

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASSAS KESMEYİ ETKİLEYEN KONSTRÜKSİYON PARAMETRELERİ**

Makina Mühendisi. Farid Rustamov

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Atilla Bozacı

İSTANBUL, 2009



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖNSÖZ.....	xiv
ÖZET.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. GİRİŞ .....	1
2. KALIPÇILIK TEKNİĞİ VE TASARIM .....	2
3. KESME ve KESME YÖNTEMLERİ .....	4
3.1 Sac Kesme.....	4
3.1.1 Giyotin Makas İle Kesme .....	4
3.1.2 Rulo Makaslar İle Kesme.....	5
3.2. Sac Kesme.....	6
3.2.1. Uç Kesme .....	6
3.2.2. Ayırma .....	7
3.2.3. Yarma.....	7
3.2.4. Etek Kesme .....	8
3.3. Klasik Kesme Yöntemi.....	8
3.3.1. Klasik Kesme ve Yöntemleri .....	10
3.3.1.1. Kesme Olayı Ve Adımları .....	10
3.3.1.2. Kesme Boşluğu .....	14
3.3.1.3. Kesme Boşluğunu Etkileyen Faktörler.....	20
3.3.2. Kesme Kalıplarına Özgü Hesaplama .....	20

4. HASSAS KESME .....	24
4.1 Hassas Kesme Yönteminin Esası .....	26
4.1.1 Hassas Kesme Evreleri .....	28
4.1.2 Hassas Kesme İşlemin Karakteristikleri .....	29
4.1.2.1 Kesilen Köşe Kaliteleri .....	29
4.1.2.2 Ölçüm ve Toleranslar .....	31
4.1.2.3 Kalıp Kavisi .....	32
4.1.2.4 Hassasiyet .....	33
4.1.2.5 Çapak .....	33
4.1.2.6 Hassas kesmenin ekonomik tarafı .....	33
4.1.3 Hassas Kesme İle Gerçekleştirilen İşlemler .....	35
4.1.3.1 Havşa Baş Delik Açma .....	36
4.1.3.2 Bükme .....	36
4.1.3.3 Yarı Delme .....	36
4.1.3.4 Ezme ve Basamak Oluşturma .....	35
4.2 Hassas Kesme Kalıpları .....	38
4.2.1 Kalıp Sistemleri ve Tipleri .....	38
4.2.2 Hassas Kesmede Kullanılan Kalıp .....	41
4.2.2.1 Bileşik Kalıplar .....	41
4.2.2.2 Ardışık Kalıplar .....	41
4.2.2.3 Bir Arada Kesme ve Şekillendirme Kalıpları .....	43
4.2.3 Hassas Kesme Kalıp Malzemeleri .....	44
4.2.3.1 Baskı Bileziğinin Etkisi .....	46
4.2.3.2 Talaşlı İşleme ve Isıl Davranışlar .....	48
4.2.3.3 PVD Kaplama .....	49
4.2.4.1 Mekanik Hassas Kesme Presleri .....	49

4.2.4.2 Hidrolik Hassas Kesme Presleri .....	51
4.2.4.3 Pres Parametreleri.....	55
4.2.4.4 Pres Başlığı.....	56
5. HASSAS KESME ÜRETİLEN PARÇALARIN YÜZEY KALİTESİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER: .....	58
5.1 Hassas kesme Parça Malzemesi .....	58
5.1.1 Hassas Kesmeye Uygun Olan Malzemeler .....	58
5.1.2 Hassas kesimde kullanılan malzeme İçyapısı .....	58
5.2 Kalıp Boşluğu.....	65
5.3 Hassas kesmede Geometrik Şekiller .....	66
5.3.1 Takım Geometrisi .....	66
5.3.2 Parça Geometrisi .....	66
5.3.3 Köşe ve Radyuslar .....	67
5.3.4 Kanallar ve Delikler. ....	68
5.3.5 Dişliler .....	69
5.3.6 Dişli üretiminde geçerli olan şartalar.....	70
5.4 Yağlama .....	71
5.5 Hassas Kesmede Uygulanılan Kuvvetler.....	72
5.5.1 Hassas Kesme İşleminde Uygulanan Kuvvetler ve Hesaplanması .....	73
6. Örnekler ve Uygulamalar .....	76
6.1 Elektrik ve Elektronik Cihazlar .....	78
6.2 Hidrolik ve Pnömatik cihazların üretiminde ise: .....	79
6.3 Tıbbi Cihazlar; .....	80
6.4 Örnek; .....	80
6.5 Tolerans kapasitesi .....	81
7 SONUÇLAR .....	83

KAYNAKLAR .....	86
ÖZGEÇMİŞ .....	88

## SİMGELER LİSTESİ

Pk: Oluşan kesme kuvveti N (kg)

U: Kesilen çevre veya boy mm

S: Kesilen malzemenin kalınlığı mm

$\tau_k$ : Kesilen malzemenin kesme dayanımı  $N/mm^2$ , (kg/  $mm^2$ )

kb: Kesme boşluğu

ka: Kesme aralığına

Öm: Matrisin ölçüsü

Öz: Zımbanın ölçüsü

Pke: Eğimli kalıplara ait kesme kuvvet kg (N)

H: Eğim yüksekliği (mm)

a, b: Prizmatik şekilli parçanın boyu ve eni (mm)

d: Kesilecek parçanın çapı (mm)

R: Köşe Radyusu

$\alpha$  : Köşe Açısı

Fs: Kesme Kuvveti [N],

L: Kesme çevresi boyu [mm],

S: Malzeme kalınlığı, malzeme kalınlığı ve toleransların toplam değeri [mm],

İÇ: Malzemenin maksimum çekme gerilmesi değeri  $[N/mm^2]$ ,

f1: Ampirik faktör; 0,9

FR: Bastırıcı Kuvvet [N],

LR: Bastırıcı çene uzunluğu [mm],

h: Bastırıcı çenenin yüksekliği [mm], eğer iki adet bastırıcı çene var ise büyük olan göz

önünde tutulacaktır.

f2: Ampirik faktör; 4

FG: Karşı Baskı Kuvveti [N],

AS: Kesilen yüzey alanı [mm<sup>2</sup>],

qG: Spesifik karşı baskı kuvveti [N/mm<sup>2</sup>]; büyük kalınlıkta parçalar için 70 N/mm<sup>2</sup> üst limittir, küçük kalınlıktaki parçalar içinse 20 N/mm<sup>2</sup>'dir en düşük limit.

FGES : Toplam Kuvvet [N],

FRA : Sıyırıcı kuvvet [N],

f3: Ampirik faktör; 0,10 - 0,15;

FGA: Enjektör kuvveti [N].

## **KISALTMALAR LİSTESİ**

AÖN	Alt Ölü Noktası
ÜÖN	Üst Ölü Noktası
K.H	Kesme Hızı
Y.D	Yağlama Durumu
B.K	Bastırıcı Kuvvet
K.B.K	Karşı Baskı Kuvveti

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Kesme kalıbıyla kesme (delme) Şekil 3.2. Makasla kesme .....	4
Şekil 3.3. Giyotin makas ile kesme (Kurt, 2002).....	5
Şekil 3.4: Rulo makaslar ile kesme örnekleri (Kurt, 2002). Şekil 3.5. Değişik uç kesme uygulamaları (Çapan, 1994). .....	6
Şekil 3.6. Ayırma uygulamaları (Kurt, 2002).....	7
Şekil 3.7. Yarma uygulamaları (Çapan, 1994). .....	8
Şekil 3.8. Derin çekilmiş kaplarda etek kesme (Çapan, 1994).....	8
Şekil 3.9. Kapalı kesme ve oluşan terimler. (Kurt2002).....	10
Şekil 3.10. Kesme olayı anında oluşan safhalar. (Kurt2002). .....	11
Şekil 3.11 . Kesme olayı anında çapak durumları. (Kurt2002). .....	12
Şekil 3.12.. Kesme Adımları. (Kurt2002). .....	13
Şekil 3.13. Matrisler ait zırh formlar. (Kurt2002).....	14
Şekil 3.14 . Matrislere ait zırh formları (Kurt2002).....	15
Şekil 3.14. Kopma Çapağı. Şekil 3.15. Çekme Çapağı.....	16
Şekil 3.16. Kesici kenarların körlenmesi sonucu oluşan çapak. ....	17
Şekil 3.17 A). Üretilen parça boşluğu önemli ise, kesme boşluğu matrise verilir. B). Çıkan parça önemli ise kesme boşluğu zımbaya uygulanır. (Kurt2002).....	18
Şekil 3.18. Eğim verilmiş matris ve zımbaya örnekler. (Kurt2002).....	21
Şekil 3.19. Kesme kuvvetinin zımba boyuna göre değişir. (Kurt2002).....	23
Şekil 4.1.Klasik kesme yöntemi ve hassas kesmenin karşılaştırılması ( Feintooli, 2001).....	27
Şekil 4.2. Hassas kesme evreleri ( Feintooli, 2001).....	29
Şekil 4.3: Uygun yüzey pürüzlülük ve yırtılma değerinin belirlenmesi ( Feintooli, 2001).....	30
Şekil 4.4: Kenarın kesilen alanı, kalite simgesiyle gösterilen ve kesikli çizgiyle işaretlendi. .	30
Şekil 4.5: İç ve dış şekiller ve uzaklıklar arasındaki toleranslar ( Feintooli, 2001).....	31
Şekil 4.6: Farklı tipteki geometrik biçimler için kalıp kavisi ( Feintooli, 2001). .....	32

Şekil 4.7: Bir zincir dişlisinin klasik kesme yöntemi (sol) ve hassas kesme (sağ) .....	34
Şekil 4.8: Vites kutusu parçası için iki imalat yöntemi arasındaki maliyetlerin gösterilmesi (Feintool, 2001).....	35
Şekil 4.9: Hassas kesme işlemi ile yapılabilen bazı soğuk şekillendirme işlemleri (Feintool,2001).....	37
Şekil 4.10: Hassas kesme takım sistemleri ve çeşitleri. (Feintool, 2001). ....	38
Şekil 4.11: Hareketli zımba hassas kesme kalıplarının kısımları. (Feintool, 2001).....	39
Şekil 4.12: Sabit zımbalı hassas kesme kalıplarının kısımları (Feintool, 2001).....	40
Şekil 4.13: Bileşik kalıplara bir örnek (Birzer, 1982). ....	41
Şekil 4.14: Ardışık kalıplara örnek (Partech fineblankig).....	42
Şekil 4.15: Hassas kesme ve şekillendirmenin bir arada yapıldığı takıma örnek (Partech fineblankig). ....	43
Şekil 4.16: Bir arada kesme hassas kesme kalıplarına örnek; zincir dişlisi (üstte) ve vites firdöndü parçası(altta). ....	44
Şekil 4.17: Basınç ve sürtünmelerin neden olduğu takımdaki aşınma ve körlenme (Feintool, 2001).....	45
Şekil 4.18: Baskı bileziğinin kılavuz plakasına (a) ve/veya kalıp plakasına (b) konumlanması (Feintool, 2001).....	47
Şekil 4.19: Baskı bileziğinin “V” tırnağının işlem çeşidine göre pozisyonları .....	48
Şekil 4.20: Mekanik hassas kesme presinin kısımları (Feintool, 2001).....	50
Şekil 4.21: Mekanik preslerin hız göstergesi (Partech fineblankig). ....	51
Şekil 4.22: Hidrolik hassas kesme presinin kısımları (Feintool, 2001).....	52
Şekil 4.23: Hidrolik preslerin hız karşılaştırılması (Partech). Şekil 4.24: Hidrolik hassas kesme presi Schmid Press 400 ton (Partech fineblanking). ....	53
Şekil 4.25: Hidrolik takım başlama sistemleri (Feintool, 2001).....	54
Şekil 4.26: Minimum alana yerleştirilmiş bir hidrolik hassas kesme presi ve ek üniteleri	

(Feintool, 2001).....	54
Şekil 4.27: İmalat senkronizasyonunda malzeme iletim sisteminin de içerisinde olduğu bir hassas kesme ünitesinin gösterimi (Feintool, 2001).....	55
Şekil 4.28: Pres parametrelerinin kenarların yüzey kalitesine etkisi (Feintool, 2001). ....	55
Şekil 4. 29: Pres parametrelerinin, işlem operasyonu üzerindeki etkileri (Feintool, 2001). ....	56
Şekil 4.30: Tipik bir hassas kesme işleminde hız varyasyonları (Feintool, 2001). ....	57
Şekil 5.1: Hassas kesme için uygun olan ve uygun olmayan C45 malzemesi iç yapıları ve hassas kesme köşe kalitelerinin gösterimi (Brizer, 1999). ....	63
Şekil 5.2: Klasik kesme yöntemi (a) ve hassas kesme (b) için malzeme kalınlık oranlarına göre kalıp aralığı (SP) (Feintool, 2001). Şekil 5.3: Farklı kalıp aralıklarında elde edilen yüzey kaliteleri (Feintool, 2001). ....	65
Şekil 5.4: Takım geometrisinin etkileri (Feintool, 2001). ....	66
Şekil 5.5: Parça Geometrisinin Parça Kalitesine Etkisi (Feintool, 2001).....	67
Şekil 5.6: Hassas kesmede tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Feintool, 2001). ....	68
Şekil 5.7: Hassas kesmede kanallar ve delikler için tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Feintool, 2001).....	69
Şekil 5.8: Hassas kesmede dişli üretimin tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Feintool, 2001).....	70
Şekil 5.9: Klasik ve Hassas kesmeyle üretilen dişler (Feintool, 2001). ....	71
Şekil 5.10: Kesme esnasında meydana gelen sürtünme durumları (Feintool, 2001). ....	72
Şekil 5.11: Hassas kesme işlemi esnasında, pres başlığı üzerinde oluşan kuvvetlerin gösterilişi (Feintool, 2001).....	73
Şekil 5.12: Hassas kesmede oluşan gerilmeler (Partech Corporation).....	75.76
Şekil 6.1: Hassas kesim parçaları makinelerin ve ekipmanların özellikle yüksek doğruluk gerektiren parça arklarında büyük bir miktarda üretilmektedir. ....	76

Şekil 6.2: Hassas kesmeyle yapılmış parçaları. Buradaki detaylarda hassas kesimin nasıl bir düzlük sağladığını görmekteyiz. ....	78
Şekil 6.3: Bu örneklerde hassas kesimin ne kadar esnek olduğunu bir kez daha görüyoruz. Küçük ve nazik elektronik parçalarda bu yöntemlerle üretilebilir.....	78
Şekil 6.4: Hassas kesmeyle üretilen Elektrik ve Elektronik Cihazlara Şekil 6.5: Hassas kesmeyle üretilen Elektrik ve Elektronik cihazlara Şekil 6.6: Hassas kesmeyle üretilen Hidrolik ve Pnömatik cihaz .....	79
Şekil 6.7: Hassas kesmeyle üretilen tıp sektöründe kullanılan ürün.....	80
Şekil 6.8: Hassas kesmeyle üretilen bir örnek .....	81

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1: Klasik kesmeye ait kesme boşluk formülleri .....	15
Çizelge 3.2: Kesme boşluğu değerleri (AVF – 1507).....	18
Çizelge 3.3: Eğim bilenmiş takımlardaki kesme kuvveti. ....	21
Çizelge 3.4: Zımba ve matris ait eğim değerleri Çizelge 3.5: Zımba boy farkları .....	23
Çizelge 4.1’de IT6-IT11 tolerans aralığında ki, 500 mm ölçüye kadar olan ISO değerleri verilmiştir. ....	31
Çizelge 4.2: Takımlarda görev alan aktif elemanlar için malzemeler.....	46
Çizelge 5.1: Hassas Kesme İçin Uygun Malzemeler .....	63
Çizelge 6.1: Hassas kesmenin diğer metal işlem yöntemleri ile karşılaştırması .....	81

## ÖNSÖZ

Teknoloji çağında, teknolojinin hızlı gelişmesi ve her geçen gün değişerek artan tüketici ihtiyaçları ve bu ihtiyaçların hızlı ve verimli bir şekilde karşılama çabası, ülkelerin ticari kazançların ve dünyada ki üretim potansiyelini ellerinde bulundurma istekleri neticesinde imalat yöntemlerinde değişmeler ve gelişmeler olmuştur.

Bu değişmeler ve gelişmeler neticesinde teknolojinin imkânlarından da yararlanarak yeni üretim yöntemler geliştirilmiştir. Bu geliştirilen yöntemlerden biriside Hassas kesme yöntemidir.

Kesme yöntemleri arasında en iyi netice alınabilececek ‘hassas kesme’ yöntemi detaylandırılıp diğer kesme yöntemleri ile arasında ile arasındaki farklar, hem kullanılacak malzeme olarak hem mekanik faktörler hem de konstrüktif faktörler incelenmiştir. Tüm kesme yöntemleri için kuvvetler belirlenmiş ve bunlar için optimizasyon yapılarak en iyi kesim şartları araştırılmıştır.

Bu tezi hazırlaması ve çalışmanın yönlendirilmesinde emeği geçen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Atilla Bozacı’ ya, tez hazırlama konusunda yardımları için sayın Makine Mühendisi Bekir Sami Süt ve Jülide Büyüksoy a teşekkür etmeyi bir görev bilmekteyim

En zor zamanlarında her zaman desteklerini esirgemeyip deni her zaman motive eden, bu günlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme de şükran ve sevgilerimi sunarım.

Ağustos 2009

Farid RUSTAMOV

Makine Mühendisi

## ÖZET

Bilindiği gibi sac metal kalıpları ile kesilen parçalarda her zaman istenen kesme yüzey kalitesi elde edilmeyebilir. Bu, çeşitli tasarım hatlarının dışında klasik kesme yönteminde de kaynaklanmaktadır. Hassas kesme kalıplılık tekniği bu problemi çözmüştür. Klasik kesme kalıplarında elde edilmeyen yüzey kalitesine ulaşılmıştır. Klasik kesmede kesilen parçanın bir bölümü kesilme yüzeyini bir bölümü ise kopma bölümünü oluşturmaktadır, hassas kesmede ise parçanın kesilme yüzeyinin tamamen kesilmeye uğradığı görülmektedir.

Hassas kesme, tüm malzeme kalınlığı boyunca temiz kesilme yüzeyinin tek kesme operasyonu ile elde edilebildiği bir presleme işlemidir. Bu yöntemin 1920'li yıllarda giden uzun bir araştırma geçmişi vardı. Geçmiş yıllarda hassas kesme yöntemi ile 1 ile 3 mm kalınlıktaki saçları hassas olarak kesilebilirken günümüzde 20 mm 'ye kadar olan malzemelerde hassas kesme işlemi yapılabilmektedir.

İş parçalarının kullanım yeri gereği kesilen malzeme kenarının düzgün ve parlak olması istenmektedir, bu yüzden ilave bir işçilikle (yüzey taşlama, vibrasyon çapak alma vb.) yöntemlerle yüzey pürüzlüğün ve çapağın giderilmesi zorunludur, hassas kesme ikinci bir ek işlem ortadan kaldırmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Hassas kesme, klasik kesme yöntemi, baskı kuvveti, iç yapı

## **ABSTRACT**

As is known, cut sheet metal parts and molds always achieve the desired surface quality may not be cut. This is different than conventional cutting methods in the design lines are due. Has solved this problem fine blanking molding technique. Not obtained in the classic mold cutting surface quality has been reached. Cut a section of track in the classic rat interrupts the rupture surface portion constitutes a part, fine blanking the track surface being cut is seen that the visit to be completely cut off.

Fine blanking, clean cut through all the material thickness of the surface to be obtained by cutting operations can be only one pressing procedure. These methods go a long research in the 1920s had passed. In the past years with fine blanking methods 1 and 3 mm thickness and hair cut precisely today 20 mm until the material can be made fine blanking.

Business use of parts required in cutting edge material is smooth and glossy wants, so with an additional labor (surface grinding, vibratory deburring, etc..) Ways surface roughness and the elimination of burrs are required, fine blanking, a second additional processing is eliminated.

Keywords: Fine blanking, convention stamping, v-ring force, microstructure.

## 1. GİRİŞ

Hassas kesme yöntemi, değişik biçimde parçaların elde edilebilmesi için elverişli olabilmektedir. Örneğin, düzgün geometrik olmayan bir çevre kesimi ile belirli sayıdaki delikler iyi bir biçimde elde edilebilmekte ve bükme, kabartma, vb. bazı ek şekillendirmeler de uygulanabilmektedir. Aslında, hassas kesme operasyonu hassas endüstri alanında geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. İşlem esnasında sacın kesiminden ziyade yüksek basınç etkisi altında ekstrüzyonu söz konusudur. Çünkü klasik kesme işleminde parça kırılma ve kopma ile ayrılmaktadır. Burada ise, ilke olarak farklılık söz konusudur ve yöntem sayesinde hassas sac parçaları kırılma kenarı karakteristiklerini göstermeden ve tek bir operasyon ile elde edilmesi mümkün olabilmektedir. İşlem hem kesme hem de delme operasyonu olarak uygulanabilmektedir. Yüksek hidrostatik basınçlar altında plastik özelliğinin yükselerek, kırılma gecikmesinin ortaya çıkması bu işlemin esasını oluşturmaktadır. Alışılmış yöntemlere göre kesme boşluğu daha az, kesme hızı daha düşüktür. Ancak kullanılan preste zaman kazancı yönünden hızla yaklaşılabilir özelliği vardır.

Dünyada 1950'lerin sonlarına doğru ilk defa hassas kesme tezgâhı üretilmiştir. Daha önceden klasik sac şekillendirme yöntemleri ile elde edilemeyen dar boyut, form toleransları, fonksiyonel nedenlerden ötürü parça kenarının dik ve parlak olması gibi istekler gerçekleştirilemezken, hassas kesme ile rahatlıkla bu gereksinimler karşılanmıştır. Hassas kesme işlemi, ilk yıllarında sadece büro takımlarının imalatında kullanılırken, günümüzde saat endüstrisinden, otomotiv endüstrisine, tıbbi cihaz imalatından, elektronik endüstrisine kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

Hassas kesme işleminin en önemli özelliği, işlemten sonra ikinci bir ana operasyona gerek duyulmamasıdır. Daha önceleri talaşlı şekillendirme, döküm ve dövme yöntemleri ile imal edilen parçalar günümüzde ikinci bir ana operasyona gerek duyulmadan hassas kesme yöntemi ile imal edilmekte, böylece hem malzeme tasarrufu sağlanmakta hem de imalat süresi düşürülmektedir. Neticesinde, hassas kesme yöntemiyle karmaşık, sayı adedi fazla parçalar istenen ölçülerde ve yüzey kalitelerinde aynı zamanda da malzeme ve zaman tasarrufu sağlanarak imatları gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada hassas kesme teknolojisi; kesme yöntemi, kalıp ve donanımları, hassas kesme tezgâhları, hassas kesme işlemindeki kuvvetler ve hassas kesme işleminde yüzey kalitelerine etki eden faktörler yönünden ele alınmaktadır.

Yapılan deneysel çalışma ile hassas kesme işleminde yüzey kalitesine etki eden faktörlerin (Bastırıcı kuvvet, Karşı Baskı Kuvveti, Kesme Hızı ve Ortamın Yağlama Durumu) değişik kombinasyonları ile oluşturulan kesme şartlarında imal edilen parçaların yüzey kalitelerinde

meydana gelen değişmeler incelenmiştir. Böylece hassas kesme işlemine etki eden parametrelerin birinin dahi değişmesi ile kesilen parça yüzeyinde meydana gelen değişimlerin gözlemlenmesi sağlanmıştır.

## 2. KALIPÇILIK TEKNİĞİ VE TASARIM

Sac metal kalıpcılığı ile imal edilmiş birçok parçayı günlük hayatımızda kullanmaktayız. Bu yüzden dünya teknolojisi ile rekabet etmek ve imalat maliyetlerinin düşürülmesi önemli bir konudur. Bunlar dikkate alınarak ülkemizde de kalıpcılık mesleğine büyük önem verilmekte ve bu konuda ülkemiz koşulları da göz önüne alınacak olunursa üstün çabalar sarf edilmektedir.

Kalıpcılık mesleğini bilen kişiye “Kalıpcı”, çalışma alanlarına göre metal veya metal olmayan malzemelerden seri bir şekilde ve çok sayıda özdeş parça imalatında kullanılan makine parçalarına da “Kalıp” denmektedir.

Temel amaçları aynı ancak yapılan işler bakımından birbirinden farklılık gösteren kalıpcılık mesleği sac metal kalıpcılığı, hacim kalıpcılığı ve atölye iş kalıpcılığı olarak üç farklı bala ayrılabilir.

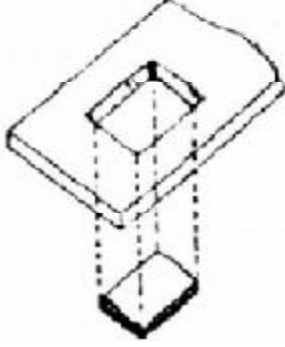
Bunlardan sac metal kalıpcılığı; çelik, bakır, alüminyum vb. malzemelerin, plastik deformasyon özelliklerinden yararlanılarak metaller üzerine kesme, bükme, çekme vb. biçimlendirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir (Yurci, 1997).

Ayrıca, ham maddesi plastik, hafif alaşımlı metal ve alaşımlı metal malzemelerin, uygun olarak biçimlendirilmiş kalıp boşluğunda, basınçlı ve basınç uygulanmaksızın şekillendirilmesi olayına ise hacim kalıpcılığı denmektedir.

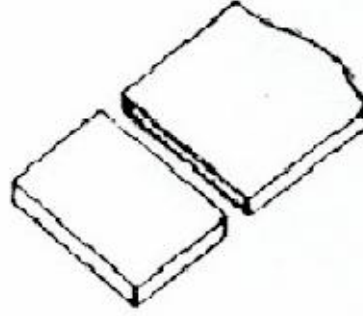
Atölye iş kalıpcılığı ise seri imalatın artırılması, malzeme ve zaman kaybının önlenmesi ve imalatın en ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla tasarımı edilmiş makine parçasına veya aparatlarına “iş kalıpları” denir. Bu iş kalıpları, pek çok makine parçalarının sökülüp takılabilir başlama elemanları ile bir araya getirilmesiyle veya zorunlu hallerde kaynak birleştirmeleriyle elde edilir.

### 3. KESME ve KESME YÖNTEMLERİ

Kesme, bükme, derin çekme ve benzer şekilde özel yöntemler akla gelmektedir. Bu yöntemlerden kesme işlemi; herhangi bir kesme aleti ile talaş kaldırmadan malzemenin bir kat, diğer bir değişe kapalı veya kapalı olmayan bir kesme çizgisi boyunca tamamen ayrılmasına denir. (Kurt, 2002).



Şekil 3.1. Kesme kalıbıyla kesme (delme)



Şekil 3.2. Makasla kesme

Makaslar veya kesme kalıpları denilen düzenlerle gerçekleştirilen bu işlemlerde arzulanan ölçü ve şekil tamlığına erişmek, kesme olayının en önemli amacıdır.

#### 3.1 Sac Kesme

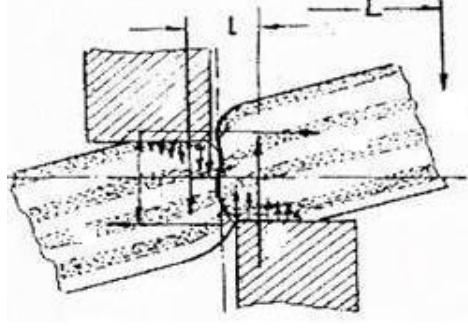
##### 3.1.1 Giyotin Makas İle Kesme

Giyotin makasların gövdelerin, dökülme yöntemle veya sac kaynak konstrüksiyonuna göre statik ve dinamik rijitlik temin edecek. (Kurt, 2002).

Giyotin makaslar, mekanik veya hidrolik tahrik sistemine göre çalışır. Ayrıca giyotin makaslar, baskı elemanları ile donatılmıştır. Bu baskı elemanları, kesilen sac, kesme anında tutarak sacın dönmesini önler. Giyotin makasları kesme boyu, standart saçlara göre tazmin edilir.

Giyotin makaslara, paralel ve eğik kesmeler yapılır. Ayrıca standart saçlarında her türlü kalıplar için malzeme şeridi veya ilkel parça kesimi, rulo malzemelerden standart saç kesimi yapılabilir. (Kurt, 2002).

Şekil 3.3'te de görüldüğü gibi, giyotin makas arasına konan malzemeye kesme kuvveti uygulanmakta ve kesme işlemi gerçekleştirilmektedir. (Kurt, 2002).



Şekil 3.3. Giyotin makas ile kesme (Kurt, 2002).

### 3.1.2 Rulo Makaslar İle Kesme

Uzun rulo halindeki sacların belirli ölçülerde dilinmelerinde kullanılan bıçak tipleri rulo makaslarıdır.

Rulo eksenleri birbirine paraleler.

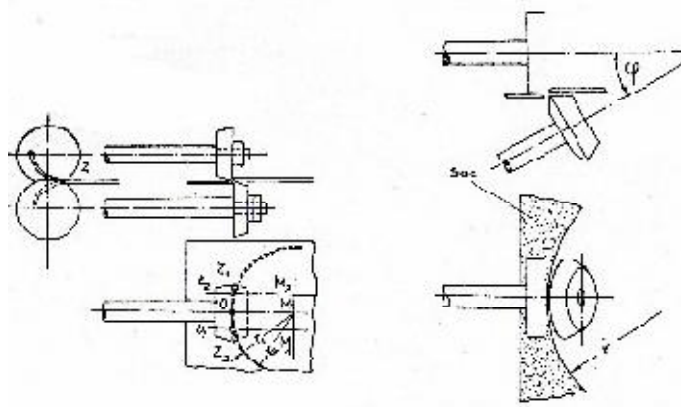
Plaka halindeki saçların şerit veya pul şeklinde kesilme. Ruloların durumuna göre 30mm kalınlığa kadar kesme yapılabilir. Kesme saç kenarlarından başlar

Alt role aksenal duran üst role göre açılı.

Plaka halindeki saçların şerit pul veya kavisli şeklinde kesilmesi. Ruloların durumuna göre 30mm kalınlığa kadar kesme yapılabilir.

Rulo ekseneleri bir birine paralel veya yataya göre eğik.

Dairesel plakalardan küçük kavisli parçaların veya gayri müsait şekle işlerin kesilmesi. 20 mm kalınlığa kadar kesme yapılabilir. Kesme mani olmamak için rulolar eğik pozisyonundadır. (Kurt, 2002).



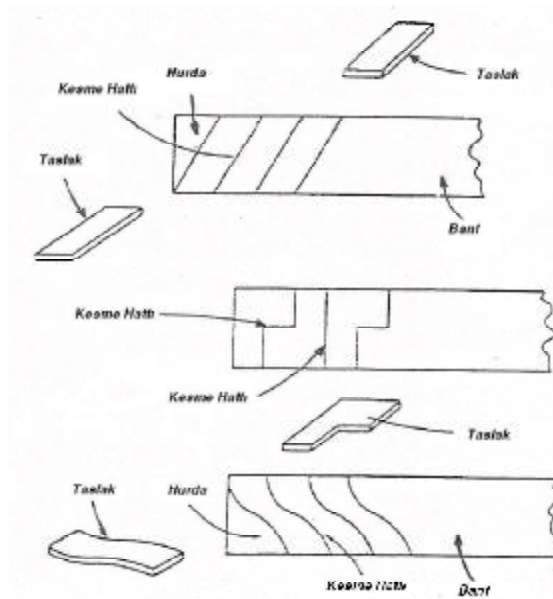
Şekil 3.4: Rulo makaslar ile kesme örnekleri (Kurt, 2002).

