

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

139751
139751

METALLERİN TALAŞLI ŞEKİLLENDİRİLMESİNDE
TAKIMIN GİRİŞ VE ÇIKIŞ ETKİLERİ

Mak. Müh. Barış YAŞAR

FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erhan ALTAN

Doç. Dr. Hüseyin Sönmez

Doç. Dr. Mesut ÖZGÜRER

İSTANBUL, 2003

YÜKSEK LİSANS TEZİ KURULU
GÖRÜNTÜLEME MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. TAKIM AŞINMASI ve TAKIM ÖMRÜ.....	3
2.1 Takım Aşınması.....	3
2.1.1 Takım Aşınması Şekilleri.....	4
2.1.1.1 Krater Aşınması.....	4
2.1.1.2 Serbest Yüzeyde Aşınma.....	5
2.1.2 Erken Takım Aşınması.....	5
2.2 Takım Ömrü ve Etkiler.....	6
2.2.1 Takım Ömrü.....	7
2.2.2 Etkiler.....	8
2.2.2.1 Giriş ve Çıkış Koşullarının Etkisi.....	8
2.2.2.2 Yığma Ağzının Etkisi.....	9
2.2.2.3 Takım Açılarının Etkisi.....	10
2.2.2.4 Hız ve İlerlemenin Krater ve Yığma Ağzı Oluşumuyla Etkisi.....	11
3. SÜREKSİZ TALAŞ KALDIRMA ve TAKIMA ETKİLERİ.....	12
3.1 Küçük Kesme Derinliklerinde Süreksiz Kesme.....	14
3.1.1 Küçük Kesme Derinliklerinde Süreksiz Kesme Kuvvetleri.....	23
3.2 Süreksiz Kesmede Sıcaklık ve Etkileri.....	30
3.3 Süreksiz Kesmede Takımların Termo-Mekanik Aşınması.....	39
3.4 Süreksiz Kesmede Mekanik Darbe Analizi.....	49
3.5 Kırılma Mekanizmasına Dayanan Kesici Takımlarda Kırılma Mekanizmasının Analizi.....	52
3.6 Süreksiz Kesmede Giriş ve Çıkış Etkileri.....	60
3.6.1 Çıkışta Kesme Mekanizması.....	63
3.6.2 Süreksiz Kesmede Yuvarlatılmış veya Pahlı Takımların Etkisi.....	80
3.6.3 Süreksiz Kesmede Eğim Açısının Etkisi.....	81
4. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	82
4.1 Hızlı Durdurma Mekanizması ve Deney Şartları.....	82

4.2	Deneyin Uygulanışı.....	87
4.3	Deney Sonuçları.....	87
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....		91
EKLER.....		93
Ek 1	Dizayn ve İmal Edilmiş Hızlı-Durdurma Mekanizmasının İmalat Teknik Resimleri	94
ÖZGEÇMİŞ		101



SİMGE LİSTESİ

VB	Serbest yüzey aşınma genişliği
K_T	Krater derinliği
t	Takım ömrü
ε	Giriş açısı
α_{ne}	Boşluk açısı
θ	Negatif birincil talaş yüzeyi açısı
h	Birincil talaş yüzeyi yüksekliği
w	Birincil talaş yüzeyi uzunluğu
Ra	Yüzey pürüzlülüğü
F_C	Kesme kuvveti
F_T	Vurma kuvveti
l	Kayma düzlemi
S	Kayma kuvveti
N	Normal kuvvet
d	Kesme derinliği
σ	Ortalama normal gerilme
τ	Ortalama kayma gerilmesi
μ	Ortalama sürtünme katsayısı
v	Kesme sıcaklığı
v_w	Takım gövdesi sıcaklığı
v_o	Yüzey tabakası sıcaklığı
v_Σ	Yüzey tabakasında toplam sıcaklık artışı
t	Kesme süresi
D	Kesici takım çapı
İ	Her devir için işlenmiş yay uzunluğu
K	Gerilme yoğunluk faktörü
G	Potansiyel enerji oranı
Δ_K	Gerilme yoğunluk faktör aralığı
P	Ön yük
A	Çatlak alanı
a_0	Çatlak uzunluğu
f	kesme kuvveti
Nc	Takım ömrü(kesme çevrimleri sayısı)
λ	Kama açısı
r	Burun radyüsü
h	Kesim kalınlığı
θ	Çıkış açısı
w	Çıkış açısı
β	Negatif kayma açısı
α	Kesme gücü ölçüsü
ε	Çıkıştaki kayma açısı
Sz	İlerleme/diş
ε_u	Çıkış açısı
A_u	İş parçası çıkış yüzeyi
E	Kesici takım merkezi ile A_u arasındaki mesafe
b	Kesme genişliği
r	Takım ucunun merkezden uzaklığı
δ	Kama ucundan olan açısal mesafe
β	Kama açısı

$L_{h\gamma_1}$	Yatay olarak ölçülmüş pah genişliği
γ	Talaş açısı
γ_{eff}	Etkili talaş açısı
λ	Eğim açısı



KISALTMA LİSTESİ

HSS	Yüksek Hız Çeliği
CBN	Kübik Boron Nitür
TiN	Titanyum Nitür
SEM	Scanning Electron Mikroscope



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Metallerin talaşlı işlenmesinde kesici takımında oluşan aşınma bölgeleri.....	4
Şekil 2.2	1m/s' lik bir kesme hızında sert metal kesici takım ile ilgili olarak süreye dayalı serbest yüzey aşınmasının gelişimi.....	5
Şekil 2.3	Tornalama operasyonlarındaki tek kesen ağızlı takım aşınması özellikleri.....	6
Şekil 2.4	Takım ömrü ile kesme hızı arasındaki tipik ilişki.....	7
Şekil 2.5	Çeşitli giriş koşullarında takım ömrü.....	8
Şekil 2.6	Takım yüzeyini koruyan yağma ağzı.....	9
Şekil 2.7	Soğuma esnasında sert metal plakette oluşan çatlaklar.....	9
Şekil 2.8	Takım ömrü üzerinde talaş açısının etkisi.....	10
Şekil 2.9	Serbest yüzey aşınmasında boşluk açısının etkisi.....	11
Şekil 2.10	Tungsten karbür ve Tungsten –Titanyum Karbür için takım aşınması grafikleri.....	12
Şekil 3.1	Charpy vurma sarkacı deney seti.....	13
Şekil 3.2	Farklı birincil talaş yüzeyi açılarıyla birlikte çift talaş yüzeyi geometrili kesici ağızlar.....	14
Şekil 3.3	Çift talaş yüzeyi geometrili ağız.....	15
Şekil 3.4	İş parçasının ayrılma biçimine göre ölü bölgelerin sınıflandırılması.....	16
Şekil 3.5	Ölü bölge sınıfı haritası, süreksiz kesmede ölü bölgelerin oluşumunda çift talaş yüzeyi geometrisinin etkisi.....	17
Şekil 3.6	-45° talaş yüzeyi geometrisine sahip kesici takımlar için birincil talaş yüzey yüksekliklerinde tasarlanmış ölü bölge mekanizmaları.....	18
Şekil 3.7	Kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü Ra.....	19
Şekil 3.8	Düşük karbonlu çelik için 80m/dak kesme hızında birincil talaş yüzeyi yüksekliği ve yüzey pürüzlülüğü.....	20
Şekil 3.9	Yüzey pürüzlülüğü Ra ve kesme derinliği (ortalama giriş ve çıkış değerleri)	20
Şekil 3.10	Düşük karbonlu çelik için kesimin giriş ve çıkış tarafında kesme derinliğine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü.....	21
Şekil 3.11	Süreksiz talaş kaldırmada farklı talaş tipleri için talaş kıvrılması sınıflandırması.....	22
Şekil 3.12	Temas boyunca birincil talaş yüzeyi yüksekliğinin etkisi ve östenitik paslanmaz çeliğin +20° kesme geometrileri için talaş kıvrılması.....	22
Şekil 3.13	Metallerin talaşlı işlenmesi modelinde üç kayma bölgesi.....	23
Şekil 3.14	Durgunlaşmış bölgede kesmede çift talaş yüzeyine sahip kesici ağzın geometrisi.....	23
Şekil 3.15	İkincil ve üçüncül kayma bölgeleri boyunca ideal gerilme dağılımı.....	25
Şekil 3.16	0° kesici ağız geometrisine sahip takım için spesifik kuvvet ve kesme derinliği.....	27
Şekil 3.17	20 µm kesme derinliğinde kesimin giriş tarafında spesifik kesme kuvveti ve birincil talaş yüzeyi yüksekliği.....	28
Şekil 3.18	Farklı -45° birincil talaş yüzeyi geometrisine sahip ağızlar için spesifik vurma kuvveti ve kesme derinliği.....	28
Şekil 3.19	TiN kaplanmış çift talaş yüzeyine sahip ağızlar için spesifik vurma kuvveti ve kesme derinliği.....	29
Şekil 3.20	TiN kaplanmış ve kaplanmamış ağızlar arasındaki vurma kuvveti oranı ve kesme derinliği.....	30

Şekil 3.21	İş parçası ve talaş ile birlikte temas halinde olan takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımı.....	31
Şekil 3.22	Talaş kökünün sıcaklık denkleğinin saptanması.....	32
Şekil 3.23	Ampirik sıcaklık fonksiyonunun ($\vartheta = C_0 v^x$) x üssünün HSS ve sert metal kesici takımlar için değışimi.....	32
Şekil 3.24	Kesme sıcaklığına kesme hızının etkisi.....	33
Şekil 3.25	Sürekli talaş kaldırmada kesme sıcaklığı.....	34
Şekil 3.26	Alın frezelemede (a) kesme hızı ve (b) işleme yay uzunluğunun bir fonksiyonu olarak sıcaklık tepe noktalarının değışimi.....	37
Şekil 3.27	Saloman'a göre kesme hızı ve kesme sıcaklığı fonksiyonu.....	37
Şekil 3.28	Farklı metallerin talaşlı işlenmesi durumunda kesme hızı ve kesme sıcaklığı.....	38
Şekil 3.29	Kesici ağza dik tarak çatlakları.....	40
Şekil 3.30	Kesici ağza paralel çatlaklar.....	40
Şekil 3.31	Mekanik çatlaklar.....	40
Şekil 3.32	Sürekli kesmede gerilme dönüşümü.....	41
Şekil 3.33	Sürekli kesme kuvveti ve sıcaklığının osiloskop kaydı.....	41
Şekil 3.34	Takım- talaş ara yüzünde kesme hızına bağılı olarak sıcaklık dalgalanmaları.....	42
Şekil 3.35	Takım- talaş ara yüzünden olan mesafeye göre sıcaklık dalgalanması.....	42
Şekil 3.36	Sürekli ve sürekli kesimde takım yüzündeki gerilme dağılımı.....	43
Şekil 3.37	Sürekli ve sürekli kesim esnasında takım gerilmeleri.....	44
Şekil 3.38	Çeşitli kesme koşulları altında takım ömrü yüzdesinin kullanımı.....	44
Şekil 3.39	Sürekli ve sürekli kesimde kaldırılmış talaş hacmine göre serbest yüzey aşınma oranları.....	45
Şekil 3.40	Sürekli kesme testlerindeki parça geometrisi.....	46
Şekil 3.41	Farklı kesme hızlarında aşınmış BN250 kesici takımı SEM mikro grafikleri (a) 2m/s, (b) 4m/s, (c) 7.8m/s.....	47
Şekil 3.42	Farklı kesme hızlarında aşınmış BZN6000 kesici takımın SEM mikro grafikleri (a) 2m/s, (b) 4m/s, (c) 7.8m/s.....	48
Şekil 3.43	Deney düzeneğı ve frezeleme geometrisi.....	49
Şekil 3.44	Genel sınıflandırma sistemi.....	50
Şekil 3.45	Sinyal proses sistemi.....	50
Şekil 3.46	Pahlı takımlarda serbest aşınmaya karşı enerji içeriğı.....	51
Şekil 3.47	Kesici takımların kırılma mekanikleri uygulaması ile ilgili bir algoritma.....	53
Şekil 3.48	Üç noktalı eğme testi.....	54
Şekil 3.49	Talaş yüzeyinde gözlenen tipik bir çatlak.....	54
Şekil 3.50	Sürekli kesme işleminde çatlak yüzeyinin SEM ile taranmış mikro grafikleri.....	57
Şekil 3.51	Güvenli-tehlikeli sınır üzerindeki kesme kuvveti ve çatlak uzunluğu.....	57
Şekil 3.52	Güvenli-tehlikeli sınır üzerinde çatlama sertliğinin etkisi.....	58
Şekil 3.53	Sürekli kesmede takım ömrü üzerinde kesme kuvveti yönünün etkisi.....	59
Şekil 3.54	Sürekli kesmede takım ömrü üzerinde takım kama açısının etkisi.....	59
Şekil 3.55	Alın frezelemede, keskin köşeli takımların iş parçasına girişteki ilk temas noktaları.....	60

Şekil 3.56	Sert metal plakelerin kullanımı için, deforme olmamış talaşın enine kesiti.....	61
Şekil 3.57	İlk ortogonal kesimde ortogonal çıkış düzlemiyle birlikte iş parçası, talaş ve taban.....	62
Şekil 3.58	Kayma mekanizmaları	64
Şekil 3.59	Ani çıkışlarda sert metal takımın küçük parçaların kopması.....	65
Şekil 3.60	Ortogonal kesimde çıkış açıları ve takım ömrü.....	66
Şekil 3.61	Sürekli tornalamada çıkış geometrisi	67
Şekil 3.62	Frezelemede çıkış geometrisi.....	68
Şekil 3.63	İş parçasının çıkış yüzeyindeki helezon şekilli çapak.....	69
Şekil 3.64	Güvenli ve tehlikeli çıkış durumları.....	70
Şekil 3.65	ϵ_u ' nun bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve çıkış rejimini gösteren şematik diyagram.....	71
Şekil 3.66	Çıkış rejimleri ve sonuçlanan talaş uçları.....	73
Şekil 3.67	Freze kesici takım gövdesine ilâştirilmiş plakelerin geometrisi.....	74
Şekil 3.68	Çıkış açısı ϵ_u ve e aralığının tanımlanması.....	74
Şekil 3.69	Kesici takım çapının etkisi ve 1 no'lu plaket için tehlikeli bölgeler Ve çıkış rejimlerinde kesme kalınlığı ve kesme hızı.....	76
Şekil 3.70	EN8 tornalamasında takım aşınması.....	79
Şekil 3.71	Temas uzunluğunun yatay projeksiyonu.....	81
Şekil 4.1	Örnek alınmış hızlı-durdurma (quick-stopping) mekanizması.....	82
Şekil 4.2	Dizayn ve imal edilmiş hızlı-durdurma mekanizması.....	83
Şekil 4.3	Dizayn ve imal edilmiş mekanizması montaj parçaları.....	84
Şekil 4.4	Dizayn ve imal edilmiş mekanizması montaj resmi.....	85
Şekil 4.5	Planya ile talaş kaldırmanın esasları.....	86
Şekil 4.6	Planya tezgahı.....	86
Şekil 4.7	Planya tezgahında talaş kaldırma işlemi mekanizması.....	87
Şekil 4.8	Çıkışta taban oluşumuna bir örnek V=30m/dak, kesme derinliği; 0,3mm.....	87
Şekil 4.9	Çıkışta taban oluşumuna bir örnek V=30m/dak, kesme derinliği; 0,3mm.....	88

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Talaş kaldırma işlemleri için tavsiye edilen normal talaş açıları.....	11
Çizelge 3.1 Üç d kesme derinliklerinde üçüncül kayma bölgesinde μ_3, σ_3, τ_3	25
Çizelge 3.2 Farklı takım malzemelerinin mekanik ve sıcaklık özellikleri.....	47
Çizelge 3.3 EN8 karbonlu çeliğin süreksiz tornalanmasında kullanılan kesici takımlar için kesme koşullarına bağlı olarak oluşan aşınma miktarları.....	78
Çizelge 3.4 EN58C karbonlu çeliğin süreksiz tornalanmasında kullanılan kesici takımlar için kesme koşullarına bağlı olarak oluşan aşınma miktarları.....	79



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında yardımlarını ve önerilerini esirgemeyen, teşvikleriyle destek olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erhan Altan'a ve deneysel çalışmada fikirlerini ve desteğini eksik etmeyen Dr. Murat Kıyak'a teşekkürü bir borç bilirim. Deney düzeneğinin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Nova Kalıp ve Elektrik San.A.Ş. çalışanlarına, yöneticilerine ve üniversite laboratuvarı personeline teşekkür ederim. Son olarak her zaman olduğu gibi yardımlarını ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen her zaman yanımda hissettiğim aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



ÖZET

Metallerin talaşlı işlenmesinde kesici takım ömrü en önemli konulardan birisidir. Takım yada iş parçası malzemesinde yapılan herhangi bir iyileştirme takım ömrünü arttırmaktadır. Bu türden iyileştirmelere bir temel oluşturmak amacıyla takım aşınması konusunda çok fazla çaba harcanmıştır.

Frezeleme, delme, broşlama, ve tornalama gibi metallerin süreksiz talaşlı işleme yöntemlerinde takım giriş ve çıkış koşulları, takım ömrünü etkileyen önemli noktalar. Metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde takım çıkışı kesme sürecinin en tehlikeli aşamasıdır. Çıkışta erken takım aşınması konusunda "taban oluşumu"nun rolü vardır. Taban oluşumu, kesici ağızdan küçük parçaların kopmasına neden olur.

Deneysel çalışmada , kesici takımın çıkış etkisi araştırılmıştır. Küçük kesme derinliklerinde - Prinç 85/15 çalışma malzemesinin HSS kesici takım ile süreksiz talaşlı işlenmesinde çıkış etkisi planya tezgahında araştırılmıştır .Çıkışta talaş oluşumlarını elde edebilmek amacıyla bir hızlı-durdurma mekanizması dizayn ve imal edilmiştir. Yapılan birkaç deneyde talaş oluşumları mikroskopta incelenmiş ve taban oluşumunun meydana geldiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Süreksiz talaş kaldırma, takım ömrü, aşınma, taban oluşumu, hızlı-durdurma mekanizması, talaş oluşumları.

ABSTRACT

The cutting tool life in the chip-removal process of the metals is one of the most important matters. Any improvement due to be carried out in the tool or work material increases the tool life. In order to form up a foundation for these kinds of improvement processes, considerable efforts have been spent on the tool-wear.

The tool entry and exit conditions in of the interrupted metal cutting operations such as milling, drilling, broaching and turning and so on, are the crucial points that affect the tool-life. The tool exit in the interrupted metal cutting is the most dangerous stage of the cutting process. There exists the role of “foot formation” about the early tool-wear at the exit. The foot formation may cause the “tool chipping”.

At the experimental work, the exit effect of the cutting tool is researched. At small cutting depths, the exit effect of interrupted cutting of α -Brass 85/15-work material has been made on the shaping machine by a HSS cutting tool. A quick-stopping device was designed and produced in order to obtain the chip formations at the exit. The chip formations were examined on the microscope in a few tests carried out in this context, and seen that the relevant foot formation actually occurred.

Keywords: Interrupted metal cutting, tool life, wear, foot formation, quick-stopping device, chip formations.

1. GİRİŞ

Takım tezgahları vasıtasıyla bir veya birkaç takım kullanarak metal, ağaç veya taş gibi maddelerin talaş kaldırma yoluyla önceden bilinen şekil ve ölçülerde işlenmesine talaşlı imalat adı verilir. İşlemin esası malzemelerin birbirinden farklı sertlikte olmaları ve birbirlerini aşındırabilmeleridir. Buna örnek olarak; çelik malzeme ile alüminyum malzemenin çizilebilmesi, bıçakla ağaç malzemenin yontulabilmesi verilebilir.

Talaşlı imalat yöntemleri üretimde yaygın olarak kullanılan ve bir ürünün üretimi sürecinde oluşturulan katma değerde önemli paya sahip olan imalat yöntemleridir. Bu yöntemlerde başlıca girdiler arasında kesici takımlar ön sıralarda gelir. Talaşlı imalatta kullanılan kesici takımların ömür ve maliyeti, gerek üretilen parçaların kalitesi, gerekse toplam üretim maliyeti açısından büyük önem taşır. Talaşlı imalat alanında en önemli konulardan biri en ekonomik imalat ve en ideal takım ömrü için en uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi işlemidir. Bütünüyle takım-iş parçası malzemesi çiftine, kesme koşullarına , takım tezgahına ve kesici takıma bağımlı olan talaşlı imalat işlemi son derece zordur.Talaş kaldırma esnasında kesici takımda oluşan aşınma takımlar ömürlerini tamamlayıncaya kadar sürmektedir. Kesici takım ömrü her zaman sınırlıdır.

İş parçalarının herhangi bir soğutucu kullanılarak yada kullanılmaksızın sürekli olarak talaşlı işlenmesi modern imalatın sadece dar bir kolunu temsil etmektedir. Modern imalat sık sık karışık kesme çevrimlerini ve işlemlerini kapsayan kısa fasıllı serileri içermektedir. Ekonomik nedenlerle ürüne özgü malzemelerin kullanılması ve en uygun kesme koşullarının nezaret edilmeyen işleme (unattended machining) yöntemlerinde kullanılması gerekmektedir.Ve esnek imalat sistemleri (flexible manufacturing system) önem kazanmaktadır. Frezeleme, delme , broşlama, testereleme ve tornalama gibi metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde kesici takımlar benzer koşullar altındaki sürekli talaşlı işlemeğe göre daha kısa takım ömürlerine sahip olmaktadırlar. Süreksiz talaşlı işlemede takım giriş ve çıkış koşulları takım ömrünü etkileyen önemli noktalarlardır. Metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde takım çıkışı kesme sürecinin en tehlikeli aşamasıdır. Çıkış geometrileri aralığında “taban oluşumu” meydana gelmektedir. Ve tehlikeli olan bu taban oluşumu kesici ağızdan küçük parçaların kopmasına neden olur. takım ömründe şiddetli azalmaya sebep olan bu mekanik etkiden başka takım-talaş ve iş parçası temas bölgelerindeki periyodik sıcaklık değişimleri erken takım aşınmasına sebep olmaktadır.

Metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde kesici takımların erken takım aşınmasından dolayı ekonomik olmayacağı ispat edilmiştir. Dolayısıyla kesici takımların kalitesinin yükseltilmesi, kullanılan malzemelerin iyileştirilmesi takım ömrüne olumlu etki etmektedir. Son yıllarda kesici takım teknolojilerindeki gelişmeler sonucunda kaplamalı kesici takımlar talaşlı imalat işlemlerinde gerek takım ömrü gerekse işleme zamanı açısından önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu tip kaplamalarla ulaşılan yüksek sertlik , yüksek aşınma direnci ve korozyon direnci nedeniyle kaplamalı takımlar bir çok uygulama alanı bulmuşlardır.

Kesici takım teknolojisinde gelişmelerle beraber çok sayıda parça üretimini karşılamak ve prodüktiviteyi arttırmak için yeni bir işleme yöntemi olan CNC tezgahlarda “yüksek hızda talaşlı imalat”(high speed machining) işlemi geliştirilmiştir. Bu yöntem genel olarak yüksek devir (12.000 devir/dak ‘nın üstü) ve ilerlemelerde , düşük kesme pasosu ile küçük takımlar kullanılarak yapılan kesme işlemidir. Dolayısıyla yüksek hızda talaşlı imalatta kesici takımlar normal kesme işlemine göre daha hızlı aşınacaktır. Bu tip

aşınmaların ölçü hassasiyeti üzerinde yapacağı olumsuz etkilerden dolayı yüksek hızlı işlemlerde kesici takım seçerken 40 RC'nin altındaki malzemelerde TiN(titanyum-nitrür) ve TiCN(titanyum-karbon-nitrür) ve 40 RC'nin üzerindeki sertlikteki malzemelerde TiAlN(titanyum-aluminyum-nitrür) kaplanmış kesici takımların kullanılması tavsiye edilmektedir. Ancak TiAlN kaplanmış kesici takımlar diğer takımlara göre sekiz kat daha pahalıdır fakat genel ortalama ömür ve tezgah saati olarak diğer takımlara göre daha verimli olmaktadır. Takım ömrünün iyileştirilmesi için kesme parametrelerinin optimizasyonu gereklidir. Dolayısıyla takım giriş ve çıkış etkileri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.



2. TAKIM AŞINMASI VE TAKIM ÖMRÜ

Metallerin talaşlı işlenmesinde kesici takım ömrü en önemli ekonomik hususlardan birisidir. Talaş kaldırma işlemlerinde bir ekonomik takım ömrü vermek için genellikle takım açılı, kesme hızları ve ilerleme oranları seçilmektedir. Çok kısa takım ömrü veren koşullarda takım taşlama ve takım değiştirme maliyetleri yüksek olacağından ekonomik olmayacaktır. Diğer yandan uzun takım ömrü sağlamak için çok düşük hızların ve ilerlemelerin kullanımı da düşük üretim hızından dolayı ekonomik olmayacaktır. Açık ve net olarak takım ömrünü artıran her türlü takım yada iş malzemesi iyileştirmeleri yararlı olacaktır. Bu türden iyileştirmeler için bir temel oluşturmak amacıyla takım aşınması ve takım aşınmasının şekillerinin niteliğini anlamak için oldukça fazla çaba harcanmıştır.

2.1 Takım Aşınması

Bir kesici takım ömrünün çeşitli yollarla bir son noktaya gelmesi mümkündür. Bu yollar iki ana gruba bölünebilmektedir:

1. Kesici takımın serbest ve talaş yüzeylerinin belirli bölgelerinin tedrici veya ilerleyen aşınması,
2. Takım ömrünü beklenmedik veya erken sona getiren aşınmalar.

Aşınma mekanizmasının temel niteliğinin farklı koşullar altında çok değişik olması mümkündür. Metallerin talaşlı işlenmesinde aşınmanın üç ana şeklinin meydana geldiği bilinmektedir: yapışma, abrasyon ve difüzyon.

Yapışma aşınmasında, aşınmaya iki metal arasındaki kaynaklanmış pürüzlü birleşme yerleri neden olmaktadır. Metallerin talaşlı işlenmesinde talaş ile takım malzemeleri arasındaki birleşme yerleri sürtünme mekanizmasının parçası olarak şekillenmektedir ve bu birleşme yerlerinde çatlamlar meydana geldiğinde takım malzemelerinin küçük parçalarının aşınmaya uğraması ve talaşın alt kısmına veya yeni iş parçası yüzeyine doğru taşınması ya da sürüklenmesi mümkündür.

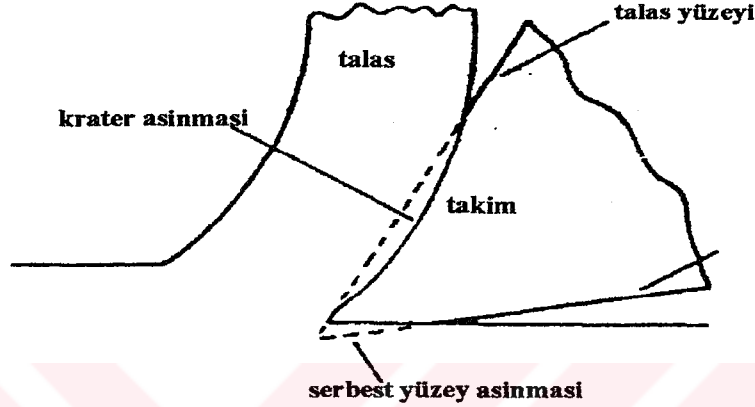
Abrasyon aşınması olarak bilinen aşınma şekli, talaşın altındaki sert partiküllerin takım yüzeyine geçmesi ve mekanik hareket ile takım malzemesini kaldırması esnasında meydana gelmektedir. Bu sert partiküllerin iş malzemesindeki sert elemanlar yada yapışma aşınması tarafından kaldırılan sert takım malzemesinin kırık parçaları veya dengesiz bir yığılma ağzının yüksek oranda gerilim yüklü kırık parçaları nedeniyle olması mümkündür.

Katı-durum difüzyonu ise, bir metalik kristal kafes içindeki atomlar yüksek atomik konsantrasyonunun bir bölgesinden düşük konsantrasyonlu bir yere hareketi esnasında meydana gelmektedir. Bu proses mevcut sıcaklık derecesine bağlı bulunmaktadır ve difüzyon hızı sıcaklık derecesindeki artışlar ile birlikte üstel olarak artmaktadır. Metallerin talaşlı işlenmesinde iş parçası ve takım malzemeleri arasında yakın temasın meydana geldiği ve yüksek sıcaklık derecelerinin mevcut bulunduğu durumlarda, difüzyonun atomların takım malzemesinden iş malzemesine doğru hareketinde ortaya çıkması mümkündür. İki malzeme arasındaki ara yüzeyde bulunan çok dar bir reaksiyon bölgesi dahilinde ortaya çıkan ve takımın yüzey yapısında bir zayıflamaya neden olan bu proses difüzyon aşınması olarak bilinmektedir.

2.1.1 Takım Aşınması Şekilleri

Bir takımında ani olmayan aşınmalar iki farklı şekilde meydana gelebilir (Şekil. 2.1).

1. Bir kraterin oluşumu ile karakterize edilen ve yüzey boyunca akan talaşın hareketinden kaynaklanan takım-talaş ara yüzeyindeki aşınma,
2. Yeni üretilen iş parçası yüzeyinin sürtünmesinden bir aşınma alanının oluşturulduğu serbest yüzeydeki aşınma.



Şekil 2.1 Metallerin talaşlı işlenmesinde kesici takımında oluşan aşınma bölgeleri (Boothroy ve Knight ,1988)

2.1.1.1 Krater Aşınması

Takım-talaş ara yüzeyinde oluşan krater alttaki talaşın şekline uymakta ve talaş-takım temas alanı ile sınırlanmaktadır (Şekil 2.1). İlaveten, yapışma veya yığılma ağzının meydana geldiği kesme ağzına bitişik bölge nispeten hafif bir aşınmaya tabi olmaktadır.

Metallerin talaşlı işlenmesinde takım yüzeyi boyunca bazı bölgelerde en yüksek sıcaklık dereceleri meydana gelmektedir; yüksek kesme hızlarında bu sıcaklık derecelerinin 1000°C'lik bir düzeye ulaşması mümkündür. Bu yüksek sıcaklık derecesi koşullarında yüksek hız çeliği takımları, takım malzemesinin termal yumuşamasından dolayı çok hızlı şekilde aşınmaya uğrayacaktır. Sert metal takım malzemesi ile birlikte her ne kadar bunlar bu türden yüksek ısı derecelerinde sertliklerini korusalar da katı-durum difüzyonunun hızlı aşınmaya neden olması mümkündür.

Deneysel çalışmada kraterin maksimum derinliği genel olarak krater aşınmasının bir ölçümüdür ve bunun bir yüzey-ölçüm cihazı ile tespit edilmesi mümkündür. Çok yüksek hızlı kesme koşulları altında krater aşınması sıklıkla kesici takım ömrünü belirleyen faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Kraterleşme ya da krater oluşumu takım ağzını zayıflatacak ve sonunda çatlatacak kadar ciddi hal almaktadır. Ancak takımlar ekonomik koşullar altında kullanıldığı zaman serbest yüzey aşınması olarak bilinen ilerleme yönündeki takım aşınması genel olarak bir kontrol faktörü olarak ortaya çıkmaktadır.

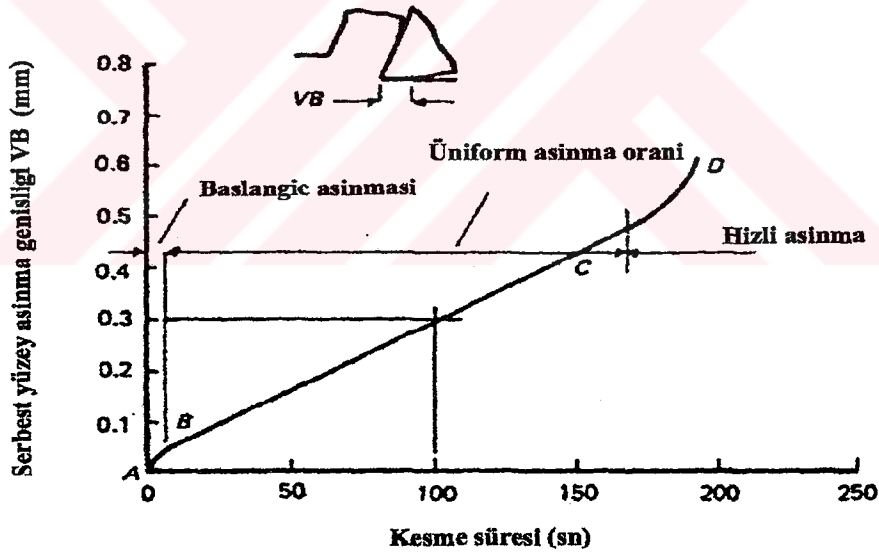
2.1.1.2 Serbest Yüzeyde Aşınma

Bir kesici takımın serbest yüzeyindeki aşınmaya takımın serbest yüzeyi üzerindeki temas alanı ile yeni işlenmiş iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünme neden olmaktadır. İş parçasının sertliğinden dolayı serbest yüzey aşınma bölgesi olarak bahis olunan aşınmış alanın son kesme yönüne paralel olması zorunluluk arz etmektedir. Aşınma alanının genişliği, genel olarak aşınma miktarının bir ölçüsü olarak alınmakta olup ve atölye mikroskobu ile hemen tespit edilebilmektedir.

Şekil 2.2'de VB serbest yüzey aşınma bölgesi genişliği ve kesme süresine bağlı olarak serbest yüzey aşınma bölgesi gelişiminin tipik bir grafiği gösterilmiştir. Eğrinin üç bölgeye ayrılması mümkündür:

1. Keskin kesici takım ağzının hızlı bir şekilde kırıldığı ve bir sonlu aşınma bölgesinin oluşturulduğu AB bölgesi,
2. Aşınma ilerlemelerinin sabit bir hızda olduğu BC bölgesi,
3. Aşınmanın yavaş yavaş artan bir oranda meydana geldiği CD bölgesi.

CD bölgesi, kesici takım aşınmasının bu tür büyük miktarlardaki aşınma alanı varlığının neden olduğu artan takım sıcaklıklarına duyarlı olduğu bölgeyi işaret ettiği düşünülmektedir. Açık ve net olarak, uygulamada serbest yüzeyde hızlı aşınmanın meydana geldiği son bölgeye (Şekil 2.2'deki CD bölgesine) girmeden önce takımın yeniden bilenmesi tavsiye edilmektedir.



Şekil 2.2 1 m/s'lik bir kesme hızında sert metal kesici takım ile ilgili olarak süreye dayalı serbest yüzey aşınmasının gelişimi (Boothroy ve Knight, 1988)

2.1.2 Erken Takım Aşınması

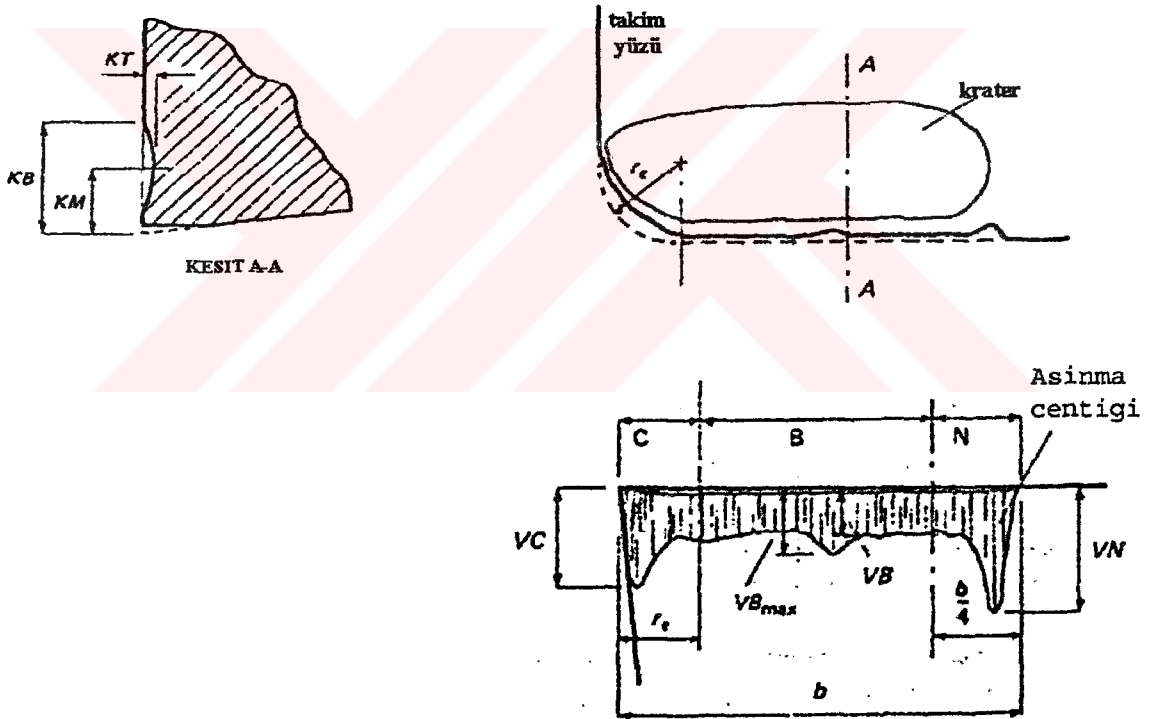
Çeşitli sayıdaki kesici takımlar özellikle de tek kesen ağızlı kesici takımlar ya sap kısmına kaynaklanmış veya mekanik olarak bağlanmış sert metal plaketer ile sağlanmaktadır. Bu sert metal plaketer aşırı şekilde kırılırlar ve takımların dikkatli şekilde tutulması gerekmektedir. Zira takımın düşmesine yol açan ani yüklerin ani kesme ile aşınmaya yol açması mümkündür. Bu takımlar aynı zamanda süreksiz kesme esnasında meydana gelen

(frezeleme yönteminde olduğu gibi) kısa süreli termal gerilmelerden veya soğutucunun kesme esnasında yetersiz şekilde uygulandığı zaman oluşan kısmi soğutmadan dolayı çatlamaya karşı kolay etkilenirler. Aşınmaya çatlakların termal gerilmeler ile oluştuğu böylece kesme ağzını zayıflatığı yanlış kaynak yapma teknikleri veya dikkatsiz bir tarzda yapılan bilemenin neden olması da mümkündür.

Takım aşınması hususundaki birçok araştırmacı kesici takımların krater aşınması ve ilerleyen serbest yüzey aşınması ile uğraşmışsa da erken takım aşınması da pratikte aşırı şekilde önemli olmaktadır.

2.2 Takım Ömrü ve Etkiler

Bir takım ömrü kriteri, bir fenomenin ortaya çıkışı veya bir takım aşınma ölçümünün önceden saptanmış eşik değeri olarak tanımlanmaktadır. Pratik talaşlı işleme yöntemlerinde kesici takım krater aşınması ve serbest yüzeyi aşınması aktif kesme ağzı boyunca uniform değildir. Bu nedenle takımın yeniden bilenmesinden önce kabul edilebilir aşınma miktarı konusunda karar verirken aşınmanın derecesi ve bölgelerini belirtmek gereklidir. Şekil 2.3'de tipik bir aşınmış tek kesen ağızlı takım gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Tornalama operasyonlarındaki tek kesen ağızlı takım aşınması özellikleri (Boothroy ve Knight, 1988)

Şekil 2.3 'de gösterildiği gibi kraterleşme miktarı aktif kesme ağzı boyunca değişiklik göstermekte ve KT krater derinliği kraterin (Kesit A-A) en derin noktasında ölçülmektedir. Krater aşınması genellikle aktif kesme ağzının çıkıntılarında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Takım köşesindeki koşullar bu bölgedeki talaş malzemesinin karmaşık akışından dolayı aktif kesme ağzının merkez bölgesindekilerden daha şiddetli olma eğilimindedir. Takım köşesindeki C bölgesi serbest aşınma yüzeyinin genişliği belirlenmiş VC'dir. Aktif kesme ağzının ters tarafında N bölgesinde bir aşınma çentigi sıklıkla meydana gelmektedir. Çünkü

bu bölgede çalışma malzemesi, önceki işlemlerden sertleşmiş iş parçasına doğru yönelme durumundadır. Aşınma çentiğindeki aşınma alanının genişliği belirlenmiş VN 'dir.

Aktif kesme ağzının merkezi kısmında B bölgesinde aşınma bölgesi genel olarak epeyce tekdüzedir ya da sabittir. Ancak meydana gelmesi muhtemel değişikliklere izin vermek için bu bölgedeki ortalama aşınma bölgesi genişliği belirlenmiş VB 'dir. Ve maksimum aşınma bölgesi genişliği ise tespit edilmiş VB_{max} 'dir.

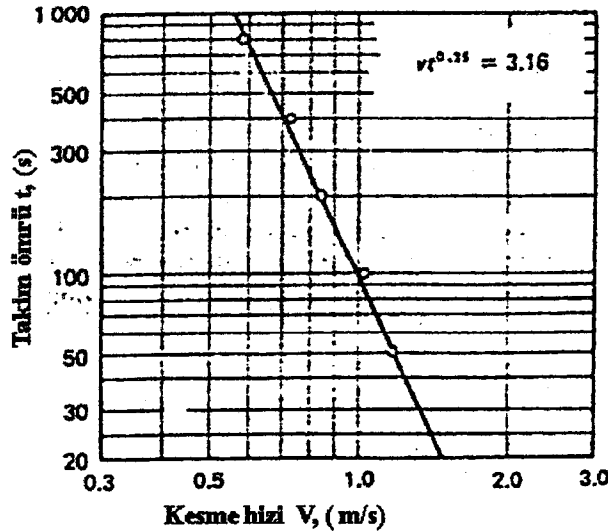
2.2.1 Takım Ömrü

Takım ömrü, bir takım ömrü kriterine ulaşmak için gerekli olan kesme zamanı olarak tanımlanmaktadır. Bir talaşlı işleme yönteminde takım malzemesi, iş malzemesi ve takım şekli seçildiği zaman takım ömrünü etkileyen en önemli faktör kesme hızı olmaktadır. Bu nedenle işleme proseslerinin optimizasyonu çalışmasında, inceleme altında bulunan koşullar ile ilgili takım ömrü ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi bilmek zorunludur. Bu konu üzerindeki ilk çalışma aşağıdaki gibi yazılması mümkün olan bir ampirik eşitliği ortaya çıkarmış bulunan Taylor tarafından yapılmıştır.

$$V/V_r = (t_r/t)^n \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; n = sabit sayı, V = kesme hızı, t = takım ömrü, $V_r = t_r$ 'nin bilinen bir takım ömrünü veren referans kesme hızı.

Bir takım aşınma testinin sonuçlarını gösteren Şekil 2.2 'ye referans yaparak VB 'nin 0.3 mm'ye eşit olması ile ilgili takım ömrünün 100 sn olacağı görülecektir. Bu testin çeşitli kesme hızları için tekrar edilmesi durumunda her test 0.3mm'lik bir ortalama aşınma bölgesi genişliği için takım ömrünün farklı bir değerini verecektir. Sonuçların tamamının logaritmik skalalara çıkarılmış olması durumunda Şekil 2.4 'de gösterilmiş olana benzer bir grafik sonucu ortaya çıkacaktır.



Şekil 2.4 Takım ömrü ile kesme hızı arasındaki tipik ilişki (Boothroy ve Knight ,1988)

Noktaların düz bir hatta olacağı görülecektir ve bu nedenle (2.1) eşitliğiyle ile temsil edilmesi mümkün olacaktır. Burada $1/n$ = hattın eğimi ve v_r, t_r = hat üzerindeki tek noktadır.

Böylece grafikten $n = 0.25$ okunmaktadır ve V_r referans hızının $= 1$ m/s, $t_r = 100$ olarak keyfi olarak seçilmesi durumunda (2.1) eşitliği şu hale gelecektir:

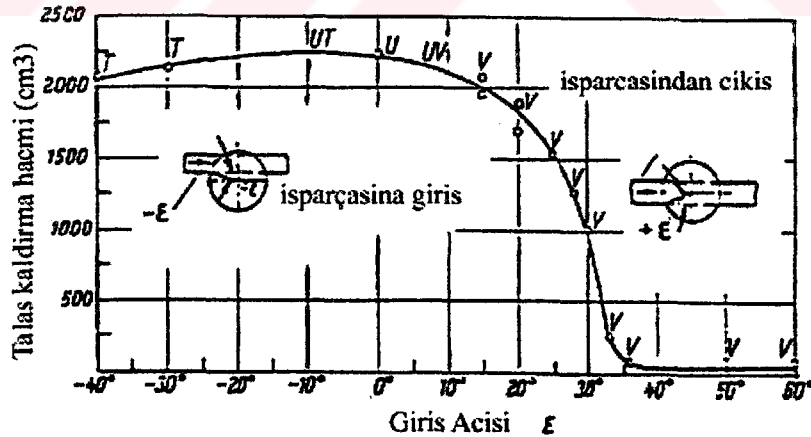
$$V_t^{0.25} = 100^{0.25} = 3.16 \quad (2.2)$$

2.2.2 Etkiler

Takım ömrü aşınma olayına bağlı olduğundan aşınmayı etkileyen parça ve takım malzemesi, takım geometrisi, takım giriş ve çıkış koşulları, kesme hızı, kesme sıvısı gibi faktörler takım ömrünü etkilerler. Bunlardan en önemlisi kesme hızının etkisidir. İlerleyen bölümlerde takım ömrünü etkileyen faktörler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.2.2.1 Giriş ve Çıkış Etkisi

Sürekli talaşlı işlemede örneğin; sürekli tornalamada kesici takımlar soğutucu kullanılmadan dahi 10, 20, 30 dakika gibi uzun takım ömürleri verirler. Fakat bu işleme yöntemi modern üretimin dar bir kolunu temsil etmektedir. Modern üretim genellikle kısa fasıllı ve karışık kesme çevrimlerini içerir. Dolayısıyla frezeleme, delme, planyalama ve tornalama gibi metallerin süreksiz kesiminde takım giriş ve çıkış koşulları takım ömrünü etkileyen yaşamsal noktalar. Bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Kronenberg (1963), yüzey frezelemede giriş koşulları ile takım ömrü arasındaki bağlantıyı araştırmış ve iş parçasına takım giriş anında takım ağzı ve iş parçasının geometrik konfigürasyonunun takım ömrü üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Şekil 2.5). Şekilden görüldüğü gibi 25° 'den büyük olan bir ϵ giriş açısında kesme ağzındaki V noktası iş parçasına giren ilk noktadır. Takım ömrü bu noktada önemli boyutlarda azalmıştır.



