

Okan Üniversitesi MYO

MUTK215

HAVACILIKTA İMALAT İŞLEMLERİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoglu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 8

Havacılıkta İmalat İşlemleri

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

[http://**okanuni.eren.xyz**](http://okanuni.eren.xyz)

Web adresinden indirebilirsiniz.

İmal Usulleri

Döküm / Katılaştırma	Talaşlı Şekil Verme	Plastik Şekil Verme	Birleştirme
Demir Esaslı	Torna	Haddeleme	Kaynak Tekniği
Demir Esaslı Olmayan	Freze	Ekstrüzyon	* TIG, MIG, Laser
	Matkap	Ovalama (vida dişi açma)	* Elektrik ark
Kum Kalıba	Azdırma, Vida Açma	Tel ve Çubuk Çekme	* Gaz altı, toz altı
Sürekli Kalıba	Taşlama (Aşındırma)	Serbest Dövme ve Basma	* Oksi-asetilen
Basıncılı	Vargel / Planya	Kalıpta Dövme ve Basma	* Sürtünme, ultrasonik
Santrifüj	Rayba	Kesme, bükme, kıvrırma	Puntalama
Plastik Enjeksiyon	Broş	Presleme	Lehimleme
Silikon Kalıplama	Lazer / Su Jeti ile kesme	Derin çekme	Perçinleme
	Testere ile kesme	Sıvama	Yapıştırma
	Isıl ve Kimyasal Yöntemler	CNC Punch	

Önemli Başlıklar

- Dövme
 - Kapalı Kalıpla Dövme / Çapaksız Dövme / Hassas Dövme
- Yığma ve Baş Şişirme
- Sac Metal Şekillendirme
 - Kesme / Bükme / Profil Bükme
- Diğer
 - Zımbalama / Merdanelerle Şekillendirme
- Kesme Kalıbı / Progresif Kalıplar / CNC Punch

Metallerin Plastik Şekil Değiştirmesi

* Kalıcı Deformasyon Yöntemleri *

[Forming]

[Mechanical Deformation Processes]

(Devam)

Plastik Şekil Verme Yöntemleri [Metal Forming]

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri	Temel Sac Şekillendirme Yöntemleri	Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri	
○ Haddeleme	○ Kesme	○ Germe	
○ Dövme	○ Bükme	○ Sıvama	
○ Ekstrüzyon	○ Derin Çekme	○ Hidro Şekillendirme	
○ Çubuk / Tel Çekme		○ Merdanelerle Şekillendirme	
○ Ovalama		○ Yüksek Hızda Şek. Yöntemleri	

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Form Verme Yöntemleri

Dövme / Sac Kesme-Bükme / Derin Çekme

PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

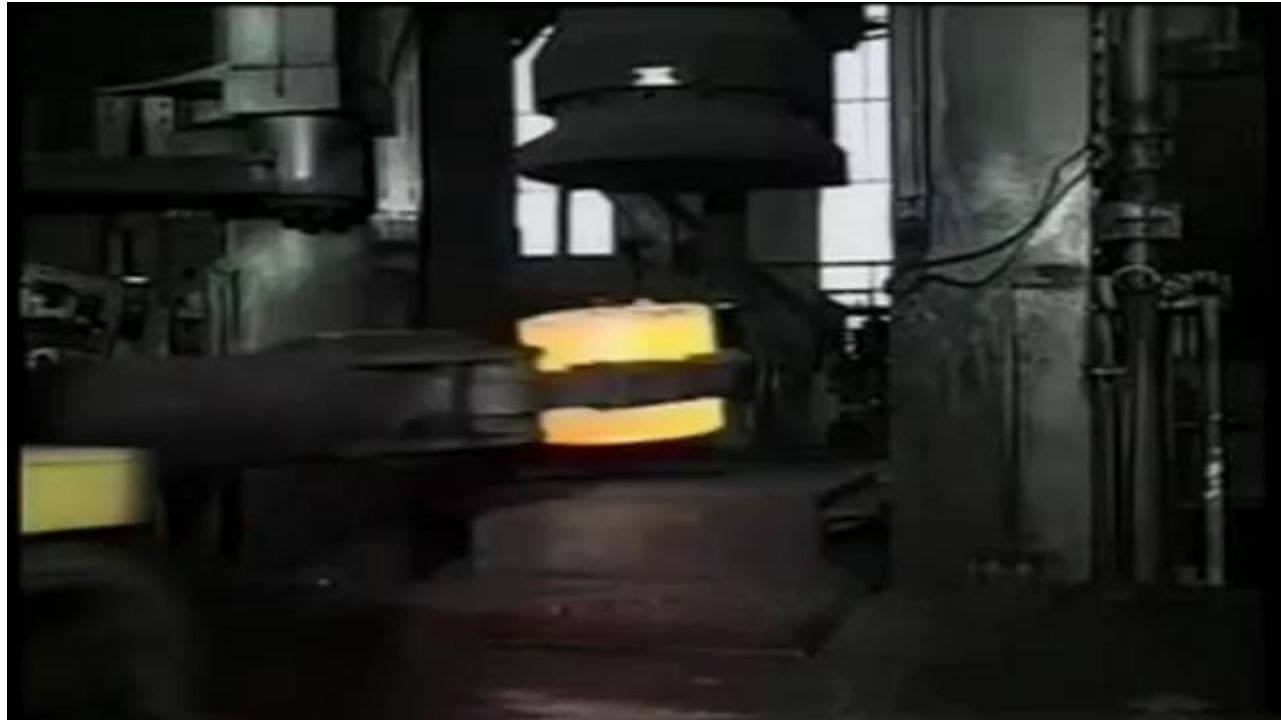
Dövme

Dövme (*PŞV*)

- Açık Kalıpla Dövme
 - Sürtünmeli / Sürtünmesiz Açık Kalıpla Dövme
- Kapalı Kalıpla Dövme
- Çapaksız Dövme (Hassas Dövme)
- Yığma ve Baş Şişirme
- Döner Kalıpla Çekme
- Merdaneyle Dövme
- Orbital Dövme

Dövme

- *Örnek Video:*
Çelik dövme
çeşitleri



Dövme (*PŞV*)

- Açık Kalıpla Dövme
 - Sürtünmeli / Sürtünmesiz Açık Kalıpla Dövme
- Kapalı Kalıpla Dövme
- Çapaksız Dövme (Hassas Dövme)
- Yığma ve Baş Şişirme
- Döner Kalıpla Çekme (Tokaçlama)
- Merdaneyle Dövme (Haddeleyerek Dövme)
- Orbital Dövme

Dövme (*PŞV*)

Parçanın iki kalıp arasında sıkıştırıldığı deformasyon yöntemi

- Metal şekillendirme işlemleri arasında en eskisi; geçmişi yaklaşık M.Ö. 5000



Dövme (*PŞV*)

- Parçalar: motor krank milleri, biyel kolları, dişliler, moment kolları, uçak yapısal parçaları, jet motoru parçaları
- Ayrıca, temel metal endüstrisi, sonradan talaş kaldırılarak son şekline ve boyutuna getirilecek büyük parçaların başlangıçtaki büyük formlarını elde etmek için dövmeyi kullanır

Dövme İşlemlerinin Sınıflandırılması

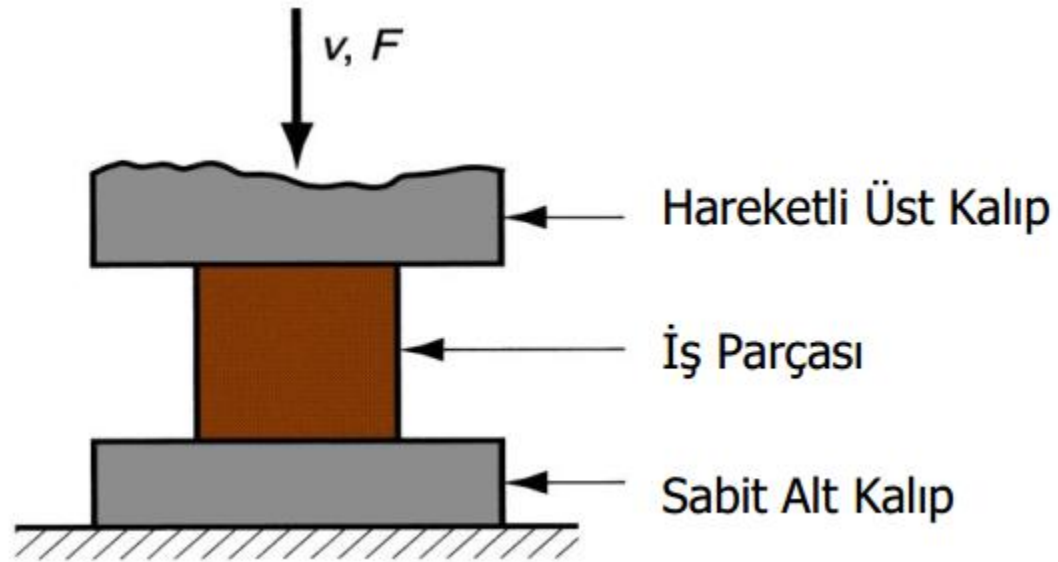
- Soğuk veya sıcak dövme:
 - Sıcak veya ılık dövme – önemli oranda deformasyon gerektiğinden ve parça malzemesinin dayanımını düşürüp sünekliğini arttırmak ihtiyacından dolayı en yaygın yöntem
 - Soğuk dövme – üstünlüğü: şekil değiştirme sertleşmesinden kaynaklanan artan dayanım
- Darbe veya preste dövme:
 - Dövme şahmerdanı – bir darbe yükü uygular
 - Dövme presi – yavaş basınç uygular

Dövme Kalıplarının Türleri

- Açık kalıpta dövme – parça, malzemenin en az sınırlama oluşacak şekilde akmasını sağlamak üzere, iki düz kalıp arasında sıkıştırılır
- Kapalı kalıpta dövme – kalıp, parçayı içine alacak boşluk veya bölüm içerir
 - Metalin akışı, çapak oluşacak şekilde gerçekleştirilir
- Çapaksız dövme – parça tamamen kalıp içinde şekillendirilir
 - Fazladan çapak oluşmaz

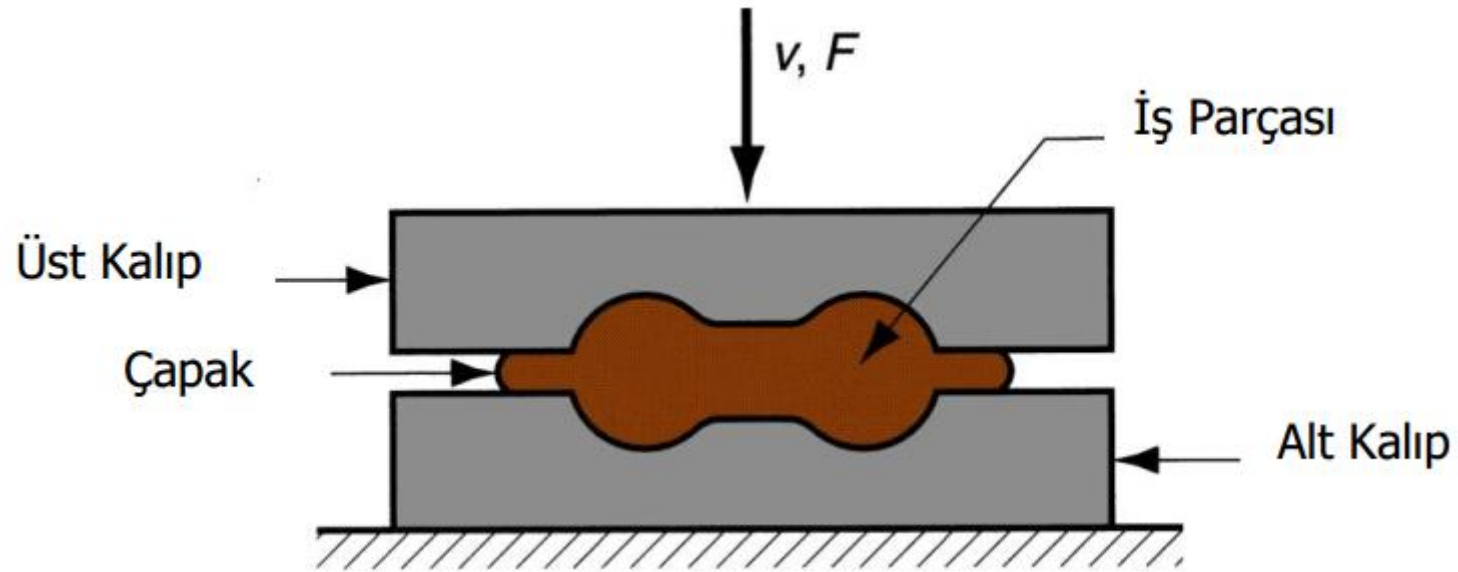
Dövme Kalıplarının Türleri

- Açık kalıpta dövme



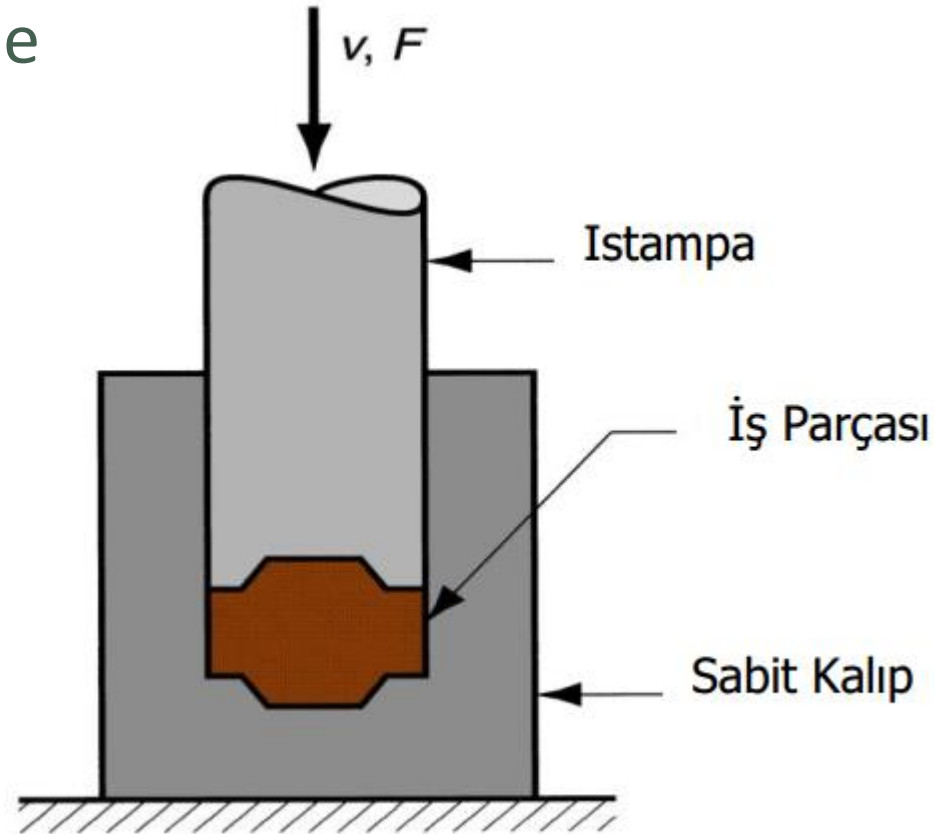
Dövme Kalıplarının Türleri

- Kapalı kalıpta çapaklı dövme



Dövme Kalıplarının Türleri

- Kapalı kalıpta çapaksız dövme



PŞV / Dövme / Açık Kalıpla Dövme

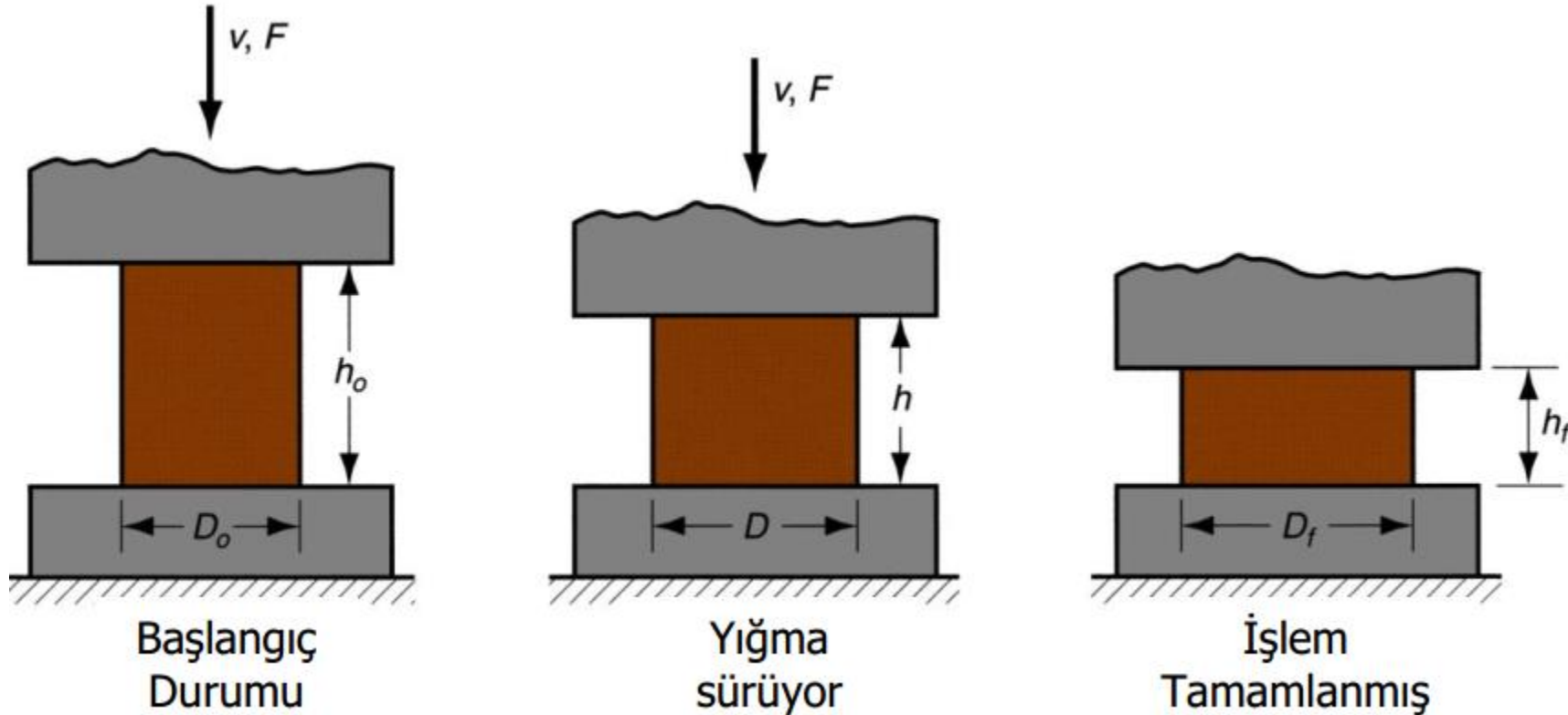
Parçanın iki düz kalıp arasında sıkıştırılması

- Parçanın silindirik kesite sahip olduğu ve eksenini boyunca sıkıştırıldığı basınç testine benzer
 - Deformasyon işlemi, parçanın boyunu kısaltırken çapını büyütür
 - Yaygın adı, *yığma* veya *yığma dövmesi*'dir

PŞV / Dövme / Açık Kalıpla Dövme

■ Sürtünmesiz Açık Kalıpla Dövme

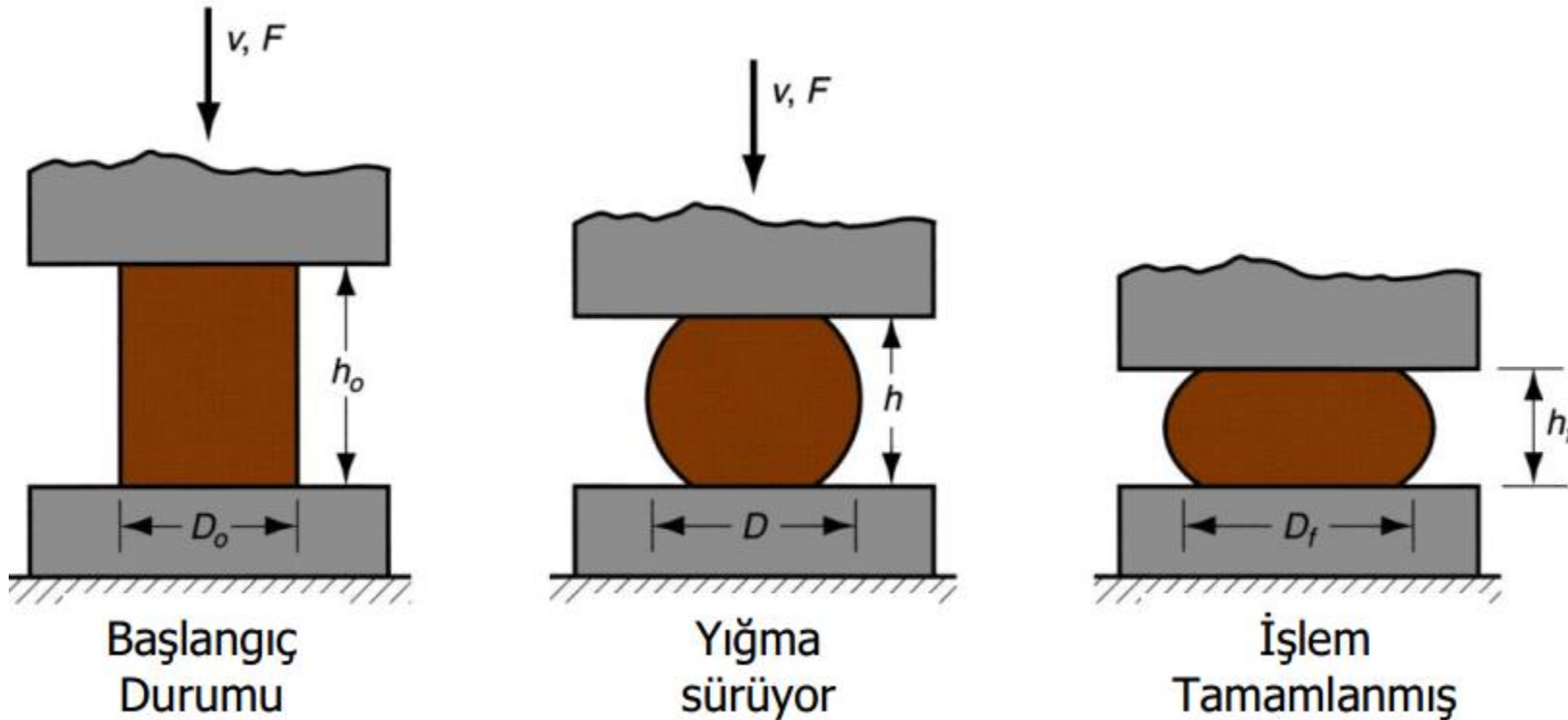
Yığmanın ideal koşullarda yani sürtünmesiz olması durumunda silindirik bir parçanın açık kalıpta yığılması aşamaları aşağıdaki şekilde verilmektedir.