## 3.2. Sac Kesme

### 3.2.1. Uç Kesme

Levha halindeki metal veya metal dışı ayrı mamul, ayarlanan boya ve biçimde, fire vermeyecek şekilde kesilirse bu tür kesmeye uç kesme denir. Bu uygulama makaslarda yapılabilir. Ayrıca bu kesme yöntemi kalıplarda, bir birini tamamlayan simetrik parçaların üretilmesinde dilme, ayırma, çentik açma veya yarma şeklinde uygulanabilir.

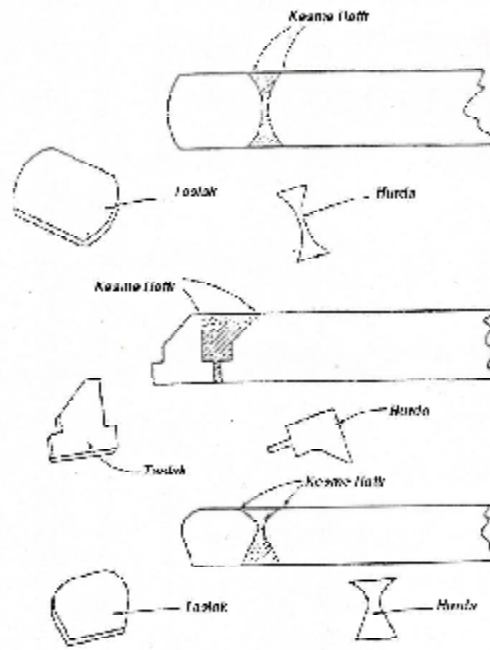
Dilme şeklindeki uç kesme, bant veya levha halindeki yarı mamulden fire vermeden belirli şekillerde kesilebilir. Kesme hattı düz, kırık veya eğrisel olabilir. Fire bazı hallerde bant veya malzeme şeridinin iki ucunda olur. (Kurt, 2002).



Şekil 3.5. Değişik uç kesme uygulamaları (Çapan, 1994).

### 3.2.2. Ayırma

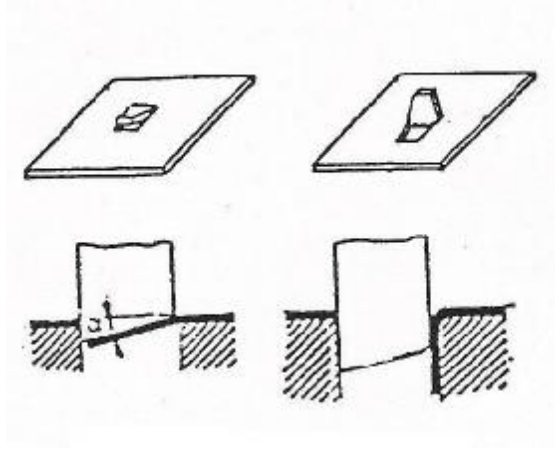
Ayırma şeklindeki üç kesme de, dilme işlemine benzer. Ancak ard arda kesilen iki üretilen parçayı ayırma kenarlar, birbirinden ters simetrik konumunda ise veya uyum göstermezse; uç kesme zımbası uyumlaştırarak kesme işlemi ayırma zımbası ile sonuçlandırılır. Fakat ardı ardına elde edilen iki taslak arasında daima bir miktar malzeme hurda olarak kaybedilir (Kurt, 2002).



Şekil 3.6. Ayırma uygulamaları (Kurt, 2002).

### 3.2.3. Yarma

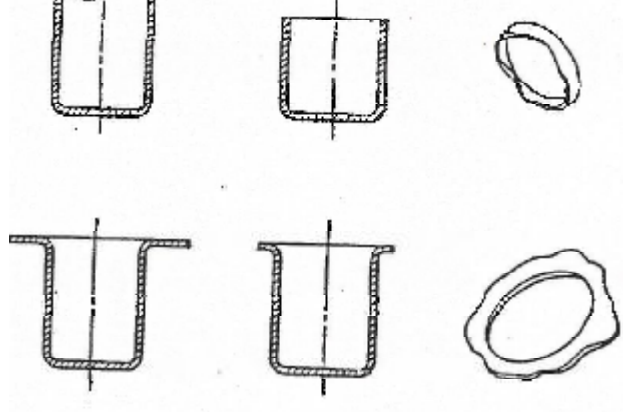
Sacın, zımbanın üç kenarı ile kesilmesi, dördüncü kenarı boyunca da bükülmesi işlemine keserek biçimlendirmesine (yarma) denir. Bileşik bir kesme ve bükme işlemi olan keserek biçimlendirmede hurda malzeme çıkmaz (Kurt, 2002).



Şekil 3.7. Yarma uygulamaları (Çapan, 1994).

### 3.2.4. Etek Kesme

Derin çekilmiş flanşlı kapların flanş çevresi, flanşsız kapların ise üst kısmı düzgün değildir. Düzgünlüğü sağlamak için yapılan kesme işlemine etek kesme denir (Kurt, 2002).



Şekil 3.8. Derin çekilmiş kaplarda etek kesme (Çapan, 1994).

### 3.3. Klasik Kesme Yöntemi

Klasik kesme yöntemi, imalat endüstrisinde uzun yıllardan beri kullanılan bir sac şekillendirme yöntemidir. Yöntem üzerine, geliştirildiği tarihten itibaren uzun yıllar herhangi bir sistematik bir araştırma yapılmamıştır.

Ancak, Maeda bu yöntem üzerine ilk ciddi araştırmayı gerçekleştirmiştir. Üstelik Maeda, kalıp ve zımba köşelerinde kopma deformasyonu meydana geldiğinde gerilme katmanlarının oluştuğunu gösteren bir de model hazırlamıştır. Bu model yardımıyla, birçok gerçek yırtılma olayları açıklanabildiği gibi yırtılma direnci de hesaplanmıştır (Maeda,1959).

Jimma ise, kesme işleminde, kesme kuvvetinin hesaplanmasında, alt ve üst sınır limitlerinin kullanıldığı limit analizi teorisini geliştirmiştir. Bunun yanı sıra, kesme işleminde yırtılma, yarık oluşumu ve gelişiminin yönü de açıklanabilmıştır (Jimma, 1963).

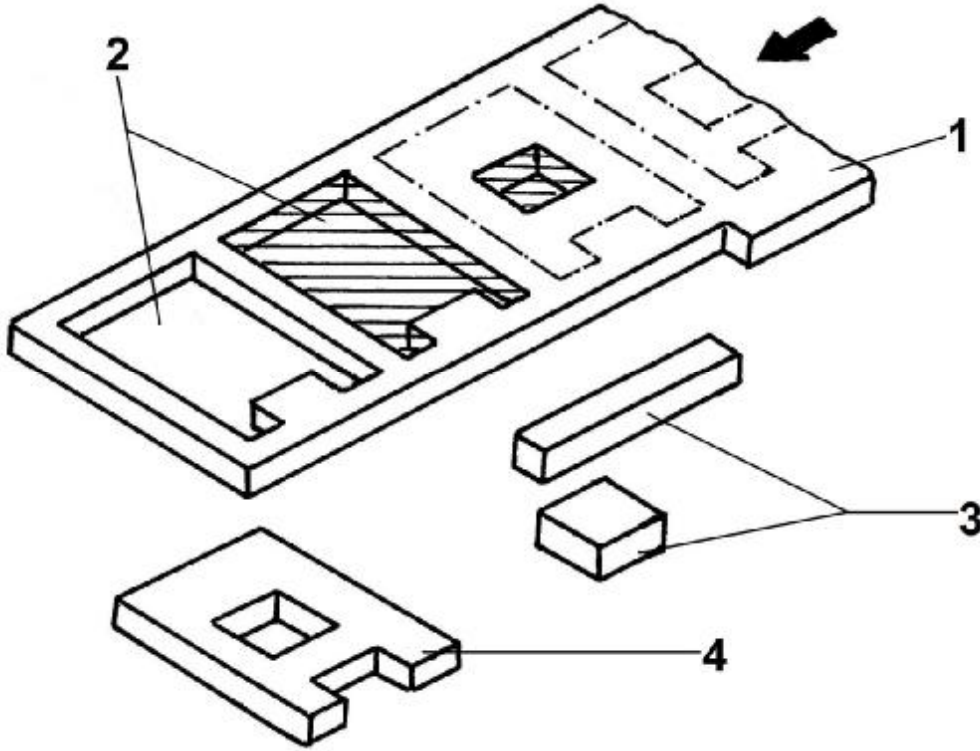
Kasuga, 1970'li yıllarda, klasik kesme yöntemi üzerine birçok deneysel araştırmalar yapmıştır. Kasuga tarafından yapılan deneyde; kesme işleminden önce iki eşit parçaya bölünmüş olan numune, 0,5 mm karelere ayrılarak fotoğraflanmıştır. Kesme işleminden sonra ise yine aynı bölgelerden çekilen fotoğraflar ile deformasyon olayının incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde, kesme evreleri incelenerek kayma çizgisi alanları ortaya çıkarılmış, neticede ise çalışma yükü hesaplanabilmıştır. Gerçekleştirilen daha ileri uygulamalarda ise, numunedeki vizioplastik olaylar ve metal akışının davranışları incelenmiştir (Kasuga, 1977). Jana ve Ong, farklı kesme hızlarında deneyler yapmışlar ve yüksek kesme hızlarında yapılan kesme işlemlerinde yüzey kalitesinin arttığını saptamışlardır (Jana ve Ong, 1989).

Popat, 1980'lerde, kesme operasyonunun analizini elasto-plastik sonlu elemanlar yöntemi kullanarak yapmıştır. Yırtılmanın başlama kriteri olan kalıp-zımba aralığının uygun değeri sonlu elemanlar yöntemiyle hesaplanmıştır. Ayrıca hesaplamalar sonrası elde edilen değer ile kalıp ve zımba köşelerinde ciddi deformasyonların oluştuğu ve bu alanlarda oluşan gerilmelerin malzemede yırtılmalara neden olduğu sonuçları elde edilmiştir (Popat, 1989).

Son yıllarda yapılan yeni araştırmalar ise Toupin tarafından gerçekleştirilmiştir. DEFORM – 2D FEM yöntemi kullanılarak, plastik deformasyon, kesilme olayı ve malzeme kopma noktası gibi olaylar açıklanmıştır. Bu şekilde; bölünme alanı, kopma alanı ve yüzey pürüzlülüğü gibi birçok olaylar saptanabilmıştır. Toupin, zımba ve kalıp aralığı ve aşınmaları, malzeme özellikleri gibi birçok değişken üzerinde çalışmalar yapmış ve elde ettiği sonuçlar ile yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve kalıp elamanlarında meydana gelen aşınmaların önüne geçilebilmesi için sonuçlar üretmiştir (Taupin, 1996).

### 3.3.1. Klasik Kesme ve Yöntemleri

Levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamül üzerinde, değişik biçimlerde; boşluk oluşturarak üretim sağlanıyorsa, bu tüm kesmeye kapalı kesme veya klasik yöntemle kesme, bu işlevi yerine getiren düzeye ise klasik kesme kalıpları denir. (Kurt, 2002).



Şekil 3.9. Kapalı kesme ve oluşan terimler. (Kurt, 2002).

1 – Malzeme şeridi (Band) 2 – Üretilen parça boşluğu 3 – Artıklar 4 – Üretilen parça.

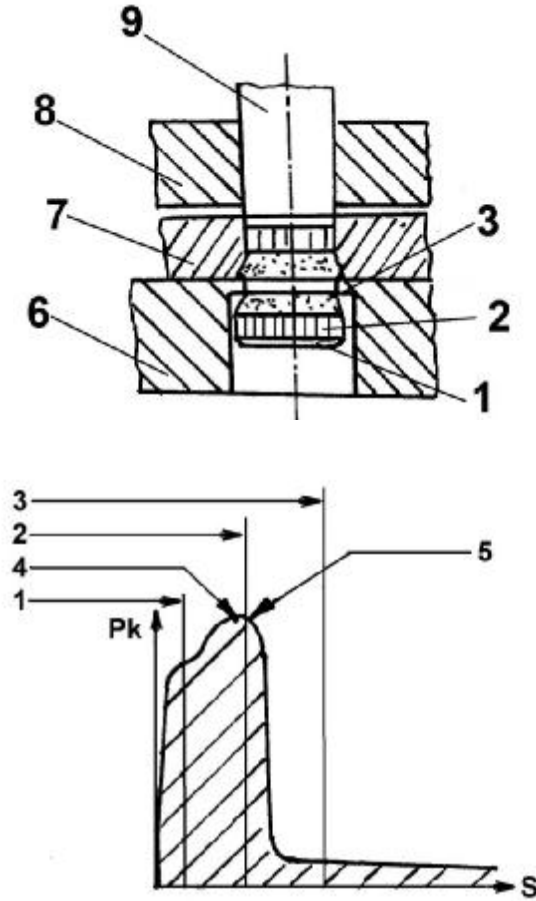
Gereken uç kesme yöntemi, gerekse klasik yöntemle üretilen parça malzeme şeridinde (bandında), değişik konumlarda kağıt üzerine yerleştirilerek verim hesabı yapılır. Böylece hangi kesme yöntemine göre kalıbın yapımı saptanır. (Kurt, 2002).

#### 3.3.1.1. Kesme Olayı Ve Adımları

Kesme Olayı: Kesme kalıplarında zımba ile matris arasında kalan malzeme şeridine kuvvet uygulanması sonucunda kesme olayı oluşur. Bu olay üretilecek olan parçanın boyutsal ölçüleriyle şekline bağlıdır. Ayrıca, kesme olayında üç kritik safra vardır. (Hüseyin, 2002).

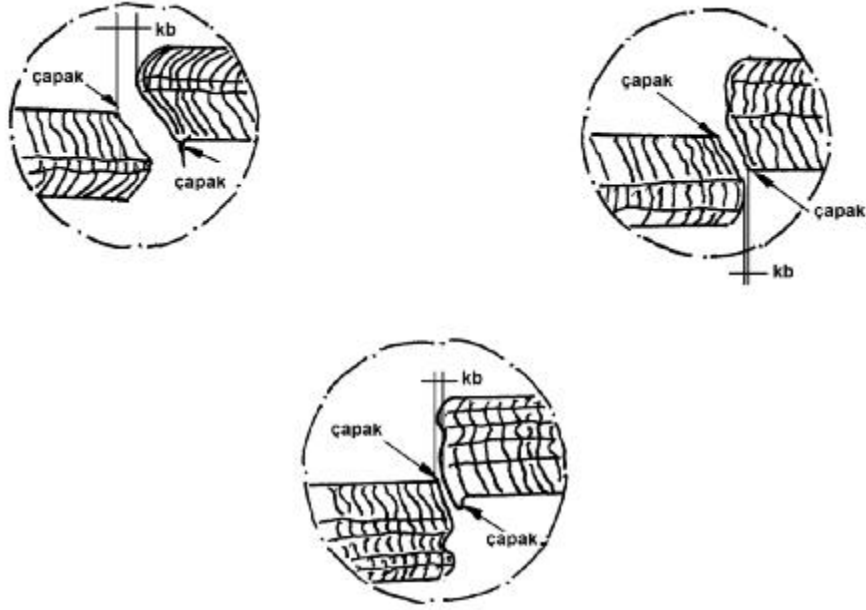
- Plastik deformasyon (kalıcı şekil değişme)
- Batma
- Kopma

Bu safhalara ( adımlara) Şekil 3.10. de görüldüğü gibi kesme kuvvetine bağlıdır. (Kurt, 2002).



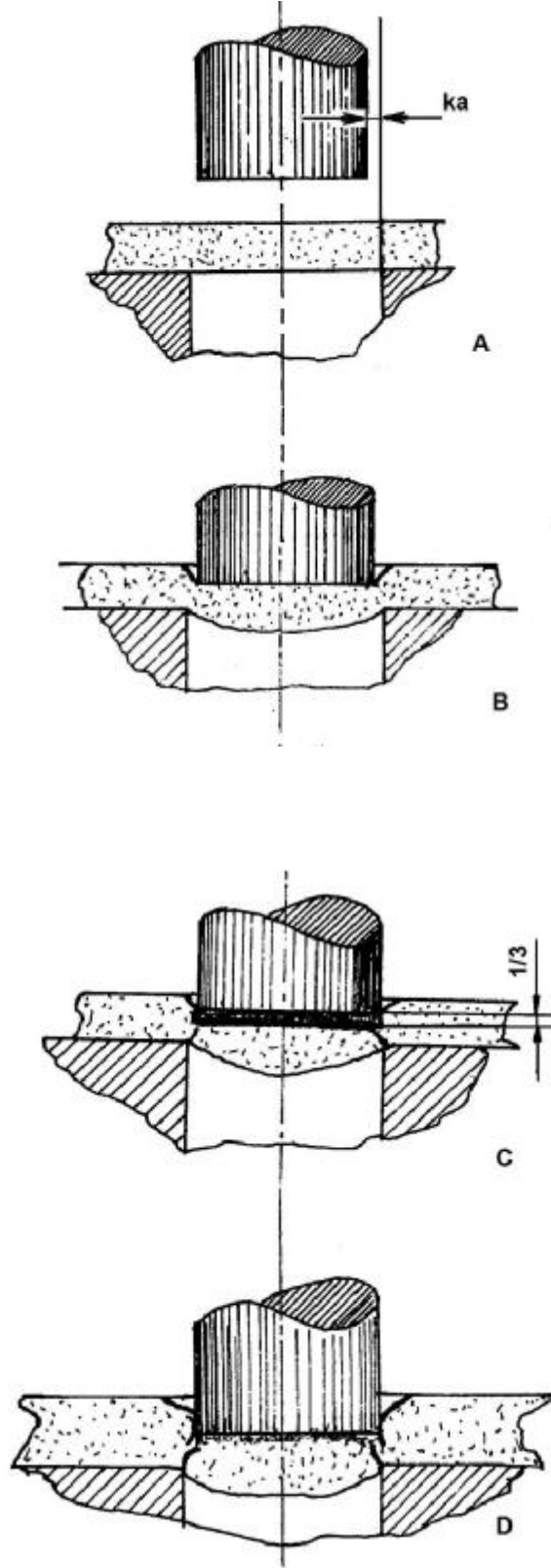
Şekil 3.10. Kesme olayı anında oluşan safhalar. (Kurt, 2002).

- 1 – Plastik deformasyon 2 – Batma 3 – Kopma 4 – Max kuvvet 5 – Kopma başlangıcı  
6 – Matris 7 – Malzeme şeridi 8 – Kılavuz tablası 9 – Zımba.



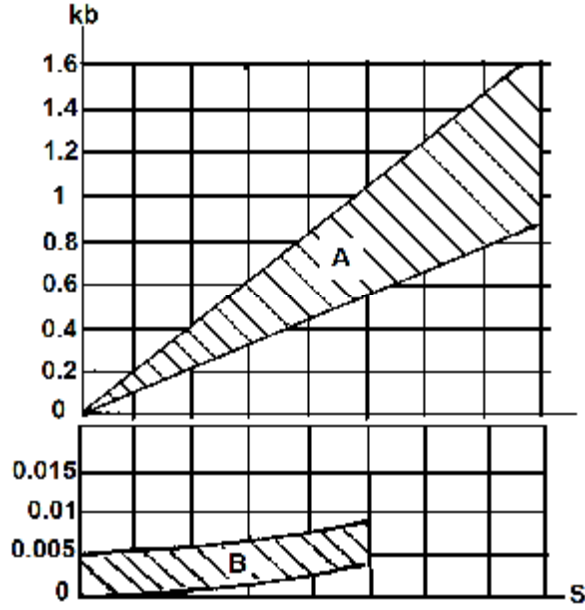
Şekil 3.11 . Kesme olayı anında çapak durumları. (Kurt, 2002).

1. Adım: Plastik deformasyon, zımba kesilecek malzemeye temas eder ve etkiler. (Şekil 3.12. A.B) Bu etki esneklik sınırı aşarsa plastik (kalıcı) şekil değişimi olur. Eğer zımbanın etkisi elastik sınırı içersinde iken kaldırılırsa, şekil değişimi olmaz. Zımbanın etkisi devam ederse, malzemedde plastik deformasyon oluşur. İşte bu safhaya kesme olayında, plastik deformasyon veya kesme başlangıcı denir (Şekil 3.12. A.B).
2. Adım: "Batma" zımba kesilen malzeme kalınlığının 1/3 kadar banda batar ve kesilen parçanın matrise aynı oranda girmesi sağlanır. Bu adımdan kısa bir parlak kesilme şeridi oluşur. Parlak kesilme şeridinin kalınlığı malzemeye göre değişmekle beraber saç kalınlığının 1/3 kadardır. (Şekil 3.12. C).
3. Adım: "Kopma" zımbanın etkisi devam eder. Artık zımbanın ve matrisin biçime göre, parça malzeme şeridinden ayrılır. Bu adımda pürüzlü konik bir kopma yüzeyi oluşur ve kesme işlemi tamamlanır. (Şekil 3.12. D). (Kurt, 2002).



Şekil 3.12.. Kesme Adımları. (Kurt, 2002).





Saç kalınlığı (S)

A: Standart kesme

B: Hassas kesme

Şekil 3.14 . Matrislere ait zırh formları (Kurt, 2002).

Uç kesme kalıplarında alta belirtilen diyagram kullanılabilir ise de pratik olarak saç kalınlığı 0.03 ~ 0.05 arasında alınabilir. (Kurt, 2002).

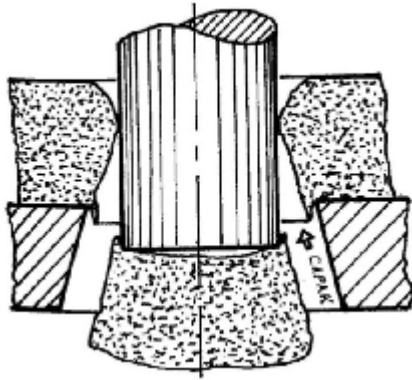
Klasik kesme kalıplarında kesme boşluğu malzeme kalınlığı, kesme gerilmesi ve matris zırh durumuna göre tablo (1) de belirtilen formüller esas alınarak da hesap edilebilir. (Kurt, 2002).

Çizelge 3.1: Klasik kesmeye ait kesme boşluk formülleri

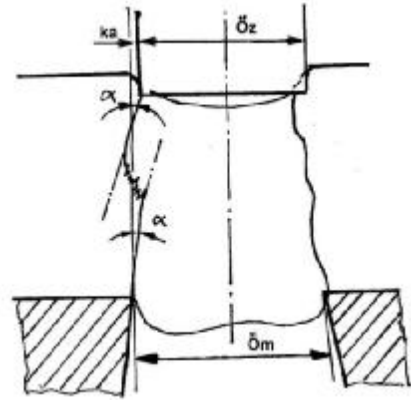
Malzeme kalınlığı ( S )	Kesme boşluğu 'kb'	
	Matris zırh formu 1	Matris zırh formu 2
$S < 4$	$Kb_1 = 1/75 \times S \times \sqrt{T}k$	$Kb_1 = 1/75 \times S \times \sqrt{T}k$
$S > 4$	$Kb_1 = 1/100 \times S \times \sqrt{T}k$	$Kb_1 = 1/75 \times S \times \sqrt{T}k$

Kesme aralığı, tüm işlemlerde matris ve zımba çevresinde eşit olmalıdır. Bu eşitlik, üniforma olmazsa üretilen parçada farklı çapak oluşur. Kesme olayında oluşan çapaklar, belirtildiği gibi sınıflandırılabilir. (Kurt, 2002).

- a) Kopma çapağı: Daha ziyade kalınlığı fazla olan malzemelerin büyük tutulmuş kesme boşluğuna sahip kalıplarla kesilmesinde Şekil 3.15. de görüldüğü gibi ortaya çıkar.
- b) Çekme çapağı: Çoğunlukla çok dar tutulmuş kesme boşluklarında Şekil 3.16. de görüldüğü gibi zikzak şeklinde yırtılma malzemenin zımba kenarına sıvanması şeklinde ortaya çıkar.

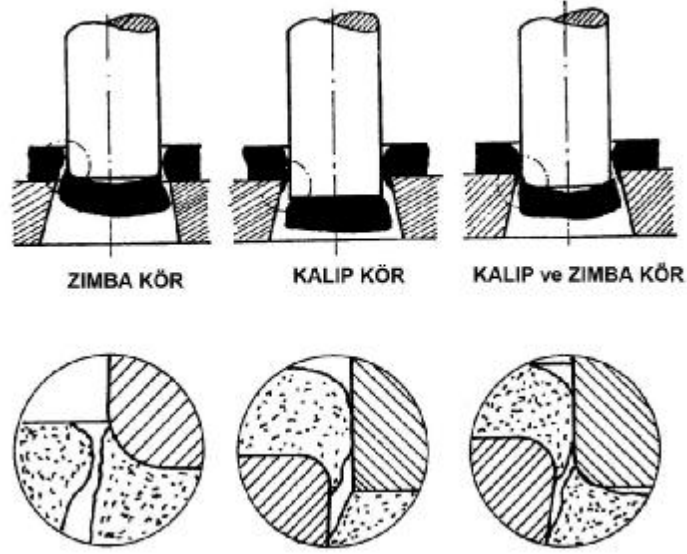


Şekil 3.14. Kopma Çapağı.



Şekil 3.15. Çekme Çapağı

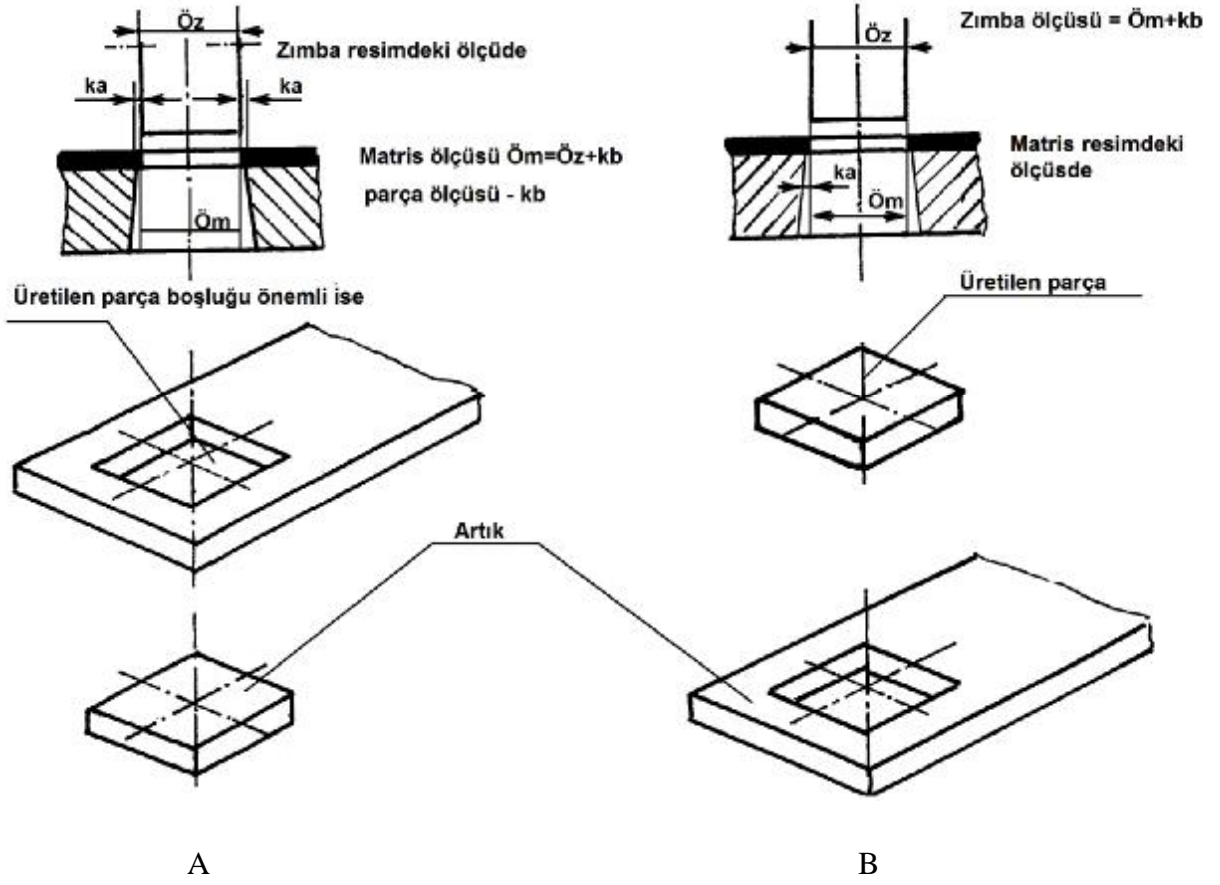
- c) Kesici kenarların körelmesi sonucu oluşan çapak: Çalışma sebebiyle kesme kalıplarındaki, kesici kenarların keskinliği kaybolacak olursa, kesilen malzeme yuvarlak köşelerine sıvanarak çapak meydana getirir. Şekil 3.17. de kesicilerin körelme durumlarında göre çapağın oluşması görülmektedir. (Kurt, 2002).



Şekil 3.16. Kesici kenarların körlenmesi sonucu oluşan çapak.

Üretilen parçanın önemine göre kesme boşlukları, ya zımbaya veya matrise verilir.

- Eğer üretilecek olan parça üretilen parça boşluğu önemli ise, kesme boşluğu matrise verilir. Zımba ise resimdeki ölçüde yapılır. Şekil 3.17. A
- Eğer üretilecek olan parçada, çıkan parça önemli ise o taktirde kesme boşluğu zımbaya verilir. Matris resimdeki ölçüye göre işlenir. Şekil 3.17.B (Kurt, 2002).



Şekil 3.17 A). Üretilen parça boşluğu önemli ise, kesme boşluğu matrise verilir. B). Çıkan parça önemli ise kesme boşluğu zimbaya uygulanır. (Kurt, 2002).