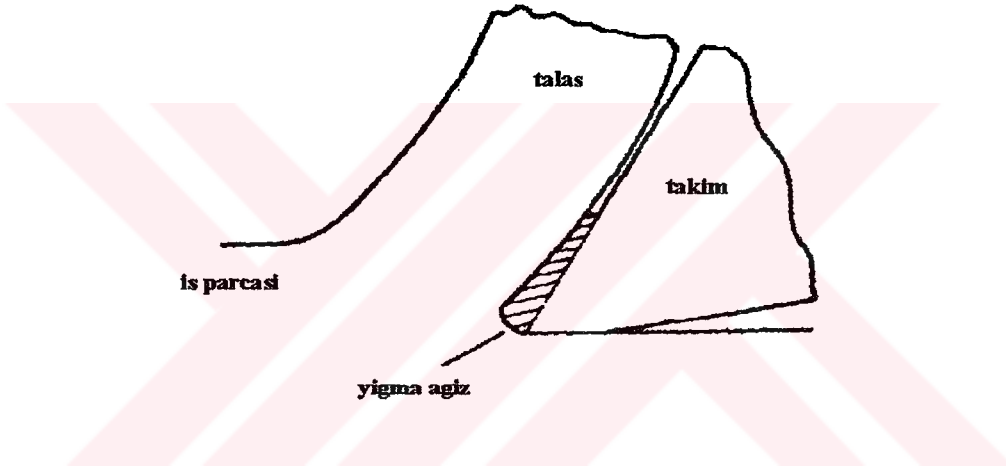
Şekil 2.5 Çeşitli giriş koşullarında takım ömrü (Pekelharing, 1978)

Pekelharing (1978), süreksiz kesmede iş parçasından çıkışta takım aşınmasını araştırmış ve belirli koşullarda takımdaki tehlikeli gerilim dağılımına yol açan kesme sonuna yakın konumda tehlikeli bir kayma açısı tespit etmiştir. Pekelharing aynı zamanda çıkış açılarının belirli bir aralığı bakımından keskin takımları kullanarak ortogonal kesmedeki takım çıkışında ani takım çatlamasının meydana geldiğini söylemiştir. Frezeleme ve diğer süreksiz kesme

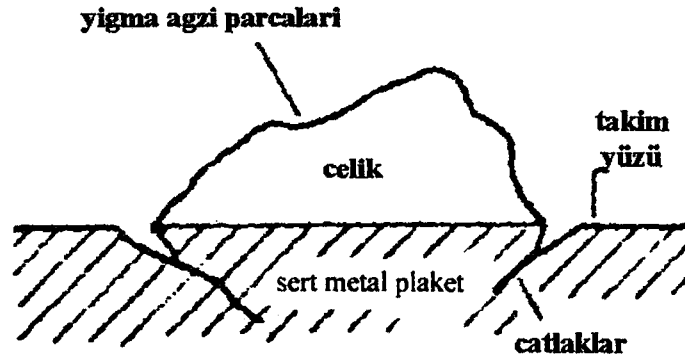
yöntemlerinde makul takım ömrü koşulların bu kombinasyonunun tam anlamıyla karşılanmadığı gerçeği ile açıklanmaktadır. Ancak Pekelharing'in vardığı sonuç, süresiz kesmedeki takım çıkışının kesme sürecinin en tehlikeli aşaması ve takım çatlamasının önemli bir nedenini oluşturduğudur. Giriş ve çıkış etkisi ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.2.2.2 Yiğma Ağzının Etkisi

Talaşlı işleme esnasındaki yiğma ağzının varlığı çeşitli şekillerde olmak üzere bazen bir kesici takım ömrünü azaltarak bazen ise bunu artırmak suretiyle takım aşınma hızını etkileyebilmektedir. Dengesiz bir yiğma ağzı ile yeni iş parçası yüzeyi ve talaşın alt yüzeyine yapışık olan yüksek düzeyli gerilme ile sertleştirilmiş parçaların takım yüzeylerini aşındırarak takım aşınma hızını artırması mümkündür. Ancak dökme demir gibi çok sert malzemeler talaşlı işlendiğinde dengeli bir yiğma ağzının mevcudiyeti yararlı olacaktır. Dengeli bir yiğma ağzı takım yüzeyini aşınmadan korumakta ve talaş kaldırma görevini yerine getirmektedir (Şekil . 2.6).



Şekil 2.6 Takım yüzeyini koruyan yiğma ağzı (Boothroy ve Knight ,1988)



Şekil 2.7 Soğuma esnasında sert metal plakette oluşan çatlaklar (Boothroy ve Knight ,1988)

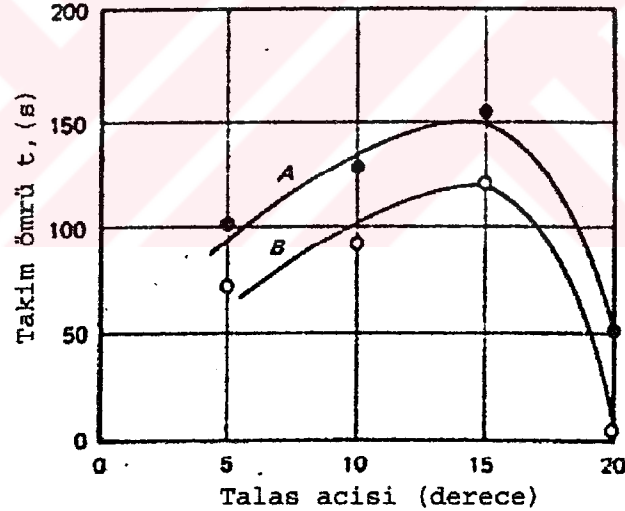
Bir yiğma ağzının aynı zamanda da sert metal plakette kullanılan takım kullanıldığı zaman ani aşınmalara da katkıda bulunması mümkündür. Örneğin bir takımın ani olarak çıkması

durumunda takım yüzeyine uygulanan talaş kaldırma işlemi esnasında kaynaklanmış olan kesme ağzının bir bölümünün takım malzemesinin bir parçasını da kendisiyle birlikte alarak aşınmaya uğraması olasıdır.

Bir yığılma ağzının takım ömrü için zararlı olmasının bir diğer şekli de bir kesme işleminin sonunda takımın soğuması esnasında meydana gelmektedir. Soğuma esnasında sert metal kesici takımda oluşan yığılma ağzı ve çatlaklar Şekil 2.7 'de gösterilmiştir.

2.2.2.3 Takım Açılarının Etkisi

Genel olarak, artan spesifik kesme enerjilerinin ve artan takım sıcaklıklarının yüksek takım aşınma hızlarına neden olacağını söylemek mümkündür. Çünkü talaştaki bir artış genellikle kesme koşullarında bir iyileşme sonucunu verdiği için daha uzun bir takım ömrü beklenecektir. Ancak talaş geniş olduğu zaman kesme ağzı mekanik olarak zayıf kalmakta olup bu da daha yüksek aşınma hızlarına ve daha kısa takım ömrüne neden olmaktadır. Bu nedenle bir diğer sabit kesme koşulları ayarları için maksimum bir takım ömrü veren bir optimum talaş açısı mevcut bulunmaktadır. Talaş açısı ile takım ömrü arasındaki bir tipik ilişki Şekil 2.8' de gösterilmiştir. Yüksek dayanımlı çelik yüksek hız çeliği takımı ile işlenirken buradaki optimum talaş açısı yaklaşık olarak 14 °'dir. Edinilen deneyimler optimum talaş açısının verilen iş veya takım malzemeleri için kabaca sabit olduğunu göstermiştir ve uygulamada, Çizelge 2.1'de verilen değerler kullanılmaktadır.



Şekil 2.8 Takım ömrü üzerinde talaş açısının etkisi. Çalışma malzemesi ;yüksek dayanımlı çelik, takım malzemesi; yüksek hızlı çelik . A eğrisinde ilerleme; 0.127 mm ve kesme hızı 0.66 m/sn , B eğrisinde ise ilerleme; 0.508 mm ve kesme hızı, 0.41 m/sn (Boothroy ve Knight ,1988)

Şekil 2.8'den, sıfır takım talaş açısı:

$$\frac{VB}{NB} = \frac{VB'}{NB'} = \cot \alpha_{ne} \quad (2.3)$$

Burada; VB' = serbest yüzey aşınma bölgesi uzunluk oranı,

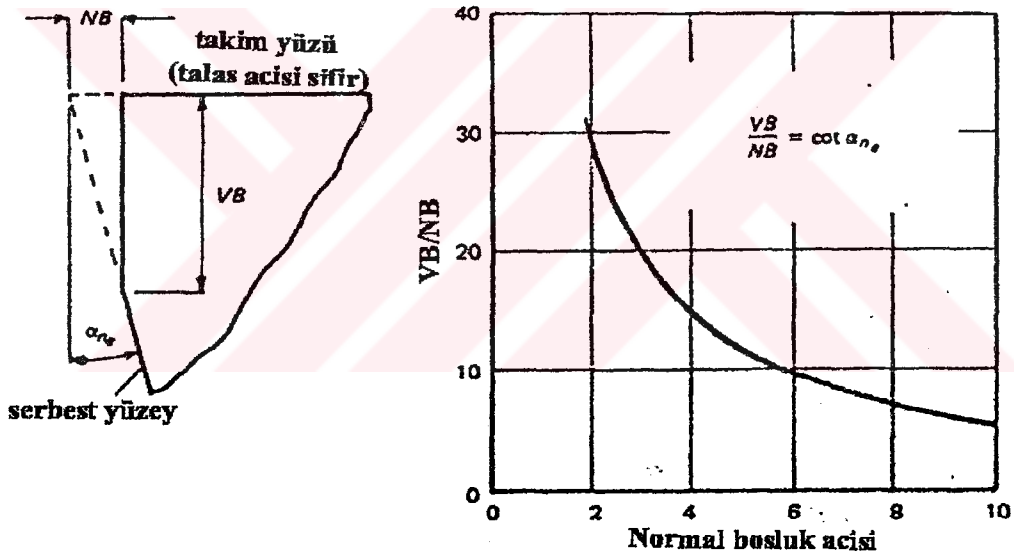
NB' = Kesme yönü açısından normal takım malzemenin elimine edilme hızı,

α_{ne} = Boşluk açısı

Çizelge 2.1 Talaş kaldırma yöntemleri için tavsiye edilen normal talaş açıları (Boothroy ve Knight ,1988)

Çalışma malzemesi	HSS °	Sert Metal °
Dökme demir, dökme pirinç	0	0
Pirinç ve bronz	8	3.5
Yumuşak pirinç	14	3.5
Yumuşak çelik	27	3.5
Hafif alaşımlar	40	13

Örneğin sert metal kesici takımlar ile frezeleme yapıldığı zaman, kesici takımın her bir devrinde ki yüklenme etkisinin bağlantıda çatlamaya yol açmasının muhtemel olduğu belirli durumlarda daha büyük güce ulaşmak için bir negatif talaş açısı kullanılmaktadır.



Şekil 2.9 Serbest yüzey aşınmasında boşluk açısının etkisi (Boothroy ve Knight ,1988)

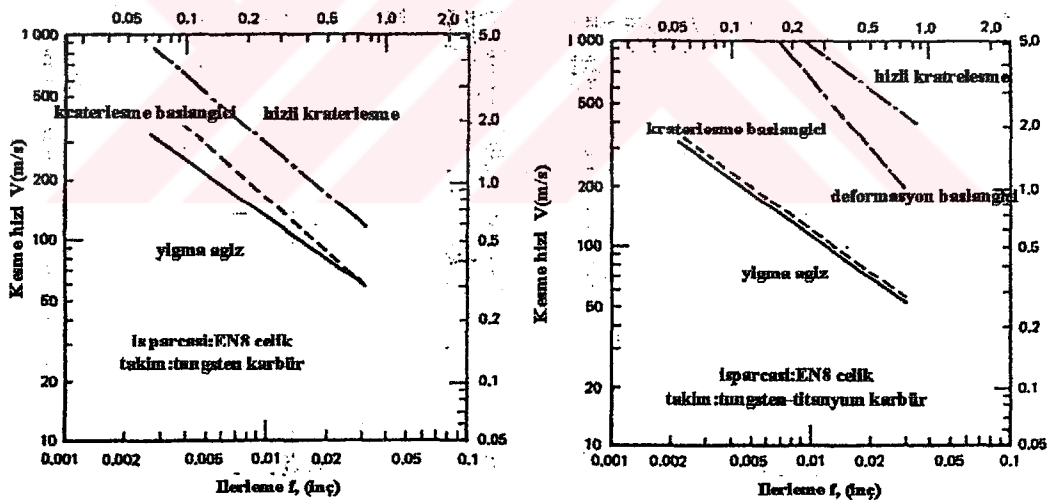
Yapılan deneyler serbest yüzey aşınma bölgesinin genellikle kesici takım ömrünü tespit eden bir kısıtlama faktörü olduğunu göstermiştir. Ancak takımın serbest yüzeyi üzerindeki aşınma hızını tespit eden gerilme, sıcaklık ve hızın fiziksel koşulları aşınma bölgesi boyunca mantıklı olarak sabittir. Ve makul küçük aşınma bölgeleri için bu fiziksel koşullar aşınma bölgesi genişliğindeki değişiklikler ile büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu iki neden için meydana gelen kesme yönü için normal olan takım malzemesinin aşınma hızının normal boşluktan bağımsız ve sabit olacağı beklenecektir. Şekil 2.9, diğer yönden serbest yüzey aşınma bölgesi genişliğinin boşluk açısına bağlı olduğunu göstermektedir.

Kesme yönü için normal olan varsayılmış bir sabit aşınma için takım ömrünü tespit eden VB' , serbest yüzey aşınma miktarı $\cot \alpha_{ne}$ 'ye oransal olmaktadır. İlişki Şekil 2.9 'da açıklanmıştır. Burada α_{ne} 'deki bir artış α_{ne} 'nin küçük değerleri için önemli boyutlarda azalan aşınma

miktarını verecektir. Ancak açık olan husus pratikte boşluk açısının takım ağzını zayıflatma riskini almaksızın çok geniş olamayacağıdır. Deneyimler, birçok iş malzemesinde 8°'lik boşluk açısına sahip yüksek hız çeliği takımların ve 5°'lik boşluk açısına sahip sert metal takımların en iyi sonucu verdiğini göstermektedir.

2.2.2.4 Hız ve İlerlemenin Krater ve Yığılma Ağzı Oluşumuyla Etkisi.

Metallerin talaşlı işlenmesinde hız ve ilerleme artışları takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklık artışına neden olmaktadır. Düşük hızlarda takım yüzeyindeki sıcaklıklardaki artışlar takım-talaş ara yüzünde sürtünmeyi azaltmaya ve bu suretle yığılma ağzının oluşmasını önlemeye eğilimde bulunmaktadır. Yüksek hızlarda takım yüzeyi sıcaklıklarındaki artışlar krater aşınma hızını artırma eğiliminde bulunmaktadır. Hız ve ilerlemedeki değişikliklerin nispi etkileri Trent, tarafından hazırlanmış bulunan grafikler ile açıkça gösterilmektedir. İlerleme ve hızdaki değişikliklerin etkilerine ilişkin iki örnek Şekil 2.10'da sunulmuştur. Verilmiş olan iş parçası, takım ve malzeme kombinasyonu için bu grafikler yığılma ağzının meydana geldiği, hızlı kraterleşmenin olduğu ve çok sert koşullar altında (yüksek sıcaklıklar ve gerilmelerin bir sonucu olarak) kesme ağzındaki takım deformasyonundan dolayı takımın aşırı bir hızda aşındığı hız ve ilerlemeleri göstermektedir. Çeşitli takım malzemelerinin performansı kıyaslandığı zaman bu grafikler aşırı şekilde kullanışlı olmaktadır. Şekil 2.10'daki sonuçlar bir tungsten-karbür takım malzemesine titanyum ilave edildiği zaman krater aşınmasının karbonlu çelik işlendiğinde önemli ölçüde daha yüksek hız ve ilerleme aralığında meydana geldiğini göstermektedir. Bu suretle karbonlu çeliklerin işlenmesi ile ilgili olarak tungsten-titanyum-karbür takım malzemelerinin kullanımı ile hızların ve ilerlemelerin kullanışlı aralığı da artış göstermektedir.



Şekil 2.10 Tungsten karbür ve Tungsten-titanyum karbür için takım aşınması grafikleri (Boothroy ve Knight, 1988)

3. SÜREKSİZ TALAŞ KALDIRMA ve TAKIMA ETKİLERİ

Metallerin talaşlı işlenmesinde otomasyonun gelişmesiyle birlikte kesici takım ömrü tahmini üretim maliyetlerinde epeyce önem kazanmaktadır. İş parçalarının herhangi bir soğutucu kullanılarak yada kullanılmaksızın sürekli olarak talaşlı işlenmesi modern imalatın sadece dar bir kolunu temsil etmektedir. Modern imalat sık sık karışık kesme çevrimlerini ve işlemlerini kapsayan kısa fasıllı serileri içermektedir. Frezeleme, delme, planyalama ve tornalama gibi kısa ve fasıllı kesme çevrimleri içeren süreksiz kesme yöntemlerinde kesici takımlar, benzer koşullar altındaki sürekli işleme göre daha kısa takım ömürlerine sahip olmaktadır. Kesici takımların aşınmasının ana nedeni kesimdeki fasılalardır. Bundan dolayı süreksiz kesmede takım giriş ve çıkış etkisi üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda, süreksiz kesmede kesici takım giriş ve çıkış koşullarının takım ömrünü etkileyen yaşamsal noktalar olduğu bulunmuştur. Araştırmacıların çoğu, giriş koşullarının herhangi bir önemli etkisinin olmadığını kabul etmişler dolayısıyla çıkış süreciyle uğraşmışlardır. Süreksiz kesmede kesici takımların erken takım aşınmasından dolayı ekonomik olmayacağı ispat edilmiştir.

1988 yılında üç İtalyan araştırmacı ; S.Locosta, A.Lombardo ve G. Passananti süreksiz kesmede alın frezeleme ve tornalama takım ömürlerinin aynı takım ve iş parçası geometrisi, kesme koşulları ve takım kalitesi için takım ömrü testlerini yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda düşük kesme hızlarında iki farklı iş prosesinde takımların aynı davranışı sergilediği ortaya çıkmıştır. Özellikle düşük kesme hızlarında takım ömrünün ilerlemeye bağlı olmadığı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte yüksek kesme hızlarında ilerlemenin farklı aralığında tahminen kobalt difüzyonunun takım ömrünü arttırdığı bulunmuştur. Verilmiş kesme parametreleriyle birlikte aynı kesme koşulları altında alın frezelemede süreksiz tornalamaya göre daha uzun takım ömrü gözlenmiştir.

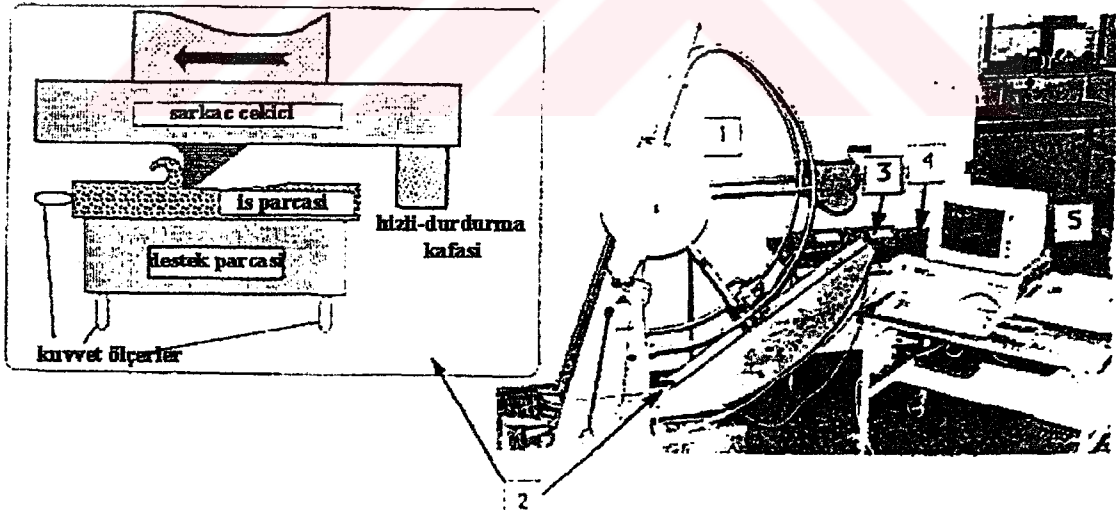
Süreksiz kesmede alın frezelemedeki gibi birbirini izleyen takımdaki termal ve mekanik yüklemelerden dolayı takım ömrü oldukça kısadır. Sertleştirilmiş çeliklerin frezelenmesinde sert metal kesici takımların kullanım koşullarına bağlı kalarak yığma ağzının oluşmadığı gözlenmiştir. Dolayısıyla yüzey kalitesi bu durumda kesme ağzının ilerlemesinden ve takım geometrisiyle belirlenmektedir. Takım ömrünü kötüce etkileme olmaksızın bu durum uygunca kontrol edilebilir ve sertleştirilmiş çeliklerin alın frezelemede istenilen yüzey kalitesi elde edilebilmektedir. P.K.Philip (1977), sertleştirilmiş metalin süreksiz kesiminde takım ömrü ve aşınmasıyla ilgili yapmış olduğu bir araştırma sonucunda, metal şekillendirme takımlarının ve makine parçalarının üretiminde işleme-sertleştirme-taşlama çevrimine bağlılık özelliği kabul edilmiştir. Sertleştirme ve işleme proseslerinin geçerliliği pratikte kabul edilmiş ve sert metallerin sürekli talaşlı işlenmesinde bile yüksek spesifik kesme kuvveti ve sıcaklıktan dolayı yüksek dayanıma sahip metallerde hızlı takım aşınması problemleri görülmüştür.

Teknolojinin gelişmesiyle beraber çok sayıda parça üretimini karşılamak ve prodüktiviteyi arttırmak için yeni bir işleme yöntemi olan CNC tezgahlarda yüksek hızda talaşlı imalat işleminde kesici takım ömrü çok daha önemli olmaktadır. Bu yöntemde kullanılan kesici takımlar diğer takımlara göre sekiz kat daha pahalıdır. Dolayısıyla kesici takım maliyetini düşürmek için takım giriş ve çıkış etkileri üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Son zamanlarda sinterlenmiş sert metal plaketerle yapılan birkaç süreksiz kesme testlerinde kesme hızının etkisi, ilerleme, talaş yüzeyi ile serbest yüzey arasındaki radyüs, termal saykılar ve giriş çıkış açılarının takım ömründe kırılmaya olan etkisi hesaplanarak ekonomik kesme hızları hesaplanmıştır.

3.1 Küçük Kesme Derinliklerinde Süreksiz Kesme

Sürekli talaş kaldırma ve büyük kesme derinliklerine bağlı olarak metallerin talaşlı işlenmesi yöntemlerinde teoride olduğu kadar deneysel olarak da çalışmalar yapılmıştır. Bu türün yöntemlerinde örneğin; tornalamada ağız radyüsü yada takımın mikro geometrisi talaş oluşumunu büyük derecede etkilememektedir. Fakat süreksiz kesmede durum aynı değildir. Bununla birlikte P.Wallen, S.Jacobson ve S.Hogmark (1988), süreksiz kesmede örneğin frezeleme, testereleme, broslama da küçük kesme derinliklerinde talaş oluşumunu tek ağızlı kesici takım deneyleriyle araştırmışlardır. Çalışmada sonlu elamanlar yöntemini kullanmışlar ve ölü bölge fenomeni, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin etkisini incelemişlerdir. Buradaki kesme derinliğinin anlamı kesici ağız radyüsünün büyüklüğü veya muhtemel yığma ağız büyüklüğüdür. Dolayısıyla ağızların mikro geometrisi süreksiz kesme işlemlerinde ihmal edilemez. Pratik de kullanımda kesme ağızı, her zaman aşınmadan dolayı genişleyen serbest yüzeye sahiptir. Bu gerçeğe rağmen çoğu talaş kaldırma çalışmalarında ve kesme kuvveti deneylerinde keskin, aşınmamış takımlar kullanılmıştır.

Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü yüksek derecede takım geometrisine bağlıdır. Dolayısıyla kesici ağızın aşınması ya üretimden ya da kesici ağızda küçük parçaların kopmasından kaynaklanmaktadır. Kesici ağızda başlangıçta küçük parçaların kopması yada plastik deformasyon oluşumu hassas olmayan geometriye sahip ağızlarda önlenemez. Bunun nedeni yüksek kesme kuvvetlerinde belli olmaktadır. Aynı zamanda hassas olmayan geometriye sahip ağızların TİN kaplanmasıyla kırılma riski azalmaktadır. Talaş kaldırmada kesici ağızda büyük aşınma mekanizmasının olduğu işlemlerde çift talaş yüzeyi geometrilerine sahip kesici takımlar daha uzun takım ömürleri vermektedir.

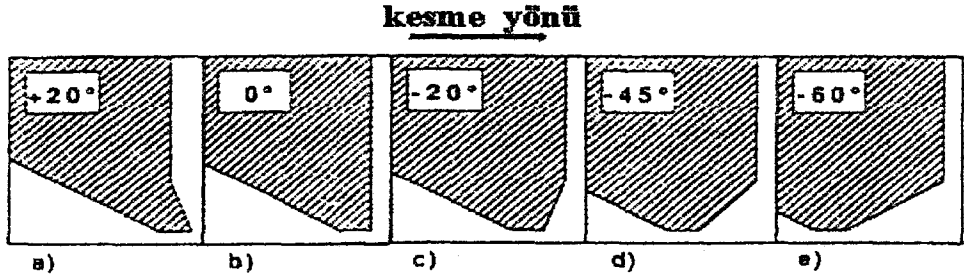


Şekil 3.1 Deney seti. (1) Sarkaç. (2) Kuvvet ölçerlerle birlikte iş parçası. (3) Amplifikatörler. (4) Konvertör (5) Kompüter (Jacobsan vd., 1988)

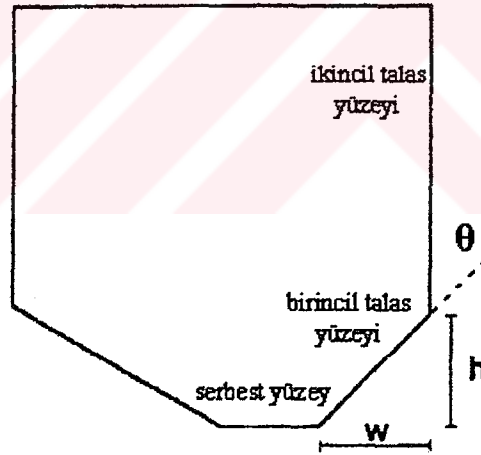
Üç araştırmacı (Wallen, Jacobson ve Hogmark) tarafından yapılan deneyler, üzerinde değişiklikler yapılmış Charpy vurma sarkacında (Şekil 3.1) karbonlu çelik, östenitik paslanmaz çelik ve temperlenmiş çeliklerin HSS kesici takımlarla kesilmesi suretiyle gerçekleşmiştir. Bu yöntem tek kesen ağızlı takımlarla metal kesme ve frezeleme işleme türlerinin çeşitli hız ve ilerlemelerinde süreksiz kesmeyi mümkün kılmaktadır. Sarkaç kesici

ağzın ani durdurma denemelerine uygun bir rijid izleyici kafa ile donatılmıştır. Kafa malzemeye çarptığında kesme yönünde malzemede boşalma ve kalkma oluşur.

Çalışmada kesici ağız geometrisi olarak beş değişik birincil talaş yüzeyi açısı kullanılmıştır; $+20^{\circ}$, 0° , -20° , -45° , -60° (Şekil 3.2). Birincil talaş yüzeyinin yüksekliği ikincil talaş yüzeyi açısı 0° ye sabitlenene kadar değişmiştir. Kesici ağız 0° tek talaş yüzeyi açısına sahiptir (Şekil 3.2.b). Çift talaş yüzeyi geometri takım Şekil 3.3 ' de gösterilmiştir. Bütün ağızlar 0,1 mm serbest yüzey aşınması ile üretilmiştir. Ortalama aşınma bölgesi HSS takımlarında yarı takım ömrü alınmıştır.



Şekil 3.2 Farklı birincil talaş yüzeyi açılarıyla birlikte çift talaş yüzeyi geometri kesici ağızlar (Jacobsan vd., 1988)



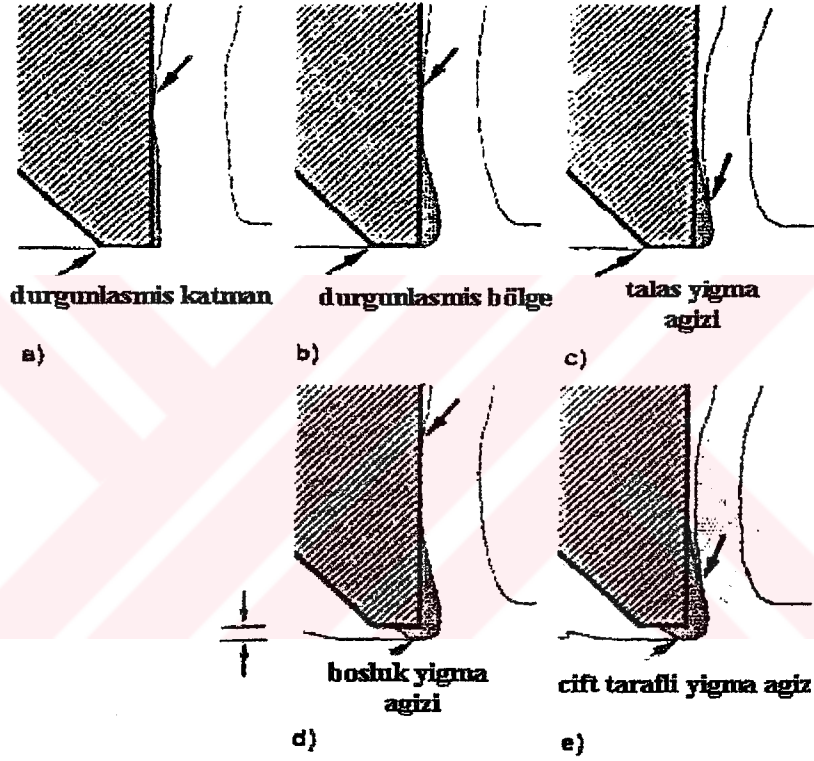
Şekil 3.3 Çift talaş yüzeyi geometri kesici ağız. θ =negatif birincil talaş yüzeyi açısı, h =birincil talaş yüzeyi yüksekliği, w =birincil talaş yüzeyi uzunluğu (Jacobsan vd., 1988)

Metallerin talaşlı işlenmesi esnasında talaş oluşumu genellikle iş parçalarının ölü bölgelerinin oluşmasını icap ettirir. Ölü bölgeler takım ömrünü, kesme yüzeyi pürüzlülüğünü ve iş parçasının boyutsal hassasiyetini etkileyebilir. Ölü bölge fenomeni oldukça karışık ve değişkendir. Küçük kesme derinliklerinde süresiz kesme için oldukça önemli ayrıntılı çalışmalar gerektirmektedir.

Ölü bölgelerin sınıflandırılması için yeni sistem ve terminoloji ilk defa Jacobsan ve Wallen ve Hogmark (1988), tarafından ortaya çıkarılmıştır (Şekil3.4). Sistem talaş oluşturucu iki ayrı

çatlak ve yeni kesme yüzeyinin ayrı ayrı sınıflandırılması temeline göre kurulmuştur. Bu sınıflandırma sistemine göre ölü bölgelerin dört ana sınıfı meydana gelebilir:

1. Alt grup durgunlaşmış bölge ile birlikte durgunlaşmış katman; yalnızca kesme geometrisini önemlice değiştiren katmandır. Ara yüzey çatlakları tarafından talaş , talaş yüzeyinden ayrılmış ve iş parçası, boşluk yüzeyinden ayrılmıştır.
2. Talaş yığıma ağzı : ikincil kayma düzleminde talaş, talaş yüzeyinden iç çatlama nedeniyle ayrılmıştır.
3. Boşluk yığıma ağzı: üçüncül kayma düzleminde iş parçası, boşluk yüzeyinden iç çatlama tarafından ayrılmış.
4. Çift taraflı yığıma ağzı: talaş ve iş parçasının her ikisi de iç çatlaklardan dolayı takımdan ayrılmış.

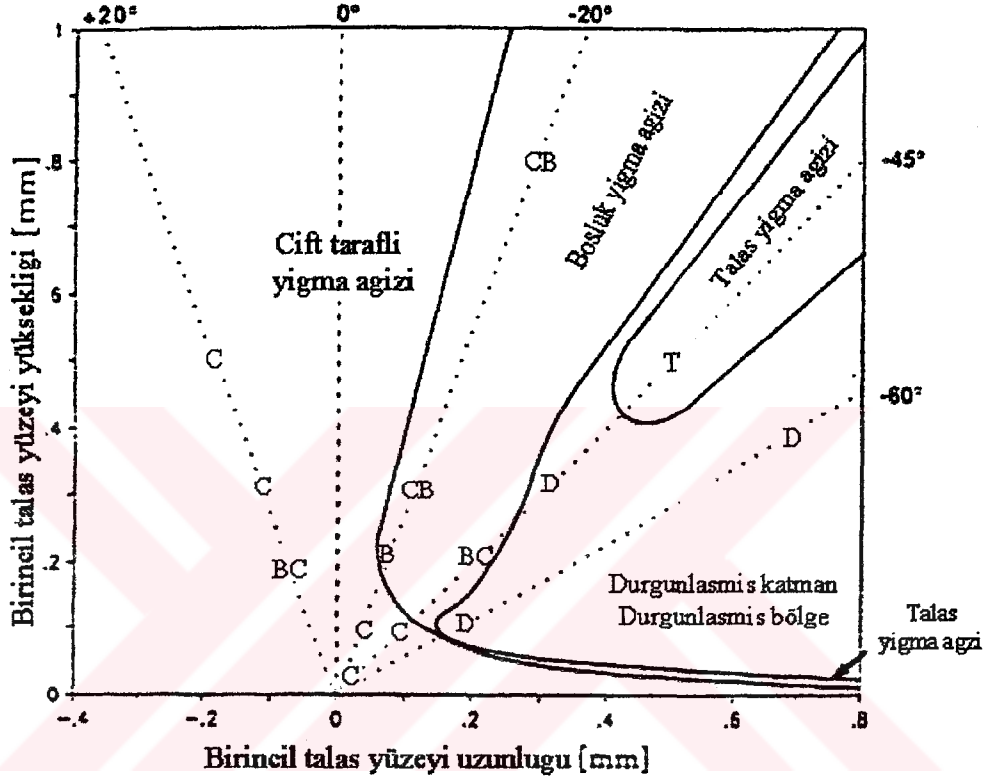


Şekil 3.4 İş parçasının ayrılma biçimine göre ölü bölgelerin sınıflandırılması. Oklar ayrılma noktalarını gösterir. (Jacobsan vd., 1988)

Alt grup durgunlaşmış bölge ile birlikte durgunlaşmış katman, ayırma mekanizması boyunca kesme yüzeyi takım tarafından direkt olarak şekillendirilmiş talaşın arka tarafı kadar iyidir. Ve bundan dolayı kabul edilmiş pek çok yüzey görünüşleri takım topografisiyle bağdaştırılmıştır. Boşluk yığıma ağzı ile kesme yapıldığı zaman kesilen iş parçası yüzeyi yığıma ağzı tarafından şekillenir ve nispeten pürüzlü topografiyi alır. Bunun nedeni yığıma ağzıdır ve normal olarak her durumda kesici takımdan daha pürüzlüdür ve de sürekli olarak şekil ve büyüklüğü değiştirir. Birde pürüzlülüğe sıklıkla yığıma ağzından ayrılan küçük veya büyük parçalar neden olmaktadır. Boşluk yığıma ağzı ile kesmede ve durgunlaşmış koşullar altında kesmede, talaşın arka yüzeyinde de diğer taraftakiyle eşit derecede düzgünlük olmaktadır. Bu, iki sınıfın da talaş yüzeyi tarafında aynı ayırma mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir. Talaş yığıma ağzı ile kesme yapıldığında koşullarda tersi olacaktır. Çift taraflı yığıma ağzı, kaba kesme yüzeylerindeki gibi pürüzlü talaş kalıntıları bırakacaktır. Çift taraflı yığıma ağzı veya boşluk yığıma ağzı ile kesmede kesmenin gerçek

derinlikleri ilerlemeden daha büyük olacaktır. Buna iki ölü bölgedeki çıkıntı sebep olmaktadır. Bitirme işlemlerinde yığma ağızlarının mevcudiyeti iş parçasının boyutsal hassasiyetini ve kesme yüzeyi pürüzlülüğünü kötü yönde etkilemiştir.

Şekil 3.5 'de birincil talaş yüzeyi yüksekliği ve birincil talaş yüzeyi uzunluğu için ölü bölge sınıflarının haritası çizilmiştir. Kesikli çizgilerle farklı birincil talaş yüzeyi açıları gösterilmiştir. Bu tip ölü bölge diyagramlarında kesme koşullarındaki herhangi bir değişiklik için örneğin ağız mikro geometrisi yada hız önceden tahmin edilebilir.

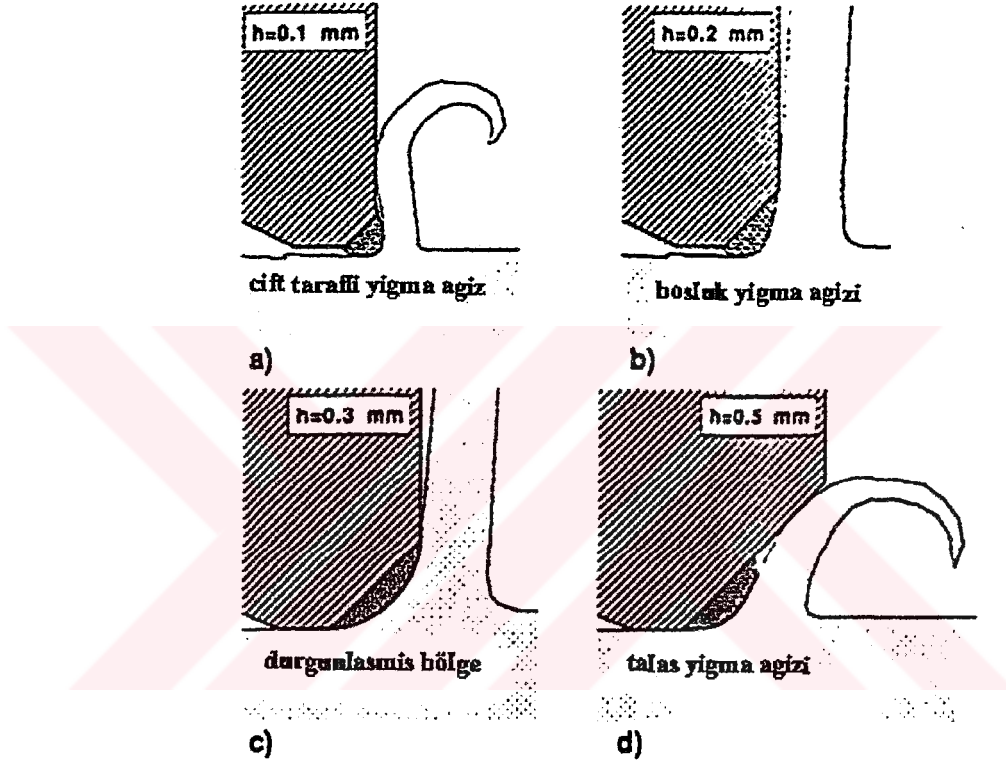


Şekil 3.5 Ölü bölge sınıfı haritası. Süreksiz kesmede ölü bölge oluşumunda çift talaş yüzeyi geometrisinin etkisi. Test edilen kesici ağızların mikro geometrileri harflerle gösterilmiştir: C: çift taraflı yığma ağızı, B: boşluk yığma ağızı, T: talaş yığma ağızı, D: durgunlaşmış katman yada bölge. BC ve CB karışık tipler. Düşük karbonlu çelik, 80 m/dak, yağlı kesme koşulları. (Jacobsan vd., 1988)

Düşük karbonlu çelik çift taraflı yığma ağızlarda bütün kesme geometrileri -60° ve -45° birincil talaş yüzeyi açılarını ve yeterli talaş yüzeyi yüksekliklerini içerir. Keskin ağızlar düşük kesme kuvvetlerini ortaya çıkarır ve bundan dolayı düşük sıcaklıklar iç çatlamalara ve yığma ağız oluşumuna sebep olmaktadır. Mekanizmalar bir ölü bölge tipinden diğerine geçiştekilerin arkasındadırlar ve oldukça karışıktırlar. İlginç bir sonuç ; sabit birincil talaş yüzeyi açısının dört olası ölü bölge sınıfının herhangi birisinde pahın büyüklüğünün değişmesiyle genişleyebilmesidir.

Talaş yüzey yüksekliğinin talaş yüzey uzunluğuna eşit olduğu -45° geometride tasarlanmış mekanizmalar , ölü bölge sınıfı değişiklikleri için aşağıda tarif edilmiş ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

- Küçük pah, (talaş yüzey yüksekliği 0,1 mm) çift taraflı yığma ağız ile kolayca doldurulmuş.
- Talaş yüksekliği 0.2 mm olduğunda, ikincil kayma düzlemi uzun ve böylece yeterli yüksek sıcaklık çift taraflı yığma ağızını boşluk yığma ağızına dönüştürür.
- Talaş yüksekliği 0.3 mm olduğunda, uzun üçüncül kayma düzlemi boşluk yığma ağızını durgunlaşmış bölgeye dönüştürür.
- Talaş yüzeyi yüksekliklerinin daha fazla büyümesi pahın büyüklüğünü artırır, tamamıyla durgunlaşmış malzemeye ile doldurulmasını sağlar. Birincil talaş yüzeyinin üst kısmında mekanik kuvvetler durgunlaşmış bölgeyi talaş yığma ağızına dönüştürür.

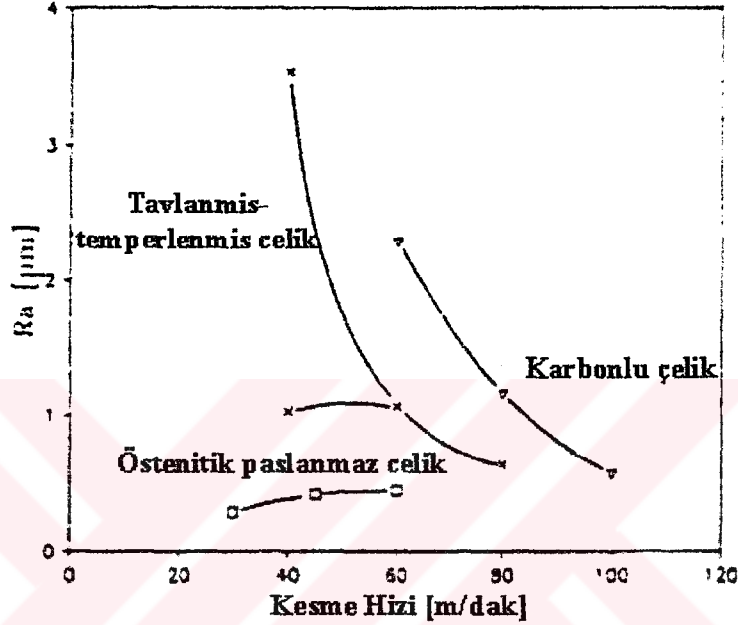


Şekil 3.6 -45° talaş yüzeyi geometrisine sahip kesici takımlar için farklı birincil talaş yüzey yüksekliklerinde tasarlanmış ölü bölge mekanizmaları (Jacobsan vd., 1988)

Çift taraflı yığma ağızı yada boşluk yığma ağızının mevcut olduğu durumda kesme yüzeyi direk olarak ölü bölge tarafından biçimlenir. Bununla birlikte yığma ağızlar sabit değil sürekli olarak biçim ve büyüklüğü değiştirmekte ve daha da fazlası kesme yüzeyinde oluşan kalıntılar kısmen veya tamamen parçalanma göstermektedir. Yüzey pürüzlülüğü ayrışma oranında olduğu gibi kalıntıların büyüklüğü ile ilişkilidir. Diğer iki bölge sınıfı için aşınma bölgesi ve iş parçası yüzeyi arasındaki bağlantı mukayeseli olarak meydana gelen düzgün yüzeyin pürüzlülüğü ile tayin edilmektedir.

Şekil 3.7'de üç farklı çalışma malzemesi için kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü (R_a) gösterilmiştir. Östenitik paslanmaz çelik, çalışılmış hız aralıklarının hepsinde ölü bölgenin durgunlaşmış katman oluşumuna uygun olarak düşük hızlara nispeten bağımsız yüzey pürüzlülükleri göstermiştir. Diğer iki malzeme, yığma ağız oluşumuna bağlı hızı uygun olarak daha pürüzlü yüzey ve daha yüksek kesme hızını sergilemiştir. Karbonlu çelikte 60

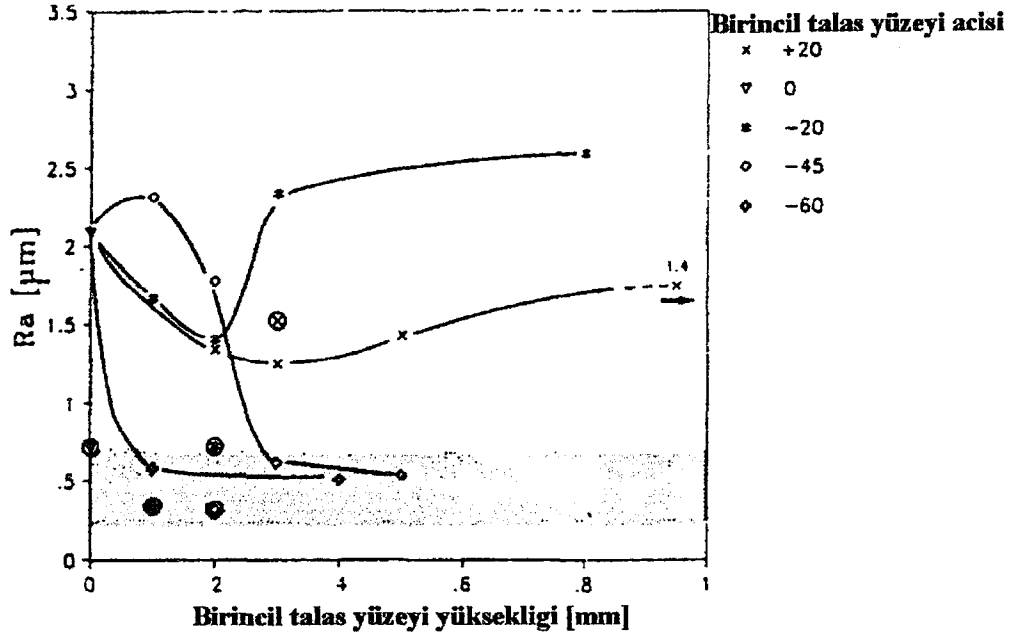
m/dak kesme hızında ölü bölge sınıfı çift taraflı yığma ağzıdır. Yığma ağzı Ra değerini azaltmaktadır. Şöyle ki kesme hızının 80m/dak'a çıkması Ra değerinin azalmasıyla sonuçlanmıştır. 100m/dak'da ikincil kayma düzleminde talaş yüzeyindeki yığma ağzını bertaraf etmek için yeterli ısı meydana gelir ve çok küçük çıkıntılarla birlikte ölü bölge sınıfı boşluk yığma ağzına dönüşür. Tavlanmış ve temperlenmiş çelik, 40m/dak' da her iki bölgenin gelişebileceği yer dışında aynı kesme hızına sahiptir. Yüksek Ra değeri büyük pürüzlü çift taraflı yığma ağzı ile, küçük değer küçük çift taraflı veya boşluk yığma ağzı ile ilişkilendirilmiştir. 60 ve 80m/dak' da ölü bölge sınıfı boşluk yığma ağzıdır.