PŞV / Dövme / Açık Kalıpla Dövme

■ Sürtünmeli Açık Kalıpla Dövme

Gerçekte kalıp yüzeyleri ile yığılan iş parçası yüzeyleri arasında sürtünme söz konusudur. Bu durumda yığma aşamaları aşağıdaki gibi olmaktadır:



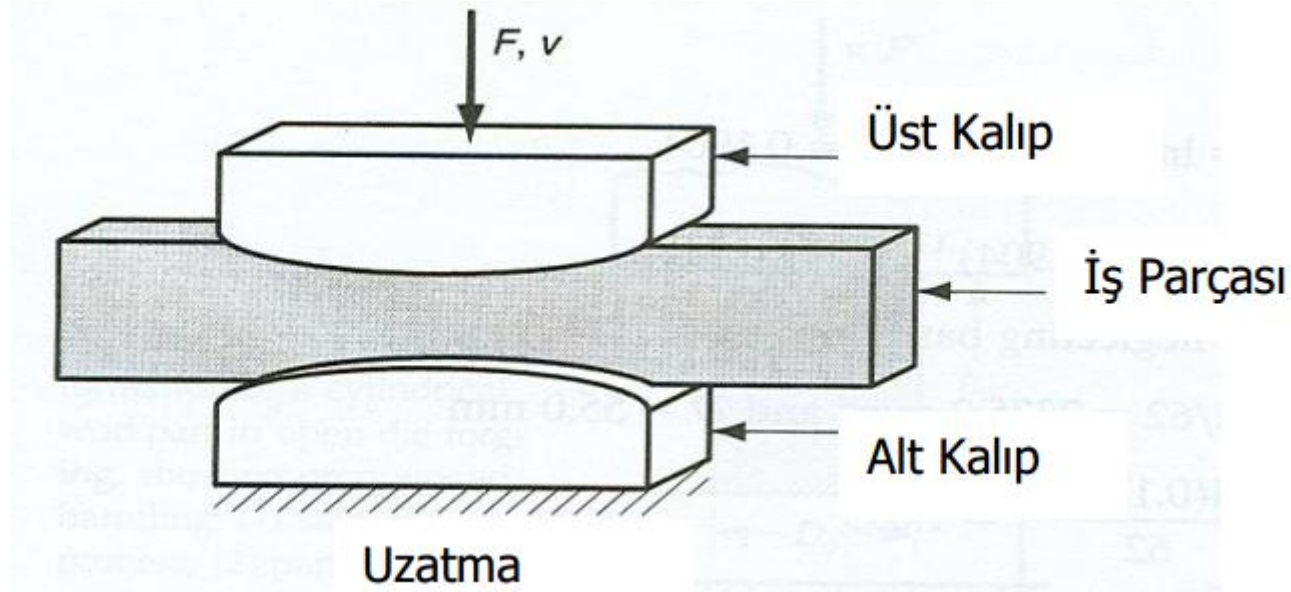
PŞV / Dövme / Açık Kalıpla Dövme

■ Sürtünmeli Açık Kalıpla Dövme

Yüzeylerde dairesel alanın yayılma hareketine karşı oluşan sürtünme genişlemeye izin vermemekte ve parça fıçı şeklini almaktadır. Buna “**fıçılama**” adı verilir. Sürtünme kuvvetleri ne kadar azaltılırsa fıçılama o kadar önlenmiş olur. Sıcak yığma işlemlerinde fıçılamaı destekleyen diğer bir faktör de kalıpların iş parçasının temas yüzeylerini soğutmasıdır. Böylece soğuyan yüzey ve ona yakın bölgelerde malzeme dayanımı artmakta ve şekil değişimi zorlaştırarak fıçılama eğilimi göstermektedir.

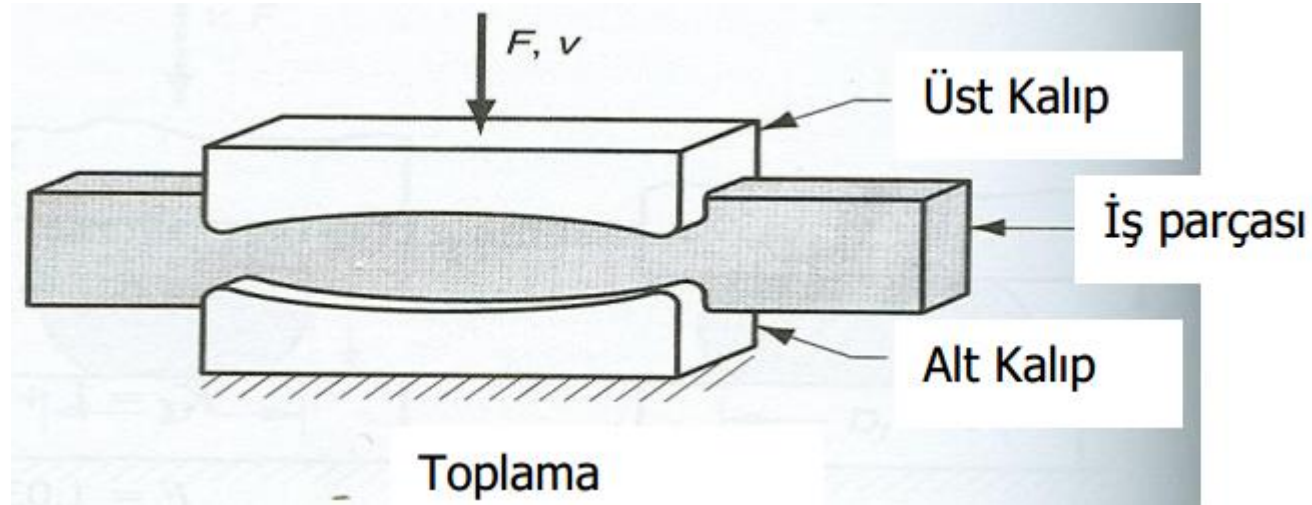
PŞV / Dövme / Diğer Açık Kalıpla Dövme Uygulamaları

- **Uzatma** (dışbükey düzleme)



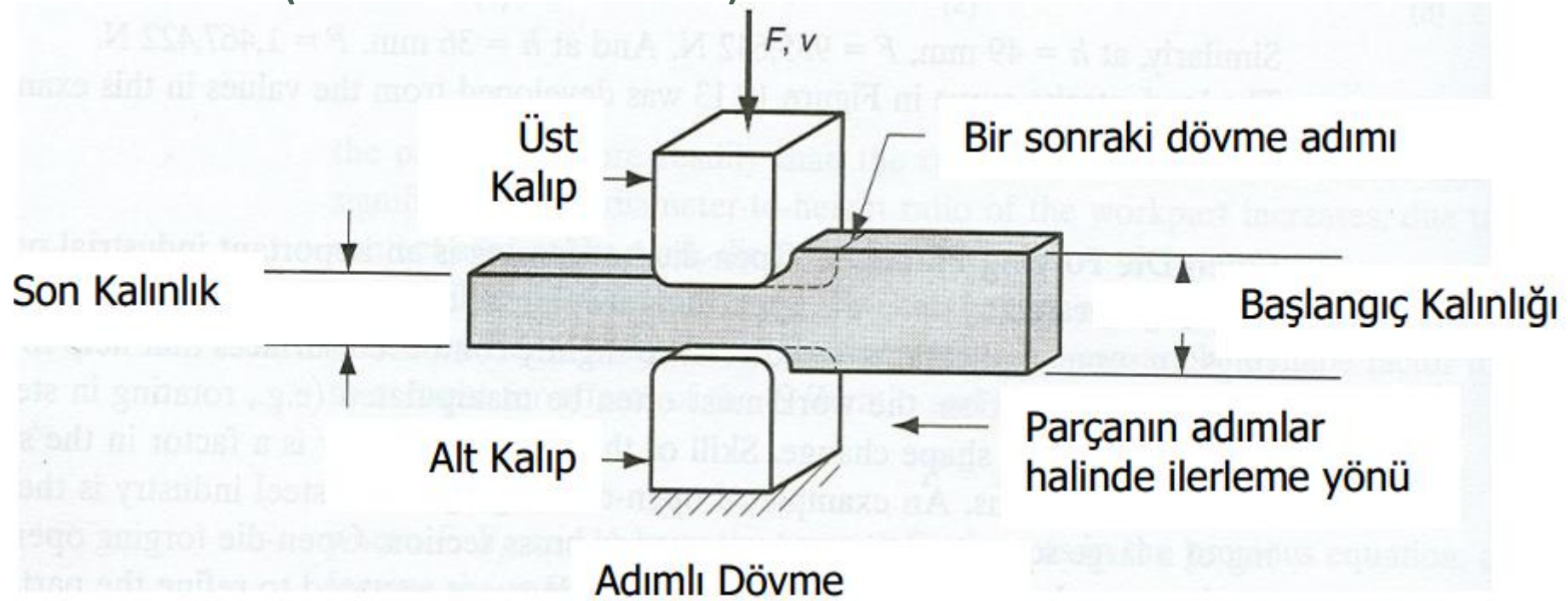
PŞV / Dövme / Diğer Açık Kalıpla Dövme Uygulamaları

- **Toplama** (içbükey düzleme)



PŞV / Dövme / Diğer Açık Kalıpla Dövme Uygulamaları

■ Adımlı Dövme (kademeli dövme)



PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

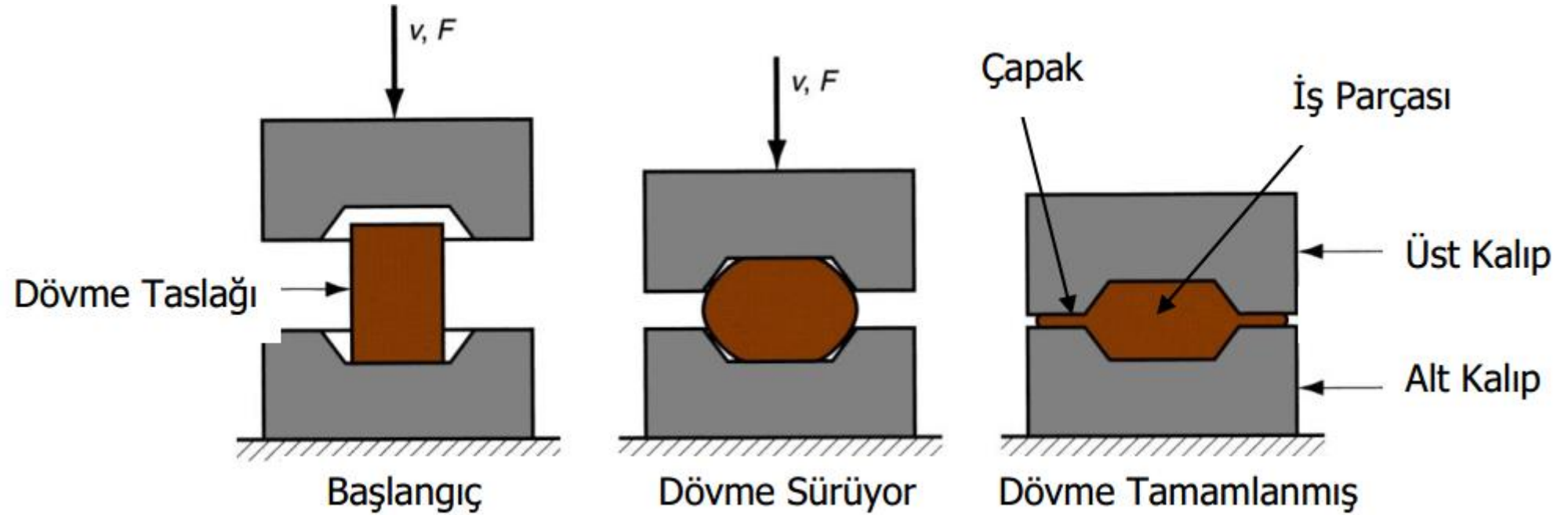
Parçanın, istenen şeklin tersine sahip kalıplar tarafından sıkıştırılması

- Metalin kalıp boşluğunun dışında, kalıp plakaları arasındaki küçük boşlukların içine doğru akmasıyla çapak oluşur
- Çapaklı dövme işlemi
- Çapaksız dövme (hassas dövme)

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

- Çapağın sonradan budanması gerekir; ancak sıkıştırma sırasında önemli bir fonksiyon üstlenir:
 - Çapak oluştukça sürtünme, metalin kalıp boşluğunu doldurmasını sağlayacak şekilde, aralığa metalin daha fazla akmasına direnç gösterir
 - Sıcak dövmede metalin akışı, kalıp plakaları arasındaki soğutma tarafından daha da sınırlanır

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme



Kapalı kalıpta dövmede işlem sırası:

(1) Ham parça ile ilk temasın hemen öncesi, (2) kısmi sıkıştırma, ve (3) kalıp plakaları arasındaki boşlukta çapak oluşmasına neden olan son kalıp kapanışı

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

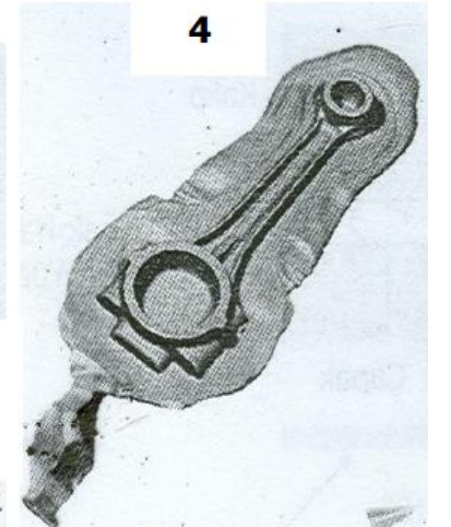
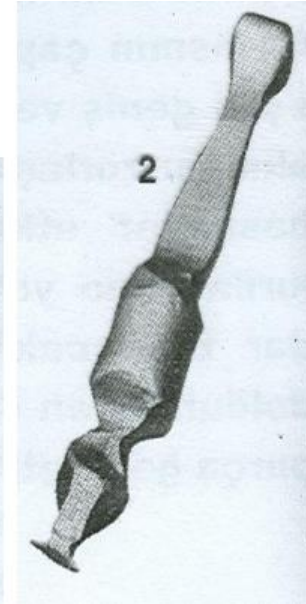
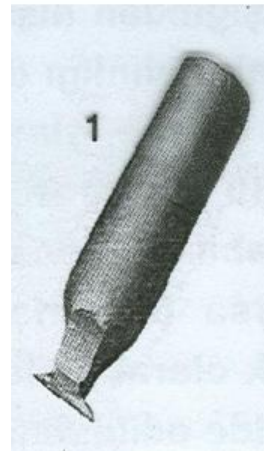
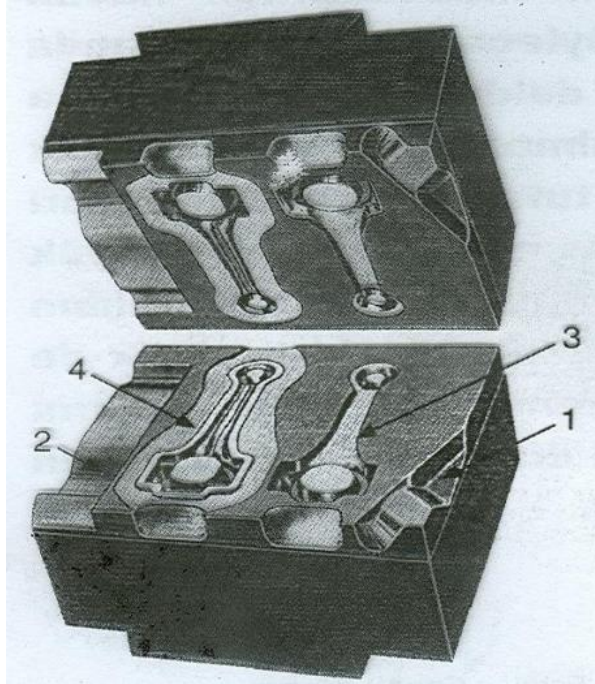
- Kapalı kalıpta **çapaklı** dövmede çapak tasarımı çok önemlidir. Genelde dövme taslakları hazırlanırken hacim olarak biraz fazla pay bırakılır. Böylece dövme sırasında malzemenin kalıbın tüm boşluklarını doldurması ve sonra da fazlasının çapak eşiğinden dışarı atılması amaçlanır. Çapak eşiği geniş ve çapak kalınlığı düşük tutulursa çapağın dışarı akması zorlaşır ve dövme işlemi sırasında kalıba çok büyük basınçlar etkir. Bu da erken aşınma ve hatta kalıbın kırılmasına yol açabilir. Eğer çapak kalınlığı fazla, eşik de dar tutulacak olursa bu defa malzeme kalıp boşluklarını doldurmadan çapak olarak kolaylıkla dışarı akar ve istenilen parça geometrisi elde edilmemiş olur.

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

- Her adımda kalıp boşluklarının ayrıldığı, genellikle çok sayıda dövme adımı gerekir
 - Başlangıç adımları, daha üniform deformasyon ve sonraki adımlarda istenen metalurjik yapı için metali yeniden dağıtır
 - Son adımlar, parçayı son geometriye getirir
- Kapalı kalıpta dövme, genellikle elverişsiz koşullar altında, becerikli operatör tarafından manuel olarak gerçekleştirilir

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

- Parçanın karmaşık ve zor dövülebilir bir şekle sahip olması durumunda dövme işlemi kademelendirilerek birkaç defada gerçekleştirilebilir.



Kapalı Kalıpta Dövme (*Closed Die Forging*)

- *Örnek Video*: Kapalı kalıpta dövme ile lokma ucu imalatı

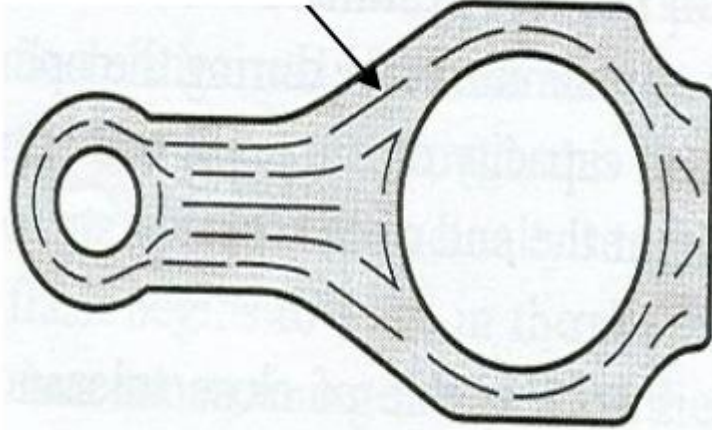


PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

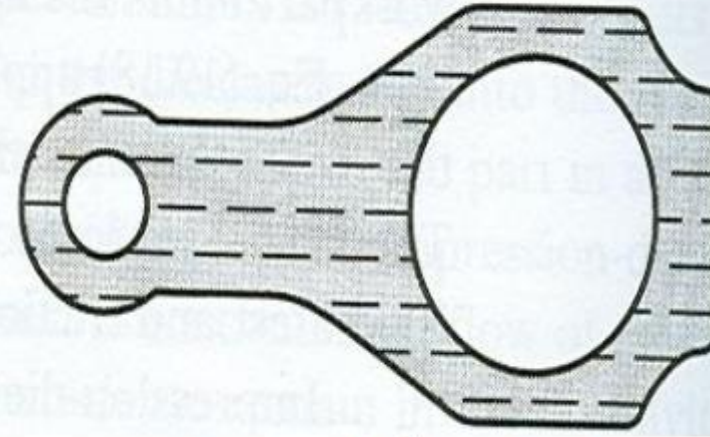
- Üstünlükleri ve sınırlamaları
 - Kapalı kalıpta dövmenin dolu bloktan talaşlı işlemeye göre üstünlükleri:
 - Daha yüksek üretim hızları
 - Daha az atık metal
 - Daha yüksek dayanım
 - Metalde olumlu tane yönelmesi
 - Sınırlamaları:
 - Dar toleranslara sahip değildir
 - Doğruluğa ve istenen özelliklere ulaşmak için genellikle talaş kaldırma gerekir

PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Dövme

Akış Çizgileri



Dövülmüş



Talaşlı İmalat

Örnek görsel: Yüzey talaş kaldırmalı sıcak dövme ve tamamen talaş kaldırarak oluşturulmuş iki parçanın karşılaştırılması

