



TALAS KALDIRMA TEORİLERİ VE TALASLI  
İMALATTA SERİ METAL UÇLARIN  
OPTİMİZASYONU

MUAMMER GAVAS

MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 1995



45013

KESME TEORİLERİ VE TALASLI İMALATTA  
SERT METAL UÇLARIN OPTİMİZASYONU

Muammer GAVAS

DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Eğitimi Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yard. Doç. Dr. Yılmaz AKGÜNEY

Ağustos 1995

Muammer Gavas'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı "Kesme Teorileri ve Talaşlı İmalatta Sert Metal Uçların Optimizasyonu" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

22.9.1995

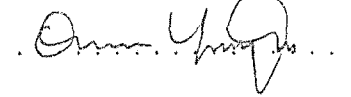
Üye : Yard. Doç. Dr. Yılmaz AKGÜNEY (Danışman)



Üye : Prof. Dr. Yüksel ÇAVUŞOĞLU

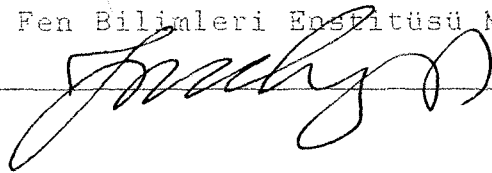


Üye : Prof. Dr. Osman YAZICIOĞLU



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.09.1995  
gün ve ....08..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Yard. Doç. Dr. İlyas NUHOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## ÖZET

Günümüzdeki teknolojiye, talaşlı imalatta kesme işlemleri çok önemli bir yere sahiptir. Özellikle makina takım imalatında kullanılan metallerin büyük bir çoğunluğu talaş kaldırmak suretiyle kesilerek işlenirler. Bu sebeple metallerin talaş kaldırılarak işlenmesi ve talaş kaldırma esnasında oluşan kesme işlemleri büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; sert, yumuşak veya çeşitli özellikteki metallerin çeşitli yöntemlerle, çeşitli kesicilerle nasıl kesildiği, kesme sırasında oluşan fiziksel olaylar ve özellikle çok karmaşık fiziksel bir olay olan kesme işlemi teorik ve pratik olarak incelenmiştir.

Kesme suretiyle yapılan talaş kaldırma işlemleri çok çeşitli olmakla beraber bunların en yaygın olanları tornalama ve frezeleme şeklinde olduğu, diğerleri ise ya bunların aynısı veya karmaşığı olduğundan özellikle bu alandaki kesme teorileri üzerinde çalışılmıştır.

Bunun yanında kesme işlemindeki en önemli iki unsurdan biri olan kesici takımların ve özellikle teknoloji dünyasında uzun zamandır kullanılan sert metal kesici uçların en verimli şekilde nasıl kullanılacağı ele alınmıştır.

Tez çalışması, şimdiye kadar yapılan çalışmalar incelemeler, kaynaklar taranarak ve karşılaştırılarak ve özellikle makina başında uygulama yapılarak tamamlanmıştır. Anahtar kelimeler 'Kesme' ve 'Sert Metal' dir.

CUTTING THEORIES AND OPTIMIZATION OF HARD METAL INSERTS IN  
CHIPPING REMOVE OPERATION

(M. Sc. Thesis)

Muammer GAVAS

DUMLUPINAR UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

1995

SUMMARY

In today's technology cutting operation processes has a very important place in manufacturing processes.

The metals especially used in tools and machinery are mostly produced by cutting the metals with chip removal process. Thus the chipping method in metal cutting and the cutting process during chipping has a big importance.

In this study, have to cut hard, soft or various metals by various methods and various cutting tools and the physical cured during cutting process and especially the very complicate physical event, cutting process is studied theoretically and practically.

As well as has variety in cutting by chip removal process the most common methods are turning and milling, because the others are either the same or the complex of

them. We studied on the cutting theories of the turning and milling operations.

Also we studied how to use most efficiently the hard metal inserts and the cutting machines as these are the two most important in technological world.

This components dissertation is completed by studying the previous works detailly, scanning the sources and comparing and especially working on the machines. Key words are 'Cutting' and 'Hard Metal'.



## TESEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında tavsiyelerinden istifade ettiğim tez danışmanım sayın Yard. Doç. Dr. Yılmaz ARGÜNEY'e, tecrübesinden önemli ölçüde yararlandığım sayın Yard. Doc. Dr. Mustafa KURT'a ve çok geniş ve yeni kaynaklara sahip kütüphanesini her zaman istifademe sunan ve her türlü yardımı esirgemeyen değerli hocam sayın İsmail KARACAN'a teşekkür ederim.





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
SEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xviii
1. GİRİŞ .....	1
2. MALZEMENİN EN KÜÇÜK YAPISI .....	4
2.1. Atomlar Arası Bağ .....	5
2.2. Kafes Sistemleri .....	6
3. KESME TEORİSİ .....	9
3.1. Kesme Kuvvetlerinin Analizi ve Ölçülmesi .....	15
3.2. İlerleme ve Kesme .....	22
3.3. Kesme Gücü .....	23
3.4. Talaş Açısına Göre Kesme Çeşitleri .....	24
3.4.1. Pozitif talaş açılı kesme .....	24
3.4.2. Sıfır talaş açılı kesme .....	26
3.4.3. Negatif talaş açılı kesme .....	27

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.4.4. Pozitif ve negatif talaş açılı kesmenin mukayesesi .....	28
3.4.5. Pozitif-negatif talaş açılı kesme .....	33
3.5. Takım Hareketine Göre Kesme Çesitleri .....	34
4. TALAS KALDIRMA .....	35
4.1. Talaş Kaldırma İşleminin Unsurları .....	36
4.2. Talaş Kaldırmada Fonksiyonel Faktörler .....	37
4.3. Talaş Kaldırma Esnasındaki Olusumlar .....	37
4.4. Talaş Kaldırma Yöntemleri .....	39
4.5. Talaşın Olusumu .....	42
4.6. Talaş Çesitleri .....	49
4.7. Talaş Kontrolü .....	51
4.8. Kesici Takımda Meydana Gelen Aşınmalar .....	54
4.9. Talaş Kaldırma Esnasında Olusan Isı .....	58
4.10. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi .....	64
4.11. Titreşim .....	65
4.12. Talaş Kaldırma İşlemleri ile Elde Edilen Yüzey Kaliteleri .....	67
4.13. Metallerin İşlenebilme Dereceleri .....	67
5. YUMUŞAK CELİKLERİN İŞLENMESİ .....	69
6. TALAS KALDIRMADA SOĞUTUCULAR .....	70

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
7. TORNALAMA KUVVETLERİ .....	75
7.1. Talas Kapasitesi (P) ve Döndürme Momenti (M) ..	78
7.2. Kesme Değerleri .....	79
7.3. Kesme Hızı (V) .....	80
7.4. İlerleme (s) .....	81
7.5. Talas Derinliği (a) .....	82
7.6. Kesme Değerlerinin Optimizasyonu .....	83
7.7. Tornalama İşleminde Soğutma .....	85
8. SERT METAL KESİCİLER .....	88
8.1. Çok Kat Kaplamalı Sert Metal Kesiciler .....	88
8.2. Seramik Kesiciler .....	89
8.3. PCD (Çok Kristalli Sentetik Elmas) Kesiciler ..	91
8.4. CBN (Kübik Baron Nitrit) Kesiciler .....	93
8.5. Kaplamasız Sert Metal Kesicilerin, Kaplamalı Sert Metal Kesicilere Göre Avantajları .....	94
8.6. Sert Metal Kesiciler ile PCD, CBN ve Seramik Uçların Karşılaştırılması .....	96
9. SERT METAL KESİCİ UCLA İSENEBİLEN MALZEMELER .....	102
9.1. Sert Metal Uçlarda, Kesme Kenarının Geometrik Durumu ve Bunun Uc Ömrüne Etkisi .....	103
9.2. Sert Metal Kesici Uçlarda Doğru Kesme Kenarının Seçimi .....	105

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
9.3. Sert Metal Kesici Uçlardan Yüksek Performans Alabilmek için Yapılması Gereken İşlemler .....	108
9.4. Alüminyum ve Alaşımlarının Sert Metal Kesici Takımlarla İşlenmesi .....	109
9.4.1. Kesme geometrisi .....	110
9.4.2. Soğutma işlemi .....	111
10. SERT METAL KESİCİ UÇLARIN OPTİMİZASYONU .....	112
11. SONUÇLAR .....	121
12. ÖNERİLER .....	125
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	127

### EKLER

1. Sert Metal Uçlu Torna Kalemeleri için Kalem Açılırları
2. Talaş Açısı Sıfır Derece Olan Freze Çakılları ve Torna Kalemeleri
3. Malzemelerin Özgül Kesme Kuvvetleri
4. Talaş Şekilleri
5. Metallerin İşlenebilme Dereceleri
6. Çeşitli Malzemelerin İşlenmesinde Kullanılan Soğutucular
7. Alüminyum Alaşımları için Kesme Koşulları

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. Atomun yapısı .....	5
2. 2. Metallerin genel kafes şekilleri.....	7
2. 3. Hacim Merkezli Kübik ve Yüzey Merkezli Kübik demir kafesleri .....	8
3. 1. Talaşın kaldırılması .....	11
3. 2. Kesme bölgeleri ve kuvvetleri .....	14
3. 3. Ortogonal kesmede kayma açısının küçülmesi ile sürtünme kuvvetinin artması .....	16
3. 4. Kesme kuvvetlerinin analizi .....	16
3. 5. Ayar açısına göre aksenal kuvvetlerin değişmesi	18
3. 6. Kalem radiusuna göre aksenal kuvvetlerin değişmesi .....	18
3. 7. Talaş açısına bağlı olarak teğetsel kuvvetlerin değişmesi .....	19
3. 8. Dönel kesmede kalem üzerindeki kesme kuvvetleri	20
3. 9. Kesme kuvvetlerini ölçen dinamometre .....	22
3. 10. Talaş açısına göre kesme çeşitleri .....	24

## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3. 11. Azdırma frezenin pozitif veya negatif talaş açılı bilenmesiyle meydana gelen bozuk diş profilleri .....	26
3. 12. Negatif ve pozitif talaş açılı kesme .....	29
3. 13. Dökme demirin negatif talaş açılı kalemle işlenmesi .....	32
3. 14. Dökme demirin pozitif talaş açılı kalemle işlenmesi .....	32
3. 15. Taşlamada aşındırıcı tanenin pozitif ve negatif talaş açılı kesme hareketi .....	33
3. 16. Doğrusal kesme .....	34
4. 1. Tornalama .....	39
4. 2. Frezeleme .....	40
4. 3. Delik delme .....	40
4. 4. Planyalama .....	41
4. 5. Vargelleme .....	41
4. 6. Taşlama .....	42

## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4. 7. ideal talaş oluşumu .....	43
4. 8. Kesilen talas uzunluğu (L2)' nin elde edilmesi.	45
4. 9. Kesme düzlemi açısının çizimle bulunması .....	47
4. 10. Talas kaldırma esnasında oluşan gerilimlerin yüksek hızla çekilmiş fotoğrafı .....	48
4. 11. Talasta oluşan plastik deformasyonlar .....	49
4. 12. Talaş çeşitleri .....	50
4. 13. Basamak tipi talaş kırıcı .....	52
4. 14. Talaş kırıcı tipleri .....	54
4. 15. Aşınma nedenleri .....	55
4. 16. Yan yüzey aşınması .....	56
4. 17. Krater aşınması .....	57
4. 18. Kesme kenarından ufak tanecik kopmaları .....	57
4. 19. Kesici uçta plastik deformasyon oluşumu .....	58
4. 20. Tornalama esnasında oluşan ısı .....	59

## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4. 21. Frezeleme esnasında ısı oluşum zamanı .....	60
4. 22. Vargelleme ve planyalama esnasında ısı oluşum zamanı .....	61
4. 23. Sıcaklığın oluştuğu üç bölge .....	62
4. 24. Talaş kaldırma esnasında plastik deformasyon.	63
4. 25. Kesme operasyonlarında elde edilen sıcaklıklar.	65
4. 26. Titreşime etki eden talaş eni ve talaş kalınlığı	67
5. 1. Yumuşak çelikte ferrit yapının dağılımı .....	71
7. 1. Tornalama esnasındaki hareketler ve kuvvetler .	76
7. 2. Talaş kesiti .....	77
7. 3. Talaş kalınlığı (mm) .....	77
7. 4. Sabit motor gücü (Pm) için döndürme momentinin hıza göre değişimi .....	80
7. 5. Paso sayısının belirlenmesi .....	83



## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
7. 6. Kesme hızının takım ömrü üzerindeki etkisi ....	86
7. 7. Soğutma sıvısının kesme hızı ve takım ömrüne etkisi .....	87
8. 1. CBN kesiciler .....	94
9. 1. Sert metal kesici uçlarda kesme kenarının yuvarlatılması .....	104
9. 2. Sert metal uçlarda kesme kenarı tipleri .....	104
9. 3. Sert metal uca pah kırma ve yuvarlatma işleminin beraber uygulanışı .....	106
9. 4. Alüminyum ve alaşımlarının işlenmesinde kullanılan talaş kırıcı tipleri .....	110
10. 1. Kesme derinliği değerinin takım ömrüne etkisi .	114
10. 2. İlerleme değerinin takım ömrü üzerindeki etkisi	115
10. 3. Kesme hızının takım ömrü üzerindeki etkisi ....	116
10. 4. Parça başına minimum maliyet için gerekli kesme hızı .....	118

## SEKİLLER DİZİNİ (devem)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
10. 5. Kesme hızının üretim miktarına etkisi .....	119
10. 6. Çalışma açısı faktörü .....	120
12. 1. Talaşlı imalatta kullanılan kesicilerin sertlik- lerinin sıralanışı .....	126
Ek. 4. Talaş şekilleri .....	131

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3. 1. Güç katsayıları .....	23
3. 2. Çeşitli malzemeler için HSS torna kaleminin açıcıları .....	25
3. 3. Negatif açılı kesme için tavsiye edilen kesme hızları .....	28
4. 1. HSS kesiciler için basamak tipi talaş kırıcı ölçüleri .....	53
4. 2. Talaş kaldırma işlemleri ile elde edilen yüzey kaliteleri .....	68
8. 1. Malzemelerin sert metal uçlarla işlenebilirliği	98
8. 2. Kaplamalı sert metal ucun kesme ömrü .....	99
8. 3. Seramik ucun kesme ömrü .....	100
8. 4. Seramik ve sert metal takım ömrünün karşılaştırılması .....	101
9. 1. Sert metal uçların işlenen malzemeye göre kesme kenarı tipleri .....	108

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Ek. 1. Sert metal uçlu torna kalemleri için kalem açı- ları .....	127
Ek. 2. Talaş açısı sıfır derece olan freze çakıları ve torna kalemleri .....	128
Ek. 3. Malzemelerin özgül kesme kuvvetleri .....	130
Ek. 5. Metallerin işlenebilme dereceleri .....	132
Ek. 6. Çeşitli malzemelerin işlenmesinde kullanılan soğutucular .....	135
Ek. 7. Alüminyum alaşımları için kesme koşulları .....	137

## 1. GİRİŞ

İmalatın amacı; hammadde halinde bulunan herhangi bir malzeme yi çeşitli yöntemlerle işleyerek istenilen şekle (mamul hale) getirmektir ki buna "talaşlı imalat yöntemi" denir. Çeşitli yöntemlerle (döküm, dövme, presleme, haddeme, çekme, derin çekme, sıvama, bükme, kaynak, lehim, perçinleme, yapıştırma) mamul hale getirilen birçok ürün vardır. Bu tür mamullerin imalatı sırasında uygulanan şekil verme işlemleri araştırma konumuzun dışında tutulmuştur ve bunlar talassız imalat yöntemi olarak adlandırılır.

Talaşlı imalat yöntemlerinin en önemli iki unsurunu iş parçası ve kesici takım teşkil eder. Talaşlı imalat yöntemlerinde talaş denilen küçük metal parçacıkları esas parçadan kesilmek suretiyle ayrılır. İşte bu çalışmada çok karmaşık fiziksel bir olay olan ve talaşın iş parçasından ayrılmasına sebep olan kesme işlemleri ayrıntılı biçimde incelenecektir.

Kesme olayının neticesinde meydana gelen talaşlı imalat yöntemleri, tornalama, frezeleme, delme, vargelleme, planyalama, taşlama, lepleme, honlama ve broşlama şeklinde sıralanabilir.

Talassız imalat yöntemlerindeki gelişmelere rağmen bu tür imalatta parçanın yüzey, boyut ve şekil kalitesi istenilen düzeye çıkarılamamaktadır. Bu durum talaşlı imalatın ve

kesme isleminin son derece önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Hatta bir çok mamul ilk önce talassız imalat yöntemiyle üretilir. Son olarak da talaşlı imalat yöntemiyle istenilen yüzey ve boyut kalitesinde işlenir.

Talaşlı imalat yöntemlerinin bu derece önemli olması bu imalat sisteminin esasını teşkil eden kesme işlemlerine özel bir önem kazandırmaktadır.

Kesme olayı çok geniş manada insanlık tarihi ile başlamış, sürekli gelişme göstermiş ve bu gelişme devam etmektedir.

Talaşlı imalat sistemlerinde 1900 yıllarında alاسımsız ve az alاسımlı takım çelikleri kullanılmakta iken; bu tarihten sonra Taylor tarafından hız çelikleri uygulamaya konulmuş ve bu sayede üretimde büyük artışlar sağlanmıştır.

Ernst ve Dr. Merchant 1945 yılında kesme teorileri üzerinde, özellikle ortagonal kesme üzerinde çalışmış, ideal talaş oluşumunu incelemiş kesme kuvvetleri ile kesme açıları arasındaki bağıntıyı, talasın kesilmeden önceki ve kesildikten sonraki boyları ve kalınlıkları arasındaki ilişkiyi formülleştirmiştir (Chapman, 1975).

Daha sonra Lee ve Shaffer kesme kuvvetlerini ve kayma

düzlemlerindeki gerilmeleri Mohr dairesine tatbik ederek çeşitli açılardaki kesme ve gerilmeleri incelemişlerdir (Chapman, 1975).

S.N. Agrawal, R.D. Harris ve B.H. Amstead talaşın oluşumunu ve bu esnadaki gerilmeleri yüksek hızda çekilen fotoğraflarla incelemişlerdir (Ostwald, 1977).

1930'lu yıllarda sert metal kesicilerin bulunması ile kesme hızları arttırılarak daha kaliteli yüzey elde edilmeye başlanmıştır.

M. Akkurt "Bilgisayar Yardımıyla Tornalama işleminde Talaş Kaldırma Faktörlerinin Optimizasyonu" isimli çalışmasında kesme faktörlerinin optimizasyonunda sınırlayıcı koşulların en etkilisinin tezgah gücü olduğunu tesbit etmiş, düşük güçlü tezgahlarda çalışıldığı durumda sert metal takım kullanmanın avantajının azaldığını tesbit etmiştir.

1950'li yıllardan itibaren de takım tezgahlarında çok büyük gelişmeler olmuş, NC (Numerical Control) tezgahlarından başlanılarak bilgisayarın da bu tezgahlarda kullanılması ile CNC (Computer Numerical Control) ve DNC (Direct Numerical Control) tezgahları geliştirilmiştir (Akkurt, 1991).

Takım tezgahları bu şekilde gelişmekte iken aynı zamanda otomasyona dayalı imalat sistemleri de geliştirilmiş, "Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon" CAD (Computer Aided

Design), "Bilgisayar Destekli İmalat " CAM (Computer Aided Manufacturing), bunların birleşmesi ile "Bilgisayar Destekli Konstrüksiyon ve İmalat" (CAD-CAM), ve bunların CNC ve DNC tezgahlarına adapte edilmesi ile Esnek İmalat Sistemleri" FMS (Flexible Manufacturing Systems) kullanılmaya başlanmıştır.

Talaşlı imalatta bütün bu sistemler gelişirken işlem olarak değişmeyen en önemli olay kesme işlemidir. Hangi çeşit kesici takım kullanılırsa kullanılsın, hangi özellikteki tezgahlar geliştirilirse geliştirilsin bütün bunlarda yapılan talaş kaldırma işlemlerinde kesme teorileri uygulanmıştır. Bütün bunların sonucu olarak şu söylenebilir. Talaşlı imalat varsa mutlaka kesme işlemi vardır ve bu konu, üzerinde sürekli çalışılmaya ve araştırma yapılmaya değer bir konudur.

## 2. MALZEMENİN EN KÜÇÜK YAPISI

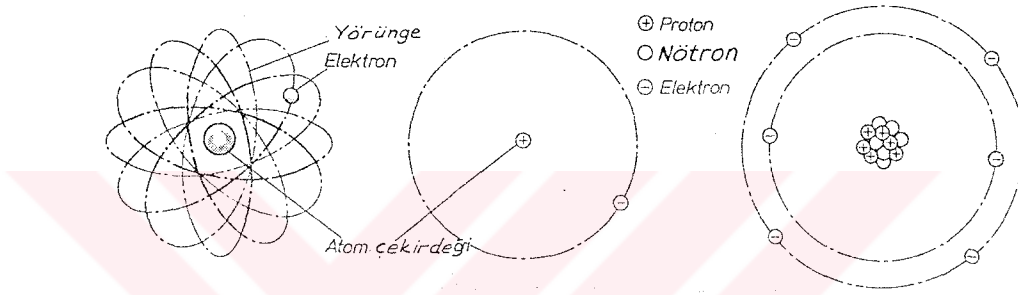
Atomlar arasındaki çekme kuvveti, malzemenin parçalanma ve şekil değiştirmesine etki eden en önemli faktördür. Atom modelleri incelendiğinde kesme konusu daha iyi anlaşılacaktır.

Bir atom, çekirdekte nötron ve protonlar ile çevrede elektronlardan ibarettir. Protonlar (+) yüklü ve nötronlar yüksüz olup, elektronlar ise (-) yüklüdürler.

Bir atomda çekirdek ve çekirdek etrafındaki elektronlar büyük önem taşırlar. Elektronlar çekirdek etrafında kabuk olarak adlandırılan yerlerinde sonsuz hızla dönerler. Atom-



larda dış kabukta bulunan elektronlara valans elektronlar denir ve malzemelerin özelliklerine ve özellik değişimine en fazla etki eden unsurlardır. Dış kabuk elektronları malzemelerde, kimyasal özellikleri, atomik bağı, atomik büyüklüğü, elektrik ve ısı iletkenliğini, optik özellikleri ve daha başka özellikleri etkiler (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Atomun yapısı

Katı maddelerin atomları birbirine sıkıca bağlıdır. Atomlar arasında hareket yoktur, ancak atomlar buldukları noktalarda bir titreşim hareketi yaparlar. Katılardaki bu titreşim hareketi sıcaklığa bağlıdır. Bir katı cisme ısı verildiğinde verilen ısı kinetik enerjiye dönüşeceğinden atomların yapmakta oldukları titreşim hareketi şiddetlenir ve kapladıkları hacim genişler. Bu olay sonunda katıların hacimleri büyür.

## 2.1. Atomlar Arası Bağ

Malzemeyi meydana getiren atomlar arasında çekme gücü

vardır. Eğer atomlar arasında bu çekme gücü olmasaydı malzemeler kolaylıkla kesilebilir, işlenebilir ve çeşitli şekillere sokulabilirdi. Ancak bunun karşılığında da imal edilen bir parça gerekli dayanıklılığı göstermez ve kısa zamanda kullanılmaz hale gelirdi. Öyleyse ne kadar dayanıklı bir malzeme isteniyorsa o kadar da o malzemenin işlenmesinin zor olacağını bilmesi gerekir. O halde malzemenin fiziksel özelliğini belirleyen en önemli faktör atomlar arası çekim gücüdür ve atomlar arası çekim gücü atomların elektronik yapısına bağlıdır.

Metal atomları arasındaki bağa "Metalik Bağ" denir.

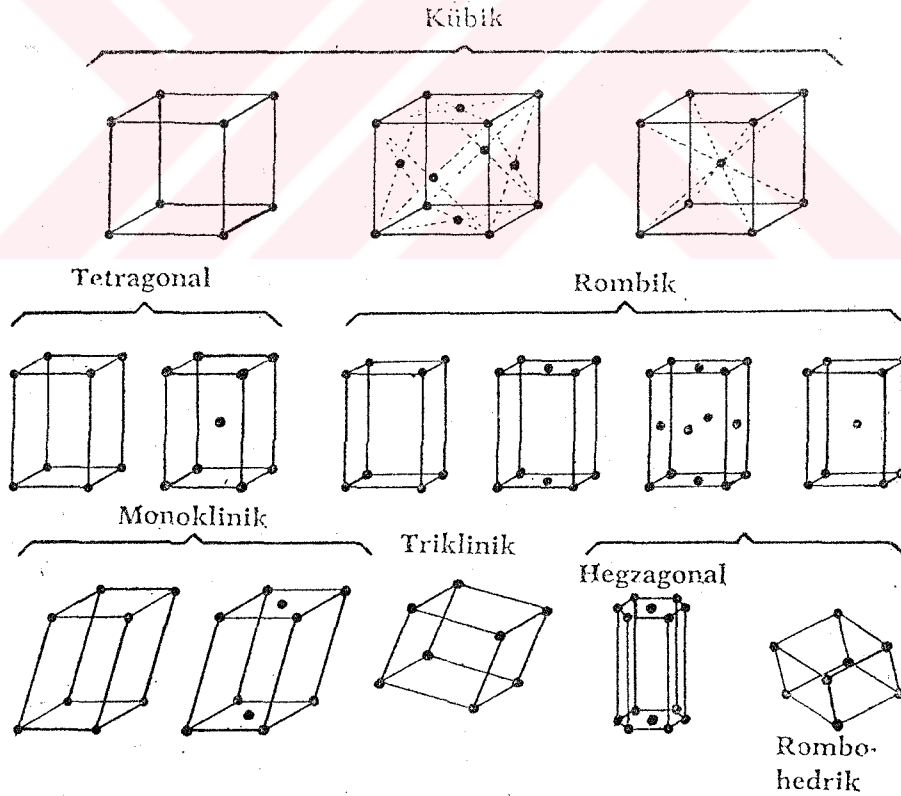
Bu durum metal atomları elektronlarının maksimum sayıya ulaşmamış olmasından ve bu dış kabuk elektronlarının valans elektronlar olmasından kaynaklanır. Valans elektronları serbesttir ve çekirdeğe bağlı değildir. Valans elektronlarının metallerde serbestçe hareket ettiği kabul edilir. Metal bir malzemede serbestçe hareket eden valans elektronları nedeni ile çekirdek pozitif (+) yüklü, serbest dolaştığı kabul edilen elektronlar ise negatif (-) yüklü olarak birbirlerini büyük bir kuvvetle çekerler. İşte malzemeye uygulanan kesme ve talaş kaldırma işlemi atomlar arasındaki bağı ortadan kaldırmak, daha sonra tanecikleri birbirinden ayırmak ve neticede malzemedan parçacıklar koparmaktır.

## 2.2. Kafes Sistemleri

Malzemelerin fiziksel özelliklerine etki eden en önemli

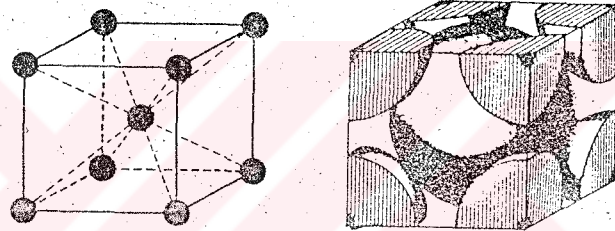
faktörlerden birisi de atomların diziliş şekillerinin meydana getirdiği kafes sistemleridir. Metal atomları ondört çeşit kafes meydana getirirler ve bunlardan yedi grup kafes oluşur. (şekil 2.2). Bunlar Kübik, Rombik, Monoklinik, Triklinik, Hegzagonal ve Tetragonal kafes sistemleridir. Pratikte kafeslerin tek olarak birbirinden ayrılması mümkün değildir.

Demir hem hacim merkezli kübik, hem yüzey merkezli kübik kafese sahiptir (şekil 2.3).

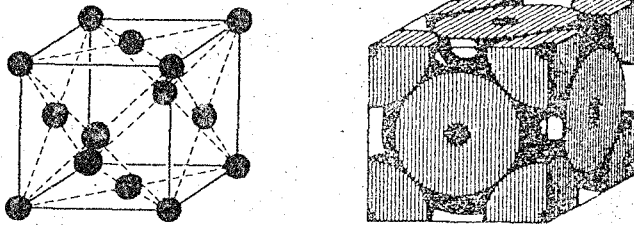


Şekil 2.2. Metallerin genel kafes şekilleri.

Atomlar arası bağ kuvvetli ise atomlar birbirine yakın ve dolgu faktörü yüksek olur. Atomlar arası bağ zayıf ise atomların düzeni aradaki mesafenin fazla olduğu durumlarda olur ve dolgu faktörü düşüktür.



Hacim Merkezli Kübik (HK)



Yüzey Merkezli Kübik (YMK)

Şekil 2.3. Hacim Merkezli Kübik ve Yüzey Merkezli Kübik demir kafesleri.

### 3. KESME TEORİSİ

Kesici takımlar, ister tornada, ister frezede, ister diğer tezgahlarda olsun aynı teori esas alınarak işlem yaparlar. Kesme işlemlerinin amacı daha az güç ve daha düşük maliyetle yüksek hız ve ilerleme ile sonuçta istenilen tamlıkta iyi bir yüzey elde etmektir.

Kesici takımdan maksimum şekilde faydalanabilmek için takımın iyi bilinmesi gerekir. İyi dizayn edilmiş ve yapılmış bir kesici takım, kesici kenarının aşınması ile kesme geometrisi değiştiğinden istenilen şekilde kesme yapmayabilir. Bu değişiklikler körelmiş kenarda, sertlikte ve değişen boşluk açılarında meydana gelir. Bu değişikliklerden herhangi birisinin oluşmasıyla ısı meydana gelir ve bu ısı kesici takımın sertliğinin kaybolmasına neden olur. Bu; kesici takımın yeteri kadar sert olmadığı anlamına gelmez. Sadece kesici takım ile iş parçasının temas ettiği hareketli noktada etkili bir kesme yapmak için kesici takımın ucu yeteri kadar sert değildir demektir. Eğer kesici takımın bağıl hareketi aşırı fazla ise kesme kenarı aşınır ve körelir, bu sayede ısı daha da artar ve bu durum daha geniş bir yüzeyin körelmesine ve aşınmasına sebebiyet verir. Kesici takımdaki yumuşama, sürtünme ve körelme takımın tamamen bozulmasına kadar devam eder.

Bu sebeple; uygun yağlama veya soğutma, iyi bilinmiş takım kullanma, uygun kesme açısı seçme, uygun kesici takım

malzemesi seçme, uygun kesme hızı ve ilerleme seçme, uygun kesme noktaları tesbit etme gibi faktörler ısı oluşumunu yavaşlatır ve takım ömrünü uzatır. Takım ömrü, takımın körelinceye kadar yaptığı işleme zamanıdır.

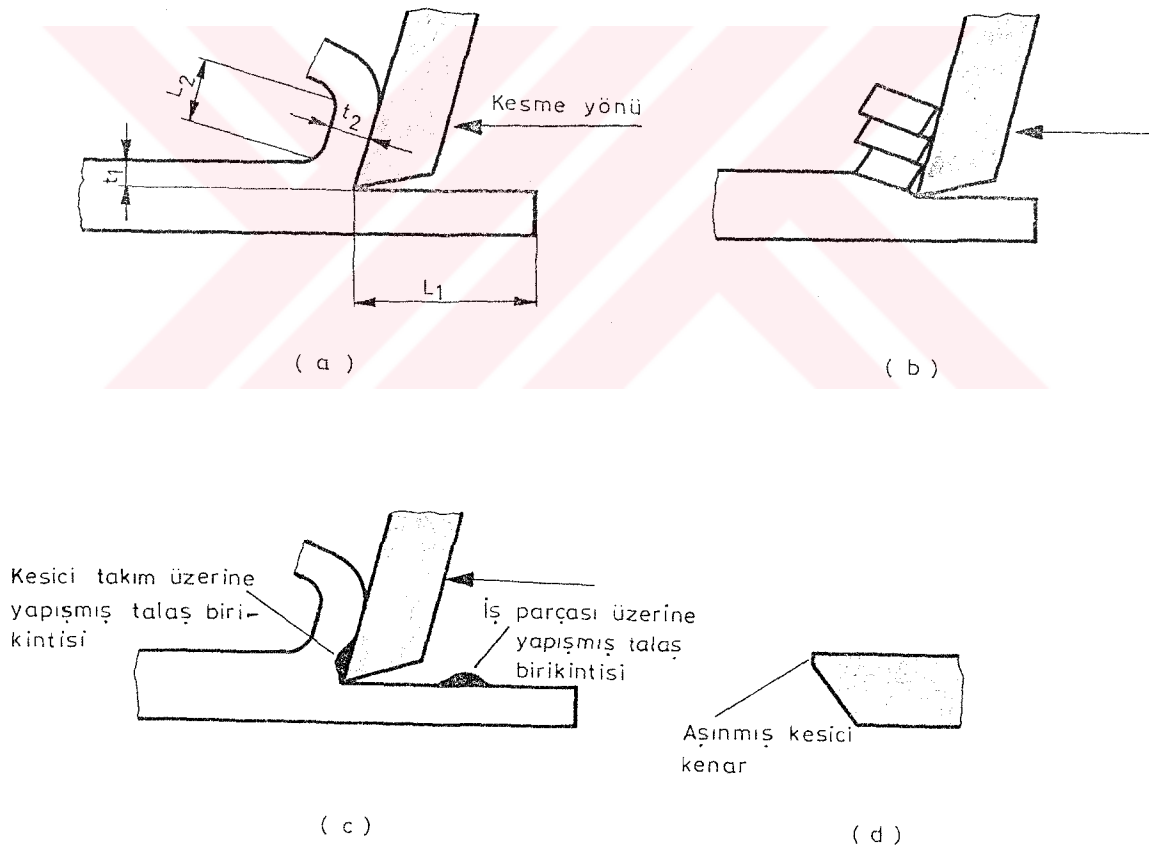
Kesici takımın aşınıp körelmesine sebep yine parçada ve çıkan talaşlarda kesici takımın meydana getirdiği yüksek sertliktir. Talaş kaldırma esnasında sertlik kazanan parçadan talaş kaldırabilmek için daha fazla kuvvete ihtiyaç vardır. Çelik gibi metaller talaş kaldırma esnasında sertlik kazanır, bu da talaş kaldırma operasyonlarında önemli bir faktördür.