Çizelge 3.2: Kesme boşluğu değerleri (AVF – 1507)

Saç kalınlığı mm	Saç kalınlığında müsaade mm	KESME BOŞLUĞU (Ö m) $kb = 2 \times ka$					
		Parçanın kesme mukavemeti $\tau_k$ (kg/mm <sup>2</sup> )					
		10-25		25-40		40-60	
		$ka_2$	$ka_1$	$ka_2$	$ka_1$	$ka_2$	$ka_1$
0.18	0.02	2.7	5.4	4.5	7.2	6.3	9
0.20	0.02	3	6	5	8	7	10
0.22	0.02	3.3	6.6	5.5	8.8	7.7	11
0.24	0.02	3.6	7.2	6	9.6	8.4	12

0.28	0.02	4.2	8.4	7	11.2	9.8	14
0.32	0.02	4.8	9.6	8	12.8	11.2	16
0.38	0.03	5.7	11.4	9.5	15.2	13.3	19
0.44	0.03	6.6	13.2	11	17.6	15.4	22
0.50	0.04	7.5	15	12.5	20	17.5	25
0.56	0.04	8.4	16.8	14	22.4	19.5	28
0.63	0.05	9.5	18.9	15.8	25.2	22	31.5
0.75	0.06	12	22.5	18.8	30	26.7	37.5
0.88	0.06	13.2	26.4	22	35.3	30.8	44
1.00	0.07	15	30	25	40	35	50
1.13	0.08	17	33.9	28.3	45.2	39.5	56.5
1.25	0.09	18	37.5	31.2	50	43.8	62.5
1.38	0.10	21	41	35	55	48	69
1.50	0.11	23	45	38	60	53	75
1.75	0.12	26	53	44	70	61	88
2.00	0.13	30	60	50	80	70	100
2.25	0.14	34	68	57	90	79	113
2.50	0.15	37	75	63	100	88	125
2.75	0.15	41	87	69	110	95	138
3.25	0.25	49	98	82	130	114	163
3.50	0.25	53	105	88	140	123	175
4.00	0.30	60	120	100	150	140	200
4.50	0.30	68	135	113	180	158	225
5.00	0.30	75	150	125	200	175	250
5.50	-	83	165	138	220	193	275
6.30	-	95	189	158	250	220	315
7.00	-	105	220	175	280	255	350
8.00	-	120	240	200	320	280	400
9.00	-	135	270	225	350	315	450
10.00	-	150	300	250	400	350	500

### 3.3.1.3. Kesme Boşluğunu Etkileyen Faktörler.

1. Zımbanın, zımba tutucusunda dik olmaması,
2. Matris kalınlığının uygun değerde olmaması, kesme kuvvetinin tesiri ile sehim yapması,
3. Sapın kalıp ağırlık merkezinde olmaması,
4. Kesme aralığının her tarafta üniforma olmaması.
5. Kesme boşluğunun büyük olması halinde parça çok çapaklı olur ve ölçü büyük,
6. Kesme boşluğu olağanda küçük olması, zımbanın kısa zamanda aşınmasına neden olur.
7. Gerek zımba, gerekse matris eşit olarak sertleşmiş ise kesme boşluğunu etkiler. (Kurt, 2002).

### 3.3.2. Kesme Kalıplarına Özgü Hesaplama

Kesme kuvveti, levha halindeki metal veya metal dışı yarı mamulün zımba ve matris karşı gösterdiği dirence kesme kuvveti denir. Bu kuvvet, bazı kalıp elemanlarının boyut hesapları ve pres seçimi için önemlidir. Kesme kuvvetine tesir eden faktörler, aşağıda belirtildiği sıralanabilir.

- Kesilen sacın kalınlığı
- Kesilen kısmın büyüklüğü ve geometrisi
- Kesilen malzemenin kesilme gerilmesi
- Kesme boşluğu
- Kalıbın keskinliği ve yüzey pürüzlüğü
- Yağlama.

Burada belirtilen faktörleri içeren kesme kuvveti hesabı çok karışıktır. Pratikte daha basite indirgenmiş formüller kullanılır.

Zımba ve matris yüzeyleri paralel olan kalıplarla yapılan kesmelerde,

$P_k = U \times S \times T_k = N$ , (kg) formülü uygulanır.

Bu formülde simgeler,

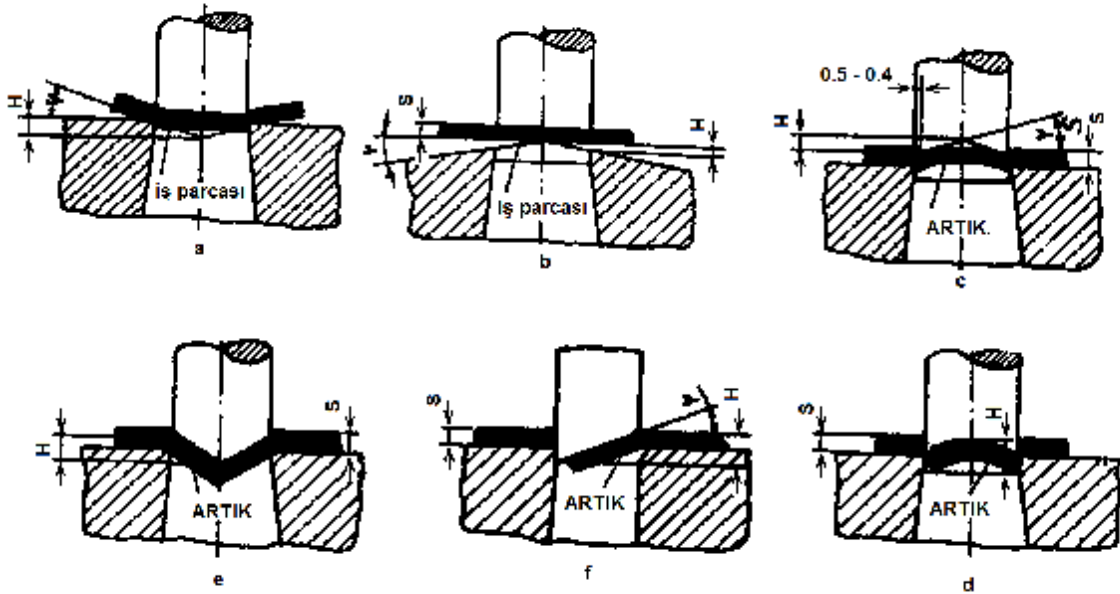
$P_k$  – Oluşan kesme kuvveti N (kg)

U – Kesilen çevre veya boy mm

S – Kesilen malzemenin kalınlığı mm

$\tau_k$  – Kesilen malzemenin kesme dayanımı  $N/mm^2$ , ( $kg/mm^2$ )

Preslerin aşırı yüklenmenin önlemek ve kalıpları aşınmaya karşı korumak için, zımba veya matris yüzeylerine belirli açılar verilerek kesme kuvvetleri azaltılabilir. Şekil 3.18. da bu amaç için yapılmış çeşitli uygulamalar verilmiştir. (Kurt, 2002).



Şekil 3.18. Eğim verilmiş matris ve zımba örnekleri. (Kurt, 2002).

Not. Üretilen parçadaki deformasyonu önlemek için içerden çıkan parça kullanılacaksa eğim matrise, delik kullanılacaksa zımbaya verilir.

Çizelge 3.3: Eğim bilenmiş takımlardaki kesme kuvveti.

Kesme Özellikleri	Şekil -	Kesme kuvveti formüller
Genel hallerde uygulanan eğik bilenmiş takımlarla yapılan çevre kesme işlemleri	9	$P_{ke} = U \times S \times k \times \tau_k$
	a	(k) – katsayı değerleri
	b	$H = S$ İse $k = 0.4 - 0.67$

	c	$H = 2S$ İse $k = 0.2 - 0.4$
	d	
	e	
İki tarafı eğik bilenmiş takımlarla yapılan prizmatik şekil çevre kesme işlemleri	a	$H > S$ İse, $P_{ke} = 2S \times \tau_k \times ((a+b)/ 2H)$
	b	$H = S$ İse, $P_{ke} = 2S \times \tau_k \times ((a+b)/ H)$
Dört tarafı eğik bilenmiş kesme kenarlı takımlarla yapılan karesel şekilli kesme işlemleri	c	$P_{ke} = (4 \times S^2 \times \tau_k) / \text{tg}\phi$
İki tarafı eğik bilenmiş kesme kenarlı takımlarla yapılan dairesel şekilli kesme işlemleri	a	$H = S$ ise
	b	$P_{ke} = 2/3 \pi \times d \times \tau_k$
	c	
Tek tarafı eğik bilenmiş kesme kenarlı takımlarla yapılan prizmatik şekilli kesme işlemleri	1	$H > S$ İse
		$P_{ke} = S \times \tau_k \times (((a + b) \times S) / H)$
		$H = S$ İse
		$P_{ke} = S \times \tau_k ( a + b )$

$P_{ke}$  – Eğimli kalıplara ait kesme kuvveti kg (N)

H – Eğim yüksekliği (mm)

$\alpha$  – Eğim açısı (derece)

a, b – Prizmatik şekilli parçanın boyu ve eni (mm)

d – Kesilecek parçanın çapı (mm)

Ayrıca zimba veya matrise verilen eğim değerleri çizelge 3.4. de verilmiştir.

Çizelge 3.4: Zımba ve matris ait eğim değerleri

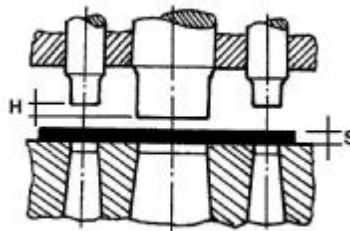
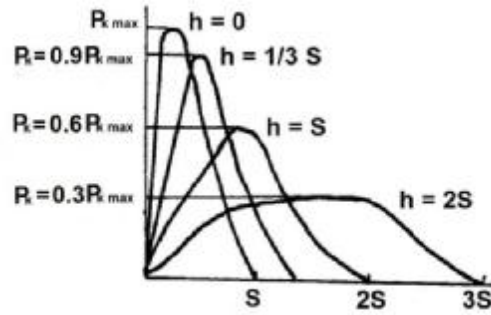
Malzemenin kalınlığı s ( mm )	Eğim yüksekliği H ( mm)	Eğim açısı $\alpha$	Kesme kuvvetindeki azalma %
3	2S	5	30 – 40
3-10	S	8	60 – 65

Birbirine çok yakın olan deliklerin delinmesinde kullanılan kalıblarda zımbaları eğilmeye zorlanır. Buna mani olmak için kural olarak büyük boyutlu zımbalar, küçük boyutlu zımbalar, çizelge 3.5. da belirtilen değerlerde uzun yapılır.

Çizelge 3.5: Zımba boy farkları

$S < 0.8$ İse	$S = 0.8 = 5$ İse	$S > 5$ İse
$H = 0.8$	$H = s$	$0.75 \times S$

Şekil 3.12.14. de kesme kuvvetinin zımba boylarına göre grafik olarak değişik verilmiştir.



Şekil 3.19. Kesme kuvvetinin zımba boyuna göre değişir. (Kurt, 2002).

#### 4. HASSAS KESME

Hassas Kesme teknolojisi ilk olarak F. Schiess tarafından 1923 yılında geliştirilmiştir. 1950'den önce, teknoloji gizli tutulmuş ve esas olarak saat endüstrisinde kullanılmıştır. 1957 yılında yaygın olana kadar bu teknoloji üzerinde hiçbir geliştirme amaçlı çalışma yapılmamış, 1958 yılında bu teknolojinin dünyaya yayılması ile hassas kesme üzerine teorik çalışmalara başlanmıştır.

Hassas Kesme işleminin erken bir şekilde yayılmasında katkısı olan kişi ise 1962 yılındaki çalışmalarıyla Guidi'dir. Guidi'den sonra birçok kişi tarafından hassas kesme üzerine deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Maeda ve Nakagawa 1968 yılında, hassas kesme üzerine sistematik olarak ilk deneysel çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri deneysel çalışmalar ile;

- Hassas kesme işleminde bastırıcı kuvvetin optimum bir etkisinin olduğu,
- Kesilen yüzey kalitesinin iyileştirilmesinde karşı baskı kuvvetinin, bastırıcı kuvvetten daha az etkili olduğu,
- Ayrıca delik açılan kısımlarda, deliğin iç yüzeyi ve kesilen parçaların düzgünlüğü ise karşı baskı kuvvetine bağlı olduğu, sonuçlarını çıkarmışlardır (Maeda ve Nakagawa,1968).

Rotter ise, kalın metal malzemelere hassas kesme işlemi uygulanmasına ilişkin bazı deneysel çalışmalar yapmıştır. Yapmış olduğu deneysel çalışmalar neticesinde;

- Hassas kesme uygulamalarında, zımba-kalıp aralığı küçük olmalı,
- Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvveti artırıldığında, kesilen parçalardaki şekil ve ölçü tamlığı artmakta,
- Kesme kuvveti, hassas kesme işleminde, klasik kesme yöntemindekine oranla daha büyük olmalı,
- Kesilen yüzeylerin sertliği, zımba-kalıp aralığı ve karşı baskı kuvvetinden etkilendiği,
- Hassas kesmeyle elde edilen parçaların kullanım ömürlerinin diğer herhangi bir metal kesme yöntemleriyle elde edilmiş olan parçaların ömürlerinden daha fazla olduğu, sonuçlarına ulaşmıştır (Rotter, 1984).

Hassas kesme yöntemi, ikinci bir ana operasyona gerek duyulmadan, herhangi bir yırtılma ve kopmaya izin vermeden malzemelerin kalınlıkları boyunca kesilmesini sağlayan, ileri teknoloji presler ve kalıpların kullanıldığı bir sac şekillendirme yöntemidir. Bu avantajlarından ötürü hassas kesme işlemi günümüzde sac işleme operasyonlarında diğer yöntemlere nazaran daha çok tercih edilmektedir (Sorgenfrei, 1997).

Hem tezgâh gücü hem de işlemin uygulama şekline bağlı olarak elde edilen ürünlerin boyut tamlığındaki hassasiyet ve kesilen köşelerdeki çapak miktarının yok denecek kadar az olması ve oluşan çapakların kolaylıkla temizlenebilmesi hassas kesmenin avantajlarından biridir.

Ayrıca, hassas kesme sonucunda elde edilmiş parçaların aynı özelliklerine sahip parçalar elde edebilmek için, klasik kesme yöntemlerinde fazladan işlemlere gerek duyulmaktadır.

Hassas kesme işlemi sahip olduğu kendine has özelliklerinden dolayı, diğer sac şekillendirme işlemlerine oranla imalat maliyeti düşük, çıkan fire miktarı az ve verimliliği yüksektir.

Ayrıca, hassas kesme parçalarda dikkat çeken diğer bir özellik ise; işlem esnasında kesilen yüzeydeki yüksek deformasyonlardan dolayı kesilen yüzeylerin sertliğinin fazla olmasıdır.

Sertleşmiş bir şekilde çıkmış olan hassas kesme parça yüzeyleri, aynı zamanda çalışma yüzeyleri de olacaklarından, kullanım yerinde çalışma ömürleri de artırılmış olacaktır.

1923 yılında, Fritz Schiess tarafından, basit sac kesme yöntemlerinin karakteristikleri üzerinde yapmış olduğu çalışmalar neticesinde hassas kesme yöntemi geliştirilmeye başlanmıştır. Hassas kesme işlemi ilk zamanlarda ofis gereçlerinin ve de özellikle saat endüstrisinde gerekli parçaların imalatında kullanılmıştır. Günümüzde ise; otomotiv (kapı kilitleri, emniyet kemerleri, fren pabuçları vb. parçalar) endüstrisinde, ofis araçları ve mobilyaları, hidrolik sistemler, tıbbi teçhizatlar, elektrik ve elektronik teçhizatları, ev uygulamaları, havacılık endüstrisi, dişliler, tekstil parçalarının imalatlarına kadar kullanım alanları mevcuttur (Birzer, 1982).

Hassas kesme, parçaların pürüzsüz ve yüksek doğrulukta olması sağlayan bir prosestir.

Çünkü hassalığı ve stabilize sayesinde diğer işlemler gereksiz kılmaktadır. Bu işlemler;

- Taşlama
- Frezeleme
- Broşlama
- Honlama

- Diş parlatma
- Dövme
- Planyalama

Hassas kesim kalitesinde parçalar üretebilmek için şu adımlar sağlanmalıdır.

- Hassas pres
- Hassas kesim aletleri
- Kolayca biçimlenebilen malzeme

Hassas kesim işlemine başlamadan önce malzeme kesinlikle kenetlenmiş olmalıdır. Böylece sadece kesim yönünde hareket etmelidir. Malzeme dış tarafında kalıp ve v-çeneli baskı plakası ile çevrili iç tarafında ise zımba ve karşı baskı ile çevrilidir. (Partech).

#### **4.1 Hassas Kesme Yönteminin Esası**

Klasik sac kesme yönteminde bulunan üç ana eleman; kalıp elemanı, kılavuz elemanı ve zımbadır. Parça kesildiğinde, kesilen parça kalıbın konikliğinden de yararlanılarak kalıptan kendiliğinden düşmektedir. Kesme işleminde sadece zımba üzerine etkiyen kesme kuvveti rol oynamaktadır (Feintool, 2001).

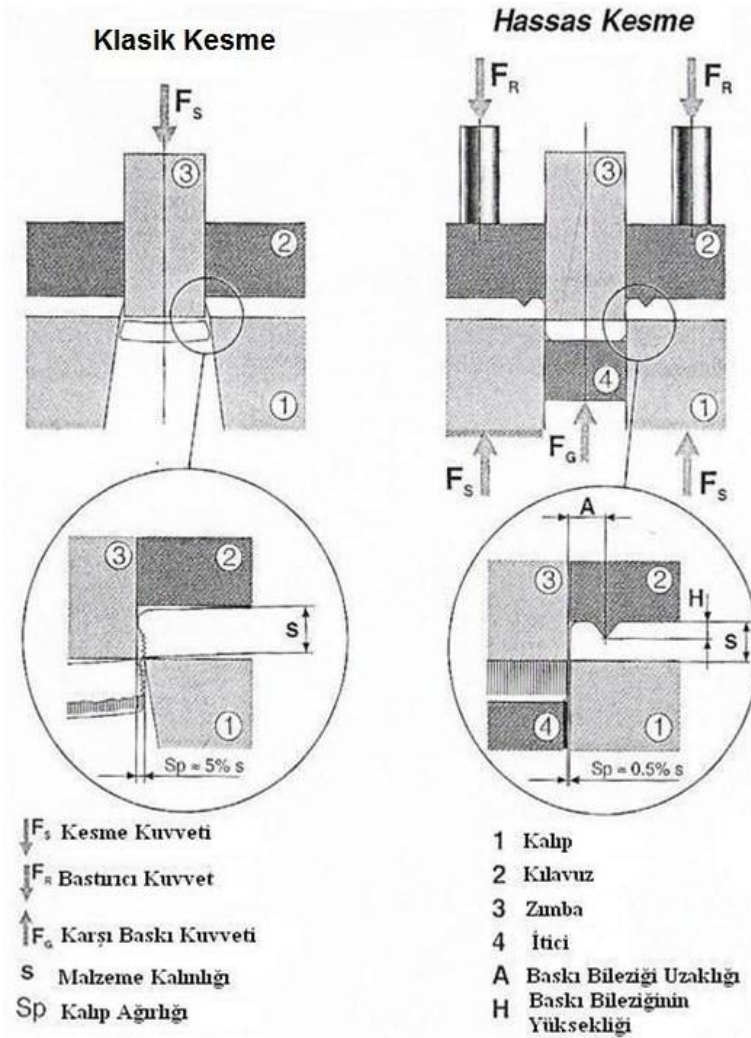
Hassas kesme donatımları da, kesme işleminde olan aynı üç elemandan oluşur 'kalıp elemanı, kılavuz elemanı ve zımba' fakat bunlara ek olarak bir de itici bulunmaktadır ve bu parça kesildikten sonra presin bir sonraki stroğu için kesme alanından kesilen parçayı uzaklaştırmaktadır.

Hassas kesme işlemi, kesmeden öte, ekstrüzyona çok daha fazla benzeyen bir yöntemdir. Hammadde, kesme kalıbında, baskı bileziği ile sıkıştırılmaktadır. Kalıp üzerindeki baskı bileziği, malzemenin kalıp boşluğuna akışını sağlamaktadır (kesme operasyonundaki malzemenin sıkıştırılması gibi; şekil 4.1. Malzeme akışının yanı sıra, geliştirilmiş üç etkili bir pres (bağımsız stroklarla) ile işlem gerçekleştirilmektedir.

Hassas kesme işleminde kalıp aralığı, malzeme kalınlığının %1'inden az olmalıdır. Hassas kesme işleminin karakteristiklerinden dolayı, malzeme kalınlığının %100'ünün tamamıyla kesilmesi, düz, pürüzsüz yüzeylerin elde edilmesi mümkündür. Klasik kesme yönteminde ise sadece %30'luk malzeme kalınlığı kesilmekte, diğer kısımlar kopmaktadır (Sorgenfrei,1997).

Hassas kesme işlemi sırasında, parçaya klasik kesme yönteminde olduğu gibi sadece bir adet kuvvet değil, üç farklı kuvvet uygulanmaktadır. Bu kuvvetler, kılavuzların, iticinin ve aktif olarak kesmede rol oynayan diğer elemanların konumlarını değiştirmede rol oynamaktadırlar. Bu kuvvetler; ( Feintooli, 2001).

- Bastırıcı kuvvet ( $F_R$ )
- Karşı baskı kuvveti ( $F_G$ )
- Kesme kuvveti ( $F_S$ ).



Şekil 4.1.Klasik kesme yöntemi ve hassas kesmenin karşılaştırılması ( Feintooli, 2001).

Hassas kesmenin sahip olduğu ekstrüzyon özelliği kullanılarak; ekstrüzyon, yarı delme, kabartı oluşturma vb. işlemler de gerçekleştirilebilmektedir. Aynı anda birkaç işlemin burada

kullanılabilirliği olması, gerek maliyet açısından ve de gerekse verimlilik açısından hassas kesmenin yaygınlığını artırmıştır (Feintool, 2001).

Ekstrüzyon operasyonlarındaki gibi, yüksek sünekliğe sahip malzemelerde (alüminyum, magnezyum, düşük karbonlu çelikler ve pirinç) hassas kesilebilmektedir. Ayrıca sfero, temperleme ve uygun sertliğe getirilmiş paslanmaz çelikler ve yüksek karbonlu çelik malzemelerde hassas kesmeye yatkındırlar (Quayhackx, 1991).

Üç etkili presin yardımıyla malzeme, kesme alanının hem içinde hem de dışında etki altındadır ve tam düzgünlükte parça imalatı gerçekleştirilmektedir (Sorgenfrei, 1997).

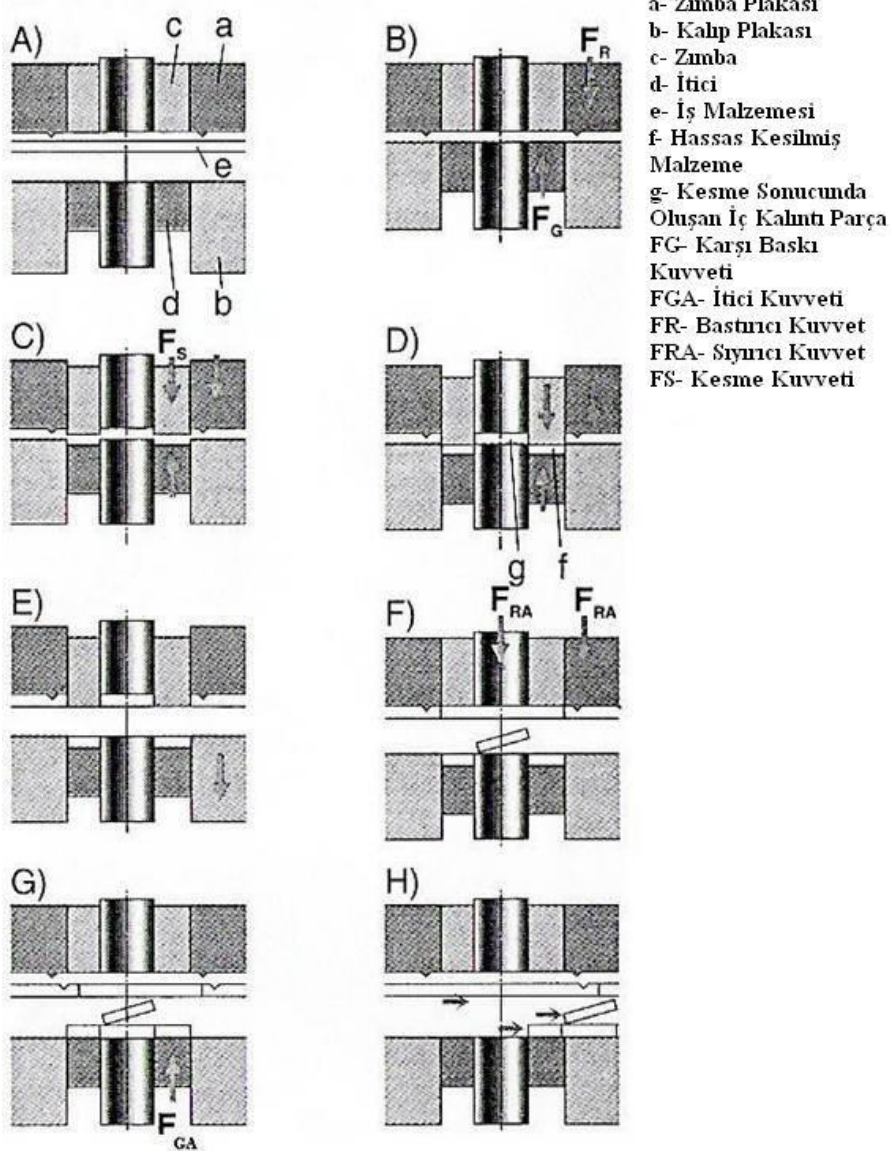
Küçük aralıklardan ötürü kalıp, takım ve pres elemanlarının yüksek rijitliğe sahip olmaları gerekmektedir. Ayrıca preslerin sert duruşlara karşı mukavim olmaları da şarttır (Quayhackx,1991).

Hassas kesme kalıplarının imalatı planlanan parçalara göre uygun tasarım yapmak gerekmektedir. Ayrıca kalıp keskinliklerinin istenilen ölçülerde olmaması imal edilen parça yüzey kalitesini azaltabileceği gibi kullanılan preslerinde zorlanmasına neden olacaktır (Sorgenfrei, 1997).

#### **4.1.1 Hassas Kesme Evreleri**

Hassas kesme işleminde ki evreler şekil 4.2’de gösterilmektedir. A’da kalıp açıktır ve sac malzeme kalıba yerleştirilir. Pres bağılığı seri bir şekilde kalıbı sıkıştırır, daha sonra bir önceki işlemde veya başka bir nedenden dolayı kesme işleminin yapıldığı alanda herhangi bir kalıntı veya yabancı madde olup olmadığı otomatik bir şekilde kontrol edilir, eğer kalıp temiz ise ana piston harekete geçer (B). Kesme kuvvetinin etkisi altında (C), pres bağılığı kesme işlemi gerçekleştirmek için harekete geçer, parça kesilir ve kalıp yüzeyine doğru itilir. Kesimden sonra meydana gelen ıskarta parça, merkez deliğinden karşı baskı kuvveti zımbası yardımıyla itilir.

Hassas kesme işleminde rol oynayan üç kuvvet eş zamanlı olarak hareket etmektedirler. Evrenin sonunda (D) hidrolik basınçlar düşürülür ve kalıp tekrar açılır (E). Sıyırıcı kuvvet ( $F_{RA}$ ); kesme kuvvetinin % 10-15’i kadardır. Bu kuvvet kesme işleminden sonra oluşan iskelet yapının, kalıp yüzeyinden sıyırılmasını sağlar ve imalat parçasını dışarı atar. İtici kuvveti ( $F_{GA}$ ), hassas kesme sonucunda oluşan nihai parçayı kalıp boşluğuna fırlatır. Bu noktada (G) süpürücü devreye girer ve parça ve artık kısım ya mekanik ya da hava jeti yardımıyla çıkarılır (H) (Feintool, 2001).



Şekil 4.2. Hassas kesme evreleri ( Feintool, 2001).

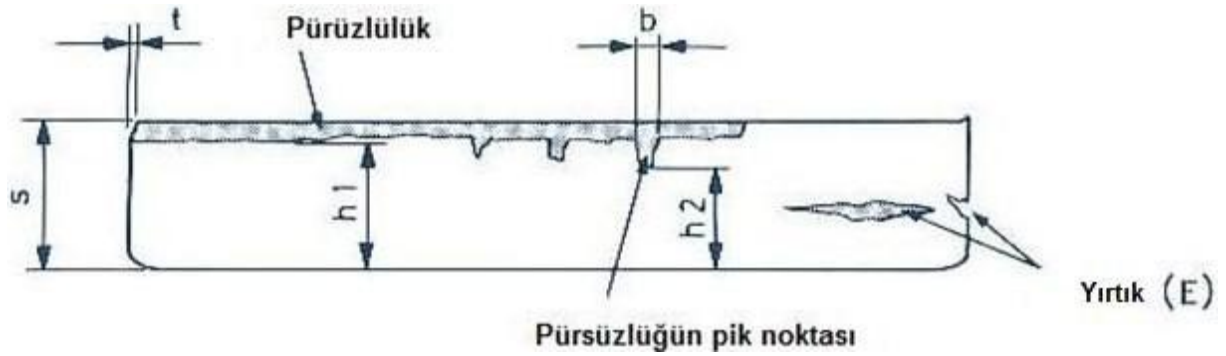
## 4.1.2 Hassas Kesme İşlemin Karakteristikleri

### 4.1.2.1 Kesilen Köşe Kaliteleri

Hassas kesme işleminin en önemli avantajı, imal edilen parçaların 'ikinci bir ana operasyona gerek duyulmadan' kesilen kenarlarında çapak bulunmayışı ve malzeme kalınlığı boyunca kesme işleminin gerçekleştirilmesidir. Ne klasik kesme yöntemi ile ne de lazer ile kesmede bu sonuç elde edilememektedir (Feintool, 2001).

Hassas kesme işleminde, kesilen parçaların yüzey kalitesi istenmeyen kısımlarında, makul değerlerde yırtılmalar ve pürüzlülükler oluşturulabilir 'yırtılma sadece kalıp boşluğu değeri

ile alakalıdır'. Genel bir kural olarak, kalıp aralığının artması, kesilen köşelerde daha fazla yırtılma alanları oluşturmaktadır (Partechfineblanking).



h(%)	100	100	90	75	50
h (%)		90	75		

S: Malzeme Kalınlığı

h1: Pürüzsüz Yüzey

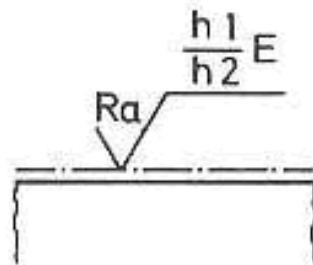
h2: Kalıp Aralığı Arasındaki Minimum Pürüzsüz Yüzey

b: Pürüz Genişliği

t: Çapak

E: Yırtık

Şekil 4.3: Uygun yüzey pürüzlülük ve yırtılma değerinin belirlenmesi (Partechfineblanking).

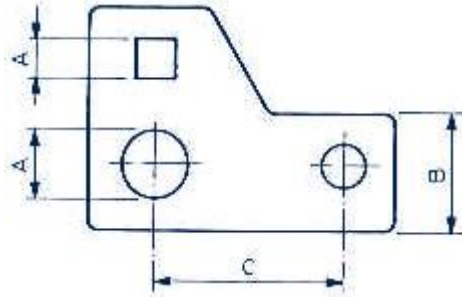


Şekil 4.4: Kenarın kesilen alanı, kalite simgesiyle gösterilen ve kesikli çizgiyle işaretlendi.  
(Partechfineblanking).

#### 4.1.2.2 Ölçüm ve Toleranslar

Hassas kesme işleminde iç ve dış şekil toleransları ve karakteristikler arasındaki uzaklıklar, malzemenin kalınlığından etkilenmektedirler. ISO kalitelerine karşılık gelen tolerans değerleri Şekil 4.5'te verilmiştir (Feintool, 2001).

