

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ALAŞIMSIZ ÇELİKLERİN CNC TORNA
TEZGAHINDA İŞLENMESİNDE YÜZEY
PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE TAKIM AŞINMASININ
TAGUCHİ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Metin Sedat KARTAL
(Makine Teknik Öğretmen)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ

İSTANBUL 2000

ÖNSÖZ

Teknolojinin gelişmeye başladığı dönemlerde talaş kaldırmayı etkileyen parametreler; takım aşınması, takım ömrü ve yüzey kalitesini etkileyen faktörler gibi olaylar fazla önemsenmiyordu. Ancak talaşlı imalatta, seri imalatın önemli olduğu günümüzde, bu faktörler büyük önem kazanmaktadır. Bu hususların önem verildiği ülkelerde teknolojik ve ekonomik alanda çok büyük aşamalar kaydedilmiştir.

Teknolojik gelişmelerin ışığında hızla gelişen ve büyüyen talaş kaldırma teknolojisine fayda sağlaması amacıyla yaptığım bu çalışmamda, katkılarından dolayı bana yol gösterip, bilgi ve psikolojik desteğiyle tamamlamamı sağlayan Tez Danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ' e, manevi desteğinden dolayı Osman İMAMOĞLU' na ve ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hiç esirgemeyen eşim Arzu KARTAL' a teşekkür ederim.

Mayıs 2006
KARTAL

Metin Sedat

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
YENİLİK BEYANI	VII
SEMBOL LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR	IX
ŞEKİL LİSTESİ	X
TABLO LİSTESİ	XIII
BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ	1
I.1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
BÖLÜM II. TALAŞ KALDIRMA ESASLARI VE TALAŞ KALDIRMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER.....	2
II.1.TALAŞ KALDIRMA ESASLARI	2
II.1.1. Talaş kaldırmanın tanımı	2
II.1.2. Talaş Kaldırma Metotları	2
II.1.3. Talaş Oluşumu	5
II.1.4. Talaş Biçimleri	7

II.2.TALAŞ KALDIRMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER.....	8
II.2.1. Takım Geometrisi	8
II.2.2 Talaş Geometrisi	14
II.2.3. Kesme Hızı	15
II.2.4. Kesme Kuvveti Ve Kesme Gücü	16
II.2.5. İlerleme Hızı	17
II.2.6. Takım Malzemesi	18
II.2.7. Parça Malzemesi	19
BÖLÜM III. TAKIM AŞINMASI VE TAKIM ÖMRÜ	20
III.1.TAKIM AŞINMASI	
III.1.1. Aşınmanın Tanımı.....	20
III.1.2. Aşınma Sebepleri	20
III.1.3. Takımda Aşınma Şekilleri	22
III.1.3.1. Metal Transferi.....	23
III.1.3.2. Yenme Aşınma.....	25
III.1.3.3. Kâtı Hal Difüzyonu.....	26
III.1.3.4. Takım Ucu Aşınması.....	27
III.1.3.5. Kraterleşme.....	28
III.2. TAKIM ÖMRÜ	33
III.2.1. Takım Ömrünün Önemi	33
III.2.2. Takım Ömrü Ve Bozulma Kriterleri.....	34
III.2.3. Takım Ömrünü Etkileyen Parametreler.....	40
III.2.3.1. Kesme Şartlarının Etkisi.....	40
III.2.3.2. Takım Geometrisinin Etkisi.....	42
III.2.3.3. Parça Malzemesinin Etkisi.....	43
III.2.3.4. Takım Malzemesinin Etkisi.....	44
III.2.3.5. Kesme Hızı-Takım Ömrü Arasındaki İlişki.....	46
III.2.4. Taylor Denkleminin Bulunması.....	47
III.3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	49
III.3.1. Kullanılan Tezgah,Takım,Cihaz Ve Malzemeler	49
III.3.2. Deneyin Yapılışı	50
III.3. 2.1. Taguchi Metodu (TM).....	50
III.3.3. DeneySEL Bulgular (St 33)	51
III.3.4. DeneySEL Bulgular (St 52).....	55
BÖLÜM IV. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ	59
IV.1. KALİTELİ YÜZEYİN ÖNEMİ	59
IV.2. YÜZEY KALİTELERİ.....	61
IV.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN TARİFİ	63
IV.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	64
IV.5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	65

IV.5.1. Kullanılan Tezgah,Takım,Cihaz Ve Malzemeler	65
IV.5.2. Deneyin Yapılışı	67
IV.5. 2.1. Taguchi Metodu (TM).....	67
IV.5.3. Deneysel Bulgular (St 33)	68
IV.5.4. Deneysel Bulgular (St 52).....	75
BÖLÜM V. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	83

ÖZET

CNC Tornalama işlemlerinde, yüzey pürüzlülüğünün ve takım aşınmasının önceden tahmini son derece önemlidir. Üretilecek parçanın kalitesinin artırılması ve maliyetin düşürülmesi ancak kesme parametrelerinin optimizasyonu ile mümkündür. Kesme parametrelerini en iyi şekilde seçtiğimizde yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması minimum değerde olmalıdır.

Çalışmamızda sert maden uçlu kalem ile belirlenmiş kesme hızları, ilerleme miktarları ve talaş derinliklerinde St 33 çelik malzeme ve St 52 çelik malzeme işlenmiş deneylerden elde edilen veriler Varyans Analizi (ANOVA) ve Taguchi Metodu yardımıyla değerlendirilerek en uygun kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği) bulunmuştur. Bulunan bu değerlere göre, üç iş parçası daha tornalanarak durumun güvenilirliği sağlanmıştır. Kesme parametrelerinin optimizasyonu ile çok önemli ölçüde yüzey kalitesinde artış ve takım aşınmasında iyileştirmeler tespit edilmiştir.

Mayıs 2006

Metin Sedat KARTAL

ABSTRACT

In CNC turning operations, it's very important to guess the surface roughness and tool corrosion. Increasing the quality of produced pice and decreasing the cost is only passible with the optimision the cutting parameters. When we choose the cutting parameters thoroughly, the surface roughness must be in the minimum valve.

In our study, in cutting speed, feed rate and depth of cut which is determined with hard mine tipped pen, the datum which is got by the experiments in which St 33 steel bars and st 52 steel bars are processed, the most suitable cutting parameters (cutting speed, feed rate and depth of cut) are fond by the help of Varyans analysis (ANOVA) and Taguchi method. According to the valve which is found, the reliabty of the state is providede by turning three more work pieces. Increase of the surface quality and improve of the tool corrosion is vitally fixed by the optimization of cutting parameters.

Mayıs 2006

Metin Sedat KARTAL

YENİLİK BEYANI

Kesme parametrelerinin deneysel çalışmalarla belirlenmesinde iş parçası ve kesici takım malzemesi türlerinin çok farklı olması yapılacak deneysel çalışmaların sayısını arttırmaktadır. Bu durum, deneysel çalışmalar için maliyet artışı ve teknik zorlukları getirmektedir.

Deneysel çalışmalardaki ideal şartların her çalışmada korunması da pek mümkün olmamaktadır. İş parçası ve kesici takım özellikleri ile birlikte kesme parametreleri olan kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği, çalışma sıcaklığı gibi etkenler takım aşınma miktarını ve yüzey pürüzlüğünü belirleyen ideal şartları oluşturmaktadır. Yapılacak deneysel çalışmanın amacına göre parametrelerin çokluğundan dolayı deney şartlarını koruyarak çok sayıda çalışma yapmak oldukça zorlaşmaktadır.

Alaşımsız çeliklerin, günümüzde kullanmakta olduğumuz CNC Torna tezgahlarında; işlenmesinde kullanılan kesici takımların aşınması, takım ömrü ve üretilen iş parçasının yüzey pürüzlülüğü gibi faktörleri en aza indirmek için yapılacak olan çalışmayla seri üretim yapan firmalara ve bu tezgahları kullanan operatörlere pratik bilgiler verecektir.

Mayıs 2006

Yrd. Doç. Dr. Hamdi SÖZÖZ

Metin Sedat KARTAL

SEMBOL LİSTESİ

α	: Taylor denklem sabiti
U	: İlerleme
W	: Aşınma bölgesi
L	: Kesme zamanı
C	: Sabit
n	: Denenen kesme şartları için sabit
K	: İş malzemesinin ısı iletkenliği
A	: Kesme alanı
V	: Kesme hızı
G	: Zayıflık oranı

KISALTMALAR

S/N	: Ortalama standart sapma oranı
MSD	: Ortalama standart sapma
IT	: ISO - Tolerans
TM	: Taguchi Metodu
BHN	: Brinell Sertliği

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1. Tornalama.....	3
Şekil II.2. Frezeleme.....	3
Şekil II.3. Delik İşleme.....	4
Şekil II.4. Vargelleme.....	4
Şekil II.5. Planyalama.....	4
Şekil II.6. Taşlama Yöntemleri	5
Şekil II.7. Talaş Formasyonu.....	6
Şekil II.8. Talaş kırma Diyagramı.....	7
Şekil II.9. Sürekli Talaş Tipleri.....	7
Şekil II.10. Süreksiz, Kırılgan, Kesintili Talaş.....	8
Şekil II.11. Yapışık Talaş.....	8
Şekil II.12. Takım geometrisini tayin eden düzlemler.....	10
Şekil II.13. Kalemin takım referans sistemine göre açıları.....	11
Şekil II.14. Takım ucunun etkisi.....	12
Şekil II.15. Takım ucunun kesme derinliği üzerine etkisi.....	12
Şekil II.16. Çeşitli faktörlere bağlı a_{min} - V değeri.....	13
Şekil II.17. İlerleme ve Talaş Boyutları.....	14
Şekil II.18. Tornalamada Talaş Kaldırma İşlemi.....	16
Şekil II.19. Talaş Kaldırma Kuvvetleri.....	17
Şekil III.1. Kesme Hızına Bağlı Olarak Takımın Çeşitli Aşınmalar Sonucu Kullanılamaz Hale Gelmesi.....	20
Şekil III.2. Aşınma Görünümleri, Aşınma Nedenleri.....	21
Şekil III.3. Takımda Aşınma Şekilleri	23
Şekil III.4. Metal Transferi.....	24
Şekil III.5. Kesme Takımlarında Aşınma Bölgesi.....	26
Şekil III.6. İlk Aşınma Bölgesi A' dan Son Aşınma Bölgesi C' ye aşınma	

Uzunluğunun Oluşması.....	27
Şekil III.7. Farklı Kesme Hızları (V) İçin Kesme Takımlarında Aşınma	
Uzunluğunun Aşınması.....	27
Şekil III.8. Takım Kriterinde Talaş Sürtünmesi.....	28
Şekil III.9. Takım Talaş Ara Yüzeyinde Sıcaklık Ortalaması.....	29
Şekil III.10. Karbon Takımında Aşınma Bölgesi Ve Kraterinin	
Enine Kesiti.....	30
Şekil III.11. Serbest Nokta Çizgi Boyunca İlk Aşınma A' dan son aşınma	
C' ye Kadar Aşınma Yüzeyindeki Kraterin Büyümesi.....	31
Şekil III.12. Kesme Takımının Aşınması.....	31
Şekil III.13. Kesme Noktasında Kenar Formu Meydana Getirerek	
Krater Oluşumunu Korumak.....	32
Şekil III.14. a) Aşınma Bölgesinin Büyümesi.	
b) Aşınma Takımın Basitleştirilmiş Modeli.....	36
Şekil III.15. a) Krater Aşınmasının Basit Modeli b) Krater Aşınmas. Açısı.....	39
Şekil III.16. a) Bozulma Kriteri İle Birleştirilmiş Takım Ömrü Eğrileri	
b) Kriterin Uygulandığı Bölge.....	39
Şekil III.17. a) Ortogonal Kesmede Takım-Talaş Temas Yüzeyindeki	
Sıcaklığa Talaş Acısının Etkisi	
b) Takım ömrü üzerine talaş acısının etkisi.....	43
Şekil III.18. Değişik Takım Malzemelerinin Sertliği Üzerine Sıcaklığın	
Etkisi.....	45
Şekil III.19. Kesme Hızı İle Takım Ömrü Arasındaki İlişki.....	47
Şekil III.20. α Taylor Denklem Sabitinin Bulunuşu.....	47
Şekil III.21. Tornalama işlemi.....	49
Şekil III.22. Takım Aşınması Ölçüm Cihazı.....	49
Şekil III.23. Takım Aşınması oranları için ortalama S/N grafiği (St 33)	54
Şekil III.24. Takım Aşınma Oranları İçin Ortalama S/N Grafiği (St 52).....	57
Şekil IV.1. Kalite Ve Maliyet Etkileşimi.....	60
Şekil IV.2. Yüzey Kaliteleri.....	62
Şekil IV.3. M Sistemine Göre Yüzey Pürüzlülük Profili.....	63
Şekil IV.4. Ortalama Pürüz Yüksekliği R_z ' nin Hesaplanması.....	64
Şekil IV.5. CNC (TC-35 JOHN FORD) Tezgahı.....	65

Şekil IV.6. Tornalama İşlemi.....	66
Şekil IV.7. MAHR-PERTHOMETER M1 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....	66
Şekil IV.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	67
Şekil IV.9. St 33 Yüzey Pürüzlülük Deney Sonuç Örnekleri.....	69
Şekil IV.10. Yüzey Pürüzlülüğü Oranları İçin Ortalama S/N Grafiği (St 33).....	72
Şekil IV.11. St 52 Yüzey Pürüzlülük Deney Sonuç Örnekleri.....	75
Şekil IV.12. Yüzey Pürüzlülüğü Oranları İçin Ortalama S/N grafiği (St 52).....	77

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo III.1. Serbest Aşınma Değerleri	38
Tablo III.2. İşleme Malzemelerin Tip ve Sertliklerine Göre Taylor Sabitinin Bulunması	48
Tablo III.3. St 33 Transmisyon Çeliğinin Kimyasal Bileşim Ve Fiziksel Özellikleri.....	50
Tablo III.4. L ₉ Ortogonal Sıralama ile Deney Planı.....	50
Tablo III.5. Kesme Parametreleri ve Seviyeleri.....	51
Tablo III.6. Deneysel Bulgular.....	51
Tablo III.7. Deneylerde Kullanılan Parametrelere Ait S/N Değerleri.....	53
Tablo III.8. Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları.....	53
Tablo III.9. Kesme Parametrelerinin, Takım Aşınma Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları.....	54
Tablo III.10. Deneyler Sonucu Elde Edilen Takım Aşınma Değerleri ve S/N oranları.....	55
Tablo III.11. Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N Değerleri.....	56
Tablo III.12. Ortalama Standart Sapma (S/N) Ortalamaları.....	56
Tablo III.13. Kesme Parametrelerinin, Takım Aşınmasının Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları.....	57
Tablo III.14. Deneyler Sonucu Elde Edilen Takım Aşınma Değerleri ve S/N oranları.....	58
Tablo IV.1. Kalitelere Grupları.....	59
Tablo IV.2. Kalitelere Göre Teknikleri İşleme.....	59

Tablo IV.3. St 33 ve St 52 Transmisyon Çeliklerin Kimyasal Bileşim ve Fiziksel Özellikleri.....	67
Tablo IV.4. L ₉ Ortogonal Sıralama ile Deney Planı.....	68
Tablo IV.5. Kesme Parametreleri ve Seviyeleri.....	68
Tablo IV.6. Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N değerleri	71
Tablo IV.7. Ortalama standart sapma (S/N) Ortalamaları.....	71
Tablo IV.8. Kesme Parametrelerinin, Yüzey Pürüz. Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları.....	74
Tablo IV.9. Deneyler Sonucu Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve S/N Oranları.....	74
Tablo IV.10. Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N Oranları	76
Tablo IV.11. Ortalama standart sapma (S/N) Ortalamaları.....	76
Tablo IV.12. Kesme Parametrelerinin, Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları.....	78
Tablo IV.13. Deneyler Sonucu Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve S/N oranları.....	78

BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ

I.1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bir makineyi meydana getiren parçaların ayrı ayrı ele alınarak yüzeyleri incelenecek olursa, birbirine benzer yüzeylerin çok az olduğu görülür. Bu benzerlik, özellikle pürüzlülük ve düzgünlük bakımından son derece önemlidir. Gereksiz yere sarf edilen zaman maliyetin yükselmesine sebep olur. Bu sebeple yüzeyler, gerektiği kadar düzgün ve pürüzsüz olmalıdır.

Genellikle pürüzlülük değerleri veya yüzey kaliteleri direkt olarak üretim metotlarına bağlıdır. Bunların boyut ve tolerans kaliteleri ile ilişkisi ise doğrudan değil , dolaylıdır. Yüzey kalitesi , parçanın ilgili yüzeyinin her yerinde aynı olmalıdır. Özellikle bu durum, eşli yüzeylerde daha önemlidir. Ayrıca tolerans kaliteleri çeşitli üretim işlemleri sonunda elde edilmektedir. Hassas tolerans kaliteleri, genellikle uzun zamanda ve hassas tezgahlarda uygun bilenmiş kesici takımlarla elde edilir, bu işlemler sırasında dolaylı olarak yüzeylerdeki pürüz derinlikleri de oldukça küçük değerlerdedir. Yani yüzey kalitesi iyileşmektedir.

Üretimde standardı bozan en önemli ve etkili faktörlerden birisi takım aşınmasıdır. Takım aşındıkça işleme kalitesi bozulur. Ayrıca, takım aşınması arttıkça parçaların işleme maliyetleri de artar. Etkili bir üretimde kalite, verimlilik ve ekonomikliği beraber düşünmek gerekmektedir. Üretim stratejileri belirlenirken bunların hepsini kapsayan hedef fonksiyonlar belirlenmelidir. CNC tornalama işlemlerinde kesme parametreleri ekonomik takım kullanımı hedef fonksiyonuna göre seçilirken toplam işleme maliyeti dikkate alınmalıdır. Kesme parametreleri üzerinde bu zamana kadar yapılan çalışmaların büyük bir kısmı bu amacı iyileştirmeye yöneliktir.

BÖLÜM II.

TALAŞ KALDIRMA ESASLARI VE TALAŞ KALDIRMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER

II.1.TALAŞ KALDIRMA ESASLARI

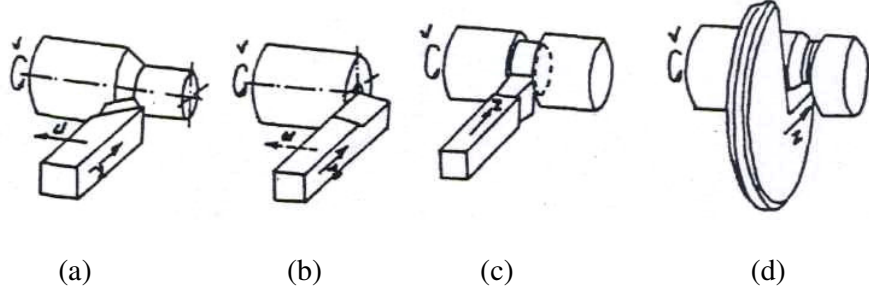
II.1.1. Talaş Kaldırmanın Tanımı

Talaş kaldırma, ucu (ağzı) keskin bir takım ile parça üzerinden malzeme kaldırma işlemidir. Bu şekilde kaldırılan malzemeye talaş denilir.

Talaş kaldırma işlemi, takım ile parça arasındaki izafi hareketlerin bir sonucudur. Takım ile parça arasında kesme ilerleme ve ayar olmak üzere üç türlü hareket vardır. Kesme hareketi esas talaş kaldırma hareketidir. ilerleme hareketi paçanın uzunluğu veya genişliği boyunca belirli bir kısmının islenmesini sağlayan harekettir. Yardımcı hareketler ise takımın parçaya yaklaşım hareketi, ilerleme hareketi bittikten sonra takımın başlangıç noktasına geri getirme gibi çeşitli ayar hareketlerini kapsar. Genellikle kesme hareketi dönme veya doğrusal, ilerleme ve yardımcı hareketler ise doğrusal hareketlerdir. Bu hareketlerin parça veya takım tarafından yapılması çeşitli talaş kaldırma yöntemlerini meydana getirir.

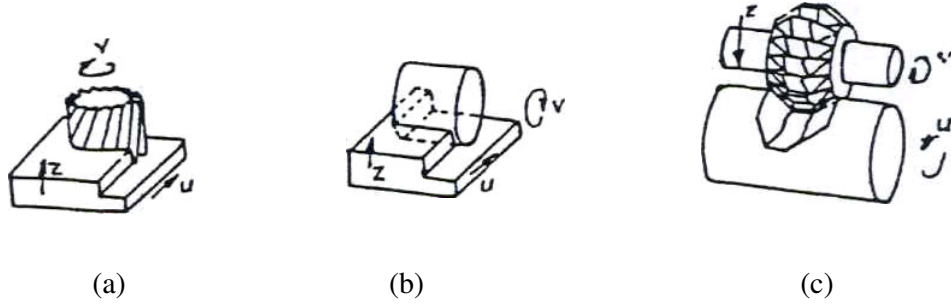
II.1.2. Talaş Kaldırma Metotları

Tornalama işleminde (Şekil II.1) kesme hareketi parçanın dönmesi ile elde edilir. Takım ilerleme ve yardımcı hareketlerini yapar. Şekil II.1 a) Boyunu tornalama b) Alın tornalama c)Fatura açma d) Form takımla tornalamadır.



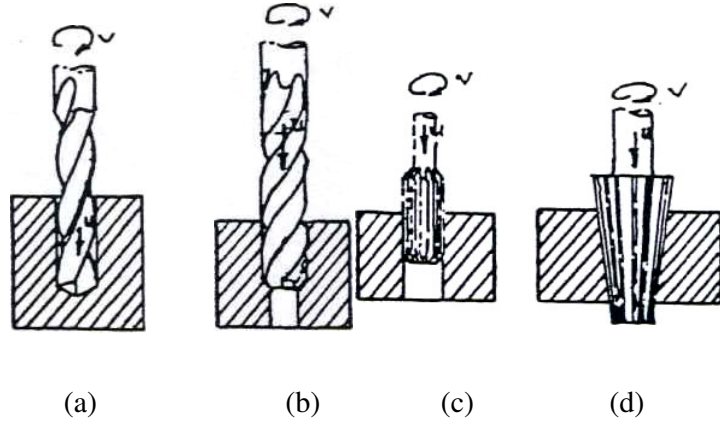
Şekil II.1 Tornalama a) Boyuna tornalama b) Alın tornalama c) Fatura açma d) Form takımla tornalama

Frezeleme işleminde (Şekil II.2) kesme hareketi takımın dönmesi ile meydana gelir; parçada ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketler ise parça veya takım tarafından yapılabilir. Şekil II.2 de a) Alın frezeleme b) Çevresel frezeleme c) Form frezelemedir



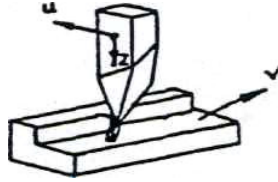
Şekil II.2 Frezeleme a) Alın frezeleme b) Çevresel frezeleme c) Form takımla frezeleme

Delme işleminde, (Şekil II.3) kesme ve ilerleme hareketi takımın dönme ve doğrusal hareketi ile oluşturulurken, parça sabit kalır. Şekil II.3 'de a) Delik delme b) Delik genişletme c) Raybalama d) Konik delik raybalamadır.