İşleme sertleşmesinden, derin talaş kaldırılarak kaçınılabılır. Bu tür işlemede takımın kesici kenarı sertleşen yüzeyin ilerisinden kesme yaptığından talaşı daha kolay kaldırır. Aynı teknik, sıcak haddelenmiş çeliklerden talaş kaldırmak için de kullanılabilir. Sertleşen yüzeyin sertliğini gidermek için kullanılan diğer bir metod da ön ısıtmadır.

Talaşın şekli; kesici takımın ucu ve kesilen malzemenin yapısı ile ilgilidir. Talaşlar sürekli, süreksiz veya kenar birikintili şeklinde sınıflandırılabilir ve bunlar kesmenin sonuçlarıdır.

Talaşın şeklini anlatmak için planya kaleminin iş parçasından talaşı nasıl kaldırdığı şekil 3.1' de gösterilmiştir. Sünek malzemeden kaldırılan talaşlar sürekli olarak çıkar.

Talaş ya uzun bir ip şeklinde veya sıkı bir rulo şeklinde oluşur. Talaşın kesilmeden önceki boyu kesildikten sonraki boyundan daha uzundur. Malzemenin hacim ve ağırlık olarak kesme işleminden önceki ve sonraki miktarı aynıdır, genişliği değişmez fakat kesme işleminden sonraki talaş kalınlığı işlemden önceki talaş kalınlığından daha büyüktür. Bu sebeple;



Şekil 3.1. Talaşın kaldırılması a) Sürekli talaş, b) süreksiz talaş, c) Kenar birikintili talaş d) Aşınmış kesici ağız.

- $r$  = Deformasyon oranı,  
 $t_1$  = Kesme işleminden önceki talaş kalınlığı,  
 $t_2$  = Kesme işleminden sonraki talaş kalınlığı,  
 $L_1$  = Kesme işleminden önceki talaş uzunluğu,  
 $L_2$  = Kesme işleminden sonraki talaş uzunluğu,

$$r = \frac{t_1}{t_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

Eğer deformasyon oranı ( $r$ ), büyük ise kesme işlemi iyi demektir. Bununla birlikte ( $1/2$ ) oranı iyi bir sonuç verir.

Sürekli kesme örneği olarak dökme demirden kaldırılan talaşlar gösterilmiştir (Bkz. şekil 3.1.b). Kesme işleminin başladığını kabul edelim. Malzeme kesici aletin yüzeyinden yukarı doğru kaymaya başlar. Kesme kuvvetleri yüksek olduğundan dolayı kesme çatlağı ilerler ve kesmeye yardımcı olur. Kesilme esnasında kırılan parçacıklar talaş olarak ana parçadan ayrılır. Gri dökme demirin yapısı grafit çubuklar şeklinde olduğundan kesme kuvveti bunları kırmak için kullanılır. Talaş tipleri ayrıntılı olarak ilerideki kısımlarda anlatılacaktır.

Sürekli kesmede görülen diğer bir hareket kesici takıma malzeme yapışmasıdır. Bu aksiyonda yüksek ısı küçük talaşları kesici takıma kaynak eder. Daha sonra bu yığılma büyür ve en sonunda takım yüzeyinden koparak ayrılır. Şekil 3.1.c' de parça yüzeyine ve kesici takıma yapışan malzeme yığıntıları görülmektedir. Bu yığıntılar iş parçası üzerinde sert



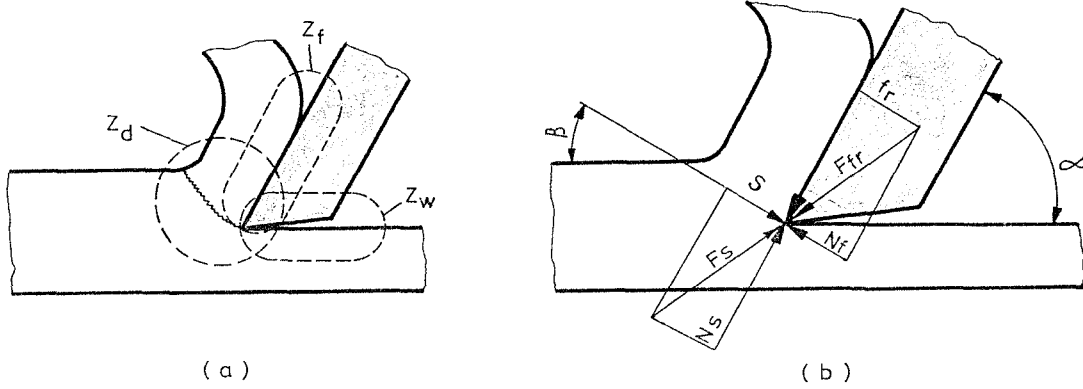
çalışma yüzeyleri meydana getirdiğinden; kesici takım üzerinde de kesme hareketine mani olduğundan oluşmaları istenmez.

Kesici takıma kaynaklanmış talaşların meydana getirdiği diğer bir etki kesme yüzeyi üzerinde oyuk oluşmasıdır. Kesici takımdan koparak ayrılan kaynaklanmış talaşlar her seferinde takım malzemesinden de çok küçük parçacıkları beraberinde ayırırlar. Bunun sonucu olarak kesici takım yüzeyinde oyuk oluşur. Bu oyuklar aynı zamanda talaşın sürtünmesi ile de meydana gelir.

Yan yüzey aşınması sürekli kesme işlemi sonunda kesici kenarın altında meydana gelir (Bkz.3.1.d). Aşınan yüzey genişleyip düz bir alan oluşturduğundan kesme kenarı altındaki boşluk açısını yok eder ve bu durum sürtünmeye, ısı artışına, kesme kuvvetlerinin takımı zorlamasına ve daha büyük aşınma meydana gelmesine sebep olur.

Takım ucunda meydana gelen kesme işlemi üç bölgeye ayrılabilir (şekil 3.2.a). (Zf) sürtünme bölgesi, (Zd) deformasyon bölgesi ve (Zw) çalışma yüzeyi bölgesidir.

Şekil 3.2.b' de gösterilen kuvvetlerden (fr) sürtünme kuvveti ve (Nf) normal sürtünme kuvveti kalemin yüzeyi boyunca meydana gelir. Bu iki kuvvetin bileşkesi olan (Ffr) kuvveti kesici takım tarafından iş parçası üzerine uygulanır.



Sekil 3.2. Kesme bölgeleri ve kuvvetleri

- a) Kesme işleminde oluşan bölgeler,
- b) kesme esnasında oluşan kesme ve sürtünme kuvvetleri.

İş parçasında ( $F_{fr}$ ) bileşke kuvvetine eşit fakat zıt yönlü bir ( $F_s$ ) kuvveti meydana gelir. Bu ( $F_s$ ) bileşke kuvvetinin iki bileşeni vardır. ( $N_s$ ) normal gerilme kuvveti ve ( $s$ ) gerilme kuvveti.

Burada bir noktaya işaret edilmelidirki eğer ( $\alpha$ ) açısı büyürse ( $\beta$ ) açısı küçülür ve talaş kaldırmak için daha büyük kuvvet gerekir.

Kesme operasyonlarında azda olsa meydana gelen fakat burada dikkate alınmayan kuvvetler de vardır.

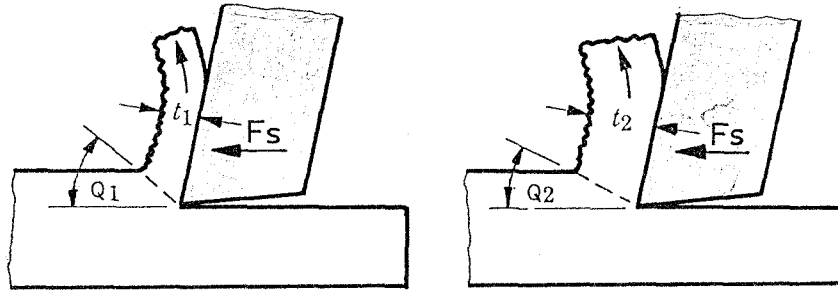
Isı oluşumunu en alt seviyede tutmak için sürtünmenin mümkün olduğu kadar azaltılması gerekir. Bunu elde etmek için yağlar ve çeşitli sıvılar kullanılır ki bu durum kesmeyi de kolaylaştırır. Buradaki yağlamanın birinci amacı budur. İkinci amacı ise kesme işlemi sırasında enerji dönüşümünden ve talaşların kesici takımın yüzeyine sürtünmesinden dolayı meydana gelen ısıyı önlemektir.

Kesme işlemlerinin çok sert olduğu ve yağlamanın ısı birikimini önleyemediği durumlarda suda çözünen yağlar kullanılabilir. Su oranı fazla olan karışım, soğutma işleminde etkili ve parça üzerinde korozyona da sebep olmaz.

Bu sebeple; yağlama yağları sürtünmeyi azaltmada, su-yağ karışımı çözeltiler ise soğutucu olarak kullanılmalıdır. Soğutma konusu ileriki bölümlerde daha ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### 3.1. Kesme Kuvvetlerinin Analizi ve Ölçülmesi

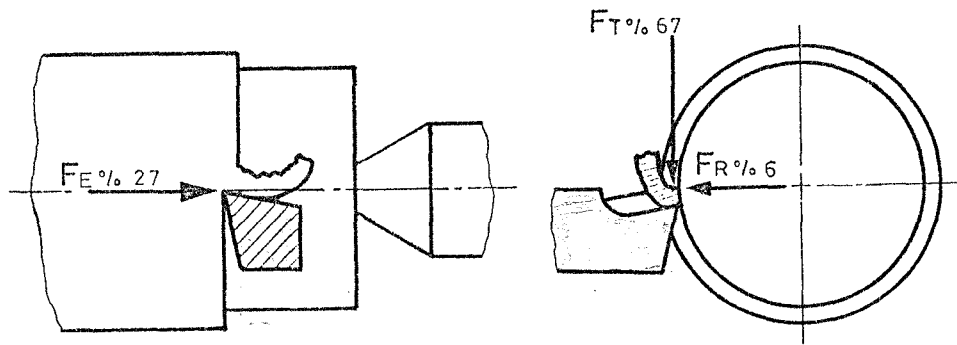
Kesme kuvvetleri ve kesme düzleminin açıları talaşın kesme yüzeyinde meydana getirdiği sürtünme kuvvetinden etkilenir. Dönerek kesmedeki sürtünme kuvvetleri, soğutma sıvısının kullanılıp kullanılmadığına, malzemenin ve kesici takımın gereğine, kesme hızına, kesici takımın şekline, yumuşaklığına ve keskinliği de dahil bir çok faktöre bağlıdır. Büyük sürtünme kuvvetleri küçük kayma açısının olduğu yerlerde meydana gelir (şekil 3.3).



Sekil 3.3. Ortogonal kesmede kayma açısının küçülmesi ile sürtünme kuvvetinin artması.

Sürtünme kuvveti küçük ise bunun tersi doğrudur. Yani ( $Q$ ) açısı büyüdüğü zaman sürtünme kuvvetleri azalır. Sürtünme kuvveti en aza indirildiğinde talaş akışı daha kolay olur.

Kesici takım üzerinde aksiyon gösteren kuvvetlere şekil 3.4 'te işaret edilmiştir. Bu kuvvetler aksiyon, teğetsel ve radyal olarak etki eder.



Şekil 3.4. Kesme kuvvetlerinin analizi

Kesme kuvvetinin %27'si aksenal, %67'si teğetsel ve %6'sı da radyal olarak oluşur (Ostwald, at al., 1977).

Makinada talaş kaldırma işlemlerinde teğetsel kuvvet kesme kuvvetlerinin en önemlisini teşkil eder.

Kesme kuvvetlerinin bu şekilde analizinden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

a) Kesme hızının değişmesi ile takıma gelen kuvvetler önemli ölçüde değişmez,

b) Takımın ilerlemesi ne kadar artarsa, kesme kuvvetleri de o kadar artar,

c) Kesme derinliği ne kadar artarsa kesme kuvvetleri de o kadar artar,

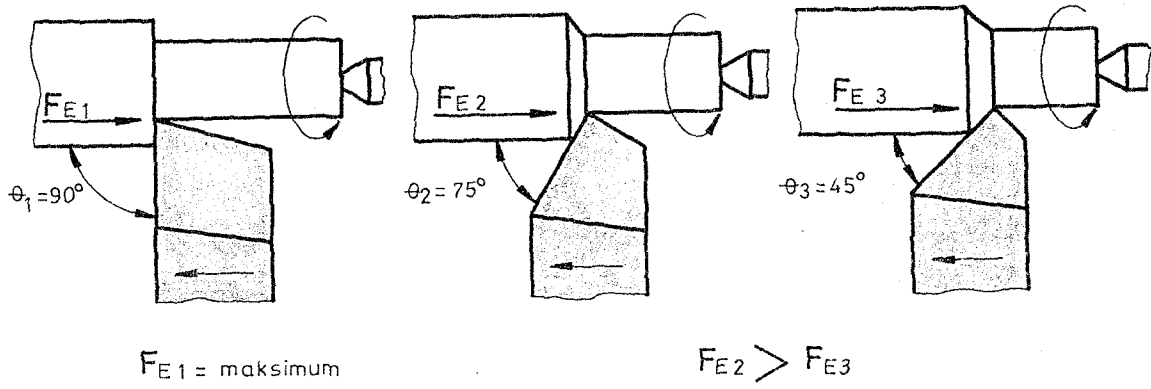
d) Talaş kesiti büyüdükçe teğetsel kuvvet de büyür,

e) Kalem ayar açısı artarsa, aksenal kuvvetler de artar (şekil 3.5),

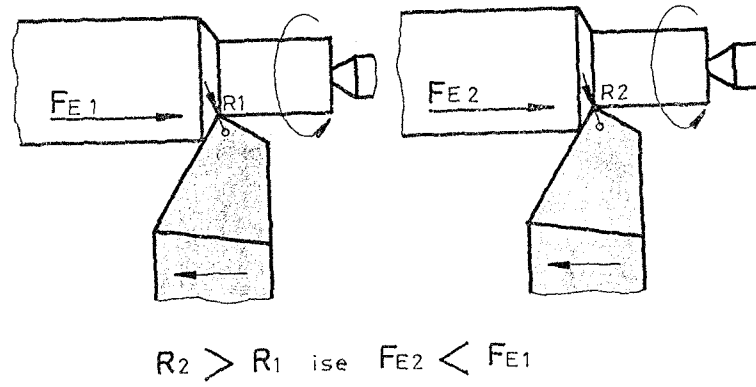
f) Kalem kesici ucunun radyusu artarsa, aksenal kuvvetler azalır (şekil 3.6),

g) Talaş açısı artarsa, teğetsel kuvvet azalır. (şekil 3.7),

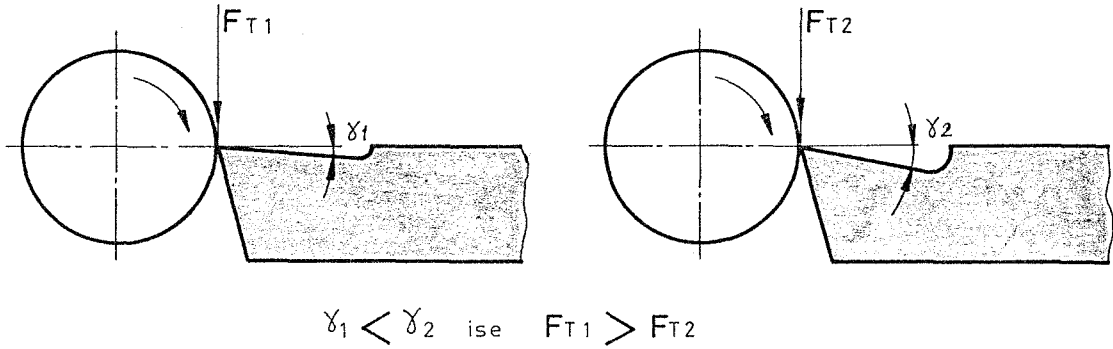
h) Soğutma sıvısı kullanılmak kesici takım üzerinde kuvvetleri çok az azaltır fakat takım ömrünü çok fazla uzatır.



Şekil 3.5. Ayar açısına göre aksenal kuvvetlerin değişmesi.



Şekil 3.6. Kalem radiusuna göre aksenal kuvvetlerin değişmesi.



Şekil 3.7. Talas açısına bağlı olarak teğetsel kuvvetlerin değişmesi.

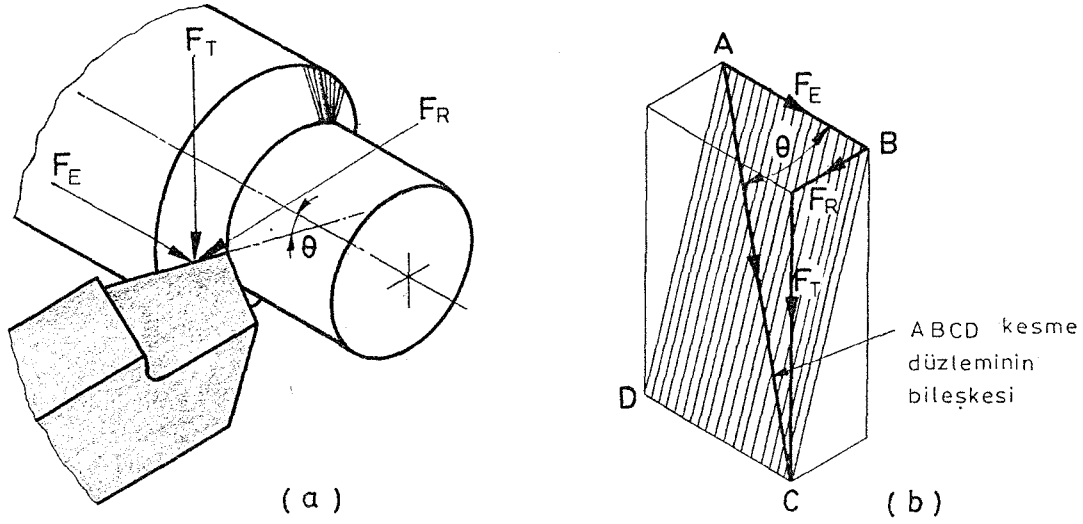
Şekil 3.8.a' da gösterildiği gibi işin dönme eksenine ve ilerleme doğrultusuna komşu ve birbirine karşılıklı olarak dikey durumda olan kesme kuvvetleri ölçülebilir.

$F_T$ ,  $F_E$ , ve  $F_R$  vektörlerinin durumu şekil 3.8' de gösterilmiştir. Burada bileşke kuvveti;

$$AC = \sqrt{(F_T^2 + F_E^2 + F_R^2)}$$

formülünden elde edilir. Bu bileşke kuvvet (AC), (ABCD) düzleminde (AB) ile ( $\theta$ ) açısını meydana getirir. ( $\theta$ ) açısının değeri;

$$\text{tg } \theta = \frac{F_E}{\sqrt{(F_T^2 + F_R^2)}} \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$

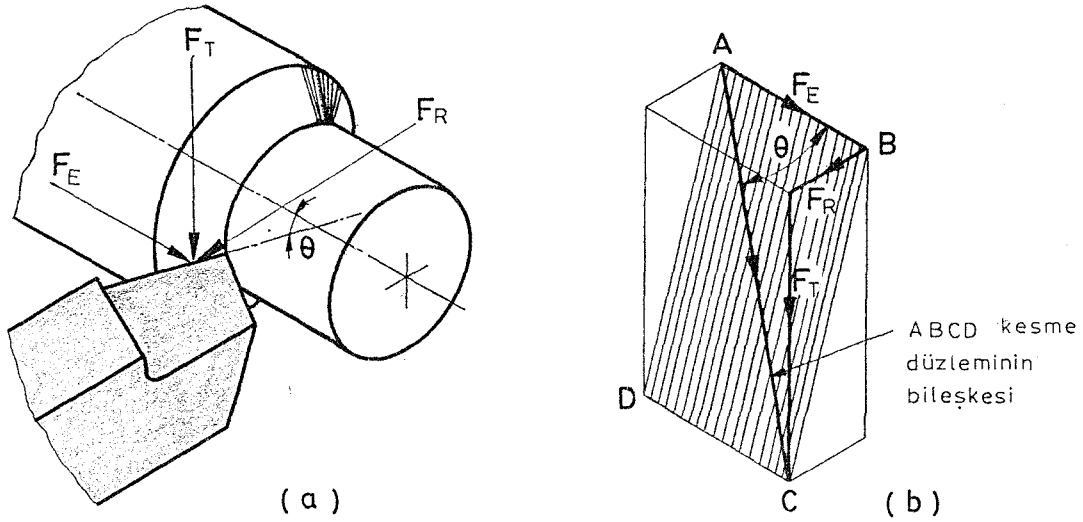


Sekil 3.8. Dönel kesmede kalem üzerindeki kesme kuvvetleri,  
 a) Kalem üzerindeki kesme kuvvetleri,  
 b) kesme kuvvetlerinin bileşkesi,

$F_T$ ,  $F_E$  ve  $F_R$  kuvvetlerinin ölçülmesi kesici takım dinometresi ile yapılır. Prensip olarak birbirine dikey üç yönde kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sapmalar ölçülebilir. Kesme testini basitleştirmek için şartlar öyle ayarlanabilir ki; ( $F_R$ ) kuvveti pratik olarak sıfır alınır. Eğer ( $\theta$ ) açısı  $90^\circ$  olursa, kalem is eksenine boyunca kesme yapacağından ( $F_R$ ) kuvveti ihmal edilebilir.

Yukarıdaki şartlara uyan ve tek noktadan kesme yapan keskin uçlu takımlar önemli derecede ( $F_R$ ) kuvvetinin meydana gelmediği millerin tornalanmasında kullanılır. ( $F_R$ ) kuvvetinin meydana gelmemesi için kesme testlerinde daha uygun düzenlemeler yapılabilir. Talaş oluşumu ortogonal şartlarda meydana gelmiş olur.





Sekil 3.8. Dönel kesmede kalem üzerindeki kesme kuvvetleri,  
 a) Kalem üzerindeki kesme kuvvetleri,  
 b) kesme kuvvetlerinin bileşkesi,

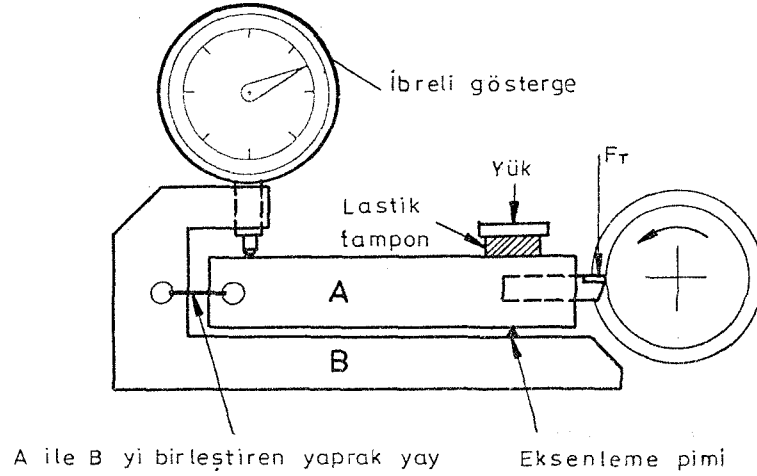
$F_T$ ,  $F_E$  ve  $F_R$  kuvvetlerinin ölçülmesi kesici takım dinometresi ile yapılır. Prensip olarak birbirine dikey üç yönde kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği sapmalar ölçülebilir. Kesme testini basitleştirmek için şartlar öyle ayarlanabilir ki; ( $F_R$ ) kuvveti pratik olarak sıfır alınır. Eğer ( $\theta$ ) açısı  $90^\circ$  olursa, kalem iş eksenine boyunca kesme yapacağından ( $F_R$ ) kuvveti ihmal edilebilir.

Yukarıdaki şartlara uyan ve tek noktadan kesme yapan keskin uçlu takımlar önemli derecede ( $F_R$ ) kuvvetinin meydana gelmediği millerin tornalanmasında kullanılır. ( $F_R$ ) kuvvetinin meydana gelmemesi için kesme testlerinde daha uygun düzenlemeler yapılabilir. Talaş oluşumu ortogonal şartlarda meydana gelmiş olur.

Ençok kullanılan kesici takım dinamometresi Şekil 3.9' da gösterilmiştir. Sağlam metalden yapılan (A) çubuğunun bir ucu kesici takıma bağlıdır ve diğer ucu yaprak yay vasıtası ile (B) gövdesine bağlanmıştır. ( $F_T$ ) kuvveti, (A) çubuğuna etki edince sapma meydana getirir, bu sapma miktarı ( $F_T$ )'nin büyüklüğüne ve yayın kuvvet iletkenliğine bağlı olarak (B) gövdesine geçer.

$F_T$  kuvveti (A) çubuğunda ankastre etkisi şeklinde iken yaprak yay vasıtası ile göstergeye geçer ve bu değerler kadranda ( $F_T$ ) kuvveti olarak okunur. Cihaza statik yükler konarak, yaprak yayın kalınlığında ayarlama yapılarak kadranda ölçülebilecek yük miktarına göre eşit bölüntüler yapılabilir.

Bu işlemler dikey düzlemde tasavvur edilmistir. ilerleme kuvveti ( $F_E$ )'yi ölçmek için (B) gövdesi daha sağlam olmalıdır. ( $F_E$ ) kuvvetinin sapması ( $F_T$ )'ye dikey olarak meydana gelir. Burada önemli bir noktaya dikkat edilmelidir ki; ( $F_T$ ) kuvveti için yapılan bölüntüleme ( $F_E$ ) kuvvetinin büyüklüğünden etkilenmemelidir. (A) çubuğu ( $F_E$ ) kuvvetinin etkisi ile ne (B) gövdesini saptırmalı, ne de bölüntülemeyi değiştirmelidir. Bu şartlarda; iki veya daha fazla noktadan bileşik kesme yapan kesici takımların kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde başarılı olunamaz ve kuvvet ölçüm hataları ortaya çıkabilir.



Sekil 3.9. Kesme kuvvetlerini ölçen dinamometre (Martin'den, 1982).

### 3.2. İlerleme ve Kesme

Yüksek hız çeliğinden yapılmış kesicilere nazaran karbür kesicilerde sürtünme zararlı olduğundan bunlardan azami fayda elde etmek için ilerleme değeri mümkün olduğu kadar yüksek tutulmalıdır.

Genel olarak frezelemede kesici diş başına gelen ilerleme 0.2 - 0.5 mm dir. Bununla beraber daha sert çelikler için düşük kesme hızları kullanıldığında bu miktarları azaltmak gerekir. Tornalamada ise her devir için 0.25 - 0.5 mm olmalıdır.

### 3.3. Kesme Gücü

Kesme işlemi için gerekli olan güç kaba olarak aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$\text{Güç} = d.f.s.c \text{ watt.}$$

d = Kesme derinliği (mm).

f = ilerleme (mm/devir).

s = Kesme hızı (m/dak.)

c = Güç katsayısı, (çizelge 3.1'den seçilir),  
(Chapman, 1975).

Çizelge 3.1. Güç katsayıları ("c" katsayısı pozitif açılı kesme için), (Chapman'dan, 1975).

Malzeme	Az karbonlu çelik	Orta karbonlu çelik	Ni Cr çelik	Gri döküm C.I.	Bakır Pirinç	Bronz	Alüminyum alaşımları
C	24	32	56	12	16	28	16

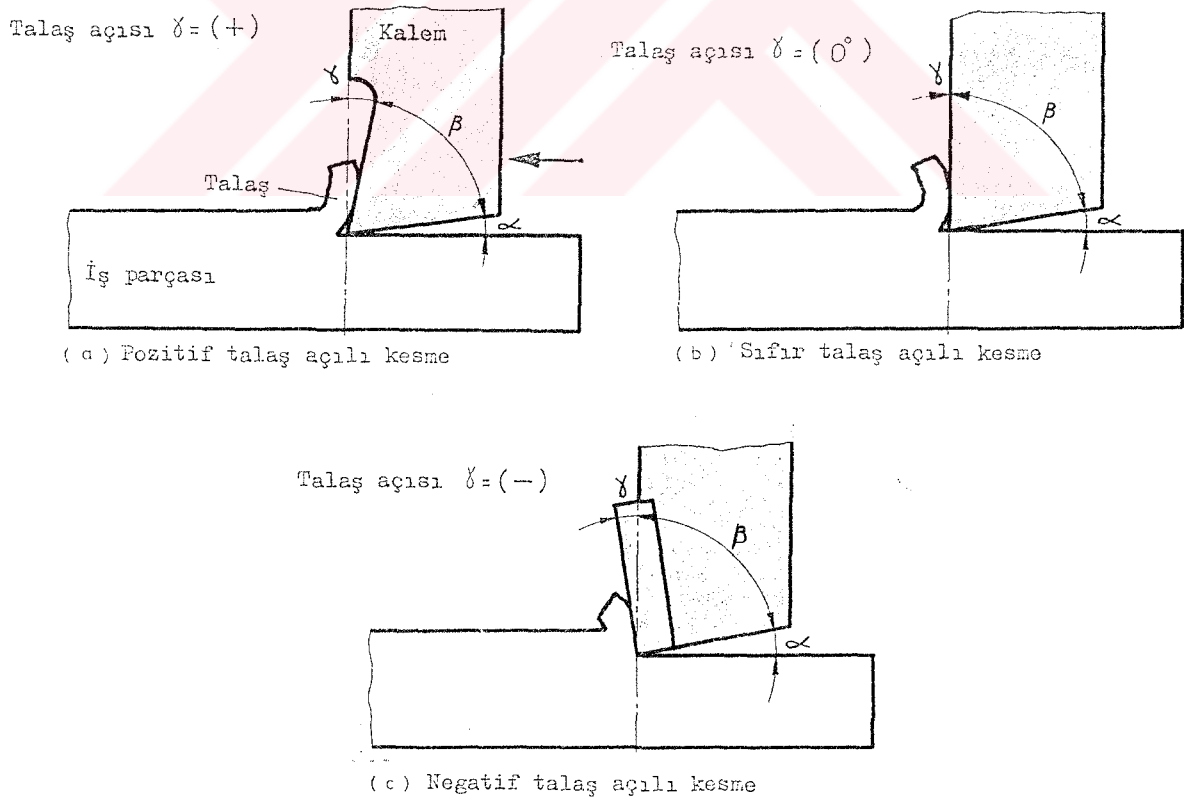
Negatif açılı kesme için "C" katsayısı % 50' ye kadar arttırılabilir.

"C" katsayısının içinde tezgah boş iken çalıştırmak için gerekli olan güç de dahildir. Aynı anda birden fazla kesici takım kullanılırsa toplam güç, kesici takımların her birisi için gerekli olan gücün toplamıyla bulunur.

### 3.4. Talaş Açısına Göre Kesme Çeşitleri

#### 3.4.1. Pozitif talaş açılı kesme

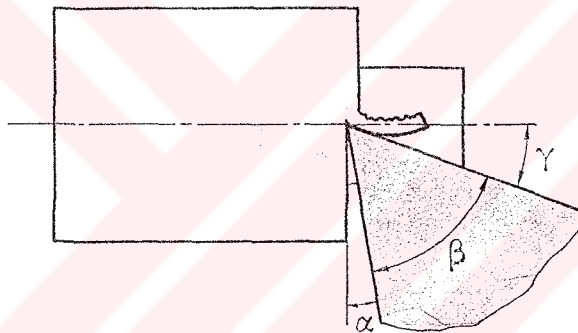
Pozitif talaş açılı kesici takımlarda kesici ağız köşesi geriye doğru yatıktır (şekil 3.10.a). Talaş, yüzeyin eğiminden dolayı esas kesici ağız ve kesme kaması doğrultusuna eğik durumdadır. Bunun sonucu olarak talaş kaldırmadaki etkili kama açısı bilinenden daha küçük olur. İş parçasına daha iyi batar ve koparan bir kesme meydana getirir. Talaş kaldırma işlemlerinde en çok kullanılan bir kesme çeşididir. Hem HSS hem de sert metal kesici kalemler pozitif açılı olarak kullanılabilir.



Şekil 3.10. Talaş açısına göre kesme çeşitleri

Pozitif talaş açılı kesmede HSS torna kalemleri için talaş açısı ( $\delta$ ), boşluk açısı ( $\alpha$ ) ve kama açısı ( $\beta$ )'nin değerleri çizelge 3.2'de, sert metal uçlu torna kalemleri için ise Ek.1'de verilmiştir.

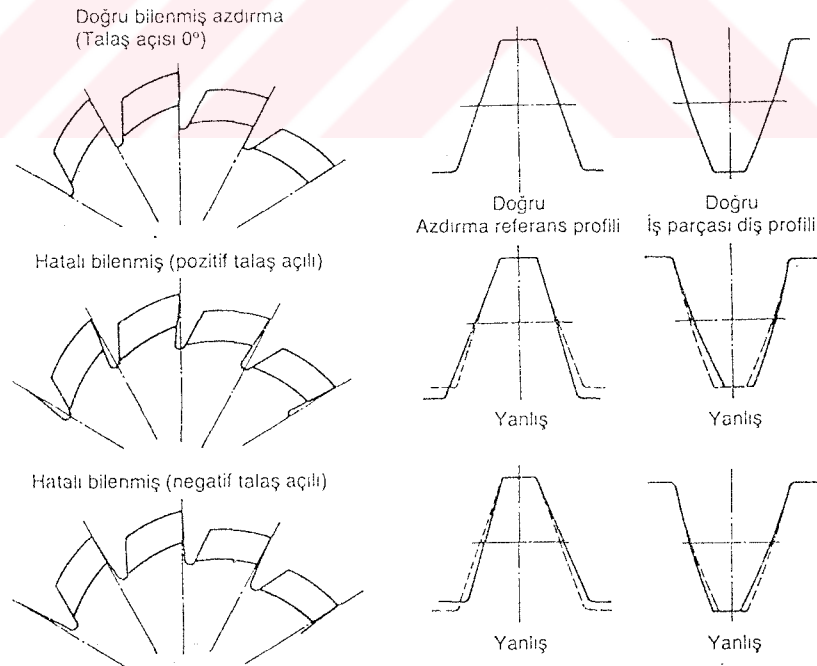
Çizelge 3.2. Çeşitli malzemeler için HSS torna kaleminin açıları.



