

Okan Üniversitesi MYO

MUTK215

HAVACILIKTA İMALAT İŞLEMLERİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 7

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	Ovalama (vida dişi açma)	* TIG, MIG, Laser
	Matkap	Ekstrüzyon	* 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

- PŞV yöntemlerinde etkili faktörler
- Haddeleme
- Profil Haddeleme
- Ovalama
- Ekstrüzyon
- Tel ve Çubuk Çekme

Metallerin Plastik Şekil Değiştirmesi

- * Kalıcı Deformasyon Yöntemleri *
- * Kalıcı Form Verme Teknikleri *
- * **P**lastik **Ş**ekil **V**erme / **PŞV** *

[Forming]

[Mechanical Deformation Processes]

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	

Metallerin Plastik Şekillendirilmesi - PŞV

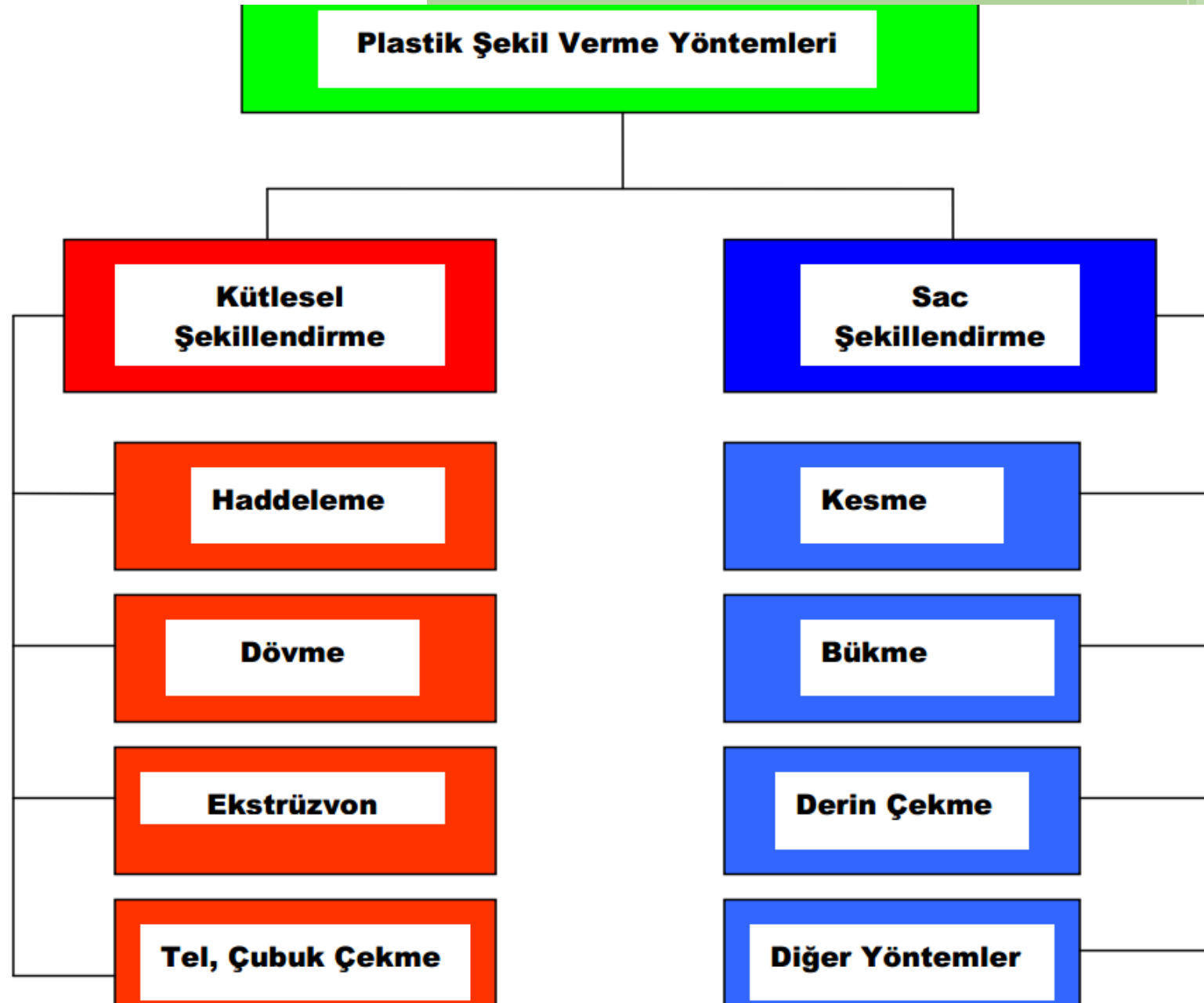
- ✓ PŞV tekniğinde, malzeme katı halde, hacim değişikliğine uğramadan, kristal yapı özelliklerini koruyarak ve kırılma gibi herhangi bir süreksizlik meydana gelmeksizin kalıcı olarak şekil değiştirmektedir.
- ✓ Şekillendirme işlemlerinde gereç olarak kalıplardan yararlanılmaktadır. Kalıpların malzeme ile doldurulması (kalıbın belirlediği şeklin malzemeye verilmesi), malzeme katı halde olduğundan yüksek gerilmelere, dolayısıyla büyük kuvvetlere ihtiyaç göstermektedir.

Metallerin Plastik Şekillendirilmesi - PŞV

- ✓ Plastik şekillendirmede, malzemeyi süreksizlik yaratmadan deformasyona uğratabilmenin (malzeme özellikleri) yanı sıra gerekli kuvvet ve enerjinin de sağlanması (mekanik analiz) ve bunların önceden belirlenebilmesi çok önemlidir.
- ✓ Plastik şekil verme yöntemleri genellikle iki temel bölüme ayrılmaktadır:
 1. Kütlesel şekillendirme
 2. Sac şekillendirme

Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

✓ **PLASTİK ŞEKİL VERME**
(PŞV) yöntemlerinin
sınıflandırılması



Metallerin Plastik Şekillendirilmesi - PŞV

- ✓ Kütlesel şekillendirme olarak isimlendirilen ilk bölümde malzeme her üç yönde de şekil değişimine uğramaktadır. Bu yöntemleri tanımlayan diğer bir ölçüt de parçanın “**yüzey alanı/hacim**” oranıdır. Kütlesel şekillendirme yöntemlerinde bu oran düşüktür.
- ✓ Sac şekillendirme olarak isimlendirilen ikinci grupta ise genellikle **5 mm’den daha ince levhalar olarak tanımlanan saclara** şekil verilmektedir. Şekil değişimi yüzeyde yer alan iki yönde gelişmekte, kalınlıktaki değişim ise genelde ihmal edilmektedir. Sac şekillendirme işlemlerini belirleyen diğer ölçüt ise oldukça yüksek olan parçanın yüzey alanı/hacim oranıdır.

Metallerin Plastik Şekillendirilmesi - PŞV

- Hacim sabitliği ilkesi
- Kırılma olmaz
- Kalıcı şekil değişimi (plastik deformasyon)
- Büyük kuvvet ve enerji ihtiyacı
- Yüzey alanı/hacim oranı belirleyici ölçüt

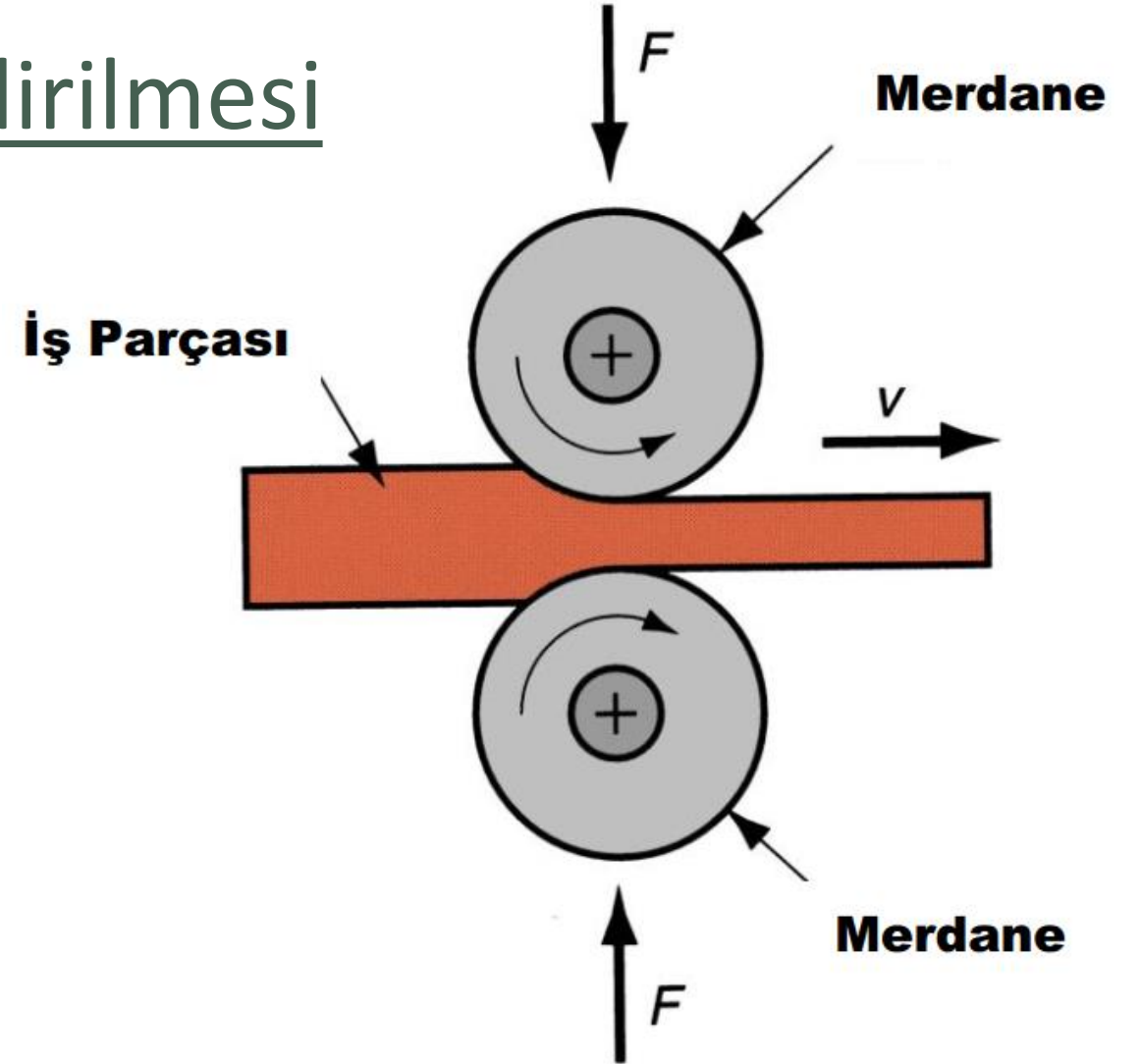
MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Form Verme Yöntemleri

Haddeleme / Ekstrüzyon / Tel Çekme
Dövme / Sac Kesme-Bükme / Derin Çekme

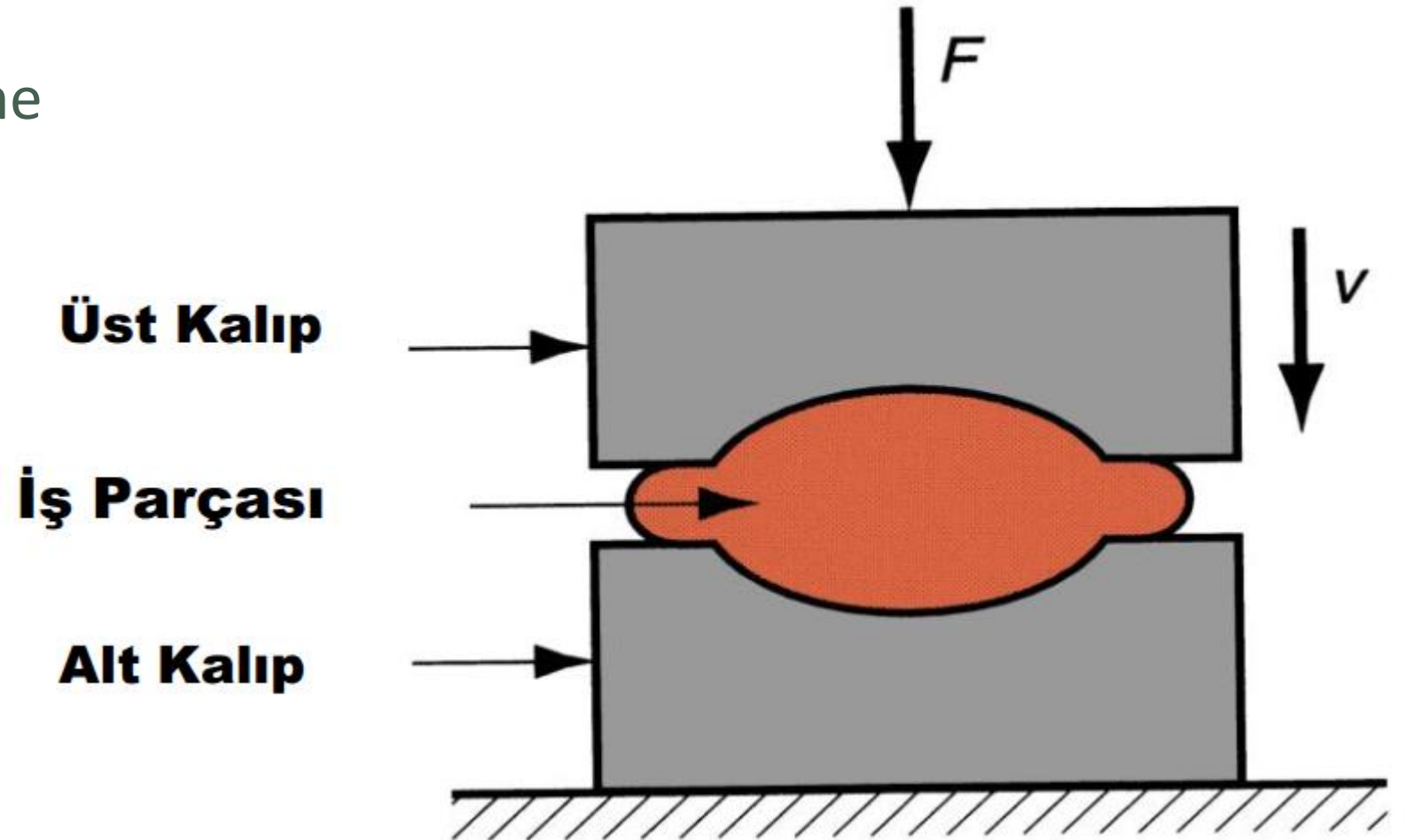
Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

- Kütlesel Şekillendirme
Yöntemleri: **HADDELEME**



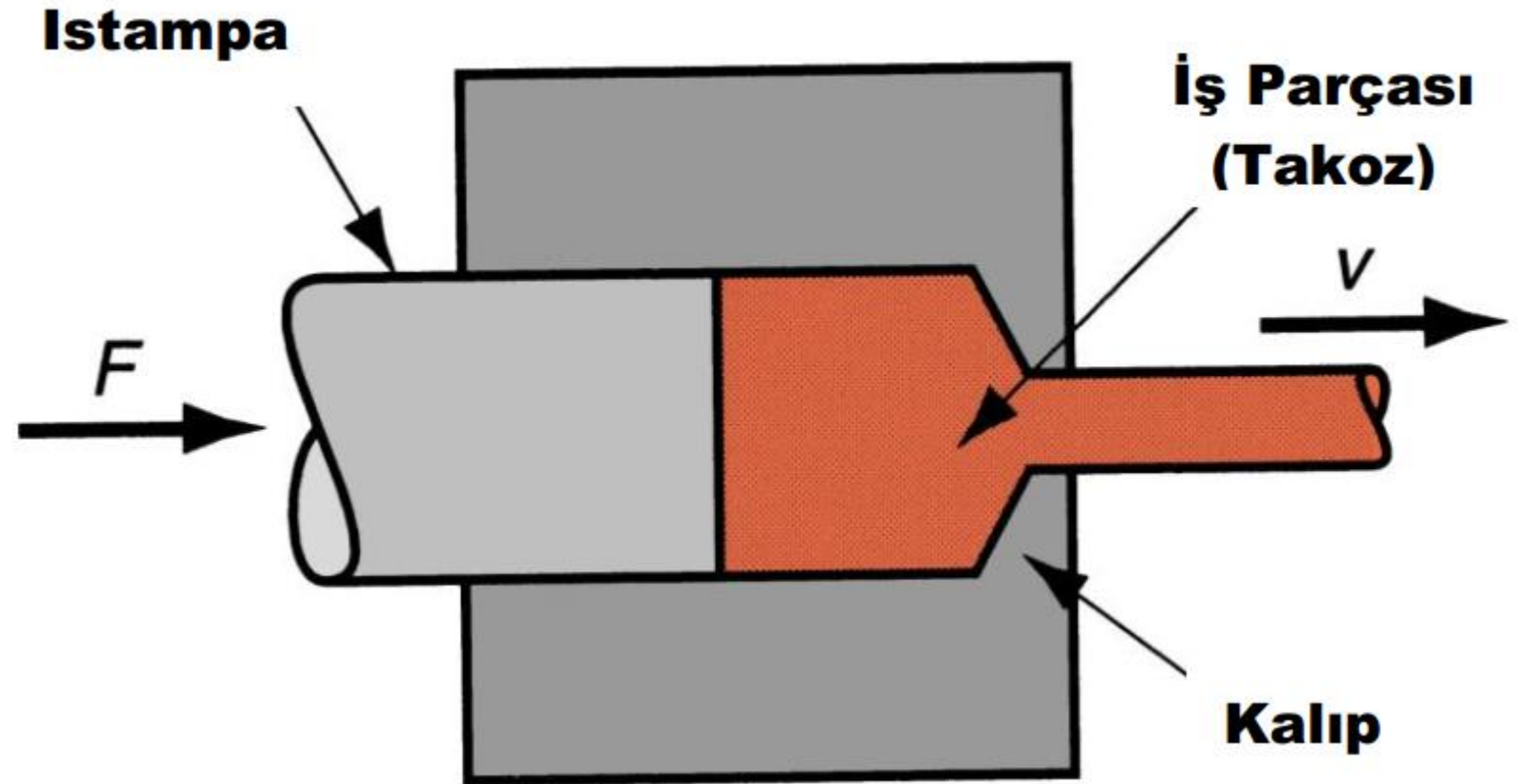
Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