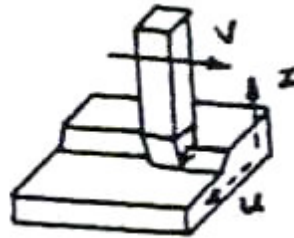
**Sekil II.3 Delik isleme a) Delik delme b) Delik genişletme
c) Raybalama d) Konik rayba ile raybalama**

Vargelleme işleminde (Şekil II.4.) kesme, parçanın doğrusal hareketi ile gerçekleşir. Takım, kesme hareketi sırasında sabit kalır ve kesme işlemi bittikten sonra, ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareket yine takım tarafından yapılır.



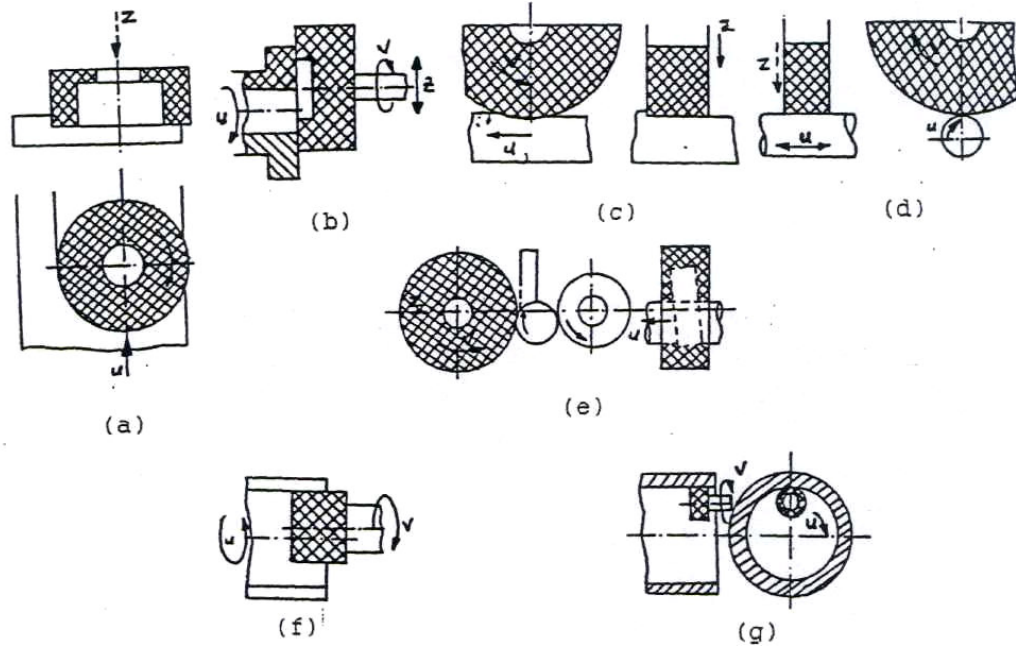
Şekil II.4 Vargelleme

Planyalama işleminde (Şekil II.5) kesme, takım doğrusal hareketi ile meydana gelir. Bu süre içerisinde parça sabit kalarak kesme işlemi bittikten sonra ilerleme hareketi yapar. Yardımcı hareketler ise takım tarafından gerçekleştirilir.



Sekil II.5 Planyalama

Taşılama işleminde (Şekil II.6) kesme hareketi, takımın (taşın) dönmesi ile oluşur, ilerleme ve yardımcı hareketleri takım veya parça veya her ikisi tarafından yapılabilir. Şekil II.6'da a,b) Alın taşılama, c) Çevresel taşılama, d) Punta arası taşılama, e) Puntasız taşılama, f) iç taşılama, g) Planet hareketi ile iç taşılama



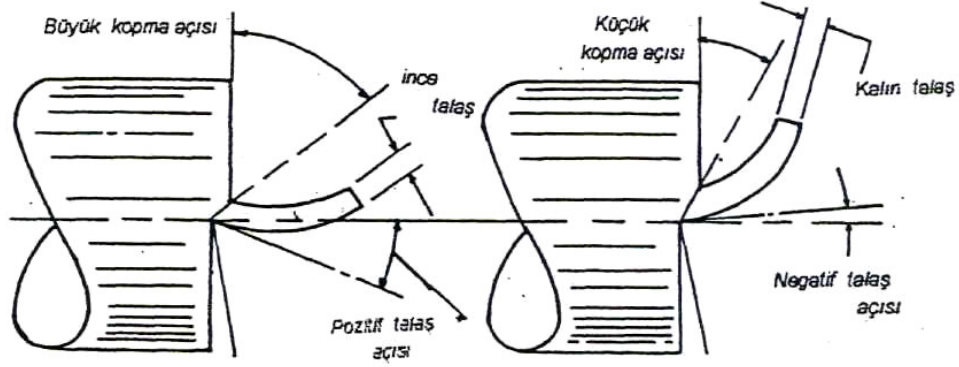
Şekil II.6 Taşılama Yöntemleri

Yukarıdaki şekillerde V kesme hareketini, U parça eksenine veya işlem yüzeye paralel olan ilerleme hareketini. Z parça eksenine veya işleme yüzeyine dik olan ilerleme hareketini temsil eder. Kesik çizgilerle yardımcı hareketler gösterilmiştir.

II.1.3. Talaş Oluşumu

Takım uçunun temas ettiği metal tabakasında önce elastik sonra plastik şekil değişikliği meydana gelir. Metal tabakada, akma başlar ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda tabaka talaş şeklinde belirli bir yüzey boyunca parçadan ayrılır.

Şekil II.7 de görüldüğü gibi pozitif talaş açılı takımda ince talaş ve büyük kopma açısı, negatif açılı takımda ise küçük kopma açısı ve kalın talaş oluşacaktır.



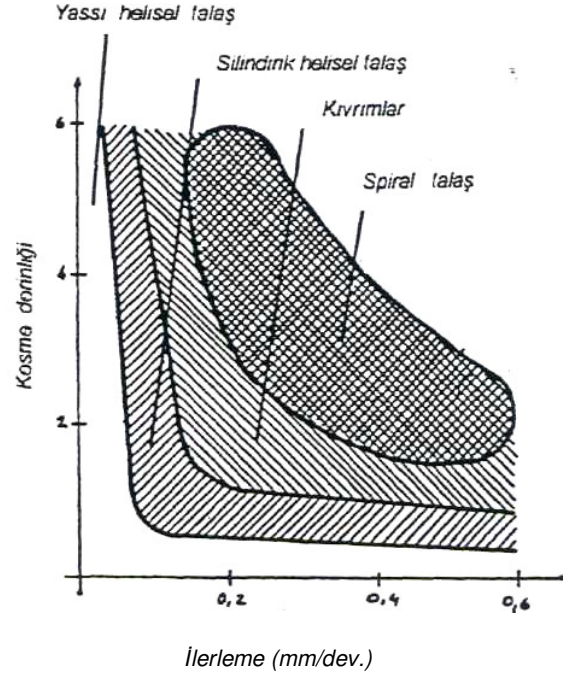
Şekil II.7 Talaş Formasyonu

Yumuşak malzemenin işlenmesinde talaşın kırılabilmesi için kopma açısını küçültülmesi gerekir. Yani negatif talaş açılı takım kullanılmalıdır. İdeal talaş kalınlığı ilerlemeye eşit olmalıdır. Fakat bazı hallerde talaş ilerlemede daha kalındır, (örneğin ayar açısı küçüldükçe talaş kalınlaşır)

Talaşın formu ve düzgün olarak kırılması aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Malzemenin işlenebilme kabiliyetine,
- Kesme hız ve ilerleme değerine,
- Talaş yüzeyinin düzgünlüğüne,
- Kesici uç kalitesine,
- Talaş yüzeyindeki talaş kırıcıya bağlı olarak, talaş değişik formlarda meydana gelir.

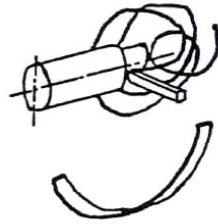
İlerleme ve kesme derinliği değerlerinin talaş kırılması ve talaş formunu nasıl etkilediği Şekil II.8’de ki diyagramda açıkça gösterilmektedir. Pratikte iş parçasının işlenebilme özellikleri, kesme hızı diğer şartlarda hesaba katılmalıdır.



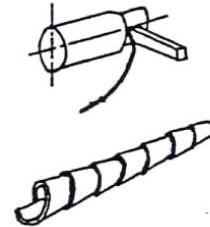
Şekil II.8 Talaş Kırma Diyagramı

II.1.4. Talaş Biçimleri

Genellikle üç basit talaş tipi bilinir. Sürekli talaş tipi; bant veya yarılmış şekilde yüksek kesme hızı ile işlenen sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin oluşması kesme koşullarının iyi, işlenen yüzey kalitesi çok iyi olduğunu gösterir. Ancak, bilhassa bant şeklinde talaş yüzeye yapışıp yüzeyin bozulmasına neden olabilir. (Şekil II.9)



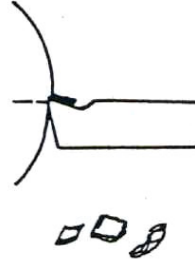
a) Sürekli talaş



b) Sürekli talaş

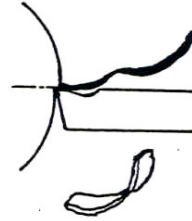
Şekil II.9 Sürekli Talaş Tipleri

Kırılkan kesintili süreksiz talaş tipi; sert malzemelerde ve düşük kesme hızı ile islenen sünek malzemelerde oluşur. Kırılkan talaş tipi sert malzemelerde iyi bir yüzey meydana getirirken sünek malzemelerde elde edilen yüzey kötü olduğundan takım ömrünün kısılmasına neden olur. (Şekil II.10)



Şekil II.10 Süreksiz, Kırılkan, Kesintili Talaş

Yapışık talaş tipi; orta kesme hızı ile islenen sünek malzemelerde oluşur. Yapışık talaş tipi yüzey bakımından çok kötü olmakla beraber takım ağzının bozulmasına neden olur (Şekil II.11) [1] [5].



Şekil II.11 Yapışık Talaş

II.2.TALAŞ KALDIRMAYI ETKİLEYEN PARAMETRELER

II.2.1.Takım Geometrisi

Takım geometrisini tayin eden faktörler α serbest açısı β kama açısı, γ talaş açısı gibi ana açılar ve takım ucunun r yuvarlatma yarıçapıdır. Parçanın işlenmiş yüzeyine teğet bir doğru ve bu doğruya dik bir doğru koordinat sistemi olarak seçilirse bu

koordinat sistemine, göre teğet ile serbest yüzey (parçanın işlenmiş yüzeyine bakan yüzey) arasındaki açı α serbest açığı, dikey doğru ile talaşın temas ettiği talaş yüzeyi arasındaki açı γ talaş açısını meydana getirir. Kama şeklindeki kesici kısmın açısı da β kama açısını oluşturur. Bu açılar Şekil II.13' de torna kaleminin takım referans sistemine göre ölçme düzlemindeki kesitinde gösterilmiştir. Bu açılar arasında :

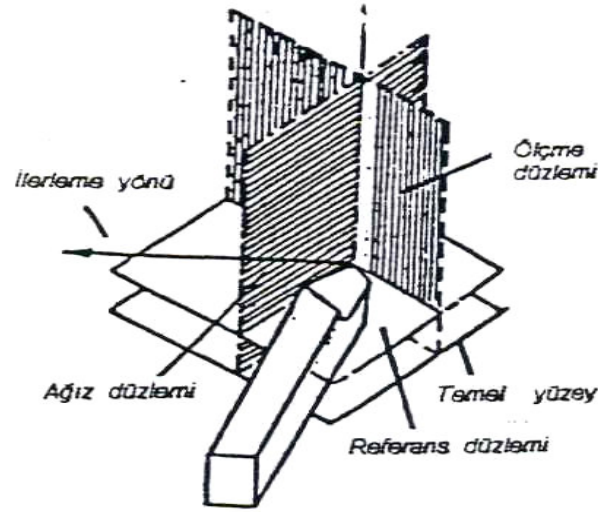
$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (\text{II..1.})$$

bağıntısı vardır.

Talaş açısı γ talaşın parçadan uzaklaşmasını, kama açısı β takımın parçaya nüfuz etmesini ve serbest açı α takımın işlenen yüzeye sürtünmemesini sağlar. Pratikte α açısı takım ve parça malzemesine bağlı olarak genellikle $\alpha = 3^\circ - 7^\circ$ arasında alınır. Dolayısıyla talaş kaldırma olayını esas olarak γ ve β açıları etkiler. Bu hususta (II.1) bağıntısı göz önüne alınırsa iki durum ortaya çıkabilir:

- a) α açısı küçük, β açısı büyük ise; takımın ucu küt olduğundan malzemeye nüfuz etmesi zorlaşır, kesme kuvvetleri büyür, ısı oluşumu artar ve takımın ucu bozulur.
- b) γ açısı büyük, β açısı küçük ise; takım ucu ince olduğundan malzemeye daha kolay nüfuz eder, daha küçük kesme kuvvetleriyle talaş kaldırır, talaş kolaylıkla akar ve takım daha yüksek kesme hızlarında kullanılabilir. Ancak uç ince olduğundan takımın mukavemeti azalır ve kırılma olasılığı artar.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında kırılğan malzemeler için γ açısı küçük β açısı büyük; sünek malzemeler için γ açısı büyük, β açısı ise küçük seçilmelidir. Takım uçları genellikle takım referans sistemine göre ifade edilir. Bu referans sistemi (Şekil II.12); referans düzlemi, ağız düzlemi ve ölçme düzleminde oluşur.



Şekil II.12 Takım Geometrisini Tayin Eden Düzlemler

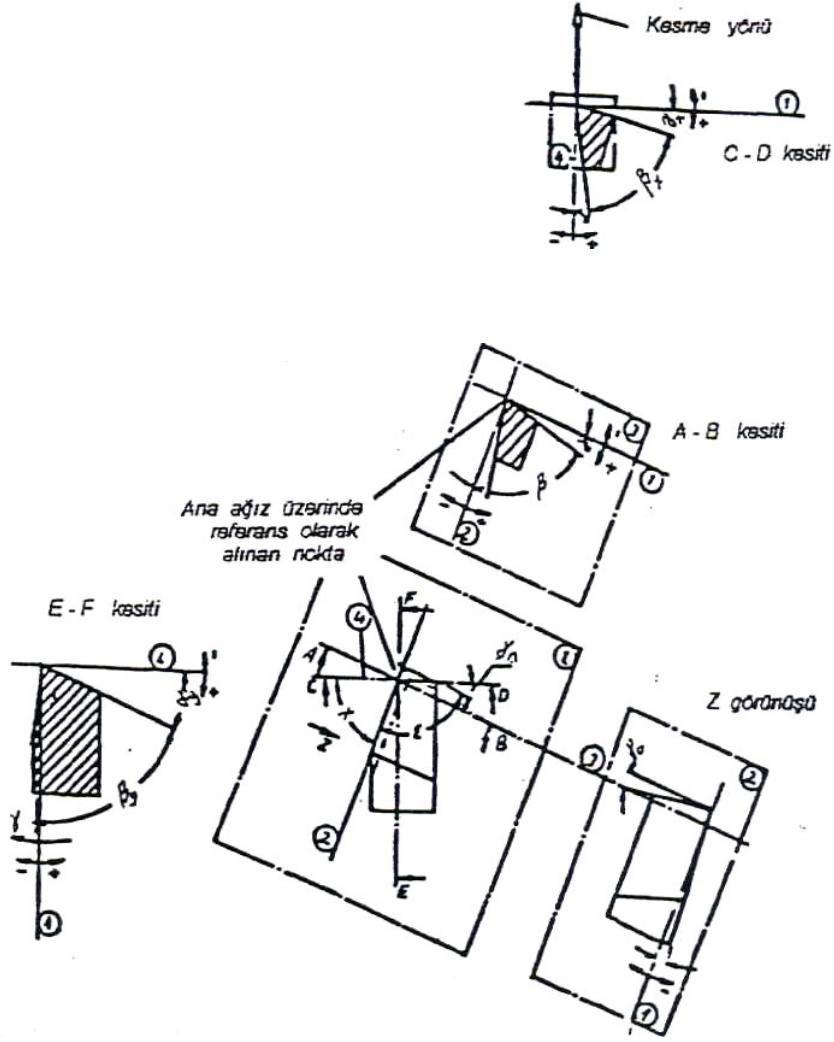
Takımın diğer önemli açıları; uç açısı (ϵ), ana ve yan ağızların referans düzlemindeki izdüşümlerinin oluşturduğu açı: yerleştirme açısı (χ) . ana ağzın referans düzlemindeki izdüşümünün ilerleme yönü ile oluşturduğu açı (λ) ise ana ağzın referans düzlemine dik olan z yönünde (Şekil II.13) bir görünüşle ifade edilir.

1-Referans düzlemi

2-Ağız düzlemi

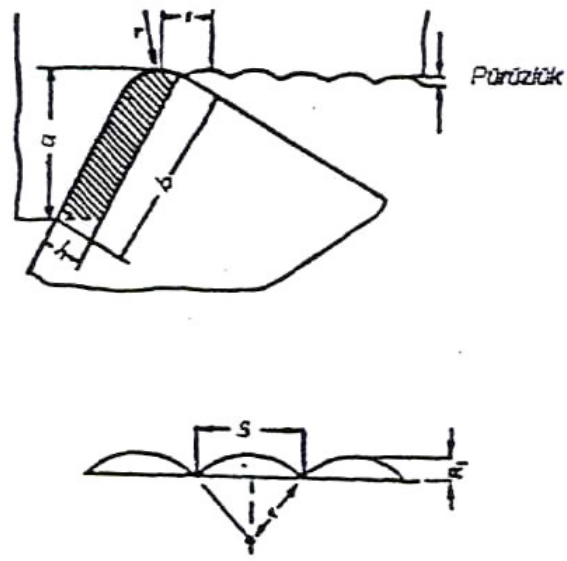
3-Ölçme düzlemi

4-Çalışma düzlemi

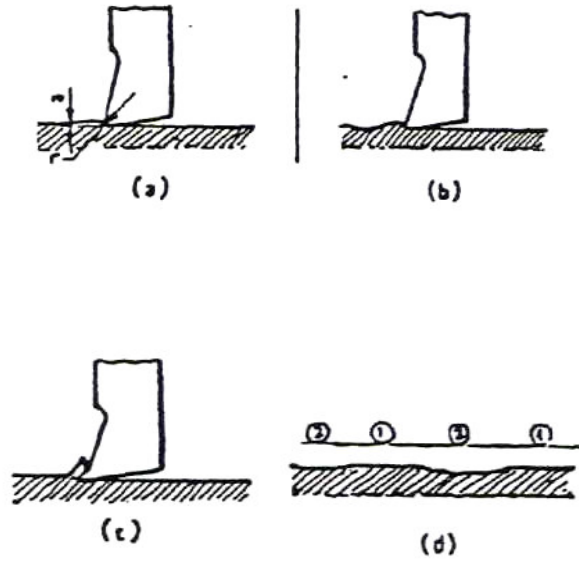


Şekil II.13 Kalemın Takım Referans Sistemine Göre Açıları

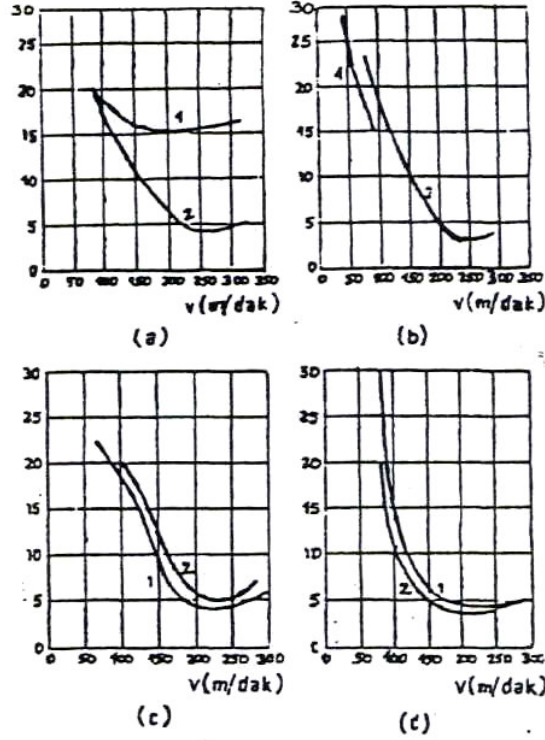
Takım ucunun yuvarlatılmış olması, talaş kesitinin yuvarlatılmış olmasına neden olur. Böylece gerçek talaş kesidi teorik talaş kesitinden daha küçük olur ve parça üzerinde aradaki fark kadar kaldırılmamış talaş kalır. Kaldırılmamış bu talaş kesiti yüzey pürüzlülüğünü oluşturur.



Şekil II.14 Takım Ucunun Etkisi



Şekil II.15 Takım Ucunun Kesme Derinliği Üzerine Etkisi



Şekil II.16 Çeşitli Faktörlere Bağlı a_{min} - V Değeri a) Uç yarıçapının etkisi, b) Takım malzemesinin etkisi c) Parça malzemesinin etkisi d) Kesme sıvısının etkisi

Bununla beraber takım ucunun yarıçapı r , işlenen yüzeyin yüzey pürüzlülüğünde tayin eder. Şekil II.14' den

$$R_t = \frac{S^2}{8.r} \quad (II.2)$$

olarak bulunur. Teorik bir bağıntı olan bu ifade, ilerleme, (s) takım ucunun yarıçapı (r) ile yüzey pürüzlülüğü (R_t) arasında sıkı bir ilişkinin olduğunu gösterir. Gerçek pürüzlülüğün değeri (II.2) bağıntısıyla hesaplanan değerden küçüktür ve pürüzler birbirine eşit değildir. Buna rağmen (II.2) bağıntısı, s ve R_t ye göre r 'nin bilimsel olarak seçilmesini sağlar.

