

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

ÇELİKLERİN FARKLI SERTLİK
ORANLARINDA İŞLENEBİLİRLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

SERAP DEMİROK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

GEBZE
2008

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

ÇELİKLERİN FARKLI SERTLİK
ORANLARINDA İŞLENEBİLİRLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

SERAP DEMİROK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

DANIŞMANI
DOÇ. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE
2008

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JÜRİ ONAY FORMU
--	--

JÜRİ

ÜYE (BAŞKAN) : Doç. Dr. Metin USTA

ÜYE : Doç. Dr. Babür Özçelik

ÜYE : Yard. Doç. Dr. Hasan Kurtaran

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 07/07/2008 tarih ve 2008/23 sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen 23/09/2008 tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ öğrencisi Serap DEMİROK' un çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu/...../..... tarih ve/...../..... sayılı kararıyla Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans / ~~Doktora~~ tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI : Çeliklerin Farklı Sertlik Oranlarında İşlenebilirliklerinin Araştırılması

YAZAR ADI : Serap DEMİROK

Talaşlı imalat, üretim teknolojisinde çok sık kullanılan bir yöntem olup, imalat sırasında neredeyse tüm mekanik parçalara uygulanmaktadır. İmalat yönteminde dikkat edilmesi gereken en önemli etken, üretimin en düşük maliyet ile istenilen kalitede ve standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesidir. Malzemelerin dayanımını arttırmak için uygulanan ısıtıl işlem yöntemleri üretime ek maliyet çıkartmakla beraber malzemede çarpımalara yol açabilmekte ve tekrar işlem gerektirebilmektedir. Son yıllarda kesme takımlarındaki gelişmeler, malzemelerin sertleştirilmiş halde işlenmesini mümkünleştirmiştir.

Bu nedenle, bu çalışmada piyasada sık ihtiyaç duyulan sertlikler için optimum kesme parametreleri araştırılmıştır. 35–40–45 HRC sertliklerinde AISI 4140 çeliğinin farklı kesme parametreleri ile frezelenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ve takım aşınmaları deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde Al_2O_3 –TiCN–TiN kaplamalı karbür uçlar kullanılmıştır. İlk olarak Ø60 x 42 mm boyutlarında 27 ad. deney parçası ısıtıl işlem yapılarak, 35–40–45 HRC değerlerine sertleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan kesme parametreleri değerleri; 100-175-250 m/dak kesme hızı, 0.05-0.1-0.2 mm/dev ilerleme, 0.3-0.6-0.9 mm kesme derinliği. Kesme parametreleri değerleri kullanılarak deney setleri oluşturulmuş ve CNC dik işleme merkezinde kuru şartlarda deneyler uygulanmıştır.

Deneyler sonunda, takım aşınması ve yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçümleri, portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak yapılmış ve takım aşınmaları optik mikroskop ile ölçülmüştür. Varyans analizi (ANOVA) uygulanarak kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne etkisi tespit edilmiştir.

SUMMARY

NAME OF THE THESIS : The Investigation of Machining of Steels in Different Hardness Degrees

AUTHOR NAME : Serap DEMİROK

Metal cutting is a widely used method in manufacturing technologies and it is mostly applied to all mechanic items. The most important point about the machining method is to produce with the desired quality and appropriate standards by obtaining lowest costs. As heat treatment methods, apply to increase the material strength, increase machining costs, it can cause material distortion and necessitate an operation again. In the last years, developments in cutting tools have made it possible to cut materials in the hardened state.

Therefore, the optimum cutting parameters were investigated in this study for hardness, often was necessary at market. Surface roughness and tool wear, were obtained by employing different cutting parameters, when milling hardened AISI 4140 steel was 35-40-45 HRC, were experimentally investigated. Al_2O_3 -TiCN-TiN coated carbide inserts were used in the experiments.

Firstly, twenty seven work materials with $\varnothing 60 \times 42$ mm size were hardened to 35-40-45 HRC. The cutting parameters that were used in the study; 100-175-250 m/min cutting speed, 0.05-0.1-0.2 mm/rev feed rate, 0.3-0.6-0.9 mm depth of cut. The experimental sets were produced by using the cutting parameters and the experiments were conducted in dry conditions on CNC vertical machining center.

Tool wear and surface roughness were investigated at the final of the experiments. Surface roughness measurements were performed by using a portable device and tool wear was measured with an optical microscope. Applying the analysis of variance (ANOVA), the affect of the cutting parameters was determined to surface roughness.

TEŞEKKÜR

Uzun bir süreyi kapsayan bu çalışmada desteklerini esirgemeyen ve beni her konuda aydınlatan, yönlendiren sayın hocam Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK'e, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans programında değerli bilgilerini bizlerle paylaşan bölüm öğretim üyelerine, deneysel çalışmaları yapmamda yardımcı olan Ada-Teknik Makina Mühendislik İmalat İnş. Tic. Ltd. Şti.' ne ve tüm personeline, kontrol aşamasında yardımlarını esirgemeyen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü personeli Adem ŞEN' e ve TÜVASAŞ Kalite Kontrol Bölümü personellerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bugüne kadar her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa Numarası</u>
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar DİZİNİ	XI
BÖLÜM 1	1
1. 1. Çeliklerin Genel Tanımı	1
1. 2. Çeliklerin Kullanım Yerlerine Göre Sınıflandırılması	1
1. 2. 1. Takım Çelikleri	1
1. 2. 2. Otomat Çelikleri	3
1. 2. 3. Yay Çelikleri	3
1. 2. 4. İmalat Çelikleri	3
1. 2. 5. Sementasyon Çelikleri	4
1. 2. 6. Paslanmaz Çelikler	4
1. 2. 7. Islah Çelikleri	4
1. 3. Alaşım Elementlerinin Etkisi	6
1. 3. 1. Karbon	6
1. 3. 2. Mangan	7
1. 3. 3. Silisyum	7
1. 3. 4. Fosfor	7
1. 3. 5. Kükürt	7
1. 3. 6. Krom	8
1. 3. 7. Nikel	8
1. 3. 8. Molibden	8
1. 3. 9. Vanadyum	8
1. 3. 10. Volfram	8
1. 3. 11. Azot	9

1. 4. Çeliklerde Sertleşebilirlik	9
1. 4. 1. Islah İşlemi	9
1. 5. Talaş Kaldırma Mekanığı	10
1. 6. Metallerin Talaşlı İşlenebilirliği	12
1. 6. 1. İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler	12
1. 6. 1. 1. Mikro-yapının Etkisi	12
1. 6. 1. 2. Isıl İşlemin Etkisi	12
1. 6. 1. 3. Alaşım Elementlerinin Etkisi	13
1. 6. 1. 4. Mekanik Özelliklerin Etkisi	13
1. 6. 2. İşlenebilirlik - Ömür İlişkisi	13
1. 7. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler	14
1. 7. 1. Takım Geometrisi	14
1. 7. 2. Talaş Geometrisi	15
1. 7. 3. Kesme Hızı	16
1. 7. 4. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü	17
1. 7. 5. Takım Ömrü	17
1. 7. 6. Talaş Derinliği, İlerleme Miktarı ve Kesme Hızı	17
1. 7. 7. Soğutma Sıvısı	18
1. 8. Takım Aşınması	18
1. 9. Aşınma Mekanizmaları	20
1. 9. 1. Yan Kenar Aşınması	20
1. 9. 2. Talaş Yüzeyi Aşınması	22
1. 9. 3. Boşluk Yüzeyi Aşınması	22
1. 9. 4. Çentik Aşınması	23
1. 9. 5. Mekanik Hasar veya Kırılma	23
1. 9. 6. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)	23
1. 9. 7. Plastik Deformasyon	24
1. 10. Yüzey Kalitesi	24
1. 11. Taguchi Yöntemi	26
1. 12. AISI 4140 Çeliğinin Genel Özellikleri	27
1. 12. 1. Kullanım Yerleri	27
1. 12. 2. Diğer Standartlarda Karşılıkları	27
1. 12. 3. Kimyasal Bileşimi	28

1. 12. 4. Mekanik Özellikleri	28
BÖLÜM 2	29
2. 1. Giriş	29
2. 2. Literatür Çalışması	30
2. 3. Deney Malzemeleri	33
2. 4. Deneysel Cihaz, Makine ve Aparatlar	34
2. 4. 1. Kesici Uçlar ve Takım Tutucu	34
2. 4. 2. Takım Tezgahı	35
2. 4. 3. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı	36
2. 4. 4. Optik Mikroskop	36
2. 5. Deneylerin Yapılışı	37
2. 6. Deney Sonuçları ve Yorumlar	39
2. 6. 1. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları	39
2. 6. 2. S/N Oranı	42
2. 6. 3. Varyans Analizi (ANOVA)	44
2. 6. 4. Takım Aşınması Sonuçları	47
2. 7. Sonuçlar	60
2. 8. Öneriler	62
KAYNAKLAR DİZİNİ	63
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

HRC	: Rockwell sertlik değeri
AISI H	: Sıcak iş takım çeliği
AISI P	: Özel amaçlı takım çeliği
PCBN	: Kristalize kübik bor nitrat (Polycrystalline cubic boron nitride)
CBN	: Kübik bor nitrat (Cubic boron nitride)
t_c	: Kesme işlemi sonucu oluşan talaş kalınlığı
t_o	: İş parçasından ayrılacak olan talaş kalınlığı
Φ	: Kesme açısı
α	: Talaş açısı
V	: Hız vektörü
T	: Süre
V_t	: Talaş hacmi
γ	: Talaş açısı
β	: Kama açısı
α	: Serbest açısı
λ	: Eğim açısı
r	: Yarıçap
b	: Talaş genişliği
h	: Talaş kalınlığı
R_t	: Yüzey pürüzlülüğünün derinliği
R_p	: Yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği
R_a	: Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri
CNC	: Bilgisayarlı nümerik kontrol (Computer numeric control)
CVD	: Kimyasal buhar biriktirme (Chemical vapour deposition)
V_c	: Kesme hızı
f	: Devir başına ilerleme
a	: Kesme derinliği
S	: Fener mili hızı
F	: Tabla ilerlemesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa Numarası</u>
1. 1. İki boyutlu ortogonal kesme geometrisi	10
1. 2. Dik kesme modeli	11
1. 3. Eğik kesme modeli	11
1. 4. Takım yüzeyleri	15
1. 5. Talaş geometrisi	16
1. 6. Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi	19
1. 7. Yan kenar ve krater aşınmasının gösterilişi	20
1. 8. Yan kenar aşınma miktarının zamanla değişimi	21
1. 9. Farklı kesme hızlarında yan kenar aşınması için tipik takım aşınması eğrileri	21
1. 10. Bir kesici takımın yan kenar ve krater aşınması	22
1. 11. (a) Takım yüzeyini koruyan talaş yapışması, (b) soğuma sırasında oluşan çatlaklar	24
1. 12. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi	25
2. 1. Kesici uç geometrisi ve ölçüleri	34
2. 2. Kesici uç kaplama şeması	34
2. 3. Deneylerde kullanılan takım tezgahı	35
2. 4. Takım aşınmasının tespitinde kullanılan optik mikroskop	37
2. 5. Sertlik değeri 35 HRC olan malzeme için S/N değerleri	43
2. 6. Sertlik değeri 40 HRC olan malzeme için S/N değerleri	43
2. 7. Sertlik değeri 45 HRC olan malzeme için S/N değerleri	44
2. 8. 351 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	47
2. 9. 352 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	47
2. 10. 353 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	48
2. 11. 354 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	48
2. 12. 355 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	48
2. 13. 356 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	49
2. 14. 357 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	49
2. 15. 358 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	49
2. 16. 359 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	50

2. 17. 401 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	50
2. 18. 402 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	50
2. 19. 403 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	51
2. 20. 404 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	51
2. 21. 405 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	52
2. 22. 406 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	52
2. 23. 407 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	53
2. 24. 408 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	53
2. 25. 409 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	54
2. 26. 451 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	54
2. 27. 452 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	54
2. 28. 453 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	55
2. 29. 454 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	55
2. 30. 455 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	56
2. 31. 456 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	56
2. 32. 457 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	57
2. 33. 458 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	57
2. 34. 459 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	58
2. 35. 3510 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	58
2. 36. 4010 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	59
2. 37. 4510 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları	59

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa Numarası</u>
1. 1. Çelikler ve uygulandığı yerler	5
1. 2. Malzemelerin işlenebilirlik değerleri	14
1. 3. AISI 4140 çeliğinin farklı standartlarda karşılıkları	27
1. 4. AISI 4140 çeliğinin kimyasal bileşimi	28
1. 5. AISI 4140 çeliğinin mekanik özellikleri	28
2. 1. Spektrometre analiz sonuçları	33
2. 2. HRC ölçümüne göre sertlik kontrol sonuçları	33
2. 3. MICRO CUT Challenger VMC_1300 Vertical Machining Center tezgahına ait teknik özellikler	35
2. 4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazına ait teknik özellikler	36
2. 5. Taguchi L ₉ deney tasarımına göre her üç sertlikteki malzeme için kesme şartları	37
2. 6. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri seti	38
2. 7. 10. deneyin kesme parametreleri	39
2. 8. 35 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları	39
2. 9. 40 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları	40
2. 10. 45 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları	41
2. 11. 10. deneylerin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları	41
2. 12. Her üç sertlikteki parçalar ile ilgili ölçüm değerinin sinyal gürültü faktörü faktörü	42
2. 13. Sertlik değeri 35 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu	46
2. 14. Sertlik değeri 40 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu	46
2. 15. Sertlik değeri 45 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu	46

BÖLÜM 1

1. 1. Çeliklerin Genel Tanımı

Çelik kısaca %2'ye kadar karbon içeren demir-karbon alaşımıdır. Karbon miktarına bağlı olarak pek çok çelik türü elde edilir. Karbon miktarı % 0,6 – 1,2 arasında olan çelikler alaşımsız takım çeliği, % 0,6' dan az karbonlu çelikler yapı çelikleri olarak tanımlanır. Yapı çeliklerinde % 0,04 – 0,6 karbon miktarları ile yüksek dayanıklılık, yüksek süneklik ya da iyi şekillendirilebilme amaçlanır. Çok az karbon içeren çelikler yumuşak çelik olarak adlandırılır ve özellikle elektronikte önemli oranda kullanılırlar [Çınar, 2007].

1. 2. Çeliklerin Kullanım Yerlerine Göre Sınıflandırılması

Tanım ve kullanımda kolaylık sağlama amacıyla çelikler; üretim metotlarına göre, kimyasal bileşimlerine göre ve kullanım yerlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmışlardır.

Kullanım yerlerine göre çelikler; takım çelikleri, otomat çelikleri, yay çelikleri, imalat çelikleri, sementasyon çelikleri, paslanmaz çelikler ve ıslah çelikleri gibi çeşitli şekillerde gruplandırılabilir [Serfiçeli, 2000].

1. 2. 1. Takım Çelikleri

Metal ve metal dışı malzemelerin çeşitli yöntemlerle şekillendirilmesi veya doğrudan kullanım amacıyla şekil verilmesi işleminin ana malzemesi büyük oranda takım çelikleridir. Şekillendirme ya da form verme maksadıyla kullanılan takım gruplarından, kullanım amacı ve koşullarına bağlı olarak; yüksek aşınma direnci, yüksek çekme dayanımı, yüksek akma dayanımı, yeterli süneklik, yüksek darbe

dayanımı, yüksek sertlik ve tokluk özelliği gibi birçok fiziksel ve mekanik özellikler beklenir.

Takım çelikleri; soğuk iş takım çelikleri, sıcak iş takım çelikleri, yüksek hız takım çelikleri ve plastik kalıp çelikleri olarak dört grupta sınıflandırılır.

Soğuk iş takım çelikleri, oda sıcaklığında çalışan kalıp ve takımlarda, yüksek sıcaklıklara dayanım gerekemediğinden, çok iyi aşınma dayanımı ve tokluğu sağlayacak şekilde alaşımlandırılır. Piyasadaki kesme, bükme kalıpları, bıçaklar, baskı makaraları, zımbalar, pres takımları, soğuk ekstrüzyon takımları vb. soğuk iş takım çeliklerinden üretilir.

Sıcak iş takım çelikleri, oda sıcaklığında şekillendirilemeyen demir, çelik ve diğer metallerin ısıtılarak şekillendirilmesi için kullanılır. Sıcak iş takım çeliklerinde; yüksek sıcaklıkta mekanik özelliklerini koruyabilmesi, yüksek sıcaklıkta aşınma dayanımlarının yüksek olması ve ısı iletkenliklerinin yüksek olması gibi özellikler aranır. Enjeksiyon döküm kalıpları, ekstrüzyon kalıpları, dövme kalıpları, kalıp ve boru presleri ve aksamaları, delici zımbalar ve kalıpları vb. sıcak iş takım çeliklerinden yapılır.

Yüksek hız takım çelikleri, iyi sertleşebilirliğe sahip oldukları için, bunlardan yapılan takımlar tuz banyosunda veya havada bile sertleşebilirler. Yüksek hız çeliklerinin en genel uygulama alanı talaş kaldırma takımlarıdır. Yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları yüksek mukavemetlerinden dolayı, yüksek hız çelikleri, sıcak iş takım çelikleri olarak kullanılırlar.

Plastik kalıp çelikleri, imalat ve kalıp sektörünün kayda değer kullanım alanına sahip çelik grubudur. Her türlü plastik bazlı malzemelerin çeşitli yöntemlerle şekillendirilmesi bu grup çeliklerle gerçekleştirilmektedir. Plastik kalıp çelikleri, kullanılan plastik hammaddenin cinsine göre aşınmaya, basınca ve korozyona maruz kalırlar [Çınar, 2007].

1. 2. 2. Otomat Çelikleri

Otomat imalatında genellikle küçük parçalar üretildiğinden dolayı daha çok, karbon miktarı yaklaşık %0,10-0,60 arasında olan alaşımsız sementasyon ve ıslah çelikleri kullanılır ve talaşlı işlenebilirliği için normal çeliklere nazaran daha fazla kükürt ve mangan katılır. Bunlar otomat çeliği olarak tanımlanırlar. Kükürt ve mangan birlikte mangansülfürü oluşturur ve metalik yapıda kırılgenlik sağlayarak, kısa kırılgen talaş meydana getirir [Topbaş, 1998].

1. 2. 3. Yay Çelikleri

Yayların çok büyük bir kısmı yay çeliklerinden meydana gelmektedir. Yay çelikleri, daha çok çelik çubuk, tel ya da band olarak temin edilebilir ve yay formu ve ölçülerine göre sıcak ya da soğuk olarak yay form verilir [Topbaş, 1998].

Yay çelikleri elastiki, sürekli titreşime dayanıklı ve yüksek dayanıma sahiptirler. Genel olarak makinelerde ve taşıt yapımında kullanılırlar [Fischer, 1995].

1. 2. 4. İmalat Çelikleri

Karbonlu çelikler olarak da tanımlanan imalat çeliklerinin içerisinde %1,7' ye kadar karbon bulunur. Karbon oranındaki her değişim, çeliğin özelliklerinin de değişimi anlamına gelir [Serfiçeli, 2000].

Yapı çeliği, çelik döküm ve bazı takım çelikleri, düşük karbonlu çeliklere örnek olarak verilebilir. Bu çeliklere genellikle sıcak haddeleme, normalizasyon, presleme ve gerilme giderme tavlama veya soğuk çekme işlemleri uygulanmıştır. Orta karbonlu çelikler, talaş kaldırma işlemi gerektiren iş parçaları için uygundur. Kabuk sertleştirme, toklaştırma veya temperleme ile sertleştirme işlemleri bu çeliklere uygulanabilecek işlemlerdir. Sertleştirilebilen takım çelikleri, yüksek karbonlu çeliklerdir [Çakır, 2006].

1. 2. 5. Sementasyon Çelikleri

Sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özellik istenen, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların imalatında kullanılan, düşük karbonlu, alaşımsız ve alaşımlı olarak çeşitlendirilen çeliklerdir.

