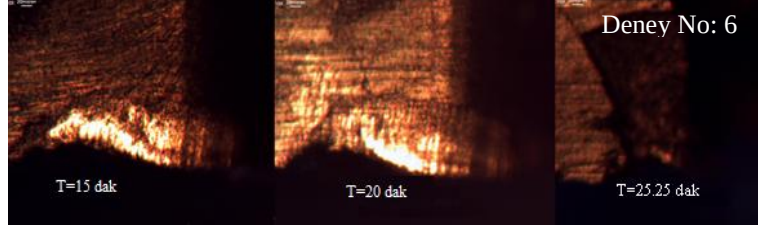
Ek Şekil 3. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



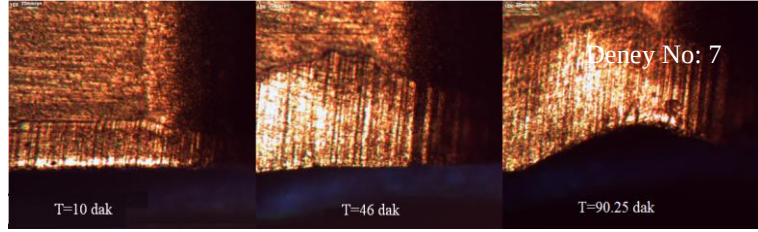
Ek Şekil 4. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



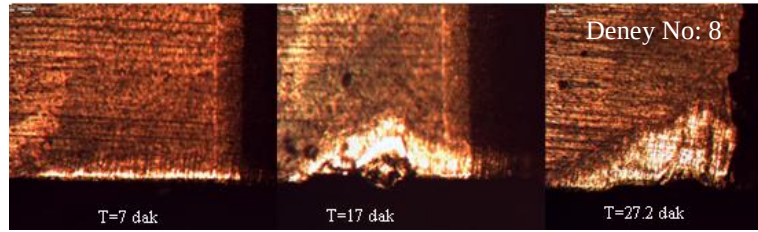
Ek Şekil 5. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



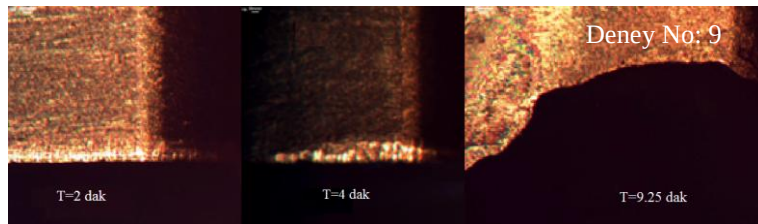
Ek Şekil 6. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



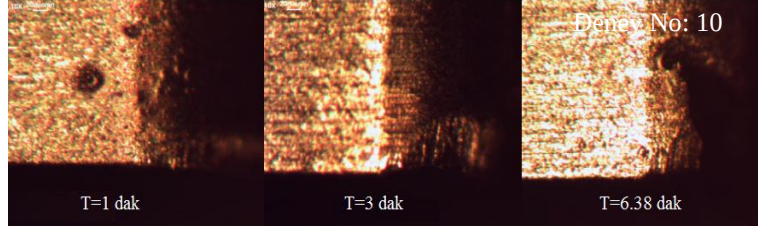
Ek Şekil 7. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



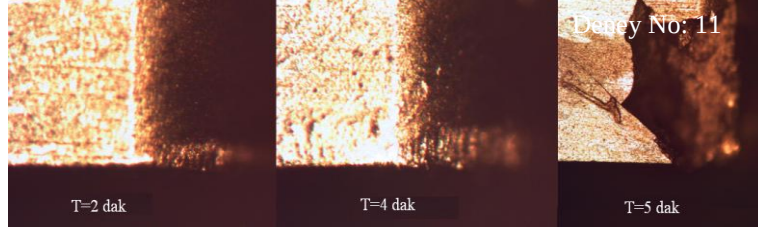
Ek Şekil 8. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



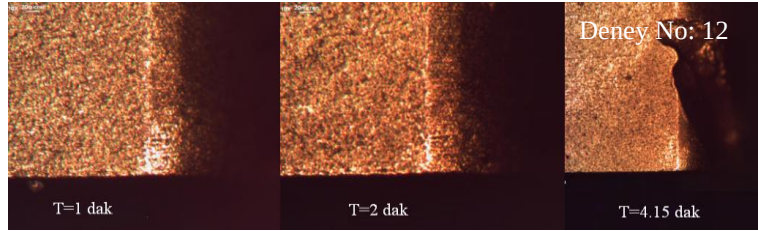
Ek Şekil 9. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



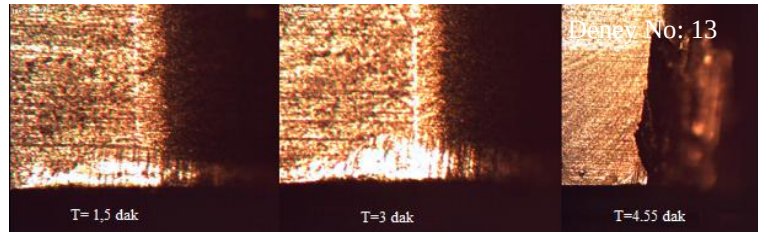
Ek Şekil 10. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