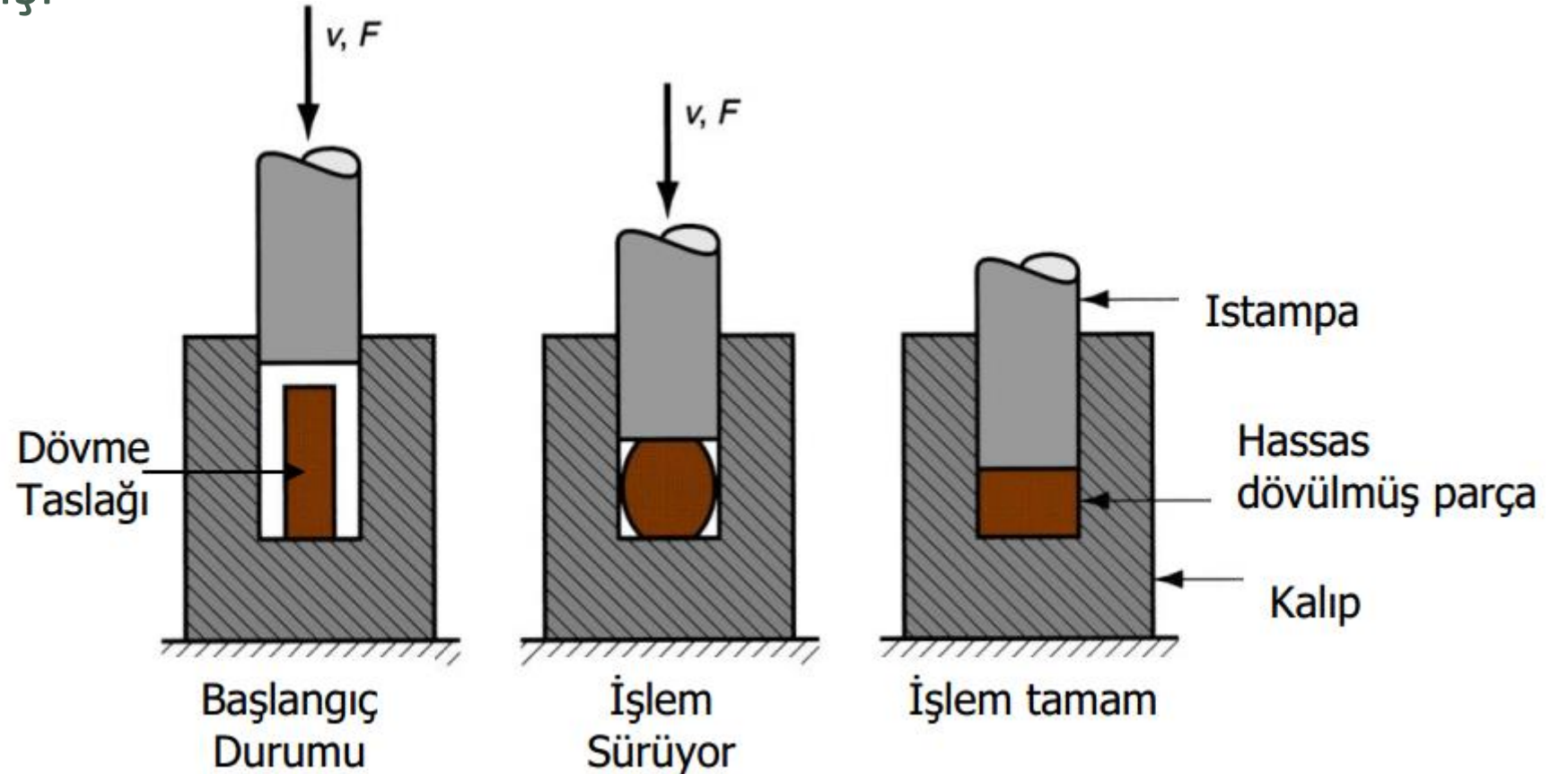
PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Çapaksız Dövme

Parçanın, kalıp boşluğunun çapak oluşmasına izin vermediği, koç ile kalıp arasında sıkıştırılması

- Başlangıç parça hacmi, çok dar toleranslarla, kalıp boşluğuna eşit olmalıdır
- Kapalı kalıpta dövmeye göre hassas işlem kontrolü daha çok gerekir
- En çok, basit ve simetrik parça geometrilerine uygundur
- Çoğunlukla *hassas dövme* işlemi olarak sınıflandırılır

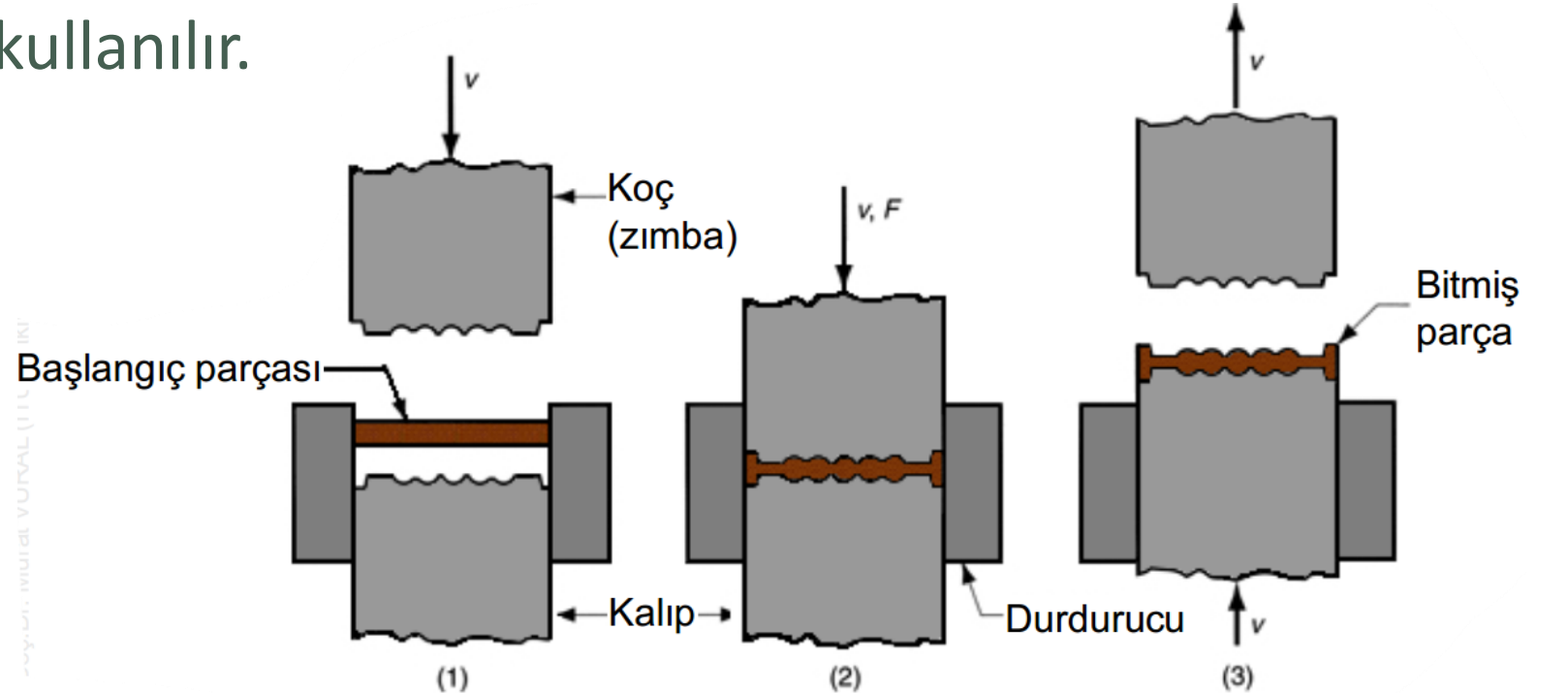
PŞV / Dövme / Kapalı Kalıpla Çapaksız Dövme

- Çapaksız dövme: (1) Başlangıç parçası: parçayla ilk temastan hemen öncesi, (2) kısmi sıkıştırma, ve (3) koç (şahmerdan zımbası) ile son darbe ve kalıbın kapanışı



PŞV / Dövme / Çapaksız Dövme / Damgalama

- “Damgalama” tipik bir çapaksız dövme uygulamasıdır. Bu işlemde alt ve üst yüzeylerde dövme ve şekillendirme gerçekleştirilmektedir. Madeni paraların imalatında kullanılır.



Dövme İşlemlerinde Kullanılan Makineler (Tezgâhlar)

- Dövme işlemlerinde kullanılan makineler şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Çekiçler (Şahmerdanlar)

- a. Serbest Düşmeli Çekiçler
- b. Güç Düşmeli Çekiçler
- c. Karşı Vuruşlu Çekiçler

2. Presler

- a. Mekanik Presler
 - i. Eksantrik (veya kranklı) Presler
 - ii. Friksiyon (veya vidalı) Presler
- b. Hidrolik Presler

Dövme İşlemlerinde Kullanılan Makineler (Tezgâhlar)

- Dövme Çekiçleri (Düşüm Şahmerdanları)

Parçaya darbe yükü uygular

- İki türü:

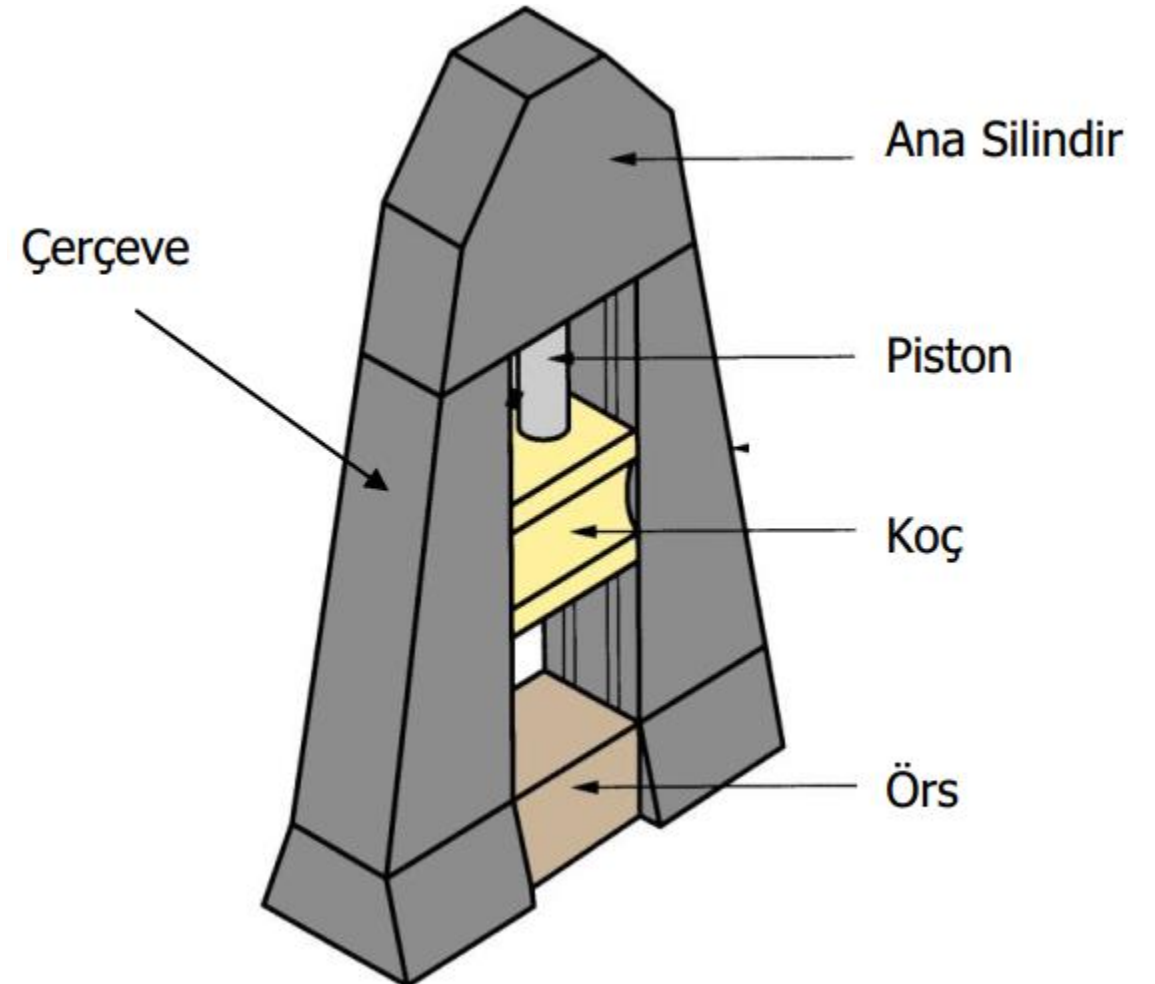
- Yerçekimi şahmerdanları – ağır bir koç'un düşen ağırlığının sağladığı darbe enerjisi
- Güç şahmerdanları – koç, basınçlı hava veya buhar tarafından hızlandırılır

- Zayıflığı: darbe enerjisi, örs tarafından döşemeye veya yapıya iletilir

- Genellikle kapalı kalıpta dövme için kullanılır

Dövme İşlemlerinde Kullanılan Makineler (Tezgâhlar)

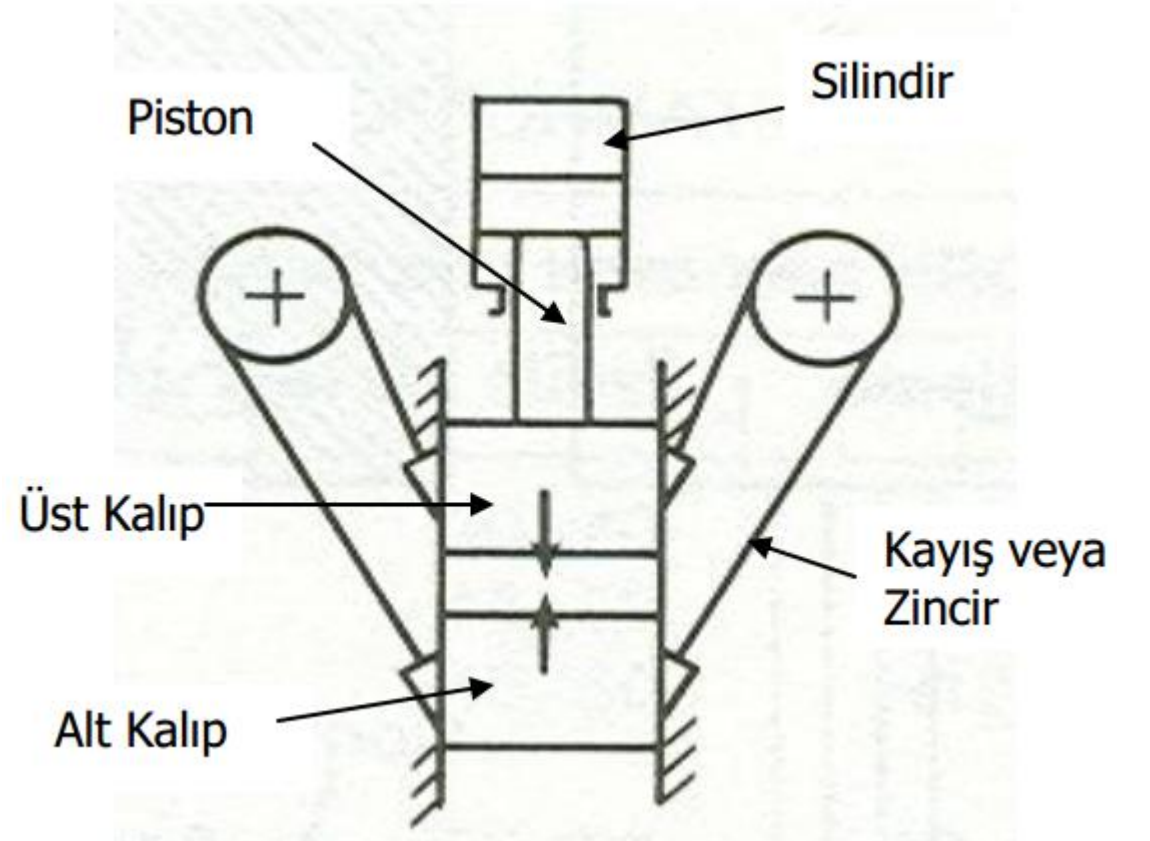
Güç düşmeli şahmerdan şematik görünüş



Dövme İşlemlerinde Kullanılan Makineler (Tezgâhlar)

Enerjinin büyük bir bölümü (yaklaşık % 70) darbe ve titreşimle birlikte zemine aktarılarak kaybolur. Enerji kaybının azaltılması için “Karşı Vuruşlu Çekiçler” geliştirilmiştir.

Karşı vuruşlu çekiç mekanizması şematik görünüm



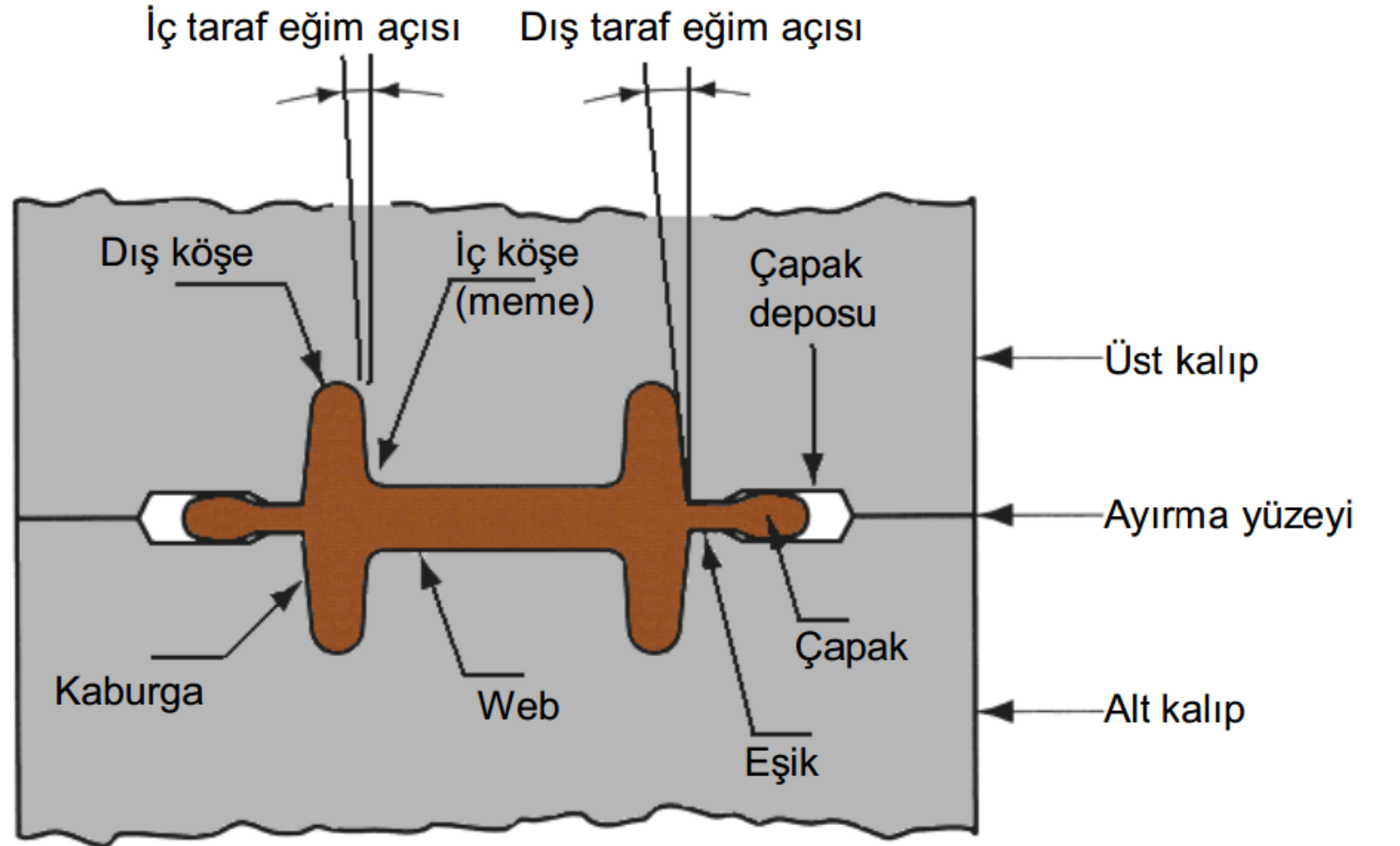
Dövme İşlemlerinde Kullanılan Makineler (Tezgâhlar)

Dövme Presleri

- Sıkıştırma işlemini gerçekleştirmek için yavaş basınç uygular
- Türleri:
 - **Mekanik pres** – tahrik motorunun dönme hareketini koç'un lineer hareketine dönüştürür
 - **Hidrolik pres** – koç'u hidrolik piston harekete geçirir
 - **Vidalı pres** – koç'u vida mekanizması tahrik eder

Dövme Kalıpları

- Dövmede, geleneksel kapalı kalıp için terminoloji:



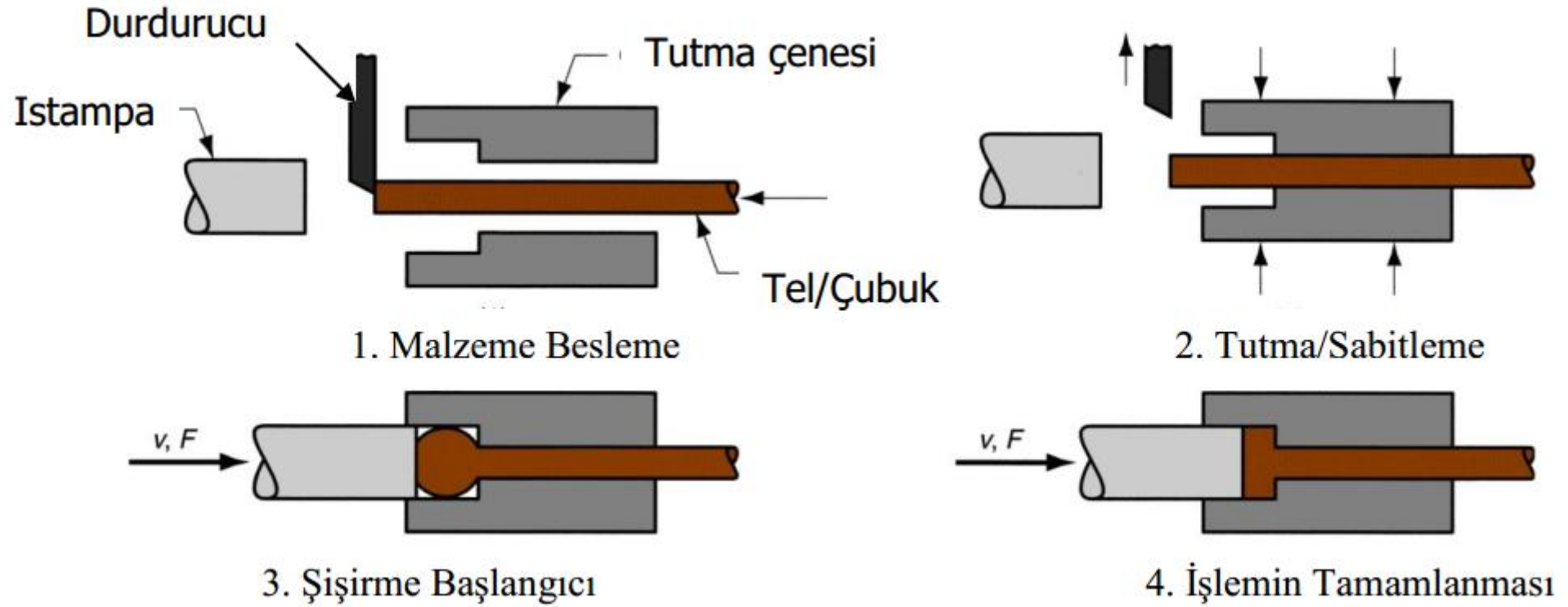
Yığma ve Baş Şişirme

- Önemli dövme uygulamalarından birisi de “Kafa şişirme (veya yığma)”dır.
- Özellikle çivi başları, perçin başları, cıvata başlarının şekillendirilmesinde kullanılır.
- Tel veya çubuk şeklindeki malzeme makineye yüklenir.
- Sıcak şişirme yapılması halinde endüksiyonla ısıtma donanımı kullanılır.
- Kafa şekillendirildikten sonra ürün olması gereken boyuna kesilir.
- Cıvata ve vidaların imalatında bundan sonra ovalama yöntemi kullanılır.