Parçaya bu özelliklerin kazandırılması, çelik yüzeyine, belli derinliklere kadar karbon emdirilmesi suretiyle olur. Sementasyon çelikleri; dişliler, miller, dişli miller, zincir dişliler, kılavuz yatakları, merdaneler vb. parçaların imalatında etkin olarak kullanılırlar [Çınar, 2007].

1. 2. 6. Paslanmaz Çelikler

Kimyasal bileşimi ve yapısal farkları ile paslanmaz çelikler dört ana gruba ayrılırlar. Ferritik paslanmaz çelikler, %11-30 Cr, yaklaşık %0,12' den az karbon içerirler. Korozyon rezistansı ve işlenebilirlik gibi özelliklerini geliştirmek için, nispeten küçük miktarlarda diğer alaşım elementleri eklenir. Martenzitik paslanmaz çelikler, %12-17 Cr, %0,1-1 C içerirler ve ısıtılma işlemi ile sertleştirilebilirler. Ostenitik paslanmaz çelikler, %6-22 Ni içeren alaşımlardır. Ferritik paslanmaz çelikler gibi, ısıtılma işlemi ile sertleştirilemezler. Çökme sertleşmeli paslanmaz çelikler, genellikle %10-30 Cr, beraberinde değişen miktarlarda nikel ve molibden içerirler [Smith, 1993].

1. 2. 7. Islah Çelikleri

Genel olarak ıslah çeliklerinden, yüksek dayanım ve süneklik birlikte istenir ve sertleştirildikten sonra yüksek sıcaklıkta menevişlenirler. Nispeten yüksek karbon oranlarına sahiptirler. Kükürt miktarı belirli sınırlar arasında değişen, alaşımsız ve alaşımlı ıslah çelikleri de geliştirilmiştir. Kalın kesitlerde, yeterli sertleştirme derinliği ancak alaşımlı çeliklerde sağlanabilir ve çok yönlü olarak kullanılabilirler. Islah çelikleri; alaşımsız ıslah çelikleri, mangan alaşımlı ıslah çelikleri, krom alaşımlı ıslah çelikleri, krom-molibden alaşımlı ıslah çelikleri şeklinde sınıflandırılabilir.

Ayrıca bu çelikler, sertleştirilebilirlik derecelerine göre düşük, orta ve yüksek sertleşebilir olarak gruplandırılır. Islah çelikleri, ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerinden dolayı çeşitli makine ve motor parçaları, dövme parçaları, çeşitli miller, muhtelif yaylar ve yay özelliği beklenen aksamlar, dişli miller ve akslar, kumanda ve tahrik parçalarında kullanılırlar [Çınar, 2007].

Tablo 1. 1 Çelikler ve uygulandığı yerler [Düzgün, 2004]

	Malzeme Numarası	DIN	SAE AISI	Kullanıldığı Yerler
İMALAT ÇELİKLERİ	1.0401 1.0402 1.0532	C 15 C 22 St 50-2	1010 1020 1030	Cıvata, somun, delme ve frezeleme aparatları gövde ve şablonları
	1.0570 0.0577 1.0501 1.0503 1.1191	St 52-3 St 52 C 35 C 45 Ck 45	— — 1040 1045 1043	Dişli çarklar, kazmalar cer kancaları v.s.
	1.1210 1.0601 1.0603 1.0605	C 53 C 60 C 67 C 75	1050 1060 1070 1080	Dişli çarklar, çok fazla gerilmeli torna parçaları yağda sertleşebilir. Oto dişlileri krank milleri v.s.
ISLAH ÇELİKLERİ	1.7033 1.7035 1.7218 1.7225 1.7228 1.6546	34 Cr 4 41 Cr 4 25 CrMo 4 42 CrMo 4 50 CrMo 4 40 NiCrMo 2	5130 5140 4130 4140 4150 8640	Yüksek direnç gösteren makine parçaları, keskiler, bıçaklar v.s.
	1.6582 1.8159 1.5755	34 CrNiMo 6 50 CrV 4 31 NiCr 14	4340 6150 3330	Üst yüzey sertleşmesi gereken parçalar, akslar, giyotin bıçakları
	1.5752 1.5919 1.5920 1.7131 1.7147	14 NiCr 4 15 CrNi 6 18 CrNi 8 16 MnCr 5 20 MnCr 5	3315 3115 — 5115 5120	Küçük boyutlu pinyon dişliler Büyük boyutlu pinyon dişliler
	1.6523	21 NiCrMo 2	8620	Dişli çarklar, orta dayanımlı parçalar
YAY ÇELİKLERİ	1.0904 1.0906 1.0908	55 Si 7 65 Si 7 6 Si 7	9255 — 9260	Basma yayları, çekme yayları, yaylı rondelalar, çanak yaylar
OTOMAT ÇELİKLERİ	1.0711 1.0715 1.0726	9 S 20 9 SMn 36 35 S 20	1117 — 1137	Hızlı otomatlar, yumuşak çelik, dinlendirilmeden döküm ıslah çelikleri

Tablo 1. 1 Çelikler ve uygulandığı yerler [Düzgün, 2004] (Devam)

SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ	1.2436 1.2601 1.2379 1.2210 1.2510 1.2842 1.2542 1.2080	X 210 CrW 12 X 165 CrMoV 12 X 155 CrVMo 121 115 CrV 3 100 MnCrW 4 90 MnCrV 8 45 WCrV 7 X 210 CrW 12	D6 — D2 L2 D1 D2 S1	Kesme takımları, talaşlı imalat takımları, makine bıçakları, ölçü aletleri, plastik işleme takımları, keskiler, çapak alma takımları
SICAK İŞ TAKIM ÇELİKLERİ	1.2343 1.2344 1.2365 1.2713 1.2714 1.2567	X 38 CrMoV 51 X 40 CrMoV 51 X 32 CrMoV 33 55 NiCrMoV 6 56 CrNiMo 7 X 30 WCrW 53	H11 H13 H10 L6 L6	Sıcak kesme takımları, delici zimbalar, kalıplar, kalıp ve boru presleri, pres mandrenleri, pres takımları
HAVA ÇELİKLERİ	1.3207 1.3343 1.3243	S 10-4-3-10 S 6 S 2 S 65-2-5	— M2 M41	Helisel matkaplar, kılavuzlar, raybalar, havşa matkapları, daire testereleri, her türlü freze bıçakları
PASLANMAZ ÇELİKLER	1.4006 1.4021	X 10 Cr 13 X 20 Cr 13	410 420	Yüksek mukavemet gereken yerler
	1.4301 1.4435 1.4841	X 5 CrNi 189 X 2 CrNiMo 1812 X 15 CrNiSi 2520	304 316 L 310	Su ve buhar etkilerine dayanıklı malzemelerin yapımında

1. 3. Alaşım Elementlerinin Etkisi

Çelikler, karbondan başka farklı oranlarda alaşım elementleri de içerirler. Çelikte alaşım elementleri, çeliğin dayanımını arttırmırlar. Bu, üretilen sıcaklıklar ve takımda rol oynayan gerilmelerin her ikisini de etkiler. Bununla beraber, metali kesmek için gereken kuvvet daha büyüktür. Takımda ortalama gerilme, her zaman alaşım elementlerinin eklenmesi ile daha yüksek olur [Trent and Wright, 2000].

1. 3. 1. Karbon

Çelik için temel alaşım elementidir. Karbon miktarının artmasıyla çeliğin sertlik ve dayanımı önemli ölçüde artar. % 0.8 karbona kadar çekme gerilmesi ve akma sınırı değeri artarken bu değerden sonra kırılma artar. Karbon miktarının artması aynı zamanda sünekliği, dövülebilirliği, derin çekilebilirliği, kaynak

kabiliyetini ve kesilme özelliğini zayıflatır. Yüksek karbonlu çeliklerin ısıl işleminde çatlama riski de fazladır [Düzgün, 2004].

1. 3. 2. Mangan

Çeliğe genellikle cevherden intikal eder, fakat özellikleri iyileştirdiğinden belirli bir oranda çeliğin içerisinde bulunması istenir. Çeliğin dayanımını artırır, fakat sünekliğini biraz azaltır. Kaynak kabiliyetini olumsuz olarak etkilemez, çeliğin yüzey kalitesini iyileştirir [Topbaş, 1998].

Yüksek oranda mangan manyetik özelliği yok eder ve sertleştirilebilirliği iyileştirir. Kesici kenarın zarar görmesinin engellenmesi için güçlendirilmesi gerekir. Aşınma ilerledikçe talaşın kesici kenara yapışma riski ortaya çıkar [Çakır, 2006].

1. 3. 3. Silisyum

Mangan gibi bütün çeliklerde bulunan bir elementtir. Silisyum, çelik dökümlerde mekanik direnci ve özgül ağırlığı artırır. Esnekliği eksi yönden etkilerken, her %1 artış için çekme dayanımını 10 kg/mm, akma sınırını da benzer oranda artırır. Bileşiminde % 14 civarında silisyum bulunan çelikler kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklı olduklarından dövülemezler [Düzgün, 2004].

1. 3. 4. Fosfor

Genel olarak çelikte zararlı olarak bilinen fosfor, çentik darbe mukavemeti ve kaynak edilebilirliği azaltırken, çekme mukavemeti ve korozyon direncini artırır [Fischer, 1995].

1. 3. 5. Kükürt

Kükürt, talaş kaldırılabilirliği artırır. Çeliğin işlenebilme özelliğinin artırılması gerekmediği durumlarda fosfor gibi istenmeyen bir elementtir. Çeliği

kırılgan yapar ve haddelenmesini güçleştirir. Müsaade edilen miktar en çok %0,025-0,030 arasında sınırlandırılır [Düzgün, 2004].

1. 3. 6. Krom

Krom, çeliğin dayanma özelliğini arttırırken, esnekliği çok az bir derecede kötü olarak etkileyen bir alaşım elementidir. Çeliğin sıcağa direncini arttırır, tufal yapmayı önler. İçeriğinde yüksek oranda krom bulunması, çeliğin paslanmaya ve aşınmaya karşı dayanımını arttırır. Kromlu paslanmaz çeliklerde krom oranı arttıkça, kaynak edilebilme yeteneği azalır [Düzgün, 2004].

1. 3. 7. Nikel

Nikel, çelikte özellikle kromla birlikte bulunduğu zaman, sertliğin derinliklere inmesini sağlar. Krom nikelli çelikler paslanmaya, tufallanmaya ve ısıya dayanıklıdır. Özellikle düşük sıcaklıklarda, makine yapı çeliklerinin çentik direncini arttırır. Nikel, ıslah ve sementasyon çeliklerinin de direncini arttırır [Düzgün, 2004].

1. 3. 8. Molibden

Molibden, çeliğin çekme mukavemetini ve ısıya dayanıklılığını arttırırken, dövülebilme kabiliyetini azaltır [Fischer, 1995].

1. 3. 9. Vanadyum

Çeliğin özellikle darbeye mukavemetini arttırır, genellikle kesici uçların uzun zaman kesiciliğini sağlar [Düzgün, 2004].

1. 3. 10. Volfram

Volfram, çelikte talaş kaldırılabilirliği azaltır. Özellikle yüksek hız ve sıcak iş çeliklerinde kullanılır. Çelikte keskinlik dayanıklılığını arttırır [Fischer, 1995].

1. 3. 11. Azot

Azot, eliklerde gevrekleşmeye neden olur. Üretim yöntemlerine bağlı olarak çelikler farklı oranlarda azot içerirler [Savaşkan, 2000].

1. 4. eliklerde Sertleşebilirlik

Demir malzemeler, üretim işlemiyle ilgili olarak belirli bir oranda karbon içerirler. Karbon oranı, demiri büyüklüğü oranında gevrek yaparken, ısıtım işlem yoluyla, sertleşebilirlik gibi birçok niteliklerin iyileştirilmesi bakımından önemlidir [Fischer, 1995].

Sertleşebilirlik, eliğın su verme işlemiyle martenzite dönüşümü sonucu sertleşme kabiliyetidir. Sertleşebilirlik, su vermeyle elde edilen sertliğin derinliğini saptar. Bu derinlik, martenzitin yüzeyden itibaren yarı miktarına indiğı mesafe olarak belirtilir. Yüksek sertleşebilirliğe sahip bir eliğın karakteristik özelliğı; onun büyük bir sertleşme derinliğı göstermesi veya büyük parçalar halinde tam olarak sertleşebilmesidir [Thelning, 1984].

1. 4. 1. Islah İşlemi

Sertleştirme ve meneviş işlemleri birbiri ardına uygulandığında ıslah işlemi olarak adlandırılır. Uygun ıslah işlemi yapabilmek için, sertleştirme sıcaklığının doğru seçilmesi gerektiğinden, eliğın karbon miktarı ve alaşım durumu tam olarak bilinmelidir. Bir eliğın ıslah derinliğı, yalnızca sertleştirme işlemine bağlı değil, aynı zamanda menevişleme sıcaklığı ve süresi ile de ilgilidir [Topbaş, 1998].

Islah işlemine uygun olarak üretilmiş çelikler vardır. Islah elikleri düşük alaşımlı çeliklerdir ve alaşım elementi soğuma hızını düşürürler. Parça kalınlaştıkça tamamen ıslah edilmenin mümkün olabilmesi için, iç yapılarında daha çok alaşım elementi bulundurmalarıdır. Dişli arklar, tertibat parçaları, motorlar ve motorlu araçlar gibi fazla zorlama gören parçalar, ıslah çeliklerinden imal edilirler. 30CrNiMo8' den yapılmış yaprak yaylar, 34CrMo4' ten yapılmış krank milleri,

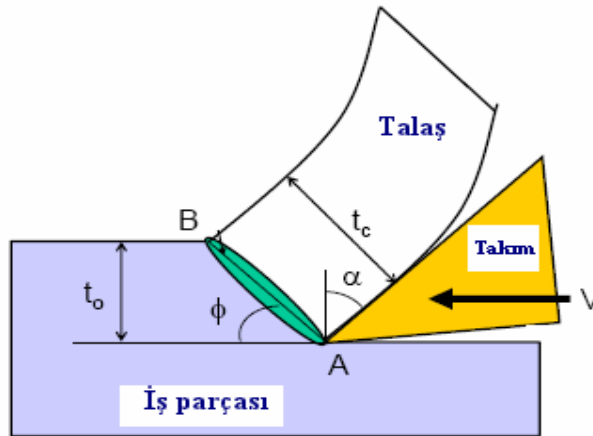
42CrMo4' ten yapılmış elektrik motoru milleri, Cr45' ten yapılmış dişli kutusu ve vites çatalları, 41Cr4' ten yapılmış dişli çarklar, 40Mn4' ten yapılmış kam milleri, 50CrV4' ten yapılmış ısıya dayanıklı yaylar ıslah işleminin uygulandığı çelikler ve kullanıldığı alanlara örneklerdir [Serfiçeli, 2000].

1. 5. Talaş Kaldırma Mekanîği

Talaş kaldırma, belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için, ucu keskin bir takım ile ve güç kullanarak, iş parçası üzerinden tabaka şekline malzeme kaldırma işlemidir. Kaldırılan malzeme tabakasına talaş denir.

Talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, takım ucunun aşınması gibi olaylardan meydana gelen karmaşık bir işlemdir [Akkurt, 1996].

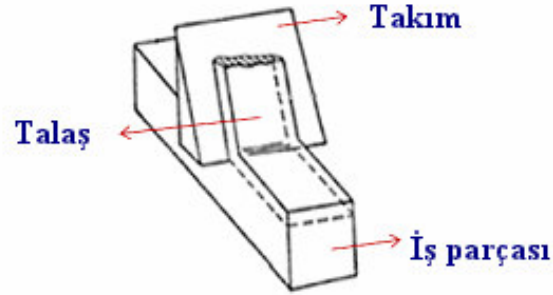
Şekil 1.1' de iki boyutlu ortogonal kesme geometrisi gösterilmektedir.



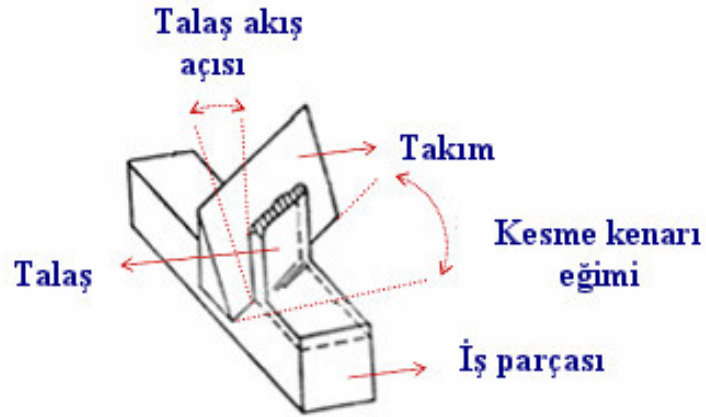
Şekil 1. 1. İki boyutlu ortogonal kesme geometrisi [Akkurt, 1996]

Şekil 1.1'de kesme birinci kayma bölgesi, hız vektörü, talaş açısı (α), kesme açısı (ϕ), kesme yüzeyi boyunca iş parçasından ayrılacak olan talaşın kalınlığı (t_o), kesme işlemi sonucu oluşan talaşın kalınlığı (t_c) şematik olarak gösterilmektedir.

Ortogonal kesmede takımın kesme kenarı, takım ile parça arasındaki kesme hızına dik veya eğik olabilir. Şekil 1.2’ de dik kesme modeli, Şekil 1.3’ te eğik kesme modeli şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. 2. Dik kesme modeli [Akkurt, 1996]



Şekil 1. 3. Eğik kesme modeli [Akkurt, 1996]

Talaş kaldırma esnasında kesici malzeme, devamlı ve darbeli tarzda kesme kuvvetleri, yüksek sıcaklıklar ve sıcaklık değişimleri, sürtünme ve aşınma gibi sebeplerden dolayı yüksek zorlanmalara maruz kalır.

Kesici malzemeler zorlanmalara dayanabilmek için;

- İyi kesme kabiliyeti
- Yüksek aşınma mukavemeti

- Eğilme kırılmasına karşı yüksek mukavemet ve sıkılık
- Sıcaklık değişimlerine dayanabilme gibi özelliklere sahip olmalıdır [Fischer, 1995].

1. 6. Metallerin Talaşlı İşlenebilirliği

İşlenebilirlik evrensel olarak tanımlanmış standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti, yani iş parçasının kesici bir takım ile şekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor olduğu işlenebilirlik olarak adlandırılır. İş parçası malzemelerinin metalürjisi, kimyası, mekaniği, ısıl işlemi, katkı maddeleri, içerisindeki kalıntılar gibi özellikler işlenebilirliği etkilerler. Bu etkilerin yanısıra işlenebilirlik üzerinde kesici kenarın, takım tutucunun, takım tezgahının, işlemlerin ve işleme koşullarının da etkisi büyüktür [Çakır, 2006].

Bir malzemenin işlenebilirliği (a) takım ömrü, (b) kesme hızı, (c) talaş kaldırma miktarı, (d) kesme kuvveti ve gücü, (e) yüzey kalitesi ve talaş şekli gibi kriterlerden biri veya birden fazlasına göre değerlendirilir. Bu kriterlerden, örneğin, kesme hızının veya takım ömrünün büyük olması, kesme kuvvetinin veya gücün düşük olması iyi işlenebilirliğin mevcut olduğunu gösterir [Şahin, 2001].

1. 6. 1. İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler

1. 6. 1. 1. Mikro-yapının Etkisi

Metalin işlenebilirliği, mikro-yapısı ile ilgili olup, yapıda sert parçacıkların bulunması kesici takım ömrünü düşürürken, yapıdaki kristaller irileştikçe takım ömrü artar [Şahin, 2001].

1. 6. 1. 2. Isıl İşlemin Etkisi

Metal veya alaşım tavlınırsa mikro-yapı değişecektir. Çelikte belirli kimyasal ve fiziksel değişiklikler, çeliğin işlenebilirliğini iyileştirir [Şahin, 2001].