Takım ucunun r yarıçapı minimum kesme kalınlığında belirler. Kesme kalınlığı a , r' den daha küçük olduğu halde (Şekil II.15.a) takım, talaş kaldıracığına yüzeyi bastırır (Şekil II.15.b) ve sertleştirir. Hareketin devam etmesi ile takım önüne toplanan malzemeyi tırmalama yoluyla kaldırır. (Şekil II.15.c); bunun sonucu işlenen

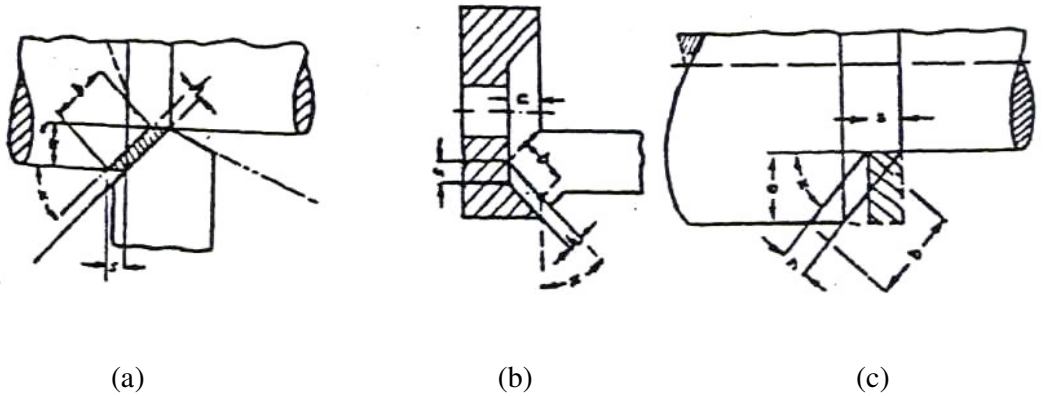
yüzeyin bir kısmı bastırılmış ve parlak, diğer kısmı yüzey kalitesi kötü olarak (Şekil II.15.d) ortaya çıkar. Ancak minimum kesme derinliği a_{min} sadece r 'ye bağlı olmayıp, takım ve parça malzemesine, kesme sıvısına da bağlıdır, a_{min} - v bağıntısı Şekil II.16.a' da takım ucunun yarıçapına; Şekil II.16.b' de takım malzemesine; Şekil II.16.c' de kesme sıvısına bağlı olarak verilmiştir. Şekil II.16.a' da 1) $r=0.02mm$ 2) $r=0.1mm$ Şekil II.16.b' de 1) Hız çeliği, 2) Sert metal Şekil II.16.c' de 1) Çelik $\sigma_k = 65 \text{ daN/mm}^2$, 2) Çelik $\sigma_k = 90 \text{ daN/mm}^2$, Şekil II.16.d' de 1) Kuru, 2) Soğutma sıvısı için geçerlidir. Pratikte a_{min} için diyagramlarda gösterilenden çok daha büyük değerler alınır.

II.2.2. Talaş Geometrisi

Talaş boyutları, kesme derinliği denilen kaldırılacak tabakanın kalınlığı (a) ve ilerleme (s), talaş genişliği (b) ve talaş kalınlığı (h) ile ifade edilir. (Şekil II.17 a.b.c) Parçanın çapı başlangıçta D ve bir paso kaldırıldıktan sonra D_o olursa kesme derinliği:

$$a = \frac{D - D_o}{2} \text{ mm}$$

şeklinde ifade edilir.



Sekil II.17 İlerleme Ve Talaş Boyutları

Talaş genişliği (b) takım ağzının parça ile temasta bulunduğu uzunluk kalınlığı (h) ise takımın takım ağzına dik bir yönde bir devirde ilerlediği mesafedir. Şekil III.17.c' den

$$h = s \cdot \sin x \quad (II.4)$$

ve

$$b = \frac{a}{\sin x} \quad (II.5)$$

bağıntıları bulunur. Bu boyutlara bağlı olarak talaş kesiti; q

$$q = b \cdot h = (a / \sin x) \cdot (s \cdot \sin x)$$

$$q = a \cdot s \quad \text{veya} \quad s = q / a \quad (II.6)$$

şekilde ifade edilir. (II.4) ve (II.5) bağıntılarına göre sabit bir (a) ve (s) için (h) ve (b) değerleri (x) yerleştirme açısına bağlı olarak değişir. Bu durumda belirli bir talaş kesiti q; çeşitli h / b oranlarında meydana gelebilir. Pratikte h / b oranı kullanılır, s/a oranı büyük olduğu zaman talaş daima kalın ve kısa, küçük olduğu zaman ise ince ve uzun olur. s / a oranı azaldıkça takım daha az aşınır ve aynı ömür için kesme hızı daha büyük seçilebilir. Dolayısıyla s / a oranı küçük olan, talaş kaldırma bakımından daha uygundur. Ancak zaman bakımından işleme zamanı artar.[1][2]

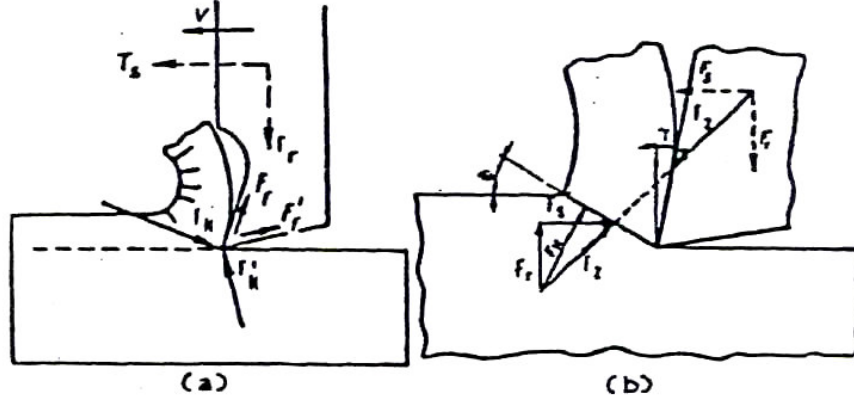
II.2.3. Kesme Hızı

Kesme hızı tornalamayı etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Boyunu dış tornalama işleminde, (Şekil II.18) parça çapı D (mm) ve dönme sayısı n (dev/dak) ifade edilirse Kesme hızı:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{mm/dak}) \quad (II.7)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Talaş kaldırma ile parçanın çapı D' den, Do' a azalır. Dolayısıyla parça çapı azaldığı için, temas boyunca kesme hızı değişecektir. Ancak

Kesme kuvveti (F_s) ve kesme hızı (V) tezgâh motorunun verdiği enerji ile sağlanır. Bu enerji tezgâhın kinematik sisteminden ana mile ulaşır.



Şekil II.19 Talaş Kaldırma Kuvvetleri

Bu faktörlere bağlı olarak talaş kaldırmak için gereken kesme gücü;

$$P_s = F_s \cdot V \quad (II.10)$$

Ve kinematik sistemin verimi η ile ifade edilirse tezgah motorunun gücü;

$$P_m = \frac{P_s}{\eta} \quad (II.11)$$

bağıntıları ile belirlenir.

II.2.5. İlerleme Hızı

İlerleme, parçanın bir devirde aldığı mesafedir. Bu nedenle ilerleme s , (mm/dev) olarak ifade edilir. İlerlemenin yanı sıra u (mm/dev) şeklinde ifade edilen ilerleme hızı da vardır. s ve u arasındaki bağıntı;

$$S = \frac{u}{n} \quad (\text{mm/dak}) \quad \text{veya} \quad u = s \cdot n \quad (\text{mm/dak}) \quad (II.8)$$

Şeklinde yazılabilir [15].

İlerleme işleme zamanının etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İlerleme değeri büyüdükçe işleme zamanı aynı oranda azalacaktır.

II.2.6. Takım Malzemesi

Kesme takımlarının sahip olması gereken özellikleri yüksek sertlik, tokluk, iyi aşınma direnci, mekanik ve ısıl darbe direnci ve bu özellikleri yüksek sıcaklıklarda koruyabilmeleridir. Üretim bakımından, takım malzemeleri kolay elde edilebilmelidir. Yüksek sertlik genellikle takıma iyi aşınma direnci verir, ancak alçak tokluk zayıf mekanik darbe direnci ile birleşebilir.

Kesme sırasında sıcaklıkların yüksek olması nedeniyle kesme şartları etkilenir. Özellikle karbon çelikleri ısıya karşı çok duyarlıdır ve sertlik artan sıcaklıkla düşer. Bu nedenle bu takımlar düşük kesme hızlarında, fazla sert olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılırlar. HSS’de sıcaklıktan etkilenir. Sinterlenmiş karbür ve sementite edilmiş oksitler sıcaklıktan fazla etkilenmezler.

Yaklaşık % 7 karbonlu, karbon çeliği takım malzemesi olarak kullanılır. Takımın özelliklerini iyileştirmek için bir çok alaşım malzemeye ilave edilebilir. Bunlardan krom ve mangenez sertliği, tungsten ise aşınmaya karşı direnci artırır. Bu takım malzemesi ile maksimum 10 m/dak’lık kesme hızlarına ulaşılabilir. Günümüzde bu çelikler hemen hemen hiç kullanılmazlar.

Hız çelikleri (HSS), yüksek oranlarda tungsten vanadyum ve krom içeren çelik alaşımlarıdır. Küçük kesme hızları (max.30-40 m/dak) için hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında kullanılırlar ve iyi eğilme mukavemetine sahiptirler.

Sert metal adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemesi kobalt olan; tungsten, titan ve tantal karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Sert, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı fakat eğilme mukavemetleri düşüktür. Ortalama 80-300 m/dak kesme hızlarına sahip malzemelerdir.

Seramikler, ana malzemesi alüminyum oksidi olan ve sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. Sertlikleri çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır.

En sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılgan ve pahalı bir malzemedir. Elmaslar, diğer malzemelerin kullanılması çok zor veya imkansız olduğu durumlarda kullanılırlar. Kesme hızları normal işlemlerde 100 ila 500 m/dak. arasındadır, özel hallerde 3000 mm/dak' ya kadar çıkabilir.

II.2.7. Parça Malzemesi

Talaş kaldırma sırasında parça malzemelerinin davranışları farklıdır. Bu farklılık işleme kabiliyeti ile ifade edilir. Malzemelerin işlenme kabiliyeti genellikle kesme hızına bağlı olarak değerlendirilir. Buna göre takımın belli bir ömrü için en yüksek hızı ile en iyi işleme kabiliyetine sahip olduğu söylenebilir.

Çeliklerin en önemli bileşeni olan karbonun etkisi şu şekilde özetlenebilir: % 0.2 karbon içeren çeliklerin işleme kabiliyetleri maksimumdur. Bu değere göre çeliklerin karbon miktarı arttıkça veya azaldıkça işlenme kabiliyetleri azalır. Diğer alaşım elementlerinin hemen hemen tümü işlenme kabiliyetini azaltmaktadır. Ancak kükürt, fosfor ve normal olarak çeliğin bünyesinde bulunmayan kurşun bu özelliği iyileştirir. Malzemelerin sertliği ve mukavemet arttıkça, işlenme kabiliyetleri azalır [8].

Malzemelerin işleme kabiliyeti; kimyasal bileşenlere, yapıya kazandırdığı süneklik, sertlik ve mukavemet gibi mekanik özelliklere bağlıdır. Talaş kaldırma sırasında parça malzemelerin davranışları farklıdır. Bu farklılık talaş kaldırma ve işlenme kabiliyeti ile ifade edilir [4].

BÖLÜM III.

TAKIM AŞINMASI VE TAKIM ÖMRÜ

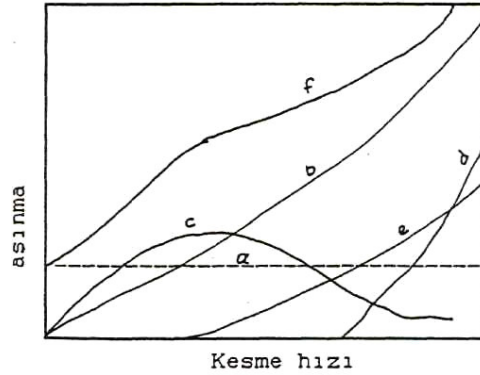
III.1.TAKIM AŞINMASI

III.1.1. Aşınmanın Tanımı

Aşınma olayı takımlardaki kesme noktasının yer değiştirmesidir. Kesici takım olarak kullanılan sert metaller talaşlı şekillendirmede işlem sırasında mekanik ve termik zorlamalara uğrarlar ve bu sebeplerden, dolayı takım aşınır.[9]. Kesici takım geometrisi bozulmuş, üretilen parçada istenen yüzey kalitesi sağlanamıyor ve yeni takıma göre kullanılan gerekli kesme gücü artıyorsa kesici takım aşınmış olarak nitelendirilir [10].

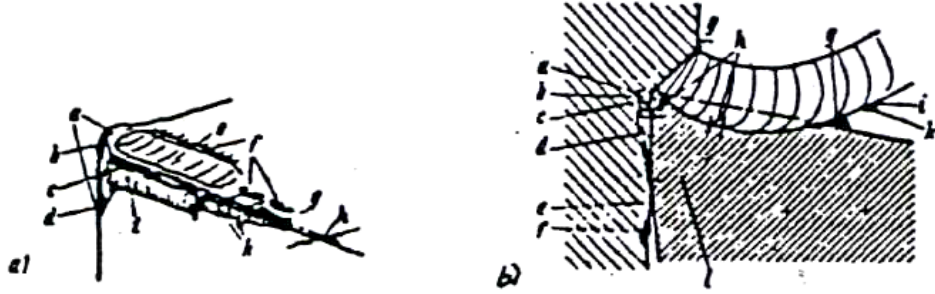
III.1.2. Aşınma Sebepleri

Şekil III.1. ve III.2. çeşitli aşınma nedenlerini kesme hızına bağlı olarak göstermektedir.



Şekil III.1. Kesme Hızına Bağlı Olarak Takımın Çeşitli Aşınmalar Sonucu Kullanılamaz Hale Gelmesi

a) kesici kenarın şekil değiştirmesi, b) kazıma, c) kaynak yerlerinden kesilme ile kopma, d) sızma, e) kabuk bağlama, f) aşınma



Şekil III.2. Aşınma Görünümleri, Aşınma Nedenleri

a)Aşınma görünümleri

a) kabuk bağlama, b) köşe kopması, c) kesici kenarda kopmalar, d) uç aşınması, e) çukur aşınması, f) pres kaynaklanma sonucu kopma, g) kesici uç yükselmesi sonucu döküntüler, h) kesici kenar yer değiştirmesi, i) serbest yüzey aşınması, k) taraksı çatlaklar

b)Aşınma nedenleri

a) kesici kenarın aşırı yüklenmesi, b) kesici uçta yükselti, c) kazınma, d) plastik deformasyon, e) oksitlenme, f) yer değiştirmiş kesici uç yükseltisi g) pres kaynaklanması, h) sızma, i) yer değiştirmiş pres kaynaklanması, k) kopmuş sert metal parçacıkları, l) kesici kamada değişen ısı gerilmeleri.

Kesici ucun köşe yuvarlaklaşması bilenmiş takımlarda küçük kesme hızlarında bile hemen oluşur.

Mekanik aşınma yükselen kesme hızlarıyla kuvvetlice artar, çünkü oluşan yüksek sıcaklıklarda takımın sertliği ve mukavemeti azaldığından aşınma direnci de düşer.Pres kaynaklanması sonucu aşınma, küçük talaş parçacıklarının talaş yüzeyine yapışması ve bunların akan talaşla koparılmasıyla oluşur.

Sızma (malzemelerin birbirlerine girmeleri, difüzyon) olayı kesici ucun erime sıcaklığının yarısına kadar ısınması ve yeterli zamanın bulunması halinde meydana

gelir. Sızma yalnızca sert metalde olur. Çünkü takım çeliği ve hız çeliği sızma sıcaklığına erişmeden yumuşarlar. Sızma olayı sonucu talaş ve serbest yüzeylerindeki aşınmalar aşağıdaki hallerde olasıdır.

- a) Çelik iş parçasının, kesici takımdaki kobalt elemanı ile alaşıma girmesi ve bunun sonucu karbürlerin açığa çıkıp süpürülmeleri,
- b) Çelik malzemenin volfram karbürlerinden, karbonun alınması,

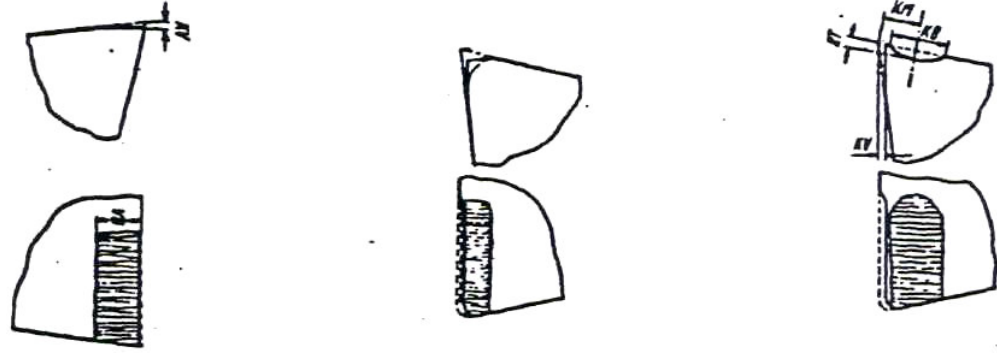
Alçak kesme hızlarında, yani talaş taneciklerinin talaş yüzeyindeki küçük çıkıntılar önünde bir süre yığılmalarında karbürler çözülürler ve aşınma büyük olur.

Dökme demirde sızma davranışı başkadır. 30 m/dak. altındaki kesme hızlarında aşınma azdır. Sert metal takımlarla dökme demirin yüksek kesme hızlarında islenmesinde görülen fazla aşınma, malzeme çifti arasındaki sızma olayına bağlı olup, dökümün mekanik özellikleriyle ilgili değildir. Bunu kanıtlayan bir durum sinter oksit takımlarda yüksek hızlarda bile görülen az aşınmalardır.

Kabuklanma olayı yalnızca sert metallerde görülür. Çünkü takım çelikleri ile hız çelikleri kabuklanma sıcaklığına erişmeden kesme yeteneklerini kaybederler. Kesici uç yalnızca aşınma bölgeleri dışında kabuk bağlayabilir. Çünkü aşınmanın olduğu yerlere hava giremez. Sıcaklık değişiklikleri, (örneğin; soğutucu sıvı gibi dış etkenlerle) bölgesel bünye değişikliklerine ve bunun sonucu kırılmalara yol açabilir. Bu hususta özellikle seramik takımlar hassastır.

III.1.3. Takımda Aşınma Şekilleri

Kesme işlemi sırasında uçta aşınma sonucu giderek artan değişiklikler gözlenir. Bunlar ölçülebilir ve takım ömrü ile ilgili iyi bilgiler verirler. Aşınma işareti genişliği VB (Şekil III.3) sayısal bir değer olarak yüzey aşınması için verilir. Bu genişlik kolay tanınır ve iyi ölçülebilir. Düzensiz aşınma yüzeylerinde, VB için talaş kaldırma genişliğinde aşınmanın sınır hatalarını vereceği aritmetik ortalama değer alınır. Talaş yüzeyi aşınması ise kesici kenarda baslar ve talaş açısını değiştiren eğik bir uç teşkil eder. Kenar yuvarlaklaşması, serbest ve talaş yüzeylerinin birlikte aşınmalarıyla oluşur, (Şekil III.3) Bu olay kılavuz, rayba, boşaltma takımı gibi küçük hızlarda çalışan takımlarda görülen tipik körlenmedir [8]



a) Serbest yüzey aşınması

b) Talaş yüzeyi aşınması
Serbest yüzey aşınması
Kenar yuvarlaklaşması

c) Çukur aşınması

Şekil III.3. Takımda Aşınma Şekilleri

VB Aşınma işareti genişliği, KV Kenar kaynaması, KB Çukur genişliği, KM Çukur orta eksen uzaklığı, KT Çukur derinliği

Metalik aşınmanın bir çok tipleri olmasına karşılık takımlarda iki temel aşınma tipi görülür.

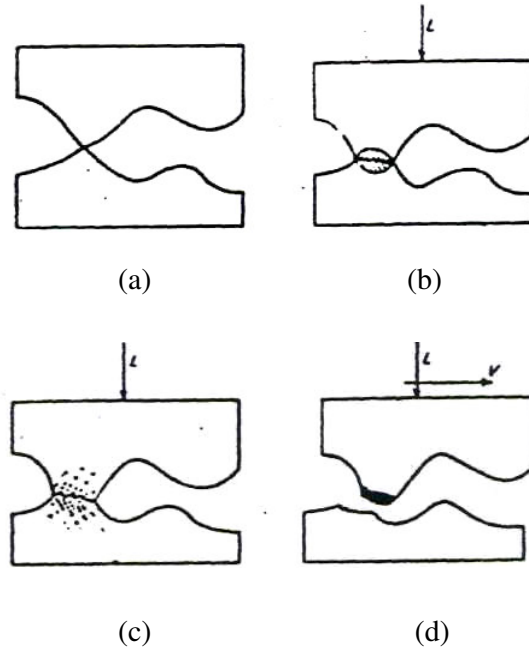
1- Metal transferi; veya yağlama filminin olmaması durumunda kayma yüzeylerindeki temas sonucu oluşan aşınmadır. Bu tip aşınmalar takımın is parçası ile temas ettiği kısımda ve talaşın takım kesme yüzeyi ile temas ettiği bölgelerde meydana gelir.

2- Yenme aşınması; Bu tip aşınmalar sert bir malzemenin daha yumuşak malzeme üzerinde kayması durumlarında oluşur. Bu tip aşınmalar takımın is parçasıyla temas halinde olduğu takım uç kısımlarına yakın yerlerde oluşur.

Bu iki aşınma genellikle tek bir basınç şeklinde değil de bir kombinasyon şeklinde oluşur [13].

III.1.3.1. Metal Transferi

Eğer iki temiz yüzey birbirine bastırılırsa temas kısımlarındaki küçük çıkıntılar büyük bir basınç altında kalırlar. Bu kısımlarda gerilme, akma noktasını geçeceği için Şekil III.4 'de büyütülmüş olarak gösterilen plastik akma görülecektir.



Şekil III.4. Metal Transferi

(a) Yüklenmemiş yüzey, (b) L yükü ile temas bölgesinde plastik akışın oluşumu, (c) Plastik akis gerilme sertlikleri, (d) Parçacık transferi

Bu temas yüzeyleri kristalografik düzlemler boyunca birbirlerine gireceklerdir. Bu küçük tepecikler plastik deformasyonlar sırasında (bu küçük bölgelerde genleşme sertleşmeleri oluşacağı için) bu kısımlar esas malzemeye göre daha sert olacaklardır.

Eğer iki yüzey birbirine göre izafi bir hareket yaparsa bu ara yüzeyleri kırılacak ve enerji açığa çıkacaktır. Bu enerjide ısı dönüşecek dolayısıyla sıcaklık artacaktır. Böylece katı hal difüzyonu metalik bağlantı sağlayacak şekilde oluşacaktır, iki parçanın kaymasının devam ettirilmesi bu metalik bağlantı kısmının kaymasına yol açacaktır.

Orijinal plastik deformasyonun olduğu küçük tepeciklerde, plastik akışın neden olduğu genleşme sertleşmesi ve bu sertleşmenin etkileri ana temas yüzeylerinden daha fazla esas metale doğru ilerledikçe etkisi azalmaktadır. Ayrıca birbiri ile birleşmiş olan küçük tepeciklerin kesit alanları malzemeler birbirine değdikçe artar.

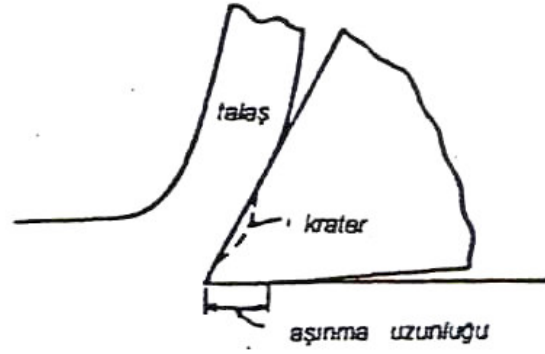
Eğer iki yüzey izafi bir kayma hareketi yaparsa metalik bağlantı kısmı orijinal temas yüzeyinden kayma doğrultularından ayrılacak ve metal partikülü bir yüzeyden

diğer bir yüzeye taşınacaktır, (Şekil III.4.d) Bu tip bir aşınma genellikle metal transferi olarak adlandırılır.