Yığma ve Baş Şişirme

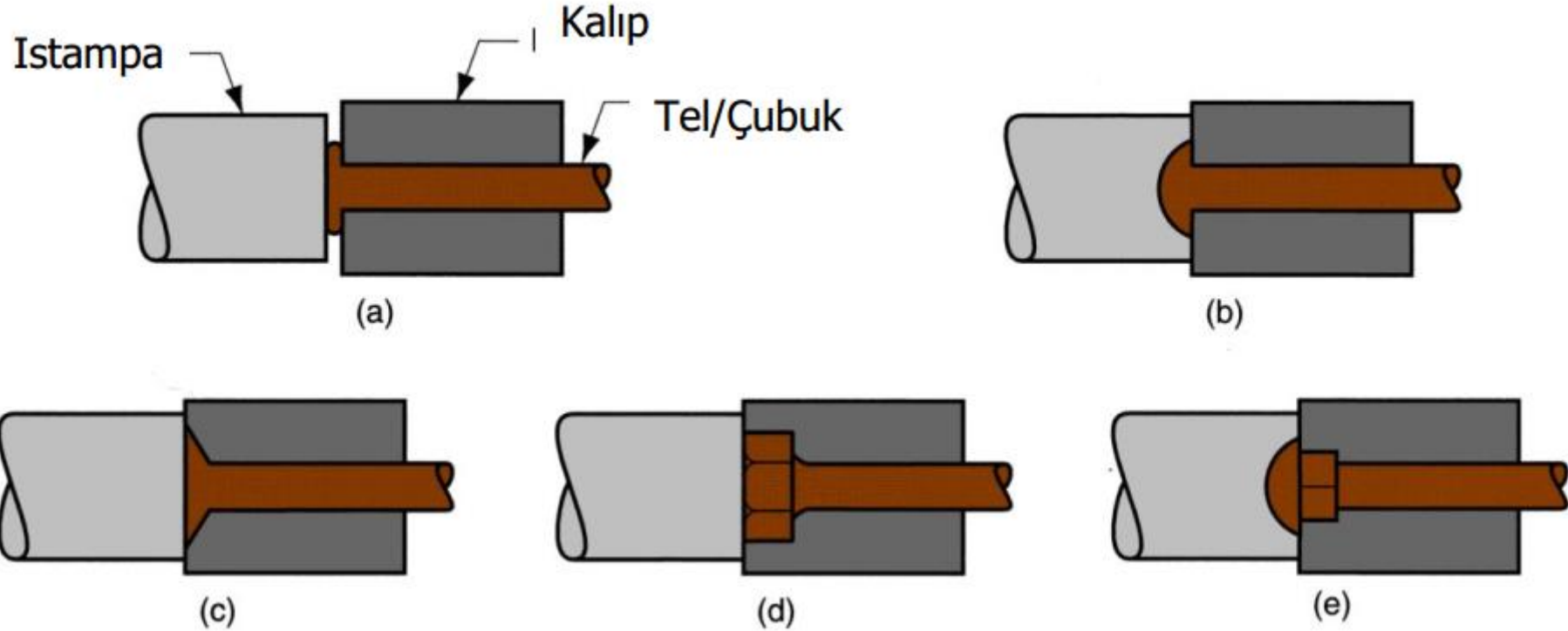
- Diğer dövme işlemlerine göre daha çok sayıda parça üretilir
- *Baş şişirici* veya *baş şekillendirici* denilen makinalarda soğuk, ılık veya sıcak olarak gerçekleştirilir
- Tel veya çubuk kütlesi makinanın içine beslenir; ucu şişirilir ve daha sonra parça belirli uzunlukta kesilir
- Cıvata ve vidalarda sonradan dişleri oluşturmak için diş haddeleme yapılır

Yığma ve Baş Şişirme



Bir civata vb. hırdavat parçasında baş oluşturmak için yığma dövme işlemi.

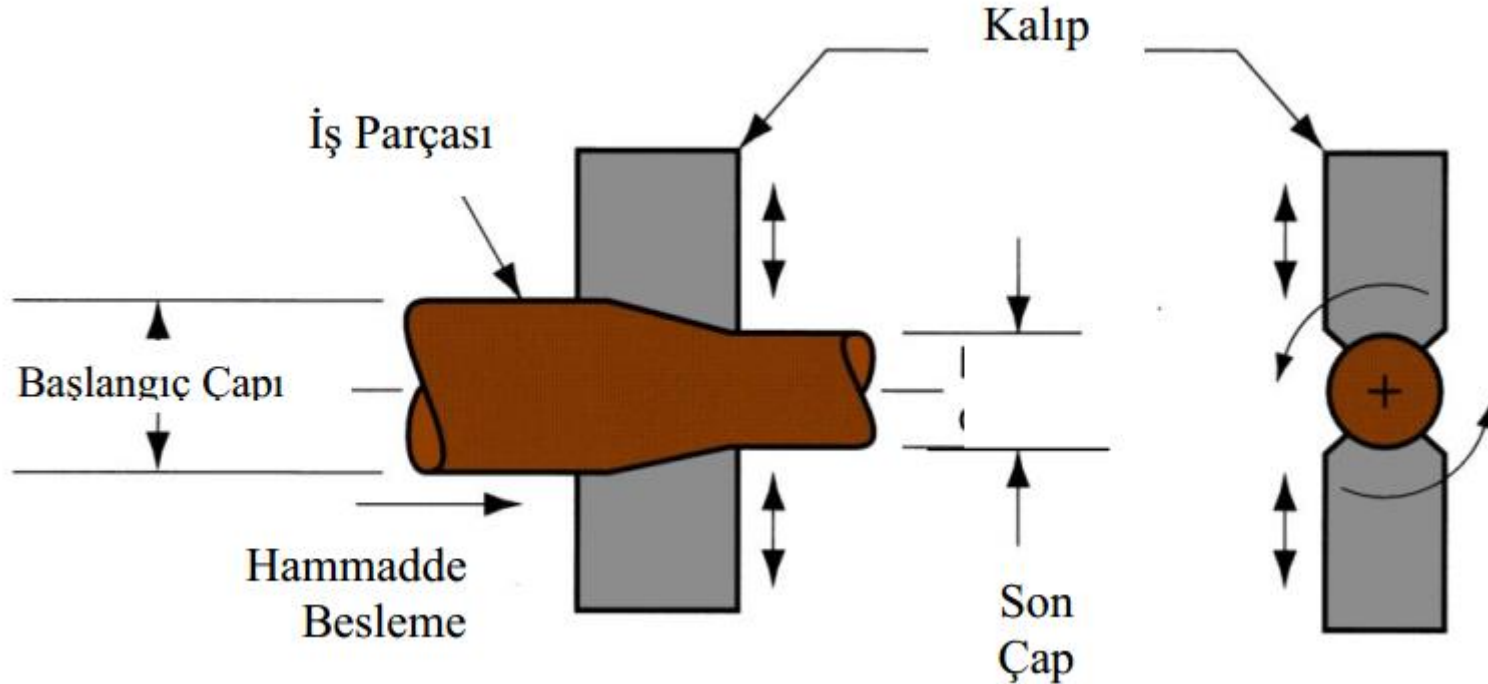
Yığma ve Baş Şişirme



Baş şişirme (yığma dövme) işlem çeşitleri: (a) açık kalıpları kullanarak bir çivi başı oluşturma, (b) zımba tarafından oluşturulan yuvarlak baş, (c) ve (d) kalıp tarafından oluşturulan vidalar için iki yaygın baş türü, (e) zımba ve kalıp tarafından oluşturulan taşıyıcı civata başı.

Döner Kalıpla Çekme (Tokaçlama)

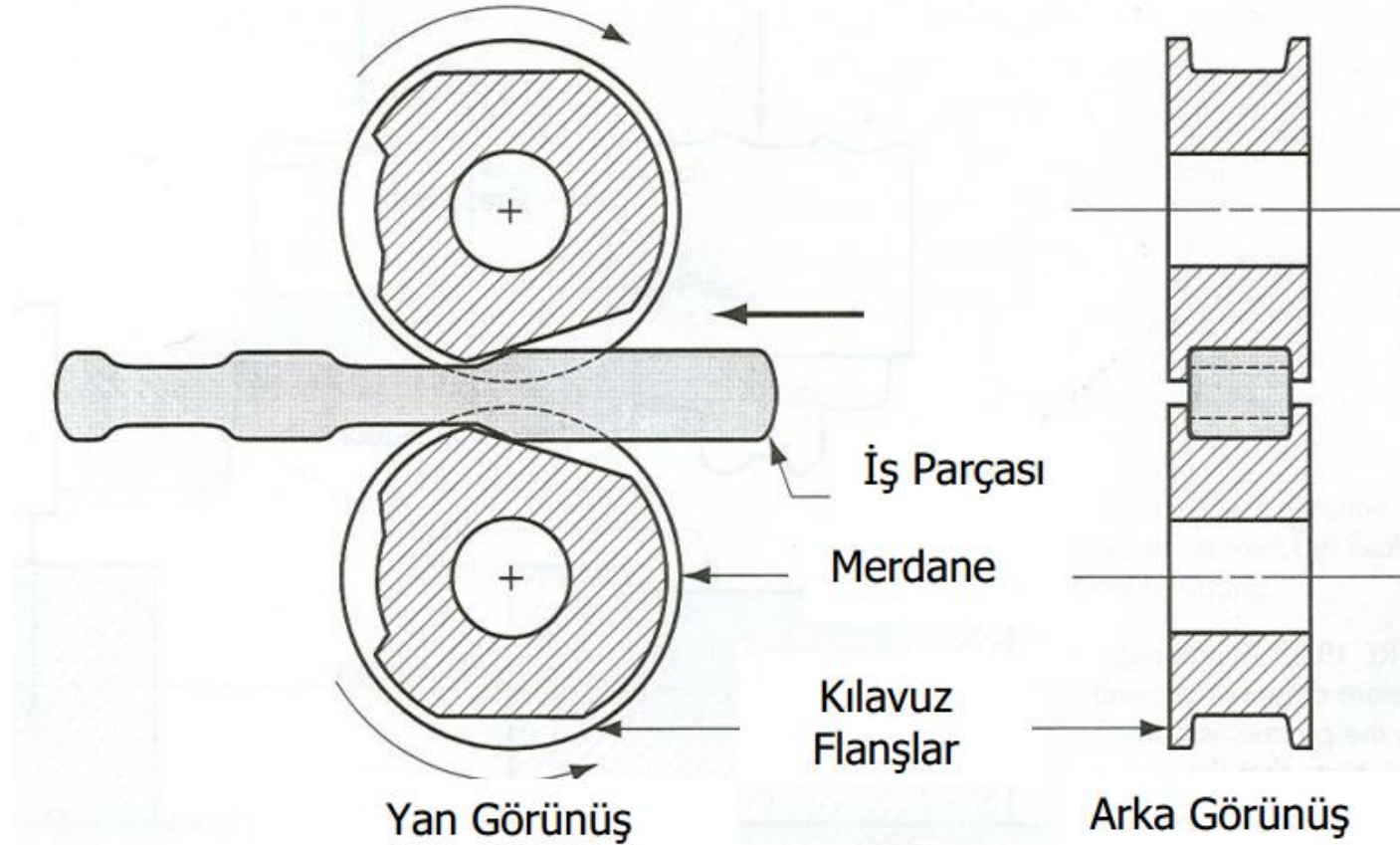
- Daha çok yuvarlak çubuk ve borulara koniklik vermek için geliştirilmiş bir tekniktir. Karşılıklı iki kalıbın yuvarlak malzemeye radyal olarak karşılıklı ve tekrarlı bir şekilde vurmasıyla gerçekleştirilir. Boruların tokaçlanmasında belirlenen iç çap değerinin sağlanması için mandrel kullanılır.



Merdaneyle Dövme (Haddeleyerek Dövme)

- Haddeleyerek dövme yönteminde yuvarlak veya dörtgen kesitli parçalar, birbirine karşı dönen ve şekillendirilmesi yapılacak geometrinin tersi (negatifi) üzerine işlenmiş merdaneler arasından geçirilerek imalat yapılır.
- Bu işlemde merdaneler haddelemede olduğu gibi sürekli dönmez. Sadece işlem tamamlanana kadar dönmeyi sürdürür.
- Dövülecek parça uzunluğu da (tekrarlar yoksa) merdane çevresi boyunu aşamaz.

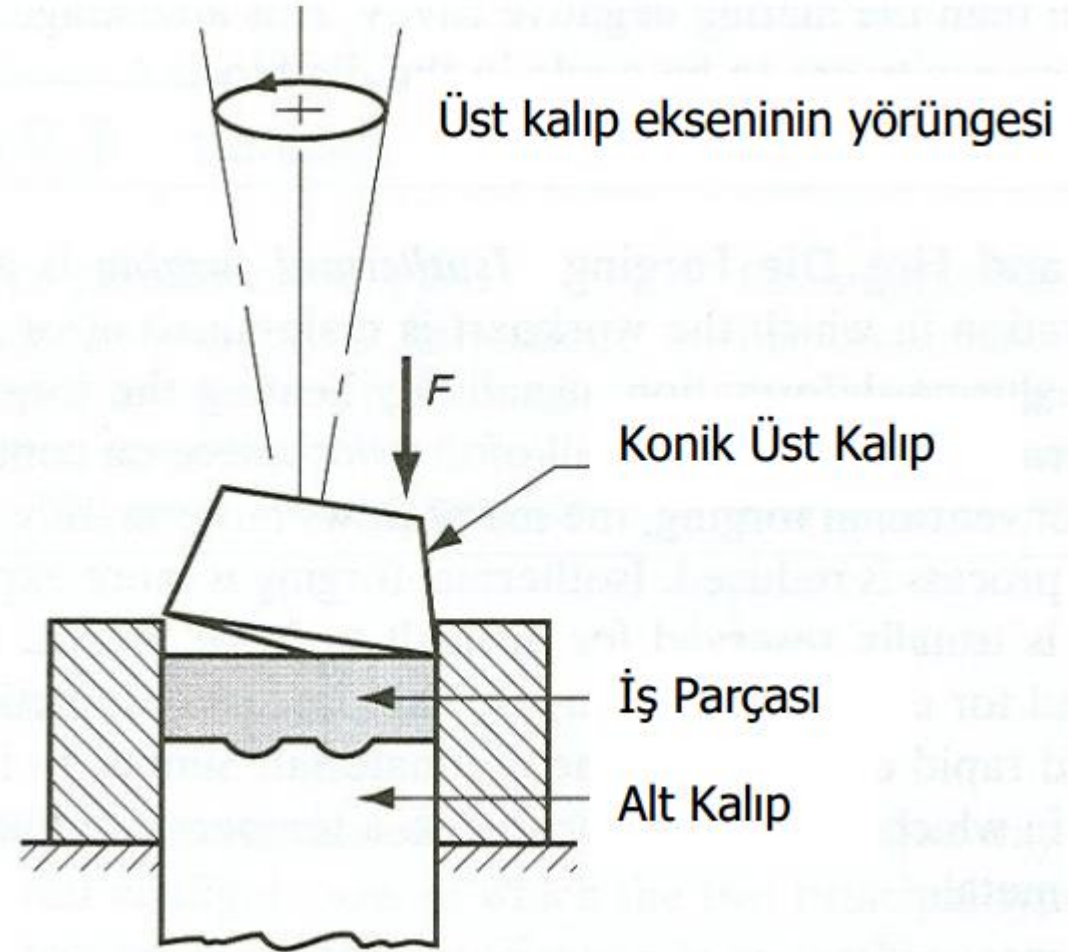
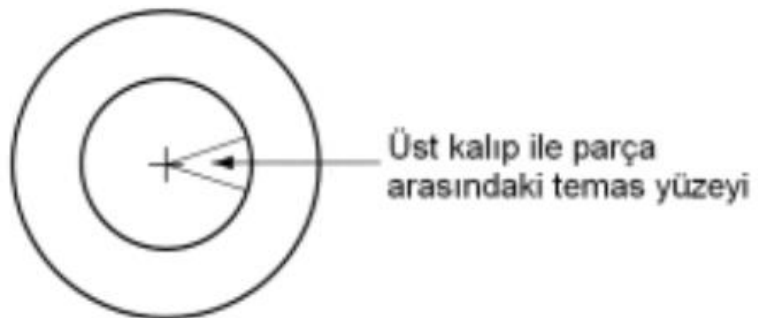
Merdaneyle Dövme (Haddeleyerek Dövme)



Orbital Dövme

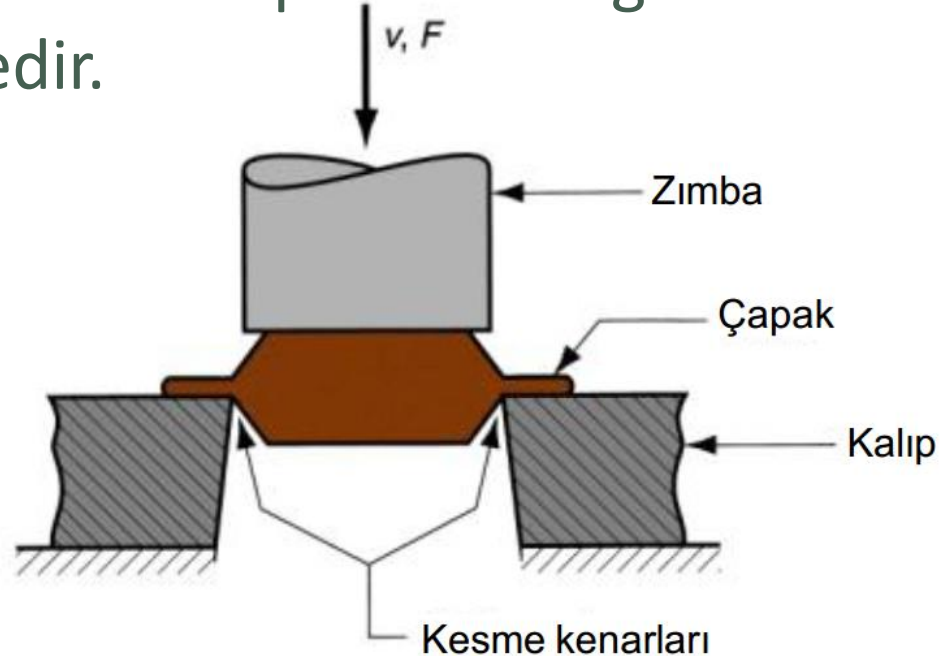
- “Orbital Dövme” işleminde konik bir üst kalıp eksenini etrafında döndürülerek iş parçası üzerine bastırılmaktadır. Ayrıca üst kalıbın dönme eksenine de yörüngesel bir hareket verilmektedir.
- Üst kalıp konik olduğu için her dönme sırasında parçanın belli bir alanına kuvvet uygulamakta ve böylece dövme işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmektedir.
- Bu yöntem özellikle büyük dövme kuvvetleri gerektiren işlemler için kullanışlıdır. Çoğunlukla tekerlek gibi radyal simetriye sahip parçaların dövülmesinde bu yöntemden yararlanılmaktadır.

Orbital Dövme



Çapak Kesme (Budama)

- Çapaklı dövme sonrasında çapakların dövme parçadan ayrılması için “Çapak Kesme” işlemine başvurulmaktadır. Bunun için hazırlanan kesme kalıpları daha çok eksantrik preslere bağlanmakta ve kesme işi gerçekleştirilmektedir.



Çapak Kesme (Budama)

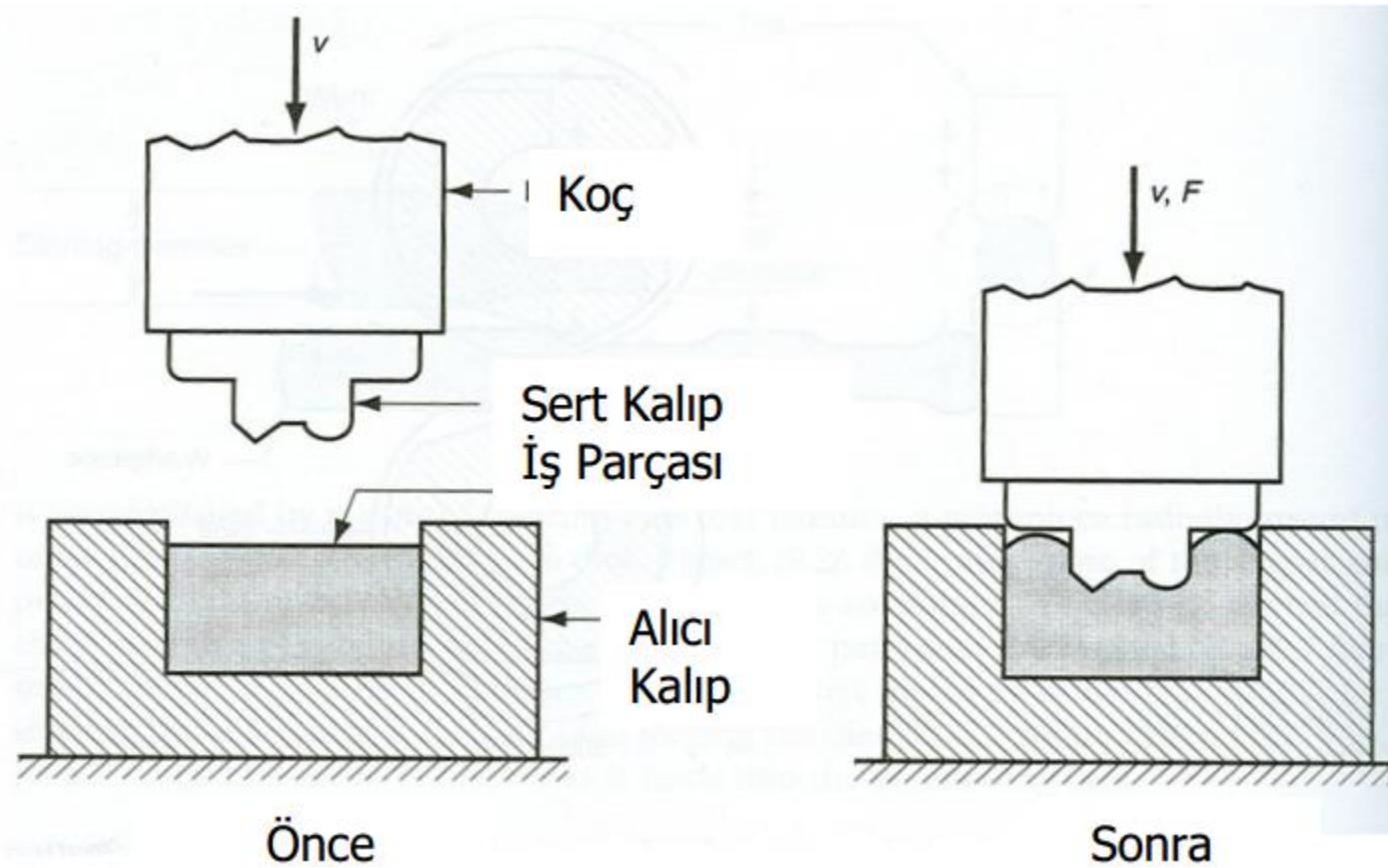
Kapalı kalıpta dövmede, çapakların parçadan uzaklaştırılması için kesilme işlemi

- Genellikle parça sıcakken yapılır; bu nedenle dövme istasyonuna ayrı bir budama presi dahil edilir
- Budama, taşlama ve testere ile kesme gibi farklı yöntemlerle de yapılabilir

Ezerek Dövme (Çökertme)

- “Ezerek Dövme” veya “Çökertme” işleminde sert metalden hazırlanmış bir erkek kalıp daha yumuşak malzemeye sahip iş parçasına bastırılmaktadır. Böylece erkek kalıp yüzünün sahip olduğu şeklin tersi parça üzerine çökertilerek şekillendirilmiş olur. Genelde plastik parça kalıplarındaki veya basınçlı döküm kalıplarındaki boşlukları işlemede kullanılan bir tekniktir. Kalıp boşluğunun tam olarak elde edilmesi birkaç işlem kademesi gerektirebilir. İşlem tamamlandıktan sonra yüzeye çıkan fazla malzeme talaşlı imalat ile alınır. Gerektiğinde uygulanacak yeniden kristalleşme tavlama ile pekleşme etkisi yok edilebilir.