1. 6. 1. 3. Alaşım Elementlerinin Etkisi

Alaşım elementlerinin, takım ömrüne etkisi farklıdır. Karbon miktarı azaldıkça, işlenebilme özelliği düşer. Çünkü süneklik arttığından malzeme, takım ucuna yapışarak körlenmeyi hızlandırmaktadır. Diğer taraftan karbon oranı arttırıldıkça malzemenin sertliği arttığından, takım aşınması hızlanır [Şahin, 2001].

1. 6. 1. 4. Mekanik Özelliklerin Etkisi

Malzemelerde genelde, sertlik ve kopma dayanımı arasında ilişki bulunmaktadır. Bir malzemenin sertliği ve kopma dayanımı arttıkça, işlenebilme özelliği o derece azalmaktadır [Şahin, 2001].

1. 6. 2. İşlenebilirlik – Ömür İlişkisi

İşlenebilirliğe pek çok faktör etki eder. Ancak genellikle %50 işlenebilirlik oranına sahip bir malzeme, %100 işlenebilirliği olan bir malzemeyle aynı takım ömrüne sahip olması için yaklaşık 1,5 katı daha fazla kesme hızında işlenmesine gerek duyulacaktır. Bazı malzemelerin işlenebilirlik değerleri Tablo 1.2’ de gösterilmiştir. Bir takım malzemesi cinsi için, diğer takım malzemesinin ömrü ile ilişki kurmak mümkün olup, aşağıdaki denklemden faydalanılabilir:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Burada;

R_1 : 1. malzemenin işlenebilirlik değeri

R_2 : 2. malzemenin işlenebilirlik değeri

V_1 : 1. malzemenin kesme hızı

V_2 : 2. malzemenin kesme hızı

T_1 : 1. malzemenin takım ömrü

T_2 : 2. malzemenin takım ömrünü

göstermektedir [Şahin, 2001].

Tablo 1. 2. Malzemelerin işlenebilirlik değerleri [Şahin, 2001]

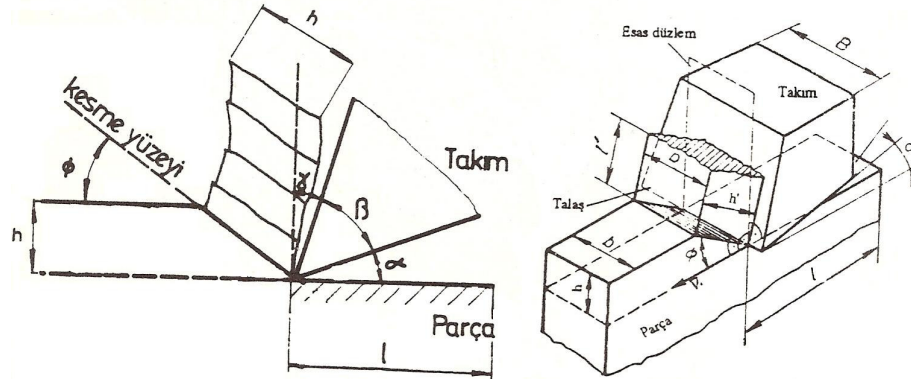
Malzeme Cinsi	Oranı	Malzeme Cinsi	Oranı	Malzeme Cinsi	Oranı
B1112	100	Dövülmüş dökme demir	120	A6145	50
Ç1010	55	Yumuşak dökme demir	80	A8620	60
Ç1020	65	Orta dökme demir	65	A8650	50
Ç1030	70	Sert dökme demir	50	A9140	60
Ç1040	60	Paslanmaz çelik (%12 Cr)	70	A9260	45
Ç1045	60	Ostenitik paslanmaz çelik	25	Al-11S	500-200
Ç1070	45	Dökme çelik (%0,35 C)	70	Al-17S	300-1500
Ç1080	45	Mn' li yağ çeliği	30	Pirinç	200
Ç1090	45	Takım çelikleri		Bronz	200-500
A3120	60	Düşük W, Cr, C içerikli takım çelikleri	30	Çinko	200
A3140	55			Bakır döküm	70
A4130	65	Yüksek C ve Cr' lu takım çelikleri	25	Nikel	20
A4340	45			Inconel 718	45
A5160	60	Yüksek hız çelikleri	30	Otomat çeliği	50

1. 7. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler

1. 7. 1. Takım Geometrisi

Talaş kaldırma olayının en önemli elemanı takımdır. Görünürde birbirlerinden çok farklı olmalarına rağmen, tüm takımlar kesici ve tutturma olmak üzere iki kısımdan oluşurlar. Keskin uç, ağız veya diş olarak adlandırılan, takımların kesici kısmı tüm takımlar için geçerli olmak üzere Şekil 1.4' te gösterildiği gibi ortogonal bir tarzda temsil edilebilir.

Takım, parça üzerinden kesme yönü denilen belirli bir doğrultuda talaş kaldırır. Talaşın parça üzerinden ayrıldığı yüzeye kesme yüzeyi denir. Kesme yüzeyi, kesme yönü ile kesme açısı (Φ) adı verilen bir açı meydana getirir. Şekil 1.5' te kesme yüzeyi boyunca parçadan ayrılacak olan talaşın boyutları; genişliği (b) ve kalınlığı (h) ile ifade edilmektedir [Akkurt, 1996].



Şekil 1. 5. Talaş geometrisi [Akkurt, 1996]

1. 7. 3. Kesme Hızı

Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönü doğrultusunda kesme hızı denilen bir hızla ilerler. Birim bakımından m/dak olarak ifade edilir. Yani kesme hızı, kesme ucunun dakikada gitmesi gereken mesafedir. Talaş kaldırma işleminde önemli rol oynayan kesme hızı, kesme zamanını ve dolayısıyla işlemin maliyetini belirler [Akkurt, 1996].

Talaş kaldırma sırasında uygulanması gereken kesme hızı; işlenecek malzeme, kesici takım malzemesi, talaş derinliği, ilerleme miktarı, soğutma sıvısı, tezgah rijitliği ve tipi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. İdeal kesme şartlarının belirlenmesinde düşünülmesi gereken en önemli faktör, uygun kesme hızı seçiminin yapılmasıdır. Kesme hızı düşük seçilirse, az parça üretilir ve takım ucunda talaş sıvanması meydana gelebilir. Bu durum takım değişikliğini gerekli kılar. Ancak kesme hızı yüksekse, takım hızla bozulacak ve sıkça takım değişikliği gerekecektir. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma işlemi için optimum kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir [Şahin, 2000].

1. 7. 4. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü

Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma, kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı, talaş kaldırma kuvveti adını taşıyan bir kuvvet uygulanır. Kesme düzlemindeki kuvvetler; kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra takımı parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir. Dolayısıyla takımı, parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvetin uygulanması gerekir, bu da takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilir.

Kesme kuvveti; malzemenin kesme kopma mukavemetine, talaşın boyutlarına, talaş açısı, kesme açısı ve sürtünme açısına bağlıdır. Kesme açısı optimum olduğu durumda, belirli bir malzeme ve talaş boyutları için en düşük kesme kuvveti ve dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücü elde edilir. Kesme kuvveti ve kesme hızı, tezgah motorunun verdiği enerji ile sağlanır [Akkurt, 1996].

1. 7. 5. Takım Ömrü

Talaş kaldırma sırasında gerek takım ile talaş, gerekse takım ile işlenen yüzey arasında meydana gelen sürtünmeler, ısı oluşumuna ve takım aşınmasına sebep olurlar. Bu iki olay, talaş kaldırmada önemli bir faktör olan takım ömrünü tayin eder [Akkurt, 1996].

Takım ömrü, esas olarak aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmaya etki eden faktörler, takım ömrünü de etkilemektedir. Bunlardan en önemli faktör kesme hızıdır. Takım ömrü, hem takım aşınması hem de işleme maliyetini belirlemede etkili olmaktadır [Şahin, 2000].

1. 7. 6. Talaş Derinliği, İlerleme Miktarı ve Kesme Hızı

Talaş kaldırma miktarı, bitirilmemiş iş parçasından kaldırılan malzeme miktarı olup, mm^3/dak veya cm^3/dak cinsinden ölçülür. Kesme hızı veya talaş derinliği %25

arttırılırsa talaş kaldırma miktarı da %25 artar, fakat kesici takımın ömrü azalır. Ancak, her bir değişkendeki bir değişiklik, kesici takım ömrüne farklı olarak etki edecektir.

Talaş derinliğindeki değişimler, takım ömrü üzerinde en az etkiye sahiptir. İlerleme miktarındaki değişimlerin takım ömrü üzerinde, talaş derinliğindeki değişikliklerden daha büyük etkisi vardır. Kesme hızındaki değişiklikler ise takım ömrü üzerinde, hem talaş derinliği hem de ilerleme miktarından daha büyük etkiye sahiptir [Şahin, 2000].

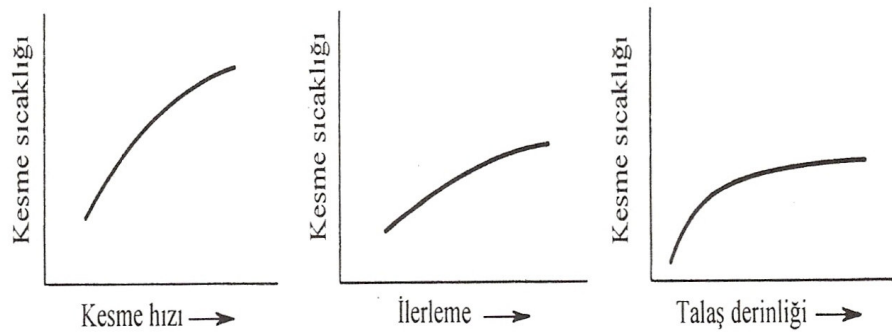
1. 7. 7. Soğutma Sıvısı

Takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısı üç yolla, yani ya iş parçası ya takım veya talaşla dışarı çıkmalıdır. İş parçası fazla ısı alırsa, genleşeceğinden dolayı konik bir yüzey elde edilebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa, aniden bozulabilir veya takım ömrünü azaltabilir. İdeal olan, çoğu ısının talaş tarafından dışarı taşınmasıdır. Eğer çok az ilerleme ve talaş derinliğinde malzeme kesiliyorsa, oldukça küçük talaş oluşacağından, ısı bu oluşan küçük talaş parçası tarafından emilemez. Bu durumda depolanamayan ısı, takıma ve iş parçasına nüfuz etmeye zorlanır. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise, talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması daha kolay gerçekleşir. Uygun soğutma sıvısı kullanıldığında, takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısının en az %50' si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir [Şahin, 2000].

1. 8. Takım Aşınması

Aşınma, sürtünen yüzeylerden malzeme kaybı olarak tanımlanır. Aşınma miktarı; malzemenin türüne, sürtünen yüzeylerin biçimine, sürtünme koşullarına ve çevrenin kimyasal etkilerine bağlıdır. Büyük ekonomik kayıplara sebep olduğundan üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Aşınmayı tamamen önlemek olanaksızdır. Ancak bu olayı yakından tanımanın ve etkiyen etkenleri iyi bir şekilde saptamanın, aşınmayı en düşük düzeyde tutma yönünden çok yararlı olacağı bir gerçektir [Onaran, 1999].

Takım aşınması, takımdan koparılan küçük parçacıkların kaybı olduğundan, işlenen yüzey üzerine de doğrudan kötü etkiye sahiptir. Çünkü parçanın kopmasıyla takım körlenmiş olacak ve serbest açısı 0° a yaklaşacağından daha çok uç bölgesi sürtünme yapacak ve kesme işlemi esnasında bu daha da büyüyecektir. Şekil 1.6' da talaş kaldırma parametrelerinin, takım sıcaklığı üzerine, dolayısı ile takım aşınması üzerine etkisi gösterilmiştir. Takım aşınması üzerine en büyük etkiyi, kesme hızının yaptığı, bunu ilerleme miktarı izlerken, en az etkiye ise talaş derinliğinin sahip olduğu görülmektedir [Şahin, 2001].



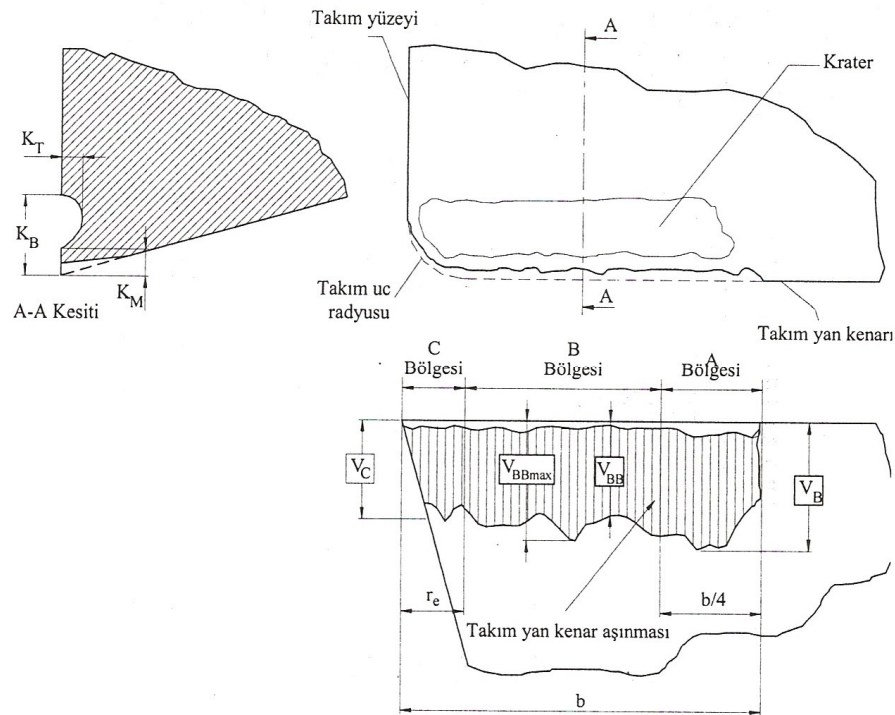
Şekil 1. 6 Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi [Şahin, 2001]

Takım genelde, serbest yüzeyde aşınma bölgesinin belirli bir boyuta ulaşması, talaş yüzeyinde krater veya başka aşınma çeşitlerinin meydana gelmesi, kesme ağzından küçük parçacıkların kopması ve yüzey kalitesinin bozulması gibi durumlar meydana geldiğinde aşınmış sayılır. Bu olayların biri veya birkaçı görüldüğünde takım, eski özelliklerini kazanması için bilenir veya değiştirilir. Pratik açıdan önemli olan, bilemenin veya değiştirmenin aşınmanın hangi aşamasında yapılacağının bilinmesidir [Akkurt, 1996].

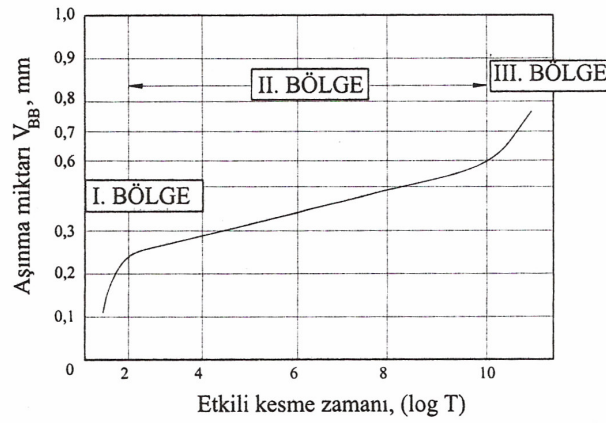
1. 9. Aşınma Mekanizmaları

1. 9. 1. Yan Kenar Aşınması

Yan kenar aşınması, takımın yan kenar yüzeyinin temas alanı ve yeni işlenmiş iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünmeden dolayı oluşur. Aşınma bölgesinin alanı, aşınma miktarının bir ölçümü olarak alınır ve optik mikroskop ile belirlenir. Bu kriter belli bir değere ulaştıktan sonra, takım değiştirilmez veya bilenmezse, takım aşırı bozulabilir. İş parçasına karşı titreşim meydana getirerek, aşırı sürtünmeye ve kötü yüzey kalitesine yol açar. Bu durumda, yüksek ısı ortaya çıkacak ve takım deformasyona uğrayarak, yan kenar aşınması artacaktır. Şekil 1.7' de yan kenar ve krater aşınmasının gösterilişi görülmektedir. Bir kesici takımda zamana bağlı olarak, yan kenar aşınma miktarının değişimi Şekil 1.8' de, Şekil 1.9' da V_1 ' den V_4 ' e kadar dört farklı kesme hızı için, takım aşınma eğrilerinin ortalama değerleri gösterilmiştir.

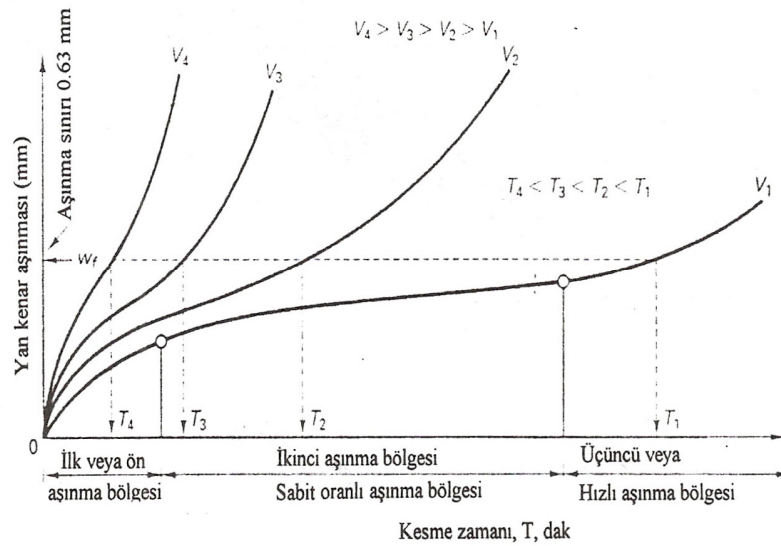


Şekil 1. 7. Yan kenar ve krater aşınmasının gösterilişi [Şahin, 2001]



Şekil 1. 8. Yan kenar aşınma miktarının zamanla değişimi [Şahin, 2001]

Şekil 1.8' den de görülebileceği gibi, aşınma üç bölgeden oluşmaktadır. I. bölgede, hızlı aşınma gerçekleşir fakat sadece takımın sivri tepeleri kırılır, dolayısıyla takım gerçekten fazla aşınmadığından alışma bölgesidir. II. bölgede lineer aşınma alanı oluşurken, III. bölgede hızlı aşınma meydana gelir ve takımın bu bölgede değişmesi gerekir.

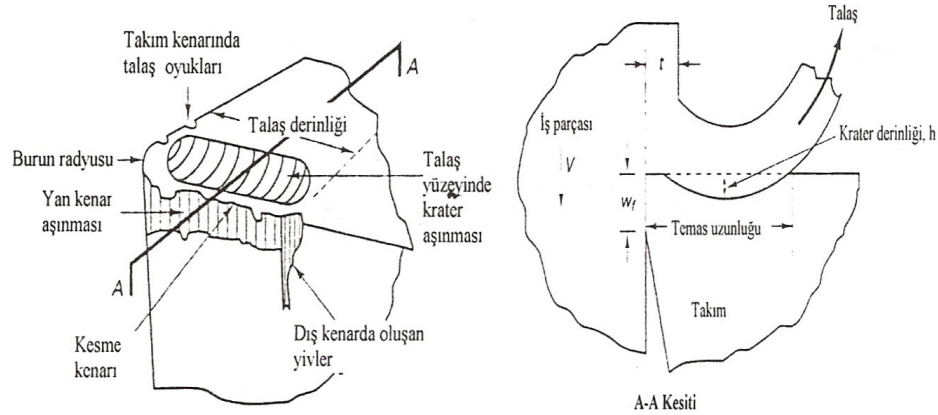


Şekil 1. 9. Farklı kesme hızlarında yan kenar aşınması için tipik takım aşınması eğrileri [Şahin, 2001]

Şekil 1.9' da V_4 , en fazla kesme hızı olup, bu nedenle en yüksek ara yüzey sıcaklığı dolayısı ile de en çok aşınma miktarını oluşturur [Şahin, 2001].

