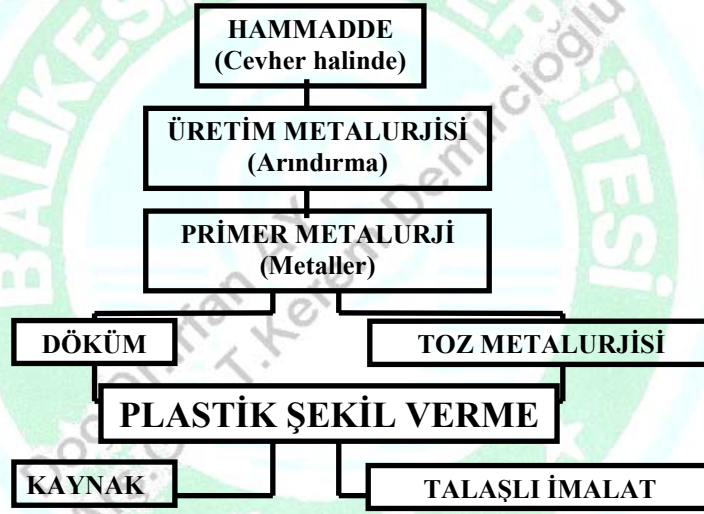
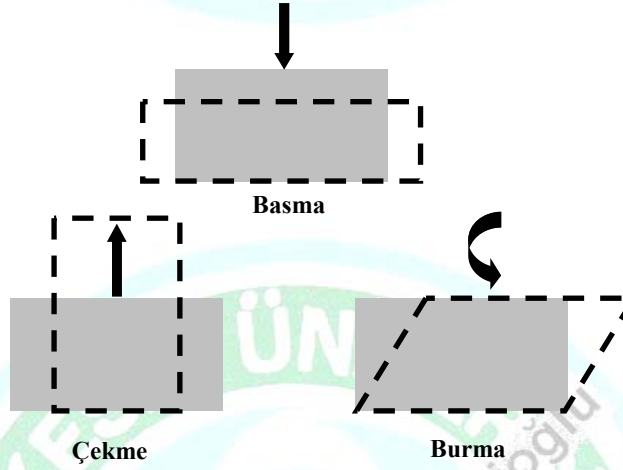


İMALAT YÖNTEMLERİ II

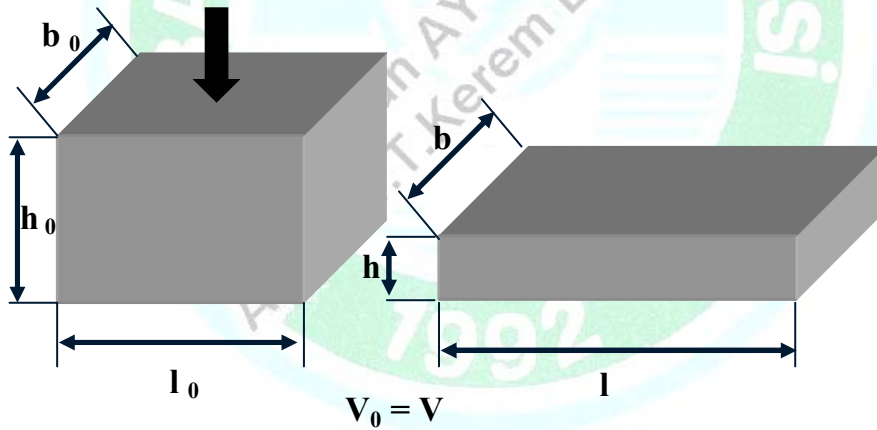
PLASTİK ŞEKİL VERMENİN TEMEL ESASLARI



Plastik şekil verme işleminde üç temel kuvvet uygulanır.



Şekil değiştirmenin temel kuralı: (Hacim Sabitliği)



İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Şekil değiştirmenin temel kuralı:

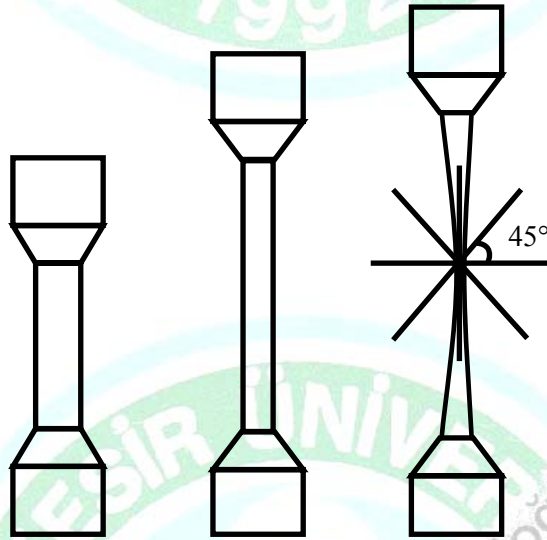
(Hacim Sabitliğinin Matematiksel Olarak Bulunması)

$$\frac{\cancel{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0}}{\cancel{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0}} = \frac{h \cdot b \cdot l}{h_0 \cdot b_0 \cdot l_0}$$

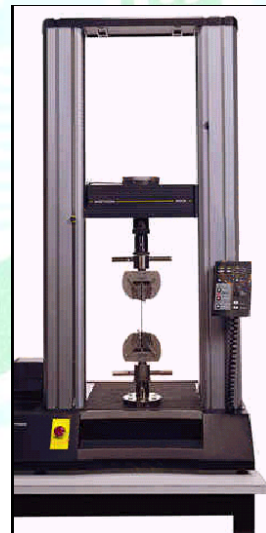
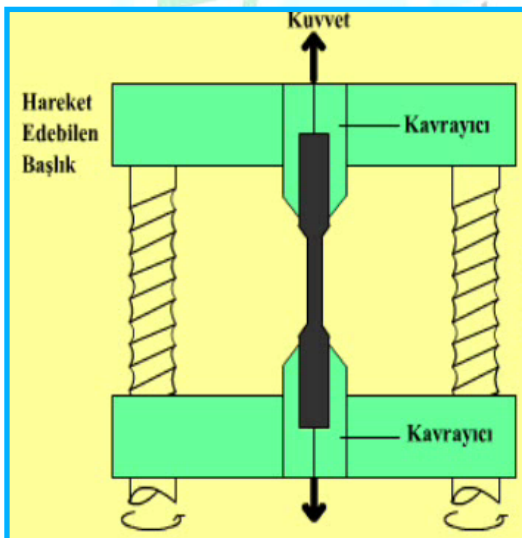
Her iki tarafın "ln" ini alırsak

$$\ln 1 = \ln \frac{h}{h_0} + \ln \frac{b}{b_0} + \ln \frac{l}{l_0}$$
$$0 = + \varphi_h + - \varphi_b + + \varphi_l$$

Numunelerin çekme esnasındaki durumları



Plastik şekil verme en güzel çekme deneyi eğrisi ile anlaşılır.

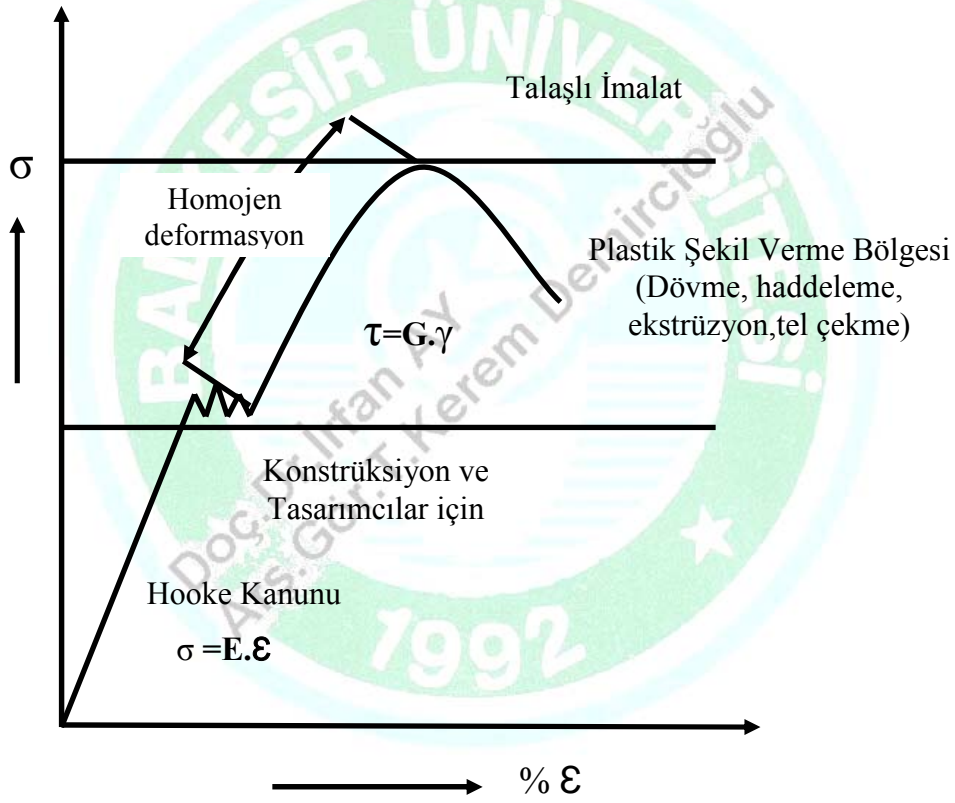


Çekme Deneyi Makinesi

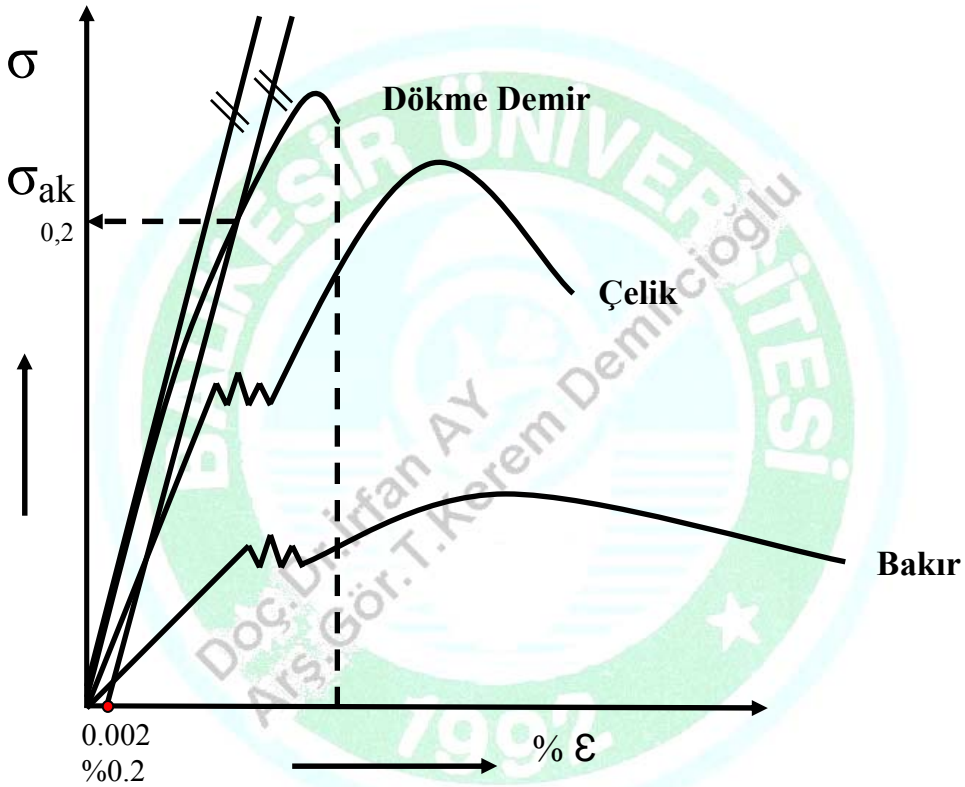
İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Plastik şekil verme en güzel çekme deneyi eğrisi ile anlaşılır.



Gevrek Malzemelerin Akma Mukavemetinin Bulunuşu

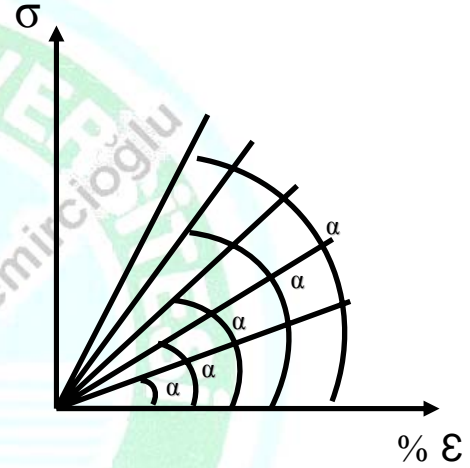


Çekme Eğrisinden Elde Edilen Mekanik Özellikler**1) Elastiklik Modülü**

$$E = \sigma / \epsilon = \tan \alpha$$

Tan α küçük ise yumuşak zayıf malzeme

Tan α büyük ise katı güçlü malzeme

**2) Akma Mukavemeti**

$$\sigma_{ak} = \frac{F_{ak}}{A_0}$$

3) Çekme Mukavemeti

$$\sigma_{çek} = \frac{F_{max}}{A_0}$$

4) Kopma Mukavemeti

$$\sigma_{kop} = \frac{F_{kop}}{A_0}$$

5) % ε uzama

$$\% \epsilon = \frac{\text{son uzunluk} - \text{ilk uzunluk}}{\text{ilk uzunluk}} \cdot 100$$

$$\% \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100$$

6) % Kesit Daralması

$$\% \psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \cdot 100$$

A_0 :Başlangıç kesit alanı
 A_k :Kırılma sonrası kesit alanı

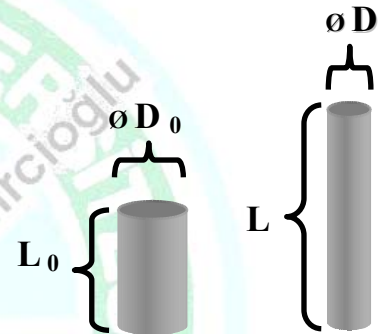
7) Poisson oranı

$$\nu_{ide} = 0.50$$

$$\nu_{ger} = 0.25 - 0.40$$

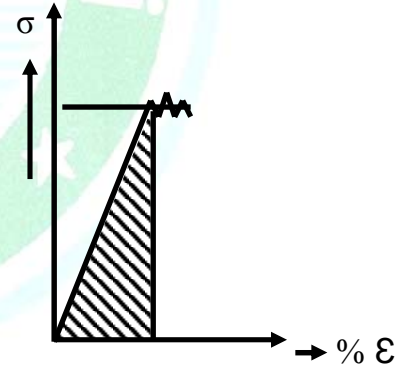
$$\nu_{çel} = 0.36 \quad \nu_{zn} = 0.32$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{\Delta D}{D_0} \right)}{\left(\frac{\Delta L}{L_0} \right)}$$

**8) Rezilyans**

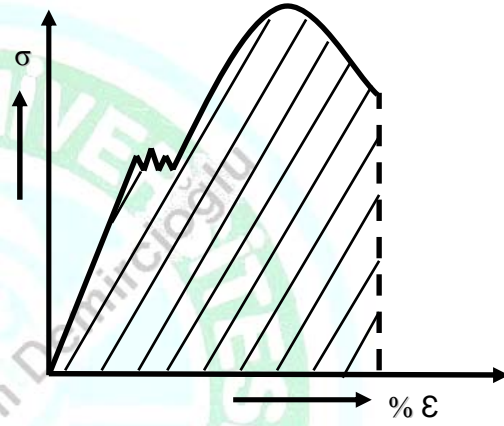
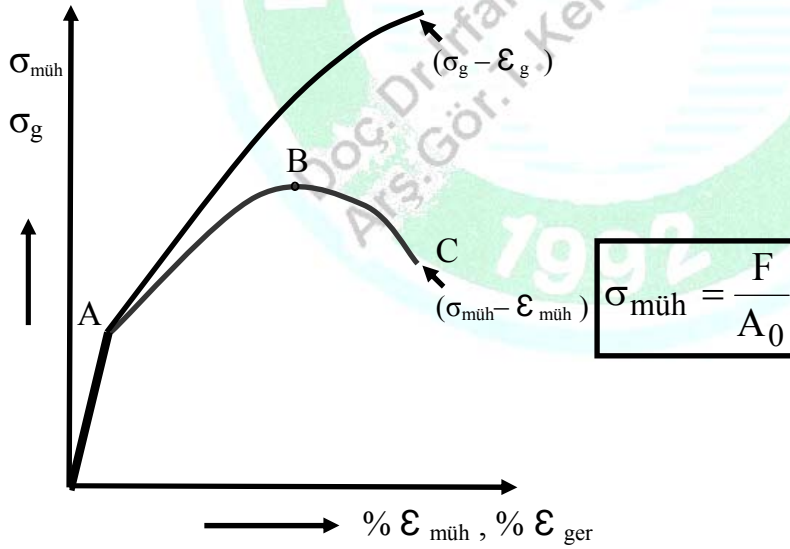
Numunenin , kuvvet uygulandığında absorbe ettiği enerjiyi kuvvet kaldırıldığında geri verme özelliği olarak tanımlanır. Rezilyans çekme eğrisinin elastik sınırına kadar olan kısmın ϵ eksenine ile arasındaki alan ile ifade edilir.

$$U_R = \frac{\sigma_{ak} \cdot \epsilon_{ak}}{2}$$



9) Tokluk

Tokluk malzemeyi koparmak için harcanan enerjinin bir ölçüsü olup $\sigma - \epsilon$ eğrisinin altında kalan alanı ifade eder

**Gerçek Eğri - Mühendislik Eğrisi****Mühendislik Gerilmesi**

$$\sigma_{müh} = \frac{F}{A_0}$$

Mühendislik Birim Şekil Değişirme

$$\epsilon_{müh} = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - \frac{L_0}{L_0} = \frac{L}{L_0} - 1$$

$$\left[\epsilon_{müh} + 1 = \frac{L}{L_0} \right]$$

Gerçek Gerilme

$$\sigma_{ger} = \frac{F_g}{A_g}$$

Gerçek Birim Şekil Değişirme

$$\epsilon_g = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \left| \ln L \right|_{L_0}^L = \ln L - \ln L_0 = \ln \left(\frac{L}{L_0} \right)$$

Mühendislik Uzaması ile Gerçek Uzama Arasındaki İlişki

$$\left[\varepsilon_{\text{müh}} + 1 = \frac{L}{L_0} \right]$$

① Bulmuştuk

$$\varepsilon_g = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right)$$

② Bulmuştuk

İki nolu denklemde L/L_0 ' ın yerine değeri yazılırsa $\varepsilon_g = \ln(\varepsilon_{\text{müh}} + 1)$ Bulunur.