Ezerek Dövme (Çökertme)



MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Form Verme

Sac Metal Şekillendirme

PŞV

Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri

Kesme * Bükme * Derin Çekme

Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri (*PŞV*)

Nispeten ince metal saclarda (yassı mamul) yapılan kesme ve şekillendirme işlemleridir:

- Sac metal kalınlığı = 0,4 – 6 mm
- Levha kalınlığı > 6 mm
- İşlemler genellikle **soğuk şekil verme** olarak gerçekleştirilir

Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri (*PŞV*)

1. Kesme İşlemleri
2. Bükme İşlemleri
3. Çekme
4. Diğer Sac Metal Şekillendirme İşlemleri
5. Sac Metal Şekillendirme İçin Kalıplar ve Presler
6. Preslerde Yapılmayan Sac Metal İşlemleri
7. Boru Kütlelerinin Bükülmesi

Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri (*PŞV*)

- Sac metal ve levha ürünler:
 - Otomobil ve kamyonlar
 - Uçaklar
 - Demiryolu vagon ve lokomotifleri
 - Tarım ve inşaat ekipmanları
 - Küçük ve büyük ev aletleri
 - Ofis donanımları
 - Bilgisayarlar ve ofis ekipmanları

Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri (*PŞV*)

- Temel şekillendirme türleri:

1. Kesme

- Büyük saçları ayırmak için kesme
- Parçaların metal saçın dışındaki çapaklarını kesmek için presleme
- Metal saçta delik açmak için presleme

2. Bükme

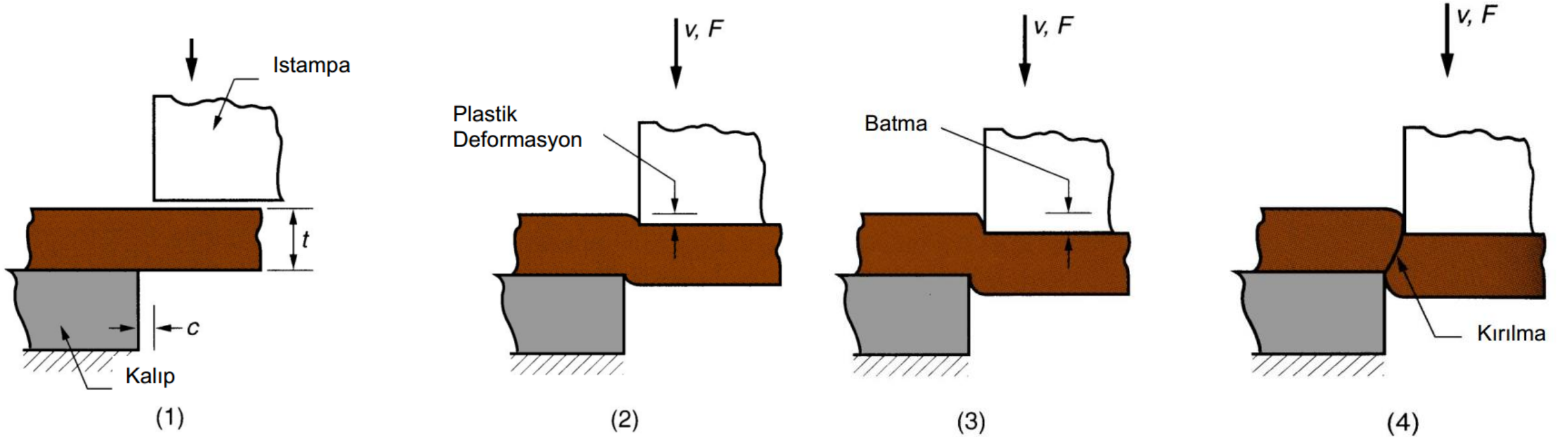
- Bir düz eksen çevresinde sacı germe

3. Çekme

- Saçı dışbükey veya içbükey şekle dönüştürme

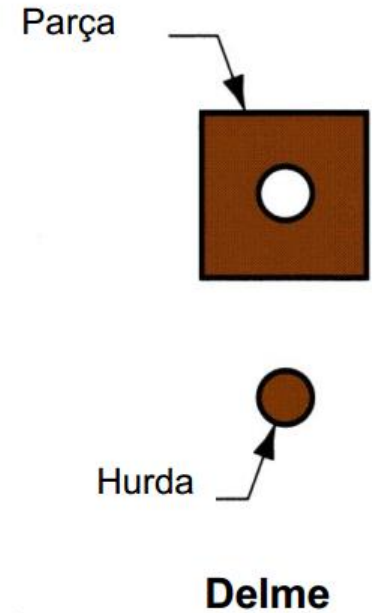
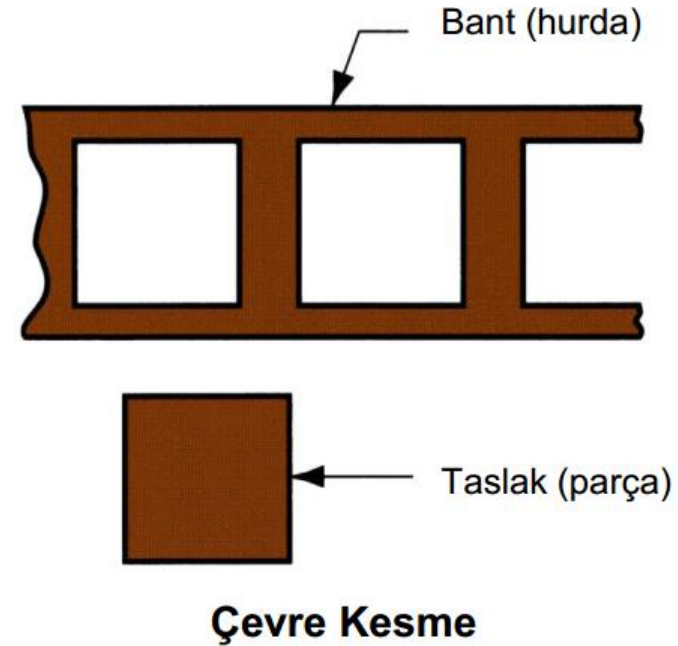
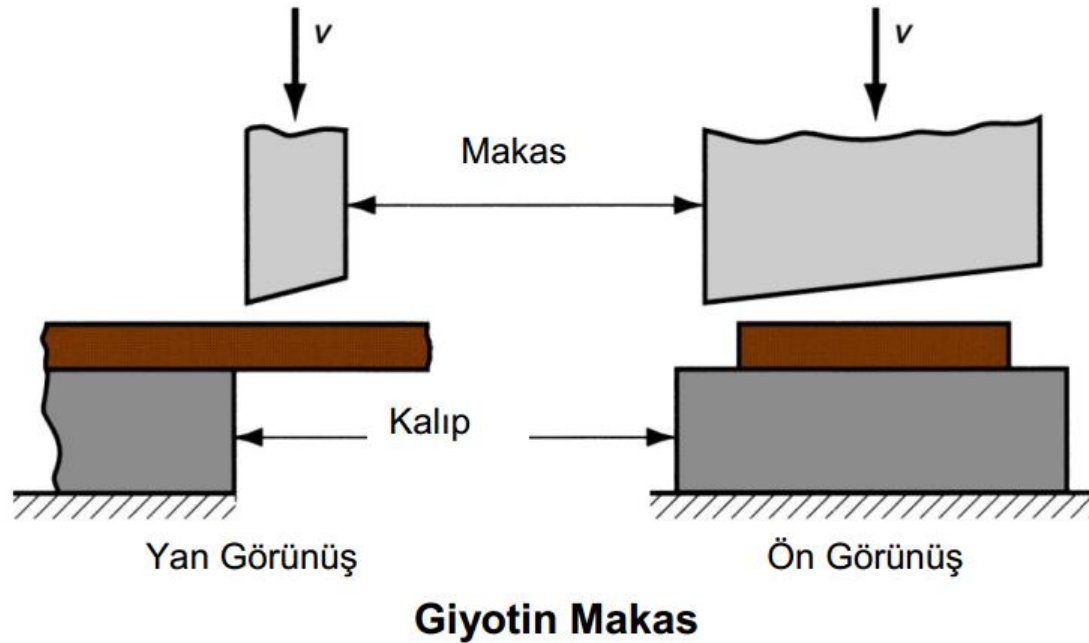
Sac Metal Kesme

- Istampacı, düz bir kesme yüzey oluşturacak şekilde, parçayı sıkıştırıp nüfuz eder. Sacı ayıran kırılma, karşılıklı kesme kenarlarında başlar.



Sac Metal Kesme

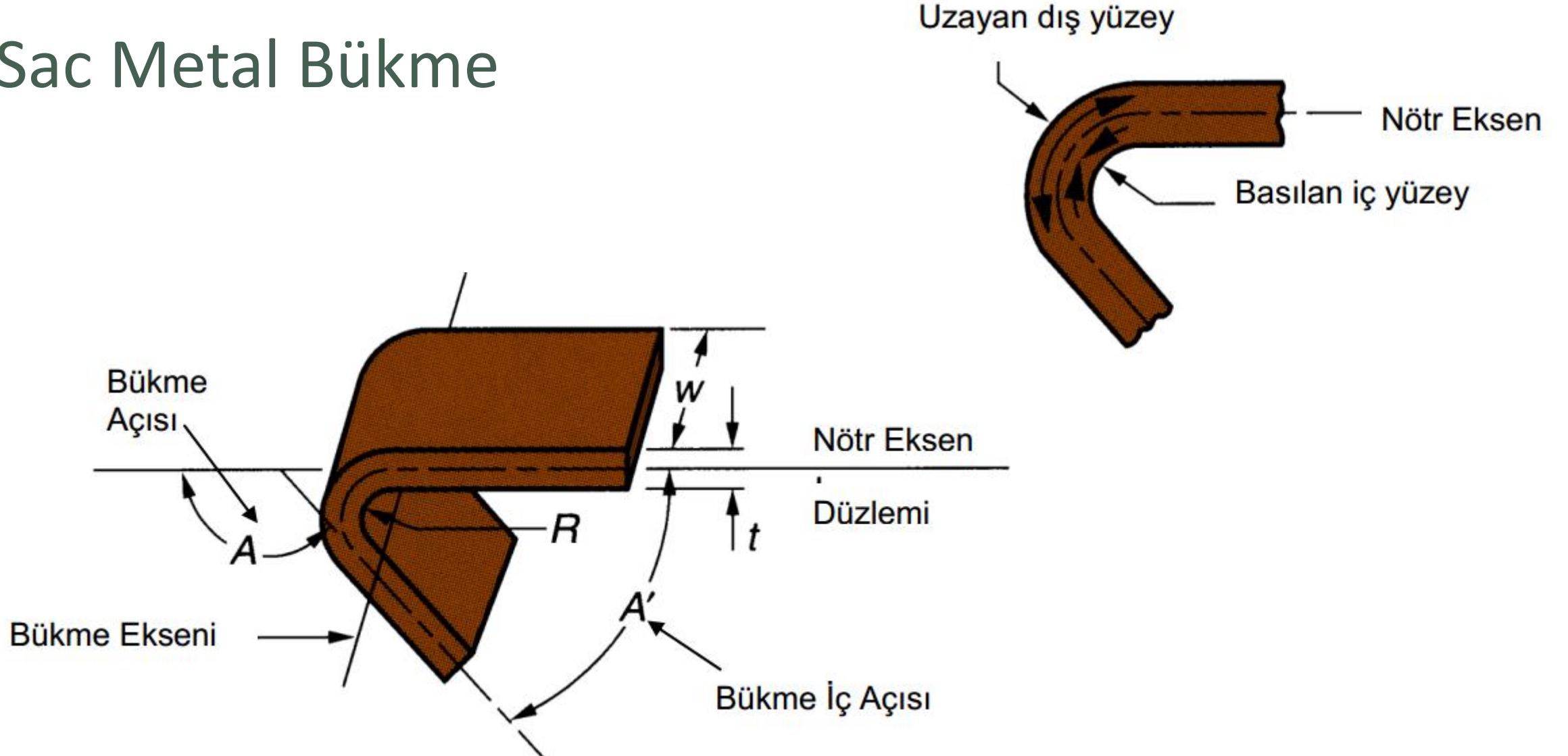
- Kesme, ayırma (çevre kesme), zımbalama (delme) işlemleri



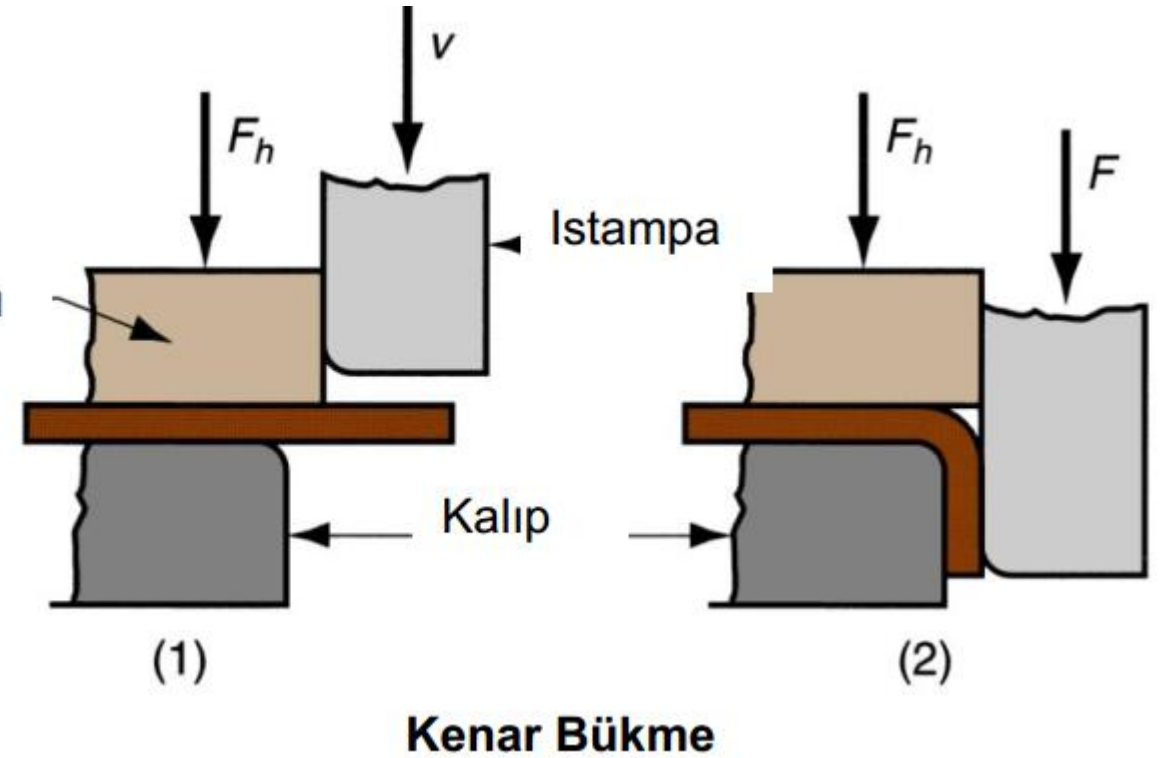
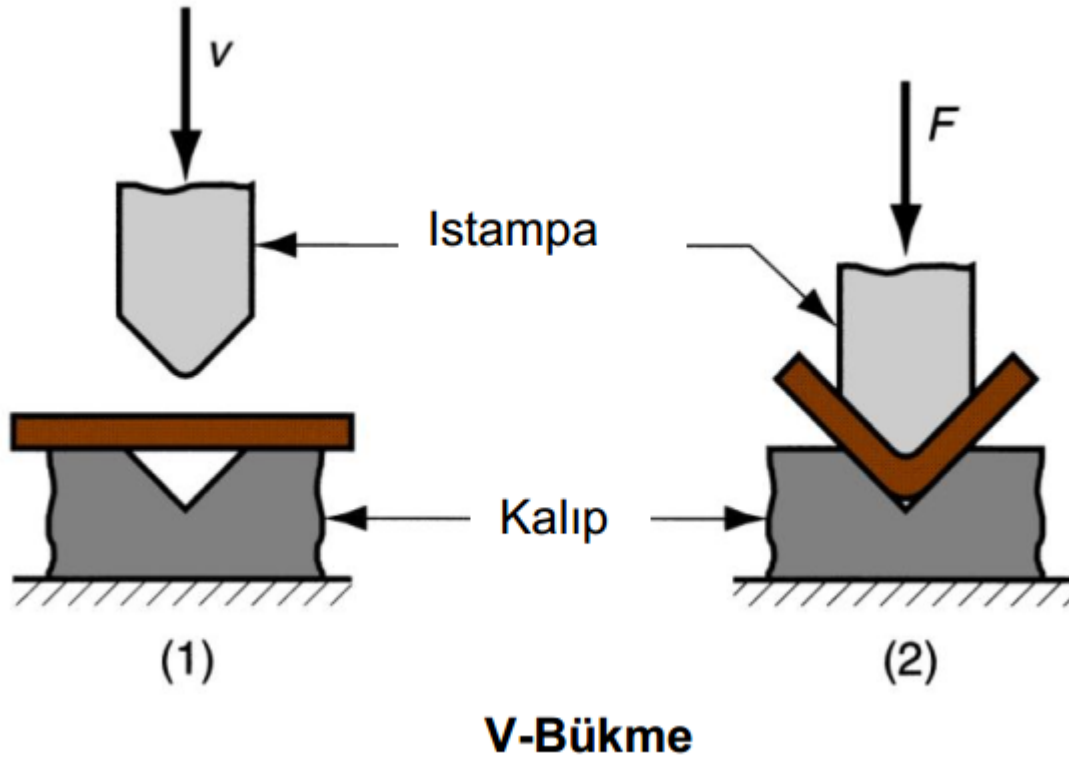
Sac Metal Bükme

- Yassı mamûlü, bir eksen etrafında eğme gerilmeleri kullanarak bükme işlemidir.
- Sacın içi basma, dış yüzeyi ise çekme gerilmeleri altında şekillenir.
- En çok kullanılan bükme işlemleri:
 - V – Bükme
 - Kenar Bükme

Sac Metal Bükme



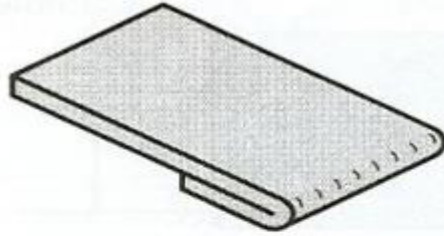
Sac Metal Bükme



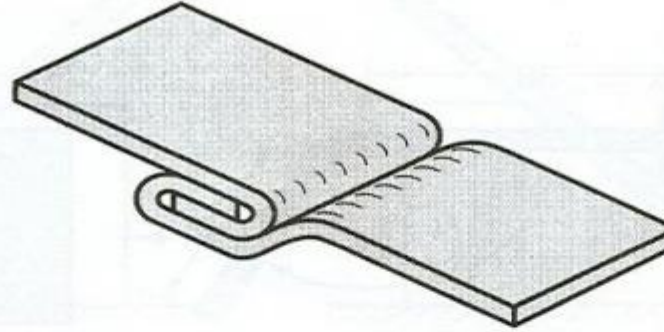
- V – Bükme
- Kenar Bükme

Sac Metal Bükme

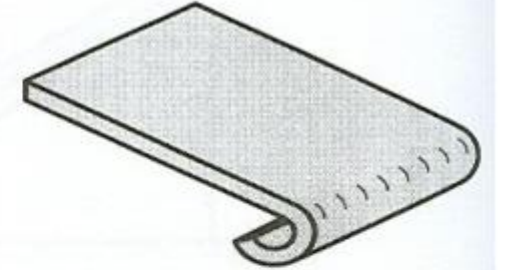
- İmalat sanayisinde çok kullanılan diğer bükme uygulamaları