1. 9. 2. Talaş Yüzeyi Aşınması

Talaş yüzeyi aşınması, takım-talaş temas alanında baskıyla veya talaş altında aşırı kazımayla ortaya çıkar. Genellikle talaş yüzeyi aşınması, krater derinliği veya krater oranı olarak ölçülmekte olup, krater gerçek kesici ucun bir miktar gerisinde oluşmaktadır. Kesme işlemi anında sıcaklık, gerçek kesici uçta daha az, fakat kraterin olduğu bölgede daha yüksektir. Talaş yüzeyi aşınması; üst talaş açısı, talaş derinliği, yaklaşma açısı ve boşluk açısı tarafından da etkilenir. Bir kesici takımın burun radyüsü ve dış çap olukları boyunca yan kenar ve krater aşınması Şekil 1.10' da gösterilmiştir [Şahin, 2001].



Şekil 1. 10. Bir kesici takımın yan kenar ve krater aşınması [Şahin, 2001]

1. 9. 3. Boşluk Yüzeyi Aşınması

Boşluk yüzeyi aşınması için esas neden oksitlenme olup, talaşla doğrudan temasta olmayan takımın bir kısmında meydana gelir. Kesme işlemi sırasında boşluk yüzeyi üzerinde bir oksit tabakası oluşur ki, bu kademeli olarak kratere doğru yayılır. Kesme devam ederken, krater derinleşir, oksit tabakası oluşur ve sonunda kopar. Bu kopma, takımın kesme yapmayan kısmı üzerinde gerçekleştiğinden, takım performansını etkilemez. Ancak bu, kazımadan sonra takımın burun kırılmasına

dolayısıyla takım bozulmasına yol açabilir. Oksijen olmayan ortamda kesme yapılarak, oksitlenmeye dayanıklı takım malzemesi kullanılarak kontrol altına alınabilir [Şahin, 2001].

1. 9. 4. Çentik Aşınması

Çentik aşınması, kimyasal reaksiyonla ve iş parçası ile takım arasında fiziksel temas alanının dışında, yani talaş derinliğinin bitimine yakın yerde oluşur. Çentik aşınması, hem talaş hem de yan kenar yüzeyini aynı zamanda etkiler ve bazen şiddetli aşınmaya neden olur [Şahin, 2001].

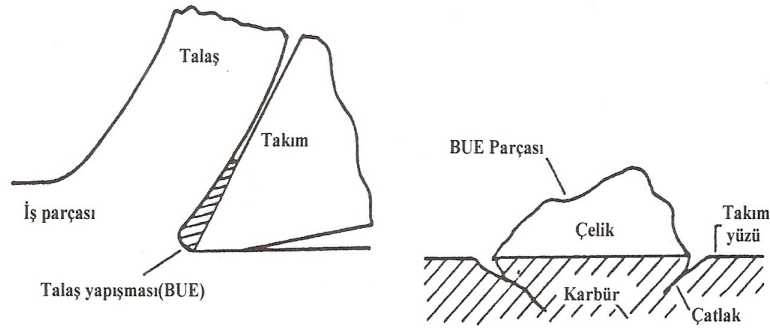
1. 9. 5. Mekanik Hasar veya Kırılma

Bir takım malzemesinde temel gereksinimlerden biri de sert olmasıdır. Fakat takım malzemelerinde yüksek sertlik, çoğu takım malzemelerini gevrek yapar ve kullanıldığında kırılmaya maruz kalır. Takım uç dayanımını arttıran diğer önemli bir parametre ise burun yarıçapıdır. Bu sayede takımdaki titreşimler yok edilir. Büyük burun yarıçaplı takım ile daha uzun takım ömrü ve daha iyi yüzey kalitesi sağlanır. Takımdaki kırılmalar; dikkatsiz çalışma, kötü ayarlama ve dengesiz bağlamadan da kaynaklanabilir [Şahin, 2001].

1. 9. 6. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE)

Ağız birikimi oluşumunda, kararsız sıvanmayla sıkışarak sertleşen parçacıklar kırılarak talaş altına yapışır ve yeni bir yüzey oluşturur. Takım yüzeyine sürtünerek, takım aşınması miktarını artırır. Talaş kaldırma sırasında takım ucundaki yapışma, takım aşınmasını farklı şekilde etkiler, bazen takım ömrünü azaltırken bazen de artırır. Dökme demir gibi çok sert malzemeler kesildiği zaman kararlı oluşan talaş yapışması faydalı olabilir. Sabit bir talaş yapışması, takım yüzeyini aşınmadan korur ve kesme işlemini kendisi yapar. Karbür uçlu takımlarla kesme yapıldığında talaş yapışması, ani takım bozulmasına etki eder. Talaş yapışmasının diğer bir dezavantajı da kesme sonunda takımın soğuması sırasında, çatlaklar oluşturarak takım ömrünü azaltabilmesidir. Şekil 1.11’ de takım ömrünü farklı şekillerde etkileyen talaş

yapışmaları gösterilmektedir. Ağız birikimi oluşumu; yeterli boşluk açısı, küçük tane boyutlu takım malzemelerinin kullanılması, kesme hızının arttırılmasıyla önlenmektedir [Şahin, 2001].



Şekil 1. 11. (a) Takım yüzeyini koruyan talaş yapışması, (b) soğuma sırasında oluşan çatlaklar [Şahin, 2001]

1. 9. 7. Plastik Deformasyon

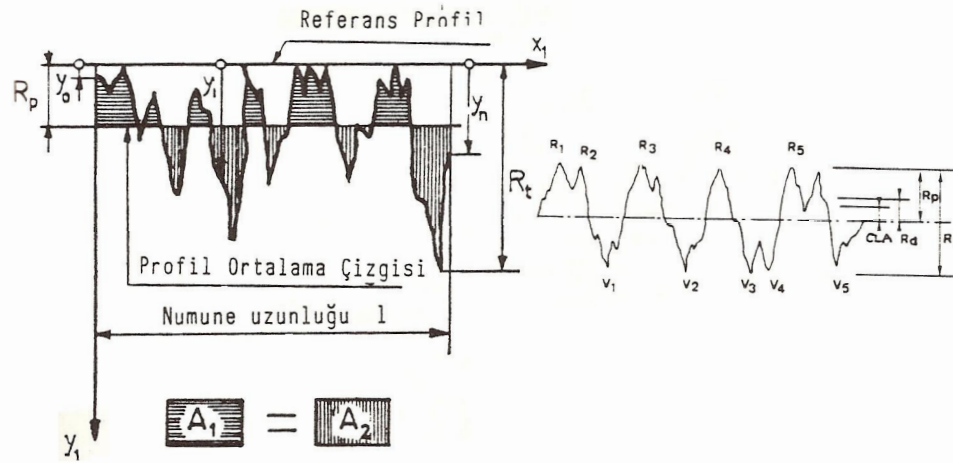
Çelikler, süper alaşımlar ve işlenebilirliği düşük diğer malzemeler işlendiği zaman, takım, basma gerilimi altında plastik deformasyona maruz kalır veya kırılabilir. Takım ucundaki deformasyon, takım kuvvetini ve lokal sıcaklığı artırır. Bu deformasyon, her zaman takım kenarı boyunca aynı şekilde olmaz ve sık sık keskin burunlu veya küçük burun radyüslü takım ucundan başlar.

Takımdaki deformasyonu kontrol eden diğer önemli faktör ise, iş parçası malzemesinin sertliğidir. Takım ucunda oluşan deformasyon, kesme hızı ve ilerlemeyle kontrol altında tutulabilir [Şahin, 2001].

1. 10. Yüzey Kalitesi

Talaş kaldırma ile işlenen yüzeylerde, dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir. Yüzey kalitesini gerçekte yüzey pürüzlülüğü belirler.

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi, belirli kriterlerle yapılır. Bu kriterlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak, genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Şekil 1.12’ de yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi gösterilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (R_p) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (R_a) gibi kriterlere göre değerlendirilir. Yüzey pürüzlülüğünün birimi μm olarak ifade edilir [Akkurt, 1996].



Şekil 1.12. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi [Akkurt, 1996]

Tornalamada iş parçasının yüzey kalitesi, kesici ucun köşe radyüsü değerinden etkilenir. Yüzey kalitesi, ilerleme ile köşe radyüsünün bir fonksiyonudur. Frezelemede kesici uç başına ilerleme, yüzey pürüzlülüğünü belirleyen önemli bir faktördür [Çakır, 2000].

Genel olarak, yüzey kalitesine etki eden faktörler; takım tezgahının yeterli rijitlikte olmaması, tezgahın kinematik mekanizması, yataklama sisteminden kaynaklanan tezgah hataları, takım tutucu ve katerin rijit olmamasından kaynaklanan imalat hataları, takım konumlama ve bağlama hataları, takım aşınmasından kaynaklanan hatalar ve çevrenin etkisi ile oluşabilen hatalar olarak sıralanabilir [Şahin, 2001].

1. 11. Taguchi Yöntemi

Deneysel tasarım yöntemi, sistemi etkileyen faktörlerin en iyi derecelerini bulmak için denemeler yapmayı ön gören bir yöntemdir [Kurt ve Önbilgin]. Dr. Genechi Taguchi kendi adıyla anılan deney tasarımı tekniği ile deney sayısını oldukça azaltan bir teknik geliştirmiştir. Taguchi yöntemi sayesinde belli güven aralığında optimum sonuca ulaşmak için gerekli deney sayısı oldukça azalır [Savaşkan ve ark., 2004]. Taguchi tekniği; kaliteyi arttıran, maliyeti düşüren, araştırma-geliştirme faaliyetlerini hızlandırmaya yarayan bir tekniktir [Öktem ve ark., 2005]. Taguchi yöntemi sayesinde sistemi etkileyen parametrelerin etkisi verimli bir şekilde elde edilir [Erzurumlu ve Özçelik, 2005].

Taguchi, deney tasarımında elde edilen deney sonuçlarını sinyal gürültü (S/N) oranlarına döndürerek değerlendirir. Deney sonuçlarını S/N oranına çevirirken hedefimize göre;

- Büyük değer iyi,
- Küçük değer iyi,
- Nominal değer iyi

şeklinde hesaplanır. Hangi hedefi kullanırsak kullanalım sonuçta elde edilen en büyük S/N oranı bizim için en iyi sonuçtur. Bunun yanı sıra yapılan ANOVA analizi ile hangi faktörün deney sonucunu % kaç etkilediği belirlenir. Ayrıca ANOVA analizi ile sonuçların güven seviyesi belirlenir.

Deney tasarımı yapılırken sistemi etkileyen faktörler dikkatli seçilmelidir. Bundan dolayı deney parametrelerinin seçiminde planlama yapılmalıdır. Taguchi deney tasarımında izlenecek yol, aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- Faktörlerin seçimi aralarındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi,
- Faktörlerin seviyelerinin belirlenmesi,
- Doğru dengeli tasarımın seçimi,

- Deneyleerin önceden planlandığı gibi gerçekleştirilmesi,
- Sonuçların analizi,
- Onama deneyleerinin yapılması.

Bu adımların gerçekleştirilmesi ile, ölçölen değer için optimum sonucu veren parametre değerleri bulunur [Savaşkan ve ark., 2004].

1. 12. AISI 4140 eliğinin Genel Özellikleri

1. 12. 1. Kullanım Yerleri

AISI 4140 eliği; otomobil ve uçak yapımında, krank mili, aks mili ve kovanı, yivli mil vb. sünekliği yüksek parçaların yapımında, ayrıca dişli ark vb. parçalar, yaylar, türbin motorları, turbo jeneratörlerin fren, halka ve kolları, gemi zincir ve demirleri yapımında, demir yol tekerlekleri ve millerinde, starter dişlileri gibi birçok yerde kullanılmaktadır [şenocak, 2002].

1. 12. 2. Diğer Standartlarda Karşılıkları

Tablo 1. 3. AISI 4140 eliğinin farklı standartlarda karşılıkları [şenocak, 2002]

Fransa	:	AFNOR	:	40 CD 4 / 42 CD 4
Almanya	:	DIN	:	42 CrMo 4
	:	W.-Nr	:	1.7225
İtalya	:	UNI	:	38 CrMo 4KB / 40 CrMo 4 / G 40 CrMo 4
Japonya	:	JIS	:	SCM 4 / SCM 4 H / SNCM 440
İsveç	:	SS	:	2244
İngiltere	:	B.S.	:	708 A 42 / 708 M 40 / 709 M 40
USA	:	AMS	:	6378 / 6379 / 6381 B / 6382 / 6382 G / 6390 / 6395
	:	ASTM	:	A 322 / A 331 / A 505 / A 519 / A 547 / A 646
	:	SAE	:	J404 / J412 / J770
	:	UNS	:	G41400
Uluslararası	:	ISO	:	683/II Type 3
Rusya	:	GOST	:	38Ch M

1. 12. 3. Kimyasal Bileşimi

Tablo 1. 4. AISI 4140 çeliğinin kimyasal bileşimi [Wegst, 1998]

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Ağırlık %	0,38-0,43	0,15-0,35	0,75-1,00	0,030 (max)	0,040 (max)	0,80-1,10	0,15-0,25	0,25 (max)

1. 12. 4. Mekanik Özellikleri

Tablo 1. 5. AISI 4140 çeliğinin mekanik özellikleri [Şenocak, 2002]

Özellikler	Değerler	Koşullar		
		T (°C)	Temper sıcaklığı	İşlem
Elastik Modülü, GPa	190–210			
Darbe Mukavemeti, İzod (J)	54.5	25	815 °C' de tavlanmış	
Max. Çekme Mukavemeti, MPa	655	25	815 °C' de tavlanmış	
	1020,4		870 °C' de normalize edilmiş	
	1772		205	Yağda sertleştirme, ince taneli, temperlenmiş
	1551		315	
	1248		425	
	951		540	
	758		650	
	Akma Mukavemeti, Mpa		417,1	
655		870 °C' de normalize edilmiş		
1641		205	Yağda sertleştirme, ince taneli, temperlenmiş	
1434		315		
1138		425		
834		540		
655		650		
Uzama %		25,7		25
	17,7	870 °C' de normalize edilmiş		
	8	205	Yağda sertleştirme, ince taneli, temperlenmiş	
	9	315		
	13	425		
	18	540		
	22	650		
	Kesit Daralması %	56,9		
46,8		870 °C' de normalize edilmiş		
38		205	Yağda sertleştirme, ince taneli, temperlenmiş	
43		315		
49		425		
58		540		
63		650		

BÖLÜM 2

2. 1. Giriş

Teknolojik gelişmelerdeki yeniliklere paralel olarak yüksek kesme hızlarına ve yüksek aşınma dirençlerine sahip kesici takımların üretilmesi, işlenebilirliği zor olan malzemelerin, talaşlı imalat sektöründe daha fazla kullanılmaya başlanması, talaş kaldırma işleminde kesme parametrelerinin araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

İmalatta çok fazla kullanılan, genel olarak kalıplar, dişliler, makine aksamaları gibi mukavemet gereken elemanların imalatında kullanıldığından ısıtılma işlemi tabii tutulan AISI 4140 çeliğinin farklı sertlik oranlarında, belirli kesme parametreleriyle işlenebilirliklerinin deneysel olarak araştırılması bu çalışmanın amacıdır. Çalışma ile ilgili olarak, ilk önce literatür çalışması yapılmıştır.

AISI 4140 çeliğinin farklı sertlik oranlarında işlenebilirliklerinin araştırılması için temin edilen malzemeye spektro-analiz yapılmış ve numuneler istenilen boyutlarda hazırlanmıştır. Daha sonra numunelere ısıtılma işlemi uygulanmış ve sertlik kontrolleri yapılmıştır. Deneylere başlamadan önce Taguchi yöntemine göre kesme parametreleri seti hazırlanmış ve hazırlanan sete uygun olarak frezeleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. İşlemler sonucunda, yüzey pürüzlülük değerleri ve takım aşınması verileri elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Varyans analizi (ANOVA) uygulanarak kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğünü % kaç etkilediği tespit edilmiştir.

2. 2. Literatür Çalışması

Ç1020, Ç1040 ve Ç4140 çeliklerinden normalizasyon uygulanmış ve uygulanmamış iki test grubu oluşturarak oda sıcaklığında yavaş ısıtma hızında, sıcak fırında orta ısıtma hızında ve tuz banyolarında hızlı ısıtma hızında, 900 °C ve 750 °C sıcaklıklarda uygulanan ısıtma işlemlerinde ulaşılan sertlik ve mukavemet değerlerini inceleyen Uzkut ve Özdemir, bu çalışma sonucunda ısıtma hızı arttıkça sertliğin arttığını söylemişlerdir. Normalizasyon uygulanmış ve hızlı ısıtma hızlarında işlem görmüş Ç4140 numunesinde ve normalizasyon uygulanmamış Ç1020 ve Ç1040 numunelerinde sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Uzkut ve Özdemir [2001], normalizasyon uygulanmamış Ç4140 numunesinde ölçülen akma gerilmesinde en büyük artış görüldüğünü, çekme gerilmesinde ise en yüksek değere normalizasyon uygulanmış numunede ulaşıldığını ve Ç4140 çeliğinin artan ısıtma hızlarında mukavemeti en çok artan malzeme olduğunu da belirtmişlerdir [Uzkut ve Özdemir, 2001].

Aslan ve arkadaşları, 63 HRC' ye sertleştirilmiş 4140 çeliğinde 100 m/dak, 175 m/dak ve 250 m/dak kesme hızı, 0.05 mm/dev, 0.1 mm/dev ve 0.2 mm/dev ilerleme, 0.25 mm, 0.5 mm ve 1 mm talaş derinliği gibi farklı kesme değerleri ile bir CNC torna tezgahında, kuru şartlarda kaplamasız $Al_2O_3 + TiCN$ seramik uç kullanarak oluşturulan testler sonucu ölçülen takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini analiz etmişlerdir. Takım aşınmasındaki toplam değişimin önemli tek faktörünün kesme hızı, daha sonra talaş derinliği ve ilerleme olduğunu, takım aşınmasını minimuma indirmek için kesme hızının en yüksek değeri 250 m/dak ve talaş derinliğinin düşük seviyesi 0.25 veya 0.50 mm değerlerinin tercih edilebileceğini belirtmişlerdir. Bununla beraber, yüzey pürüzlülüğünde ana faktörlerden hiçbirinin önemli bir etkiye sahip olmadığını ve yüzey pürüzlülüğü için kesme hızı-ilerleme, ilerleme-talaş derinliği etkileşimlerinin önemli olduğunu belirtmişlerdir [Aslan ve ark., 2007].

Çalışmalarında üç boyutlu ve eğik tornalama operasyonu için dinamik kesme kuvvetinin bir modelini sunan Rao ve Shin, son yüzey ve kaba işlemede dinamik kesme proses modelinin gıcırdama tahminlerini doğrulamak için AISI 4140

malzemelerde farklı talaş miktarlarına sahip üç durum için deneysel testler uygulamışlardır. 15° kaplamasız karbür uç, 1250 dev/dak hız ve 0.0965 mm/dev besleme kullanılarak yapılan deneyler sonucu; son yüzey işlemede ki gıcırdamanın kaba işlemede ki kadar şiddetli olmadığını ve bu olgunun kanıtı olarak kararsızdan kararlı kesmeye geçişte yüzey pürüzlülüğünün $2.62 \mu\text{m}$ ' den, $1.85 \mu\text{m}$ ' ye düştüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca artan kesme derinliği ile gıcırdamanın şiddetinde yavaş yavaş bir azalma görüldüğünü belirtmişlerdir [Rao and Shin, 1999].