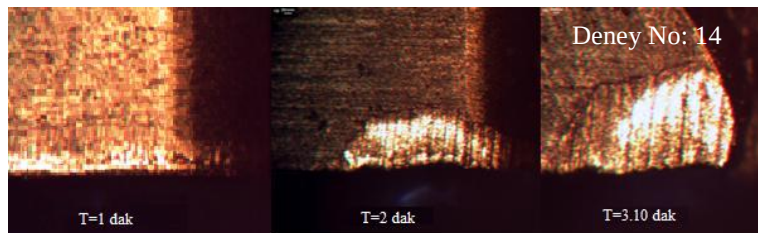
Ek Şekil 11. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



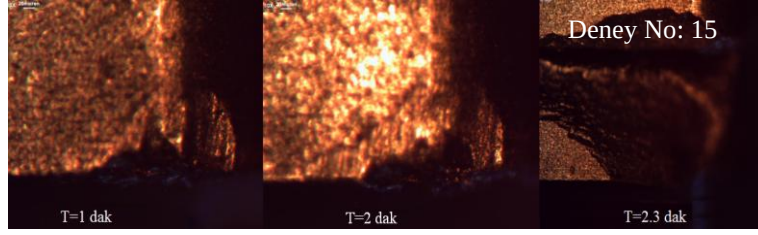
Ek Şekil 12. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



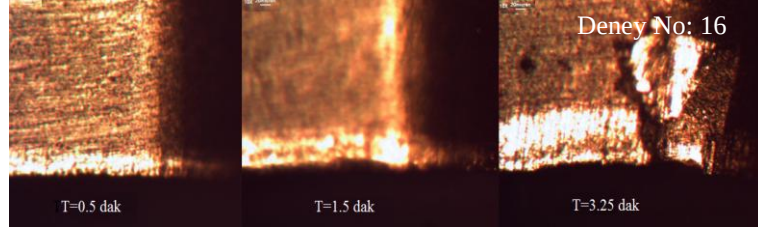
Ek Şekil 13. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



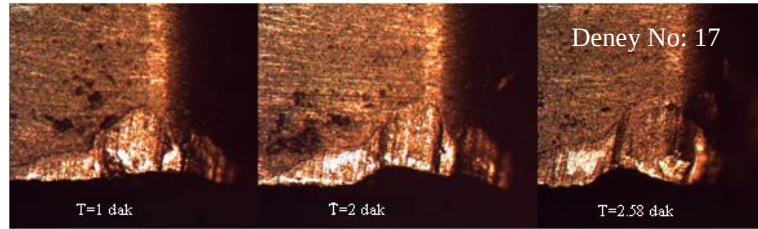
Ek Şekil 14. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



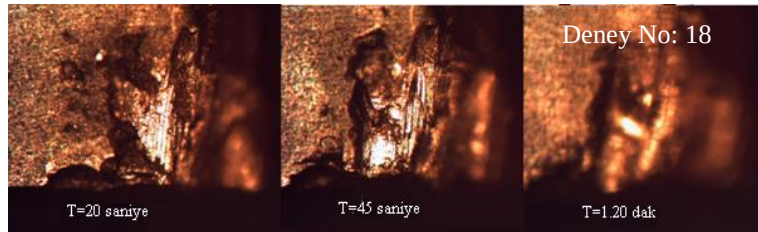
Ek Şekil 15. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



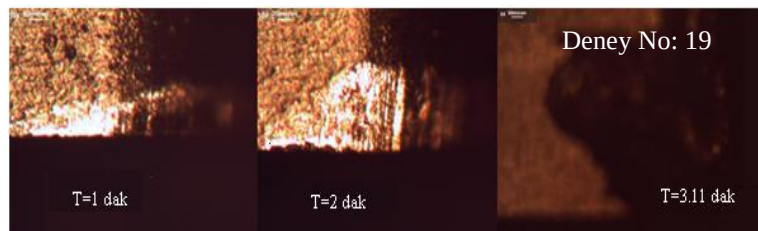
Ek Şekil 16. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



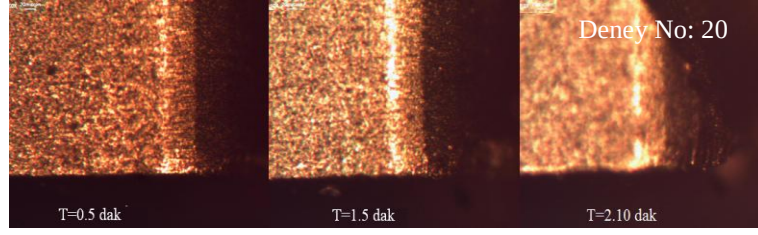
Ek Şekil 17. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