Hassas kesim elemanları çapaklardan temizleme genelde iki yöntemle yapılıyor, taşlama makinesiyle yada vibratörlü makineyle işlenir. Bu nedenle, hassas kesim elemanları uzun süre çalıştığı zaman üretilen parçanın üzerinde çapak sayısı artıyor.



Gerçek Hassas Kesme Toleransları			
Malzeme kalınlığı (mm)	ISO kalitesi		
	İç Şekil A	Dış Şekil B	Ara C
05_1	IT 7	IT 7	IT 7
1_3	IT 8	IT 8	IT 8
3_5	IT 9	IT 9	IT 8
5_6.5	IT 9	IT 9	IT 8
6.5_8	IT 9	IT 9	IT 9
8_10	IT 10	IT 10	IT 9
10_12	IT10	IT10	IT 10
12_15	IT 11	IT 11	IT 10

Şekil 4.5: İç ve dış şekiller ve uzaklıklar arasındaki toleranslar (Partechfineblanking).

Çizelge 4.1'de IT6-IT11 tolerans aralığında ki, 500 mm ölçüye kadar olan ISO değerleri verilmiştir.

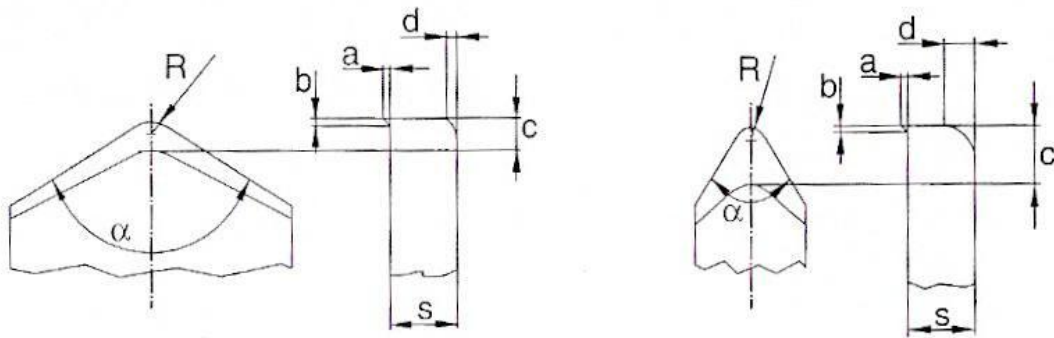
Nominal Ölçüler (mm)	Ana Tolerans Değerleri [m]					
	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
≤3	6	10	14	25	40	60
3_6	8	12	18	30	48	75

6_10	9	15	22	36	58	90
10_18	11	18	27	43	70	110
18_30	13	21	33	52	84	130
30_50	16	25	39	62	100	160
50_80	19	30	46	74	120	190
80_120	22	35	54	87	140	220
120_180	25	40	63	100	160	250
180_250	29	46	72	115	185	290
250_315	32	52	81	130	210	320
315_400	36	57	89	140	230	360
400_500	40	63	97	155	250	400

Kesin tamlıktaki parça bileşenlerinde bulunan tolerans değerleri sadece ölçülere değil, karakteristiklere de uygulanmaktadır. Karakteristik toleransları, kalıp radyusu, çapak yüksekliği, kenar konikliği veya parçanın boydan boya tamlığından sapması gibi işleme bağımlığı özelliklerinden etkilenebilmektedir (Feintool, 2001).

#### 4.1.2.3 Kalıp Kavis

Kalıp kavis, hassas kesme parçalara has bir karakteristiktir. Kalıp kavisinin miktarı aslında, geometrik forma ve köşe açlarına ve radyuslarına bağlıdır ve “mm” cinsinden ifade edilmektedir. Şekil 4.6’ e bakacak olursak kalıp kavis ile ilgili ana kuralları görmüş olacağız. Kalıp kavisinin genişliği (c) genellikle, boyunun (d) beş katıdır. Malzemenin bileşimi, sertliği ve ısıl davranışı ve takımların durumu, kalıp kavis üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Bu yüzden, prototip aşamasında yüksekliklerin kontrolü makul şartlarda gerçekleştirilmelidir (Feintool, 2001).



R: Köşe Radyusu

a: Çapak Yüksekliği

c: Kalıp Kavis Genişliği

b: Çapak Genişliği

d: Kalıp Kavis Yüksekliği

S: Malzeme Kalınlığı

$\alpha$ : Köşe Açısı

Şekil 4.6: Farklı tipteki geometrik biçimler için kalıp kavis ( Feintool, 2001).

#### 4.1.2.4 Hassasiyet

Parçanın hassasiyeti, mekanik fonksiyonların uygulanma performanslarından etkilenmektedir. Hassas kesmedeki temel takım içeriği ve özellikle burada uygulanan karşı baskı kuvveti klasik kesme yöntemine oranla daha yüzey düzgünlüğüne sahip parçaların imalatında önemli rol oynamaktadır (Feintool, 2001).

#### 4.1.2.5 Çapak

Hassas kesmeyle kesilen parçalar her zaman çapağa sahiptirler ve bu çapaklar kalıp kavisinin zıt tarafında oluşurlar. Çapak boyutu, imalat miktarına ve takım aşınmasına bağlıdır. Bu yüzden takımların düzenli olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde, çapakların temizlenmesi için ekstradan işlemlere gerek duyulacaktır ve bu da hassas kesmenin verimlilikte sağlamış olduğu avantajları olumsuz yönde etkileyecektir (Feintool, 2001).

#### 4.1.2.6 Hassas kesmenin ekonomik tarafı

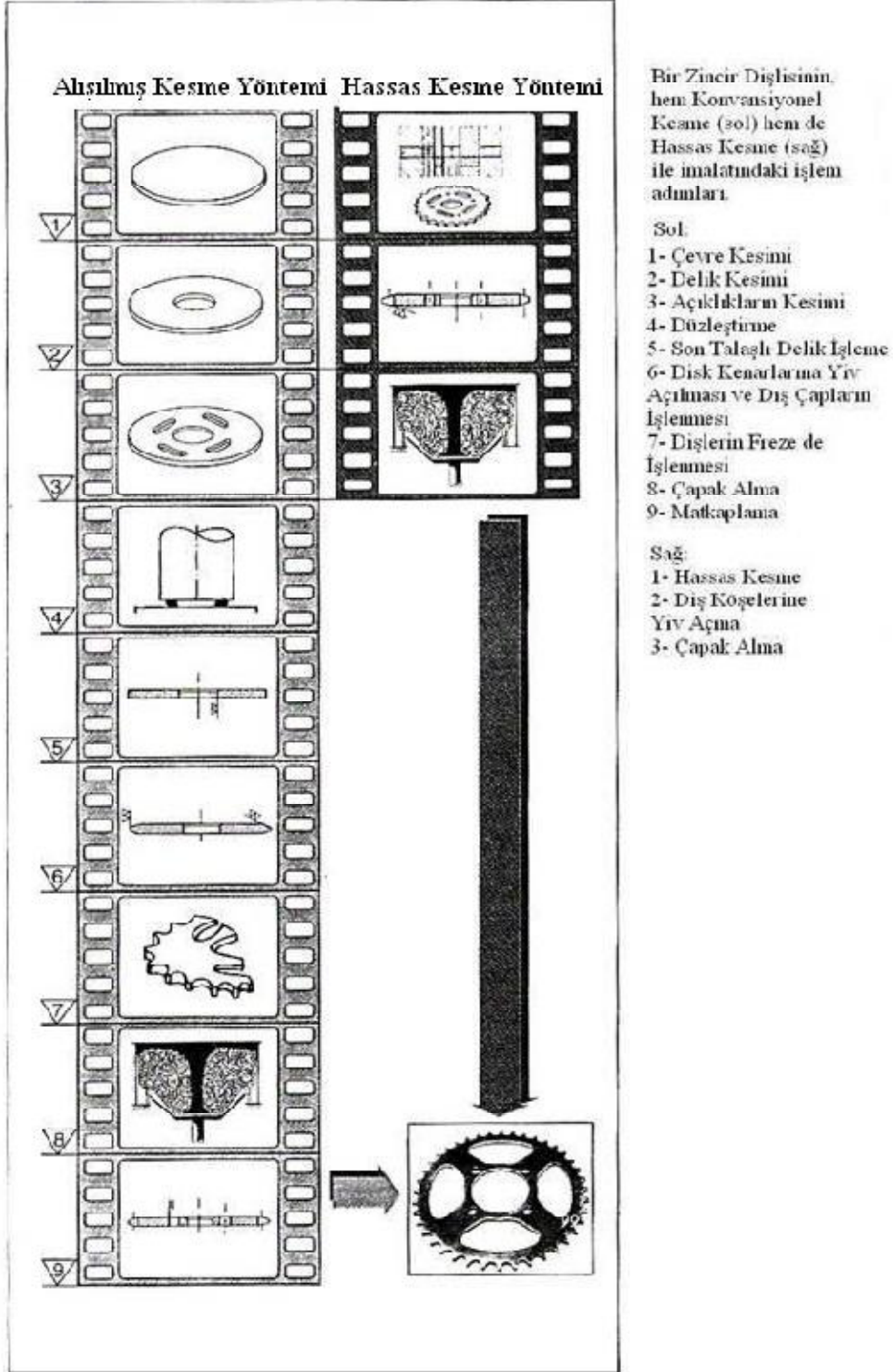
Çok iyi bir kalitede ve uygun maliyette imalat, her hangi bir imalat teknolojisi için önemli olan faktörlerdir ve de en fazla klasik kesme yöntemi ve hassas kesme için önemli bir durumdur. Şimdi, yassı zincir halkası ve otomobillerdeki vites kutusundaki bir parçanın hem klasik kesme yöntemi ile hem de hassas kesme ile imalatında maliyet etkisinin karşılaştırılmaları yapılacaktır (Feintool, 2001).

Şekil 4.7’de gösterildiği gibi zincir dişlisinin hassas kesme dışında imalatında, gerekli ve farklı takımlar ve makineler kullanılarak dokuz ayrı metotta sonuca gidilmektedir. Buna ek olarak taşımacılık ve operasyonlar arasındaki geçen bekleme zamanları da ek bir maliyet getirmektedir (Feintool, 2001).

Bu zincir dişlisinin hassas kesme ile imalatı için sadece üç operasyon gerekmektedir. Hassas kesme işlemi, diğer metotlara oranla maliyetlerde %80’e yaklaşan bir avantaj sağlamaktadır (Feintool, 2001).

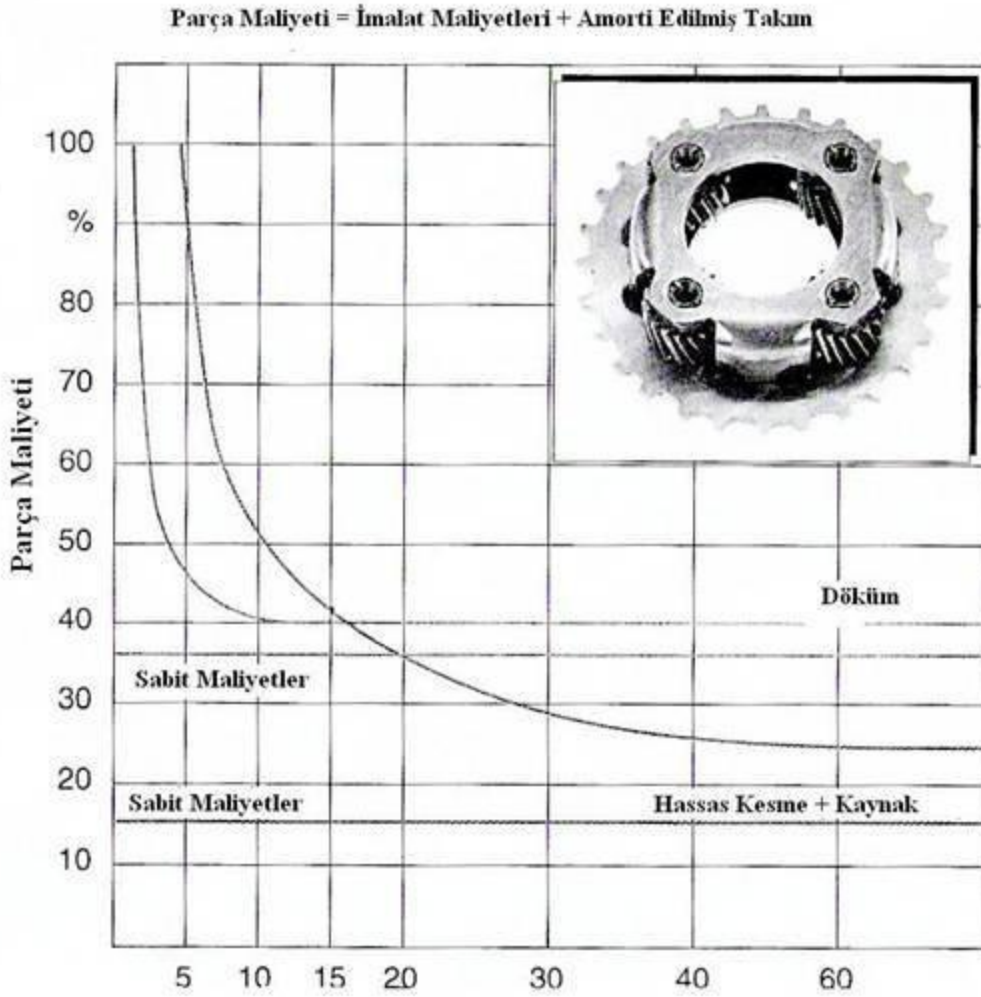
Şekil 4.7’de (üst kısımda) gösterilen parça, malzemesi dökme demir olan vites dişlisi elemanıdır. Talaşlı işleme bu parça için oldukça maliyetlidir ve talaşlı işlenen parça aşırılığı,

hassas kesme ile imalat sonucunda elde edilen parçadan oldukça fazladır. Bunun yerine, gövde kısmı hassas kesme ve birleştirme kısmı ise lazer kaynağı uygulanabilir (Feintool,2001).



Şekil 4.7: Bir zincir dişlisinin klasik kesme yöntemi (sol) ve hassas kesme (sağ)

imalatındaki toplam işlem operasyonları ( Feintooli, 2001).



Şekil 4.8: Vites kutusu parçası için iki imalat yöntemi arasındaki maliyetlerin gösterilmesi (Feintool, 2001).

#### 4.1.3 Hassas Kesme İle Gerçekleştirilen İşlemler

Daha önceden dövme, toz metalürjisi veya döküm vb. imalat metotlarıyla elde edilen parçalar günümüzde hassas kesme ile imal edilebilmektedirler.

Klasik kesme yöntemi ile elde edilemeyen dar yarıklar, delikler arasındaki dar mesafeler hassas kesme ile kolaylıkla elde edilebilmekte, malzeme kalınlığından daha küçük çapta delikler açılabilir ve daha kalın malzemeler şekillendirilebilmektedir. Ekonomik olarak hiçbir diğer imalat yöntemi, hassas kesme ile elde edilmiş parçaların özellik ve kalitesine ulaşamamaktadır. Klasik kesme yöntemi ile karşılaştırıldığında hassas kesmenin bir avantajı

da darbeli ses ve titreşimin bertaraf edilmesi ve çalışma ortamındaki gürültünün azaltılmasıdır.

Hassas kesme ile kesme ve delmenin yanı sıra farklı sac şekillendirme işlemleri de gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.9'de ise bunlardan bazılarına örnekler verilmiştir. Bu şekilde bir arada yapılabilen operasyonlarla, geniş çeşitlilikte parça imalatı gerçekleştirilmektedir.

Hassas kesme işleminde üç kuvvetin doğru bir şekilde kullanılması ve oranlandırılmasıyla verimli imalatlar gerçekleştirilmektedir.

#### **4.1.3.1 Havşa Baş Delik Açma**

Hassas kesme ile vida ve perçin başları için açılan havşa başları için çok fonksiyonlu takımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **4.1.3.2 Bükme**

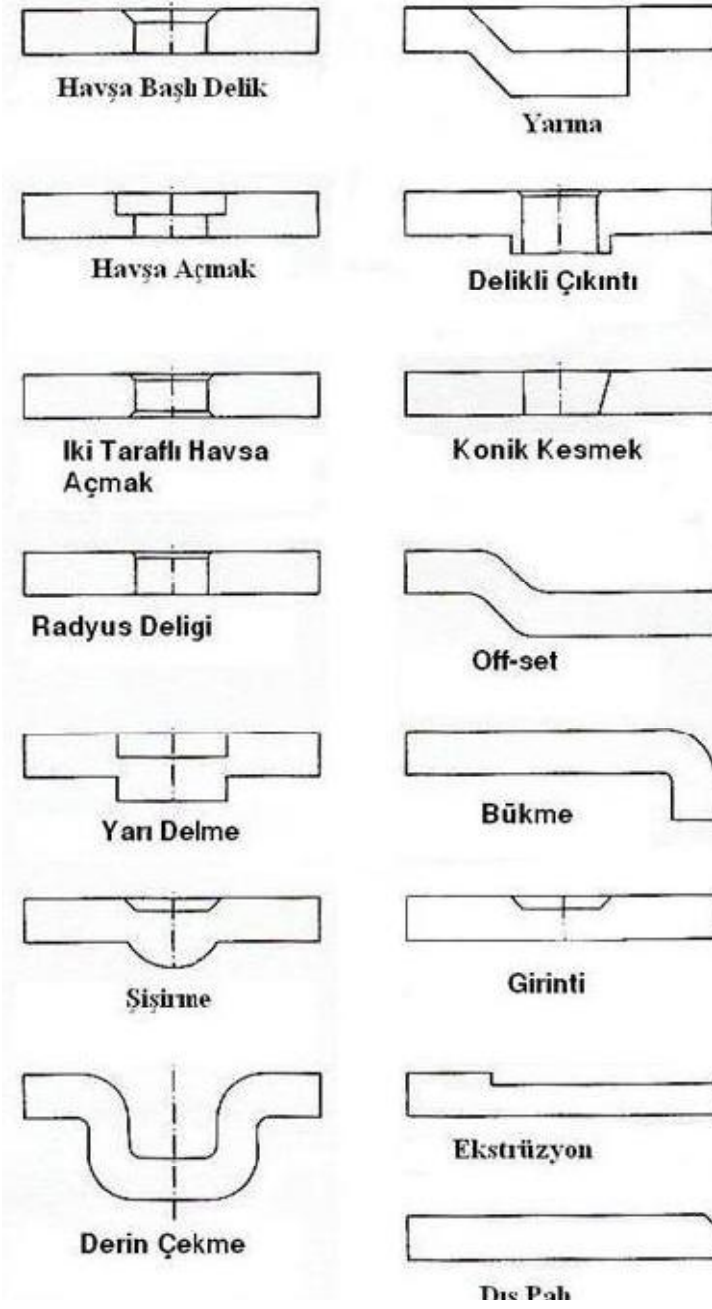
6 mm kalınlığa kadar olan parçaların hassas kesme ile tek bir operasyonla imatları mümkün olmaktadır. Ancak büküm kenarlarında hassas kesme kalitesinin elde edilmesi azda olsa güçtür. Ancak birçok parça için, büküm kenarlarında çok fazla hassasiyet aranmadığı için bu durum çok fazla sakınca arz etmemektedir.

#### **4.1.3.3 Yarı Delme**

Yarı delme işleminde malzeme kısmen kesilmekte, ancak kesme bölgesinde ayrılma veya kırılma ortaya çıkmamaktadır. Malzeme lifleri 90°'lik bükümler göstermektedir. Yarı delinmiş tapalar, boş perçin yuvaları veya pimlerin yerini almak için oluşturulmaktadır. Böylece perçin ve pimler bertaraf edilmektedir.

#### **4.1.3.4 Ezme ve Basamak Oluşturma**

Hassas kesme ile ezilmiş parçalar elde edilmektedir. Malzeme kalınlığı boyunca preslemek, frezeleme ve çapak alma vb. işlemler bertaraf edilmektedir. Bu teknik genelde küçük parça imalatı için kullanılmaktadır.

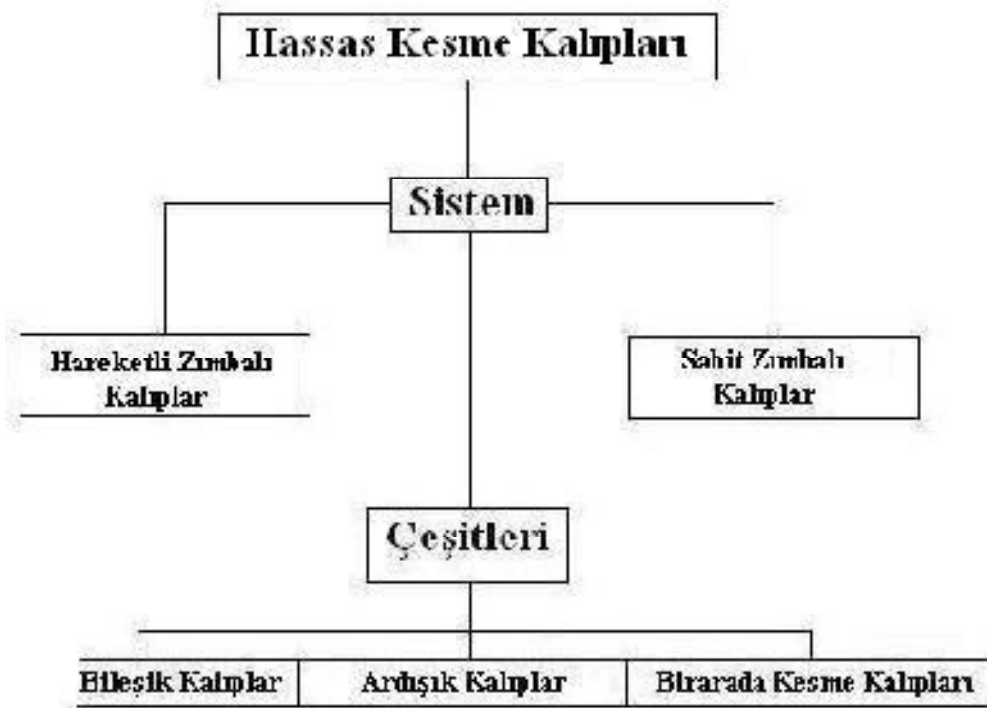


Şekil 4.9: Hassas kesme işlemi ile yapılabilen bazı soğuk şekillendirme işlemleri  
(Feintooli, 2001).

## 4.2 Hassas Kesme Kalıpları

### 4.2.1 Kalıp Sistemleri ve Tipleri:

Hassas kesme kalıplarında ömür esas olarak kesilen malzeme cinsine, kalınlığına, kullanılan presin ve kalıbın kalitesine bağlıdır. Genellikle zımba, kesme kalıbına oranla üç kat daha fazla aşınır. Bundan dolayı keskin kenarlı parçalardan kaçınılmalıdır. Parçanın köşe kavisini ne kadar büyükse, kesilen yüzey o kadar temiz olur. Dik açılı parçalarda köşe kavisleri %10s değerinden daha küçük yapılmamalıdır. Parçada bulunan delik ve yarıkların parça kenarına uzaklığı en az %60s kadar yapılmalıdır. Delik çapları ve yarık ölçüleri sac kalınlığının %60'ından daha küçük tutulmamalıdır. Hassas kesme yöntemiyle üretilen dişli çarklarda diş genişliği en az %60 malzeme kalınlığı kadardır. Kesme sonrası % (10.25) s kadar köşe kavisinin meydana geleceği dikkate alınmalıdır.



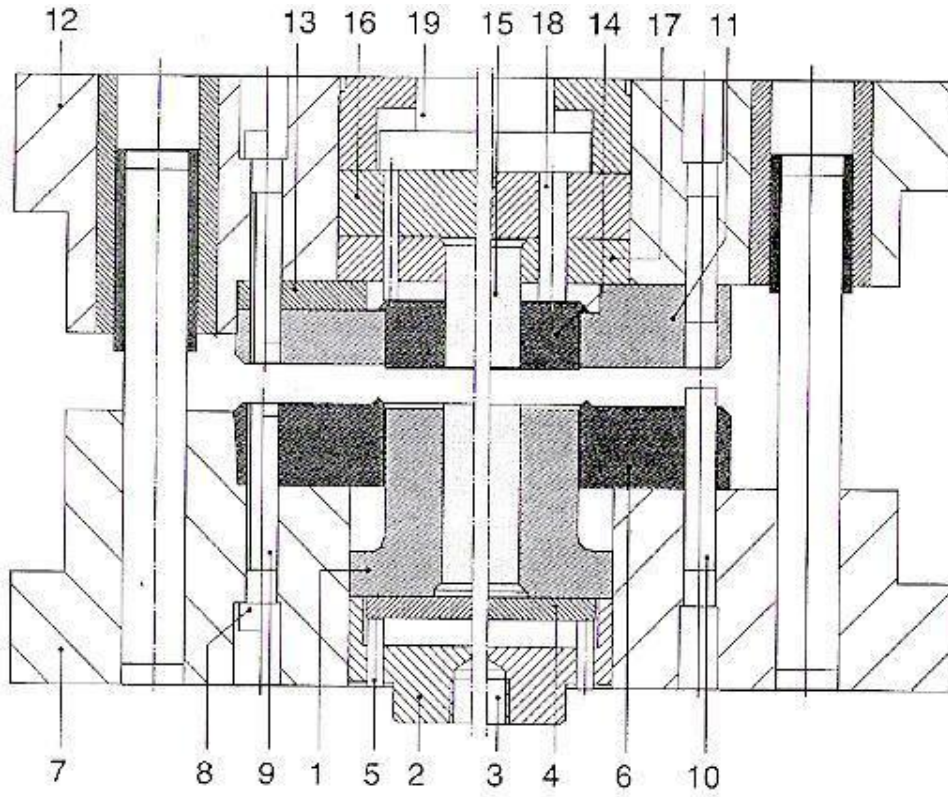
Şekil 4.10: Hassas kesme takım sistemleri ve çeşitleri. (Feintool, 2001).

Hareketli kalıplar, genelde orta ve küçük boyutlardaki parçaların imalatında ve mekanik hassas kesme tezgâhları için tercih edilmektedirler. Takımın genel olarak prensibi şekil 4.11'de gösterilmektedir (Feintool, 2001).

Hareketli zımba takımında, zımba (1), pres bağına doğru çekme çubuğu (3) tarafından zımba başına (2) temas halindedir. Hareketli köprü (4), baskı bileziğinin hidrolik pistonu tarafından tahrik edilen basınç sürgülerini (5) desteklemektedir.

Zımba, üst kısımda bulunan kılavuz plakası (6) yardımıyla kılavuzlanmış ve alt kısımdan da kalıp setinin yarısı (7) ile sabitlenmiştir. Kılavuz plakası sabittir ve kalıp seti yarısına vidalar (8) ve tespit pimleri (9) ile tutturulmuştur. Takım kapandığında, kılavuz plakası kalıp plakasının (11) hizalama pimleri (10) yardımıyla doğru pozisyonda tutmaya yarar.

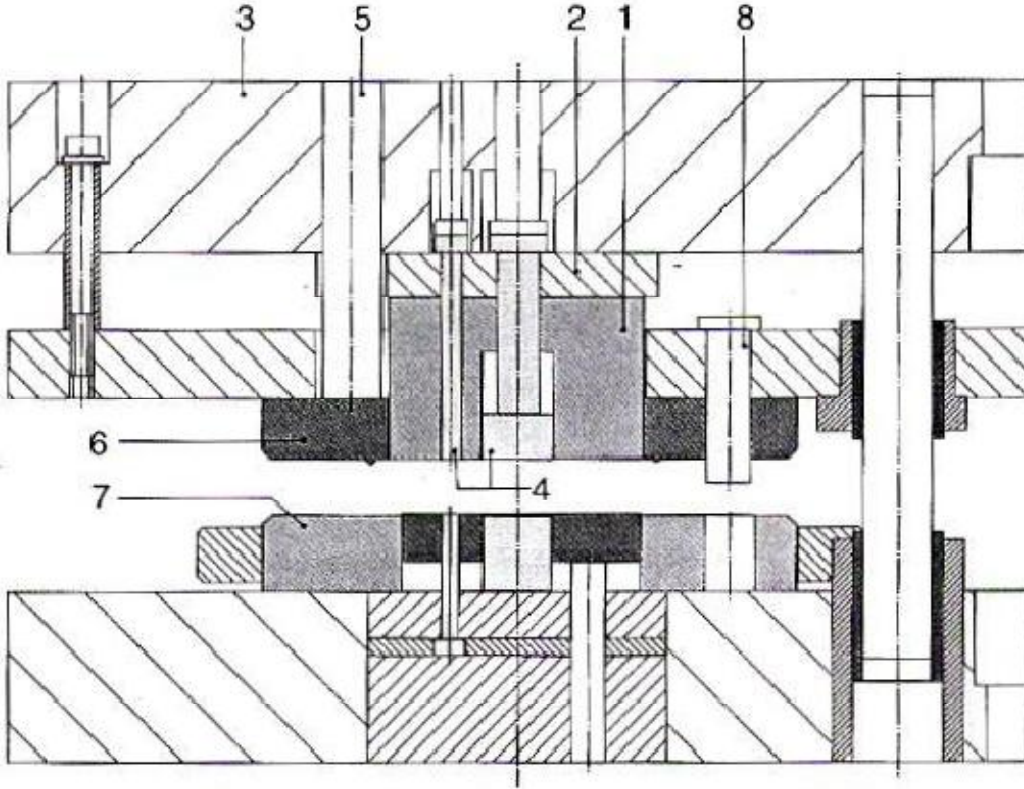
Kalıp plakası diğer yarısı (12) kalıp setinin üst kısmına orta plaka (13) ile vidalar ve tespit pimleri ile tutturulmuştur. İtici (14) içteki zımbayı (15) çevrelemekte ve kalıp plakası kılavuzlanmaktadır. İçteki zımba plaka (16) ile desteklenmekte ve alkoyma plakası (17) ile emniyetli hale getirilmektedir. Hidrolik karşı baskı kuvveti basınç sürgüleri (18) ve destek plakası tarafından (19) iticiye aktarılır. (Feintool, 2001).



Şekil 4.11: Hareketli zımba hassas kesme kalıplarının kısımları. (Feintool, 2001).

Hareketli kalıp zımba sistemleri kullanışlı ve ekonomiktir. Eğer parça karmaşık bir şekle sahipse veya çok sayıda işleme alanı varsa hareketli köprü zayıf bir durum oluşturmaktadır. Fazla sayıdaki imalat işlemleri için sabit zımbalı kalıplar tercih edilmektedir (şekil 4.12). Bu ise, kalın malzemelerden fazla miktarlarda hassas kesme işlemi yapabilmemizi sağlamaktadır ve genelde hidrolik presler kullanılmaktadır. Sabit zımba (1), basınç plakası (2) ile desteklenmekte ve kalıp setinin üst yarısında (3) vidalarla emniyet altına alınmaktadır. İç şekiller kesip çıkarılır ve kalıntılar ana zımbaya doğru itilir ve baskı bileziği hidrolik basıncı

altında çalışan iticiler (4) yardımıyla dışarı alınırlar. Basınç sürgüleri (5) malzemenin yüzeyine doğru taraftan kılavuz plakasına (6) bastırıcı kuvvet uygulamada yardımcı olur. Kılavuz plakası iki parçalıdır, takım kolonlarıyla sabitlenen parçası ve baskı bileziği ile birlikte çalışan kısmı. Kesme işlemi bağlamadan önce, kalıp plakası (7) ve kılavuz plakası (6), hizalama pimleri (8) yardımıyla doğru konuma gelmeleri sağlanmaktadır (Feintool, 2001).