Yükselen kesme sıcaklıkları, çabuk takım arızasına sebep olduğundan Dhar ve arkadaşları, AISI 4140 çeliğinin tornalanmasında likit nitrojen jet ile soğutma uygulayarak, talaş/takım arayüz sıcaklığı, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünde çok soğuk soğutmanın etkilerini araştırmışlardır. 67-137 m/dak kesme hızı, 0.12 mm/dev, 0.16 mm/dev, 0.20 mm/dev ve 0.24 mm/dev besleme oranı, 1.5 mm ve 2.0 mm kesme derinliği parametrelerini kullanarak yaptıkları deneyler sonucu; nitrojen ile soğutmanın kesme bölgesi sıcaklığı ve talaş-takım etkileşiminde tatmin edici bir azaltma sağladığını, önemli miktarda yan yüz aşınmasını azalttığını ve dolayısıyla takım ömrünü geliştirdiğini ve yüzey pürüzlülüğünün AISI 4140 çeliğinin tornalanmasında önemli bir şekilde geliştiğini belirtmişlerdir [Dhar et al, 2002].

Kuru ve yaş işleme şartları altında, TiAlN kaplanmış karbür uçların mikroyapı aşınma davranışlarını inceleyen Khrais ve Lin, SAE 4140 çelik üzerinde 210 m/dak' dan 410 m/dak' ya değişen yüksek kesme hızları ve 1 mm kesme derinliği, 0.14 mm/dev besleme oranı ile tornalama deneyleri yapmışlardır. Deneysel sonuçlar doğrultusunda, kesme hızında yapılan artış, uçta erken bir arızaya neden olduğundan üst limit hızının 410 m/dak olduğunu, mikro-abrazyon ve mikro-yorulma davranışlarının kuru kesme şartları altında, yüksek kesme hızlarında dominant aşınmalar olduğunu, mikro-termal aşınma mekanizmasının yaş kesme şartları altında dominant olduğunu, kuru kesme şartlarının yüksek kesme hızlarında TiAlN kaplama uçları için yaş kesmeden daha iyi olduğunu ve uçların en iyi performansının 260 m/dak' dan daha az her kesme hızı ile kuru kesme şartları altında görüldüğünü belirtmişlerdir [Khrais and Lin, 2007].

Gu ve arkadaşları, 27 HRC' ye ön ısıtılmış 4140 çeliğinin 60-360 m/dak kesme hızı, 0,125-0,315 mm/diş ilerleme ve 0,25 mm talaş derinliği parametreleri ile frezelenerek, kaplamasız C5 karbür uç ve TiN, TiAlN ve ZrN kaplamalı uçların takım ömrünü araştırmışlardır. Araştırmaları sonucu, TiN ve TiAlN kaplamalı uçların en iyi takım ömrüne sahip olduğunu, ZrN kaplamalı uçların hemen hemen kaplamasız C5 karbür uçlar ile aynı performansı gösterdiğini, en yüksek ısı direncini TiAlN kaplamalı uçların ürettiğini ve sırasıyla TiN kaplamalı ve ZrN kaplamalı uçların bunu izlediğini, ek olarak en iyi takım ömrünün orta kesme hızında elde edildiğini belirtmişlerdir [Gu et al, 1999].

2. 3. Deney Malzemeleri

Deneyisel çalışmalarda kullanılan Ø60 mm ölçülerindeki AISI 4140 çeliğinin spektrometre analiz sonuçları Tablo 2.1’ de verilmektedir.

Tablo 2. 1. Spektrometre analiz sonuçları

Element	%	Element	%	Element	%
Fe	97,1	Ni	0,107	Pb	0,0088
C	0,430	Al	0,037	Sn	0,0148
Si	0,285	Co	0,0119	B	0,0010
Mn	0,727	Cu	0,166	Ca	0,0009
P	0,013	Nb	<0,0020	Zr	0,0023
S	0,009	Ti	0,0031	As	0,0087
Cr	0,866	V	0,0040		
Mo	0,169	W	0,0164		

Ø60x42 mm ölçülerinde 27 adet numune hazırlanmıştır. Numunelerin 9 adedi 35 HRC, 9 adedi 40 HRC ve 9 adedi 45 HRC sertliklerine ıslah edilmiş ve sertlikler tek tek kontrol edilmiştir. Kontrollerde ± 2 HRC toleransa izin verilmiştir. Üç sertlik grubu için, HRC ölçümüne göre yapılan sertlik kontrol sonuçları Tablo 2.2’ de verilmektedir.

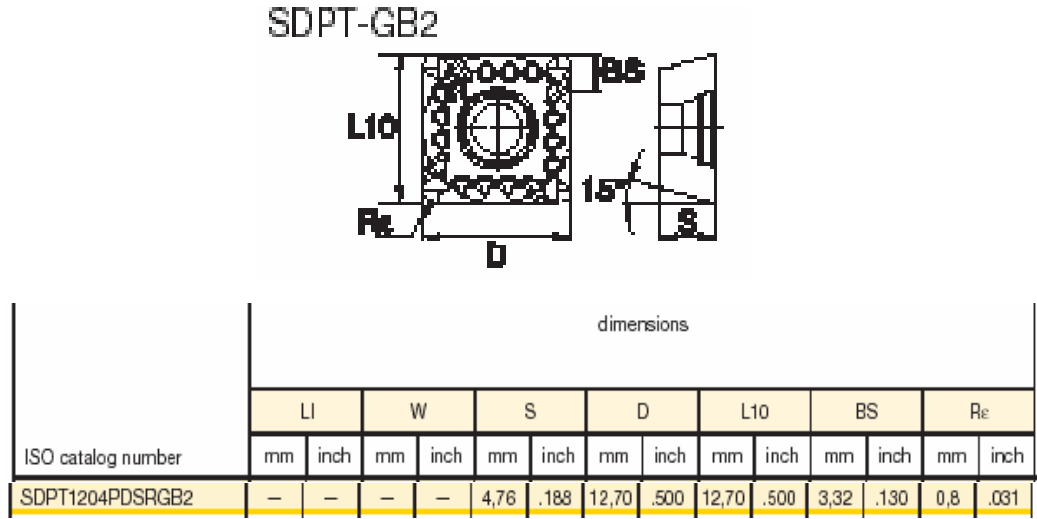
Tablo 2. 2. HRC ölçümüne göre sertlik kontrol sonuçları

Parça No	35 HRC	40 HRC	45 HRC
1	35,4	39,8	44,5
2	35,5	40,8	44,8
3	34,4	40,8	45,8
4	35,5	41,8	44,2
5	36,6	39,8	46,9
6	34,4	40,8	46,8
7	34,4	40,8	44,2
8	35,8	41,8	45,3
9	35,5	38,8	46,9

2. 4. Deneysel Cihaz, Makine ve Aparatlar

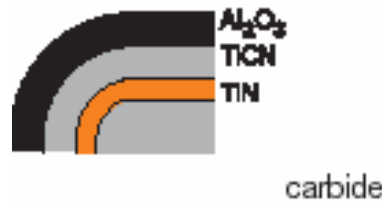
2. 4. 1. Kesici Uçlar ve Takım Tutucu

Deneylerde kullanılan kesici uçlar, CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış kesici uçlar olup Kennametal firması tarafından SDPT1204PDSRGB2 formunda imal edilmiştir. Şekil 2.1’ de kesici uçların geometrisi ve ölçüleri verilmiştir.



Şekil 2. 1. Kesici uç geometrisi ve ölçüleri

Kullanılan kesici uçların kalitesi, Kennametal tarafından KC 935M şeklinde kodlanmıştır. Şekil 2.2’ den de görüldüğü gibi KC 935M’de en üst kaplama Al_2O_3 ve onun altındakiler sırasıyla TiCN ve TiN’dir.



Şekil 2. 2. Kesici uç kaplama şeması

Kesici uçlar, Kennametal firmasına ait MT1620614Ø50 kodlu 3 sıralı 3 uçlu takım tutucuya her bir deneyde bir adet olarak bağlanmıştır.

2. 4. 2. Takım Tezgahı

Kesme deneyleri, MICROCUT Challenger VMC_1300 Vertical Machining Center 3 eksen CNC dik işleme merkezi ile kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan takım tezgahı Şekil 2.3’ te, takım tezgâhına ait teknik özellikler Tablo 2.3’ te verilmiştir.



Şekil 2. 3. Deneylerde kullanılan takım tezgahı

Tablo 2. 3. MICROCUT Challenger VMC_1300 Vertical Machining Center tezgahına ait teknik özellikler

Özellik		Birim	Açıklama
Tabla Tipi	Yüzey Tipi		T-Slot
	Yer ve Tabla Arası Mesafe	mm	880
Tabla Ölçüsü	VMC-1300	mm	1500x660
Max. Yükleme		Kg	1200
Strok	X Ekseni	mm	1300
	Y Ekseni	mm	710
	Z Ekseni	mm	710
Çapraz Hız	X Ekseni	m/dak	24
	Y Ekseni	m/dak	24
	Z Ekseni	m/dak	24
Kesme Besleme Oranı		m/dak	10
Pozisyonlama Doğruluğu		mm	0.005/300

Tablo 2. 3. MICROCUT Challenger VMC_1300 Vertical Machining Center
tezgahına ait teknik özellikler (Devam)

Tekrarlanabilirlik		mm	0.005
Geri Besleme Sistemi			Encoder
Tip	NC Sistem		Siemens/Fagor/Anilam Selca/Heidenhain
	Motor Tipi		Siemens/Fagor/Heidenhain
	Motor Gücü		11 / 15 kW (Fanuc)
	Mil Hızı	rpm	10000

2. 4. 3. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı

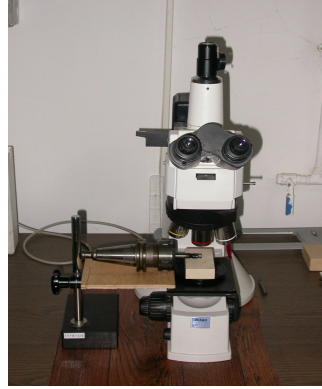
Deneyle sonucunda ortaya çıkan işlenmiş yüzeylerin ölçümü, Mitutoyo SJ 301 tipi portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile 0,8x5 mm aralığında gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazına ait teknik özellikler Tablo 2.4' te verilmiştir.

Tablo 2. 4. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazına ait teknik özellikler

Ölçme prensibi	Stylus metodu
İzleyici uç yarıçapı	5µm
Ölçme kuvveti	4 mN (0,4 gf)
Standart	ISO 1997
Filtre	Gauss
Tarama hızı	0,5 mm/s
Kesme uzunluğu (λ_c)	0,8 mm
Değerlendirme uzunluğu ($l_n = \lambda_c * 5$)	4 mm

2. 4. 4. Optik Mikroskop

Deneyle sonucunda, uçlarda meydana gelen aşınmaları belirlemek için max. 100x büyütme özelliğine sahip NIKON-Eclipse L150A tipi optik mikroskop kullanılmıştır. Ölçümler 5x büyütme özelliği kullanılarak fotoğraflandırılmıştır. Kullanılan optik mikroskop Şekil 2.4' te gösterilmiştir.



Şekil 2. 4. Takım aşınmasının tespitinde kullanılan optik mikroskop

2. 5. Deneylerin Yapılışı

Çalışmada üç adet parametre seçilmiştir. Seçilen parametreler 3 seviyede bütün deneylerin yapılması olarak düşünülürse her bir malzeme türü için $3^3=27$ tane deney yapılması gerekmektedir. Çalışmada deney sayısını azaltmak için Taguchi deneysel tasarım yöntemi kullanılmıştır.

Seçilen üç parametrenin değişik kombinasyonları ile Taguchi deneysel tasarım yöntemine göre dokuz farklı enjeksiyon deney seti (L_9) oluşturulmuş ve Tablo 2.5’ de verilmiştir.

Tablo 2. 5. Taguchi L_9 deney tasarımına göre her üç sertlikteki malzeme için kesme şartları

Kesme Parametreleri	1	2	3
Kesme Hızı (m/dak)	100	175	250
İlerleme (mm/dev)	0.05	0.10	0.20
Talaş Derinliği (mm)	0.3	0.6	0.9

Tablo 2. 5. Taguchi L₉ deney tasarımına göre her üç sertlikteki malzeme için kesme şartları (Devam)

Deney No	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Taguchi deney tasarımına göre kesme parametreleri seti oluşturulmuştur. Tablo 2.6, oluşturulan kesme parametreleri setini vermektedir.

Tablo 2. 6. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri seti

Deney No		Vc (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	S (dev/dak)	F (mm/dak)
1	111	100	0,05	0,3	637	31,85
2	122	100	0,1	0,6	637	63,7
3	133	100	0,2	0,9	637	127,4
4	212	175	0,05	0,6	1114	55,7
5	223	175	0,1	0,9	1114	111,4
6	231	175	0,2	0,3	1114	222,8
7	313	250	0,05	0,9	1592	79,6
8	321	250	0,1	0,3	1592	159,2
9	332	250	0,2	0,6	1592	318,4

Deneylere başlamadan önce numuneler; 35 HRC sertlik için 351, 352,...,359; 40 HRC sertlik için 401, 402,..., 409 ve 45 HRC sertlik için 451, 452,..., 459 olarak gruplandırılmıştır. Daha sonra deneyler, her bir deneyde bir adet kesici uç kullanılarak, kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Ek olarak, her bir sertlik değeri için 250 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği kullanılarak, yine kuru şartlarda ve bir adet kesici uç kullanılarak dört kez ardı ardına tekrarlanan 10. deney yapılmıştır. Tablo 2.7, 10. deneyin kesme parametrelerini vermektedir.

Tablo 2. 7. 10. deneyin kesme parametreleri

Deney No	V _c (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	S (dev/dak)	F (mm/dak)
10	250	0,2	0,3	1592	318,4

2. 6. Deney Sonuçları ve Yorumlar

2. 6. 1. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları

Deneyler sonunda, her parçada üç farklı yönde ölçümler yapılmış ve her parça için ortalama yüzey pürüzlülük değerleri alınmıştır. Tablo 2.8, Tablo 2.9 ve Tablo 2.10 sırasıyla 35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerindeki numunelerden alınmış yüzey pürüzlülük değerlerini vermektedir.

Tablo 2. 8. 35 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

Deney Kodu	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	Ortalama Ra (μ m)
351	0,89	1,25	0,97	1,03
352	2,18	1,13	1,68	1,66
353	0,17	0,25	0,47	0,29
354	0,22	0,14	0,18	0,18
355	0,50	0,38	0,48	0,45
356	0,17	0,20	0,24	0,20
357	0,18	0,27	0,17	0,20
358	0,21	0,16	0,19	0,18
359	0,46	0,54	0,46	0,49

Tablo 2.8’ den 354 ve 358 kodlu deneylerin en iyi yüzey pürüzlülük değerlerini verdiği görülmektedir. Talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülük değeri üzerine etkisinin ihmal edilebileceği düşünülürse; 354 kodlu deneyde en düşük ilerleme miktarı olan 0,05 mm/dev’ in uygulanması ile en uygun sonuca ulaşılmıştır. Bunun yanında, orta değer olan 175 m/dak kesme hızı uygulanmıştır. Diğer düşük yüzey pürüzlülük değerinin görüldüğü 358 kodlu deneyi incelediğimizde; en yüksek kesme hızı değeri olan 250 m/dak hız ve orta değer olan 0,1 mm/dev ilerleme ile en iyi sonuca ulaşılmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülük sonuçlarının, en düşük kesme hızı olan 100 m/dak kesme hızında gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 2. 9. 40 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

Deney Kodu	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	Ortalama Ra (μm)
401	1,15	1,25	1,24	1,21
402	0,58	0,80	1,31	0,90
403	0,43	0,34	0,14	0,30
404	0,34	0,28	0,32	0,31
405	0,22	0,24	0,23	0,23
406	0,55	0,41	0,44	0,47
407	0,22	0,18	0,24	0,21
408	0,20	0,20	0,21	0,20
409	0,38	0,36	0,32	0,35

Tablo 2.9’ dan 408 kodlu deneyin en düşük yüzey pürüzlülük değerini verdiği görülmektedir. 250 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 408 kodlu deney, kesme hızının artmasıyla bitirme yüzeyinin iyileştiğini göstermektedir. 35 HRC sertlikte olduğu gibi burada da en yüksek yüzey pürüzlülük değerlerini, en düşük kesme hızı olan 100 m/dak hızın uygulandığı deneylerin verdiği görülmektedir.

Tablo 2. 10. 45 HRC sertliğe ait yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

Deney Kodu	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	Ortalama Ra (µm)
451	1,79	1,04	1,25	1,36
452	0,89	0,98	0,91	0,92
453	0,49	0,48	0,34	0,43
454	0,40	0,32	0,28	0,33
455	0,14	0,23	0,26	0,21
456	0,59	0,40	0,96	0,65
457	0,25	0,21	0,32	0,26
458	0,22	0,22	0,27	0,24
459	0,44	0,67	0,39	0,50

Tablo 2.10' u incelediğimizde en düşük yüzey pürüzlülük değerini, orta değer olan 175 m/dak kesme hızı uygulanan 455 kodlu deneyin verdiği görülmektedir. Fakat burada, yüzey pürüzlülüğü üzerine; takım tezgahı, tezgahın kinematik mekanizması, yataklama sistemi, takım tutucu ve kater, takım konumlama ve bağlama, takım aşınması ve çevrenin etkisi gibi diğer faktörlerin daha etkili olduğu düşünülebilir. 35 HRC ve 40 HRC sertliklerde en düşük yüzey pürüzlülük değerini veren 8 nolu deney, 45 HRC sertlik için de 455 kodlu deneyden sonra gelmektedir. Yine aynı şekilde, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri, 100 m/dak kesme hızı uygulanan deneylerde görülmektedir.

Tablo 2. 11. 10. deneylerin yüzey pürüzlülük ölçüm sonuçları

Deney Kodu	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	Ortalama Ra (µm)
3510	0,49	0,47	0,48	0,48
4010	0,36	0,32	0,42	0,37
4510	0,57	0,29	0,49	0,45

Tablo 2.11' de, 250 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği parametreleri dört kez ardı ardına tekrarlanan 10. deneylerin sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde görülen kararsızlıktan, deneylerde takım tezgahı, tezgahın kinematik mekanizması, yataklama sistemi, takım tutucu ve kater, takım konumlama ve bağlama, takım aşınması ve çevrenin etkisi gibi faktörlerin kesme parametrelerinden daha etkili olduğu anlaşılmaktadır.

2. 6. 2. S/N Oranı

“Taguchi Deney Tasarımı metodunda kalite karakteristiklerinin ölçülmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan ölçüt, ölçülmek istenen sinyalin (S), gürültü faktörüne (N) oranıdır. Sinyal değeri sistemin verdiği ve ölçülmek istenen gerçek değeri, gürültü faktörü ise ölçülen değer içerisindeki istenmeyen faktörlerin payını temsil eder” [Savaşkan ve ark., 2004]. Bu çalışmada hedef olarak en düşük değere ulaşmak seçilmiştir. Bu yaklaşıma göre S/N oranını hesaplamak için kullanılan formül aşağıda verilmektedir.

$$\eta = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

Formüldeki;

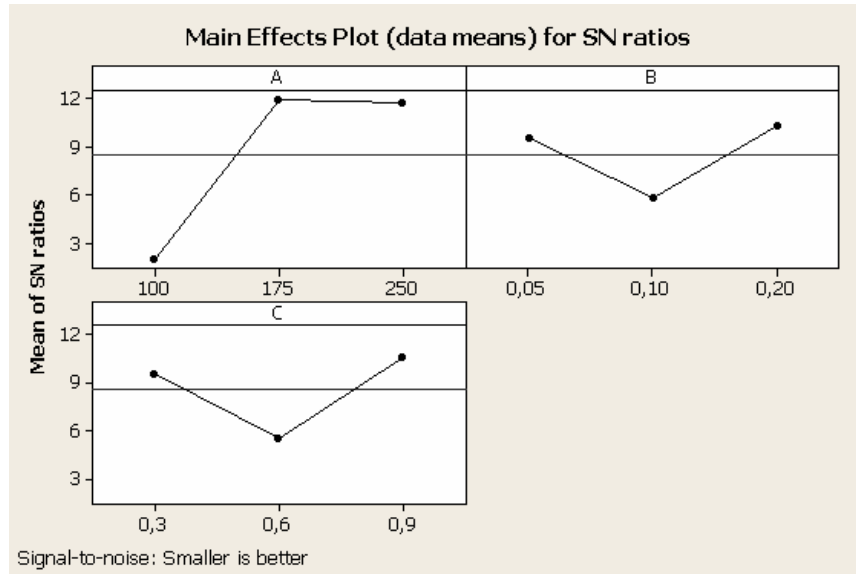
- y = ölçüm değerini,
- n = deney sayısını ifade etmektedir.