Mühendislik Gerilmesi ile Gerçek Gerilme Arasındaki İlişki

$$\sigma_{\text{müh}} = \frac{F}{A_0}$$

① Bulmuştuk

$$\sigma_{\text{ger}} = \frac{F_g}{A_g}$$

② Bulmuştuk

Hacim sabitliği ifadesinden ($V_0 = V$) değerler yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} L_0 \cdot A_0 &= L \cdot A \quad \text{olur. Her iki taraf } L \text{ ye bölünürse} \\ \frac{L_0 \cdot A_0}{L} &= \frac{L \cdot A}{L} \quad A' \text{ nin değeri bulunur. 2 de yerine konursa} \\ \sigma_g &= \frac{F}{L_0 \cdot A_0} = \frac{F}{A_0} \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right) \text{ olur.} \\ \text{Buradan } [\sigma_g &= \sigma_{\text{müh}} \cdot (\varepsilon_{\text{müh}} + 1)] \text{ bulunur.} \end{aligned}$$

Mühendislik Uzaması ile Gerçek Uzama Arasındaki İlişkinin Matematiksel Olarak Tespiti

$\varepsilon_{\text{müh}}$	0.01	0.05	0.20	1	2	5	10
ε_g	0.01	0.048	0.18	0.69	1.1	1.8	2.4

Mühendislik Gerilmesi ile Gerçek Gerilme Arasındaki İlişkinin Matematiksel Olarak Tespiti

$\varepsilon_{\text{müh}}$	0.01	0.05	0.20	1	2	5	10
σ_g							

$\sigma_{\text{müh}} = 20 \text{ kg/mm}^2$ Alınırsa
Formülünden

$$\sigma_g = \sigma_{\text{müh}} \cdot (\varepsilon_{\text{müh}} + 1)$$

Gerçek Çekme Diyagramı Mühendislik Çekme Diyagramı Gibi Bir Maksimumdan Geçmez**Gerçek Kuvvetin Gerçek Şekil Değişirme İle Artış Hızı**

$$\frac{dF}{d\varepsilon_g} = \frac{d}{d\varepsilon_g}(\sigma_g \cdot A) = A \cdot \frac{d\sigma_g}{d\varepsilon_g} + \sigma_g \cdot \frac{dA}{d\varepsilon_g} \quad \text{Seklinde} \quad (1)$$

Plastik şekil değişiminde çekme çubuğunun boyunca hacmin sabit kaldığı düşünülürse
($V = A \cdot L$)

$$\frac{dV}{d\varepsilon_g} = \frac{d}{d\varepsilon_g}(A \cdot L) = L \cdot \frac{dA}{d\varepsilon_g} + A \cdot \frac{dL}{d\varepsilon_g} = 0 \quad \text{Bulunur} \quad (2)$$

$$d\varepsilon_g = \frac{dL}{L} \quad \text{olduğu göz önüne alınarak}$$

$$\frac{dA}{d\varepsilon_g} = -\frac{A}{L} \cdot \frac{dL}{d\varepsilon_g} = -A \quad \text{Elde edilir} \quad (3)$$

Denklem 1 ve 3 ten

$$\frac{dF}{d\varepsilon_g} = A \cdot \frac{d\sigma_g}{d\varepsilon_g} - \sigma_g \cdot A \quad \text{yazılırsa}$$

Maksimum çekme kuvvetinde

$$\frac{dF}{d\varepsilon_g} = 0 \quad \text{olacağından}$$

$$\frac{d\sigma_g}{d\varepsilon_g} = \sigma_g \quad \text{bulunur.} \quad (4)$$

Denklemlerin Yorumu: Gerçek çekme eğrisinin eğimi gerçek gerilme değerine eşit olduğu anda, çekme kuvveti de maksimum değerini almaktadır. Bu sonuç fiziksel bakımdan, gerilme artışının kesit küçülmesi nedeni ile gerilmedeki düşmeyi dengelediğinin göstergesidir. Çekme kuvvetinin maksimum olduğu noktaya kadar pekleşme nedeni ile gerilmedeki artış, kesit küçülmesi nedeni ile gerilmedeki düşüşten fazladır. Çekme eğrilerinde, plastik alanda pekleşme derecesi sürekli küçülür. Bunun sonucu pekleşme sebebi ile gerilmenin yükseltilmesi gereğini azaltır. Sonuçta çekme kuvvetinin maksimum olduğu noktada 4 no lu denklem elde edilir. Şekil

değişiminin daha da artması plastik dengesizliğe yol açar çubuk büzölmeye başlar ve bu bölgede yoğunlaşan şekil değiştirme sonucunda parça kopar. Bununla beraber tüm çekme deneyi boyunca ve çekme kuvvetinin maksimum olmasından sonrada pekleşme devam ettiği için gerçek çekme diyagramı mühendislik çekme diyagramı gibi bir maksimumdan geçmez ve gerçek gerilme kopma anına kadar artmaya devam eder.

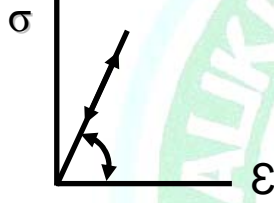
Dairesel kesitli çubuklarda gerçek şekil değiştirmenin çubuğun o anındaki çapının ölçülmesi ile hesaplanabileceği aşağıdaki denklemden görülür.

$$A_0 \cdot L_0 = A \cdot L$$

$$\varepsilon_g = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right) = \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = 2 \ln\left(\frac{D_0}{D}\right)$$

Ludwig'in Değişik Malzemeler İçin
Yaklaşık Gerçek Gerilme - Gerçek Şekil Değiştirme Eğri Denklemleri

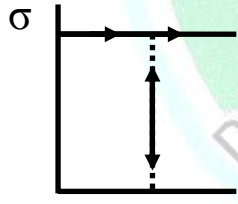
1) Tam Elastik Malzemeler (Cam, seramik, dökme demir)



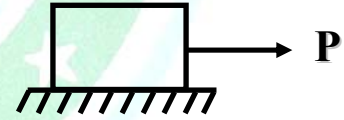
$$\sigma_g = K \cdot \epsilon^n$$
$$n = 0$$



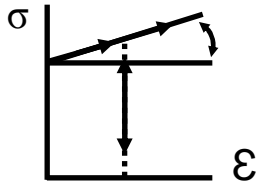
2) Rijit, Tam Plastik Malzemeler ve Dinamik Modeli



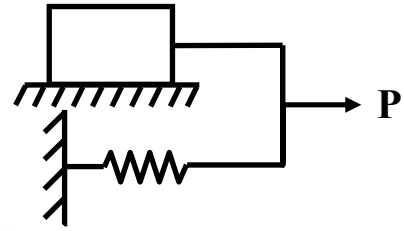
$$\sigma_g = \sigma_{ak} + K \cdot \epsilon^n$$
$$n = 0 \quad K = \infty$$



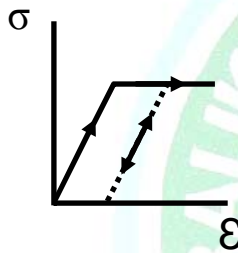
3) Rijit, Lineer Pekleşen Malzemeler ve Dinamik Modeli



$$\sigma_g = \sigma_{ak} + K \cdot \epsilon^n$$
$$n \neq 0$$
$$K \neq 0$$



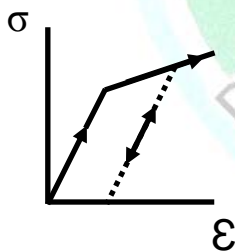
4) Elastik, Tam Plastik Malzemeler ve Dinamik Modeli



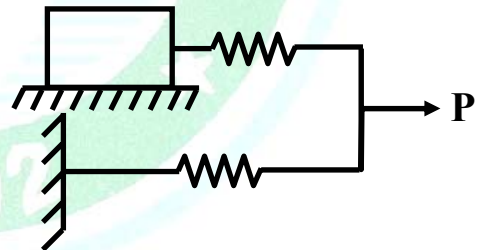
$$\sigma_g = K \cdot \epsilon^n + K \cdot \epsilon^n$$
$$n = 0 \quad n = 0$$
$$K = \infty$$



5) Elastik,Lineer Pekleşen Malzemeler ve Dinamik Modeli

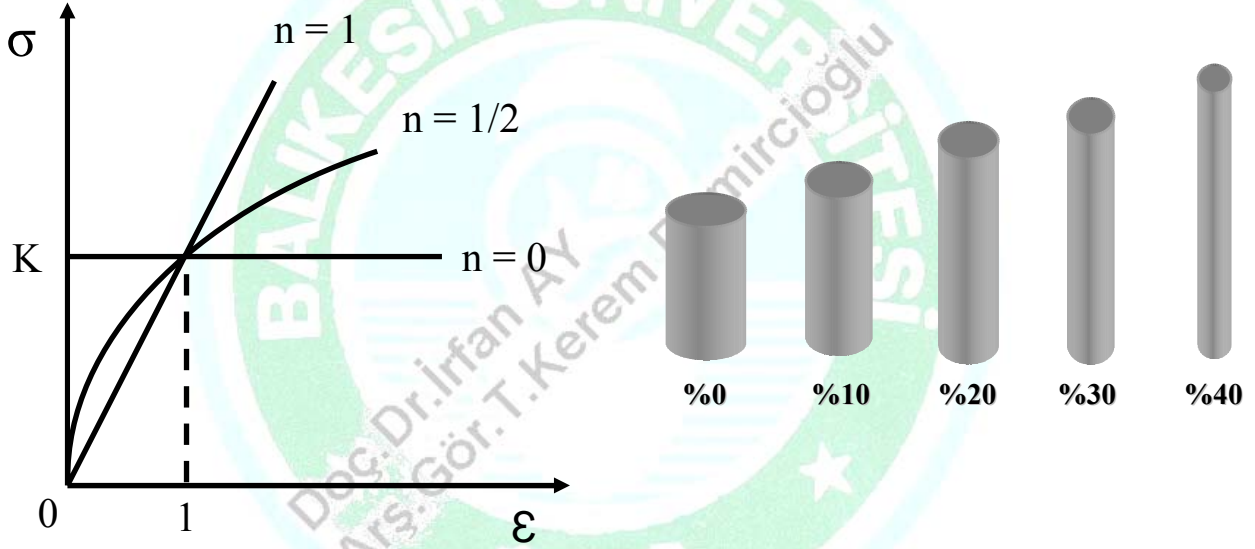


$$\sigma_g = K \cdot \epsilon^n + K \cdot \epsilon^n$$
$$n = 0 \quad K \neq 0$$
$$n \neq 0$$



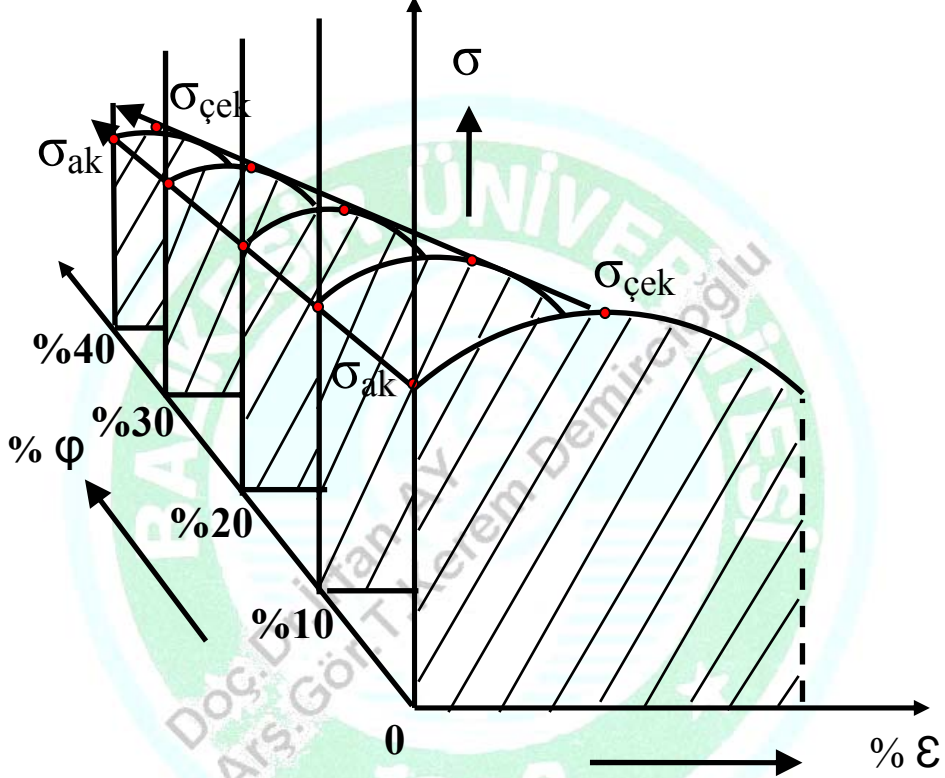
Soğuk Şekil Verme

Pekleşme Üsteli (n)'nin ($\sigma_g - \epsilon_g$) eğrilerine etkisi:

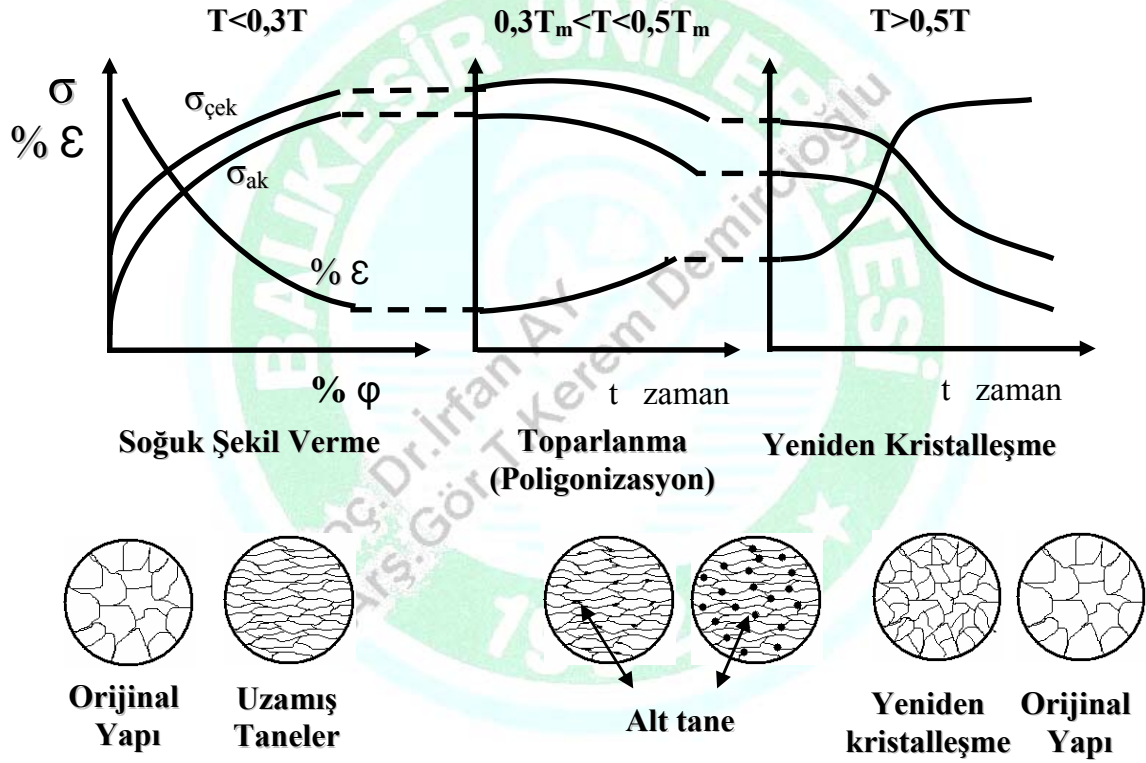


Soğuk şekil vermenin temeli, pekleşme (sertleşme) nin meydana gelmesidir. Pekleşme üsteli ($n = 0 - 1$) arasında değişir. Malzemeyi soğuk olarak deforme ettiğimizi farz edelim. Dökümden çıkmış 6-7 numuneyi ayrı ayrı %10, %20, %30, %40 olacak şekilde deforme edip çekelim.

Gerilme – Uzama – Deformasyon Eğrisi

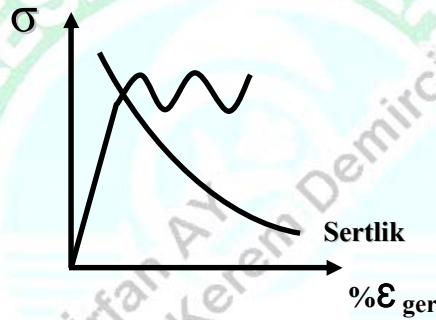


Soğuk Şekil Verme – Toparlanma (Poligonizasyon) ve Yeniden Kristalleşme Eğrileri



Sıcak Şekil Verme

Genellikle $0.5 T_m$ 'nin üstündeki deformasyon sıcaklıklarında yapılır. Sıcak işlemle gaz boşlukları giderilir. Uzayan taneler küçük ve eş eksenli olur. Oksit, sülfür, nitrür gibi istenmeyen maddeler kırılır ve üniform şekilde dağılır. Şekil verme için gerekli enerji azalır, şekillendirme kolaylığı artar. Sıcak şekil vermede deformasyon hızı ($\dot{\epsilon}$) çok önemlidir. Sıcak şekil vermede ($\sigma_g - \epsilon_g$) eğrisi aşağıdaki gibidir.