Malzeme		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Çelik	<175 H <sub>B</sub>	8°	67°	15°
Çelik	175—250 H <sub>B</sub>	8°	74°	8°
Çelik	>250 H <sub>B</sub>	6°	84°	0°
Paslanmaz çelik		8°	67°	15°
Dökme demir	<175 H <sub>B</sub>	8°	74°	8°
Dökme demir	175—250 H <sub>B</sub>	7°	77°	6°
Dökme demir	>250 H <sub>B</sub>	6°	84°	0°
Pirinç	<150 H <sub>B</sub>	10°	68°	12°
Pirinç	>150 H <sub>B</sub>	8°	76°	6°
Bronz	<150 H <sub>B</sub>	8°	72°	10°
Bronz	>150 H <sub>B</sub>	7°	78°	5°
Bakır		10°	50°	30°
Alüminyum		10°	40°	40°
Alüminyum alaşımları		10°	50°	30°
Magnezyum		10°	50°	30°
Ağaç		10°	40°	40°

### 3.4.2. Sıfır talas açılı kesme

Form torna kalemlerinde, otomat keski kalemlerinde, otomat torna kalemlerinde, prizma frezelerde, konik frezelerde, konik alın frezelerde, oluk frezelerde, modül frezelerde, form frezelerde ve azdırma frezelerde talas açısı ( $0^\circ$ ) olarak alınır (Bkz. şekil 3.10.b). Çünkü kesicilerin talas açıları ( $0^\circ$ ) olmazsa profil bozukluğu meydana gelir ve istenilen sonuç elde edilemez. Şekil 3.11' de ( $0^\circ$ ) talas açılı azdırma freze ve bu frezenin pozitif veya negatif talas açılı bilenmesi halinde meydana getirdiği bozuk profiller görülmektedir.



Şekil 3.11. Azdırma frezenin pozitif veya negatif talas açılı bilenmesiyle meydana gelen bozuk diş profilleri.

Talaş açısı ( $0^\circ$ ) olan freze çakıları ve torna kalemleri Ek.2' de gösterilmiştir.

### 3.4.3. Negatif talaş açılı kesme

Negatif talaş açılı kesici takımlarda kesici ağız öne doğru yatıktır (Bkz.şekil 3.10.c). Kesme kaması kesme anında iş parçasına kolay batmadığından darbeli yüklere maruz kalır. Ancak bu darbeli yük kesici ağızın tam üzerinde meydana gelmez, daha yukarı bölgelerde meydana gelir. Bu sebepten dolayı kesme köşesi pek fazla zorlanmaz, kesici takım daha büyük kesme kuvvetlerini kırılmadan karşılar. Bu durum ise kesme işleminin kesik kesik olduğu özellikle karbür kesiciler için büyük avantaj sağlar.

Negatif açılı kesme takımları genellikle karbür karışımından yapılır ve negatif açısı torna kalemlerinde  $3^\circ-5^\circ$ , planya kalemlerinde  $12^\circ-15^\circ$ , freze uçlarında ise  $7^\circ-10^\circ$  civarındadır. Negatif açılı kesmede tavsiye edilen kesme hızları çizelge 3.3' de verilmiştir.

Negatif açılı kesiciler için daha sert karbürler kullanılarak kesme hızı yükseltilebilir.

Şu nokta daima hatırlanmalıdır ki; belirli kesme hızlarına ulaşılmadıkça, negatif açılı kesme ile ilgili diğer şartların yerine getirilmesinin işlem sırasında faydası olmayabilir. Yüksek kesme hızı aynı zamanda yüksek güç girişine de bağlıdır.

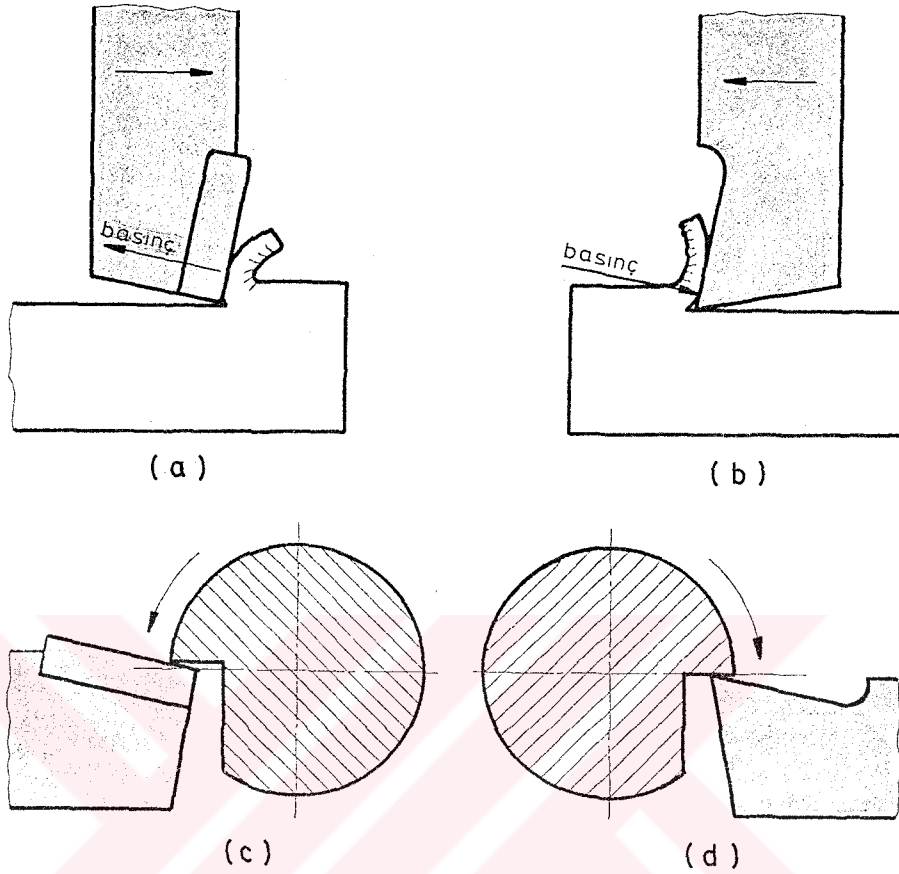


Çizelge 3.3. Negatif talaş açılı kesme için tavsiye edilen kesme hızları (Chapman'dan, 1975).

Malzeme Cinsi	Kaba işleme için kesme hızları (m/dak.)	İnce işleme için kesme hızları (m/dak.)
Çelik % 0.15 C	230	300
Çelik % 0.4 C	160	210
Çelik % 0.8 C	120	135
Döküm	90	105
Fosfor tuncu-tunc	300	420
Bakır	450	540
Pirinc	600	900
Alüminyum	900	1200

#### 3.4.4. Pozitif ve negatif talaş açılı kesmenin mukayesesi

Bilim alanındaki birçok önemli gelişmeler mevcut şartların yetersiz oluşundan dolayı harcanan çabalar sonunda ortaya çıkmıştır. Negatif açılı kesme bu tür gelişmelere iyi bir örnektir. Bu tür kesme; bazı sert metal kesici takım imal eden firmaların, bu kesicinin sünek malzemelerin kesilmesi sırasında talaşın takıma yapışması sonucu kaybolan kesme etkisinin üstesinden gelmek için buldukları bir metottur. Pozitif açılı kesme şekil 3.12.b ve d'de gösterildiği gibi, kesme kenarının biraz yukarısında oluşan sünek talaş,



Şekil 3.12. Negatif ve pozitif talaş açılı kesme  
 (a), (c), Negatif talaş açılı kesme  
 (b), (d), Pozitif talaş açılı kesme

takımın kesme kenarına etkiyen kuvvetler bileşkesini yukarıya doğru yönlendirir ve talaş yukarı doğru kıvrılarak çıkar. Bir süre sonra ağız birikintisinden ve aşınmış çukurcukların etkisinden dolayı talaşın yukarı doğru kıvrılması zorlaşır, kesici uç, üzerine gelen yükü karşılayamaz ve kesici kenar kırılır.

Eğer şekil 3.12.a ve c' de görüldüğü gibi kesme kenarı negatif açılı olarak düzenlenirse bu kenara gelen basınç kuvvetlerini kesici kenar kırılmadan karşılar. Bundan dolayı bu tip kesici takımlar avantajlıdır. Şüphe yokki; bu tür negatif açılı kesme mekanizmalarını önceleri tasavvur etmek öyle zordu ki; hiç kimse yukarıda anlatılan karşılaştırmaları yapıncaya kadar bu konuya ciddi olarak bakmadı.

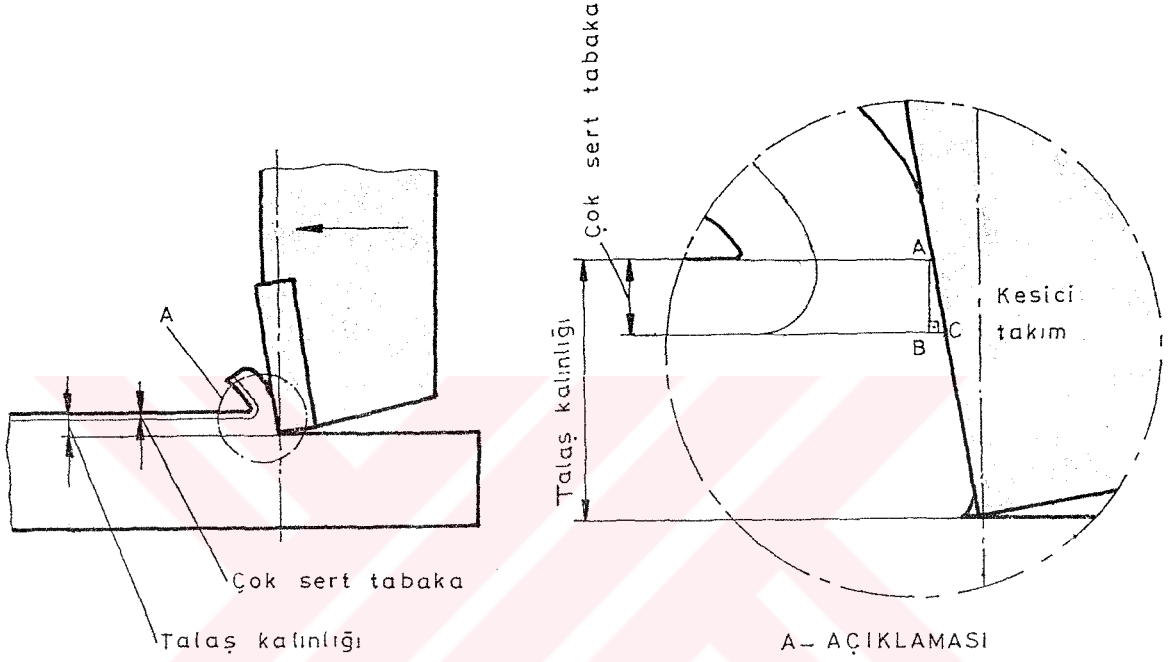
Yapılan yeterli dizaynlar sayesinde ağız birikintisinin oluşumu önlenir, aşınma azalır ve kesme hızı arttığından kesme yüzeyi üzerindeki talaş etkisi azaltılır. Burada önemli bir noktanın varlığı tesbit edilir ki; eğim azaldığında gittikçe fazlalaşan iş talaşa aktarılmış olur.

Bu sonuçlar soğuk işlemede ve kesici takımlarda soğutmanın ve düşük hızlar altında çalışmanın lüzumluluğunu ortadan kaldırır. Isı talaşı yumuşatır ve onun iş parçasından koparak ayrılmasına yardımcı olur. Pozitif kesme açılı takımlarla uzun süre çalışarak tecrübe kazandıktan sonra negatif kesme açılı takımların yüksek hıza ve etkili performansa sahip olduğunu görmek ve araştırmaların sonunda kesici takımın ve iş parçasının soğutma ile yakinen ilgili olduğunu bulmak merak edilmesi gereken bir konudur. Şüphesiz talaşlar iş parçasından ayrılırken sıcak ve kırmızı durumdadırlar. Tabii olarak böyle yüksek hızda işleme karbür kesicilerle sınırlıdır. Çünkü yüksek hız altında HSS kesici takımlar talaşların aşındırıcı etkisine dayanamazlar.

Şimdiye kadar yapılan müzakerelerden anlaşılacak ki; negatif talaş açılı kesme, talaşla takım arasında yapışma ihtimalinin olduğu sünek çeliklerin işlenmesinde en etkili bir talaş kaldırma yöntemidir. Sünek metallerin negatif talaş açılı kesicilerle işlenmesinde etkili sonuçlar alınmıştır. Ancak, ısıya dayanıklı çeliklere ve diğerlerine avantajlı bir biçimde uygulanamaz. Çünkü onların dirençleri yüksek sıcaklıklarda kaybolmaz. Dökme demir kendi kendine bir sınıf teşkil ettiğinden (özel bir durumda olduğundan) bu kaidelere uymaz ve pozitif açılı kesici takımlarla daha etkili işlenebilir. Çünkü dökme demirlerin dış yüzeylerinde yaklaşık 0.3-0.5 mm. kalınlığında çok sert bir tabaka vardır. Bu malzemeler gevrek olduğundan iyi bir işleme kabiliyetine sahip olmakla beraber dış yüzeydeki çok sert tabaka kalemi çabuk aşındırır ve köreltir. Dökme demirler şekil 3.13.' deki gibi negatif açılı kesicilerle işlenirse, çok sert tabakanın kalınlığı (AB) kadar olduğu halde negatif açılı kesmeden dolayı kalem (ABC) dik üçgeninde hipotenüsü meydana getiren (AC) kadar kesme yapar. Yani sert tabakanın esas kalınlığından daha fazla kalın bir tabakayı kesmiş olur. Bu şekilde talaş kaldırmada kalem daha çabuk aşınarak körelir.

Eğer dökme demirler şekil 3.14.' deki gibi pozitif açılı kesici takımla işlenirse; takımın ucu ilk önce yumuşak tabakaya temas eder, talaş yukarıya doğru kayarken yüzeydeki çok sert tabaka kesintili olarak kırılır, böylece talaş kaldırma esnasında kalemin kesici ucu dökme demirin çok sert

üst yüzeyine hiç temas etmediğinden kalem ömrü artar. Daha sonraki pasolarda da pozitif talaş açılı kesicilerle etkili bir şekilde talaş kaldırılır.



Şekil 3.13. Dökme demirin negatif talaş açılı kalemle işlenmesi

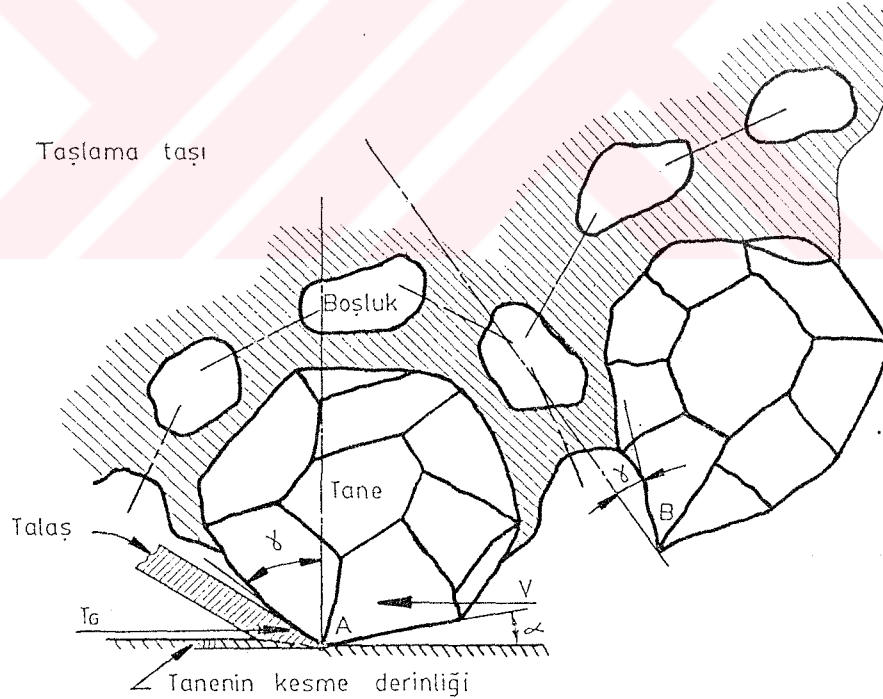


Şekil 3.14. Dökme demirin pozitif talaş açılı kalemle işlenmesi.

### 3.4.5. Pozitif - negatif talaş açılı kesme

Taşlama tezgahındaki kesme işleminde pozitif ve negatif talaş açılı kesme beraber kullanılır. Çünkü taşı meydana getiren taneciklerin talaş açıları özel olarak bilinmediğinden presleme anında bazı tanecikler negatif açılı kesme, bazı tanecekler ise pozitif açılı kesme yapacak şekilde dizilmiş olabilirler.

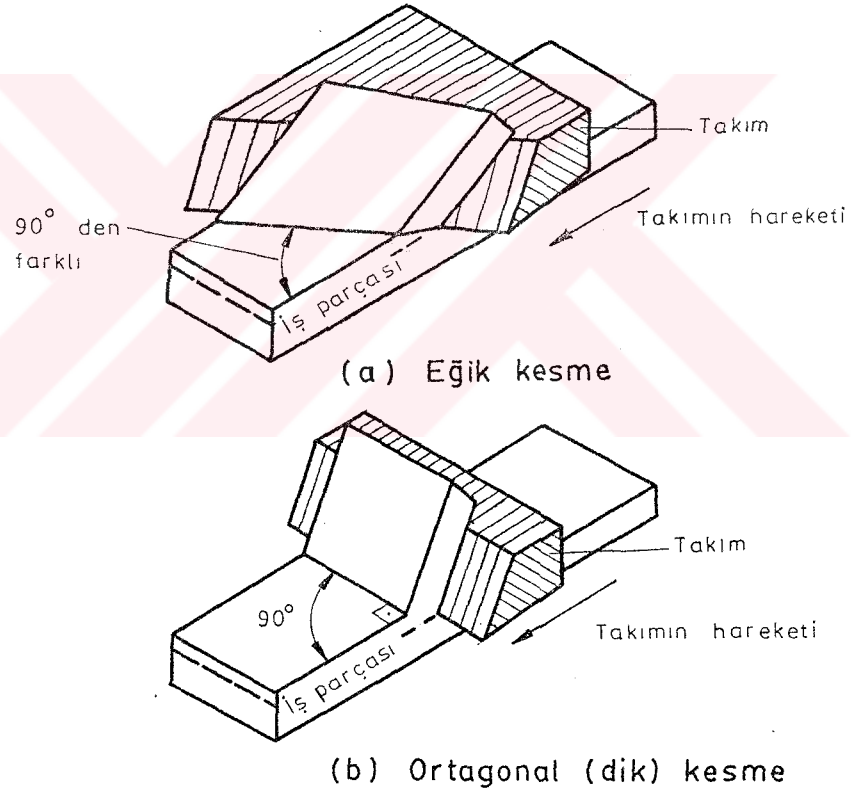
Bu şekildeki kesme veya talaş kaldırma işleminde çok değişik talaş açılı kesme yapılmış olur (şekil 3.15).



Şekil 3.15. Taşlamada aşındırıcı tanenin pozitif ve negatif talaş açılı kesme hareketi.

### 3.5. Takım Hareketine Göre Kesme Çeşitleri

Takım hareketine göre kesme çeşitleri başlıca üç grupta toplanabilir. Birincisi doğrusal kesmedir ki; vargelleme ve planyalama suretiyle yapılan talaş kaldırma işlemlerindeki kesmedir. Bu da ortagonal ve eğik kesme olarak ikiye ayrılır (şekil 3.16).



Şekil 3.16. Doğrusal kesme

Ortogonal kesmede kalemın hareket yönü ile kesme düz-

lemi arasındaki kayma açısı  $90^\circ$  dir. Eğik kesmede ise bu açı  $90^\circ$  ' den farklıdır.

ikincisi ise dönel kesmedir. Frezeleme işlemlerinde freze dönel kesme hareketi ile talaş kaldırır.

Üçüncüsü; bileşik veya helisel kesmedir. Matkapla delme işlemi yapılırken matkap hem dönel hem de doğrusal hareket yaparak kesme yapar. Bu hareket küçük adımlı helis şeklinde oluşur.

#### 4. TALAS KALDIRMA

Ucu keskin bir takım ile iş parçası üzerinden güç kullanılarak çeşitli yöntemlerle çeşitli büyüklüklerde malzeme kaldırma işlemine "talaş kaldırma", bu şekilde kesilerek ayrılan malzeme parçacıklarına da talaş denir. Talaş kaldırma işlemi çok karmaşık fiziksel bir olaydır. Parça ile kesici takım arasında izafi olarak hiç bir hareket olmaksızın talaş kaldırma işlemi meydana gelmez. (Kimyasal aşınmalar konumuzun dışındadır). Talaş kaldırmada üç temel hareket vardır:

1. Doğrusal hareket,
2. Dönel hareket,
3. Bileşik hareket.

Yukarıdaki hareketlerin herhangi birisinin iş parçası veya kesici takım tarafından yapılması halinde talaş kaldırma



işlemi meydana gelir.

Talaş kaldırma işlemi esnasında iş parçasının özelliğini taşıyan en küçük parçası olan atom, atomların meydana getirdiği kristal kafesler, kristal kafeslerin meydana getirdiği tanecikler ve taneceklerin meydana getirdiği parçacıklar iş parçası üzerinden ayrılmış olur. Hiçbir kesme kuvveti kullanmadan mekanik olarak talaş kaldırmak mümkün değildir. Öyle ise talaş kaldırma esnasında yapılan işlem, iş parçası üzerinde istenilen yerde atomlar arasındaki bağdan daha fazla bir kuvvet kullanarak tanecekleri birbirinden ayırmaktır. Bu işlem de kesici takım ve iş parçasına bağlı olarak bir çok etkenlerle ilişkilidir.

Talaş kaldırma; kesme işleminin neticesidir. Her malzemenin birim alanını kesebilmek için gerekli olan kesme kuvvetleri farklıdır. Buna özgül kesme kuvveti denir.

Malzemelerin özgül kesme kuvvetleri Ek. 3' te gösterilmiştir.

#### 4.1. Talaş Kaldırma İşleminin Unsurları

- a) İş parçası,
- b) Kesici takım,
- c) Talaş,
- d) Tezgah.

Bunlar olmadan talaş kaldırma meydana gelmez. Soğutucu

sıvı ise yardımcı bir unsurdur, her zaman kullanılmayabilir.

Bu unsunlardan her birisi gerektiği kadar ayrıntılı olarak incelenecektir.

#### 4.2. Talaş Kaldırmada Fonksiyonel Faktörler

Talaş kaldırmaya aşağıdaki sabit veya değişken faktörler etki eder:

- a) Takım ömrü,
- b) Kesme hızı,
- c) Devir veya diş başına ilerleme,
- d) Talaş derinliği,
- e) Kesme açıları,
- f) Takım ucunun şekli, radyusu,
- g) Titreşim,
- h) Soğutma ve yağlama şartları,
- ı) Kesici takımın gereci,
- j) İşlenen malzemenin gereci.

#### 4.3. Talaş Kaldırma Esnasındaki Oluşumlar

1. Kesici takımdaki oluşumlar:

- a) Elastik deformasyon (esneme, burulma),
- b) Plastik deformasyon,
- c) Aşınma (körelme),

- d) Isınma,
- e) Sürtünme,
- f) Sertliğin kaybolması,
- g) Kullanımdan dolayı bileme ve küçülme,
- h) Talaşın soğuk kaynak olması,
- ı) Aşırı yüklemekten dolayı kırılma,
- j) Ufak tanecik kopmaları,
- k) Talaş sıvanması,
- l) Kenar çatlaması,
- m) Kesme geometrisi değişimi (açı değişimi).

## 2. İş parçasındaki oluşumlar:

- a) Elastik şekil değiştirme (esneme, burulma),
- b) Plastik şekil değiştirme (çok nadir),
- c) Isınma,
- d) Sürtünme,
- e) İşleme sertleşmesi (işlenen yüzeyin sertleşmesi).

## 3. Talaştaki oluşumlar:

- a) İş parçasından kopma,
- b) Büzülme,
- c) Isınma,
- d) Renklenme.

4. Tezgahtaki oluşumlar:

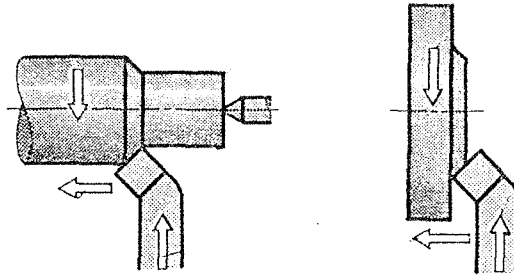
- a) Titreşim,
- b) Yıpranma.

5. Soğutucu sıvıdaki oluşumlar:

- a) Buharlaşıma,
- b) Kimyasal bozulma.

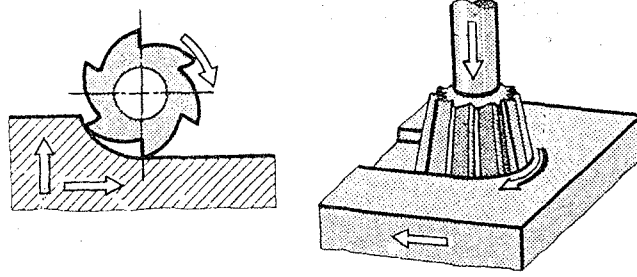
4.4. Talaş Kaldırma Yöntemleri

a) İş parçası dairesel hareket eder, kesici takım doğrusal hareketle ilerler (Tornalama) (Şekil 4.1).



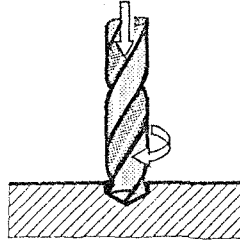
Sekil 4.1. Tornalama

b) Kesici takım dairesel hareket eder ve doğrusal ilerler, iş parçası doğrusal hareketle ilerler (frezeleme) (şekil 4.2).



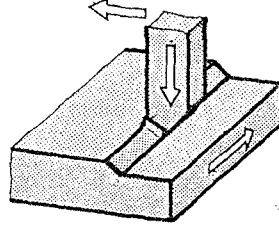
Sekil 4.2. Frezeleme

c) İş parçası sabit, kesici takım dairesel hareket eder ve doğrusal ilerler (Matkapta delik delme) (şekil4.3).



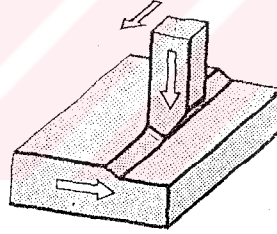
Şekil 4.3. Delik delme

d) Kesici takım doğrusal hareket eder, iş parçası talaş boyunca doğrusal hareketle ilerler (planyalama) (şekil 4.4).



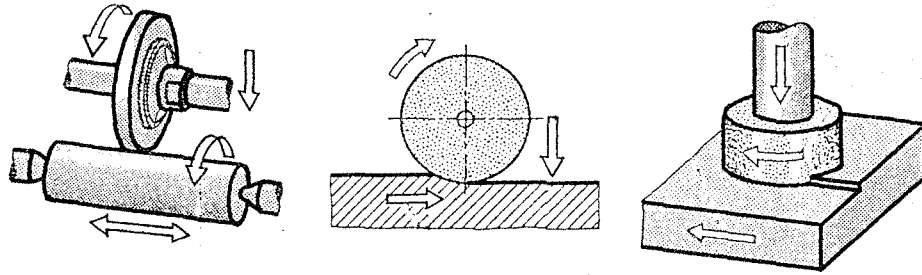
Şekil 4.4. Planyalama

e) İş parçası doğrusal hareket eder, kesici takım talaş boyunca doğrusal hareketle ilerler (vargelleme) (şekil 4.5).



Şekil 4.5. Vargelleme

f) Kesici takım dairesel hareket eder, iş parçası çapraz doğrusal veya dönel doğrusal hareketle ilerler (Taşlama) (şekil 4.5).



Sekil 4.6. Taslama

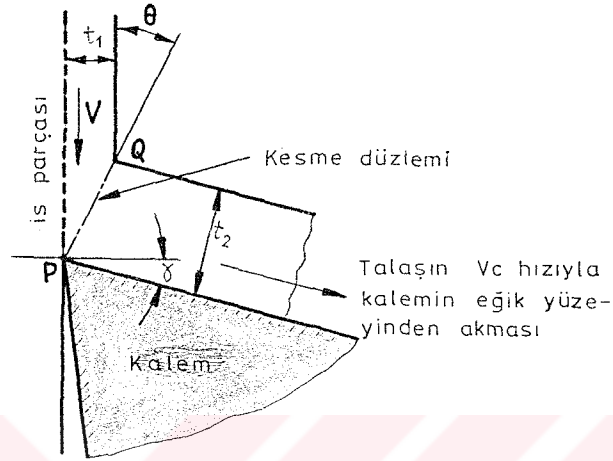
Diğer talaş kaldırma işlemleri mutlaka bunlardan birisine uyar.

#### 4.5. Talaş oluşumu

Talaş oluşumunu anlayabilmek için iki deneysel metod kullanılır. Bunlardan birincisi kesme işlemi sırasında tezgah aniden durdurulur ve böylece talaşın iş parçasından ve değme halinde olduğu kesici takımdan ayrılması sağlanır. Buna talaş oluşumunun durgun fotoğrafı denir. Kesme gerilmesi talaşın üzerinden kalktığı anda elastik deformasyona uğrayan talaş eski halini alır.

İkincisi ise yüksek hızlı fotoğraf çekmektir ki bu bize talaş oluşumunun yavaş olarak incelenmesini sağlar. Her iki metodda da kesme kenarı çevresindeki bölge mikroskopta görüntülenir ve talaş şekli ve oluşumu detayları ile incelenir. Böylece deneysel teknikler talaş oluşumu hakkındaki fikirleri geliştirir ve metallerin kesilmesi konusundaki çalışmalara

yardımcı olur.



Şekil 4.7. ideal talaş oluşumu kavramı  
(Martin'den, 1982).

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi ( $V$ ) hızıyla takımın kesici kenarına doğru ilerleyen iş parçası takımın eğik kenarında sıkıştırılır, ( $PQ$ ) kesme düzlemindeki plastik kesme nedeniyle talaş kesilir ve parçadan ayrılır. Uygun şartlar altında kesme düzlemi boyunca sürekli sabit deformasyon oluşur ve deformasyona uğramış metal ( $V_c$ ) sabit hızıyla kesici takımın eğik yüzeyinden kayarak sürekli talaşı oluşturur. Deformasyondan önceki talaş kalınlığı ( $t_1$ ) ve  $\theta = 90^\circ$  olduğunda;

$$t_1 = \frac{\text{ilerleme}}{\text{devir}} \quad \text{olur.}$$



Deformasyon esnasında kesilen talasın kalınlığı artarak ( $t_2$ ) şeklinde oluşur. Eğim açısı ( $\gamma$ ), kesme düzlemi boyunca kesme oluşumunda önemli rol oynar. Bu durum kesme düzlemi açısı ( $\theta$ ) tarafından oluşturulur. ( $t_1$ ) ve ( $\gamma$ ) bilindiğinden; ( $t_2$ ) sabit şartlar altında ölçülebilir ve kesme düzlemi açısı ( $\theta$ ) basit kesme testi ile bulunabilir.

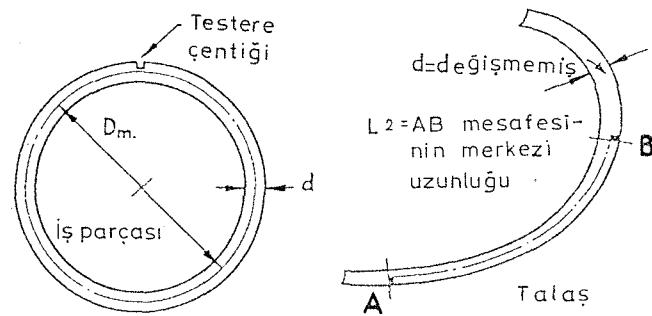
Çıkan talaşın üst yüzeyleri pürüzlü olduğundan bunun direk olarak ölçülmesi sağlıklı değildir. Aşağıdaki metod ( $t_2$ ) değerinin doğru olarak bulunmasını sağlar.

El testeresi ile boru parçası üzerine uzunluk eksenine paralel olarak yaklaşık 1 mm. derinliğinde bir çentik açılır (şekil 4.8).

Kesme derinliği ( $d$ ), boru çapının kesmeden önce ve kesmeden sonra ölçülmesi ile elde edilir. Bu ölçüm neticesinde borunun esas çapı ( $D_m$ )'de bulunur. Kesilen talas uzunluğu olan ( $L_2$ ), iki çentik arasındaki talaşın iç ve dış kenarlarının ölçülüp ikiye bölünmesi ile gerçek uzunluk olarak bulunur.

Kesmeden önceki mesafe  $L_1 = \pi \cdot D_m$  ' dir. Derinlik ( $d$ ) miktarında değişme olmadığı kabul edilirse ki bu hemen hemen gerçek sayılır,

$$t_1 \cdot L_1 = t_2 \cdot L_2 \longrightarrow t_2 = \frac{t_1 \cdot L_1}{L_2} \text{ olur.}$$



Şekil 4.8. Kesilen talası uzunluğu ( $L_2$ )' nin elde edilmesi.

$\frac{t_1}{t_2}$  oranı kesme esnasında oluşan deformasyon

oranıdır ve kesme işleminin özelliğine ve kesici takımın kesme kenarının eğimine bağlıdır. Kesme testlerinden elde edilen bu oranın değeri ne kadar yüksek olursa, PQ kesme düzlemindeki enerji tüketimi de o kadar az olur. Etkili kesme yağları bu oranı yükseltir ve böylece kesme için gerekli olan toplam enerjiyi azaltır. Bu sebepten dolayı ( $t_2$ )'nin değeri değişir, değişmeyen diğer faktörler çeşitli kesme yağlarının bağıl etkisini test etmek için kullanılır.

( $t_1$ ), ( $t_2$ ) ve ( $\gamma$ ) açısı biliniyorsa büyük ölçekle çizilen resim ile ( $\theta$ ) açısı bulunabilir.