Tablo 2.12’ de her üç sertlikteki parçalar ile ilgili ölçüm değerinin sinyal gürültü faktörü verilmektedir.

Tablo 2. 12 Her üç sertlikteki parçalar ile ilgili ölçüm değerinin sinyal gürültü faktörü

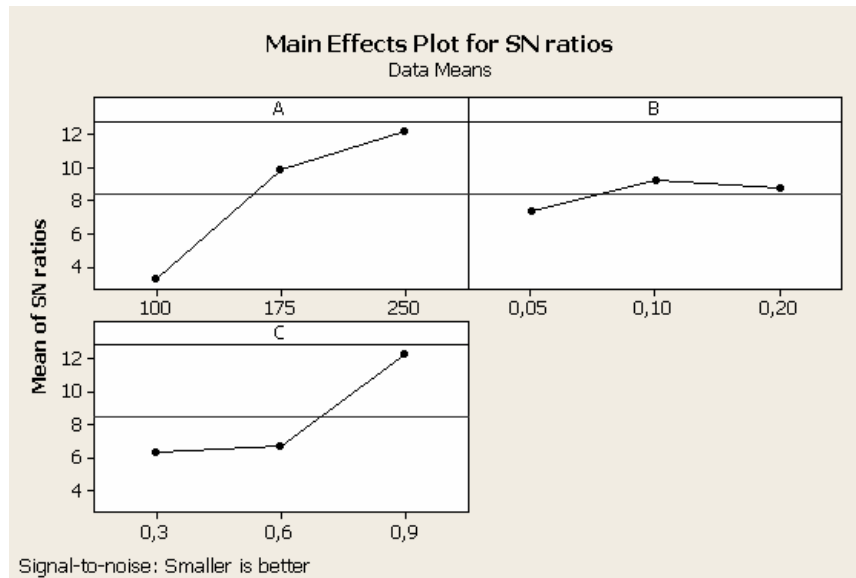
D. No	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	35 HRC; Ra (µm)	40 HRC; Ra (µm)	45 HRC; Ra (µm)	35 HRC; S/N Oranı	40 HRC; S/N Oranı	45 HRC; S/N Oranı
1	100	0,05	0,3	1,03	1,21	1,36	-0,2567	-1,6557	-2,6708
2	100	0,10	0,6	1,66	0,90	0,92	-4,4022	0,9151	0,7242
3	100	0,20	0,9	0,29	0,30	0,43	10,7520	10,4576	7,3306
4	175	0,05	0,6	0,18	0,31	0,33	14,8945	10,1728	9,6297
5	175	0,10	0,9	0,45	0,23	0,21	6,93570	12,7654	13,5556
6	175	0,20	0,3	0,20	0,47	0,65	13,9794	6,5580	3,7417
7	250	0,05	0,9	0,20	0,21	0,26	13,9794	13,5556	11,7005
8	250	0,10	0,3	0,18	0,20	0,24	14,8945	13,9794	12,3958
9	250	0,20	0,6	0,49	0,35	0,50	6,19610	9,1186	6,0206

Şekil 2.5' te sertlik değeri 35 HRC olan malzemenin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünde en çok A2, B3 ve C3 değerlerinin etkili olduğu görülmüştür. Genel olarak bu literatürle uyumludur [Tang ve ark., 2007].



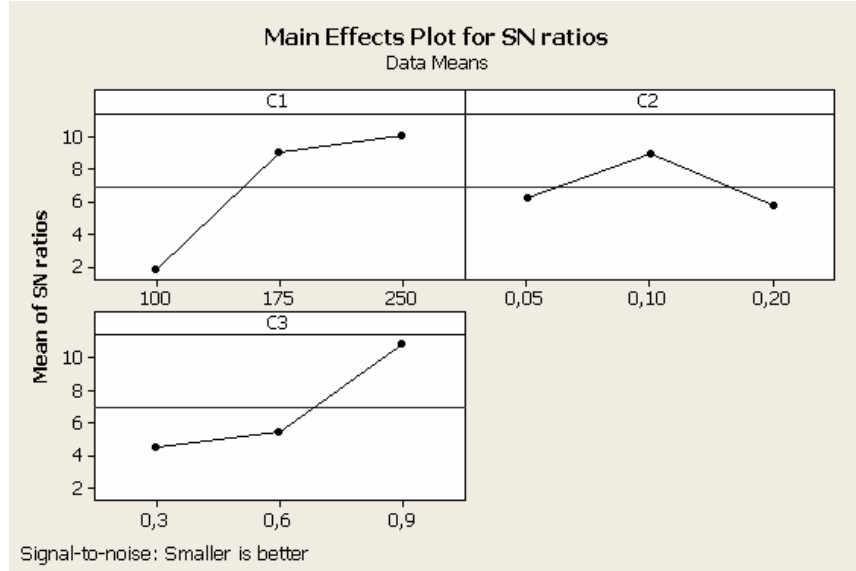
Şekil 2. 5. Sertlik değeri 35 HRC olan malzeme için S/N değerleri

Şekil 2.6' da sertlik değeri 40 HRC olan malzemenin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünde en çok A3, B2 ve C3 değerlerinin etkili olduğu görülmüştür. Genel olarak bu literatürle uyumludur [Tang ve ark., 2007].



Şekil 2. 6. Sertlik değeri 40 HRC olan malzeme için S/N değerleri

Şekil 2.7’ de sertlik değeri 45 HRC olan malzemenin işlenmesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğünde en çok A3, B2 ve C3 değerlerinin etkili olduğu görülmüştür. Genel olarak bu literatürle uyumludur [Tang ve ark., 2007].



Şekil 2. 7. Sertlik değeri 45 HRC olan malzeme için S/N değerleri

2. 6. 3. Varyans Analizi (ANOVA)

Varyans analizinde hedeflenen, incelenen faktörlerin, seçilen çıktı değerini (yüzey pürüzlülüğü vb.) ne ölçüde etkilediklerini ve farklı seviyelerin nasıl bir değişkenliğe yol açtıklarını bulabilmektir. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçların istatistiksel olarak güvenilirliği de test edilir [Savaşkan ve ark.,2004]. Bu amaçla öncelikle sinyal/gürültü oranının toplam değişkenliğini belirten SST değeri (toplam karelerin toplamı) hesaplanır.

$$SST = \sum_{i=1}^n (\eta_i - \eta_m)^2$$

Burada;

- η_i = ölçülen değer üzerinden hesaplanan sinyal gürültü oranını,

- η_m = ölçülen değer üzerinden hesaplanan sinyal gürültü oranlarının ortalamasını,

- n = toplam deney sayısını ifade etmektedir.

SST değeri dört faktörün ayrı ayrı karelerinin toplam değerleri (SSA, SSB ve SSC) ile hata payının karelerinin toplamı olan SSE değerinin toplamından oluşmaktadır. Her faktörün kareleri;

$$SSA(SSB, SSC, \dots) = \sum_{i=1}^{k_a} [n_{a_i} x (\eta_{a_i} - \eta_m)^2]$$

şeklinde hesaplanır. Burada;

- k_a = a faktörünün seviye sayısını,

- n_{ai} = a faktörünün i seviyesindeki deney sayısını,

- η_m = ortalama S/N oranını ifade etmektedir.

Her faktörün karelerinin toplamının ayrı ayrı hesaplanması sonucu ortaya çıkan değerler Tablo 2.13, 2.14 ve 2.15’ te gösterilmiştir. F’ nin en büyük değeri yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktördür [Liu et al, 2001]. Tablo 2.13’ ten görüleceği üzere, yüzey pürüzlülüğünü kesme hızı % 48.14, talaş derinliği % 10.51 ve ilerleme % 8.75 değerinde, Tablo 2.14’ te yüzey pürüzlülüğünü kesme hızı % 52.94, talaş derinliği % 27.04 ve ilerleme % 2.28 değerinde, Tablo 2.15’ te ise yüzey pürüzlülüğünü kesme hızı % 49,12, talaş derinliği % 28.81 ve ilerleme % 7.16 değerinde etkiledikleri sonucuna ulaşılmıştır. Zhang ve ark. gibi bu konuda yapılan literatürlerden farklı olarak, yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme hızından sonra en etkili parametre, ilerleme değeri yerine talaş derinliği olarak gerçekleşti [Zhang et al, 2007]. Bunun sebebi olarak bu çalışmada ilerleme değerlerinin oldukça düşük aralıkta alınması olarak düşünülmektedir.

Tablo 2. 13. Sertlik değeri 35 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu

	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Ort. Karelerin Toplamı	Faktör Etkisi (%)	F
Kesme Hızı (m/dak)	2	191,5	95,7	48,14	0.62
İlerleme (mm/dev)	2	34,8	17,4	8,75	0.11
Talaş Derinliği (mm)	2	41,8	20,9	10,51	0.14
Hata	2	129,7	64.85	32,60	
Toplam	8	397,8		100.00	

Tablo 2. 14. Sertlik değeri 40 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu

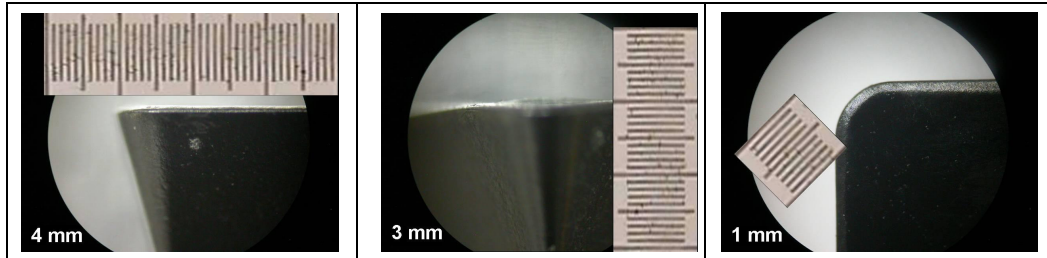
	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Ort. Karelerin Toplamı	Faktör Etkisi (%)	F
Kesme Hızı (m/dak)	2	129,8	64,9	52,94	0.73
İlerleme (mm/dev)	2	5,6	2,8	2,28	0.03
Talaş Derinliği (mm)	2	66,3	33,1	27,04	0.37
Hata	2	43,5	21,75	17,74	
Toplam	8	245,2		100.00	

Tablo 2. 15. Sertlik değeri 45 HRC olan malzeme için ANOVA tablosu

	Serbestlik Derecesi	Karelerin Toplamı	Ort. Karelerin Toplamı	Faktör Etkisi (%)	F
Kesme Hızı (m/dak)	2	120,7	60,3	49,12	0,69
İlerleme (mm/dev)	2	17,6	8,8	7,16	0,10
Talaş Derinliği (mm)	2	70,8	35,4	28,81	0,40
Hata	2	36,6	18.3	14,91	
Toplam	8	245,7		100	

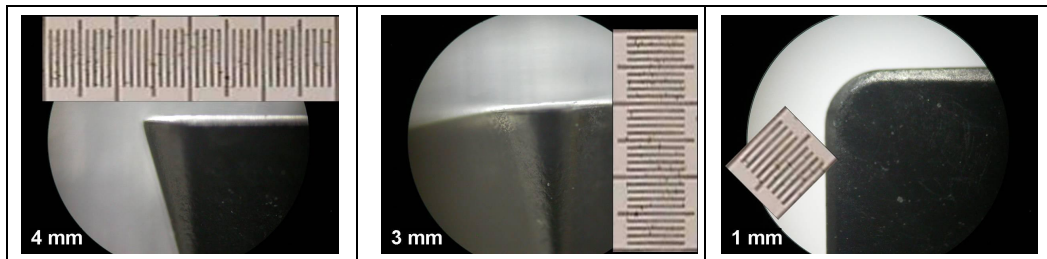
2. 6. 4. Takım Aşınması Sonuçları

Deneyle sonunda, takım aşınmalarını farklı yönlerden görebilmek için her bir uçtan üç ayrı fotoğraf alınmış ve 1 mm' lik ölçü cetveliyle birleştirilmiştir. İlk fotoğrafta deneyde kullanılan ucun serbest yüzeyi; ikinci fotoğrafta serbest yüzey, talaş yüzeyi ve kullanılan köşe; üçüncü fotoğrafta yine serbest yüzey ve talaş yüzeyi görülmektedir. Aşağıda deney kodlarına göre sırasıyla fotoğraflar verilmiştir.



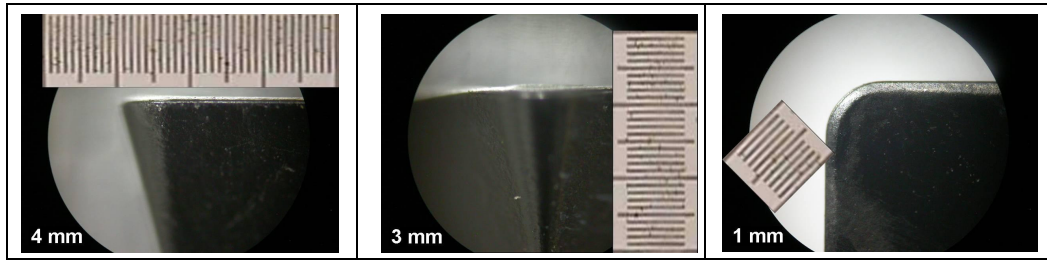
Şekil 2. 8. 351 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.8' de gösterilen, 100 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 351 kodlu deneyde, kesme parametrelerinin en düşük değerlerinde olması nedeniyle herhangi bir aşınma görülmemiştir.



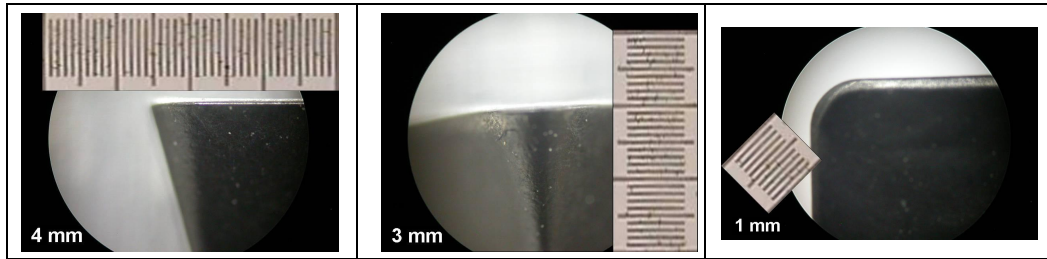
Şekil 2. 9. 352 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.9' da gösterilen, 100 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanan 352 kodlu deneyde, kesme hızının düşük olması sebebiyle kayda değer bir aşınma görülmemiştir.



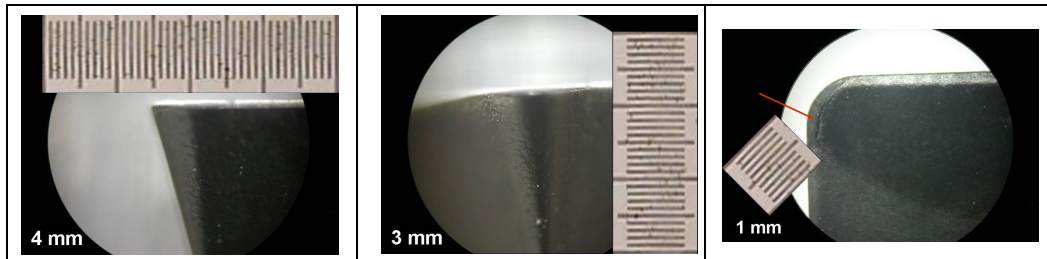
Şekil 2. 10. 353 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

100 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan ve kesme hızının en düşük değerde olduğu, Şekil 2.10' da gösterilen 353 kodlu deneyde, kayda değer bir aşınma görülmemiştir.



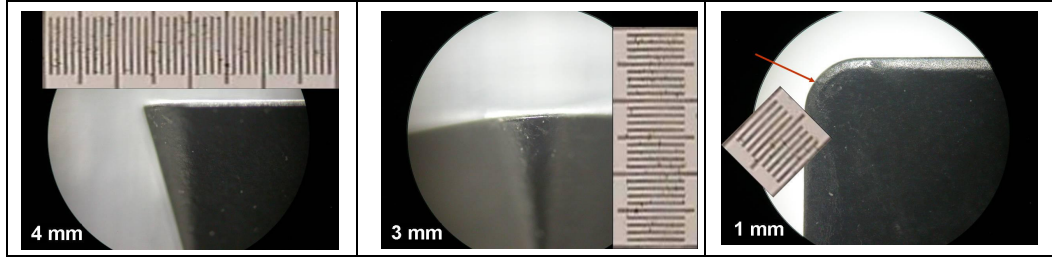
Şekil 2. 11. 354 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.11' de gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanan 354 kodlu deneyde, kesme hızının orta değerde ve ilerlemenin düşük olması sebebiyle aşınma görülmemiştir.



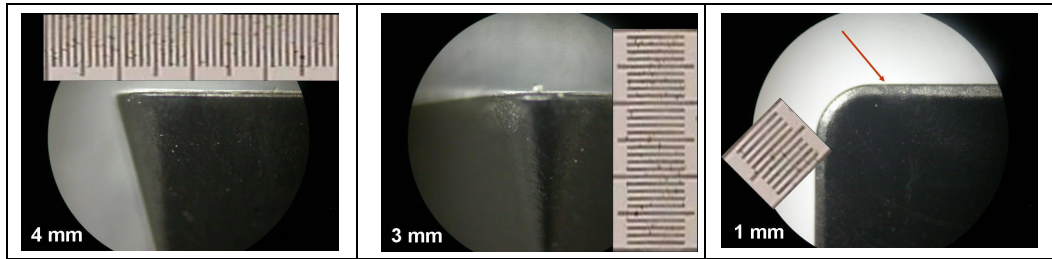
Şekil 2. 12. 355 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.12' de gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan 355 kodlu deneyde, ilerlemenin orta değerde olması sebebiyle serbest yüzeyde krater aşınması belirtileri görülmektedir.



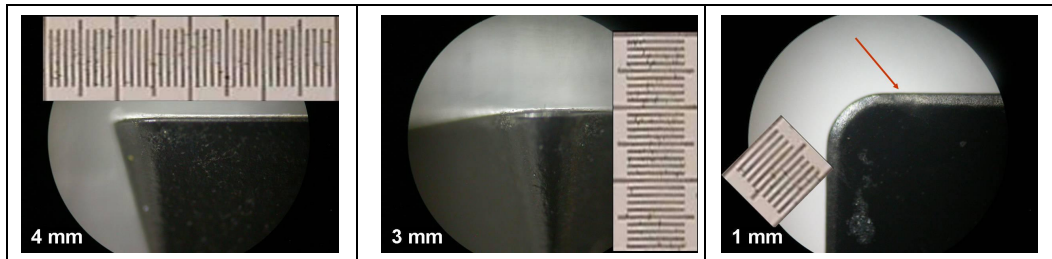
Şekil 2. 13. 356 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.13' te gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 356 kodlu deneyde, ilerlemenin artması sebebiyle burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmektedir.