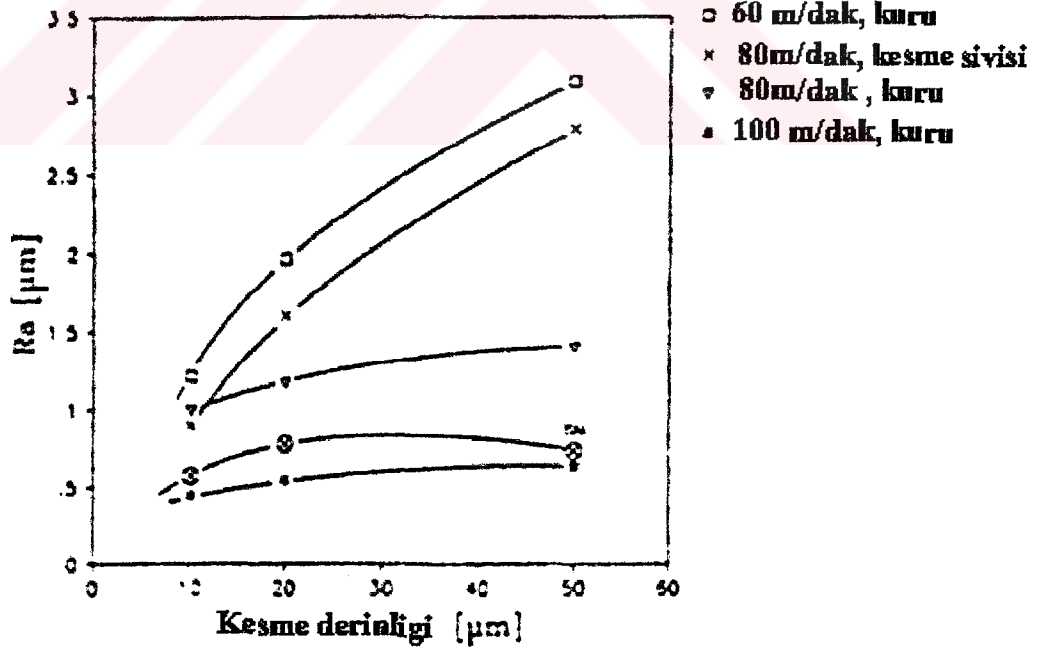
Şekil 3.7 Kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü (Ra) (kesme derinliği 50 µm'den az, kesici takım 0° birincil talaş yüzeyi açısına sahip ve kuru kesme koşulları) (Jacobsan vd., 1988)

Düşük karbonlu çelik için yüzey pürüzlülüğünde ağız mikro geometrisinin ve TiN kaplamanın etkisi 80 m/dak'da Şekil 3.8 'de gösterilmiştir. -60° ve -45° talaş yüzeyi geometrileri ,özellikle yüksek birincil talaş yüzeyleri ile birlikte 0° talaş yüzeyi geometriyle karşılaştırılırsa yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmektedir. Bu koşullar altında durgunlaşmış bölge gelişmekte ve daha çok veya az pah doldurma pürüzsüz kesme yüzeyi ile sonuçlanmaktadır.

-20° talaş yüzeyi geometrisi 0° talaş yüzeyi geometriyle karşılaştırıldığında yüzey pürüzlülüğünde önemlice bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. +20° talaş yüzeyi geometrisi az miktarda Ra değerini arttırmıştır. Bunun nedeni yığma ağzının parçalanmasından yada talaş akış yönünde yönelmeden olabilir. TiN kaplama ağızlar Ra değerini azaltmıştır.-60° ve -45° talaş yüzeyi geometrileri durgunlaşmış bölgeleri, -20° ve 0° talaş yüzeyi geometrileri durgunlaşmış yada küçük boşluk yığma ağızlarını, +20° talaş yüzeyi geometrileri boşluk yığma ağzını sergilemiştir. TiN kaplama yığma ağız oluşumunu ve büyümesini durdurmaya eğilim göstermiş ve ayrıca TiN kaplama takımlar parlak talaş oluşturmuşlardır.



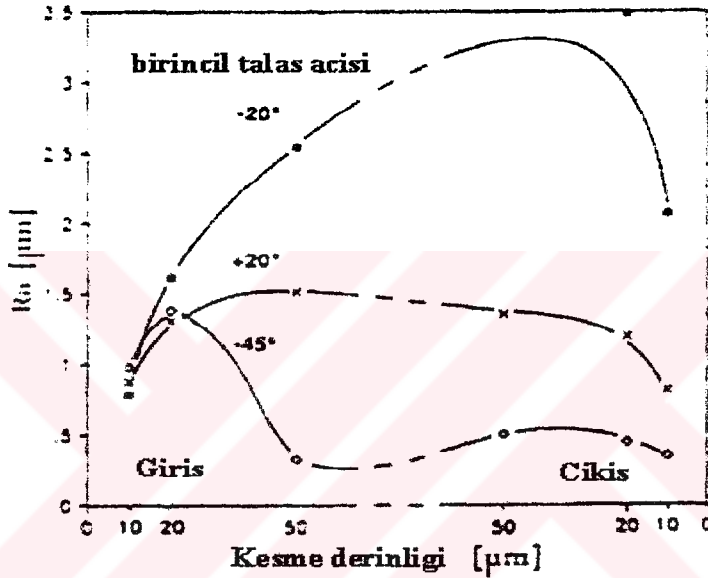
Şekil 3.8 Düşük karbonlu çelik için 80m/dak kesme hızında birincil talaş yüzeyi yüksekliği ve yüzey pürüzlülüğü (Ra). Kesme derinliği 50 µm'den az, yuvarlak içine alınmış semboller TiN kaplı kesici takımları gösterir, yağlı kesme koşulları. Gölge bölümde östenitik paslanmaz çeliğe tekabül eden Ra değerleri gösterilmiştir. (Jacobsan vd., 1988)



Şekil 3.9 Yüzey pürüzlülüğü Ra ve kesme derinliği (ortalama giriş ve çıkış değerleri), 0° geometri, düşük karbonlu çelik. (Jacobsan vd., 1988)

Sarkaç test metodu ile yapılan çalışmada (Jacobsan vd., 1988) , hassas kesimler yapılmış ve her derinlik üzerinden iki defada geçilmiş ve giriş-çıkış değerleri kaydedilmiştir. 60 m/dak kesme hızında yağma ağız çıkıntılarının büyümesinden dolayı büyük çift taraflı yağma ağız şekilleri ve yüzey pürüzlülüğü kesme derinliği ile birlikte artmıştır. Bu artış Şekil3.9'da gösterilmiştir.

Daha yüksek kesme hızlarında ve/veya TiN kaplamada, kesme derinliğine bağlılık çok daha zayıftır. Daha küçük kesme derinliklerinde yağma ağız çıkıntısı daha küçük ve tamamıyla gelişmiştir.Kesme sıvısının kullanılması kesme ağız bölgesini soğutur ve böylece kesme hızının azaltılmasında benzer etkiye sahip olmaktadır. Süreksiz kesmede ölü bölge sınıfları ve bundan dolayı kesme yüzeyi pürüzlülüğü tek vuruşlarda değişebilir.Şekil 3.10'da farklı talaş yüzeyi açıları değişiklikler gösterilmiştir.

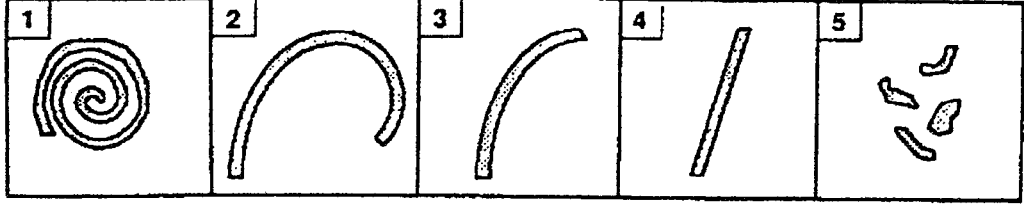


Şekil 3.10 Düşük karbonlu çelik için kesimin giriş ve çıkış tarafında kesme derinliğine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü. Birincil talaş yüzey yüksekliği :0,3 mm, 80m/dak kesme hızı, yağlı kesme koşulları. (Jacobsan vd., 1988)

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi Ra değerleri yalnızca kesme derinliğine bağlı değil giriş ve çıkış değerleri arasında da değişmektedir. Giriş tarafında yağma ağız çıkıntısı muhtemelen hala gelişmektedir.Çıkış tarafında ise yağma ağızı tamamıyla gelişmiş fakat büyüklüğü kesme esnasında meydana gelmiş ısıdan etkilenmiştir. -20° talaş yüzeyi geometrisi büyük boşluk yağma ağızını kuvvetli kesme derinliklerine bağlı olarak geliştirir. +20° talaş yüzeyi geometrisi benzerini sergiler fakat daha az belirgin bir kıvrıma sahiptir. Bununla birlikte -45° talaş yüzeyi geometrisi farklılık gösterir.Yüzey pürüzlülüğü kesme esnasında çift taraflı yağma ağızının durgunlaşmış katmana dönüşmesinden dolayı iyileşmiştir.Bunun nedeni muhtemelen kesme derinliği, kesme uzunluğu ve ısının ortak etkisidir. Kesme derinliğine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki artış sürekli kesme işlemlerinde gözlenmiş sonuçlara zıttır. Bununla birlikte sürekli kesmeden alınan sonuçlarda sıcaklık ve ölü bölge sınıflarının sabit olduğu alınmıştır.

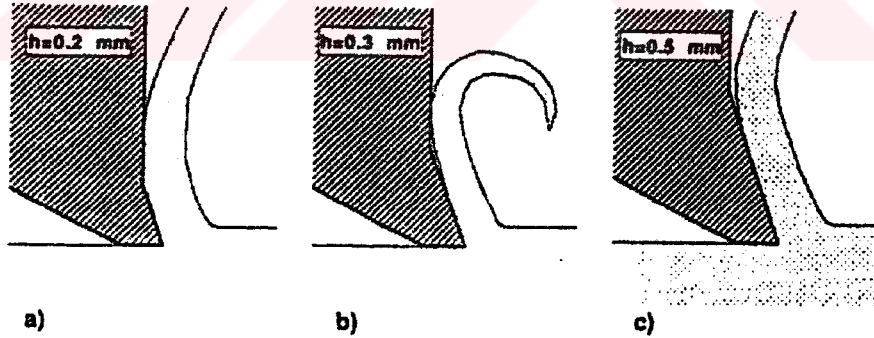
Araştırmacılar (Jacobsan vd., 1988) kesici ağız mikro geometrisini incelemek için talaş oluşumlarını toplanmışlar ve talaş kıvrılması radyüsüne bağlı olarak talaş oluşumlarını beş sınıfa ayırmışlardır (Şekil3.11). Worthington ve Redford (1973), talaşların kıvrılmasında

etkinin esasen mekanik kırılmadan kaynaklandığını tasarlamışlardır. Talaş ,ölü bölgenin dış hatlarını ve talaş yüzeyinin kayma sürtünmesi kısmını izler. Birinci sınıf en küçük kıvrıklaşma radyüsüne sahip ve dördüncü sınıfa kadar radyüs artmaktadır ve talaş hemen hemen dümdüz olmaktadır. Son sınıf en ağır deforme olmuş kırılmış talaşları içermektedir.



Şekil 3.11 Süreksiz talaş kaldırmada farklı talaş tipleri için talaş kıvrılması sınıflandırması
(1) Sıkıca kıvrılmış ,(2) Kıvrılmış, (3) Eğri, (4) Düz -doğru, (5) Kırılmış
(Jacobsan vd., 1988)

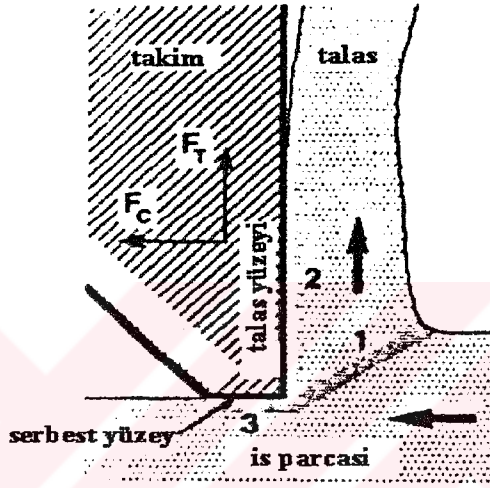
Talaş kıvrılması, talaş boşluğunun sınırlı olduğu süreksiz işlemler için çok önemli faktördür. Eğer talaş çok düz üretilmişse sanki çubuk gibi ise yapışma yada diğer problemlere neden olur. Testereleme gibi işlemlerde birbirini takip eden kesimler arasında talaşın kolayca ayrılması ve gelecek talaş için boşluğu oluşturmak çok önemlidir. Üç ve dördüncü talaş sınıfı bu konuda çok problem yaratır. Beşinci sınıf her zaman mukayeseli olarak kesme kuvvetleriyle ilişkilendirilmiştir ve talaş oluşumu esnasında şiddetli plastik deformasyonu göstermektedir. Durgunlaşmış bölge ve durgunlaşmış katman koşulları altında kurallara uygun talaş oluşumu talaş kırıcının meydana gelmesini gerektirir. Buna örnek Şekil 3.12’de gösterilmiştir. İkincil talaş yüzeyinde uygun büyüklükte $+20^\circ$ talaş yüzeyine sahip kesici ağız talaş kırıcı gibi rol oynar.



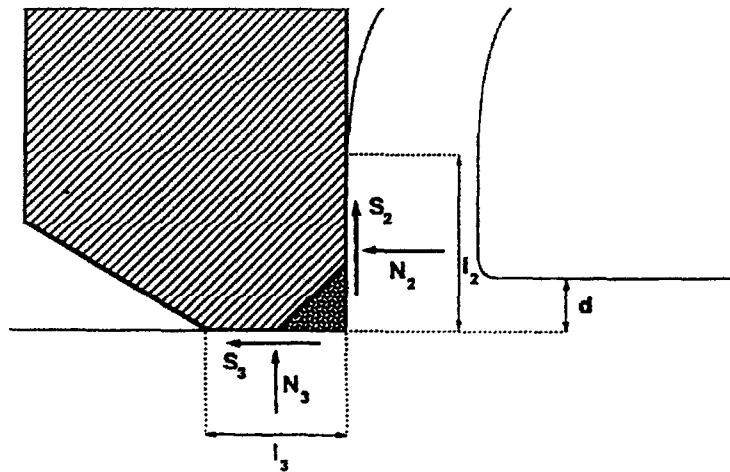
Şekil 3.12 Temas boyunca birincil talaş yüzeyi yüksekliğinin etkisi ve östenitik paslanmaz çeliğin $+20^\circ$ kesme geometrileri için talaş kıvrılması. a) Düşük birincil talaş yüzeyi. Temas uzunluğu 0° talaş yüzeyi geometrisindeki düz yüzeyli takımların doğal temas uzunluğuna hemen hemen eşit; (b) minimum temas uzunluğu ve en iyi talaş kıvrılması için birincil talaş yüzeyi yüksekliği. Birincil talaş yüzeyi talaş kırıcı gibi rol oynar; (c) yüksek birincil talaş yüzeyi. Temas uzunluğu $+20^\circ$ geometrideki düz yüzü takımların doğal temas uzunluğuna eşit.
(Jacobsan vd., 1988)

3.1.1 Küçük Kesme Derinliklerinde Süreksiz Kesme Kuvvetleri

Talaşlı şekil vermede yüksek kesme kuvveti ilgili işlemin yapılması için yüksek motor gücü gerektirmektedir. Mekanik kuvvet, esas olarak üç kayma bölgesindeki ısıya dönüştürülmektedir (Şekil 3.13). Birincil ve ikincil kayma bölgelerinden ısının çoğu talaşa dağılmaktadır ve bir miktar ısı ise (esas olarak üçüncü derecedeki kayma bölgelerinden) takım ağzına hareket etmektedir. Aynı zamanda da yüksek bir vurma kuvveti kesme ısısını yükseltmeye yardım etmekte ve ilaveten titreşimlere ve takım sapmasına ve sonuç olarak da boyut hassaslığının kaybına yol açmaktadır. Bunun en çok bilinen örneği kesme kuvvetleri ile bağlantılı deforme olmuş ağızlarla metallerin testereleme işlemi ile kesilmesi yapıldığı zaman kesici ağızların yerinden çıkmasıdır.



Şekil 3.13 Metallerin talaşlı işlenmesi modelinde 3 kayma bölgesi. Malzeme akışı ve kesme kuvveti F_C ve vurma kuvveti F_T kuvvetleri oklarla gösterilmiştir. (Jacobsan vd., 1988)



Şekil 3.14 Durgunlaşmış bölgede kesmede çift talaş yüzeyine sahip kesici ağzın geometrisi. 2 ve 3, ikincil ve üçüncül kayma düzlemlerini, l = kayma düzlemi uzunluğu, S =kayma kuvveti, N =normal kuvveti, d =keme derinliğini (deforme olmamış talaş kalınlığını) göstermektedir. (Jacobsan vd., 1988)

Anlaşılabacağı üzere şiddetli ve değişken gerilme ile kesme parçasının girişi ve çıkışı esnasında kesici ağız maruz kaldığı ısı koşulları takım aşınmasını ciddi boyutlara vordurmaktadır. Bu durum durağan hal koşullarının takım üzerindeki ortalama kuvvetleri ve aşınma hızını belirlediği tormalama ve delme gibi sürekli talaşlı işlemlere tezat teşkil etmektedir. Söz konusu bu kuvvetler kesme yüzeyine uygulanan son işlem ve takım ömrü bütünüyle ağız mikro geometrisine bağlı bulunmaktadır. Süreksiz kesme işlemlerinde genel olarak meydana gelen ilk ağızdan küçük parçaların kopması veya plastik deformasyon ile ilgili eğilimin ağza kasıtlı olarak keskin olmayan bir geometri vermek suretiyle engellenmesi mümkündür. Aynı zamanda da keskin olmayan kesici ağız geometrileri sert koruyucu kaplamaların (örneğin TiN) parçalanma riskini azaltmaktadır.

Kesici ağız üzerinde hareket eden kuvvetler ikincil ve üçüncül kayma düzlemleri vasıtasıyla yayılmaktadır. Şekil 3.14' de belirtildiği gibi vurma ve kesme kuvvetlerinin aşağıdaki gibi formüle edilmesi mümkündür:

$$F_C = N_2 + S_3 \quad (3.1)$$

$$F_T = S_2 + N_3 \quad (3.2)$$

Burada, N normal kuvveti, S kayma kuvvetini belirtmektedir. 2 ve 3 no'lu endeksler ise, sırasıyla ikincil ve üçüncü kayma bölgelerine tekabül etmektedir.

Ortalama normal gerilme σ ve ortalama kayma gerilmesi τ devreye sokmakla kuvvetlerin ilk tahmini yaklaşım olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmesi mümkündür.

$$F_C = \sigma_2 l_2 b + \tau_3 l_3 b \quad (3.3)$$

$$F_T = \tau_2 l_2 b + \sigma_3 l_3 b \quad (3.4)$$

Bu eşitliklerde; b kesici ağız genişliğini ve l_2 ve l_3 sırasıyla kesme ve ilerleme yönlerindeki ikincil ve üçüncül kayma düzlemlerinin planlanmış uzunluklarını ifade etmektedir. Böylece, kuvvetlerin her biri bir talaş yüzeyi bir de serbest yüzey teriminden meydana gelmektedir. Kayma düzlemlerinin uzunluklarının kesme derinlikleriyle bağlantısı olup bunların kesme uzunluğuna bağlı olması da mümkündür. Spesifik kesme ve vurma kuvvetlerinin aynı zamanda aşağıdaki gibi tanımlanması da mümkün bulunmaktadır:

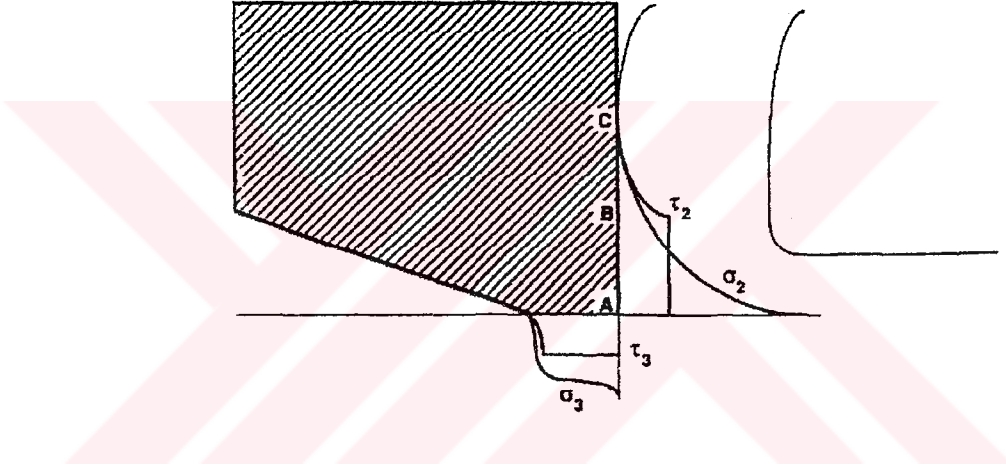
$$k_s^C = \frac{F_C}{bd} = \sigma_2 \frac{l_2}{d} + \tau_3 \frac{l_3}{d} \quad (3.5)$$

$$k_s^T = \frac{F_T}{bd} = \tau_2 \frac{l_2}{d} + \sigma_3 \frac{l_3}{d} \quad (3.6)$$

Bu eşitliklerde d, kesme derinliğidir. Bu suretle spesifik kuvvet deforme olmayan talaşın enine kesit başına kuvvetidir ve de vurma boyutuna sahip bulunmaktadır. Durgunlaşmış bölge ile yığılma ağız kesme koşulları arasındaki ana farklılık kayma düzlemlerinin genişlemesidir. Bir yığılma ağız oluşumu normal olarak ikincil ve/veya üçüncül kayma düzlemlerinin uzunluklarını azaltmakta ve bu suretle de spesifik kuvvetleri azaltmaktadır.

(3.5) ve (3.6) eşitliklerinde gösterilen gerilmeler iki kayma bölgesindeki ortalama normal ve kayma gerilmeleridir. Şekil 3.15'de gerçek gerilme dağılımlarının idealleştirilmiş modelleri açıklamaktır. Talaş-kesici ağız temasının iki bölgeye ayrılması mümkündür. Bu husus ilk

önce Zorev tarafından ortaya atılmış ve daha sonra Kato ve diğerleri tarafından deneysel olarak teyit edilmiştir. İlk bölge (A-B), talaş ve takım arasında yapışma ile karakterize edilmekte ve bu nedenle nispi hareket ara yüzden belli bir mesafedeki talaş malzemenin kesme deformasyonunu talep etmektedir. Burada gerçek temas alanı görünürdeki temas alanını eşitlemekte ve kayma gerilmesinin maksimum değeri talaşın kayma gerinimine eşit olmaktadır. Talaş-kesme ağız temasının (B-C) kalan kısmı boyunca koşul sadece temas sertliklerinde plastik deformasyon ile iki elastik gövdenin nispi kayması ile benzerlik göstermektedir. Gerçek temas alanı görünürdeki temas alanından çok daha küçüktür ve kayma gerilmesi ise normal gerilmeye oransaldır. Bundan dolayı bir klasik sürtünme katsayısının tanımının yapılması mümkündür. Talaş ön yüzünün normal bir gerilme dışı yüzey oluşturması nedeni ile talaş yüzeyine karşı normal gerilmenin talaş kökünden iletilmesi gerekmektedir. Böylece normal gerilme talaş hareketi yönünde azalmaktadır. Serbest yüzey boyunca mevcut olan gerilme ise daha geniş ortalama bası gerilmesine yol açan serbest yüzey altında herhangi bir serbest yüzey bulunmadığından aynı şekil ve biçimde azalmamaktadır. Sonuç olarak, klasik sürtünme bölgesinin uzunluğu üçüncül kayma bölgesi boyunca oldukça kısadır ve ortalama τ_3 kayma gerilmesi çalışma malzemesinin kayma gerinimine çok yakın olmaktadır.



Şekil 3.15 İkincil ve üçüncül kayma bölgeleri boyunca ideal gerilme dağılımı.
(Jacobsan vd., 1988)

Çizelge 3.1 Üç d kesme derinliklerindeki üçüncül kayma bölgesinde μ_3 ortalama sürtünme katsayısı, τ_3 ortalama kayma gerilmesi ve σ_3 ortalama normal gerilme (Jacobsan vd., 1988)

d (μm)	Düşük karbonlu çelik			Östenitik paslanmaz çelik		
	σ_3 (N/mm^2)	τ_3 (N/mm^2)	μ_3	σ_3 (N/mm^2)	τ_3 (N/mm^2)	μ_3
10	695	223	0.32	780	250	0.32
20	800	212	0.27	860	284	0.33
50	935	248	0.27	730	422	0.58
Ortalama	810	227	0.28	790	318	0.41

Hesaplanmış gerilme değerleri Çizelge 3.1 'de verilmiştir. Normal gerilme kesme derinliği ile artarken, kesme gerilmesi sadece farklı kesme derinliklerinde küçük değişiklikleri sergilemektedir. 50µm kesme derinliğinde Östenitik paslanmaz çelik ile ilgili gerilme büyüklükleri en uygun olan en küçük karelerdeki bir belirsizliğe varan daha büyük hacimlerdeki planlanmış serbest yüzey ile ilgili deneysel değerlerin yetersizliğinden dolayı nispi olarak belirsizdir. Böylece kayma gerilmesi kesme derinliğine ilaveten normal gerilmeden de yaklaşık olarak bağımsız olmakta ve planlanmış serbest yüzey boyunca var olan koşullar komple yapışma ile karakterize edilmektedir. Ortalama gerilmeler $\mu_3 = \tau_3 / \sigma_3$ 'e göre bir ortalama sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Kesme derinliklerinin tamamının ortalama değeri şu sonuçları vermiştir:

$$\mu_2 = 0.44$$

(Düşük karbon çeliği)

$$\mu_2 = 0.65$$

(Östenitik paslanmaz çelik)

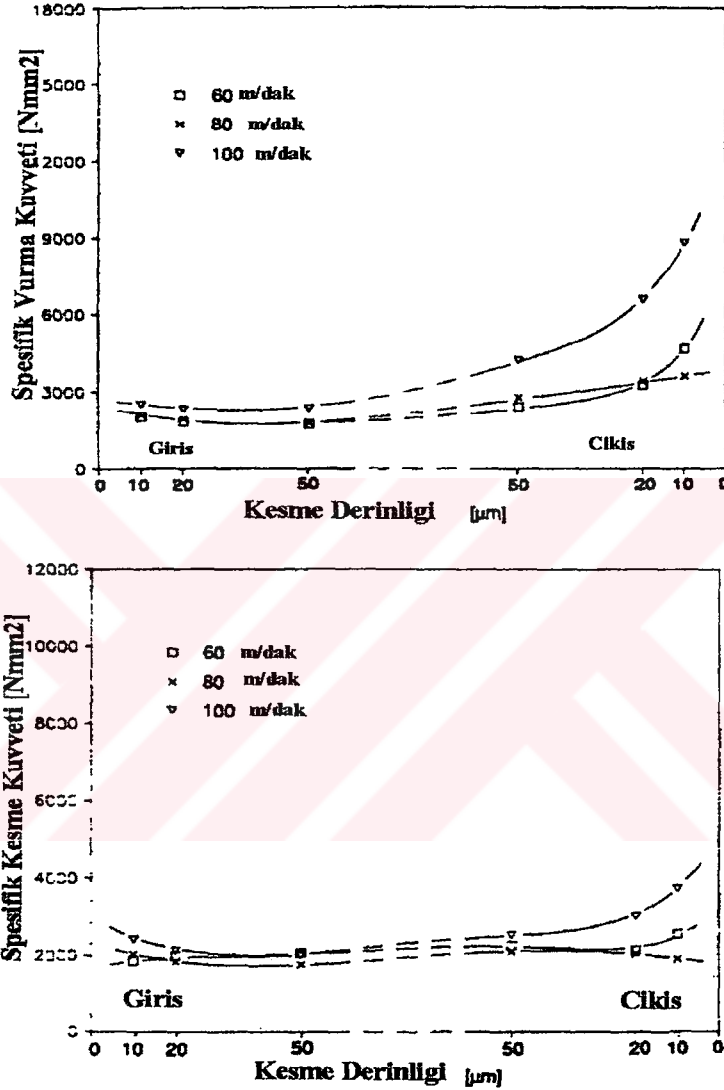
İkincil kayma bölgesindeki daha yüksek katsayılarla üçüncül kayma bölgesindekilerin kıyaslanması daha yüksek kayma gerilmeleri ve/veya daha düşük normal gerilmeleri belirtmektedir. İdeal olarak bilinenmiş ağızlar için spesifik kuvvet eşitlikleri $l_3 = 0$ değerli (3.5) ve (3.6) no'lu eşitlikleri kullanmak suretiyle elde edilmektedir. Bu iki eşitlik üç bilinmeyeni ihtiva ettiğinden (σ_2, τ_2, l_2) bunların birisi için sistemi çözmek mümkün değildir. İlk yaklaşık tahminde ortalama kayma gerilmesinin ikincil ve üçüncül kayma düzlemleri boyunca aynı değere sahip olduğu örneğin $\tau_2 = \tau_3$ gibi farz edildiği takdirde yaklaşık l_2 temas uzunluğu değerleri ile σ_2 ortalama normal gerilmenin tahmin edilmesi mümkündür. Bu yaklaşık tahmin ikincil kayma düzleminde üçüncül kayma bölgesinde olandan daha düşük bir ortalama normal gerilme vermektedir. Bu durum Şekil 3.15'de gerilme dağılımındaki farklılık ile açıklanmaktadır. Ayrıca, yaklaşık tahmin l_2 temas uzunluğunun kesme derinliği ile olan orantısallığından daha yavaş arttığı sonucunu vermektedir.

0° talaş yüzeyi açısı geometrisine ilişkin spesifik kuvvetler her bir iş malzemesi için üç farklı hızda araştırılmıştır (Jacobsan vd., 1988) . Şekil 3.16 'da düşük karbonlu çelik için kesme derinliğine (deforme olmamış talaş kalınlığına) karşı spesifik vurma ve kesme kuvveti gösterilmiştir. Araştırmacılar süreksiz metal kesmenin test edilen şekilde soldan sağa doğru olmak suretiyle sabit kesme yönünü temsil etmek için zıt yönlü derinlik eksenleriyle bir giriş birde çıkış ile oluşturulmuş diyagramları yapmanın yararlı olacağını görmüşlerdir.

Sarkaç ile kesmenin uygulanmasında kesme uzunluğu ile derinliği arasında karmaşık bir ilişki vardır. Çift taraflı yığma ağızlar ve boşluk yığma ağızı kesim parçası derinliğine önceden tahmin edilmeyen katkılarda bulunmaktadır. Ayrıca test donanımındaki sapmalardan dolayı kesim parçası ideal bir dairesel kavis şekline sahip değildir. Böylece kesme uzunluğu ile d arasında herhangi bir basit ilişkinin (3.5) ve (3.6) no'lu eşitliklerde sunulması mümkün değildir. Spesifik kuvvetlerdeki kesme uzunluğu ve derinliğinin etkisi niteliksel olarak (3.5) ve (3.6) no'lu eşitliklerden anlaşılabilir. Temas uzunluğu l_3 , düz yüzey geometrisindeki ağızlar için sadece pek az olarak değişmektedir halbuki l_2 talaş yüzeyindeki temas uzunluğu, başlangıçta talaşın boyutuna göre sınırlandırılmakta ve talaş büyüdükçe artmaktadır. Bu artış sonuç olarak çıkış spesifik kuvvetlerinin her zaman giriş değerlerini aştığı genel gözlemi açıklayan hem kesme hem de vurma kuvvetinde bir artışa neden olmaktadır (Şekil 3.16).

Bir şekilde sürpriz olan husus, giriş fazının ilk bölümü esnasında spesifik kuvvetlerin kesme derinliğinden nispi olarak bağımsız olabileceği veya östenitik paslanmaz çelik hususunda ise artan kesme derinliğiyle hatta artabileceğidir. Bu durum sürekli kesmedeki genel hareket tarzı

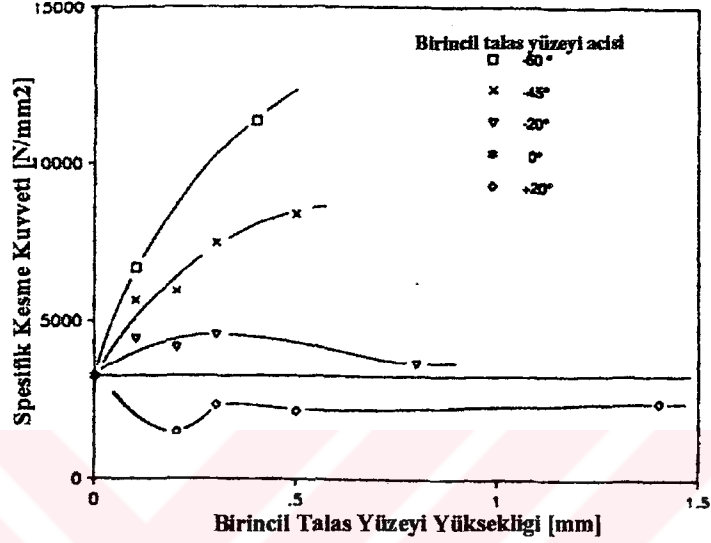
ile çelişki oluşturmakta ancak aynı zamanda da durgunlaşmış bölge ile kesme yapıldığı zaman l_2 'deki ilk hızlı artış ile de açıklanmaktadır. Kesme parçasının çıkış fazı esnasında temas uzunluğu talaş boyutu ile sınırlanmamaktadır. Bundan dolayı azalan kesme derinlikleriyle artan spesifik kuvvetlerin normal hareketi bulunmaktadır. Çıkış tarafındaki daha küçük derinliklerde yapılmış ağız kısmı olarak daha büyük derinliklerde şekillendiklerinden dolayı söz konusu derinlik için bir denge ebadından farklı olması mümkündür.



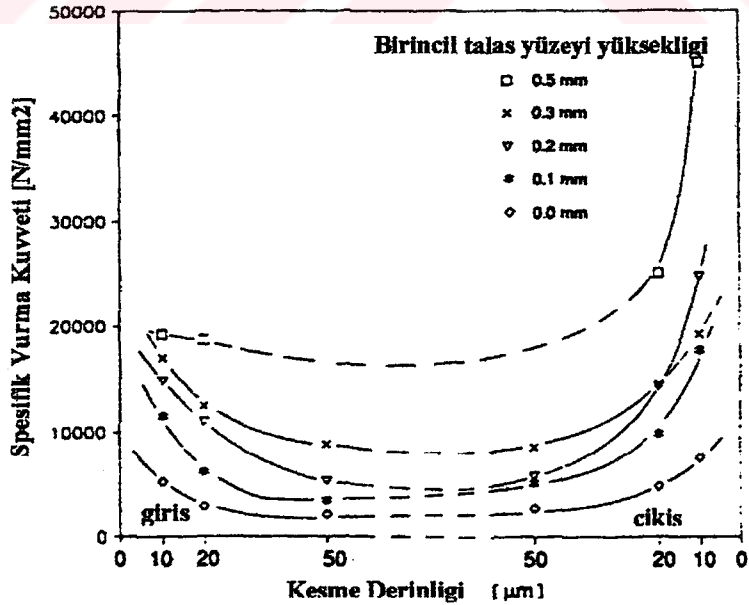
Şekil 3.16 0° kesici ağız geometrisine sahip takım için spesifik kuvvet ve kesme derinliği. Düşük karbonlu çelik, kuru kesme koşulları (Jacobsan vd., 1988)

Kesme hızı, kesme sıcaklık derecesi, biçim değiştirme hızı farklı ölü bölge sınıflarının gelişmesini sağlayarak spesifik kuvvetleri etkilemektedir. Düşük karbonlu çelikte en yüksek hız çift taraflı yığıma ağızlı daha düşük iki hızda ve boşluk yığıma ağızı ile aynı zamanda oluşmaktadır. Boşluk yığıma ağızı durumunda ikincil kayma düzlemi çift taraflı yığıma ağızından daha uzundur. Son sözü edilen ölü bölge için ikincil kayma düzlemi bir dahili ayırma çatlağı ile küçültülmektedir. (3.5) ve (3.6) no'lu eşitliklerde l_2 'nin azalması meseleyi daha düşük spesifik kuvvetlere yöneltmektedir.

Şekil 3.17'de negatif birincil talaş yüzeyi açıları için artan birincil talaş yüzeyi yüksekliği ve azalan birincil talaş yüzeyi açısıyla spesifik kesme kuvvetindeki beklenen artış gösterilmiştir. 0° talaş yüzeyi geometrisine sahip kesici ağzın spesifik kesme kuvveti, bir düz çizgi olarak gösterilmiştir. $+20^\circ$ talaş yüzeyi geometrisine sahip ağız, düşük karbonlu çelik için 0.2-0.3 mm'lik birincil talaş yüksekliğinde minimum spesifik kuvveti vermektedir. 0.3-0.4 mm'de ostenitik paslanmaz çelik için buna karşılık gelen minimum değer bulunmuştur. Kesme derinliğine karşı -45° talaş yüzeyi geometrisine sahip ağızların tamamı ile ilgili olarak spesifik vurma kuvveti, Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



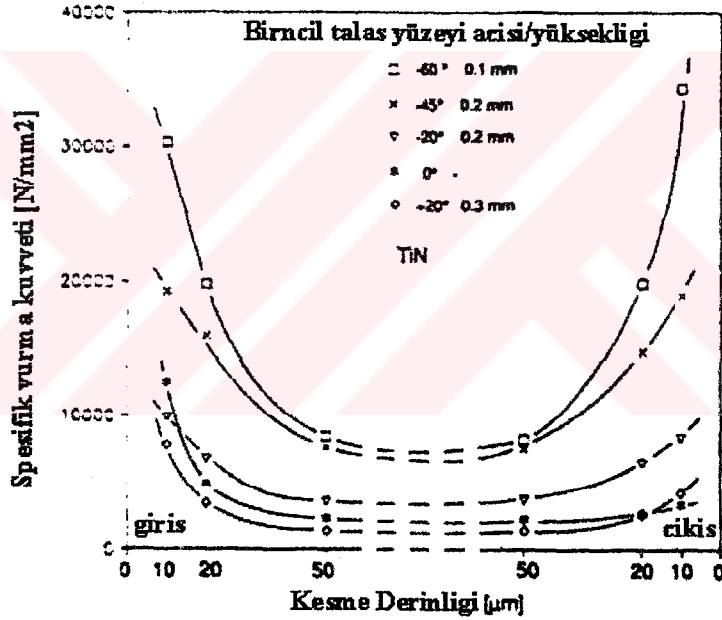
Şekil 3.17 20 μ m kesme derinliğinde kesimin giriş tarafında spesifik kesme kuvveti ve birincil talaş yüzeyi yüksekliği. Düşük karbonlu çelik, 80 m/dak kesme hızı, yağlı kesme koşulları (Jacobsan vd., 1988).



Şekil 3.18 Farklı -45° birincil talaş yüzeyi geometrisine sahip ağızlar için spesifik vurma kuvveti ve kesme derinliği. Düşük karbonlu çelik, 80 m/dak kesme hızı ve yağlı kesme koşulları (Jacobsan vd., 1988).

Beklenildiği üzere kuvvetler artan birincil talaş yüzeyi yüksekliği ile artış göstermektedir. 0° talaş yüzeyi geometrisindeki ağız en düşük spesifik kuvvetleri göstermektedir. Yağlanmamış koşullarda yapılan denemelerin aksine kesme uzunluğu ile kesme derinliğinin nispeten güçlü etkisi giriş tarafında da görülmektedir. Yine genel gözlemler her iki çalışma malzemesindeki (düşük karbonlu çelik ve östenitik paslanmaz çelik) spesifik kuvvetlerin her ikisi için de geçerlidir. Bir kesici ağzının mikro-geometrisi bir talaş üretmek için gereken kesme derecesini doğrudan doğruya saptayarak ve aynı zamanda da farklı ölü bölge tiplerinin gelişmesini etkileyerek kesme kuvvetlerine tesir etmektedir.

Çift talaş yüzeyine sahip kesici ağız ile kesme yapıldığı zaman ölü bölge boyutu spesifik kuvvetler üzerinde büyük etkiye sahip bulunmaktadır. Kesme parçası durağanlaşmış bölge konumuna ulaşmaya kadar ölü bölge büyüyen bir genel proses olmaktadır. Şekil 3.19'da düşük karbon çeliğini kesen titanyum nitrür kaplamalı ağızlar için kesme ağzına karşı spesifik vurma kuvvetini gösterilmiştir. Titanyum nitrür kaplamanın etkisi Şekil 3.20'de de gösterildiği gibi kaplanmamış olanlarıkiyle kaplanmış ağızların vurma kuvvetlerini bölerek gösterilmiştir. Yapılan deneylerde giriş kuvvetlerinin titanyum nitrür kaplamalı ağızlar için kaplamasız olanlara göre daha yüksek fakat çıkış kuvvetleri için hemen hemen aynı kaldığı görülmüştür.

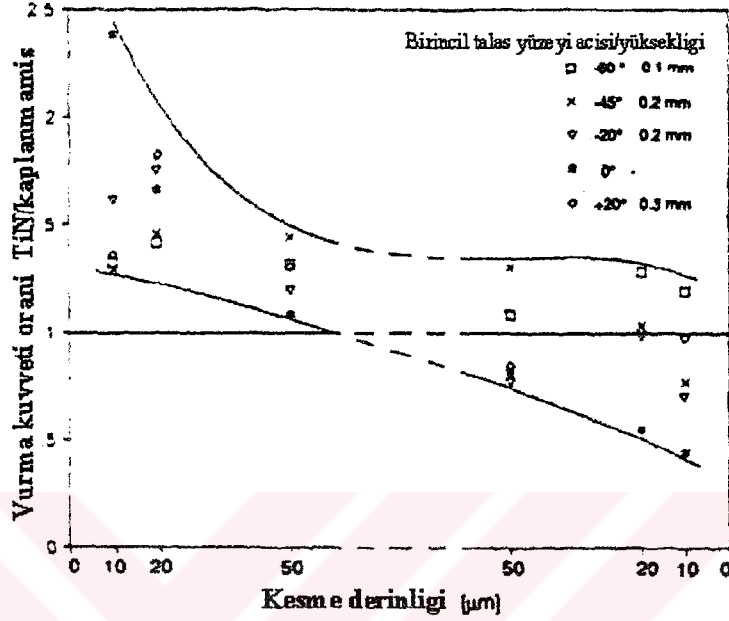


Şekil 3.19 TiN kaplanmış çift talaş yüzeyine sahip ağızlar için spesifik vurma kuvveti ve kesme derinliği. Düşük karbonlu çelik, 80m/dak, yağlı kesme koşulları (Jacobsan vd., 1988)

Titanyum nitrür kaplama ölü bölgelerin gelişmesini sınırlamakta ve aynı zamanda da yığılma ağız ölü bölge sınıflarını oluşturmak için gerekli olan iç talaş ayırma çatlaklarının başlamasının önüne geçmektedir. Titanyum nitrür kaplanmış bir HSS kesici takımın temas mekanizmalarında yapmış olduğu değişikliklerin aşağıdaki sonuçları verdiği görülmüştür (Jacobsan vd., 1988).

- Bir süreksiz kesme işleminin (yaklaşık ilk 10mm'sinde) yüksek kesme ve vurma kuvvetleri görülmüştür.

- Kaplanmamış takım ile kıyaslanan kesme esnasında spesifik kuvvetlerde çok az artış olmuş böylece kesim çıkışında kaplanmamış takımın ilgili kuvvetlere eşit veya bu kuvvetlerden daha düşük kuvvetler meydana gelmiştir.
- Karbonlu çelik kesildiği zaman pürüzsüz kesim yüzeyi ve talaş yüzeyi vermiştir.



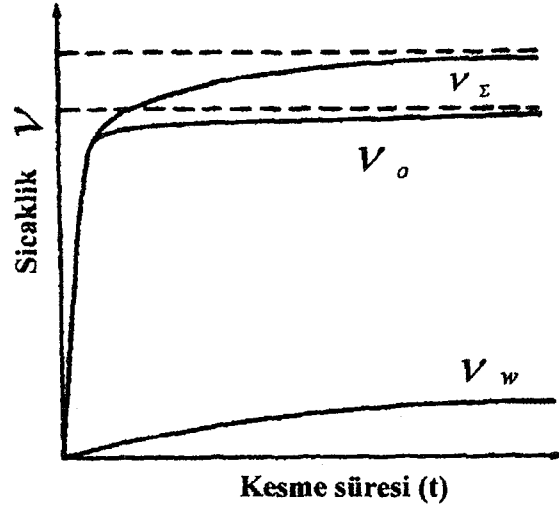
Şekil 3.20 TiN kaplanmış ve kaplanmamış ağızlar arasındaki vurma kuvveti oranı ve kesme derinliği. Düşük karbonlu çelik 80m/dak, yağlı kesme koşulları (Jacobsan vd., 1988)

3.2 Süreksiz Kesmede Sıcaklık ve Etkileri

Frezeleme gibi süreksiz kesme proseslerindeki sıcaklık koşullarının tornalama gibi devamlılık arz eden proseslerden farklı olduğu anlaşılmıştır. Süreksiz işlemlerde takımlar iş parçasının içinden ve dışından geçerken çevrimsel ısınma ve soğumaya tabi olmakta ve süreklilik içeren durumda karşılaşılmayan termal yorulma mekanizmaları ile aşınmaya uğramaları mümkün olmaktadır (Zorev vd., 1963). Araştırmacılar süreksiz ve sürekli kesme arasındaki takım sıcaklıklarındaki farklılıkların yüksek kesme hızlarında daha da fazla ortaya çıktığını belirtmişlerdir.

Kesme sıcaklığı teknolojik planlamanın önemli temel birimidir. Literatürde ampirik formüller genellikle bu amaç ile ilgili basit bir kuvvet fonksiyonunu uygulayan kesme hızının bir fonksiyonu olarak değişen kesme sıcaklığı için kullanılmaktadır. Ancak geniş kapsamlı bir kesme hızı aralığı içinde kuvvet fonksiyonunun üssünün sabit değer olarak dikkate alınması mümkün değildir. Üstelik bu fonksiyonun karakteristiği tatminkar da değildir. Artan kesme hızı ile kesme sıcaklığı sadece belli bir limite kadar artmaktadır. Fakat Palmi'nin 1987 yılında bu konuyla ilgili yapmış olduğu bir araştırmada sürekli kesmenin aksine süreksiz kesmedeki sıcaklık derecelerinin kesme hızının kritik değerine çıktığı zaman azaldığı ortaya çıkmıştır. Palmi, süreksiz kesmede yüksek kesme hızlarında dahi kesme sıcaklığı ile kesme hızı arasındaki ilişkiyi tanımlayan yeni bir ampirik fonksiyon önermiştir. Yeni fonksiyon süreksiz kesmede metalik olmayan tabaka oluşumuna uygulanmaktadır. Kesimin yoğunlaşması, takımların yüksek sıcaklık dayanımı ile sınırlanmaktadır. Bu nedenle metalin

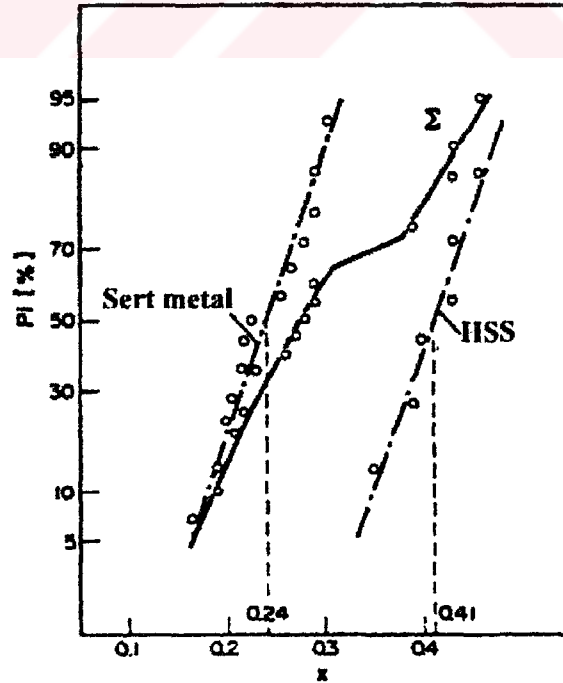
Burada C ve χ ölçümler ile saptanacak sabit değerlerdir, diğer parametrelerin etkisi, benzer formüller ile tanımlanmaktadır.