- Kütlesel Şekillendirme Yöntemleri: **DÖVME**



Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

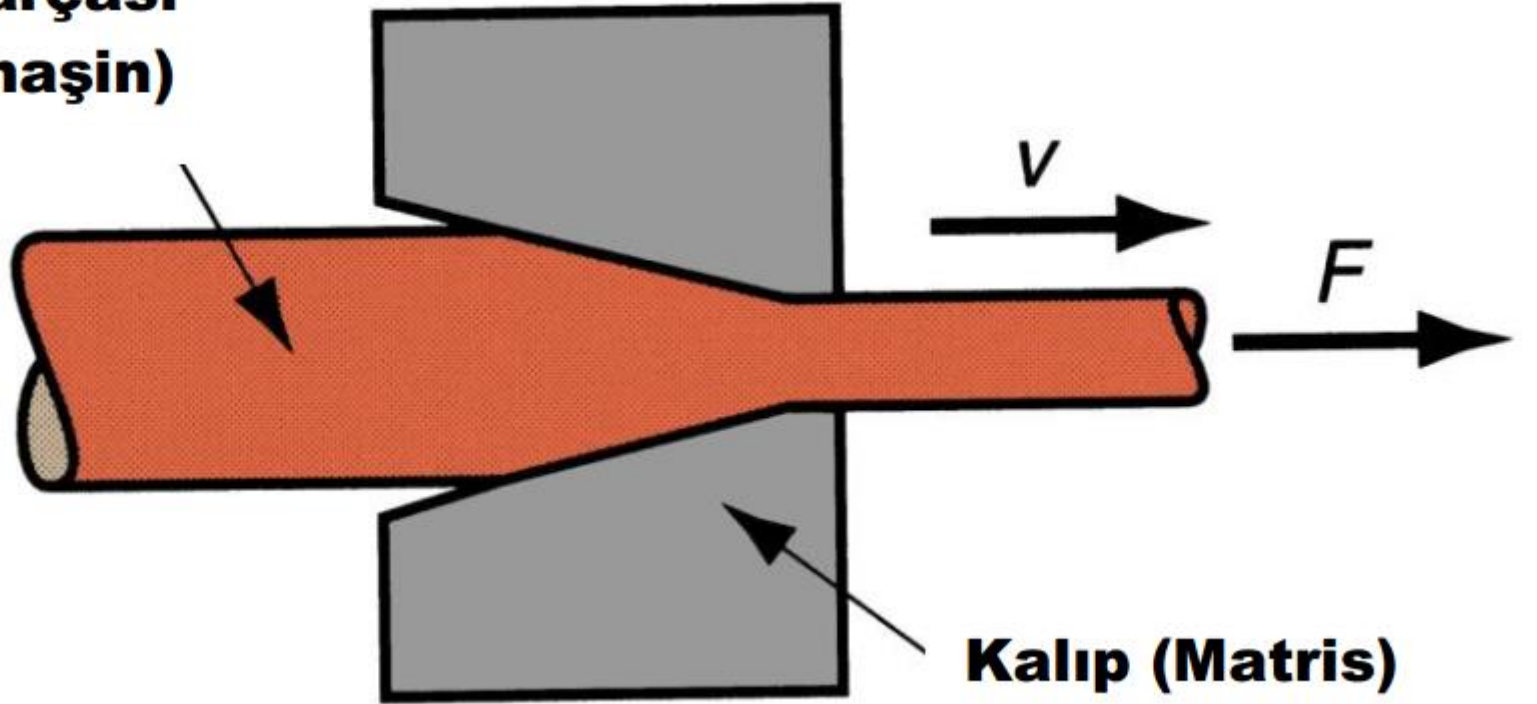
- Kütlesel
Şekillendirme
Yöntemleri:
EKSTRÜZYON



Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

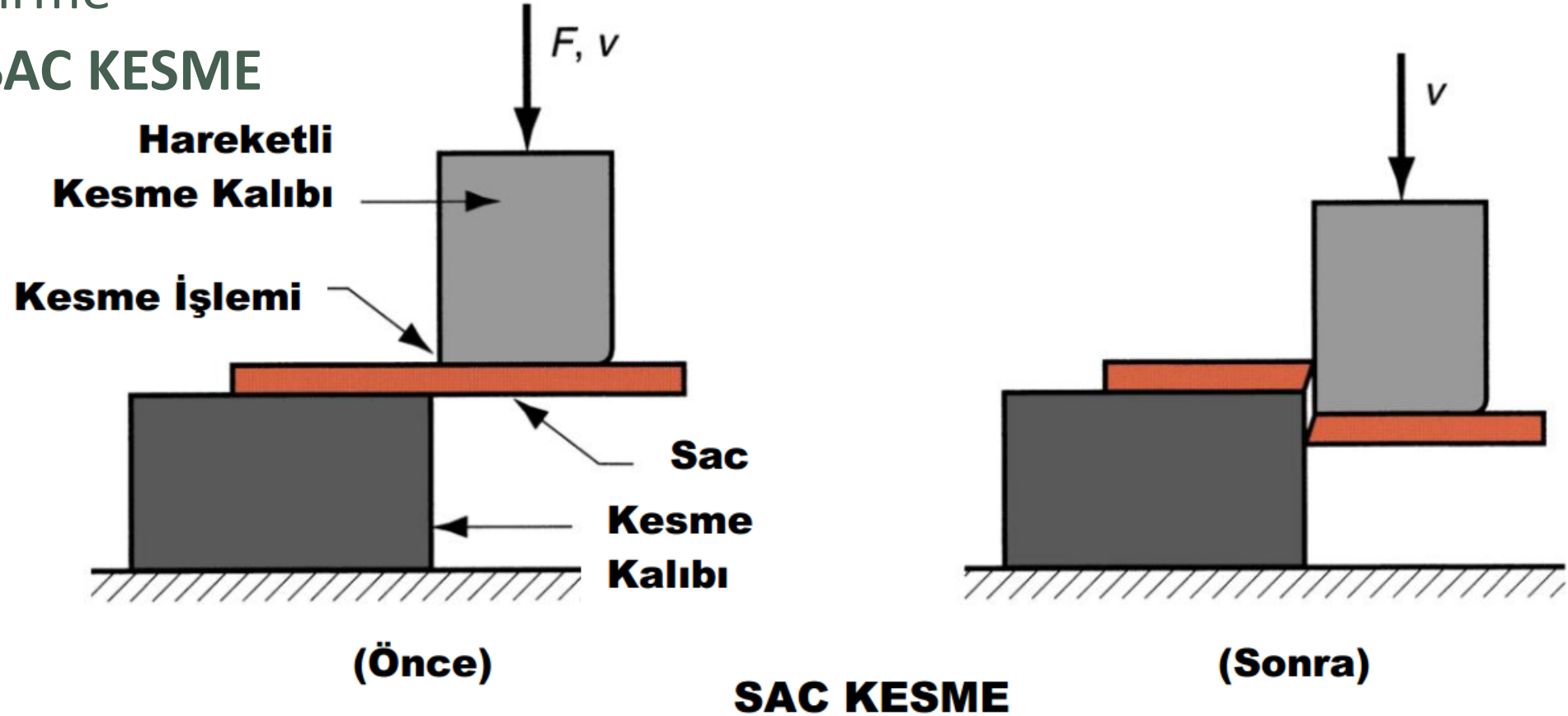
- Kütlesel Şekillendirme Yöntemleri:
ÇUBUK/TEL ÇEKME

**İş Parçası
(Filmaşın)**



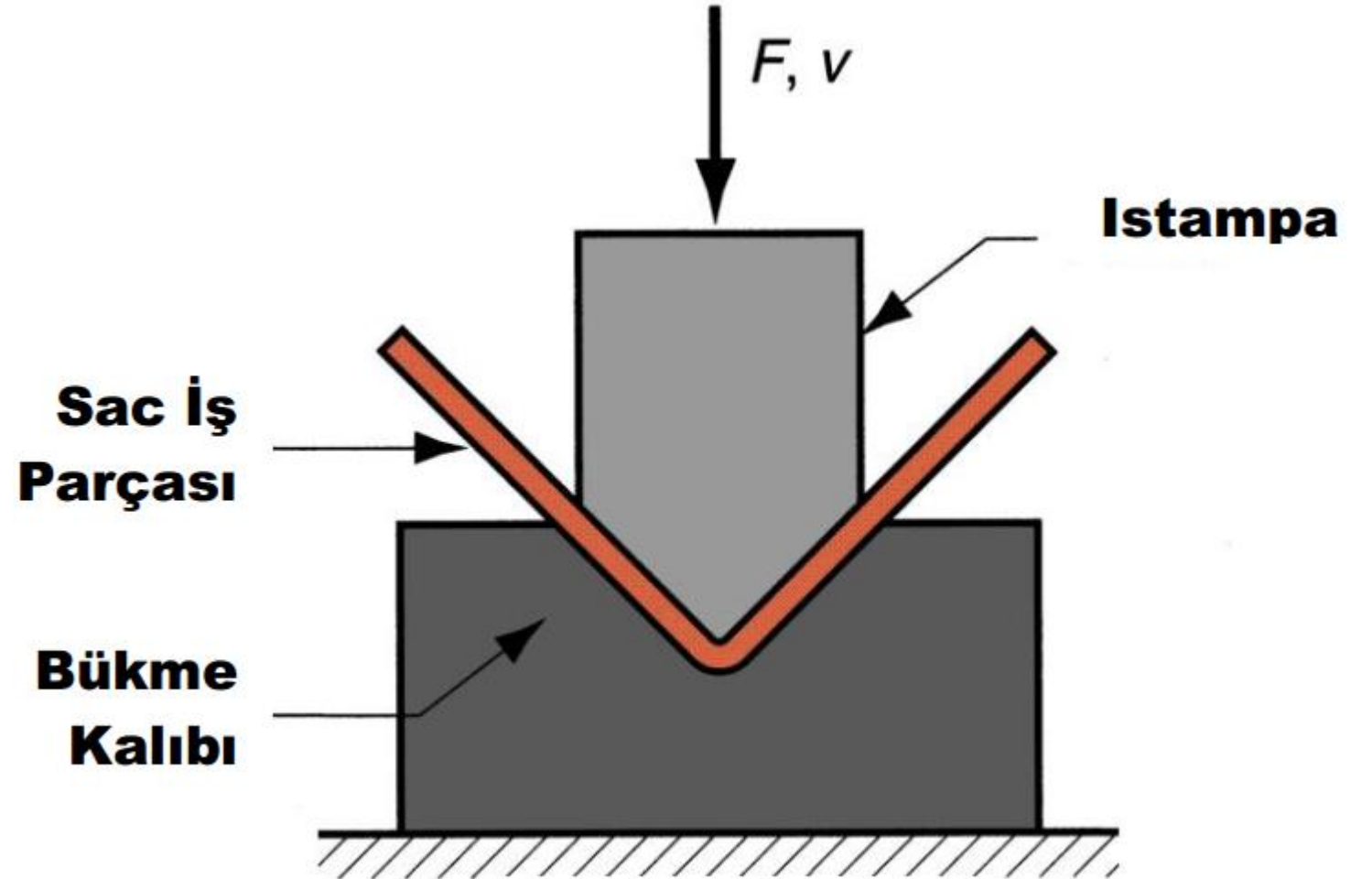
Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

- Sac Şekillendirme
Yöntemleri: **SAC KESME**



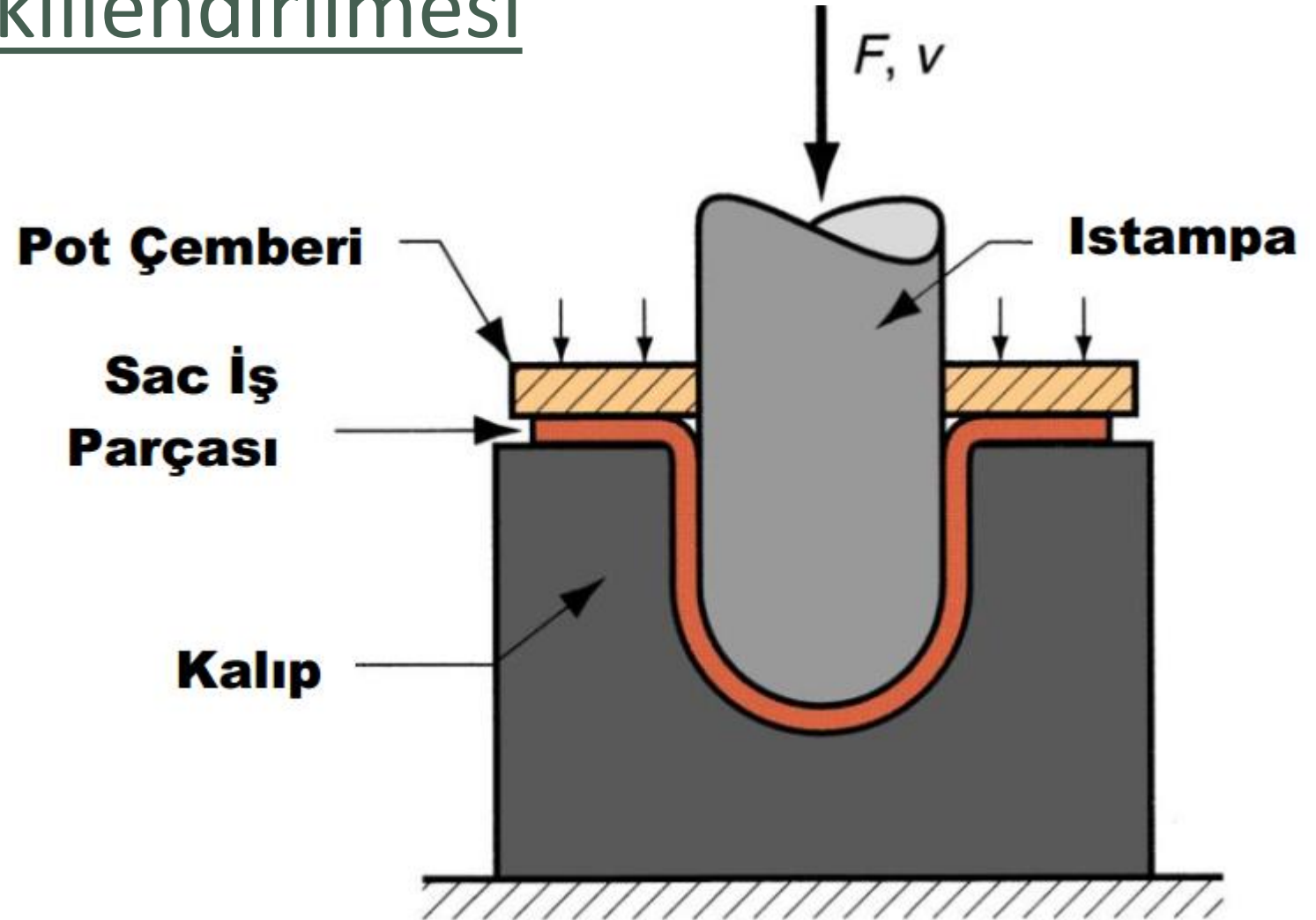
Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

- Sac Şekillendirme
Yöntemleri: **SAC BÜKME**



Metallerin Plastik Şekillendirilmesi

- Sac Şekillendirme Yöntemleri: **DERİN ÇEKME**



MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Form Verme

Etkili Faktörler

PŞV

Plastik Şekil Verme Yöntemlerinde Etkili Faktörler

PŞV (Form Verme) Yöntemlerinde Etkili Faktörler

- ✓ Malzeme davranışı
- ✓ Sıcaklık etkisi
- ✓ Deformasyon hızı
- ✓ Heterojen şekil değişimi
- ✓ Sürtünme ve yağlama

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

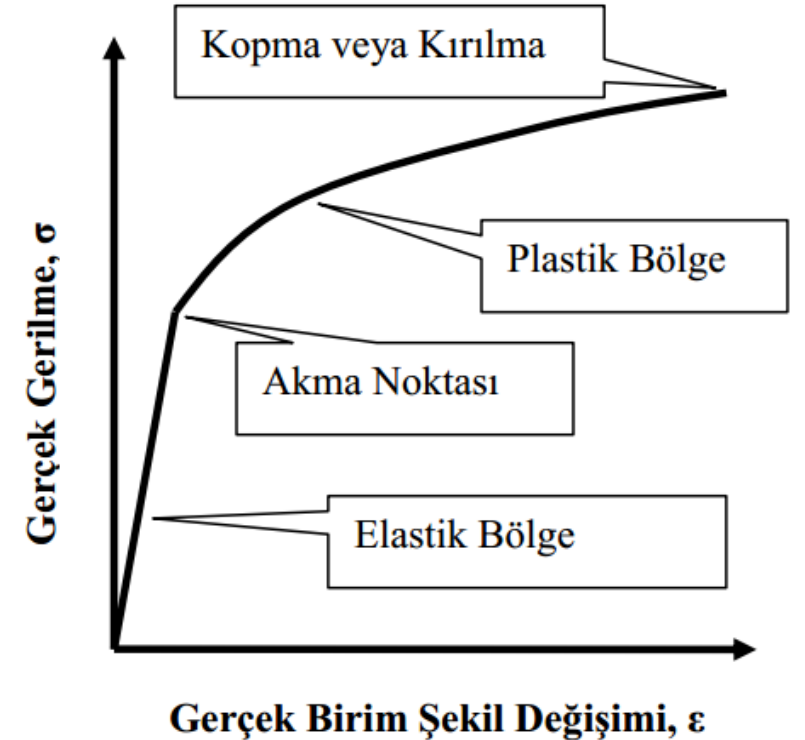
Malzeme davranışı:

- Malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemede **çekme deneylerinden** yararlanılır.
- Bu deneyler sırasında elde edilen gerilme-birim şekil değişimi diyagramları dikkate alınır.
- Belirtilen gerilme ve birim şekil değişimi mühendislik değerleri olup deney parçasının başlangıçtaki değerlerine göre hesaplanmaktadır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Malzeme davranışı:

- Büyük plastik şekil değişimlerinin gerçekleştiği hallerde (ki metal şekillendirmede durum böyledir) malzemenin başlangıç değerlerine dayanarak hesap yapmak anlamsız olmaktadır.
- Bu nedenle plastik şekil verme analizlerinde gerçek gerilme-gerçek birim şekil değişimi verileri kullanılmaktadır.



PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Malzeme davranışı:

- Bu diyagram aynı zamanda malzemelerin “akma eğrisi” olarak anılmakta ve esas olarak tek eksenli veriler içermesine rağmen çok eksenli zorlanma halleri için yapılacak analizlerde (efektif gerilme ve birim şekil değişimi değerlerinin kullanıldığı haller) de yararlanılmaktadır.
- Malzemelerin plastik şekil değişimini sağlayan gerçek gerilme değeri “Akma Gerilmesi” olarak isimlendirilir.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sıcaklık etkisi:

- Malzemelerin gösterdiği mekanik davranış sıcaklıkla değişmektedir. Özellikle metal şekillendirme işlemlerinde arzulanan düşük akma gerilmesi ve yüksek süneklik sıcaklıktan etkilenmektedir.
- Sıcaklığın etkisi, malzemenin sıcaklığı (veya şekillendirme ortamının sıcaklığı) ergime sıcaklığına doğru yaklaştıkça daha da artmaktadır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sıcaklık etkisi:

- Metalik veya kristal yapıya sahip malzemelerin ergime sıcaklıkları büyük farklılıklar gösterdiğinden sıcak/soğuk ayırımı için malzemelerin ergime sıcaklığını da içeren bir ölçüte ihtiyaç duyulmuştur. “Benzeş Sıcaklık” olarak adlandırılan bu parametre gerçekte birimsiz olup 0 ile 1 arasında değerler almaktadır. **Benzeş Sıcaklık - T_b**

$$T_b = \frac{T_c [K]}{T_e [K]}$$

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sıcaklık etkisi:

- Benzeş sıcaklık (T_b) mutlak sıcaklık cinsinden çalışma sıcaklığının $T_ç$, malzemenin ergime sıcaklığına T_e oranı olarak tanımlanmaktadır.
- Sıcaklığın mutlak sıfır değerine yaklaşması durumunda benzeş sıcaklık da sıfır değerine yaklaşmakta, sıcaklığın malzemenin ergime sıcaklığına yaklaşması halinde ise benzeş sıcaklık bir (1) değerine yaklaşmaktadır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sıcaklık etkisi:

- PŞV’de çalışma sıcaklığı aralıkları benzeş sıcaklığa göre, *soğuk*, *ılık*, *sıcak* olarak sınıflandırılır.