Hesaplama ile;

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\gamma_c \cdot \cos \gamma}{1 - \gamma_c \cdot \sin \gamma} \quad \text{dan} \quad \gamma_c = \frac{t_1}{t_2} \quad \text{olarak bulunur.}$$

ÖRNEK: Çapı 76 mm. olan bir boru, kesme sonunda 71 mm. ye düşmüştür.  $\phi = 90^\circ$ , kesilen talaşın uzunluğu 73,9 mm. eğim açısı ( $\gamma$ ) =  $15^\circ$ , ilerleme 0,2 mm/dev. olduğuna göre

$$\frac{t_1}{t_2} \quad \text{oranı ve kesme düzlemi açısı } (\theta) \text{ 'yu bulunuz.}$$

CÖZÜM;

$$t_1 \cdot L_1 = t_2 \cdot L_2 \quad \longrightarrow \quad t_2 = \frac{t_1 \cdot L_1}{L_2}$$

$$L_1 = \pi \cdot D_n \quad \longrightarrow \quad D_n = \frac{(76-71)}{2} + 71 = 2,5 + 71$$

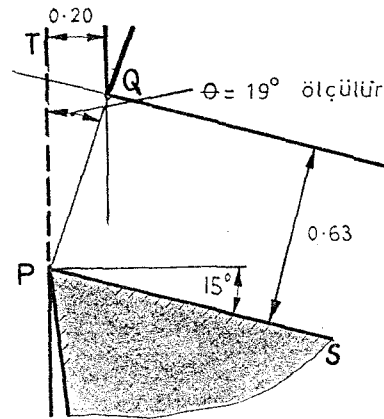
$$= 73,5 \text{ mm.}$$

$$L_1 = 3,14 \cdot 73,5 \quad \longrightarrow \quad L_1 = 230,79 \text{ mm.}$$

$$t_2 = \frac{0,2 \cdot 230,79}{73,9} \quad \longrightarrow \quad t_2 = 0,63 \text{ mm.}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{0,2}{0,63} = 0,32$$

( $\theta$ ) açısı çizilerek bulunur (şekil 4.9).

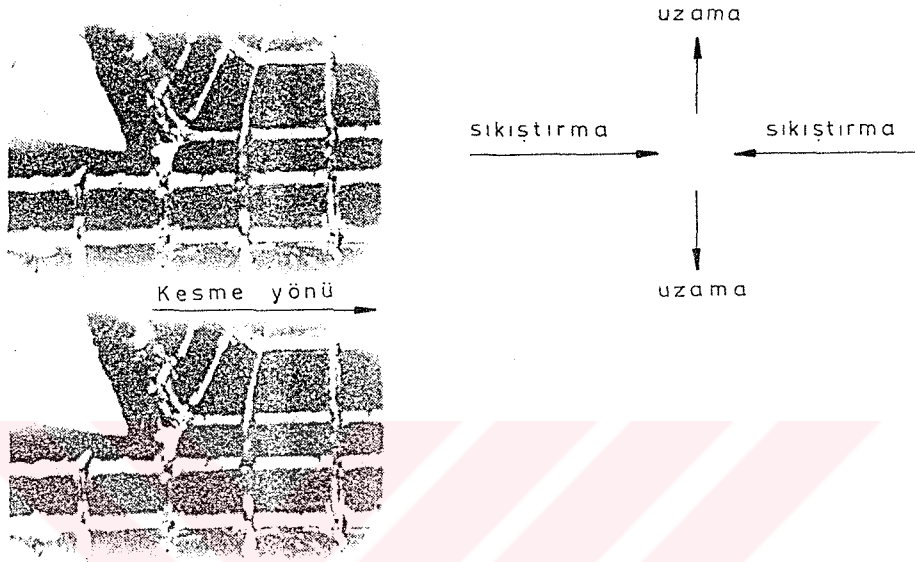


Şekil 4.9. Kesme düzlemi açısının çizimle bulunması

Talaş kaldırma esnasındaki gerilim oluşumları şekil 4.10'da görülebilir. Bu fotoğraf balmumunun 0,25 m/sn kesme hızı ile kesilmesi ve saniyede 7200 fotoğraf çekilmesi ile elde edilmiştir. Çizgiler arası 1,27 mm dir. Talaş şekillenmeye başladığında, talaş oluşum bölgesinde dikey çizgiler sıkıştırılır fakat diğerleri paraleldir. Böylece kesme yönüne dik olan çizgiler uzar, (balmumu yukarı doğru genişler) kesme açısının yaklaşık 45° olduğu görülebilir.

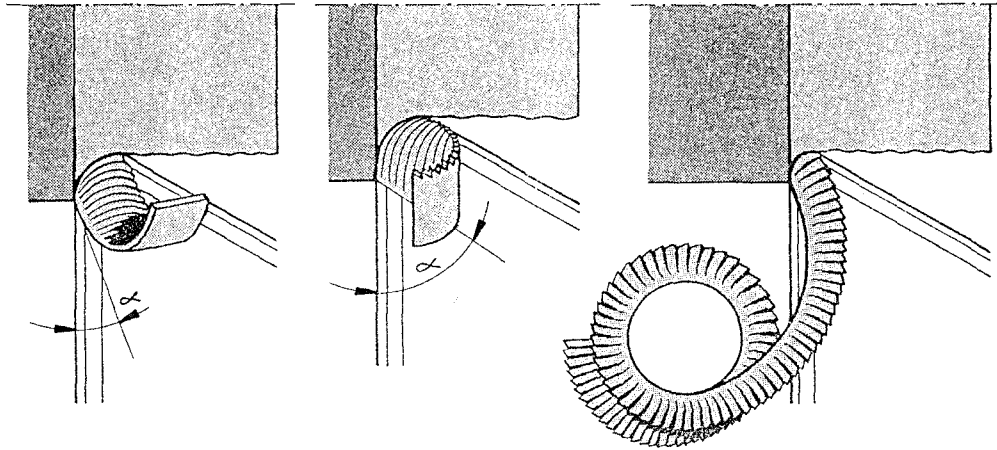
Şekil 4.11'de görülen talaş kaldırma işleminde, parçanın talaş kaldırmadan önceki dış çevresi kaldırma işleminden sonra iç çevresine, iç çevresi de dış çevresine dönüşür. Talaş meydana geldikten sonra büyük çevre küçük çevreye dönüşmüş olacağından aradaki fark tırtıllı boğum şekline dönüşür. Bu sebeptendir ki, çıkan talaşların alt yüzeyi, kalemin kesme ucundan basınç altında sürtünerek çıktığından kesme kenarının

kalitesine göre bir derece pürüzsüz ve temiz, üst yüzeyi ise,



Şekil 4.10. Talaş kaldırma esnasında oluşan gerilimlerin yüksek hızla çekilmiş fotoğrafı (Ostwald and Begeman'dan, 1981).

çevre küçülmesi ve dolayısıyla malzeme yığılması olduğundan tırtıllı ve boğumlu olarak meydana gelir. Bundan dolayı bazı talaşlar spiral şeklinde ; bazıları büyük yay parçası şeklinde bazıları ise düz boğumlu olarak çıkar.



Şekil 4.11. Talaşta oluşan plastik deformasyonlar

#### 4.6. Talaş Çeşitleri

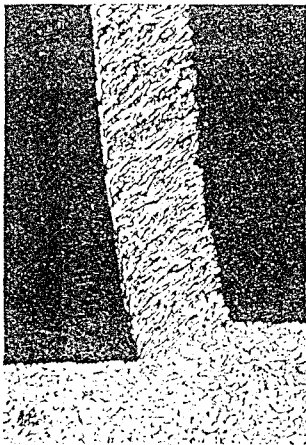
Metallerin talaşlı imalatı sırasında kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme, talaş açısı, talaş kırıcının şekli, işlenen gerecin sünek veya gevrek oluşu, kullanılan soğutma sıvısı, tezgahın statik ve dinamik özellikleri ve kesme geometrisine bağlı olarak çok çeşitli şekillerde talaş elde edilir. Ancak talaş çeşitleri ile talaş şekilleri birbirinden ayrıdır. Her ne kadar sürekli spiral talaş ideal gibi görünse de, talastaki hacim artışından dolayı çok fazla tercih edilmez.

Sürekli talaşlar, sabit talaş hacminin % 50'si, sıkı sarılmış talaşlar % 15'i ve çok kırılmış talaşlar % 3'ü oranında artış gösterirler (Gazi Üniversitesi, 1987).

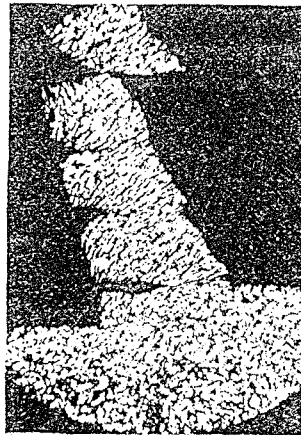
Talaşın oluşumundan sonra az hacimli olması, operatöre ve makinaya zarar vermemesi istenen özellikleri teşkil eder.

Genel olarak üç çeşit talaş vardır.

a) Sürekli talaş: Sünek malzemelerin yüksek kesme hızıyla, büyük pozitif talaş açısı altında, düşük ilerleme ile işlenmesi sonucu meydana gelir (şekil 4.12.a). Ayrıca talaşın kesici takımın üzerindeki sürtünmesinin minimum olmasına ve uygun kesme sıcaklığına bağlıdır. Talaşın kesici takımın üzerindeki sürtünmesinin minimum olması için, çok iyi bilenmiş kesme kenarının, etkili bir kesme yağının ve düşük sürtünme katsayısına sahip kesici takım malzemesinin kullanılması gerekir. Sonuçta iyibir yüzey kalitesi elde edilir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.12. Talaş çeşitleri

b) Kesintili talaş: Döküm bronz, döküm pirinç ve dökme demir gibi gevrek malzemelerin düşük kesme hızı, düşük ilerleme ve küçük talaş açısı ile işlenmesi sonucu meydana gelir (Bkz. şekil 4.12.b). Sert malzemelerde çok iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesine karşın, sünek malzemelerde iyi sonuç vermez.

c) Sürekli - kenar birikintili talaş: Sünek malzemelerin düşük veya orta kesme hızında, yüksek ilerleme ile işlenmesi ve etkisiz kesme yağlarının kullanılması sonucu meydana gelir (Bkz. şekil 4.12.c). Kesici takımın yüzeyinde yüksek basınç ve yüksek sürtünme kuvveti oluşur. Ayrıca kesici takımın ve işlenen malzemenin gereci arasında benzerlik oluşu bu oluşumu etkiler. Sonuç olarak kötü bir yüzey kalitesi elde edilir. İlerleme veya talaş açısı azaltılarak kenar birikintisi önlenebilir.

Talaş çeşitleri üzerinde en etkili şekillendirme ve talaş akışının yönlendirilmesi, kesme derinliği ve ilerlemenin haricindeki bütün parametreler sabit tutulmakla yapılabilir. Talaş şekilleri ve bunların alt grupları ek 4' te gösterilmiştir.

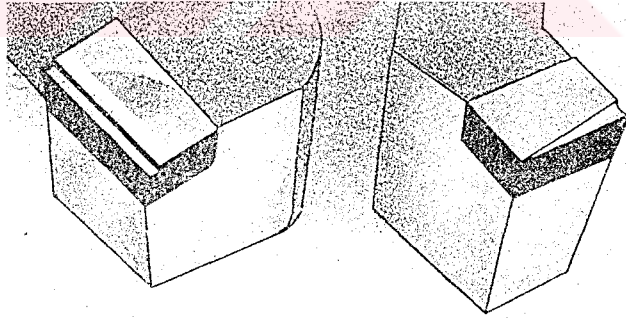
#### 4.7. Talaş Kontrolü

Yüksek hızdaki talaş kaldırma operasyonlarında talaşın kontrolü ve akışının yönlendirilmesi, operatörün, kesici takımın ve tezgahın korunması açısından önemlidir. Uzun spiral ve kıvrımlı talaşlar iş parçası, kesici takım ve makinaya sa-



rılıp dolası. Talaşların keskin kenarları ve yüksek çekme dirençleri sebebiyle özellikle operasyon sırasında tezgahdan uzaklaştırılması tehlikelidir. Kesici takım ucunda talaş kırıcı bölgeler oluşturulur ve bunlar talaşın kolay akmasını sağlamak için uzun talaşları küçük parçalara böler. Talaş kırıcılar aşağıdaki yöntemlerle elde edilebilir.

a) Kesme kenarı boyunca taşlama yapılarak 0.38 veya 0.76 mm. derinliğinde küçük düz bir yüzey elde edilir. Buna basamak tipi talaş kırıcı denir. Kesme kenarına ya paralel ya da biraz açılı oluşturulabilir. Genişliği, ilerleme ve kesme derinliğine göre değişir. 1.6 mm. den 6,4 mm. ye kadar genişlikte oluşturulabilir (şekil 4.13, 4.14.a).



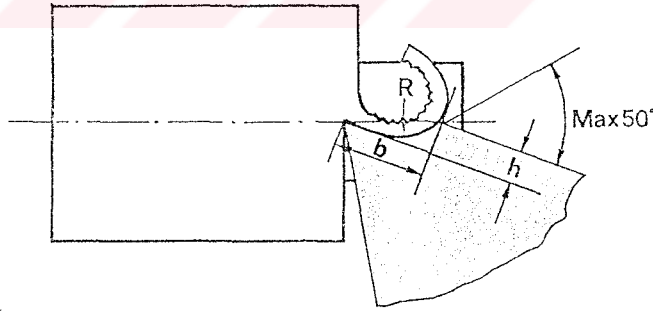
Şekil 4.13. Basamak tipi talaş kırıcı

HSS kesiciler için basamak tipi talaş kırıcı ölçüleri çizelge 4.1' de verilmiştir.

b) Kesme kenarının 0,8 mm. arkasında 0,25 - 0,50 mm. derinliğinde taşlama ile oluk açılarak elde edilir ve buna oluk tipi talaş kırıcı denir. Mesafe ve derinlik için doğru ölçüler ilerleme hızına bağlıdır ve ilerleme arttıkça bu ölçüler de hafifçe artmalıdır (şekil 4.14.b).

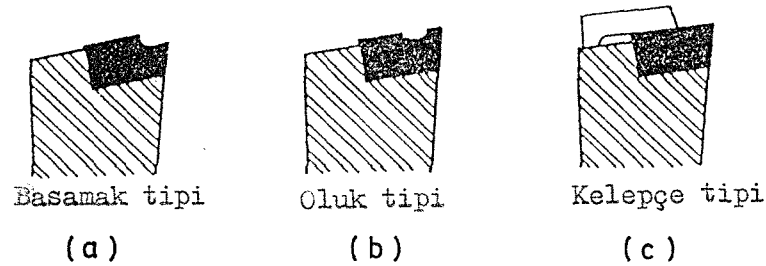
c) İnce sert metal parça, sert lehim, vida veya kelepçe ile takım yüzeyine tesbit edilir ve buna kelepçe tipi talaş kırıcı denir. Talaş şekillendiğinde sert metal parçanın kenarına çarpar ve uzunlamasına bükülerek küçük parçalara ayrılır (şekil 4.14.c).

Çizelge 4.1. HSS kesiciler için basamak tipi talaş kırıcı ölçüleri (Seco'dan, 1971).



Kesme derinliği mm	İlerleme mm./devir Talaş kırıcı genişliği b mm/ derinliği h mm.				
	0.3	0.6	1.0	2.0	4.0
1.0	2.0/0.5	3.0/0.75	4.0/1.0	5.0/1.25	7.5/1.9
2.0	2.3/0.6	3.5/0.9	4.5/1.1	5.5/1.4	8.5/2.1
4.0	2.5/0.6	4.0/1.0	5.0/1.25	6.5/1.6	9.5/2.4
8.0	3.0/0.75	5.0/1.25	5.5/1.4	6.5/1.6	10.0/2.5

d) Kesici takımın açılarını uygun tesbit etmek, talaşın akış yönünü kontrol etmede etkin rol oynar. Bu açılar talaşı kırılmaya zorlar ve talaşa kırılma noktasında gerilim uygular



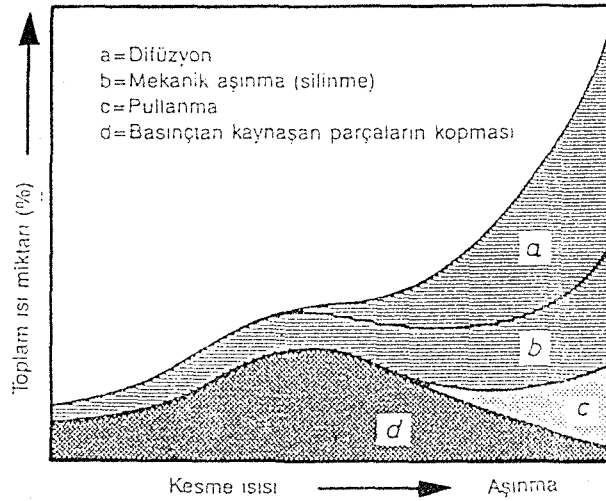
Şekil 4.14. Talaş kırıcı tipleri

#### 4.8. Kesici Takımda Meydana Gelen Aşınmalar

Kesici takımdaki aşınma, yüzeylerin aynı zamanda mekanik ve termik etkilenmesi sonucu;

- a) Mekanik aşınma,
- b) Basınçtan dolayı kaynaşan parçaların kopması,
- c) Oksidasyon,
- d) Difüzyon yoluyla oluşur.

Termik aşınma sebepleri olan oksidasyon ve difüzyon artışı kesme hızının artışı ile paralellik sağlar (şekil 4.15).



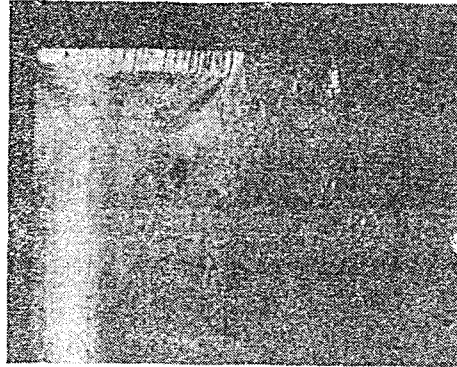
Şekil 4.15. Aşınma nedenleri

Kesme hızının sonucu olarak meydana gelen aşınma büyük ölçüde işleme parametrelerine bağlıdır.

Genel olarak dört çeşit aşınma vardır.

a) Yan yüzey aşınması: Aşırı kesme hızı, çok düşük ilerleme ve yetersiz mukavemetli uç kullanımı sonucu kesme kenarı ve uç radyusunda meydana gelir (şekil 4.16). Yan yüzey aşınması ile birlikte kesme kuvvetleri artar, titreşim ve sıcaklık yükselir, sonuçta iş parçasının yüzey kalitesi ve ölçü hassasiyeti bozulur. Kesme hızı azaltılarak ve buna uygun ilerleme seçilerek, aşınma mukavemeti daha fazla bir uç kullanılarak bu aşınma bir ölçüde önlenebilir.

b) Krater aşınması: Yüksek kesme hızı, düşük ilerleme, çok küçük talaş açısı ve yanlış yönlendirilmiş soğutma sıvısı kullanılması sonucunda kesme kenarının hemen arkasında meydana gelir (şekil 4.17.a).

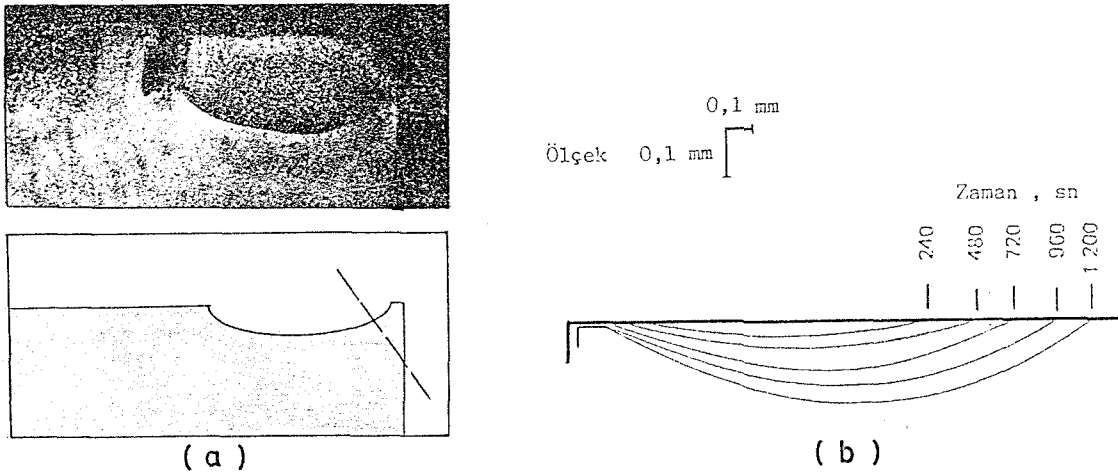


Şekil 4.16. Yan yüzey aşınması

Krater aşınması talasın şekline tesir eder ve kesme kenarını zayıflatır. Şekil 4.17.b' de AISI 1045 sıcak haddelenmiş çelik malzemenin sert metal kesici takımla tornalanması sırasında zamana bağlı olarak derinleşen ve uzayan krater aşınmasının gerçekleşmesi görülmektedir. (Gazi Üniversitesi, 1987).

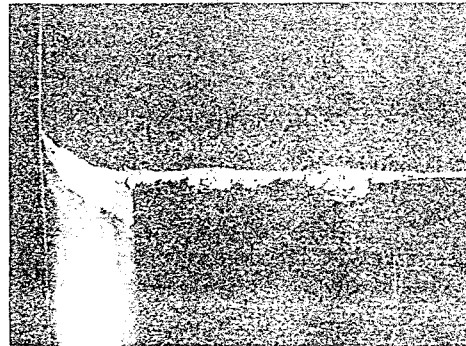
Kesme hızı azaltılarak veya ilerleme arttırılarak ve aşınmaya karşı daha dayanıklı uç kullanılarak krater aşınması önlenebilir.

c) Ufak tanecik kopmaları: Titresim, darbeli kesme, çok zayıf kesme kenarı ve ucun mikro yapısındaki dayanıklılık unsurunun yetersizliği sonucu çok gevrek veya aşırı ısı değişimlerine maruz kalan uçlarda meydana gelir (şekil 4.18).



Sekil 4.17. a) Krater aşınması, b) Krater aşınmasının zamana bağlı olarak oluşumu.

Takımın sağlamlığı arttırılarak, daha mukavim uçlar kullanılarak veya kesme kenarına negatif pah kırılarak tane- cik kopmaları önlenebilir.



Sekil 4.18. Kesme kenarından ufak tanecik kopmaları

d) Plastik deformasyon: Aşırı kesme sıcaklığı, aşırı talaş basıncı ve yeteri kadar sert olmayan uçların kullanılması sonucu kesici uçta alçalma veya yükselme şeklinde oluşur (şekil 4.19).

İlerleme ve kesme hızı azaltılarak ve daha mukavemetli uçlar kullanılarak plastik deformasyon önlenebilir.



Alçalmış kenar

Yükselmiş kenar

Sekil 4.19. Kesici uçta plastik deformasyon oluşumu

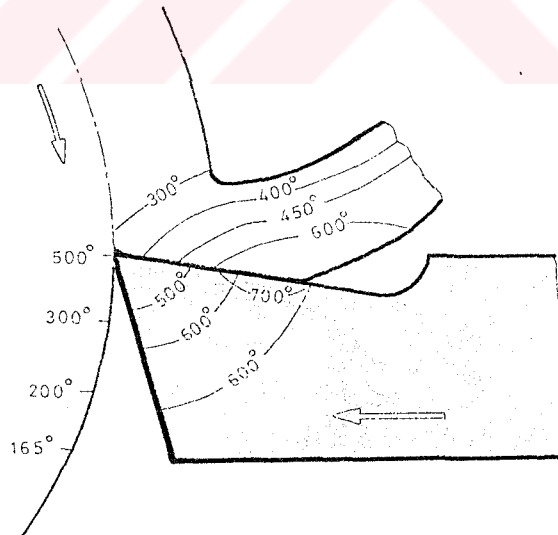
#### 4.9. Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Isı

Malzeme üzerinden talaş kaldırma esnasında kalemin ve talaşın iş parçasına sürtünmesi, talaşların birbirine sürtünmesi, talaşların kalemin yüzeyine sürtünmesi ve talasta meydana gelen plastik deformasyonlar nedeniyle kesme yerinde ısı oluşur ve bu ısı kalemin, iş parçasının ve talaşların sıcaklığını yükseltir. Kesme yerinde oluşan ısı bir çok faktöre bağlı olarak değişir.

Isı oluşumunu Etkileyen Faktörler:

- a) Malzemenin cinsi,
- b) Kesici takımın cinsi,
- c) Kesici takımın şekli,
- d) Talaş derinliği,
- e) Talaş biçimi,
- f) Soğutma şekli,
- g) Kesme hızı,
- h) ilerleme hızı,
- ı) Tezgahta oluşan titreşimler.

Şekil 4.20'de tornalama esnasında iş parçasında, kesici takımda ve talaşta oluşan ısı görülmektedir.



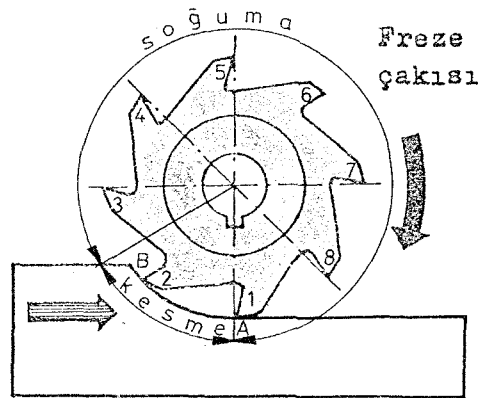
Şekil 4.20. Tornalama esnasında oluşan ısı (ABB'den).

Her bir talaş parçası ve iş parçasının kesici takıma değen her bir noktası, kesici takıma bir miktar ısı yük-



dikten sonra talaş dışarıya atılır, iş parçasının temas yeri de yer değiştirir. Oysa kalem sabit olduğundan bu ısıları toplamak zorunda kalır ve böylece en büyük ısı birikimi kesici takımında meydana gelmiş olur.

Frezeleme işleminde ısı daha değişik oluşum gösterir. Freze çakıları genel olarak çok ağızlı kesicilerdir. Şekil 4.21'de görüldüğü gibi (1) numaralı uç sadece (AB) noktaları arasında ısı yüklemesine maruz kalır. (A) noktasında başlayan kesme hareketi (B) noktasında sona erer. (B) noktasından sonra kesici uç ikinci bir kesme hareketine başlayıncaya kadar soğumaya devam eder. Freze çakısının dönme hareketi bu soğumayı çabuklaştırır. Bu sebeplerden dolayı freze çakılarında torna kalemlerine nazaran daha az ısı birikimi olur. İş parçasında ise sürekli ısı birikir.



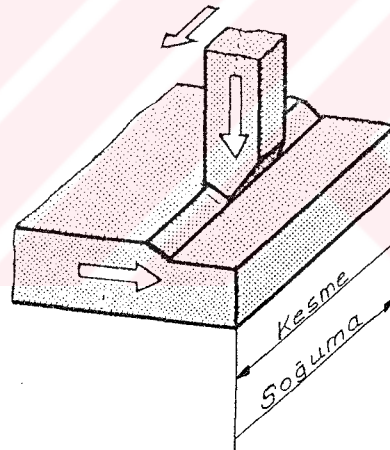
Şekil 4.21. Frezeleme esnasında ısı oluşum zamanı

Vargel ve planya tezgahları da freze çakılarına benzer. Bu tezgahlardaki kesici kalemler kesme anında aldıkları mesa-

feyi kalemin geri hareketinde kesme yapmadan alırlar. Bu esnada kalem soğumuş olur. Kesme işlemi sürekli olmadığından kaleme çok fazla ısı birikimi oluşmaz (şekil 4.22).

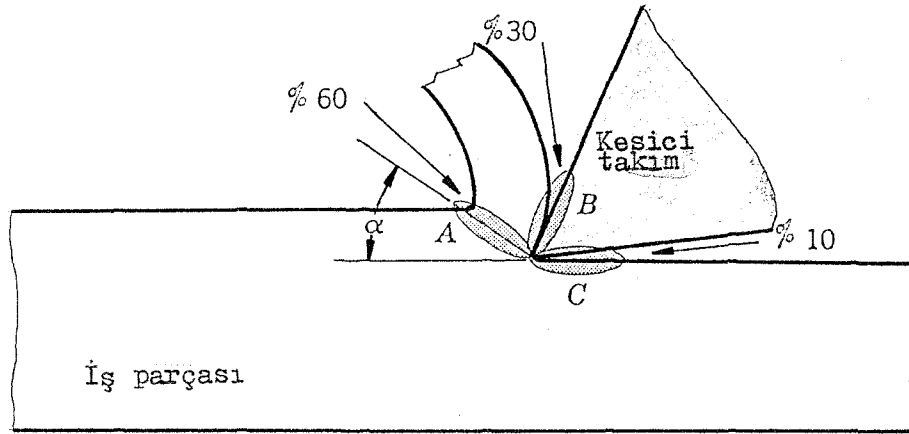
Matkapta ısı oluşumu çok az farkla torna kalemine benzer. Matkabin iki ucu sürekli kesme yaptığından kesme ucunda ısı birikimi olur. Matkabin dönel hareketi ise çok az da olsa soğumaya yardımcı olur.

Kesme anında en fazla sıcaklık şekil 4.23'te görüldüğü gibi (A) bölgesinde oluşur.



Şekil 4.22. Vargelleme ve planyalama esnasında ısı oluşum zamanı.

Bilindiği gibi plastik deformasyon sırasında malzemede kayma olayı meydana gelir. Kayma; atom yoğunluğu en fazla olan düzlemlerde (kayma düzlemi) ve kayma düzlemi üzerinde atomların en sık buldukları doğrultularda (kayma doğrultusu) meydana gelir (şekil 4.24).



Sekil 4.23. Sıcaklığın oluştuğu üç bölge  
(Ostwald at al., 1977)

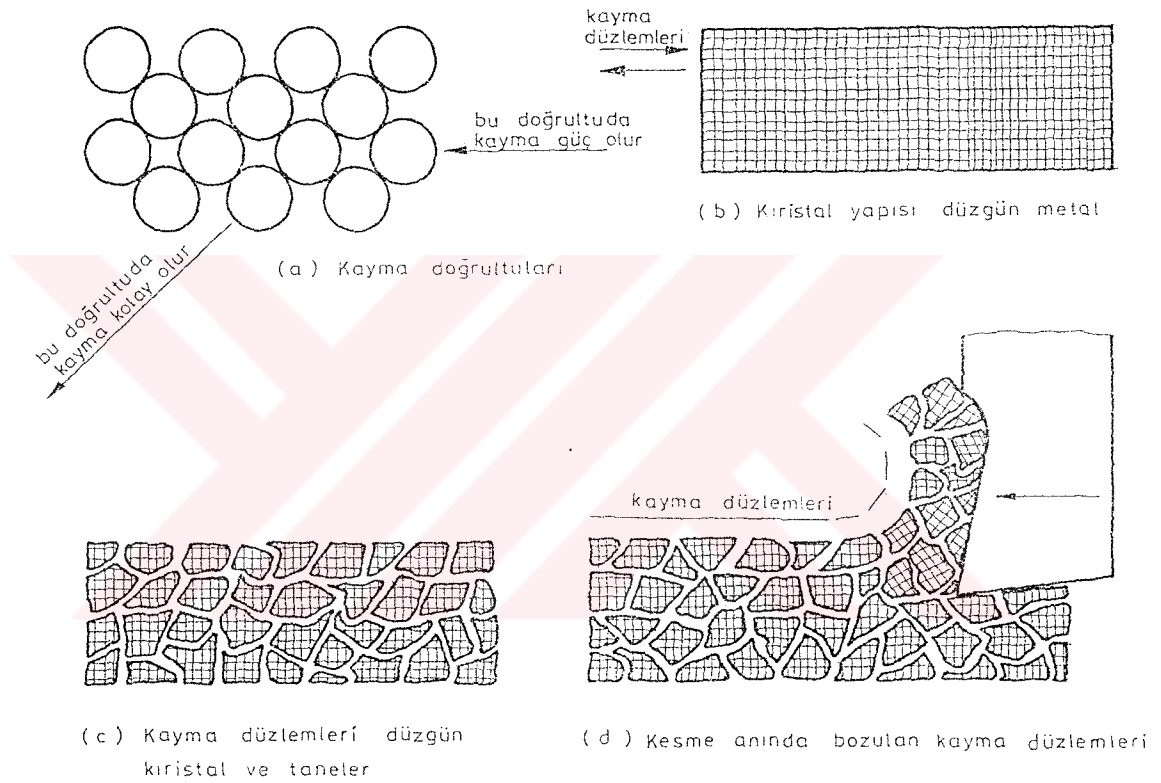
Talas kaldırma esnasında iş parçasından talaş kalınlığı kadar bir kabuk parçadan ayrılırken plastik deformasyona uğrar.

Bu esnada malzemenin kesme yerinde kristal yapısı bozulur, kayma düzlemleri paralelliğini kaybeder kayma doğrultuları karmaşık bir vaziyet alır (şeki 4.24.d). Bu durumda kayma zorlaşacağından yüksek sıcaklık meydana gelir<sup>(1)</sup>.

Buna kesici takım ile talaş arasındaki sürtünmenin de meydana getirdiği ısı eklenince ve talaş parçasında küçük olup bu ısıyı dağıtamayınca en yüksek ısı bu bölgede meydana gelmiş olur. ( $\alpha$ ) açısı arttığında (A) kesme düzlemindeki ısı o-

<sup>(1)</sup>Bir tel parçası belli bir noktadan aksi yönlerde defalarca bükülürse orada hiç bir kesme olayı meydana gelmediği halde ısı yükselir. Bunun sebebi plastik deformasyona uğrayan telde, zorlanan kayma gerilmelerinin meydana getirdiği ısıdır.

luşumu, metaldeki plastik akmanın daha kısa mesafede oluşumundan dolayı azalır.



Şekil 4.24. Talas kaldırma esnasında plastik deformasyon oluşumu.

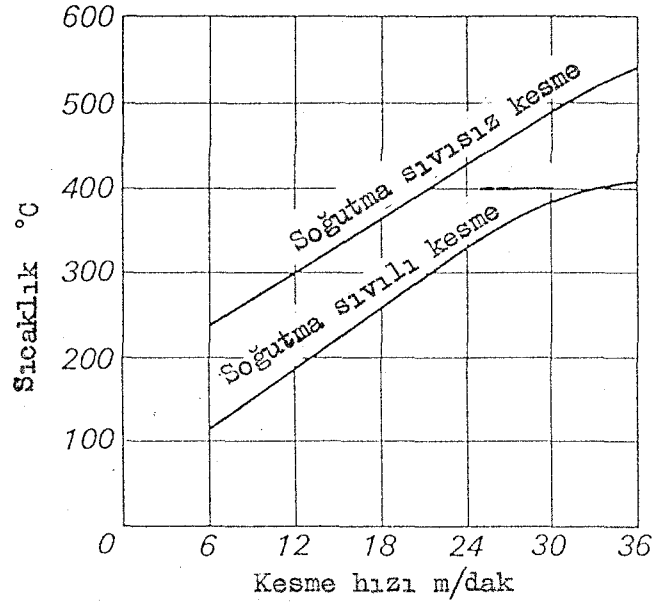
Bazı araştırmacılar kesme anında meydana gelen işin % 97' sinin ısıya dönüşerek dağıldığını tesbit etmişlerdir (Chapman, 1975).