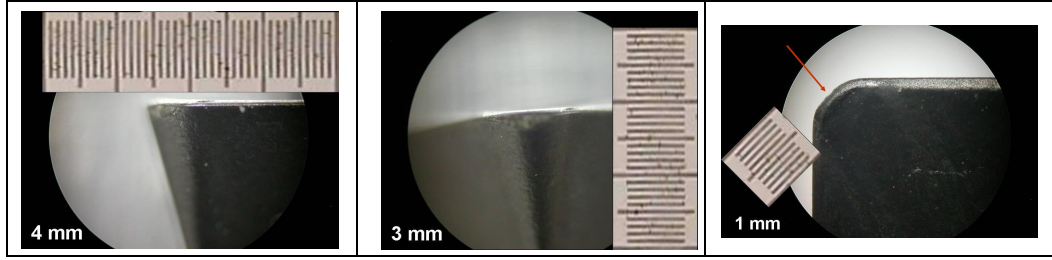
Şekil 2. 14. 357 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri görülen, Şekil 2.14' te gösterilen 357 kodlu deneyde, 250 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği parametreleri uygulanmıştır.



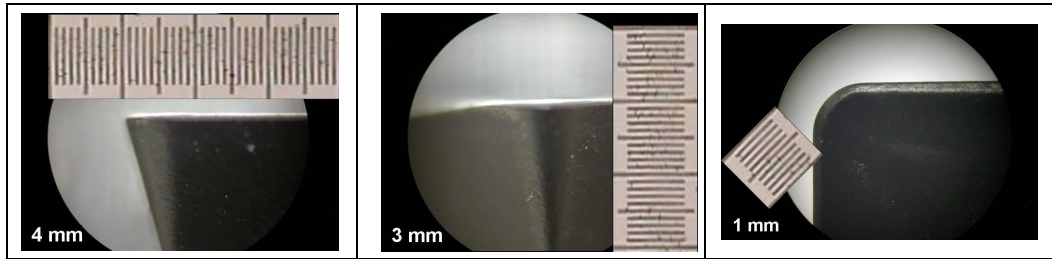
Şekil 2. 15. 358 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.15' te gösterilen, 250 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 358 kodlu deneyde, talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri görülmüştür.



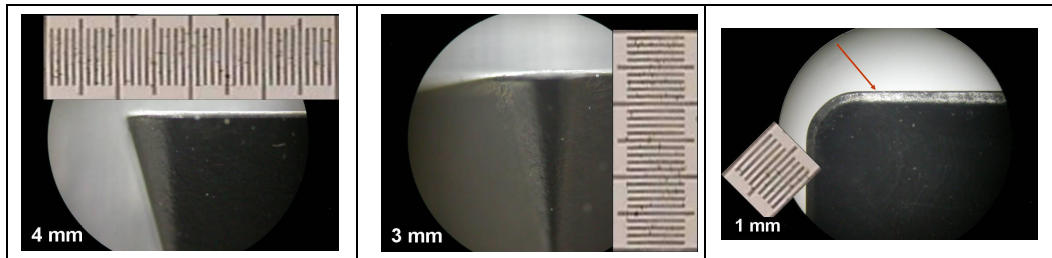
Şekil 2. 16. 359 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.16' da gösterilen, burun yarıçapı aşınması görülen 359 kodlu deneyde, deneylerde uygulanan en yüksek kesme hızı olan 250 m/dak hız, en yüksek değer olan 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanmıştır.



Şekil 2. 17. 401 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

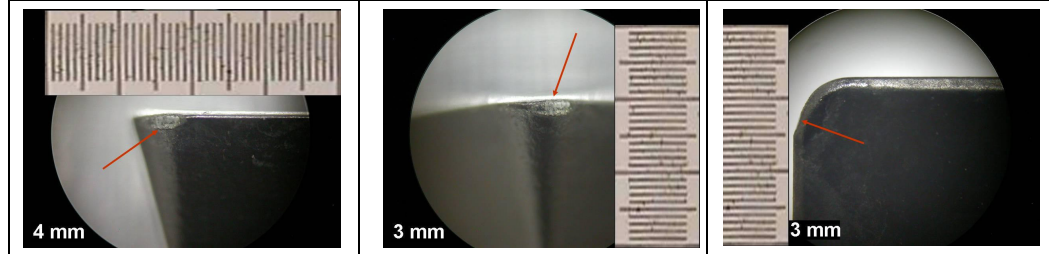
En düşük kesme parametreleri olan 100 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.17' de gösterilen 401 kodlu deneyde, herhangi bir aşınma görülmemiştir. 351 kodlu deneyi de incelediğimizde sertliğe bağlı olarak aşınmada değişim olmadığı görülmektedir.



Şekil 2. 18. 402 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

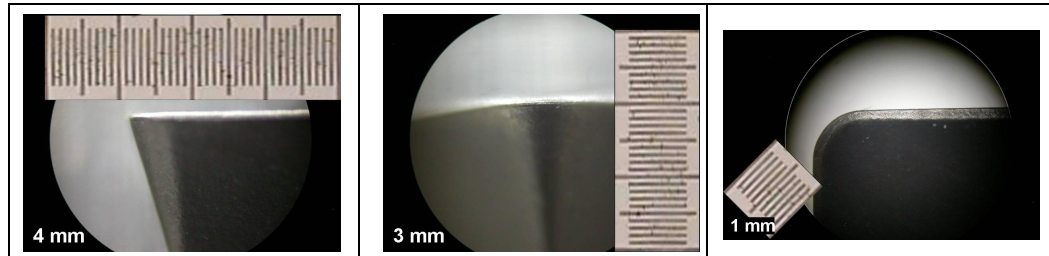
Şekil 2.18' de gösterilen, 100 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanan 402 kodlu deneyde, kesme parametrelerinin düşük

olmasına rağmen, malzeme sertliğinden kaynaklanabilen plastik deformasyon belirtileri görülmektedir. Aynı şartlarda, aynı kesme parametrelerine sahip 352 kodlu deneyi incelediğimizde aşınma görülmezken, 402 kodlu deneyde sertliğe bağlı olarak aşınma belirtileri görülmeye başlanmıştır.



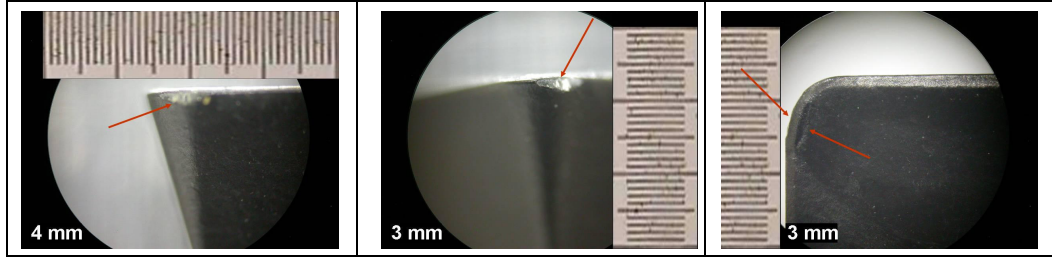
Şekil 2. 19. 403 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.19' da gösterilen, 100 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan 403 kodlu deneyde, kayda değer bir şekilde burun yarıçapı aşınması ve $V_B=0,5$ mm serbest yüzey aşınması görülmektedir. Aynı şartlara sahip, 353 kodlu deneyi incelediğimizde aşınma görülmezken, 403 kodlu deneyde kesme hızının düşük olmasına rağmen görülen aşınmalar; ilerlemenin yüksek olması, malzeme sertliği veya malzemede homojen bir sertleşme olmamasından kaynaklanabilir.



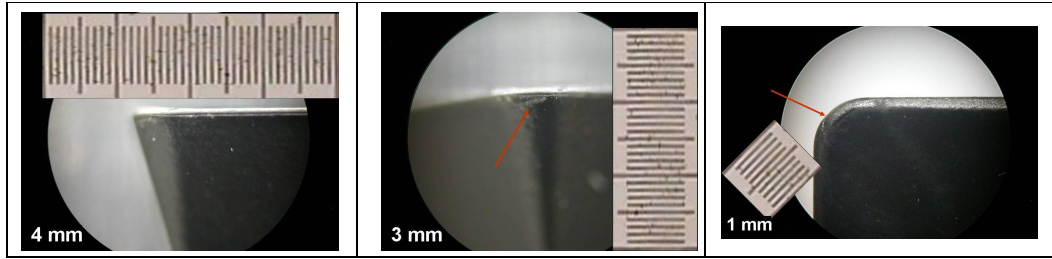
Şekil 2. 20. 404 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.20' de gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanan 404 kodlu deneyde, kesme hızının orta değerinde ve ilerlemenin düşük olması sebebiyle kayda değer bir aşınma görülmemektedir. 354 kodlu deneyi de incelediğimizde sertliğe bağlı olarak aşınmada değişim olmadığı görülmektedir.



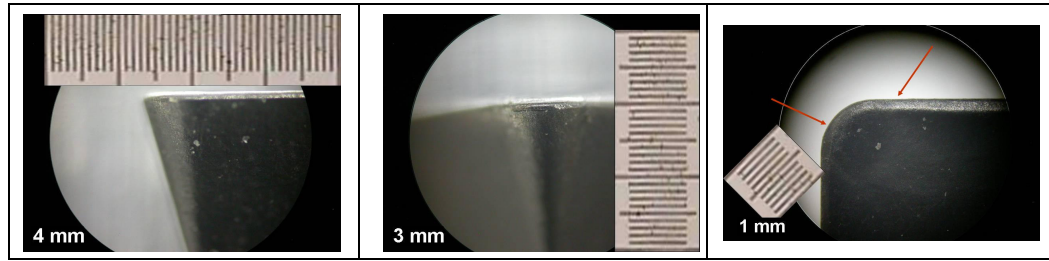
Şekil 2. 21. 405 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

175 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.21' de gösterilen 405 kodlu deneyde, kayda değer olarak sadece ilerleme orta değerinde olmasına rağmen, malzemenin homojen sertleşmemesinden kaynaklanabilen $V_B=0,65$ mm değerinde serbest yüzey aşınması ve krater aşınması belirtileri görülmektedir. 355 kodlu deneyde de serbest yüzeyde krater aşınması belirtileri görülürken, 405 kodlu deneyde sertliğin artmasıyla görülen aşınma miktarı da artmaktadır.



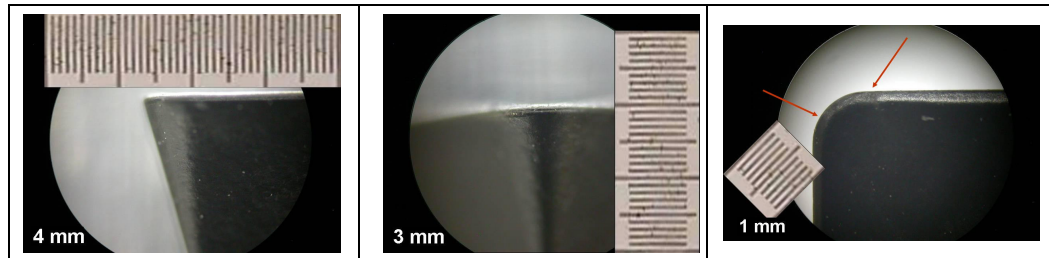
Şekil 2. 22. 406 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.22' de gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 406 kodlu deneyde, ilerleme miktarının artması sebebiyle burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmektedir. 356 kodlu deneyde de burun yarıçapı aşınması belirtileri görülürken, 406 kodlu deneyde aşınma daha belirgin görülmektedir.



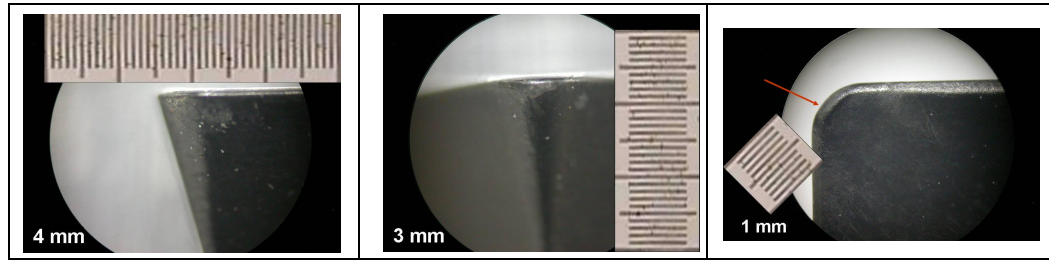
Şekil 2. 23. 407 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.23' te gösterilen, burun yarıçapı aşınması ve talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri görülen 407 kodlu deneyde, 250 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği parametreleri uygulanmıştır. Kesme hızının yüksek olmasına rağmen ilerlemenin düşük olması aşınmanın fazla olmamasını sağlamıştır. 35 HRC sertliğe sahip 357 kodlu deneyde sertliğin az olması sebebiyle sadece talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri görülmektedir.



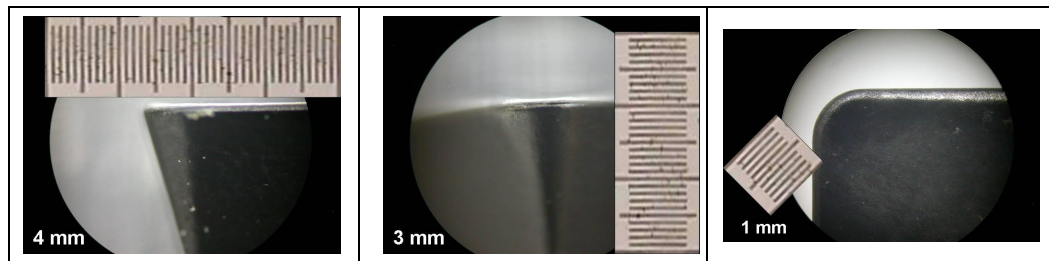
Şekil 2. 24. 408 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

250 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.24' te gösterilen 408 kodlu deneyde, talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri ve burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmektedir. 358 kodlu deneyde sertliğin az olması, 408 kodlu deneyde görülen aşınma miktarından daha az olmasını sağlamıştır.



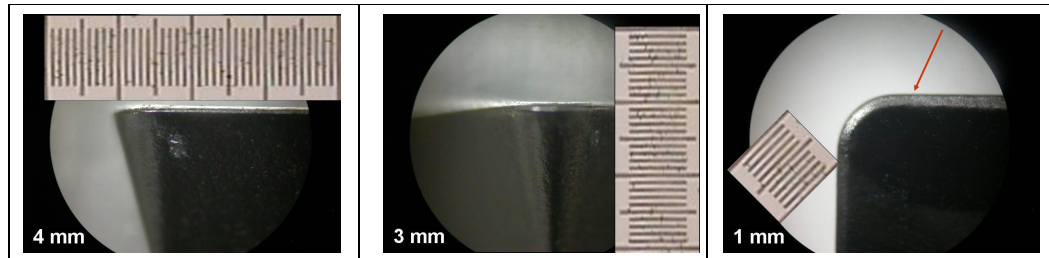
Şekil 2. 25. 409 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.25’ te gösterilen, burun yarıçapı aşınması görülen 409 kodlu deneyde, deneylerde uygulanan en yüksek kesme hızı olan 250 m/dak hız, en yüksek değer olan 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanmıştır. Aynı kesme parametrelerine sahip 359 kodlu deneyde de aynı aşınma daha az miktarda görülmektedir.



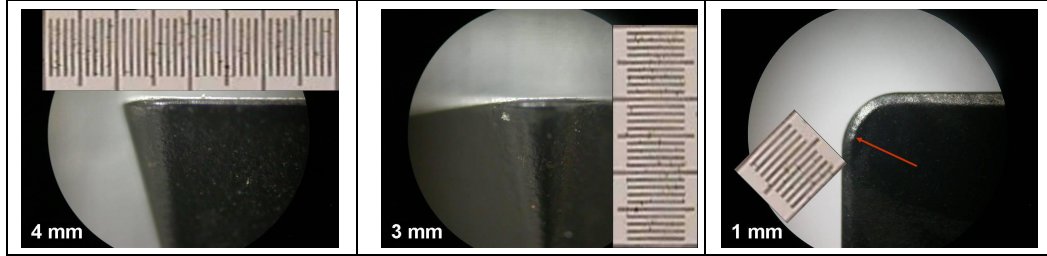
Şekil 2. 26. 451 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

100 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.26’ da gösterilen 451 kodlu deneyde, en düşük kesme parametreleri uygulandığından herhangi bir aşınma görülmemiştir. Aynı şekilde 351 ve 401 kodlu deneylerde de kesme parametrelerinin düşük olması sebebiyle aşınma görülmemiştir.



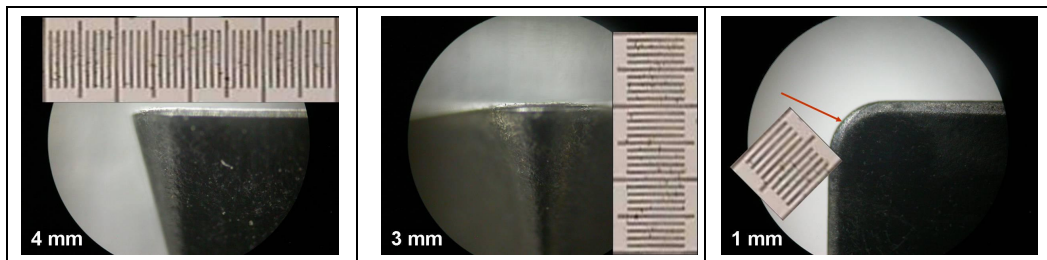
Şekil 2. 27. 452 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Malzeme sertliğinden kaynaklanabilen plastik deformasyon belirtileri görülen, Şekil 2.27’ de gösterilen 452 kodlu deneyde, 100 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanmıştır. 352 kodlu deneyde aşınma görülmemiştir, 402 kodlu deneyde ise 452 kodlu deneydeki gibi, fakat gözle daha az görülen plastik deformasyon belirtileri görülmektedir. Sertliğin artması, 2 nolu deney şartlarında da aşınma miktarlarının artmasına sebep olmuştur.



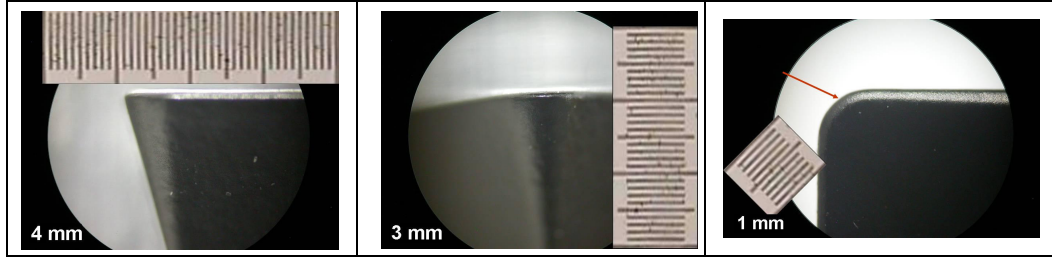
Şekil 2. 28. 453 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.28’ de gösterilen, 100 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan ve kesme hızının en düşük değerde olduğu 453 kodlu deneyde, serbest yüzeyde çentik aşınması belirtileri görülmüştür. 353 ve 403 kodlu deneyleri de birlikte incelediğimizde, 403 kodlu deneyde sertlikle orantısız olarak malzemede homojen bir sertleşme olmamasından kaynaklanabilen burun yarıçapı aşınması ve $V_B=0,5$ mm serbest yüzey aşınması görülmektedir.