Eğer makine parçaları, rulmanlar, yeterince kalın bir film tabakasıyla kaplıysa bu tür aşınma kontrol altına alınır ve azaltılabilir. Metal transferi esas olarak temas halindeki iki yüzeyin sertliklerinden, yüzey kalitelerinden, yağlama durumlarından ve parçalar arasındaki dik basınçlardan etkilenir. Yüzeylerin sıcaklığı (malzemelerin sertlikleri sıcaklığa bağlı olduğundan) aşınmayı etkiler.

III.1.3.2. Yenme Aşınma

Bu tip aşınma birinci parça yüzeyindeki partiküllerin, ikinci parça yüzeyinde kayması sonucu oluşur. Bu sert partiküller küçük birer kesme takımı rolü oynar, ikinci parça yüzeyinden parçacıklar kaldırır. Bu partiküller metal kesmede işlenmiş yüzey ile takım arasına giren yabancı parçalardan oluşur. Bu partiküller takımın parça yüzeyinden talaş kaldırması sırasında genleşme sertleşmesi oluşturduğundan sertlikleri fazladır. Bu partiküller kesme sırasında takım ile talaş arasına yerleşeceği ve bunlar takımdan daha yumuşak, malzemeden daha sert olduğu için takımı aşındıracaktır. Bu olay sürtünmeyi artıracak, bunun neticesinde takımın sıcaklığı artacak bu da takımın sertliğini kaybetmesine neden olacaktır. Bunun neticesinde yenme aşınması hızlanacaktır. Takım sıcaklığının artması temas halindeki küçük tepeciklerde difüzyonu artıracak ve takımdan olan metal transferi artacaktır. Metal transferi ve yenme aşınması takımın kesme ucunda Şekil III.5 'de gösterilen aşınmış bölgeyi oluşturur. Buna da aşınma bölgesi adı verilir. Eğer bu kısmın uzunluğu karbonlu takımlarda 0.03 inci geçecek olursa takım aşınmış olarak kabul edilir. Bu uzunluğun artması sürtünmeden oluşan ısıyı artıracak bu da takımın kesme noktasındaki (takım ucunu) sıcaklığının artmasına neden olacak. Dolayısıyla takım ucundaki sertlik kaybolacaktır.



Şekil III.5. Kesme Takımlarında Aşınma Bölgesi

III.1.3.3. Katı Hal Difüzyonu

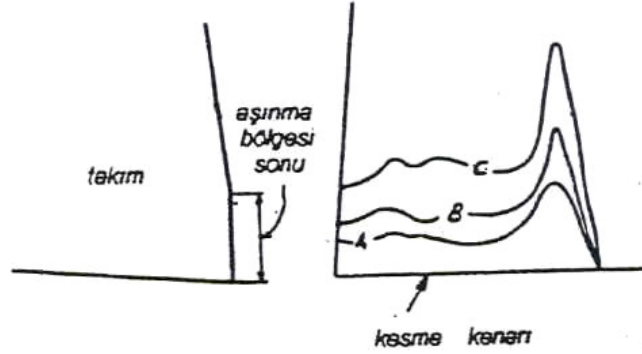
Katı hâl difüzyonu, metal kristali içerisindeki atomların bir kafes noktasından diğerine geçme mekanizmasıdır. Bu hareket doğrultusu, yüksek atom konsantrasyonu olan kısımda daha az konsantrasyona sahip olan doğrultu yönünde (gaz difüzyonunda olduğu gibi) atomların yol almasını sağlar. Difüzyon atomların sıkışma oranına bağlıdır ve difüzyon oranı sıcaklığın üssü olarak artar.

Metal kristalleri içerisinde, difüzyon genellikle kafes hatlarında ve özellikle kafesler arası noktalara doğru olur. Kristal düzensizlikleri genellikle tane sınırlarında, kristal içerisine göre daha büyük olduğundan, difüzyon esas olarak tane sınırlarında kristal içerisine göre daha çok oluşacaktır. Difüzyon atomik konsantrasyona bağlı olduğu için (yüksekten alçağa doğru) bir atomun yüksek konsantrasyondan alçak konsantrasyona doğru hareketi yüksek konsantrasyonu azaltacak, alçak konsantrasyonu artıracığı için zamanla difüzyon hızı azalacaktır.

Yüksek sıcaklıkta alçak karbon çelikleri ile yüksek karbon çelikleri ve alaşım çeliklerinin veya sinterlenmiş karbür çeliklerinin temiz yüzeylerinin birbiri ile teması neticesinde sert olan malzeme difüzyon dolayısıyla yumuşayacaktır. Difüzyon, kesme takımlarında takım ucu aşınmasına neden olacaktır. Karbonlu takımlarda bu durum kraterleşme olarak adlandırılır [8].

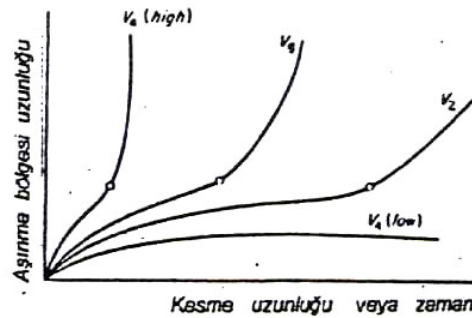
III.1.3.4. Takım Ucu Aşınması

Şekil III.5 'de gösterilen aşınma uzunluğu, yenme aşınması ve difüzyonun yol açtığı metal transferi sonucu oluşur. Bundaki safhalar Şekil III.6 'de gösterilmiştir.



Şekil III.6. İlk Aşınma Bölgesi A' dan, Son Aşınma Bölgesi C' ye Aşınma Uzunluğunun Oluşması

Bu aşınma uzunluğu aynı genişlikte değildir. Seklin alt kısmında daha geniştir. Takım ucunun şekli aşınma uzunluğunun gelişmesini etkiler. Düşük kesme hızlarında takım ucunun seklinde dolayı, takım ucundan ayrılan parçacıklar takımla iş parçası arasında geçer. Daha yüksek kesme hızlarında iş parçasıyla takım ara yüzeyindeki sıcaklık yüksek olacağı için aşınma uzunluğu artacaktır. Şekil III.7' de değişik kesme hızlarında aşınma uzunluğu, kesme uzunluğu ve zamanın fonksiyonuna bağlı olarak verilmiştir.



Şekil III.7 Farklı kesme hızları (V) için kesme takımlarında aşınma uzunluğunun oluşması

Şekildeki eğriler kesme olayının başlangıcında aşınma uzunluğunun ani olarak arttığını göstermektedir. Bu ise takımdeki parçacıkların kırılmasından dolayı oluşmuştur. Daha sonra ortalama bir artış gözükmemektedir. (VI, V2, V3 için) Daha sonra takımın hasarını gösteren noktalardan sonra aşınma ani bir artış göstermektedir.

III.1.3.5. Kraterleşme

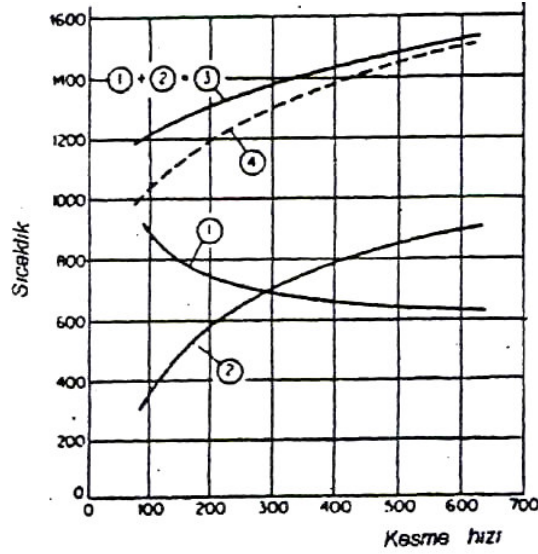
Kesme takımında aşınmanın olduğu ikinci bölge Şekil III.5 'de gösterilen kesme yüzeyindeki, kraterdir. Bu krater, takımın kesme yüzeyinden akan talaşın sürtünmesinden dolayı oluşmaktadır. Şekil III.8' de gösterilmiştir. Bu bölgede talaş yüksek sıcaklıktadır ve talaş parça yüzeyinden yeni kaldırıldığı için talaşın yüzeyi de temizdir (herhangi bir yağlama filmi yoktur). Böylece yüksek sıcaklıktaki talaş takım yüzeyinden akarken talaş ile takım yüzeyi arasında metalik temas oluşacaktır. Bu da iki yüzey arasındaki pürüzlülüklerde yerel adhezyon ve difüzyonun oluşmasına neden olacaktır. Krater aşınması ; sert metal kesici uçlar için, yüksek hız çelikleri ya da seramik kesici uçlardan daha önemlidir [11],[12].



Şekil III.8 Takım Kriterinde Talaş Sürtünmesi

Krater aşınma mekanizması şu şekilde açıklanmaktadır:

1 - Talaş takımın kesme yüzeyi üzerinden aktıkça, Kayma düzlemlerinde ve sürtünmeden oluşan yüksek sıcaklık, takım ve pürüzlüklerinin birbirine kaymasına neden olur. Talaşın hareketine devam etmesi bu birbirine kaynamış noktaların en zayıf yerinden kopmasına neden olacaktır. Talaşın ısısı daha fazla olacağı için parçacıklar talaştan koparak takıma geçecektir. Şekil III.9' da gösterilen grafikte belirtilmiştir.



Şekil III.9 Takım Talaş Ara Yüzeyinde Sıcaklık Ortalaması

Eğri 1 Esas talaş parçasına bağlı olarak talaş gövde sıcaklığı

Eğri 2 Sıcaklığın takım-talaş sürtünmesine bağlı olarak artması

Eğri 3 Hesaplanmış kesme sıcaklığı

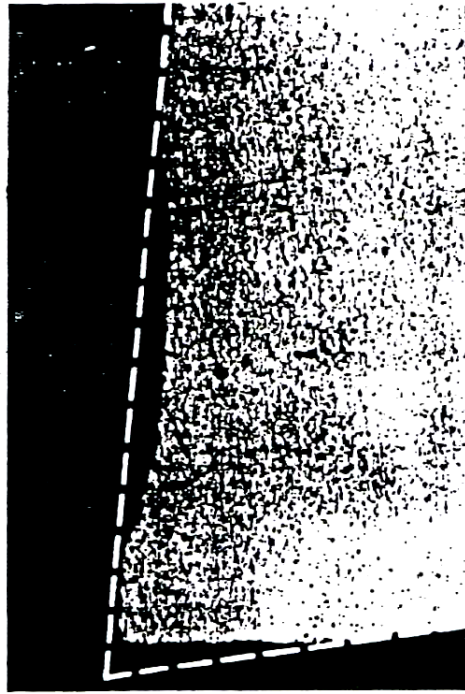
Eğri 4 Takım-iş parçası thermocouple tarafından ölçülen kesme sıcaklığı

Şekil III.9' da kullanılan malzeme Ne 9445 ıslah edilmiş çeliktir. Şekil III.9' da bulunan 4 no' lu eğride ölçülen sıcaklık hesaplanan sıcaklıktan daha düşüktür. Eğrideki farklılık konveksiyon ve radyasyon kayıplarının hesap değerlerinin ihmal edilmesinden dolayıdır. Bu değerler ortogonal kesme şartlarında (yani kesici kenarın

kesme ucu olarak kullanıldığı durumlarda) hesaplanmıştır. Konvansiyonel kesmede ise kesme işleminde hem kesici kenar nemde kalem ucu, kesme işlemini oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu son durumda takım talaş ara yüzeyindeki açığa çıkan ısı daha fazla olacaktır.

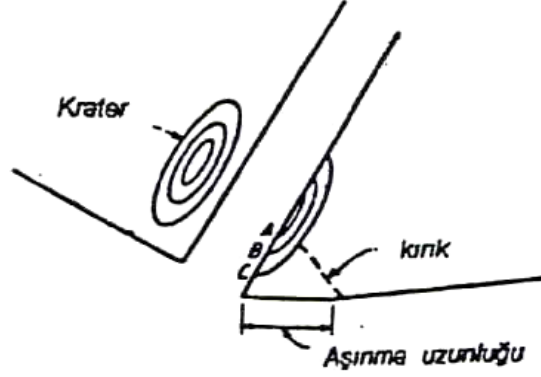
2- Difüzyon, talaşın takım üzerine yapışan parçacıkları ile takım arasında oluşacaktır. Yüksek sıcaklık şartları ve geniş difüzyon gradyenti dolayısıyla takım yüzeyindeki yerel bölge ile talaş arasında difüzyon ve alaşım elemanı tasınması için gerekli şartlar ortaya çıkmış olacaktır. Dolayısıyla takım malzemesi ile bunun üzerine kaynak olmuş olan talaş parçacıkları arasındaki bağ zayıflayacaktır.

3- Takım yüzeyindeki parteküllerin en zayıf noktası difüzyonda göz önüne alacak olursak, takım yüzeyinde oluşacağı için bu talaş parçacıklarının takım yüzeyinden ayrılması durucunda (talaşın takım yüzeyinde hareketi esnasında) takım yüzeyinden mikro partiküllerde ayrılacaktır. Böylece sert takım daha yumuşak ve yüksek sıcaklıktaki talaş tarafından aşınmaya maruz kalmış olur. Şekil III.10 karbon takımındaki aşınmayı gösteren bir fotoğraftır.

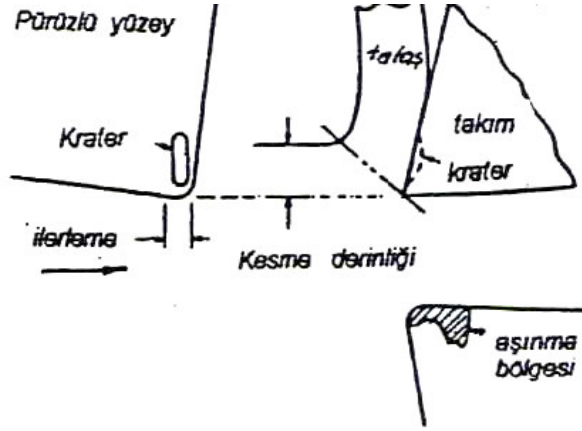


Şekil III.10 Karbon Takımında Aşınma Bölgesi Ve Kraterinin Enine Kesiti. Orijinal Dış Hat Kesik Çizgiyle Gösterilen Bölgedir

Şekil III.11 ve Şekil III.12 takımındaki kraterleşme ve aşınma uzunluklarını ortogonal kesme şartları için şematik olarak göstermektedir.



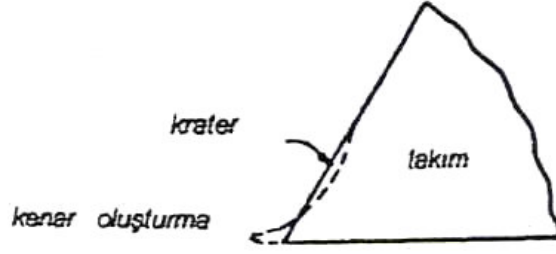
Şekil III.11. Serbest Nokta Çizgi Boyunca İlk Aşınma A Dan Son Aşınma C Ye Kadar Aşınma Yüzeyindeki Kraterin Büyümesi



Şekil III.12 Kesme Takımının Aşınması

Şekil III.11' de krateri kesme boyutları C ile gösterilen boyutlara ulaşmış ise kesik çizgi ile gösterilen bölgede takım kırılacaktır.

Kesme kenar formunun Şekil III.13' te ki gibi oluşturulması Şekil III. 11' deki kırılmanın oluşmasını önleyecektir.



Şekil III.13 Kesme Noktasında Kenar Formu Meydana Getirerek Krater Oluşumunu Korumak

Bu şekilde kraterleşme noktası takım ucundan daha geride oluşacaktır. Bu nokta ise Şekil III.11' de ki gibi zayıf değildir. Dolayısıyla kırılma zorlaşacaktır. Buraya kadar kenar aşınması ve kraterleşme aşınması birbirinden bağımsız olarak incelendi. Halbuki her iki tip aşınma takım malzemesi ve iş parçası malzemesi çifti için birlikte hesaba katılmalıdır.

Kesme işlemlerinin analizleri sonucu su gözlemler söylenebilir; düşük çalışma hızı ve yumuşak malzemelerde geniş kesme uçları oluşturulmalıdır. Yüksek hızda takım ucunda sıcaklık artar ve takım ucu sıcak is gurubuna girer. Bu da kraterin takımı zayıflatması ve kırılmasının oluşmasına neden olur.

Yumuşak malzemeler için kenar aşınması yüksektir. Çünkü malzemedeki pürüzlükler çabuk kopacaktır. Yüksek çalışma hızlarında kesme sıvılarının ara yüzeyde film oluşturma imkanı âzdır. Bu da yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olacaktır.

Seramik ve karbür takımlarının yüksek sertliğinden dolayı, talaş oluşumu kesme sıvısının ısıl şokundan ve takım tezgahının rijitliğinin yeterli olmamasından, tezgah parçalarının titreşiminden oluşan kuvvetler neticesinde oluşmaktadır. Su kısmen seramik takımlar için doğru olup, yeni takımın ilk bir kaç dakikalık çalışması sırasında ortaya çıkmaktadır. Talaş oluşumu seramik takımlarda takım kesme ucuna doğru çok iyi islenmesi (leblenmesi) ile azaltılır [8].

III.2. TAKIM ÖMRÜ

III.2.1. Takım Ömrünün Önemi

Takım Ömrü, takımın başlangıçtan belli bir aşınma kriteri ile tanımlanan noktaya kadar olan zaman olarak nitelenen faydalı ömürdür. Arzu edilen fonksiyonu yerine getirmeyen takıma artık aşınmıştır denir. Takım bu durumda faydalı ömrünün sonuna gelmiştir [8].

Takım aletleri kullanıcıları için talaş kaldırmada ekonomik önem arz eden dört ana unsur aşağıdakilerdir.

- 1 - Üretim hızı
- 2 - Yüzey kalitesi
- 3 - Takım ömrü
- 4 - Güç ihtiyacı

Üretim hızı, birim zamanda üretilen yada işlenen parça miktarı olarak izah edilebilir. Buradaki önemli faktör ise iş parçasından kaldırılan talaş kaldırma hızıdır. Bu ise genellikle mm^2/dk olarak ifade edilir.

Yüzey kalitesi ve boyutsal tamlık, işlenmek istenilen parçanın özelliklerine göre olmalıdır.

Takım ömrü, işlenme zamanı limitine göre önemlidir. Bu da kalem bileme ve değiştirme zamanıdır.

Güç ihtiyacı, genellikle imalat fiyatında büyük bir rol oynamaz, fakat çok hızlı üretimlerde normalden daha fazla güce ihtiyaç duyulabilir.

Yukarıda belirtilen ve birbirinden bağımsız olan bu özellikler işlenebilirliğin kapsamındadır. İşlenebilirliği etkileyen faktörler arasında iş parçasının mikroskobik yapısı, sertleşebilirlik, kalem ve talaş arasındaki sürtünme katsayısı, kesme dayanımı vardır. Makine takımlarının bazı karakteristik özellikleri vardır. Bunlar rijitsellik ve takımın işleyebilme özellikleridir [8].

Çünkü işlenebilirlik; talaş kaldırmanın ortak yönlerini tanımlamakta kullanılır ve bundan dolayı değerlendirilmesi imkânsız veya zordur.

İşlenebilirliğin değerlendirilmesinde aşağıdaki kriterler gözden geçirilebilir.

- 1- Standardize edilmiş koşullar altında iki bileme arasındaki kalem ömrü,
- 2- Standardize edilmiş koşullar altında kesme, kuvvetlerinin değeri veya gücü,
- 3- İşlenen yüzeylerin kalitesi,
- 4- Çıkan talaşın hacmi ve şekli,
- 5- Kesme sıcaklıkları,
- 6- Sabit kuvvet altında kesme hızı,
- 7- Talaş kaldırma hızı.

İşlenebilirliğin doğru bir şekilde tanımlanamamasına veya ölçülememesine rağmen (yüzey kalitesi ve uzun kalem ömrü için) kalem ömrü işlenebilirlik indeksi içinde gözden geçirilir. Sonuç olarak takım ömrü yaklaşık olarak formülize edilebilir.

III.2.2. Takım Ömrü Ve Bozulma Kriterleri

İki bileme arasında takım ömrü bir kaç yolla tayin edilir.

- 1– Bozulmaya kadar geçen kesme zamanı,
- 2– Frezeleme gibi, aralıkla kesme işlemi durumunda bozulmaya kadar geçen toplam zaman,
- 3– Kesilen iş parçasının uzunluğu,
- 4– Kaldırılan metal hacmi,
- 5– Üretilen bileşen sayısı,
- 6– Verilen bir zaman için kesme hızı.

Bütün bu metotlar ilişkili olmalarına rağmen, bazen iki farklı metodun verdiği takım ömürlerini kıyaslamak güçtür. Boyut doğruluğu ve yüzey durumunun önemli olduğu yerlerde bozulma kriteri olarak belli bir aşınma miktarı alınabilir.

Bazen bir kaba işlemden takım tamamen bozuluncaya kadar kullanılabilir, ilk bozulma da denilen başka bir tip bozulma, kesme kenarının talası anması veya darbeli mekanik veya termal yükler nedeniyle kesme ağzına yakın küçük çatlaklar oluşmasıdır. Bu bozulma aşınma işlemini belirtebilir, böylece, takım bozulmasının takım aşınması ile ilişkili olduğu görülür. Değişik takım bozulmaları takım ömrünü saptamak üzere kullanılır. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

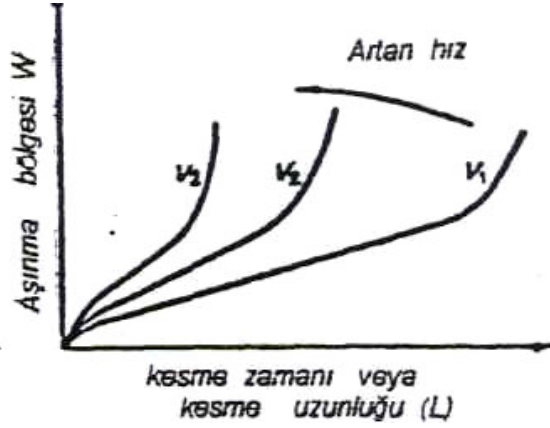
- 1– Kesme ağzında talaşlaşma ve ince çatlakların oluşumu,
- 2– Serbest bölgedeki aşınma bölgesinin boyutu,
- 3– Talaş yüzeyindeki krater derinliği, kalınlığı veya hacmi,
- 4– 1, 2 ve 3' ün kombinezyonu,
- 5– Takım üzerinden aşınan malzemelerin ağırlığı veya hacmi,
- 6– Kesme takımının tam bozulması,
- 7– Bileşenlerde, oluşturulan yüzey düzgünlüğünün, sınırlı değeri.
- 8– Bileşenlerin koşullarındaki değişikliğin sınırlı değeri,
- 9– Kesmeyi sağlamak için gereken güç veya kesme kuvvetindeki sabit artış.