Sıcak şekil vermede mühendislik deformasyon hızını aşağıdaki şekilde bulabiliriz.

$$\epsilon_{müh} = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$$\dot{\epsilon}_{müh} = \frac{d\left(\frac{L - L_0}{L_0}\right)}{dt} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{dL}{dt} = \frac{V}{L_0}$$

$\dot{\epsilon}_{müh} = \frac{V}{L_0}$ olur.

$$\frac{dL}{dt} = V$$

Deformasyonu yapan takımın hızı

İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Gerçek deformasyon hızı ise aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\epsilon_{\text{ger}} = \ln \frac{L}{L_0} \quad \epsilon'_{\text{ger}} = \frac{d \left(\ln \frac{L}{L_0} \right)}{dt}$$
$$\epsilon'_{\text{ger}} = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dt} \right) \quad \epsilon'_{\text{ger}} = \frac{V}{L} \text{ olarak bulunur.}$$

$$\frac{dL}{dt} = V$$

Deformasyonu yapan takımın hızı

Gerçek gerilmenin hıza bağlı formülü aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\sigma_{\text{ger}} = C \cdot \epsilon'_{\text{ger}}^m$$

C : Mukavemet katsayısı

m : Şekil verme hızı hassasiyet katsayısı

(m) şekil verme hızı hassasiyet katsayısının şekil verme yöntemine göre değerleri aşağıdaki şekildedir.

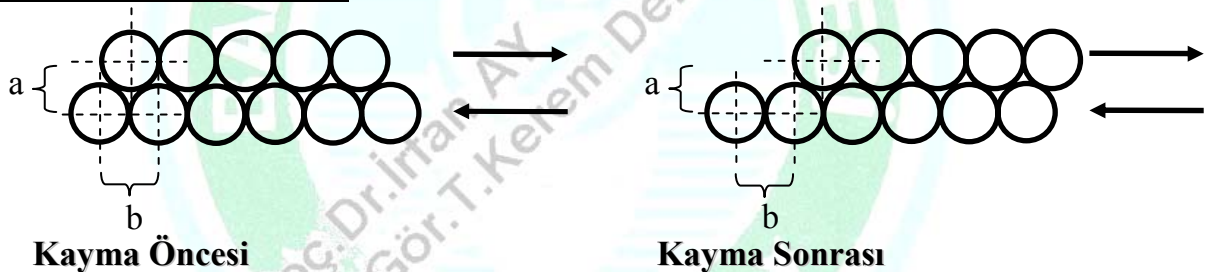
- 1) Soğuk şekil vermede $-0.05 < m < 0.05$
- 2) Sıcak şekil vermede $+0.05 < m < 0.3$
- 3) Süper plastisitede $0.3 < m < 0.7$
- 4) Newton sıvılarında $m = 1$ olarak alınır.

$m < 0.1$ ise malzeme sünek değildir, gevrek.
 $0.3 < m < 0.4$ ise malzeme sünektir.
 $m > 0.5$ ise malzeme süper plastiktir.
 $m = 1$ ise malzeme cam gibi akar

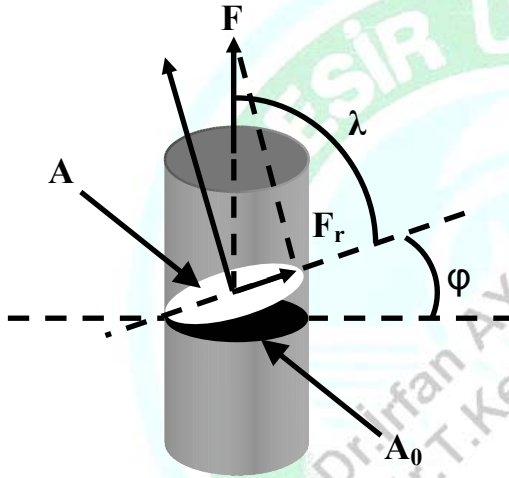
Plastik Şekil Verme Mekanizmaları

1. Kayma Mekanizması - (%99)
2. İkizlenme Mekanizması - (%1)
3. Yayılma Sürünmesi - (%-)
4. Tane Sınırlarının Kayması - (%-)

Kayma Mekanizması İle PŞV



Kritik Kayma Gerilmesi Hesabı (Schmid Kanunu)



Kuvvet İlişkileri

$$\cos \lambda = \frac{F_r}{F} \quad \text{buradan}$$

$$F_r = F \cdot \cos \lambda$$

Alan İlişkileri

$$\cos \varphi = \frac{A_0}{A} \quad \text{buradan}$$

$$A = \frac{A_0}{\cos \varphi}$$

Kritik kayma gerilmesini hesaplamak istersek ;

$$\tau_k = \frac{F_r}{A} = \frac{F \cdot \cos \lambda}{\frac{A_0}{\cos \varphi}} = \frac{F}{A_0} \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi \quad \text{buradan}$$

$$[\tau_k = \sigma_n \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi] \quad \text{olur}$$

Açılara değer verirse $\varphi = \lambda = 0^\circ$ iken;

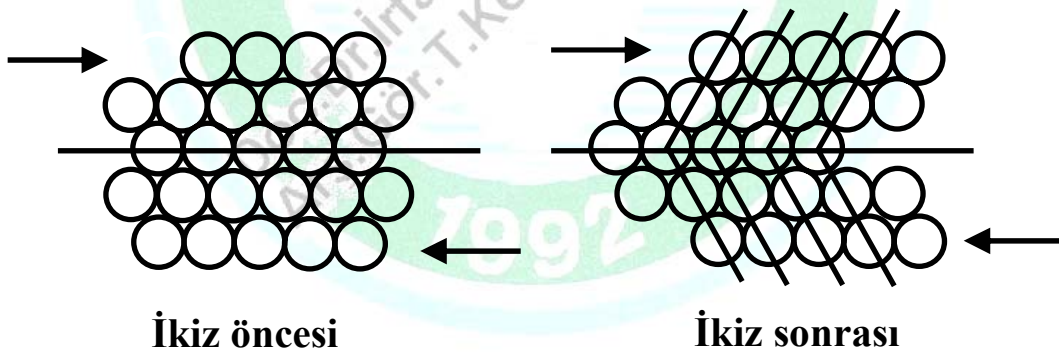
Örn: Cam ve dökme demirler

$$\tau_k = \sigma_n \cdot \cos 0 \cdot \cos 0 \Rightarrow [\tau_k = \sigma_n]$$

Açılara değer verirse $\varphi = \lambda = 45^\circ$ iken;

$$\tau_k = \sigma_n \cdot \cos 45^\circ \cdot \cos 45^\circ$$
$$\tau_k = \sigma_n \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sigma_n}{2} \Rightarrow [\tau_k = \frac{\sigma_n}{2}]$$

İkizlenme Mekanizması İle PSV:



Kayma ile ikiz arasındaki farklar ;**1. Atomların yer değişimi açısından**

- a, 2a, 3a, 4a (kayma)
- a, $\frac{a}{2}$, $\frac{a}{3}$, $\frac{a}{4}$ (ikiz)

2. Oluşum açısından

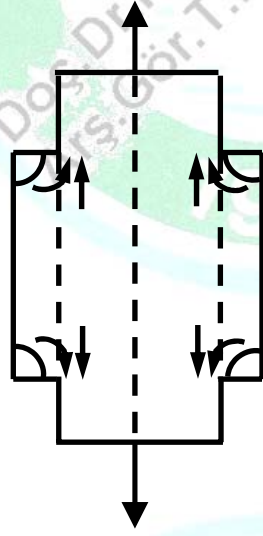
- T° normal, ϵ° kritik (kayma)
- T° ↓↓, ϵ° ↑↑ (ikiz)

3. Oluşum düzlemleri açısından

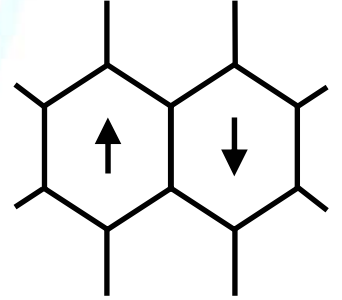
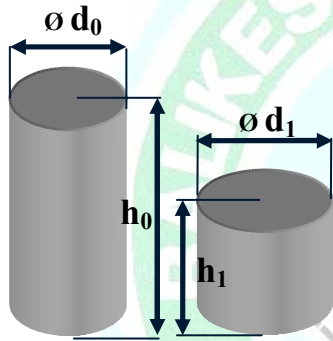
- Tek bir kayma düzlemi üzerinde kayarak (kayma)
- Referans düzleme göre simetrik hareketle (ikiz)

Yayınma Sürünmesi**Yoluyla PSV:**

Oluşum şartı T° ↑↑,
 ϵ° ↓ ise Atomlar
 plastik
 deformasyonun
 olduğu tarafa doğru
 sürüklenerek

**Tane Sınırı Kayması****Yoluyla PSD:**

Oluşum şekli ; T° ↑↑,
 ϵ° ↓ Tanelerin birbirine
 göre konumlarını
 değiştirmesiyle P.Ş.D'
 ye katkısı olur.

**SOĞUK VE SICAK ŞEKİL VERMEDE "KUVVET" ve "İŞ" HESABI**

Malzemenin sağlamlığı : (kf) (kp/mm²)

Gerekli olan kuvvet:

$$A \cdot kf = \text{mm}^2 \cdot \text{kp/mm}^2 = \text{kp}$$

İdeal kuvvet : (F_{id}) = A.(kf_{id})

Gerçek Kuvvet : (F_g) = A.(kf_g)

W = F . Δh İş Hesabı

Küçük şekil değiştirmeler için

$$dw = \frac{F}{A} \cdot dh = \frac{V}{A} \cdot \frac{F}{h} \cdot dh \Rightarrow \int_{h_1}^{h_0} dw = \frac{V}{A} \cdot kf \cdot \int_{h_1}^{h_0} \frac{dh}{h}$$

$$W = V \cdot kf \cdot \left[\ln h \right]_{h_1}^{h_0} = (\ln h_0 - \ln h_1)$$

$$W = V \cdot kf \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} \quad \phi$$

(verim)

$$\frac{W_{id}}{W_{ger}} = \frac{V \cdot kf_{id} \cdot \phi}{V \cdot kf_g \cdot \phi} = \frac{kf_{id}}{kf_g} = \eta \quad \left[\eta = \frac{kf_{id}}{kf_g} \right]$$

Bazen "Özgül iş" kullanılır

$$W = V \cdot kf \cdot \phi \Rightarrow \left[\frac{W}{V} = kf \cdot \phi \right]$$

İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

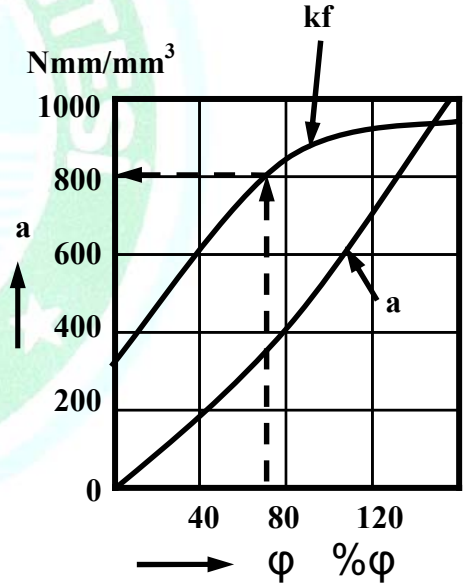
Problem

Yumuşak tavlı C35 (% 0,35 C) çeliğinden çapı $d_0 = 20$ mm olan silindirik parça 10 mm yükseklikten 5 mm' lik yüksekliğe soğuk dövmeyle indirilmektedir. Verim 0,80 kabul edildiğine göre;

a) $F_{ger} = ?$

b) $W_{ger} = ?$ (Verilen k_f ve özgül iş diyagramı veriliyor)

$$\begin{aligned} \text{a) } F_{ger} &= A \cdot k_{f_{ger}} \\ A_0 &= \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (20)^2}{4} \Rightarrow A_0 = 314 \text{ mm}^2 \\ \text{Hacim sabitliği kuralından} \\ \frac{A_0 \cdot h_0}{h} &= \frac{A \cdot h}{h} \Rightarrow A_0 \frac{h_0}{h} = A \\ 314 \cdot \left(\frac{10}{5} \right) &= A \Rightarrow A = 628 \text{ mm}^2 \\ \text{Deformasyon miktarı} \\ \varphi &= \ln \frac{h_0}{h_1} = \ln \frac{10}{5} = \ln 2 \Rightarrow \varphi = 0,693 \Rightarrow \varphi = \%69,3 \end{aligned}$$



Diyagramdan takip edilerek % 69,3 deformasyon oranı için $k_f = 800$ N/mm bulunur. Diyagramdan bulunan $k_f = k_{f_{ideal}}$ dir.

$$\begin{aligned} \frac{k_{f_{id}}}{k_{f_{ger}}} &= \eta \Rightarrow \frac{800}{k_{f_{ger}}} = 0,80 \Rightarrow k_{f_{ger}} = 1000 \text{ N / mm}^2 \\ F_{ger} &= 628 \cdot 1000 = 628000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } W_{ger} &= V \cdot k_{f_{ger}} \cdot \varphi \\ &= (A_1 \cdot h_1) \cdot k_{f_{ger}} \cdot \varphi \\ &= (628 \cdot 5) \cdot 1000 \cdot 0,693 = 2176020 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

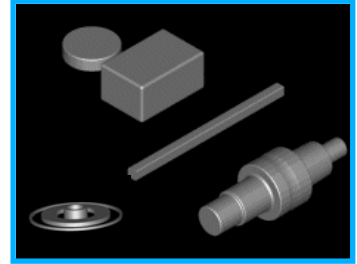
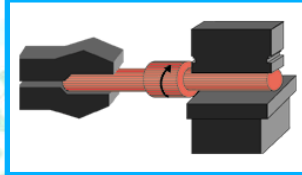
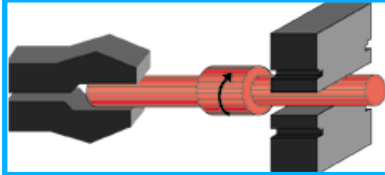
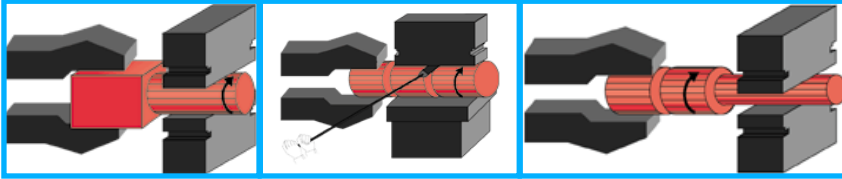
DÖVME YOLUYLA PLASTİK ŞEKİL VERME

Dövmenin Tanımı: Yanlızca basma kuvvetlerinin etkisi altında genellikle sıcak, yarı sıcak veya soğuk olarak parçaya plastik şekil verme işlemine dövme (forging) denir. Birçok parça yüksek mukavemet istendiğinde dövme yoluyla şekillendirilir.



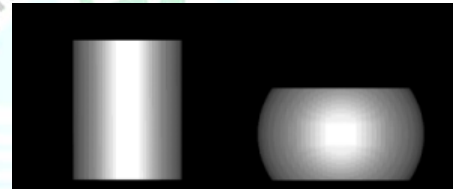
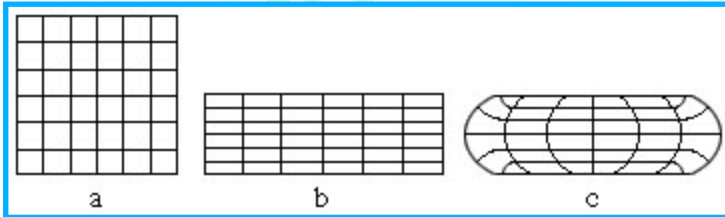
Dövme Yöntemleri

Açık Kalıpta Dövme (Open-Die Forging): Bu dövmenin özelliği parçanın yanlara doğru rahatça genişleyebilmesidir. Silindirik bir parçada dövme sonucu fiçilaşma oluşur.



Açık Kalıp Örnek

Fiçilaşma Olayı:



Fiçilaşma dövülen parçanın bombeleşmesidir. İki nedenle meydana gelir.

- Sürtünme:** Dövülen parça alt ve üst kalıpla temas halinde olduğundan temas eden yerlerde malzeme kolay akamaz orta kısmı daha kolay akar.
- Sıcaklık Farkı:** Tav fırınından çıkan parça kalıp içine konulur. Değen kısımlarda ısı kaçışı hızlı olur. Parçanın ortası hala sıcaktır. Bu sıcaklık farkından malzemenin ortası kolay akar kenarlar zor akar.

İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

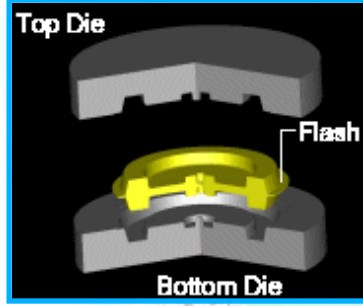
Fıçılama Olayından kurtulmak için:

- Alt kalıp sarkaç şeklinde hareket ettirilir.
- Alt kalıp aşağı yukarı hareket ettirilir.
- Alt kalıp sağa sol hareket ettirilir.

Böylece sürtünme yarı yarıya azalır. Bombeleşmede yarı yarıya düşer.

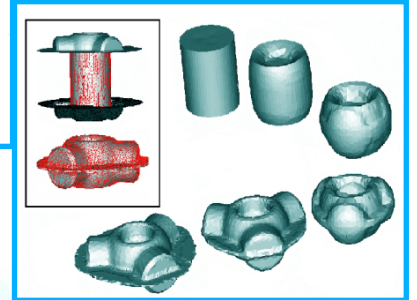
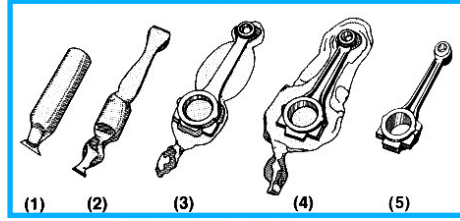
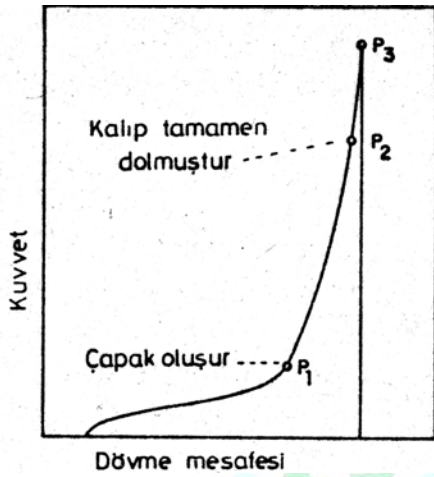
Kapalı Kalıpta Dövme (Closed-Die Forging)

Bu dövmenin özelliği karmaşık şekilli parçaların dar toleranslar içinde elde edilebilmesi için yapılmasıdır. Çapaklı dövme, çapaksız dövme ve damgalama (stamping) gibi çeşitleri vardır.