Soğutma yapılarak ve kesicinin iyi bilenmesinden dolayı talaşla kesici takım arasındaki sürtünme azaltılarak kesme açısı büyütülebilir. Bütün kesme değişkenleri içinde sıcaklık üzerinde en etkili olanı kesme hızıdır. Talas kaldırma miktarını arttırmak için kesme hızı ile beraber ilerleme miktarını da arttırmak gerekir.

#### 4.10. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi

Çeşitli kesme işlemleri esnasında meydana gelen sıcaklıklar ölçülebilir. Bunlardan bir tanesi kesici takım ve iş parçasının farklı metallerden yapıldığı durumlarda takım-iş parçası ısıl çiftini oluşturmaktadır. Mesala kesici takım elektrik akımı ile yalıtılmış stellite, iş parçası ise yumuşak çelik olabilir. Birbirinden farklı olan bu çelikler ısıtıldığında bunlar arasındaki düşük voltaj indüklenir. Yani elektrik akımı meydana gelir ve milivoltmetre ile sıcaklık ölçülür. Eğer iş parçasının oda sıcaklığında tornalandığı düşünülürse; talaşın iş parçasından ayrıldığı bölgede, talaş ve kesici takım arasında oluşan ısı oda sıcaklığı ısı ile Termokupolda okunan ısı arasındadır. Şekil 4.25'te belirli kesme işlemleri için kesme hızlarına tekabül eden maksimum kesme sıcaklıkları gösterilmiştir.

Daha fazla oluşan ısı, kesici takımın uc kısmında biriken talaşın sürtünmesi nedeniyle ortaya çıkar.



Sekil 4.25. Kesme operasyonlarında elde edilen sıcaklıklar (Chapman'dan, 1975).

#### 4.11. Titreşim

Talaş kaldırma esnasında kesici takım, iş parçası ve tezgah arasında devamlı bir titreşim vardır. Titreşim özellikle yüzey kalitesini ve takım ömrünü olumsuz yönde etkiler.

Genel olarak talaş kaldırmada iki türlü titreşim vardır.

- a) Tezgahın kendi titreşimi,
- b) İş parçasının titreşimi.

Tezgahın kendi titreşimi, tezgahın mekanik hareketlerinin sonucu olarak ortaya çıkar; tamamen tezgahın hassasiyeti ile ilgilidir ve yüzey kalitesinde ekseriya fark edilmez. Bu titreşim, tezgah yüklemesiz olarak çalışırken de görülür.

İş parçasının titreşimi, iş parçası tezgaha bağlandığı andan itibaren önce tezgahın titreşimini alır, sonra da kalemin körlenmesi, kesicinin veya katerin uygunsuz bağlanması, kesme hızının arttığı ve kesme kuvvetinin azaldığı durumlarda meydana gelir ve buna "otlama" denir.

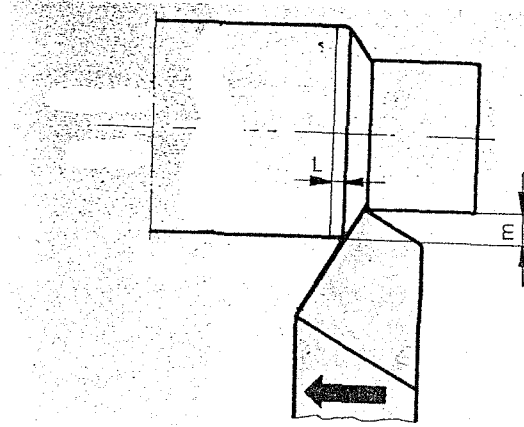
$$\text{Titresim üzerinde } \frac{L}{M} = \frac{\text{talaş eni}}{\text{talaş kalınlığı}} \text{ oranının}$$

büyük rolü vardır (şekil 4.26). İyi bir tezgahta normal

kosullarda  $\frac{L}{M} < 15$  olması halinde otlama görülmez (Deveci

1975). Bu oranın büyümesi halinde otlama başlar ve yüzey kalitesi bozulur. Bu durumda kesme işlemi durdurularak gerekli tedbirler alınmalıdır.

Kesici takımın ucu, başlangıçta yüzey pürüzlülüğü bakımından mükemmel olsa dahi belirli bir zaman sonra yüzeyde talaşın sürtünmesinden dolayı kılcal oluklar meydana gelir. Normal olarak soğutma sıvısı kesme noktasına kılcal oluklardan ulaşamaz, ancak makina, iş parçası ve kesici takımdaki titreşim soğutma sıvısına pompalama etkisi yapar ve sıvıyı kesme noktasına ve ara yüzeylere kadar ulaştırır. Bunun sonucu olarak sürtünme azaltılmış ve soğutma daha etkili yapılmış olur.



Sekil 4.26. Titreşime etki eden talaş eni ve talaş kalınlığı

#### 4.12. Talaş Kaldırma İşlemleri ile Elde Edilene Yüzey Kaliteleri

Talaş kaldırma işlemleri ile elde edilen yüzey kaliteleri çizelge 4.2' de verilmiştir.

#### 4.13. Metallerin İşlenebilme Derecesi

Kesme hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisi işlenen metalin işlenebilme derecesidir. İşlenebilme derecesi, genel anlamda metallerin talaş kaldırma anında kesilmeye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır.



Çizelge 4.2. Talaş kaldırma işlemleri ile elde edilen yüzey kaliteleri

Kalite	Talaş kaldırma işlemi
IT8	Tornalama, delme, frezeleme, vargelleme, planyalama
IT7	Broslama, ince tornalama
IT6	Dış ve iç taşlama, raybalama
IT5	ince taşlama
IT4	Çok ince taşlama, lepleme
IT3	Parlatma

Metallerin işlenebilme derecesine etki eden faktörler:

- a) işlenen metalin dokusu ve sertliği,
- b) işlenen metalin kimyasal bileşimi,
- c) Uygulanan işlemin cinsi,
- d) Kesici takımın biçimi,
- e) Kesici takımın gereci,
- f) Talaşın şekli,
- g) Talaşın kaba veya ince oluşu,
- h) Kesici takımın, işin ve tezgahın rijitliği.

Bütün bunlar göz önünde tutularak metallerin işlenebilme derecesi tesbit edilmiştir. Buna göre B1112 Bessemer vida çeliğinin işlenebilme derecesi % 100 kabul edilmiş ve diğer metallerin işlenebilme dereceleri buna göre sıralanmıştır. İşlenebilme derecesi arttıkça talaş hızı ve kal-

dırılacak talaş miktarı da aynı oranda artar ve işlenen yüzeyin kalitesi yükselir, fakat motor gücü ile kesici takımın aşınma miktarı azalır.

Örneğin kesme hızını ele alalım. işlenebilme derecesi % 100 kabul edilen B1112 çeliğin kesme hızı 48,8 m/dk.dır. işlenebilme derecesi % 50 olan az karbonlu bir çeliğin kesme hızı;

$$48,8 \times 0,50 = 24,4 \text{ m/dk. olur.}$$

Ek.5' de çeşitli metallerin diğer özellikleriyle birlikte işlenebilme dereceleri verilmiştir.

## 5. YUMUŞAK ÇELİKLERİN İŞLENMESİ

Bazen işlenen metal yumuşak olabilir ancak iyi bir yüzey kalitesi elde edilemez. Çünkü talaş, kesici takımın altında yırtılır veya kopar. Bu durum özellikle üçgen şeklindeki vidaların geniş olan yan yüzeylerinin işlenmesi sırasında meydana gelir.

İşlenen bir çok metal tek bir yapıdan veya elementten meydana gelmemiştir. İki veya daha fazla yapının veya elementin bileşimi ile meydana gelen yeni yapı veya metal, sertlikte ve mukavemette farklılıklar gösterir. Ferrit ve Sementitin karışımı olan perlit tanecikleri arasına gömülmüş olan ferrit tanecikleri, saf demir yapısında olan yumuşak çeliği meydana getirir. Ferrit yumuşak yapılu bir metaldir ve işleme anında kolayca kopar veya yırtılır. Perlit ise normal

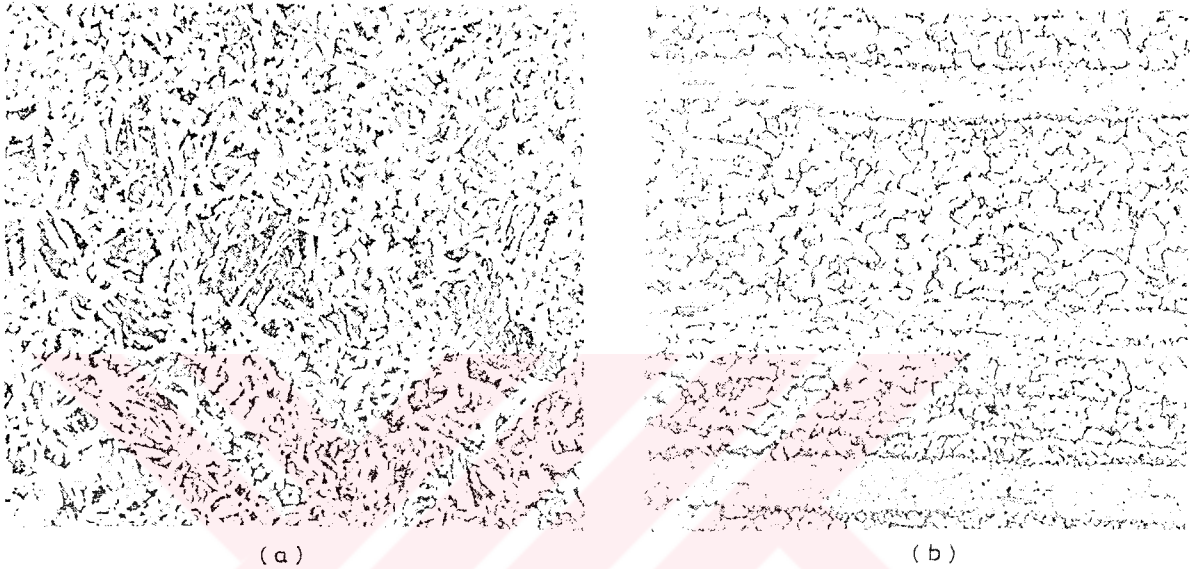
derecede serttir fakat kolayca kesilebilir. Eğer içinde geniş parçacıklar halinde ferrit oluşmuş çelikten talaş kaldırılacak olursa, büyük bir ihtimalle ferritin oluşturduğu geniş yumuşak parçacık kesici takımın altında yırtılarak yükselip pürüz oluşturur. Diğer taraftan eğer perlit yumuşak ferrit içinde iyi dağılmış ise bundan dolayı pürüz oluşumu yerine sürekli parçalanma meydana gelir ve yumuşak yapının etkisi azalmış olur.

Çeliğin içinde geniş parçacıklar halinde var olan ferrit yapı, çeliğin kritik bölge ve kritik su verme sıcaklığına kadar ısıtılması ile giderilebilir ve kolayca işlenebilir hale getirilebilir. Şekil 5.1' de bu iki yapının mikroskopik fotoğrafları sayesinde bariz bileşimleri görülmektedir. (a)'daki yapı (b)'deki yapıya nazaran çok daha iyi işlenebilir. Eğer bunlar test edilecek olursa görülür ki; beyaz ferrit toplam alan olarak her iki yapıda da aynı olduğu halde (a)'daki dağılma; büyük parçacıklar halinde oluşarak ayrılmış ferritin oluşturduğu (b)'deki dağılmaya nazaran çok daha iyidir.

## 6. TALAS KALDIRMADA SOĞUTUCULAR

Kesme işlemleri esnasında soğutucu olarak katılar, sıvılar, emülsiyonlar ve gazlar kullanılır. Bütün kesme ve şekil verme işlemlerinde sıcaklık ve basınç kontrol edilmediği takdirde sürtünmenin sonucu olarak yüksek sıcaklıklar meydana

gelir ve temas eden yüzeyler bu sıcaklıktan dolayı birbirlerine yapışmaya meyleder. Isının oluşum yerleri (Bkz.şekil 9.2)'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Yumuşak çelikte ferrit yapının dağılımı

- a) Normalleştirilmiş yumuşak çelik,
- b) yumuşak çelikte belirginleşmiş ferrit bandları (X66).

Uygun bir soğutma işlemi aşağıdaki faydaları sağlar:

- a) Talaş, iş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeyi azaltır,
- b) Takım ve iş parçasının sıcaklığını düşürür,
- c) Talaşları uzaklaştırır,
- d) Yüzey kalitesinin iyileşmesine sebep olur,
- e) Kesme için gereken tezgah gücünü azaltır,
- f) Takım ömrünü uzatır,

- g) Makina ve iş parçası üzerindeki muhtemel korozyonu azaltır,
- h) Talaşların kesici takıma yapışmasını ve kaynak olmasını önler.

Soğutucuda aranan özellikler.

İyi bir soğutucuda aşağıdaki özellikler bulunmalıdır:

- a) Makinaya zararlı olmamalıdır,
- b) Operatöre zararlı olmamalıdır,
- c) Isıyı iletme özelliğine sahip olmalıdır,
- d) Uçucu olmamalıdır,
- e) Köpürmemelidir,
- f) Soğutma esnasında yağlama da yapmalıdır,
- g) Yüksek yanma sıcaklığına sahip olmalıdır,
- h) Şeffaf olmalıdır,
- ı) Mikrop üretmemelidir,
- i) Yeniden sirkülasyona alınabilmelidir.

Katı soğutucular kesme kabiliyetini geliştirir. Bunlar gri dökme demir içindeki grafit gibi, metallerde bulunan belirli elementlerdir.

Sıvı soğutucular su buharı, karbondioksit ve sıkıştırılmış havadır. Birçok soğutucu, direk kesici takımın üzerine, diğer uygun yerlere akıtıldığı ve yeniden kolayca sirkülasyona alındığından dolayı sıvı halde tercih edilir.

Kimyasal soğutucular, su içinde çözünmemiş halde

bulunan kimyasal bileşiklerin su ile karışımlarıdır. Bunların amaçları soğutma işlemini gerçekleştirmektir fakat aynı zamanda yağlama vazifesini de görürler.

Kimyasal soğutucular ve etkileri:

- a) Pas oluşumunu önlemek için aminler, nitritler,
- b) Suyun yumuşaklığını sağlamak için fosfatlar ve boratlar,
- c) Nitrit dengesini sağlamak için nitratlar,
- d) Yağlama ve yüzey gerilmesini azaltmak için kullanılan sabunlar ve ıslatma maddeleri,
- e) Kimyasal yağlama için kullanılan fosfor bileşikleri, klor ve sülfür,
- f) Yağlamam için klor,
- g) Glikol karışımları,
- h) Mikrop üremesini önleyici antiseptikler.

Soğutucu kullanmanın avantajları kesici takımın soğutulması ve özellikle takım ile talaş arasındaki sürtünmenin azaltılması ile ortaya çıkar. İşlenmiş yüzeyin pürüzlülüğü gibi talaş da pürüzlü olduğundan soğutma, kesme kenarına az da olsa müsbet etki yapar. En iyi soğutma işlemi kesici takım ile iş parçası arasında veya mümkünse talaş ile kesici takım arasında sağlanmalıdır. Kesici takımın ve iş parçasının titreşimi, soğutma sıvısının kesici kenarın tam ucuna pompalanmasına yardım eder. Bu sebeple soğutma sıvısının sadece akması ve kesme noktasına ulaşamaması soğutma

için yeterli değildir. Kılcal hareket ve yağ buharı aynı zamanda kesme kenarının soğutulmasına ve yağlanmasına sürekli yardım eder.

Kullanılan birçok soğutucu ilk önce işlenen malzemenin cinsine ve talaş kaldırma şekline bağlı olarak seçilir.

a) Dökme demir işlenirken; basınçlı hava, çözünebilen yağlar kullanılır veya kuru işlenir. Basınçlı hava egzozlu sistemlerde havaya karışan dökme demir tozlarını toplayıp dışarı atmak için kullanılır.

b) Alüminyum işlenirken; gazyağı çözünebilen yağlar veya sodalı su kullanılır. Sodalı su, su ve küçük oranda alkali karışımından ibarettir ve pas önleyici etkisi vardır.

c) Dövme demir işlenirken; kuru işlenir veya suda çözünebilen yağlar kullanılır. Bu karışım kostik soda tarafından, süspansiyon içinde tutulan hafif mineral yağları, sülfirize yağlar, sabun ve diğer bileşiklerden ibarettir. Bunlar su ile karıştıkları zaman emülsiyon oluştururlar.

d) Pirinc işlenirken; parafın yağları veya domuz yağı bileşikleri kullanılır veya kuru işlenir.

e) Çelik işlenirken; suda çözünen yağlar, sülfür yağları veya madeni yağlar kullanılır.

İşlenen malzeme ve kullanılan soğutucu cinsi ile ilgili bilgiler ek.6' da verilmiştir.

## 7. TORNALAMA KUVVETLERİ

Tornada talaş kaldırırken meydana gelen ve tornalama kuvveti olarak bilinen  $F_z$ ;  $F_s$  (kesme kuvveti),  $F_v$  (ilerleme kuvveti) ve  $F_a$  (kalem veya eğme kuvveti) olarak bilinen üç bileşene ayrılabilir (şekil 7.1).

Bu bileşenlerin yönleri tezgah koordinat sistemi tarafından belirlenir. Tornalama kuvvetinin büyüklüğü ve yönü seçilen kesici kenar geometrisinden çok etkilenir. Kesme kuvveti ( $F_s$ ) ile karşılaştırıldıklarında ilerleme kuvveti ( $F_v$ ) ve kalem kuvveti ( $F_a$ )'nın küçük olduğu görülür.

Gerekli gücü saptamak için kesme kuvveti yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanır (şekil 7.2), (Gildemeister, 1990)

$$S = a \cdot s \quad \text{mm}^2.$$

$$F_s = S \cdot K_s \quad \text{kgf.}$$

$$S = b \cdot h \quad \text{mm}^2.$$

$$S = \text{Talaş kesiti} \quad \text{mm}^2.$$

$$a = \text{Talaş derinliği} \quad \text{mm.}$$

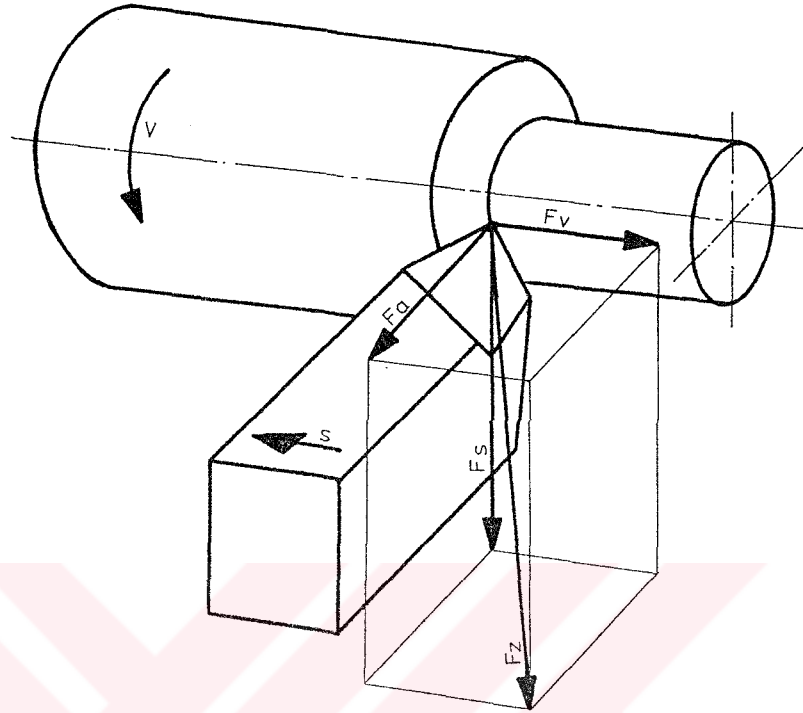
$$b = \text{Talaş genişliği} \quad \text{mm.}$$

$$h = \text{Talaş kalınlığı} \quad \text{mm.}$$

$$s = \text{ilerleme} \quad \text{mm/devir.}$$

$$K_s = \text{Diyagram veya tablolardan alınan malzeme özgül kesme kuvveti (şekil 7.3'den)} \quad \text{kgf/mm}^2.$$

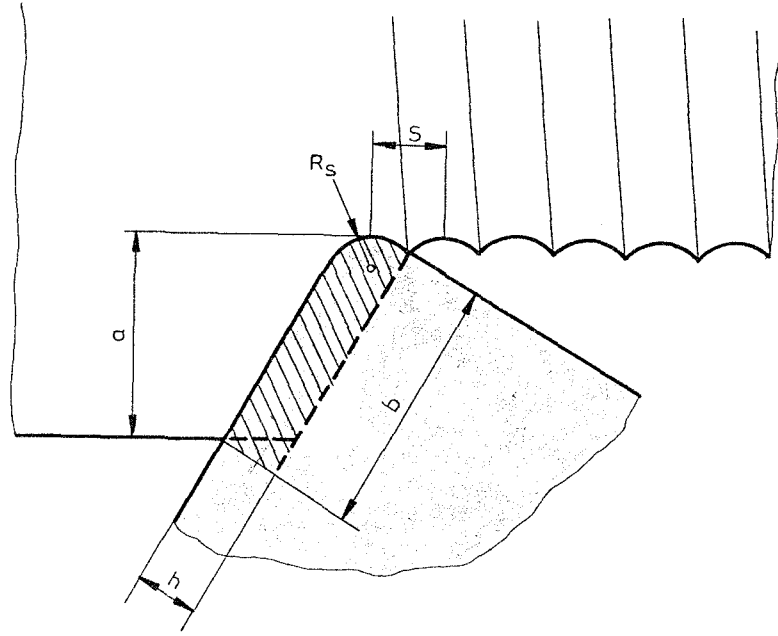




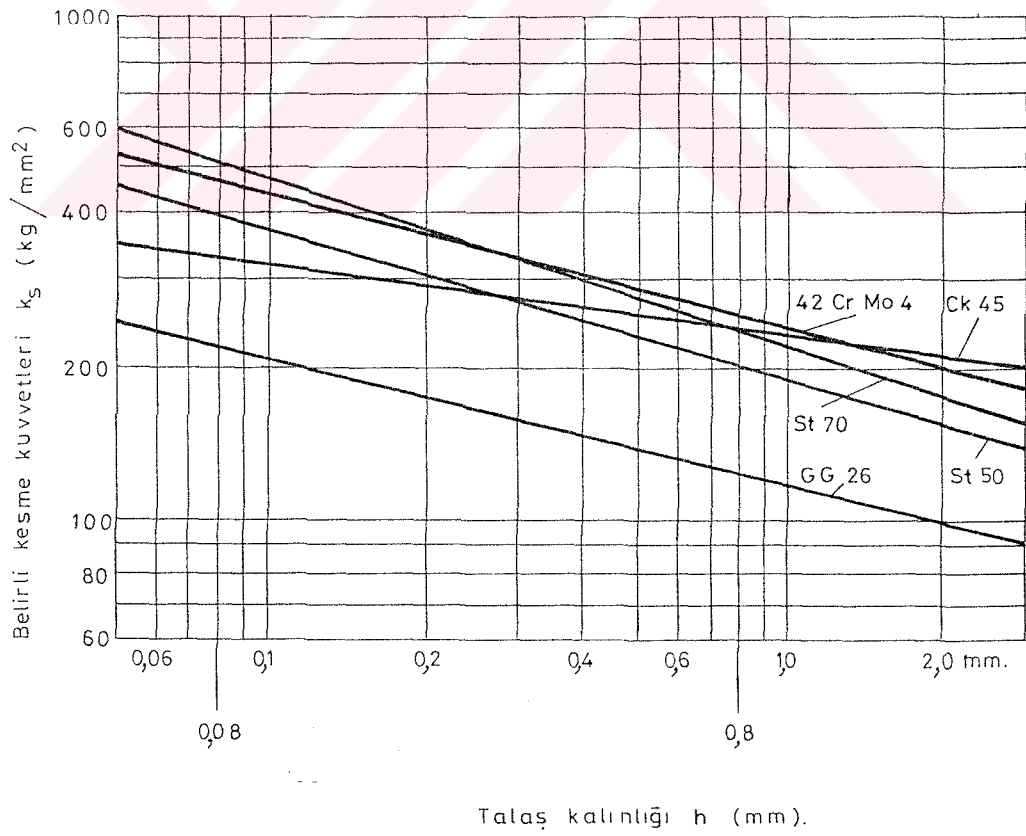
Şekil 7.1. Tornalama esnasındaki hareketler ve kuvvetler.

Talaş kesiti ( $S$ ), ilerleme ve talaş derinliği veya talaş kalınlığı ve talaş genişliği tarafından meydana getirilir. Ancak,

$S = a \cdot s$  genellikle geçerli sayılmaz. Buna rağmen, daha kolay saptanabilir ve çoğunlukla da yeterli hassasiyeti verir.



Şekil 7.2. Talaş kesiti



Şekil 7.3. Talaş kalınlığı (mm), (Gildemeister, 1990).

Şekil 7.3 talaş kalınlığının bir fonksiyonu olarak değişik malzemeler için özgül kesme kuvvetleri (sert metal kalem ile  $v = 90 - 125$  m/dak, çelik için  $(\gamma) = 6^\circ$  dökme demir için  $(\gamma) = 2^\circ$

Eğer kesme kuvveti  $F_s$  ile talaş kesiti  $S = b \cdot h$  arasında bir ilişki kurulursa özgül kesme kuvveti ( $k_s$ ) şöyle elde edilebilir:

$$k_s = \frac{F_s}{S} \quad \left[ \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$$

Özgül kesme kuvveti, mesala malzemenin çekme dayanımı gibi tam bir malzeme sabiti değildir. Zira bu değer, sadece malzemeye bağlı olmayıp, aşağıdaki gibi daha başka etkenlere de bağlıdır. Bunlar;

- a) Talaş kalınlığı,
- b) Talaş kesiti,
- c) Talaş açısı,
- d) Kesme hızı,
- e) Soğutma ve kesme sıvılarının etkisi.

Bu etkenlerin etki miktarı henüz kesinlikle belirlenmediğinden şimdilik, en büyük etken malzeme ve talaş kesiti hesaba katılır.

#### 7.1. Talaş Kapasitesi (P) ve Döndürme Momenti (M)

Belli bir motor gücü ( $P_m$ ) için elde edilecek talaş ka-

pasitesi (P), kalemin kesici kenarı üzerinde yaratılan tezgah verimine ( $\eta$ ) bağılıdır. Motor gücü ( $P_m$ ) sabit kaldığı sürece işmili üzerindeki döndürme momenti hıza bağılı olarak şöyle olacaktır (şekil 7.4):

$$M = C \cdot \eta \cdot \frac{P_m}{n}$$

Burada, M = Döndürme momenti, kgf . m, P = Talas kapasitesi, Kw, n = işin devir sayısı dev/dak. olarak alınırsa C = 974 olarak alınan bir sabittir.

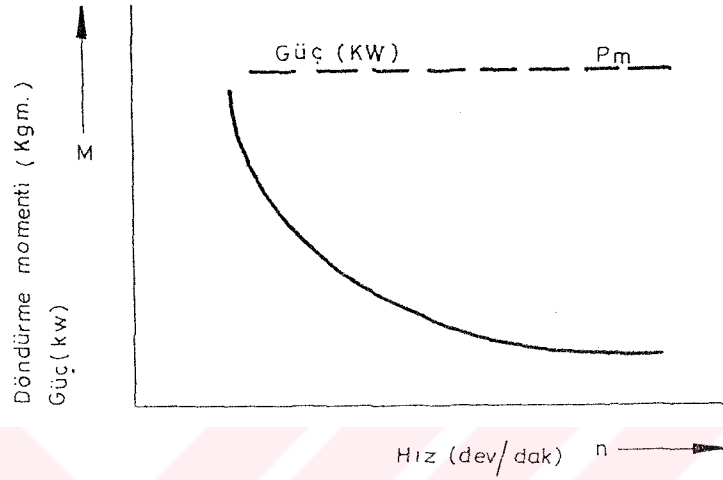
İhtiyaca göre, büyük kesitli talaşlar düşük kesme hızlarında; küçük kesitli talaşlar da yüksek kesme hızlarında elde edilir. Gerekli değerlerin kolaylıkla ve hassas olarak hesaplanması için ilgili grafikler kullanılmalıdır.

Tornalama kuvvetlerinin doğurduğu döndürme momenti işmilinden iş parçasına bir bağlama aygıtı ile iletilmelidir. İş parçasının ince cidarlı olması veya daha başka sebeplerle bağlamanın düşük bir kuvvetle yapılması halinde iş parçası emniyetle bağlanmalıdır.

## 7.2. Kesme Değerleri

Takımın kesici kenar ömrü, kesme değerlerinin seçiminde önemli bir rol oynar. Takımın kesici kenar ömrü veya kullanılma ömrü kesici kenarın ardarda iki bilenışı arasındaki ya da kenarın değiştirilmesinden önceki en uzun kullanım süre-

sidir. Belli bir aşınma sınırına gelindiğinde takım ömrü son



Şekil 7.4. Sabit motor gücü ( $P_m$ ) için döndürme momentinin hıza göre değişimi.

bulur. Bunun ölçüsü ise genellikle, kalemin boşluk yüzeyinde meydana gelen aşınma çizgisinin belli bir genişliğe ulaşmasıdır. İzin verilen aşınma çizgisi genişliği takım indeksine işlenir.

### 7.3. Kesme Hızı (V)

Tornalamada kesme hızı, iş parçasının tornalanan çevre hızı olup, aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m / dak.}$$

Burada:

$V$  = Kesme hızı, m / dak.

$d$  = Tornalama çapı, mm.

$n$  = işmili devir sayısı, devir / dakika.

Teorik hız, yukarıdaki formülden hesaplanır. Hesaplanan değere en uygun hız, tezgah hız dizileri arasından seçilmelidir.

#### 7.4. İlerleme (s)

Kesici takımın, işmilinin her devrine karşılık yapmış olduğu hareket miktarına "ilerleme" denir. İlerleme ve kesme hızları, kesme süresine olan etkileri bakımından benzer olarak değerlendirilmelidir. Talaş kalınlığı arttıkça kesmenin buna bağlı olarak kötüleşmesi (zorlaşması); buna karşılık ilerleme hızının aşınmayı kesme hızına oranla daha az etkilemesi, işleme şartlarına bağlı olarak mümkün olan en büyük ilerleme hızının seçilmesini gerektirmektedir. Fakat son talaşta ilerleme hızı seçilirken doğrudan doğruya elde edilmek istenen yüzey kalitesi dikkate alınır. Bu seçimde, kesici kenar yarıçapı da önemli rol oynar. Belirli bir pürüzlülük değeri istendiğinde, gerekli ilerleme hızı aşağıdaki formülle bulunur.

$$s = 8 \sqrt{R_t \cdot R_s} \quad \text{mm / dev.}$$

$R_t$  = Pürüz derinliği, mm.

$R_s$  = Kesici kenar yarıçapı, mm. (Gildemeister, 1990).

### 7.5. Talaş Derinliği (a)

Talaş derinliği, esas kesici kenarın, iş parçasına, ilerleme ve kesme yönlerinin meydana getirdiği çalışma düzlemine dik olarak ölçülen dalma derinliğidir.

Paso (talaş) sayısını en aza indirebilmek için talaş derinliği mümkün olduğu kadar büyük alınmalıdır. Talaş derinliğinin aşınmaya etkisi küçüktür. Bazı hallerde talaş derinliği, iş parçasının fırlama ihtimali veya bağlanma konumu yüzünden sınırlanabilir.

Köreltikten sonra atılan takma uçların kullanılması halinde talaş derinliği, üçgen prizma uçlarda kesici uzunluğunun  $2/3$  ünü kare prizma uçlarda ise  $3/4$  ünü aşmamalıdır.

Gerekli paso sayısı, toplam talaş derinliğinin izin verilebilir talaş derinliğine ( $a_{i2}$ ) bölünmesiyle elde edilir. Sonuç bir tamsayıya tamamlanarak verilecek kaba talaşların derinliği ve sayısı hesaplanırken temel olarak kullanılır.

Kaba talaş uzunluğu (L), bir önceki talaş yüzeyi doku-  
nılmayacak şekilde seçilmelidir.

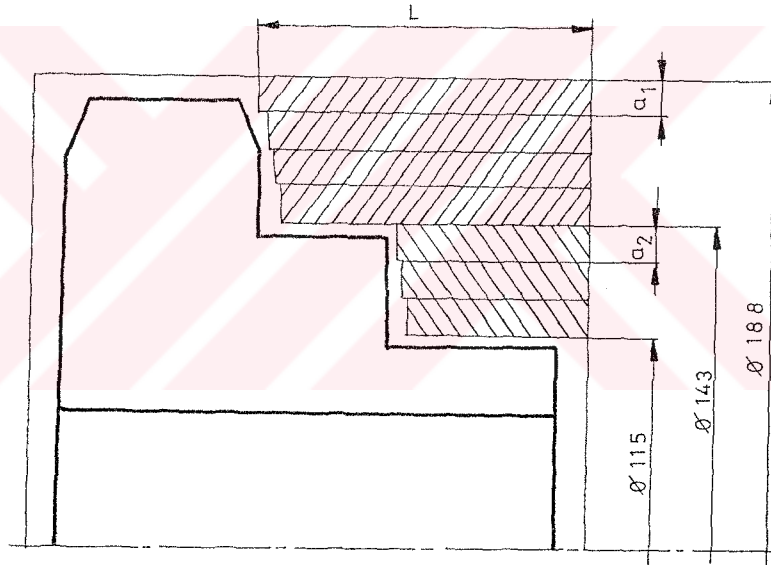
Mesela, Şekil 7.5'deki izin verilebilir talaş derinliği  $a_{i2} = 6$  mm. olarak paso sayısını ve derinliğini hesaplayalım.

$$a_1) \frac{188 - 143}{2} \cdot \frac{1}{a_{1z}} = \frac{22,5}{6} = 3,5.$$

$$3,5 = \sim 4 \text{ paso} \quad \text{talaş derinliği } a_1 = \frac{22,5}{4} = 5,6 \text{ mm.}$$

$$a_2) \frac{143 - 115}{2} \cdot \frac{1}{a_{2z}} = \frac{14}{6} = 2,33$$

$$2,33 = \sim 3 \text{ paso} \quad \text{talaş derinliği } a_2 = \frac{14}{3} = 4,66 \text{ mm.}$$



Şekil 7.5. Paso sayısının belirlenmesi

#### 7.6. Kesme Değerlerinin Optimizasyonu

En uygun sonuçların elde edilebilmesi için, seçilmiş olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğinin birbirine uygun olması gerekir. Bunun için, aşağıdaki iki yol düşünülebilir.