İlk altı kriter kesme takımının aşınmasının ölçümüne, son üç tanesi ise kullanımda iken aşınan takımın akıbetine dayanır.

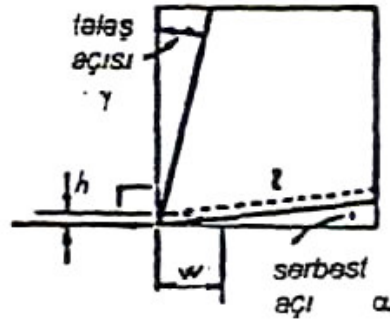
Takımların aşınmasını mümkün olduğunca azaltmak için çok çalışmalar yapılmıştır. Böylece, bir torna takımından yan kesme ağzı acısının, ilk temasın takım ucundan uzakta olmasını ve kesme kuvvetleri ve kesme derinliğini son değerlerine kadar tedricen arttırılmasını sağlayacak kadar, mümkün olduğunca geniş alınması gerektiği bulunmuştur. Sementede edilmiş karbür gibi kırılğan takım malzemelerine, ilk temas kesme ağzından uzakta olması için negatif talaş acısı verilir.

Takım yan yüzü aşınmasının incelemeleri, serbest yüzey aşınması bölgesinin üç safhada olduğunu gösterir. Şekil III 14-a' da görülen, sürünme eğrisine benzer bir eğri verir.

Adezyon aşınması teorisi ve difüzyon teorisi serbest yüzey aşınmasının büyümesine uygulanabildi. Adezyon aşınma teorisini kullanan Show ve Dirke, serbest aşınma bölgesi eğrisinin ikinci safhasının. eğer aşınma bölgesi W 'nin üzerindeki normal kuvvet N aşınma bölgesinin boyutu ile orantılı ise ($L \propto W$) 'e simgeleneceğini iddia ettiler [4]



(a)



(b)

Şekil III.14 (a) Aşınma Bölgesinin Büyümesi.
(b) Aşınma Takımın Basitleştirilmiş Modeli

Eğer normal kuvvet N sabit ise o zaman $L \propto W^2$ dir. Colding takım aşınmasını radyoaktif metotlarla ölçtü ve hacim aşınması oranının ikinci safhada,

$$L \propto \text{hacim aşınması} \propto W^2$$

olacak şekilde sabit olduğunu gösterdi. Takım aşınması üzerine bu teoriler, takım aşınmasını nicel olarak önceden söyleyemez. Ancak hangi değişkenlerin önemli olduğunu gösterir. Şekil III.14.a' da ki deneylerden elde edilen eğriler aşınma büyümesinin bir göstergesini verirler ve sabit bir serbest aşınma değerinin bir takım bozulma kriteri olarak kullanılabileceği ileri sürerler, Şekil III.14.b' de geometriden

$$h = \frac{W \cdot \tan \alpha}{1 - \tan \gamma \cdot \tan \alpha} \quad (\text{III.1})$$

$$W = \frac{b^2 \cdot \tan \alpha}{2 \cdot (1 - \tan \gamma \cdot \tan \alpha)} \quad (\text{III.2})$$

$$W_1 = l \cdot b \cdot W \cdot \sin \alpha \quad (\text{III.3})$$

Burada h takım boyutundaki değişme, w aşınma bölgesi boyutu, W takım aşınmasının hacmi, α serbest açısı, γ talaş açısı, b kesme kalınlığı ve l nominal boydur.

Serbest aşınma bölgesi büyüdükçe, takım aşınma hacmi ve takım ömrü artar. Ancak h büyür, w büyür, yüzey durumu kötüleşir ve kesme kuvvetleri yükselir. Bozulma kriteri olarak seçilen aşınma boyutu, doğruluğa, pürüzlülüğe ve maksimum kuvvete bağlıdır. Serbest açısı azalırsa, h ve w belli bir aşınma bölgesi için azalır. Bu bir avantajdır. Böylece, verilen bir aşınma bölgesi değeri için takım aşınması açısından, yüksek bir serbest açısı gereklidir. Ancak w 'nin artması yani bileme masraflarının artması durumu ortaya çıkar. Bu nedenle optimum bir serbest açısı α seçilmelidir. Taylor deneyleri sonucunda, pratikte hiç bir açısı bulamadı ve yüksek serbest açılar tavsiye etti. Serbest aşınma değerinin ne seçilmesi gerektiğine gelince, hala problemler vardır. Yine de bir fikir verebilmek için Tablo III.1. deki değerler verilebilir.

Kaba paso, semente edilmiş oksitler için aşınma bölgesi boyutunun küçük olmasının sebebi, kuvvetlerin çok büyümesi ve takımı kırabilmesidir. Bozulma kriteri olarak serbest yüzey aşınmasının çok kullanılmasının nedeni, onların ölçümlerinin kolay olmasıdır.

Tablo III.1. Serbest Aşınma Değerleri

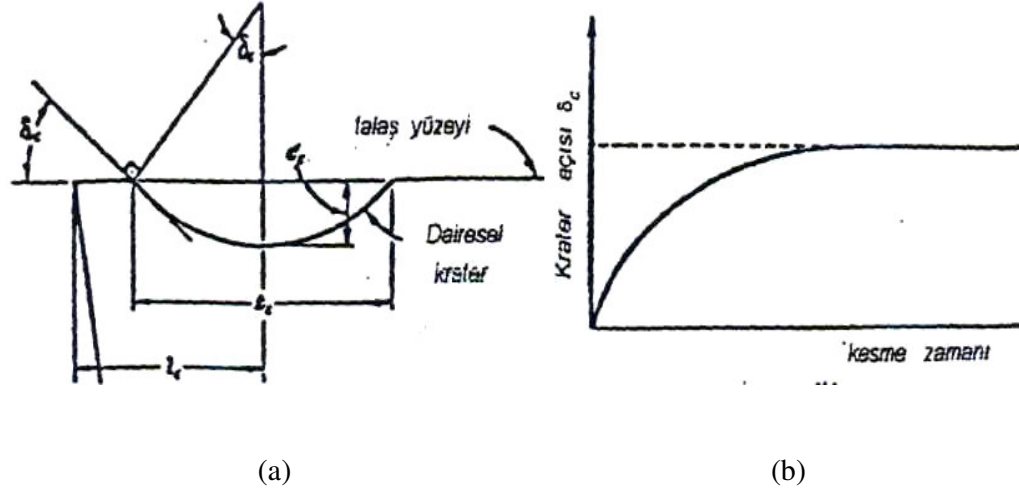
W (mm)	Takım adı	Açıklamalar
0,76	semente edilmiş karbür	kaba pasolar
0,254 - 0,381	semente edilmiş karbür	ince pasolar
1,524 veya tam harabiyet	HSS	kaba pasolar
0,254 - 0,381	HSS	ince pasolar
0,254 - 0,381	semente edilmiş karbür	kaba - ince pasolar

Krater aşınmasında bir takım bozulma kriteri olarak kullanılır. Krater oluşumunda difüzyon aşınmasının büyük rolü vardır. Bunun nedeni, takım talaş yüzeyinde yüksek sıcaklıkların oluşmasıdır. Ancak, kriter olarak kraterin hangi parametreleri alınması gerektiğini saptamak güçtür. Opitz, Weber ve Taylor maksimum krater derinliği ile kesme zamanı arasında lineer bir ilişki gösterdiler. Ayrıca Opitz ve Weber maksimum krater derinliği d_c 'nin kesme ağzı ile krater derinliğinin maksimum olduğu nokta arasındaki mesafeye (l_c) oranının takımın tam harabiyeti ile ilişkili olduğunu ifade ettiler. d_c / l_c 'nin maksimum değerleri takım malzemesine bağlı olarak 0,2 - 0,4 arasında değişirler. Colding ile Bichel, d_c ile kesme zamanı arasında nonlineer bir ilişki olduğunu gösterdi, ($d_c \propto t$ (zaman)). Bichel Şekil III.15' de ki açısının tam harabiyet halinde sabit maksimum bir değere ulaştığını gösterdi.

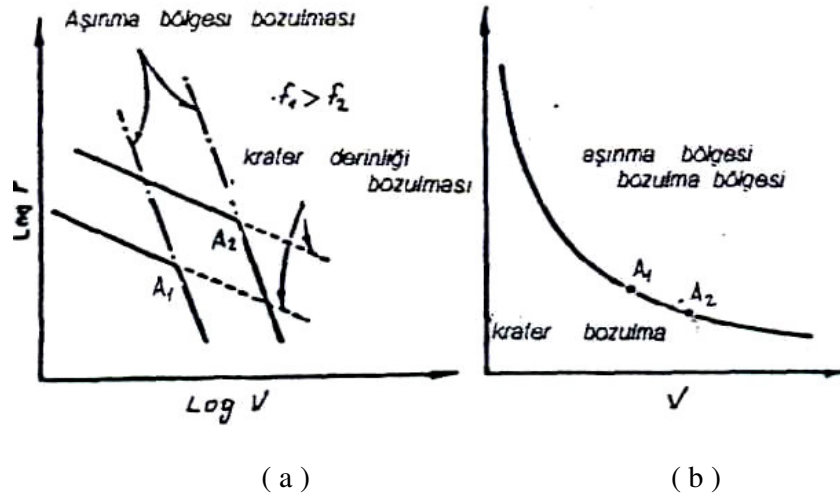
$$\tan \frac{\delta c}{2} = \frac{2 \cdot d_c}{b c} \quad (III.4)$$

Çoğu zaman uygun olmamasına rağmen, serbest yüzey aşınması ve krater aşınması kriterlerinin bir kombinasyonu kullanılabilir. Tokeyamu semente edilmiş takımlarla 18-8 paslanmaz çelik islerken, düşük hız ve yüksek ilerlemelerde serbest yüzey aşınmasının, yüksek hız ve düşük il

elemelerde krater derinliğinin daha iyi bir krater olduğunu ifade etti. (Şekil III.16.b). Takım ömrü değerleri Şekil III.16.a. da ki gibi gösterilebilir.



Şekil III.15. (a) Krater Aşınmasının Basit Modeli
(b) Krater Aşınmasının Açısı



Şekil III.16 (a) Bozulma Kriteri İle Birleştirilmiş Takım Ömrü Eğrileri
(b) Kriterin Uygulandığı Bölge

Ayrıca kriter olarak takım hacmi aşınması, yüzey pürüzlüğü kuvvet kriteri de kullanılabilir. Ancak, hacim aşınması kriteri radyoaktif izotop metotları kullanıldığı zaman uygulanabilir. Yüzey pürüzlüğü kriterinde çok karmaşık ve portatif yüzey analizörü gerektirir.

III.3.3. Takım Ömrünü Etkileyen Parametreler

Takım ömrünü etkileyen değişkenler şu şekilde sayılabilir.

- 1 — Kesme şartları: hız, İlerleme ve kesme derinliği,
- 2 — Takım geometrisi,
- 3 — Parça malzemesi,
- 4 — Takım malzemesi.
- 5 — Kesme sıvısı

III.3.3.1. Kesme Şartlarının etkisi

Daha önce takım ömrü ve kesme hızı arasındaki ilişki gösterilmişti.

$$V.T^n = C_t \quad (III.5)$$

Veya

$$T = \frac{C_t^{1/n}}{V^{1/n}} \quad (III.6)$$

Benzer eğilimler ilerleme ve kesme derinliği için de oluşur.

$$T = \frac{K}{V^{1/n} f^{1/n} d^{1/n}} \quad (III.7)$$

1/n büyüdükçe V-T diyagramının eğimi dikleşir ve kesme hızındaki bir değişim için takım ömrünün değişimi artar. (III.7) denklemi değişik şekillerde düzenlendi. Kronenberg, değişik Amerika ve Avrupa kaynaklarında yayınlanmış takım ömrü verileri için bu denklemin uygulanmasını gösterdi. Denklem iki bağıntıdan geliştirildi. Takım ömrü üzerine hızın etkisi (III.5) denklemi ile ifade edilir ve 60 dakika takım ömrü için kesme hızının üzerinde kesme derinliği ve ilerlemenin etkisi şöyle ifade edilir:

$$V_{60} = \frac{C'}{f^p \cdot d^q} = \frac{C' G^{(p-q)/2}}{A^{(p+q)/2}} = \frac{C' G^g}{A^z} \quad (\text{III.8})$$

Burada V60 dakikalık takım ömrü ve herhangi bir ilerleme ve kesme derinliği için kesme hızı, A kesme alanı (f .d), G zayıflık oranı (d / f) dir. g ve z. p ve q ile ilişkilidir. (Genellikle $z > g$ ve $z + g < 1$). C' bir sabittir. C' sabiti G=5 ve A=0,001 mm² iken ve Cv ile gösterilen V₄₀ yerini tutan (III.6) denkleminde bulunur.

$$C' = \frac{C^V}{(1000)^z (5)^g} \quad (\text{III.9})$$

(III. 6. 9.) denklemlerinden,

$$V = \frac{C_V \cdot (G/5)^g}{(1000 A)^z (T/60)^n} \quad (\text{III.10})$$

yani

$$V = \frac{60 \cdot C_V^{1/n} (G/5)^{g/n}}{(1000 A)^z V^{1/n}} \quad (\text{III.11})$$

(III.7) ve (III. 11) denklemleri kıyaslanırsa.,

$$\frac{1}{n_1} = \frac{z+g}{n} \quad \frac{1}{n_z} = \frac{z-g}{n}$$

öylece $z > g$ ve $z + g < 1$ olduğundan,

$$\frac{1}{n} > \frac{1}{n_1} > \frac{1}{n_2}$$

yazılabilir. Böylece, takım ömrü üzerine en büyük etki hızın etkisidir. C_v , z , g ve n değerleri değişik takım ve parça malzemeleri için tablo halinde verilir.

Takım ömrü denklemi ayrıca q ve V cinsinden sunulabilir.

$$V_{60} = \text{Sabit} \cdot q^m \quad (\text{III.12})$$

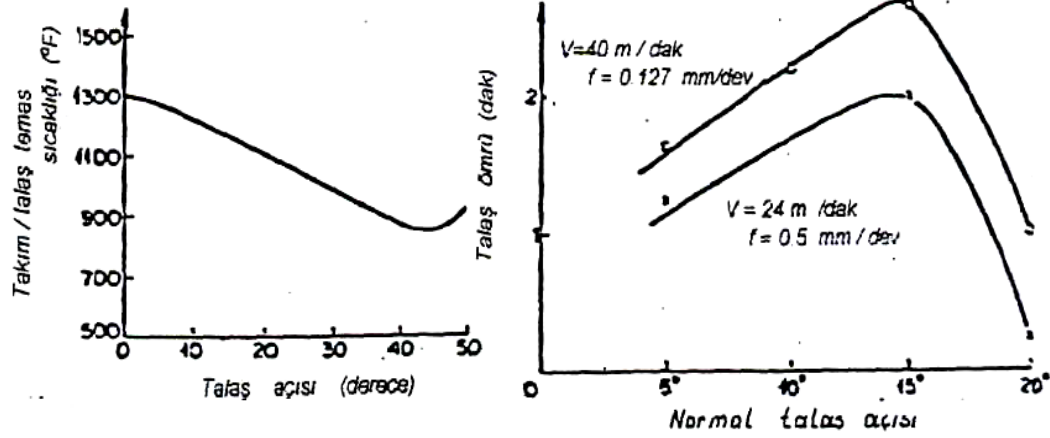
(III. 6) ve (III. 8) denklemlerinden.

$$T = \frac{K' \cdot q^{m'}}{V^{1/n}} \quad (\text{III.13})$$

Burada K' ve m' birer sabittir. [6]

III.3.3.2. Takım Geometrisinin Etkisi

Takım geometrisi takım ömrünü etkiler. Normal talaş açısı arttıkça kesme kuvvetleri ve ısı oluşumu azalır. Ancak, ısının transfer olacağı mesafe azalabilir. Bu nedenle optimum bir talaş açısı bulunur (Şekil III.17). çeşitli araştırmacılar tarafından elde edilen, takım ömrü ve sıcaklık üzerine talaş açısının etkisini gösterir. Büyük talaş açıları, ayrıca kesme takımının mekanik mukavemetini de azaltır. Kuvvetler düşmesine rağmen talaşlarımıza veya kırılma ile takım bozulmaları meydana gelebilir. Seramikler gibi kırılgan takımlar için küçük veya negatif talaş açıları kullanmak oldukça yaygındır.



(a)

(b)

Şekil III.17 a) Ortogonal Kesmede Takım-Talaş Temas Yüzeyindeki Sıcaklığa Talaş Açısının Etkisi b) Takım ömrü üzerine talaş açısının etkisi.

Yan kesme açısı ϕ_s 'deki artışlar normal talaş açısını biraz artırabilir. Ve kesme ağız uzunluğu artar, kesme alanı yaklaşık olarak sabit kalır. Takım ömrü üzerine serbest açının etkisi Şekil III.17.b' den görülebilir. Aynı serbest yüzey aşınması için serbest açı büyüdükçe hacim bakımından takım aşınması artar ve böylece daha uzun takım ömürleri elde edilir [1],[2].

III.3.3.3. Parça Malzemesinin Etkisi

Parça malzemesi de takım ömrünü etkileyen bir temel değişkendir. Parça malzemesi sertleştikçe takım ömrü azalır. Sabit bir takım ömrü için sertlik ile kesme hızı arasında aşağıdaki gibi bir ilişkinin kurulabileceği ifade edilir.

$$V_T = \frac{\text{Sabit}}{(\text{BHN})^x} \quad (\text{III.14})$$

Burada V_T Takım ömründeki kesme hızı, BHN Brinell sertliğidir. x ise takım malzemesine bağlı bir sabittir.

Dökme demir ve çelik incelendiğinde görülür ki mikro ögelerin sertlikleri oldukça farklıdır. Serbest demir karbür, en sert iken; serbest grafit ve ferrit en yumuşak ögelerdir. Ferrit rahatça kesilir ve küçük takım aşınması verir. Fakat yumuşak olduğu ve dövülebilir olduğu için ağız birikintisi oluşumuna müsaittir. Perlit, ferrit ve karbürden oluşan bir yapıdır. Perlit, ferritten daha serttir ve incelidikçe takım ömrü azalır. Sert karbür parçaları ferritin takıma yapışmasını ve ağız birikintisi oluşturmasını önlediği için, işleme açısından perlit iyi bir yapıdır. Bu yüzden iyi yüzeyler elde edilebilir.

Dökme demir, mikro yapısı daha önce belirtilen bileşenler üzerinde ince tabaka, küresel veya düğümlü halde serbest grafitlerden meydana gelir. Son derece çabuk soğuma hızlarında beyaz dökme demir (% 50 perlit, % 5 serbest grafit) oluşur. Beyaz dökme demir çok serttir ve islenmesi hemen hemen imkânsızdır.

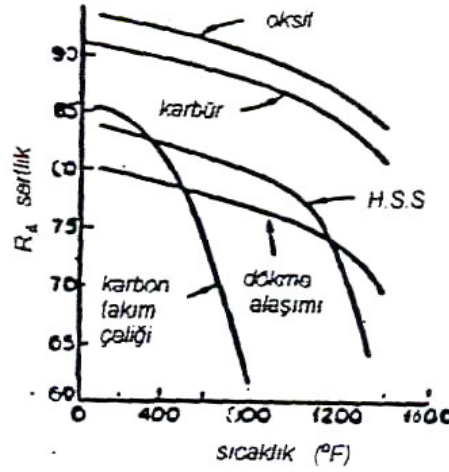
Çeliklerde de çok çabuk soğuma hızlarında islenmesi çok güç, çok sert martenzit oluşur. Takım ömrü kısalmır, Ferrit yüzdesi arttıkça takım ömrü de artar. % 3 'den düşük karbon çeliklerinin ferrit oranları yüksektir, yüzeyler kötü çıkar. Karbon oranı arttıkça yüzey düzelir.

Kasten veya doğal olarak, küçük oranlarda değişik katkı malzemelerinin bulunması her zaman takım ömrü ve işlenebilirliği düzeltmez. Kum ve cüruf gibi parçacıklar aşındırıcıdır ve takım ömrünü azaltır. Alüminyum katkıları, oksijen ile birleşerek oksit oluşturabilirler. Kükürt, mangan ile birleşerek gerilme yükseltici mangan sülfür oluşturabilirler. Kurşun talaş ve takım arasında bir sınır yağlayıcı olarak bir rol oynar ve kesme kuvveti ve sıcaklıkları azaltır.

III.3.3.4. Takım Malzemesinin Etkisi

Kesme takımlarının sahip olmasa gereken özellikleri yüksek sertlik, tokluk, iyi aşınma direnci, mekanik ve ısı darbe direnci ve bu özellikleri yüksek sıcaklıklarda koruyabilmeleridir. Üretim bakımından, takım malzemeleri kolay elde edilebilmelidir. Yüksek sertlik genellikle takıma iyi aşınma direnci verir ancak tokluk ve zayıf mekanik darbe direnci ile birleşebilir.

Kesme sıcaklıklarının yüksek olması, nedeniyle kesme şartları etkilenir. Şekil III.18 şematik olarak değişik takım malzemeleri üzerine sıcaklığın etkisini gösterir.



Şekil III.18 Değişik Takım Malzemelerinin Sertliği Üzerine Sıcaklığın Etkisi

Şekilden görüldüğü gibi karbon çelikleri sıcaklığa karşı çok duyarlıdır. Ve sertlik, alçak sıcaklıklarla düşer. Bu nedenle bu takımlar yavaş kesme hızlarında ve yumuşak demirsiz malzemeleri kesmek için kullanılırlar. HSS' de sıcaklıkla çok etkilenir. Sinterlenmiş karbür ve sementle edilmiş oksitler sıcaklıktan fazla etkilenmezler.

Yaklaşık % 1 karbon içeren çelik, kesme takım malzemesi olarak kullanılır. Bir çok alaşım bunlara katılır. Krom ve manganez katkıları sertliği artırır. Tungsten aşınmaya karşı direnci artırır. Tungsten takım malzemesi içine yayılmış tungsten karbür parçacıkları halindedir. Bu takım malzemesi alçak kesme hızlarında ve düşük kesme sıcaklığı veren malzemeler için kullanabilirler.

Yüksek hız çeliği takımlar, yüksek yüzeylerde tungsten (veya molibden) vanadyum ve krom içeren çelik alaşımlarıdır. Bu çeliklerin yüksek sıcaklık sertliği, darbe direnci ve dayanıklılığı vardır. Karbon yüzdesi arttıkça sertlik artar ve mukavemet düşer. Yüksek sertlik ve yenme aşınmasına karşı direnci artırmak için yüksek Kobalt yüzdesi (% 5 - % 12) ve Vanadyum yüzdesi (% 5 - % 12) eklenir. Böyle takımların ufalanması güçtür. Ama kesme ağzında talaşlanma olabilir.