Şekil 4.12: Sabit zımbalı hassas kesme kalıplarının kısımları (Feintool, 2001).

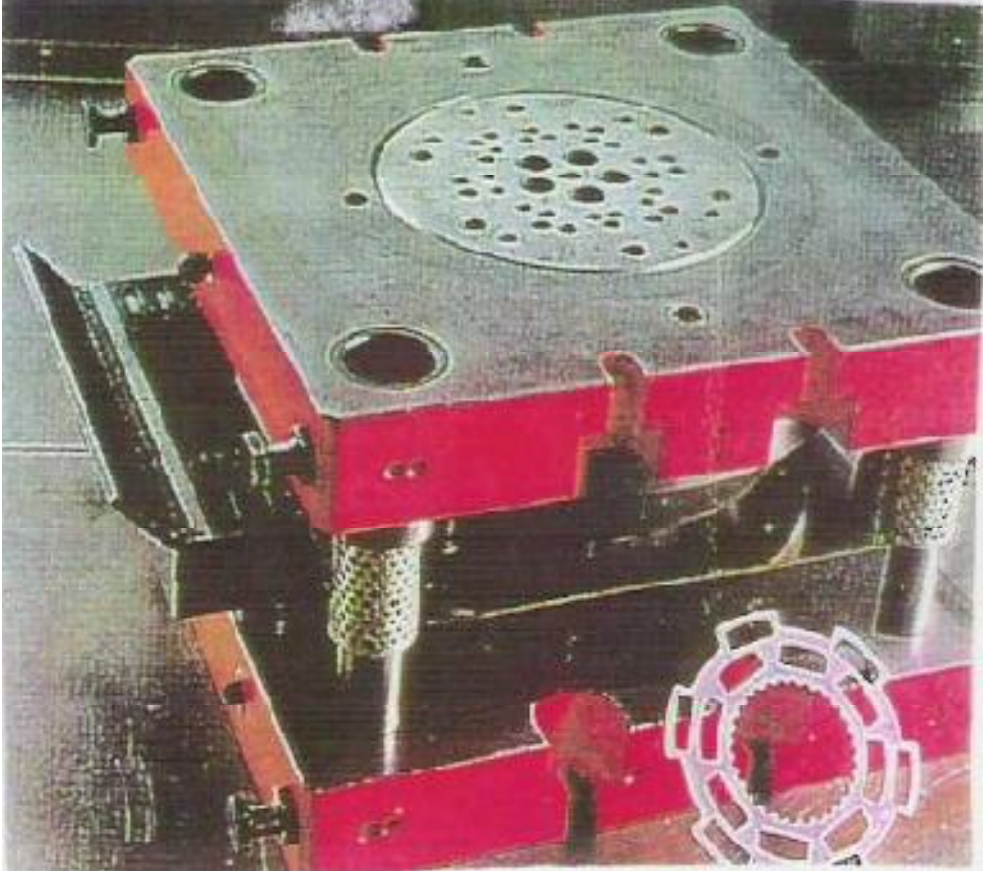
Klasik kesme yönteminde olduğu gibi, hem sabit zımbalı hem de hareketli zımbalı hassas kesme kalıplarının dizaynında üç tipten birisi operasyon sırasına göre seçilmektedir. Bunlar;

- Bileşik Kalıplar,
- Ardışık Kalıplar,
- Bir Arada Kesme ve şekillendirme Kalıpları

## 4.2.2 Hassas Kesmede Kullanılan Kalıp

### 4.2.2.1 Bileşik Kalıplar

Bileşik kalıplar ile imalat parçasının iç ve dış şekilleri, pres başlığının tek bir strok hareketiyle gerçekleştirilmektedir. İç ve dış kısımdaki çapaklar, parçanın aynı tarafında kalmaktadır. Parçalar oldukça düzgün ve kapanma ölçü toleransları kontrol altında tutulabilmektedir. Malzeme besleme adımlarındaki varyasyonlar, parçaların tamliğini etkilememektedir (Birzer, 1982).



Şekil 4.13: Bileşik kalıplara bir örnek (Birzer, 1982).

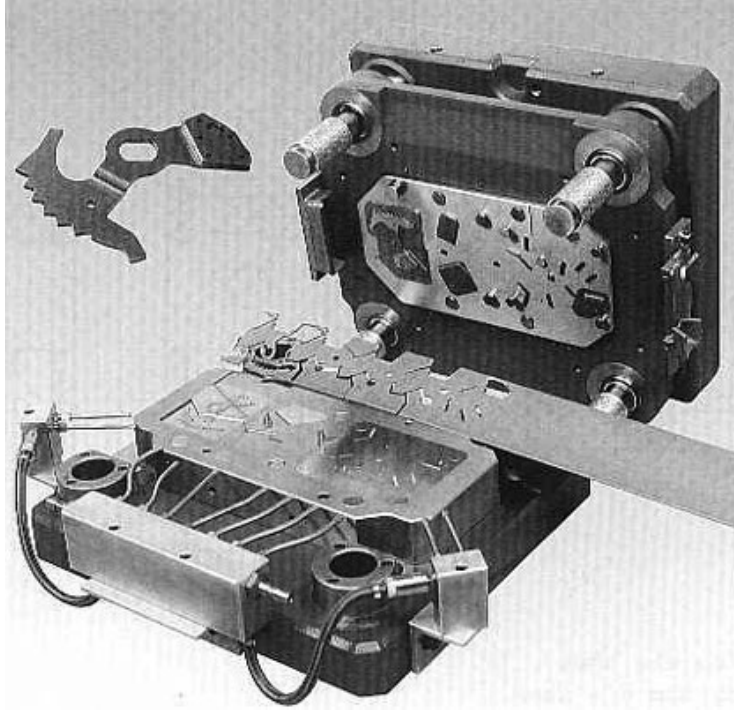
Bu tip kalıplarda, takım aktif elemanları değiştirilerek farklı boyut ve miktarlarda imalat gerçekleştirilebilmektedir (Birzer, 1982).

### 4.2.2.2 Ardışık Kalıplar

Ardışık kalıplarda ise; ilk parça imalatında bir kaç kez pres başlığının stroğuna ve malzeme besleme hareketine gerek duyulmaktadır, daha sonra ise tek pres başlığı stroğunda parça imalatı gerçekleştirilmektedir.

Malzeme besleme adımlarındaki herhangi bir değişiklik, parçanın iç ve dış şekillerinin pozisyonlarını etkilemektedir. Bu tür kalıplarda son kesip çıkarma işleminden evvel tek aşamalı ya da çok aşamalı yarı delme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Çapaklar, iç ve dışta farklı taraflarda oluşurlar ve herhangi bir yerdeki parça ölçüsü, bileşik takımlara oranla daha az tamlıktadır.



Şekil 4.14: Ardışık kalıplara örnek (Partechfineblankig).

Şekil 4.14-a'da vana parçası imalatında kullanılan ardışık kalıba örnektir. Çok sayıdaki farklı şekil ve ölçülerdeki vana parçalarının imalatında ardışık kalıpların kullanılması hem ölçü tamlığında hem de düşük maliyetler açısından avantaj sağlamaktadır (Birzer, 1982).

Şekil 4.14-b ise, beş adımdan oluşan, soğuk şekillendirilmiş dişli imalatında kullanılan ardışık kalıplar kullanılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen hassas kesme parçalar tam ölçülerindedir ve ikinci bir operasyona gerek duyulmadığından imalat maliyeti oldukça ekonomiktir.

#### 4.2.2.3 Bir Arada Kesme ve Şekillendirme Kalıpları

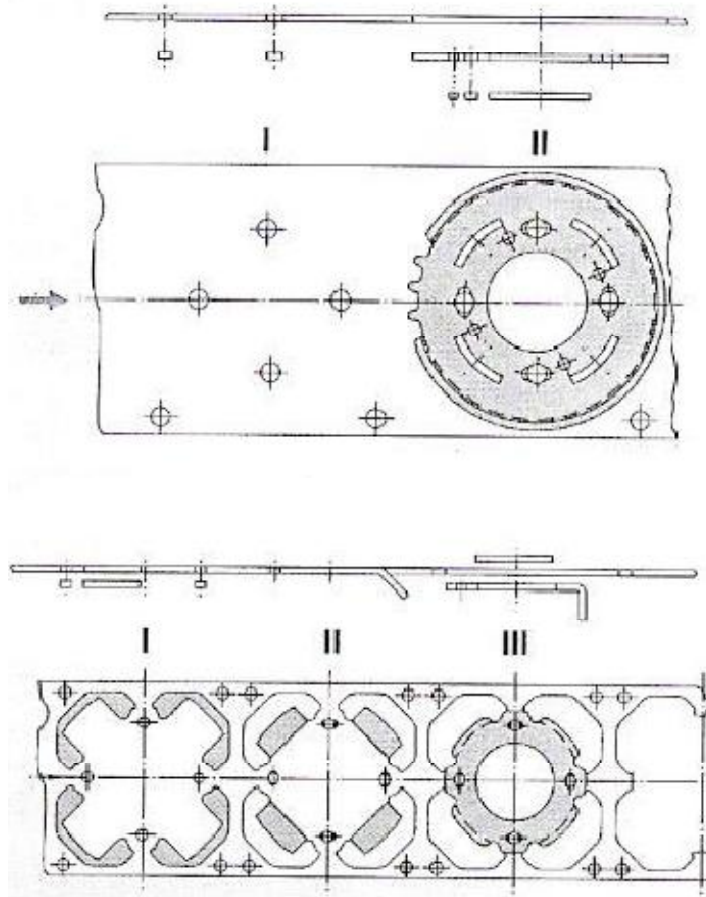
Şekil 4.15’de görüldüğü gibi, şekil vermeyi ve kesme işlemini bir arada yapmaktadır. Şekil verme işlemi örneğin; eğme, bükme, kabartı yapma, bu operasyonlar takımın ilk aşamasında gerçekleştirilirler ve kesme son işlemi ise en son basamakta gerçekleştirilmektedir. Hassas kesme ve şekillendirmenin bir arada yapıldığı durumlarda, operasyon sıralarının dikkatli bir biçimde seçilmesi çok önemlidir ve parçanın takımlar arasında son aşamaya gidene kadar ki evresinin de önemi çok fazladır (Birzer, 1982).



Şekil 4.15: Hassas kesme ve şekillendirmenin bir arada yapıldığı takıma örnek (Partechfineblankig).

Şekil 4.16’da verilen iki parçadan oluşan seyyar vites taşıyıcısı parçası, bir arada kesme tekniği ile imal edilmektedir. Vites mili tarafından desteklenen dişli disk en son olarak gövde kısmına lazer kaynağı ile tutturulur. Disk, iki basamaklı bir ardışık kalıp kullanılarak hassas kesilir. İlk aşamada, dört adet büyük delik ve yerleştirme deliği delinir. İkinci aşamada, kabartılar, pah kırma işlemi, diskin iç ve dış biçimleri verilir ve kesme işlemi gerçekleştirilir.

Taşıyıcı gövde, dört adet kıvrıklığı ve mil destekleyicisinin şekillendirilmesi ve hassas kesilmesi için üç aşamada, bir arada kesme-ardışık kalıplar kullanılır. İlk aşamada yerleştirme deliği ve dört mil deliği delinir ve dört adet açıklık kesilir. İkinci basamakta ise pah kırma işlemi ve çıkıntıların yukarıya doğru kıvrıklaştırma işlemi gerçekleşir. Üçüncü aşamada ise, çıkıntıların son şekli verilir, merkez delik kesilir ve parçamız çıkarılmaya hazırdır. Kabartma işlemi yapan ve şekil veren kısımlar TiN ile kaplandığından tekrar taşlama işlemi yapmadan yaklaşık 200.000 parça imal edilmektedir.

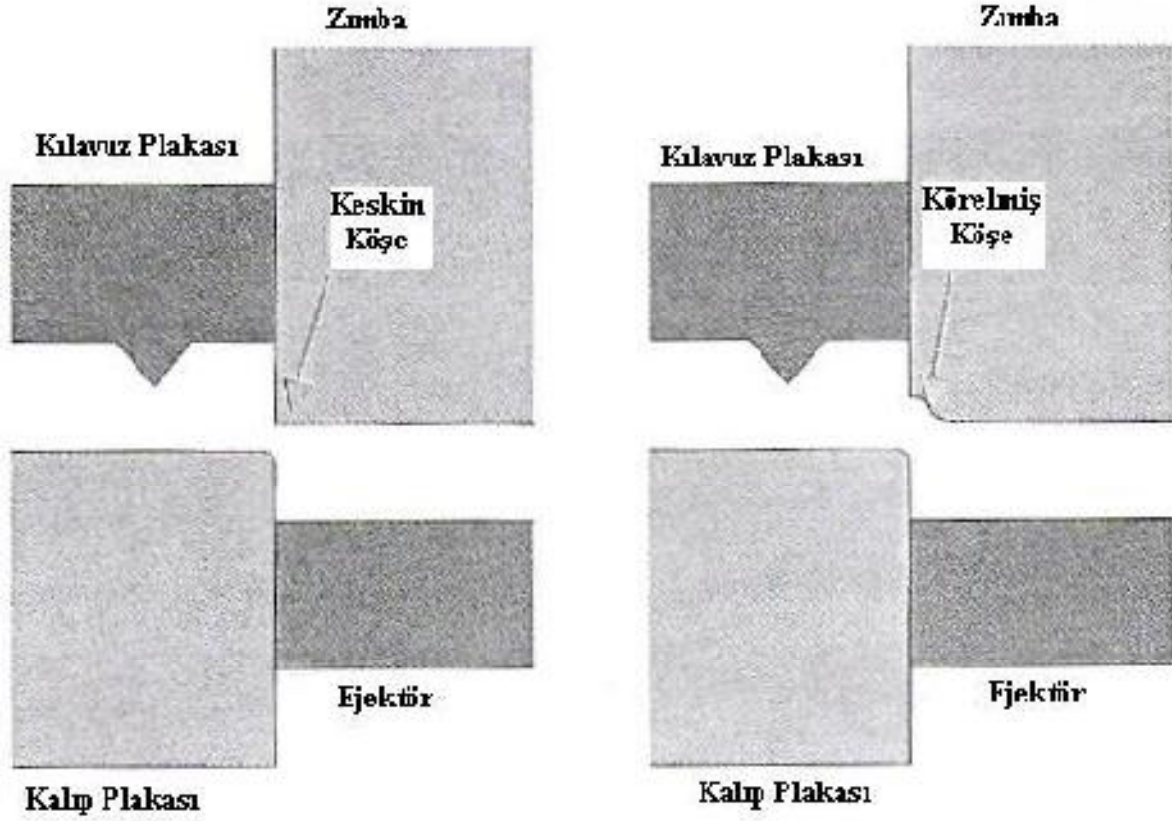


Şekil 4.16: Bir arada kesme hassas kesme kalıplarına örnek; zincir dişlisi (üstte) ve vites firdöndü parçası(altta).

#### 4.2.3 Hassas Kesme Kalıp Malzemeleri

Kalıp plakası, zımbalar, iç kısımdaki zımbalar ve şekillendirme elemanları ve takımlardaki çalışan tüm elemanlar, basınç ve sürtünmelerden dolayı deformasyonlara uğramaktadırlar. Aktif elemanlar ve malzeme arasındaki sürtünmeli çalışma nedeniyle, bu elemanların yüzeylerinde yüksek sıcaklıklar meydana gelmektedir (Feintool, 2001).

Oluşan bu sıcaklık, takım malzemelerinin dış yüzeylerinde oksidasyona neden olmaktadır. Gevrek, oksitlenmiş parçalar, sürekli olarak aşınırlar ve çalışan takım elemanlarının köşelerinde kopmalara ve de dolayısıyla keskinlikte azalmalara neden olmaktadır, bu olay oksidasyon aşınması olarak da açıklanmaktadır (Feintool, 2001).



Şekil 4.17: Basınç ve sürtünmelerin neden olduğu takımdaki aşınma ve körlenme (Feintool, 2001).

Hassas kesme takımlarına etki eden ikinci tip bir aşınmada; soğuk kaynak aşınmasıdır veya adhezyon aşınmasıdır. Yüksek sıcaklıklar, birbirleriyle temas halinde çalışan takım elemanları ve iş parçası malzemesi arasında bir soğuk kaynağa neden olur. Bu aşınma, aktif elemanlarda kırılmalara neden olabilmektedir. Soğuk kaynak genelde kalın, yumuşak veya tavllanmış malzemelerin şekillendirilmesi veya hassas kesilmesi sırasında görülmektedir (Feintool, 2001).

Hem oksidasyon aşınması hem de adhezyon aşınması uygun takımlar malzemeleri kullanılmasıyla kabul edilebilir limitler arasında tutulabilir, bu ise aktif elemanların kaplama yapılması ve hassas kesme yağları kullanılarak sağlanabilmektedir.

Çizelge 4.2: Takımlarda görev alan aktif elemanlar için malzemeler.

Grup	Malzeme Tipi	
	Kodu	DIN No.
Soğuk İş Çelikleri	X 155 CrVMo 12-1	12,379
	X 220 CrVMo 13-4 (PM)	≈ 12380
Yüksek Hız Çelikleri	S6-5-2	13,343
	S6-5-3(PM)	-
	S6-5-4(PM)	-
	S11-2-5-8(PM)	-
	S5-5-3-8-(PM)	-
Karpit	ISO Değerleri	Tane Büyüklüğü (µm)
	K40(HİP)	25
	K30-K40(HİP)	1
	K40(HİP)	1

Çizelge 4.2’de günümüzde takımlarda görev alan aktif elemanlar için kullanılan malzemelere örnekler verilmiştir. Bunların çoğu yüksek hız çeliklerinden sinterlenmiştir. Bu yüksek hız çeliklere %0,2 sertleştirme sıkıştırması yapılmış tiplerdir. Bunlar PVD kaplamalara oranla aşınmaya karşı daha iyi dayanım sağlamaktadır. Sinterlenmiş karpitler ise uygulamalarda kesin sonuçlar vermektedir.

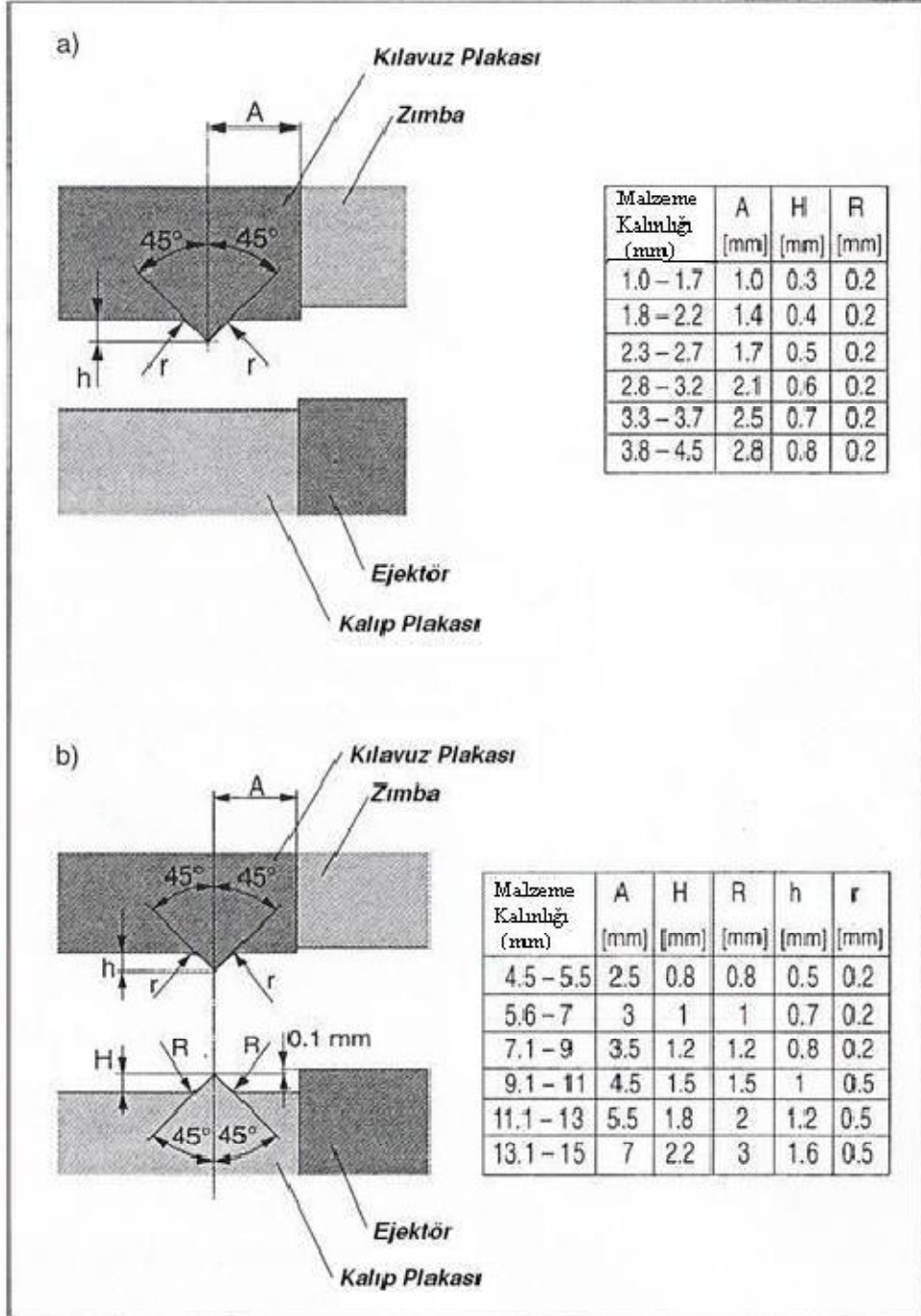
#### 4.2.3.1 Baskı Bileziğinin Etkisi

Baskı bileziğinin fonksiyonları;

- Bası gerilmelerini meydana getirir
- Malzemeyi yatay hareketlenmelere karşı tutar
- Takım elemanlarını dengede tutar

Kesme evresi boyunca, malzemenin kesilme alanındaki çekme gerilmesi yükselir. Baskı bileziğinin batmasıyla, bası gerilmeleri meydana gelir ve bu da kesme alanındaki malzeme akışından oluşan çekme gerilmelerini engellemektedir. Ayrıca ek olarak baskı bileziği, kaydırma etkisi yapan yatay kuvvetlerden kaynaklanan riskleri de azaltmaktadır.

Baskı bileziği, kılavuz yüzeyinde veya kalıp yüzeyinde ya da sadece ikisinden birinde bulunabilir. Baskı bileziğinin boyutlandırılması tecrübe sonuçlarına dayanmaktadır.



$h$  = kılavuz plakasındaki baskı bileziğinin yüksekliği,

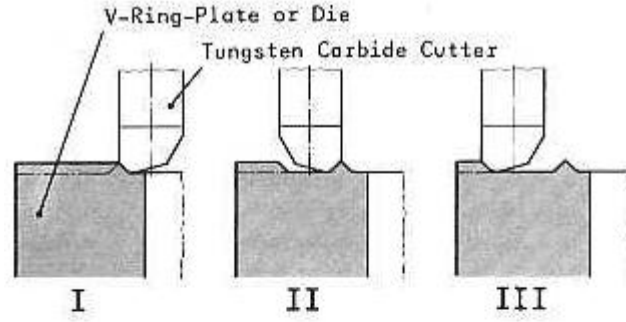
$r$  = kılavuz plakası üzerindeki radyus,

$A$  = batma çenelerinin köşelere uzaklığı,

$H$  = kalıp plakası üzerindeki batma çenesinin yüksekliği,

$R$  = kalıp plakası üzerindeki radyusu

Şekil 4.18: Baskı bileziğinin kılavuz plakasına (a) ve/veya kalıp plakasına (b) konumlanması (Feintool, 2001).



Die with milled  
V-ring

1. İç kesme, 2. dış kesme, 3. İç yüzey delik açma işlemi.

Şekil 4.19: Baskı bileziğinin “V” tırnağının işlem çeşidine göre pozisyonları

#### 4.2.3.2 Talaşlı İşleme ve Isıl Davranışlar

Takım malzemelerinin mantıklı seçiminden önce, onların ısıl davranışlarının son talaşlı işleme kabiliyetlerinin ve kaplama yeteneklerinin incelenmesi şarttır. Hassas kesmede görev alan kalıp elemanları yüksek vakum altında ve bilgisayar kontrolü ile sertleştirilmektedir. Kalıp malzemelerinin, gerekli sertleştirme işlemlerine tabi tutulduktan hemen sonra koruyucu bir atmosfer altında ve havası alınmış fırınlarda en az üç defa temperlenmesi gerekmektedir. Isıl işlem bittikten sonra, kalıplar son işlem olarak taşlamaya tabi tutulurlar. Son işleme olarak uygulanan talaşlı işlemlerden seçilecek olan metot kalıptaki hareketli parçaların karmaşıklığına ve kaplama prosesine bağımlı olarak yapılmaktadır. Talaşlı işlemden genellikle elektro erozyon yöntemi uygulanmaktadır (Feintool, 2001).

Kalıp elemanlarının yüzeylerinin düzgün olma avantajı dolayısıyla yüzey alanının dayanımı hiçbir yolla zayıflatılmamalıdır. Bu ise yüzeylerin elektro erozyon ile imal edildiği anlamına gelmez. Tel erozyon'da (EMD), güç eğer kesimin sonlarına doğru derece azalarak minimum seviyeye inerse, yüzey alanın dış katmanında nispeten yumuşak bir alan oluşacaktır ve buda yetersiz derecede mikro-sertliklere neden olacaktır. İş parçası kalınlığı ve zor takım profillerinde bu olay kalıbın performansını yetersiz kılmaktadır. Örneğin; basit takım profilleri için EDM metodu kabul edilebilir olmaktadır (Feintool, 2001).

Kalıpların kaplanması, imalatta başarılı sonuçlara neden olmaktadır ve dış katman tamamıyla kusursuz olmaktadır. Elektro erozyon ile üretilen takımlarda meydana gelen zayıf ve yumuşak kısım, kaplama için uygun sonuç vermemektedir. Pratikte ise, elektro erozyon ile işlenen yüzeylerin kumlama işlemine tabi tutulduktan sonra kaplama işlemi gerçekleştirilmektedir. Kaplama sonrasında elde edilen yüzeylerin pürüzlülük limitlerini aşmaması gerekmektedir. Kaplamanın iyi sonuçlar verebilmesi için yüzey içyapısının ve uygun yüzey şeklinin olması şarttır (Feintool, 2001).

#### **4.2.3.3 PVD Kaplama**

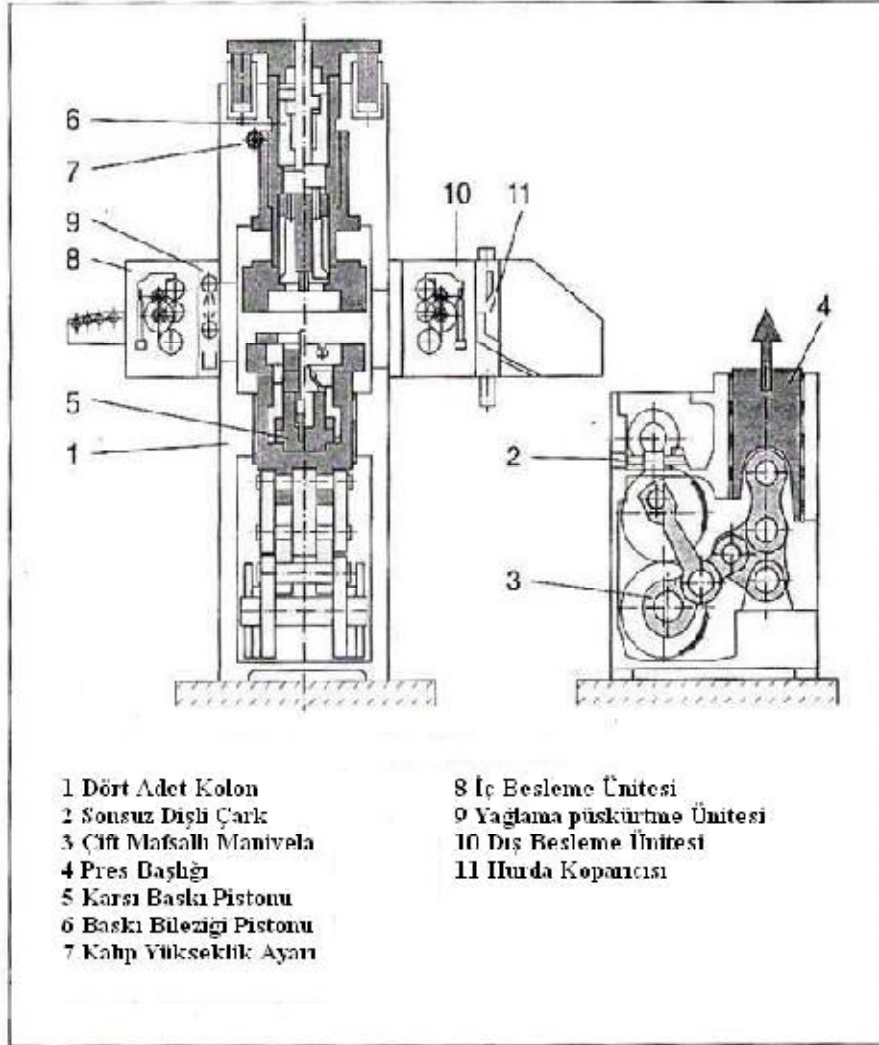
Nemli banyoda buhar basıncı (buhar banyosunda basınçlı kaplama) ile kaplama (PVD) aşınmalara karşı iyi sonuçlar vermektedir. Kaplamada genelde Titanyum nitrür (TiN) iyi sonuç vermektedir, ekstra sertlik istendiği durumlarda ise titanyum karbon nitrür (TiCN) kullanılır. Bu kaplama, soğuk kaynağına karşıda koruma sağlamaktadır. Kaplama işlemi takımların performansını yükseltmektedir. Kaplanmış olan takım elemanlarının ömrü, kaplamasızlara göre 10 kat daha uzundur. Takım kaplamasının diğer önemli bir avantajı da, imalatta kesilen yumuşak yüzeylerin ve form verilmiş karakteristiklerinde ölçülebilirliğidir (Feintool, 2001).