Şekil 3.22 Talaş kökünün sıcaklık denkleğinin saptanması .

V_w = takım gövdesi sıcaklığı, V_o = yüzey tabakası sıcaklığı, V_Σ = yüzey tabakasında toplam sıcaklık artışı (Palmai, 1985)

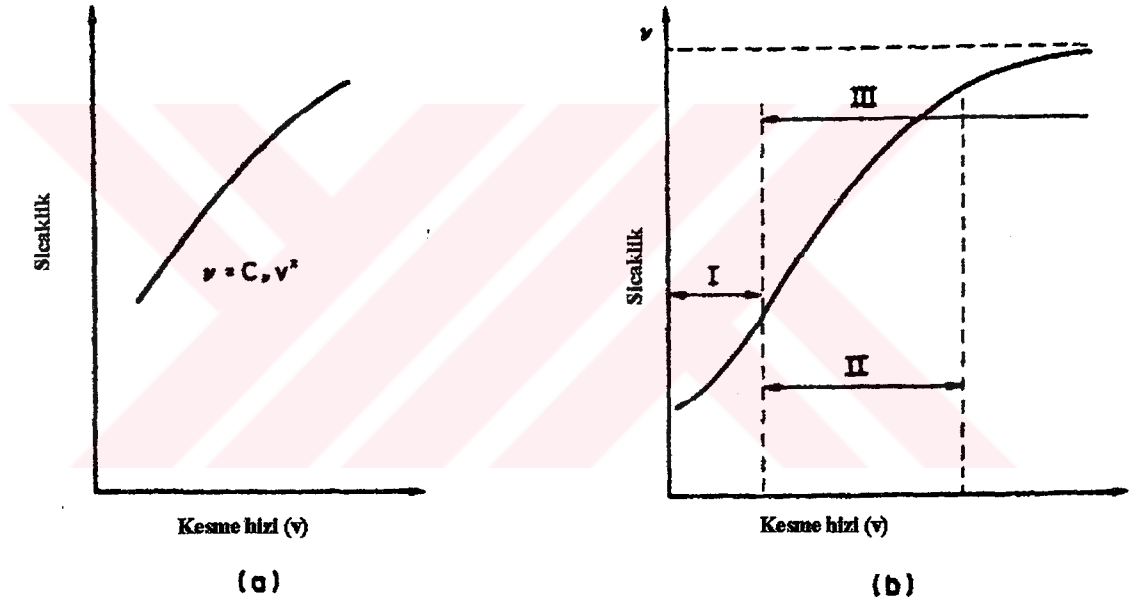
(3.7) eşitliği pratik açıdan iyi olduğunu ispat etmiştir. Kesme hızındaki değişiklik yakın limitler içinde kaldığı zaman, herhangi bir durumda uygun tam doğru sonucu vermektedir. Böyle olsa bile x üssünün değeri, farklı ölçümlerde önemli ölçüde değişikliğe uğrayabilmektedir.



Şekil 3.23 Ampirik sıcaklık fonksiyonu 'nın ($\theta = C_g v^x$) x üssünün HSS ve Sert metal kesici takımlar için değişimi (Palmai, 1985)

Şekil 3.23, on üç araştırmacı tarafından yapılan ölçümlere ilişkin sonuçların bir özetini oluşturmaktadır. Veri setinin dağılımı ortada bulunan eğri ile açıklanmaktadır. Görüldüğü gibi söz konusu set ölçümde kullanılan takımın hız çeliği veya sert metalden yapılmış olup olmadığına bağlı olarak iki alt sete ayrılmaktadır. Her bir takım malzemesi için ayrılmış olarak veriler normal dağılıma sahip bulunmakta ve aynı zamanda değişme önemli ölçüde daha küçük olmaktadır. Önemli bir açıdan x 'in ortalama değeri sert metal için $x \cong 0.25$ ve hız çeliği içinse $x \cong 0.40$ değerlerine varacak bir şekilde malzemenin iki türü açısından önemli ölçüde farklılık oluşturmaktadır.

Ölçüm işleminden önce ekipman ve bu nedenle takım da kalibre edilmiştir. Bu şekilde x değerindeki önemli farklılığı her iki takım malzemesi arasındaki fiziksel özelliklerdeki farklılığa bağlama olasılığı dikkate alınmamıştır. Tek bir açıklama olarak, iki malzeme ile gerçekleştirilen ortalama kesme hızındaki farklılık kendisini ortaya koymaktadır. Bunun anlamı x 'in kendisi de aynı zamanda kesme hızının bir fonksiyonudur.



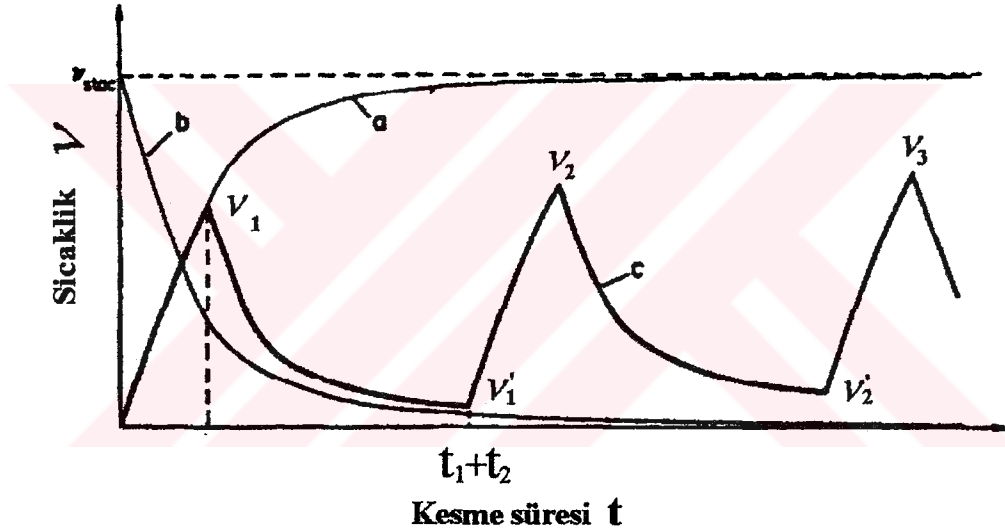
Şekil 3.24 Kesme sıcaklığına kesme hızının etkisi: (a) alışımlı gösterim, (b) geniş hız aralığında teorik karakteristik ilişkisi (Palmai, 1985)

Palmai, kesme sıcaklığının kesme hızının geniş bir aralığındaki farklı ilişkiye göre değiştiğini belirtmiştir. Şekil 3.24 (b)'ye göre plastik deformasyon oldukça düşük kesme hızlarında dahi önemli olmaktadır. Bu noktada ağır deformasyona tabi bulunan malzeme parçasının ısıtıldığı standart gerilmenin düşünülmesi gerekmektedir. Düşük kesme hızlarında deformasyon hızının etkisi muhtemelen küçüktür ve bu nedenle kesme sıcaklığı burada çok az miktarda değişiklik göstermektedir. Aynı sonuçlar Zorev tarafından da bulunmuştur. Şekil 3.24(b) 'de I olarak belirtilmiş bulunan söz konusu hız aralığı sık sık araştırmaya tabi olmuştur ve daha yüksek kesme hızı sıcaklığında bu hız aralığı daha da önemlidir.

(3.7) eşitliğinin uygulanmış olduğu aralık ,esas olarak II aralığıdır. Ancak, yüksek hızlı kesme koşulları altında, iş parçası malzemesini eritmeksizin yükselen deformasyon oranlarıyla birlikte artacak olan kesme sıcaklığı gerçeği de dikkate alınmalıdır. Takım

yüzeyinde bulunan akış bölgesindeki malzemenin kısmi erimesi kabul edilebilmektedir; bu aynı zamanda kesme sıcaklığının üst limiti olmaktadır. Teorik fonksiyonun bu bölümü, Şekil 3.24(b)'de III ile tespit edilmiş aralık vasıtasıyla açıklanmaktadır.

Palmai, yeni sıcaklık fonksiyonun geliştirilmesinde (3.7) ampirik eşitliğini bir başlangıç noktası olarak almıştır. Şekil 3.24 (b)'deki II bölümü ile uğraşarak ilk önce geçici süreksiz sıcaklık proseslerini dikkate almıştır. Kesme işleminin başlangıcında kesme sıcaklığı *a* eğrisi gösterildiği gibi artmakta daha sonra sabit kalmaktadır. Süreksiz kesme işlemleri durumunda ise takım yüzeyinin soğutulması *b* eğrisinde öngörülen duruma göre bir seyir izlemektedir (Şekil 3.25). Frezelemede sabit bir takım durumunda bazı soğutucunun kullanımı kabul görürken, dönen takım pozisyonunda ise yeterli bir ölçüye kadar hava ile soğutulma da yapılmaktadır. t_1 süresi esnasındaki kesmeyi takiben, t_2 soğutma süresinden sonra, takım normal olarak kendi orijinal sıcaklık durumunu almayacaktır ve bu nedenle, takip sıcaklığın tepe noktaları ϑ_1, ϑ_2 sürekli bir şekilde artacaktır. Ancak bu, deneyime göre sınırlandırılmaktadır ve belirli bir zaman sonrasında, sıcaklığın tepe noktaları pratik olarak sabit hale gelecektir.



Şekil 3.25 Süreksiz talaş kaldırmada kesme sıcaklığı (Palmai, 1985)

Palmai, zaman dilimi içinde sıcaklık değişikliğine ampirik fonksiyonlar vasıtasıyla yaklaşmıştır;

$$\vartheta = \vartheta_{stac} \exp\left[-\frac{\tau}{t}\right] \quad (3.8)$$

ısınmıca ve soğuyunca, burada ϑ_s, τ ve t ölçme ile tespit edilecek değerlerdir.

$$\vartheta = \vartheta_{stac} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right] \quad (3.9)$$

İlk kesme dönemi sonundaki sıcaklığın tepe noktası:

$$\vartheta_1 = \vartheta_{stac} \exp\left[-\frac{\tau}{t_1}\right] \quad (3.10)$$

Soğumayı takiben, tüm çevrim sonunda sıcaklık:

$$\mathcal{G}'_1 = \mathcal{G}_1 \exp\left[-\frac{t_2}{\tau'}\right] \text{ olacaktır.} \quad (3.11)$$

İkinci kesme dönemi sonunda, sıcaklık:

$$\mathcal{G}_2 \cong \mathcal{G}_1 + \mathcal{G}'_1 = \mathcal{G}_1 \left[1 + \exp\left(-\frac{t_2}{\tau'}\right)\right] \text{ olacaktır.} \quad (3.12)$$

Bu esnada n-th ısınmasını takiben

$$\mathcal{G}_n = \mathcal{G}_{n-1} \left[1 + \exp\left(-\frac{t_2}{\tau'}\right)\right] = \mathcal{G}_1 \frac{\exp\left(-\frac{t_2}{\tau'} n\right) - 1}{\exp\left(-\frac{t_2}{\tau'}\right) - 1} \quad (3.13)$$

\mathcal{G}_n 'nin limit değeri:

$$\mathcal{G}_n = \lim \mathcal{G}_n = \mathcal{G}_{stac} \frac{\exp\left(-\frac{\tau}{t_1}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{t_2}{\tau'}\right)} \quad (3.14)$$

Alın frezelemede;

$$t_1 = \frac{i}{\nu}, \quad t_2 = \frac{D\pi - i}{\nu} \quad (3.15 \text{ a,b})$$

Burada D =kesici takım çapı, i=her devir için işlenmiş yay uzunluğudur.

(3.10), (3.14) ve (3.15) eşitlikler bazında kesici takımın yeterli sayıdaki devirlerini takiben sıcaklık derecesi ;

$$\mathcal{G}_\infty = C_g \nu^z \frac{\exp\left(-\frac{\tau}{i} \nu\right)}{1 - \exp\left(-\frac{D\pi - i}{\nu \tau'}\right)} \quad (3.16)$$

bu fonksiyonun önemli bir özelliği, eşitlikten bulunabilecek olan $\nu = \nu_{\max}$ kesme hızındaki maksimum durumudur.

$$\frac{d\mathcal{G}_\infty}{d\nu} = \left[\frac{\chi}{\nu} - \frac{\tau}{i} \right] \left[1 - \exp\left(-\frac{D\pi - i}{\nu\tau'}\right) \right] + \frac{D\pi - i}{\nu^2\tau'} \exp\left(-\frac{D\pi - i}{\nu\tau'}\right) = 0 \quad (3.17)$$

Frezelemedeki deneyimlere dayandırılarak eğer,

$$\exp\left(-\frac{D\pi - i}{\nu\tau'}\right) \approx 0 \quad (3.18)$$

olarak kabul edilirse (3.16) ve (3.17) eşitliklerinin azaltılması mümkündür.

$$\mathcal{G}_\infty \cong \mathcal{G} = C_g \nu^x \exp\left(-\frac{\tau}{i}\nu\right) = \mathcal{G}_{stac} \exp\left(-\frac{\tau}{i}\nu\right) \quad (3.19)$$

(3.19) eşitliği;

$$V_{\max} = \frac{x}{\tau} i \quad (3.20)$$

eşitliğinde maksimum hıza ulaşmakta ve bu maksimum değer

$$\mathcal{G}_{\max} \cong C_g \nu^x \exp(-\chi) = \mathcal{G}_{stac} e^{-x} e \quad (3.21)$$

eşitliğiyle hesaplanabilmektedir.

Şekil 3.26(a) i işleme yayı eğrileriyle bağlantılı \mathcal{G}/ν ($i = \text{sabit}$) fonksiyonunu göstermektedir. Yapılan araştırmada süreksiz kesme sürekli kesmeyle karşılaştırıldığında, alın frezelemede gelişen sıcaklık tepelerinin maksimum değerlerinin (3.21) eşitliğine göre 2.71 kat daha küçük olduğu bulunmuştur. Pratik uygulama açısından $\mathcal{G} = \text{sabit}$ değer sıcaklığı ile $i - \nu$ fonksiyonunun ilişkisi (3.22) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$i = \frac{\nu}{\ln \nu - \ln\left(\frac{\mathcal{G}}{C}\right)^{\frac{1}{\phi}} \chi} \quad (3.22)$$

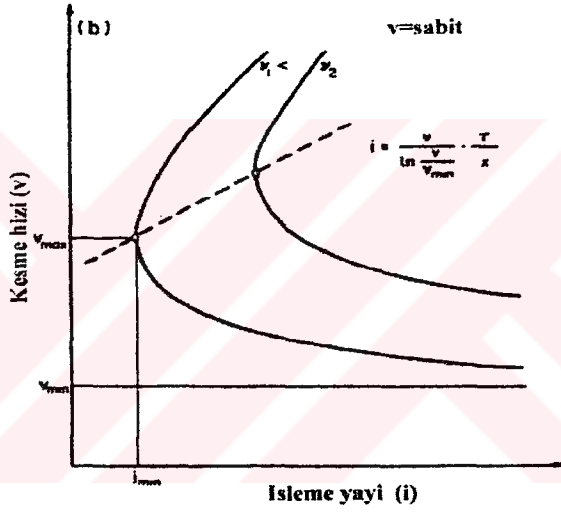
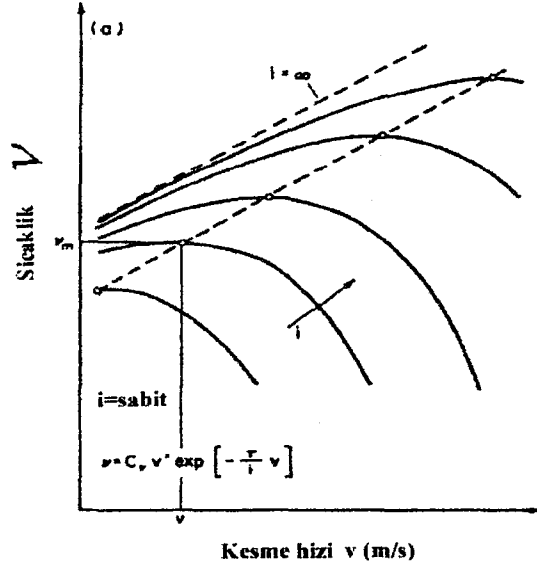
Kayda değer şekilde bu fonksiyon,

$$\ln \nu - \ln\left(\frac{\mathcal{G}}{C}\right)^{\frac{1}{z}} = 0 \quad (3.23)$$

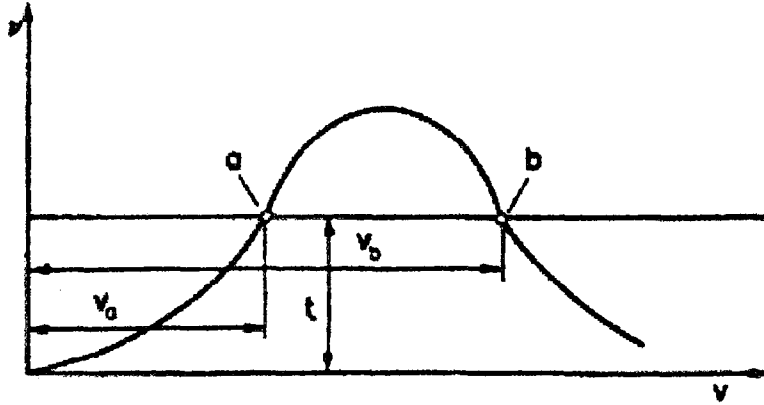
durumunda bir devamsızlık göstermektedir.

$$\nu = \left(\frac{\mathcal{G}}{C_g}\right)^{\frac{1}{z}} = \nu_{\min} \quad (3.24)$$

Bu eşitlik Şekil 3.26(b) 'de gösterildiği gibi sürekli kesme durumunda kesme hızı ile ilgili alt limitin \mathcal{G} sıcaklığının hala gelişebileceği anlamına gelmektedir.

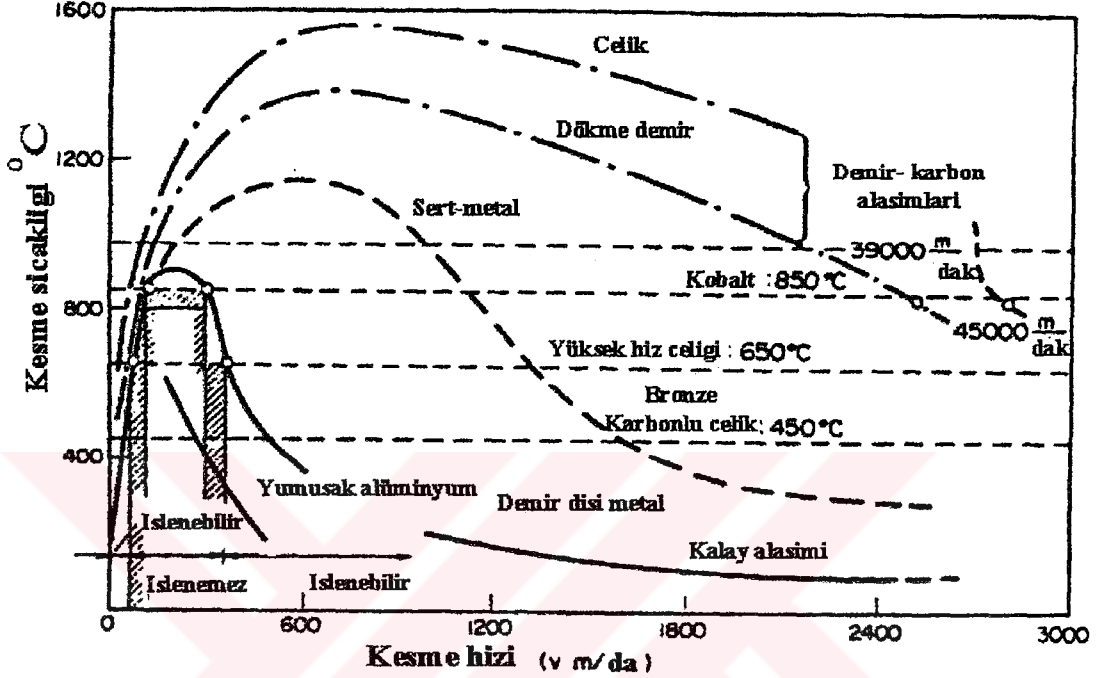


Şekil 3.26 Alın frezelemede (a) kesme hızı ve (b) işleme yay uzunluğunun bir fonksiyonu olarak sıcaklık tepe noktalarının değişimi (Palmai, 1985)



Şekil 3.27 Saloman'a göre kesme hızı fonksiyonu ve kesme sıcaklığı fonksiyonu (Palmai, 1985)

Salomon, 1920'li yıllarda bir seri yüksek hızlı frezeleme testi yapmıştır. g/v 'nin maksimum olduğunu bulmuştur (Şekil 3.27). Takımın sıcaklık dayanımı daha yüksek $v > v_b$ hız aralığında takımın kullanılmasını mümkün kılarken v_a-v_b aralığında kesme hızının artışı önlemektedir. Salomon eğrisi, kesme yönteminden bağımsız olarak sadece kesme kuvvetlerinin değil aynı zamanda da kesme sıcaklığının kesme hızı arttıkça azaldığını ortaya koymaktadır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Farklı metallerin talaşlı işlenmesi durumunda kesme hızı ve kesme sıcaklığı (Palmai, 1985)

Sürekli kesmenin aksine süreksiz kesmedeki sıcaklık dereceleri üzerinde çok az analitik çalışma yapılmıştır. Palmai'den başka Stephenson ve Ali 1992 yılında süreksiz kesmede sıcaklık konusunda bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada 3m/s'nin altındaki kesme hızlarında gri dökme demir ve alüminyum tornalanmasıyla takım ömürleri incelenmiştir. Söz konusu çalışma sonucunda sıcaklık derecelerinin genel olarak aynı koşullar altında süreksiz kesmede sürekli kesmeye göre daha düşük olduklarını göstermektedir.

Sıcaklık derecelerinin birincil olarak kesme çevrimlerinin uzunluğuna ve ikinci olarak da çevrimler arasındaki soğuma aralıklarının uzunluğuna bağlı olduğu bulunmuştur. Kısa kesme çevrimleri ile ilgili olarak, tepe ve ortalama yüzey sıcaklığı nispi olarak düşüktür. Ancak bunlar kesme çevriminin uzatılması ve uzun çevrimler için durağan duruma yaklaşıldığında hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Çok kısa soğuma aralıklarında sıcaklık dereceleri artmaktadır. Bu durumda sıcaklık çevrimler arasında dağılmamakta ancak soğuma aralığını değiştiren ortalama ve büyük değerler, sıcaklık üzerinde çok az etkiye sahip bulunmaktadır.

3.3 Süreksiz Kesmede Takımların Termo –Mekanik Aşınması

Metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde kesici takım olarak tungsten karbür ve titanyum karbürün kullanılması çatlama ile erken takım aşınması nedeniyle ekonomik olmamaktadır. Bu daha çok aşınmanın kabul edilebilir limitinin elde edilmesinin çok öncesinde meydana gelmektedir. Süreksiz kesmede sert metal takımlarının aşınma modeli üzerindeki çalışmalar takım ağızı çatlamaşının mikro veya makro çatlakların gelişmesi ile sürekli olarak daha önceden oluşum gösterdiğini ortaya koymaktadır. Süreksiz kesme esnasında normal olarak iki tür çatlak oluşmaktadır (Pandey.,vd 1979).

- (1) Genellikle tarak çatlamaşısı olarak bilinen, kesme ağızına dik konumda oluşa n çatlaklar (Şekil 3.29).
- (2) Çapraz çatlak olarak bilinen , kesme ağızına paralel olarak giden çatlaklar (Şekil 3.30).

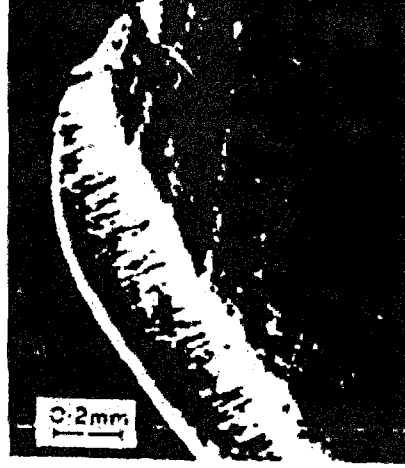
Metallerin sürekli ve süreksiz talaşlı işlenmesinde takım-talaş ara yüzünün çevrimsel sıcaklık değışimini ile bu çatlakların menşei ile bağlantısını kurmak için muhtelif çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Sıcaklık fenomenin tarak çatlaklarının menşei ile ilgili olduğu geniş ölçüde kabul görmüşken, kesme ağızına paralel giden çatlakların menşei ve mekanik darbenin rolü hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Araştırmacılar (Okushima, 1963 ; Shinozaki ,1962), kesme ağızından belli bir mesafede meydana gelen paralel çatlakların da sıcaklık menşeiine sahip olduklarını bildirmişlerdir (Okushima, 1963 ; Shinozaki ,1962).

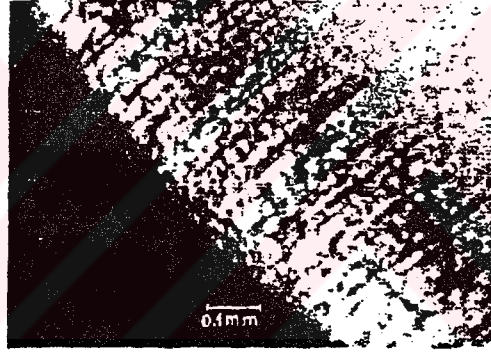
1978 yılında üç araştırmacı; Pandey, Batia ve Shan tarafından yapılan araştırmada süreksiz kesmede sert metal kesici takımlar üzerinde termo-mekanik şok etkisi incelenmiştir. Çalışma, torna tezgahında plakalar kesilmek suretiyle gerçekleştirilmiştir.Araştırmacılar çalışma sonucunda sürekli kesmenin aksine bu tür süreksiz kesme yöntemlerinde takım ağızına yüklemenin termo-mekanik çatlakların oluşumuna yol açtığını ve takımın temas bölgesindeki çevrimsel sıcaklık dalgalanmalarının da şiddetli mekanik gerilmelere sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır.Fakat sözü geçen araştırmacılarından başka araştırmacılar (Zorev ,1963; Andreev, 1974; Laladze, 1975) mekanik darbenin rolü hususunda yapmış oldukları çalışma sonucunda mekanik şokların takım aşınması üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı görüşünü bildirmişlerdir. Bu yorum sürekli veya süreksiz kesme esnasında kesme kuvvetlerinde hiçbir yükselmenin olmadığı gerçeğine dayanmaktadır. Ancak kesme ağızına yakın bir konumda gözükten paralel tip çatlakların açılmasında mekanik fenomenin rolü Tornachi ve Dugdale'nin 1977 yılında yapmış oldukları çalışmada kabul edilmiştir. Araştırmacılar muayyen işleme koşulları kapsamı içinde sadece mekanik darbenin tekrarlı uygulamasının sıcaklık çatlaklardan farklılık arz eden çatlak oluşumunu meydana getirebileceğini belirtmişlerdir (Şekil 3.31).

Tarak çatlaklarının oluşumunda sıcaklık fenomenin rolünü kabul ederek Zorev , Loladze ve Trent , söz konusu çatlakların çekme gerilmelerinden dolayı çevrimin soğuma dönemi esnasında meydana gelmesinin muhtemel olduğunu varsaymışlardır. Zorev (1963) , sıcaklık çatlakların gelişmesini açıklamak için çeki gerilmesi teorisini ortaya koyan ilk araştırmacıdır. Söz konusu teori kesme işleminin yapılmadığı bölüm ya da boş dönem esnasında takımın dış yüzeyinin takım gövdesine kıyasla daha hızlı bir şekilde soğuduğunu belirtmekte ve buradan hareketle çeki gerilmelerinin takım üzerinde oluştuğunu ortaya koymaktadır. Okushima ve Hoshi (1967) ,çeki gerilmesi teorisi üzerinde çalışarak ve bu bağlamda bir tek boyutlu ısı akış modeli kullanmak suretiyle kesme işleminin yapılmadığı dönem esnasında yüzey sıcaklığının

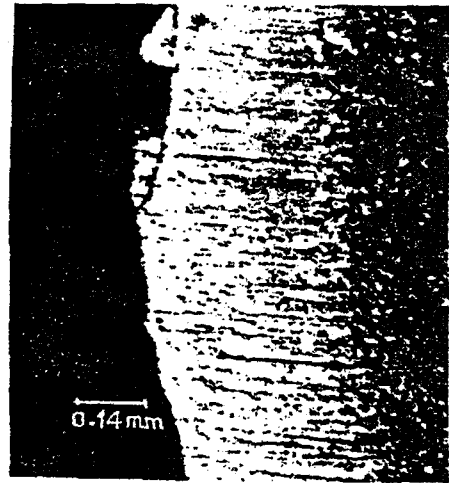
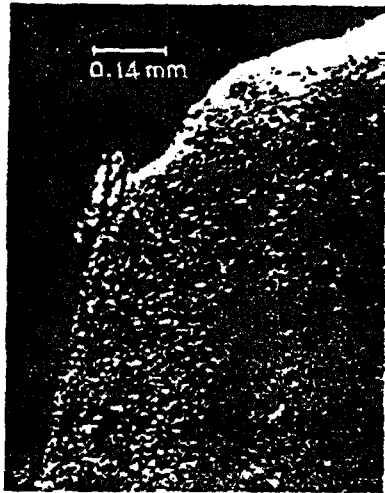
takım gövdesinin iç kısmında mevcut bulunan sıcaklık düzeyinin önemli ölçüde altına düştüğünü analitik olarak göstermişlerdir (Şekil 3.32).



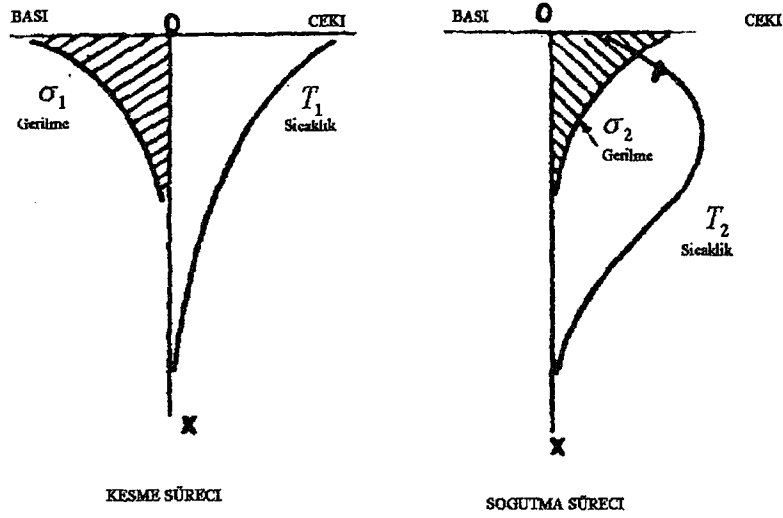
Şekil 3.29 Kesici ağza dik tarak çatlakları, Takım sert metal-P20, Kesme hızı 4m/s, İlerleme 0.10mm/dev, Buun radyüsü $r=0.1\text{mm}$, Kesme süresi 3,3 dak (Pandey vd., 1979)



Şekil 3.30 Kesici ağza paralel çatlaklar, Takım P20 sert metal, Kesme hızı 1.85m/s, İlerleme 0.08mm/dev, $r=0.1\text{mm}$, Kesme süresi 7,5 dak (Pandey vd., 1979)



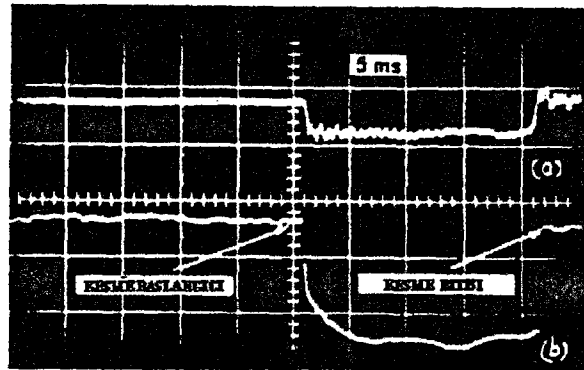
Şekil 3.3 Mekanik çatlaklar T- P20 sert metal, $V=90\text{m/dak}$, $f=0,12\text{mm/dev}$, Kesme süresi 5,25 dak. (Tornachi ve Dugdale, 1970)



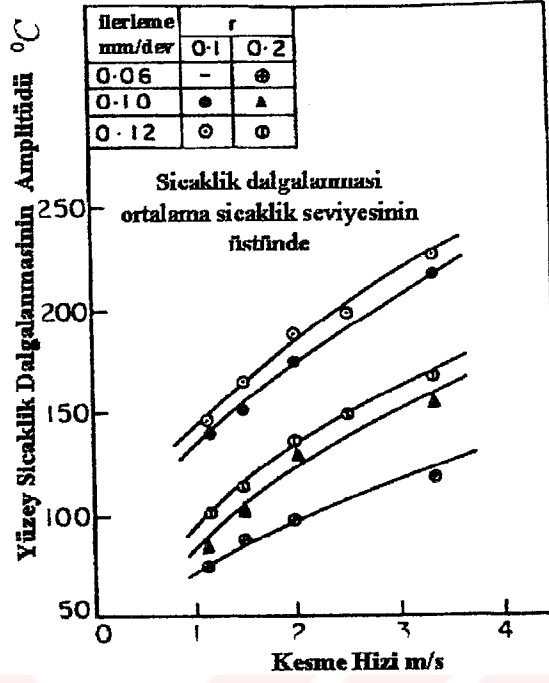
Şekil 3.32 Süreksiz kesmede gerilme dönüşümü (Okushimo ve Hoshi, 1967)

Bir kesme çevrimi esnasındaki takım-talaş ara yüzünün sıcaklık değişiminin osiloskop kaydı Şekil 3.33'de gösterilmiştir. Bu kayıt farklı kesme koşulları altında yapılan kesme esnasında takım-talaş ara yüzü sıcaklık değişiminin hesaplanması için kullanılmıştır. Şekil 3.34'de takım-talaş ara yüzünün sıcaklık dalgalanma amplitüdünün kesme süresindeki azalmaya veya kesme hızı ve ilerlemedeki artışa bağlı olarak arttığını göstermektedir.

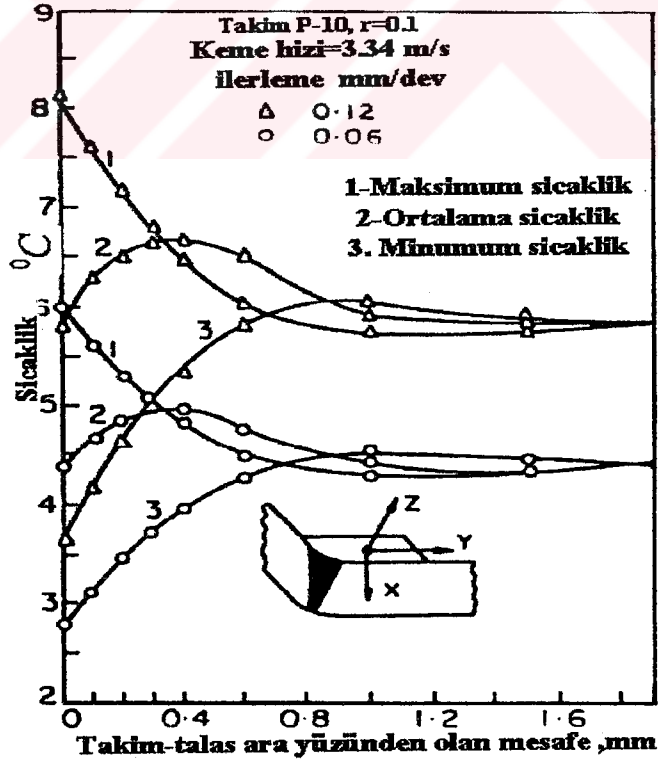
Şekil 3.35'de (1) takım yüzeyinin maksimum sıcaklıkta olduğu zaman, (2) ortalama sıcaklık ve (3) minimum sıcaklık olmak üzere üç farklı koşul açısından takım-talaş ara yüzü boyunca dahili sıcaklık değişimi gösterilmiştir. Aynı zamanda bası gerilmesi kesme dönemi esnasında takım-talaş ara yüzünde meydana gelmektedir. Ancak yüzey sıcaklığı dahili sıcaklığın altına düştüğünden kesme işleminin yapılmadığı dönem esnasında yüzeyin sıcaklık gerilimi normal gerilmeye dönüşmektedir. Bu gerilme değerlerinin meydana geldiği maksimum sıcaklık Şekil 3.35'de görülmektedir. Yüksek kesme hızlarında ve normalden yüksek ilerlemeye doğru kesimlerde termal gerilimin yüksek bir değer olduğu varsayılmaktadır. Bu bağlamda yüksek kesme hızlarında ve düşük ilerlemelerde sadece tarak çatlakları oluşmaktadır.



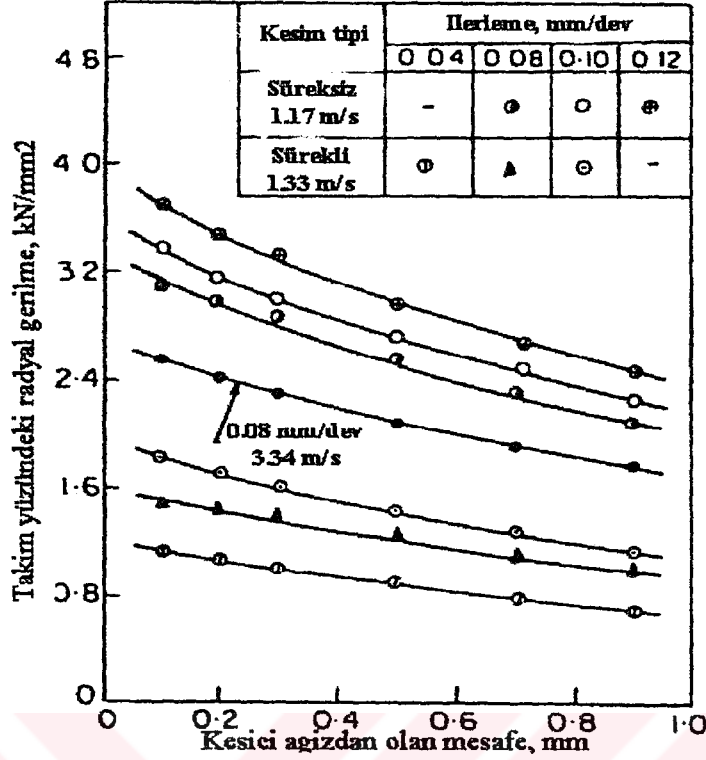
Şekil 3.33 Süreksiz kesme kuvveti ve sıcaklığının osiloskop kaydı (a) kesme kuvvetinin ana elemanları, (b) takım-talaş arayüzü sıcaklık değişimleri (Pandey vd., 1979)



Şekil 3.34 Takım-talaş ara yüzünde kesme hızına bağlı olarak sıcaklık dalgalandırması (Pandey vd., 1979)



Şekil 3.35 Takım-talaş ara yüzünden olan mesafeye göre sıcaklık dalgalandırması (Pandey vd., 1979)

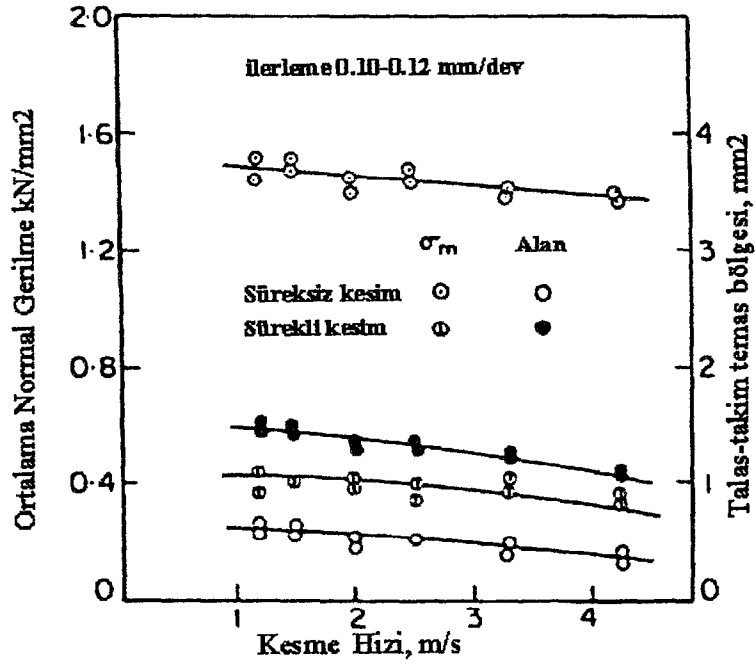


Şekil 3.36 Sürekli ve süreksiz kesimde takım yüzündeki gerilme dağılımı
(Pandey vd, 1979)

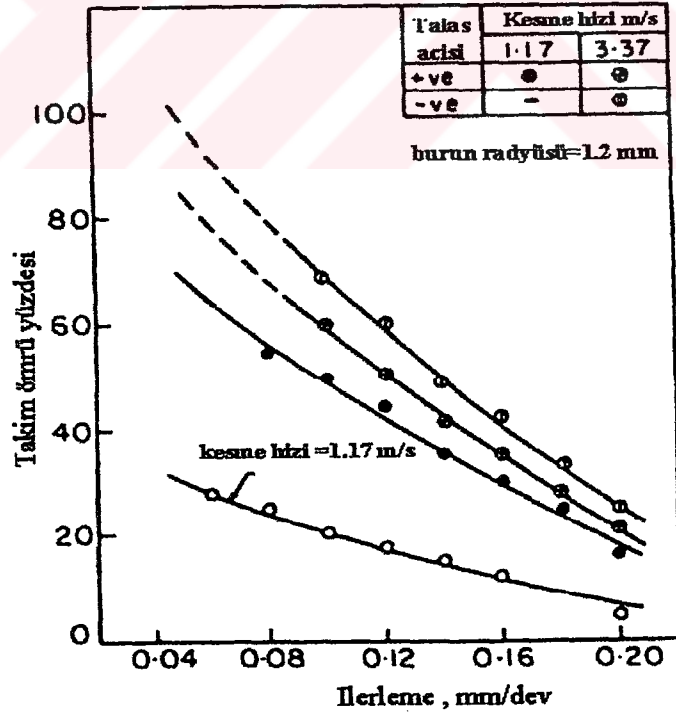
Sürekli ve süreksiz kesim esnasındaki mekanik yüklemelerden dolayı takım yüzeyindeki radyal gerilim dağılımı Şekil 3.36'da gösterilmiştir. Bu şekilde takım ağzının yakın kısmının özellikle düşük hızlarda ve normalden yüksek ilerlemelere doğru takım malzemelerinin akma dayanımına yaklaşabilen aşırı gerilmelere tabi olduğu görülebilmektedir. Bu koşullar altında, yüklenen kesme kuvvetlerinden dolayı tekrarlı gerilme uygulaması, kesme ağzına çok yakın yerde ortaya çıkan paralel türden çatlaklara neden olmaktadır. Bu bakımdan, Şekil 3.37'de takım-talaş ara yüzü üzerindeki ortalama normal gerilimin büyüklüğü ile benzer koşullar altında sürekli ve süreksiz kesimdeki takım-talaş temas alanı kıyaslanmıştır.

Verilmiş bulunan bir ilerleme ile ilgili olarak takım ömrünün maksimum olduğu en uygun bir kesme hızının mevcut bulunduğunu görmek mümkündür. Sabit bir hız içinde ilerlemedeki artışın takım ömründe bir azalmaya neden olacağını anlamak mümkündür.

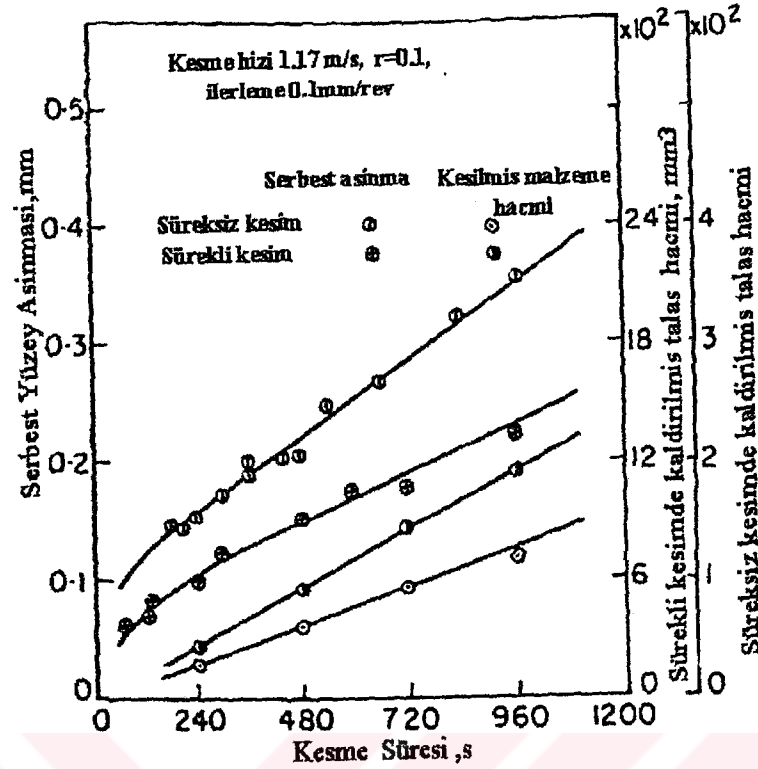
Şekil 3.38'de farklı kesme koşulları altında takım çatlamasından önce kullanılan takım ömrünün yüzdesi görülmektedir. 1 mm'lik serbest yüzey aşınma bölgesi takım ömrünün % 100 oranındaki kullanımının kriteri olarak alınmıştır. Bu rakamdan yüksek ilerleme oranlarında kullanılan takım ömrü yüzdesinin hızlı bir şekilde azalmakta olduğunu görmek mümkündür. Küçük ilerlemeler ve yüksek kesme hızlarında çalışılırken negatif talaş açılı takımlarının takım ömründe daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 3.37 Sürekli ve süreksiz kesim esnasında takım gerilmeleri (Pandey vd., 1979)



Şekil 3.38 Çeşitli kesme koşulları altında takım ömrü yüzdesinin kullanımı (Pandey vd., 1979)



Şekil 3.39 Sürekli ve süreksiz kesimde kaldırılmış talas hacmine göre serbest yüzey aşınma oranları (Pandey vd., 1979)

Şekil 3.39 farklı kesme koşulları altında sürekli ve süreksiz kesme işlemlerinde kaldırılan malzemenin hacmi ve serbest aşınma oranlarını mukayese etmektedir. Süreksiz kesmede kaldırılmış olan malzeme hacminin önemli ölçüde küçük olması durumunda dahi takım aşınmasının sürekli kesmede gözlemlenenenden daha yüksek olmadığını görmek mümkündür.