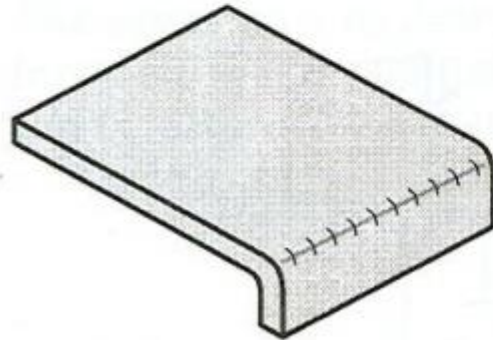
Katlama



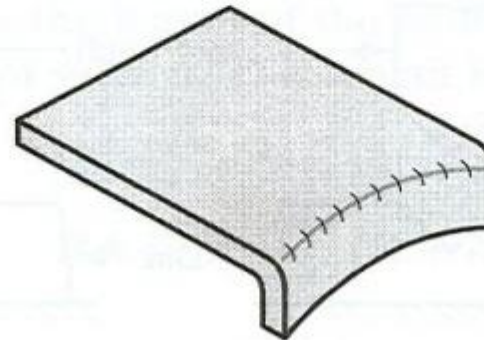
Kenetleme



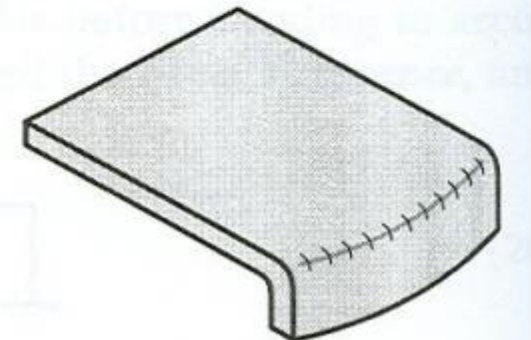
Kenar Kıvrırma



Düz Flanşlama



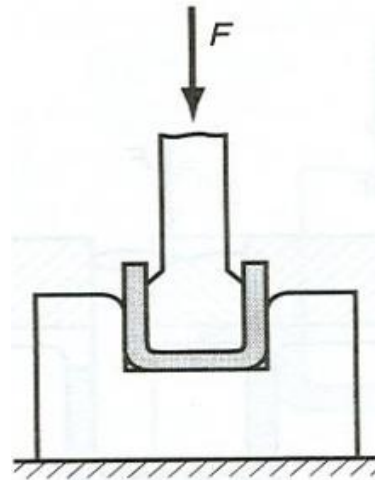
İç Bükey Flanşlama



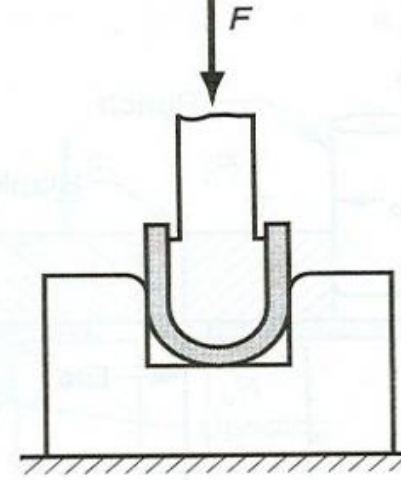
Dış Bükey Flanşlama

Sac Metal Bükme

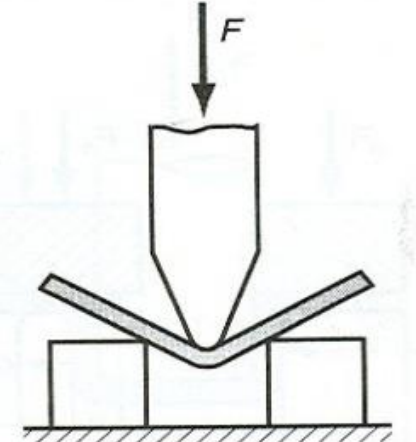
- İmalat sanayisinde çok kullanılan diğer bükme uygulamaları



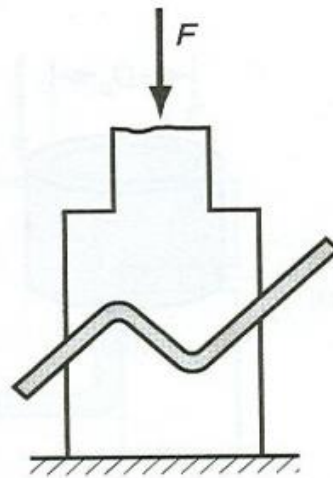
Kanal Bükme



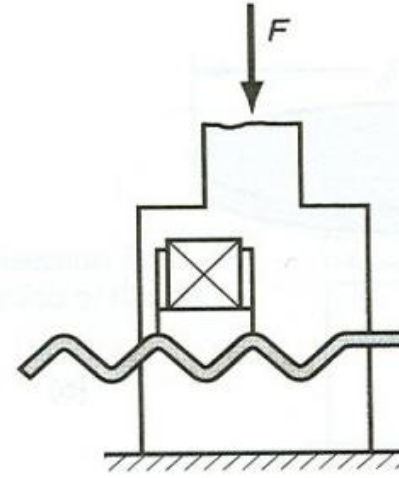
U-Bükme



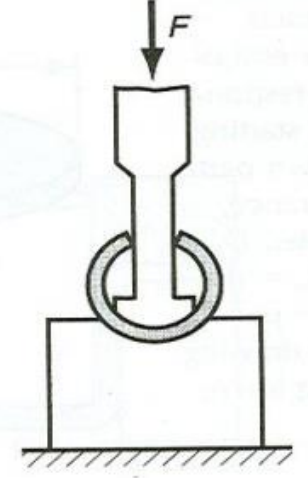
Serbest Bükme



Ofset Bükme



Ondüle Bükme



Silindirik Bükme

Sac Metal Bükme

- *Örnek Video:*
Abkant presse sac
metal bükme

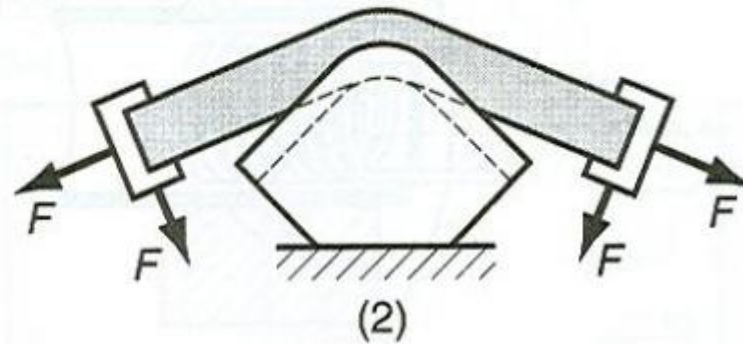
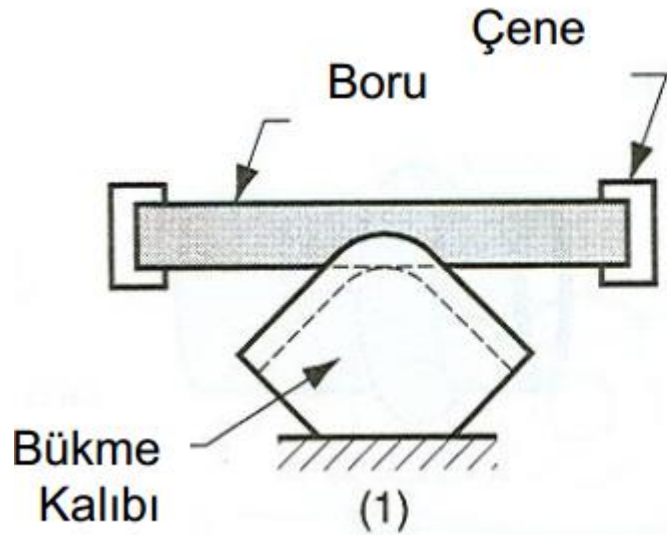
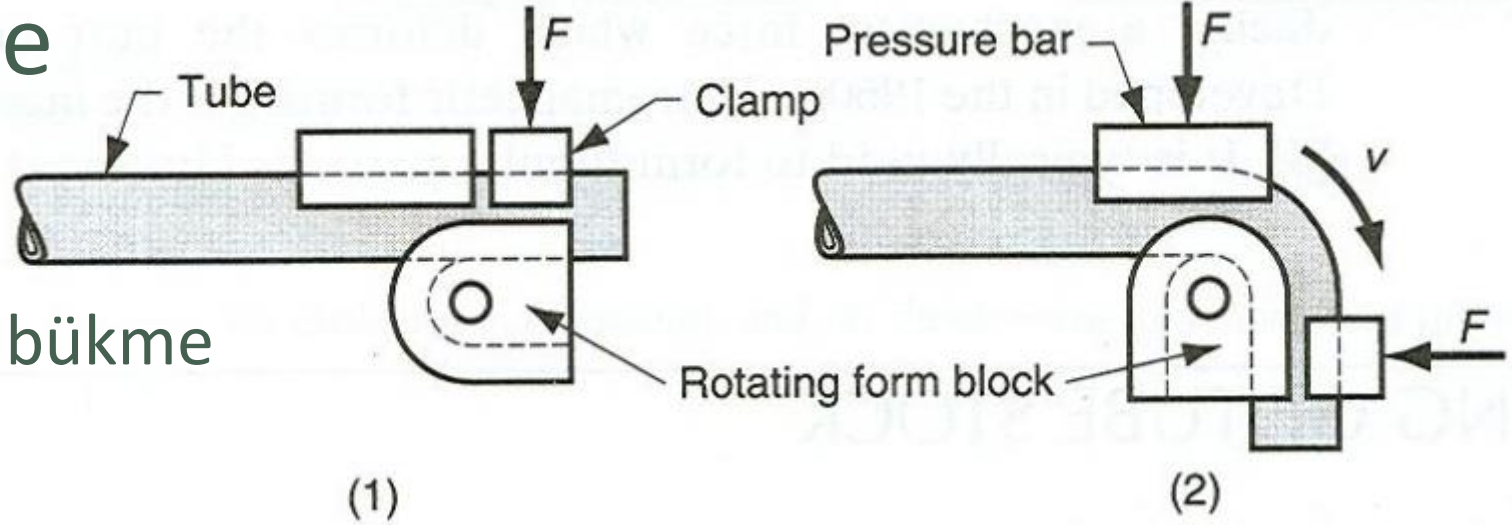


Boru ve Profil Bükme

- Boru ve profillerin bükülmesinde özel tertibatların kullanılması gerekir.
- Boru bükmede bu önlem alınmazsa bükme bölgesinde boru ovalleşir ve kesiti elips şeklini alır.
- Bu durum T, U, L gibi profillerin bükülmesinde de kesit geometrisinin bükme bölgesinde değişmesi şeklinde karşımıza çıkar.

Boru ve Profil Bükme

Kuvvet uygulayan
tertibatlar ile boru ve profil bükme

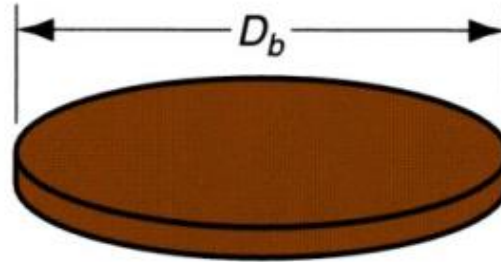
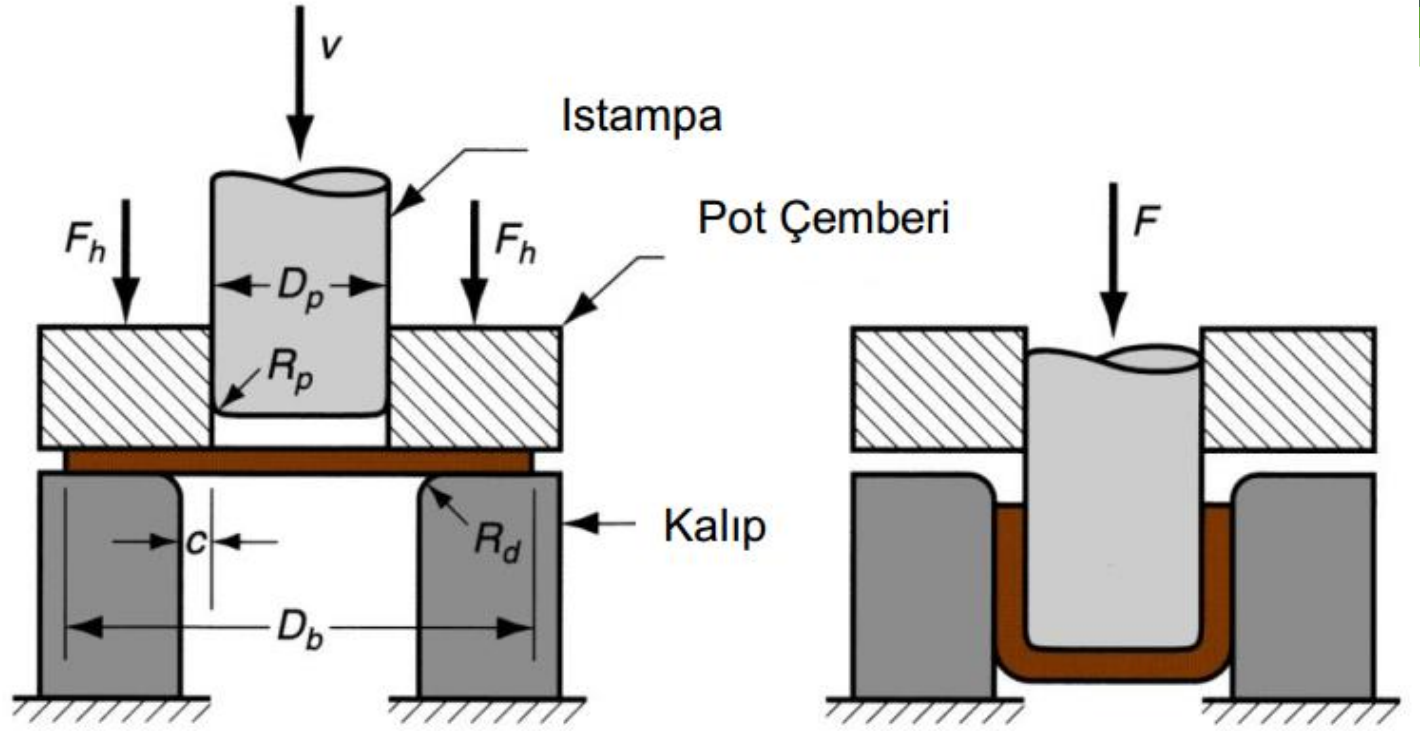


Derin Çekme

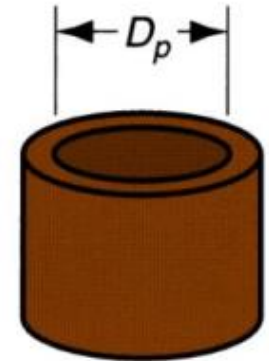
- Düz saclardan basit veya karmaşık kap, kutu ve diğer şekillerde parçaları imal etmede kullanılan bir yöntemdir.
- İşlem soğuk olarak gerçekleştirilir.
- Metal içecek kutuları, mermi kovanları, otomotiv sac parçaları üretiminde kullanılmaktadır.

Derin Çekme

- Derin çekme işlemi **pot çemberi** kullanılarak tamamlanır.
- Önce gerekli boyutta **taslak pul** kesilir ve kalıbın üzerine yerleştirilir.
- Sonra bunun üzerine pot çemberiyle bastırılır ve işleme devam edilir.



Pul Taslak



Derin Çekilmiş Parça

PŞV

Diğer Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri

Germe * Sıvama * Zımbalama

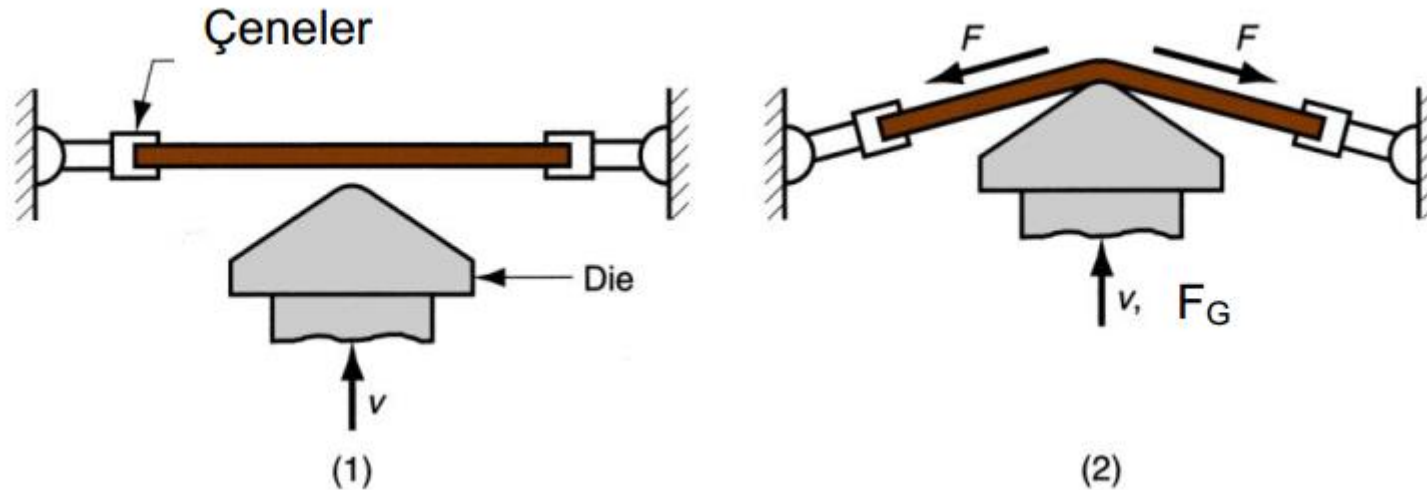
Guerin * Merdanelerle Form Verme

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

- Germe
- Sıvama
- Zımbalama
- Guerin Yöntemi
- Haddeleyerek (Merdanelerle) Şekillendirme
- Yüksek Hızda Şekillendirme
 - Patlamayla şekillendirme
 - Elektromanyetik şekillendirme
 - Hidroforming (sıvıyla şekillendirme)

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

- **GERME:** Sac kenarlarından çeneler vasıtasıyla yakalanır ve hareketine izin verilmez. Daha sonra bir kalıpla gerilen saca baskı uygulanır ve gerilme neticesinde sacın kalıbın şeklini alması sağlanır.

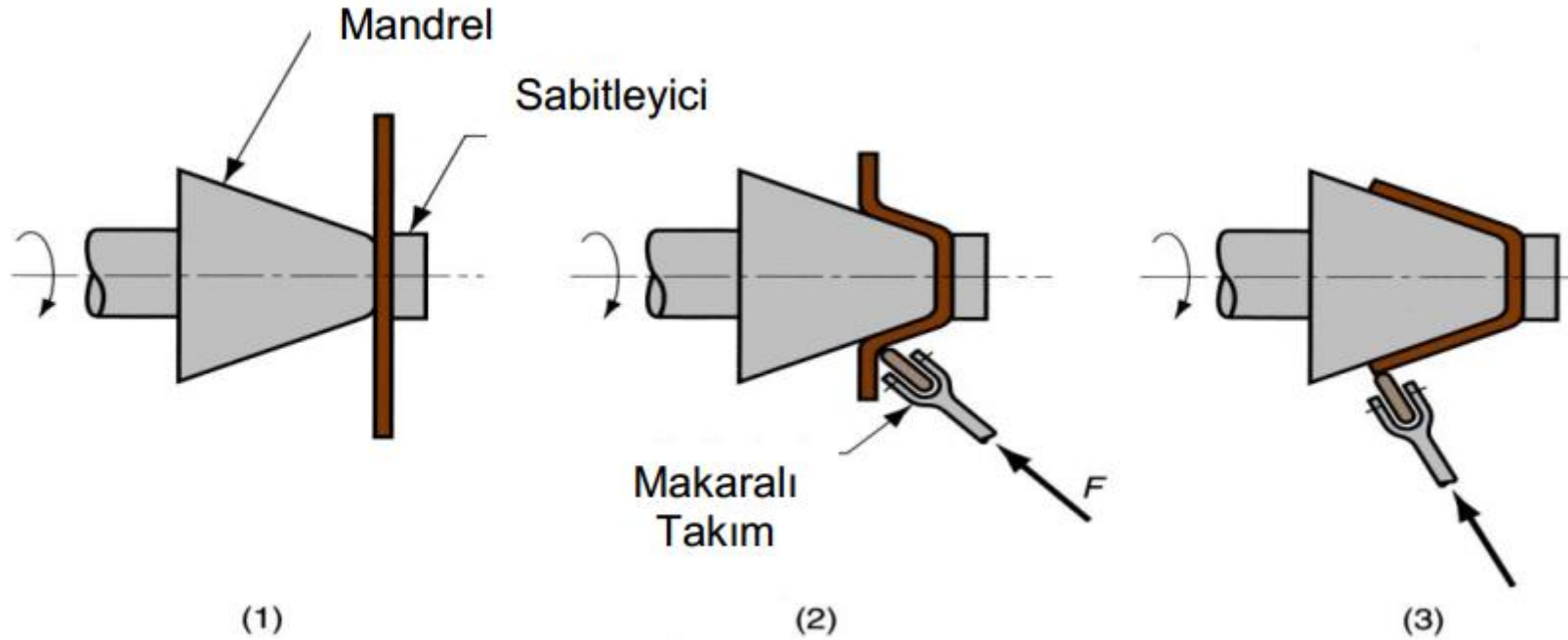


Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

- **SIVAMA:** Dairesel kesilen sac bir baskı aparatı yardımıyla mandrelin üzerine bastırılarak sabitlenir. Mandrel, pul ve sabitleyici birlikte döndürülür. Bu arada sacın üzerine bir makara/tahta gibi bir gereçle dönme sırasında bastırılır. Sacın kalıbın veya mandrelin üzerine yatırılmasına/sıvanmasına çalışılır.
- Çeşitleri:
 - Geleneksel Sıvama
 - Keserek Sıvama
 - Tüp Sıvama