#### **4.2.4.1 Mekanik Hassas Kesme Presleri**

Mekanik tahrikli hassas kesme tezgâhlarında göze çarpan en önemli özellikler; yirmi dört saat devamlı imalata dayanımları ve sağlamlıklarıdır. Dünya çapında 1000'den fazla bu tip preslerin kullanılıyor olması da avantajlarına bir kanıttır. Halen günümüzde bu tip preslerin, teknik performanslarını artırmak amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir. Bu tip preslerin rijit, yek parça olması, dört kolon tarafından çevrilmiş olması, iyi kalite küresel grafit dökme demirden imal edilmiş olmaları, titreşimlere karşı iyi sonuçlar vermektedir. Avantajları

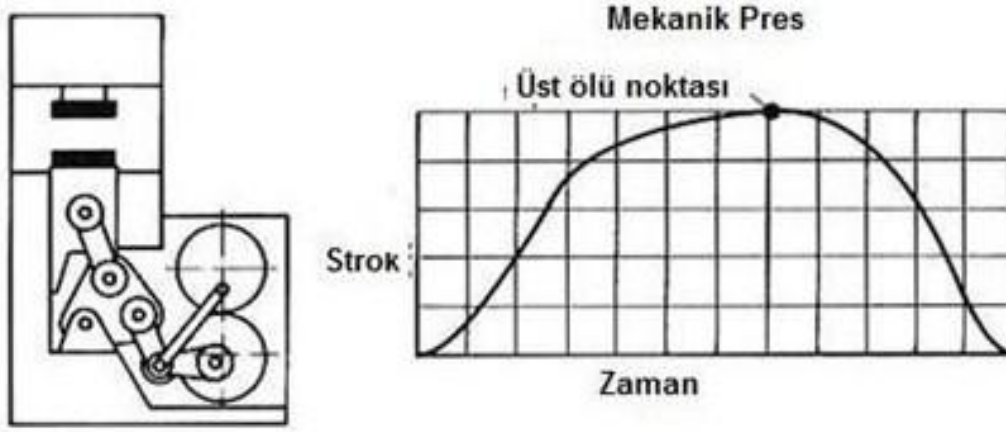
olaraktan yüksek strok hızları, operasyon güvenilirliği ve minimum bakımdır. Ayrıca sürücü sistemi de düşük enerjiye ihtiyaç duymaktadır (Feintool, 2001).

Şekil 4.20’de mekanik hassas kesme presinin kısımları görülmektedir.



Şekil 4.20: Mekanik hassas kesme presinin kısımları (Feintool, 2001).

Mekanik pres başlığı bir elektrik motoru tarafından sürülmektedir. Değişken transmisyon, kavrama ve dişli dizini, çift mafsallı manivela ile pres başlığının hareketini sağlamaktadır. Çift mafsallı manivela hassas kesme için gerekli olan hareketi üretmektedir. Kesme hızları kesilecek parçaya göre ayarlanmaktadır. Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvveti hidrolik olarak üretilmekte ve birbirlerinden bağımsız olarak önceden ayarlanabilmektedir (Feintool, 2001).



Şekil 4.21: Mekanik preslerin hız göstergesi (Partech fineblankig).

#### 4.2.4.2 Hidrolik Hassas Kesme Presleri

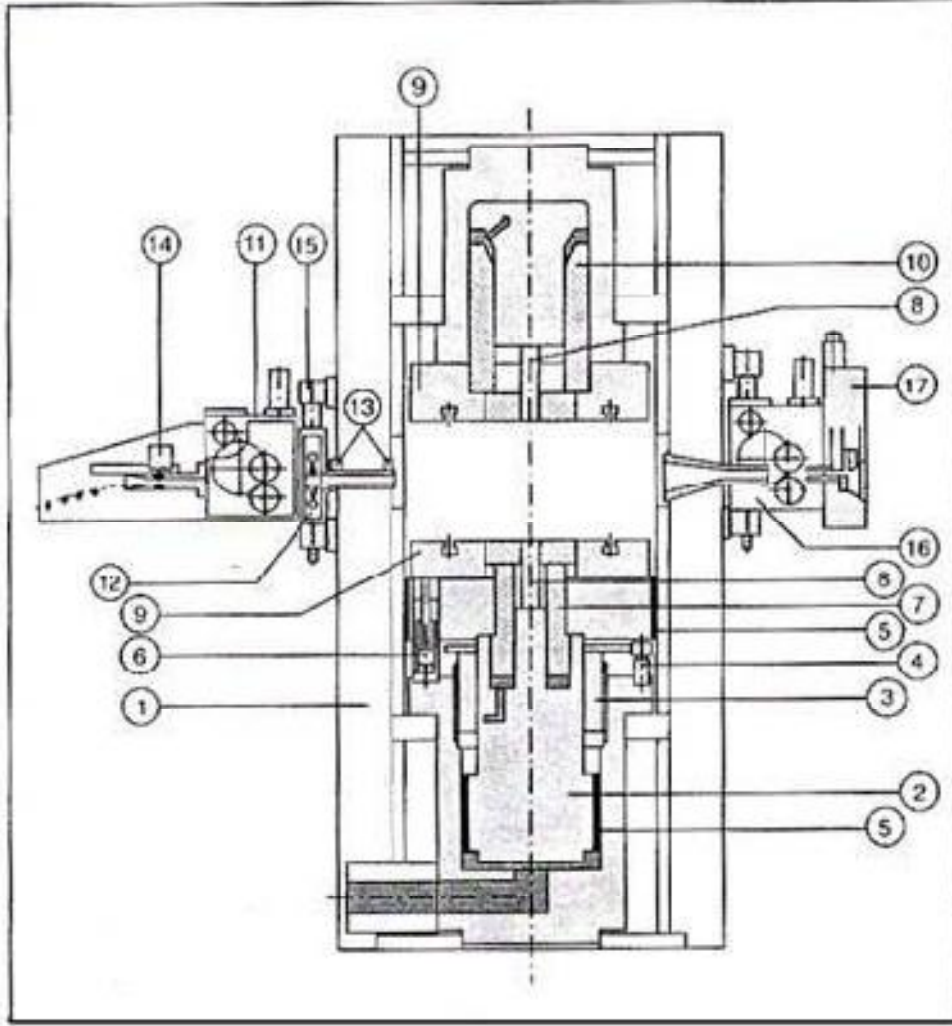
Parça şekli büyük ve kalınlığı fazla olan malzemelerin imalatında büyük pres tonajlarına ve uzun stroklara ihtiyaç duyulmaktadır.

Hidrolik preslerin avantajları

1. Kesim süresince değişmeyen kuvvet
2. Hidrolik pistonun kuvveti kesim yönüyle aynı zamanda meydana geliyor.
3. Çekiç vuruşları ayarlanabiliyor.
4. Yöntemimizi değiştirmeden kesim hızımızı istediğimiz gibi ayarlanılır
5. Hidrolik preslerde aşırı yükleme olamaz

Mekanik presler ise esas olarak oldukça ince ve küçük parçalarda kullanılıyor. Kalınlığı 3 mm den fazla, 100 ton veya daha fazla kuvvet gerektiren parçalarda ekseriyetle hidrolik hassas kesim presleri kullanılıyor. (Partech fineblankig)

Bu tip preslerde, pres başlığının hem rijitliği yüksektir hem de çok iyi bir şekilde kılavuzlandığı için, her türlü aşırı yükleme koşullarında bile stabil kalmaktadır. Kalıpların yerleştirilmesi amacıyla kalıp alanı geniş olduğundan ardışık ve bileşik kalıplar gibi farklı kalıp tipleri için uygundur. Günümüzde genelde hidrolik hassas kesme presleri CNC kontrollüdürler. Bu tip presler malzeme besleme, parça ve hurda uzaklaştırılması için sistemler ile donatılmıştır (Feintool, 2001).

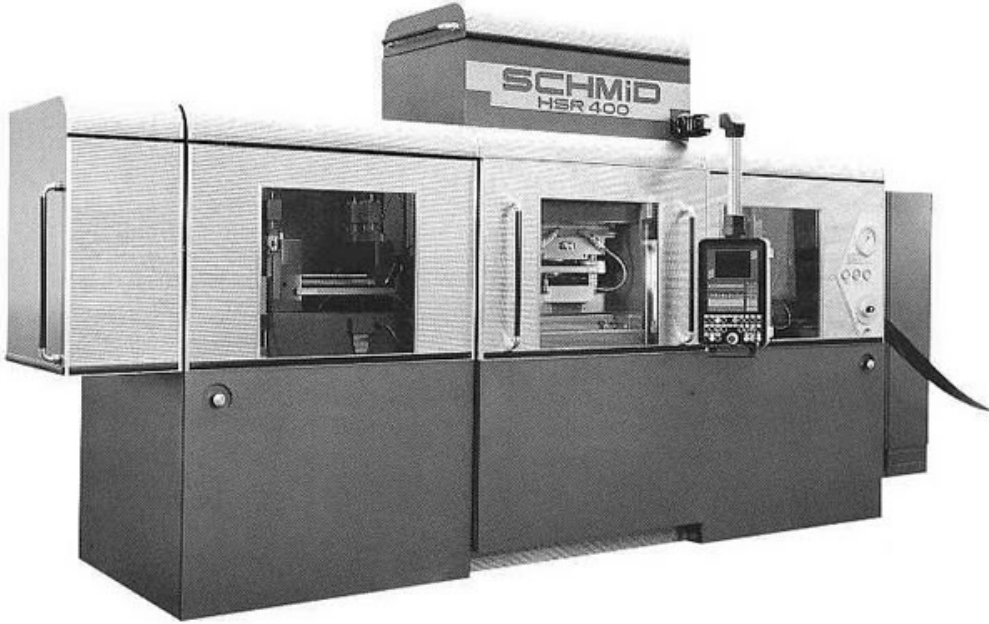


- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1- Dört adet kolon          | 10- Baskı bileziği silindiri |
| 2- Ana silindir             | 11- İç besleme ünitesi       |
| 3- Pres başlığı durdurucusu | 12- Yağ püskürtme ünitesi    |
| 4- Strok ayarı plakaları    | 13- Başlama durdurucusu      |
| 5- Pres başlığı kılavuzu    | 14- Şerit sonu kontrolü      |
| 6- Hız kapama               | 15- Besleme yükseklik ayarı  |
| 7- Karşı basınç silindiri   | 16- Dış besleme ünitesi      |
| 8- Merkez destek            | 17- Hurda kırıcısı           |
| 9- Kalıp kapama destek      |                              |

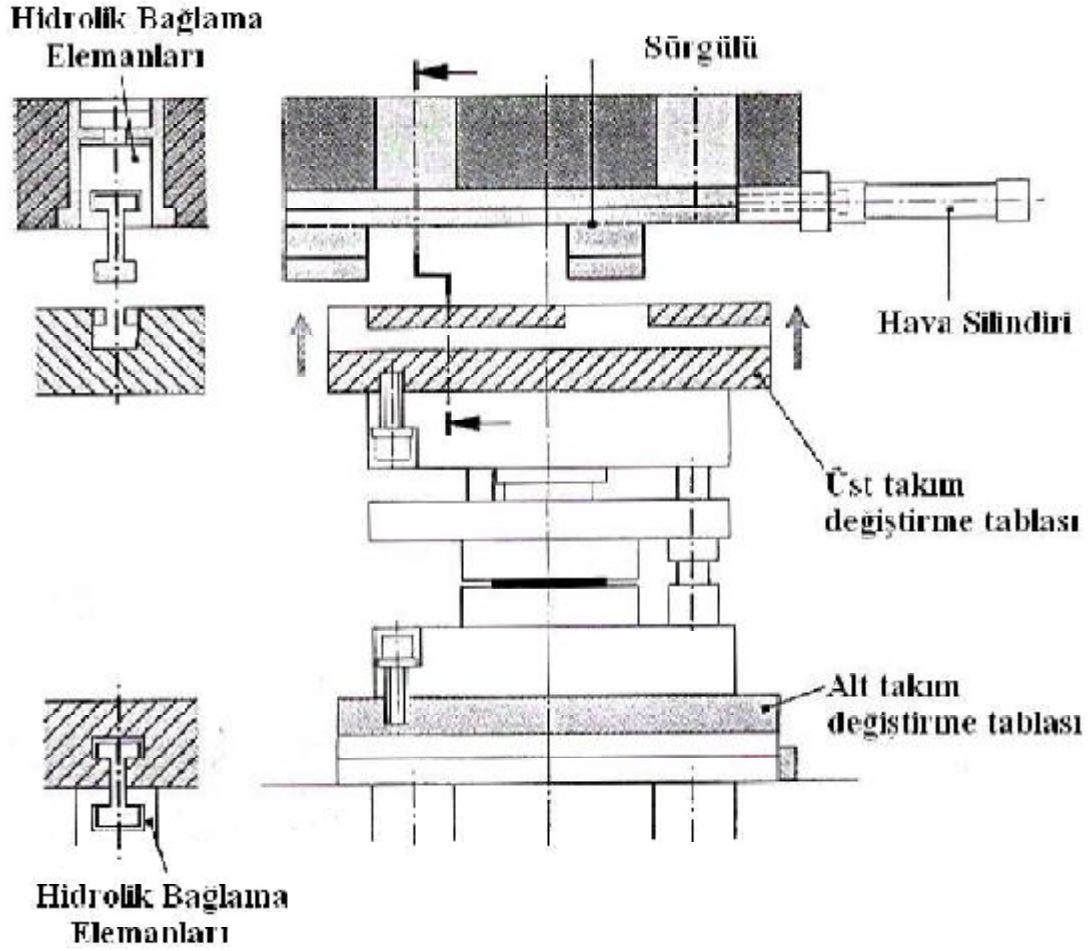
Şekil 4.22: Hidrolik hassas kesme presinin kısımları (Feintool, 2001).



Şekil 4.23: Hidrolik preslerin hız karşılaştırılması (Partech).



Şekil 4.24: Hidrolik hassas kesme presi Schmid Press 400 ton (Partech fineblanking).

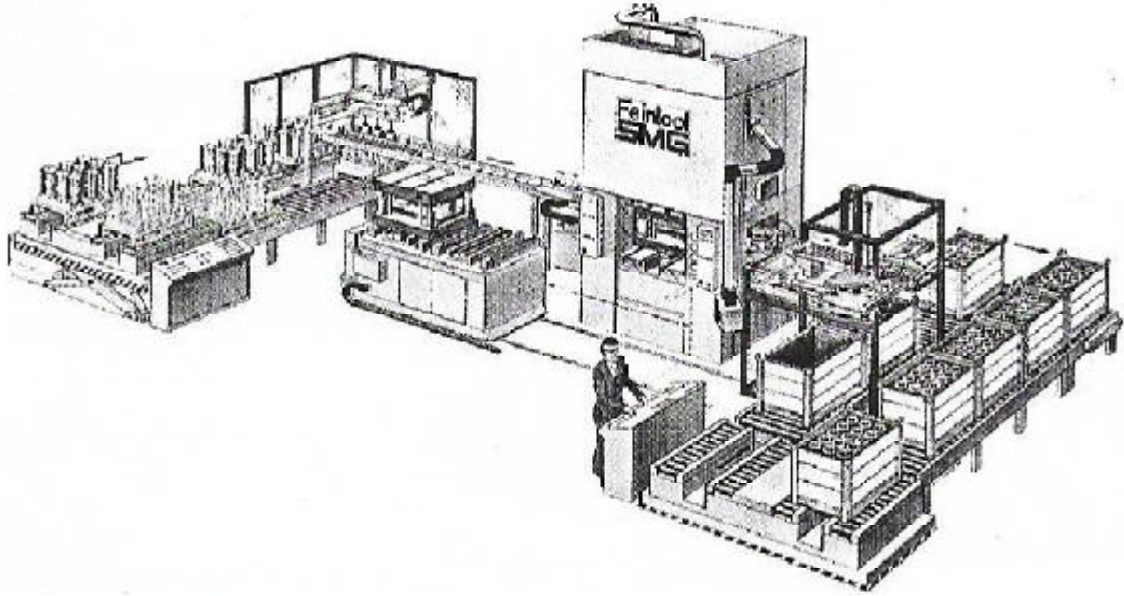


Şekil 4.25: Hidrolik takım başlama sistemleri (Feintool, 2001).

Şekil 4.21’de hidrolik pres çifti ve ona ait ek üniteler gösterilmiştir. Bütün üniteler bir aradadır, tabanda ise koruyucu bir zemin vardır (Feintool, 2001).



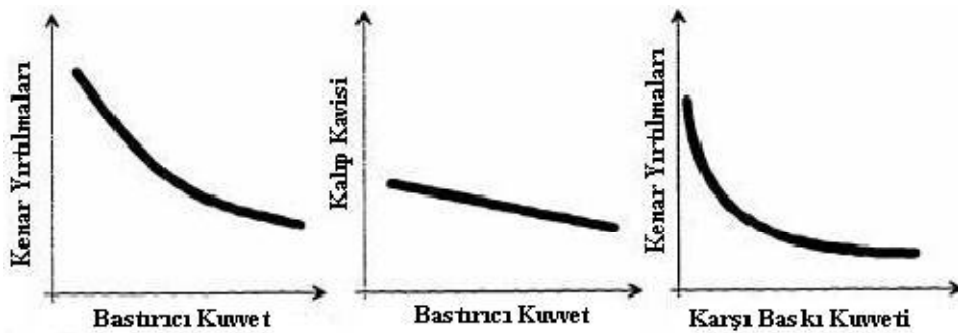
Şekil 4.26: Minimum alana yerleştirilmiş bir hidrolik hassas kesme presi ve ek üniteleri (Feintool, 2001)



Şekil 4.27: İmalat senkronizasyonunda malzeme iletim sisteminin de içerisinde olduğu bir hassas kesme ünitesinin gösterimi (Feintool, 2001).

#### 4.2.4.3 Pres Parametreleri

Birçok işlem performansı ile parça geometrisi, malzeme seçimi ve kalıp geometrisi göz önüne alınarak saptanması, işlem optimizasyonuna ve makine bakımına önemli ölçüde dikkat edilmesi istenmektedir. Daha birçok işlem kalitesine etki eden pres parametreleri vardır ve işlem esnasında da bunlar değiştirilmektedirler. Şekil 4.28 bize, pres parametrelerinin imalat kalitesine ve imalat miktarına nasıl bir etkide bulunduğunu göstermektedir (Feintool, 2001).

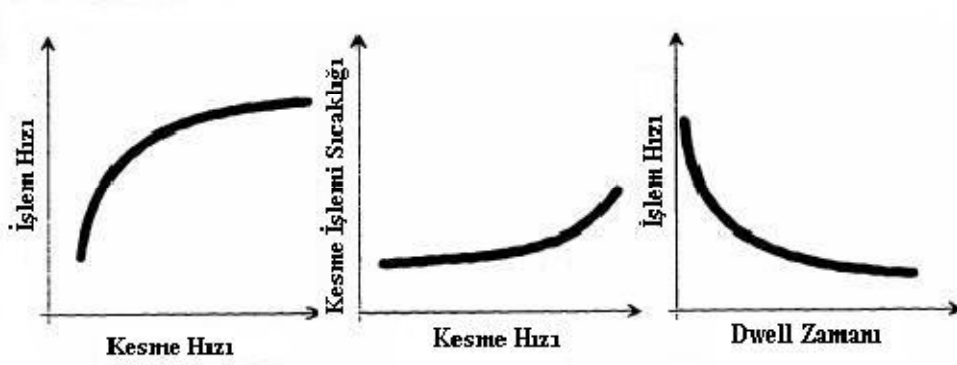


Şekil 4.28: Pres parametrelerinin kenarların yüzey kalitesine etkisi (Feintool, 2001).

Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvveti, kesilen kenar kalitesinin kontrolünde oldukça etkili rol oynamaktadır. Bastırıcı kuvvet, karşı baskı kuvvetine oranla parça yüzey kalitesine daha fazla

etkide bulunmaktadır. Karşı baskı kuvveti sadece iç kısımlarda ki çevre kenar kaliteleri üzerinde etkilidir (Feintool, 2001).

Ardışık kalıplarda parça imalatı döngüsünde, ilk parça imalatı ile bir sonraki parçanın imalatı arasında geçen süreye “Dwell Süresi” denmektedir. Bu süre ardışık kalıplarda, zımbayla delme ve bükme operasyonları için önemlidir (Feintool, 2001).

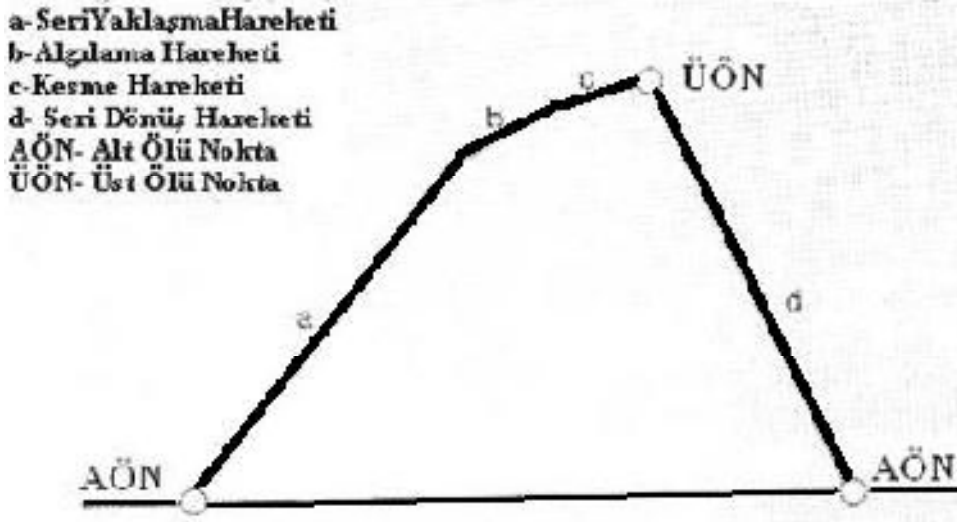


Şekil 4. 29: Pres parametrelerinin, işlem operasyonu üzerindeki etkileri (Feintool, 2001).

Kesme kalıplarında meydana gelen sıcaklıklar, önemli ölçüde kesme hızından etkilenmektedirler. Çünkü en çok ısının meydana geldiği alan kesilme bölgesi olduğundan, hızlı kesme stroklarında ve düşük hızlarda daha çok ısının oluşmasına ve oluşan bu ısının da zımbaya geçişine izin verecektir. Zımba dönüş zamanı, kesme işleminde, en fazla ısının zımbaya transfer olmasından dolayı oldukça fazla bir önem arz etmektedir (Feintool, 2001).

#### 4.2.4.4 Pres Başlığı

Hassas kesmede uygun pres başlığı hızı ve hızın kesme stroğu boyunca nasıl değişimler gösterdiği şekil 4.30'da görülmektedir. Alt ölü noktadan (AÖN) ‘kalıp tamamen açıktır’ pres başlığı önceden ayarlanmış olan kesme alanı boşluğuna kadar hızlı bir yükselişe geçer (a). Pres başlığı hızının (b)’ye kadar yükseldiğinde algılayıcı operatörler devreye girer, eğer takım aralığında yabancı bir cisim yoksa pres başlığı kesme işlemi için uygun bir hızda seyrine devam eder (c) ve kesme işlemi gerçekleştirilir (Feintool, 2001).



Şekil 4.30: Tipik bir hassas kesme işleminde hız varyasyonları (Feintool, 2001).

Kesme hızı hassas kesme işlemindeki en önemli parametrelerden birisidir. Operasyon içerisindeki değeri, işlenen malzeme ve operasyondaki zorluk değerine bağlı olarak ve parçanın kompleks yapısına bağlı olarak 5-50 mm/s arasında değişmektedir. Üst ölü noktada (ÜÖN) kesme işlemi tamamlanır, pres başlığı hızlı bir şekilde en alt noktaya iner (AÖN) (Feintool, 2001).

Pres başlığının hareket evresindeki karakteristik özellik; algılayıcı operasyon ve değişken kesme hızlarıdır. Takım elemanlarının birbirleri ile çarpışması özel ölçümler yapmadan da sağlanabilir, çünkü hassas kesme işlemi prosesin güvenliğini sağlayan kontrolleri içerisinde bulunduran karmaşık bir sistemdir (Feintool, 2001).

## **5. HASSAS KESME ÜRETİLEN PARÇALARIN YÜZEY KALİTESİNE ETKİ EDEN PARAMETRELER:**

Hassas kesme yöntemi klasik kesme yöntemi ile karşılaştırıldığında ileri ve tam boyutlarda imalat yapabilen bir sac şekillendirme yöntemi tanımını önceki bölümlerde de yapmıştır. Hassas kesme ile imal edilmiş parçaların özelliklerine başka herhangi bir sac şekillendirme yöntemi ile ulaşamamaktadır. Hassas kesme işleminin sahip olduğu bu avantajları neticesinde günümüzde kullanım alanı oldukça artmaktadır (Brizer, 1999).

### **5.1 Hassas kesme Parça Malzemesi**

Hassas kesme işlemi, yüksek teknolojinin kullanıldığı pahalı bir sac kesme yöntemidir. Hassas kesme işleminde, ikincil bir ana operasyona gerek kalmadan yüzey hassasiyeti yüksek parçalar elde edilmektedir. Bu hassasiyette parçaların imal edilmesi içinde gerekli bazı kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Bu kriterlerden en önemlisi malzeme uygunluğudur. Uygun olmayan malzemelerle yapılan hassas kesme işleminde elde edilen sonuçlar, klasik kesme yöntemiyle elde edilen sonuçlarla neredeyse aynıdır ve ikinci bir ana operasyona ihtiyaç duyulmaktadır (Brizer, 1999).

#### **5.1.1 Hassas Kesmeye Uygun Olan Malzemeler**

Çelikler açısından bakıldığında zaman, gerek yüzey kalitesi ve gerekse takım ömrü göze alındığında en iyi sonucu çekme gerilmesi 300 – 600 N / mm<sup>2</sup> ve %C; 0,35 olan çelik malzemeler vermektedir. Ayrıca, maksimum karbon oranı % 0,7'ye kadar izin verilen alaşımsız çeliklerde iyi sonuçlar vermektedir. En uygun çelikler, DIN 1624 standartlarında üretilenlerdir (çekme mukavemeti 400 – 500 N/mm<sup>2</sup>) (Brizer, 1999).

Bakır malzemelerde, çekme mukavemeti 250 N/mm<sup>2</sup>'yi aşmayan durumlarda uygun kesme işlemi gerçekleştirilmektedir (Brizer, 1999).

#### **5.1.2 Hassas kesimde kullanılan malzeme İyapısı**

Malzeme iyapısının hassas kesme işleminde yüzey kalitesine olan etkisiyle beraber kalıp ve kesici takım ömrüne de etkisi büyüktür. Çelikler için en önemli durum iyapıdaki karbürün tipi, miktarı, şekli ve dağılımıdır. İyapıdaki demir karbür (Fe<sub>3</sub>C) çelikler için bir karakteristiktir ve hassas kesme kalitesine çok büyük etkisi vardır. Çünkü sementit hem çok sert hem de gevrek bir yapıdır. Karbon oranı, %0,86'dan az çeliklerin sıcak haddelenmesinde, karışık bir iyapı oluşmaktadır. Bu yapı, uygun soğuma hızlarında, kaba perlit, sorbit ve

ferritten oluşmaktadır. Karbon miktarının artırılmasıyla perlit-sorbit miktarında da yükselmeler görülmektedir. Hassas kesme işleminde, kesici uç perlit ve sorbit lamellerini bölmek zorunda kalacaktır. Bu demir karbürlerin parçalanması kesme ucu üzerinde bir metal giyinmesine ve de genelde kesme köşelerinde yırtılmalara yol açacak ve imalat parçasının yüzey kalitesinde bozulmalar meydana gelecektir (Brizer, 1999).

C22, C45 ve 16MnCr5 olan çelikler incelenecektir. Bu malzemeleri üç kısma ayırabiliriz.

1. Grup: Normal Sıcak Haddelenmiş Malzemeler

2. Grup: Yarı Hassas Kesme Kaliteli Malzemeler

3. Grup: Hassas Kesme Kalitesindeki Malzemeler

İlk malzeme grubu sıcak haddelenmiş ve özel bir soğuma prosesine tabi tutulmamıştır. İkinci ve üçüncü yapılar, ikinci bir tavlama operasyonuna tabi tutulmuştur. Parçalar, aynı koşullar altında ve aynı takımlar ile 3 farklı malzemedan imal edilmişlerdir.

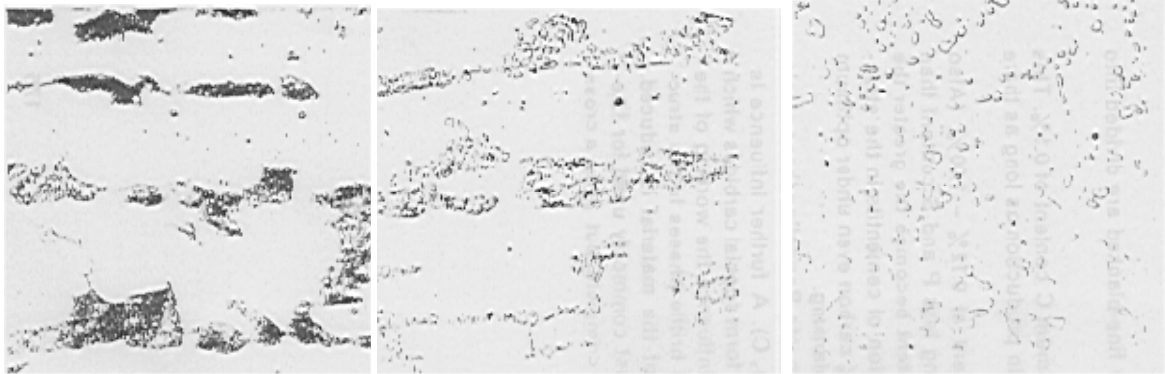
1. Grup yapılar ile basit geometriye sahip olması istenen parçalar hassas kesme ile imal edilmektedir.

2. Grup yapılar da ise fazla karmaşık olmayan parçaların imalatında kullanılmaktadır.

3. Grup yapılar, yüksek derecede sementit değişimi olan yapılardır ve çok karmaşık formlara sahip parçalar yüzey hassasiyeti yüksek olacak şekilde imal edilebilirler.

#### a-) C22 Kalite Çelik:

% : C = 0.24, Si = 0.30 , Mn = 0.42, P = 0.012, S = 0.020



Yapı 1.

Yapı 2.

Yapı 3.

Yapı 1: Sıcak Haddelenmiş Kalitesinde. Kalınlık: 5 (mm) Yapı: Ferrit ve Perlit, Lamelli yapı

Yapı 2: Yarı Hassas Kesme Kaliteli. Kalınlık: 5 (mm). Yapı: Küresel Sementit, Lamelli yapı.

Yapı 3: Hassas Kesme Kalitesinde. Kalınlık: 5 (mm). Yapı: İyi dağılmış, küresel Sementit.



A



B



C

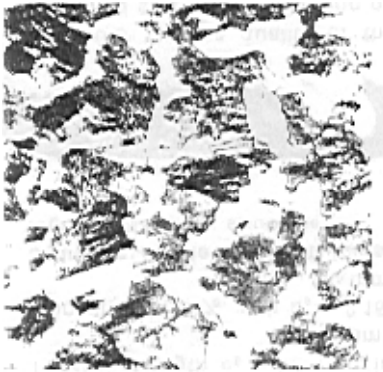
A: Basit şekilli parçaların imalatında kullanılan bu malzemeyle, kesme köşelerinde küçük radyuslar ve kopmalar meydana gelmektedir.

B: Bu yapıyla imal edilen parçalarda, keskin köşelerde bile çok uygun ve temiz kesme yüzeyleri elde edilebilmektedir.