Düşük kesme hızları ve normalden yükseğe doğru olan ilerlemelerde takım gerilmeleri yüksektir. Pandey ve diğer araştırmacıların yapmış olduğu çalışma sonucunda kesici takım ağzı yakın çevresi tarak çatlaklarının daha önce oluşması meydana gelmeksizin mekanik çatlama tarafından sık sık takım aşınmasına yol açan yüksek bası gerilmelerine maruz kalmaktadır. Bu koşullar altındaki takım ömrü mekanik gerilmenin geniş amplitüdünden ve kesici takım malzemesinin düşük sertliğinden dolayı kısa olmaktadır. Bu gibi durumlardaki sıcaklık etkileri etkin yada egemen nitelikli değildirler. Süreksiz kesmedeki takım gerilmelerinin sürekli kesme işlemine kıyasla nispi olarak daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum gözlemlenen takım-talaş temas alanındaki azalmayla takım yüzeyine talaş yapışmasının kombine hareketine atfedilmektedir.

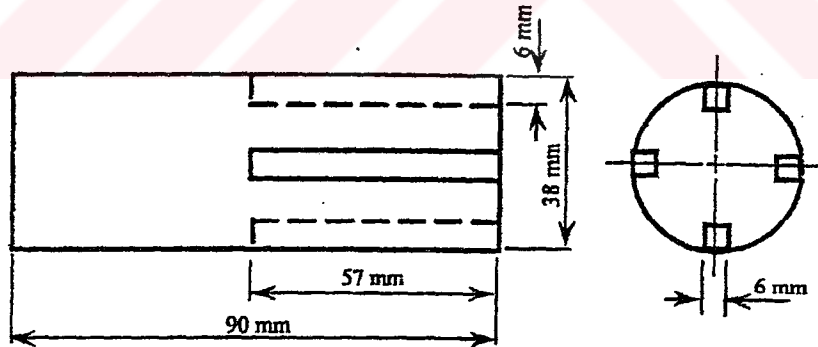
Takım-talaş temas alanındaki azalma kesme işlemindeki sürekli kesimin sonuna doğru talaş akışı takım gerilmelerinde anormal artışa yol açmaktadır. Yapışma ile birlikte yüksek normal gerilmenin süreksiz kesimdeki aşınma hızlarının süratlenmesine yardımcı olması mümkündür. Kesme hızı arttığından ve ilerleme azaldığından takım gerilmeleri azalma eğilimi içine girmekte ve bu suretle mekanik yorulma ile takım aşınma riski minimum dereceye inmektedir. Ancak bu bilinen koşullar altında tarak çatlakları kesici ağzın felaket bir düzeyde aşınmasına neden olmamaktadır. Söz konusu bu koşullar altındaki takım ömrü nispi olarak daha yüksektir. Bununla beraber normalden yükseğe doğru ilerleme ile birlikte yüksek kesme hızının bir kombinasyonu seçildiğinde takım çatlaması prosesini hızlandıran mekanik

gerilmeler üzerine büyük bir termal gerilme binmektedir. Böylece bu türden koşullar altında kesici takımın takım girişinin hemen devamındaki mekanik gerilmelere ilaveten yüksek basınç sıcaklığından dolayı aşınmaya uğraması muhtemel hale gelmektedir.

Tarihsel olarak süreksiz kesme hususundaki araştırmalar çoğunlukla kırılğan çatlama, sıcaklık çatlama ve ani takım aşınması konusuna odaklanmıştır. CBN (kübik boron nitrür) takımlarını kullanan süreksiz kesme hususundaki malzeme bakış tarzlarına ilişkin yeterince çalışma yapılmamıştır. Chou ve Evans (1999), sertleştirilmiş M50 çeliğinin süreksiz tornalanmasındaki CBN takım aşınmasını araştırmışlardır. Araştırmanın amacı özellikle CBN içeriğinin etkisi üzerinde çalışmak olmuştur. Çünkü CBN takımların 20 yılı aşkın bir süredir kullanılmakta olmalarına rağmen aşınma mekanizmalarını anlamak ve hızlı takım aşınması ve CBN takım malzemelerinin yüksek maliyetinden dolayı uygun proses koşullarını belirtmek için süreklilik arz eden bir gereksinim olmuştur.

Genel olarak CBN takımlarının iki kategorisi bulunmaktadır. Birisi yüksek CBN içerikli takımlar (CBN-H) olarak anılan metalik bağlayıcıları (örneğin, kobalt gibi) CBN tanelerinin yaklaşık 0.9 hacim kesirine sahip olan diğeri ise düşük CBN içerikli takımları (CBN-L) olarak anılan seramik bağlayıcıları (örneğin, titanyum nitrür gibi) CBN tanelerinin yaklaşık 0.5'den 0.7'ye kadar olan hacim kesirine sahip olan takımlardır.

Chu ve Evans, çalışmalarında iki tip CBN takım (BN250 ve BZN6000) kullanmışlardır. BN250 düşük CBN içerikli: titanyum nitrür bağlayıcıları CBN içeriğinin 0,6'sı kadar, BZN6000 yüksek CBN içerikli :kobalt bağlayıcılar CBN içeriğinin 0,92'si kadardır. Kesme ağız geometrisi: -30° talaş açısı, 5° boşluk açısı, 0.8 mm burun radyüsü ve yaklaşık 12.5 μm ağız radyüsü seçilmiştir. İş parçası M50 molibden bazlı takım çeliğidir. İş parçası 38mm çapında ve 90 mm boyundadır. Süreksiz kesme koşullarını elde etmek için tornada aksenal yönde silindirik yüzeyler boyunca 6mmx6mm oluklar (yivler) açılmıştır (Şekil 3.40). Yivlerin sayısı aynanın dönme oranıyla birlikte süreksizlik sıklığını belirlemektedir.



Şekil 3.40 Süreksiz kesme testlerindeki çalışma parçası geometrisi (Chou ve Evans, 1999)

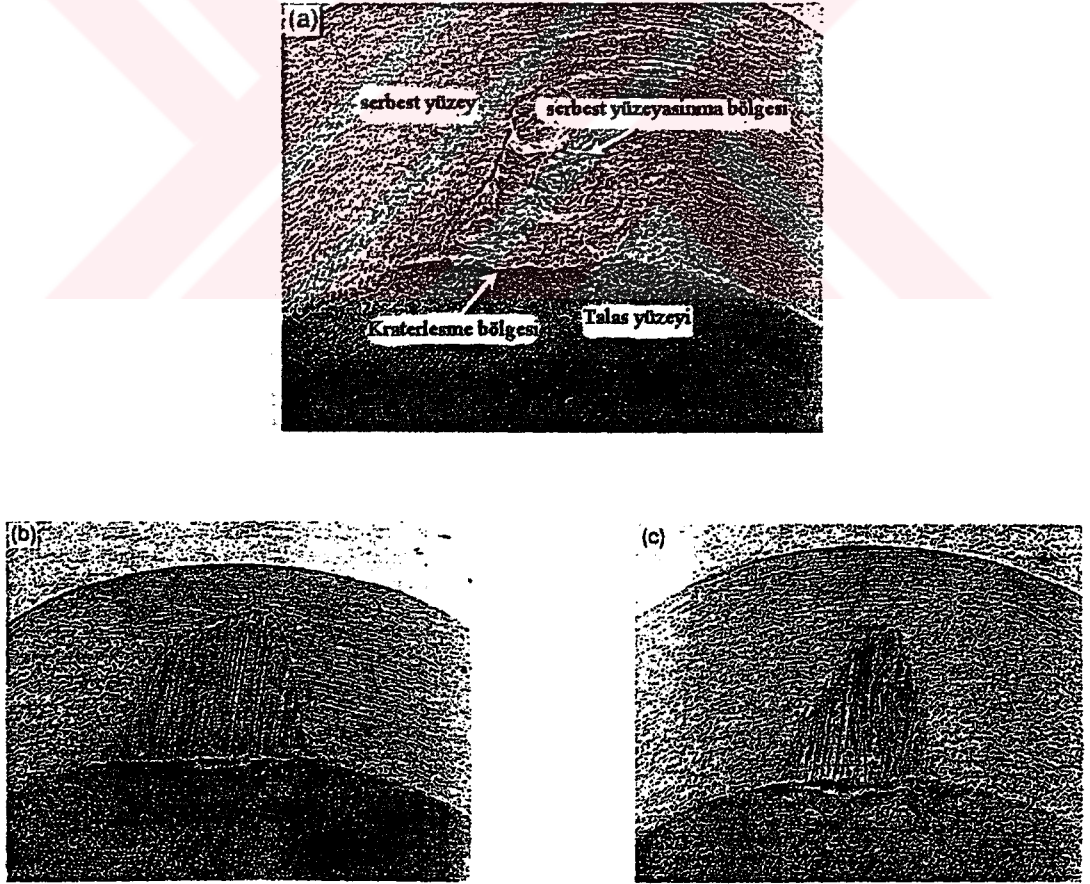
Kesme testlerinde iş parçaları sadece süreksizlik frekansındaki değişikliği minimum seviyeye indirmek için 35 ila 38 mm çapı arasındaki bir aralık içinde tornalanmıştır. Her bir geçiş için aksenal kesme uzunluğu 57 mm olmuştur. Yine her bir geçiş için kesme zamanı kesme hızı ve süreksizlik frekansı ile değişmiş bulunan kesme koşullarına bağlı olmuştur. Aşınma koşullarını karakterize etmek için elektron mikroskobu (SEM) taraması ile CBN takımları incelenmiştir (Şekil 3.41 ve 3.42).

Diğer takım malzemeleri ile birlikte hem yüksek hem düşük CBN içerik takımlarının belirli önemli mekanik ve sıcaklık özellikleri kıyaslanmıştır (Çizelge 3.2).

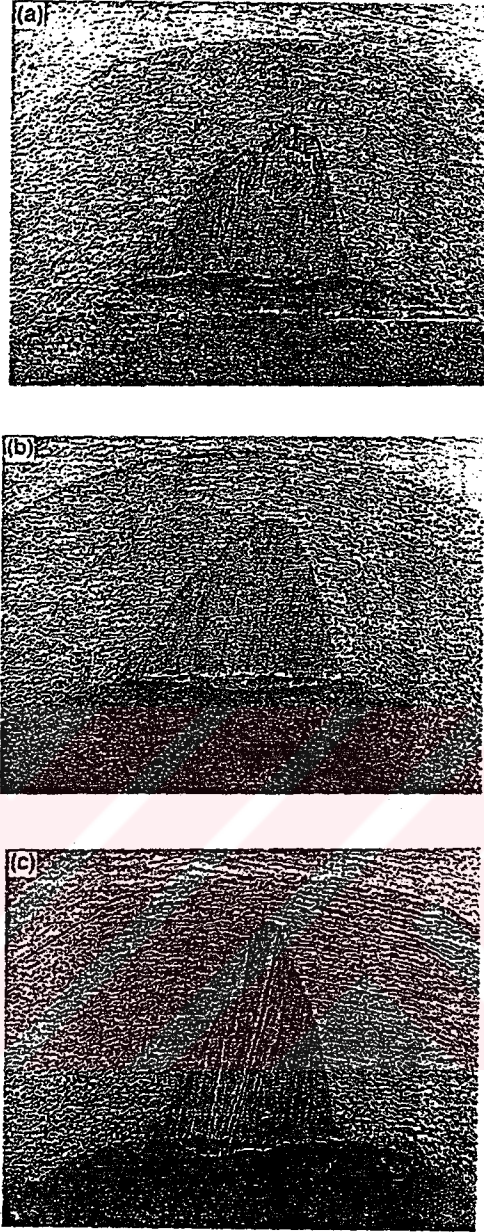
Çizelge 3.2 Farklı takım malzemelerinin mekanik ve sıcaklık özellikleri
(Chou ve Evans., 1999)

Özellikleri	WC(K10)	Al ₂ O ₃ + TiC	CBN(CBN-H)	CBN(CBN-L)	PCD(Sindit10)
ρ (kg/m ³)	14,7	4,28	3,12	4,28	4,12
Y (Gpa)	4,50	4,50	3,80	3,55	7,60
H _k (Gpa)	13	17	31,6	27,5	50
K _{IC} (Mpa(m) ^{0.5})	10,8	3,31	6,30	3,70	8,80
E (GPa)	620	370	680	587	776
G(Gpa)	258	160	279	284	363
B(Gpa)	375	232	405	254	301
ν	0,22	0,22	0,22	0,15	0,07
$c(10^{-6}/K)$	5,00	7,80	4,90	4,70	4,20
k (W/(mK))	100	16,7	100	44	560

Burada ρ : Yoğunluğu; Y : Basma dayanımını ; K_{IC} : Çatlama sertliğini; H_K : Knoop sertliğini; E : Young modülünü; G : Rijitlik modülünü; B : Esneklik modülünü; ν : Poisson katsayısını; c : termal genişleme katsayısını; k : termal iletkenliğini göstermektedir.



Şekil 3.41 Farklı kesme hızlarında aşınmış BN250 kesici takımın SEM mikro-grafikleri.
(a) 2 m/s, (b) 4 m/s ve (c) 7.8 m/s. (Chou ve Evans, 1999)



Şekil 3.42 Farklı kesme hızlarında aşınmış BZN6000 kesici takımın SEM mikro grafikleri.
(a) 2 m/s, (b) 4 m/s ve (c) 7.8 m/s. (Chou ve Evans, 1999)

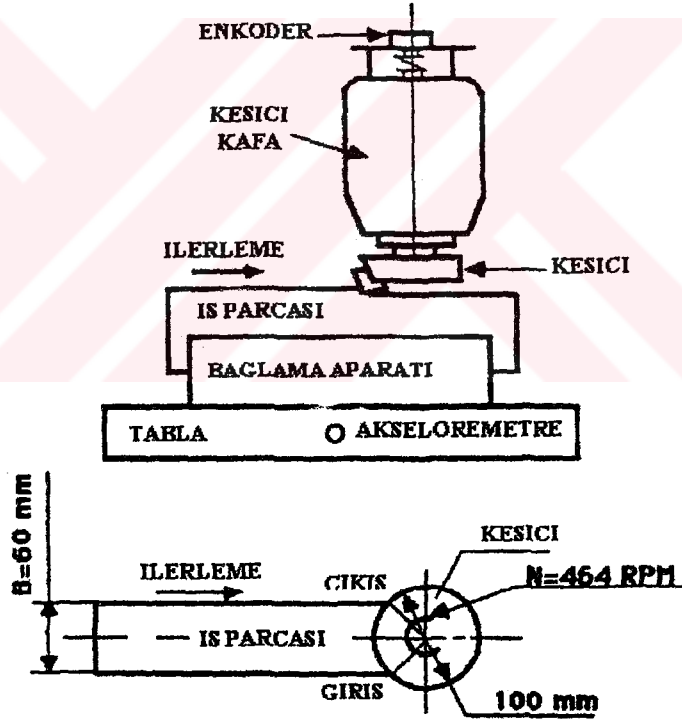
Chou ve Evans'ın yapmış olduğu araştırma sonucunda takım ömrünün kesme hızı ve süreksizlik frekansına ilaveten kuvvetli bir şekilde takım malzemelerine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Yüksek ve düşük CBN takım içerikleri farklılık arz eden aşınma karakteristiklerine sahip bulunmaktadır. CBN-H artan kesme hızı ile birlikte takım ömründe hızlı bir azalma göstermektedir. Diğer yandan CBN-L en uzun takım ömrü ile ilgili olarak ortalama bir hızı gerektirmektedir. CBN-H söz konusu çalışmada test edilen süreksizlik frekansı tarafından etkilenmemiş görünürken süreksizlik frekansı CBN-L'nin takım ömrünü oransal olarak azaltmaktadır. CBN-H mekanik darbeye karşı daha iyi sonuç vermektedir. Ancak CBN-H'deki metalik bağlayıcı (kobalt ve alüminyum) iş parçası malzemeleri ile benzerlikten dolayı yüksek kesme hızlarında takım aşınmasını süratli bir şekilde hızlandırmaktadır.

3.4 Süreksiz Kesmede Mekanik Darbe Analizi

Alın frezelemede takım aşınmasının izlenmesi için Rotberg, Lenz ve Braun (1987), bir vibrasyon bazlı yöntem bulmuşlardır. Takım-iş parçası sisteminde takımın girişi ve çıkışı problemi hususunda çalışma yapmışlardır. Çalışmada süreksiz kesimdeki farklı kesme aşamaları; giriş, kesme ve çıkış takımın ömrü esnasında vibrasyon sinyaline açıkça yansıtılmaktadır. Bu sonuçlar ayırt edici ilave izleme faktörlerinin tanımına yol açmakta bu şekilde izleme sistemini iyileştirmektedir.

Proses içi izlemesi Bütünleşik İmalat Sistemleri(CIM) ve Esnek İmalat Sistemlerinin (FMS) çok önemli bakış açılarından biridir. Proses içi izlemesi tezgah-takım koşullarını, iş parçası-takım koşullarını ve işleme prosesinin verimini içermektedir. Bu çerçevede dahilinde iş parçası ve hatta tezgah hasarına yol açan takım aşınmasını önlemek için takım aşınma izlemesi ve kırılma tespiti yapılmaktadır.

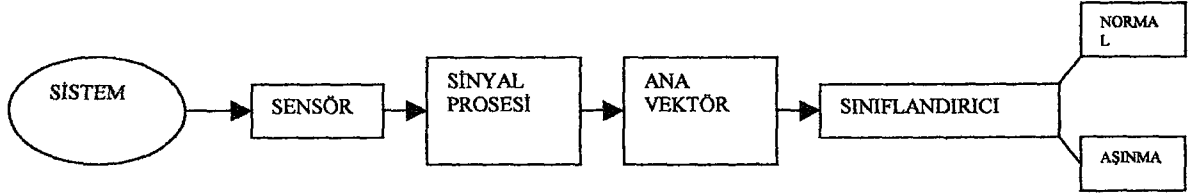
Araştırmacılar (Rotberg vd.,1987) uygun bir sinyal işleme tekniğini uygulamak suretiyle takım aşınması ile ilgili bazı bağlantılar gösteren ayırt edici bir faktör derlemiştirler.Yapılan çalışma alın frezelemede özellikle takım girişi ve çıkışı konusuna odaklanmıştır.



Şekil 3.43 Deney düzeneği ve frezeleme geometrisi (Rotberg vd., 1987)

Deneyle AISI 1060 (220-250 HB) çeliğinin 100 mm çapında tek kesen ağızlı takımlar ile alın frezelemede işlenmesiyle yapılmıştır (Şekil 3.41). Negatif kesici takım SNG 432 P30 sert metal plaket kullanılmıştır. Kesici geometrisi: -7° aksenal talaş açısı, -7° radyal talaş açısı, 75° kama açısı, giriş ve çıkış açıları 37° 'dir. Kesme koşulları; 2.5 mm kesme derinliği, 146m/dak kesme hızı, 0.21mm/devir ilerleme seçilmiştir. Vibrasyon sinyalleri tablaya tutturulmuş olan akselerometreye ölçülmektedir ve kayıt edilmektedir.

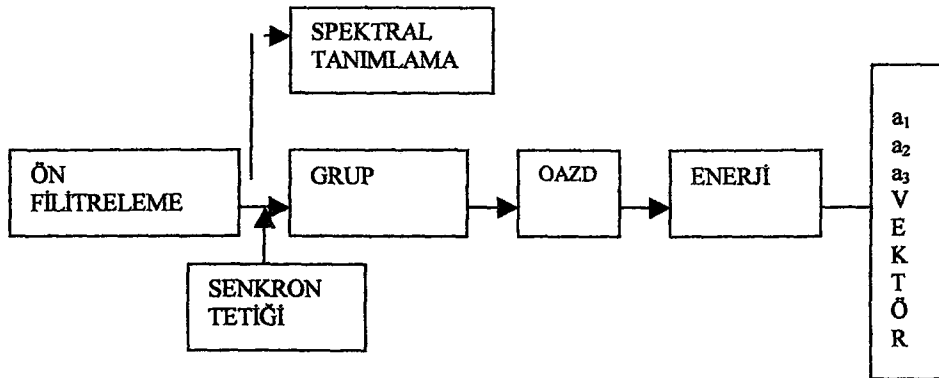
Aşınmanın izlenmesi titreşimli sinyallerin prosesine dayanan genel bir sınıflandırma şemasıyla gösterilmektedir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44 Genel sınıflandırma sistemi (Rotberg vd., 1987)

Sinyal prosesi Şekil 3.45’ de gösterilmiştir. İlk proses aşaması rotasyonal tahrik esaslı frekansların çoğunluğunu reddeden bir analog filtresini kapsamaktadır. Spektral analizin esas olarak araştırma ve inceleme işi ile ilgili olarak bu aşamada yapılması mümkündür ancak bunu takip eden ana proses grup saptaması olmaktadır. Tezgahın rotasyonal periyoduna senkronize bir şekilde kilitlenmiş bulunan ortalama alınan zaman dilimi takiben grup sinyaline uygulanmaktadır. Ortalama alınan zaman dilimi (O.A.Z.D) sayısı tipik olarak 32’dir

Ortalama alınan zaman dilimi boyunca grubu bölümlere ayırarak ve her bir a_1 , a_2 , a_3 bölümlerinin ortalama karesini hesaplamak suretiyle halihazırda bir nitelik vektörü çıkarılmaktadır. Takımın çalışması, işlemesi ve durdurulmasını temsil üzere zaman bölümleri seçilmektedir. Hem spektral hem de zamansal karakteristikler farklılık göstermektedir. a_1 , a_2 , a_3 özelliklerindeki farklı eğilimlere aşınma neden olmaktadır. $A = a_1/a_2$ 'yi hesaplamak suretiyle bir normalleşme icra edilmekte ve sınıflandırmada A değerine dayanmaktadır. Düşük frekansları reddeden ilk filtreleme aşaması darbenin sinyal /gürültü oranını da düzeltmektedir. Müteakip aşama olarak grup saptamasının kullanımı iki açıdan büyük oranda avantajlı olmaktadır. Birinci olarak ağır bir veri azalması meydana gelmektedir. Grup sinyali daha küçük bir spektral aralıktan geçmekte ve bu nedenle daha düşük bir hızda örneklenmektedir. Bu aynı zamanda kesme prosesinden dolayı bunları elde tutarken tezgah-takım yapısının esasen karakteristiğini oluşturan modelleri göz ardı etmektedir. Prosesin hemen hemen durağan çevriminin zaman modeli zaman diliminde kalmayı gerekli kılmaktadır.



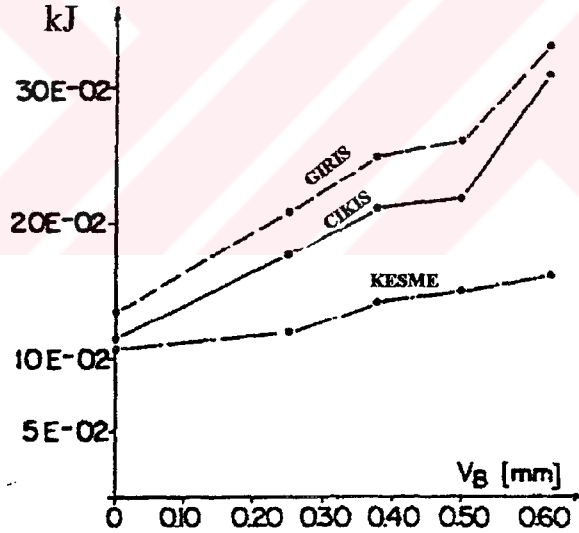
Şekil 3.45 Sinyal proses sistemi (Rotberg vd., 1987)

Sinyal proses sonuçları kesme prosesinin farklı niteliğini yansıtan takım ömrü esnasındaki çeşitli noktalarda kesme işleminin çeşitli aşamalarındaki titreşim sinyallerinin farklı karakteristiklerini açık bir biçimde göstermektedir. İş parçasına veya iş parçasından takımın

hem girişi hem de çıkışında yüksek frekanslı bir geçici tepki vardır. Bu frekansın akselerometre ve onun yükselen doğal frekansı veya diğer yapısal elemanları ile bağlantılı olması muhtemeldir. Bu üç aşamanın tamamında gözükten daha düşük bir frekans sinyali mevcut bulunmaktadır. Kesme aşamasında bu tek önemli sinyal olmaktadır. Giriş ve çıkışta sinyal enerjisinin çoğu yüksek geçici frekansa ait olurken toplam enerjinin küçük bir kısmını içermektedir. Bu daha düşük enerji sinyalinin sürekli kesme prosesi ile bağlantılı olması muhtemeldir.

Her bir sinyal enerjisi içeriğindeki değişiklik, takım ömrü esnasında net bir eğilimi göstermektedir. Kesme sinyali yoğunluğu çok yavaş artarken, giriş sinyali yoğunluğu tedrici olarak artmaktadır. Çıkış sinyali yoğunluğu yüksek bir değerde başlamakta, kısa sürede daha düşük bir değere indirgenmekte, daha sonra yavaşça artış göstermektedir; bu bir "çalışma" etkisini andırmaktadır (Şekil 3.46). Bu etki, alın frezeleme kesici takımlarını test eden ve bir kesicinin her nasılsa, ister daha iyi kaliteden ileri gelsin, isterse de güvenli çıkış koşullarında çalışmasından dolayı olsun ilk çalışma döneminden sağlam çıkması durumunda, tehlikeli çıkış koşullarında dahi, genellikle bir çıkış aşınmasına sahip olmayacağını bulan Pekelharing tarafından belirtilmiştir. Söz konusu çalışma sonucunda, takım ağızı tedrici olarak "bilendiğinden", çıkış titreşim sinyalinin "çalışma" döneminde azaldığı görülmüştür.

Bu gözlemlerin tamamı başlangıçta keskin olan bir takım için geçerlilik arz etmektedir. Uygun ağız hazırlığı, pah veya bilemenin kesme ağızını güçlendirdiği ve süreksiz kesmedeki ağızdan küçük parçaların kopmasını veya kırılma aşınmasını azalttığı bilinmektedir.



Şekil 3.46 Pahlı takımlarda serbest aşınmaya karşı enerji içeriği (Rotberg vd., 1987)

Yapılan çalışmalar sonucunda takım ağızına pah verilmesinin, takımı esas olarak takım ömrünün ilk döneminde özellikle yüksek olan çıkış çatlama tehlikesinden koruduğu saptanmıştır. Bu, pah alanında bir yığılma ağız tabakası oluşturulması ile yapılmaktadır.

3.5 Kırılma Mekaniğine Dayanan Kesici Takımların Kırılma Aşınmasının Analizi

Kesici takım ağzında küçük parçaların kopması ve yorulmadan ileri gelen çatlama ve termal çatlama gibi kesici takımların kırılma aşınması imalat proseslerinin otomasyonunun geliştirilmesinde ve güvenilirliğin iyileştirilmesindeki en önemli problemdir. Kırılma mekaniğine dayanan kesici takımların kırılma aşınması hususunda iş parçası ve takım malzemelerinin çatlama kuvvetinin tespit edilmesine ilişkin geniş çapta çalışmalar yapılmıştır. Ancak takım kırılma ile ilgili sistematik bir yaklaşım henüz geliştirilememiştir.

Gözenekler, kaba taneler ve oklüzyonlar gibi çatlama ve çatlama benzeri kusurlar fiili çalışan kesici takım malzemelerinde mevcut bulunmaktadır. Takımın kırılma aşınması talaşlı işleme esnasında bir çatlamanın dengesiz yayılması ile bağlantılı bulunmaktadır. Bu çatlama tarzlarının kırılma aşınma mekanizmasının durumu için bir neden oluşturmaktadır.

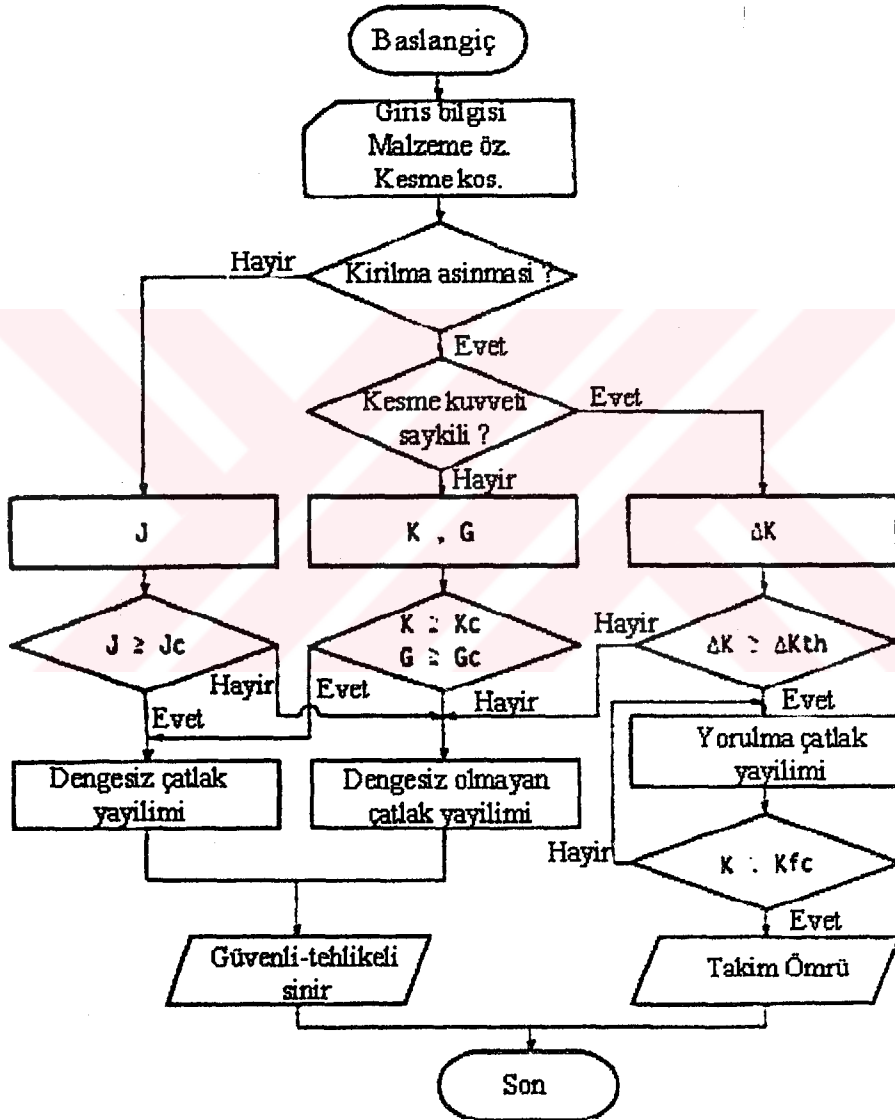
Kırılma aşınmasından dolayı takım ömrünü tahmin etmek veya kritik kesme durumunu önceden ifade etmek için çatlama ucunun yakın mesafesi içindeki mekanik tepkideki tekilliğin uygulanan yüke olan ilişkisinin incelendiği çatlama mekanikleri teorisinin uygulanması mümkündür. Kesitte kırılma gerinimi gibi basit bir kırılma geriniminin varsayılması veya geleneksel gerilme-gerinim analizinin kullanımı yeterli değildir.

Şimdiye kadar geleneksel analitik yöntemlerin uygulanması ile yapılan yaklaşımlar bir çatlama olmaksızın kesme takımındaki gerilme-gerinim yayılmasının önce verilmiş olan kesme koşulları ve takım malzemelerinin mekanik özelliklerinin hesaplandığı ve alandaki maksimum gerilme veya gerinimin aşınmanın meydana geldiği kritik değere ulaştığı hipotez üzerine temellenmiştir. Ancak bu geleneksel yaklaşımda çatlama rolü ve oluşum şekli dikkate alınmamıştır. Bu nedenle kırılma aşınması ile ilgili tehlikeli-güvenli sınırı tahmin etmek ve süresiz kesmedeki takım ömrünü önceden kesinlikle söylemek mümkün değildir.

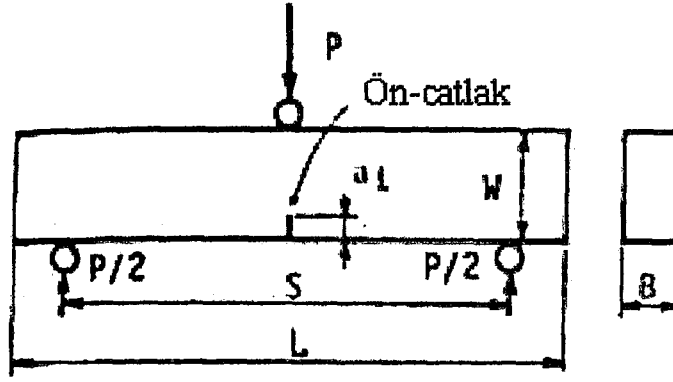
Shibasaka ve Hasimoto tarafından 1983 yılında yapılan araştırmada sert metal kesici takımlarının kırılma aşınması çatlama mekanikleri teorisinin uygulanması ile analiz edilmiştir. İlk olarak uygulamanın anlamı tanımlanmakta ve bunun uygulanması ile ilgili bir sistematik algoritma kullanılmıştır (Şekil 3.47). Uygun çatlama mekanikleri parametreleri K gerilim yoğunluk faktörü, G potansiyel enerji deşarj oranı, ΔK gerilme yoğunluk faktör aralığı ve J , J entegralinin değerlendirilmesi ile ilgili bir yöntem oluşturulmuştur. Yöntemin uygulanmasıyla analitik sonuçlar çıkarılmıştır. Birinci olarak uygun şekilde ifade edilmiş bulunan çatlama bir kesme takımının bir sonlu eleman gerilme analizi yapılmaktadır. Daha sonra ise uygun olan J , K , G ve ΔK parametreleri hesaplanmaktadır. Erken çatlama ile ilgili güvenli ve tehlikeli bölgeler arasındaki ilişki çatlama yayılmasından ileri gelen takım ömrü, takım geometrisi, kesme koşulları ve takım malzemelerinin çatlama sertliği açısından yorumlanmıştır. Analizde gerekli görülen takım malzemelerinin çatlama mekanikleri parametreleri ön çatlama yaşanan örnekler üzerindeki üç noktalı eğme testleri yapılarak tespit edilmiştir (Şekil 3.48).

Kesmenin ilk aşamasında erken meydana gelen çatlama durumunda çatlamanın uç kısmının yakın çevresindeki gerilme bölgesinin yeterli düzeyde küçük olması durumunda lineer çatlama mekanikleri teorisinin uygulanması mümkündür. Daha sonra uygun parametre K ve G olmaktadır. Bu parametrelerin çatlama sertliği testi tarafından bağımsız olarak tespit edilen K_c ve G_c çatlama sertliği gibi bir kritik değere ulaştığı zamanlarda kararsız çatlama yayılmasından dolayı kesme takımının aşınması meydana gelmektedir. Çatlama kriterlerinin karşılanmaması durumunda çatlama uygulanan yük artırılmadığı sürece büyümektedir.

Kırılma aşınmasının neden olduğu takım ömrünün azalması süresiz kesmede en önemli problemdir. Bu durumda kesme kuvvetinin çevrimsel değişmesi ile birlikte K değiştiğinden uygun parametre ΔK olmaktadır. Yorulma çatlak yayılması ΔK 'nin kritik değere ulaşmaması durumunda çatlak büyümektedir ve kesmenin devam etmesi mümkündür. Diğer taraftan ΔK 'nin ΔK_{th} 'yi aşması durumunda yorulma çatlak kesme kuvvetinin çevrimsel değişimi ile birlikte büyümekte ve K 'nin maksimum değeri K_{max} artmaktadır. K_{max} , yorulma çatlama sertliği K_{fc} gibi bir kritik değere ulaştığı zaman, dengesiz çatlama yayılmasından dolayı kesici takım aşınmaya maruz kalmaktadır. Böylece takım ömrü yorulma çatlak yayılmasının büyüme prosesinin analizi ile tahmin edilmektedir.



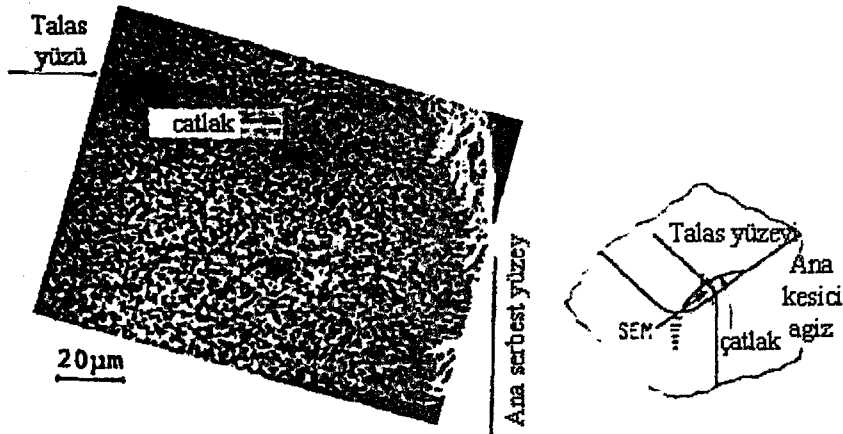
Şekil 3.47 Kesici takımların kırılma aşınmasına çatlama mekanikleri uygulaması ile ilgili bir algoritma (Shibasaka ve Hasimota, 1983)



Şekil 3.48 Üç noktalı eğme testi (Shibasaka ve Hasimota, 1983)

Kesici takımlar gibi sınır koşulları problemi ve karmaşık bir konfigürasyon ile ilgili K 'nin analizinde analitik yöntem çok zor olduğundan araştırmacılar (Shibasaka ve Hasimota, 1983) rakamsal hesaplamaların yararlı olduğunu benimsemişlerdir ve çalışmada kesme takım modelleri ile ilgili olarak bir sonlu eleman yöntemi uygulamışlardır.

Çalışmada kesici takım modelinde çatlakın maksimum çeki gerilmesi konumunda ve dikey yönde büyümenin mevcut olduğu varsayılmıştır. Bunun ifade ettiği husus ise konumun talaş yüzeyindeki kesme ağzından belirli bir uzaklıkta olduğu ve birçok durumda istikametın hemen hemen talaş yüzeyine dikey olduğudur. Başka bir basitleştirme de mevcuttur şöyle ki bir düzlem gerilim koşulu varsayılmaktadır. Şekil 3.49'da süreksiz kesmedeki bir kesici takımda gözlenen tipik çatlak gösterilmiştir. Bu şekilden varılan sonuç söz konusu varsayımların doğrulanmış olmasıdır. K 'nin analizi uyum kavramına dayanarak yapılmıştır. Bir düzlem gerilim problemi ile ilgili şekil durumunda K_I gerilme yoğunluk faktörü aşağıdaki (3.25) eşitliğinde verilmiştir.



Şekil 3.49 Talaş yüzeyinde gözlenen tipik bir çatlak. Çalışma malzemesi; Krom molibden çelik, Takım malzemesi; sert metal, Takım geometrisi: (-5, -6, 6, 15,15,0.4); Kesme hızı:0.625 m/s, Kesme derinliği: 1.5 mm, İlerleme: 0.14 mm/devir.
(Shibasaka ve Hasimota, 1983)

$$K_I = \left(\frac{E}{2(1-\nu^2)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_i P_j \frac{d\lambda_{ij}}{dA} \right)^{1/2} \quad (3.25)$$

Bu eşitlikde P_i ve P_j , sırasıyla talaş yüzeyindeki i ve j noktalarındaki kesme kuvvetleri; E , Young modülü; ν ; Poisson oranı, λ_{ij} ; Elastikiyet modülü ve A ; çatlak alanıdır.

Dengesiz çatlak yayılması ile ilgili çatlama kriteri:

$$K_I \geq K_{IC} \quad (3.26)$$

Eşitlik (3.26)'daki K_{IC} düzlem çatlama sertliği gerilmesidir. Verilmiş bulunan kesme koşulları için $d\lambda_{ij}/dA$ 'yı elde ederek güvenli-tehlikeli sınırın tespit edilmesi mümkündür. Şekil 3.50'de a çatlak uzunluğu ile λ elastikiyet değerinin değişimi gösterilmiştir. Analiz edilmiş takım malzemesi sert metaldir. Malzemenin Young modülü 548.8 Gpa, Poisson oranı ise 0.225'tir. Analizdeki sınır koşulu kesme kuvvetinin kesme ağzında yoğunlaşması ve ortaya çıkan $\theta = \tan^{-1}$ (dikey kuvvet/yatay kuvvet) = 10° olmasıdır. Takımın talaş açısı 0° , kama açısı ise, 84° 'dir. a ve λ arasındaki bağıntı:

$$d\lambda / da = \alpha a^\beta \quad (3.27)$$

Burada, α ve β model konfigürasyonu ve sınır koşuluna bağlı sabit parametrelerdir. Bu durumda eşitlik (3.25) K_I değerinin aşağıdaki şekilde ifade edilmesi mümkündür:

$$K_I = \left(\frac{E}{2(1-\nu^2)} \alpha a^\beta \right)^{1/2} f \quad (3.28)$$

Bu eşitlikte f kesmenin her bir ünitesi için sonuç doğuran kesme kuvvetidir. Erken çatlama ile ilgili güvenli-tehlikeli sınırın eşitlik (3.28)'in eşitlik (3.26)'da yerine konulmasıyla meydana getirilmesi mümkündür. Daha sonra başlangıçtaki çatlak uzunluğu ve kesme kuvvetinin kritik değerlerinin verilen koşullar için tespit edilmesi mümkün olmaktadır.

İlaveten takım ömrünü analiz etmek için ΔK_I değerini ve çatlak büyümesinin karakteristiklerini bilmek zorunludur. ΔK_I değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. K_I değeri, süreksiz kesme çevrimi esnasında değişiklik göstermektedir. K_I 'nın minimum değeri kesme işleminin yapılmadığı süre zarfında meydana geldiğinden ve $K_I \min=0$ olduğundan ΔK_I gerilim yoğunluk faktörü aralığı kesme zamanında meydana gelen maksimum değere eşit olmaktadır ve;

$$\begin{aligned} \Delta K_I &= K_I \max - K_I \min \\ &= K_I \max. \end{aligned} \quad (3.29)$$

Eşitlik (3.28)'i kullanmak suretiyle ΔK_I değeri aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;

$$\Delta K_I = \left(\frac{E}{2(1-\nu^2)} \alpha a^\beta \right)^{1/2} \Delta f \quad (3.30)$$

Bu eşitlikte Δf sonuçlanan kesme kuvveti aralığını ifade etmektedir. Çatlağın karakteristiklerine gelince büyümenin gösterdiği eğilim geleneksel malzemeler için deneysel olarak araştırılmış ve da/dN yorulma çatlak büyüme oranının aşağıdaki (3.32) no'lu eşitliğin kuvvet yasası ile geleneksel olarak temsil edilmesi mümkündür.

$$da/dN = c(\Delta K_I)^m \quad (3.31)$$

N_c ; çevrim sayısı c ve m ; deneysel olarak tespit edilecek olan malzeme sabit değerleridir. (3.31) no'lu eşitliğin takım malzemelerine uygulanması ile (3.30) ve (3.31) no'lu eşitliklerden N_c ; takım ömrünü aşağıdaki gibi tahmin etmek mümkün olacaktır;

$$\begin{aligned} N_c &= \int_{a_0}^{a_c} dN \\ &= \int_{a_0}^{a_c} \frac{da}{c(\Delta K_I)^m} \end{aligned} \quad (3.32)$$

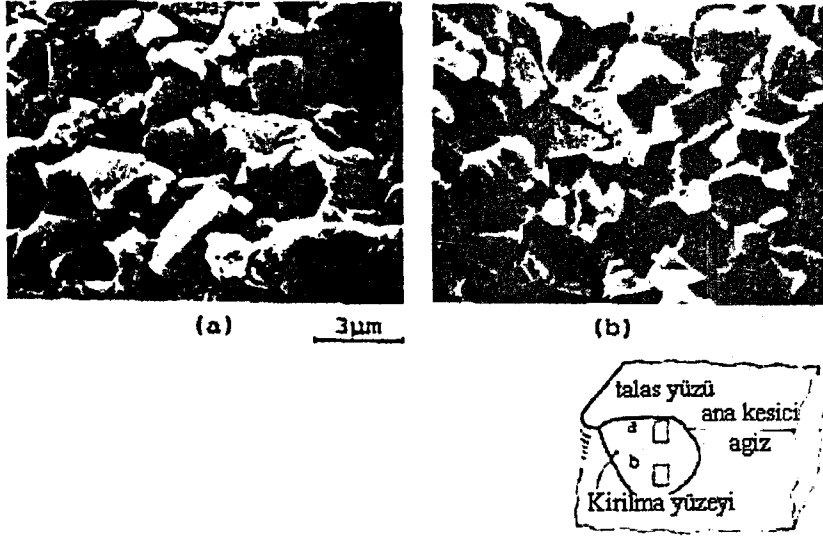
Bu eşitlikte a_0 ; başlangıçtaki çatlak uzunluğudur ve a_c ; bir yorulma çatlakının dengesiz yayılması ile ilgili kritik çatlak uzunluğudur. Sonuçta;

$$\begin{aligned} N_c &= \frac{\left\{ \frac{2(1-\nu^2)}{E\alpha} \right\}^{\frac{1-m}{2}} \left(\frac{Kfc}{\Delta f} \right)^{\frac{2}{\beta}-m} - a_0^{1-\frac{\beta}{2}m}}{c \left[\left\{ \frac{E\alpha}{2(1-\nu^2)} \right\}^{\frac{1}{2}} \Delta f \right]^m \left(1 - \frac{\beta}{2}m \right)} \end{aligned} \quad (3.33)$$

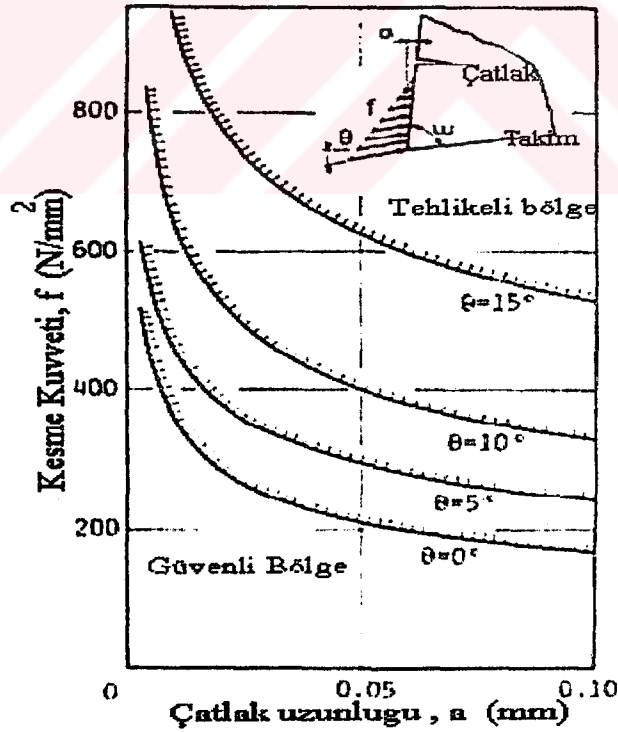
Burada a_c , eşitlik (3.28) kullanılarak Kfc 'den tespit bulunmaktadır.