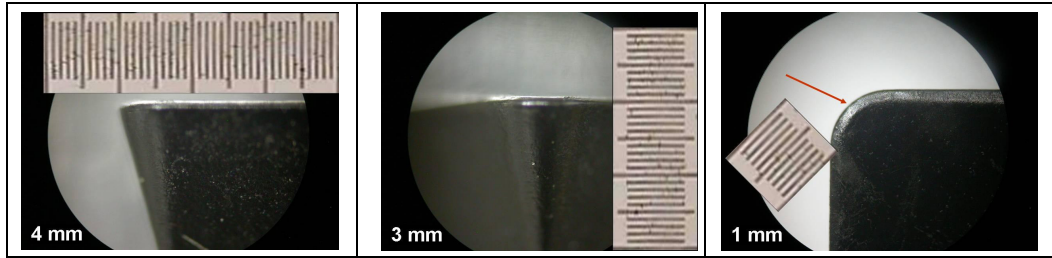
Şekil 2. 29. 454 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

175 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.29’ da gösterilen 454 kodlu deneyde, burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmüştür. 354 ve 404 kodlu deneyde aşınma görülmezken, 454 kodlu deneyde görülen aşınma sertliğe bağlıdır.



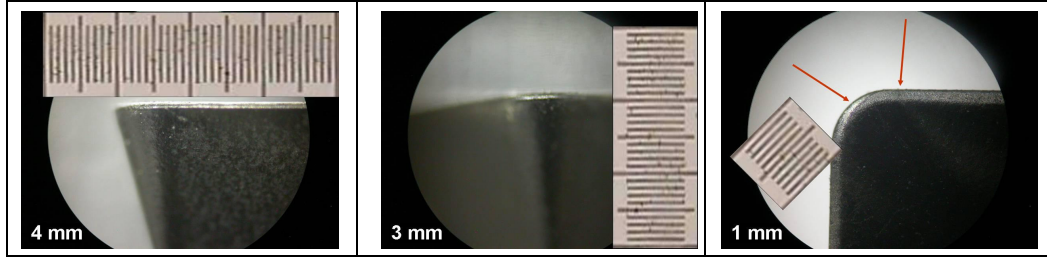
Şekil 2. 30. 455 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

175 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.30' da gösterilen 455 kodlu deneyde, burun yarıçapı aşınması belirtileri haricinde kayda değer bir aşınma görülmemektedir. 5 nolu deney şartlarını uyguladığımız 355 ve 405 kodlu deneylerde sertliğin artmasıyla, görülen aşınma miktarı da artarken, 455 kodlu deneyde sertlikle orantısız olarak daha az aşınma görülmüştür.



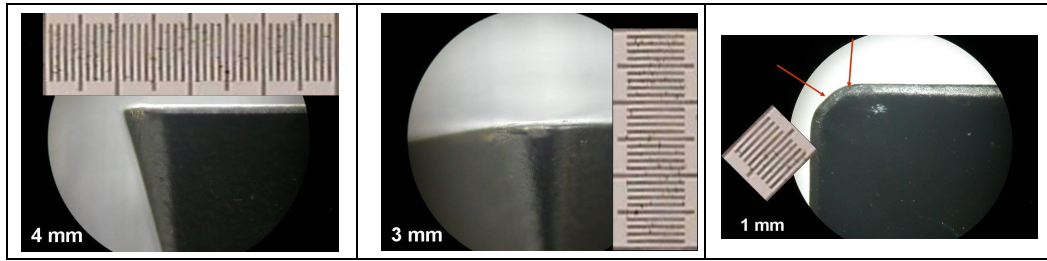
Şekil 2. 31. 456 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.31' de gösterilen, 175 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan 456 kodlu deneyde, ilerlemenin artması sebebiyle burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmektedir. Aynı şartlarda, aynı kesme parametrelerine sahip 356 ve 406 kodlu deneylerde de burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmüştür.



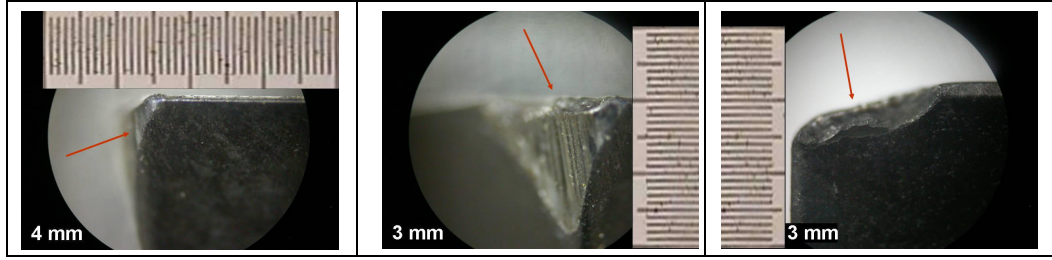
Şekil 2. 32. 457 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri ve burun yarıçapı aşınması belirtileri görülen, Şekil 2.32' de gösterilen 457 kodlu deneyde, 250 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme ve 0,9 mm talaş derinliği parametreleri uygulanmıştır. 356 ve 406 kodlu deneylerde de aynı aşınmalar görülmekte olup, sertliğe bağlı olarak aşınmalarda gözle fark görülememektedir.



Şekil 2. 33. 458 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

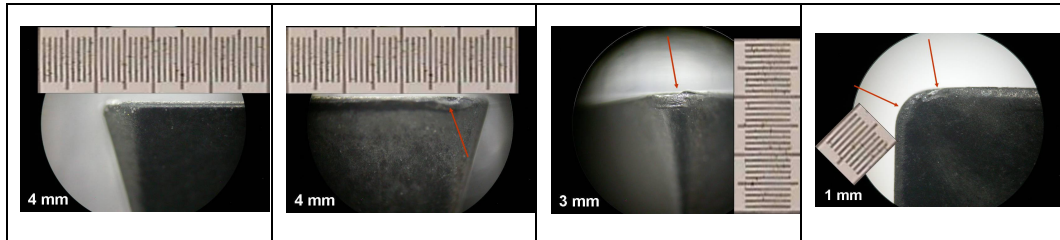
250 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği uygulanan, Şekil 2.33' te gösterilen 458 kodlu deneyde, talaş yüzeyinde krater aşınması belirtileri ve burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmektedir. 358 kodlu deneyde talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri görülürken, 408 kodlu deneyde talaş yüzeyinde plastik deformasyon belirtileri ve burun yarıçapı aşınması belirtileri görülmüştü. 8 nolu deney şartlarını uyguladığımız 358, 408 ve 458 kodlu deneylerde de sertliğe bağlı olarak aşınma miktarlarının arttığı görülmektedir.



Şekil 2. 34. 459 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

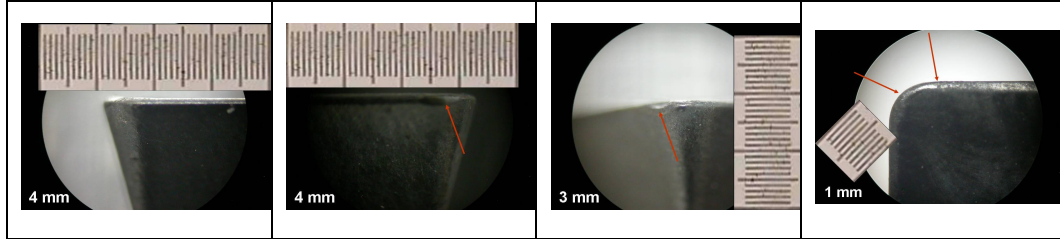
Şekil 2.34' te gösterilen, takım kırılmasıyla sonuçlanan 459 kodlu deneyde, deneylerde uygulanan en yüksek kesme hızı olan 250 m/dak hız, en yüksek değer olan 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,6 mm talaş derinliği uygulanmıştır. 359 ve 409 kodlu deneylerde burun yarıçapı aşınması görülürken, 9 nolu deney şartlarında da artan sertlikle aşınma artmıştır.

250 m/dak kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 0,3 mm talaş derinliği parametreleri ardı ardına dört kez tekrarlanan 10. deneyler için uçlardan dört ayrı fotoğraf alınmıştır. İlk fotoğrafta kullanılan ucun serbest yüzeyi; ikinci fotoğrafta talaş yüzeyi, üçüncü fotoğrafta serbest yüzey, talaş yüzeyi ve kullanılan köşe; dördüncü fotoğrafta yine serbest yüzey ve talaş yüzeyi görülmektedir. Aşağıda deney kodlarına göre sırasıyla fotoğraflar verilmiştir.



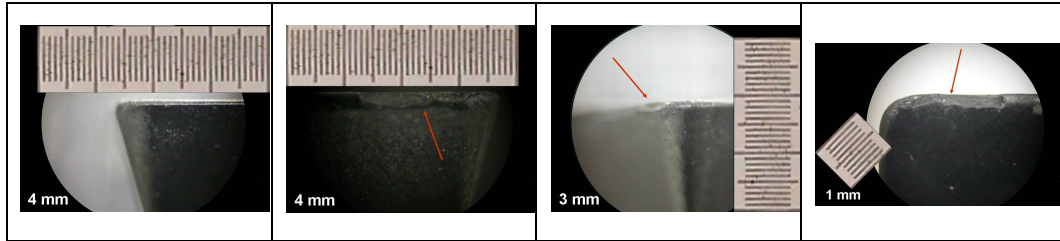
Şekil 2. 35. 3510 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.35' de gösterilen 3510 kodlu deneyde, kayda değer olarak burun yarıçapı aşınması ve talaş yüzeyinde $K_B=0,5$ mm krater aşınması görülmektedir.



Şekil 2. 36. 4010 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.36' da gösterilen 4010 kodlu deneyde, talaş yüzeyinde $K_B=0,7$ mm krater aşınması ve çentik aşınması görülmektedir.



Şekil 2. 37. 4510 kodlu deneye ait kesici uç aşınma fotoğrafları

Şekil 2.37' de gösterilen 4510 kodlu deneyde, talaş yüzeyinde $K_B=2,1$ mm krater aşınması görülmektedir. 3510, 4010 ve 4510 kodlu deneyleri birlikte incelediğimizde artan sertlikle, aşınma miktarlarının da doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir.

2. 7. Sonuçlar

Bu alışmada, AISI 4140 eliğinin 35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerde karbür uçlar ile kuru şartlarda frezeleme yöntemi ile talaşlı olarak işlenmesi sonucu, iş parçası yüzeylerinde meydana gelen yüzey pürüzlülükleri ve uçlarda meydana gelen takım aşınma durumları deneysel olarak ölçülmüştür. Deneysel olarak llen verilerin incelenmesi sonucunda, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması hakkında çıkarılabilecek sonuçlar çalışmada kullanılan malzemelerin özellikleri, kesme parametreleri ve kesme işleminde kullanılan uçların özellikleri dikkate alınarak açıklanmaya çalışılmıştır.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, AISI 4140 eliğinin talaşlı olarak işlenmesinde meydana gelen yüzey pürüzlülük değerleri, takım tezgahı, tezgahın kinematik mekanizması, yataklama sistemi, takım tutucu ve kater, takım konumlama ve bağlama, takım aşınması ve çevrenin etkisi gibi faktörlerin etkisi ile düzensizlikler görülmesine rağmen, parça sertliklerinin artmasıyla birlikte artmıştır. Aslan ve arkadaşları yaptıkları tornalama deneylerinde yüzey pürüzlülüğünde ana faktörlerden hiçbirinin önemli bir etkiye sahip olmadığını belirtirken, çalışmamız sonucu kesme hızının düşük olduğu deneylerde, yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir [Aslan ve ark., 2007].

Elde edilen yüzey pürüzlülük sonuçlarına varyans analizi(ANOVA) uygulandığında, 35 HRC sertlikte yapılan deneylerde yüzey pürüzlülüğünü kesme hızının % 48.14, talaş derinliğinin % 10.51 ve ilerlemenin % 8.75 değerinde etkilediği belirlenmiştir. 40 HRC sertlikte yapılan deneylerde kesme hızının % 52.94, talaş derinliğinin % 27.04 ve ilerlemenin % 2.28 değerinde; 45 HRC sertlikte yapılan deneylerde ise kesme hızının % 49,12, talaş derinliğinin % 28.81 ve ilerlemenin % 7.16 değerinde yüzey pürüzlülüğünü etkiledikleri sonucuna ulaşılmıştır. Zhang ve arkadaşları gibi bu konuda yapılan literatürlerden farklı olarak, yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme hızından sonra en etkili parametrenin, ilerleme değeri yerine talaş derinliği olarak gerçekleştiği görülmektedir [Zhang et al, 2007]. Bunun sebebi olarak bu çalışmada ilerleme değerlerinin oldukça düşük aralıkta alınması olarak düşünülmektedir.

Deneyleer sonucunda oluşan takım aşınması durumlarının incelenmesi sonucunda, genelde sertliklerin artmasıyla takım aşınmalarının arttığı, fakat malzemede homojen bir sertleşme olmamasından kaynaklanabilen dzensizlikler görülmektedir. Deneyleerde daha çok burun yarıçapı aşınması ve serbest yüzey aşınması dikkat çekmektedir. Khrais ve Lin yaptıkları tornalama deneyleerinin sonuçları doğrultusunda, kesme hızında yapılan artışın uçta erken bir arızaya sebep olduğunu belirtmişlerdir [Khrais and Lin, 2007]. Aynı şekilde yaptığımız deneyleer sonucunu, kesme hızı ve ilerleme miktarının yüksek olduğu deneyleerde takım aşınmasının daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Araştırmaları sonucu, TiN ve TiAlN kaplamalı uçların en iyi takım ömrüne sahip olduğunu belirten Gu ve arkadaşlarının belirttiği gibi, deneysel çalışmamız sonucu takım aşınmasının beklenenden daha az olduğu görülmektedir [Gu et al, 1999].

2. 8. Öneriler

AISI 4140 çeliğinin 35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerde frezeleme yöntemiyle talaşlı olarak işlenmesi sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin belirlenmesi, farklı kesme parametrelerine bağlı olarak, parçada oluşan yüzey pürüzlülük ve uç üzerinde oluşan aşınma değişimlerinin açıklanmasına daha yararlı olabilir.

35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerde AISI 4140 çeliğinin talaşlı işlenmesi esnasında meydana gelen sıcaklık oluşumunun, yüzey kalitesi ve uç aşınmalarına etkileri araştırılabilir.

35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerde AISI 4140 çeliğinin kaplamasız karbür uç ve seramik uçlarla işlenerek, yapılan çalışma sonucunda elde edilen aşınma ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin, kaplamalı karbür uçlarla elde edilen deney sonuçlarıyla karşılaştırılması, kesici uç performanslarını değerlendirmek açısından daha yararlı olabilir.

35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklere sahip AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde yekpare parmak freze takımlar kullanılabilir. Bu sayede, insert uçlar ile yekpare parmak freze takımlar arasındaki kesme performanslarının farkı incelenebilir.

AISI 4140 çeliğinin 35 HRC, 40 HRC ve 45 HRC sertliklerde talaşlı olarak işlenmesi sırasında soğutma suyu kullanılarak, yüzey kalitesi ve uç aşınmalarına etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Akkurt Mustafa, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, 3. Baskı, İstanbul, Birsen Yayınevi, 1996
2. Aslan E., Camuşçu N., Birgören B., Design Optimization of Cutting Parameters When Turning Hardened AISI 4140 Steel (63 HRC) with $Al_2O_3 + TiCN$ Mixed Ceramic Tool, Materials and Design 28 (2007) 1618-1622
3. Balkrishna C. Rao, Yung C. Shin, A Comprehensive Dynamic Cutting Force Model for Chatter Prediction in Turning, International Journal of Machine Tools & Manufacture 39 (1999) 1631-1654
4. Çakır M. Cemal, Modern Talaşlı İmalatın Esasları, 2. Baskı, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 2006
5. Çakır M. Cemal, Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Bursa, Vipaş A.Ş., 2000
6. Çınar E., Tasarımda (Konstrüksiyonda) Malzeme Seçimi, Ankara, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Resim ve Konstrüksiyonu Öğretmenliği Lisans Tezi, 2007
7. Dhar N.R., Paul S., Chattopadhyay A.B., Machining of AISI 4140 Steel Under Cryogenic Cooling – Tool Wear, Surface Roughness and Dimensional Deviation, Journal of Materials Processing Technology 123 (2002) 483-489
8. Düzgün D., Uygulanmış Makine Elemanları, 8. Baskı, Ankara, TSE Bakanlıklar, 2004
9. Erzurumlu T., Özçelik B., Minimization of Warpage and Sink Index in Injection Molding Termoplastic Part Using Taguchi Optimization Method, Materials and Design, 27 (2006) 853-861

10. Fischer U., Metal Meslek Bilgisi, 51. Baskı, Ankara, MEB, 1995
11. Gu Jie, Barber Gary, Tung Simon, Gu Ren-Jyh, Tool Life and Wear Mechanism of Uncoated and Coated Milling Inserts, Wear 225-229 (1999) 273-284
12. Khrais Samir K., Lin Y.J., Wear Mechanisms and Tool Performance of TiAlN PVD Coated Inserts During Machining of AISI 4140 Steel, Wear 262 (2007) 64-69
13. Kurt Ü., Önbilgin G., Eksenel Akıllı Sürekli Mıknatıslı Senkron Makine Tasarımında Taguchi Yönteminin Kullanılması, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 55159
14. Liu Shih-Jung, Lin Chang-Hsu and Wu Yi-Chuan, Minimizing The Sinkmarks in Injection-Molded Thermoplastics, Advances in Polymer Technology, Vol. 20, No. 3, (2001) 202-215
15. Onaran Kaşif, Malzeme Bilimi, 7. Baskı, Eskişehir, Bilim Teknik Yayınevi, 1999
16. Öktem H., Erzurumlu T., Uzman İ., Application of Taguchi Optimization Technique in Determining Plastic Injection Molding Process Parameters for A Thin-Shell Part”, Materials and Design 28 (2007) 1271-1278
17. Savaşkan T., Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, 2. Baskı, Trabzon, Derya Kitabevi, 2000
18. Savaşkan M., Taptık Y., Ürgen M., Deney Tasarımı Yöntemi ile Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu, Cilt:3, Sayı:6, İTÜ dergisi, 2004, 117-128
19. Serfiçeli Y. Saip, Malzeme Bilgisi, 1. Baskı, İstanbul, Milli Eğitim Basımevi, 2000

20. Smith William F., Structure and Properties of Engineering Alloys, 2. Edition, Singapore, Mcgraw-Hill International Editions, 1993
21. Şahin Yusuf, Talaş Kaldırma Prensipleri 1, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 2000
22. Şahin Yusuf, Talaş Kaldırma Prensipleri 2, 1. Baskı, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 2001
23. Şenocak Cemil, Islah Çeliklerinin Akışkan Yatak Ortamında Isıl İşlemi, Sakarya, Sakarya Üniversitesi Mezuniyet Tezi, 2002
24. Tang S. H., Tan Y. J., Sapuan S. M., Sulaiman S., Ismail N., Samin R., The Use of Taguchi Method in The Design of Plastic Injection Mould for Reducing Warpage, Journal of Materials Processing Technology 182 (2007) 418–426
25. Thelning K-E, Çelik ve Isıl İşlemi, İstanbul, Hakan Ofset, 1984
26. Topbaş M. Ali, Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı, İstanbul, Ekim Ofset, 1998
27. Trent Edward M., Wright Paul K., Metal Cutting, 4. Edition, Melbourne New Delhi, Boston Oxford Auckland Johannesburg, 2000
28. Uzkut M., Özdemir İ., Farklı Çeliklere Uygulanan Değişen Isıtma Hızlarının Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2001, Cilt:3, Sayı:3, Sh. 65-73
29. Wegst C. W., Stahlschlüssel, 18. Baskı, Verlag Stahlschlüssel Wegst GMBH, 1998
30. Zhang Julie Z., Chen Joseph C., Kirby E. Daniel, Surface Roughness Optimization in An End-Milling Operation Using The Taguchi Design Method, Journal of Materials Processing Technology 184 (2007) 233–239

ÖZGEÇMİŞ

Serap DEMİROK 31.03.1979 yılında Sakarya’da doğmuştur. 1999 yılında Sakarya Üniversitesi Sakarya Meslek Yüksekokulu Makine-Resim-Konstrüksiyon Bölümü’nden, 2004 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. 2005 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başlamıştır.