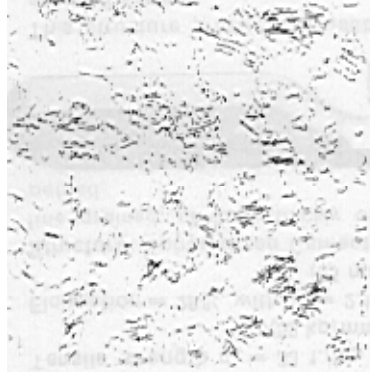
C: Bu yapı C22 malzemesi için optimum hassas kesme malzemesidir. Bu yapıli malzemeyle, karmaşık şekilli parçaların imalatı yüksek hassasiyetle elde edilmektedir.

#### b- C45 Kalite Çelik:

%: C = 0.49, Si = 0.31, Mn = 0.62, P = 0.010 S = 0.020



Yapı 1



Yapı 2



Yapı 3

Yapı 1: Sıcak Haddelen, Kalınlık: 5.30 ( mm ), Yapı: Ferrit ve Perlit

Yapı 2: Yarı Hassas Kesme Kaliteli, Kalınlık: 5.30 ( mm ), Yapı: Küresel Sementit ve Perlit.

Yapı 3: Hassas Kesme Kalitesinde, Kalınlık: 5.30 ( mm ).



A



B



C

A: Bu yapı, temiz bir kesme yüzeyi vermez. Kopmuş kenarlar oluşur.

B: Basit şekilli parçaların imalatında kullanılan bu malzemeyle, kesme kenarlarında kopmalar meydana gelmektedir.

C: Bu yapı C45 malzemesi için optimum hassas kesme malzemesidir. Karmaşık şekilli parçaların imalatı gerçekleştirilir.



Yapı 1



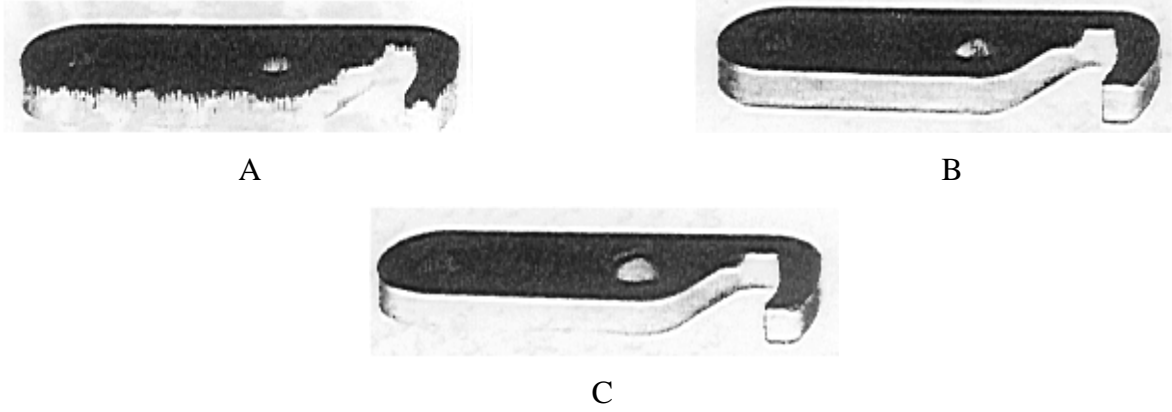
Yapı 2

Yapı 3

Yapı 1: Sıcak Haddelenmiş. Kalınlık: 5.50 ( mm ). Yapı: Ferrit ve Perlit ( iç içe ) lamelli yapı.

Yapı 2: Yarı Hassas Kesme Kaliteli. Kalınlık: 5.50 ( mm ). Yapı: İyi taneli küresel sementit ve yapı içersine kaba dağılımlı.

Yapı 2: Hassas Kesme Kalitesinde. Kalınlık: 5.50 ( mm ). Yapı: iyi taneli küresel sementit ve yapı içersine iyi dağılımlı.



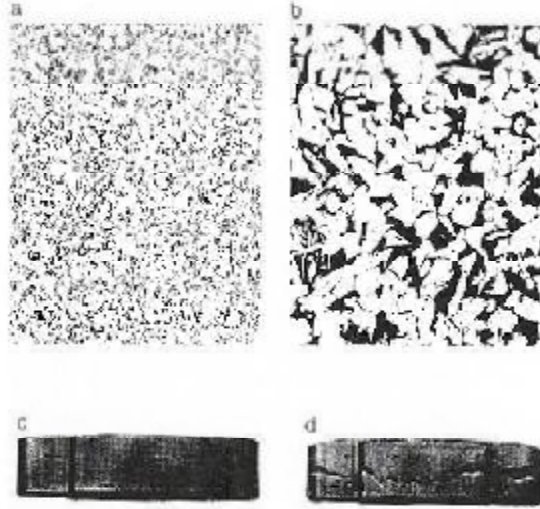
A: Sıcak haddelenmiş şerit yapının neden olduğu kötü yüzey kalitesi.

B: Bu yapıyla imal edilen parçalar, uygun yüzey kalitesi vermektedir.

C: Bu yapı 16 Mn Cr 5 malzemesi için optimum hassas kesme malzemesidir ve karmaşık parçaların bile yüksek yüzey hassasiyetinde işlenebilirliği sağlanmaktadır.

Şekil 5.1’de ise iki farklı iç yapıya sahip malzeme ve bunların hassas kesme ile imalatı görülmektedir. Tavlanmış tipik bir çeliğin (bu östenitik, ferritik ve ince taneli bir çelik olabilir) (a) kesimi neticesinde çapaksız bir parça elde edilmektedir (c). Bu tip çeliklere örnek olarak C45GkZ yüksek sıcaklık tavlanmış çelikler, X5CrNi18.10 paslanmaz çelik, St3 yumuşak, alaşımsız derin çekme çelikleri ve QStE420TM ince taneli çelikler verilebilir (Brizer, 1999).

Isıl işlemden önce ferrit-perlit içeriğine sahip bir yüksek karbonlu C45 çeliğinin içyapısı görülmektedir (b). Hassas kesme işlemi sonucunda oluşan parça (d) derin yırtıklar ve çapakları ihtiva eden bir yapıdadır. Sıcak haddelenmiş, tavlanmamış sac malzemeler, hassas kesme için uygun değildir (Brizer, 1999).



Şekil 5.1: Hassas kesme için uygun olan ve uygun olmayan C45 malzemesi iç yapıları ve hassas kesme köşe kalitelerinin gösterimi (Brizer, 1999).

Hassas kesilen parçaların %90'ı yumuşak veya alaşımsız çelikler, %8'i alüminyum veya alüminyum alaşımı ve %2'de bakır, bakır alaşımları ve diğer metallerdir. Çizelge 5.1'de, hassas kesme parçaları için sık kullanılan malzeme grupları verilmiştir. Gruplandırma, DIN ve Avrupa Normlarında yapılmıştır (Feintool, 2001).

Çizelge 5.1: Hassas Kesme İçin Uygun Malzemeler

Malzeme Grubu	DIN	Avrupa Normu	Tip
Yumuşak, alaşımsız çelikler			
Soğuk haddelenmiş, yumuşak alaşımsız çelikler	1614, Part 1		USt23, St24,
Orta derecede soğuk haddelenmiş yumuşak alaşımsız çelikler	1614, Part 1		UStW23, StW24
Soğuk haddelenmiş sac	1614, Part 1		USt13, St14
<b>Soğuk haddelenmiş sac</b>	<b>1624</b>		<b>St3, St4</b>
Genel kullanım amaçlı çelikler	17100	025-72	St37-3, St44-3
Uygun iç yapıları amaçlı çelikler			
Sıcak haddelenmiş sac SEW 092			QStE340TM QStE420TM QStE500TM
Soğuk Haddelenmiş sac SEW 093			ZStE260 ZStE380 ZStE420
Sementasyon çelikleri	17210	084-70	C10,C15 16MnCr5
Sertleştirilmeye uygun çelikler	17200	083-70	Ck35,Ck45 42CrMo4

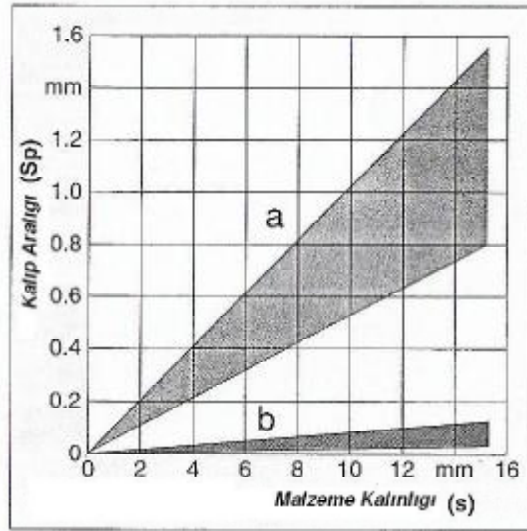
Nitrür sertleştirilmiş çelikler	17211	085-70	34CrAl6 34CrAlMo5
Alev ve indüksiyon sertleşmiş çelikler	17121	086-70	Cf35, Cf53
Yüksek gerinimli çelikler	17280	129-76	11MnNi53, 10Ni14
Takım çelikleri	17350	096-79	C80W1, 100Cr6
Paslanmaz Çelikler	17440	088-86	X6Crt3
			X20Crt3
			X5CrNi810
			X2CrNi911
Alüminyum alaşımları ısı davranışı olmayan	1745, Part 1		AlMn1Mg1
			AlMg3
			AlMg4Mn
Alüminyum alaşımları, ısı davranışlı	1745, Part 1		AlMgSi1
			AlMgSiCu
			AlCuMg1

Bakır ve Bakır alaşımları	17670, Part1		
Saf Katagoriler	17670, Part1		SW-/SF-Cu F20, F22, F24
Bakır-Çinko alaşımları ( Piringç)	17670, Part1		CuZn10F35 max CuZn28F42 max CuZn37F44 max
Bakır-Kalay alaşımları	17670, Part1		CuSn4F47 max CuSn4F47 max
Bakır-Nikel-Kalay alaşımları	17670, Part1		CuNi2Zn24F43max CuNi25F35max.
Bakır-Alüminyum alaşımları	17670, Part1		CuAl8F45max. CuAl8Fe3
Bakır-Berilyum alaşımları	17670, Part1		CuBe1, 7 CuNi2Be

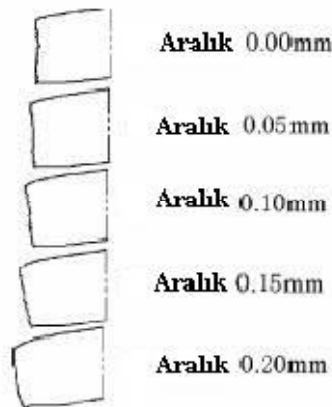
## 5.2 Kalıp Boşluğu

Kalıp boyutları ve zımba boyutları arasında kalan eşit miktardaki değere, kalıp boşluğu denilmektedir. Hassas kesme işleminde kalıp aralıkları klasik kesme yöntemindeki aralıkların onda biridir. Şekil 5.2.

Her iki yöntemde kalıp aralığı, boyutsal açıklık ve çalışan iş parçasının kalınlığı arasındaki ilişkiye karşılık gelen bir yüzde oranıyla ifade edilmektedir. Bir karşılaştırma yapılacak olursa, bir parçada klasik kesme yöntemi için %5–10 arasındayken, hassas kesme de %0,5'dir. Hassas kesme takımı için kalıp aralığı belirlendiğinde malzeme kalınlığı ve zımbanın profili hesaba katılır (Feintool, 2001).



Şekil 5.2: Klasik kesme yöntemi (a) ve hassas kesme (b) için malzeme kalınlık oranlarına göre kalıp aralığı (SP) (Feintool, 2001).

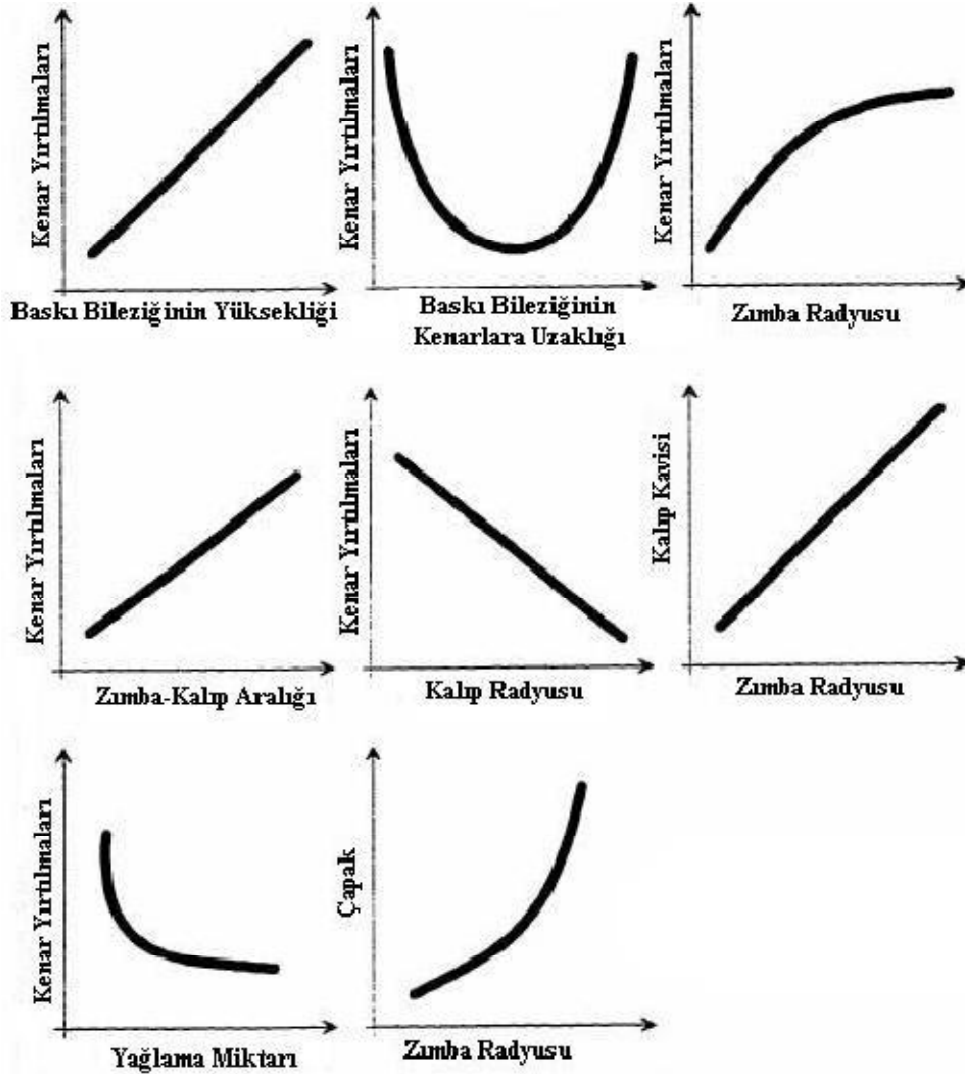


Şekil 5.3: Farklı kalıp aralıklarında elde edilen yüzey kaliteleri (Feintool, 2001).

### 5.3 Hassas kesmede Geometrik Şekiller

#### 5.3.1 Takım Geometrisi

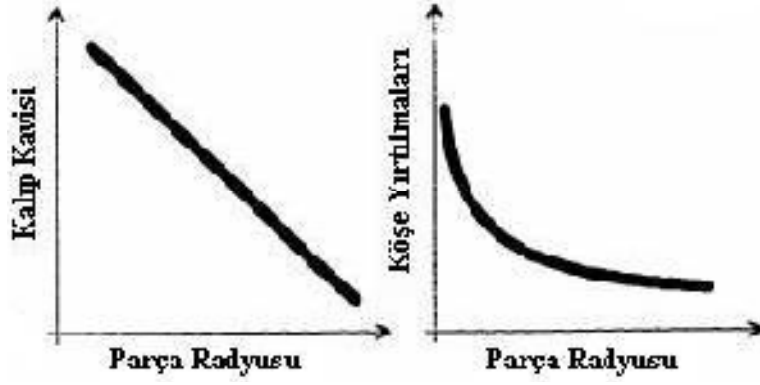
Farklı malzeme seçimleri ve parça geometrisi için, takım geometrisi ve yağlama en iyi şekilde kullanılmak zorundadır. Şekil 5.4’de, kesilen kenar kaliteleri için, takım parametrelerinin nasıl etkide bulunacağı görülmektedir (Feintool, 2001).



Şekil 5.4: Takım geometrisinin etkileri (Feintool, 2001).

#### 5.3.2 Parça Geometrisi

Parça geometrisi de hassas kesme işleminde önemli bir rol oynamaktadır. Parça için gerekli olan maksimum radiusun verilmesi ve deliklerin tutulması işlem hızını ve takım ömrünü koruyabilmektedir. Şekil 5.5’de parça geometrilerinin işlem üzerindeki etkisi görülmektedir (Feintool, 2001).



Şekil 5.5: Parça Geometrisinin Parça Kalitesine Etkisi (Feintool, 2001).

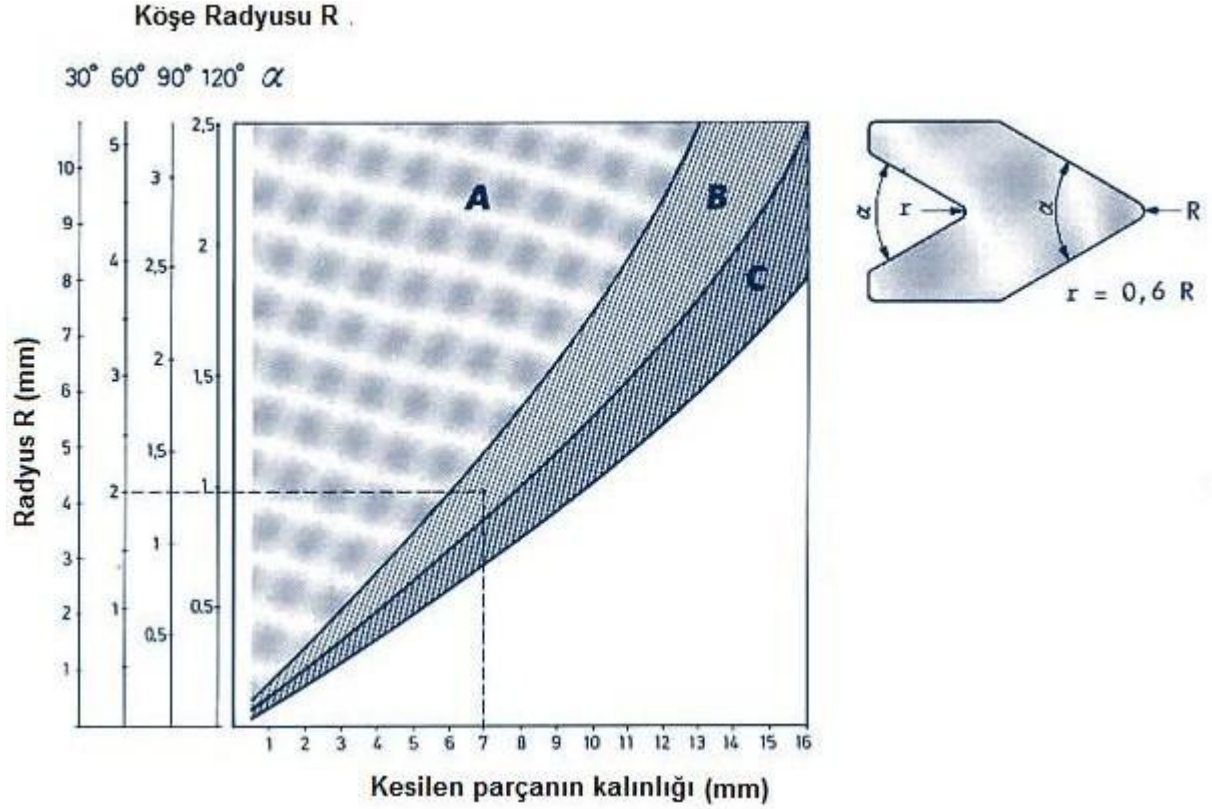
### 5.3.3 Köşe ve Radyuslar

Hassas kesim yaparken izlediğimiz bazı ilkeler esasen parçanın fiyatını ve kalitesini geliştirir.

İç ve dış radyus ölçüleri hassas kesimle üretilen parçalar için kritiktir.

Aşağıdaki diyagramlarda tavsiye edilen yarıçapın ölçüleri gösterilmektedir. Parça zorluğuna göre 3 kısma ayrılmıştır.

- A. Kolay- çok uzun takım ömrü
  - B. Orta- uzun takım ömrü
  - C. Zor-yeterli takım ömrü
- C) gerilme mukavemeti  $600 \text{ N/mm}^2$  y geçmemelidir.
- C) aralığın dışındaysa takım ömrü önemli ölçüde düşer.



Şekil 5.6: Hassas kesmede tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Partechfineblanking).

Örnek

Malzeme kalınlığı 7 mm

$\alpha = 60^0$

R = 2 mm

B - alanı

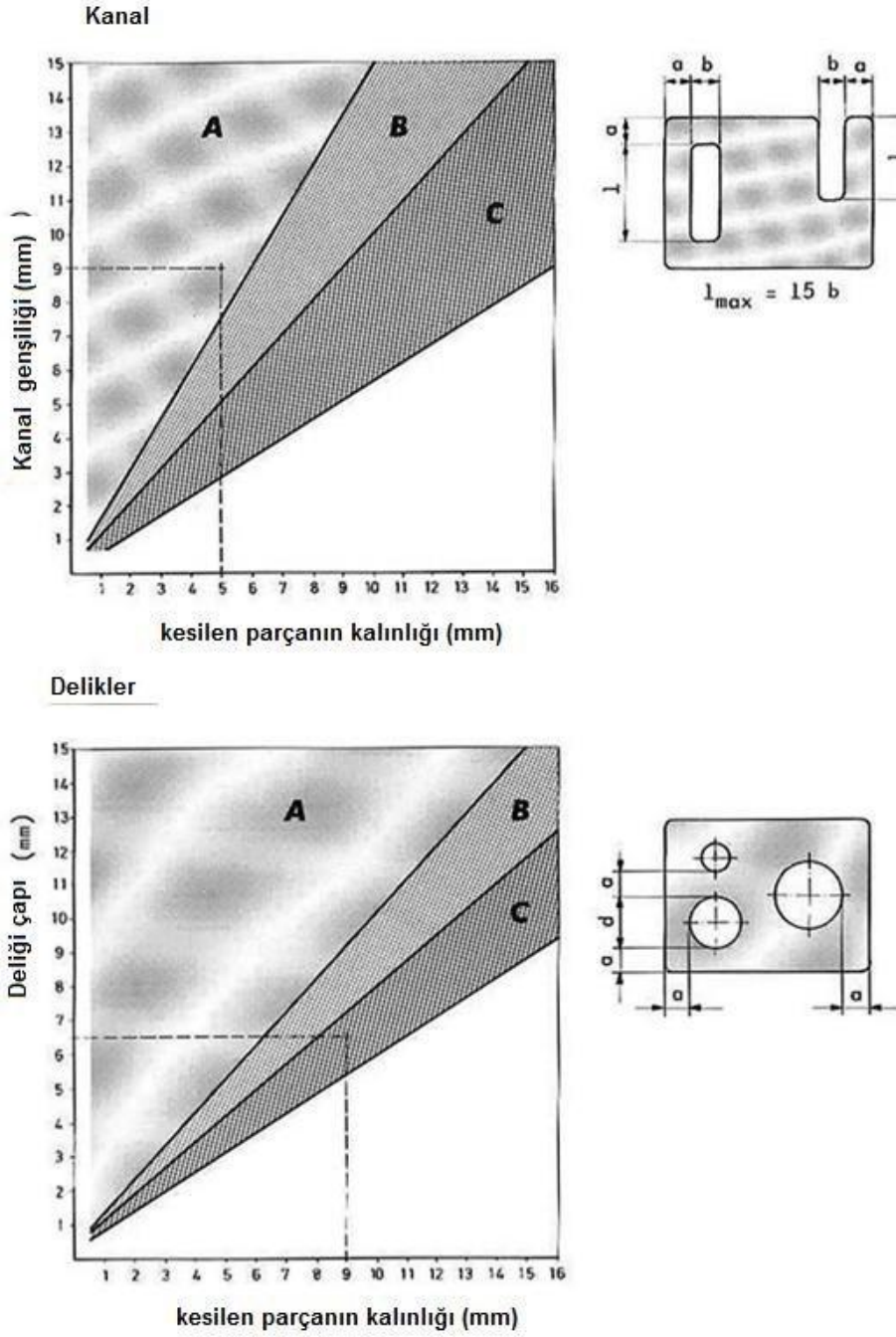
### 5.3.4 Kanallar ve Delikler.

Hassas kesimin en büyük avantajlarından biride onun çok iyi özelliklerde ürünler üretilmesidir. Yuvalar ve delikler parçanın kenarlarında çok yakın bir yere yerleştirilmelidir, ya da birbirlerinin yanına.

Aynı zamanda, hassas kesim ile geleneksel olandan daha küçük delikler üretebilir.

Aşağıda ki şekilde kanal ve delikler için tavsiye edilen tasarım ilkeleridir.

- En iyi takım Ömrü
- İyi takım ömrü
- Yeterli takım ömrü



Şekil 5.7: Hassas kesmede kanallar ve delikler için tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Partechfineblanking).

### 5.3.5 Dişliler

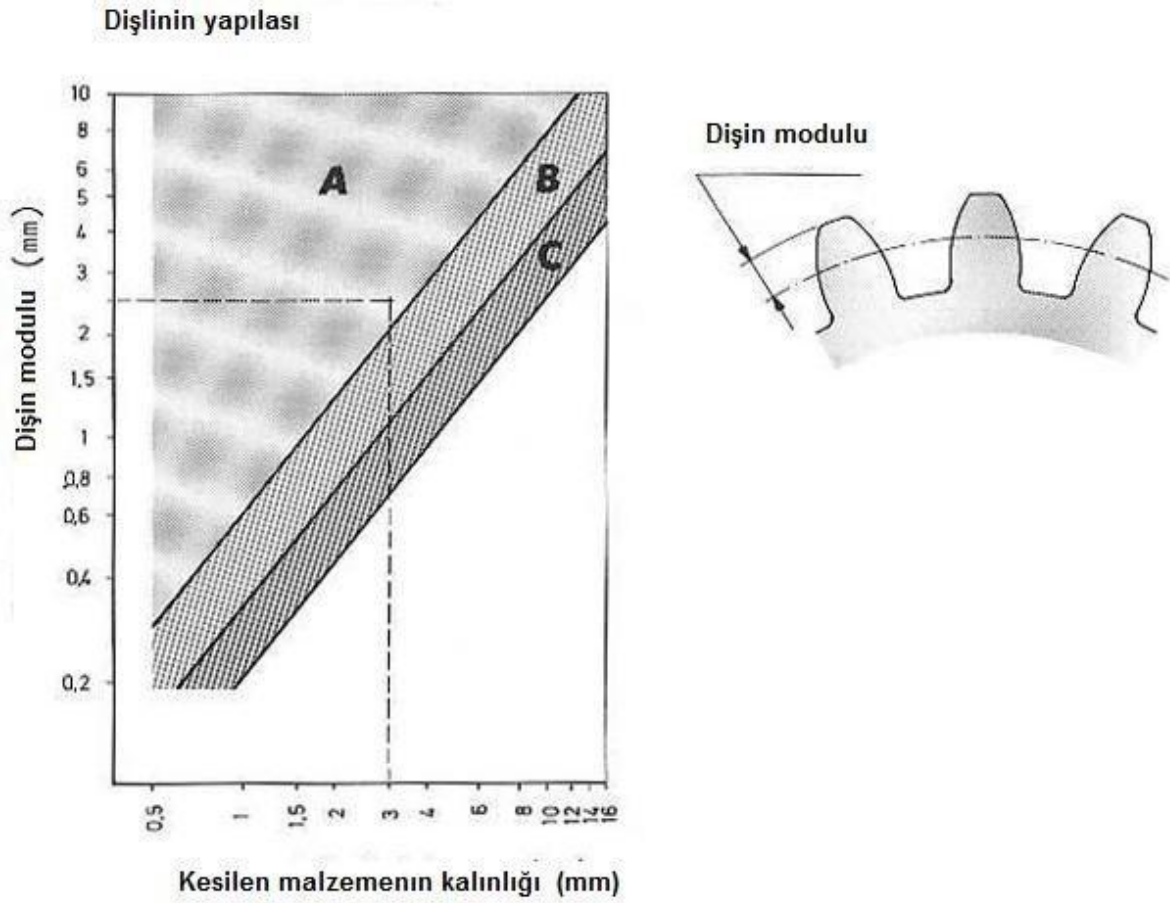
Hassas kesimin en göze çarpan avantajı ise dişli takımlarını üretebilme özelliğidir. Nitekim bu nedenle hassas kesim saat parçalarını üretebilmek için İsviçre’ de geliştirilmiştir.

### 5.3.6 Dişli üretiminde geçerli olan şartlar

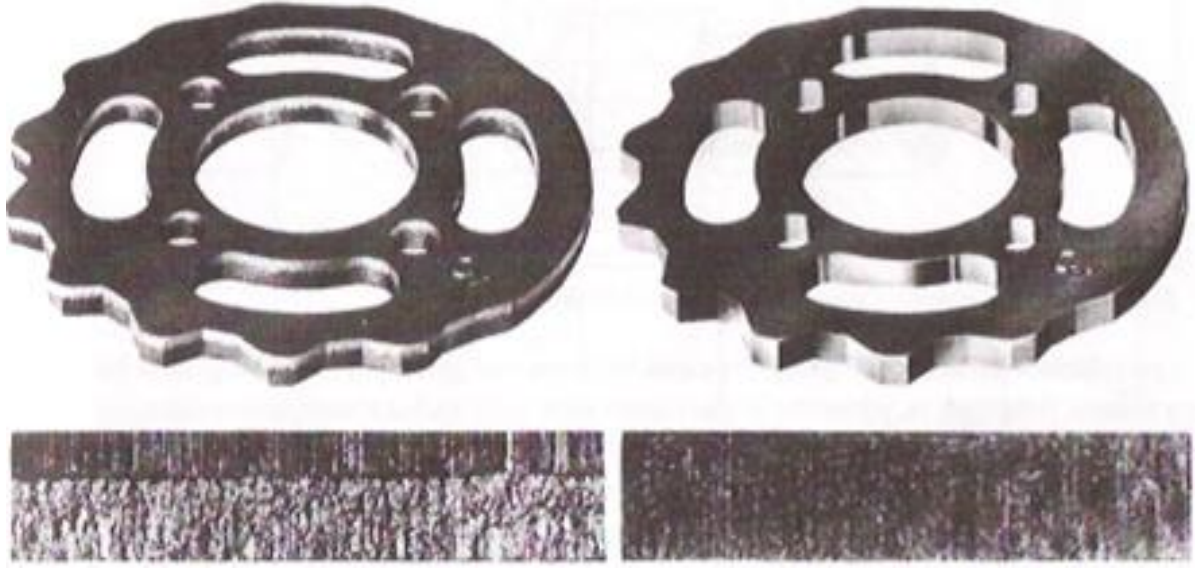
1. Hassasiyet
2. Diklik
3. Pürüzsüzlük

Hassas kesim dişliyi tek bir proseste üretebilen tek takımdır.