1. İşleme süresinin en aza indirilerek en uygun durumun sağlanması:

SD 'li torna tezgahlarında işleme süresi oldukça uzun sürdüğünden işleme süresinin kısaltılmasıyla üretimde esaslı artışlar sağlanabilmektedir. Kesme değerleri  $a$ ,  $s$  ve  $v$ 'nin çarpımı dakikada kaldırılan talaş hacmini verir ve bu da işleme süresini belirlemeye yarar.

İlerleme hızları ve talaş derinlikleri 7.4 ve 7.5 paragraflarına uygun olarak seçilirler.

Takım aşınmasını artırması ve takım ömrünü kısaltması nedeniyle kesme hızı sınırsız bir şekilde yükseltilmemelidir. Aksi takdirde kesici takımların daha sık değiştirilmeleri gerekecek ve bu da tezgahın daha uzun süre durmasına ve vakit kaybına sebep olacaktır.

Bütün bunlar gözönüne alınarak en uygun işleme süresini amaçlayan en uygun takım ömrü ve en uygun kesme hızı (şekil 7.6'dan):

$T_{en.uy.sü}$  = En uygun işleme süresini amaçlayan en uygun takım ömrü (kesici kenar ömrü).

$T_{en.uy.sü} = (-k-1) t_w$ , dakika.

$k$  = Logaritmik T-v grafiğinde  $\tan \alpha$ 'ya eşit takım ömrü üs'ü.

$t_w$  = takım değiştirme süresi, dakika.

Bu metodun kullanılmasında tezgah ve takım masrafları dikkate alınmamıştır (Gildemeister, 1990).

2. Üretim maliyetlerinin en aza indirilerek en uygun durumun sağlanması:

Kesme hızı yükseldikçe parça başına düşen işleme süresi ile tezgah maliyeti düşer. Fakat, aynı zamanda aşınma ve takım maliyeti artar. Tezgah ve takım maliyetlerine bağlı olan üretim maliyetleri, aşağıdaki hesaplama yöntemiyle önceki formüle göre farklı olarak hesaplanan takım ömrü sayesinde en düşük değere ulaşır.

Ten.uy.ma. = En uygun üretim maliyetini amaçlayan en uygun takım ömrü, dakika.

$$\text{Ten.uy.ma.} = (-k-1) \left( t_w + \frac{C_t}{C_m} \right) \text{ dakika.}$$

$C_t$  = Kesici kenar başına düşen takım maliyeti, TL.

$C_m$  = Bir dakikalık süreye düşen tezgah maliyeti TL/dak  
(Gildemeister, 1990).

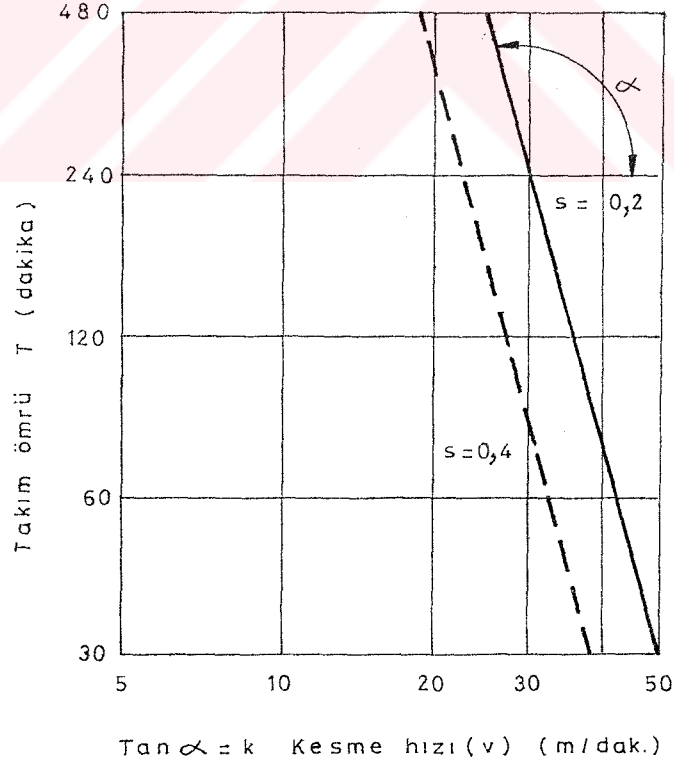
#### 7.7. Tornalama İşleminde Soğutma

Kesme sıvılarının amacı kesici kenarı soğutmak ve yağlamaktır. Sonuçta takım ömrü uzatılabilir veya kesme hızı arttırılırken; yüzey kalitesi de arttırılabilir ve çıkan ttaşlar süpürülür.

Soğutma sıvısının kesme hızı ve takım ömrüne etkisi şekil 7.7'de görülmektedir.

Soğutma sayesinde, sabit bir kesme hızında takım ömrü artar; veya takım ömrü sabit tutularak kesme hızı artırılabilir.

Yüksek hız çelikleriyle çalışırken soğutucu kullanılması tavsiye edilir. Bununla beraber, sertmetalden yapılmış kesici takımlarla çalışırken soğutucunun sürekli ve her yere aynı miktarda gelmesine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde kesici kenarda çatlaklar meydana gelebilir.

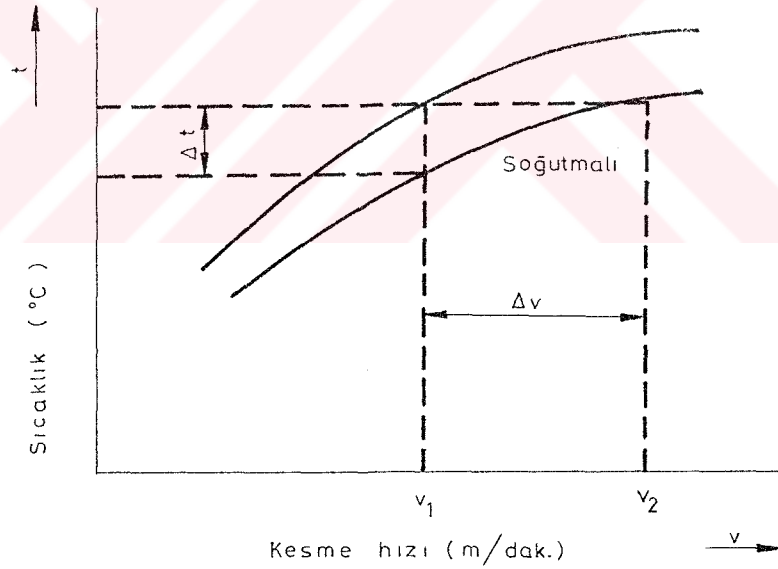


Şekil 7.6. Kesme hızının takım ömrü üzerindeki etkisi (Gildemeister, 1990).

Soğutma sıvıları, iş parçasının ısısını düşürdüğünden işlenen boyutların kararlılığını da arttıırırlar ki bu da onların diğer bir üstünlükleridir.

Dökme demir parçalar çoğunlukla kuru olarak işlendiklerinden soğutma sıvısı sadece çok miktarda kaldırılan toz talaşları temizlemek için kullanılır.

Seramik uçlu takımlar kullanıldığı zaman ise kesici takım kenarı soğutulmaz.



Şekil 7.7. Soğutma sıvısının kesme hızı ve takım ömrüne etkisi.

## 8. SERT METAL KESİCİLER

Talaş kaldırma işlemlerinde özellikle tornalama ve frezeleme işlemlerinde kullanılan sert metal kesiciler iki grupta toplanabilir.

- a) Kaplamasız sert metal kesiciler,
- b) Kaplamalı sert metal kesiciler.

Sert metal kesicilerin kaplanması üzerinde yapılan çalışmalar netice vermiş ve kaplamalı kaliteler elde edilmiştir. Bu sayede kaplamasız sert metal kesicilere olan ihtiyacı azaltmıştır. Ancak kaplamasız sert metal uçların da çeşitli yerlerde kullanma sahaları vardır. Hatta kaplamasız sert metal kesiciler bazı yerlerde daha avantajlıdır. Özellikle frezeleme işlemlerinde kaplamasız sert metal kesiciler, kaplamalı uçlara göre birçok yerde üstünlük sağlarlar. Çünkü frezeleme işlemi darbeli bir işlem olduğundan, kaplamalı sert metal kesicilerin sünekliği yetmediği için (kaplama sayesinde yüksek sertlik kazandırılmıştır) darbeli işlemlerde daha çabuk kırılabilmektedir.

### 8.1. Çok Kat Kaplamalı Sert Metal Kesiciler

WC - TiC - TaC + Co bileşiminden oluşan ve toz metalurjisi yöntemi ile üretilen sert metal bir alt yapı üzerine TiN, TiC ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi çeşitli kimyasal madde buharlarının yüksek sıcaklık altında ve yaklaşık 10 mikron kalınlığına kadar çökeltilmesi sonucu elde edilirler.

Kaplamalı sert metal kesici takımlarda, sert metal yapı ile darbelere karşı sünek bir yapı sağlanırken, kaplama katları ile de çeşitli aşınmalara karşı mukavemet kazanılır. Çok kat kaplamalı sert metallerin taşıdığı özellikler kısaca şunlardır:

a) Yüksek sıcaklıklarda dahi sertliğini kaybetmez,

b) Termal şoklara karşı mukavimdir,

c) Kimyasal reaksiyonlara karşı çok iyi bir dayanım gösterdiğinden, serbest yüzey aşınması, talaş yüzü (krater) aşınması ve oksidasyon aşınmasına karşı duyarlı değildir,

d) Sünek yapı özelliği ile darbeli çalışmalarda, kesintili olarak yapılan talaş kaldırma işlemlerinde, kumlu ve boşluklu döküm malzemelerin işlenmesinde üstün bir performans gösterir.

e) Kaba işlemlerden hassas işlemlere kadar geniş bir çalışma sahasına sahiptir,

f) Çelik, çelik döküm, dökme demir, temper döküm, sfero döküm ve demir olmayan metallere, özellikle alüminyum malzemesinin işlenmesine kadar çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

## 8.2. Seramik Kesiciler

Bu kesiciler üretim yöntemlerine göre iki sınıfa ayrılırlar:

a) Kimyasal etkilere dayanıklılıkları ve yüksek sıcaklıkta çalışma özelliklerinden dolayı % 99 saflıkta  $Al_2O_3$  ihtiva eden soğuk preslenmiş (izostatik presleme) seramik kesiciler,

b) Mekanik şoklara dayanabilen, yapısına metal oksitler ileveten karbürler eklenmiş ve sıcak preslenmiş (izostatik presleme) seramik kesicilerdir.

Seramik kesicilerin taşıdığı özellikler:

a) Kaba talaş kaldırma işlemlerinde kolayca kırılabilirler. Bu nedenle son talaş kaldırma işlemlerinde kullanılmalılardır,

b) Alüminyum malzemeye karşı çok duyarlıdır. Seramik ve alüminyum arasındaki reaksiyon ve bağ nedeni ile seramik kesiciler, alüminyum alaşımlarının işlenmesinde tavsiye edilmezler,

c) Kimyasal reaksiyonlara karşı çok iyi bir dayanım gösterdiğinden aşınma ve oksidasyona karşı duyarlı değildir,

d) Yüksek sertliği ve aşınmaya dayanıklılığı yüzünden özellikle yüksek kesme hızlarında dökme demir ve sertleştirilmiş çeliğin işlenmesinde üstün bir performans sağlarlar,

e) Yalnızca demir alaşımlarının işlenmesinde kullanılabilirler. Bu alaşımlar şunlardır:

1. Düşük karbonlu ve alaşımla çelikler,
2. Takım çelikleri,

3. Isıl işlem görmüş çelikler,

4. Dökme demir.

f) Düşük gerilim dirençleri nedeni ile darbeli çalışmalarda başarılı olamaz ve kolayca kırılabilirler. Bu nedenle yüksek kesme hızları ile çalışabilen yüksek devirli tezgahlarda kullanılabilirler,

g) Üretim masraflarının yüksek olması nedeni ile satış fiyatları pahalıdır.

### 8.3. PCD (Çok Kristalli Sentetik Elmas) Kesiciler

Bu takımlar, çok küçük plaketer halinde sert metal plaketerin uç kısmına sert lehim yöntemi ile tesbit edilirler. Çok kristalli elmas plaketer, suni elmas kristallerinden oluşan bir tabakaya sahiptir ki, bu kristaller üretim sırasında düzensiz olarak yönlendirilmiş ve böylece kesici takımın sertlik ve aşınmaya karşı direnci, takımın her yönünde yüksek olabilmektedir.

PCD kesicilerin taşıdığı özellikler:

A) Aşınmaya karşı çok mukavimdirler,

B) Yalnızca, demir olmayan ve aşındırıcı metalik olmayan malzemelerin işlenmesinde kullanılabilirler. Bu malzemeler sırası ile şunlardır.



Demir olmayan metaller:

- a) Alüminyum,
- b) Silikonlu alüminyum alaşımları,
- c) Pirinç alaşımları,
- d) Bakır alaşımları,
- e) Kurşun alaşımları,
- f) Sert metal.

Aşındırıcı metalik olmayan malzemeler:

- a) Karbon,
- b) Seramik,
- c) Fiber glas,
- d) Grafit,
- e) Plastik.

C) Özellikle alüminyum alaşımlarının işlenmesiyle 1800 m/dak. değerine kadar çok yüksek kesme hızlarında çalışabilirler.

D) Takım ömürleri çok uzundur.

E) Demir alaşımlarına karşı çok duyarlıdır. Demir malzemeler PCD kesiciler ile karbür yapma eğilimi gösterdiğinden, PCD plaketer üzerinde çok kısa zamanda kimyasal reaksiyonlar oluşur ve bu kesiciler kullanılamaz hale gelir,

F) Satış fiyatları çok pahalıdır.

#### 8.4. CBN (Kübik Baron Nitrit) Kesiciler

Bu kesiciler çok ince baron nitrit parçacıklarının kalıplar içerisinde son derece yüksek basınç ve sıcaklık altında sinterlenmesi yöntemi ile plaketer halinde üretilir ve daha sonra küçük plaketer halinde sert metal plaketerin uç kısmına lehim yöntemi ile tesbit edilirler (şekil 8.1).

CBN kesiciler çok sert olduğu için demir esaslı çok değişik sertliklerde bulunan iş parçalarının işlenmesinde büyük bir performans gösterirler. CBN kesicilerin taşıdığı özellikler:

A) Sünek bir yapıya sahip olup, yüksek sıcaklarda sertliklerini kaybetmezler,

B) Sert metal ve seramiklere kıyasla daha serttirler,

C) Demir esaslı çok sert malzemelerin işlenmesinde kullanılabilirler. Bu malzemeler sırası ile şunlardır:

a) Beyaz dökme demir,

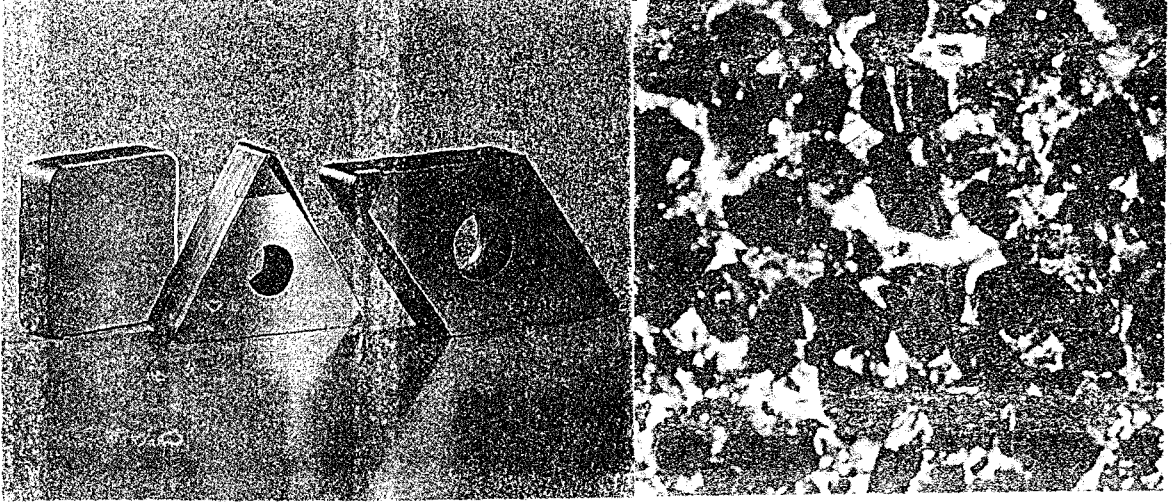
b) Dövme çelik,

c) Çok sert olan nikel alaşımları,

d) Soğuk iş takım çelikleri,

e) Sementasyon, nitrürasyon ve alevle sertleştirilmiş iş parçalarının işlenmesi,

D) Satış fiyatları çok pahalıdır,



Şekil 8.1. CBN Kesiciler

- a) CBN kesicinin sert metal uca lehimlenmiş hali
- b) CBN kesicinin mikro yapısı

#### 8.5. Kaplamasız Sert Metal Kesicilerin Kaplamalı Sert Metal Kesicilere Göre Avantajları:

a) İyi bir yüzey kalitesi istenen finiş tornalama operasyonlarında, kaplamasız sert metal kesiciler normal olarak keskin bir kesme kenarına sahip olduklarından çok iyi bir yüzey meydana getirirler. Oysa kaplamalı sert metal kesicilerde keskin bir kesme kenarı meydana getirmek mümkün değildir. Çünkü kaplama tabakası ince ve kırılğan olduğundan kesme kenarında bu tabakanın tümüyle kalkma ve dökülme ihtimali vardır. Bu sebepten dolayı kaplamalı sert metal uçların kesme kenarları kaplama işleminden önce hafif bir yuvarlatma işlemine tabi tutulur.

b) Titreşime hassas operasyonlarda; özellikle ince ve uzun millerin tornalanmasında keskin kesme kenarı düşük kesme

kuvvetleri meydana getirdiğinden titreşim azalır, iş parçasının ve takımın deformasyon tehlikesi önemli ölçüde ortadan kalkmış olur.

c) Isıya mukavim malzemelerin (örneğin nikel esaslı alaşımlar ve titanyum alaşımları) tornalanmasında, keskin kesme kenarı iş parçası malzemesinin deformasyonunu azaltır, bu sebeple kesme sıcaklığı düşer ve iş parçasının yüzeyinde malzeme yapısının değişmesine limit değerlerde etki eder. Yani homojen bir yüzey elde edilir.

d) Kaba talaş kaldırma işlemlerinde ve darbeli operasyonlarda kaplamasız sert metal kesiciler sünek bir yapıya sahip olduklarından kesme kenarının dayanımı ve ömrü artmış olur.

e) Paslanmaz çeliklerin düşük ilerleme hızı ile finiş tornalamasında kaplamasız sert metal kesicilerin keskin kesme kenarları sayesinde istenen yüzey kalitesi sağlanabilir.

f) Yumuşak metallerin işlenmesinde, örneğin düşük karbonlu çelikler ve demir dışı metaller, alüminyum alaşımları, bronz, bakır, plastik, ağaç v.s. gibi malzemelerde, kaplamasız sert metal kesiciler keskin bir kesme kenarına sahip oldukları için talaş sıvaması (talaş kaynaması) riskini azaltır ve iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesini sağlar.

g) Genel olarak düşük kesme hızı ile çalışırken (makina, iş parçası ve benzeri sebeplerden dolayı) kaplamalı ucun avantajı yoktur ve kaplamasız uç daha ucuz olduğundan tercih edilir.

#### 8.6. Sert Metal Kesiciler ile PCD, CBN ve Seramik Uçların Karşılaştırılması:

Çağımızın teknolojisi, özellikle talaşlı üretim yöntemlerinde daha hassas, daha kaliteli ve daha seri çalışan tezgahların gelişmesine imkan vermiştir. Otomatik kumanda ile takım değiştiren NC ve CNC takım tezgahları sözü edilen bu tezgahların ve ileri tezgah teknolojisinin öncülüğünü yapmaktadır.

Bu tezgahların hissedilebilir şekilde hızla gelişmesi doğal olarak talaşlı üretim teknolojisinde yüksek kaliteli ve daha kullanışlı kesici takım gereksinmelerini de beraberinde getirmiştir.

Aynı zamanda bu günün metal endüstrisi her geçen gün artan üretim masrafları ile karşı karşıya olduğu için metali en uygun ve daha ekonomik olarak kesen kesici takımlara ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla kesici takımların giderlerinde yapılması gereken maliyet azaltımı, ancak kullanım alanına göre daha uygun, daha universal ve daha ucuz olan bir kesici takım kalitesinin seçilmesi ile gerçekleştirilebilir.

Son zamanlarda, ileri teknolojinin öncülüğünü yapan ve takım ömrü üzerinde oluşan aşınmalara karşı daha mukavemetli olan kesici takımlar geliştirilmiştir.

Bu takımlar:

a) Takım ömrünü normal sinterlenmiş karbürlere nazaran iki ya da üç misli arttıran, kaplama kalınlığı 0,010 mm. olan

TiC, TiN ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış çok kat kaplamalı sinterlenmiş karbür kesiciler,

b) Mekanik şoklara ve kimyasal etkilere dayanıklılıkları ve yüksek sıcaklıkta çalışma özelliklerinden dolayı % 99 saflıkta Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ihtiva eden ve yapısına bazen metal oksitlere ilaveten karbürler eklenmiş seramik kesiciler,

c) İstisnai özellikleri yüksek kesme hızlarına izin veren, aşındırıcı demir olmayan metallere, aşındırıcı metalik olmayan malzemelerin işlenmesinde üstün performans sağlayan çok kristalli suni elmas kesiciler,

d) 45 ile 68 Rockwell C derecesindeki kesintili geometriye sahip çok sert çelik ve alaşımlarının işlenmesinde kullanılan, mekanik şoklara aşırı derecede dayanabilen kübik baron nitrit kesicilerdir,

Dökme demir, çelik ve alüminyum gibi malzemelerin, çeşitli kesme koşullarına göre sert metal, seramik, PCD ve CBN kesici malzemeler ile işlenebilirliği çizelge 8.1'de kıyaslanmıştır.

Çizelge 8.1 incelendiğinde;

a) PCD kesicilerin, yalnızca alüminyum esaslı malzemeleri işleyebildiği, kaba talaş ve darbeli işlemlerde çalışabildiği,

b) CBN kesicilerin, sadece çelik ve sertleştirilmiş çelik malzemeleri işleyebildiği, sert çeliklerin işlenmesinde darbeli çalışmalarda ve son talaş işlemlerinde çalışabildiği,

Çizelge 8.1. Malzemelerin sert metal uçlarla işlenebilirliği  
(Böhler' den, 1991).

İşlenen uç malz. kalitesi		Beyaz dökme demir (GGL)	Sfero dökme demir (GGG)	Çelik	Sert çelik	Alüminyum
PCD		0	0	0	0	XXXXX
CBN		0	0	XXXXX	XXXX	0
Sera- mik	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub>	XXXX	XXX	XXX	X	0
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	XXXX	XXXX	XXXX	X	0
Sert metal	Kapla- malı	XXXXX	XXXXX	XXXXX	X	0
	Kapla- masız	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXX	XXXXX

XXXXX = Kaba paso + darbe

XXXX = İnce paso + darbe

XXX = Kaba paso + değişken kesme derinliği

XX = Kaba paso + sabit kesme derinliği

X = İnce paso + sabit kesme derinliği

0 = Kullanılmaz

c) Seramik kesicilerin alüminyum esaslı malzemelerde kullanılmadığı, ancak çelik ve dökme demir gibi malzemeleri

işleyebildiği, bu malzemelerin işlenmesinde kolaylıkla darbeli ve kabatalaş kaldırma işlemlerinde çalışabildiği görülmektedir.

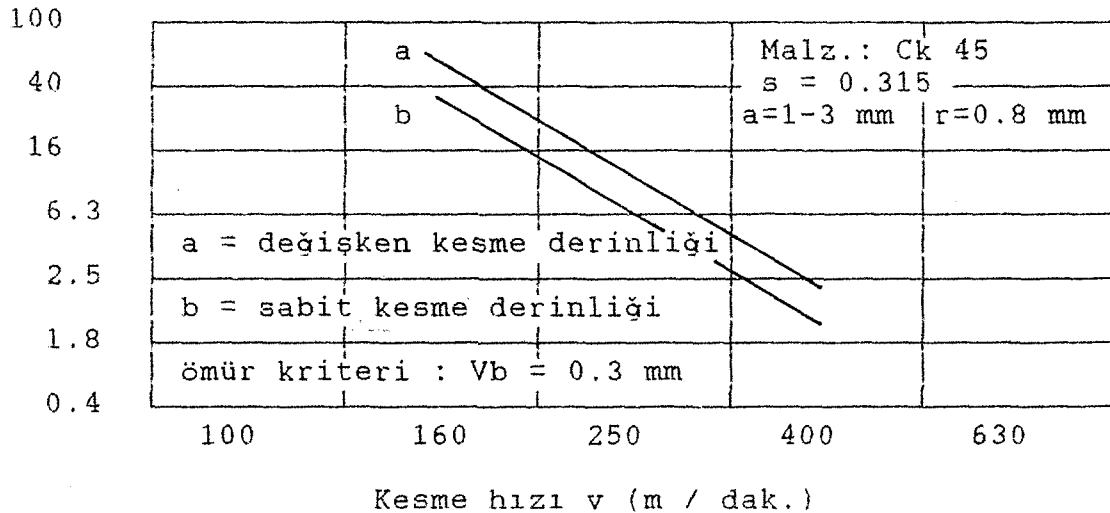
Sonuç olarak sert metal kesiciler:

a) Seramik, PCD ve CBN kesicilerine kıyasla demir ve demir olmayan tüm malzemeleri işleyebilmekte olup, bu nedenle üniversal bir kalitedir.

b) Hem dökme demir, hem çelik ve hemde alüminyum malzemeleri birlikte işleyen sanayi kuruluşlarında stok seviyesini azaltmakta ve bir standardizasyon oluşturmasına kolaylık sağlamaktadır.

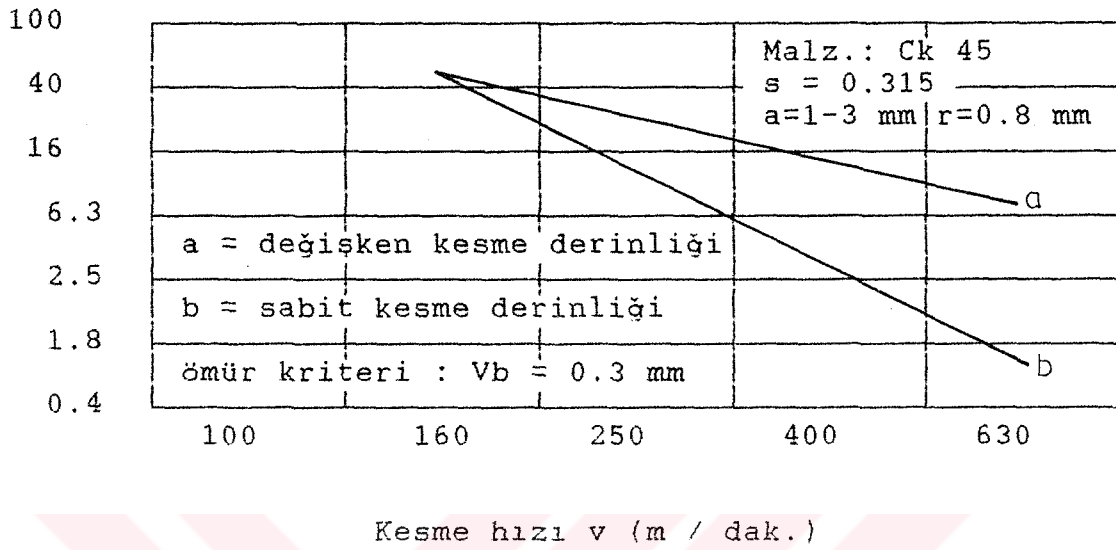
Sert metal ve seramik kesicilere ilişkin kesme hızı ile takım ömrü arasındaki ilişki; çizelge 8.2, 8.3 ve 8.4'te detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Çizelge 8.2. Kaplamalı sertmetal ucun kesme ömrü  
(Böhler' den, 1991).





Çizelge 8.3 Seramik ucun kesme ömrü (Böhler'den 1991)



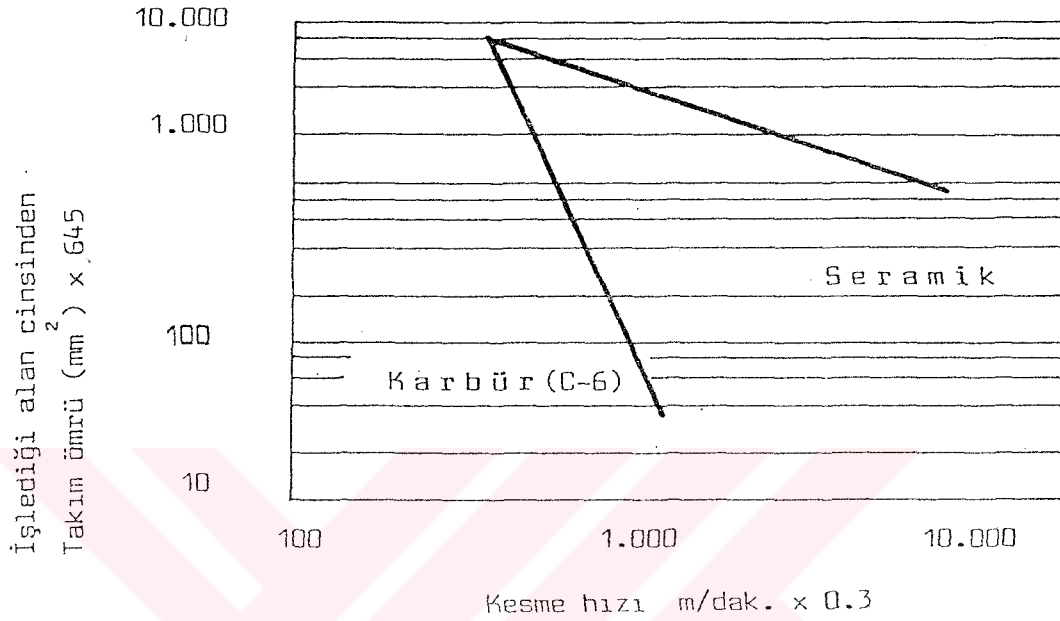
Çizelge 8.2 ve 8.3 incelendiğinde:

a) Sert metal kesiciler ile Ck 45 malzemenin işlenmesinde en fazla 400 mm/dk. değerindeki kesme hızı ile çalışılabildiği,

b) Seramik kesiciler ile Ck 45 malzemenin işlenmesinde 630 m/dak. değerindeki kesme hızı ile çalışılabildiği,

c) 400 m/dak. kesme hızı değerinde çalışıldığı zaman sert metal kesicilerin takım ömrünün yaklaşık olarak, sabit kesme derinliğinde 2.5 dak. değişken kesme derinliğinde 1 dak. olduğu, seramik kesicilerde ise takım ömrünün sabit kesme derinliğinde 16 dak., değişken kesme derinliğinde ise 2.5 dak. olduğu görülür.

Cizelge :8.4. Seramik ve sert metal takım ömrünün karşılaştırılması (Böhler'den, 1991).



Cizelge 8.4. incelendiğinde:

a) Ck 45 malzemenin işlenmesinde 120 m/dak. değerinde eğrilerin kesiştiği, kesişme noktasının solundaki kesme hızı değerlerinde sert metal kesicilerin daha uzun süre dayanmakta, sağ taraftaki kesme hızı değerlerinde ise seramik kesicilerin daha uzun süre dayanmakta olduğu gözlenmektedir.

Sonuç olarak, özellikle kaplamalı sert metal kesiciler:

a) Türkiye'de kullanılan tüm klasik tornalar en fazla 1800 dev/dak., CNC tezgahları ise en fazla 3000 dev/dak. çalışma kapasitesine sahip olduğundan, özellikle küçük çaplı olan iş parçalarının tornalama işleminde seramik kesiciler

yüksek kesme hızında çalışabilme yeteneğine sahip olduğundan yüksek tezgah devirlerinde çalıştırılmalıdırlar. Aksi takdirde, seramikler düşük tezgah devirlerinde çalıştırıldıkları zaman düşük gerilim dirençleri nedeni ile kolayca kırılabilirler.

b) Hem klasik ve hem de CNC tezgahlarda kullanılabilirler.

Sonuç olarak sert metal kesiciler:

a) Her türlü malzemeyi kolaylıkla işleyebildiği için universal bir kalite olmasından,

b) Klasik ve konvansiyonel tezgahlarda çalışabilme özelliğine sahip olmasından,

c) Satış fiyatlarının daha ucuz olmasından dolayı, diğer kesicilere kıyasla çok daha yaygın olarak kullanılmakta ve tercih edilmektedirler.

## 9. SERT METAL KESİCİ UÇLA İŞLENEBİLEN MALZEMELER

- a) Düşük karbonlu ve alaşımlı çelikler,
- b) Takım çelikleri,
- c) Isıl işlem görmüş (sertleştirilmiş) çelikler,
- d) Temper döküm,
- e) Paslanmaz çelikler,
- f) Alaşımlı dökme demir,
- g) Manganolu çelikler,
- h) Otomat çelikleri,

- ı) Dökme demir,
- j) Alüminyum,
- k) Bronz, pirinç,
- l) Plastik,
- m) Lastik.
- n) Kaya.