Çapaklı dövme

Bu dövmenin özelliği $V + \Delta V$ hacminin çok iyi ayarlanması gerektiğidir.



Çapaksız dövme (Hassas Dövme)

Bu dövmenin özelliği asla ΔV hacmini kabul etmemesidir. Dolayısıyla V hacmi çok iyi ayarlanmalıdır. Dövmeden sonra makinede işlem gerektirmeyebilir.

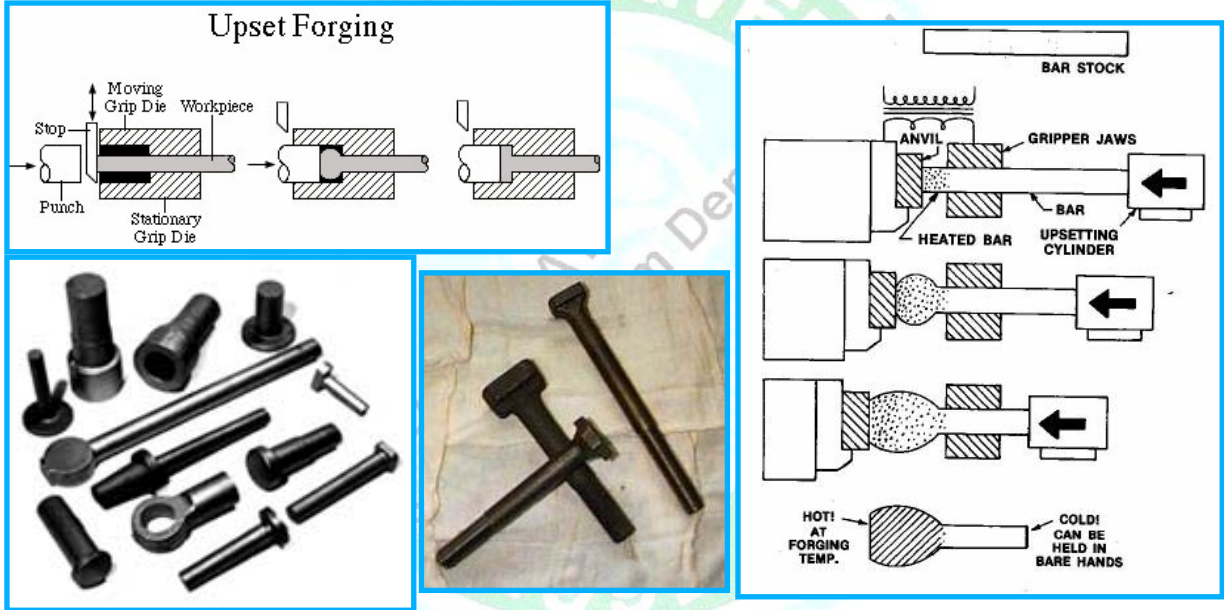


İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Yığma dövme (Upset Forging)

Bu dövmenin özelliği kapalı kalıpla dövme sınıfına girmesidir. Cıvata başı gibi yığma gerektiren parçalara uygulanır.



Damgalama (Stamping)

Bu dövmenin özelliği paralar madalyalar ve küçük kabartma parçalarının genellikle soğuk olarak kapalı bir kalıpta hassas olarak dövülmesidir. Malzemeye akma mukavemetinin 5-6 katı kuvvet uygulanır. Çok ince detaylar elde edilir. Yağ kullanılmaz.



Örnek Damgalama (Stamping)



DÖVMENİN MEKANİĞİ

Rijit tam plastik bir ideal malzeme sürtünmesiz şekilde dövüldüğünde ;

Kuvveti Hesabı:

$$F_{döv} = k_f \cdot A_1 \text{ dir. } (k_f = \sigma_{ak})$$

$$F_{döv} = \sigma_{ak} \cdot A_1$$

Hacim sabitliğinden;

$$A_0 \cdot h_0 = A_1 \cdot h_1$$

$$A_1 = A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1} \text{ bulunur Buradan}$$

$$F_{döv} = k_f \cdot A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1}$$

$$\left[F_{döv} = \sigma_{ak} \cdot A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1} \right] \text{ bulunur}$$

İş Hesabı:

$$W_{iş} = F_{döv} \cdot \epsilon$$

$$dw_{iş} = F_{döv} \cdot d\epsilon$$

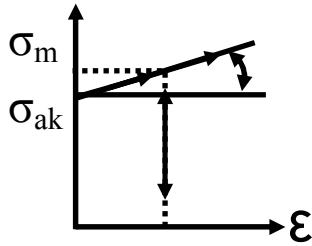
$$\int dw_{iş} = \sigma_{ak} \cdot A_1 \int_0^{\epsilon} d\epsilon$$

$$W_{iş} = \sigma_{ak} \cdot A_1 \cdot \left| \epsilon \right|_0^{\epsilon}$$

$$W_{iş} = \sigma_{ak} \cdot A_1 \cdot \ln \frac{h_0}{h_1}$$

$$\left[W_{topiş} = V \cdot \sigma_{ak} \cdot A_1 \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} \right]$$

Pekleşen bir malzeme ise kuvvet hesabı ;



$$F_{döv} = \sigma_{ger} \cdot A_1$$

$$\left[F_{döv} = (K \cdot \epsilon^n) \cdot A_1 \right] \text{ olur.}$$

Toplam dövme işi ;

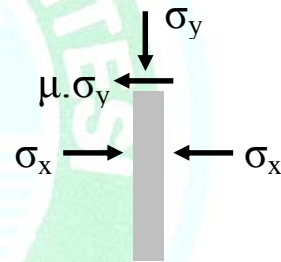
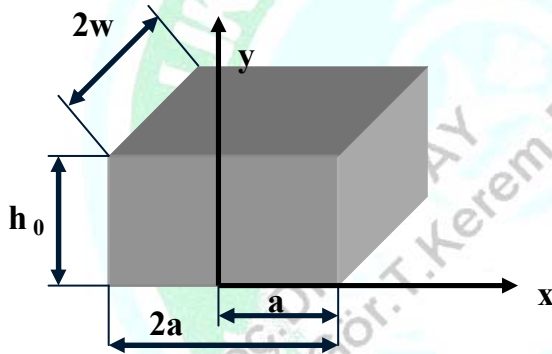
$$W_{topiş} = V \cdot \int F_{döv} \cdot d\epsilon$$

$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \int K \cdot \epsilon^n \cdot A_1 \cdot d\epsilon$$

$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \frac{K \cdot \epsilon^n}{n+1} \cdot A_1 \cdot \left(\ln \frac{h_0}{h_1} \right)$$

$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \sigma_m \cdot A_1 \cdot \left(\ln \frac{h_0}{h_1} \right)$$

Şayet dövülen parça dikdörtgen prizması şeklinde ise;



Plastik şekil verme hesap yöntemlerinden “gerilme teorisi” esas alındığında Dövme gerilmesi:

$$\sigma_y = -(\sigma_{ak}) \cdot e^{2\mu(a-x)/h}$$

Malzeme pekleşen ise dövme gerilmesi:

$$\sigma_y = -\left(\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{ak}\right) \cdot e^{2\mu(a-x)/h}$$

Dövme kuvveti:

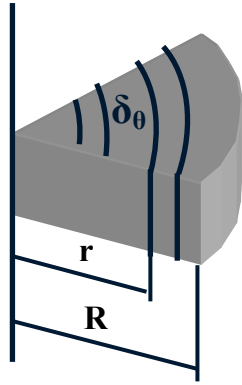
$$F_{döv} = 2w \int_0^a (-\sigma_y) dx$$

$$F_{döv} = 2w \int_0^a (-\sigma_{ak} \cdot e^{2\mu(a-x)/h} \cdot dx)$$

Bu integralin sonucu $[F_{döv} = 2.w.a. \sigma_m]$

$$\sigma_m = \sigma_{ak} \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot a}{h}\right) \text{ Aynı zamanda}$$

$$\sigma_m = \frac{F_{döv}}{2 \cdot a \cdot w} \text{ olur.}$$

Şayet parça silindirik koordinatlarla verilmişse;**Dövme gerilmesi:**

$$\sigma_z = -(\sigma_{ak}) \cdot e^{2\mu(R-r)/h}$$

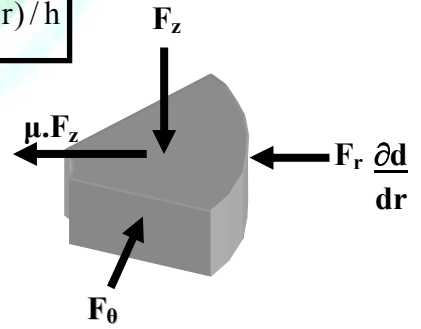
Malzeme Pekleşirse Dövme gerilmesi:

$$\sigma_z = -\left(\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{ak}\right) \cdot e^{2\mu(R-r)/h}$$

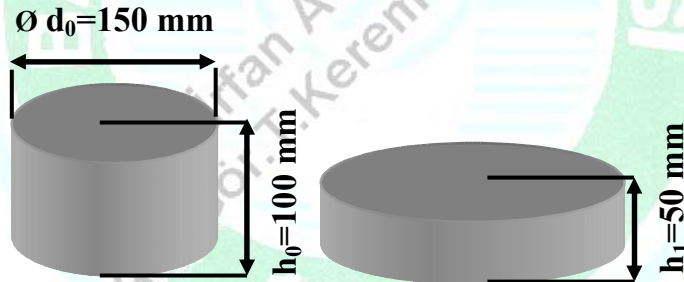
$$\sigma_m = \sigma_{ak} \cdot \left(1 + \frac{2\mu R}{3h}\right)$$

Dövme kuvveti:

$$F_{döv} = \pi \cdot R^2 \cdot \sigma_m = \dots kp$$



Problem 1: Çapı 150 mm olan yüksekliği 100 mm olan silindirik bir parça oda sıcaklığında açık kalıpta dövülecektir. Dövülecek malzemenin mukavemet katsayısı $K=103 \text{ kp/mm}^2$ dir. Pekleşme üsteli $n=0,17$ Sürtünme katsayısı $\mu=0,2$ alınarak yükseklik 50 mm indiğinde dövme kuvveti ne olur?

Çözüm

Silindirik parçalar için
 $F_{döv} = (\pi \cdot R^2) \cdot \sigma_m$
 R ve σ_m i hesaplayalım
 Hacim sabitliğinden;
 $V_0 = V_1$
 $A_0 \cdot h_0 = A_1 \cdot h_1$
 $\frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot h_0 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_1$ buradan
 $d_1^2 = d_0^2 \cdot \frac{h_0}{h_1}$

$$d_1 = \sqrt{d_0^2 \cdot \frac{h_0}{h_1}} = \sqrt{150^2 \cdot \frac{100}{50}} = 212 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow R_1 = 106 \text{ mm}$$

$$\sigma_m = \sigma_{ak} \cdot \left(1 + \frac{2\mu R}{3h}\right) \text{ formülünde}$$

$$\sigma_{ak} = k_f = K \cdot \epsilon^n \text{ yazabiliriz.}$$

$$\epsilon = \ln \frac{h_0}{h_1} = \ln \frac{100}{50} = \ln 2 = 0,693 \text{ bulunur.}$$

Buradan

$$\sigma_{ak} = 103 \cdot (0,693)^{0,17} = 97 \text{ kp / mm}^2$$

$$\sigma_m = 97 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 106}{3 \cdot 50}\right) \cong 124 \text{ kp / mm}^2$$

$$F_{döv} = (3,14 \cdot 106^2) \cdot 124 \cong 4378 \text{ ton bulunur.}$$

Problem 2: Çapağı dahil izdüşüm alanı $A=19355 \text{ mm}^2$ olan çok karmaşık şekilli bir parça 10 000 tonluk bir preste dövülecektir. Parçanın minimum ve maksimum akma sınırları ne olabilir?

Verilenler:

ϕ = düzeltme katsayısı	Parça şekli
3-5	Basit şekilli çapaksız
5-8	Basit şekilli çapaklı
8-12	Karışık şekilli

Çözüm

$$F_{döv} = k_f \cdot A_1 \cdot \phi$$

$$F_{döv} = \sigma_{ak} A_1 \cdot \phi \text{ buradan}$$

$$\sigma_{ak} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi}$$

Maksimum ve minimum akma için

$$\sigma_{ak \min} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi}$$

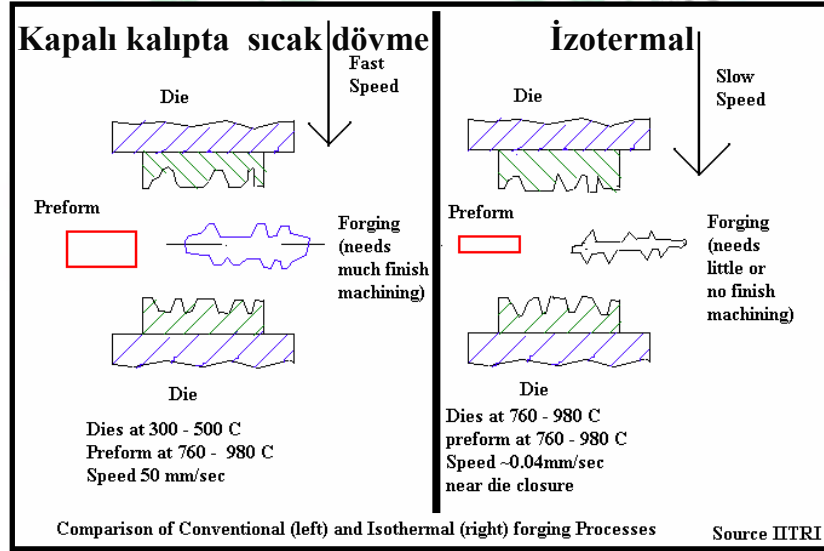
$$\sigma_{ak \min} = \frac{10\,000\,000}{19355 \cdot 12} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{10\,000\,000}{19355 \cdot 8}$$

$$\sigma_{ak \min} = 43 \text{ kp / mm}^2 \quad \sigma_{ak \max} = 64,5 \text{ kp / mm}^2$$

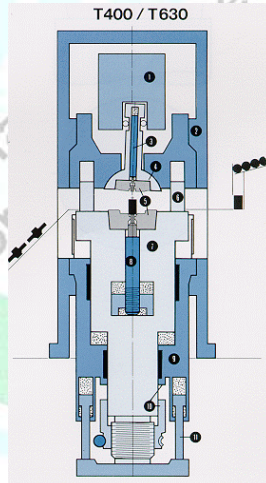
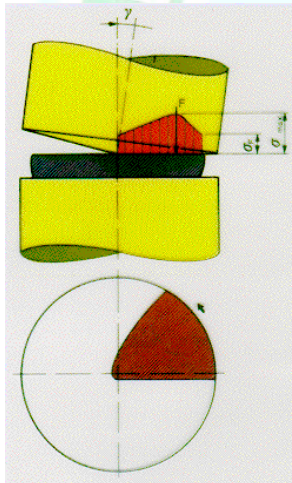
bulunur

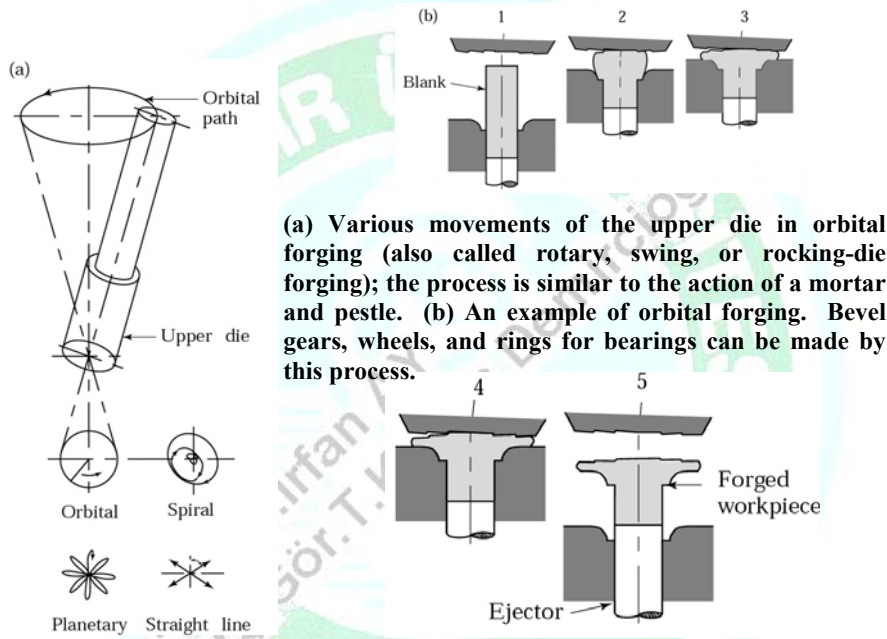
DÖVMEDE BAZI KAVRAMLAR

1. İZOTERMAL DÖVME: Kalıbın iş parçası sıcaklığına kadar ısıtılması izotermal dövmedir. Pahalı bir yöntemdir. Titanyum ve Nikel gibi malzemeler dövülür.



2. ORBİTAL DÖVME: Dövülecek olan malzemenin yörünge hareketi yapan bir üst kalıp ile rotasyon hareketi olmayan bir alt kalıp arasında dövülerek şekillendirilmesidir.