- **Soğuk** **(0 < T_b < 0.3)**
- **Ilık** **(0.3 < T_b < 0.5)**
- **Sıcak** **(0.5 < T_b < 0.8)**

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Deformasyon hızı:

- Sıcak şekillendirmede pekleşme gerçekleşemez. Bu durum, şekillendirme işleminde akma gerilmesine ulaşıldıktan sonra şekillendirmenin başladığını ve işlem süresince akma gerilmesinin bir daha değişmediğini göstermektedir (malzemenin ideal plastik davranışındaki gibi).
- Ancak gene sıcak şekillendirmede bir başka faktörün malzemenin akma gerilmesini etkilediği görülmektedir. Bu parametre “**Birim Şekil Değişimi Hızı**” veya kısaca “**Deformasyon Hızı**” olarak bilinmekte ve birim zamandaki, malzemede yaratılan birim şekil değişimi miktarındaki değişiklik olarak tanımlanır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

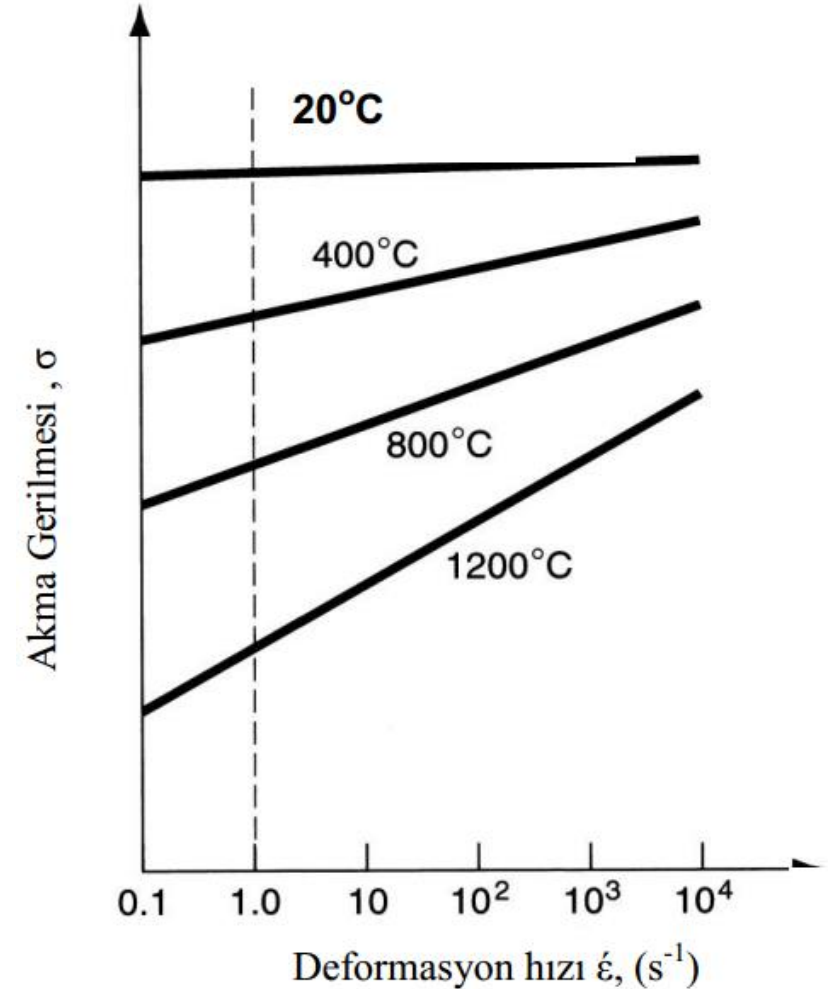
Deformasyon hızı:

- Sıcak şekillendirmede malzemenin akma dayanımı deformasyon hızına duyarlılık göstermekte olup deformasyon hızı arttıkça malzemenin akma gerilmesi de yükselmektedir.
- Malzemenin söz konusu sıcaklıktaki “deformasyon hızına duyarlılığı”, kimyasal bileşimine, iç yapısına ve işlem sıcaklığına bağlıdır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Deformasyon hızı:

- Çalışma sıcaklığı azaldıkça malzemenin deformasyon hızına duyarlılığı da azalmakta ve sonuç olarak soğuk ortamlarda, soğuk şekillendirmede deformasyon hızı etkisinin ihmal edilebilecek ölçüde çok düşük olduğu söylenebilir.



PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Heterojen şekil değişimi:

- Şekillendirme sırasında uygulanacak gerilme ve kuvveti etkileyen diğer bir unsur da homojen (eş miktarda) olmayan şekil değişimleridir.
- Parça büyüklüğü azaldığında yani (parça yüksekliği / kalıp genişliği) oranı 9 dan 1'e doğru azaldığında şekil değişimi homojen olarak gerçekleşmekte ve düzlem birim şekil değişimi hali oluşmaktadır.

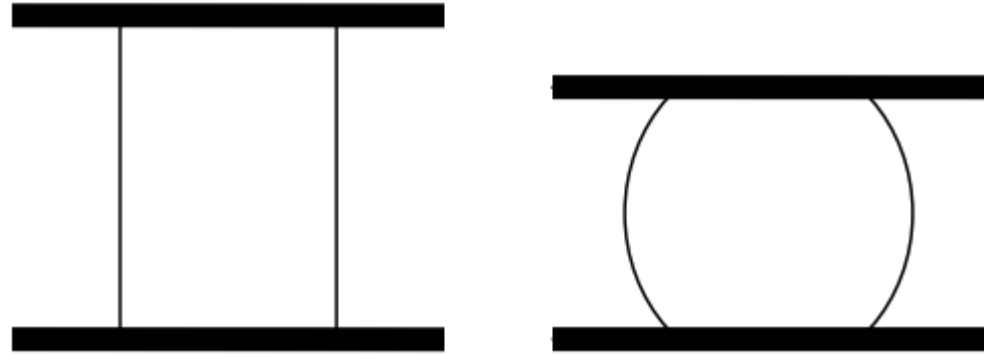
PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Heterojen şekil değişimi:

- Daha büyük gerilme ve kuvvetler gerektirmesinin yanı sıra heterojen şekil değişimi parçada deformasyonun yerel olarak yığılmasına neden olur.
- Artık iç gerilmeler meydana getirir. Bu gerilmeler çok büyük değerlere ulaştığında parçada yerel olarak çatlama ve hatta kırılmalar görülebilmektedir.
- İstenmeyen artık iç gerilmelerin etkisinin azaltılması için parçaya “gerilme giderme tavi” (veya duruma ve malzemeye göre “normalleştirme” tavi) uygulanmaktadır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

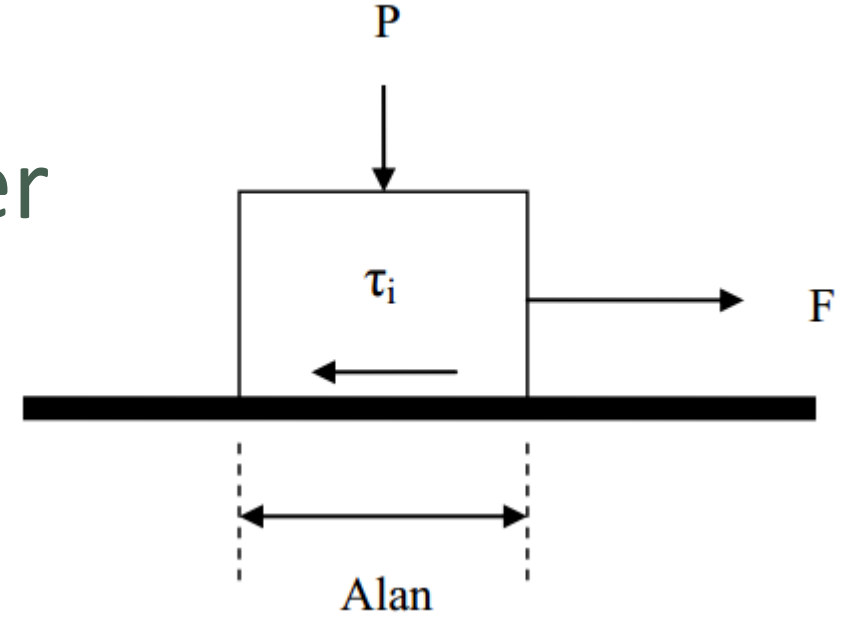
Sürtünme ve yağlama:



- Şekillendirme işleminde kalıplar parçaya baskı uygulayıp onu deformasyona zorlamak için öncelikle temas etme durumundadır.
- Örneğin iki düz kalıp arasında bir silindiri basarak yığmaya zorladığımızda silindirin yüksekliği azalmakta ancak plastik şekil değişiminde hacim sabit olduğu için kesit alanı büyümeye çalışmaktadır.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sürtünme ve yağlama:



- Malzemenin kalıplar arasında yayılabilmesi için ara yüzeyde oluşan sürtünme kuvvetini yenmesi gerekmektedir.
- Bu sürtünme şekil değişimini zorlaştırmakta ve uygulanan gerilmeyi arttırmaktadır. Silindirin yığılması sırasında görülen fıçılama'nın nedeni kalıp yüzeylerinde meydana gelen ve sürtünmeden kaynaklanan büyük kayma gerilmeleridir.

PŞV Yöntemlerinde Etkili Faktörler

Sürtünme ve yağlama:

- Sürtünme nedeniyle şekillendirme sırasında gerekenden daha büyük normal kuvvetlerin uygulanması gerekmektedir.
- Sürtünmeden kaynaklanan ikincil gerilmeler malzemedede yırtılma ve hatta kırılmalara yol açmaktadır.
- Ayrıca yüksek kayma gerilmeleri ve normal gerilmelerin şekillendirme işleminde kullanılması durumunda kalıplar erken hasara uğramaktadır.
- Şekillendirme işlemlerinin büyük çoğunluğunda **yağlama** yapılarak sürtünmenin etkisinin azaltılması amaçlanmaktadır.

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Form Verme

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

Kütle Şekillendirme Yöntemleri (PŞV)

Metal işlemede kütle şekillendirme yöntemleri

1. Haddeleme
2. Haddelemeyle İlgili Diğer Şekil Verme Yöntemleri
3. Dövme
4. Dövmeyle İlgili Diğer Şekil Verme Yöntemleri
5. Ekstrüzyon
6. Tel ve Çubuk Çekme

Kütle Şekillendirme Yöntemleri (PŞV)

Kütle şekillendirme nedir?

- Başlangıç formu yassı mamûller (sac) olmayıp, kütleli metal parçaları şekillendirerek önemli deformasyonlara neden olan metal şekil verme işlemleri
- Başlangıç formları:
 - Silindirik çubuk ve kütükler,
 - Dikdörtgen kesitli kütükler ve slablar vb.
- Metalin istenen şekle doğru plastik akmasına yetecek seviyede gerilme uygulanır
- Soğuk, ılık ve sıcak işlemler halinde uygulanırlar

Kütle Şekillendirme Yöntemleri (PŞV)

Kütle şekillendirmenin önemi ve avantajları:

- Sıcak işlemede, önemli şekil değişiklikleri gerçekleştirilir
- Soğuk işlemede, şekil değişimi sırasında dayanım artar
- Az veya hiç atık oluşumu – bazı işlemler net şekil veya net şekle yakın yöntemlerdir
- Parçalar, sonradan hiç veya çok az talaşlı işlemeye ihtiyaç gösterirler

Kütle Şekillendirme Yöntemleri (PŞV)

Temek kütle şekillendirme yöntemleri

1. Haddeleme – slab veya levha, karşılıklı merdaneler arasında sıkıştırılır
2. Dövme – parça, karşılıklı kalıplar arasında sıkıştırılır ve şekillendirilir
3. Ekstrüzyon – parça, bir açık kalıp içinden geçecek şekilde sıkıştırılarak açık kalıbın şeklini alır
4. Tel ve çubuk çekme – tel veya çubuğun çapı, bir kalıp açıklığı içinden çekilerek azaltılır

PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

Haddeleme

Haddeleme

- Yassı Haddeleme
- Profil Haddeleme
- Sacdan Dikişli Boru İmalatı
- Merdaneli Bükme - Sacdan Profil İmalatı
- Ovalama (Diş Haddeleme)
- Halka Haddeleme
- Dikişsiz Boru İmalatı

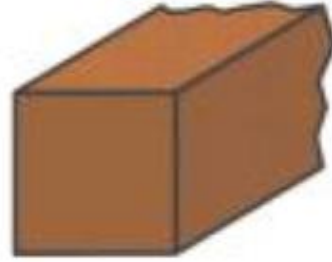
Haddeleme

- Çelik veya diğer metallerden mamul hadde ürünleri

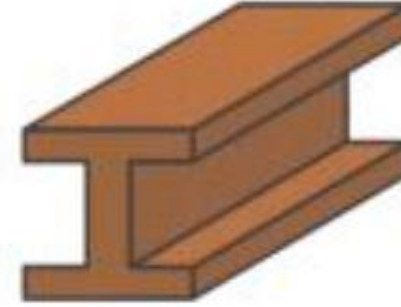
Ara haddelenmiş form

Son haddelenmiş form

İri kütük



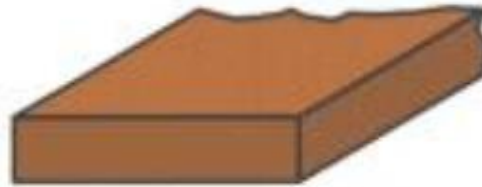
Yapısal şekiller



Raylar



Yassı kütük



Levhalar, saçlar



Bantlar



Kütük



Çubuk, filmaşın

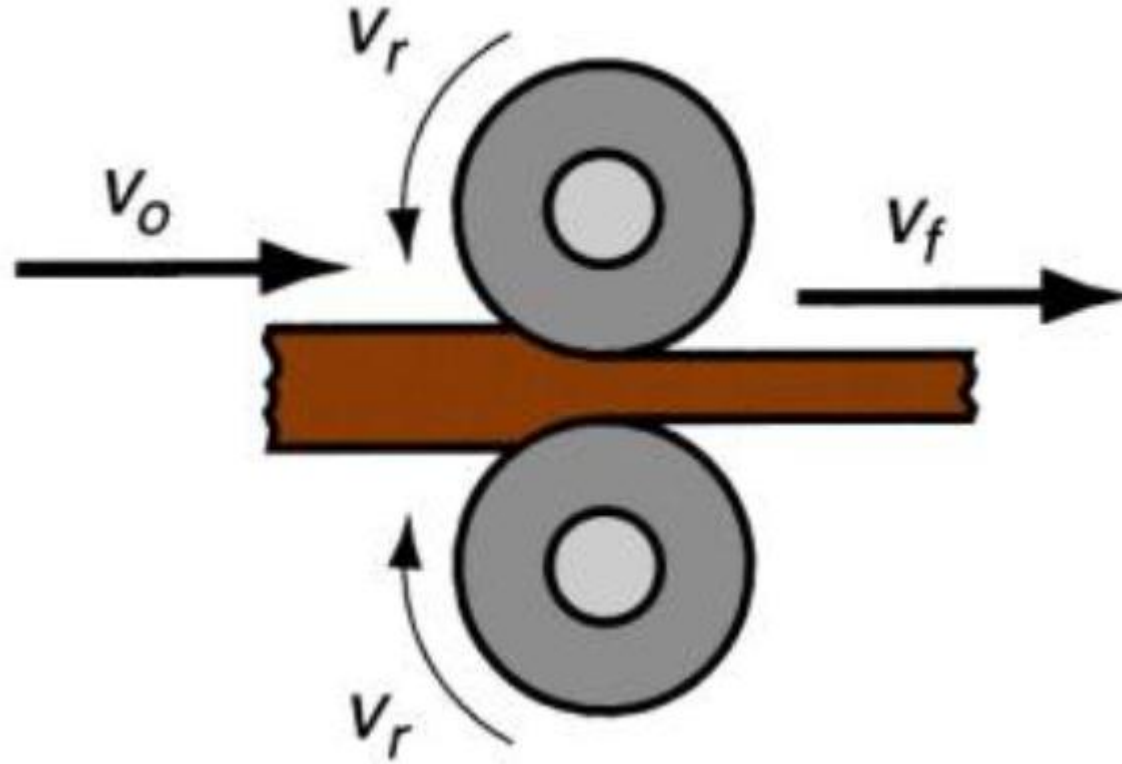


Hadde Tezgahları

- Ekipman büyük kütleli ve pahalıdır
- Hadde tezgahları düzenlemeleri:
 - İkili – karşılıklı iki merdane
 - Üçlü – parça her iki yönde de merdaneler arasından geçer
 - Dörtlü – altlık merdaneleri, daha küçük parça merdanelerini destekler
 - Demet hadde tezgahı – küçük merdaneler üzerinde çoklu altlık merdaneleri
 - Tandem hadde tezgahı – ikili hadde düzeni serisi