Alaşımlı dökme takımlar, demir ile içinde tungsten, kobalt, krom ve karbon içerirler. Takımlar dökmedir ve son şekline öğütülerek getirilirler. Kırılgandılar, yüksek sıcaklıklarda sertliklerini muhafaza edebilirler.

Karbürler iki grupta sınıflandırılabilirler. Kobalt matrisi tungsten karbürden oluşan düz karbürler ve titanyum karbür veya tantal karbür katkılı çelik kesme karbürleri. Düz karbürlerin yenme dirençleri iyidir. Dökme demir, metalik olmayan malzemeler ve yumuşak malzemeleri kesmek için kullanılırlar.

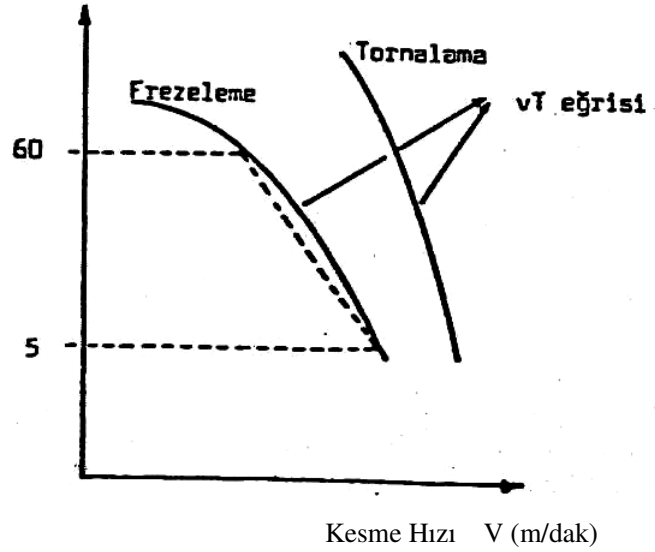
En uzun takım ömrü için, en ince tane boyutlu ve talaşlanmayı ve kırılmayı önleyen en düşük kobalt içerikli takım kullanılmalıdır. Düz karbürlerle çelik keserken, takım çabucak krater aşınması ile bozulur. Bunun nedeni, talaşın tungsten karbüre kaynaması ve onu kobalt matristen koparmasıdır. Titanyum karbür katkısı krater aşınmasına direnci artırırken yenmeye karşı direnci azaltır. Titanyum yerine tantal da kullanılabilir. Krater aşınmasını iyileştirmemesine rağmen, yenmeye olan direnci düz karbürler kadar iyidir.

Birçok araştırmalar sonucunda, alüminyum oksidin kesme takımları için en başarılı malzeme olduğu ispatlandı. Sementede edilmiş oksit takımlar hemen hemen saf alüminyum oksit içerirler (% 97). Veya % 80 alüminyum oksit ve farklı yüzdelerde titanyum, magnezyum ve tungsten oksitler ve karbürler içerirler. Bu malzemelerin özellikleri genellikle çok iyidir. Ancak kırılgandılar ve çok zayıf darbe dirençleri vardır.

III.3.3.5. Kesme Hızı-Takım Ömrü Arasındaki İlişki

" α " Taylor denklem sabiti, kesme hızı ile takım ömrü arasındaki bağıntıdan elde edilir. Şekil III.19' da görüldüğü gibi V eğrisi, kesme hızı değerlerine karşılık gelen takım ömrü değerlerinin logaritmik koordinat sisteminde grafiği çizilerek elde edilmiştir.

Takım Ömrü

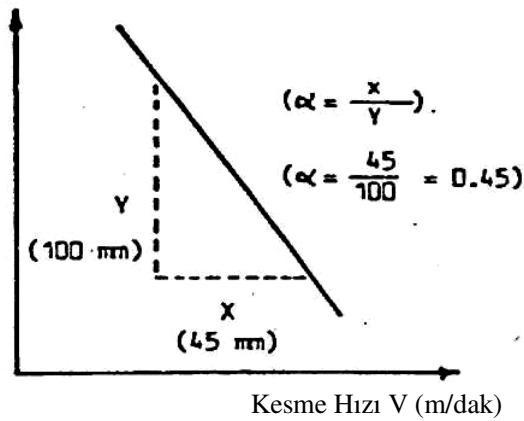


Şekil III.19 Kesme Hızı İle Takım Ömrü Arasındaki İlişki

III.2.4. Taylor Denkleminin Bulunması

Eğer kesme hızı - takım ömrü grafiği bir doğruyu gösteriyorsa " α " sabiti bu doğrunun eğimini temsil eder (Şekil III.20).

Takım Ömrü (dak.)



Şekil III.20. α Taylor Denklem Sabitinin Bulunuşu

Gerçekte bu bir eğri olup, doğru biçiminde değildir. Ancak pek çok durumda önemsiz bir hata payı ile ve özellikle takım ömrünün 5 ila 60 dakika arasında tutulabileceği durumlarda yaklaşık olarak doğru biçimde kabul edilebilir. İşlenen malzemenin tip ve sertliklerine göre değişen α Taylor sabitine ilişkin değerler tablo III.2. de verilmiştir.

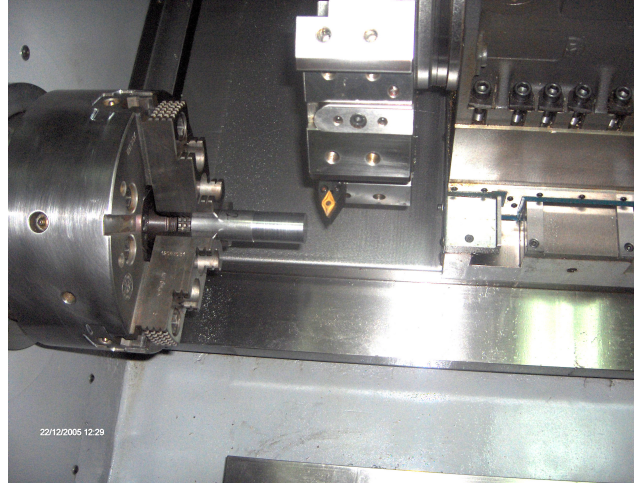
Tablo III.2. İşleme Malzemelerin Tip ve Sertliklerine Göre Taylor Sabitinin Bulunması

İşlenecek Malzeme	Sertlik HB	α Taylor sabiti
Alaşımsız çelik	90-130	0.20
Alaşımsız çelik	125-180	0.20
Alaşımsız çelik	180-250	0.20
Alaşımsız çelik (menevişleme)	250-350	0.20
Düz alaşımlı çelik (normalize)	125-225	0.20
Düz alaşımlı çelik (sertleştirilmiş)	220-450	0.25
Yüksek alaşımlı çelik(normalize)	150-250	0.25
Yüksek alaşımlı çelik(sertleştirilmiş)	250-350	0.30
Yüksek alaşımlı çelik(sertleştirilmiş)	250-500	0.30
HSS	HRC50-60	0.40
Paslanmaz çelik	150-270	0.30
Çelik döküm	100-225	0.20
Çelik döküm	150-250	0.20
Çelik döküm (Paslanmaz)	150-250	0.30
Çelik döküm (mangan çeliği)	200-300	0.25
Temper döküm (feritik)	110-145	0.20
Temper döküm (perlitik)	150-270	0.20
Pik döküm (feritik)	150-220	0.20
Pik döküm (perlitik)	200-330	0.25
Sfero döküm (feritik)	125-230	0.25
Sfero döküm (perlitik)	200-300	0.30
Sert döküm (sertleştirilmiş)	350-700	0.30

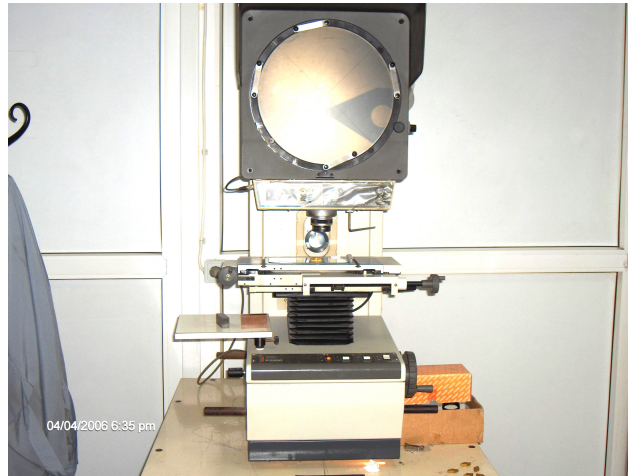
III.3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

III.3.1. Kullanılan Tezgah, Takım, Cihaz Ve Malzemeler

Çalışmada, CNC (TC-35 JOHN FORD) torna tezgahında St33 alaşımsız çelik işlenmiş (Şekil III.21), takım aşınması MİTUTOYO PROFILE PROJECTOR PJ300 takım aşınması ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil III.22). Tornalanan malzeme ve kullanılan kesici takımın cinsine göre elde edilen Takım Aşınması değerleri, Taguchi Metodu ve Varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilerek en uygun kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği için optimizasyon yapılmıştır.



Şekil III.21 Tornalama işlemi



Şekil III.22 Takım Aşınması Ölçüm Cihazı

Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri Tablo III.3' de gösterilmiştir.

Tablo III.3 St 33 Transmisyon Çeliğinin Kimyasal Bileşim Ve Fiziksel Özellikleri

Malzeme Standartı	C	P	S	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama
St 33	0,18	0,05	0,05	330-500	190	18
St 52	0,22	0,05	0,05	520-600	300	22

III.3.2. Deneyin Yapılışı

III.3.2.1. Taguchi Metodu (TM)

İşlem parametrelerinin optimizasyonu ve maliyeti arttırmadan yüksek kaliteye ulaşmak TM' de esas adımdır. TM'den elde edilen optimal işlem parametreleri sayesinde kalite geliştirilebilir [13]. Klasik yöntem ile özellikle işlem parametre sayısı arttığında çok sayıda deney yapmak gerekmektedir. TM'de bu gibi durumlar optimum seviyeye getirilir [14].

Her deneyde Ø 35 mm' lik St33 çelik malzeme 15 dakika süreyle işlenmiş olup, Aşağıda Tablo III.4' de TM' na uygun deneysel plan gösterilmiştir.

Tablo III.4. L₉ Ortogonal Sıralama ile Deney Planı

Deney No	A Kesme Hızı	B İlerleme	C Talaş Derinliği	D Hata
1	1	1	1	-
2	1	2	2	-
3	1	3	3	-
4	2	1	3	-
5	2	2	1	-
6	2	3	2	-
7	3	1	2	-
8	3	2	3	-
9	3	3	1	-

CNC Tornalama işleminde kullanılan kesme parametre ve seviyeleri aşağıdaki Tablo III.5' de belirtilmiştir.

Tablo III.5. Kesme Parametreleri ve Seviyeleri

Sembol	Kesme Parametreleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kesme Hızı (m/dak.)	120	150	180
B	İlerleme(mm/ dev.)	0,1	0,2	0,3
C	Talaş Derinliği (mm)	0,5	1	1,5

III.3.3. Deneysel Bulgular (St 33)

St 33 malzeme için Deneysel bulgular aşağıda Talo III.6' da verilmiştir.

Tablo III.6. Deneysel Bulgular

DENEY NO	A KESME HIZI	B İLERLEME	C TALAŞ DERİNLİĞİ	TAKIM AŞINMASI (mm)
1	1	1	1	0,106
2	1	2	2	0,124
3	1	3	3	0,148
4	2	1	3	0,120
5	2	2	1	0,240
6	2	3	2	0,268
7	3	1	2	0,320
8	3	2	3	0,367
9	3	3	1	0,421

Bulunan takım aşınması değerlerine göre ortalama standart sapma oranları (S/N) aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir.

$$MSD = \frac{1}{(Takım Aşınma. Değ.)^2} \quad (III.15)$$

burada MSD ortalama standart sapmadır. Ortalama standart sapma oranı (S/N) ise;

$$S / N = \eta = - 10 .\log (MSD) \quad (III.16)$$

şeklinde hesaplanır.

ST 33

$$S / N = n = - 10 .\log (MSD)$$

$$MSD_1 = \frac{1}{0,106^2} = 88,99 \quad S / N = n = - 10 .\log (88,99) = S / N = - 19,49$$

$$MSD_2 = \frac{1}{0,124^2} = 65,03 \quad S / N = n = - 10 .\log (65,03) = S / N = -18,13$$

$$MSD_3 = \frac{1}{0,148^2} = 45,65 \quad S / N = n = - 10 .\log (45,69) = S / N = -16,59$$

$$MSD_4 = \frac{1}{0,120^2} = 69,44 \quad S / N = n = - 10 .\log (69,44) = S / N = - 18,41$$

$$MSD_5 = \frac{1}{0,220^2} = 20,66 \quad S / N = n = - 10 .\log (20,66) = S / N = - 13,15$$

$$MSD_6 = \frac{1}{0,268^2} = 13,92 \quad S / N = n = - 10 .\log (13,92) = S / N = -11,43$$

$$MSD_7 = \frac{1}{0,320^2} = 9,76 \quad S / N = n = - 10 .\log (9,76) = S / N = - 9,89$$

$$MSD_8 = \frac{1}{0,367^2} = 7,42 \quad S / N = n = - 10 .\log (7,42) = S / N = -8,70$$

$$MSD_9 = \frac{1}{0,408^2} = 6,00 \quad S / N = n = - 10 .\log (6,00) = S / N = -7,78$$

St 33 çeliğın seçilen kesme parametrelerine uygun olarak işlenmesiyle elde edilen takım aşınması verilerine göre S/N değerlerine Tablo III.7' de gösterilmiştir.

Tablo III.7. Deneylerde Kullanılan Parametrelere Ait S/N Değerleri

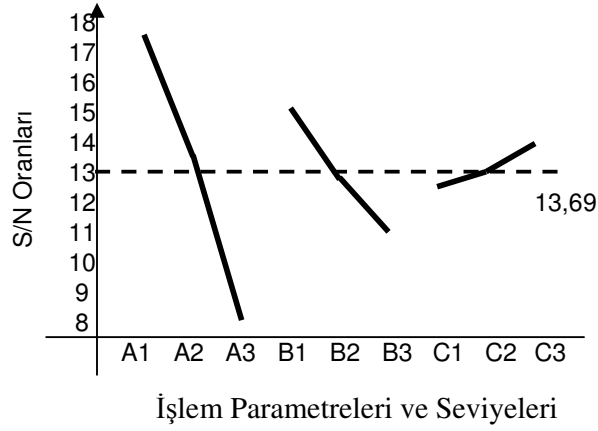
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme	Talaş Derinliği	Takım Aşınma Değerleri	S/N (dB)
1	120	0,1	0,5	0,106	-19,49
2	120	0,2	1	0,124	-18,13
3	120	0,3	1,5	0,148	-16,59
4	150	0,1	1,5	0,120	-18,41
5	150	0,2	0,5	0,240	-12,39
6	150	0,3	1	0,268	-11,43
7	180	0,1	1	0,320	-9,89
8	180	0,2	1,5	0,367	-8,70
9	180	0,3	0,5	0,421	-7,78

Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları Tablo III.8’de görülmektedir

Tablo III.8 Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları

Sembol	Kesme Parametreleri	S/N Ortalamaları			
		Seviye I	Seviye II	Seviye III	Max. - Min.
A	Kesme Hızı	-18,07	-14,07	-8,70	-9,37
B	İlerleme	-15,93	-13,32	-11,85	-4,08
C	Talaş Derinliği	-13,07	-13,59	-14,62	-1,55

$\Sigma (S/N) / 9 = S/N$ Ortalamalarının ortalaması 13,69 olarak bulunur. Elde edilen S/N ortalamalarının grafik ifadesi Şekil III.23' de verilmiştir.



Şekil III.23 Takım aşınması oranları için ortalama S/N grafiği

Grafikten faydalanarak uygun kesme parametre değerleri “A1B1C3” olarak bulunur. Burada;

A1: Kesme hızı 120 m/dak

B1: İlerleme 0.1 mm/dev

C3: Talaş derinliği 1,5 mm’yi ifade etmektedir.

Kesme parametrelerinin, Takım Aşınması ne derecede etkidiğini belirlemek için; farkların kareleri ve kareler toplamı hesaplanarak bulunur. Bulunan bu değerler yardımıyla, kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesindeki etkinlik oranları Tablo III.9’da gösterilmiştir.

Tablo III.9. Kesme Parametrelerinin, Takım Aşınma Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları

	Kesme Parametreleri	Serbestlik Dereceleri	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	Etkinlik (%)
A	Kesme Hızı	2	132,66	66,33	21,05	78,91
B	İlerleme	2	25,59	12,79	4,06	15,22
C	Talaş Derinliği	2	3,54	1,77	0,56	2,12
Hata	-	2	6,31	3,15		3,75
Toplam	-	8	168,10			100

Önceden tespit ettiğimiz “A1B1C3” parametreleri kullanılarak, üç iş parçası daha tornalanmış bulunan Takım Aşınması ölçüm sonucu kontrol edilerek sonuçların güvenilirliği irdelenmiştir. Buna göre en iyi takım aşınması elde edilmesinde, optimize edilmiş kesme parametreleri Tablo III.10' da verilmiştir.

Tablo III.10 Deneyler Sonucu Elde Edilen Takım Aşınma Değerleri ve S/N oranları

	İlkel Parametreler	Optimize Edilmiş Kesme Parametreleri
Seviye	A2B2C2	A1B1C3
Takım aşınması	0,260	0,110
S / N	11,70	18,71

Geliştirilmiş S/N oranı = $(-11,70) - (-18,71) = 7,01$ dB

$0,260 / 0,110 = 2,37$ iyileştirme yapılmıştır.

St 33 Çelik için yapılan deney sonucunda takım aşınması % 237 oranında iyileştirme yapılmıştır.

III.3.4. Deneysel Bulgular (St 52)

Aynı işlemler St 52 çelik için yapılacak olursa; St 52 çeliğin seçilen kesme parametrelerine uygun olarak işlenmesiyle elde edilen takım aşınması verilerine göre S/N değerlerine Tablo III.11' de gösterilmiştir.

Tablo III.11 Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N Değerleri

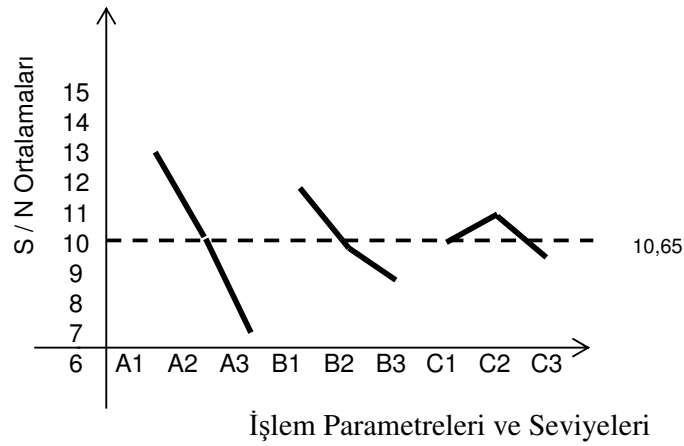
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme	Talaş Derinliği	Takım Aşınma Değerleri	S/N (dB)
1	120	0,1	0,5	1,515	-3,60
2	120	0,2	1	1,438	-3,15
3	120	0,3	1,5	4,116	-12,28
4	150	0,1	1,5	0,947	0,47
5	150	0,2	0,5	2,268	-7,11
6	150	0,3	1	3,776	-11,52
7	180	0,1	1	0,829	1,63
8	180	0,2	1,5	1,135	-1,09
9	180	0,3	0,5	3,374	-10,56

Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları Tablo III.12' de görülmektedir.

Tablo III.12 Ortalama Standart Sapma (S/N) Ortalamaları

Sembol	Kesme Parametreleri	S/N Ortalamaları			
		Seviye I	Seviye II	Seviye III	Max. - Min.
A	Kesme Hızı	-6,34	-6,50	-3,34	-3,16
B	İlerleme	-1,5	-3,78	-11,45	-9,95
C	Talaş Derinliği	-7,09	-4,35	-4,30	-2,79

$\Sigma (S/N) / 9 = S/N$ Ortalamalarının ortalaması 5.40 olarak bulunur. Elde edilen S/N ortalamalarının grafik ifadesi Şekil III.24' de verilmiştir.



Şekil III.24 Takım Aşınma Oranları İçin Ortalama S/N Grafiği

Grafikten faydalanarak uygun kesme parametre değerleri “A1B1C2” olarak bulunur.

Burada;

A1: Kesme hızı 120 m/dak

B1: İlerleme 0.1 mm/dev.

C2: Talaş derinliği 1 mm' yi ifade etmektedir.

Kesme parametrelerinin, Takım Aşınması ne derecede etkidiğini belirlemek için; farkların kareleri ve kareler toplamı hesaplanarak bulunur. Bulunan bu değerler yardımıyla, kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesindeki etkinlik oranları Tablo III.13' de gösterilmiştir.

Tablo III.13 Kesme Parametrelerinin, Takım Aşınmasının Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları

	Kesme Parametreleri	Serbestlik Dereceleri	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	Etkinlik (%)
A	Kesme Hızı	2	54,60	27,30	17,28	74,00
B	İlerleme	2	13,59	6,79	4,29	18,42
C	Talaş Derinliği	2	2,42	1,21	0,76	3,28
Hata	-	2	3,17	1,58		4,30
Toplam	-	8	73,78			100

Önceden tespit ettiğimiz “A1B1C2” parametreleri kullanılarak, üç iş parçası daha tornalanmış bulunan Takım Aşınması ölçüm sonucu kontrol edilerek sonuçların güvenilirliği irdelenmiştir. Buna göre en iyi takım aşınması elde edilmesinde, optimize edilmiş kesme parametreleri Tablo III.14' te verilmiştir.

Tablo III.14. Deneyler Sonucu Elde Edilen Takım Aşınma Değerleri ve S/N oranları

	İlkel Değerleri	Optimize Edilmiş Kesme Değerler
Seviye	A2B2C2	A1B1C2
Takım aşınması	0,298	0,134
S / N	10,51	17,45

Geliştirilmiş S/N oranı = $(-10,51) - (-17,45) = 6,94$ dB

$0,298 / 0,134 = 2,24$ iyileştirme yapılmıştır.

St 52 Çelik için yapılan deney sonucunda takım aşınması % 224 oranında iyileştirme yapılmıştır.

BÖLÜM IV.

YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖNEMİ

IV. 1. KALİTELİ YÜZEYİN ÖNEMİ

Talaş kaldırılarak şekillendirilen yüzeyde iki önemli kalite aranır. Bunlar yüzey ve geometri ile ilgili kalitelere aittir. İmalat sırasında tam bir ölçü tamlığı sağlanamaz. Bu bakımdan yüzeyler için sapmaları dikkate alan toleranslar verilir. Bu ölçüler parçanın birlikte çalışacağı diğer elemanlarla birlikte montaj grubu oluşturabileceğinden hatalı olan parçaların sapmaları belirli limitleri aşmamalıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar ve kabul edilen standartlar ISO standardı olarak 18 kalite grubu altında toplanmıştır. (Tablo IV.1)

Bunlar :

1. Kalite grupları.

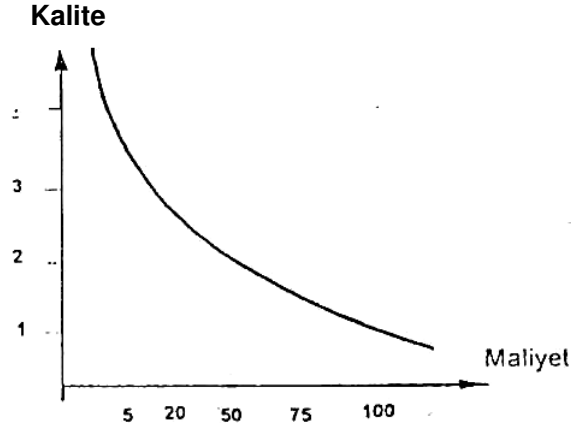
Tablo IV.1 Kalitelere Grupları

T1, IT2, IT3	Hassas ölçü aleti ve masterlarda
IT4, IT5, IT6	Takım tezgahları
IT7, IT8, IT9	Normal makine konstrüksiyonu
IT10, IT11, IT12	Genel makine konstrüksiyonu
IT13, IT14, IT15, IT16	Döküm dövme çelik konstrüksiyonu

Tablo IV.2 Kalitelere Göre İşleme Teknikleri

Kalite	Talaş alma biçimleri
IT8	Tornalama
IT7	Broşlama
IT6	Dış iç taşlama
IT5	İnce taşlama
IT4	Lepleme
IT3	Parlatma

Genelde bir mamul ve bunu oluşturan parçaların arzulanır kalitede işlenmesi talep edilir. Ancak kalite ile maliyet arasındaki orantılı bir artış, kalite maliyetini yükseltmektedir. Kaliteyi kontrol eden faktörlerin başında teknoloji gelmektedir. Kullanılan kaliteye göre kalite maliyet ilişkisi Şekil IV.1' de gösterilmiştir.



Şekil IV.1 Kalite Ve Maliyet Etkileşimi.

İşletmecilik açısından kaliteye bakıldığında kalite faktörlerini zaman -maliyet eksenlerinde incelemek mümkündür. Bir birini etkileyen bu faktörler fiziksel yolu ile :

-Silindiriklik	(Ovalleşme)
-Eksenleme	(Eksantriklik)
-Boyutlama	(Tolerans)
-Yüzey düzgünlüğü	(Pürüzlülük)

olarak gruplandırılabilir. Belirtilen bu faktörler bir mamul' ün imalat resminde standartlaştırılmış sembollerle gösterilir. Pürüzlülüğe ait Rt derinliğinin ortalama değeri Ra, yüzey pürüzlülüğünü açıklayan temel boyut olmaktadır. Bu değer kullanılan imalat yöntemi ve işleme tarzına göre belirli limitler arasında tutulabilir [3].

VI.2.YÜZEY KALİTELERİ

Bir makineyi meydana getiren parçaların ayrı ayrı ele alınarak yüzeyleri incelenecek olursa , bir birine benzer yüzeylerin çok az olduğu görülür. Bu benzerlik, özellikle pürüzlülük ve düzgünlük bakımından son derece önemlidir. Gereksiz yere sarf edilen zaman maliyetin yükselmesine sebep olur. Bu sebeple yüzeyler, gerektiği kadar düzgün ve pürüzsüz olmalıdır. Ama gerekmez düşüncesiyle, parçaların veya makinelerin estetik özelliklerinden ve kalitelerinden fedakarlık yapılmamalıdır.

Uygulamalarda farklılıkları ortadan kaldırmak, aynı özellik ve kalitede makine üretmek için yüzey kalitelerinin belirlenmesi şarttır. Uluslar arası standart organizasyonu "ISO" bu konuda gerekli çalışmaları yapmış ve bu çalışmalar sonunda elde edilen standartlar bütün dünya ülkelerince kabul edilmiştir. Ülkemizde de yeni yüzey kaliteleri (TSE) tarafından 'Türkçe' ye çevrilerek yayınlanmıştır. Ne var ki birçok işletmede eski yüzey kaliteleri ve sembolleri hala kullanılmaktadır (Şekil IV.2). Bu sebeple eski yüzey kaliteleri ile yeni yüzey kaliteleri birlikte ele alınmıştır [5].

Genellikle pürüzlülük değerleri veya yüzey kaliteleri direkt olarak üretim metotlarına bağlıdır. Bunların boyut ve tolerans kaliteleri ile ilişkisi ise doğrudan değil, dolaylıdır. Ancak gözden uzak tutulmaması gereken önemli hususlarda vardır. Yüzey kalitesi, parçanın ilgili yüzeyinin her yerinde aynı olmalıdır. Özellikle bu durum, eşli yüzeylerde daha önemlidir. Ayrıca tolerans kaliteleri çeşitli üretim işlemleri sonunda elde edilmektedir. Hassas tolerans kaliteleri, genellikle uzun zamanda ve hassas tezgâhlarda uygun bilenmiş kesici takımlarla elde edilir, bu işlemler sırasında dolaylı olarak yüzeylerde ki pürüz derinlikleri de oldukça küçük değerlerdedir. Yani yüzey kalitesi iyileşmektedir [5].

Alıştırmalı ve toleranslı ölçülere konulan geçme işaretleri ve değerleri parça yüzeyinin hangi kalitede olacağını belli etmediklerinden bu durumun açıklanması gerekmektedir. Konuya açıklık getirmek ve çeşitli ilişkileri gösterebilmek amacıyla çizelge ve şekiller verilmiştir. Tolerans alanları ile pürüzlülük yüksekliği (Rt) arasında yaklaşık olarak 1/3 oranı kabul edilebilir.

Ayrıca ortalama pürüz derinliği (Rz) ile tolerans kaliteleri arasında şu bağıntı kurulabilir [5].

$$R_z = 0,5.IT$$

Bu bağıntıda IT (İSO-Tolerans) yerine istenilen tolerans kalitesini ana tolerans değeri yazılır. Mesela ; 25^{H7} ' nin ana tolerans değeri $21 \mu m$ olarak verilmiştir. Ortalama pürüz derinliği $R_z=0.521$ 'den hesaplanırsa, $R_z=10 \mu m$ elde edilir, bunun karşılığı N7-N8 yüzey kaliteleridir [5].

YÜZEY KALİTELERİ

ESKİ YÜZEY KALİTELERİ

YENİ YÜZEY KALİTELERİ

DIN 140

DIN 3141

(ISO 1302) TS 2040

YÜZEY
TANIMI

SEMBOL

ANLAMI

Pürüzlülük derinliği
Rt (µm)

Kalite

1 2 3 4

YÜZEY
SINIF
NUMARASI

Ortalama
pürüzlülük
değeri
Ra(µm)

SEMBOL

YÜZEY
TANIMI

Talaş kaldırılmadan şekillendirilen yüzeyler

İşaretsiz

Özel işlemlerin arzu edilmediği yüzeyler

—

N5 - N12 arasında-
daki yüzey kaliteleri

0,4 - 50µm
değerlerinde pürüzlülük-
lere sahip yüzeyler

N12
N5
veya
50
0,4

Talaş kaldırılmadan şekillendirilen yüzeyler

Takribi işaret

Geniş toleransların ve iyi bir görünüşün arzu edildiği yüzeyler

—

Talaş kaldırılarak şekillendirilen yüzeyler

KABA

1 Üçgen

Müsaade edilen en büyük yüzey pürüzlülüğünün aşılması istenmeyen yüzeyler

160 100 63 25

N12

50

N12/veya 50

N11

25

N11/veya 25

N10

12,5

N10/veya 12,5

N9

6,3

N9/veya 6,3

N8

3,2

N8/veya 3,2

N7

1,6

N7/veya 1,6

N6

0,8

N6/veya 0,8

N5

0,4

N5/veya 0,4

N4

0,2

N4/veya 0,2

N3

0,1

N3/veya 0,1

N2

0,05

N2/veya 0,05

N1

0,025

N1/veya 0,025

Talaş kaldırılarak şekillendirilen yüzeyler

ORTA

2 Üçgen

İNCE

3 Üçgen

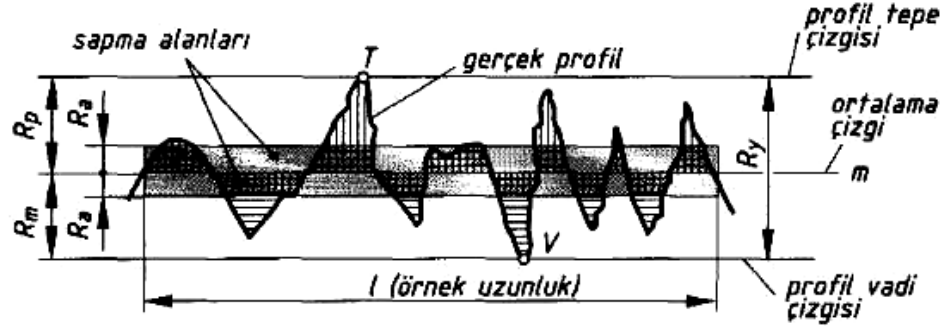
HASSAS

4 Üçgen

Şekil IV.2 Yüzey Kaliteleri

VI.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ' NÜN TARİFİ

Yüzey pürüzlülüğü; yüzey pürüzlülüğü şekil ve dalgalanma hataları dikkate alınmadan sınırlanmış bir alandaki yüzeyin belirli şekilde tanımlana bütün bozukluklarının (Girinti ve çıkıntılarının) toplamıdır. (Şekil IV.3)



Şekil IV.3 M Sistemine Göre Yüzey Pürüzlülük Profili

a) Örnek uzunluk (l: mm)

örnek uzunluk yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde alınan etken uzunluktur (Şekil IV.3).

b) Profil ortalama çizgisi (M):

Profil ortalama çizgisi etken profilin alt ve üst sınır noktalarının ortasından paralel geçen çizgidir. Bu çizgi, alt ve üst alanları eşit yapacak şekilde geçmelidir (Şekil IV.3).

c) Geometrik profil alt sınır çizgisi:

Geometrik profil alt sınır çizgisi etken profilin alt sınırından geçen ve profile (V) noktasından geçen çizgidir (Şekil IV.3).

d) Geometrik profil üst sınır çizgisi:

Geometrik profilin üst sınır çizgisi etken profilin üst sınırında geçen ve profile (T) noktasından geçen çizgidir (Şekil IV.3).

e) Yüzey bozukluğunun en büyük yüksekliği. (En büyük pürüz derinliği) R_{Max} .

En büyük pürüz derinliği örnek uzunluk içinde en fazla olan pürüz hangisi ise onun derinliğidir (Şekil IV.3).

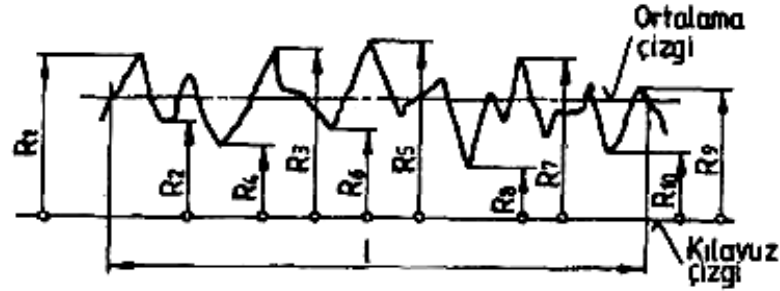
f) Pürüzlülük yüksekliği :Rt.

Pürüz yüksekliği örnek uzunluk içinde profil üst sınır çizgisi ile alt sınır çizgisi altındaki mesafedir (Şekil IV.3).

g) Aritmetik ortalama sapma (Ortalama pürüzlülük değeri) ila, ortalama pürüzlülük değeri etken profille ortalama çizgi arasında kalan alanın örnek uzunluğa bölünmesi ile elde edilen değerdir (Şekil IV.3).

h) Yüzey bozukluğunun on noktasının yüksekliği (Ortalama pürüz yüksekliği) : R_z

Ortalama pürüz yüksekliği profili kesmeye bir doğruya göre örnek uzunluk içinde en yüksek 5 çıkıntıyla en derin 5 girinti arasındaki ortalama uzaklıktır. (Şekil IV.4)



Şekil IV.4 Ortalama Pürüz Yüksekliği R_z ' nin Hesaplanması

$$R_z = \frac{((R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}))}{5}$$

IV.4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için ihtiyaca göre aşağıdaki düzenlemeler yapılmalıdır [7].

- Değişkenler
- Kesme uzunluğu (veya değerlendirme uzunluğu) detektör iş parçası

üzerinde ölçüm yapmak üzere ayarlanırken alınması gereken önlemler.

- c) Detektör ölçüm yapılacak iş parçası yüzeyine paralel tutulmalıdır.
- d) Detektör parçanın işlem hatları doğrultusunda olmalı herhangi bir engel olduğunda ise ölçüm doğrultusunda dik açıda tutulmalıdır.
- e) Detektör ölçülecek yüzey üzerinde kayacak şekilde temas ettirilmelidir.
- f) Detektörün konumu değiştirileceği zaman detektör öncelikle iş parçasından ayrılarak sonra istenen konuma getirilir. Detektör iş parçası yüzeyinde temasını sürdürürken başka bir noktaya taşınmamalıdır.

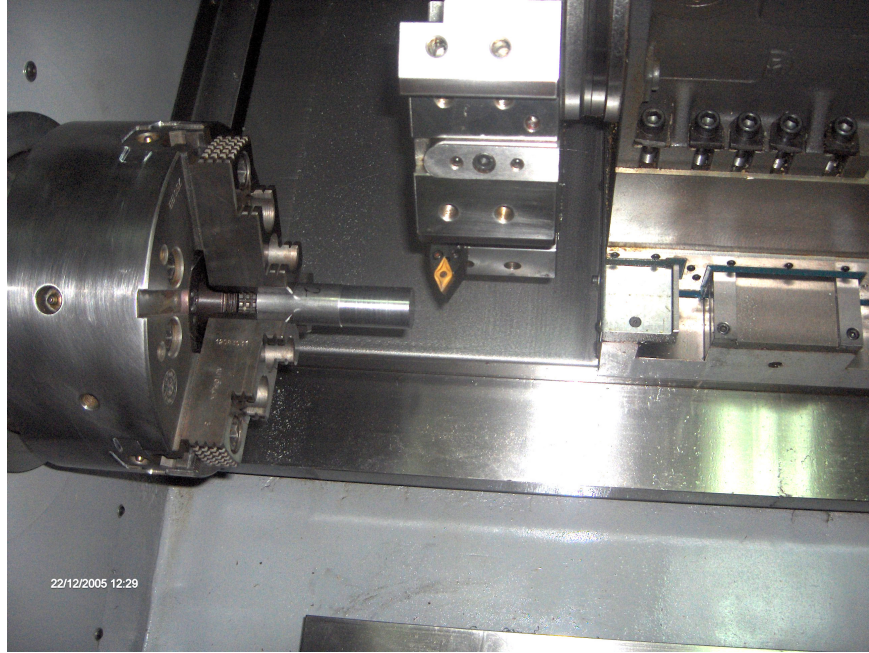
IV.5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

IV.5.1. Kullanılan Tezgah, Takım, Cihaz Ve Malzemeler

Çalışmamızda, CNC (TC-35 JOHN FORD) torna tezgahında (Şekil IV.5) St33 ve St 52 alaşımsız çelik işlenmiş (Şekil IV.6), yüzey pürüzlülüğü MAHR-PERTHOMETER M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı (Şekil IV.7) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil IV.8). Tornalanan malzeme ve kullanılan kesici takımın cinsine göre elde edilen yüzey pürüzlülükleri Taguchi Metodu ve Varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilerek en uygun kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği için optimizasyon yapılmıştır.



Şekil IV.5 CNC (TC-35 JOHN FORD)Tezgahı



Şekil IV.6 Tornalama İşlemi



Şekil IV.7 MAHR-PERTHOMETER M1 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı



Şekil IV.8 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Deneylerde kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri Tablo IV.3' de gösterilmiştir [16].

Tablo IV.3. St 33 ve St 52 Transmisyon Çeliklerin Kimyasal Bileşim ve Fiziksel Özellikleri

Malzeme Standartı	C	P	S	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	% Uzama
St 33	0,18	0,05	0,05	330-500	190	18
St 52	0,22	0,05	0,05	520-600	300	22

IV.5.2. Deneyin Yapılışı

IV.5.2.1. Taguchi Metodu (TM)

İşlem parametrelerinin optimizasyonu ve maliyeti arttırmadan yüksek kaliteye ulaşmak TM' de esas adımdır. TM' den elde edilen optimal işlem parametreleri sayesinde kalite geliştirilebilir [13]. Klasik yöntem ile özellikle işlem parametre

sayısı arttığında çok sayıda deney yapmak gerekmektedir. TM' de bu gibi durumlar optimum seviyeye getirilir [14]. Aşağıda Tablo IV.4' de TM' na uygun deneysel plan gösterilmiştir.

Tablo IV.4. L₉ Ortogonal Sıralama ile Deney Planı

Deney No	A Kesme Hızı	B İlerleme	C Talaş Derinliği	D Hata
1	1	1	1	-
2	1	2	2	-
3	1	3	3	-
4	2	1	3	-
5	2	2	1	-
6	2	3	2	-
7	3	1	2	-
8	3	2	3	-
9	3	3	1	-

CNC Tornalama işleminde kullanılan kesme parametre ve seviyeleri aşağıdaki Tablo IV.5' de gösterilmektedir.

Tablo IV.5. Kesme Parametreleri ve Seviyeleri

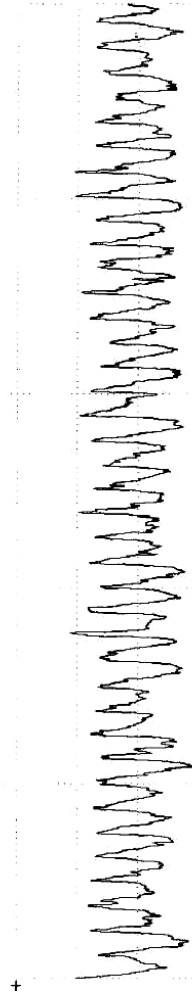
Sembol	Kesme Parametreleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
A	Kesme Hızı (m/dak.)	120	150	180
B	İlerleme(mm/ dev.)	0,1	0,2	0,3
C	Talaş Derinliği (mm)	0,5	1	1,5

IV.5.3. Deneysel Bulgular (St 33)

St 33 Çelik için yapılan çalışmada elde edilen yüzey pürüzlülüğü örnek ölçüm sonuçları Şekil IV.9' da dır.

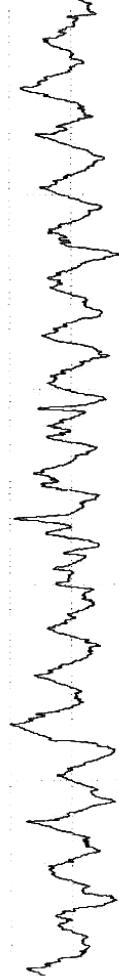
Perthometer M1
Object
Name

Lt 5.600 mm
Lc 0.800 mm
Ra 1.752 μ m
Rz 9.01 μ m
Rmax 10.1 μ m
Pc (0.1,-0.1) 115 /c
R Profile
Lc 0.800 mm
VER 5.00 μ m



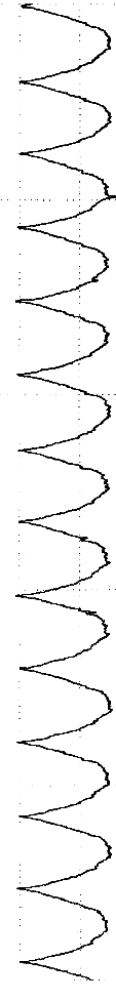
Perthometer M1
Object
Name

Lt 5.600 mm
Lc 0.800 mm
Ra 2.616 μ m
Rz 14.9 μ m
Rmax 17.2 μ m
Pc (0.1,-0.1) 65 /c
R Profile
Lc 0.800 mm
VER 10.0 μ m



Perthometer M1
Object
Name

Lt 5.600 mm
Lc 0.800 mm
Ra 3.712 μ m
Rz 15.9 μ m
Rmax 16.5 μ m
Pc (0.1,-0.1) 35 /c
R Profile
Lc 0.800 mm
VER 10.0 μ m



Şekil IV.9 St 33 Yüzey Pürüzlülük Deney Sonuç Örnekleri

Bulunan yüzey pürüzlülük değerlerine göre ortalama standart sapma oranları (S/N) aşağıdaki formüller kullanılarak elde edilir.

$$MSD = \frac{1}{(\text{Yüzey Pürz. Değ.})^2} \quad (IV.1)$$

burada MSD ortalama standart sapmadır. Ortalama standart sapma oranı (S/N) ise;

$$S / N = \eta = - 10 .\log (MSD) \quad (IV.2)$$

şeklinde hesaplanır.

ST33 Alaşımsız Çelik için S/N oran değerleri

$$MSD_1 = \frac{1}{1,752^2} = 0,325 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,325) = S / N = - 4,87$$

$$MSD_2 = \frac{1}{2,616^2} = 0,146 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,146) = S / N = - 8,35$$

$$MSD_3 = \frac{1}{3,712^2} = 0,075 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,075) = S / N = -11,39$$

$$MSD_4 = \frac{1}{1,979^2} = 0,255 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,255) = S / N = -5,92$$

$$MSD_5 = \frac{1}{1,950^2} = 0,262 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,262) = S / N = -5,80$$

$$MSD_6 = \frac{1}{4,789^2} = 0,043 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,043) = S / N = -13,60$$

$$MSD_7 = \frac{1}{0,835^2} = 1,434 \quad S / N = n = - 10 .\log (1,434) = S / N = 1,57$$

$$MSD_8 = \frac{1}{2,386^2} = 0,175 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,175) = S / N = -7,55$$

$$MSD_9 = \frac{1}{3,752^2} = 0,071 \quad S / N = n = - 10 .\log (0,071) = S / N = -11,48$$

St 33 çeliğin seçilen kesme parametrelerine uygun olarak işlenmesiyle elde edilen yüzey pürüzlülüğü verilerine göre S/N değerlerine Tablo IV.6' da gösterilmiştir.