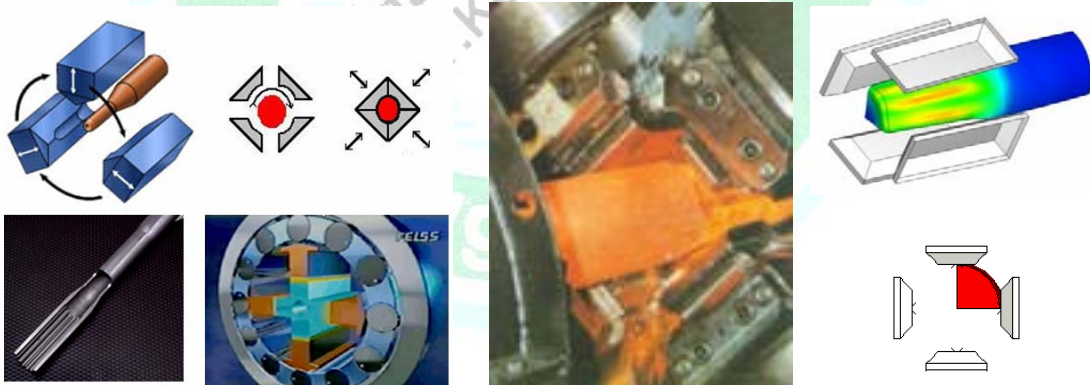


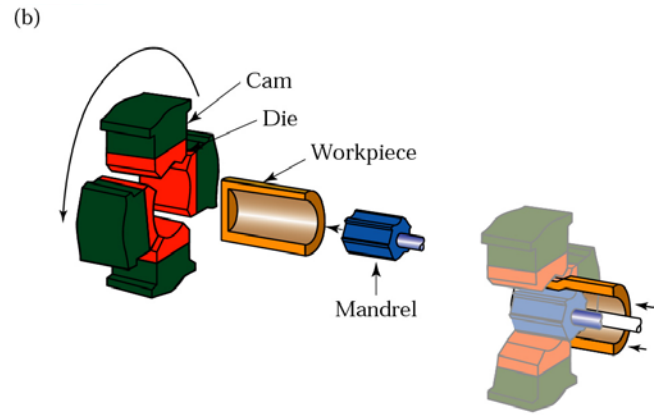
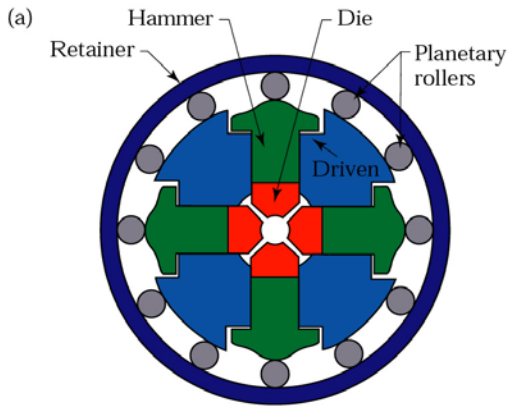


Orbital Dövme Örnek

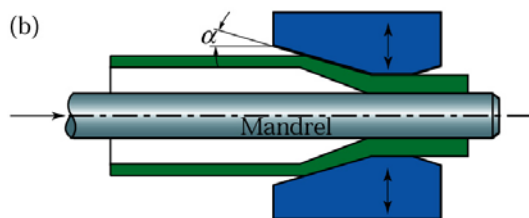
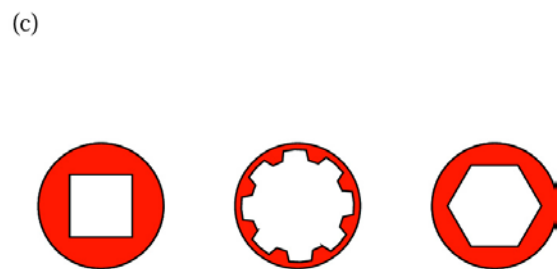
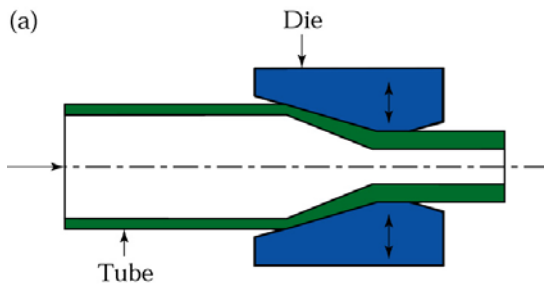
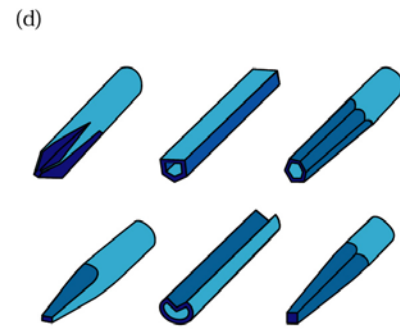
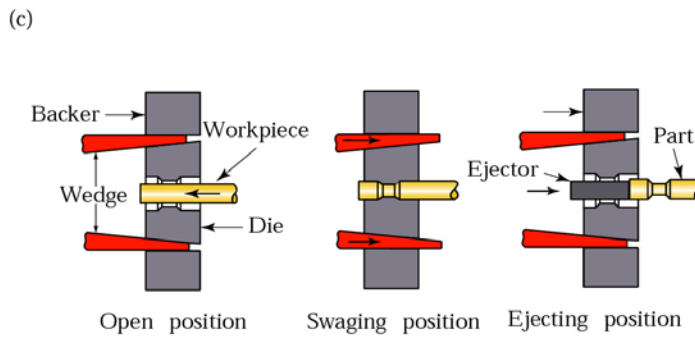


3. RADYAL DÖVME: Genellikle soğuk, gerektiği zaman sıcak olarak 2 veya 4 tane çekicinin radyal hareketiyle çubuk veya tüp şeklindeki parçaların (kademeli miller, tabanca tüfek namluları ve tüpler) dövülmesidir.





(a) Schematic illustration of the rotary-swaging process. (b) Forming internal profiles on a tubular workpiece by swaging. (c) A die-closing type swaging machine, showing forming of a stepped shaft. (d) Typical parts made by swaging.



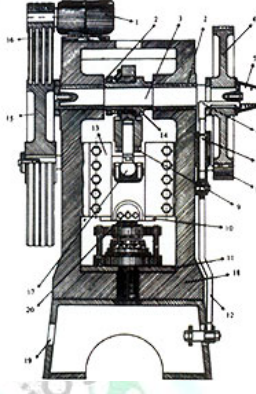
(a) Swaging of tubes without a mandrel; note the increase in wall thickness in the die gap. (b) Swaging with a mandrel; note that the final wall thickness of the tube depends on the mandrel diameter. (c) Examples of cross-sections of tubes produced by swaging on shaped mandrels. Rifling (spiral grooves) in small gun barrels can be made by this process.

DÖVME MAKİNALARI

Hidrolik Presler: Bu preslerde koç hızı nispeten düşüktür. 0,06-0,30 m/s ve strok boyunca hız sabit kalır. Hem açık hem kapalı kalıplarda kullanılırlar. Günümüzde en büyük hidrolik presin kapasitesi $\approx 80\ 000$ ton dur.



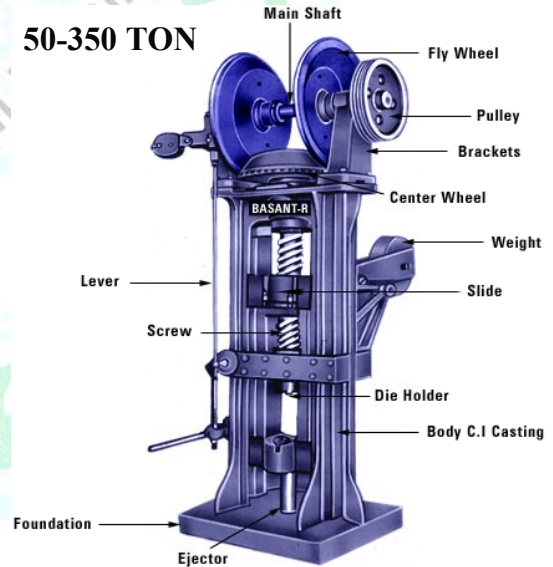
Mekanik Presler: Kranklı veya eksantrikli olabilir. Koç hızları strok boyunca değişkendir. Alt ölü noktada yük çok yükseldiğinden aşırı yük emniyeti tertibatı olmak zorundadır. Koç hızları 0,06-1,5 m/s arasında ve en büyük mekanik pres 12 000 tonluk tur.



1. Electric Motor
2. Bush
3. Main Shaft
4. Gear Wheel
5. Oil Cup
6. Rolling Key
7. Clutch
8. Pinion
9. Check Nut
10. Ram (Slide)
11. Bolster Plate
12. Clutch Rod
13. Ram Guides
14. Sleeve
15. Fly Wheel
16. V-Belt
17. Pressure Screw
18. Main Body
19. Stand
20. Die Clamp

Vidalı Presler: Kare dişli çok büyük adımlı bir vida sistem içinde serbestçe döner. Bir mile bağlı iki disk vardır. milin ucuna volan bağlanmıştır. Kare vida ucundaki disk sürtünme ile kendisine dik olan iki diske inme ve çıkma durumuna göre sürterek aşağı yukarı iner çıkar. Koç hızları 0,6-1,2 m/s arasındadır. Türbin kanadı gibi hassas parçaların dövülmesinde kullanılır en büyük vidalı pres 160 MN $\approx 17\ 000$ ton dur.

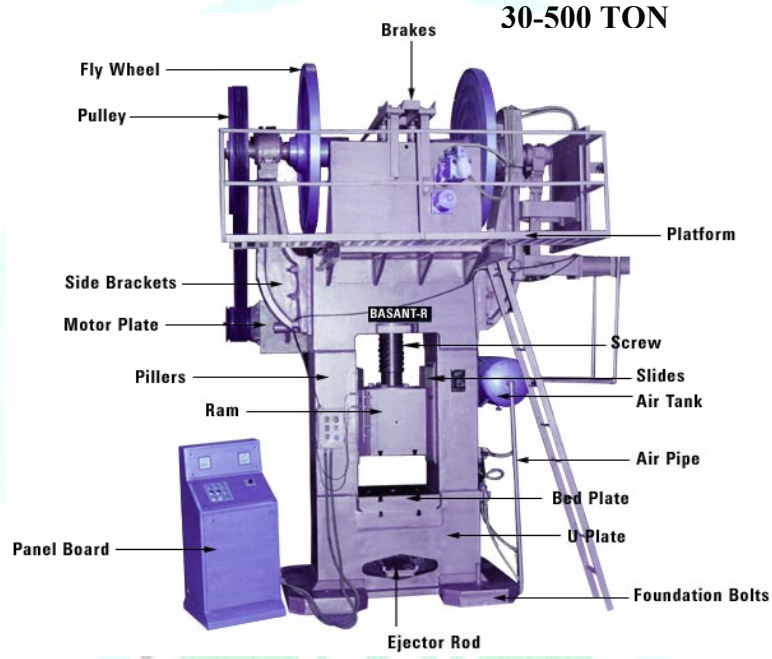
50-350 TON



İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

Vidalı Pnömatik Pres:



Çekiçler (Şahmerdanlar): En ucuz dövme makineleridir. Koç hızları 3-9 m/s arasında değişir. Ağırlık düşmeli çekiç, Güç düşmeli çekiç, karşı vuruşlu çekiç ve pnömatik çekiç tipleri mevcuttur. En çok kullanılan dövme makinesidir. Günümüzde maksimum çekiç kapasitesi ≈ 120 ton dur.

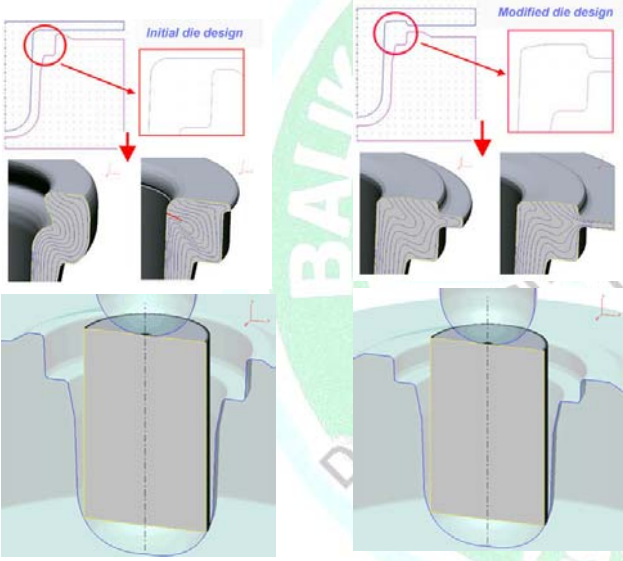


DÖVME KUSURLARI

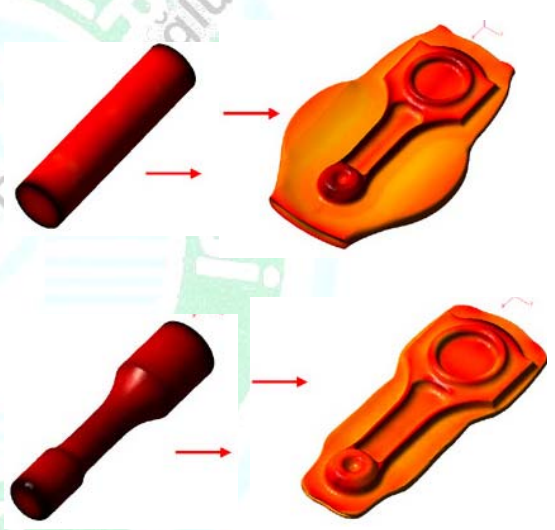
DÖVME KUSURLARI

1. Hammaddeden gelen kusurlar:

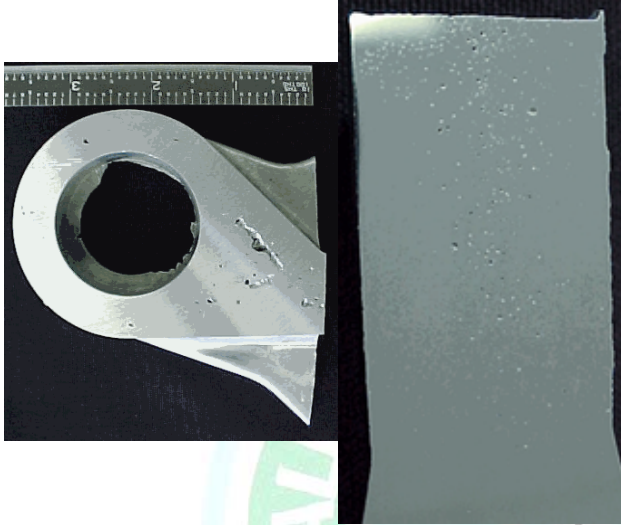
a. Katmer Kusuru:



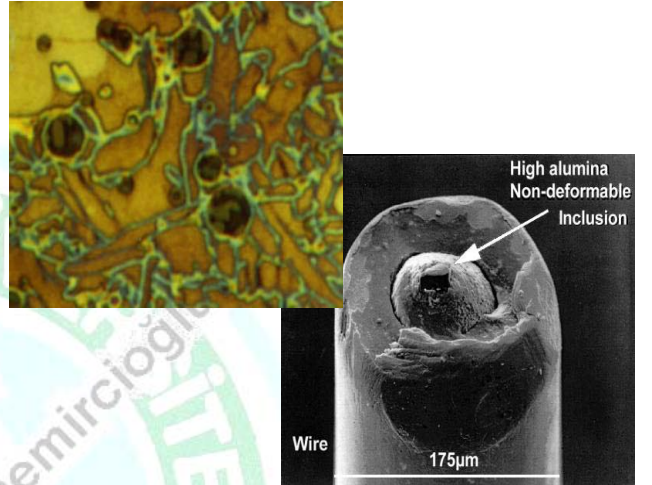
b. Gereğinden fazla malzeme(ΔV):



c. Gözenek (porozite) kusuru: Dövme ile yalnızca bu kusur düzeltilebilir.

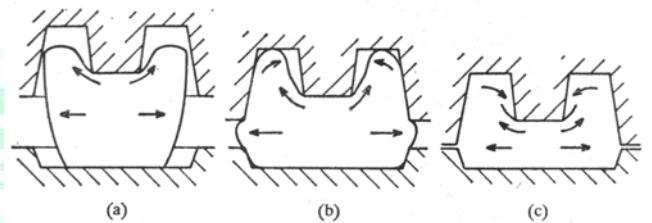
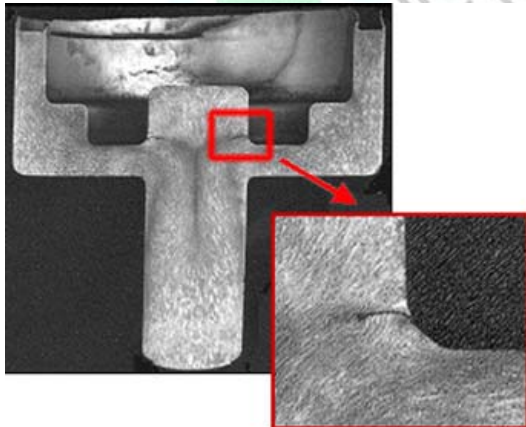


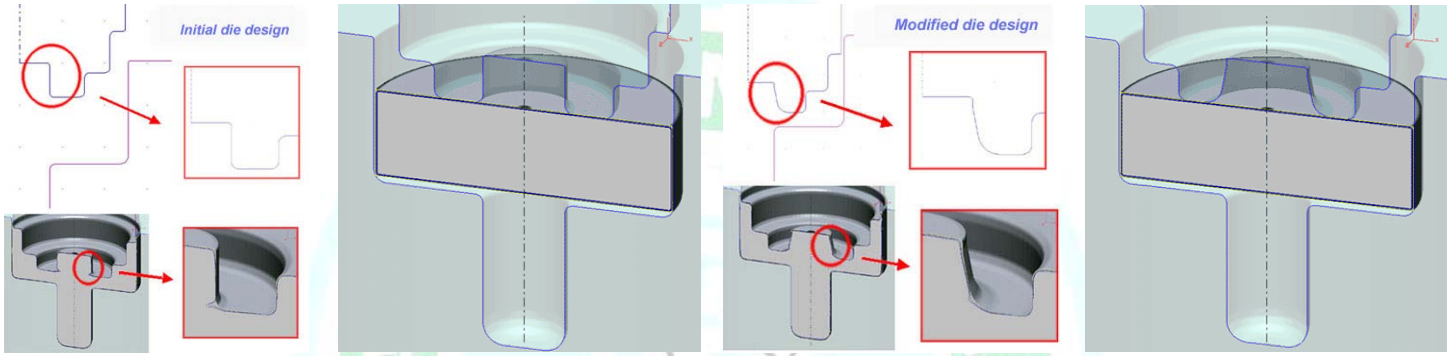
d. Kalıntı (inclusion) kusuru:



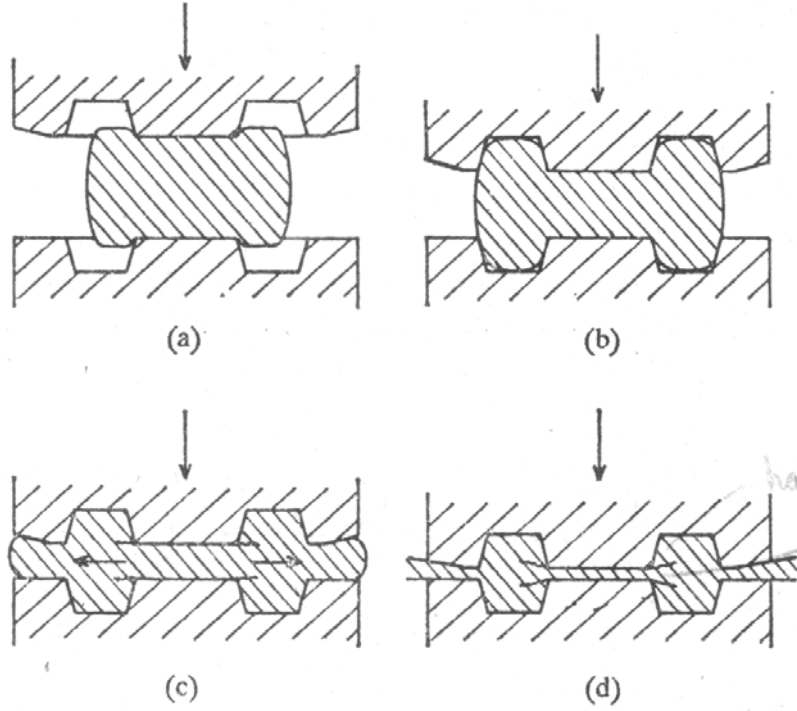
2. Kalıp Tasarımından Gelen Kusurlar:

a. Keskin Köşe Kusuru

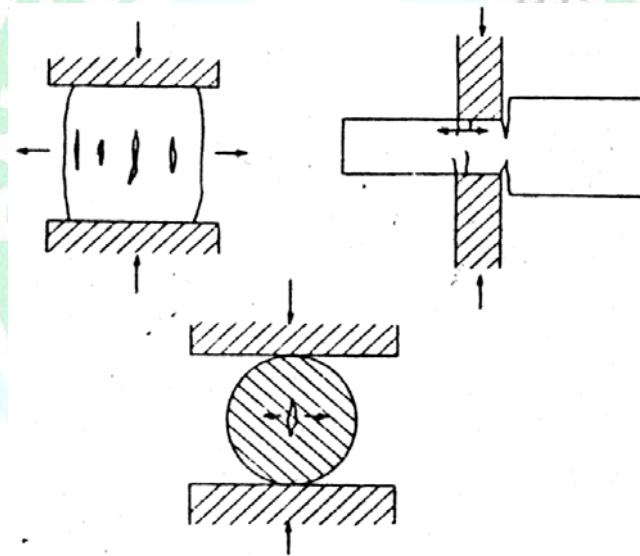




b. Fazla hammadde dar kalıp alanı kusuru



c. İkincil çeki gerilmeleri sebebiyle çatlak oluşumu

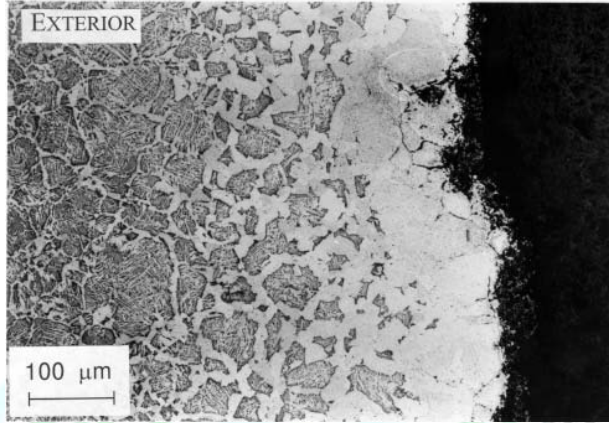


3. Isıl İşlemden Kaynaklanan Kusurlar

a. **Tufal Oluşumu:** Dövme işleminden önce tufal mutlaka giderilmelidir.



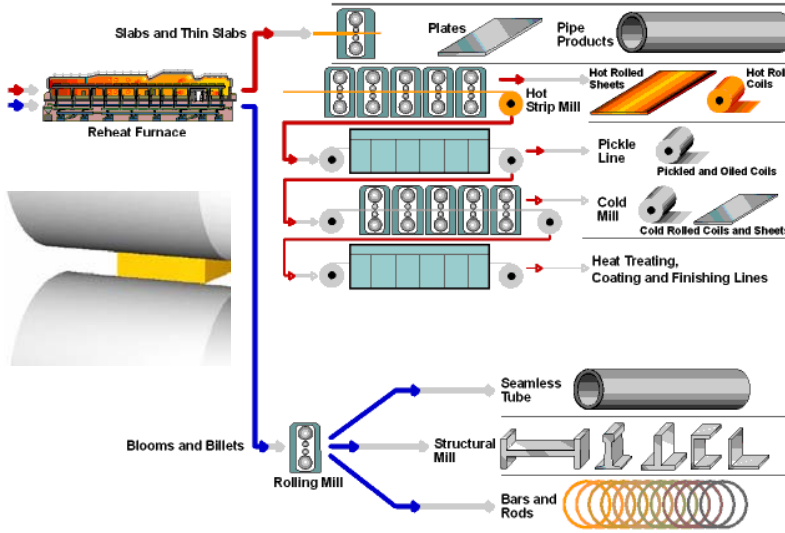
b. **Dekarbürizasyon (Karbonsuzlaşma):** Karbon kaybına uğrayan tabaka dövme sonrası talaş kaldırılarak giderilecekse sorun olmaz.



İMALAT YÖNTEMLERİ II

Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

HADDELEME YOLU İLE İMALAT



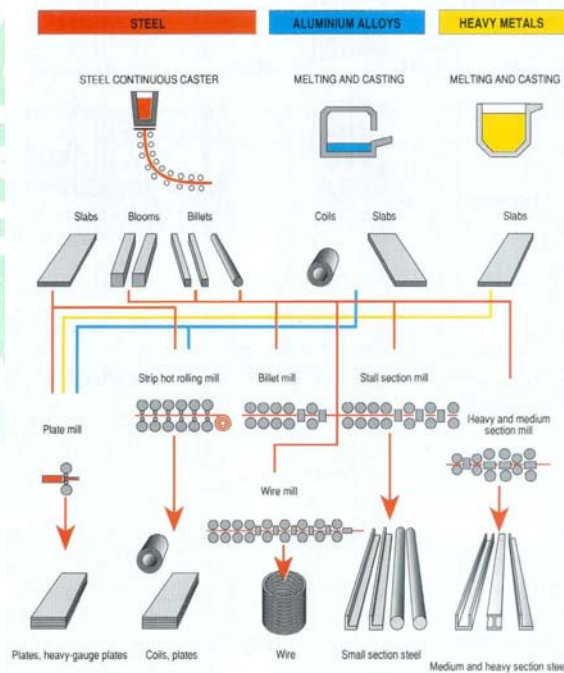
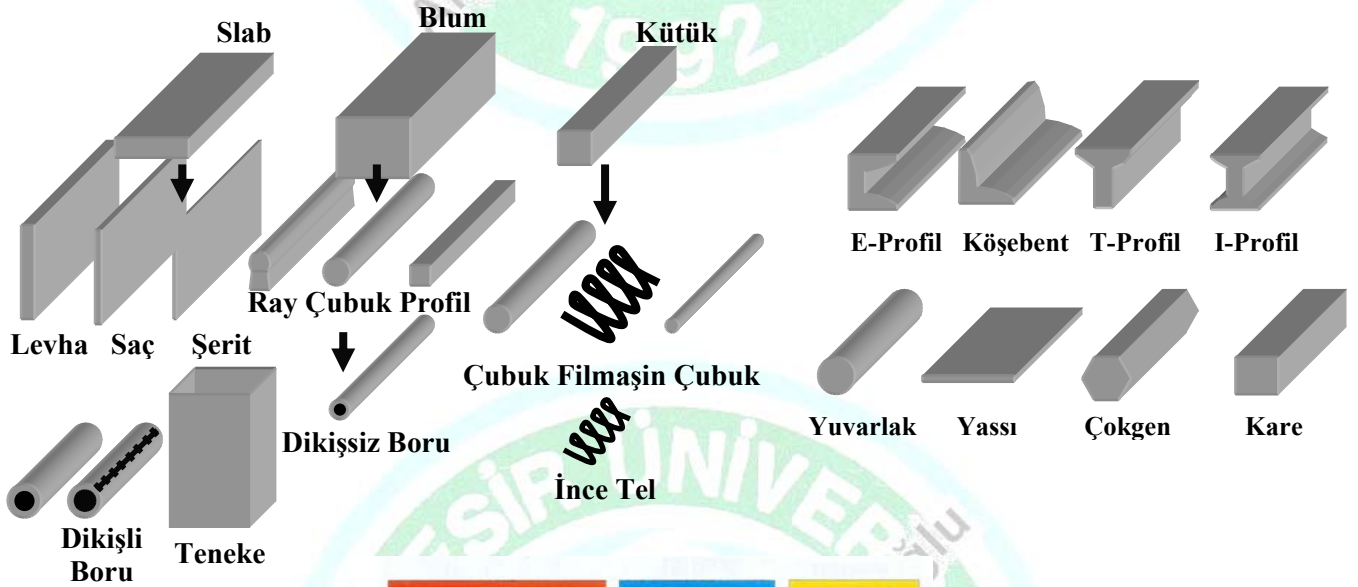
Ingots



Billets and Blooms



Wire Rods

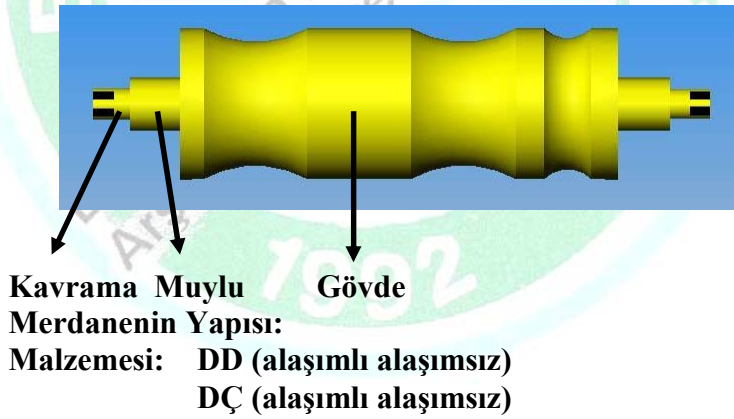


İMALAT YÖNTEMLERİ II

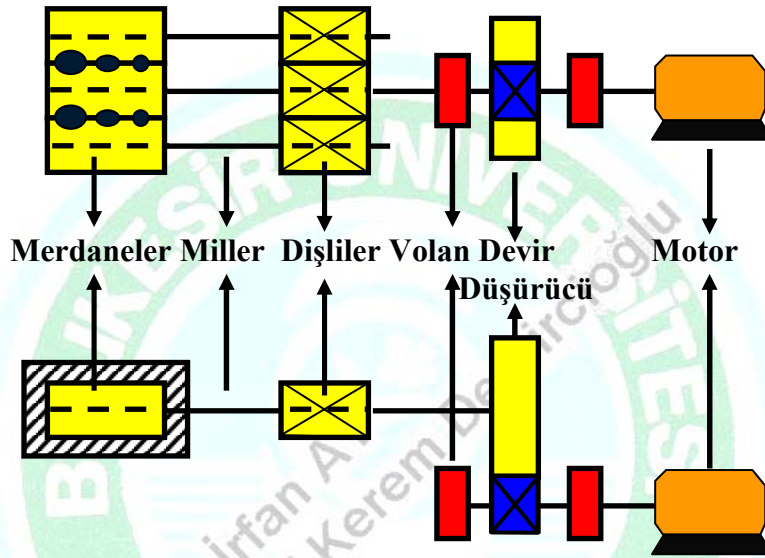
Doç.Dr.İrfan AY-Arş.Gör.T.Kerem DEMİRCİOĞLU

HADDELEME: İki tane döner merdanenin basma kuvvetinin etkisiyle araya giren malzemeye soğuk yada sıcak olarak plastik şekil verme işlemine haddeleme denir. Haddeleme yoluyla kare, yuvarlak, yassı, çokgen, kesit, köşebent, T demiri, I demiri, U demiri, ray gibi mamuller üretilir. Haddelenin en temel hammaddesi 1x1x1,5 m boyutlarında çok büyük ingotlardır. Bunlar yere döşeli tav fırınlarında tavlandıktan sonra vinçlerle kaldırılarak blok haddelerinden geçirilirler. Ve ilk yarı mamuller olan slab, blum ve kütük adını verdiğimiz yarı mamuller elde edilir. Slab dikdörtgen kesitli; blum ve kütük kare kesitlidir. Her 3 yarı mamulden sırasıyla elde edilen diğer yarı mamuller yukarıdaki şekilde görülmektedir. Bu tablonun önemli olduğu unutulmamalıdır.

MERDANE YAPISI

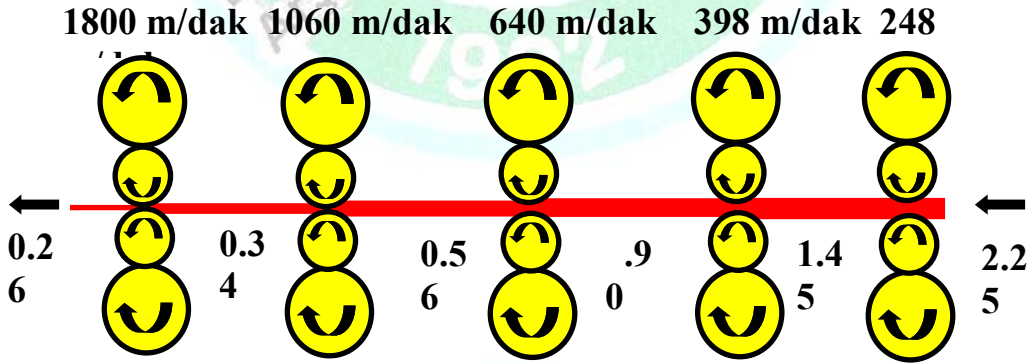
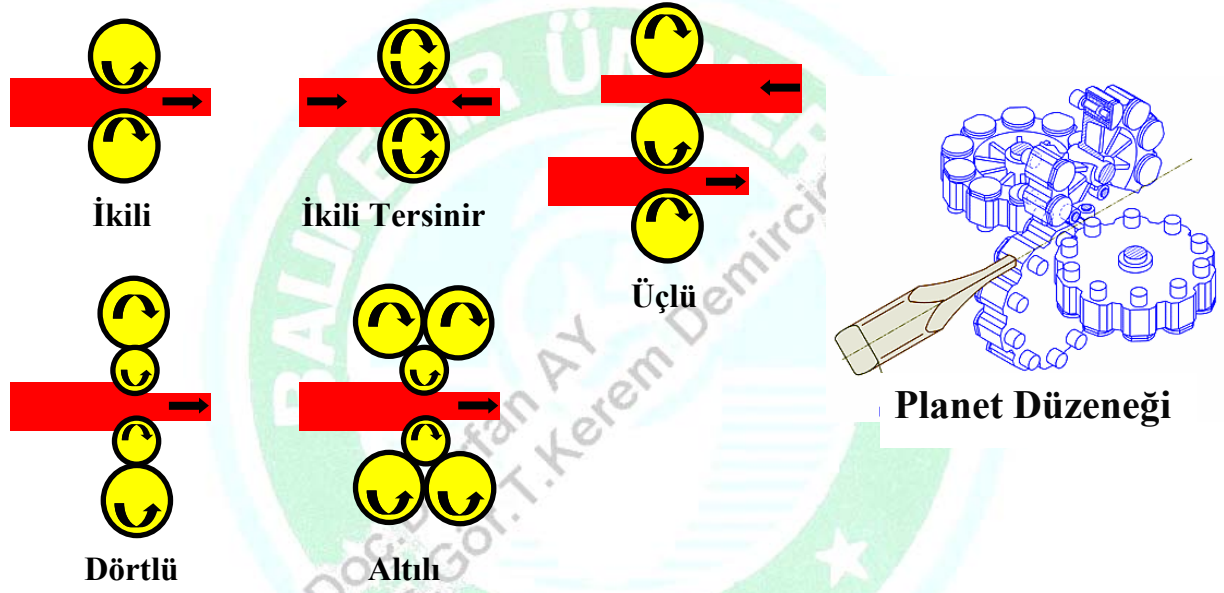


HADDE DÜZENEGİ



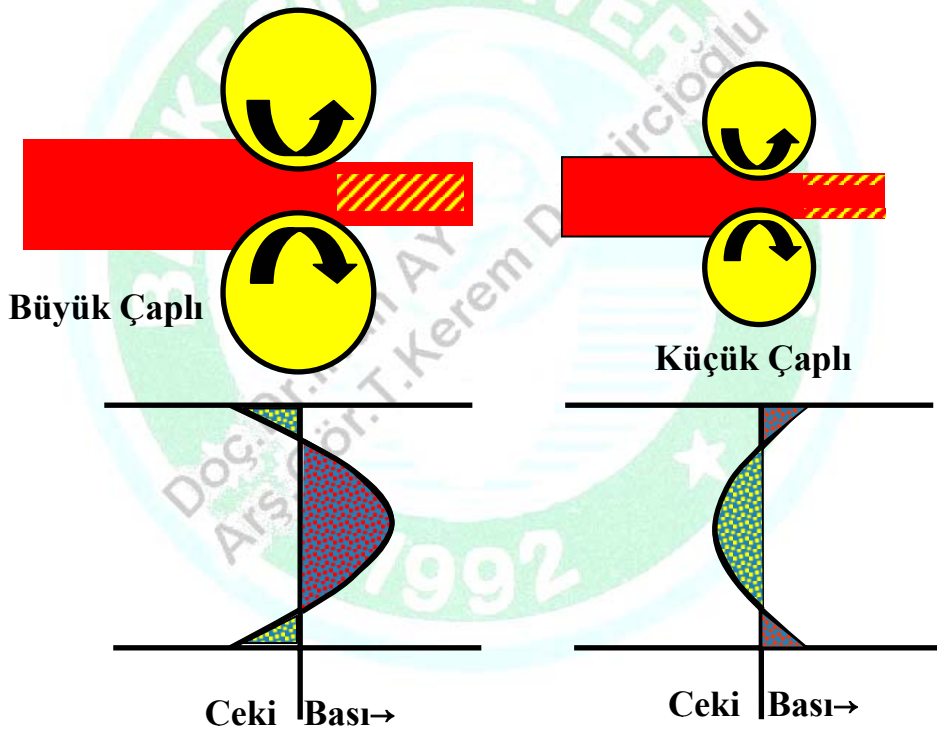
Şekle göre çok büyük güçlü bir motor (400 - 1500 BG) önce yavaş hızla dönerek volan'ı belli bir kritik hıza getirir. Böylece volan dönme enerjisi ile yüklenmiş olur. Merdaneler arasında haddelenecek malzemenin geçmesinde bu enerjiden istifade edilir. Motor devri haddeleme olayı için çok yüksek olduğundan düşürülmesi gerekir. Küçük dişli, büyük dişli ikilisinde bu istek yerine getirilir. Hareket ileten dişlilerin her birinde aynı devir ve güç bulunur. Hareket millerle merdanelere iletilir. Böylece merdaneler çalışır. En sondaki üçlü merdaneye ayak tabir edilir. Piyasada tekli, ikili, üçlü ayaklarla çalışıldığı gibi on, on bir ayaklı düzeneklerde mevcuttur.