#### 9.1. Sert Metal Uçlarda, Kesme Kenarının Geometrik Durumu ve Bunun Uç Ömrüne Etkisi

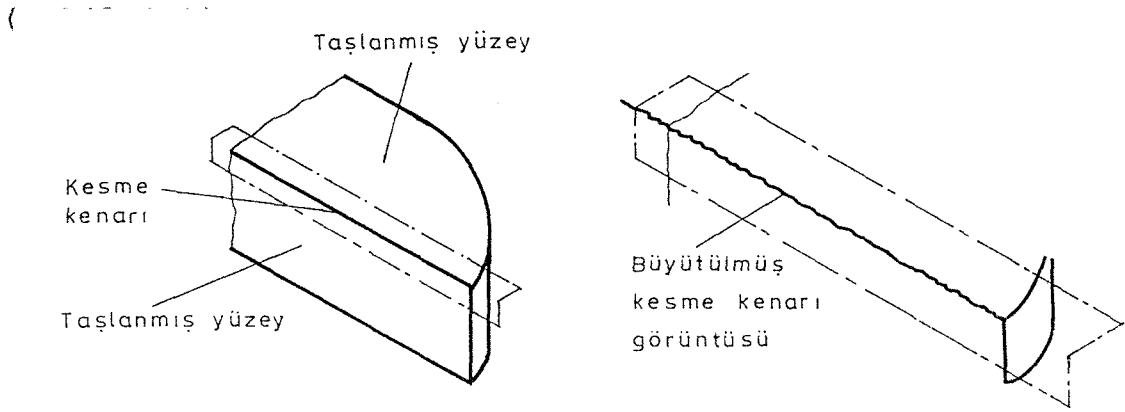
Sert metal kesici uçlarda, serbest yüzey aşınmasının, krater aşınmasının, çentiklenme ve küçük kenar kırılmalarının önlenmesi için kesme kenarlarının doğru ve uygun seçilmesi gerekir. Takım ömrünün arttırılmasında kesme kenarının seçimi önemli bir faktördür.

Sert metal kesici uçların kesme kenarı üç şekilde kullanılır:

- a) Keskin kesme kenar,
- b) Yuvarlatılmış kesme kenar,
- c) Pah kırılmış kesme kenar.

Keskin kenarlı bir sert metal kesici uç mikroskop altında incelendiğinde taşlanmış iki kenarın kesiştiği kesici ağızda çentiklerin, taşlama izlerinin olduğu görülür. Bu durum ise ileride kesici ağızdan küçük parçaların kopmasına veya kırılmasına ve dolayısıyla takım ömrüne direkt olarak etki eder.

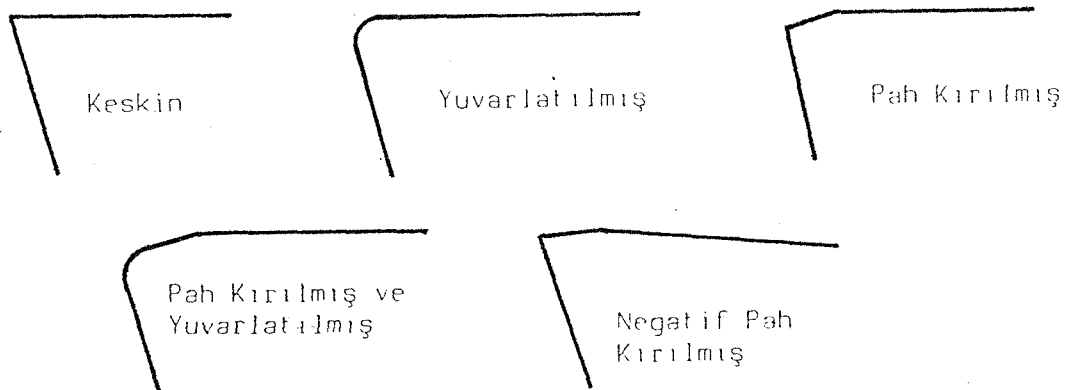
Böyle durumlarda kesme kenarının yuvarlatılması veya pah kırılması ile takım ömrü % 200 dolayında arttırılabilir



Şekil 9.1. Sert metal kesici uçlarda kesme kenarının yuvarlatılması.

Yuvarlatma veya pah kırma değerleri işin durumuna göre seçilir. Kenar yuvarlatma veya pah kırma işlemi sert metal kesici uçların verimliliğine önemli ölçüde etki eder.

Şekil 9.2'de çeşitli tiplerde kesme kenarları görülmektedir.



Şekil 9.2. Sert metal uçlarda kesme kenarı tipleri

Kenar yuvarlatma veya pah kırma işlemleri endüstride henüz bir standarda bağlanmamıştır. Ancak bu işlemler:

- a) Hafif yuvarlatma,
  - b) Orta yuvarlatma,
- şeklinde yapılmaktadır.

Hafif yuvarlatma değerleri 0,025 - 0,040 mm. arasında, orta yuvarlatma değerleri ise 0,050 - 0,10 mm. arasında olur.

Aşırı derecede kenar yuvarlatması ise serbest yüzey aşınmasına ve titreşimin artmasına neden olur.

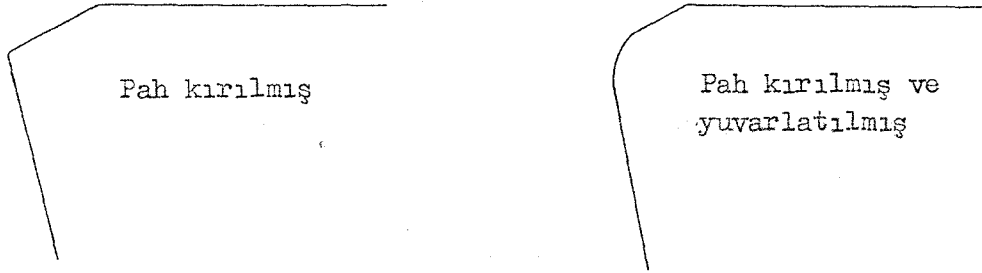
Bununla beraber paslanmaz çelikten yapılmış uzun bir milin tornalanmasında olduğu gibi bazı durumlarda sert metal kesici ucun kesme kenarının yuvarlatılmasından kaçınılır.

Çok kaba ve darbeli işlemlerde kesme kenarının kuvvetlendirilmesi için kesme kenarına 45° pah kırılır. Pahın genişliği ilerleme değerinin % 30'u kadar olmalıdır. Eğim açısının artması kesme kenarını kuvvetlendirir ancak kesme kuvvetlerini de arttırır. Bu nedenle fazla eğim açısı zararlıdır.

Bazı durumlarda ise yuvarlatma ve pah kırma işlemi sert metal kesici uçlara beraber uygulanır (şekil 9.3).

## 9.2. Sert Metal Kesici Uçlarda Doğru Kesme Kenarının Seçimi

Talaş kaldırma esnasında kesici uç hem sürtünmeye hem de aşırı bir yüke maruz kalır. Bu her iki olay da takımın



Şekil 9.3. Sert metal uca pah kırma ve yuvarlatma işleminin beraber uygulanışı.

ömrünü azaltmaktadır. Kesme kuvvetleri önemli ölçüde ortadan kaldırılamayacağından tek yapılacak şey sürtünmenin azaltılmasıdır.

0,05 mm/devirin altındaki değerlerle yapılan deliklerin finiş talaş kaldırma, mikrofiniş frezeleme işlemlerinde çentiklenmeyi ortadan kaldırmak için keskin kesici kenar kullanılır. Bundan başka talaş kaynamasını önlemek için alüminyum ve magnezyum gibi malzemelerin işlenmesinde de keskin kenarlı uçlar kullanılır.

Çelik, demir döküm ve bir çok demir olmayan metallerin finiş işlemlerinde (ilerleme 0,12 mm/dev) normal taşlanmış kesme kenarlı uçlar kullanılmalıdır.

Çelik, demir döküm ve demir olmayan metallerin finiş, orta ve kaba talaş işlemlerinde (0,15 - 0,50) mm/dev. ilerleme ile) kesici uçların kesme kenarları kenar yuvarlatma işlemine tabi tutulmalıdır.

Çok ağır ve darbeli işlemlerde kesme kenarına pah kırılmalıdır.

Kesme kenarındaki ufak dökülmeleri önlemek için, kesme kenarına negatif pah kırılmalıdır.

Lehimli uçlarda yuvarlatma işlemleri lehimlemeden sonra yapılabilir.

Sert metal kesici uçların kesici kenarlarının yuvarlatılması veya pah kırılması, şekil olarak ISO tarafından belli sembollerle ifade edilmektedir.

Bu semboller şunlardır:

F = Keskin kenar,

T = Negatif pah,

E = Yuvarlatılmış kenar,

S = Pahlı ve yuvarlatılmış kenar.

Hangi malzemeler işlenirken hangi tip kesme kenarı kullanılması gerektiği çizelge 9.1'de verilmiştir.



Cizelge 9.1. Sert metal uçların işlenen malzemeye göre kesme kenarı tipleri (Böhler'den, 1991).

Malzememin Cinsi	Kesme hızı	Kesme kenarı tipi
Çinko, bakır, Dökme alüminyum	Yüksek	Keskin veya hafif yuvarlatılmış
Nikel, yüksek nikel alaşımları	Düşük	Hafif yuvarlatılmış
Dökme demir, gri dökme demir, sfero döküm		Orta büyüklükte kenar yuvarlatma
Düşük karbonlu çelik		(0,02-0,05 mm) hafif kenar yuvarlatma
Paslanmaz çelik		(0,02-0,05 mm) hafif kenar yuvarlatma
Ferritik paslanmaz çelik		(0,50-010 mm) orta büyüklükte kenar yuvarlatma

### 9.3. Sert Metal Kesici Uçlardan Yüksek Performans Alabilmek için Yapılması Gereken İşlemler

- a) Sürtünme önlenerek asgariye indirilmelidir,
- b) Doğru talaş açısı seçilerek, güç gereksiz yere israf edilmemelidir,
- c) Eldeki ekipmanların yeni ve eskiliğine göre, doğru kesme kenarı seçilmelidir,

Netice olarak her iş için bir takım ve her takım için bir kesme kenarı şekli vardır.

#### 9.4. Alüminyum ve Alaşımlarının Sert Metal Kesici Takımlarla İşlenmesi

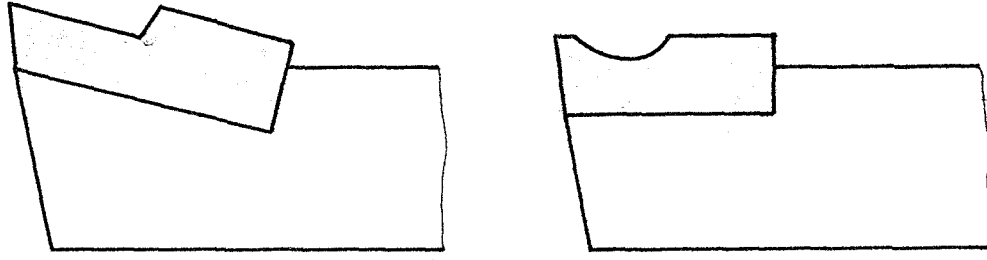
Alüminyum alaşımları sert metal kesiciler kullanılarak yüksek kesme hızlarında ve düşük ilerlemeler ile kolayca işlenebilirler.

Özellikle 80 Brinell sertliğinden küçük ve silisyum içermeyen alaşımlar Ek.7' de verilen kesme hızı değerlerinin üç misli oranında kesme hızı değerleri seçilerek işlenebilirler.

İnce kesite sahip alüminyum iş parçaları işlenmeden önce tezgah üzerine esnemeyecek şekilde desteklenerek tesbit edilmelidirler. Alüminyum ve alaşımları diğer metallere kıyasla küçük elastiklik modülüne sahip olduğundan ağır takım basınçlarına maruz kaldığında çabuk deformasyona uğrar.

Alüminyum alaşımları içerisinde bakır ve özellikle magnezyum, bu alaşımlara yapışma ve sıvanma özelliği verdiği için dolayı, alüminyum - bakır ve alüminyum - magnezyum alaşımlarının tornalanmasında mekanik talaş kırıcılı kesici takımların kullanılması önerilir. Lehimli takımlarda ise söz konusu talaş kırıcı uygun formda taşlama yöntemi ile verilmelidir (şekil 9.4.)

Her iki kesici takım formunda aşırı talaş kaynamasını önlemek için talaş kırıcının genişliği 1,8-3,6 mm. değerleri arasında seçilmelidir. Alüminyum alaşımlarının işlenmesinde çok az da olsa kaplamalı sert metal uçlar kullanılabilir.



Şekil 9.4. Alüminyum ve alaşımlarının işlenmesinde kullanılan talaş kırıcı tipleri

Kaplamalı sert metal kesicilerin kullanımında kesme hızı genel olarak % 20 ile % 30 arasında arttırılırken ilerleme değerleri sabit tutulur. Ancak son talaşta kaplamasız sert metal uçlar her zaman daha iyi sonuç vermektedir.

Seramik kesiciler ise alüminyum ve alaşımlarının işlenmesinde kesinlikle kullanılmaz.

#### 9.4.1. Kesme geometrisi

Alüminyum ve alaşımlarının tornalama ve frezeleme işlemlerinde genel olarak pozitif açılı sert metal kesiciler kullanılır. Sert metal kesici ucun serbest açısı  $20^\circ$  ile  $25^\circ$  arasında olmalıdır. Çok yumuşak ve sünek alüminyum alaşımları işlenirken, iyibir yüzey düzgünlüğü elde edebilmek için eğim açısı büyük, talaş yükü ise hafif olmalıdır.

Bilindiği gibi hafif talaş yükü, oluşturulacak talaş hacminin kontrolü ile kolaylıkla sağlanabilir. Eğim açısı,

alüminyum alaşımlarının tornalanmasında ( $0^\circ$ ) ile ( $12^\circ$ ) arasında seçilmelidir. Ancak yüksek silisyum ihtiva eden döküm alüminyum alaşımlarının tornalanmasında aşındırıcı özelliğinden dolayı, aşınmaya mukavim sert metal kesiciler kullanılır. Eğim açısının değeri ise arttırılmalı ve özellikle kaba işlemlerde negatif eğim açısı kullanılmalıdır.

#### 9.4.2. Soğutma işlemi

Alüminyum alaşımlarının hassas tolerans ve yüzey hasasiyeti gerektiren tornalama ve frezeleme işlemlerinde kesme sıvısı kullanılması önerilir. Çözülebilir yağlı soğutucular mesela boryağı bir çok uygulama için daha iyi netice vermektedir. Kesme sıvısı kesici takım üzerine doğrudan tatbik edilmelidir. Çok hassas ve çok iyi yüzey kalitesi istenen fişiş talaş alma işlemlerinde kerozin bazlı yağlı soğutucular kullanılmalıdır. Özellikle, alüminyum alaşımlarının işlenmesinde yüksek alkaliye sahip kimyasal soğutucular kullanılamaz. Çünkü bu tip kimyasal soğutucular alüminyum ile kimyasal reaksiyonlara girerek alüminyum korozyonuna neden olduğu gibi sert metal kesici uçlar üzerinde de ters etkiler yapar. Kesme sıvısı kullanılması ile işleme sırasında ortaya çıkan ısı miktarı düşürülerek, ısının hem uç üzerindeki hem de iş parçası üzerindeki olumsuz etkileri azaltılır. Mesala iş parçasının plastik deformasyonu azaltılır, yüzey hasasiyeti arttırılır, sert metal ucun aşınması geciktirilir.

## 10. SERT METAL KESİCİ UÇLARIN OPTİMİZASYONU

Talaş kaldırma işlemlerinde kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme (frezelemede dış başına, tornalamada devir başına) miktarı kaldırılan talaş miktarını, verimliliği ve dolayısıyla maliyeti etkiler. Kaldırılan talaş miktarının artması ile işleme maliyeti azalır. Ancak bu artış çok olursa takım ömrü de azaltılmış olur. Kesme hızı ve ilerleme sabit tutularak kesme derinliği % 20 oranında arttırılırsa kaldırılan talaş miktarı da % 20 oranında arttırılmış olur. Yine aynı şekilde kesme derinliği % 5 oranında azaltılırsa, kaldırılan talaş miktarı da % 5 oranında azaltılmış olur. Bu kural aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$V = 1$  dakikada ( $\text{mm}^3$ ) cinsinden kaldırılan talaş miktarı,

$a_a =$  Kesme derinliği (mm),

$a_r =$  Frezeleme genişliği (mm),

$s^1 =$  Tabla ilerleme miktarı (mm/dak),

$$V = a_a \times a_r \times s^1 \text{ mm}^3 / \text{dk.} \quad (1)$$

$s^1 =$  tabla ilerlemesi (mm/dak),

$S_z =$  Dış başına ilerleme (mm/uç),

$n =$  Freze kafasının hızı veya dönme sayısı (dev/dk),

$z =$  Kafadaki uç sayısı

$$s^1 = S_z \times n \times z \text{ (mm/dak),} \quad (2)$$

(2) nolu formül (1) nolu formülde yerine konursa;

$$v = a_a \times a_r \times S_z \times n \times z \quad (\text{mm}^3/\text{dak}) \text{ olur,} \quad (3)$$

$n$  = Freze kafasının devir sayısı (dev/dak),

$V$  = Kesme hızı (m/dak),

$D$  = Freze kafası çapı (mm),

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (\text{dev/dk}) \text{ olur,} \quad (4)$$

4) nolu formül (3) nolu formülde yerine konursa;

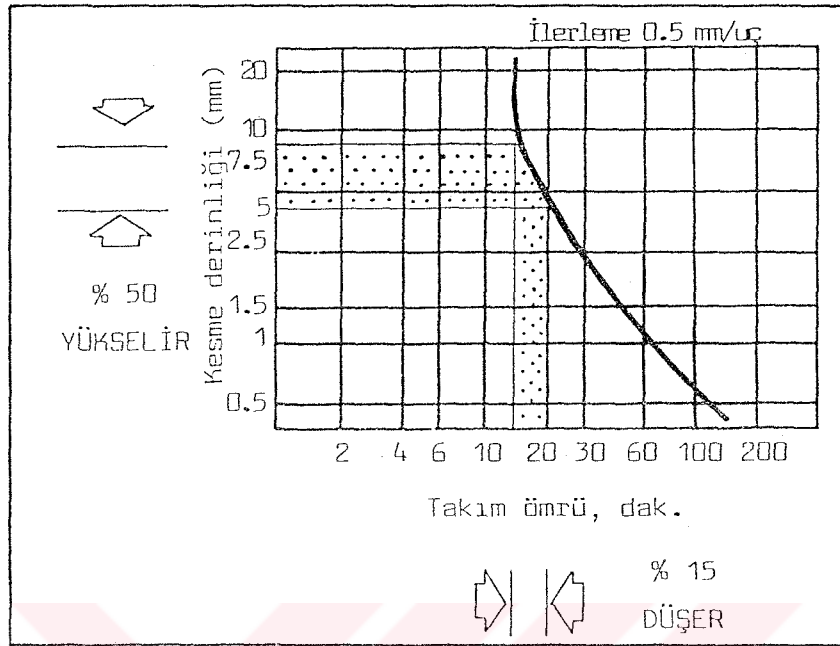
$$V = \frac{a_a \times a_r \times S_z \times v \times 1000 \times z}{\pi \times D} \quad (\text{mm}^3/\text{dak}) \text{ olur} \quad (5)$$

(Böhler'den, 1991).

Bu formülden anlaşılacağı gibi kesme hızı, kesme derinliği ve ilerlemenin dışındaki faktörler sabit tutularak bu üç faktörden birisinin arttırılması veya azaltılması, kaldırılan talaş miktarını aynı oranda arttırır veya azaltır. Buna mukabil bu faktörlerden birisinin arttırılması ile takım ömrü azaltılmış olur.

Şekil 10.1'de kesme derinliği ile takım ömrü arasındaki bağıntı grafik olarak gösterilmiştir.

Burada da görüldüğü gibi, kesme derinliği, diş başına ilerlemenin on katı alındığında, kesici takım belli bir takım ömrü vermektedir. Eğer bu durumda, kesme derinliği % 50 arttırılacak olursa, takım ömründe sadece % 15'lik bir azalma meydana gelir.



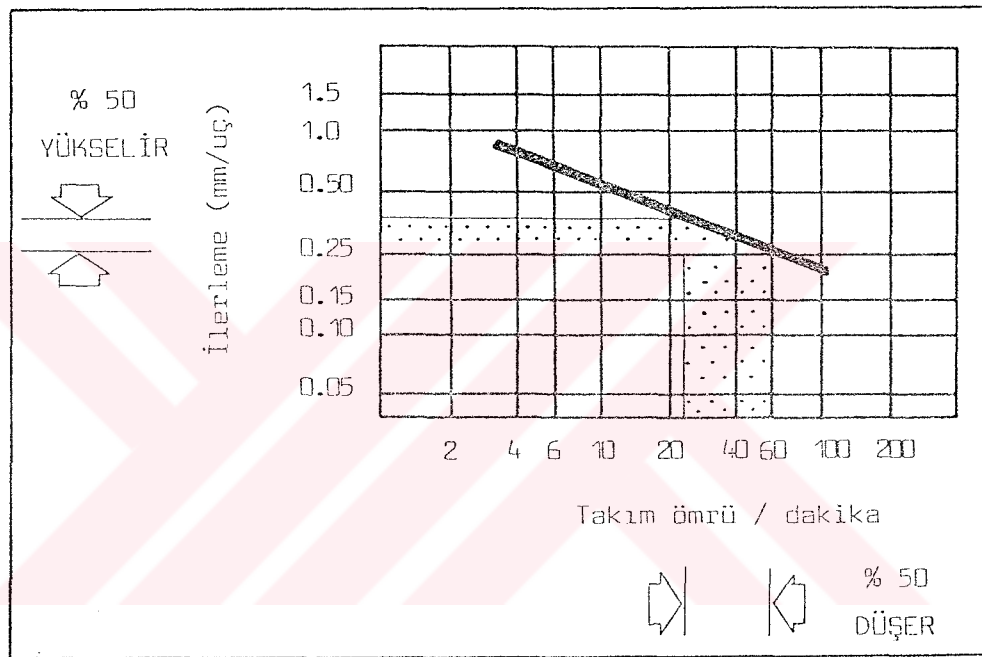
Sekil 10.1. Kesme derinliği değerinin takım ömrüne etkisi.

Sonuç olarak şu söylenebilir. Kesme derinliğinin artması takım ömrünü çok fazla etkilemediğinden özellikle kaba talaş kaldırma operasyonlarında mümkün olduğu kadar kesme derinliği büyük olmalıdır.

Diş başına ilerleme ile takım ömrü arasındaki ilişki şekil 10.2' de gösterilmiştir. Burada da görüldüğü gibi diş başına ilerlemenin (mm/uç) arttırılması, takım ömrünü daha fazla oranda düşürmektedir.

Grafik incelendiğinde görüleceği gibi, diş başına ilerleme % 50 arttırılırsa, takım ömrü % 60 oranında düşer. Ancak diş başına ilerleme ile birlikte kesme hızı da % 50

oranında arttırılırsa takım ömrü daha az oranda azaltılmış olur. Öyle ise takım ömrü ve işleme zamanı arasındaki bağıntıyı optimize etmek için, mümkün olduğu kadar diş başına takabül eden yüksek ilerleme değerleri ile çalışılmalıdır.

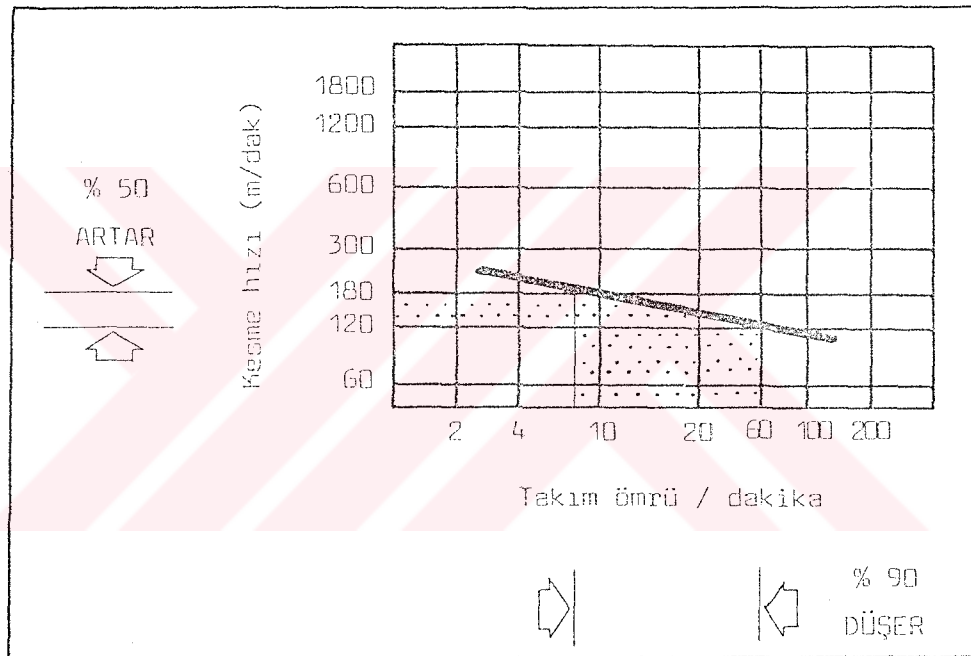


Şekil 10.2. ilerleme değerinin takım ömrü üzerindeki etkisi (Böhler'den, 1991).

Kesme hızı, takım ömrü üzerinde kesme derinliği ve ilerlemeye nazaran daha etkilidir. Şekil 10.3'te görüldüğü gibi, kesme hızı % 50 arttırılırsa, takım ömrü % 90 oranında düşer. Bu sebepten dolayı kesme hızı çok dikkatli seçilmelidir.



Özet olarak, kesme derinliği ve ilerleme mümkün olduğu kadar büyük alınmalı, kesme hızı büyük fakat çok dikkatlice seçilmelidir. Kesme hızı seçerken, talaş kaynamasına sebep olacak düşük değerlerden kaçınılmalıdır. Kesme hızını belirleyen tezgah iş mili devri optimum olarak aşağıdaki formülle bulunabilir.



Şekil 10.3. Kesme hızının takım ömrü üzerindeki etkisi (Böhler'den, 1991).

$$P = \frac{a_r \times a_a \times s^2 \times K_{sm}}{6.120.000 \times \eta} \quad (\text{kw}) \quad (6)$$

P = Tezgah motor gücü (kw).

$a_r$  = Frezeleme genişliği (mm).

$a_a$  = Kesme derinliği (mm).

$s^1$  = ilerleme (mm/dak).

$\eta$  = Tezgah verimi.

$K_{sm}$  = Spesifik özgül kesme kuvveti (kp/mm<sup>2</sup>).

$$\text{Bilindiği gibi, } s^1 = z \times s_z \times n \quad (7)$$

idi. (7) nolu formül (6) nolu formülde yerine konup, n (dev/dak) olarak bulunur.

$$n = \frac{6.120.000 \times P \times z}{a_r \times a_a \times s_z \times z \times K_{sm}} \quad (\text{dev/dak) olur} \quad (8)$$

Bu değer, tezgahın zorlanmadan çalışabileceği max. iş mili devrini vermektedir.

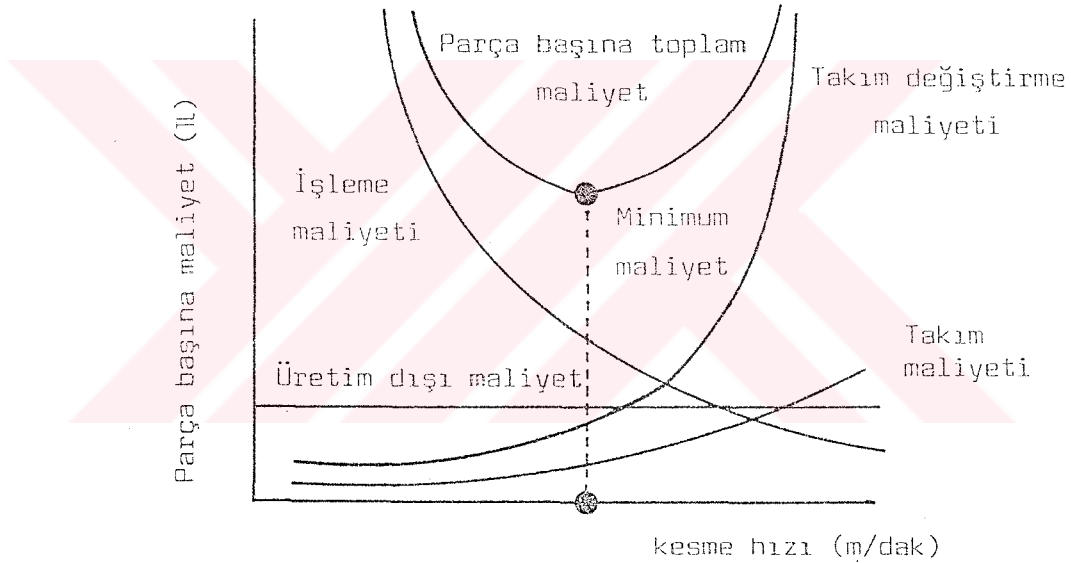
Bütün bunların dışında özel şartlara göre de optimizasyon yapılabilir. Mesala herşeyden önce iyi bir yüzey kalitesi isteniyorsa, dış başına ilerleme düşük olarak seçilmelidir. Sert metal ucun, kesme kuvvetlerine karşı dayanımının arttırılması isteniyorsa ilerleme değerı düşük alınmalıdır.

Kesme hızının takım ömrüne etkisi çok fazla olduğu gibi, maliyetlere olan etkisi de büyüktür. İmalat esnasında, kesme hızı seçilirken ya maksimum parça üretimi, ya da parça başına minimum maliyet düşünülür.

Kesme hızının parça başına toplam maliyeti nasıl etkilediği şekil 10.4.'te görölmektedir. Kesme hızı üretim dışı

maliyetleri etkilemez, bunun arttırılması işleme zamanını ve işleme maliyetini düşürür, buna mukabil takım ömrünü azaltır ve takım değiştirme maliyetini arttırır. Dolayısıyla parça başına toplam maliyet yükselir.

Parça başına toplam maliyeti minimuma indiren kesme hızı değeri % 100 kapasitede ve bunun altında talep edilen operasyonlar için en uygun değerdir.

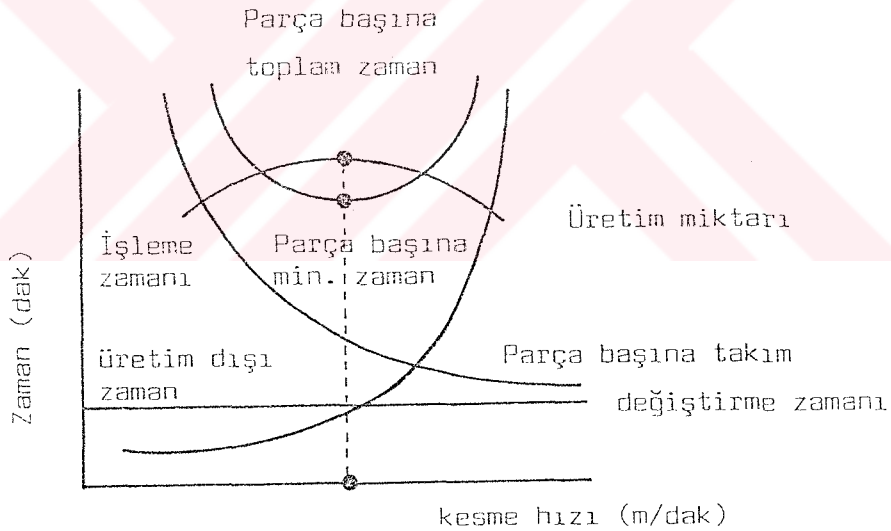


Şekil 10.4. Parça başına minimum maliyet için gerekli kesme hızı (Böhler'den, 1991).

Şekil 10.5'te kesme hızının üretim miktarını nasıl etkilediği görülmektedir. Kesme hızı arttırılırsa, işleme zamanı düşer, ancak takım değiştirme zamanı artacağından, buna bağlı olarak parça başına düşen toplam zamanda artar. Kesme hızının çok düşük olması parça başına toplam işleme zamanını arttırır.

Öyleyse, maksimum üretim oranı, işleme ve takım değiştirme zamanlarının optimum olduğu ve en yüksek imalat için kesme hızının, talaş kaldırma miktarı ve takım ömrünü en iyi şekilde dengelediği anda elde edilir.

Maksimum üretim miktarını sağlayan kesme hızı, daima minimum maliyeti sağlayan kesme hızından daha yüksektir. Bu nedenle, iki nokta arasında bir kesme hızı alanı vardır. Bu alana yüksek verimli işleme alanı da denilir Operasyonlarda yüksek verim elde etmek için bu alanın içerisinde çalışmak gerekir.



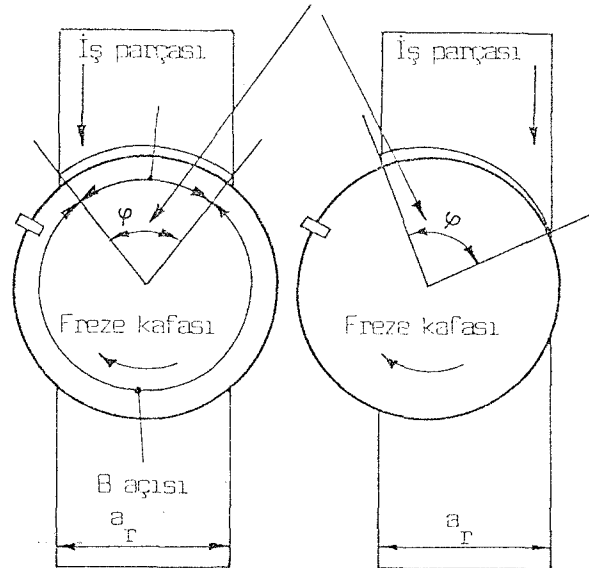
Maksimum üretim miktarı için gerekli  
kesme hızı

Sekil 10.5. Kesme hızının üretim miktarına etkisi

Tornalama işlemlerinden daha kompleks olan frezeleme işlemlerinde, optimum kesme hızının hesaplanmasında göz

önünde tutulması gereken bir başka faktör de şudur: Frezeleme işlemlerinde, tornalamadakinin aksine, freze kafasındaki her bir uç devamlı kesme yapmamakta, belli bir süre kesme yapmaktadır. Şekil 10.6' da görüldüğü gibi ( $\alpha$ ) açısı çalışma açısıdır.  $\beta$  açısı ise, uçların çalışmadığı bölgeyi gösterdiğinden işleme zamanını etkilememektedir. Parça başına minimum maliyeti ve maksimum üretim miktarını sağlayacak takım ömrü daima her bir uç için kesmede geçen gerçek zaman olarak verilmelidir. Bu sebeple, önemli operasyonlarda işleme sırasında geçen zaman ölçülmeli ve gerekirse yapılan işten daha yüksek verim alınabilmesi için kesmede geçen zaman, yüksek işleme alanı metodundan yararlanılarak değiştirilmelidir.