Süresiz kesme işleminde kırılmalık aşınma yüzeylerine bir örnek Şekil 3.50'de gösterilmektedir. Şekil 3.50(a)'daki talaş yüzeyine yakın çatlama yüzeyine, sert metal partiküllerinin ara yüzlerindeki çatlamlar egemen olmaktadır. Şekil 3.50(b)'deki çatlama yüzeyi birçok çatlaklı yüzeye sahip bulunmaktadır. Çatlama yüzeyinin bu özellikleri tipik olarak beş yorulma çatlaklı yüzeyininkilere oldukça benzerlik göstermektedir. Bu da kesici takım ucunun kırılmalık aşınmasına neden olan çatlakın büyüdüğünü ve çevrimsel kesme kuvveti değişikliği altında yorulmadan dolayı yayıldığını ortaya koymaktadır.

Şekil 3.51'de f kesme kuvveti ve a çatlak uzunluğu açısından ifade edilen erken çatlama ile ilgili güvenli-tehlikeli sınır gösterilmiştir. Şekil 3.51 aynı zamanda sınır üzerindeki θ kesme kuvveti yönünün θ etkisini de göstermektedir. Takımın talaş açısı 5 derece ve kama açısı ise 79 derecedir. Dengesiz çatlak yayılmasından dolayı kesme ağzının kırılmalık aşınmasına tabi bulunduğu sınır burada tehlikeli alan olarak tanımlanmıştır.



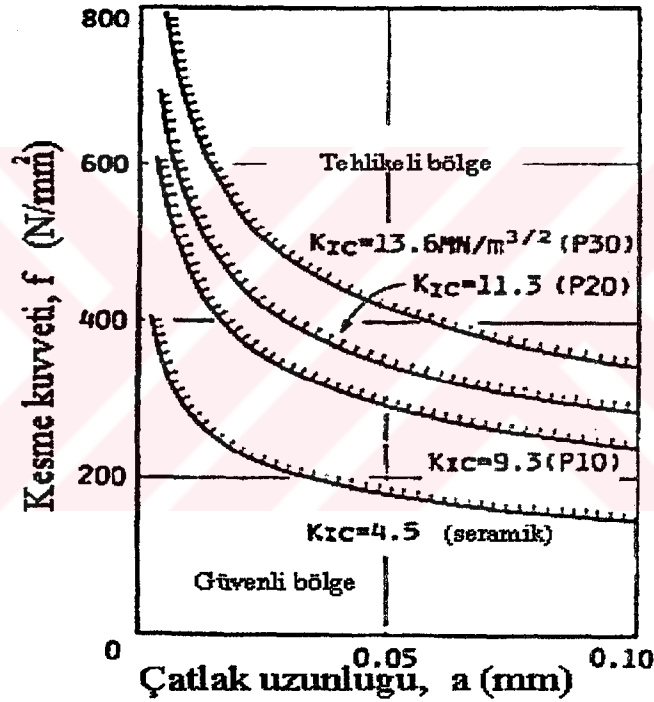
Şekil 3.50 Süreksiz kesme işleminde çatlak yüzeyinin SEM ile taranmış mikro grafikleri
 Takım malzemesi; P20 sert metal, Takım geometrisi; (-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8); Kesme Hızı:
 0.355 m/s, Kesme derinliği: 2.5 mm, İlerleme: 0.17 mm/devir.
 (Shibasaka ve Hasimoto, 1983)



Şekil:3.51 Güvenli-tehlikeli sınır üzerinde kesme kuvveti ve çatlak uzunluğu.
 Talaş açısı $\alpha=5^\circ$; Kama açısı $\omega=79^\circ$; Takım : P20 sert metal
 (Shibasaka ve Hasimoto, 1983)

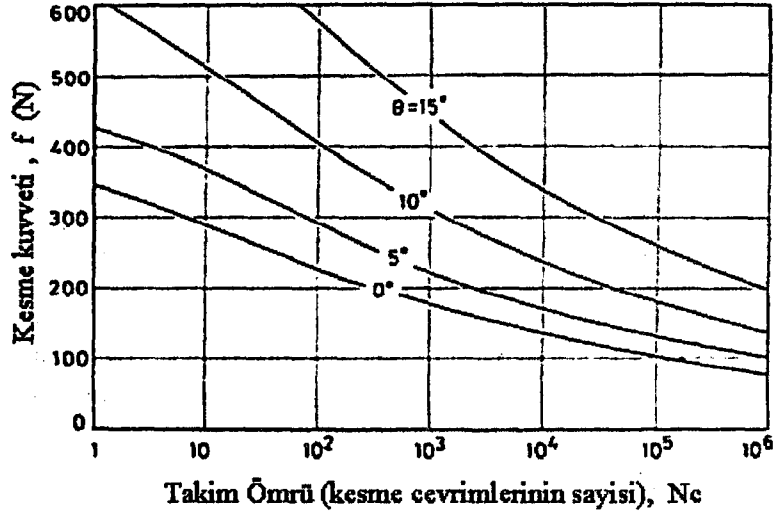
Tehlikeli alanın sınırı kuvvetli bir şekilde θ kesme kuvveti yönüne bağlı bulunmaktadır. Tehlike bölgesi θ 'daki bir artış ile artmaktadır. Bu durumda kesici takım geçici dönemde durağan kesme halinden daha tehlikeli bir durumla karşılaşmaktadır. Buna θ değerinin durağan kesme halinde çalışma durumundan daha küçük olması neden olmaktadır. Aynı zamanda da Pekelharing'in önerdiği şekilde negatif sürtünmenin çalışmaması halinde takım talaş yüzeyinde hareket edecek ve bu da tehlikeli bir duruma neden olacaktır.

Şekil 3.52'de güvenli-tehlikeli sınır üzerindeki K_{Ic} değerinin etkisi görülmektedir. Bu şekildeki çatlama sertlik değerleri sert metal kesici takım P10, P30 ve seramik takım için geçerlidir. Şekil 3.52'den güvenli-tehlikeli sınırının çatlama sertlik değeri ile önemli boyutlarda etkilendiği ve K_{Ic} değerinin en düşük düzeyde olduğu seramik takımının güvenli bölgesinin en düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç genel olarak bilinmekte olan takım malzemelerinin kırılma sertliğine karşılık gelmektedir. Bu durum takım malzemelerinin çatlama sertliği değerinin güvenli sınırı iyileştirmek için uygulamada artırılması gerektiğini belirtmektedir.

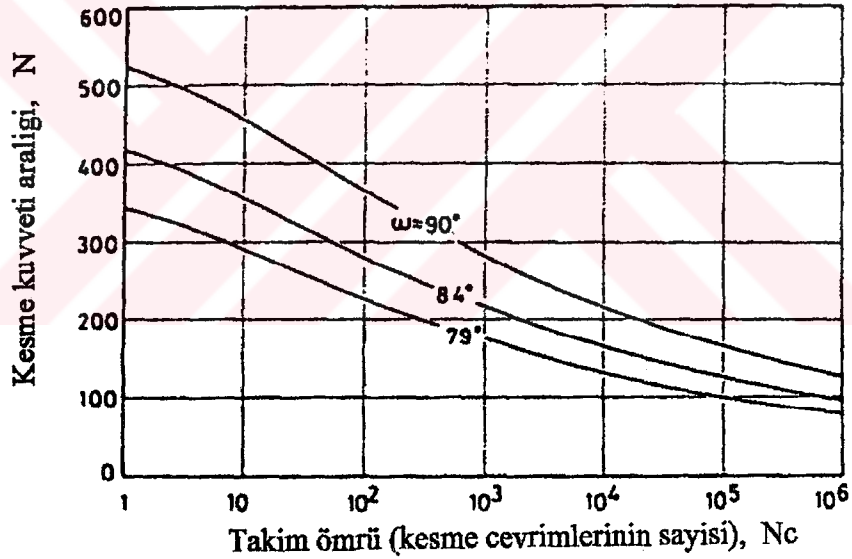


Şekil 3.52 Güvenli-tehlikeli sınır üzerinde çatlama sertliğinin etkisi. $\theta=7.5$ derece, diğer koşullar Şekil 3.51 ile aynıdır. (Shibasaka ve Hasimoto, 1983)

Sürekli kesmedeki takım ömrü üzerindeki θ kesme kuvveti yönü ve Δf kesme kuvvetinin etkileri Şekil 3.53'de gösterilmiştir. Shibasaka ve Hasimoto'nun yapmış olduğu analizde başlangıç çatlağı uzunluğunun $5 \mu\text{m}$ olduğu varsayılmış ve diğer sınır koşullarda Şekil 3.52'dekinin aynı olmuştur. Takım ömrü θ 'deki azalma ile ve Δf 'deki artışla birlikte azalma göstermektedir. Örneğin θ , 15 dereceden 7 dereceye azalma gösterdiğinde Δf kesme kuvveti artmış ve takım ömrü 28.400'den 7 çevrime düşmüştür. Bu eğilim Şekil 3.52'de gösterilen güvenli alanın azalmasına karşılık gelmektedir. Bu nedenden dolayı sürekli kesmede θ değerinin artması kesme ağız kırılma aşımını önlemek için arzu edilmektedir.



Şekil 3.53 Süreksiz kesmede takım ömrü üzerinde kesme kuvveti yönünün etkisi.
(Shibasaka ve Hasimota, 1983)



Şekil 3.54 Süreksiz kesmede takım ömrü üzerinde takımın kama açısının etkisi.
(Shibasaka ve Hasimota, 1983)

Takım ömrü üzerinde kesici takımın kama açısının etkisi Şekil 3.54 'de gösterilmiştir. Kama açısındaki artıştan dolayı takım ömründe iyileşme meydana gelmiştir. Takım ömrü aynı zamanda büyük oranlarda takım malzemelerinin yorulmadan ileri gelen çatlama sertliği K_{fc} 'ye bağlı bulunmaktadır. Takım ömrünün K_{fc} değerinin artışı ile arttığı araştırmacılar sözcüğü konusunda çalışmada tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda kesme kuvvetinin yönünün kırılma aşınması üzerinde önemli etkilere sahip olduğu ve güvenli bölge ve takım ömrünün takım malzemelerinin çatlama sertliğinin artışı ile birlikte artmakta olduğunu tespit etmişlerdir.

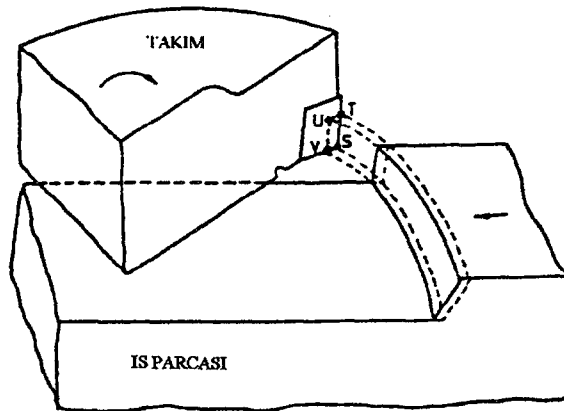
3.6 Süreksiz Kesmede Giriş Ve Çıkış Etkileri

Süreksiz kesmede ancak ilerlemeler ve hızlar sürekli kesime göre daha düşükse ve uygun takım geometrisi kullanılmışsa makul takım ömrü vermektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda çıkış etkisinin zararsız yada çok küçük etkisinin olduğu kabul edilmiş, giriş şartlarının daha sorunlu olduğu bulunmuştur. Takım ömründeki değişiklik giriş ve çıkış koşullarına ve yinelenen ısıtma ve soğutma ile ortaya çıkan termal koşullara atfedilmiştir. Kesme çevrimindeki süreksizlik etkisi daha da büyük problemleri ortaya koymaktadır.

Mekanik darbelerin kesme kuvvetlerinin ani değişimlerinden sıfırdan tam normal kesim değerlerine ulaşmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Daha yüksek hızla geçip giden başlangıç kuvvetleri için başka kanıt bulunamamıştır. Buna karşın kuvvet çabukça artmaktadır. Fakat beklenenden çok daha yavaştır. Kronenberg, Opitz ve Beckhous, alın frezelemede kesici ofsetini değiştirmek suretiyle giriş koşulları üzerinde çalışma yapmışlardır. Araştırmacılar kritik faktörün kırılması mümkün olan takım ağzının iş parçasına girişte olduğunu dikkate almışlardır. Opitz ve Beckhous "üzerinde çalışılan kısmi bölgeyi" dikkate alırken Kronenberg, "kısmi nüfuz süresi" kavramını kullanmıştır. Her iki durumda da teori ve uygulama arasında iyi bir mutabakata varılmıştır. Ancak giriş koşullarını değiştirmek için kesici ofset kullanımının aynı zamanda diğer değişkenleri etkilemekte olduğu hususunun dikkate alınması gerekmektedir.

Kronenberg (1946), takım ömründe darbe anında temasın geometrik biçiminin güçlü bir etkiye sahip olduğunu ispat etmiştir. Sert metal alın frezeleme kesici takımları için en kısa ve en düşük takım ömrü arasında 1:35 'i bulmuştur. Bu başlıca; Carbolog, Hoshi, Jack ve diğer araştırmacılar tarafından farklı iş parçaları ve kesici takımlar için de doğrulanmıştır.

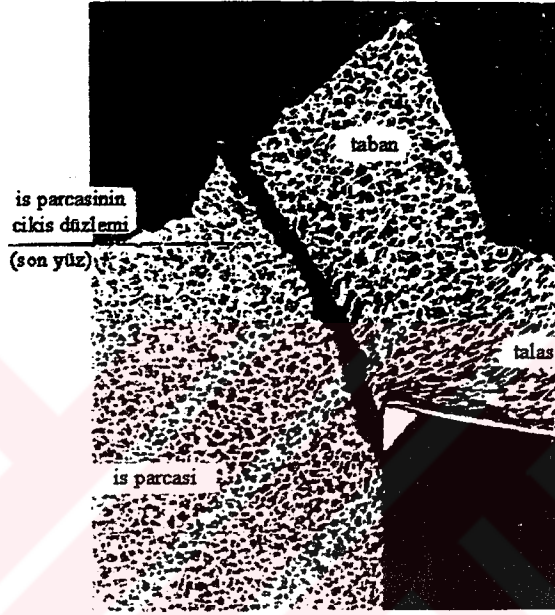
Kronenberg 1946 yılında takım giriş koşullarının etkisini incelemek için alın frezelemede düz yüzeyli keskin köşeli ağızlara sahip sert metal kesici takımları kullanmıştır (Şekil 3.55). Araştırmada takımın iş parçasına girişteki temas noktaları değişken olduğundan, eğer talaş yüzeyindeki tüm noktaları iş parçasına eş zamanlı olarak temaslı ise S.T.U.V paralelinin girişte takım temas bölgesini vereceğini bulmuştur. Takımın iş parçasına ilk temasının S, T, U, V noktalarında olması nadiren gerçekleşmiş bunun yerine genellikle ilk temas VU, UT, TS, SV boyunca olmuştur. Ayrıca S.T.U.V bölgesi deforme olmamış talaşın tüm kısmını kapsamaktadır (Şekil 3.56).



Şekil 3.55 Alın frezelemede keskin köşeli takımların iş parçasına girişteki ilk temas noktaları çeşitleri (Philip,1977)

Pekelharing 'in 1978 yılında süresiz ortogonal tornalamada keskin sert metal kesici takımlarla yapmış olduğu çalışma takımların ilk çıkışta kesici ağızdan küçük parçaların kopmasıyla sonuçlanmıştır. Takım ömrü keskin takımlar için yalnızca tek kesim olmuştur. Şekil 3.57'de ani parçalanmaya yol açan mekanizma ve iş parçası talaş enine kesitinde görülmektedir.

Barrow (1981), takım ömrü ve çıkış açısı arasındaki ilişkiden çıkan sonuçların kullanımının tespit edilmesinin mümkün olduğunu göstermiştir. Ancak kesici ağızdan küçük parçaların kopmasının çıkışta kesme esnasında meydana gelmiş olan fenomenlerden dolayı girişte meydana gelmesinin mümkün olacağı önerisini ortaya koymuştur.



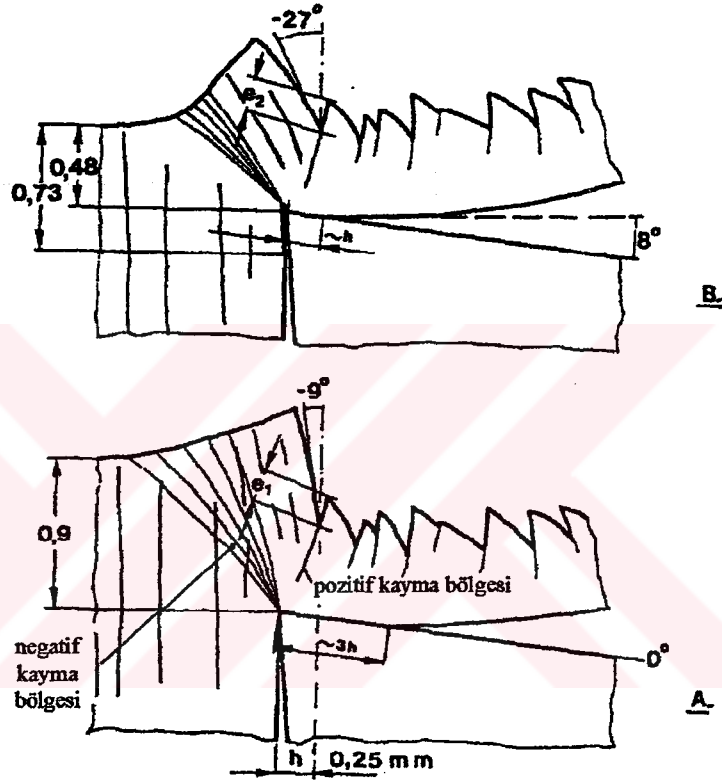
Şekil 3.57 İlk ortogonal kesimde ortogonal çıkış düzlemiyle birlikte iş parçası talaş ve taban Beyaz üçgen bölgede sert metal takımdan küçük parçalar kopmuştur. Genişlik $0,35h$, h =kesme derinliği . (Pekelharing ,1978)

Barrow ve Ghani(1985), tarafından yapılan pratik kesme testleri belirli takım ve iş parçası kombinasyonları ile ilgili olarak örneğin dökme demirlerin birçoğunun frezelenmesinde hiçbir problemin ortaya çıkmamasından hareketle giriş ve çıkış koşullarının takım ömrü üzerinde çok az etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Ancak birçok malzemeyi özellikle de yüksek termal dayanıma sahip alaşımları frezelerken kesici ofseti ve/veya frezeleme şeklinin takım ömrü üzerinde oldukça önemli boyutlarda etkiye sahip olduklarını bulmuşlardır.

Yellowley (1978), Ti alaşımı üzerinde çevresel ters frezeleme testlerini uygulamıştır. Tüm faktörleri hesaba katmak suretiyle giriş koşullarındaki önemli değişikliklerin takım ömrünü etkilemediğini dikkate almıştır. Aynı zamanda da kısa takım ömrünün sık sık "talaş yapışması" olarak bilinen fenomen ile bağlantılı olduğunu dikkate almış ve çıkıştaki sonlu talaş kalınlığının kesme hız vektörü ile yüz yüze gelmesi amacıyla dönen kayma açısının son hareketinin boşaltma ve delmeye benzer olduğu gibi bir sonuca varmıştır. Daha sonra Pekelharing tarafından yapılan çalışma da kayma açısının, "taban oluşumu" olarak anılan ve "negatif kayma" yol açacak şekilde daha da fazla da dönebileceği ortaya çıkmıştır.

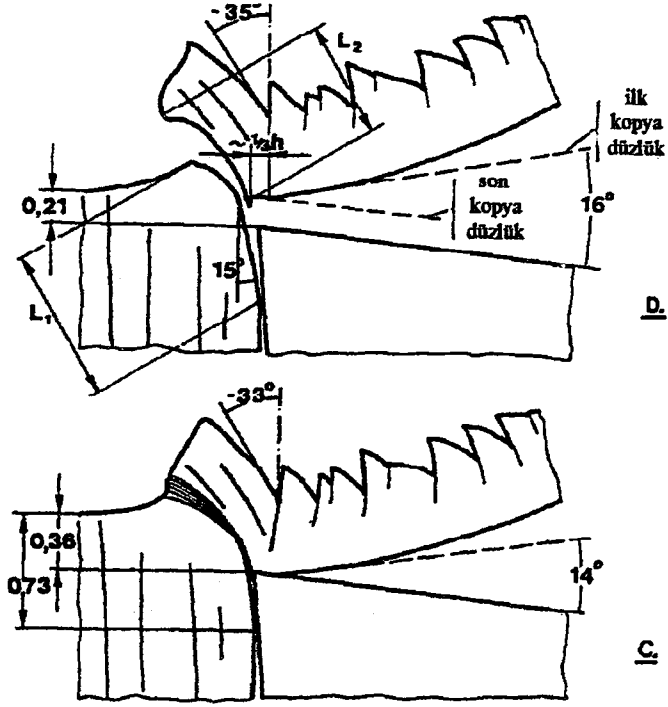
3.6.1 Çıkıştaki Kesme Mekanizması

Sürekli olarak yapılan kesme esnasında kesmede dağılan enerjinin büyük çoğunluğu kesici takımın önündeki ön deformasyon alanında meydana gelmektedir. Birçok analizde bu deformasyon alanı özellikle yüksek kesme hızlarında olmak üzere çok iyi bir yaklaşımla kayma düzlemine indirgenmektedir. Ancak çıkıştaki özel koşullara bağlı kalmak suretiyle ve takım, iş parçası için mevcut bulunduğundan dolayı kesme mekanizması da önemli ölçüde değişmektedir. Şekil 3.58'de Luttermel'in 1976 yılında HSS kesici takımlarla yapmış olduğu çalışmada kayma mekanizmaları gösterilmiştir.



Şekil 3.58 Kayma mekanizmaları A,B (Luttermel,1976)

- Negatif kayma başlamıştır fakat pozitif kayma devam etmektedir (e_1 ve e_2 nin farkı görünmektedir). Taban kıvrılmış, negatif kayma bölgesini takip etmektedir, taban 9° dönmüştür. Talaş olağan temas bölgesinde yatmakta ve dönme sıfırdır. Temas uzunluğu $=3h$ 'dir.
- Negatif bölge, tabanın 27° döndürüldüğü, talaşın 8° döndürüldüğü ve temas bölgesinin h 'm %100 ü kadar indirgendiği noktada toplanmaktadır. Pozitif bölgenin ; taban ile rijid talaş arasında bağlantı yapan fonksiyonu durmuştur. Negatif kayma bölgesinin alt tarafında "kayma çatlakları" oluşmuş ve yayılmaya başlamıştır. 15° 'nin altında ve pahlı takımlarda çatlak başlangıcı görülmüştür.

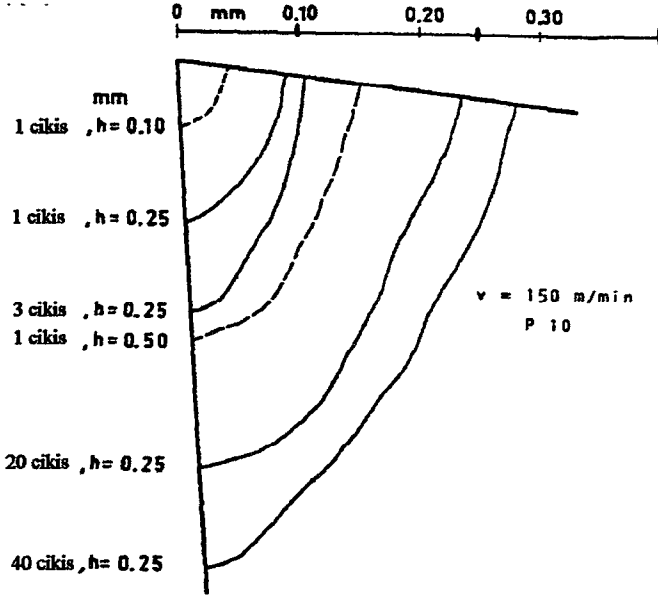


Şekil 3.58 Kayma mekanizmaları C,D (Luttervel,1976)

- C. Dar negatif bölge oluşmuştur. B'den talaş dönmesi taban dönmesine (6^0) eşittir. Çatlaklar uzunlukça ve genişlikte büyümüş ve sola doğru kıvrılmıştır
- D. İş parçasının son yüzeyine takım erişmeden önce talaş ve taban özgürdür. Talaş altında talaş yüzünün iki düzlük kopyası görünür. Birincisi talaşın ilk dönmesinden kaynaklanmaktadır. İkincisi düzlükler arasında talaş yüzeyi ile birlikte son temasta olan kıvrılmış bağlantı uzunluğunun sürekli dönme ve azaltılmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 3.58 (C) ve (D)'de ayrılma her zaman fark edilebilir kıvrılma ile oluşur. Bunun anlamı; tabanın negatif kayma periyodunda dönmesidir. Taban bu dönmeye talaşı birlikte götürmeye kalkar. Böylece temas bölgesindeki basınç dağılımı tehlikeli şekilde değiştirilmiştir. Bütün geride kalan kesme kuvvetleri kesici ağız yakınında toplanmıştır.

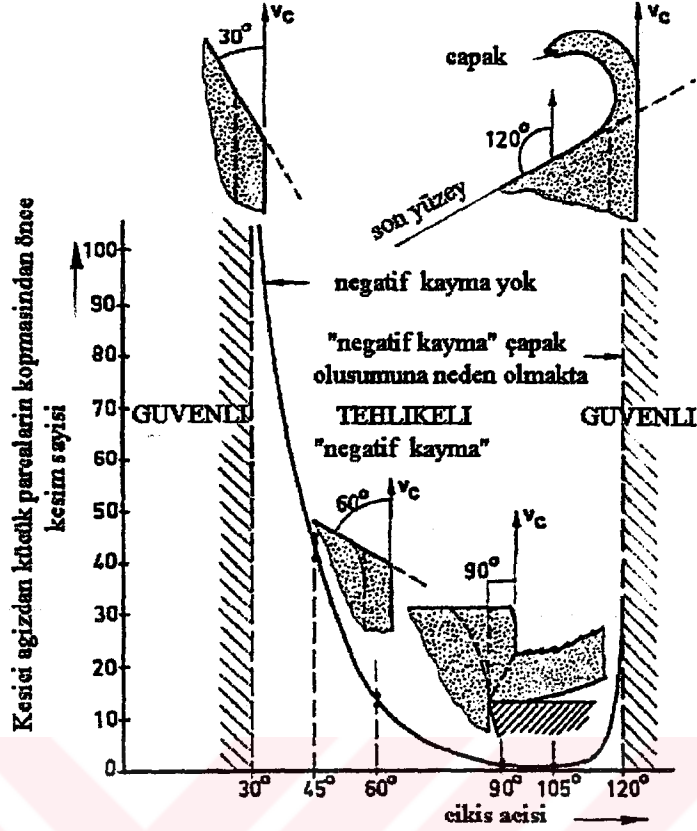
Pekelharing (1978), tornalama işleminde keskin sert metal kesici takımları Ck 45 çeliği üzerinde çeşitli ilerleme ve hızlarda incelemiştir. Araştırma sonucunda kesici ağızla birlikte, h kesim kalınlığının 1/3'ü civarında azaldığını ve talaş yüzeyinin dar bir şeridinin kaybolduğunu görmüştür (Şekil 3.59). Bu ilk çıkışta çok küçük hasarın olduğunu açıklamaktadır. Kesim kalınlığı h'nin %35 'inin pürüzlü olduğu görülmüştür. Kesim kalınlığı h'nin hala %65 'i sağlam ve takım kesmeye devam etmektedir. Bir sonraki kesimde takımın kopmuş parçaları çelikle doldurulmuştur. Daha sonraki çıkışta ise %10 kesme yada kırılma olmuştur. İkinci talaş sadece ilk talaşın %65'ni içermektedir. Geçişler fark edilememektedir ve talaşların tamamının %100 olmadığı ve talaşların çoğunun takıma taşındığı görülmüştür. Bir süre sonra tuhaf şekil oluşmuş ve kesme kuvvetleriyle birlikte taban altında kesici ağız ömrünü tamamlamıştır.



Şekil 3.59 Ani çıkışlarda sert metal takımdan küçük parçaların kopması. Ölçüler ilerleme ve kesim sayısına bağlıdır. İlk kesici ağızdan kesim kalınlığının %35 i kadar pürüzlü. (Pekelharing, 1978)

Negatif kaymanın başka bir tehlikesi de vardır. Pozitif kayma pozitif talaş hızına, negatif kayma negatif talaş hızına neden olur (Şekil 3.58-A). Eğer talaş solda tabanı takip ederse talaş yüzeyinde sürtünme oluşabilir. Negatif kayma açısı sürekli kesimde pozitif kayma açısıyla yaklaşık olarak eşittir (10^0-30^0). Eğer bu tehlike gerçekleşirse; olayların sırasına bağlı olduğunu söylemek zordur. Eğer pozitif kayma erken durursa ve taban ile talaş tek vücut olursa negatif kayma bölgesi çok eğrilmez. "Negatif talaş hareketinin" talaş yüzeyinden çekilmesi yüksek çeki gerilmelerine neden olur. Sürekli kesimde takım talaş yüzündeki normal baskı gerilmelerinden kaynaklanan eğilme momentine dayanabilir. Talaş akış yönündeki sürtünme kuvvetleri basma gerilmelerine neden olmaktadır. Talaş sadece solda tabanı takip etmeyi denese bile pozitif sürtünmenin yokluğu tehlikeli olacaktır. Fakat gerçekte talaş tabanı solda takip etmez. Negatif talaş hareketi eğiliminin bütün kombinasyonlarıyla birlikte dönme eğilimini daha da tehlikeli yapacaktır. Yapılan araştırmada negatif hareket gözlemlenmemiş fakat dönme ise açıkça görülmüştür.

Söz konusu araştırmacı Pekelharing, ilk kesimden sonra tam kesme kalınlığının üzerindeki dar bölgede kesici ağızdan küçük parçaların koptuğunu, ikinci kesimde takımda hasar oluşmadığını, üçüncü kesimde yeniden ağızdan küçük parçaların koptuğunu, dördüncüsünde tekrar hasar oluşmadığını, beşincisinde takımın aynı seferleri yakaladığını tespit etmiştir. Tek numaralı kesimlerin takıma zararlı, çift numaralı kesimlerin takıma zararsız olduğunu bulmuştur. Kesimler arasındaki bu fark çift numaralı kesimlerin pahlı iş parçasında gerçekleştirilmiş olmasıdır. Kesim kalınlığı, kesme yönünde 30^0 nin altındaki açılarda yavaş yavaş en az 2 misli büyüklükte azalmıştır. Normal çıkış açısı 90^0 'dir. Bu açının 45^0 veya 60^0 olması durumunda takım ömründe iyileşmeler görülmüştür (Şekil 3.60). Çift sayılı kesimlerde çıkış açısının 30^0 seçilmesiyle taban oluşumu tamamen bastırılmıştır.

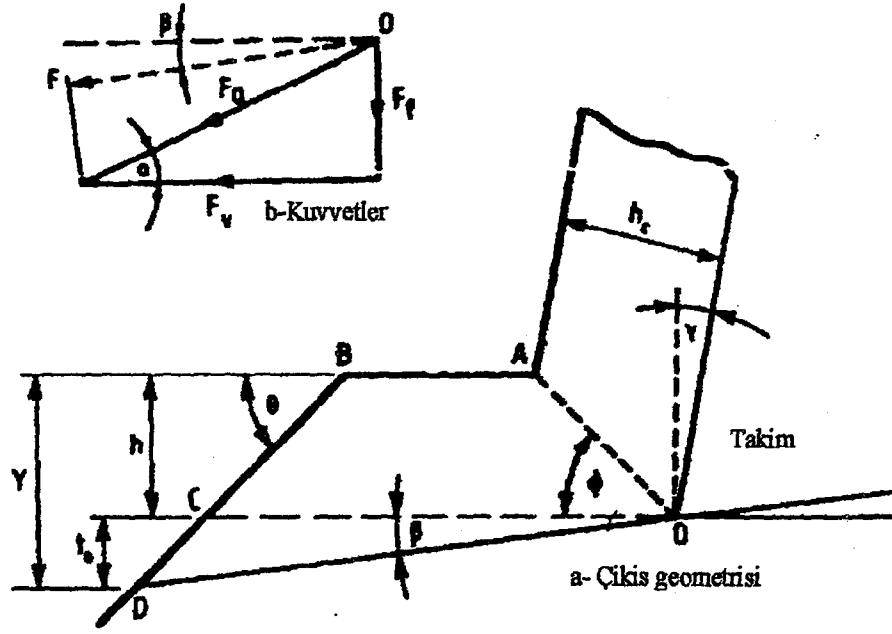


Şekil 3.60 Ortogonal kesimde çıkış açıları ve takım ömrü, İş parçası Ck 45, $V=150\text{m/dak}$, $h=0,25\text{ mm}$, P10 sert metal kesici takım (Pekelharing, 1978)

Şekil 3.60 'da ortogonal kesimde çıkış açılarına bağlı takım ömrü ilişkisi verilmiştir. 30° ile 60° arasındaki çıkış açıları takım ömrü çok kısa, 60° ile 105° arasındaki çıkış açıları takım ömrü sıfırdır. İş parçasının son yüzeyi ters yöne eğilirse (115° ile 120° çıkış açıları arasında) daha uzun takım ömrü elde edilmektedir. Bununla birlikte bu bölgede iş parçası üstünde yoğun çapaklar toplanmıştır. Aynı zamanda kesim kalınlığındaki tedrici azalma iş parçasındaki plastik deformasyondan dolayı artmıştır. Taban oluşumu negatif kayma yada talaş dönmesi olmaksızın bu ani tehlikeleri önlemektedir.

Eğer iş parçası son yüzeyi 90° eğilirse böylece bu düzlem, dar iş parçasının tek tarafındaki ortogonal kesme ağzına diğer taraftan daha yakın olacak ve son çıkış olana kadar bir tarafta taban oluşumu başlayacak ve diğer tarafta kesim kalınlığını değiştirecektir. Şekil 3.60'da görüldüğü gibi son talaş üçgeninin hipotenüsü parçalanmış talaş gibi görünmektedir. Bu, tabanının enine talaş kesitinde bir çok küçük çıkıntılarının yerini alması demektir. Bu durum daha az zararlı görünmesine rağmen keskin takımlarda kısa takım ömürleriyle sonuçlanmıştır.

Barrow ve Ghani'nin (1985), sert metal kesici takımlarla malzemelerin süreksiz tornalama ve frezelemesiyle ilgili yapmış oldukları araştırmada kesici takım serbest hareket eden iş parçası yüzeyine yaklaşırken kayma yönü Şekil 3.61'de gösterildiği üzere normal OA yönünden OD yönüne doğru değişiklik göstermektedir. Uygulamada kayma prosesinin OD düzlemi boyunca meydana gelmesi daha kolay olmaktadır. Çıkış açısı θ ne kadar büyük olursa negatif kaymanın meydana gelmesi de o kadar muhtemel olacaktır. Bu nedenle verilmiş bulunan bir kesme durumu için aşağıda negatif kaymanın meydana gelmeyeceği θ çıkış açısı hesaplanmıştır.



Şekil 3.61 Süreksiz tornalamada çıkış geometrisi ,(a) Çıkışta kesme mekanizması, (b) Kesme ağzındaki kuvvetler (Barrow ve Ghani,1985)

Kritik çıkış açısının ampirik bir tarzda tespitinin zaman israfına yol açtığı ve pahalı olduğunun tespit edilmesinden dolayı Kamaruddin (1984), açırı teorik bir temelden hareketle tahmin etmeye çalışmıştır. Kendisi kritik çıkış açısını hesaplamak için minimum iş prensibini uygulamış ve süreksiz tornalama ve frezelemenin her ikisi ile ilgili teori ve pratik arasında iyi bir bağıntı elde etmiştir.

Süreksiz tornalama için Şekil 3.61'deki geometriyi kullanmak suretiyle negatif kayma açısı \$\beta\$ şu eşitlikle gösterilmiştir.

$$\beta = \frac{\theta + \alpha - \pi/2}{2} \quad (3.35)$$

\$\alpha\$ = kesme gücü ölçüsü

Örneğin \$\theta\$; çıkış açısının \$\beta = 0\$'ı vermesi için:

$$\theta = \pi/2 - \alpha \quad (3.36)$$

Frezeleme için üzerinde çalışılan ana frezeleme prosesleri, alın frezeleme ve çevresel frezelemedir. Çevresel frezeleme hususunda zıt ve aynı yönlü frezeleme yöntemleri dikkate alınmıştır.

Şekil 3.62'nin geometrisini kullanmak suretiyle hem zıt hem de aynı yönlü frezeleme için çıkıştaki kayma açısı \$\epsilon\$'nin aşağıdaki eşitlikle verilmesi mümkündür:

geometrileri elde etmek mümkündür. Frezeleme tezgahında A_u ; çıkış yüzeyinin yönünü değiştirmek ve daha sonra kesici takımın geçişi esnasında ϵ_u ; kayma açısını sabit tutmak mümkün değildir.

Pekelharing (1984), uygulamalı olarak negatif kaymanın durdurulduğu çıkış açısının kesme koşulları ve takım ile iş parçası kombinasyonu gibi faktörlere bağlı olduğunu tespit etmiştir. İş parçasının bir dikdörtgen blok olması gerektiğini ve kesici takım merkezinin w genişliğinin ortasında olması icap ettiğini ve freze çapının ise $d= 1.6 w$ (veya hemen hemen aynı olan $w = 0.6 d$) olması gerektiğini söylemiştir. Bu gibi bir durumda çalışma düzlemindeki ϵ_u ; çıkış yönü açısı yaklaşık olarak $+ 37^\circ$ civarındadır ve kesici takımlar bu açıyla her diş ile kenara itilen çıkış yüzeyinde malzemeden kalın bir çapak yapmaktadır. Her diş normal kesimden bir miktar daha azını almakta ve bunu çapağa eklemektedir (Şekil 3.63).

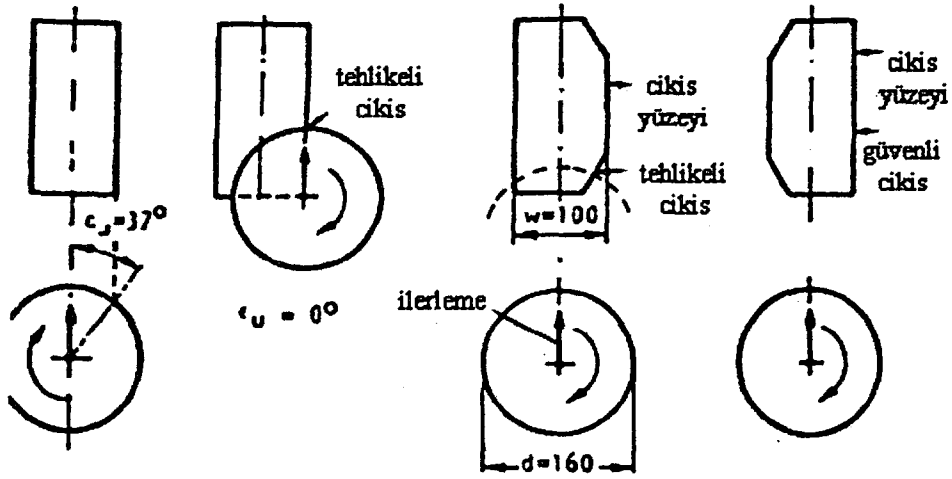


Şekil 3.63 İş parçasının çıkış yüzeyindeki helezon şekilli çapak (Pekelharing, 1984)

Şekil 3.64' de alm frezelemede güvenli ve tehlikeli çıkış durumlara birkaç örnek verilmiştir. Şekil 3.64.a1'de tehlikeli çıkış yoktur ancak çapak oluşumu vardır. $\epsilon_u = + 37^\circ$ 'dir. Şekil 3.64.a2 'de $\epsilon_u = 0^\circ$ tehlikeli pozisyon gösterilmiştir. Şekil 3.64.b ve Şekil 3.64.c , tehlikeyi sadece niteliksel olarak anlayan biri tarafından daha iyi yönde değiştirilebilecek durumları göstermektedir. Tehlikenin genellikle $\epsilon_u = 0^\circ$ civarında olduğunu bilmek yeterli olmaktadır.

Şekil 3.64.b, tabla üzerindeki parçalarla ilgili bir pozisyon değişikliği ile iyileştirilen bir grup durumu temsil etmektedir. Şekil 3.64.c, benzeri bir durumu temsil etmekte ancak kesici takım yolunun değiştirilmesi gerekmektedir. Şekil 3.64.d, tehlikeli çıkışların çok olduğu ancak tamamının kısa süreyi kapsadığı bir dizi durumlar için iyi bir örnektir.

Pekelharing, şüpheli pasajlardan bir çelik "kelebek ağı" ile bir dizi talaş toplamıştır. Tehlikeyi azaltan faktörlerin niceliksel bilgisinden yararlanmıştır. Bunlar ϵ_u , nun hem tehlikeli aralık değerleri genişliği hem de tehlikeli ϵ_u aralığındaki minimum takım ömrü üzerinde etkisi olan kesici takım geometrisi (α , λ , pahlar vd.) ve kesme koşullarıdır (her diş için ilerleme f_z , kesme hızı v_c). Tehlikeli aralık veya diyagramdaki "çukur" geniş ise taban her zaman sıfır minimum takım ömrüne sahip olmaktadır. Sadece çukurun dar olması durumunda ise en dip noktada kesin ancak kısa bir takım ömrünün bulunması mümkündür (Şekil 3.65).

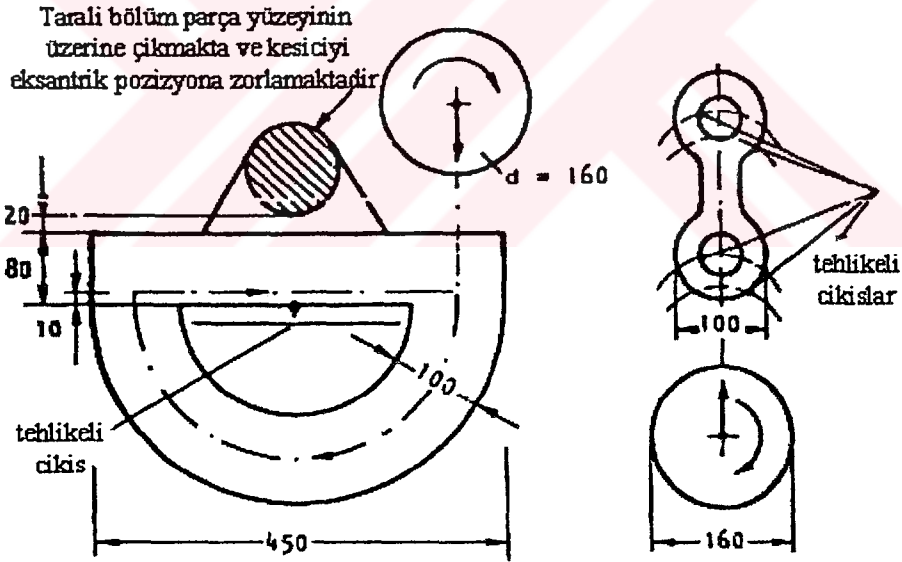


a1) standart durum
çapaklı güvenceli
çıkış.

a2) taban oluşumlu
tehlikeli durum.

b1) başlangıçta takım
çatlağının meydana
geldiği endüstriyel
durum

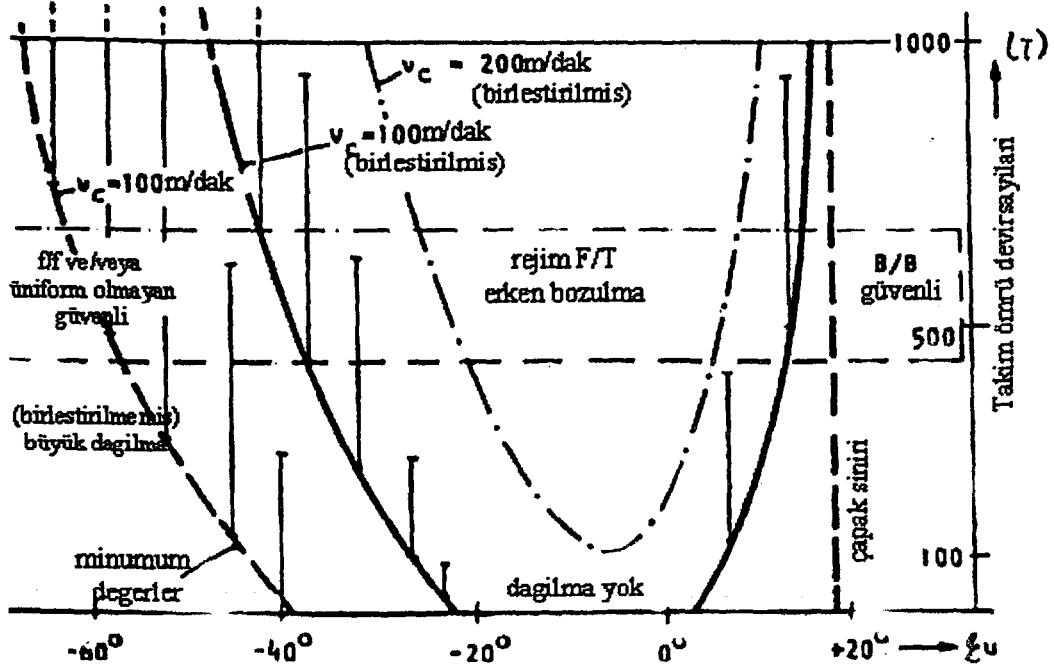
b2) problem parça
döndürülerek
çözülmüştür.



c) Belirtilen yönde çok kısa takım ömrü frezelemesi;
problem, tehlikeli çıkışı girişe çevirerek ilerleme
hareketinin ters yönde hareketi ile çözülmüştür.

d) bu durum, uygun takım seçimi ve
kesme koşullarına ihtiyaç duymaktadır.

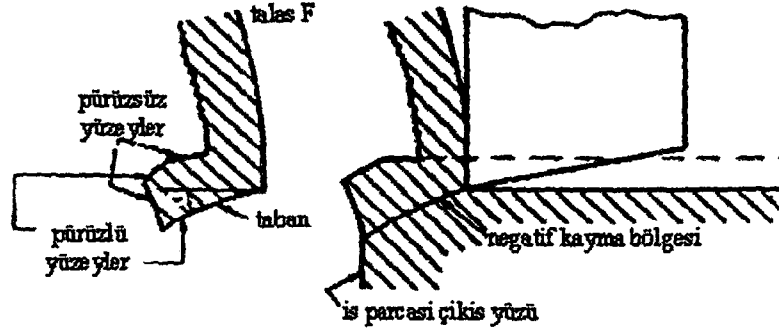
Şekil 3.64 Güvenli ve tehlikeli çıkışlı durumlar (Pekelharing, 1984)



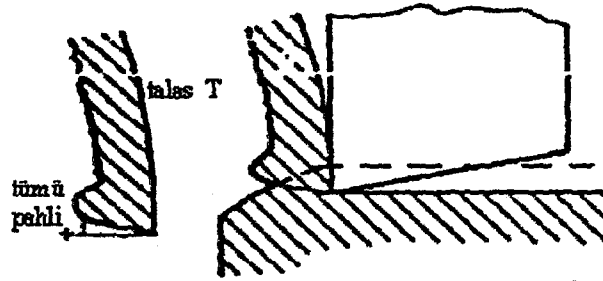
Şekil 3.65 ϵ_u ' nun bir fonksiyonu olarak takım ömrü ve çıkış rejimini gösteren şematik diyagram (Pekelharing, 1984)

Düşük takım ömrü bölgesi, F/T rejimiyle aynı zamana rastlamaktadır. Daha yüksek kesme hızıyla takım ömrü eğrisi daha dar ve minimum değer bu durumda daha yüksektir. Eğimlerde artan bir dağılma mevcuttur. Güvenli çıkış koşullarında çalışma yararlıdır. Kısa çıkış periyodu esnasındaki talaş oluşum mekanizması takım ömrü için temel bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle talaşların toplanması ve sınıflandırılması yararlıdır.