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

■ *SIVAMA*



Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

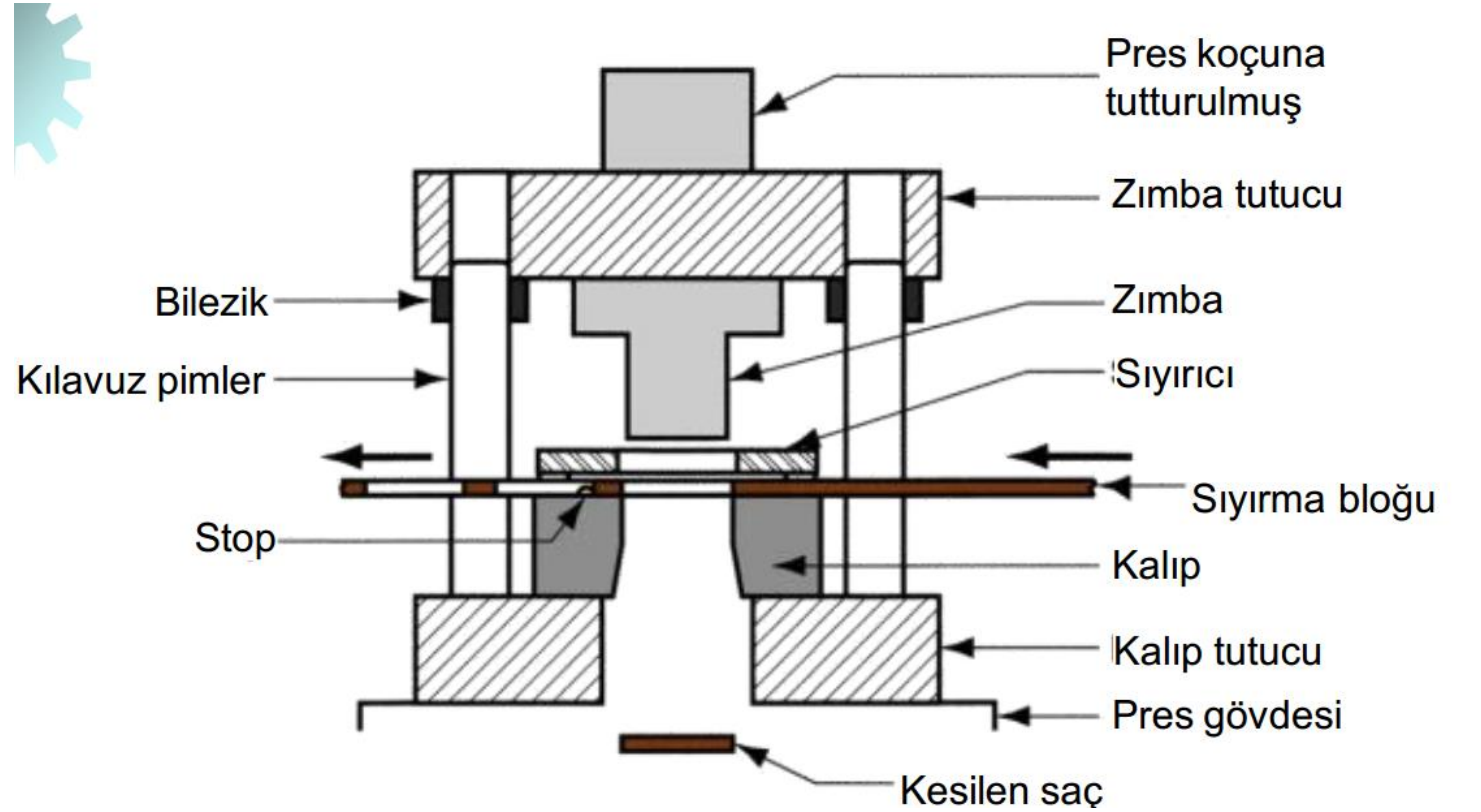
ZİMBALAMA: Çoğu pres işlemleri, geleneksel zimba-kalıp takımlarıyla yapılır

- Parçaya özgü tasarlanmıştır
- *Zımbalama kalıbı* terimi, bazen yüksek sayıda üretim kalıpları için kullanılır

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

ZIMBALAMA:

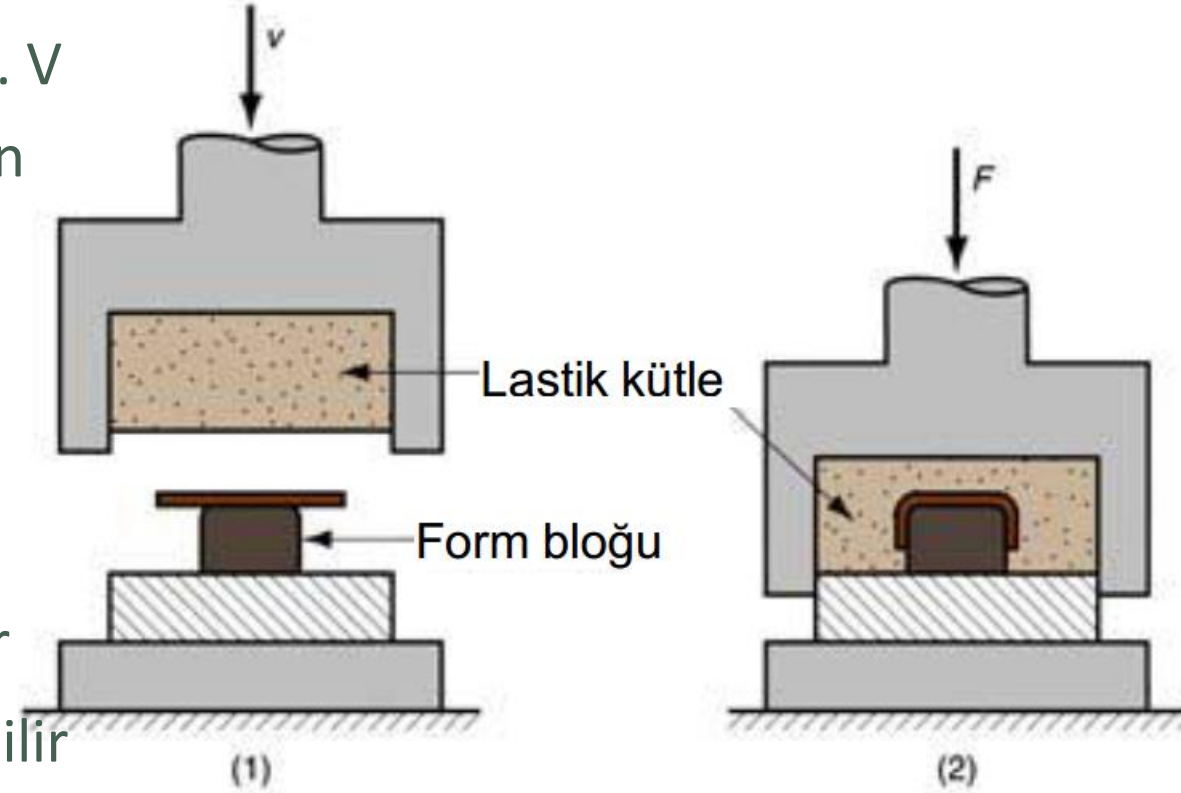
Kesme işlemi için zımba ve kalıp bileşenleri



Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

Guerin Yöntemi: Şekilde (1) önce ve (2) sonra. V ve F sembolleri, sırasıyla hareket ve uygulanan kuvveti göstermektedir. → →

- Düşük takım maliyeti
- Form bloğu, şekillendirilmesi kolay olan ahşap, plastik vb. malzemelerden yapılabilir
- Lastik kütle farklı form bloklarıyla kullanılabilir
- Yöntem, küçük sayıda üretim için caziptir



Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

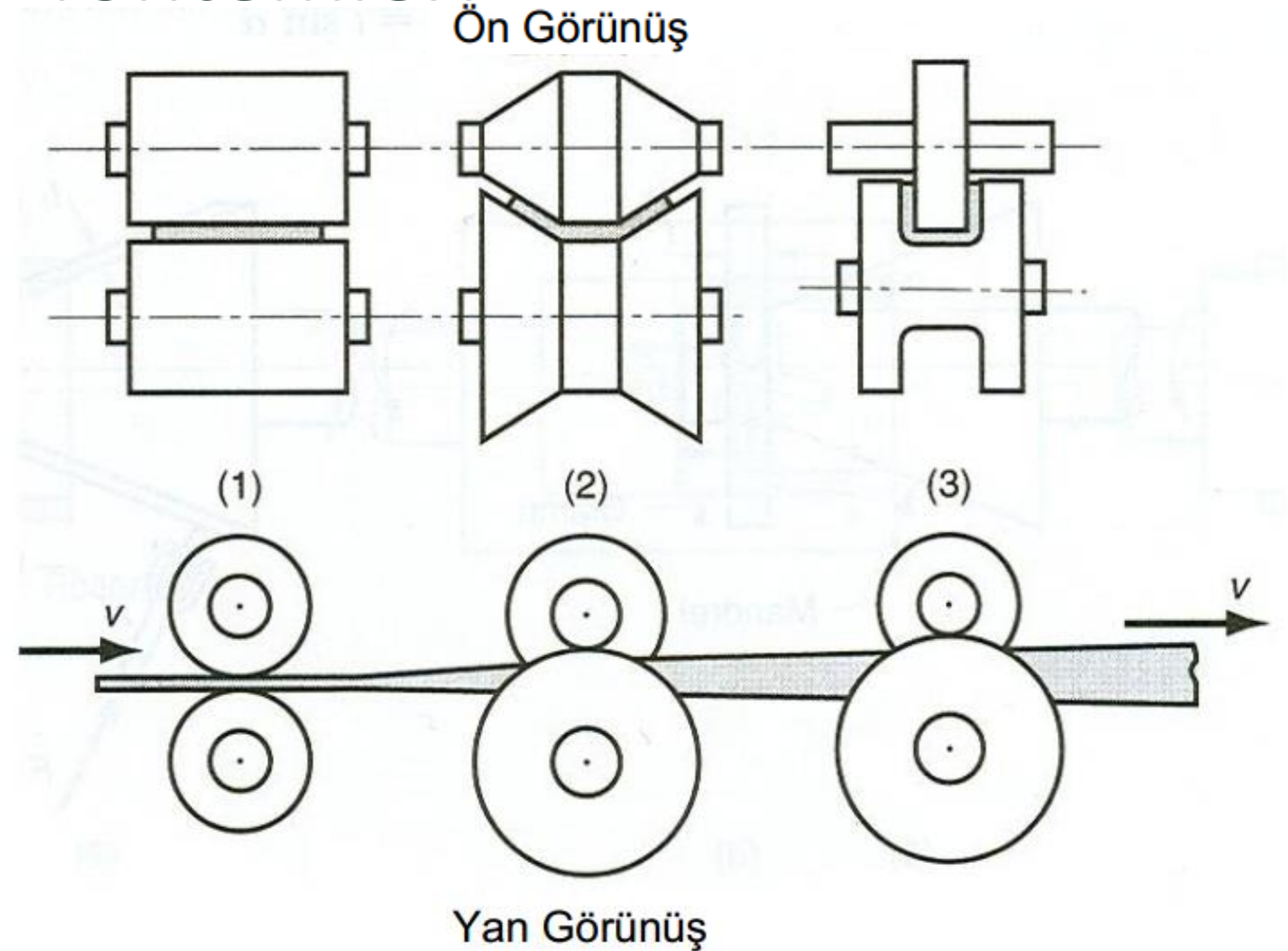
- ***Merdanelerle Şekillendirme***: Merdaneler yardımıyla sürekli ve kademeli olarak gerçekleştirilir. Böylece bükme işlemi sırasında birim şekil değişimlerinin bir noktaya yığılması ve orada çatlamaya neden olması önlenmektedir. Şekillendirme sırasında sonuçta elde edilecek profile bağlı olarak çok sayıda merdane (örneğin 10-15 gibi) kullanılması mümkündür.

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri

■ *Merdanelerle Şekillendirme*

Örnek Görsel:

U-profil üretiminde kullanılan
3 merdaneli bükme sistemi



PŞV

Diğer Sac Metal Şekillendirme Yöntemleri

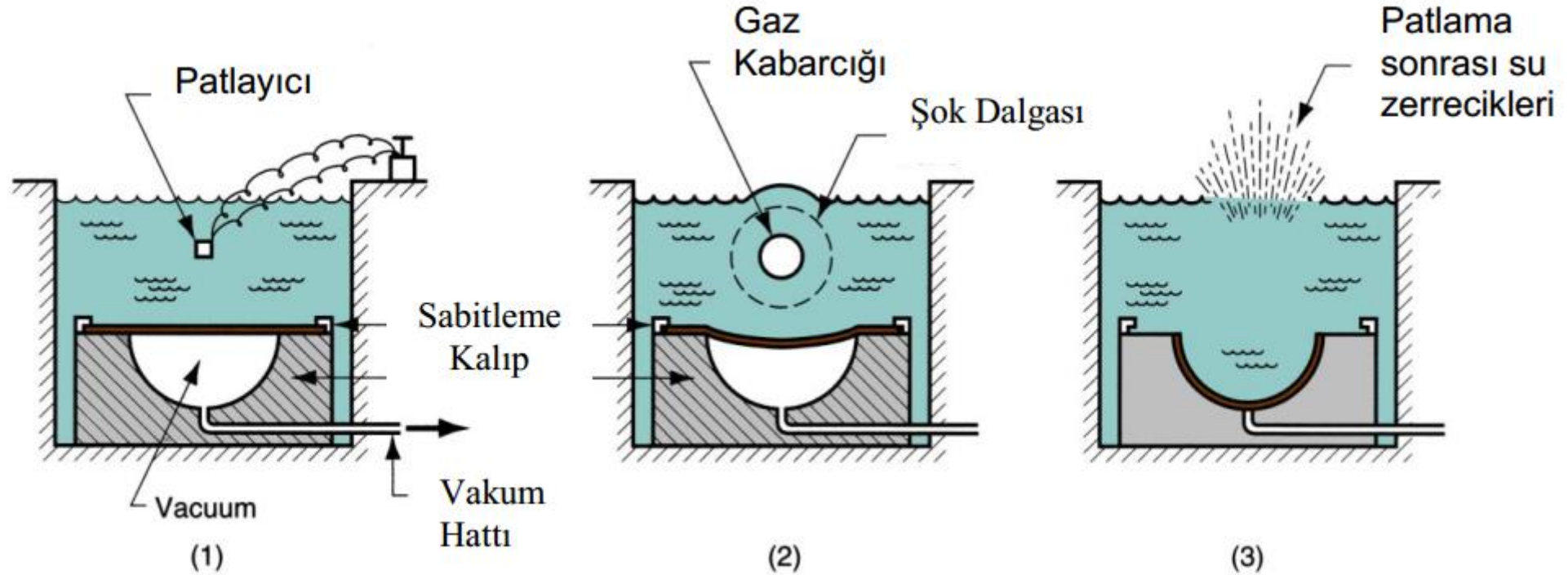
Yüksek Hızda Sac Şekillendirme

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri / Yüksek Hızda

- ***Patlamayla Şekillendirme:*** Emniyet açısından sıvı banyosunda (örneğin su) gerçekleştirilir. Kalıp ve üzerine sac yerleştirilir. Bunların üzerine ise patlayıcı (örneğin TNT) konur (1). Daha sonra patlayıcı ateşlenir ve gaz oluşumuyla birlikte şok dalgaları meydana gelir (2). Bu dalgalar malzemeye şok etkisi yaparak kalıbın iç yüzüne yapışmasını sağlar. İşlemin daha kolay gerçekleşmesi için kalıbın altından vakum uygulanır ve havanın sıkışmasına mani olunur (3).

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri / Yüksek Hızda

■ *Patlamayla Şekillendirme*

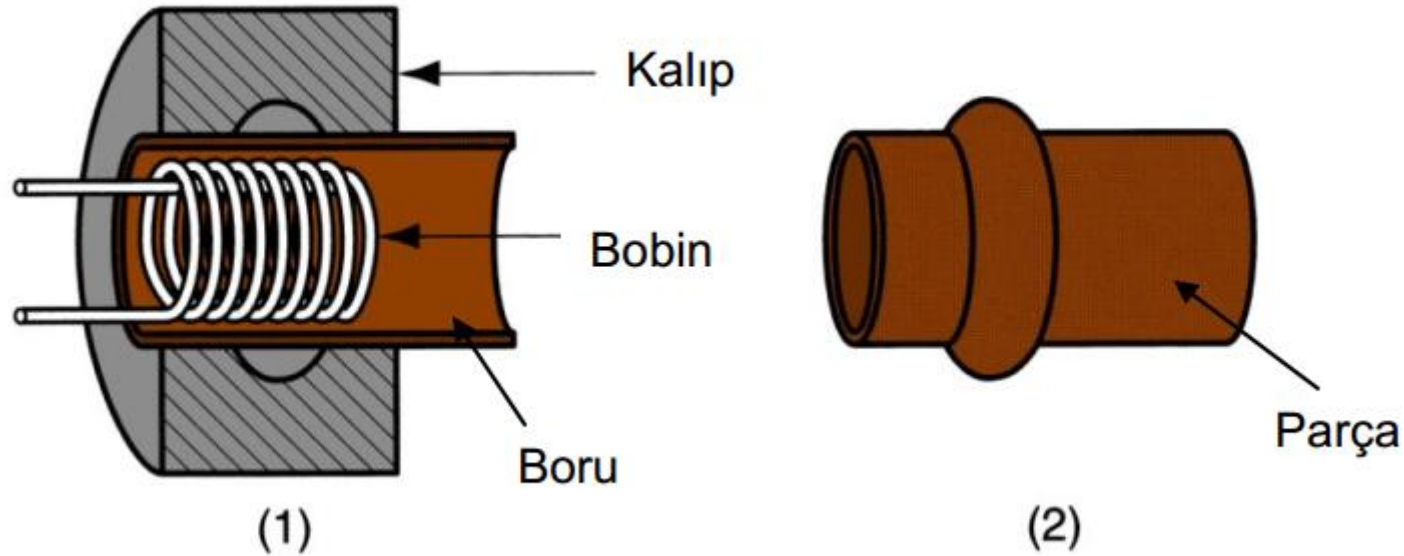


Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri / Yüksek Hızda

- ***Elektro-Manyetik Şekillendirme***: Kullanılan kuvvet, elektromanyetik alan sayesinde oluşturulmaktadır. Elektromanyetik alan meydana getirmek için bir elektrik bobini ile Eddy-Akımı yaratılmaktadır. Bu şekilde oluşturulan manyetik alan sacın yüzeyine baskı uygulamakta ve bu etki, elektrik enerjisinin frekansına bağlı olarak ardı ardına sürekli şekilde gerçekleştirilmektedir. Saca etkiyen kuvvet sacı kalıba doğru bastırmakta ve kalıbın şeklini almasını sağlamaktadır.

Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri / Yüksek Hızda

■ *Elektro-Manyetik Şekillendirme*



Diğer Sac Şekillendirme Yöntemleri / Yüksek Hızda

■ *Hidroforming (Sıvıyla Şekillendirme):*

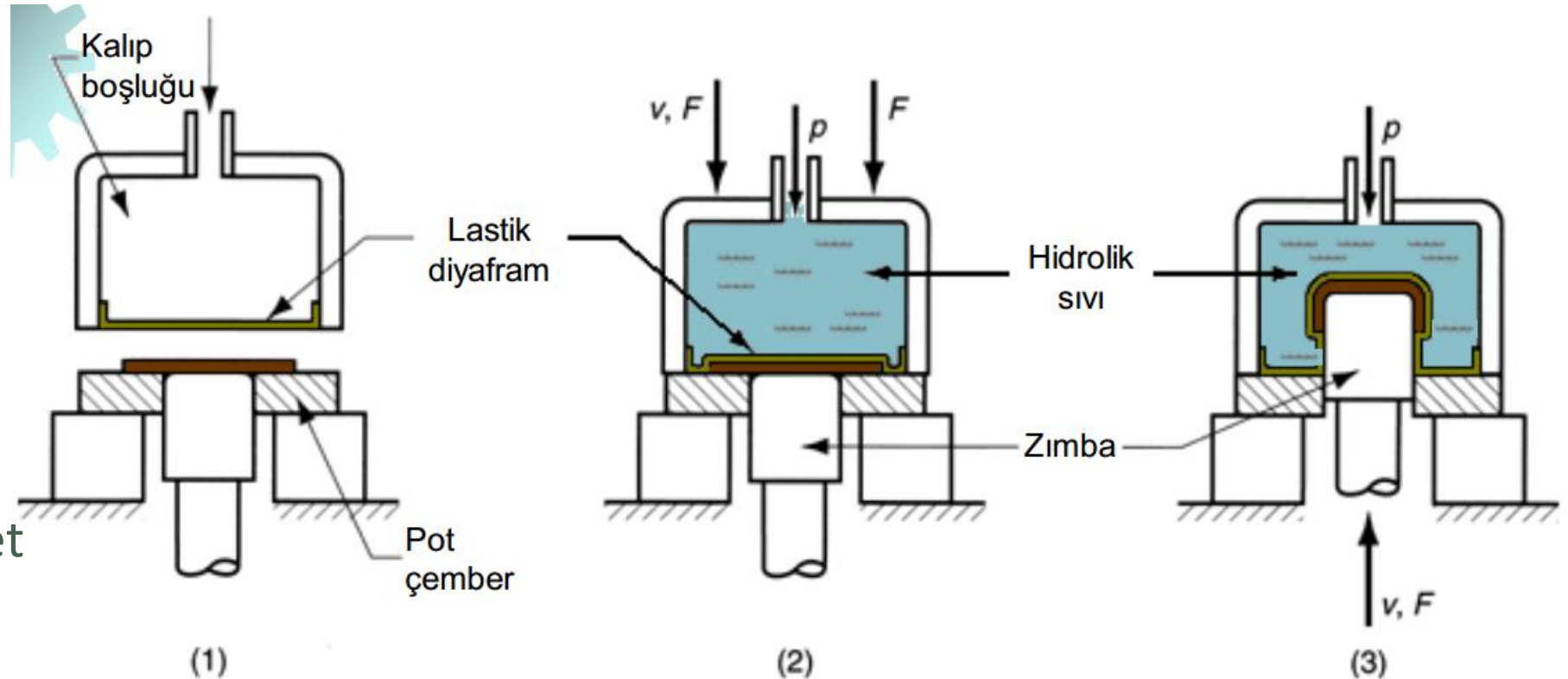
(1) başlangıç; kalıp boşluğunda sıvı yok; (2) pres kapanır, kalıp boşluğu sıvı ile basınçlandırılır; (3) zimba parçayı şekillendirmek üzere basınç uygular.