MERDANE DÜZENLERİ

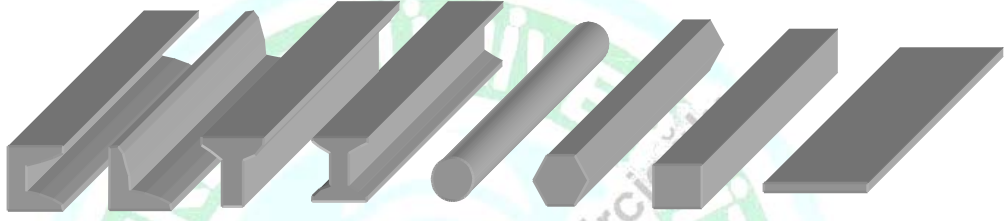


Seri Haddeme

ARTIK GERİLMELER



ÇUBUK VE PROFİLLERİN HADDELENMESİ

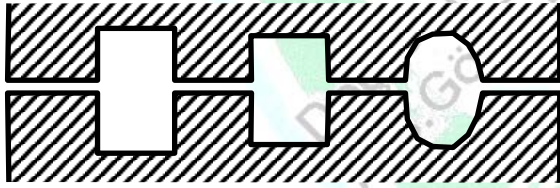


Profiller

Kalibre: Merdanenin yüzeyine açılmış uygun profiller

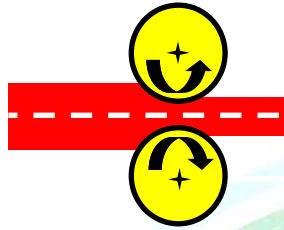


Paso: Karşılıklı iki merdane bir araya geldiğinde ortaya çıkan şekle denir.

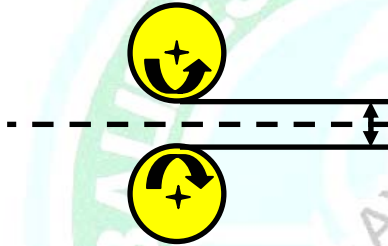


ÇUBUK VE PROFİLLERİN HADDELENMESİ

Ara Çizgi



Haddeleme Çizgisi



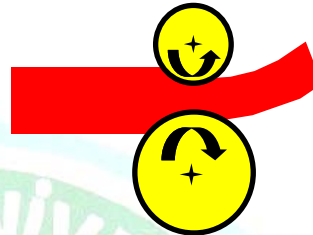
AÇIK PASO - KAPALI PASO

Açık Paso

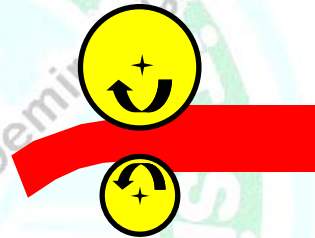


**Ara çizgi paso içinde
kalyorsa açık**

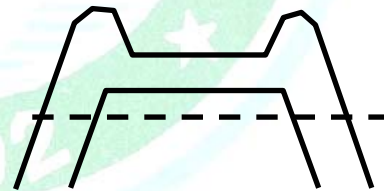
Alt Ezme



Üst Ezme



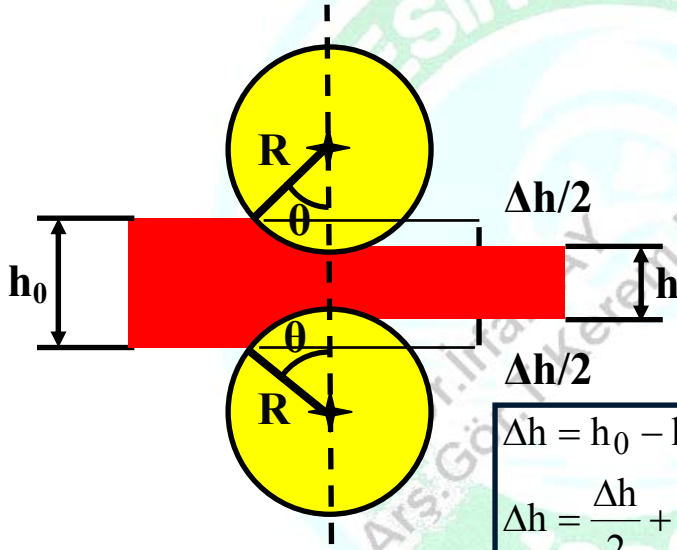
Kapalı Paso



**Ara çizgi paso
kalyorsa kapalı paso**

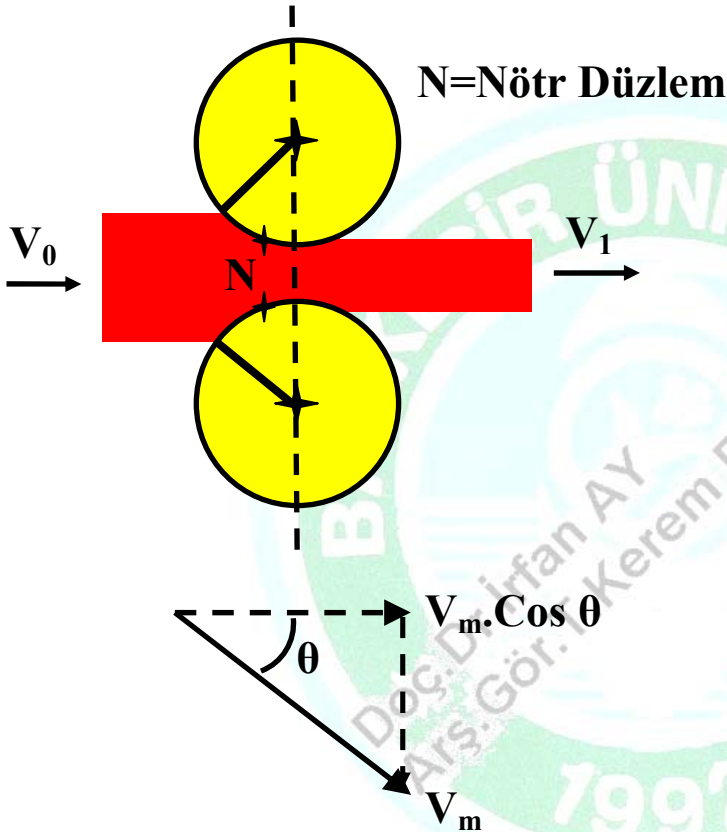
HADDELEMENİN MEKANİĞİ

KALINLIK AZALMASI HESABI



$$\Delta h = h_0 - h = (R - R \cos \theta) + (R - R \cos \theta)$$
$$\Delta h = \frac{\Delta h}{2} + \frac{\Delta h}{2} = R \cdot (1 - \cos \theta) + R \cdot (1 - \cos \theta)$$
$$\Delta h = 2R \cdot (1 - \cos \theta)$$

HADDELEMEDE HIZ HESABI



$$V_{\text{SAÇ HIZI}} = V_{\text{MERD. HIZI}} \cdot \cos \theta$$

GİRİŞ BÖLGESİNDE

$$V_s - V_m \cdot \cos \theta < 0$$

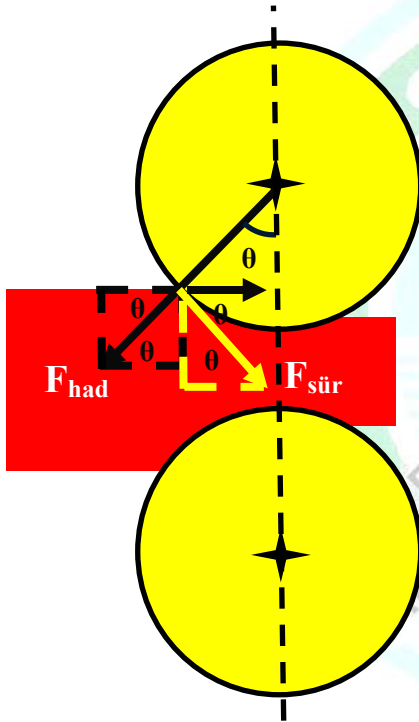
ÇIKIŞ BÖLGESİNDE

$$V_s - V_m \cdot \cos \theta > 0$$

NÖTR DÜZLEMDE

$$V_s = V_m \cdot \cos \theta$$

HADDELEME KUVVETLERİ



$F_{had} \cdot \sin\theta$ ile $F_{sür} \cdot \cos\theta$ kuvvet bileşenleri etkilidir.

$F_{sür} = F_{had} \cdot \mu$ ilişkisi vardır.

a) Eğer $F_{sür} \cdot \cos\theta > F_{had} \cdot \sin\theta$ ise

$$F_{had} \cdot \mu \cdot \cos\theta > F_{had} \cdot \sin\theta$$

$$\mu > \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\mu > \tan\theta \text{ olur}$$

Haddeleme başlar

b) Eğer $F_{sür} \cdot \cos\theta = F_{had} \cdot \sin\theta$ ise

$$F_{had} \cdot \mu \cdot \cos\theta = F_{had} \cdot \sin\theta$$

$$\mu = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\mu = \tan\theta \text{ olur}$$

Haddeleme sınır şartıdır.

c) Eğer $F_{sür} \cdot \cos\theta < F_{had} \cdot \sin\theta$ ise

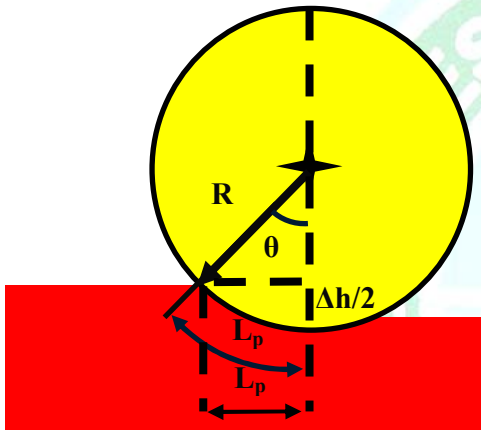
$$F_{had} \cdot \mu \cdot \cos\theta < F_{had} \cdot \sin\theta$$

$$\mu < \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$$

$$\mu < \tan\theta \text{ olur}$$

Haddeleme olmaz

MAKSİMUM KALINLIK AZALMASI HESABI



a) $\tan\theta$ yazarsak; $\tan\theta = \frac{L_p}{\left(R - \frac{\Delta H}{2}\right)}$

b) Pisagor bağıntısını yazarsak

$$L_p^2 + \left(R - \frac{\Delta H}{2}\right)^2 = R^2 \quad \text{İhmal}$$

$$L_p^2 + R^2 - 2 \cdot R \cdot \frac{\Delta H}{2} + \frac{\Delta H^2}{4} = R^2$$

$$L_p^2 = R \cdot \Delta H \Rightarrow [L_p \approx \sqrt{R \cdot \Delta H}]$$

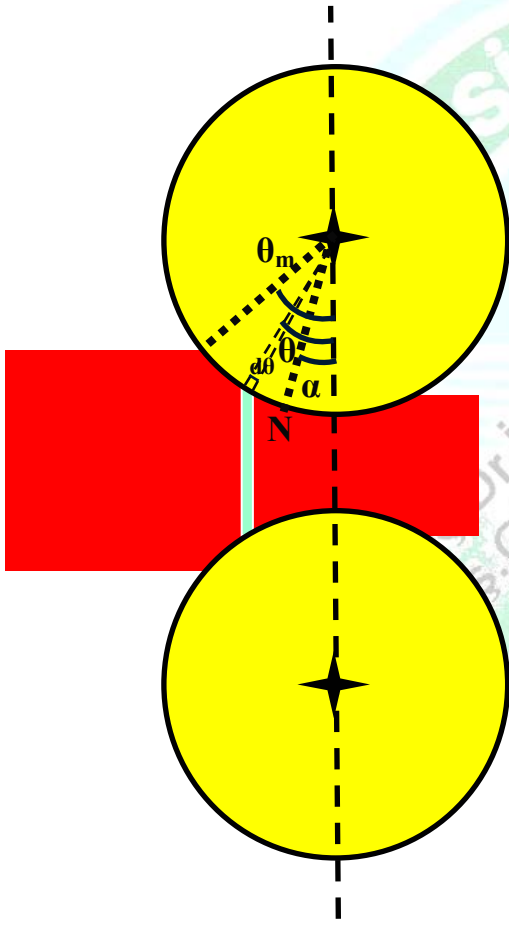
c) (a)' da yerine koyarsak

$$\tan\theta = \frac{\sqrt{R \cdot \Delta H}}{R - \frac{\Delta H}{2}} \Rightarrow \tan\theta = \sqrt{\frac{R \cdot \Delta H}{R^2}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{R}}$$

Her iki tarafın karesi alınırsa;

$$\tan^2\theta = \frac{\Delta H}{R} \Rightarrow \Delta H = R \cdot \tan^2\theta \Rightarrow (\tan\theta = \mu) \Rightarrow [\Delta H_{\max} = R \cdot \mu^2] \text{ bulunur}$$

HADDELEME İŞLEMİNDE BASINÇ



Giriş Bölgesinde

$$p = \frac{h}{h_0} \cdot \sigma_m \cdot e^{\mu(\beta_0 - \beta)}$$

$$\sigma_m = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{ak} \Rightarrow \sigma_m = 1,15 \cdot \sigma_{ak}$$

Çıkış Bölgesinde

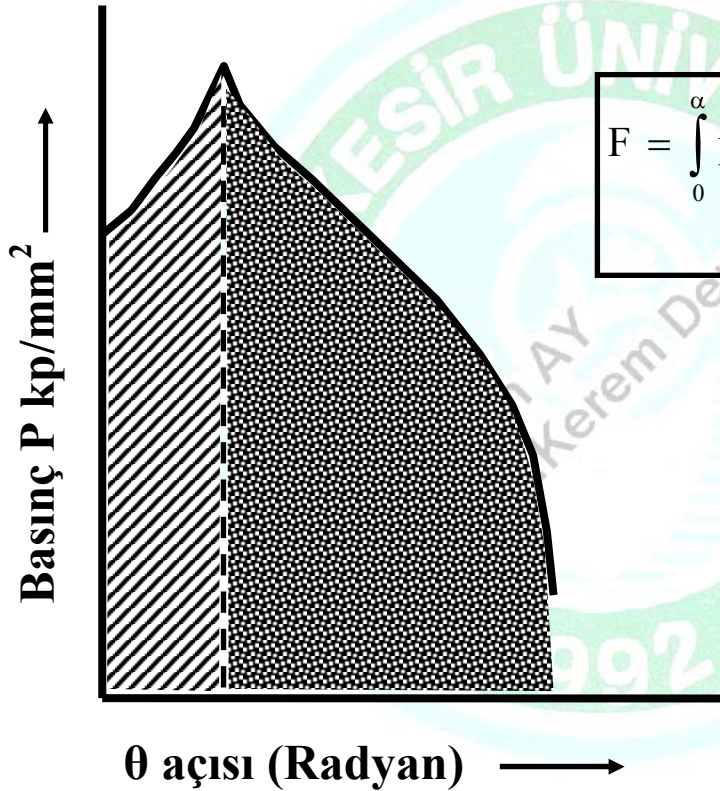
$$p = \frac{h}{h_0} \cdot \sigma_m \cdot e^{\mu\beta}$$

Katsayılar

$$\beta_0 = 2 \cdot \sqrt{\frac{R}{h_1}} \cdot \text{Arctg} \left(\theta_m \sqrt{\frac{R}{h_1}} \right)$$

$$\beta = 2 \cdot \sqrt{\frac{R}{h_1}} \cdot \text{Arctg} \left(\theta \sqrt{\frac{R}{h_1}} \right)$$

HADDELEME BASINCI EĞRİSİ



$$F = \int_0^{\alpha} p \cdot b \cdot R \cdot d\theta + \int_{\alpha}^{\theta_m} p \cdot b \cdot R \cdot d\theta$$

Çıkış

Giriş

Bant eni b, Yay uzunluğu L, ortalama mukavemet σ_m , küçük sürtünme katsayısı değerleri için haddeleme kuvveti

$L.b = \text{alan}$

$$\sigma_m = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{ak} = 1,15 \cdot \sigma_{ak}$$

$$F_{had} \cong L.b.\sigma_m \Rightarrow L \cong \sqrt{R.\Delta h} \quad \text{olur}$$

$$\frac{M}{2} \cong F_{had} \cdot \frac{L}{2}$$

Sıcak Haddeleme için $\frac{L}{2} = 0,5.L$

Soğuk Haddeleme için $\frac{L}{2,5} = 0,4.L$

Tek merdane

$$N = \frac{M}{2} \cdot w \Rightarrow w = \frac{2.\pi.n}{60}$$

Çift merdane

$$N = 2 \left(F_{had} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{2.\pi.n}{60} \cdot \frac{1}{1000} \right) \quad L = m, F_{had} = N$$

$$\left[N = \frac{2.\pi.F_{had}.L.n}{60000} \text{ KW} \right]$$

GÜÇ FORMÜLÜ

Sürtünme kuvvetini esas alarak moment bulmak istersek;

$$\frac{M}{2} = \int_{\alpha}^{\theta_m} \mu.F_{had} R.d\theta - \int_0^{\alpha} \mu.F_{had} R.d\theta$$

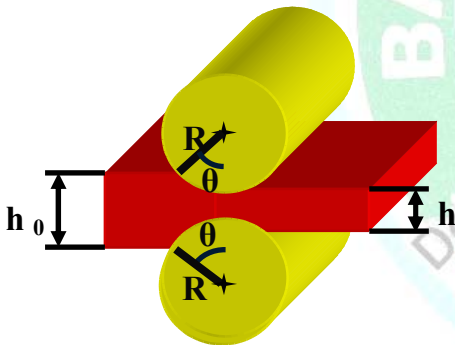
$$\frac{M}{2} = \int_{\alpha}^{\theta_m} b.\mu.p.R.R.d\theta - \int_0^{\alpha} b.\mu.p.R.R.d\theta$$

$$\frac{M}{2} = \int_{\alpha}^{\theta_m} b.\mu.p.R^2.d\theta - \int_0^{\alpha} b.\mu.p.R^2.d\theta$$

PROBLEM

Eni $b=230$ mm olan bir (Al) bant $25,4$ mm den $20,3$ mm ye sıcak haddelenecektir. Merdanelerin çapı 610 mm dönüş hızı 100 dev/dak. Haddelenen malzemenin mukavemet katsayısı $K=21$ kp/mm², pekleşme üsteli $n=0,2$ olduğuna göre N_{motor} gücünü hesaplayın?