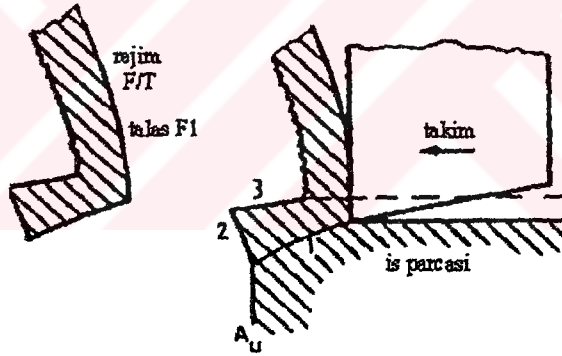
Şekil 3.66.a'da gösterilen (F) tabanlı tehlikeli talaşın yanında Şekil 3.66.b'de gösterilen (T) zararsız alternatif talaş ve Şekil 3.66.e'de gösterilen (B) zararsız çapak yapıcının mevcut olduğu bilinmektedir. En son söz edilenin tanınması kolaydır, talaş kalınlığı uç tarafta yavaş yavaş sifira doğru gitmektedir. Kalın bir ucu bulunduğu için alternatif talaş, T koduna sahip bulunmaktadır. Bunun basit bir şekilde F ile karıştırılması mümkündür. Şekil 3.66.c'de gösterilen alternatif rejiminin F/T kodu mevcut bulunmaktadır. Aynı zamanda tüm talaşların T tipinde olması mümkündür ve alternatifi yoktur. T/T kodlu bu rejim aynı zamanda zararsızdır. İlaveten Şekil 3.66d'de gösterildiği gibi daha kısa birbirini izleme ϵ_u nun büyük negatif değerlerinde bulunmaktadır. Aradaki bir temizleme kesim dilimi olmaksızın müteakip kesim diliminin tekrar bir taban yapması için kesim diliminin sonundaki pah daha küçük ve daha dik olmaktadır (çıkış kayma açısı daha negatiftir). "Küçük taban" zararsız değildir ancak büyük bir farkla daha önce tanımlanan büyük F'den daha tehlikelidir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda F ile sık sık yapıldığı gibi f kapsamında sert metal kesici ağızdan küçük parçaların kopması bulunmuş değildir. F tabandaki düz yüzeyler üzerinde daha ziyade iki yumuşak yüzeyi ihtiva etmektedir; birisi tabanın tepesindeki eski geçici yüzey ucundan diğeri parçanın A_u çıkış yüzeyindedir. F'nin diğer iki yüzeyi kaba şekilde kesilmiş veya aşınmış olup sık sık da tamamen farklı renge sahip olmaktadır; ilk F talaşı F_1 sadece bir düz yüzeye sahiptir (Şekil 3.66a). Ancak T'nin üst yüzeyi kalın çerçeveye dahil en son uca kadar pozitif kesim bölgesinin içinden geçmiştir ve talaşın kendisinde olduğu gibi pahı kırılmıştır.



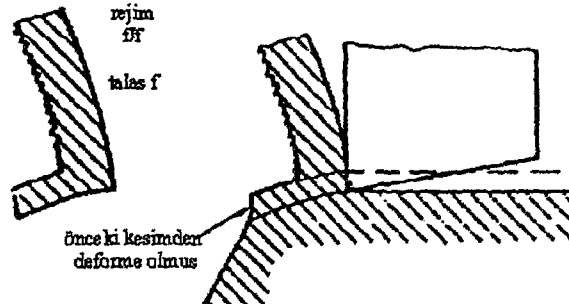
a) ϵ_u negatif kayma bölgesinden kaynaklanan ana taban şekli.



b) Geçici yüzeylerdeki bir pah nedeniyle çıkış esnasında daha küçük ancak pozitif kayma açısından kaynaklanan temel kalın uç oluşmaktadır

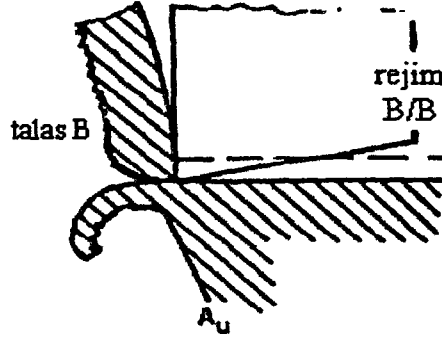


c) İlk taban talaşı 3 yüzeye sahiptir. Yeni geçici yüzey müteakip çıkış esnasında bir kalın uca neden olan büyük bir paha sahiptir.

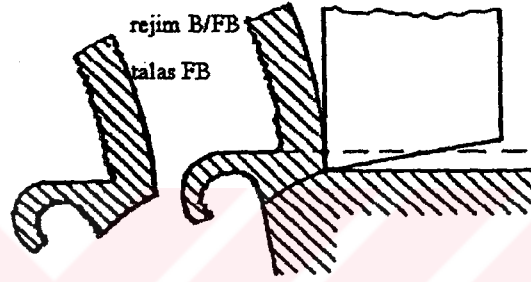


d) Zayıf tabanların takip etmesine neden olan geçici yüzeyde uzun bir pah bulunmaktadır

Şekil 3.66 (a),(b),(c),(d) Çıkış rejimleri ve sonuçlanan talaş uçları (Pekelharing, 1984)



e) Çıkış yüzeyindeki çapak ve kalın uç veya tabansız talaş pozitif ϵ_u açılarında ortaya çıkmaktadır.



f) Taban ve çapaklı bölge arasındaki geçişte arada sırada çapaklı taban görülmektedir.

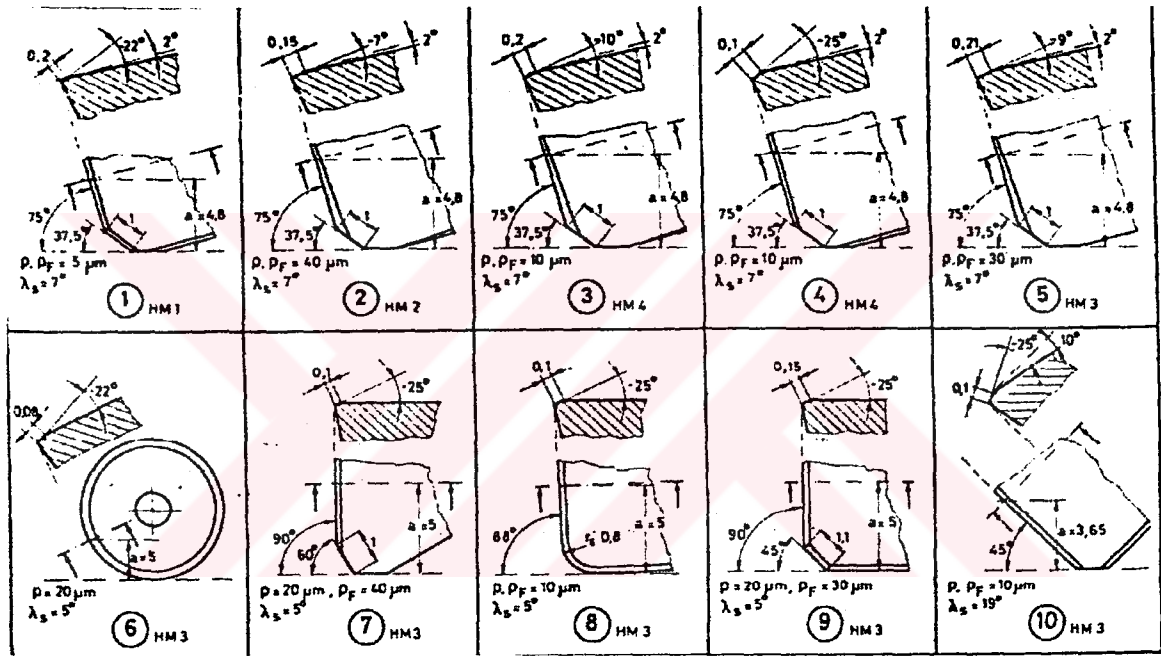
Şekil 3.66 (e),(f) Çıkış rejimleri ve sonuçlanan talaş uçları (Pekelharing, 1984)

Çıkış rejimlerinde en etkin kriter tabanın kesilmiş alt kısmı T'nin dik talaş ucunun küçük ancak pozitif açı yaparken kesim yönlü bir negatif açısı meydana getirmesidir. Kesim yönünü bulmak için talaş açısının dikkate alınması gerekmektedir. Gerçek olmayan taban (T_p) bu açının sıfır olduğu ve son bağlantının v_c yönünde kesildiği oldukça nadir bir durumdur. T_p zararsızdır.

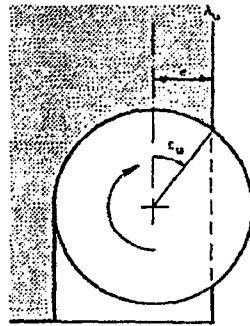
Eski pozitif kayma bölgesi tabanın iş parçasına nispi olarak kaymaya ve daha sonra negatif kayma açısı boyunca ikiye bölünmeye başladığı zaman çalışması durmaktadır. Böylece son aşama esnasında talaş, talaş yüzeyi üzerinde hareket etmemektedir. Bu, tam temas bölgesi üzerindeki alt kısmı basınç altındaki talaş yüzeyinin her bir detayını gösteren mükemmel bir kopya haline getirmektedir. Kesici takım plaketine görünmeyen çatlakların söz konusu kopya üzerinde görülmesi mümkündür. Kayma açısı küçülürken ve ucun hemen öncesinde talaş büyürken ancak harekete devam ederken T-talaşı önce olduğundan daha yavaş hareket etmektedir ve bu durum kopyayı bozmaktadır.

Lutervelt ve Willems, 1984 yılında Ck45 çeliğinin alın frezelemede kırılmalı takım aşınmasını araştırmışlardır. Takımları belirtmek için bir kod sistemi kullanılmış ve her bir plaket şekli bir sayı ile tanımlanmıştır. Şekil 3.67 'de kesici takım gövdesine yerleştirilmiş bulunan plaketlerin geometrisi gösterilmiştir. 1 no'lu plaket bazı geometrilerin gövdelerinde kullanılmış ve üç farklı çapta; 80, 125 ve 160 mm olarak yapılmıştır. HM 1'den 5'e kadar belirtilen çeşitli sert metal kesici takımlar kullanılmıştır.

İş parçalarının yüzey temizliği frezeye bağlanmadan önce yapılmıştır. Testlerdeki ana değişken, takımın çıkış yüzeyine bağlı olan kesici takım pozisyonu olmuştur. Bu çalışmanın amacı açısından, kesici takım merkezinin rotası ile A_u iş parçası çıkış yüzeyi veya Şekil 3.68’de gösterildiği gibi ϵ_u çıkış açısı arasındaki e mesafesi tercih edilmiştir. Her testten önce iş parçası, aynı gövde içinde aynı e mesafesinde ve temas alanını temizlemek için gerekli ilerleme ve aynı hızla çalışır şekilde bir plaket ile hazırlanmıştır. Bu temizlik kesimi, pozisyondaki her değişimle birlikte yapılmış ancak bu her bir takım aşınmasından sonra olmuştur. Bu temizlik kesiminin tehlikeli rejimde yapılması gerekmiştir. Takımda kırılmayı önlemek için takıma yuvarlak kesme ağız geometrisi verilmiştir. Çünkü çok fazla körelmiş bir kesici takım çıkış rejimini etkilemektedir. Bundan dolayı, temizleme takımının sık sık devreye sokulması gerekmiştir. Bir temizlik kesiminden kaynaklanan iş parçasının çıkış yüzeyinde bir küçük bir pahın veya çapağın varlığı test başlamadan önce ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 3.67 Freze kesici takım gövdesine iştirilmiş plaketlerin geometrisi. Aynı gövdede 1,2,3,4,5 plaketleri kullanılmıştır. (Luttervelt ve Willemse, 1984)



Şekil 3.68 Çıkış açısı ϵ_u ve e aralığının tanımlanması (Luttervelt ve Willemse, 1984)

Araştırmacılar (Lutervelt ve Willemse), takım ömrünün aşırı şekilde kısa olduğu ϵ_u değerleri ve e aralıkları tespit etmişlerdir. Bu tehlikeli alanın her iki sınırında da takım ömrü, çıkış yüzeyine bağlı olarak kesici takımın pozisyonundaki sadece küçük bir değişim ile dik bir şekilde yükselmektedir. Her iki sınırda da takım ömründe genel olarak, aşırı bir dağılıma vardır. T- ϵ_u eğrilerini saptamak için birçok teste gereksinim olduğundan araştırmacılar, daha pragmatik bir yaklaşımda bulunmuşlardır. 100 devire ulaşmadan önce aşınmaya uğrayan bir test takımındaki koşulların tamamı "tehlikeli" olarak dikkate alınmıştır. Test takımının 100 kesme parçasını çıkardığı tüm koşullar ise "güvenli" olarak kabul edilmiştir. Güvenli kesme parçalarının sayısı çok önemli değildir. Bu noktada, takım ömründeki büyük dağılıma nedeni güvenli ve tehlikeli koşullar arasındaki sınırlarda yatmaktadır. Çalışma malzemeleri ve takım özelliklerindeki normal dağılıma nedenlerinden dolayı bir miktar daha zayıf bulunan bazı takımlar daha önce aşınmaya uğramıştır. Diğerleri, yani ilk önemli aşınmayı atlatan ve sadece az bir boyutta daha iyi konumda bulunan takımlar ise uyuşmazlık göstermekte ve çok daha fazla tehlike arz eden çıkışlardan kurtulma kapasitesine sahip olmaktadır. Bazı durumlarda aşınma, kesme ağzını daha fazla köreltmekte ve yavaş yavaş bir çapak oluşturmakta ve tehlike ortadan kalkmaktadır.

Profesör Pekelharing'in de belirttiği üzere yeni plakelerin, takım değişiminin hemen arkasından tehlikeli koşullara tabi tutulması gerektiği oldukça ihtimal dışıdır ve bu nedenle tüm testlerin uyuşmazlık testleri ile yapılması gerekmektedir.

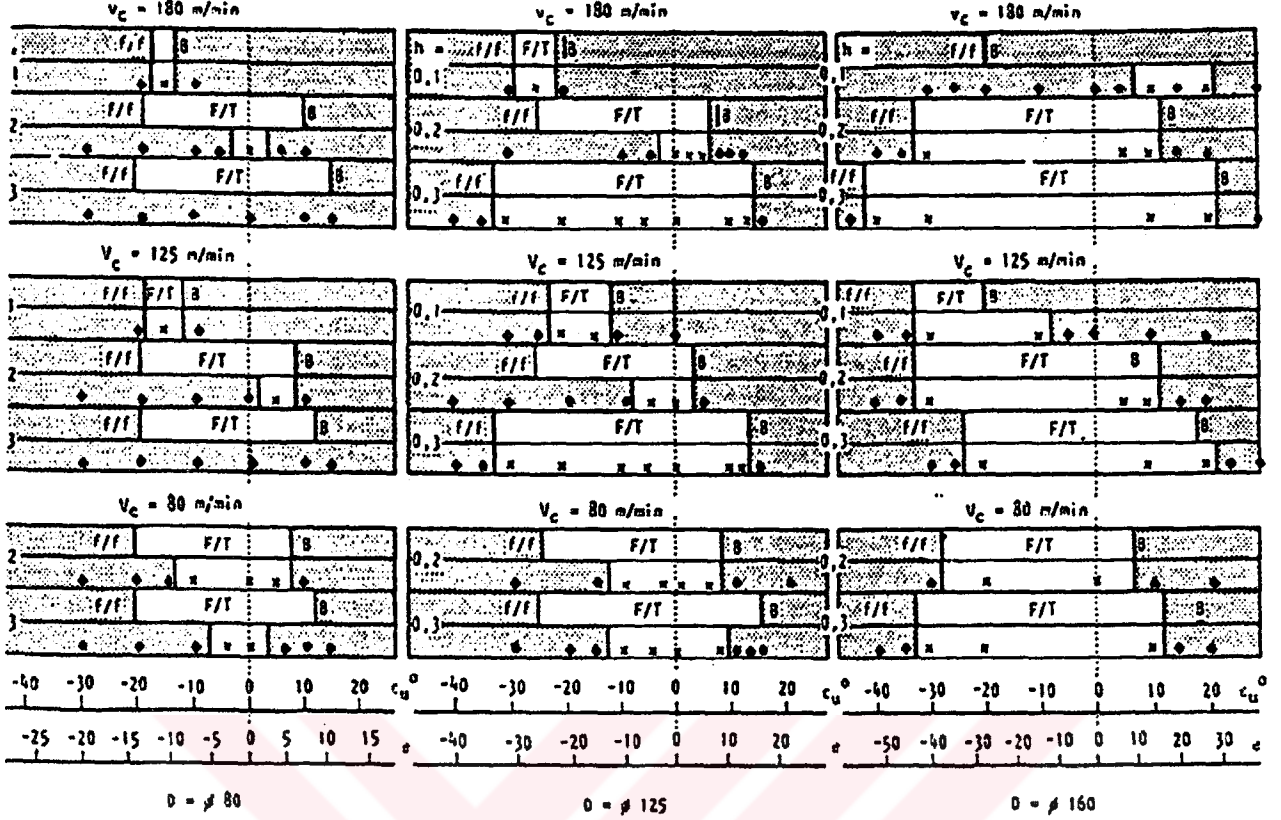
Yapılan çalışmada Şekil 3.69'da gösterildiği gibi çok daha dar tehlikeli çıkış koşulları aralığı elde edilmiştir. Tehlikeli çıkışların dar bir aralığına neden olan kesim parçasının düşük sayısının uyuşmazlık olmaksızın tehlikeli çıkışların daha geniş bir aralığına neden olan yeni plakelerin kullanımını telafi ettiği düşünülmüş ve sonuçlar blok şemalarda sunulmuştur.

Şekil 3.69' da (\diamond) işareti test takımının 100 kesim parçasını çıkardığı ve x 'in ise 100 kesim parçasına ulaşmadan aşınma gösterdiği anlamına gelmektedir. Bu sonuçları doğuran güvenli alanlar planlanmıştır. Diyagramda gözlemlenen çatlak türünü aşağıdaki şekilde belirtmek de mümkündür:

- n = burunda,
- s = kesim parçası dibinin en sonuna yakın ana kesme ağzında,
- ns = aktif kesme ağzının tüm boyunca oluşan çatlak.

Sayı ise aşınan aktif kesme ağzı boyunca çatlağı göstermektedir. Örneğin: n.3; ortadan kaybolan buruna yakın uzunluğun % 30'u anlamına gelmektedir. Blok şemalar aynı zamanda çıkış rejiminin gözlemlendiğini göstermektedir.

İlk test serisinde I. Plaket aynı geometri ile ancak farklı çaplar ve çeşitli kesme hızları ve ilerlemelerle ile olmak üzere kesici takım gövdelerinde kullanılmıştır. Bu çalışmada bulunan ilerlemeler ve kesme derinlikleri 0.1, 0.2 ve 0.3 mm seçilmiştir. Bu değerler 5 mm aktif ana kesme ağzı uzunluğuna sahip bir talaş kalınlığı olacak şekilde seçilmiştir. Kesici takım kama açısı; $\alpha_r = 75^\circ$ seçilmiştir.



Şekil 3.69 Kesici takım çapının etkisi ve 1nolu plaketa için tehlikeli bölgeler ve çıkış rejimlerinde kesme kalınlığına bağlı kesme hızı (Pekelharıng, 1984)

Şekil 3.69'daki diyagramdan aşağıdaki sonuçların çıkarılması mümkündür:

- Tehlikeli alanın genişliği esas olarak kesimin tüm hız ve ilerlemeleri için artan kesici takım çapı ile ϵ_u yada negatif e yönünde artmaktadır.
- Çıkış rejimi kesici takım çapı tarafından önemli boyutlarda etkilenmemektedir.
- Kesmenin artan derinliği ile çapak çevresi daha yüksek e değerlerine kaymaktadır. Küçük tabandan (f/f) büyük tabana (F/T) alanına geçiş az bir miktarda olmak üzere negatif e değerlerine kaymaktadır. Ancak bu etkinin fazla önemi yoktur.
- Genel olarak tehlikeli bölgenin genişliği kesim parçasının kalınlık artışını yükseltmektedir. Ancak $D=80$ mm'de bir istisna mevcut oluşmuştur. $h = 0.3$ mm ve $v_c = 125$ ve 180 m/dak 'da hiçbir takım aşınması gözlemlenmemiştir.
- Genel olarak artan kesme hızı ile tehlikeli alan daha küçük hale geldiği bir eğilim mevcut bulunmaktadır. Bu eğilim, burada sunulan sonuçlarda pek açık ve net değildir. Çıkış rejimi üzerindeki kesme hızı etkisi çok sistematik ve pratik kesme hızlarının aralığında çok önemli gözükmemektedir.
- Çeşitli fenomenler ile ilgili sınırlar üç çap için aynı ϵ_u açısında meydana gelmemektedir. Bazen farklılıklar küçük olmakta bazen ise farklılıklar oldukça büyük ve önemlidir.

Yapılan araştırmada sadece çıkış geometrisini dikkate almak suretiyle sonuçlar açıklanamamaktadır. Zaman ve sıcaklık derecesinin bazı etkilerinin varlığı da söz konusudur. Bu durum aşağıdaki gözlemlerle açıklanmıştır:

- Düşük kesme hızlarındaki taban oluşumu hususundaki çalışmalarda hiçbir kırılma gözlemlenmemiştir. Söz konusu görüntülerde bir yığılma ağız gözle görülebilmektedir. Negatif kayma dönemi esnasında talaş yığılma ağız üzerinde dönmüştür. Tabanlar oluştuğu zaman kesici takım ağız çatlaması esasını teşkil eden talaş yüzeyine yakın olan takım kamasındaki yüksek çeki gerilmeleri meydana gelmemiş ve bundan dolayı da, hiçbir kesici takım ağız çatlaması oluşmamıştır.
- Sert metal kesici takım yüksek ısılarda yumuşamıştır. Belirli hız ve ilerleme kombinasyonlarının üzerinde sert metalin sertliğinin F/T rejimi ile bağlantılı yüksek çeki gerilmelerinden geçecek şekilde artması olasıdır. $D = 80$ mm kesici takımda olan durum muhtemelen bu olmuştur.
- Kesme derinliğinin ve kesme hızının takım aşınması üzerinde önemli bir etkisi bulunmamıştır. Özellikle ilk kesimlerde başlangıç aşınması önem arz etmektedir. Başlangıç aşınması sert metal kesici takım kalitesi ve kesme ağız geometrisi ile önemli ölçüde değiştiğinden kesme hızının etkileri genelleştirilememiştir.
- Kesici takım çapının etkisi ile ilgili olarak tek açıklama kesme parçasının boyunun etkisidir. Kesme parçasının azaltılmış boyu daha dar tehlikeli alanı meydana getirmiştir.

Bu araştırmadan çıkarılan genel sonuç şu olmuştur; beklenildiği üzere daha küçük bir kesme ağız daha dar bir tehlikeli alanı meydana getirmiştir. Azalan kama açısı ile kırılmanın meydana geldiği aktif kesme ağzının pozisyonu takım burnundan kesme derinliğinin sonuna kaymıştır. Bu genel eğilimin kesme ağız hazırlanması ile önemli ölçüde etkilenmesi mümkündür.

Dammer (1981) , tarafından yapılan bir araştırmada alın frezelemedeki takım ömrü testleri takımların tam imhasına kadar yapılmıştır. Dammer 'de tehlikeli çıkışların takım ömrünün saptanmasında önde gelen faktör olduğunu söylemiştir. Kendisi giriş koşullarının herhangi bir önemli etkisini tespit edememiştir. Bu noktada araştırmacı çıkışta takım aşınmasını azaltmak için bazı tavsiyelerde bulunmuştur. Buna ilaveten olumsuz çıkış aşınması büyüklüğündeki önemli farklılıkların gözlemlenmiş olmasına rağmen sert metal kesici takımlar ve diğer kesici takım malzemelerinin tamamının temel olarak aynı şekilde hareket ettiğini fark etmiştir. Kesici ağzın uygun şekilde yapılan hazırlığı ile kırılma mukavemeti, kesme kuvvetleri ve aşınma artışı arasında bir uyuma sağlanmaktadır. Araştırmacı küçük çaplı kesici takımların kısa kesim uzunluklarında ve de kesicinin merkez hat rotasını iş parçasının çıkış yüzeyinden mümkün olduğu sürece uzağa kaydırmak suretiyle kesici ağzın aşınmasının önüne geçilebileceğini gözlemiştir.

Barrow ve Ghani (1985), sert metal kesici takımlarla karbonlu çelik, düşük alaşımlı çelik, ostenitik paslanmaz çelik ve gri dökme demirin süreksiz tornalama ve frezelemesiyle ilgili bir çalışma yapmıştır .Tornalama testleri test çubuğunun çevre uzunluğunda gerekli görülen geometrinin dört eşit yere sahip yivinin işlenmesi ile üretilen çeşitli çıkış açıları normal boyuna tornalama kullanılarak yapılmıştır. Çevresel frezeleme standart dörtgen şekilli iş parçaları üzerinde kare şeklindeki plaketer kullanılmasıyla yapılmıştır. Tek diş kesimi kullanılmış ve çıkış açısı kayma açısının değişmesine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Erken çatlama veya aşınmanın nedeninin sadece çıkış koşullarının etkisinden dolayı oluşmasını temin etmek için aşağıdaki kademeler yerine getirilmiştir.

- Giriş koşulları mümkün olduğunca güvenceli olarak yapılmıştır. Örneğin ; pozitif talaş açılı kesici takımlar ile ilgili takım ve iş parçası arasındaki ilk temas kesici ağızdadır. Ancak negatif talaş açılı takımlar için ilk temas kesici ağızdan uzakta olmuştur. Frezeleme yaparken takım sıfır talaş kalınlığıyla $w = 0$ 'da işe sokulmuştur.

- Sıcaklık dönüşüm etkileri kesmenin yapılmadığı sürenin toplam kesme döngüsünün küçük bir bölümünü oluşturacak şekilde tornalamada elimine edilmiştir. Buna ilaveten hem süreksiz tornalama hem de frezelemede erken takım çatlağından dolayı sadece aşınmalar hesaba katılmıştır.

Çizelge 3.3'de çeşitli çıkış açılarında karbonlu çelik EN8'in süreksiz tornalanmasında aşınmayla bağlantılı kesici takım ömrü ilişkisi gösterilmiştir. Farklı bir imalatçıdan pozitif talaş açılı sert metal P10 takımı ile EN30B (HB-340) düşük alaşımlı çelik kesildiğinde benzeri sonuçlar elde edilmiştir. Bir negatif talaş açılı P10 kesici takım kullanıldığında 0°'lik çıkış açısında takımın erken aşınması meydana gelmektedir. Taban oluşumunun sona erdiğinin varsayıldığı yaklaşık olarak 60° çıkış açısında ve hiçbir taban oluşumunun beklenmediği yaklaşık 25° düşük çıkış açısında takımların kesme sayısı arttırılmasına rağmen takımlarda aşınma oluşmamıştır. Östenitik paslanmaz çelik EN58C'in kesme işlemi sonuçları Çizelge 3.4'de gösterilmektedir. Bu malzemede erken aşınmanın 25°'lik çıkış açısında bile meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 3.3 EN8 karbonlu çeliğin süreksiz tornalanmasında kullanılan kesici takımlar için kesme koşullarına bağlı olarak oluşan aşınma miktarları. Kesme Derinliği 3.0 mm , İlerleme 0.312 mm/devir. (Barrow ve Ghani ,1985)

Takım P40 (1) TPGN			P10 (1) TPGN		
Çıkış Açısı θ (Derece)	Kesme Hızı m/dak	Aşınmaya ilişkin Çıkış Miktarı	Çıkış Açısı θ (Derece)	Kesme Hızı m/ dak	Aşınmaya ilişkin Çıkış Miktarı
90	125	8	90	125	4
90	150	742	90	150	6
90	175	217	90	175	4
90	200	91	90	200	5
90	225	4	90	225	2
60	225	88*	60	225	70*
25	125	51*	25	150	80*
25	225	66*	25	225	90*

* Aşınma yok

Söz konusu araştırmada taban oluşumunun meydana gelmesi durumunda kesici takımlar test edilen her türlü hızlarda erken takım aşınmasıyla karşı karşıya kalmıştır. Ancak kesme hızına bağlı olarak değişime yol açmak üzere ortaya çıkan aşınma tipi dikkate alınmış bulunmaktadır.

Örneğin 125 ile 150 m/dak düşük kesme hızlarında takım aşınmasının şekli Şekil 3.70.a 'da görüldüğü üzere talaş yüzeyi çukurlaşmıştır. Örneğin; 225 m/dak gibi yüksek hızlarda çatlamış takım uçları farklı bir karakteristik ortaya koymuş olup talaş yüzeyinde hiçbir çukurlaşma mevcut olmamıştır. Ancak kullanılmış bulunan farklı dereceler ve geometrilerin tamamında kesici ağzın aşınması görülmüştür (Şekil 3.70.b).

Çizelge 3.4 EN58C karbonlu çeliğin süreksiz tornalanmasında kullanılan kesici takımlar için kesme koşullarına bağlı olarak oluşan aşınma miktarları. Kesme Derinliği 2.5 mm , İlerleme 0.203 mm/devir (Barrow ve Ghani ,1985)

Takım Malzemesi	Çıkış Açısı θ (Derece)	Hız m/dak	Aşınmaya ilişkin Çıkış Miktarı
P10(1)-TPGN	90	100	3-5
P10(1)-TPGN	90	150	2-5
P10(1)-TPGN	90	175	3-4
P10(1)-TPGN	90	200	4-5
P10(1)-TPGN	90	225	3-6
P10(1)-TPGN	25	175	6-10
P10(1)-TPGN	25	200	6-8
P10(1)-TPGN	25	225	5-6
P40(1)-TPGN	25	175	3-7
P40(1)-TPGN	200	4-6	
P40(1)-TPGN	225	3-5	



Şekil 3.70 EN8 tornalamasında takım aşınması (Barrow ve Ghani ,1985)

Şekil 3.70-b'de de gösterildiği gibi daha yüksek hızlarda takımlar kesme ağzında veya kesme ağzına yakın bir yere aşınmış olup bu tür aşınma ters gerilmeye atfedilmiştir. Shaw, 1979 yılında yapmış olduğu araştırmada sabit durum kesmesi esnasında yüklenmiş bulunan gergin enerjiden dolayı takım kamasının içindeki bası gerilmesinin yükün ani boşalmasından dolayı çıkıştaki çeki gerilmesine geri döndüğünü ortaya çıkarmıştır. Yeterli düzeyde yükün boşaltım hızlarında bası gerilmesi çeki gerilmesine eşit olmaktadır. Yükün ani boşalmasından dolayı kesmeyi takiben bir yapı içinde hareket eden gerilme dalgalarından meydana geldiği gerilmenin geri dönüşümünü dikkate almanın bir diğer yolu Johnson (1972), tarafından araştırılmıştır. Gerilmenin geri dönüşümü ve yükün boşalması belirli düzeyde bağlantılı malzeme özelliklerinden dolayı bu deneyime maruz kalan yapının gerilme altında çatlayacağı ve tersine dönen gerilmenin ortaya çıkması gibi benzeri bir etkiyi ürettiği düşünülmektedir.

Bu durumların her birinde kesici takımındaki gerilme düzeyinin bir tahminini yapmak temel bir durum arz etmiştir. Bunun için Johnson, kama ucundaki yoğunluklu yüklerle birlikte kesici takımındaki gerilmeyi hesaplamıştır. Eşitlik (3.39)'da gösterilmiştir.

$$\sigma_r = -\frac{2F_a}{br} \left[\frac{(\cos i \cdot \cos \delta)}{(\beta + \sin \beta)} + \frac{(\sin i \cdot \sin \delta)}{(\beta - \sin \beta)} \right] \quad (3.39)$$

Burada b :kesme genişliği, r :takım ucunun merkezden olan uzaklığı, δ : kama ucundan olan açısıl mesafe, β : kama açısıdır.

$$i = \lambda + \frac{\beta}{2} - \nu \quad \text{ve} \quad \nu = \tan^{-1} \left(\frac{F_v}{F_f} \right) \quad (3.40)$$

Barrow ve Ghani tarafından yapılan araştırma sonucunda östenitik paslanmaz çelikte çıkışta taban oluşumuna bakmaksızın erken takım aşınmasının meydana geldiğini ve takım uçlarının gözlemlenmesiyle aşınmanın ana nedeninin test edilmiş bulunan tüm hızlardaki talaş takım yapışması olduğunu ortaya çıkmıştır. Takım ve talaş arasındaki kaynağın çok güçlü olduğunu iş parçasının bırakılması durumunda dahi talaşın kesme ağzını kapsayan taban ile talaş yüzeyi üzerinde kaldığını tespit etmiştir. Müteakip girişte ise talaşın kesme ağzı ile takımın çatlamasına neden olan iş parçası arasında sıkışmış olduğunu görmüştür .

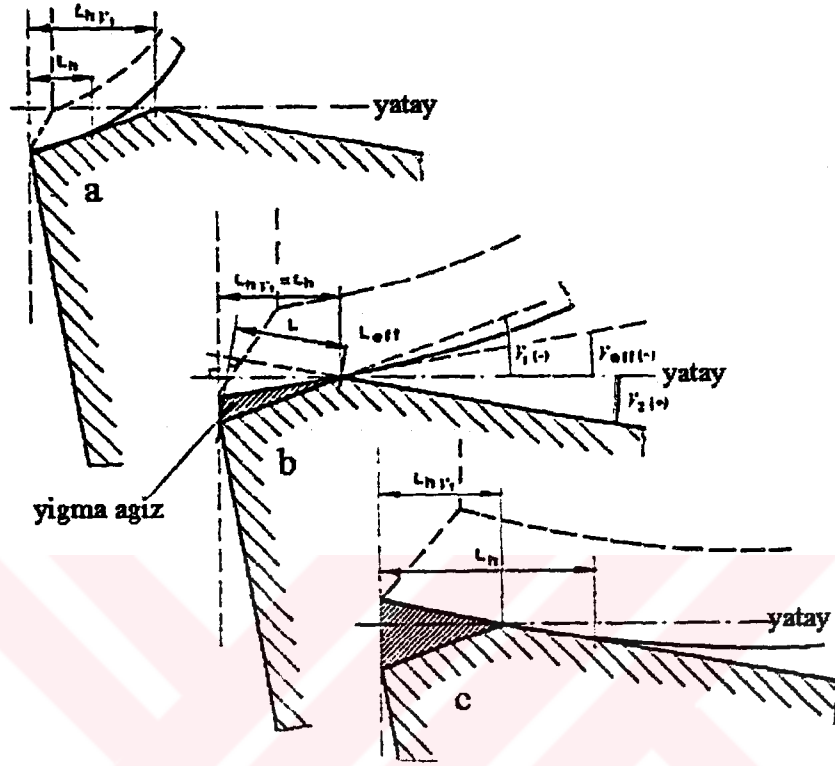
Söz konusu araştırmacılar dökme demirin tornalanmasında geniş bir tabanın mevcut olması durumunda dahi hiçbir erken takım aşınmasını bulamamışlardır. Bunu hem düşük hem de yüksek hızlarda dökme demirin takıma yapışmaması ve çukurlaşmadan dolayı hata şeklinin ortaya çıkmaması ile açıklamışlardır. Yüksek kesme hızlarında ise dökme demir ile birlikte tersine dönmüş gerilmenin takım aşınmasına neden olacak şekilde yeterince yüksek değere sahip bulunmaması nedeniyle kesici ağız bozulmamıştır.

3.6.2 Süreksiz Kesmede Yuvarlatılmış veya Pahlı Takımların Etkisi

1978'de Pekelharing, yapmış olduğu çalışmada ne çıkış mekanizmasında ne de çalışma parçasında yada talaşta hiçbir şeyde farklılık bulamamıştır. Taban oluşmuş, negatif kayma bölgeleri kıvrılmış ve de talaşlar tabanla dönmüştür. Sadece kesici takım ağzının 30 μm yada 25 $^{\circ}$ x 0,2 mm pahlı olduğunda kesici ağızda aşınma ortaya çıkmamıştır. Aynı zamanda 30 μm yuvarlatılmış takım ağzında talaşların alt tarafında bazı dönmeler görülmüştür. Toplam dönmenin keskin köşeli takıma göre daha az olduğu görülmüştür. Bu durumlarda pahlı takımında "yığılma ağız" yada "taban" olması beklenebilir. Eğer h, kesim kalınlığı yatay olarak ölçülmüş pahın genişliği Lh γ_1 'e göre çok küçükse (örneğin h<0,04mm ve Lh γ_1 =0,2mm) takım tek talaş yüzeyli ve negatif talaş yüzeyi açılı ($\gamma = -25^{\circ}$) takım gibi davranır. Gerçek temas uzunluğu pahın genişliğinden daha küçüktür. Eğer kesim kalınlığı pah ile aynı yada daha büyükse takım γ_2 talaş açısı (hemen hemen $+5^{\circ} -5^{\circ}$) altında tek talaş yüzeyli takım gibi davranır ve gerçek temas uzunluğu Lh , pahtan daha büyüktür (Şekil 3.71.c).

Bu iki durum arasındaki yalnızca kısmen doldurulmuş üçgende kesin olmayan durumlar mevcuttur (Şekil 3.71.b). γ_1 ve γ_2 nin arasında yer alan etkili talaş açısı çıkışta talaşın alt tarafıyla yatay arasındaki açıdır. Gerçek temas uzunluğu burada pah genişliğine eşittir. γ_1 ve γ_{eff} arasındaki taralı üçgen çelikle dolmuştur. Bu yığılma ağız kısmen yarı sürekli kısmen yavaşça akmakta ve çıkışta bulunmaktadır. Talaşın takımdan ayrıldığı zaman talaş bu üçgeni yakalamaktadır. Talaş ile çelik üçgen arasındaki bağ her zaman üçgen ve takım yüzeyi arasındaki olası bağdan daha güçlüdür. Pekelharing, yapmış olduğu araştırma sonucunda

yuvarlatılmış yada pahlı kesici ağzların çıkışta tehlikeli talaş dönmesini tamamen engelleyemediğini görmüştür. Buna rağmen yuvarlatılmış yada pahlı kesici takımlarda ani aşınmalarının önüne geçildiği ve yeterli takım ömürleri verdiğini görmüştür.



Şekil 3.71 Temas uzunluğunun yatay projeksiyonu a) $L_h < L_{hy1}$, b) $L_h = L_{hy1}$, c) $L_h > L_{hy1}$ (Pekelharing, 1978)

Barrow ve Ghani (1985), tarafından yapılan araştırmada da düşük kesme hızlarında pahlı bir kesici takım kullanıldığı zaman talaş-takım yapışmasının etkisinin fazla olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonucunda pahlı bir takımla 45° çıkış açısında taban oluşumunun ve erken aşınmanın olmadığı bulunmuştur. Aynı şekilde 180° çıkış açısında erken aşınma olmamıştır. Fakat pahsız takımlarla kesmede 75° , 90° ve 105° çıkış açılarında taban oluşumuyla beraber kısa takım ömürleri saptanmıştır. Araştırmacılar sonuç olarak; belirlenmiş çıkış koşulları içinde takımda pahın takım ömrünü arttırdığını tespit etmişlerdir.

3.6.3 Süreksiz Kesmede Eğim Açısının Etkisi

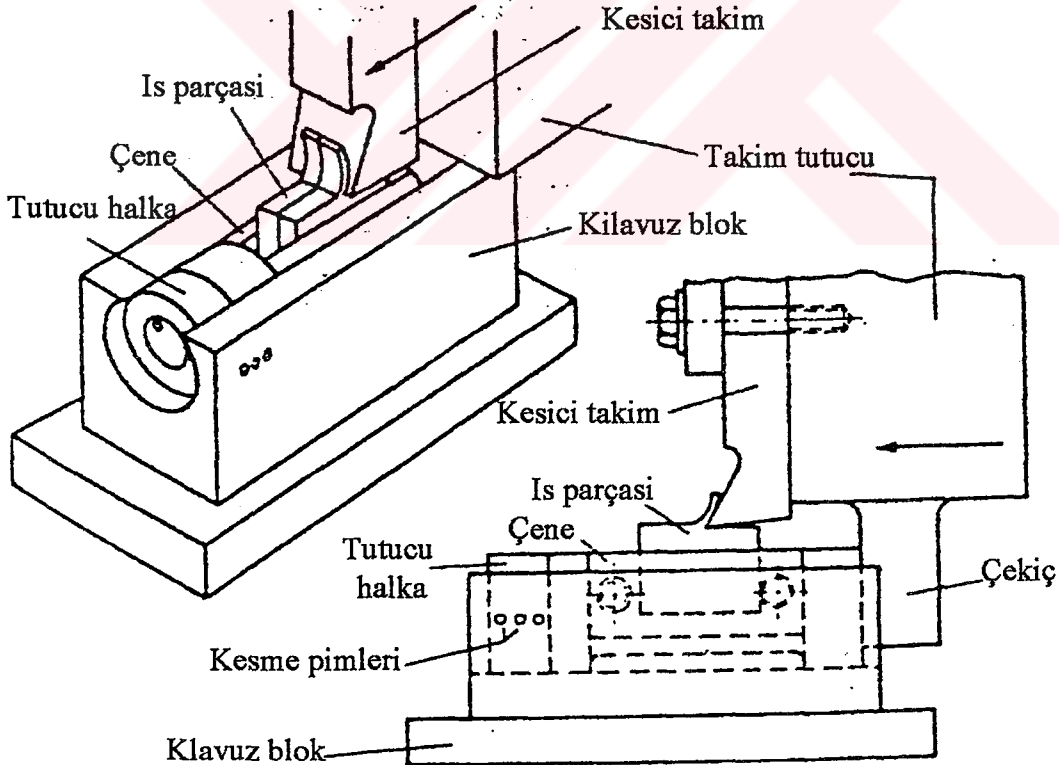
Pekelharing (1978), yapmış olduğu araştırmada takım tutucusunun 20° döndürülmesiyle eğim açısı $\lambda = 20^\circ$ yi elde edilmiştir. Bu açı çoğu freze kesici takımları için fazladır. Çalışmada $\lambda = 20^\circ$ eğim açısında ve 0,2 ve 0,4 mm ilerlemede talaşların yavaş taban oluşumuna sebep olduğu görülmüştür. Yapılan testlerde $\lambda = 20^\circ$ de taban (veya topuk) oluşumuna neden olan çıkıntı (veya parmak) ortaya çıkmamıştır. Bunun sebebi 20° eğimin son yüzeye verilmesidir. Çalışma sonucunda $\lambda = 20^\circ$ 'ye kadar eğim açısının negatif kaymayı ve taban oluşumunu engelleyemediği ortaya çıkmıştır.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde , kesici takımın çıkış etkisini araştırmak için deneysel çalışma yapılmıştır. Talaş kaldırma esnasında çıkışta talaş oluşumlarını elde edebilmek için en çok kullanılan yöntem olan hızlı-durdurma (quick-stopping) mekanizması kullanılmıştır. Bu mekanizmayla kesme hareketi aniden durdurulmuş ve çıkışta oluşan talaşlar mikroskopta incelenmiştir.

4.1 Hızlı -Durdurma Mekanizması ve Deneysel Şartları

Hızlı durdurma mekanizması, planya tezgahı için dizayn ve imal edilmiştir. Mekanizmanın dizaynında Şekil 4.1'de gösterilen, Dr. Hsu 'nun planya tezgahı için dizayn etmiş olduğu mekanizma örnek alınmıştır. Bu mekanizmada iş parçası, kılavuz bloğun içinde serbestçe kayabilen çenenin içine sıkıştırılmıştır. Kesme esnasında çene , tutucu halkalarla engellenmiştir. Bu pozisyonda tutucu halkaları, kılavuz blokla beraber halkaların içinden boydan boya geçen kesme pimleri tutmaktadır. Burada kesme pimleri talaş kaldırma kuvvetini taşıyabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Kesme kısmen tamamlandığında, takım tutucusuna bağlı olan çekiç çeneye vurur , pimleri keser, çeneyi ileri iter ve tutucu halkayı ilerletir. İş parçası hızının kesici takım hızına karşı süratle hızlanmasıyla, çekicinin hareketi kesme hareketini durdurur. Dikkatlice dizayn edilmiş mekanizmada, etkili durdurma zamanı oldukça küçüktür. Örneğin Şekil 4.1'de gösterilmiş olan mekanizmada kesme hızı 0.8 m/s iken durma zamanı 0.00017 s ölçülmüştür.