Semboller:

v = hız

F = uygulanan kuvvet

p = hidrolik basınç



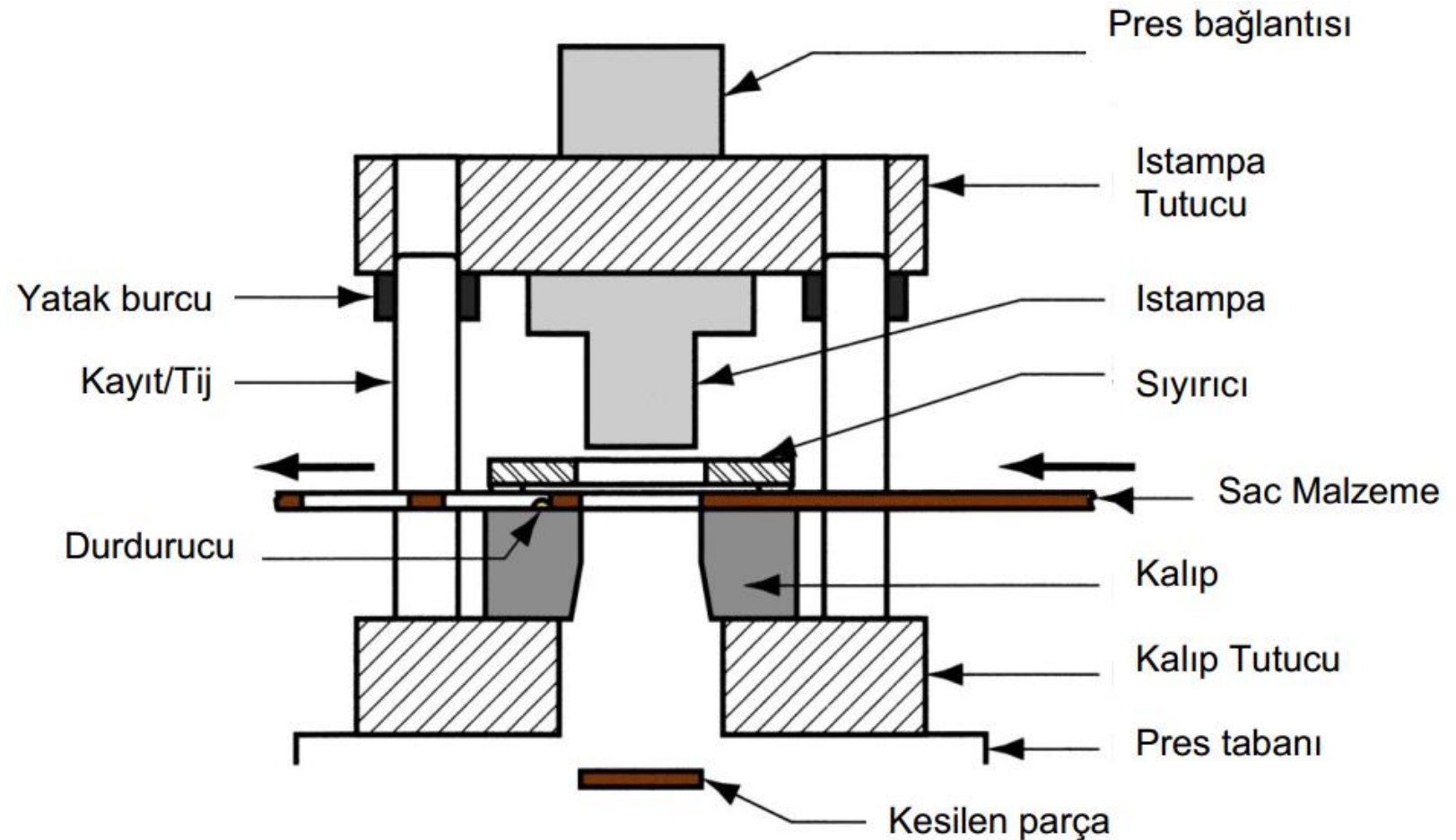
PŞV

Sac Metal Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

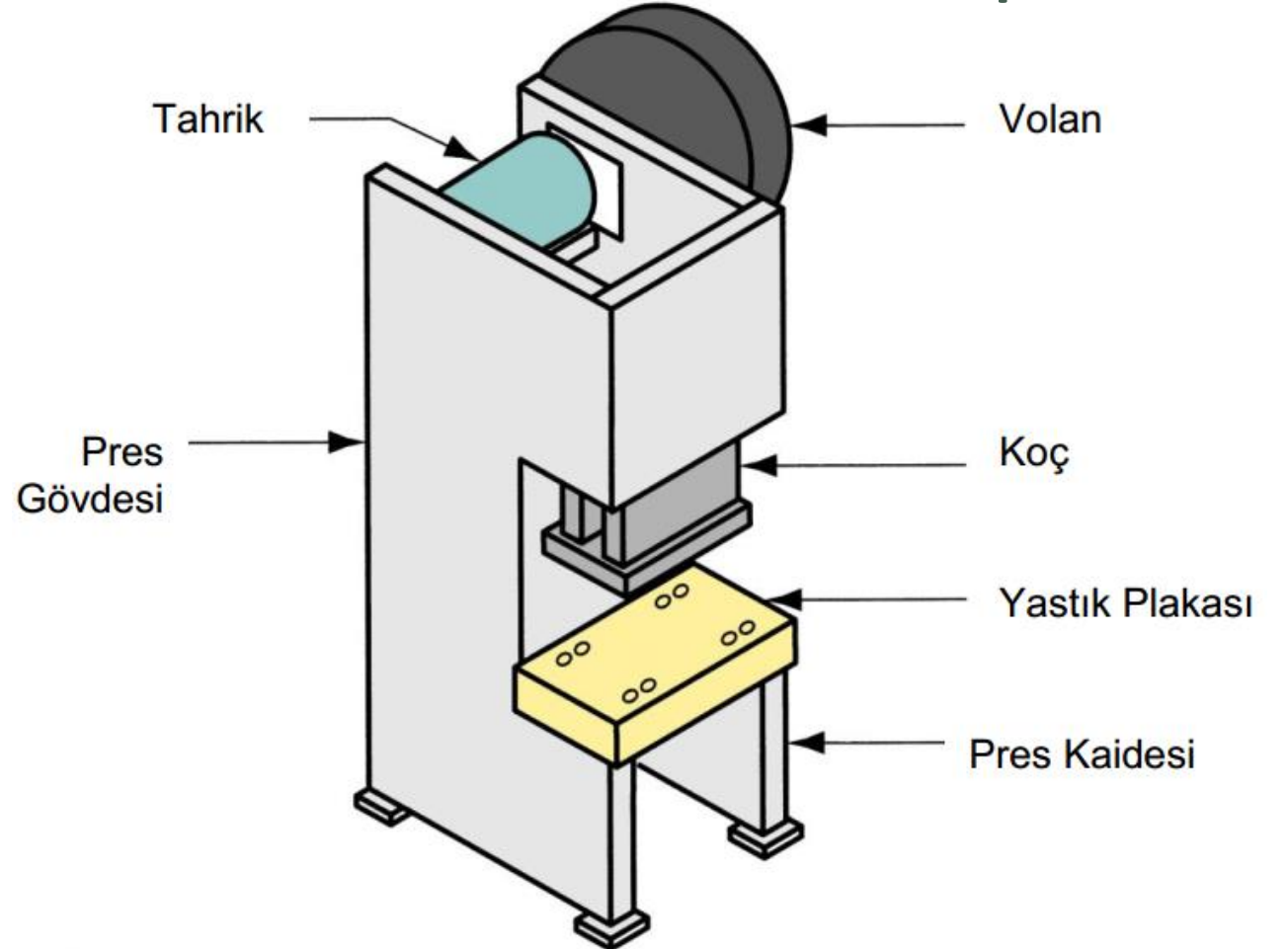
- Hemen hemen tüm pres işleri klasik “**ıstampa**” ve “**baskı kalıbı**” düzeneği ile gerçekleştirilmektedir.

Örnek görselde basit bir kesme kalıbına ait kesit görünümü şematik olarak verilmiştir.



Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

- Örnek görsel: Sac işlerinde çokça kullanılan **C-Gövdeli Eksantrik Pres**
- C gövdeli presler büyük eğilme gerilmeleri altında çalıştıklarından kuvvet kapasiteleri sınırlıdır.
- **Düz kenar preslerde** gövdede eğilme sorunu yoktur. Büyük kuvvet kapasitelerine bu tür preslerde ulaşılır.



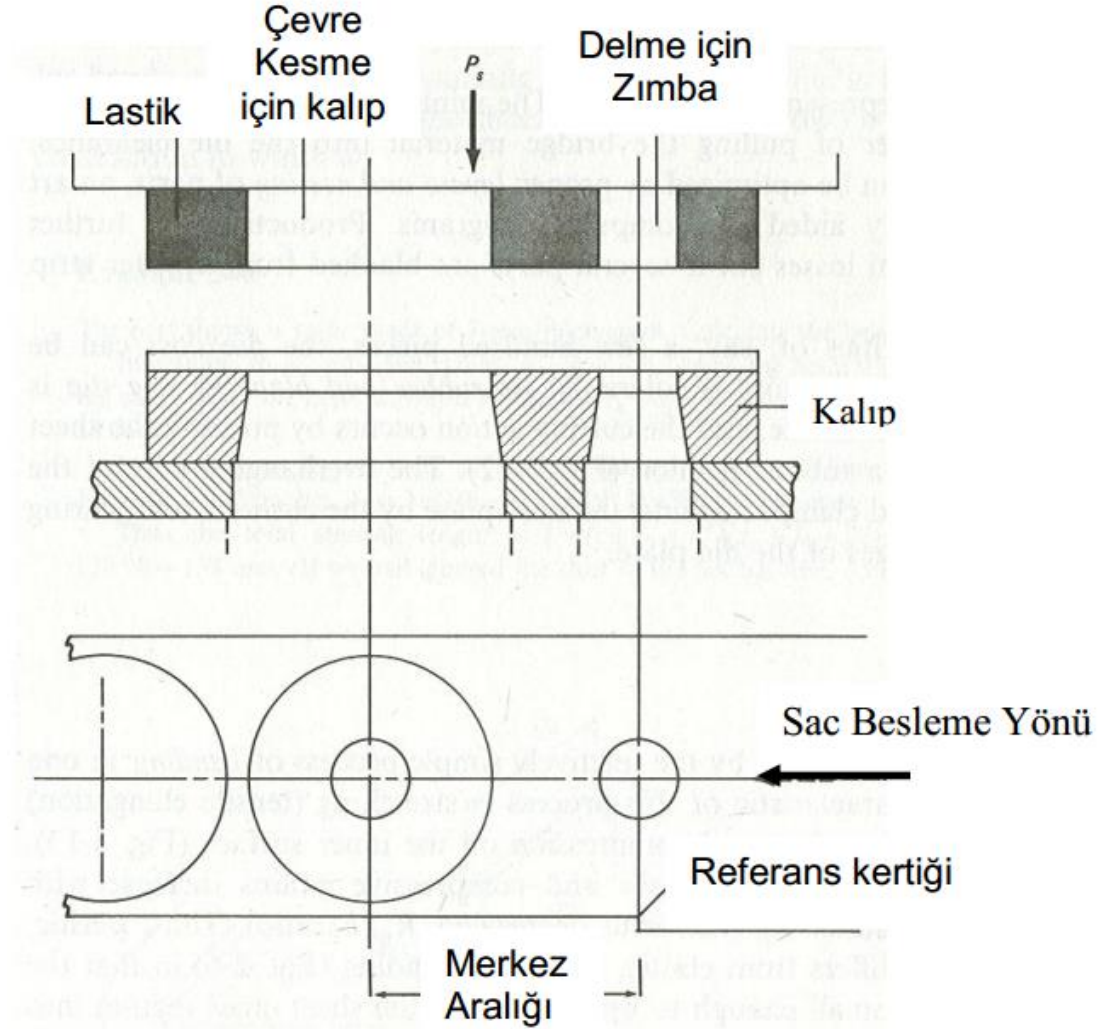
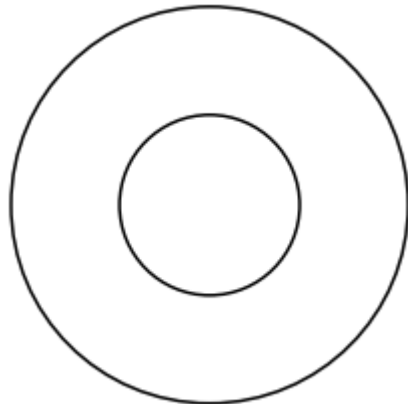
Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

Progresif Kalıplar (Bileşik Kalıplar):

- Birkaç kesme işlemini ve hatta gerekiyorsa bükme işlemini birlikte gerçekleştirir
- Örnek görsellerde, dairesel ve ortasında delik olan bir parçayı banttan kesmek için kullanılabilecek bileşik kalıp ve progresif kalıp örnekleri verilmiştir.

Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

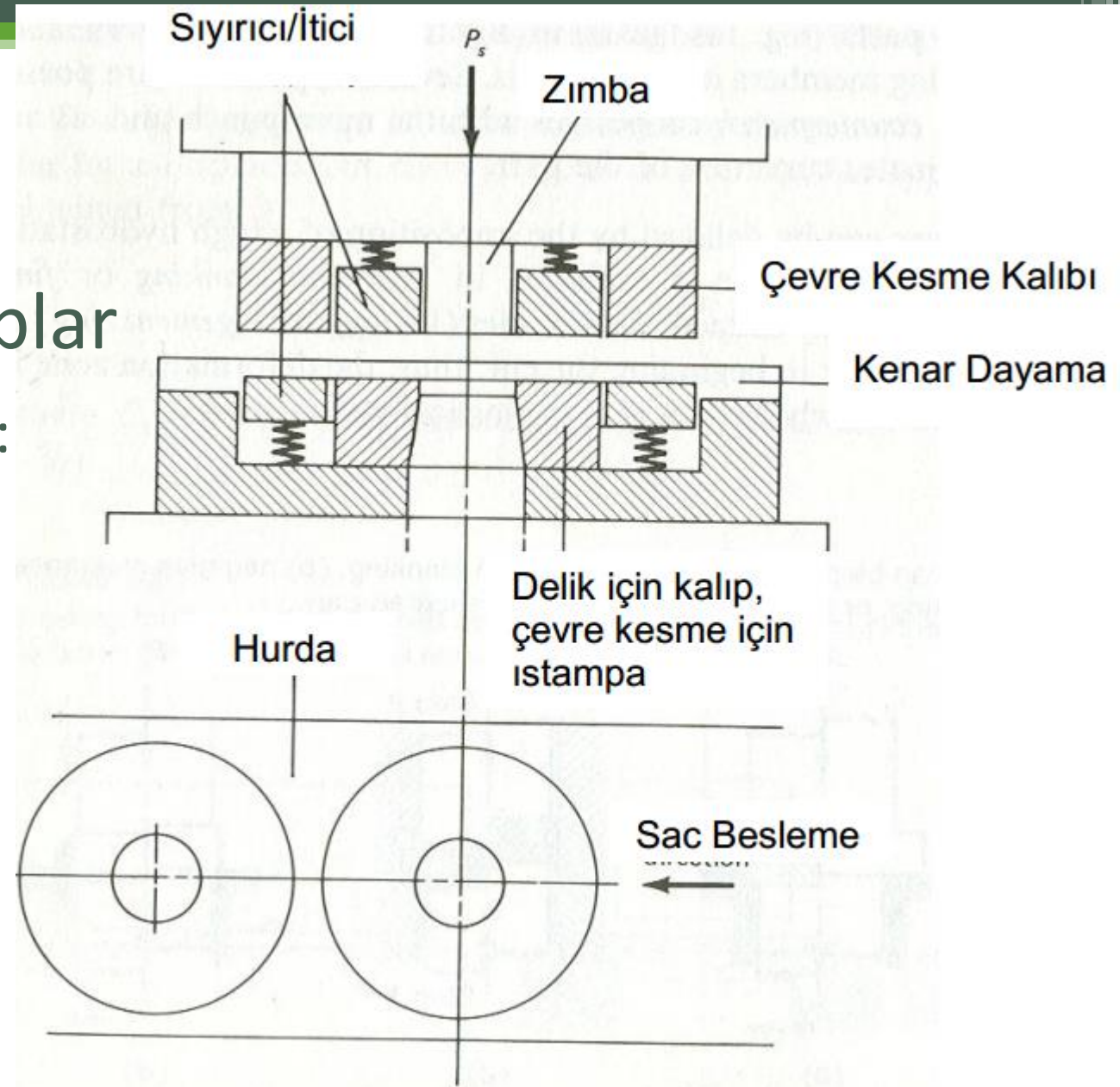
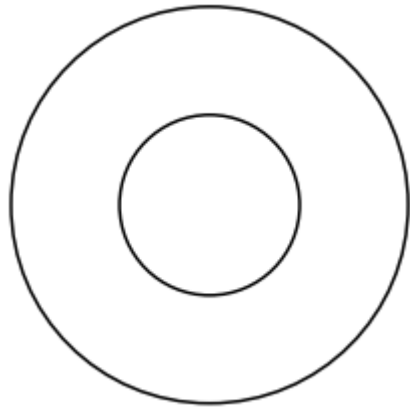
Progresif Kalıplar (Bileşik Kalıplar):



-Progresif Kesme Kalıbı-

Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

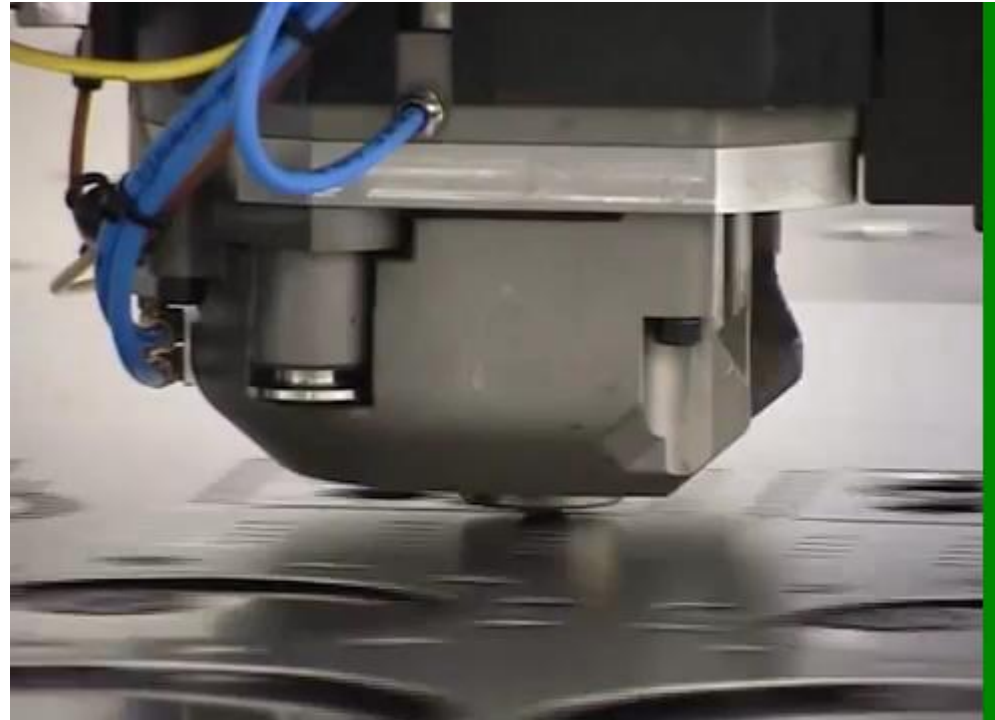
Progresif Kalıplar (Bileşik Kalıplar):



-Bileşik Kesme Kalıbı-

Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

Örnek Video: CNC Punch
CNC Punching Machine

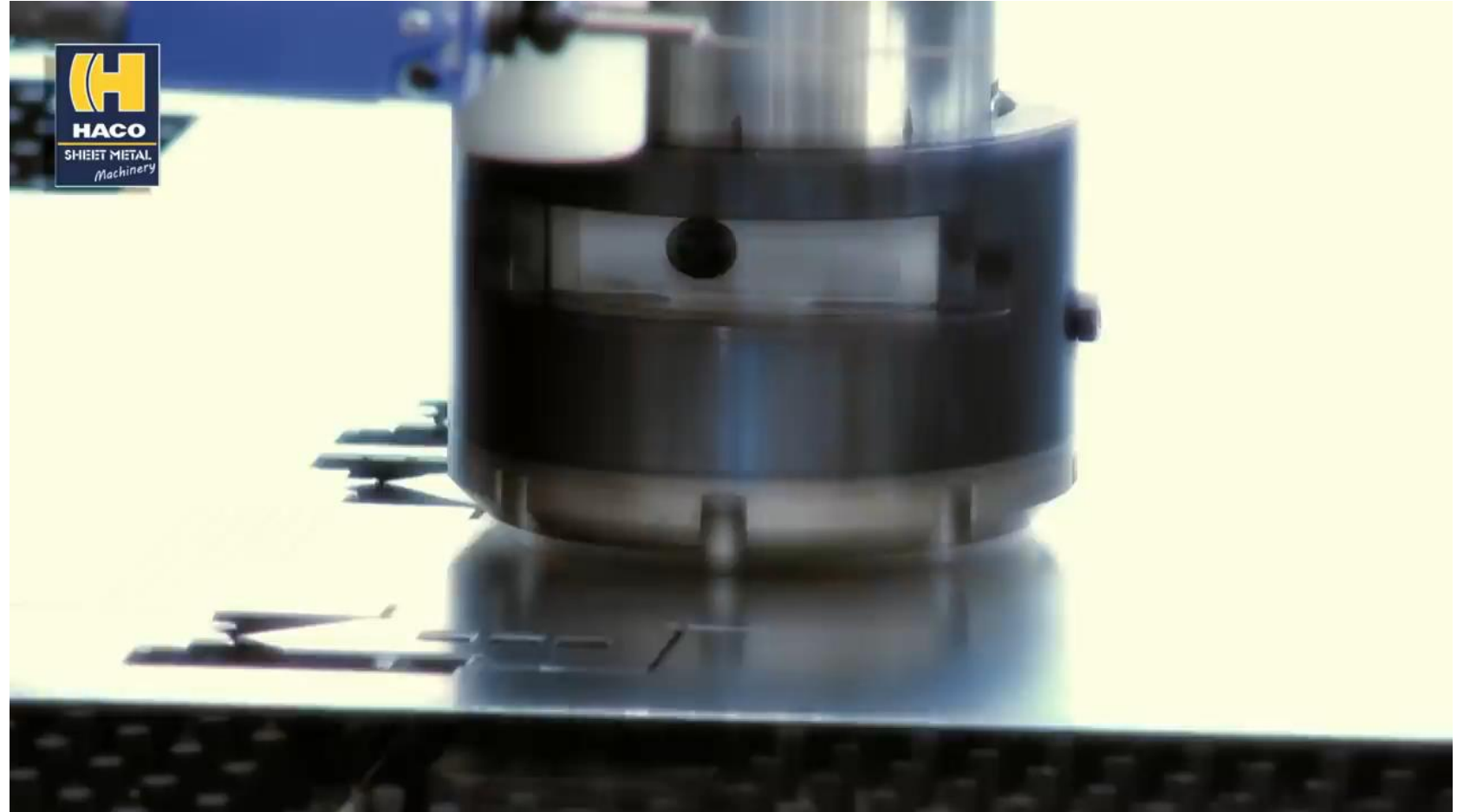


Sac Şekillendirmede Kullanılan Makineler ve Kalıplar

Örnek Video:

CNC Punch ile kesme
ve bükme işlemleri

CNC Punch Forming



Kaynaklar: Ders Notları

- Prof. Dr. Ahmet Aran – Ders Notları / Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
 - <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dersnotlari.htm>
- Doç. Dr. Turgut Gülmez – İmal Usulleri Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
 - <https://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI.html>
- Prof. Dr. Adnan Dikicioğlu – Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
 - <https://akademi.itu.edu.tr/dikicioglu/>