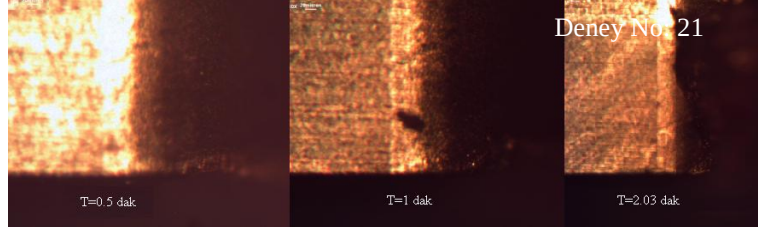
Ek Şekil 18. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



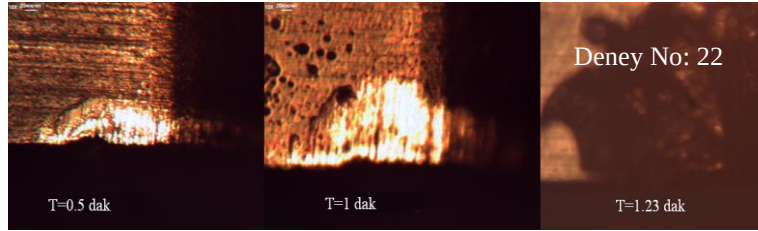
Ek Şekil 19. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



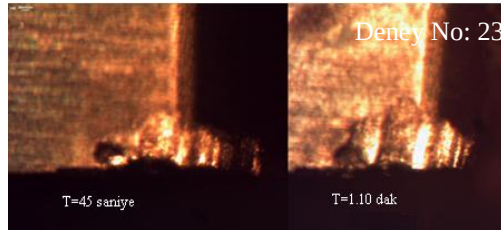
Ek Şekil 20. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



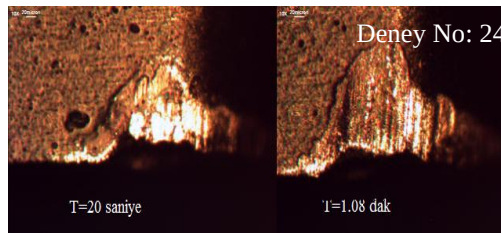
Ek Şekil 21. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



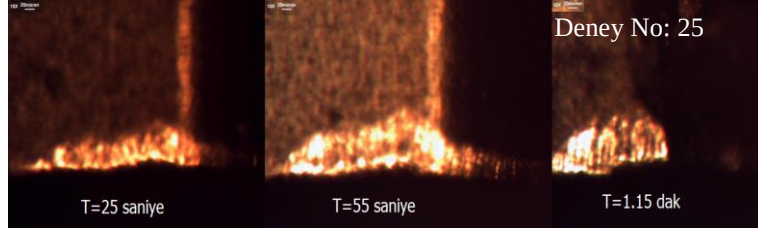
Ek Şekil 22. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



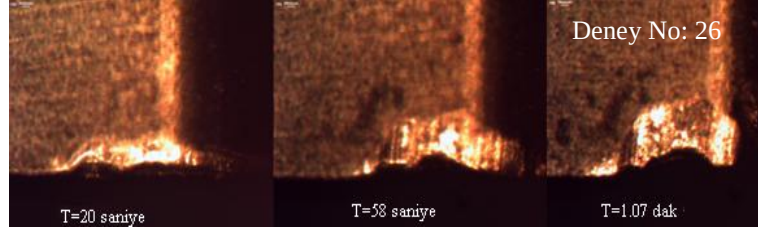
Ek Şekil 23. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



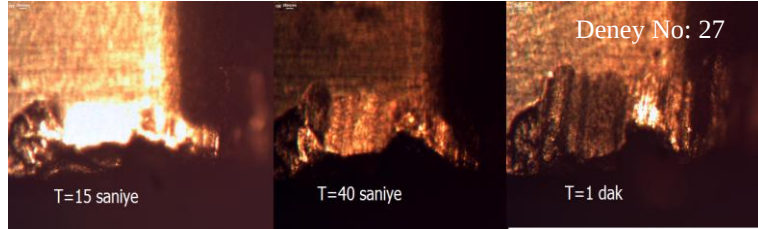
Ek Şekil 24. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



Ek Şekil 25. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



Ek Şekil 26. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü



Ek Şekil 27. Kesici takımdaki aşınmanın optik görüntüsü

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Elazığ'da doğan Nihat PARLAK ortaöğrenimini Elazığ Gazi Endüstri Meslek Lisesinde (Elektronik Bölümü) tamamladı. Yükseköğrenimini 1999 yılında Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde tamamlayarak 2000 yılında Fırat Üniversitesi Malazgirt Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak atandı. 2004 yılında Fırat Üniversitesi Muş Meslek Yüksekokulunda görevlendirildi. 2007 yılında Muş Alparslan Üniversitesinin kurulmasıyla Muş Alparslan Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak halen görev yapmaktadır.