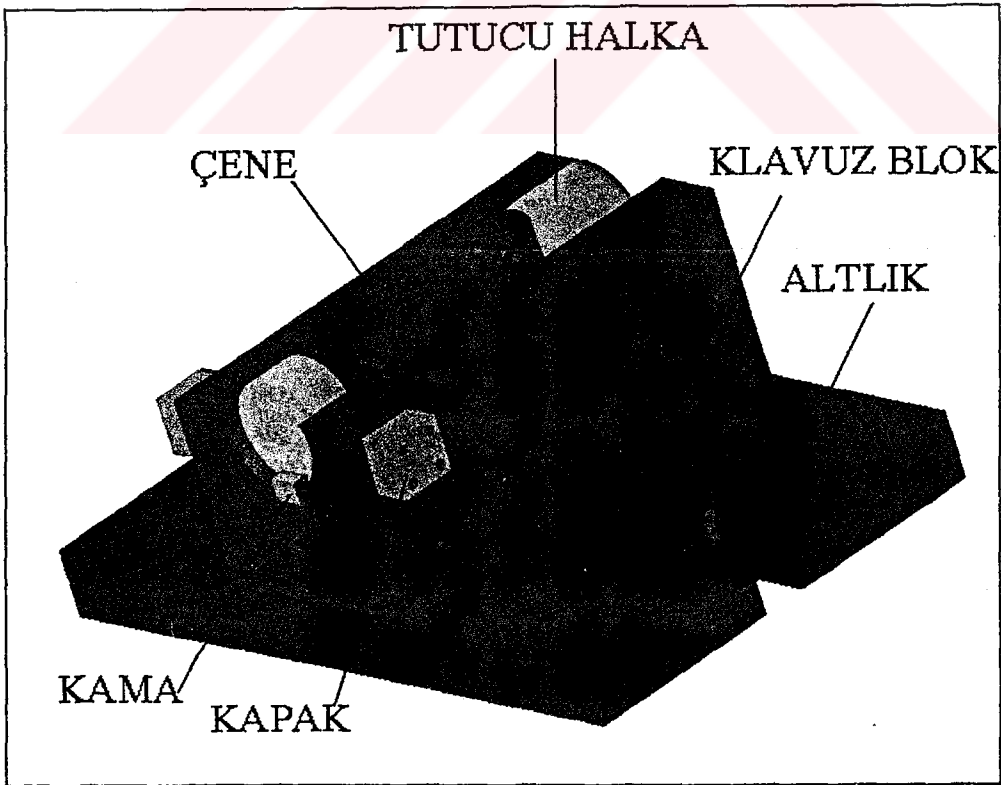


Şekil 4.1 Örnek alınmış hızlı-durdurma (quick-stopping) mekanizması
(Boothroy ve Knight, 1988)

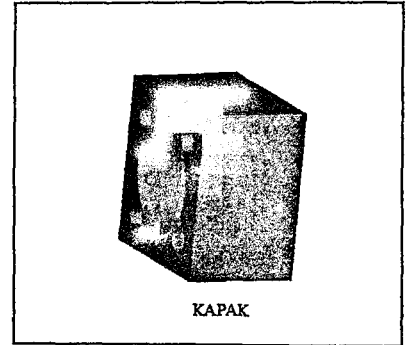
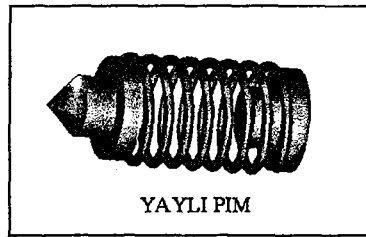
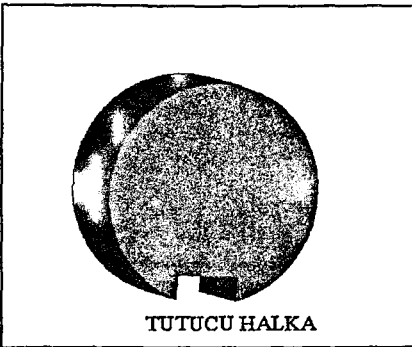
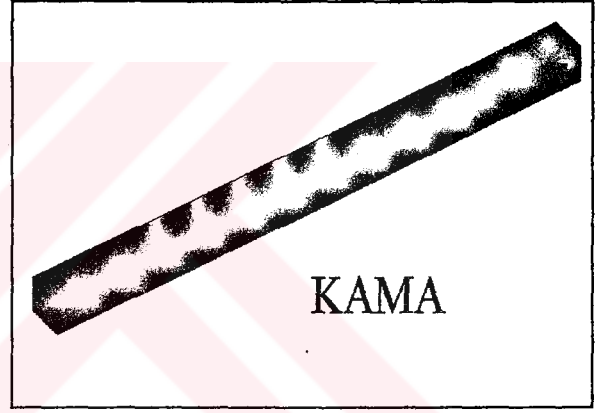
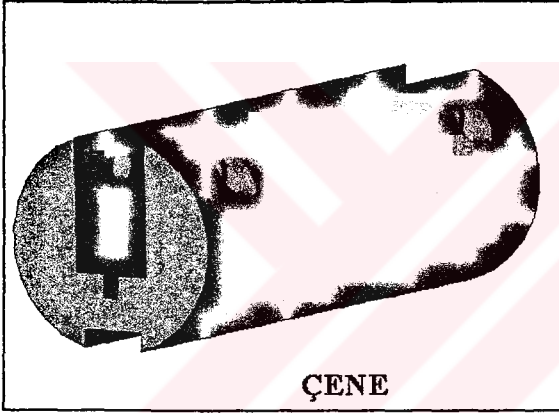
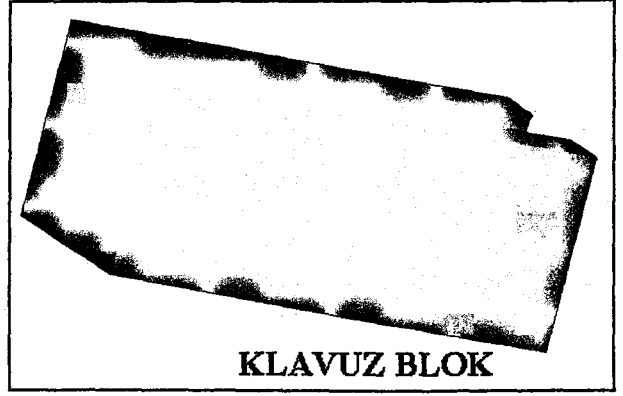
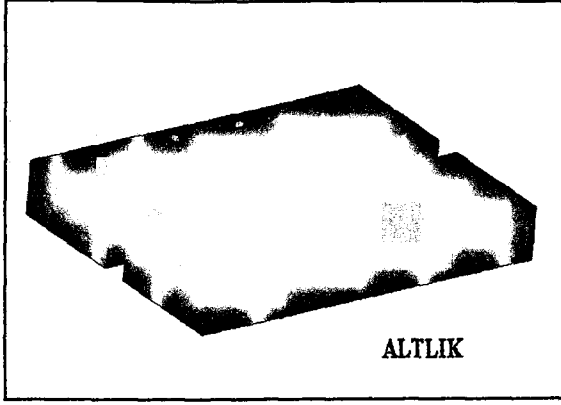
Deneyde kullanılan hızlı-durdurma mekanizması örnekte verilen mekanizmayla tamamen aynı değildir. Talaş kaldırma kuvvetini taşıyabilecek kesme pimlerinin, her kesme işleminde kesme koşullarına göre yeniden hazırlanması güçlüğüyle kesme pimlerin yerine yaylı pimler kullanılmıştır.

Dizayn ve imal edilen mekanizmanın çalışması şöyledir; çalışma parçası çenenin içine sıkıca tuturulmuştur. Çene, bloğun içinde sabit olan kamanın üzerinde serbestçe ileri-geri hareket edebilmektedir. Talaş kaldırma esnasında çenenin hareketi, çenenin önünde bulunan tutucu halkalarla engellenmiştir. Tutucu halkalarda kama üzerinde serbestçe hareket edebilmektedir. Fakat kesme esnasında tutucu halkaların hareketi, kılavuz blokla aynı eksende karşılıklı olarak açılmış delikte çalışan yaylı-konik pimler vasıtasıyla engellenmiştir. Pimlerin ağzına 45° koniklik verilmiştir. Konik pimlerin arkasında yay bulunmaktadır ve yay pimleri karşılıklı sıkıştırarak halkalara basma kuvveti uygulamaktadır. Yaylı pimler kılavuz bloğun üzerine monte edilmiş bir kapak içinde çalışmaktadır. Kapağın dış tarafına pimlerle aynı eksende bir vida deliği açılmıştır. Vidanın sıkıştırılmasıyla pimler gerekli talaş kaldırma kuvvetini taşıyabilmektedir. Yüksek yada düşük talaş kaldırma kuvvetlerinde çeşitli sertlikte yayların kullanılabilmesi de pimlerin talaş kaldırma kuvvetini taşımasına izin vermektedir. Kesme işlemi tamamlandığında, tezgahın koçuna bağlı olan çekiç, çeneye vurur ve çeneye gelen kuvvet yayların sıkma kuvvetini aşarak pimlerin geri çekilmesini sağlar, boşta kalan çene kama üzerinde ilerler ve tutucu halkayı ilerletir.

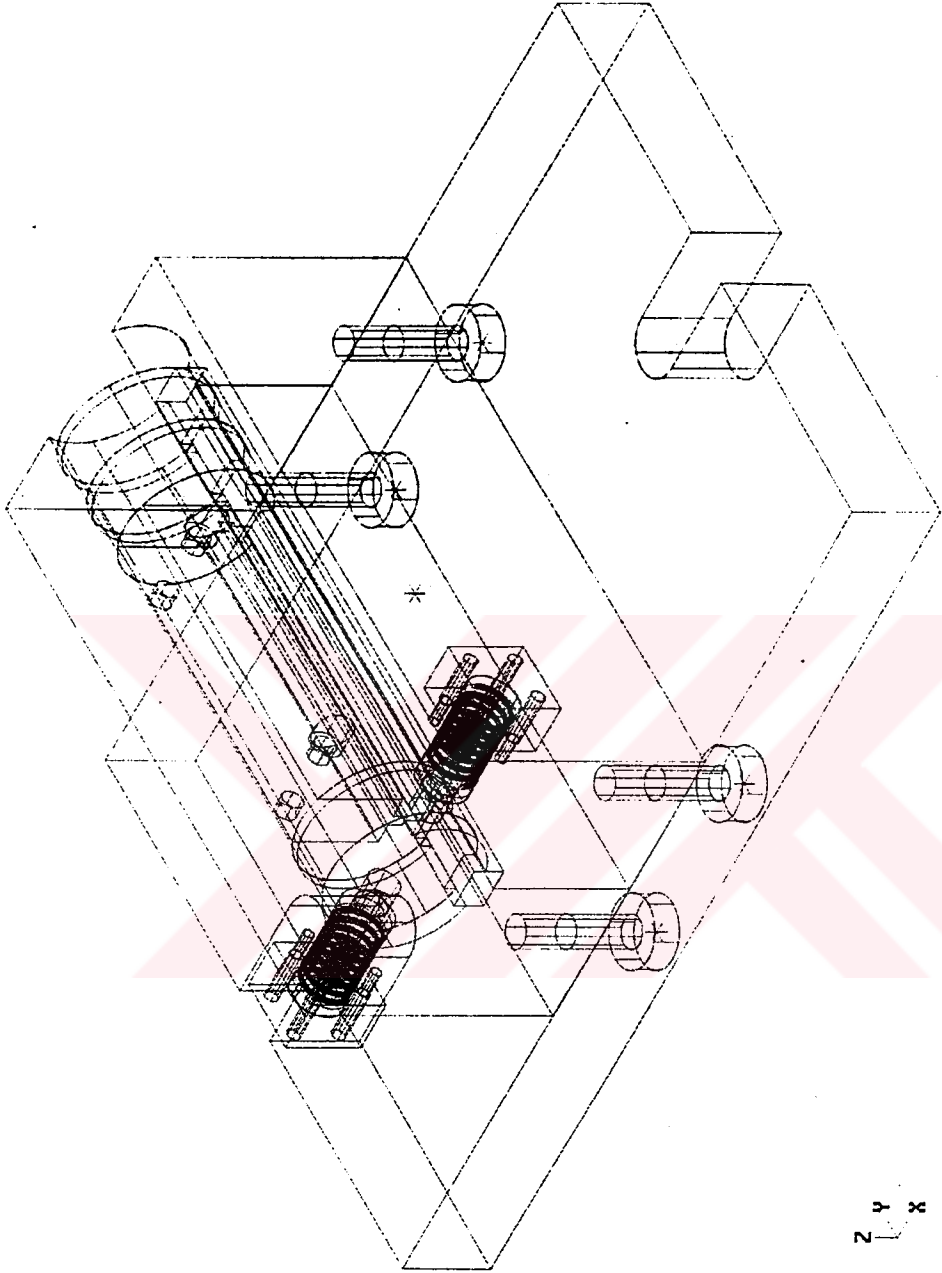
Hızlı-durdurma mekanizması, üniversite laboratuvarında mevcut olan planya tezgahına göre dizayn edilmiştir. Mekanizma, Nova Kalıp ve Elektrik Sanayi A.Ş.'de imal edilmiştir. Şekil 4.2'de mekanizmanın montaj resmi ve Şekil 4.3'de de montaj elemanlarının resimleri gösterilmiştir.ve Şekil 4.4'de Mekanizmanın montajlı resmi gösterilmiştir. Mekanizmanın imalat teknik resimleri Ek 1'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Dizayn ve imal edilmiş hızlı-durdurma mekanizması



Şekil 4.3 Dizayn ve imal edilmiş hızlı-durdurma mekanizması montaj parçaları

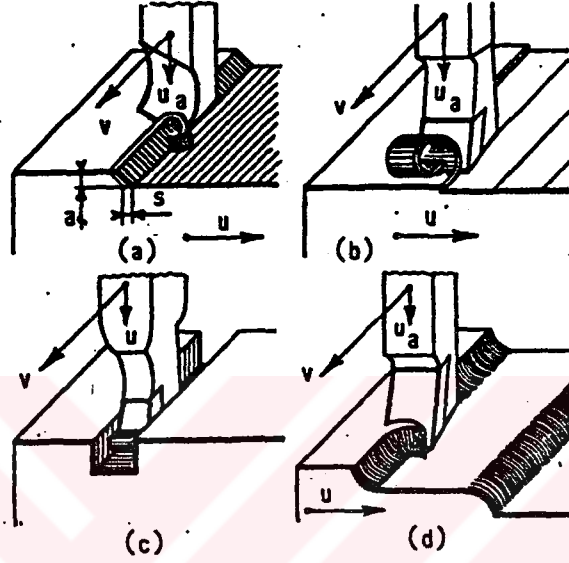


Z
Y
X
mm

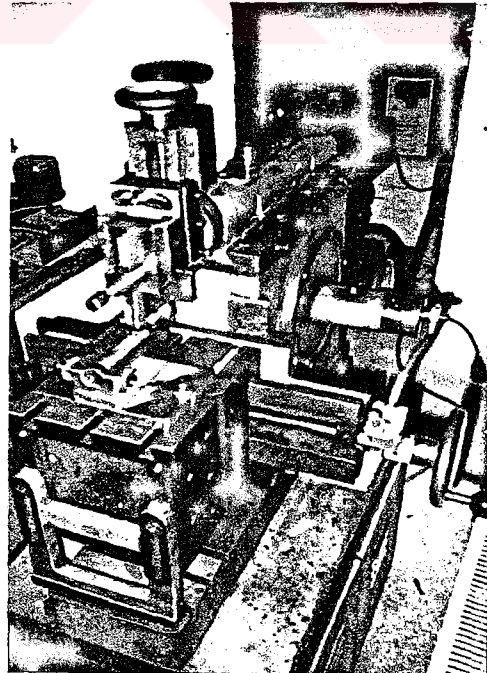
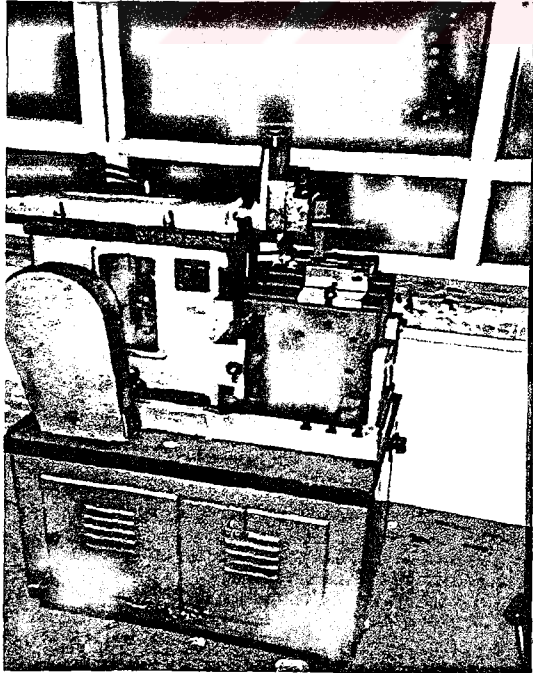
Y.T.Ü Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	HIZLI-DURDURMA MEKANİZMASI		Resim Nr.	00
	Barış			Ölçek	1:1
YASAR				Tarih	31/10/2002

Şekil 4.4 Dizayn ve imal edilmiş hızlı-durdurma mekanizması montaj resmi

Planyalamada (Şekil 4.5), düz yüzeylerin (a,b), kanalların (c) ve yuvarlatılmış yüzeylerin işleme tarzları Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Düz yüzeyler yan kesme (Şekil 4.5a) veya düz kesme (Şekil 4.5b) ile işlenir. Yan kesme kaba ve ince talaş, düz kesme sadece ince talaş için kullanılır. Herhangi bir talaş kaldırma işleminde olduğu gibi burada da kesme hareketi (v), ilerleme hareketi (u) ve talaş kalınlığını ayarlama hareketi (u_a) olmak üzere üç hareket vardır. Kesme hareketi takım tarafından, ilerleme hareketi parça tarafından yapılır. Kesme ve geri dönme stroklarından oluşan işleme stroku bittikten sonra parça, s değeri ile ilerleme hareketi yapar. Her iki hareket birbirine göre senkronize olup, tezgahın motor gücü ile gerçekleştirilir. a talaş kalınlığı ayarlama hareketi, işlemin başlangıcında elle yapılabilir.



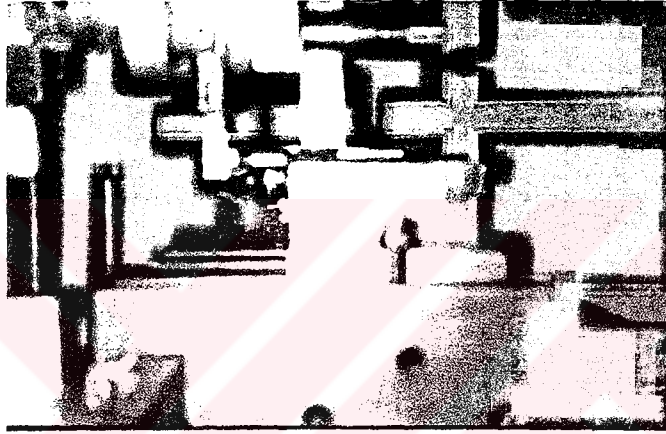
Şekil 4.5 Planya ile talaş kaldırmanın esasları (Akkurt ,1991)



Şekil 4.6 Planya tezgahı

4.2 Deneyin Uygulanışı

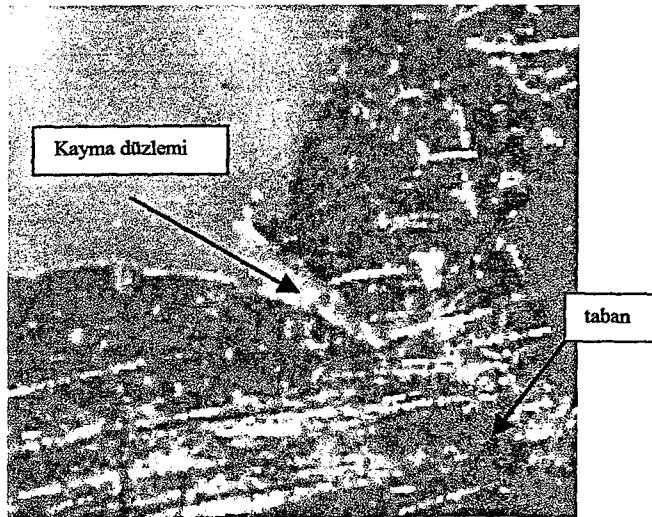
Sürekli kesmede çıkış etkisini görebilmek için birkaç deney yapılmıştır. Deneysel çalışma prinç malzeme üzerinde HSS kesici takımlarla ortogonal kesme biçiminde planya tezgahında yapılmıştır. Talaş kaldırma işlemi sürekli olduğundan ilerleme sıfırdır. Yapılan testlerde 0.2-0.3 mm/devir gibi küçük kesme derinliklerinde çalışılmıştır. Kesme hızı, 30m/dak seçilmiştir. Deney düzeneği, mükemmel bir hızlı-durdurma mekanizmasıyla donatılmıştır. Talaş kaldırma tezgahı ve hızlı-durdurma mekanizması Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Takım, kısmi olarak talaş kaldırma işlemini tamamladıktan sonra çıkışta kesme işlemi durdurulmaktadır. Yeni bir iş parçası bağlanmakta ve işlemler tekrarlanmaktadır. HSS kesici takım geometrisi şöyledir; talaş açısı 18° , kama açısı 65° ve boşluk açısı 7° 'dir. Takım boyutları; 100x10x10mm, iş parçası kalınlığı 1mm, uzunluğu ise 10mm'dir. İş parçası malzemesi α - Prinç 85/15'dir. Deneyde kesme sıvısı kullanılmamıştır. Çıkışta elde edilen talaş oluşumları, Intel marka mikroskopla incelenmiş ve standart bir bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 4.7 Planya tezgahında talaş kaldırma işlemi ve hızlı-durdurma mekanizması

4.3 Deney Sonucu

Yapılan birkaç deneyden , çıkışta kesme esnasında oluşan talaş oluşumları alınmıştır. Talaş oluşumları Şekil 4.8 ve 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Çıkışta taban oluşumu, HSS kesici takım, $V=30\text{m/dak}$, kesme derinliği 0,3mm , α -Prinç 85/15'dir, İlerleme yok. Kuru kesme koşulları.



Şekil 4.9 Çıkışta taban oluşumu, HSS kesici takım, $V=30\text{m/dak}$, kesme derinliği 0,3mm
 α -Prinç 85/15'dir, İlerleme yok. Kuru kesme koşulları

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da görüldüğü gibi yapılan deneysel çalışmada elde edilen sonuçlarda taban oluşumunun literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Çıkışta kayma düzlemi yön değiştirmiş ve "taban oluşumu" meydana gelmiştir

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Metallerin talaşlı işlenmesinde kesici takım ömrü gerek kesici takım maliyeti, gerek üretilen parçanın kalitesi, gerekse toplam üretim maliyetleri açısından en önemli konulardan birisidir. Talaşlı imalat yöntemlerinde en ekonomik imalat ve en ekonomik takım ömrü için kesme parametrelerinin optimizasyonu gereklidir.

Bir kesici takım ömrünün iki şekilde son noktaya gelmesi mümkündür; kesici takımın serbest ve talaş yüzeylerinde tedrici veya ilerleyen aşınması ve takım ömrünü beklenmedik yada erken sona getiren aşınmadır. Metallerin talaşlı işlenmesinde üç türlü aşınma şekli meydana gelmektedir; yapışma, abrasyon ve difüzyon. Takım ömrü, bir takım ömrü kriterine ulaşmak için gerekli olan kesme zamanı olarak tanımlanmaktadır. Takım ömrünü etkileyen en önemli faktör kesme hızıdır. Bu nedenle işleme proseslerinin optimizasyonunda işleme koşullarıyla kesme hızı arasındaki ilişkiyi bilmek zorunludur. Bu konudaki ilk çalışma Taylor tarafından yapılmıştır. Taylor, artan kesme hızı ile takım ömrünün azaldığını ifade eden bir ampirik formül çıkarmıştır.

Kesme hızından başka aşınmayı etkileyen iş parçası ve takım malzemesi, takım geometrisi, takım giriş ve çıkış etkisi, kesme sıvısı gibi faktörler de bulunmaktadır. Bu çalışmada, frezeleme, delme, broslama ve tornalama gibi kısa ve fasıllı kesme çevrimleri içeren metallerin süreksiz talaşlı işlenmesinde takım giriş ve çıkış etkisi araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda, süreksiz talaşlı işlemede kesici takım giriş ve çıkış koşullarının takım ömrünü etkileyen önemli noktalar olduğu görülmüştür. Süreksiz talaş kaldırmada kesici takımların aşınmasının ana nedeni kesimdeki fasılalardır. Araştırmacılar giriş koşullarının herhangi bir önemli etkisini bulamamışlar ve çıkış süreciyle uğraşmışlardır. Yapılan araştırmalar sonucunda takım çıkışının, kesme sürecinin en tehlikeli aşaması olduğu bulunmuştur. Çıkış geometrileri aralığında "taban oluşumu" meydana gelmektedir. Taban oluşumu, kayma açısının dönmesiyle başlar ve "negatif kaymaya" yol açar. Ve tehlikeli olan bu taban oluşumu kesici ağızdan küçük parçaların kopmasına neden olur. Takım ömründe şiddetli azalmaya sebep olan bu mekanik etkiden başka takım-talaş ve iş parçası temas bölgelerindeki periyodik sıcaklık değişimleri erken takım aşınmasına sebep olmaktadır. Takım- talaş ara yüzünde sıcaklık artışı ve yüksek takım gerilmeleri takım ağzında çatlamayla takım aşınmasına neden olmaktadır. Yapılan araştırmaların çoğu tornalama yada frezeleme yöntemleriyle yapılmıştır. Tornalama tezgahı, süreksiz talaşlı işleme için çok pratik bir tezgahdır. Basit bir ekstra mekanizmayla tam kalınlıkta ve bir defada bir kesim dilimi almak mümkündür. Frezeleme tezgahında bu mümkün değildir. Buna rağmen iş parçası üzerindeki çıkış yüzeyi geometrisini değiştirmek için torna tezgahında oldukça zaman harcanmaktadır. Bu yüzeyin genellikle bir freze tezgahında işlenmesi gerekmektedir. Fakat yapılan çalışmalar sonucunda süreksiz tornalama ve frezeleme arasında ana aşınma mekanizmasında hiçbir farklılık olmadığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda işlenen malzeme türüne göre çıkış etkisi farklılık göstermiştir. Çok karbonlu ve düşük alaşımlı çelikler için belirli çıkış koşullarında meydana gelen taban oluşumu takım ömrü için zararlı olmuştur. Fakat gri dökme demir için taban ,takım ömrünü etkilememiştir. Paslanmaz çelikte ise, taban oluşumu meydana gelmemesine rağmen erken takım aşınması meydana gelmiştir.

Yapılan araştırmalarda, çıkışta takım aşınmasının ancak uygun kesici ağız geometrisiyle küçük çapta kesici takımların kullanılması ve mümkün olduğunca kesici takım merkez hat rotasının iş parçasının çıkış yüzeyinden uzağa kaydırılmasıyla mümkün olabileceği görülmüştür. Uygun kesici ağız geometrisini pahlı ve yuvarlatılmış ağızlar oluşturmaktadır. Tehlikeli çıkış geometrilerinden kaçınmaması durumunda, tehlikeli

geçişler esnasında yüksek hızlarda küçük ilerlemelerin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu geçişler esnasında aşınma bir şekilde daha yüksek fakat kesici ağızdan küçük parçaların kopmasına kıyasla daha küçük olmaktadır. Ayrıca kesici ağızların bilenmesinin kesici ağızı güçlendirdiği unutulmamalıdır.

Deneysel çalışmada, kesici takımın çıkış etkisi araştırılmıştır. Talaş kaldırma esnasında çıkışta talaş oluşumlarını elde edebilmek için bir hızlı-durdurma mekanizması kullanılmıştır. α -Prinç 85/15 malzemeden 0,2 –0,3 mm küçük kesme derinliklerinde HSS kesici takımla ortogonal kesme testleri yapılmıştır. Kesme işlemi planya tezgahında gerçekleştirilmiştir. İlerleme yoktur. Her iş parçası için kesme tek sefer olmuştur. Çıkışta oluşan talaş oluşumları mikroskopta incelenmiş ve çıkışta kayma düzleminin yön değiştirdiği ve tabanın meydana geldiği görülmüştür. Yapılan deneysel çalışma sonucunda çıkışta literatürle uyumlu taban oluşumu gözlenmiştir.

Sürekli talaşlı işlemede, kesici takımların erken takım aşınmasından dolayı ekonomik olmayacağı ispat edilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle beraber çok sayıda parça üretimini karşılamak ve üretkenliği arttırmak için yeni bir işleme yöntemi olan, CNC tezgahlarda yüksek hızda talaşlı imalat işleminde kesici takım ömrü çok daha önemli olmaktadır. Bu yöntemde kullanılan kesici takımlar, diğer takımlara göre sekiz kat daha pahalıdır. Dolayısıyla kesici takım maliyetini düşürmek için takım giriş ve çıkış etkileri üzerinde çalışmaların devam etmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Akkurt, M. (1991), Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Ali, A ve Stephenson, D.A. (1992), " Tool Temperatures in Interrupted Metal Cutting", Journal of Engineering for Industry, Vol. 14., 127-135.

Anık, S. (1994), İmal Usulleri, Birsen Yayın Evi, İstanbul.

Boothroy, G. ve Knight, W.A. (1988), Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools, McGraw Hill Text, New York.

Chandrasekaran, H ve Thoors, H. (1994), "Tribology in Interrupted Machining: Role of Cycle and Work Material", Wear ,179., 83-88.

Chou, K ve Evans, J. (1999), " Cubic Boron Nitride Tool Wear in Interrupted Hard Cutting" , Wear ,179., 234-245.

Ghani, A.K ve Barrow.G. (1985), "Tool Failure at Exit During Interrupted Cutting", Annals of the CIRP, Vol. 34/1., 71-74.

Işık, Y ve Çakır,C. (2000), " Takım Çeliklerinin Talaşlı İmalatında Kesme Kuvvetleri İle Takım Ömrü Arasındaki İlişkinin Deneysel Olarak İncelenmesi" Uludağ Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bursa.

Kalaycıoğlu, B. (2000), "CNC Tezgahlarda Yüksek Hızda Talaşlı İmalat (High Speed Machining) " Mühendis Makine, Temmuz.

Locasta, S., Lombarda, A ve Passannati.G . (1989), "Relation Between Tool Life in Milling and in Interrupted Turning", Wear .131., 207-216.

Palmai, Z. (1985), "Cutting Temperature in Intermittent Cutting", Int. J. Mach. Tools Manufact, Vol. 27. No.2 ., 261-274.

Pandey, P.C., Bhatia .M ve Shan H.S (1979) , "Thermo Mechanical Failure of Cemented Carbide Tools in Intermittent Cutting", Annals of the CIRP Vol. 28/1., 13-17.

Pandey, P.C., Bhatia .M ve Shan H.S (1979) , " Failure of Cemented Carbide Tools When Executing Intermittent Cuts", Journal of Engineering for Industry,Vol. 101., 391-396.

Pekelharing, A.J Deft, T.H. (1978)," The Exit Failure in Interrupted Cutting", Annals of the CIRP Vol. 27/1., 5-10

Pekelharing, A.J. (1984), "The Exit Failure of Cemented Carbide Face Milling Cutters Part1:Fundamentals and Phenomena", Annals of the CIRP Vol. 33/1., 47-51.

Pekelharing, A.J. (1984), "The Exit Failure of Cemented Carbide Face Milling Cutters Part2:"Testing of Commercial Cutters", Annals of the CIRP Vol. 33/1., 51-54.

Philip. P.K. (1977), "Tool Wear and Tool Life in Intermittent Cutting of Hardened Steel Using Conventional Hard Metal Inserts", *Int. J. Mach. Tools Manufact*, Vol. 18. No.4., 19-28.

Rotberg, J., Lenz. E, Braun, S. (1987), "Mechanical Signature Analysis in Interrupted Cutting", *Annals of the CIRP* Vol. 36/1., 249-252.

Shibasaka, T., Hasimota, Ueda, K , Iwata. K (1983), "Analysis of Brittle Failure of Cutting Tools Based on Fracture Mechanics", *Annals of the CIRP* Vol. 32/1., 37-41.

Wallen ,P., Jacobsan, S ve Hogmark, S. (1988), "Intermittent Metal Cutting at Small Cutting Depths Part 1: Dead Zone Phenomena and Surface Finish", *Int. J. Mach. Tools Manufact*, Vol. 28. No.4., 515-528.

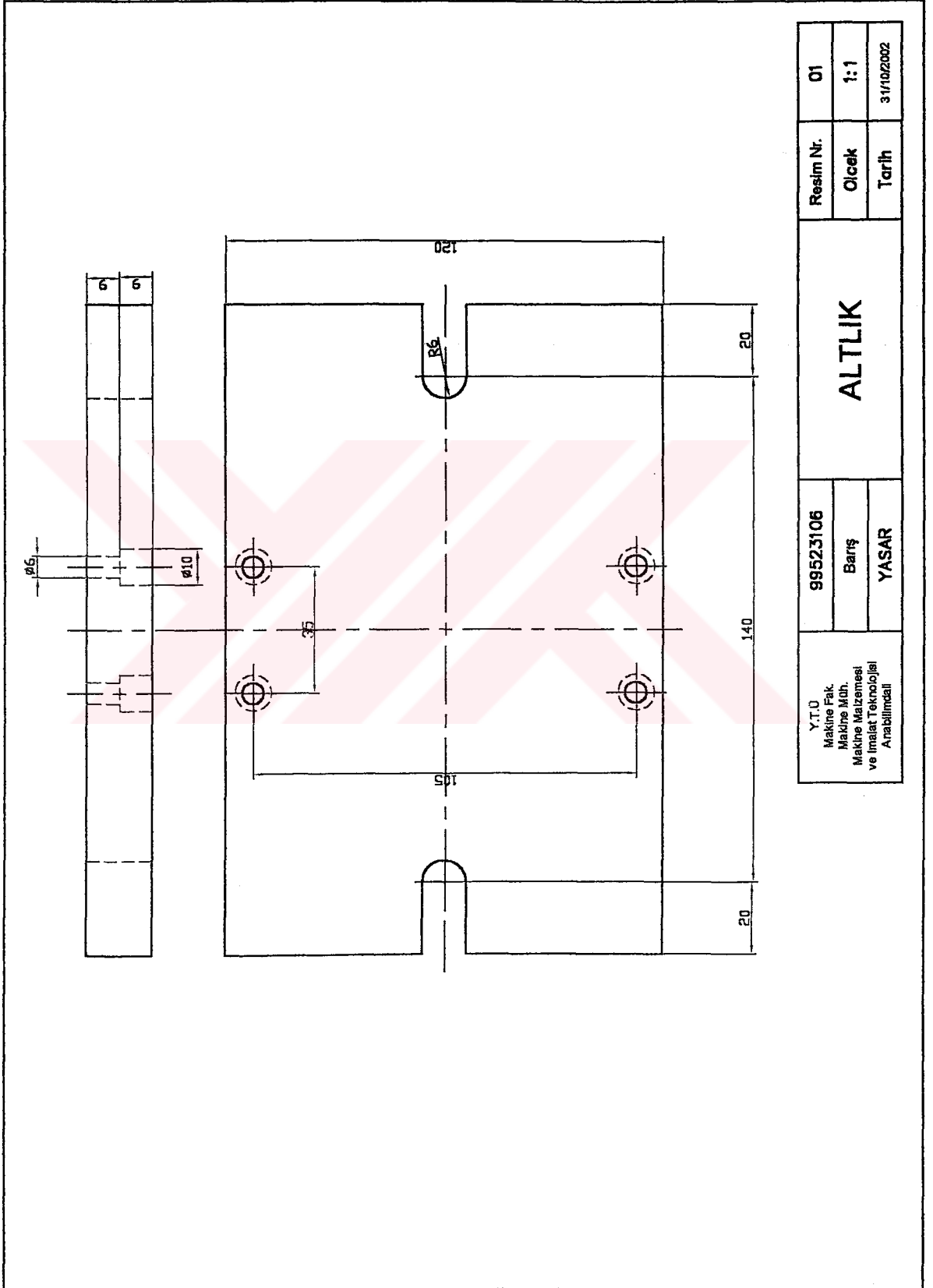
Wallen ,P., Jacobsan, S ve Hogmark, S. (1988), "Intermittent Metal Cutting at Small Cutting Depths Part 2: Cutting Forces", *Int. J. Mach. Tools Manufact*, Vol. 28. No.4., 551-567.



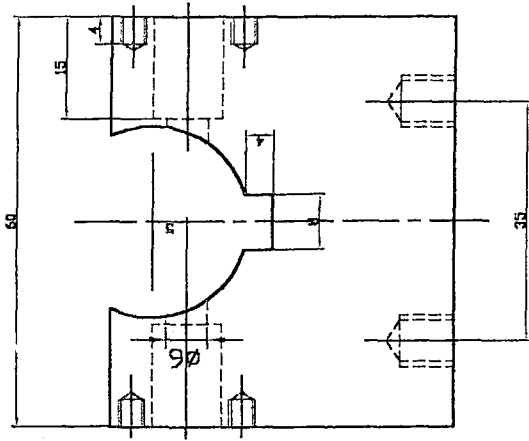
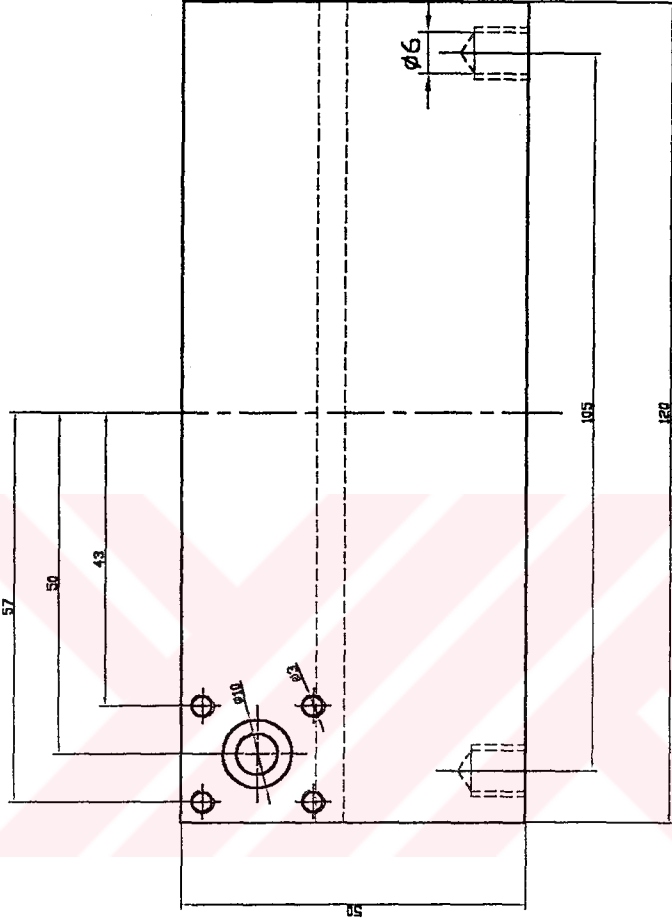
EKLER

Ek 1 Dizayn ve imal edilmiş hızlı-durdurma mekanizması imalat teknik resimleri.

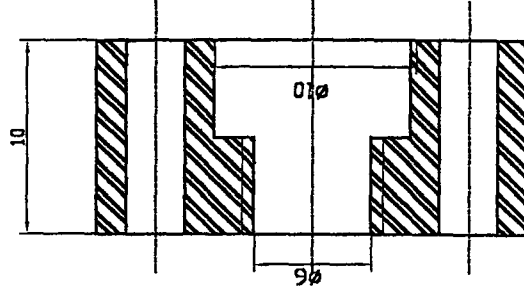
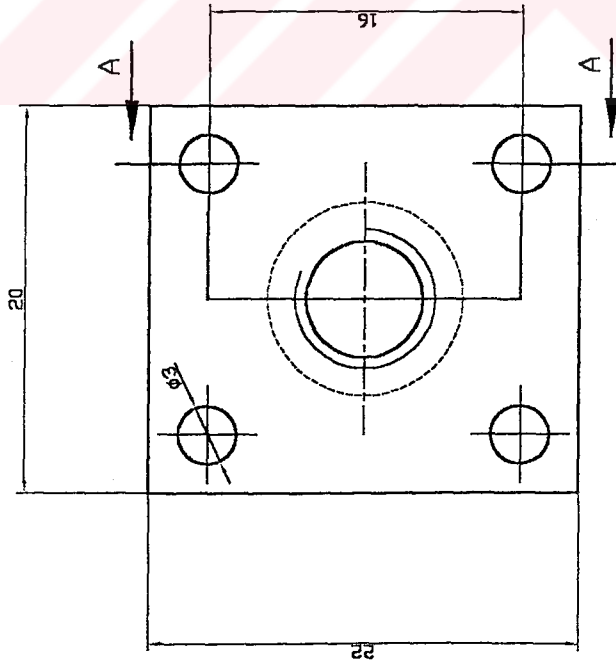




Y.T.D Makine Fak. Makine Mth. Makine Malzemesel ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	ALTLIK		Resim Nr.	01
	Barış			Ölçek	1:1
YASAR				Tarih	31/10/2002

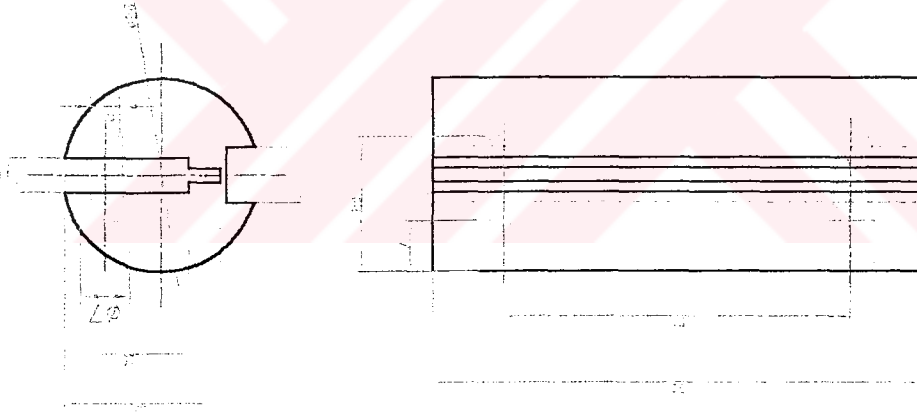


Y.T.Ü Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemesi ve İnatlat. Teknolojisi Anabilimdalı	99523106	KLAVUZ BLOK		Resim Nr.	02
	Baris			Olcek	1:1
YASAR		Tarih	31/10/2002		

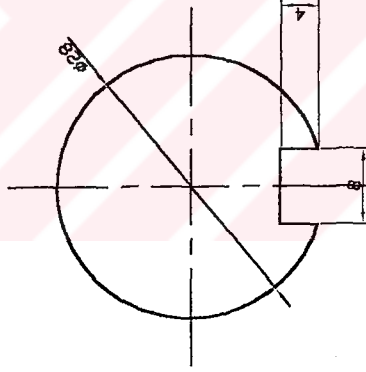


A-A KESİTİ

Y.T.D. Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	KAPAK	Resim Nr.	03
	Barış		Ölçek	1:1
YASAR		Tarih	31/10/2002	

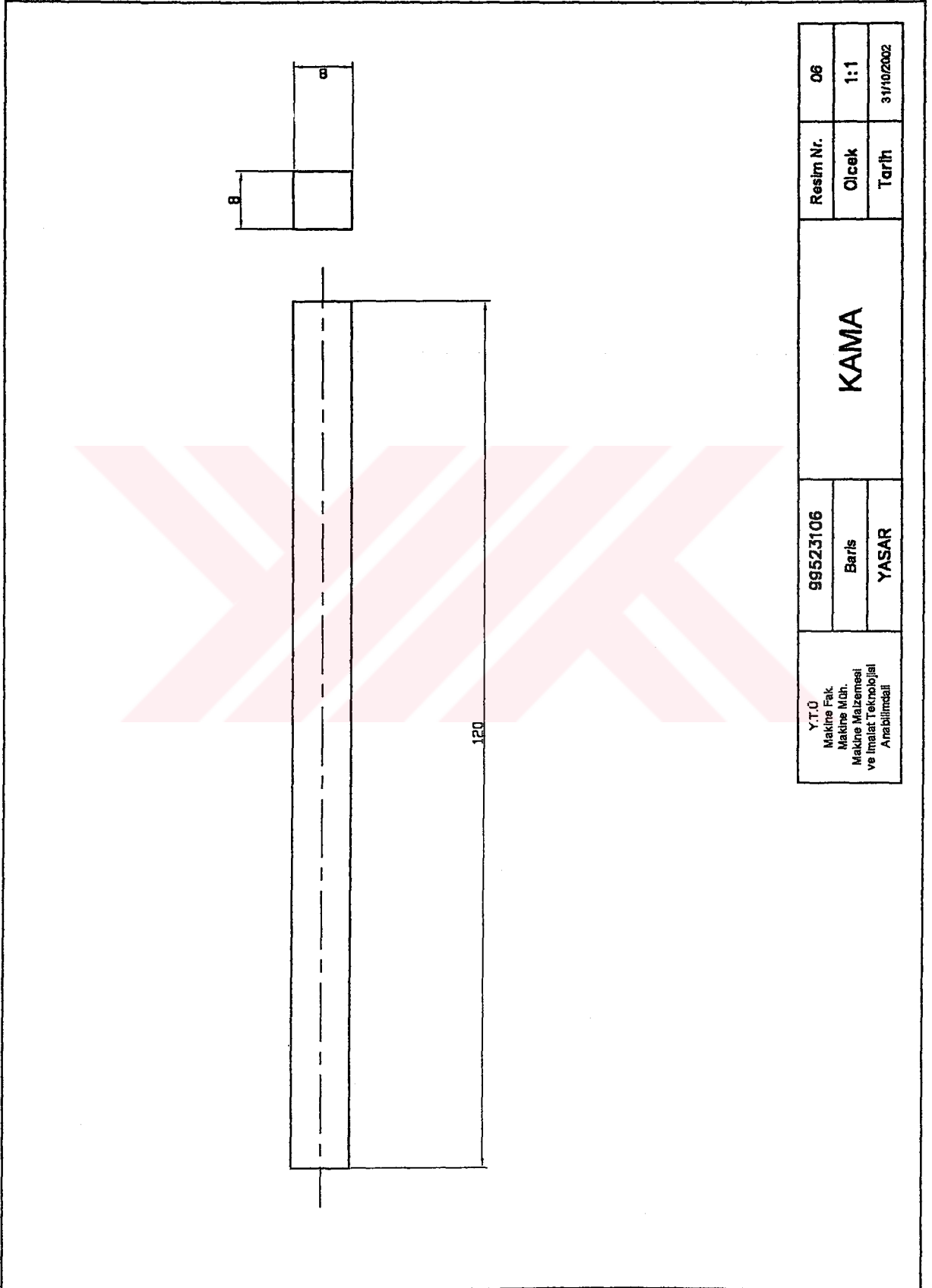


Y.T.O Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemesi ve İnatat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	ÇENE		Resim Nr.	04
	Baris			Ölçek	1:1
	YASAR			Tarih	31/10/2002

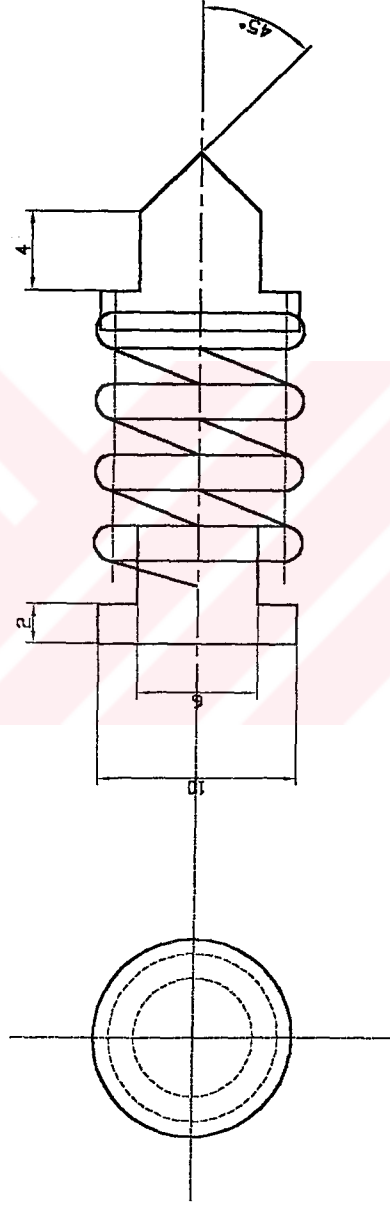


Y.T.O Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemele ve İmalat Teknolojisi Araştırma	98523106	Resim Nr.	05
	Baris	Çizik	1:1
	YASAR	Tarih	31/10/2002

TUTUCU HALKA



Y.T.O Makine Fak. Makine Mch. Makine Malzemesi ve Imalat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	KAMA		Resim Nr.	06
	Baris			Ölçek	1:1
	YASAR	Tarih	31/10/2002		



Y.T.U Makine Fak. Makine Müh. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı	99523106	YAYLI PİM		Resim Nr.	07
	Baris			Ölçek	1:1
	YASAR			Tarih	31/10/2002

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.11.1978	
Doğum yeri	Bursa	
Lise	1992-1995	Pertevniyal Lisesi
Lisans	1995-1999	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fak. Makine Mühendisliği Bölümü. İ.Ö
Yüksek Lisans	2000-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Prog
Çalıştığı kurumlar		
	1999-2000	Nova Kalıp ve Elektrik San. A.Ş.
	2000-Devam ediyor	Ersan Ambalaj ve Yalıtım San. A.Ş