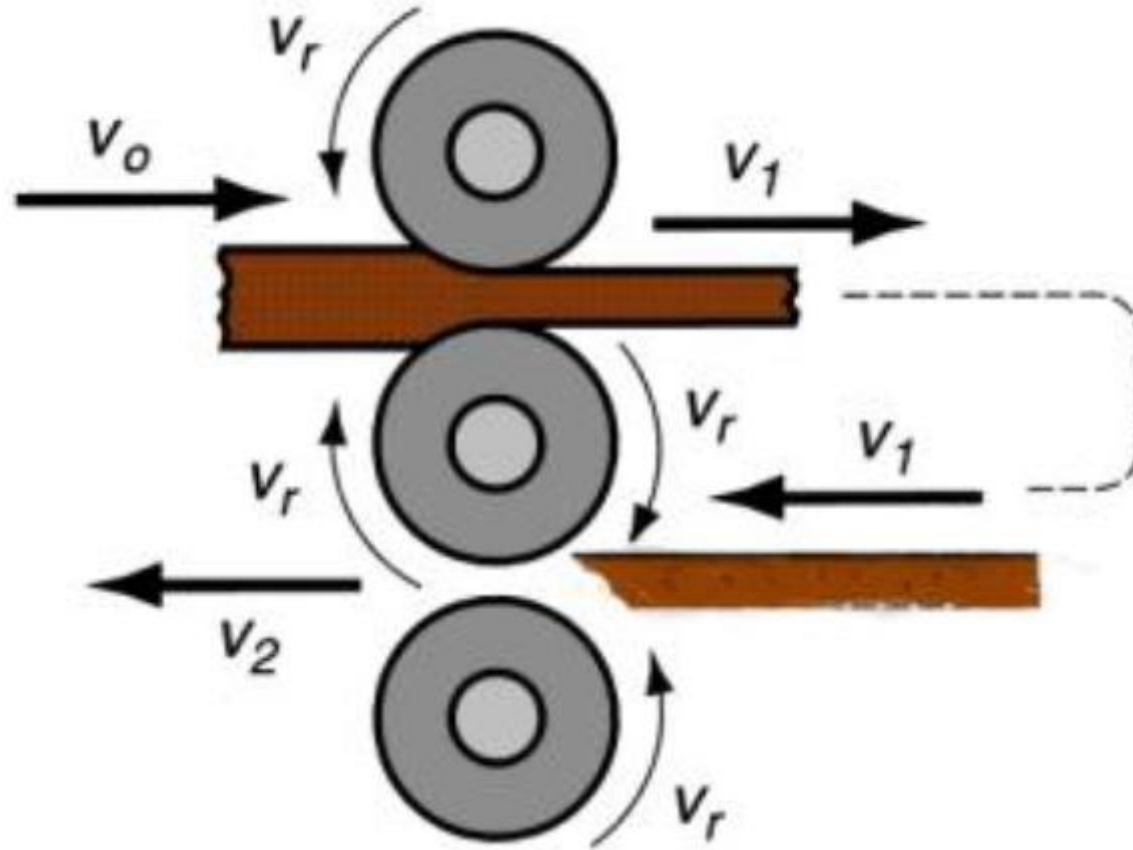
Hadde Tezgahları

- İkili hadde tezgahı



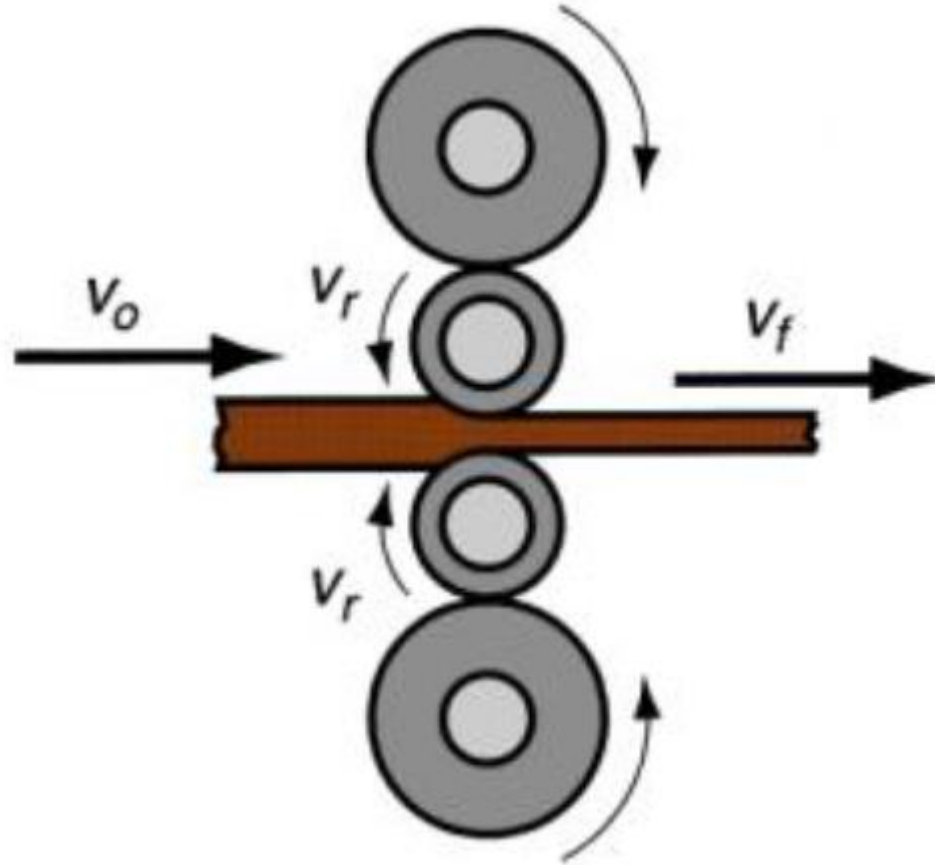
Hadde Tezgahları

- Üçlü hadde tezgahı



Hadde Tezgahları

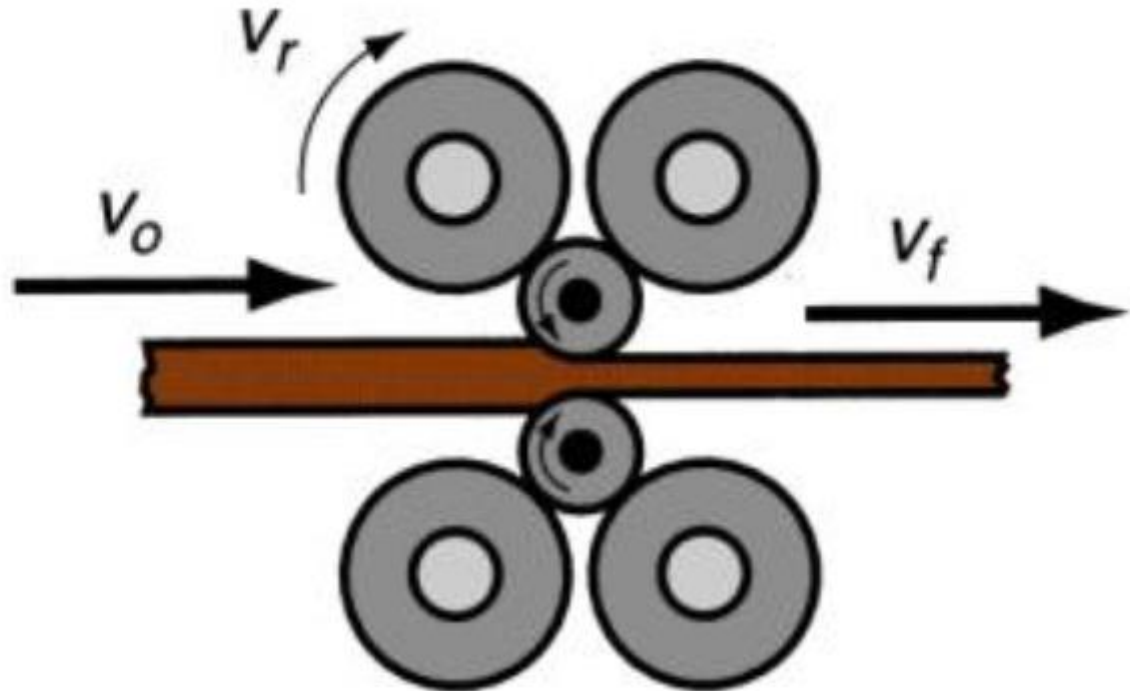
- Dörtlü hadde tezgahı



Hadde Tezgahları

Çoklu altlık merdaneleri, daha küçük merdane çaplarına izin verir

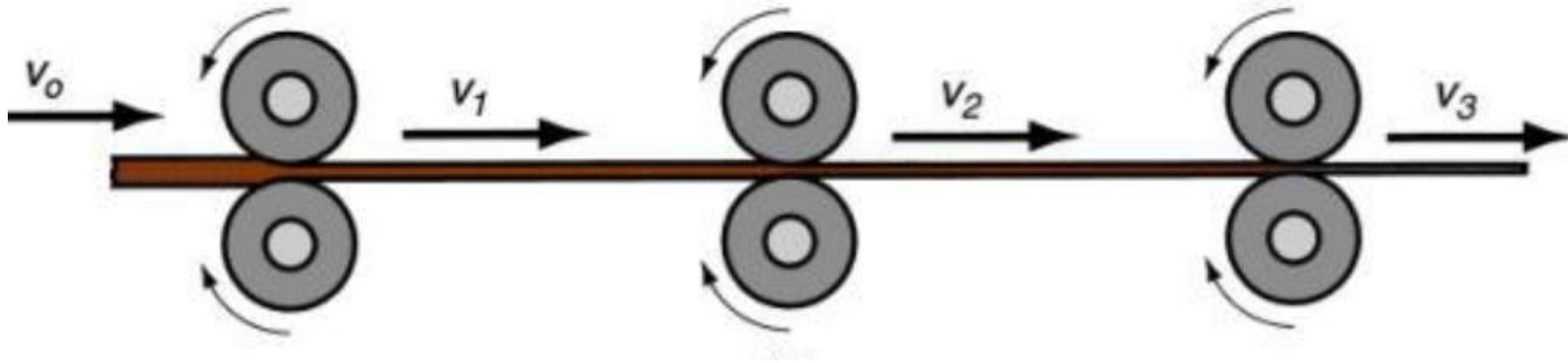
- Demet hadde tezgahı



Hadde Tezgahları

- Tandem hadde tezgahı

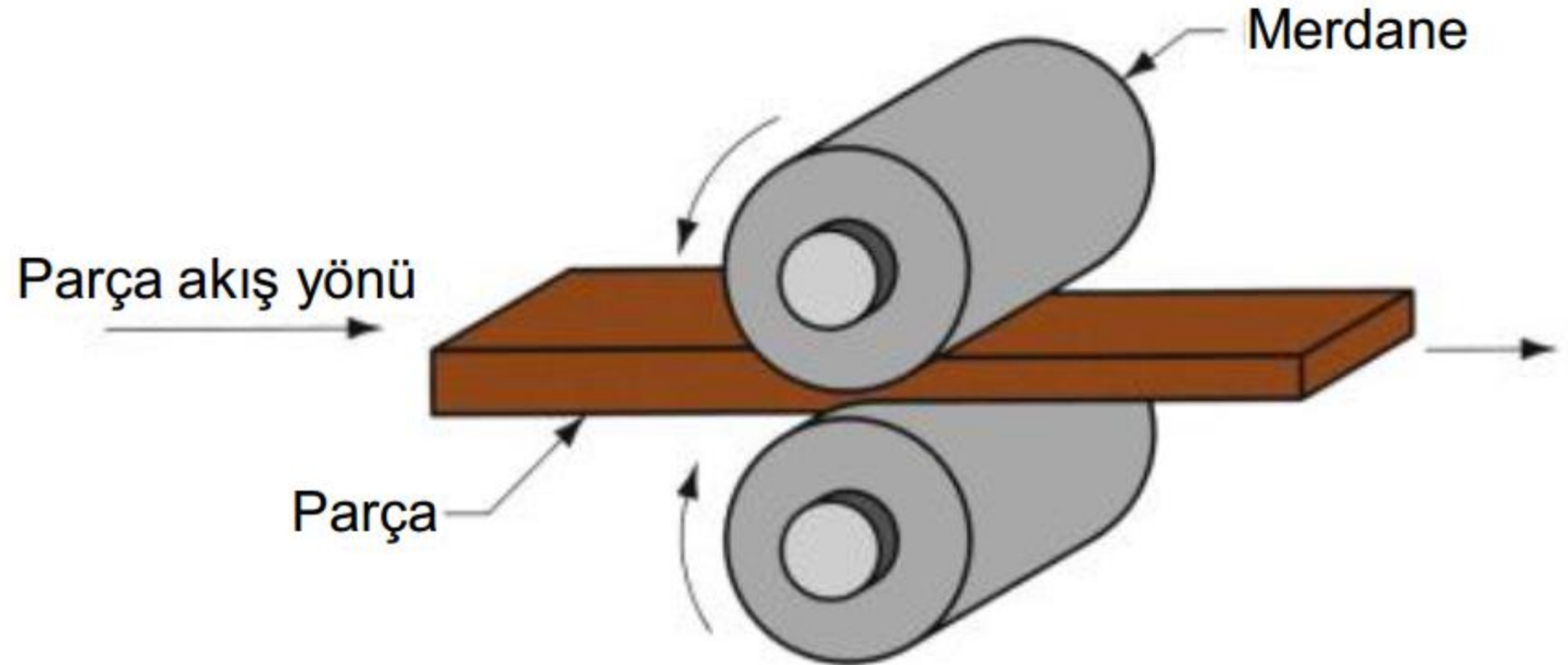
Sırayla çalışan bir seri merdane bulunur



Haddeleme

- Yassı
haddeleme

Parça kalınlığının, karşılıklı iki merdane tarafından uygulanan basınç kuvvetleriyle düşürüldüğü şekillendirme yöntemi



Haddeleme

- Merdaneler

Dönen merdaneler, iki temel fonksiyonu yerine getirir:

- Parça ve merdaneler arasındaki sürtünme ile, parçayı aralığa çeker
- Aynı anda, kesitini azaltacak şekilde parçayı sıkıştırır

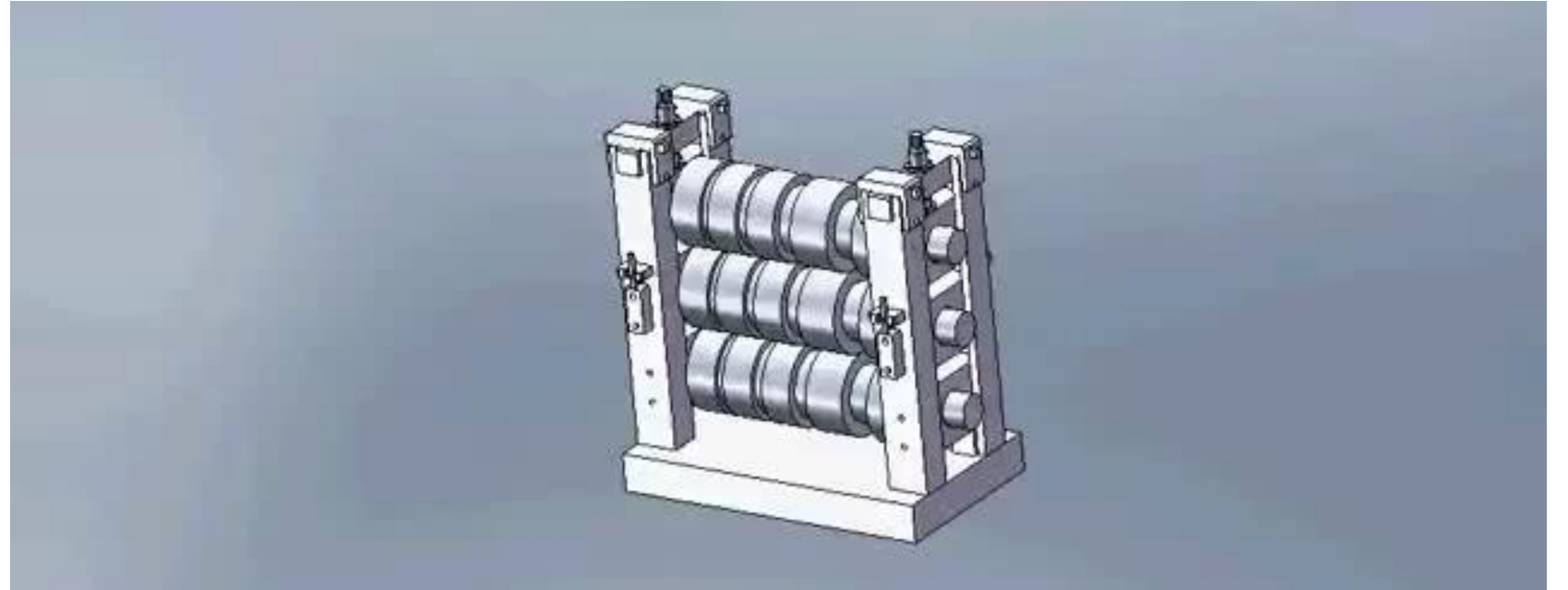
Haddeleme

• Merdane Türleri

- Parça geometrisine dayanan:
 - Yassı haddeleme – bir dikdörtgen kesitin kalınlığını azaltmakta kullanılır
 - Profil haddeleme – kare kesit, örneğin bir I-profil haline şekillendirilir
- Parça sıcaklığına dayanan:
 - Sıcak haddeleme – büyük deformasyon miktarları gerektiğinden, en yaygın türü
 - Soğuk haddeleme – son şekle sahip sac veya levhalar üretir

Haddeleme

- *Örnek Animasyon:*
Haddeleme
merdaneleri



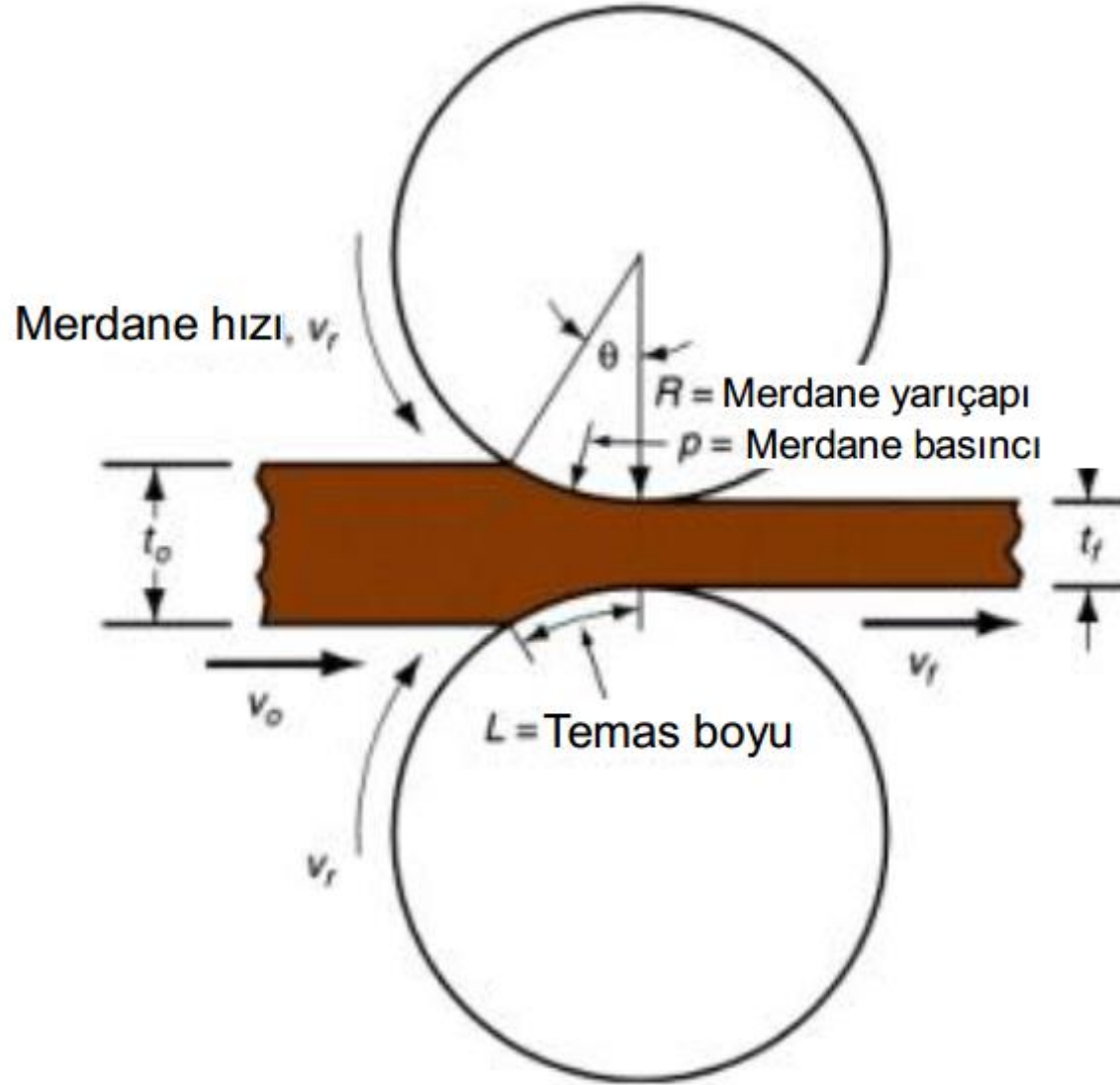
Haddeleme

- *Örnek Video:*
Sıcak haddeleme



Haddeleme

- Yassı
Haddeleme
Yandan
Görünüş



Haddeleme

- Yassı

Haddelemede

Terimler

Draft = kalınlıktaki azalma miktarı

$$d = t_o - t_f$$

Burada:

d = draft;