Tablo IV.6. Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N değerleri

Deney No	Kesme Hızı	İlerleme	Talaş Derinliği	Yüzey Pürüzlülüğü	S/N (dB)
1	120	0,1	0,5	1,752	-4,87
2	120	0,2	1	2,616	-8,35
3	120	0,3	1,5	3,712	-11,39
4	150	0,1	1,5	1,979	-5,92
5	150	0,2	0,5	1,950	-5,80
6	150	0,3	1	4,789	-13,96
7	180	0,1	1	0,835	1,57
8	180	0,2	1,5	2,386	-7,55
9	180	0,3	0,5	3,752	-11,48

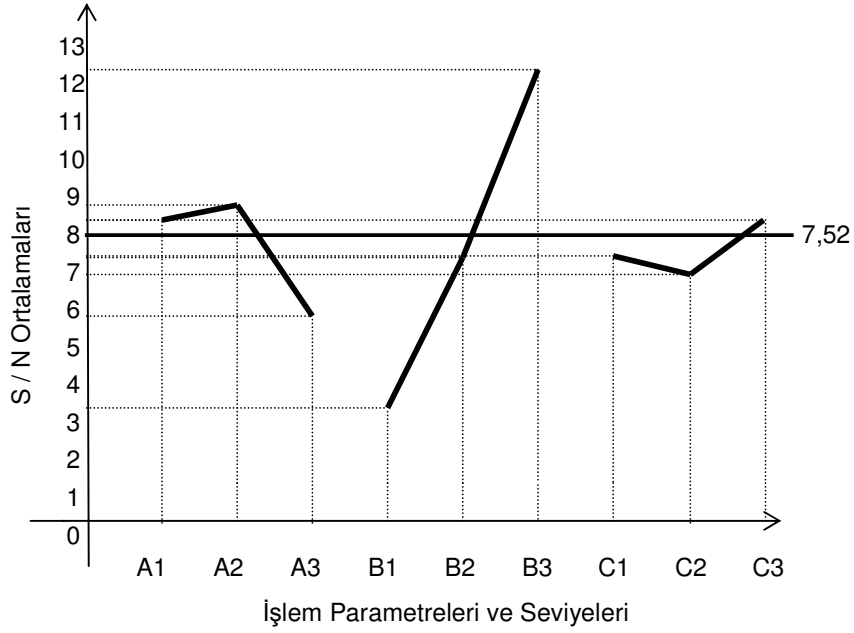
Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları Tablo IV.7' de görülmektedir.

Tablo IV.7. Ortalama standart sapma (S/N) Ortalamaları

Sembol	Kesme Parametreleri	S/N Ortalamaları			
		Seviye I	Seviye II	Seviye III	Max. - Min.
A	Kesme Hızı	-8,2	-8,56	-5,82	-2,74
B	İlerleme	-3,07	-7,23	-12,27	-9,2
C	Talaş Derinliği	-7,38	-6,91	-8,28	-1,37

$$\Sigma (S/N) / 9 = 8,2+8,56+5,82+3,07+7,23+12,27+7,38+6,91+8,28 / 9 = 7,52$$

$\Sigma (S/N) / 9 = S/N$ Ortalamalarının ortalaması 7.52 olarak bulunur. Elde edilen S/N ortalamalarının grafik ifadesi Şekil IV.10' da verilmiştir.



Şekil IV.10 Yüzey Pürüzlülüğü Oranları İçin Ortalama S/N Grafiği

Grafikten faydalanarak uygun kesme parametre değerleri “A3B1C2” olarak bulunur. Burada;

A3: Kesme hızı 180 m/dak

B1: İlerleme 0.1 mm/dev

C2: Talaş derinliği 1 mm’yi ifade etmektedir.

Kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne ne derecede etkidiğini belirlemek için; farkların kareleri ve kareler toplamı hesaplanarak bulunur.

FARKLARIN KARELERİ

$(\text{Ortalama Değer} - S/N \text{ oranı})^2$ formülü kullanılarak farkların kareleri elde edilir.

1 . Deney	$7,52 - 4,87 = (2,65)^2 = 7,02$
2 . Deney	$7,52 - 8,35 = (-0,83)^2 = 0,68$
3 . Deney	$7,52 - 11,39 = (-3,87)^2 = 14,98$
4 . Deney	$7,52 - 5,92 = (1,60)^2 = 2,56$
5 . Deney	$7,52 - 5,80 = (1,72)^2 = 2,96$
6 . Deney	$7,52 - 13,96 = (-6,44)^2 = 41,47$
7 . Deney	$7,52 + 1,57 = (9,09)^2 = 82,62$
8 . Deney	$7,52 - 7,55 = (-0,03)^2 = 0,001$
9 . Deney	$7,52 - 11,48 = (-3,96)^2 = 15,68$

 $\Sigma = 167,97$ değeri bulunur.

KARELER TOPLAMI

$$S_A = 3. [(-7,52 - (-8,2))^2 + (-7,52 - (-8,56))^2 + (-7,52 - (-5,82))^2]$$

$$S_A = 3. [0,4624 + 1,0816 + 2,89]$$

$$S_A = 13,30$$

$$S_B = 3. [(-7,52 - (-3,07))^2 + (-7,52 - (-7,23))^2 + (-7,52 - (-12,27))^2]$$

$$S_B = 3. [19,8 + 0,08 + 22,56]$$

$$S_B = 127,35$$

$$S_C = 3. [(-7,52 - (-7,38))^2 + (-7,52 - (-6,91))^2 + (-7,52 - (-8,28))^2]$$

$$S_C = 3. [0,02 + 0,37 + 0,58]$$

$$S_C = 2,9$$

Bulunan bu değerler yardımıyla, kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesindeki etkinlik oranları Tablo IV.8' de gösterilmiştir.

Tablo IV.8. Kesme Parametrelerinin, Yüzey Pürüz. Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları

	Kesme Parametreleri	Serbestlik Dereceleri	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	Etkinlik (%)
A	Kesme Hızı	2	13,3	6,65	0,54	8,2
B	İlerleme	2	127,35	63,68	5,21	75,2
C	Talaş Derinliği	2	2,9	1,45	0,12	1,9
Hata	-	2	24,42	12,21		14,7
Toplam	-	8	167,97			100

Önceden tespit ettiğimiz “A3B1C2” parametreleri kullanılarak, üç iş parçası daha tornalanmış bulunan yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonucu kontrol edilerek sonuçların güvenilirliği irdelenmiştir. Buna göre en iyi yüzey, pürüzlülüğün elde edilmesinde, optimize edilmiş kesme parametreleri Tablo IV.9 ’da verilmiştir.

Tablo IV.9. Deneyler Sonucu Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve S/N Oranları

	İlkel Parametreler	Optimize Edilmiş Kesme Parametreleri
Seviye	A2B2C2	A3B1C2
Yüzey Pürüzlülüğü	1,809	0,741
S / N	5,15	2, 6

Geliştirilmiş S/N oranı = $5,15 - 2,55 = 2,55$ dB

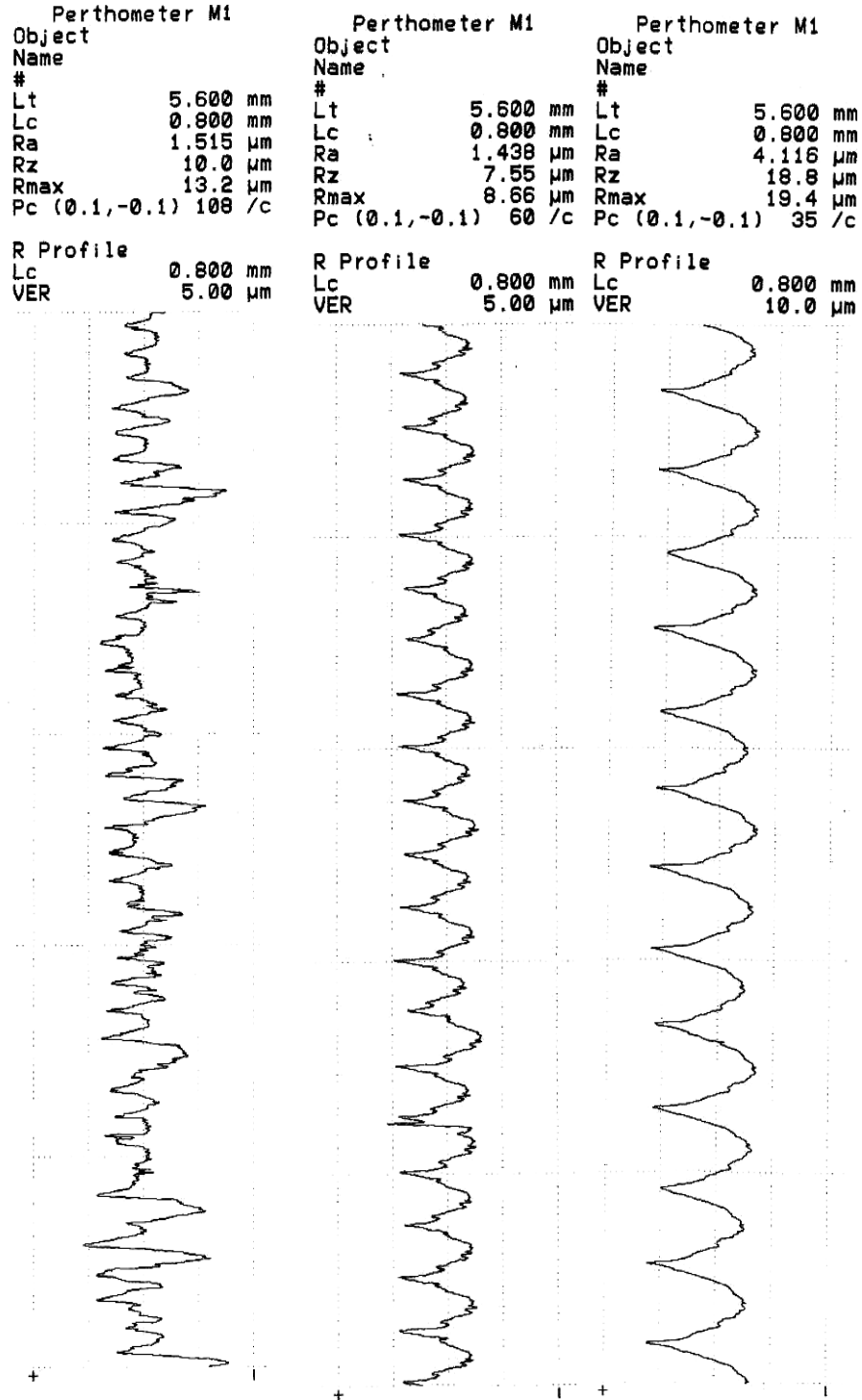
$1,809 / 0,741 = 2,44$

St 33 Çelik için yapılan deney sonucunda yüzey pürüzlülüğü % 244 oranında iyileştirme yapılmıştır.

IV.6.3. Deneysel Bulgular (St 52)

Aynı işlemler **St 52** çelik için yapılacak olursa;

St 52 Çelik için yapılan çalışmada elde edilen yüzey pürüzlülüğü ölçüm sonuçları Şekil IV.11' de dir.



Şekil IV.11 St 52 Yüzey Pürüzlülük Deney Sonuç Örnekleri

St 52 çeliğin seçilen kesme parametrelerine uygun olarak işlenmesiyle elde edilen yüzey pürüzlülüğü verilerine göre S/N oranlarını içeren Tablo IV.10. aşağıdadır.

Tablo IV.10 Deneylerde Kullanılan Parametrelere ait S/N Oranları (St 52)

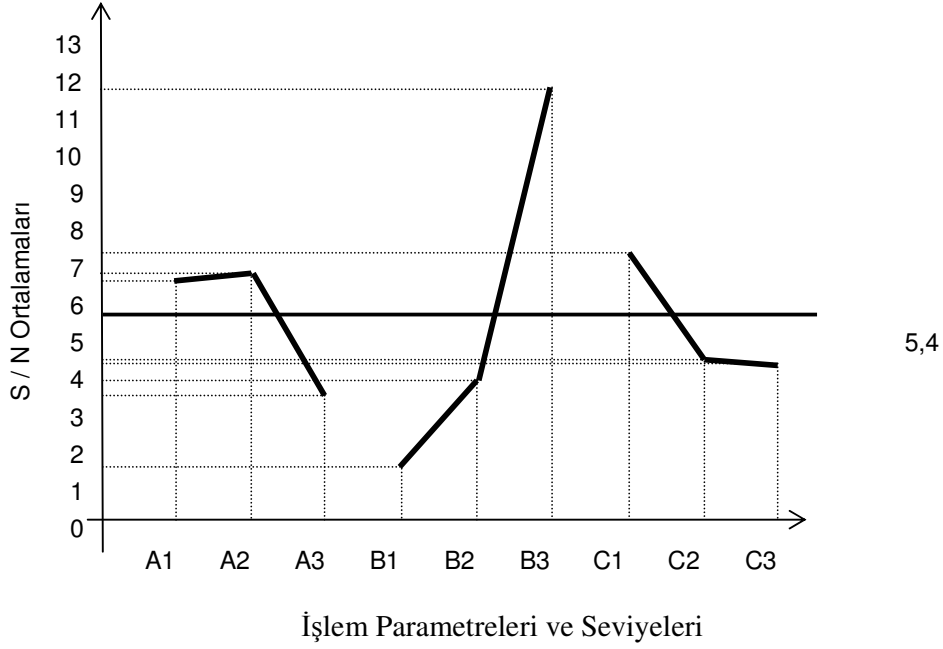
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme	Talaş Derinliği	Yüzey Pürüzlülüğü	S/N (dB)
1	120	0,1	0,5	1,515	-3,60
2	120	0,2	1	1,438	-3,15
3	120	0,3	1,5	4,116	-12,28
4	150	0,1	1,5	0,947	0,47
5	150	0,2	0,5	2,268	-7,11
6	150	0,3	1	3,776	-11,52
7	180	0,1	1	0,829	1,63
8	180	0,2	1,5	1,135	-1,09
9	180	0,3	0,5	3,374	-10,56

Ortalama Standart Sapma Oranları (S/N) ortalamaları Tablo IV.11' de görülmektedir.

Tablo IV.11 Ortalama standart sapma (S/N) Ortalamaları

Sembol	Kesme Parametreleri	S/N Ortalamaları			
		Seviye I	Seviye II	Seviye III	Max. - Min.
A	Kesme Hızı	-6,34	-6,50	-3,34	-3,16
B	İlerleme	-1,5	-3,78	-11,45	-9,95
C	Talaş Derinliği	-7,09	-4,35	-4,30	-2,79

$\Sigma (S/N) / 9 = S/N$ Ortalamalarının ortalaması 5,40 olarak bulunur. Elde edilen S/N ortalamalarının grafik ifadesi Şekil IV.12' de verilmiştir.



Şekil IV.12 Yüzey Pürüzlülüğü Oranları İçin Ortalama S/N grafiği

Grafikten faydalanarak St 52 için uygun kesme parametre değerleri “A3B1C3” olarak bulunur. Burada;

A3: Kesme hızı 180 m/dak.

B1: İlerleme 0.1 mm/dev.

C3: Talaş derinliği 1.5 mm' yi ifade etmektedir.

Kesme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesindeki etkinlik oranları Tablo IV.12' de gösterilmiştir.

Tablo IV.12 Kesme Parametrelerinin, Yüzey Pürüz. Belirlenmesindeki Etkinlik Oranları

	Kesme Parametreleri	Serbestlik Dereceleri	Kareler toplamı	Kareler Ortalaması	Hata	Etkinlik (%)
A	Kesme Hızı	2	18,8	9,44	0,69	8,40
B	İlerleme	2	163,29	81,64	5,96	72,56
C	Talaş Derinliği	2	15,50	7,75	0,47	6,88
Hata	-	2	27,39	16,47		12,16
Toplam	-	8	225,06			100

Onceden tespit ettiğimiz “A3B1C3” parametreleri kullanılarak, üç iş parçası daha tornalanmış bulunan yüzey pürüzlülükleri ölçüm sonucu kontrol edilerek sonuçların güvenilirliği irdelenmiştir. Buna göre en iyi yüzey, pürüzlülüğün elde edilmesinde, optimize edilmiş kesme parametreleri Tablo IV.12' de verilmiştir.

Tablo IV.13 Deneyler Sonucu Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri ve S/N oranları

	İlkel Parametreler	Optimize Edilmiş Kesme Parametreleri
Seviye	A2B2C2	A3B1C3
Yüzey Pürüzlülüğü	1,198	0,545
S / N	1,56	5,27

Geliştirilmiş S/N oranı = $(- 1,56) - 5,27 = 6,83$ dB

$1,198 / 0,545 = 2,20$ iyileştirme yapılmıştır.

St 52 Çelik için yapılan deney sonucunda yüzey pürüzlülüğü % 220 oranında iyileştirme yapılmıştır.

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

1. CNC torna tezgahında St33 malzemenin tornalanmasında, kesme parametrelerin optimizasyonu için Taguchi Metodundan yararlanılarak ortogonal sıralama deney planı yapılarak, deney sayısı 27'den 9'a düşürülmüştür. Bu durum deney sürelerini önemli ölçüde azaltmıştır.
2. Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla St 33 malzemenin takım aşınması için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 120m/dak, ilerleme miktarı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1.5 mm bulunmuştur.
3. Her kesme parametresinin takım aşınması için St33 çeliğin etkinlik yüzdelerinin tespiti yapılmıştır. Bu değerler; kesme hızı için %78,91, ilerleme miktarı için %15,22 ve talaş derinliği için % 2,12'dir.
4. İlkel kesme parametreleriyle yapılan tornalama işlemlerinde St 33 çelikte takım aşınma değeri 0,260 mm iken optimize edilmiş kesme parametreleriyle elde edilen değer 0.110 mm'ye inmiştir. Buda 2.37 oranında iyileştirme yapıldığını göstermektedir. Diğer değişle yüzey kalitesinde %237'lik gelişme sağlanmıştır.
5. Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla St 52 malzemenin takım aşınması için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 120m/dak, ilerleme miktarı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1mm bulunmuştur.
6. Her kesme parametresinin takım aşınması için St 52 çeliğin etkinlik yüzdelerinin tespiti yapılmıştır. Bu değerler; kesme hızı için %74, ilerleme miktarı için %18,42 ve talaş derinliği için % 3,28'dir.

7. İlkel kesme parametreleriyle yapılan tornalama işlemlerinde St 52 çelikte takım aşınma değeri 0,298 mm iken optimize edilmiş kesme parametreleriyle elde edilen değer 0.134 mm'ye inmiştir. Buda 2.24 oranında iyileştirme yapıldığını göstermektedir. Diğer değişle yüzey kalitesinde %224'lik gelişme sağlanmıştır.
8. Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla St 33 malzemenin yüzey pürüzlülüğü için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 180m/dak, ilerleme miktarı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1mm bulunmuştur.
9. St 33 malzeme için, her kesme parametresinin yüzey pürüzlülüğüne (yüzey kalitesine) etkinlik yüzdelerinin tespiti yapılmıştır. Bu değerler; kesme hızı için %8.2, ilerleme miktarı için %75.2 ve talaş derinliği için % 1.9'dur.
10. St 33 malzeme için, ilkel kesme parametreleriyle yapılan tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü değeri 1.809 μ m iken optimize edilmiş kesme parametreleriyle elde edilen değer 0.741 μ m'ye inmiştir. Buda yüzey pürüzlülüğünde 2.44 oranında iyileştirme yapıldığını göstermektedir. Diğer değişle yüzey kalitesinde %244'lük gelişme sağlanmıştır.
11. Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla St 52 malzemenin yüzey pürüzlülüğü için en uygun kesme parametreleri olarak; kesme hızı 180m/dak, ilerleme miktarı 0.1 mm/dev ve talaş derinliği 1.5 mm bulunmuştur.
12. St 52 malzeme için, her kesme parametresinin yüzey pürüzlülüğüne (yüzey kalitesine) etkinlik yüzdelerinin tespiti yapılmıştır. Bu değerler; kesme hızı için %8.40, ilerleme miktarı için %72.56 ve talaş derinliği için % 6.88'dir.
13. St 52 malzeme için İlkel kesme parametreleriyle yapılan tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü değeri 1.198 μ m iken optimize edilmiş kesme parametreleriyle elde edilen değer 0.545 μ m'ye inmiştir. Buda yüzey pürüzlülüğünde 2.20 oranında iyileştirme yapıldığını göstermektedir. Diğer değişle yüzey kalitesinde %220'lik gelişme sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

Kitaplar

- [1] Akkurt, M.: “Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Teknolojisi”. *Birsen Yayınevi Yayınevi* . İstanbul, Türkiye, (1985)
- [2] Akkurt, M.: “Takım Tezgahları Talaş Kaldırma Problemleri” , *Birsen Yayınevi* İstanbul, Türkiye, (1994)
- [3] Apaydın, H.: “ CNC Takım Tezgahları ”, *Birsen Yayınevi* , İstanbul, Türkiye, (1994) 47-54
- [4] Black , P.: “ Theory Metal Cutting ” , McGraw – Hill Book Company , Inc . (1969)
- [5] Şen, Z.; Çilingiroğlu, N.: “Teknik Resim Cilt I” İstanbul, Türkiye, (1994)
- [6] Trent , E.: “ M. Metal Cutting ” , University of Birmingham , (1977)

Tezler

- [7] Altın, A.; “ CNC Takım Tezgahlarında Yüzey Kalitesine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi ”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (1998) 77-79.
- [8] Dinler,S.; “Talaş Kaldırmada Takım Aşınması Ve Takım Ömrü”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (1998)
- [9] Hasfenerci, L.; “Talaş Kaldırma Esnasında Takım Aşınması Ölçüm Yöntemleri Ve Bir Talaş Kaldırma İşlemine Uygulanması ”, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Üniv.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (1992)

Makaleler

- [10] Kayacan, M.C.; Çelik, Ş.A.; Salman, Ö.: “Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Aşınmasının Bulanık Mantık İle Modellenmesi”, *Mühendis Ve Makine Dergisi*, Sayı 526 Kasım (2004)
- [11] Ceyhun, V.; Çiftçi, G.N.: “Çeşitli Kesici Takımların, Takım Ömürlerinin Deneyisel Yöntemle Saptanması”, *Makine Tek Dergisi*, Sayı 78 Nisan, (2004)
- [12] Saklakoğlu, I.E.; Saklakoğlu,N.: “Kesici Takımlarda Aşınma Mekanizmaları”, *Makine Tek Dergisi*, Sayı 74 Aralık , (2003)
- [13] Yang, W.H.; Tarn, Y. S.:“Design Optimization of Cutting Parameters for

- Turning Operation Based on The Taguchi Method. ” *Journal of MaterialsProcessing Technology* 84. 122-129, (1998) .
- [14] Nian C.; Y.Yang,; W.H.; Tarn, Y. S.: “ Optimization of turning operations with multiple performance characteristics. ” *Journal of Materials Processing Technology* 95. 90-96, (1998)

Patent ve Standardlar

- [15] “Talaş Kaldırma Bilgileri ”, *Böhler Sert Maden Firması*, Teknik El Kitabı
- [16] Güventürk, F.: “ Çelik El Kitabı ”, *Güven Çelik San. Ve Tic. Ltd. Şti. Yayınları*, İzmir, Türkiye, (1990)

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılı İstanbul doğumlu olan M. Sedat KARTAL, ilk ve ortaöğrenimini İstanbul'da tamamladı.1992 yılında başladığı Marmara Üniversitesi T. E. F. Makine Eğitimi Anabilim Dalından 1996 yılında mezun oldu. 1997-1998 yılları arasında Yedek Subay olarak askerliğini tamamladı. 1998-1999 yılları arasında Sistem Reklam A.Ş.' de, Ar-Ge departmanında görev aldı. 2000 yılında evlendi.

2004 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında lisans üstü eğitimine başladı. Halen 1999 yılında göreve başladığı İstanbul Çatalca Teknik Lise ve End. Meslek Lisesi Makine Bölümü Öğretmeni olarak görev yapmaktadır.

Metin Sedat KARTAL