Dişlinin yapısı için tasarım limitlerini gösteren tablo aşağıdadır.



Şekil 5.8: Hassas kesmede dişli üretimin tavsiye edilen ölçüleri diyagramı (Partechfineblanking).



Şekil 5.9: Klasik ve Hassas kesmeyle üretilen dişler (Feintool, 2001).

#### 5.4 Yağlama

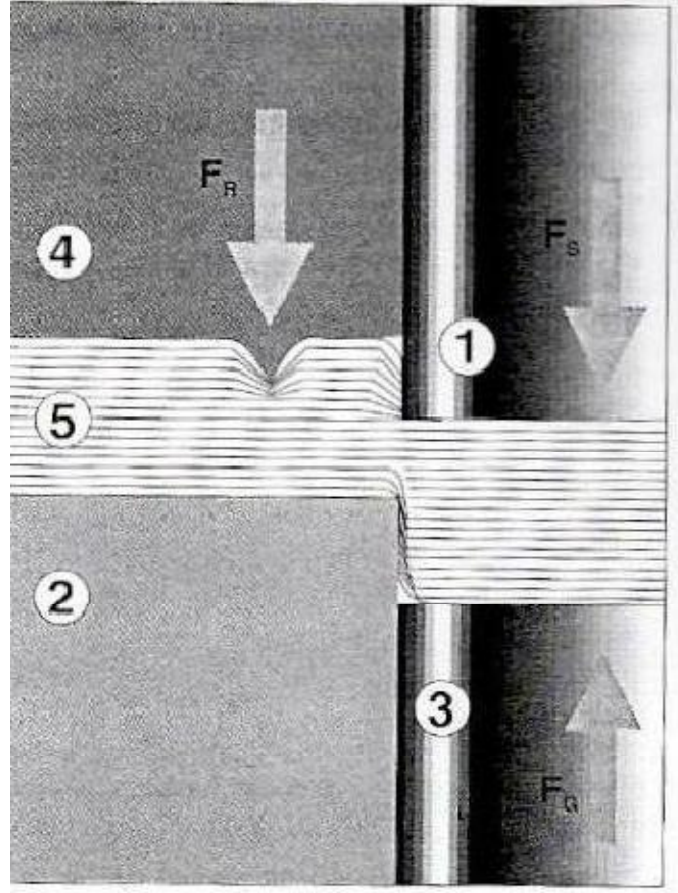
Yağlamasız bir hassas kesme imkânsızdır. Özel hassas kesme yağları, çalışan elemanları gerek oksidasyon aşınması gerekse adezyon aşınmasına karşı korumaktadır. Yağlama özellikle kaplamasız takımlar için büyük önem arz eder. Hatta, takımlarda görev alan kaplamalı aktif elemanlar için bile yağlamanın önemi büyüktür ve takım yüzeylerindeki lokal oksidasyona karşı koruma sağlamaktadır (Feintool, 2001).

Hassas kesme teknolojisinin ilk zamanlarında, yağlayıcı olarak düşünülen klor içeren yağlar kullanılmaktaydı. İş parça malzemesinin kalınlığının ve çeşitlerinin gelişerek değişmesi ile hassas kesme yağları içerisindeki klor miktarında da artış meydana gelmiştir ve günümüzde klor miktarı %50 oranlarına kadar yükselmiştir. Kesme yağları içerisindeki klor, takım yüzeyinde demir klorürü ( $FeCl_3$ ) oluşturur ve bu tabaka ise oksidasyon ve soğuk kaynak aşınmalarına karşı dayanım sağlamaktadır (Feintool, 2001).

Zor çalışma koşullarında ve kalınlığı 6 mm veya üzerinde olan durumlarda, klor ilaveli yağlar kullanılmalıdır veya takımdaki aktif elemanların kaplanması gerekmektedir.

Hassas kesme takımlarının yağlanmasındaki en büyük problem, aktif elemanların iş parçası ile temas ettiği alana kesme yağının ulaşmasındaki güçlülüdür. Kaplamasız takımlarla yapılan

işlemlerde, yetersiz miktardaki yağlama neticesinde takım aşınmaları olayı meydana gelmektedir (Feintool, 2001).



$F_S$ = Kesme Kuvveti	1 Zımba	4 Kılavuz Plakası
$F_R$ = Bastırıcı Kuvvet	2 Kalıp Plakası	5 Malzeme şeridi
$F_G$ = Karşı Baskı Kuvveti	3 İtici	

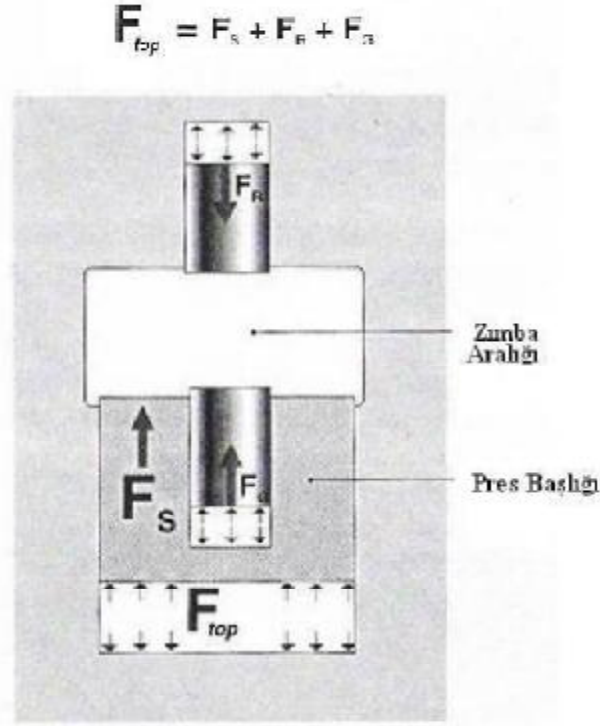
Şekil 5.10: Kesme esnasında meydana gelen sürtünme durumları (Feintool, 2001).

Presin harekete bağlaması ile, iş parçasının üst ve alttaki yüzeyle, hassas kesme yağıyla yağlanmaya bağlanır. Yağlama yağının ıslatma özelliği olduğundan devamlı suretle sac metalin her iki yüzeyinde bir film tabakası oluşturur. Bu özelliklerden ötürü takımlardaki aktif elemanların kesme yağıyla yağlanmasının önemi çok fazladır (Feintool, 2001).

### 5.5 Hassas Kesmede Uygulanılan Kuvvetler

Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvveti hidrolik silindirler yardımıyla oluşturulmaktadır. Bastırıcı kuvvet için gerekli silindir presin üst kısmına, karşı baskı kuvveti için gerekli silindir ise pres başlığın bölgesine yerleştirilmiştir (Şekil 5.11). Bu iki kuvvetin büyüklükleri ve

hareket zamanları gerek duyulduğu takdirde farklı olabilir. Kesme stroğu boyunca pres başlığı, bu üç kuvvetin toplamına eşdeğer bir kuvvet olacak şekilde yukarıya doğru hareket eder (Feintool, 2001).



Şekil 5.11: Hassas kesme işlemi esnasında, pres başlığı üzerinde oluşan kuvvetlerin gösterilişi (Feintool, 2001).

### 5.5.1 Hassas Kesme İşleminde Uygulanan Kuvvetler ve Hesaplanması

Hassas kesmede birbirinden bağımsız olarak çalışan üç ayrı kuvvet vardır. Bu kuvvetler kesme öncesi ( $F_R$ ) bastırıcı kuvveti, ( $F_G$ ) karşı baskı kuvveti ve ( $F_S$ ) kesme kuvvetidir. Kalıbın açılmasından sonra ( $F_{GA}$ ) ejektör (çıkarma) kuvveti ve ( $F_{RA}$ ) sıyırma kuvveti devreye girer.

Malzemenin kalıplar arasında kesilmesini sağlayan kesme kuvvetinin büyüklüğü kesilen uzunluğa, malzemenin kalınlığına ve mukavemetine bağlıdır. Aşağıdaki formülle hesaplanabilir

$$F_S = L \cdot S \cdot \dot{\epsilon} \cdot f_1$$

$F_S$ : Kesme Kuvveti [N],

$L$ : Kesme çevresi boyu [mm],

$S$ : Malzeme kalınlığı, malzeme kalınlığı ve toleransların toplam değeri [mm],

$\dot{I}_C$ : Malzemenin maksimum çekme gerilmesi değeri [N/mm<sup>2</sup>],

f1: Ampirik faktör; 0,9

Bastırıcı kuvveti bütün kesme işlemi boyunca malzemeye uygulanmaktadır. Kuvvet kesme işlemi başlamadan malzemeye uygulanmakta, kesme bitene kadar devam etmektedir

$$F_R = L_R \cdot h \cdot \dot{I}_C \cdot f_2$$

FR: Bastırıcı Kuvvet [N],

LR: Bastırıcı çene uzunluğu [mm],

h: Bastırıcı çenenin yüksekliği [mm], eğer iki adet bastırıcı çene var ise büyük olan göz önünde tutulacaktır.

f2: Ampirik faktör; 4

Karşı baskı kuvvetinin görevi kesme esnasında malzemeyi kesme zımbasına yapışık tutarak düzgün kesilmesini sağlamaktır. Kesilen yüzey büyüklüğüne ve spesifik karşı baskı kuvvetine bağlıdır

$$F_G = A_S \cdot q_G$$

F<sub>G</sub>: Karşı Baskı Kuvveti [N],

A<sub>S</sub>: Kesilen yüzey alanı [mm<sup>2</sup>],

q<sub>G</sub>: Spesifik karşı baskı kuvveti [N/mm<sup>2</sup>]; büyük kalınlıkta parçalar için 70 N/mm<sup>2</sup> üst limittir, küçük kalınlıktaki parçalar içinse 20 N/mm<sup>2</sup>'dir en düşük limit.

$$F_{ges} = F_S + F_R + F_G$$

F<sub>GES</sub> : Toplam Kuvvet [N],

$$F_{RA} = F_S \cdot f_3$$

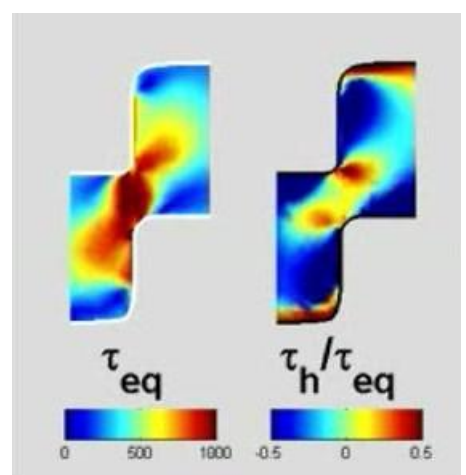
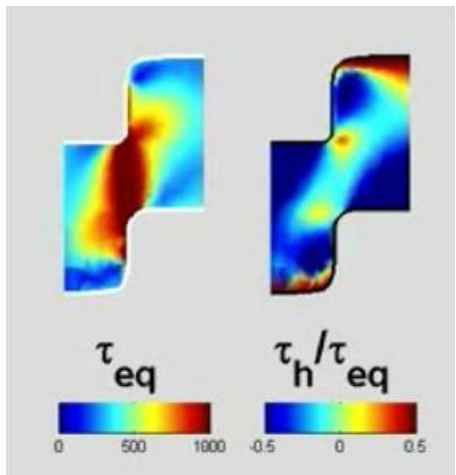
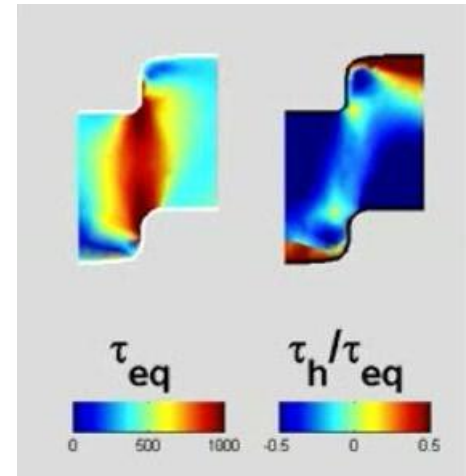
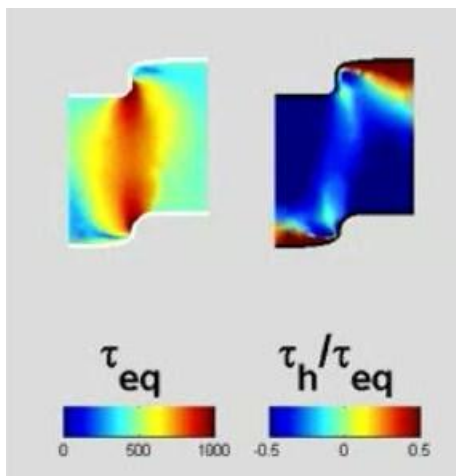
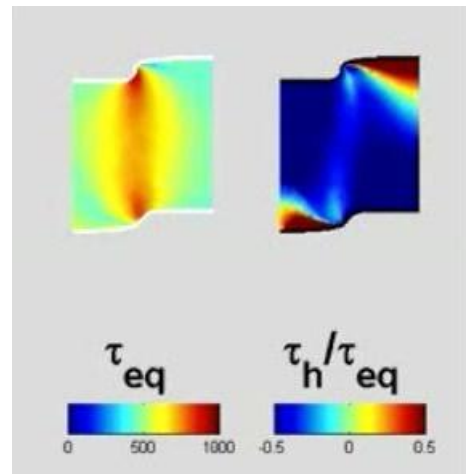
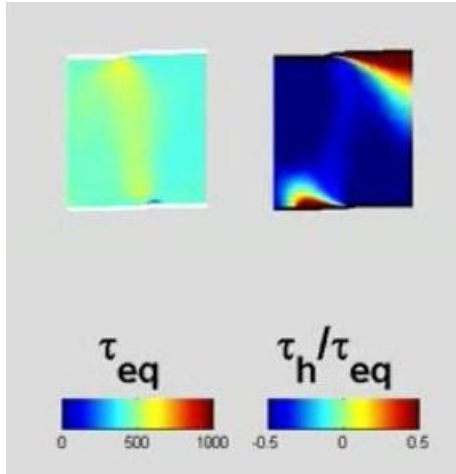
F<sub>RA</sub> : Sıyırıcı kuvvet [N],

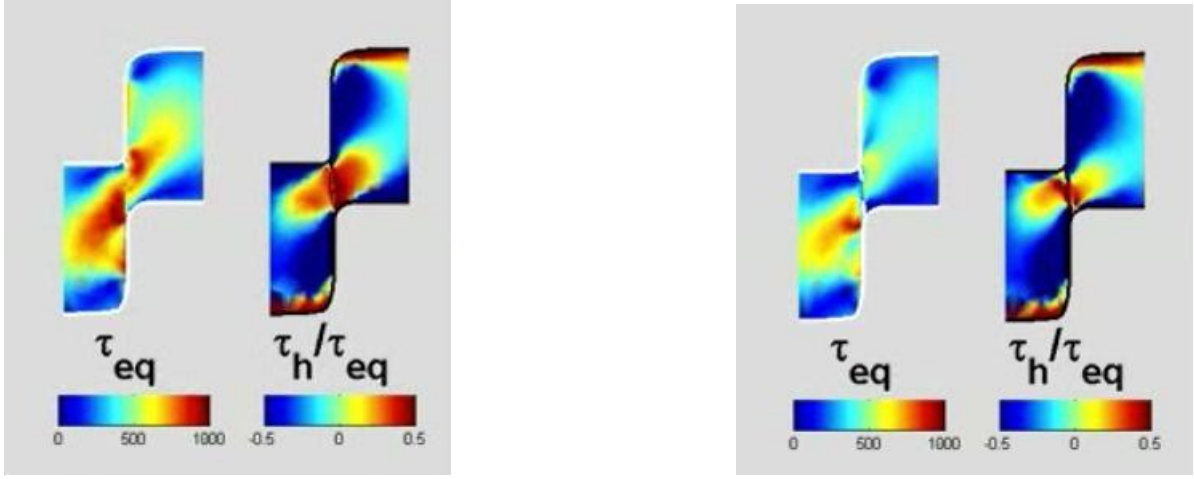
f3: Ampirik faktör; 0,10 - 0,15;

Kesme olayından sonra çökertme kuvveti şeridi zımbadan sıyırma, karşı baskı kuvvet de kesilen pulu dışarı itmeye yarar. Bu kuvvetler kesme kuvvetinin %15'i kadar alınabilir. Bu değer karmaşık dış formu ve pek çok deliği olan parçalarda kullanılır. Basit şekilli parçalarda %10 değeri kullanılabilir

$$F_{GA} = F_S \cdot f_3$$

F<sub>GA</sub>: Ejektör kuvveti [N].





Şekil 5.12: Hassas kesmede oluşan gerilmeler (Partech Corporation).

## 6. Örnekler ve Uygulamalar



Otomotiv sanayi



Tekstil makine sanayi



Ofis gereçleri



Elektronik sanayi



Haberleşme sistemleri



Elektrik ekipmanları



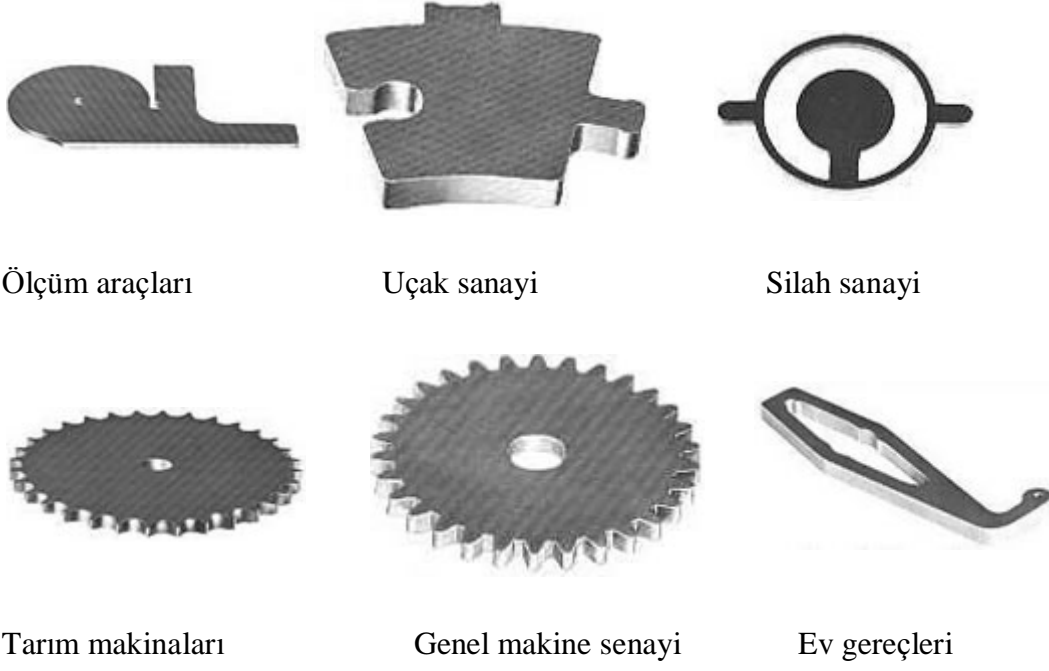
Optik ürünler



Dikiş Makinaları



Kilit ve anahtarlar



Şekil 6.1: Hassas kesim parçaları makinelerin ve ekipmanların özellikle yüksek doğruluk gerektiren parça arklarında büyük bir miktarda üretilmektedir.



Şekil 6.2: Hassas kesmeyle yapılmış parçalar. Buradaki detaylarda hassas kesimin nasıl bir düzlük sağladığını görmekteyiz.



Şekil 6.3: Bu örneklerde hassas kesimin ne kadar esnek olduğunu bir kez daha görüyoruz. Küçük ve nazik elektronik parçalarda bu yöntemlerle üretilebilir.

## 6.1 Elektrik ve Elektronik Cihazlar



Şekil 6.4: Hassas kesmeyle üretilen Elektrik ve Elektronik Cihaz örnekleri

Hassas kesim elektronik imalatçıların istediği toleransları sağlamada çok çekici bir unsur haline gelmiştir.

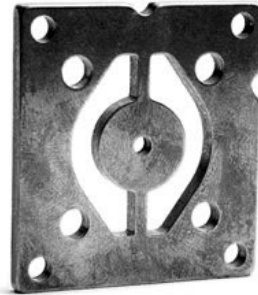
Bu sektörlerdeki imalatların ekipmanın sağladığı teknoloji kadar, görünümünde modern olmasını beklenmektedir. Hassas kesim makinelerinin her zaman üzerinde durduğu konu yüksek kalitedir.

- Üstün pürüzsüzlük (0.0254 mm)
- Profil tolerans (0.0254 mm)
- Doğru ayarlama
- ve delik ölçüleri (0.0254 mm) hassasiyete inebilmektedir.



Şekil 6.5: Hassas kesmeyle üretilen Elektrik barası

## 6.2 Hidrolik ve Pnömatik cihazların üretimi:



Şekil 6.6: Hassas kesmeyle üretilen Hidrolik ve Pnömatik cihaz

Kısaca,

- hidrolik pompalar
- hidrolik motorlar

- servo valfler
- nispi valfler
- elektrikli kontrol valfleri, kullanılan tüm ara metal parçalar hassas kesme ile üretilmektedir

### 6.3 Tıbbi Cihazlar;

Tıp sektöründe kullanılan cihazların üretilen. Defibrilatör ve kalp atışını ayarlamakta kullanılan cihazlar gibi vücut içine yerleştirilen cihazı. Aynı zamanda cerrahide kullanılan küçük bıçakları ve aparatların hareketli aksamalarda kullanılmaktadır.



Şekil 6.7: Hassas kesmeyle üretilen tıp sektöründe kullanılan bir ürün.

### 6.4 Örnek;

Hassasiyet : +/-0.001 mm toleransla düzlük, delik ölçüleri, profiller & doğru pozisyonlara

Malzemeler: tüm demirli ve demirsiz alaşımlar, içeriği:

Çelik, paslanmaz çelik, titanyum, inconel, bakır ve alüminyum

Malzeme Kalınlıkları:

Çelik için: 7.62 mm

Paslanmaz çelik için: 4.5 mm

Alüminyum için: 9.52 mm

Bakır için: 6.35 mm

Titanyum için: 3.17 mm

Tüm malzemeler için minimum 0.25 mm kalınlık





## 7 SONUÇLAR

Hassas kesme günümüzde üretim maliyetinin azalması ürün kalitesinin artması, ara işlemlerini azalması için klasik kesme yöntemlerine karşı bilinen son noktadır.

Hassas kesme işlemi, sahip olduğu kendine has karakteristikler yüzünden ekonomik anlamda pahalı bir talaşsız şekillendirme yöntemidir. Gerek preslerinin pahalı olması ve gerekse kalıp donatılarının karmaşık ve zor işlenebilir olması hassas kesme işleminin yatırım maliyetini artırmaktadır.

Ancak, hassas kesme ile elde edilen parçaların yüzey kalitelerinin yüksek olması ve neticesinde ikinci bir ana operasyona gerek duyulmaması, hassas kesme işlemi ile verimliliğin artırılması, malzeme tasarrufu sağlanması ve dolayısıyla işçilik maliyetinin azaltılması, hassas kesme için yapılan yatırımın kısa sürede yeniden kazanılacağı sonucunu doğurmaktadır. Hassas kesimde ürün kalitesini artırmak aşağıda belirtilen maddelerle mümkündür;

- 1- Kesilecek malzeme kalitesinin belirtilmesi.
- 2 - Doğru kalıp ve zımba sistemi dizaynı.
- 3 - Uygun presin seçilmesi.
- 4 - Yeterli kuvveti belirlemesi.
- 5 - Yeterli kesme hızının belirtilmesi.
- 6 - Doğru yağlama sisteminin uygulanması.

Hassas kesme işleminde bastırıcı kuvvetin kesilen parça yüzey kalitesine optimum bir etkisi mevcuttur. Kesilen yüzey kalitesinin arttırılmasında karşı baskı kuvvetinin, bastırıcı kuvvetten daha az etkili olduğu görülmektedir.

Hassas kesme işlemi ile oluşturulan kuvvetler, klasik kesme yöntemi sırasında oluşturulan kuvvetlerin 1,5–2,5 katı kadardır.

Düşük karbonlu çelikler, yüksek karbonlu çeliklere oranla daha kolay hassas kesilebilmektedirler.

Alışılmış kesme yönteminde malzeme kalınlığının 1/3'ü kesilirken, hassas kesme işleminde malzemenin tüm kalınlığı boyunca kesme işlemi gerçekleştirilmektedir.

Hassas kesme işleminde bileşik, ardışık ve bir arada kesme ve şekillendirme kalıpları olmak üzere üç tip kalıp kullanılmaktadır.

Hassas kesme işleminde kullanılan presler işlem için özel dizayn edilmiş olan yüksek kesme kuvveti kapasiteli ve ayrıca kesme hızı da malzeme kalınlığına göre ayarlanabilen aksesuar ile donatılmış hidrolik ve mekanik preslerdir.

Hassas kesme işleminde zımba – kalıp aralığı küçük olmalıdır. Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvveti arttığında kesilen parçalardaki şekil ve ölçü tamlığı da artmaktadır.

Bastırıcı kuvvet ve karşı baskı kuvvetinin artmasıyla, malzeme üzerine gelen hidrostatik gerilme kuvvetinde de artma olacaktır. Zımba – kalıp aralığının düşürülmesi ve baskı çenelerinin 90° olması malzemenin plastiklik özelliğini artıracak, böylece kesme işleminde meydana gelen kopma ve yırtılmalardan kaçınılmış olunacaktır.

Hassas kesme işlemi, kesme işleminden çok ekstrüzyon işlemi ile benzerlik taşımaktadır. Sahip olduğu bu özelliğin avantajlarını kullanarak hassas kesme ile ekstrüzyon, yarı delme, kabartı oluşturma vb. işlemlerde kolaylıkla gerçekleştirilmektedir.

Hassas kesme; Ra= 0,5 mikron mertebesinde yüzey kalitesi sunmaktadır. Üç etkili presin yardımıyla, malzeme, kesme alanının hem içinde hem de dışında etki altındadır ve tam düzgünlükte parça imalatı gerçekleştirilmektedir. Taşlama ile elde edilen yüzey kalitesi ise Ra= 0,3–0,4 mikron seviyelerindedir. Buradan da hassas kesme ile elde edilen yüzey kalitelerinin talaşlı şekillendirme ile elde edilen yüzey kalitelerine yakın olduğu sonucu çıkmaktadır.

Hassas kesme ile malzeme kalınlığından daha küçük (%60 x saç kalınlığı) delikler sorunsuzca basılabilmektedir. Havşalı ve faturalı delikler, kısmi kesme ve çökertmeler, dişli çarklar vb. işlemler hassas kesme tekniği ile ikinci bir operasyon gerektirmeyecek şekilde imal edilebilmektedir.

Hassas kesme kalıplarında kesme boşluğu toleransı oldukça düşüktür. Bunun yaratacağı bir

takım dezavantajlar yağlama işlemi ile önlenir. Hassas kesme tekniğinde özel yağlar kullanılmaktadır. Kullanılan yağlarda olması gereken başlıca özellikler vardır bunlar;

- Islatma özelliği.
- Püskürtme özelliği.
- Yağlama özelliği.
- Basınç ve ısıya dayanım özelliği.
- Çevrecilik ve sağlığa zararsızlık özelliği.

Hassas kesme yağının başlıca görevi, yapışma paslanma aşınmasının etkilerini ortadan kaldırmak, bunun yanında iş parçasının kalitesini artırmak, kalıpların servis ömürlerini uzatmaktır.

**KAYNAKLAR**

Forming and Fine Blanking Technical Review, Fentool AG Lyss CH-3250 Lyss, Industriering3, Swizerland 2001

Çapan, L. Plastik Şekillendirmede Kalıp Tasarımı ve Pratik Uygulamalar, TMMOB Seminer Notları, İstanbul, 1994.

Kurt, H. Kalıpçılık Tekniği ve Tasarım Kesme kalıpları, İstanbul 2002

Sorgenfrei, A.R. "Finite Element Modeling of Fine Blanking: Towards Supervisory Control of the Production Process". Michigan Technological University, 1997.

Gang, F., Zeng, P. ve Lou, L., "Finite Element Simulation of the Effect of Clearance on the Forming Quality in the Blanking Process", Journal of Materials Processing Technology, 2002.

König, W., Rotter, F. ve Krapoth, A. Feinschneiden Dicker Bleche Experiment und Theorie, 1984.

Birzer, F. "Fine Blanking Techniques for Producing Automotive and Accesory Componenets", Journal of Sheet Metal Industries, vol. 59, no.3, pp 214-224, March 1982

Maeda, T. Theory of the Shearing Mechanism for sheet metals with punch and die, 1959.

Jimma, T. The Theoretical Research on the Blanking of a sheet Material, Bulletin of the JSME, 1963.

Jana, S. ve Ong, N.S. Effect of Punch Clearance in the High-Speed Blanking Of Thick Metals Using an Accelerator Designed for a Mechanical Pres, 1989.

Quayhackx, J., "The Fundamentals of Fine Blanking" Stamping Quarterly Fall, pp. 12-18 1991

[www.fineblanking.net](http://www.fineblanking.net)

Brizer, F. “ Fine Blanking Materials”, Fine Blanking Technical Review, no:29 pp.22-28, 1999.

[http://www.partechfineblanking.com/design\\_guide/allowances.htm](http://www.partechfineblanking.com/design_guide/allowances.htm)

<http://www.kalipteknolojisi.net/forum/index.php?topic=498.0>

Güneş, A.T., Pres İşleri Tekniği, Cilt 3, MMO, Ankara, 2003

Kavas, A., Saç Kalıpcılığında Çift Etkili Hassas Kesme Tekniği, Gazi Üniv. Tek. Eğt. Fak. Mezuniyet Tezi, Ankara, 1997.

Ataşımşek, S., Saç Kalıpları, Bursa, 1981

Popat, P.B. Finite Element Analysis of the Blanking Process, 1989.

Rotter, F. Feinschneiden Dicker Bleche, Tag Der Mündlichen Prüfung 1984.

M. E. Zubkov, Listovaya Shatmpovka, Uchebnik dlya studentov obuchayushihhsya po spetsalnosti ( Mashini i texnologiya obrabotki materialov pod dovleniem ) Leningrad 1980.

L.A. Shafran, Teoriya i rascheti dlya protsesov holodnoy shatmpovki Moskva 1985.

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı: Farid

Soyadı: Rustamov

Baba adı Zakir

Doğum Tarihi: 23.08.1984

Doğum Yeri: Azerbaycan. Bakü

Uyruğu: Azerbaycan.

Mektep 1990 – 2001 No 46 Mektebi.

Lisans 2001 – 2005 Azerbaycan Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak Makine Mühendisliği Bölümü.

**Çalıştığı Kurumlar**

2001 – 2004 Magestral Express Tornacı, İş güvenliği elemanı Bakü Azerbaycan.

2004 – 2005 Petrol çıkartma makinaların tamiri Bakü Azerbaycan.

**Bildiği Yabancı Diller**

Rusça Çok iyi

Ukraynaca Çok iyi

İngilizce Orta

Azerice Anadili

Türkçe İyi