t_o = başlangıç kalınlığı; ve

t_f = son kalınlık

Haddeleme

- Yassı

Redüksiyon = başlangıç levha kalınlığının oranı
cinsinden belirtilen draft

Haddelemede

Terimler

$$r = \frac{d}{t_o}$$

Burada r = redüksiyon,

d : draft

t_o : başlangıç levha kalınlığı

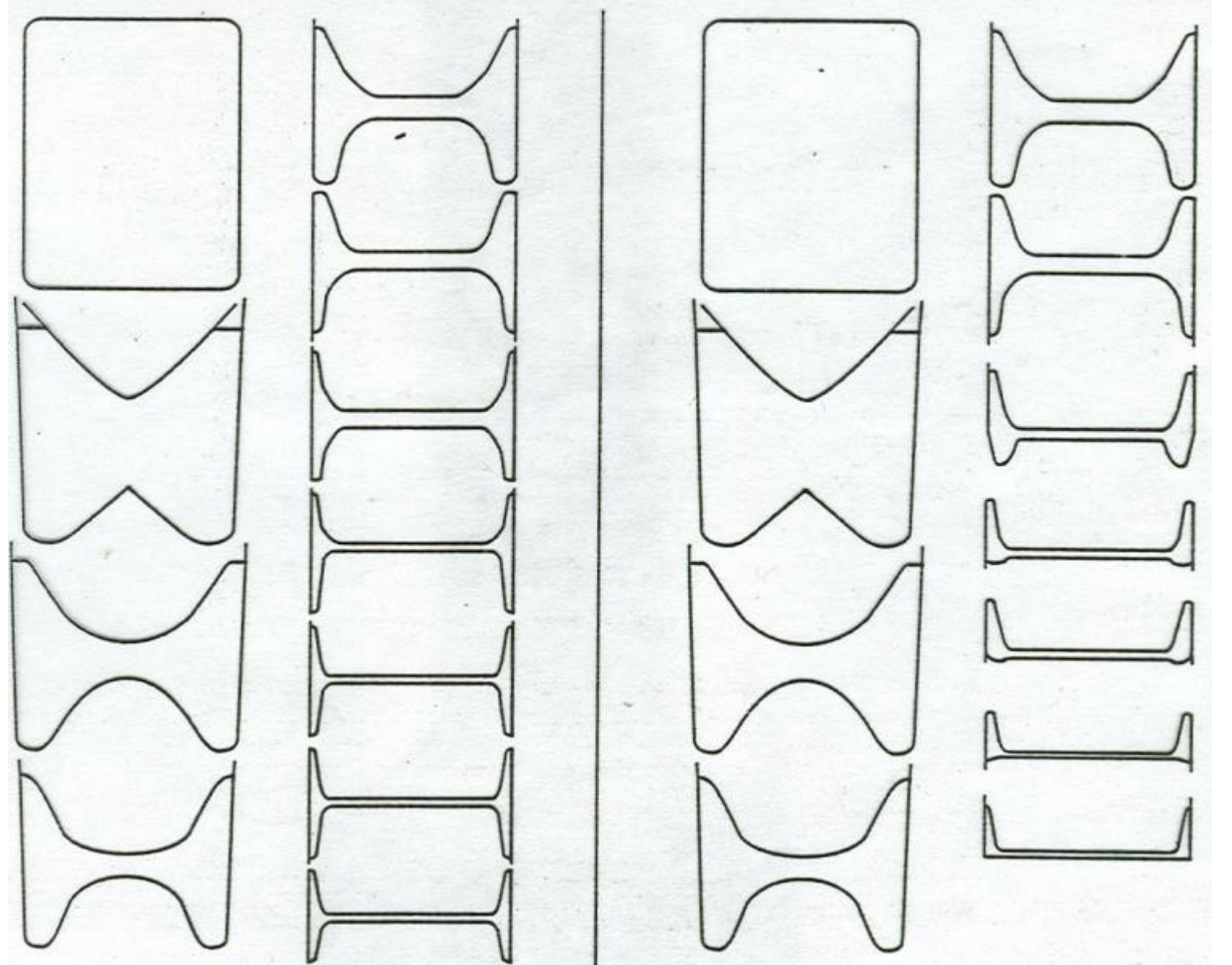
Profil Haddeme

Parça, düz (dikdörtgen) yerine profil haline şekillendirilir

- Parçayı, istenen şeklin tersine sahip haddelerin arasından geçirerek gerçekleştirilir
- Ürünlerden bazıları:
 - I-kiriş, L-kiriş ve U-kanal gibi konstrüksiyon profilleri
 - Demiryolu vagonları için raylar
 - Yuvarlak ve kare kesitli çubuklar

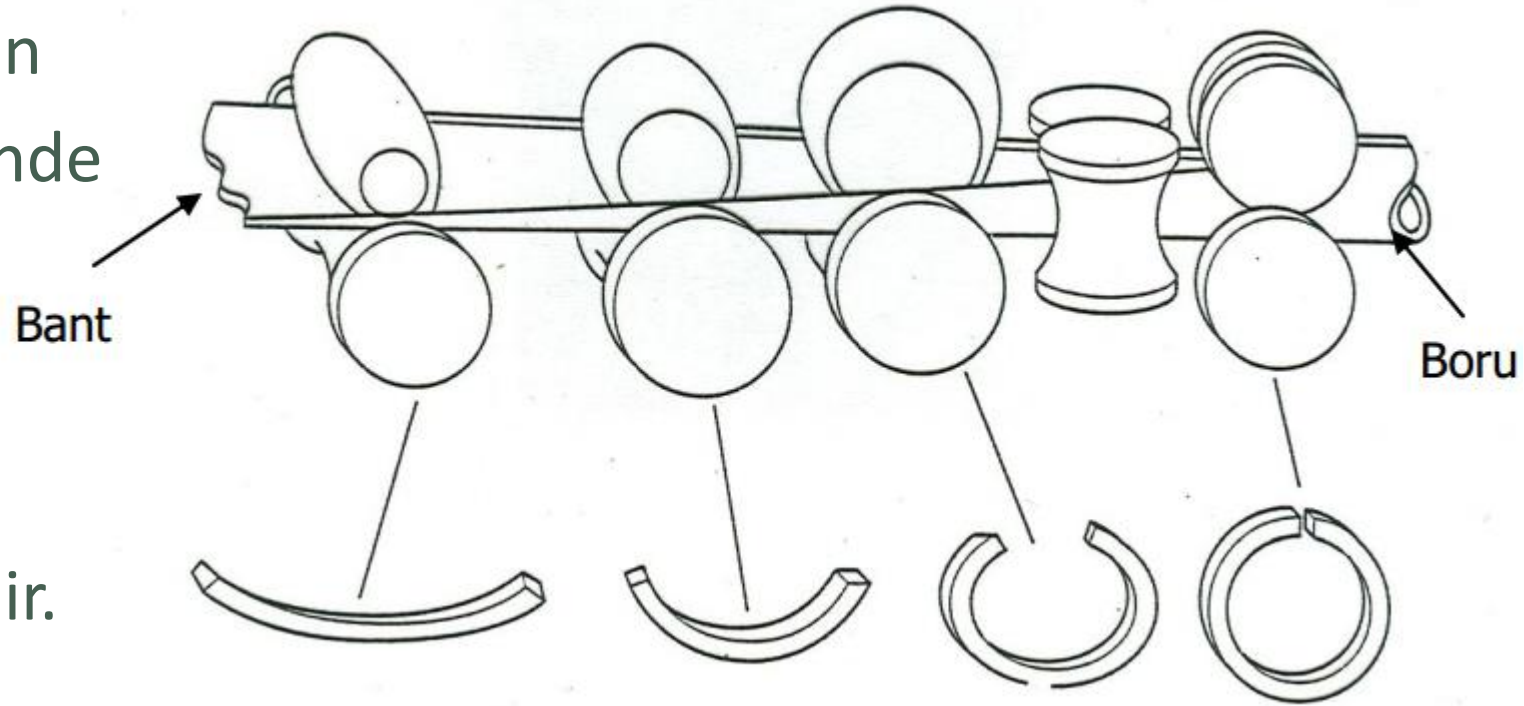
Profil Haddeleme

Örnek Görsel: **U** ve **I** profillerin haddelemeyle imalatında kullanılan iki farklı paso tasarımı.
Her bir profilin imalatı için 11'er adet paso tasarlanmıştır.



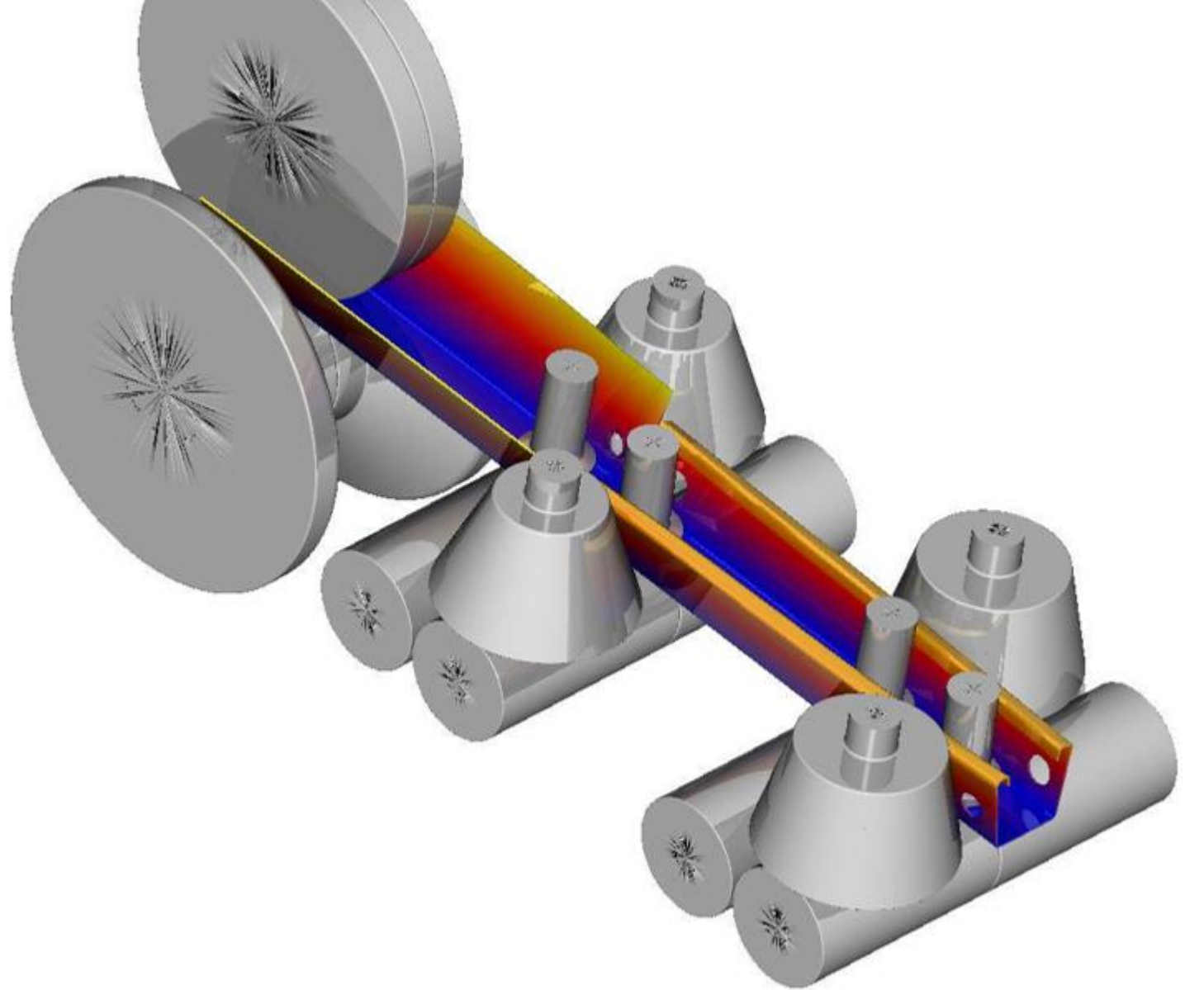
Profil Haddeleme

- Hadde merdaneleri sacların kademeli şekillendirilmesinde de kullanılmaktadır.
- **Sacdan dikişli boru** üretiminde merdane gruplarından yararlanılabilir.



Profil Haddeme

- **Merdaneli bükme** olarak isimlendirilen bu yöntem **muhtelif tipte profiller** sürekli olarak imal edilebilmektedir.



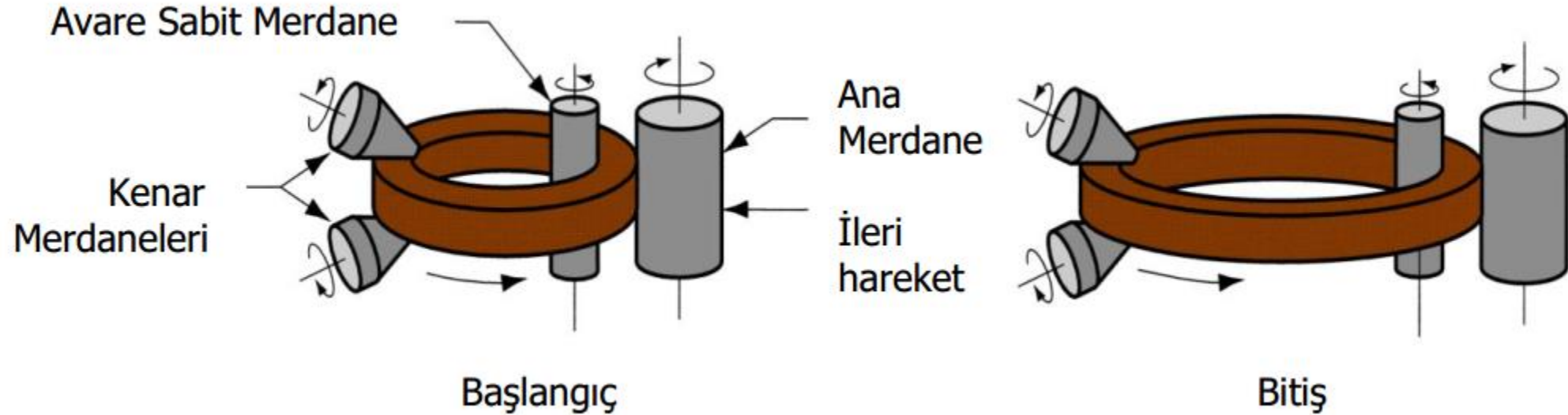
Sacdan Profil Haddeleme

- *Örnek Video:*
Merdaneli bükme



Halka Haddeleme

- Muhtelif merdane düzenekleri kullanılarak et kalınlığı fazla halkanın, cidar kalınlığını azaltmak ve çapını büyötmek için uygulanan yöntem



Halka Haddeleme

Küçük çaplı ve kalın cidarlı bir halkanın daha ince cidarlı ve daha büyük çaplı bir halka formuna haddelendiği şekillendirme yöntemi

- Kalın cidarlı halka sıkıştırıldıkça deforme olan metal, halkanın çapının büyümesini sağlayacak şekilde uzar
- Büyük çaplı halkalar için sıcak işleme yöntemi ve daha küçük halkalar için ise soğuk işleme yöntemi

Halka Haddeleme

- Uygulamaları: Bilye ve merdane yatak kılavuzları, demiryolu vagonları için çelik tekerlekler ve borular, basınçlı kaplar ve dönen makinalar için halkalar
- Üstünlükleri: malzeme tasarrufu, ideal tane yönelmesi, soğuk sertleştirme yoluyla dayanım artışı

Halka Haddeleme

- *Örnek Video:*
Halka formunda
sıcak haddeleme

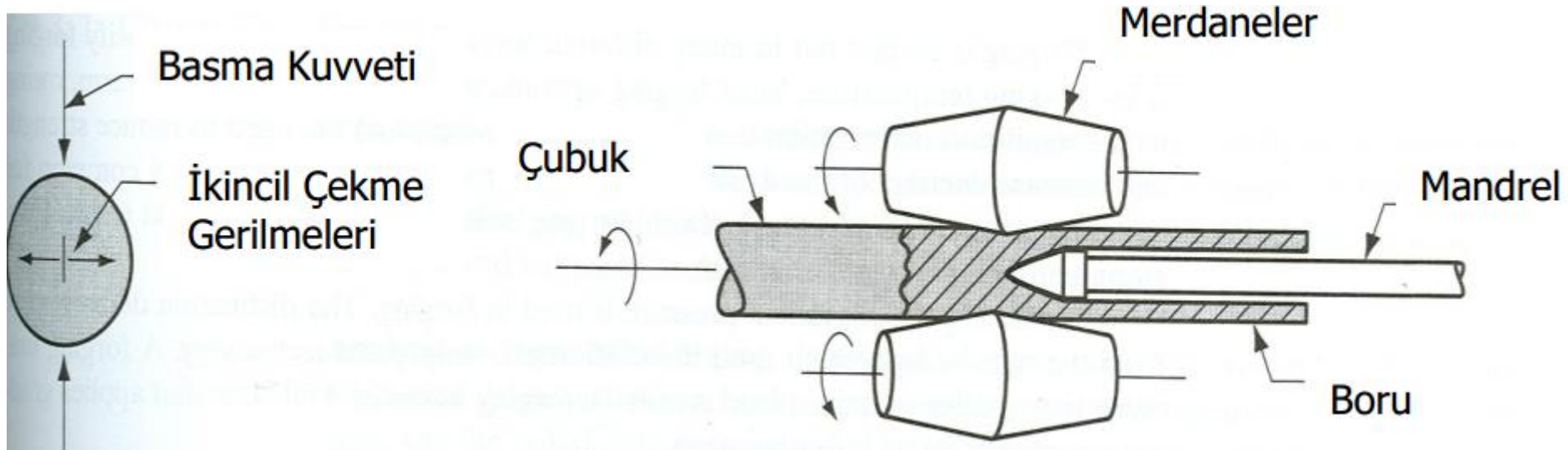


Dikişsiz Boru İmalatı (Mannesmann Yöntemi)

- Haddeleme teknolojisinden yararlanılarak dikişsiz boru imalatı gerçekleştirmek de mümkündür. “Mannesmann Yöntemi” olarak da isimlendirilen bu teknolojide basma gerilmeleri sonucunda oluşan ikincil çekme gerilmelerinin malzemeyi çatlatması ana prensiptir.
- Çubuk aynı zamanda eğimli merdaneler tarafından hem bastırılmakta hem de döndürülmekte olduğundan tüm yönlerdeki çatlama eğilimi delinme eğilimine dönüşmektedir.
- Kalın cidarlı boruların üretimine olanak sağlamaktadır.

Dikişsiz Boru İmalatı (Mannesmann Yöntemi)

- Çubuğun merkezine doğru yönlendirilmiş olan sivri uçlu bir mandrel üzerine doğru gelen çatlak oluşmuş çubukta delme işlevi görmektedir.
- “Döndürerek Boru Delme” yöntemi olarak da isimlendirilmektedir.



PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

Ovalama (Dış Haddeleme)

Diş Haddeleme (Ovalama)

- Ovalama Yöntemi:

Haddeleme teknolojisinden yararlanılarak geliştirilen bir diğer imalat yöntemi de “Ovalama” ismini almaktadır. Bu yöntem hızlı bir şekilde çok sayıda, kaliteli cıvata ve vida üretimine uygundur. Bu şekilde ovalama tezgâhları kullanılarak yapılan cıvata imalatında hurda malzeme kayıpları yok denecek kadar azalmakta, dişler ezilerek açıldığından pekleşme nedeniyle dişlerin dayanımı artmakta ve malzemenin akış çizgileri talaşlı imalatta olduğu gibi kesilmediğinden özellikle yorulma açısından çok daha iyi bir performans elde edilmektedir.