Kuşkusuz  $\alpha$  çalışma açısının büyüklüğü, freze kafasının çapına ve frezeleme genişliğinin büyüklüğüne bağlı olarak



Şekil 10.6. Çalışma açısı faktörü

freze kafasının iş parçası üzerindeki konumuna göre değişiklik göstermektedir. Şekil 10.6' da da görüldüğü gibi, iş parçasının kenarlarından birine yakın olarak konumlandırılmış freze kafasındaki uçlara göre, daha az yol almakta ve uçların iş üzerinde kalma süresi azalmaktadır. Bir başka deyişle, freze kafasının merkezden işe girmesi, pratikte daha iyi sonuçlar vermekte ve takım ömrü artmaktadır.

## 11. SONUÇLAR

Bu çalışmada, talaşlı imalat tezgahlarında talaş kaldırma olayına etki eden kesme teorileri, kesici takımın geometrisi ve diğer faktörler mukayeseli olarak incelenmiş, sert metal uçlarla talaş kaldırma esnasında en uygun değerlerin ne olması gerektiği üzerinde çalışılmıştır.

Günümüzdeki talaşlı imalatta temel sorun, en az maliyetle en fazla talaş kaldırabilmektir. Bu sorun ise kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği üçlüsünün en uygun şekilde kullanılması ve uygun takım seçimi ile mümkün olabilmektedir. Esasen bu üçlünün en uygun şekilde kullanılmasına gelinceye kadar bu çalışmanın bir bölümünün sonucu olan bazı kurallara uyulmadan optimizasyon yapmak ve yeterli verim elde etmek mümkün değildir. Örneğin, alüminyum ve alaşımlarının pozitif talaş açılı sert metal kesicilerle işlenmesi gerekirken bunları seramik kesicilerle işlemeye kalkışmak ve bunun için optimizasyon yapmak verimi arttırmaz. Bu sebeple optimizasyona geçmeden önce aşağıdaki ön sonuçlara uyulması gerekir.

1. Negatif talaş açalı kesme, talaşla takım arasında yapışma ihtimalinin olduğu sünek çeliklerin işlenmesinde en etkili talaş kaldırma yöntemidir.

2. İlerleme hızı aşınmayı çok fazla etkilemediğinden büyük seçilmelidir.

3. Son talaştaki ilerleme hızı istenen yüzey kalitesine uygun olarak seçilmelidir.

4. Talaş derinliğinin aşınmaya etkisi küçüktür.

5. Darbeli talaş kaldırma işlemlerinde sünekliği kaplamalı sert metal kesicilere göre daha fazla olan kaplamasız sert metal kesiciler kullanılmalıdır.

6. Seramik kesiciler kaba talaş kaldırma işlemlerinde kolayca kırıldığından son talaş kaldırma işlemlerinde yüksek kesme hızı ile çalışan yüksek devirli tezgahlarda kullanılmalıdır.

7. PCD kesiciler yalnızca alüminyum esaslı malzemelerin işlenmesinde kullanılmalıdır.

8. CBN kesiciler sadece çelik ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılmalıdır.

9. Seramik kesiciler alüminyum esaslı malzemelerde kullanılmamalıdır.

10. Alüminyum alaşımları pozitif talaş açılı sert metal kesiciler kullanılarak yüksek kesme hızlarında ve düşük ilerleme ile işlenmelidir.

Sert metal uçlarla talaş koldırma esnasında 1 dakikada  $\text{mm}^3$  cinsinden kaldırılan talaş miktarı

$$V = \frac{a_a \times a_r \times s_z \times V \times 1000 \times z}{\pi \times D} \quad \text{formülü ile bu-}$$

lunmaktadır. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin dışındaki faktörler sabit tutulursa bu üç faktörden birisinin arttırılması talaş miktarını aynı oranda arttırır. Kesme derinliği ile ilgili olarak şu söylenebilir. Kesme derinliğinin artması takım ömrünü çok fazla etkilemediğinden özellikle kaba talaş kaldırma işlemlerinde mümkün olduğu kadar büyük kesme derinliği ile çalışılmalıdır.

Sabit kesme hızı altında ilerlemenin artması ile takım ömrü daha fazla oranda düşmektedir. Ancak ilerleme ile beraber kesme hızı da aynı oranda arttırılırsa takım ömrü daha az oranda azaltılmış olur. Sonuç olarak takım ömrü ile işleme zamanı arasındaki bağıntıyı optimize etmek için ilerleme mümkün olduğu kadar yüksek alınmalıdır.

Takım ömrü üzerinde en etkili parametre kesme hızıdır. Kesme hızının belirli oranda arttırılması ile takım ömrü yaklaşık iki misli azalır. Bu bakımdan kesme hızı çok dikkatli seçilmelidir.



Kesme hızını belirleyen tezgah devir sayısı optimum olarak aşağıdaki formülle bulunur.

$$n = \frac{6 \times 120.000 \times P \times \eta}{a_a \times a_r \times s_z \times z \times k_{sm}} \quad \text{dev/dak.}$$

Kesme hızı üretim dışı maliyetleri etkilemez. Kesme hızının arttırılması işleme zamanını ve işleme maliyetini düşürür, buna mukabil takım ömrü azalacağından parça başına toplam maliyet artar. Parça başına toplam maliyeti minimuma indirmek için kesme hızı değerinin % 100 kapasitede kullanılması gerekir. Kesme hızının artması ile işleme zamanı düşer, buna mukabil takım değiştirme zamanı artar.

Maksimum üretim oranı, işleme ve takım değiştirme zamanlarının optimum olduğu ve en yüksek imalat için kesme hızının, talaş kaldırma miktarı ve takım ömrünü en iyi şekilde dengelediği anda elde edilir.

Maksimum üretim miktarını sağlayan kesme hızı, daima minimum maliyeti sağlayan kesme hızından daha yüksektir. Bu nedenle, bu iki nokta arasında bir kesme hızı alanı vardır. Bu alana yüksek verimli işleme alanı da denilir. Operasyonlarda yüksek verim elde etmek için bu alanın içerisinde çalışmak gerekir.

Bunlardan başka özel şartlara göre de optimizasyon yapılabilir. Örneğin, çok iyi yüzey kalitesi isteniyorsa ilerleme hızı düşük alınmalıdır.

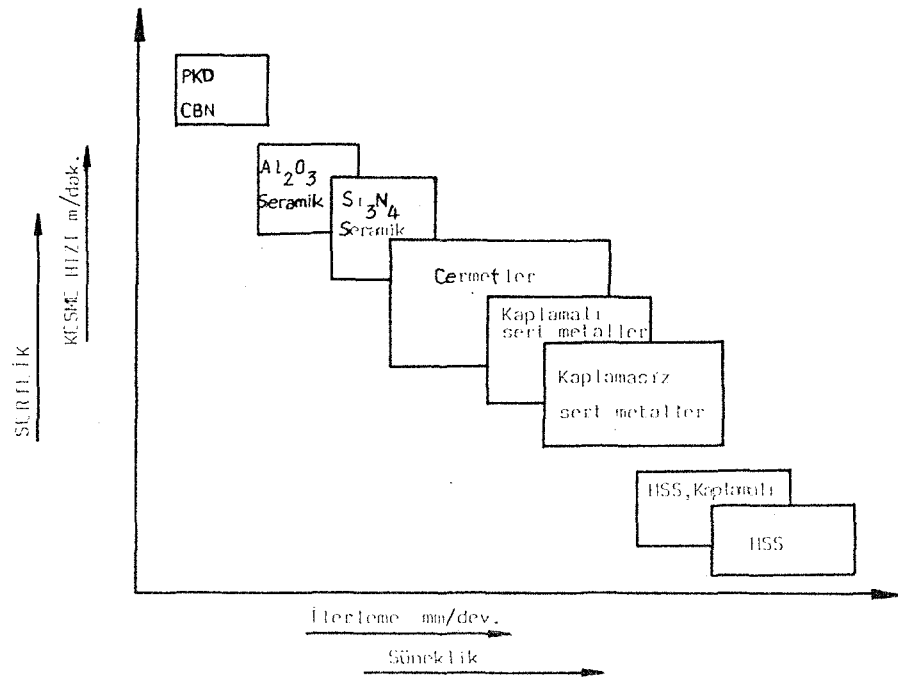
Yapılan bu çalışma ile günümüzde gelişen talaşlı imalat sayesinde verimin arttırılabilmesi için halen problem halinde olan en uygun takım seçimini bilgisayar yardımıyla otomatik olarak yapabilmek amacıyla bir bilgisayar programı için gerekli olan bütün veriler elde edilmiştir. Daha ileride yapılacak çalışmalarda hazırlanacak programlar için ilk adım olması bakımından bu çalışma önem arz etmektedir.

Ayrıca, bu güne kadar yazılmış olan talaşlı imalat hakkındaki kitaplar ve makaleler içerisinde de yeni literatür taraması yapılarak bu tezin hazırlanması bu sahada çalışan kişiler ve eğitim gören her seviyedeki insanlara faydalı olabilecek niteliktedir.

## 12. ÖNERİLER

Bu güne kadar bu konuda yapılan çalışmalarda talaş kaldırma işleminin en önemli iki unsurundan birisi olan kesici takım ile kesme şartları üzerinde çalışılmıştır. Özellikle kesici takımlar sürekli gelişme göstermiştir.

Sekil 12. 1' de görüldüğü gibi, kesici takımlar HSS' den başlayıp PKD' ye kadar gelişmiş ve tabiatta en sert olarak tabii bir şekilde bulunan elmasın sertliğine çok yaklaşılmıştır. Buna rağmen talaş kaldırmada problemler devam etmektedir. Bütün talaş kaldırma işlemleri tabii elmas kesicilerle yapılırsa dahi problemler tamamen çözülmemiş olacaktır ve kesiciler üzerindeki çalışma bittiği an, hatta bitmeden mal-



Şekil 12.1. Talaşlı imalatta kullanılan kesicilerin sertliklerine göre sıralanışı

zemeler üzerinde çalışılmalıdır. Yani kesme operasyonları sırasında ısıtma, ışın gönderme vs. gibi metodlarla malzemenin mukavemeti geçici olarak azaltılmalı ve bu sayede talaş kaldırma kolaylaştırılmalıdır. Teknikte, yapılamayan işlemler bu gün için geçerlidir. İlerideki çalışmalarda bu konu mutlaka değerlendirilmelidir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- ABB, 1981, Arbeitsstelle Für Betriebliche Berufsausbildung, Bonn, Beuth-Vertrieb GMBH, Berlin 30. Köln, Frankfurt (Main), (Çeviren: Özcan Tuna), Tornacılık, 150 s.
- Abuelnaga, A.M., 1987, Computer Optimization of Metal Cutting Processes, Proceeding of The International Conference on Optimization Techniques and Applications, National University of Singapore, pp. 754-762.
- Akkurt, M., 1991, Talas Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, 347 s.
- Akkurt, M., 1993, Talas Kaldırma ve Takım Tezgahları Problemleri, Birsen Yayınevi, 311 s.
- Anık, S., Dikicioğlu, A. ve Murat, V., 1994, İmal Usulleri, Birsen Yayınevi İstanbul, 312 s.
- Baydur, G., 1976, Malzeme, Ankara, 334 s.
- Begeman, M. L., and Amstead, B.H., 1969, Manufacturing Processes, John Wiley and Sons, inc., 605 Third Avenue, New York 1006, 754 p.
- Böhler, Sert Maden ve Takım Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kataloğu, Ankara Asfaltı, Kartal - İstanbul Yeni Karar Matbaası, 192 s.

## KAYNAKLAR DiZiNi (devam)

- Böhler A G, Hart Metall Und Werkzeuge Geschäftsbereich  
Böhlerit, D-4000, Düsseldorf 11, w. Germany, 56 p.
- Böhler, 1991, Teknik Bültenleri, Sert Maden ve Takım Sanayii  
ve Ticaret A.Ş. Kartal - istanbul, 20 p.
- Burghardt, H. D. Axelrod, A. and Anderson, J., Tesviyecilik  
Teknolojisi Cilt 2, (Çev. M.Karabay, M.Baçcı, A.Akbas  
ve İ.Onur), Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik  
öğretim Kitapları 21, 596 s.
- Chapman, W. A. J., 1975, Workshop Technology Part 3, Printed  
in Great Britain by Butler & Tanner Ltd. Frome and  
London, 675 p.
- Chen, S. J., Hinduja, S., and Barrow, G., 1989, Automatic Tool  
Selection for Rough Turning Operations, International  
Journal of Machine Tools and Manufacturing, 29 (4),  
535-553.
- Deveci, K. 1975. Teknoloji ve İmal Usulleri, Ankara 1975,  
308 s.
- Ercan, F.. Sayısal Denetim Ders Notları
- Ercan, F., 1969, Torna Çalışmaları, Ankara, 100 s.
- Gazi Üniversitesi, 1987, Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi,  
Cilt 1, Sayı 2, Aralık - 1987, Ankara, 237 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gildemeister, 1990, Gildemeister Bielefeld Heidenreich S Harbeck, Hamburg, Max Müller, Nannover, 80 p.
- Giusti, F., Snatochi, M., and Tantussi, G., 1983, A Constant Cutting Power Adaptive Control for Rough and Fine Turning, Proceedings of The 24 th Machine Tool and Research Conference pp. 187-193.
- Güleç, S., 1990, Malzeme Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakülteleri Ofset Atölyesi., 98 s.
- Hinduja, S., and Barrow, G., 1986, Techtorn: A Technologically Oriented System for NC Lathes, 1 st Computer Aided Production Engineering Conference, Edinburgh, APRIL, PP 255-260 (Mechanical Engineering Publications).
- Iwata, K., and Fukuda, Y., 1987, Kapps: Know-How and Knowledge Assisted Production Planning System In The Machining Shop, 19 th Cirp International Seminar on Manufacturing Systems, Penn State U.S.A. 1-2 June, pp 287-294.
- King, R.I., 1985, Handbook of High-Speed Machining Technology, Chapman and Hall Ltd. 11 New Fetter Lane, London, 471 p.
- Levon, Ç., 1990, Metallere Plastik Şekil Verme, Çağlayan Kitabevi, 360 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lewis, K. B., 1959, The Grinding Wheel, Printed by the Judson Company, Cleveland, Ohio, 527 p.
- Mahan, B. H., 1973, Üniversite Kimyası, (Çev. C. Şanver ve E. Edgüer), Hacettepe Üniversitesi Yayınları A.G., 404 s.
- Martin, S.J., 1982, Principles of Engineering Production, Macmillan, India Ltd. Bangalore, 581 p.
- Metal-Makina, 1991, Şubat 1991 Dergisi, Sayı 22, 48 s.
- Ostwald, P.F., Begemen, M.L, and Amstead, B.H., 1977 Manufacturing Processes, John Wiley and Sons, Inc., 605 Third Avenue New York, 10016, 739 p.
- Seco, 1971, Katalog, Fagersta Bruks, AB, Sweden, 13 p.
- Seco, 1981, Basic Education Chipbreaking, Seco Tools AB; Sweden, 32 p.
- Seco, 1994, Milling Katoloğu, Seco Tools AB, Printed in Sweden, 208 s.
- Soysal, A., 1966, Hız Çeliği Torna Kalemlerinde Asınmanın ve Ömür Dağılısının İstatistik Etüdü, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Divanyolu, Biçkiyurdu Sokak 12, İstanbul, 150 s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

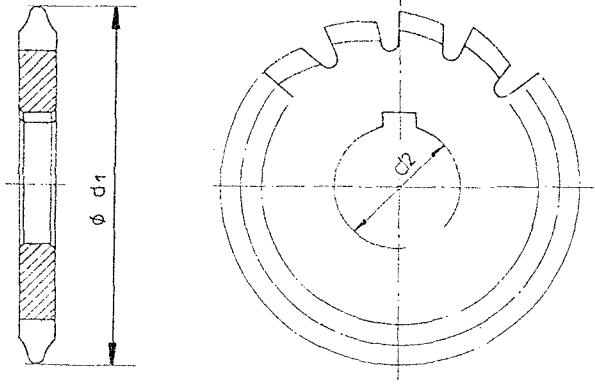
- Takımsaş, Katoloğu, Kesici Takım ve Makina Sanayii Tic. A.S., Kale Sanayi Mahallesi, Sancaklı Caddesi, Başaklı Sokak No:9/2, Güngören-İstanbul, 240 s.
- Wee, E .H.T., Venkatesh, V.C., and Goh, T.N., 1988, Applying Design of Experiments and Optimization Techniques To Gibert's High Efficiency Machining Range, Journal Of Mechanical Working Technology, 17, 137-146.
- Wilson, G.E., and Wilkinson , A.J., 1981, Adaptive Control for a CNC Lathe, Proceedings of The 22nd Machine Tool and Research Conference, pp. 205-213.
- Wright, A.J., Darbyshire, I.L., Park, M.W., and Davies, B.J., 1987 Excap and Icap: Knowledge-Based Systems for Process Plannig Components, 19th Cirp International Seminar on Manufacturing Systems, Penn State, U.S.A. 1-2 June pp. 309-313.
- Württemberg, G. Oberstudiendirektor a. D., 1979, Fachkunde Für Metallverarbeitende Berufe, Verlag, EuropaLahrmit-tel, Nourney, Vollmer Co., Ohg., Kleiner Werth 50. 5600, Wuppertal 2, W. Germany, 439 p.



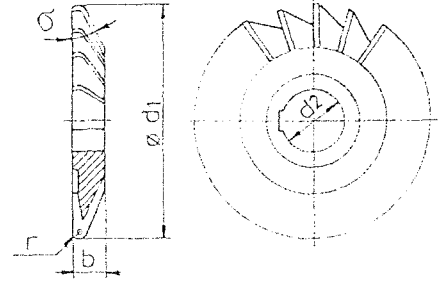
Ek.1. Sert metal uçlu torna kalemleri için kalem açıları  
(Ercan'dan, 1969).

İşlenecek Gereç	Ön Talaş Açısı	Yan Talaş Açısı	Ön Boşluk Açısı $\alpha^o$	Yan Boşluk Açısı $\alpha^1$
Alüminyum alaşımları	10-20	10-20	8-12	6-10
Alüminyum dökümler	10-20	10-20	6	6
Pirinç, sarı	0-5	2-6	4-8	4-8
Bronz ve alaşımları	0-5	0-10	4-6	4-6
Dökme demir:				
Yumuşak	0-4	4-6	4-6	3-6
Sert	0	3-6	3-5	3-4
Perlit dokulu	0	3-6	3-5	3-5
Temper	0-4	4-8	3-5	3-5
Bakır	0-10	8-15	6-8	6-8
Fiber	0-10	6-12	6-10	6-10
Plastikler	0-10	6-12	6-10	6-10
Lastik:				
Sert	5-15	8-15	6-10	6-10
Yumuşak	10-20	8-20	8-15	8-15
Çelik				
200 Brinell'kadar	0-8	4-10	5-8	5-8
275-350 Brinell	0-5	4-8	5-8	5-8
350-425 Brinell	0-3	0-6	4-6	4-6
425 ve yukarı Brinell	0	0	4-6	4-6
%12 Mn, % 1.2 C	0	0-4	3-4	3-4
%18 Cr, % 8 Ni	4-6	8-16	4-6	4-6
Ana maddesi çinko olan basınçlı döküm	0-10	8-12	6-10	6-10

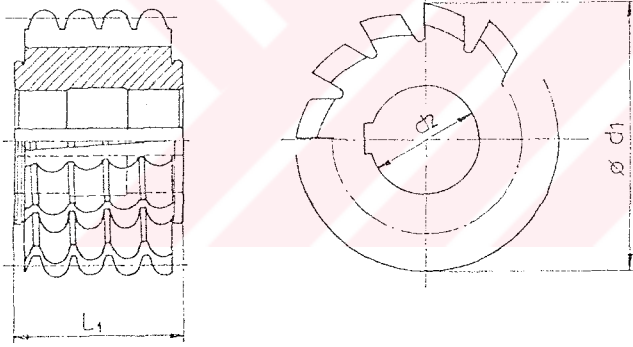
Ek.2. Talaş açısı sıfır derece olan freze çakıları ve torna kalemleri.



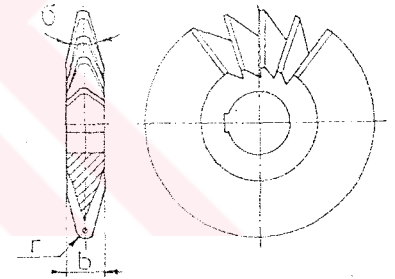
Modül freze



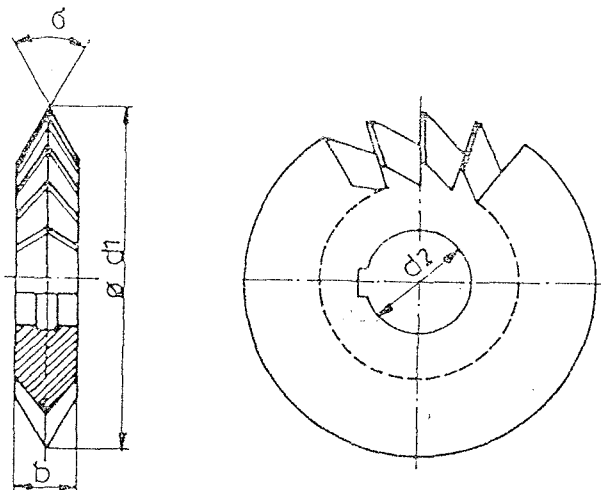
Tek taraflı oluk freze



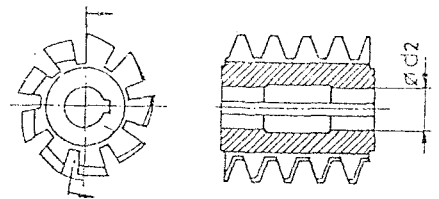
Zincir dişliler için azdırma freze



Çift taraflı oluk freze

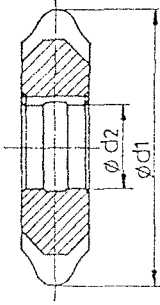


Prizma freze

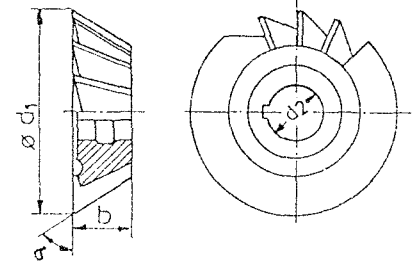
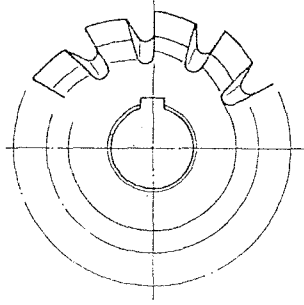


Azdırma freze

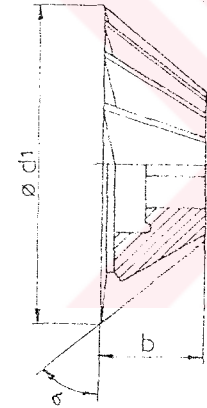
Ek.2. Talas açısı sıfır derece olan freze çakıları ve torna kalemleri (devam).



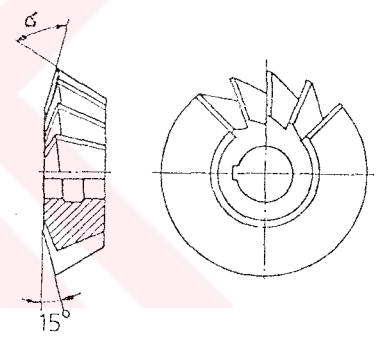
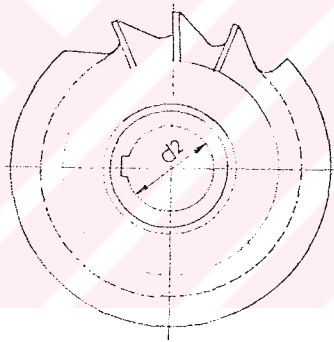
Zincir dişliler için form freze



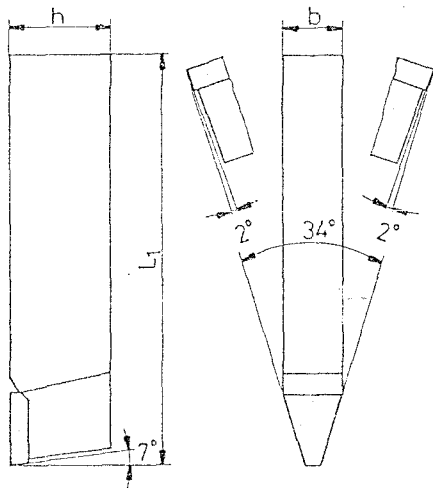
Tek açılı konik freze



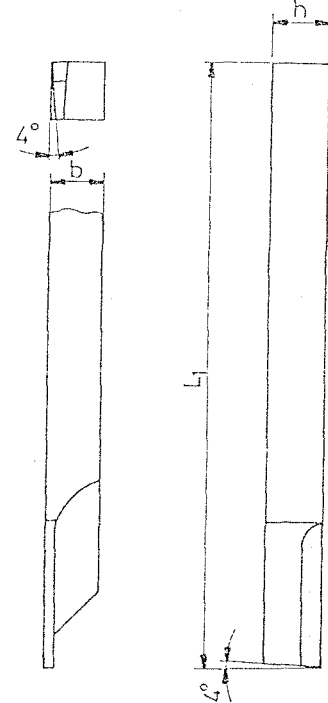
Konik alın freze



Çift açılı konik freze



Form torna kalemi

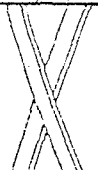

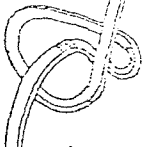
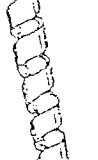
















Otomat keski kalemi

Ek.3. Malzemelerin özgül kesme kuvvetleri (Böhler'den, 1991)

Malzeme Cinsi	Sertlik HB	$k_{sm}$ $k_p / mm^2$
Karbonlu çelik C 0.15 %	125	275
C 0.35 %	150	300
C 0.70 %	250	330
Düşük alaşımlı çelik tavllanmış sertleştirilmiş	125-200 200-450	320 390
Yüksek alaşımlı çelik tavllanmış sertleştirilmiş	150-250 250-500	350 410
Paslanmaz çelik ferritik	175-225	360
ostenitik	150-200	390
Celik döküm alaşımsız	225	260
düşük alaşımlı	150-250	280
yüksek alaşımlı	150-300	320
Sert çelikler	50 HRC	675
Temperdöküm kısa talaş	110-145	220
uzun talaş	200-250	200
Gri döküm düşük mukavemetli	150-225	140
yüksek mukavemetli	200-300	180
Sfero dökme demir ferritik	125-200	150
(sertleştirilmiş) ferritik	200-300	225
Soğuk sertlenmiş döküm	40-60HRC	475

Ek.4. Talaş şekilleri

1.Şerit talaşlar		Uzun		Kısa		Dolaşmış
2.Rorü talaşlar		Uzun		Kısa		Dolaşmış
3.Spiral talaşlar		Düz		Konik		
4. Dal hali- sel talaş		Uzun		Kısa		Dolaşmış
5.Konik be- li sel tal.		Uzun		Kısa		Dolaşmış
6.Yay talaşlar		Birleşik		Parçalı		
7. Dağınık talaşlar						
8.İğne talaşlar						

Ek. 5. Metallerin işlenebilme dereceleri

S A E Numarası	Kopma Geri- limi kg/mm <sup>2</sup>	Akma Geri- limi kg/mm <sup>2</sup>	50.8mm. boyda kopma uzaması %olarak	Kesit daral ması % olarak	Sert- lik Brinell olarak	İşlene bilme derecesi si
Kromlu Çelikler						
5120	51	39	32	67	143	50
52100	77	56	25	57	235	45
Krom- vanadyumlu Çelikler						
6150	72	49	27	51	217	50
Diğer me- tal ve alaşımlar						
Alüminyum	34	30	14		95	300-2.000
Pirinç,- kurşunlu	39	32	32		100	150-600
Pirinç,kı- zıl veya sarı	18-25	11-21			40-55	200
Yatak bron- zu kurşunlu	15-22	6-14	3-16	5-18	60-65	200-500
Dökme demir sert,	32				220-240	50
Dökme de- mir orta	28				193-220	65
Dökme de- mir yumuşak	21				160-193	80
Dökme çelik	60	39	25	34	170-212	70
Bakır	25	23	34		85	65
Çelik.düşük karbonlu	29-32	12-18	45	70	101-131	50

Ek. 5. Metallerin işlenebilme dereceleri (devam)

S A E Numarası	Kopma Geri- limi kg/mm <sup>2</sup>	Akma Geri- limi kg/mm <sup>2</sup>	50.8mm. boyda kopma uzaması %olarak	Kesit daral ması % olarak	Sert- lik Brinell olarak	İşlene bilme derecesi
Çelik alaşı mı az daya- nımı çok	68	46	18	34	187	80
Mağnezyum alaşımları						
Malleable demir						
a. Standart	37-42	25-28	18-25		110-145	120
b. Perlitik	56	39	14		180-200	90
c. perlitik	68	53	14	180-20		90
Paslanmaz çelik%12cr	84	59	23	64	207	70
18-8 pas- lanmaz çe- lik (303)	56	21	60	75	150	45
" (304)	56	28	65	70	150	25

## Ek. 5. Metallerin işlenebilme dereceleri (devam)

SAE Numarası	Kopma Gerilimi Kg/mm <sup>2</sup>	Akma Gerilimi Kg/mm <sup>2</sup>	50.8 mm boyda kopma uzaması % olarak	Kesit daralması % olarak	Sertlik Brinell olarak	İşlenebilme derecesi % olarak
<b>Karbonlu Çelikler</b>						
1015	46	28	32	65	137	50
1020	47	32	32	65	137	52
1020	49	34	30	58	143	62
1025	50	29	31	58	130	58
1030	53	33	30	56	138	60
1035	61	39	30	56	175	60
1040	65	41	27	52	190	60
1045	69	42	24	47	200	55
1095	70	42	23	47	201	45
<b>Otomatik Çelikler</b>						
1113	58	51	15	45	193	120-140
1112	47	28	27	47	140	100
1120	49	25	32	55	117	80
<b>Manganezli Çelikler</b>						
1314	51	32	28	52	135	94
1335	67	42	20	35	185	70
<b>Nikelli Çelikler</b>						
2315	60	39	29	60	163	50
2330	68	46	25	50	207	45
2340	77	56	22	47	225	40
2345	76	53	23	46	235	50
<b>Krom - Nikelli Çelikler</b>						
3120	53	42	30	65	151	50
3130	70	51	24	55	212	45
3140	68	45	26	56	195	57
3150	73	51	19	51	229	44
3250	105	53	24	55	217	44
<b>Molibdenli Çelikler</b>						
4119	64	37	28	62	179	60
4130	62	42	32	65	179	58
4140	63	44	27	58	187	56
4150	74	50	21	254	220	54
4340	81	67	18	45	235	58
4615	57	39	30	61	167	58
4640	70	60	21	501	201	60
4815	74	51	24	58	212	55



Ek.6. Çeşitli malzemelerin işlenmesinde kullanılan soğutucular (Böhler'den, 1991).

Malzeme	Tornalama	Frezeleme	Delme	Diş çekme
Alüminyum ve alaşımları	Su ile karışabilir yağlar veya mineral yağlar	Su ile karışabilir yağlar veya saf mineral yağlar	Su ile karışabilir yağlar veya hayvansal yağ katkılı mineral yağlar	Su ile karışabilir yağlar, saf mineral yağlar
Alaşımli Çelikler	Su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar veya hayvansal yağlar	Su ile karışabilir yağlar veya saf mineral yağlar	Saf mineral yağlar (sülfürlenmiş) veya hayvansal yağlar
Takım çeliği ve alçak basınçlı çelikler	Hayvansal yağ ile mineral yağ karışımı veya su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar	Hayvansal yağ ile mineral yağ karışımı veya sülfürlenmiş mineral yağlar
Demir döküm	Kuru veya su ile karışabilir yağlar	Kuru veya su ile karışabilir yağlar	Kuru veya su ile karışabilir yağlar	Kuru veya hayvansal yağ ile mineral yağ karışımı
Dövme demir	Su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar	Su ile karışabilir yağlar

Ek.6. Çeşitli malzemelerin işlenmesinde kullanılan soğutucular (devam).

Malzeme	Tornalama	Frezeleme	Delme	Diş çekme
Bakır	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar
Pirinç	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar
Bronz	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Su ile çözülebilir yağlar	Hayvansal yağ(%15)ile mineral yağ karışımı
Magnezyum	Hayvansal yağ (%10) ile mineral yağ karışım	Mineral yağ	Mineral yağ	Hayvansal yağ (%15) ile miral yağ karışımı
Alaşımli Metaller	Su ile karışabilir yağlar			

Ek.7. Alüminyum alaşımları için kesme koşulları (tornalama için), (Böhler'den, 1991).

Alüminyum alaşımlarının simgesi (SAE)	Kaba işleme		Hassas işleme	
	Kesme hızı m/dk.	İlerleme mm/devir	Kesme hızı m/dk.	İlerleme mm/devir
Hadde ürün alüminyum alaşımları:				
2011 - T 3	600 - 800	0.15-0.40	725-900	0.10-0.20
3030:5052:5056-H 38	500 - 650	0.10-0.25	550-800	0.10-0.15
4032 - T 6	225 - 350	0.20-0.50	250-425	0.10-0.20
2014:2018:2024:6151	350 - 550	0.20-0.50	500-650	0.10-0.20
6061-T6:6063-T6, 7075-T6	250 - 425	0.20-0.50	300-500	0.10-0.20
Döküm ürünü alüminyum alaşımları:				
108-F;113-F;319-F	300 - 550	0.20-0.40	500-600	0.10-0.20
220-T4;195-T4, 750-T5	350 - 600	0.20-0.50	550-725	0.10-0.20
122; 319; 355; 356	250 - 425	0.20-0.40	350-550	0.10-0.20
A 132 - T 6	225 - 350	0.20-0.40	250-425	0.10-0.20

Alüminyum ve alaşım kesme koşulları (frezeleme için)

Kesme koşulları	Hassas işleme		Kaba işleme	
İlerleme (mm/plkt)	0.08-0.18	0.10-0.20	0.12-0.25	0.20-0.40
Kesme derinliği(mm)	4.5	7.5	7.5	10
Kesme hızı (m/dak)	180-450	120-210	105-165	95-120