Diş Haddeleme (Ovalama)

- Ovalama Yöntemi

Diş oluşturmak üzere, silindirik parçaların iki kalıp arasında haddelendiği kütle şekillendirme yöntemi

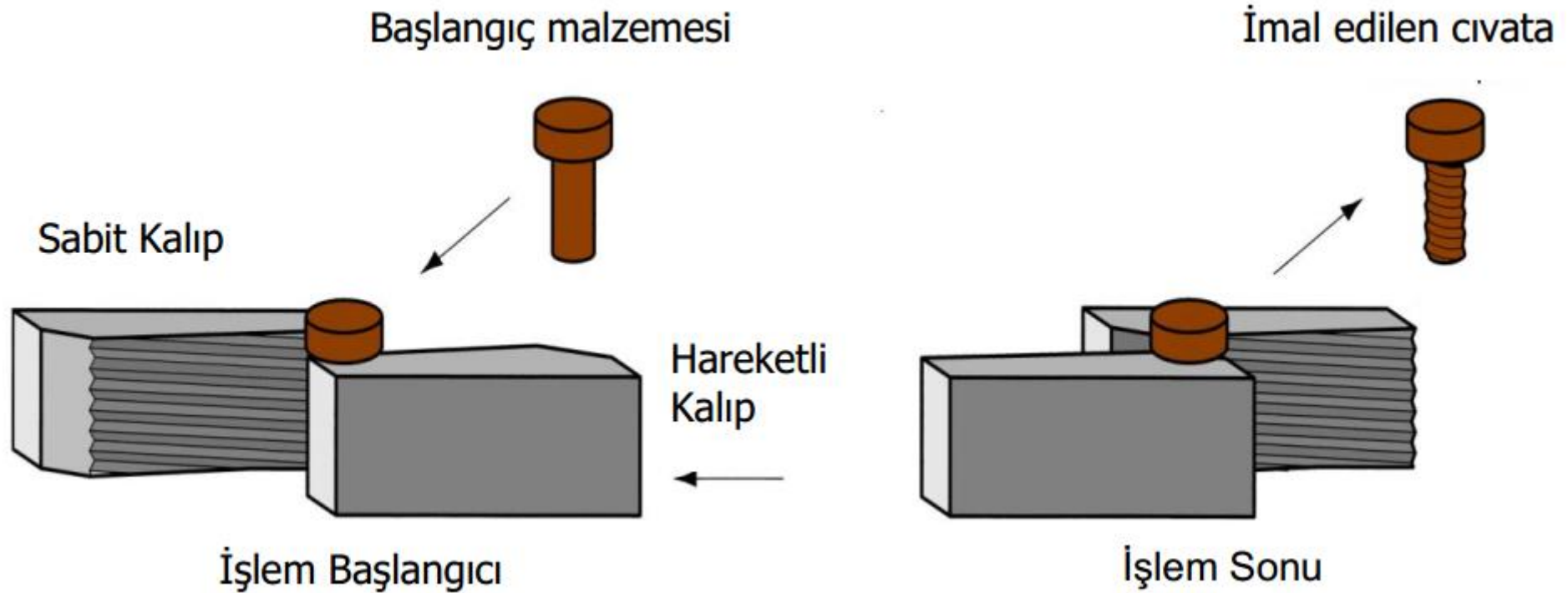
- Cıvata ve vidaların seri üretimi için önemli ticari yöntem
- Diş haddeleme makinalarında soğuk işleme ile uygulanır

Diş Haddeleme (Ovalama)

- Ovalama Yöntemi
 - Diş kesme (talaş kaldırma) yöntemine göre üstünlükleri:
 - Daha yüksek üretim hızları
 - Daha iyi malzeme kullanımı
 - Soğuk sertleştirme (pekleşme) nedeniyle daha güçlü dişler ve daha yüksek yorulma direnci

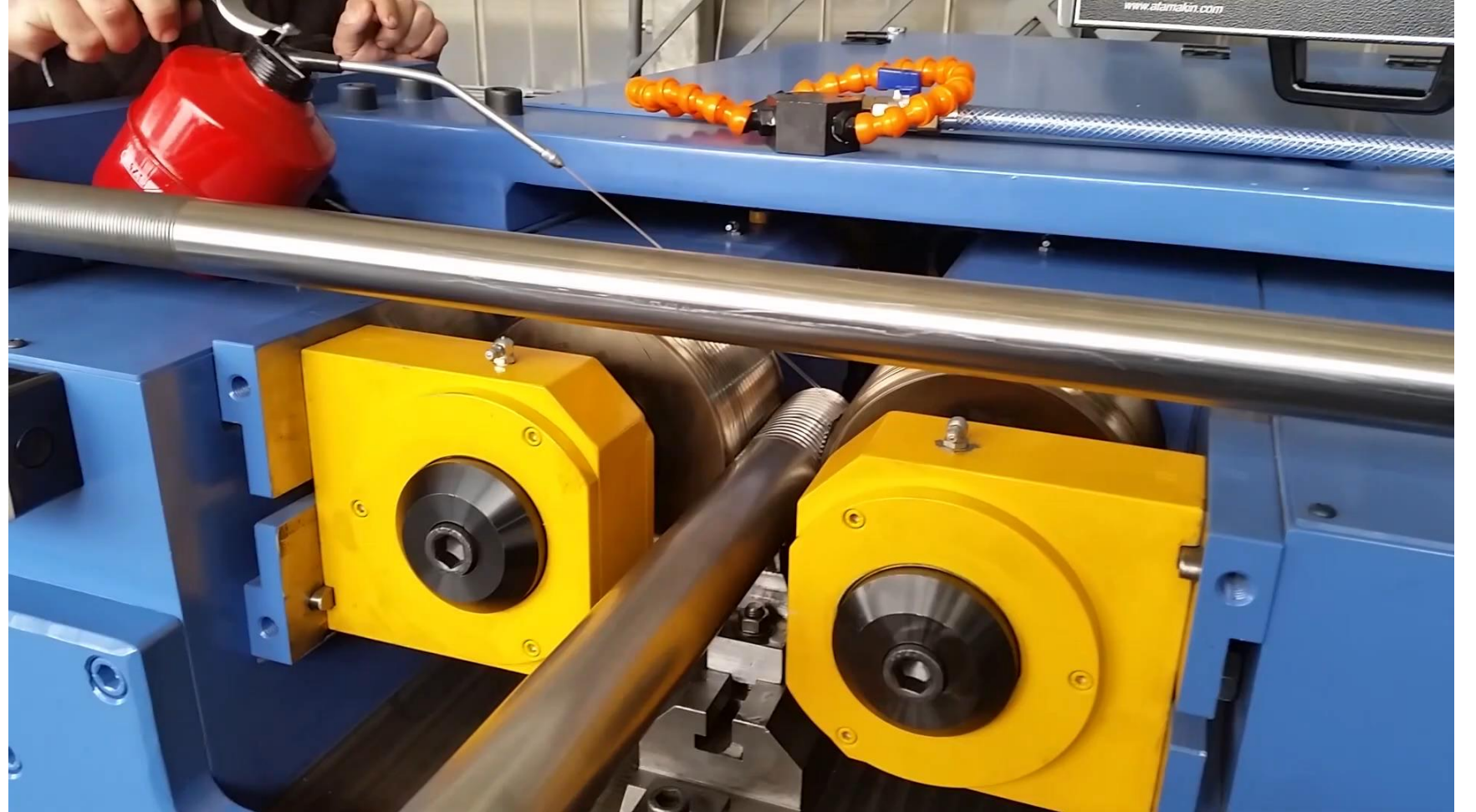
Diş Haddeleme (Ovalama)

- Ovalama Yöntemi: Tarak denilen yassı kalıplarla diş haddeleme



Diş Haddeleme (Ovalama)

- *Örnek Video:*
Ovalama
makinasında
diş haddeleme

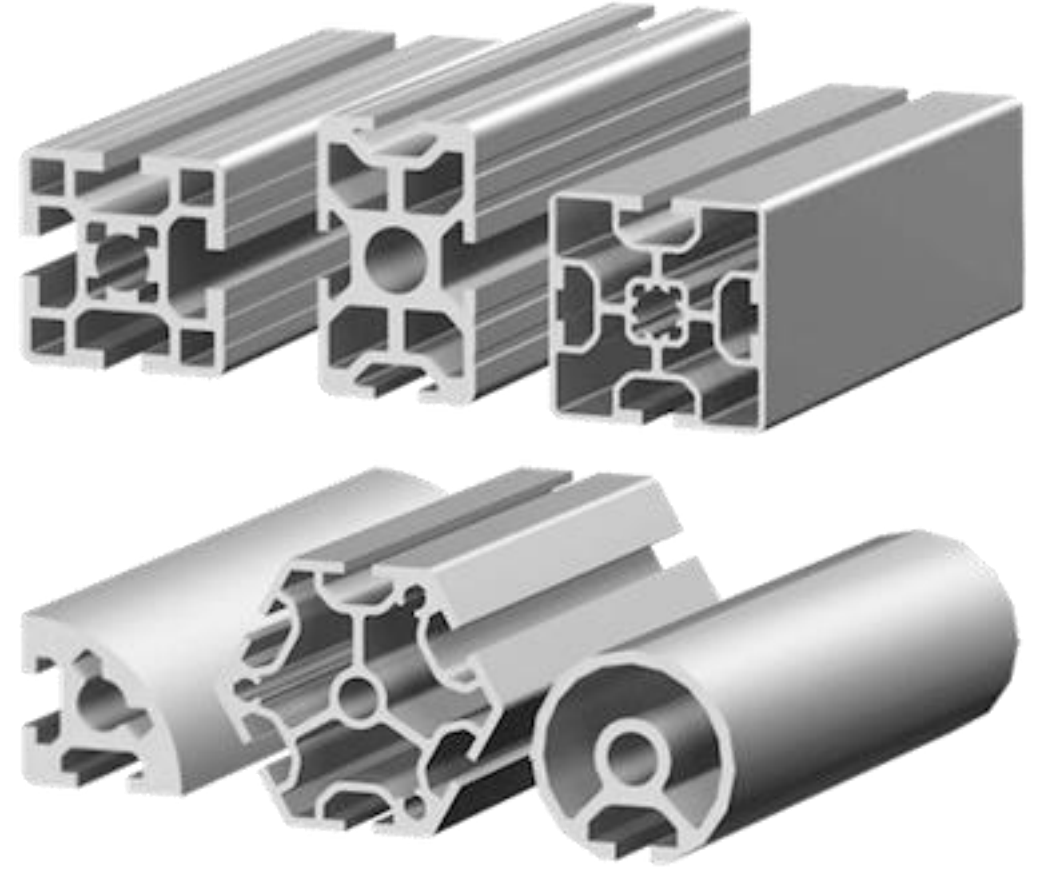
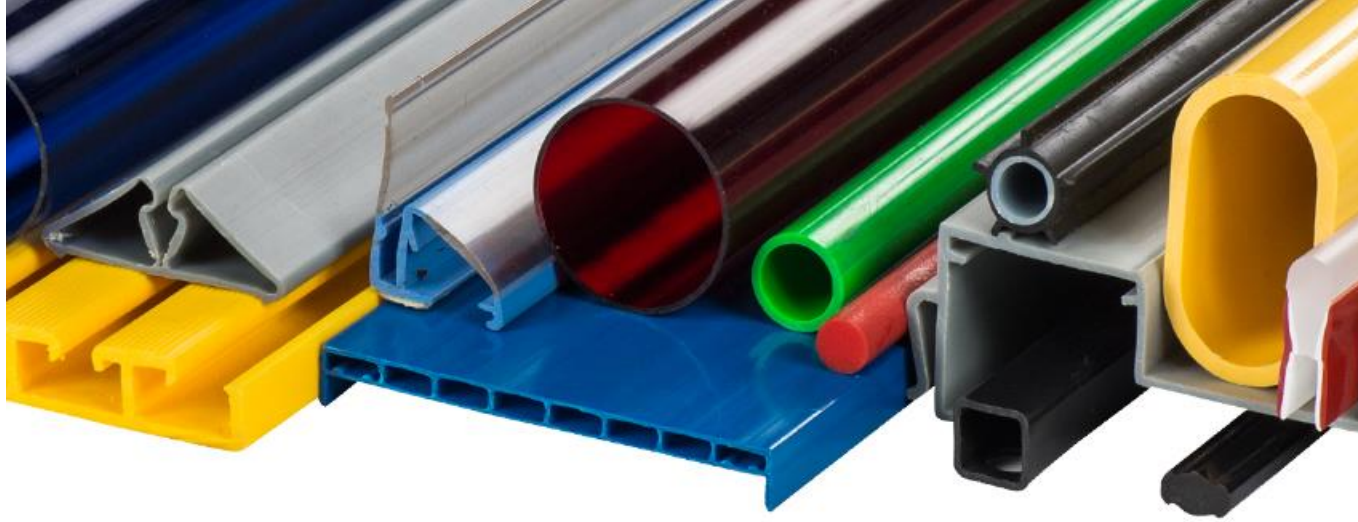


PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

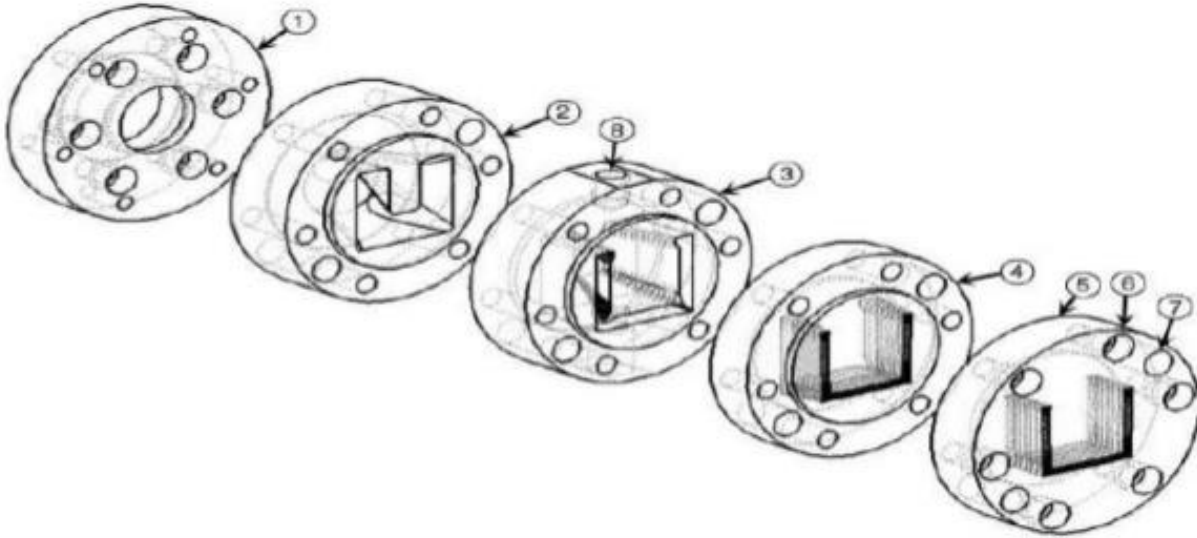
Ekstrüzyon

Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon ile profil imalatı



Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon Kalıpları (Extrusion Dies)

U-Profile stack die: exploded view



(1) extruder mounting plate; (2) die adapter plate; (3) transition plate; (4) preland plate; (5) die land plate; (6) die bolt hole; (7) alignment dowel pin hole; (8) thermocouple well;

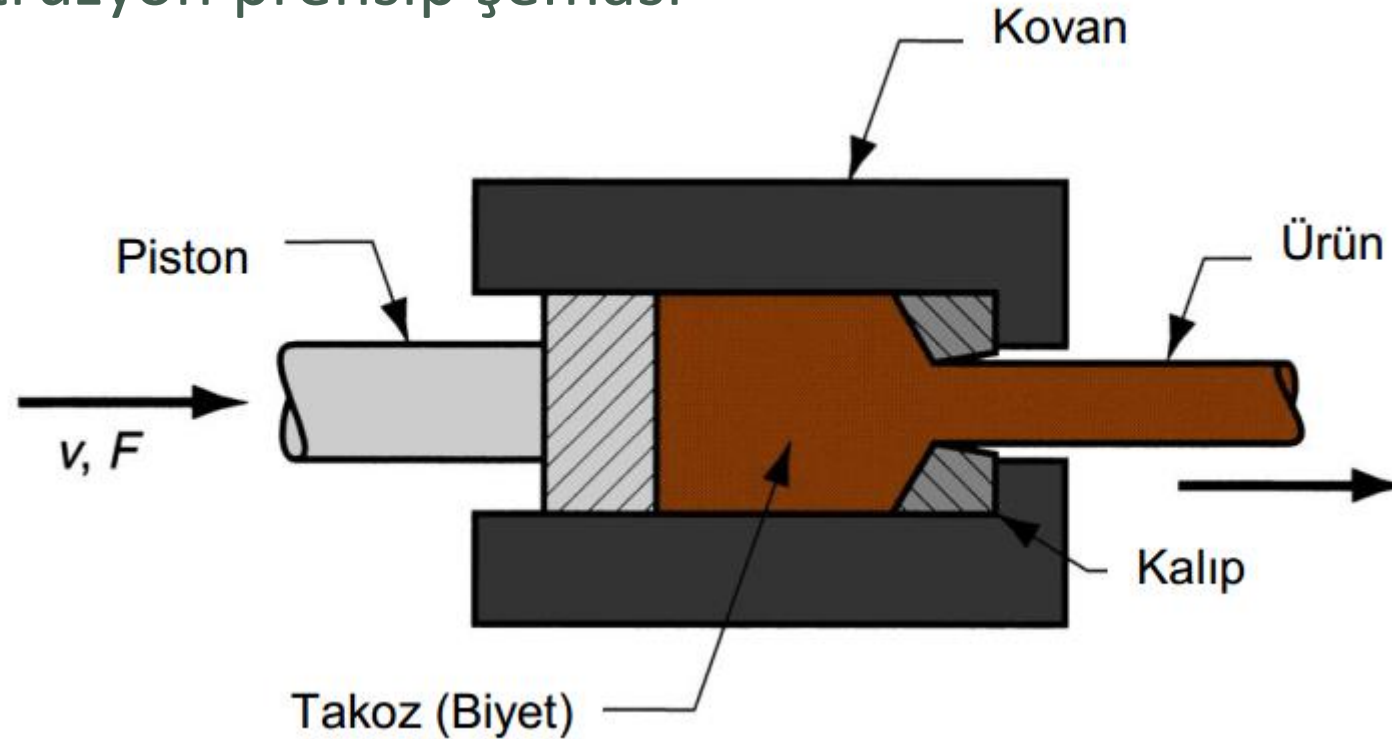


Ekstrüzyon (*PŞV*)

- Basma gerilmeleri ile malzemenin sıkıştırılması ve bir kalıptan o kalıbın şeklini (profilini) alarak akmaya zorlanması ile gerçekleştirilen şekillendirme işlemidir. Diş macunu tüpüne uygulanan basınç ile diş macununun akıtılması işlemine benzer. Belirli bir kesite sahip malzemenin uzun boylarda üretilmesini sağlar.
- Başlıca iki türü vardır:
 - a. Direkt Ekstrüzyon
 - b. Endirekt Ekstrüzyon

Direkt Ekstrüzyon

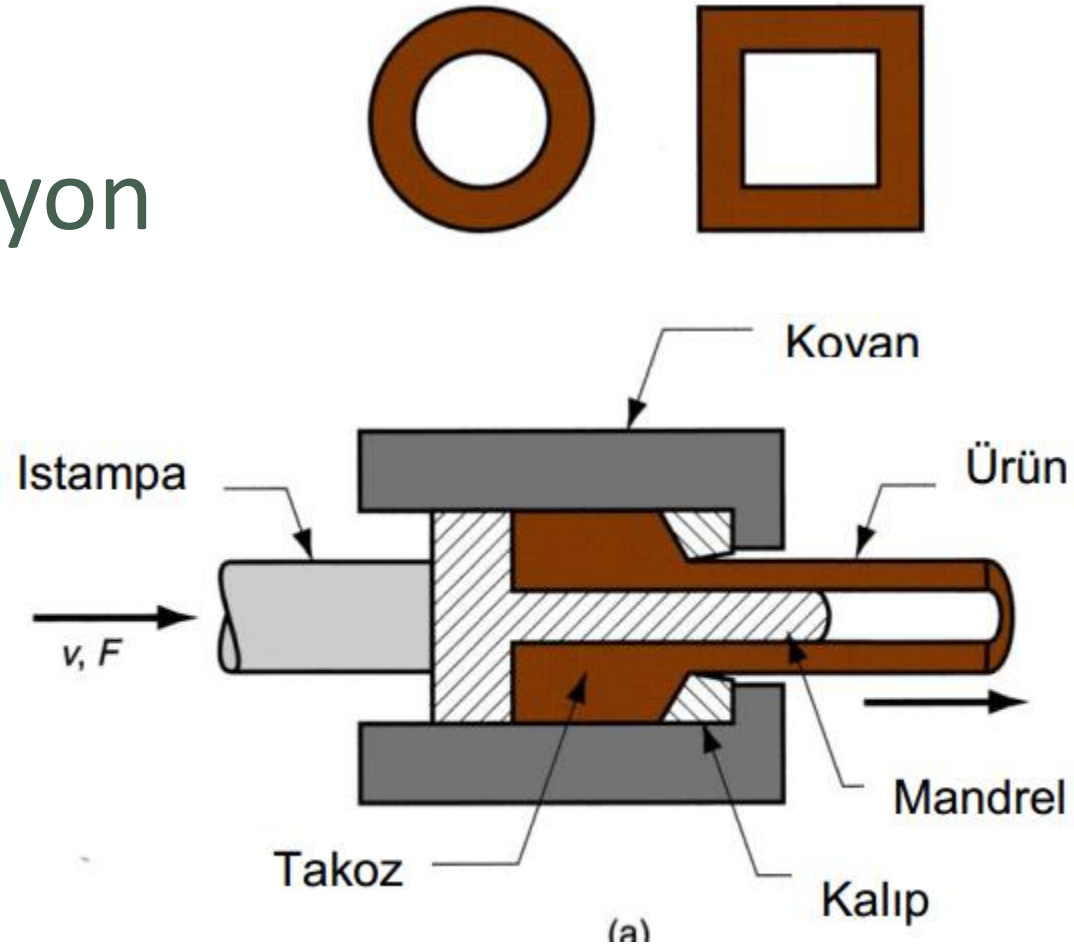
- Direkt ekstrüzyon prensip şeması



Direkt Ekstrüzyon

- *İleri ekstrüzyon* olarak da adlandırılır
- Piston kalıp açıklığına yaklaştığında, kalıp açıklığından geçemeyen küçük bir kütük parçası kalır
- Kütükçük olarak adlandırılan bu fazla kısmın, ekstrüzyondan çıkan mamulün sonu kesilerek ayrılmalıdır
- Başlangıç kütük kesiti genellikle yuvarlaktır
- Ekstrüzyon ürününün son şekli, kalıp açıklığı tarafından belirlenir

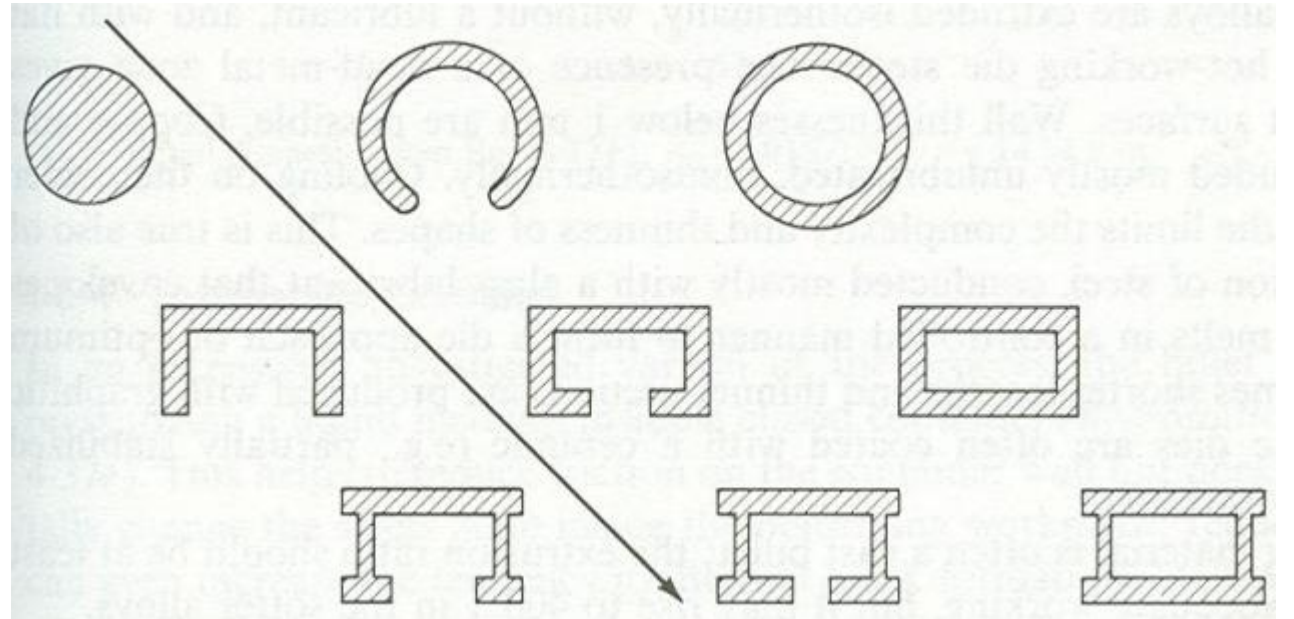
Direkt Ekstrüzyon



- İşi **boş ve yarı boş kesitler** elde etmek için mandrel veya köprülü matris kullanımı

Direkt Ekstrüzyon

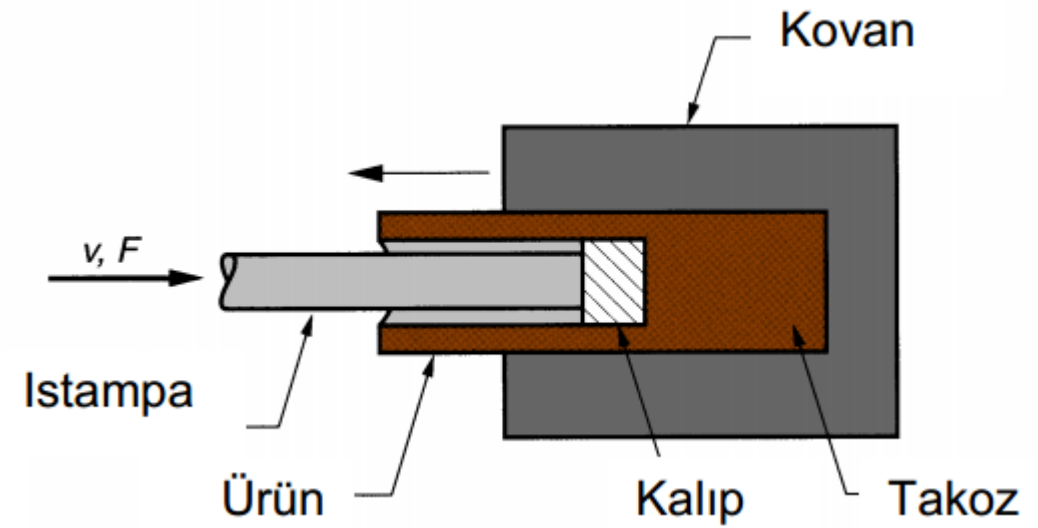
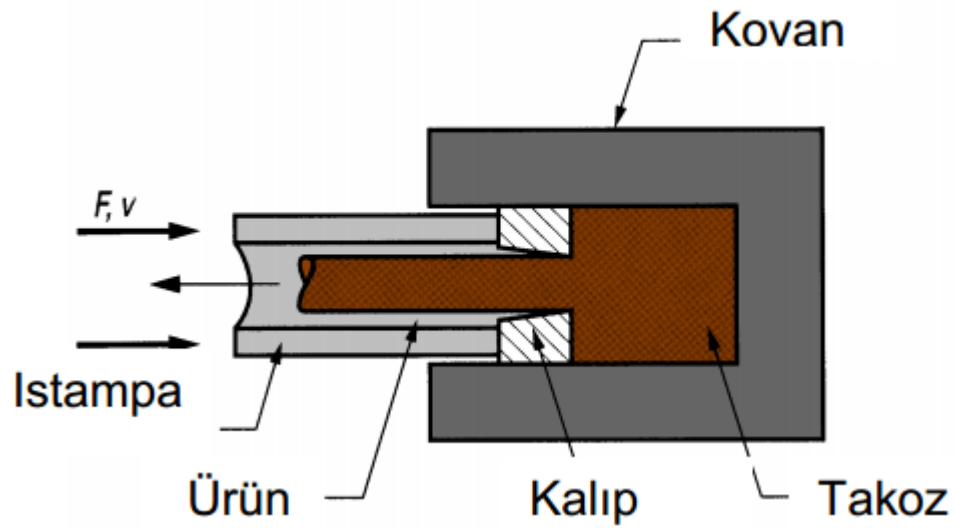
- Ekstrüzyon sırasında elde edilen kesitlerin zorluk derecesi şekilde yer alan okun yönüyle gösterilmiştir. Burada belirleyici parametre “**çevre/alan**” oranıdır. Bu oran ok yönünde olduğu gibi arttıkça işlem zorlaşır. İçi boş profillerde bu oran büyür.



Endirekt Ekstrüzyon

- Endirekt ekstrüzyonda kalıp veya mandrel takozu batır, burada takozun kovana göre bir hareketi söz konusu değildir. Bu nedenle gerekli ekstrüzyon kuvveti azalır.
- İstampanın azalan kesiti ve ürünün hareket yönü işlem sırasında güçlükle çıkarmaktadır.
- İçi boş pistonun düşük rijitliği ve ekstrüzyon ürünlerini çıkarırken desteklemedeki zorluklar işlemi sınırlandırır.
- Bu işlem aynı zamanda “geri ekstrüzyon” veya “ters ekstrüzyon” olarak da bilinmektedir.

Endirekt Ekstrüzyon



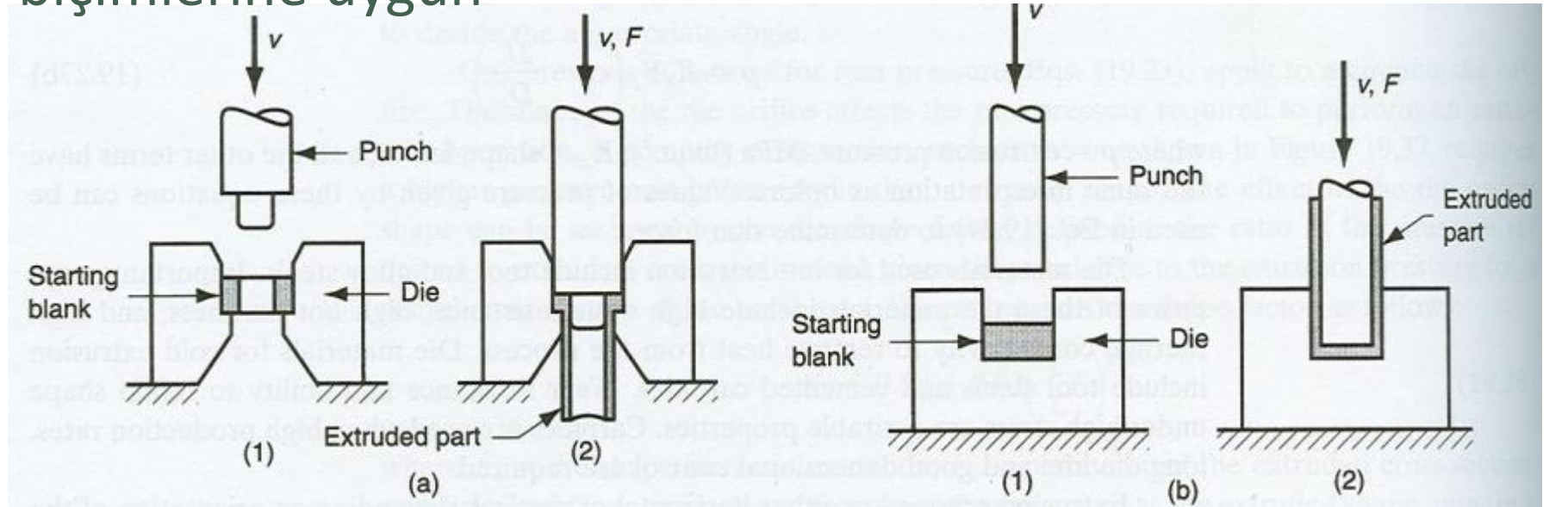
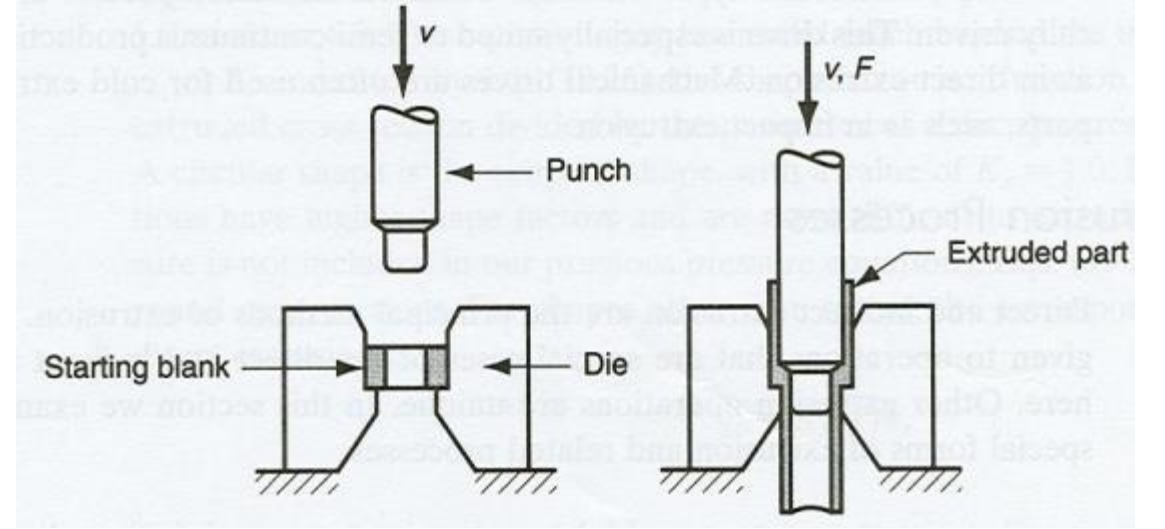
(a) dolu kesit ve (b) içi boş kesit üretmek için endirekt ekstrüzyon

Sıcak ve Soğuk Ekstrüzyon

- **Sıcak ekstrüzyon** takozun ve kovanın malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerindeki sıcaklıklara ısıtılmasıyla gerçekleştirilir. Bu sıcaklıkta akma dayanımı azaldığı ve şekillendirilebilme arttığı için daha kolay (daha az kuvvet ve güç kullanılarak) ve daha çok şekil değişimi (daha büyük kesit değişiklikleri sağlanarak) verilebilmektedir.
- **Soğuk ekstrüzyon** genel anlamda sürekli ürün imalatına uygun olmayıp genel olarak tek parça ürünlerin elde edilmesine müsaittir. Bu tür işlemler “***darbeli ekstrüzyon***” olarak tanımlanmaktadır

Darbeli Ekstrüzyon

- Yüksek hızlı soğuk ekstrüzyon
- Çoğu demir dışı metal
- İnce cidarlı tüp biçimlerine uygun



Ekstrüzyon

İşlem

Özellikleri:

- Özellikle sıcak ekstrüzyonda, değişik şekillerin oluşturulması mümkün
 - Sınırları: parça kesiti tüm uzunluk boyunca üniform olmalıdır
- Soğuk ve sıcak ekstrüzyonda tane yapısı ve dayanım iyileştirilir
- Özellikle soğuk ekstrüzyonda dar toleranslar mümkün
- Bazı uygulamalarda, hiç veya çok az atık malzeme

Ekstrüzyon

- Küçük kalıp açısı – kalıp ile kütük ara yüzeyindeki sürtünmeyi arttıran yüzey alanı büyüktür

Kalıp Açısı: ■ Yüksek sürtünme, daha büyük piston kuvvetlerine yol açar

- Büyük kalıp açısı – redüksiyon sırasında metal akışında daha fazla türbülans
 - Türbülans, gerekli piston kuvvetini artırır
- Optimum açı, parça malzemesine, kütük sıcaklığına ve yağlamaya bağlıdır

Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon

- Kaynak Video:

Extrusion Processes

- <https://www.youtube.com/watch?v=Y75IQksBb0M>

Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon



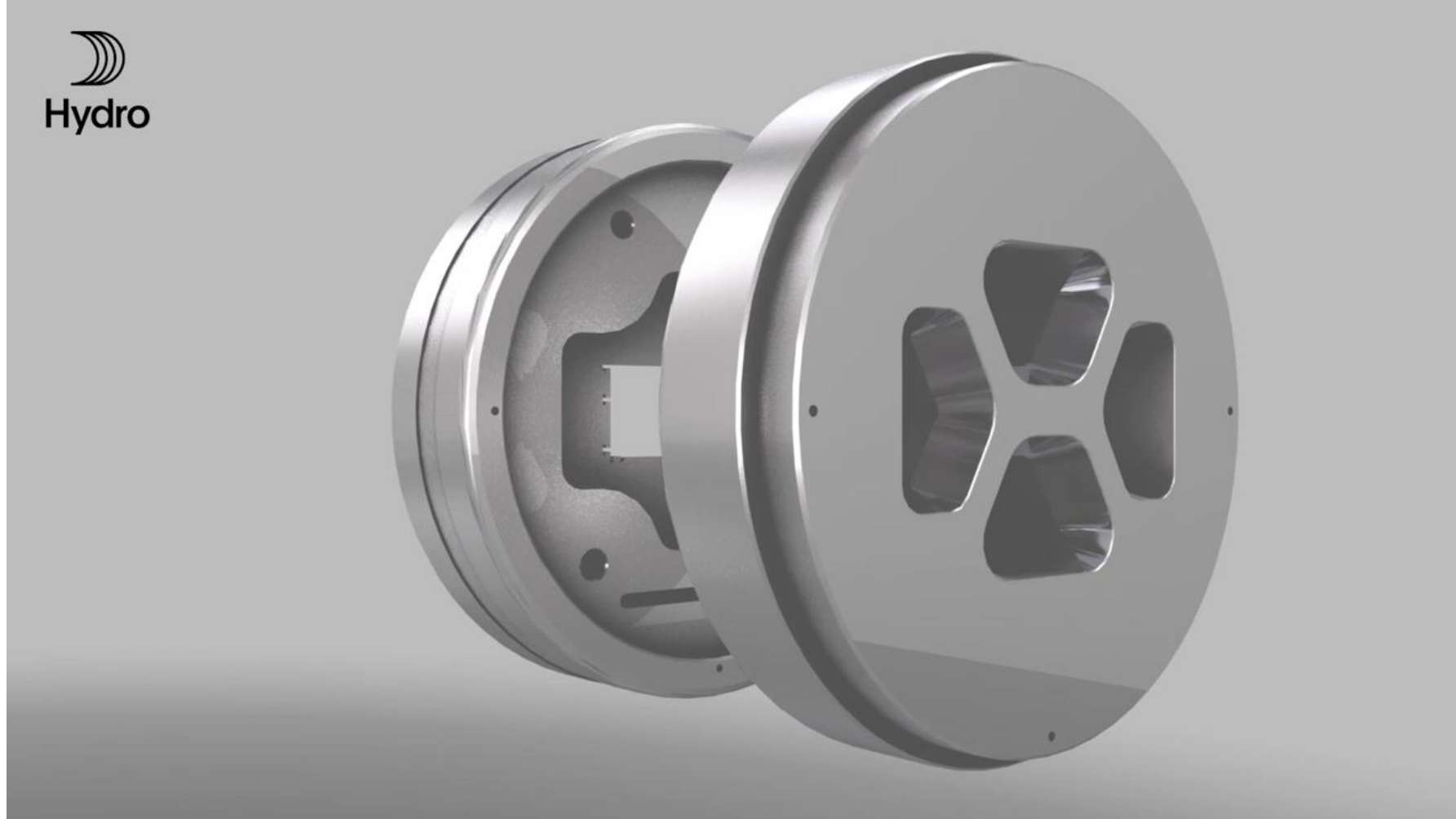
Form Verme (PŞV) Yöntemleri: Ekstrüzyon

- Kaynak Video:

Aluminium Extrusion - An Inside The Machine View Of The Aluminium Extrusion Process

- https://www.youtube.com/watch?v=Bc7o_sEdX8U

Form Verme (PŞV) Yöntemleri: *Ekstrüzyon*



PŞV

Kütlesel Şekil Verme Yöntemleri

Tel Çekme / Çubuk Çekme

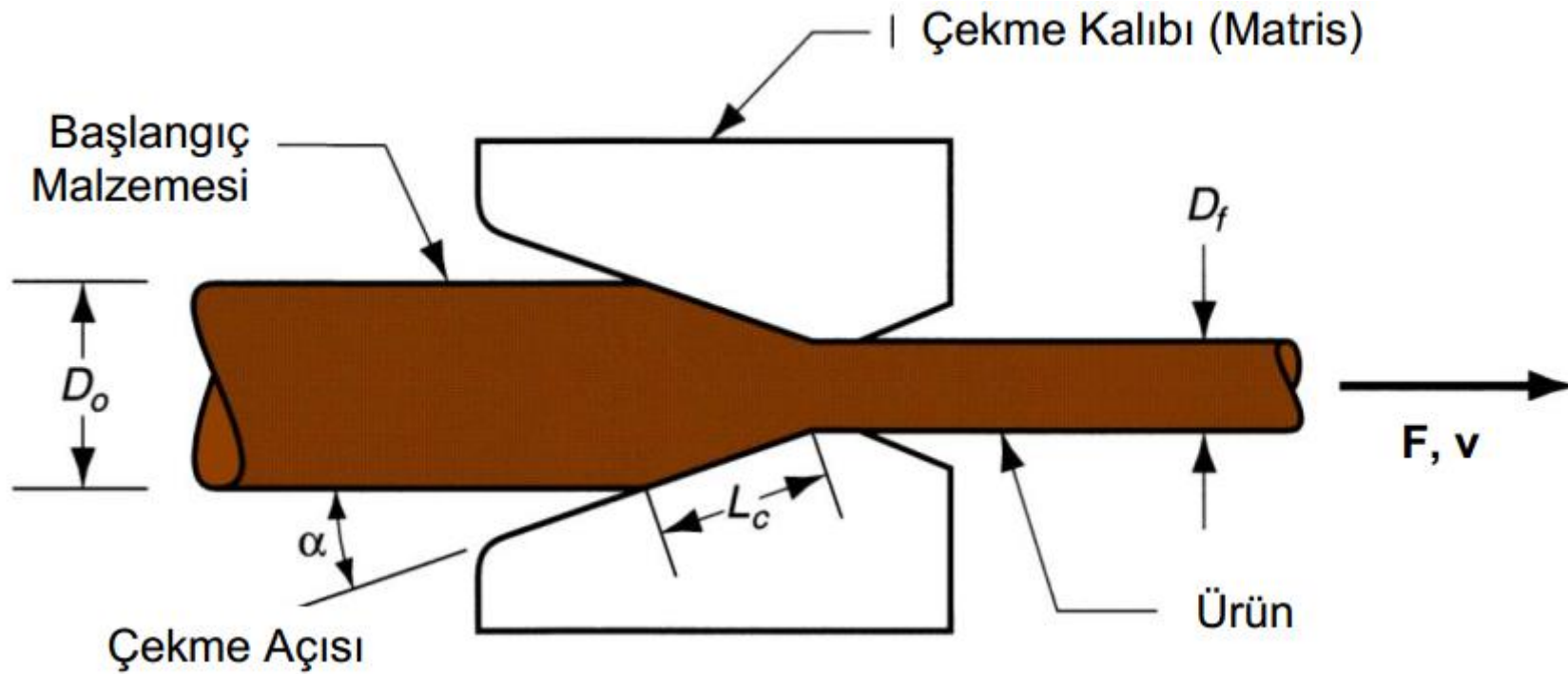
Tel ve Çubuk Çekme ($PŞV$)

Çekme İşlemi:

Bir çubuk veya telin kesiti, bir matris (kalıp) açıklığı içinden çekilerek küçültülür

- Ekstrüzyona benzer; ancak çekmede parça matris boyunca çekilir (ekstrüzyon'da itilir)
- Çekmede çekme gerilmeleri uygulanmasına rağmen, basma da önemli rol oynar; çünkü metal, matris açıklığında geçerken sıkıştırılır

Tel ve Çubuk Çekme ($PŞV$)



- Çekme Kalıbı (Matrisi)

Tel ve Çubuk Çekme ($PŞV$)

- Çekmede kesit alanı redüksiyonu:

Parçanın boyutundaki değişim genellikle alan redüksiyonuyla tanımlanır:

$$r = \frac{A_o - A_f}{A_o}$$

Burada r = çekmede alan redüksiyonu; A_o = parçanın orijinal alanı; ve A_f = son parça

Tel ve Çubuk Çekme ($P\dot{S}V$)

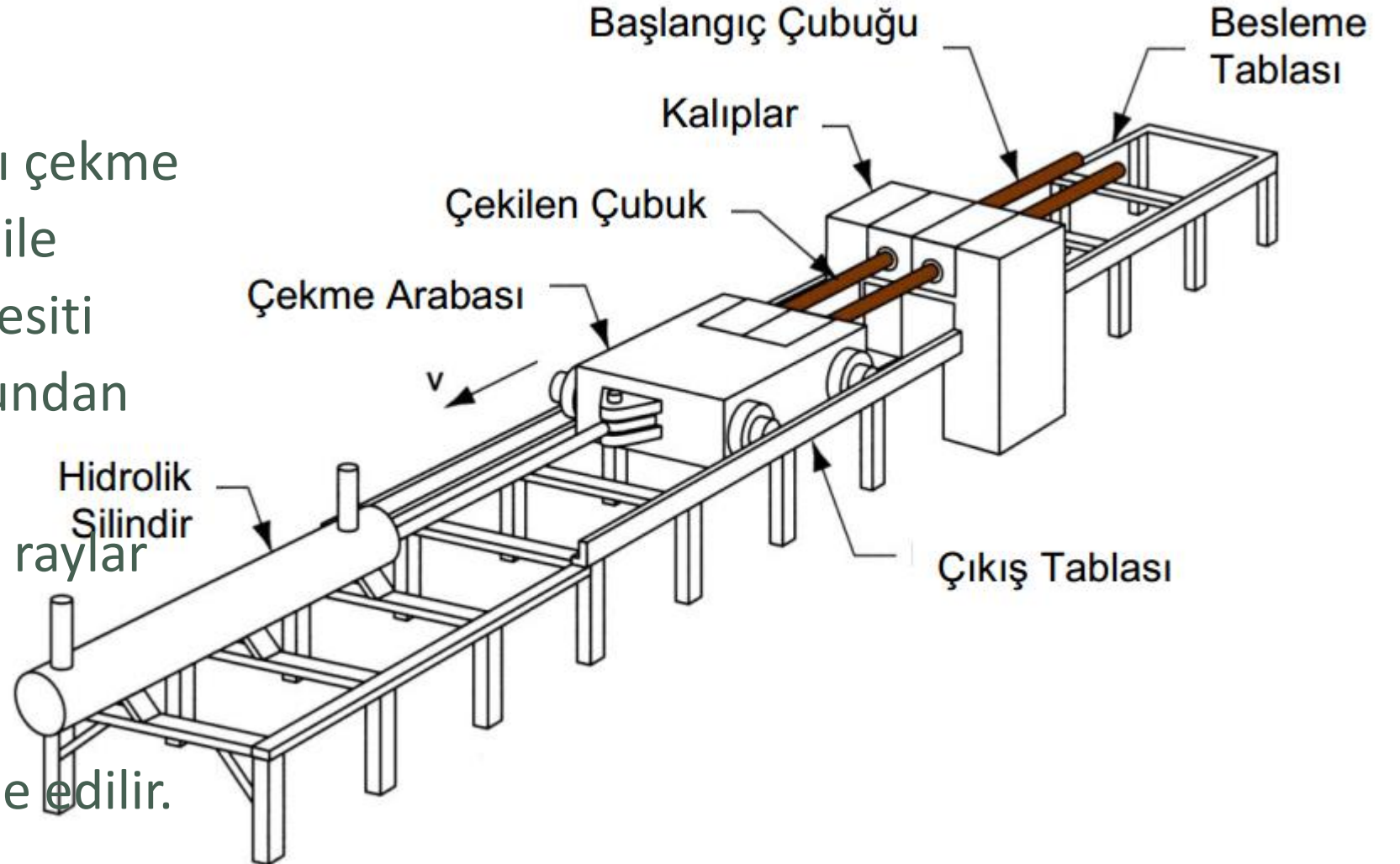
- Tel Çekme ve Çubuk Çekme İşlemleri Arasındaki Fark:
 - Çubuk çekme ile tel çekme arasındaki fark, stok boyutundadır
 - Çubuk çekme – daha büyük çaplı çubuk stoğu
 - Tel çekme – küçük çaplı stok – tel boyutunda 0.03 mm'ye kadar ölçüler mümkündür
 - Mekanizması aynı olmasına rağmen, yöntem, ekipman ve terminoloji dahi farklıdır

Tel ve Çubuk Çekme (*PŞV*)

- Çekme uygulaması:
 - Genellikle soğuk işleme olarak gerçekleştirilir
 - Çoğu kez yuvarlak kesitler kullanılır
- Ürünler:
 - Tel: çelik halat telleri, elektrik telleri, çitler için tel blokları, ataş, iğne vb. elbise askıları ve alışveriş arabaları
 - Çiviler, vidalar, perçinler ve yaylar için çubuk kütlesi
 - Daha kalın çubuk blokları: talaş kaldırma, dövme ve diğer işlemler için

Çubuk Çekme

- Hidrolik silindire bağlı çekme arabasındaki çeneler ile kavranan malzeme, kesiti küçülen kalıp boşluğundan geçirilir.
- Araba işlem sırasında raylar üzerinde hareket eder.
- Sınırlı boyda ürün elde edilir.



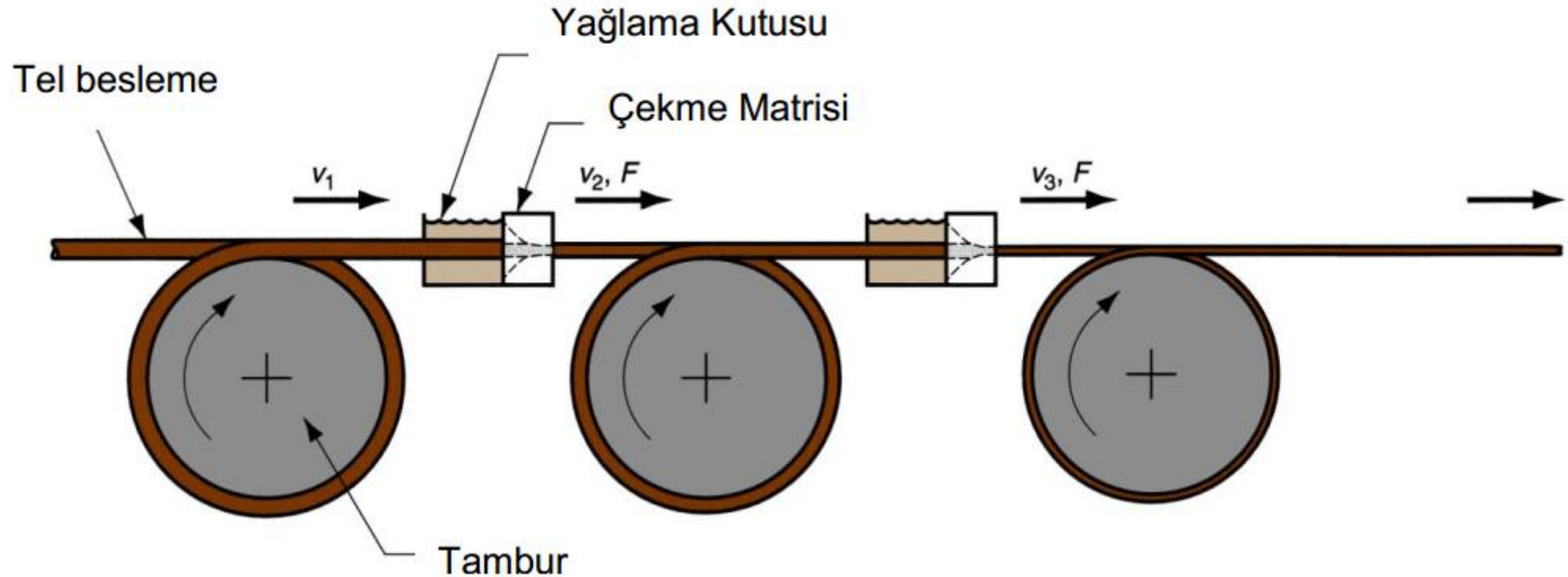
Tel Çekme

Toplayıcı tamburlarla ayrılmış, çoklu (genellikle 4 to 12) çekme matrislerini içeren sürekli çekme makinaları

- Her bir tambur (kapstan) sonraki matrise doğru tel stoğunu çekmek için uygun kuvvet sağlar
- Her bir matris, küçük bir redüksiyon oluşturur; böylece seri sonunda istenen toplam redüksiyona ulaşılır
- Soğuk sertleşmeyi azaltmak için bazen matrisler arasında tavlama gerekir

Sürekli Tel Çekme

- Tel çekme yönteminde, işlemin arka arkaya gerçekleştirildiği çok tamburlu (4 ile 12 arasında ardı ardına sıralanan kalıp sistemlerine uygun) ırgat (bocurgat) sistemleri kullanılmaktadır.



Tel Çekme

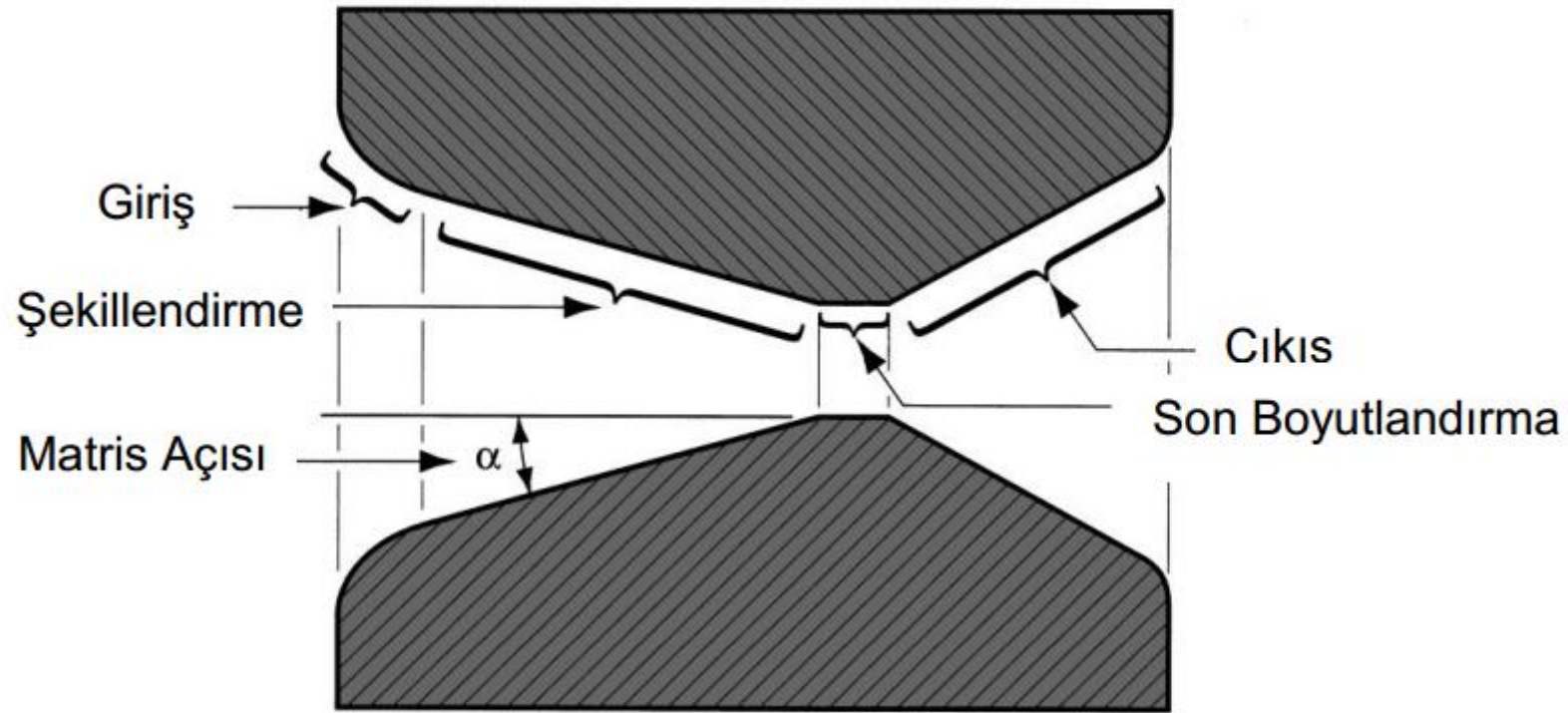
Örnek Video: 9 kafalı
tel çekme işlemi



Çekme Kalıbının Özellikleri

- Çekme işleminde **matris** ile malzeme arasında çok büyük sürtünme gerilmeleri oluşmaktadır. Bunu engellemek için çok iyi yağlama yapılması gerekir.
- Hidrodinamik yağlama koşulları sağlanmaya çalışılır. Bu da yağlayıcı sıvı bulunan kutularda ıslak koşullarda sağlanır. Dolayısıyla matris bu kutuların içinde yani yağlayıcı sıvının içinde bulunur ve işlem bu kutunun içinde gerçekleştirilir.

Çekme Kalıbının Özellikleri



- Yukarıdaki şekilde tipik bir çubuk veya tel çekme matrisine ait kesit verilmiştir.

Çekme Kalıbının Özellikleri

- Yağlamanın etkin olması için matrislerin giriş kısmı konik olarak işlenir. Böylece malzeme matrisin içine yağlayıcı ile birlikte çekilir.
- **Matris açısı** malzemeye bağlı olarak 6° ile 20° arasında değişir.
- Üçüncü bölge düz silindirik işlenmiş olup ürün son boyutuna bu bölgede kavuşur.
- Çıkış bölgesi yine konik işlenmiştir (yaklaşık 30° açılı).
- Genelde kalıplarda soğuk iş çelikleri kullanılmakla birlikte matrislerin imalatında sinterlenmiş malzeme kullanılmaktadır.
- İnce çaplı tel çekmek için yapay veya doğal elmas kullanılmaktadır.

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/>