ÇÖZÜM



$$N_{mot} = \frac{2.\pi.F_{had}.L.n}{60000} [\text{KW}] \text{ bulunur. } L = m, F_{had} = N$$

$$a) L = \sqrt{R.\Delta h} = \sqrt{305.(25,4 - 20,3)} = \sqrt{305.5,1} = 39,44 \text{ mm}$$

$$b) F_{had} = L.b.\sigma_m$$

$$\sigma_m = \frac{K.\epsilon^n}{n+1} \Rightarrow \epsilon = \ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{25,4}{20,3} = 0,224$$

$$\sigma_m = \frac{21.0,224^{0,2}}{0,2+1} = 13 \text{ kp/mm}^2$$

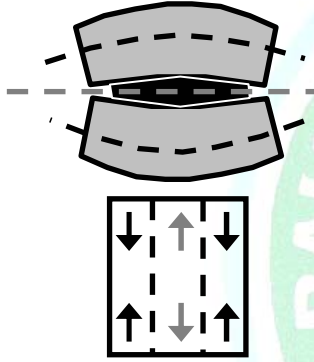
$$F_{had} = 39,44.230.13 \cong 1179260 \text{ N}$$

c) İki merdane için güç

$$N = \frac{2.\pi.1179260 \text{ N}.39,44.10^{-3} \text{ m}.100 \text{ dev/dak}}{60000} \Rightarrow N = 487 \text{ KW}$$

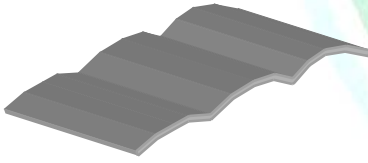
HADDE KUSURLARI

Basma Kuvvetleri Sebebiyle Doğan Kusurlar:



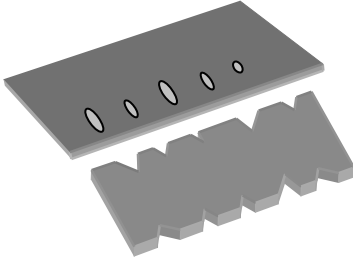
1. Haddelerin eğilip farklı kalınlıkta ürün çıkması:

Merdanelerin eğilmesi sonucu kenarlarda basma ve ortalarda çekme gerilmeleri doğar.



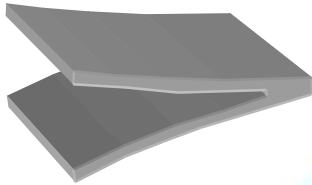
2. Saçlarda dalgali kenar oluşumu:

Kenarlarda kalınlığın orta kısma kıyasla daha düşük olması, orta kısımda fazla uzama, fakat serbestçe yayılamama sonucu kenarlarda dalgalanmaya sebep olur.



3. Saçların ortasında ve kenarlarında çatlaklar:

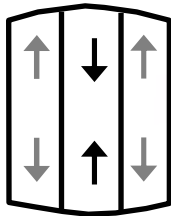
Orta kısım fazla uzarken malzeme yeteri kadar sünek değilse ortası çatlak. Şekil değişimi homojen değilse malzemede yeteri kadar sünek değilse kenarı çatlak.



4. Timsah ağzı çatlama:

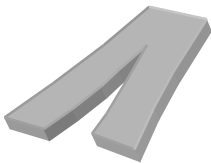
Bu kusur şekil değişiminin homojen olmamasına ve başlangıçta ingotta var olan bir kusura bağlı olarak oluşur.

Sürtünme Kuvvetleri Sebebiyle Doğan Kusurlar:



1. Sacın iki ucunun yuvarlaklaşması:

Saç boyca uzarken yayılır sürtünme kuvvetleri buna engel olur orta kısımda sürtünme fazla olduğundan kenarlar çok genişler. Sonuçta kenarlardaki kalınlık azalması ortada boyca uzamaya dönüşür. Sacın başı ve sonu yuvarlak olur.



2. Sacın ortadan ikiye ayrılması:

Sürtünme sebebiyle ortada basma kenarlarda çeki gerilmeleri doğar, bu çeki gerilmeleri malzeme sünek olmadığı takdirde orta kısım kenarlara kıyasla çok fazla uzarsa saç ortadan ikiye bölünür.

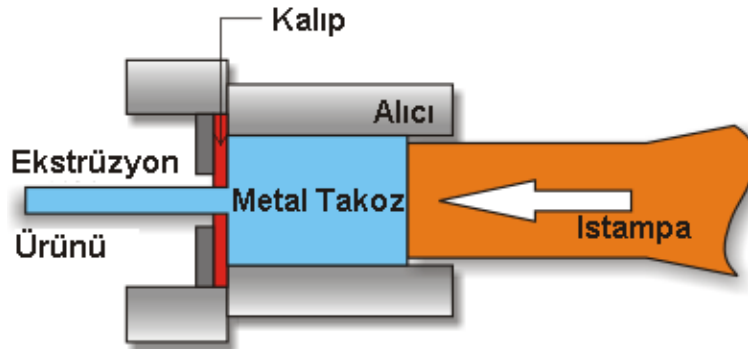
EKSTRÜZYON YOLU İLE İMALAT



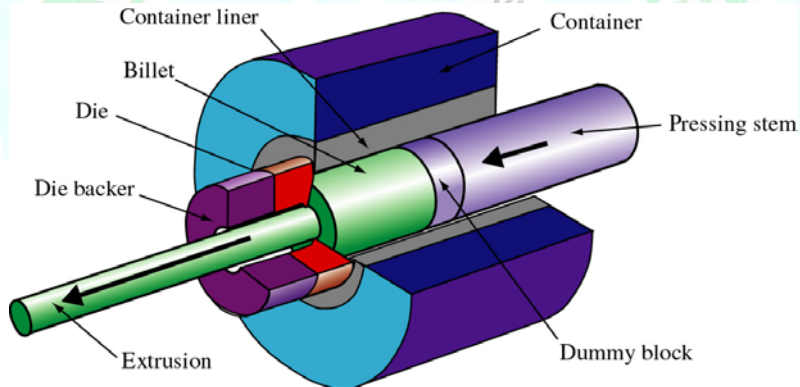
EKSTRÜZYON TANIMI

Bu imalat yöntemi genellikle hafif metaller (Al,Cu,Mg, vs gibi için uygulanır. Metal bir takoz bir alıcı kovan içine konur bir ıstampa vasıtasıyla metal takozu baskı yapılır. Metal takoz zorla matris adını verdiğimiz kalıp içerisinden geçirilir. Böylece ekstrüzyon yoluyla imalat gerçekleşmiş olur. Dört tip ekstrüzyon yöntemi vardır.

1. Direkt Ekstrüzyon Yöntemi: Alttaki şekilden de görüleceği gibi metal takoz alıcı kovan içine konur ıstampayla bastırılır. Matris içerisinden geçirilir. Ürün çıkar. Bu yöntemde metal takozun son safhalarında kuvvet ihtiyacı çok artar. “Artık malzeme” kalıbın içine giremez kesilip atılması gerekir. Hacmin %18-20 si artık malzemedir. Takozla alıcı kovan arasında sürtünme çoktur. Kuvvet ihtiyacı da fazladır.

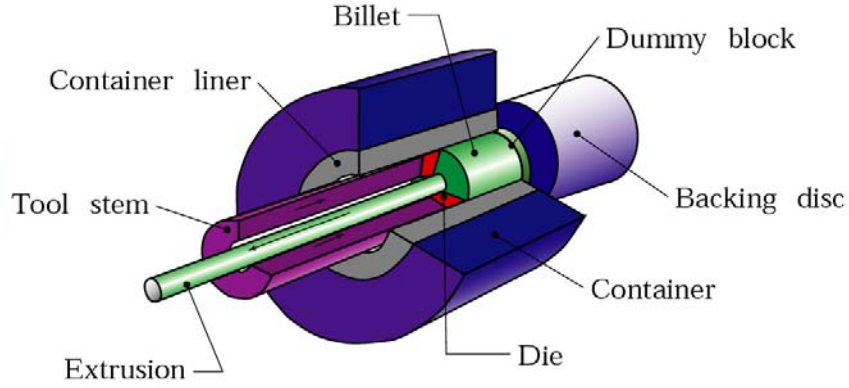


DİREKT EKSTRÜZYON YÖNTEMİ



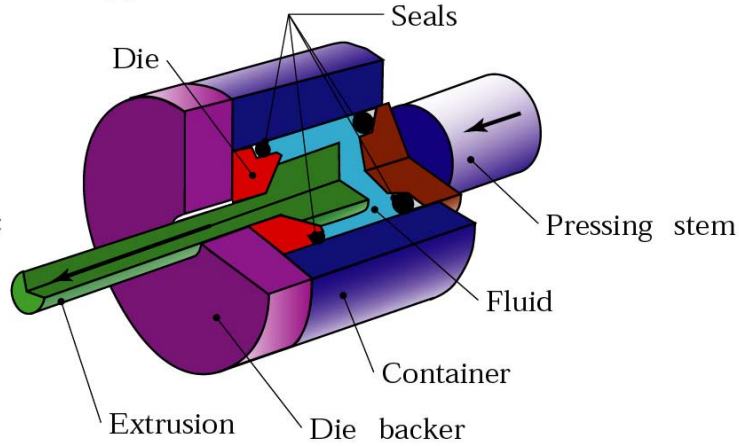
2. İndirekt Ekstrüzyon Yöntemi: Bu yöntemin direkt ekstrüzyondan farkı metal takozun sabit durması kalıbın metal takozla doğru gelmesidir. Böylece alıcı kovanla metal takoz arasında sürtünme olmaz. Ürün ıstampanın içinde kalmak zorundadır. “Artık malzeme” hacmin %5-6 sı kadardır. Kuvvet ihtiyacı direk ekstrüzyondakinin %75 i kadardır. Sürtünme yoktur.

(a)

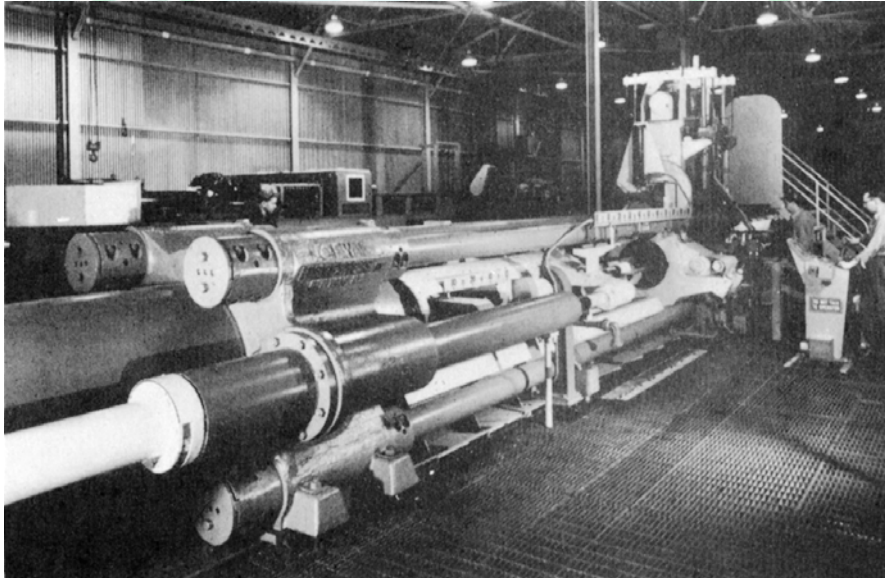


3. Hidrostatik Ekstrüzyon Yöntemi: Alıcı ile takoz arasındaki sürtünmenin bir akışkan vasıtasıyla yok edildiği yöntemdir. Direkt ekstrüzyona benzerdir.

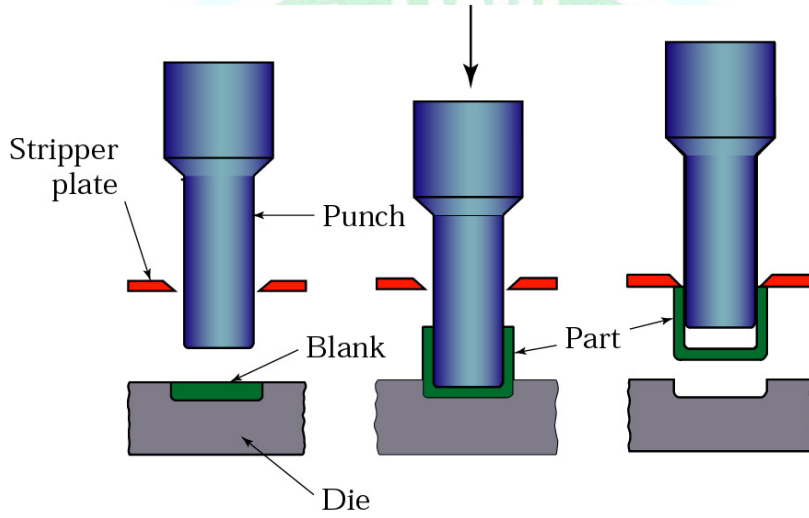
(b)



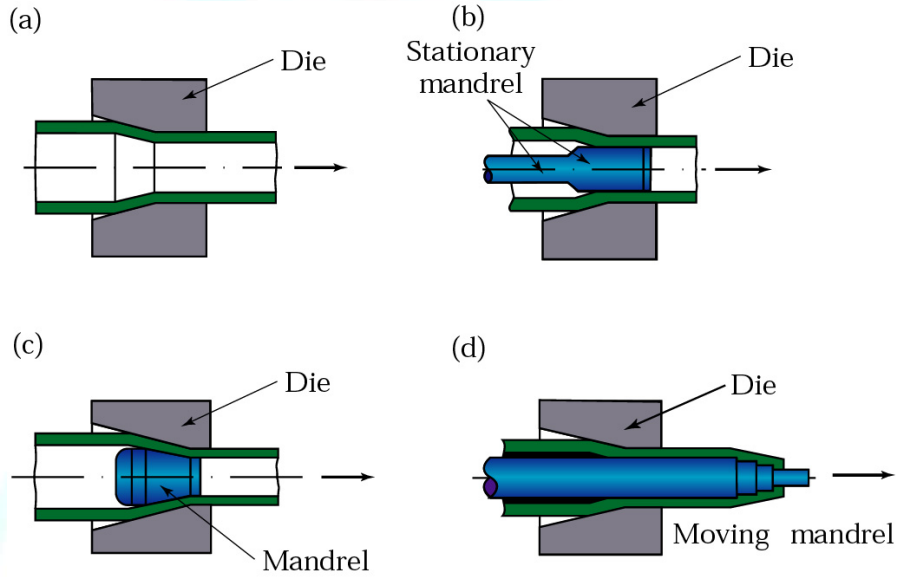
HİDROLİK EKSTRÜZYON PRESİ (1000 TONLUK)



4. Darbeli Ekstrüzyon Yöntemi: Bu yöntem Pb, Al, Mg, Cu gibi hafif metallerin soğuk olarak ekstrüze edilmesidir. Macun ve ilaç tüpleri bu yolla üretilirler.

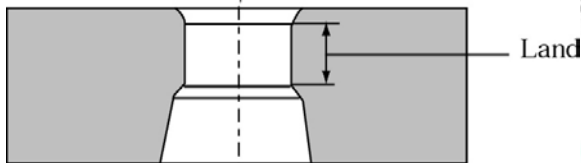


5. Boru Ekstrüzyonu : Bu yöntemde dikişsiz burular ekstrüzyonla üretilirler. Silindirik takozlar dolu veya deliklidir. Direkt ekstrüzyonda hem dolu hem delikli takoz kullanılırken indirekt ekstrüzyonda yalnızca delikli takozdan boru üretilir. İstampaya bağlı bir mandrel kullanılır.

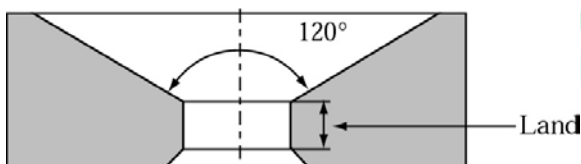


MATRİSLER (KALIPLAR)

1.Düz yüzeyli matris



2.Konik girişli matris



Sıcak ekstrüzyon kalıpları genellikle sıcak iş takım çeliğinden yapılır. İki tipi çok kullanılır. Birincisi demir dışı malzemeler için, ikincisi demir esaslılar için aşağıda görülmektedir.

Düz yüzeyli matrislerin yuvarlatma yarıçapları olmasına karşılık, konik girişli matrislerde V giriş esastır. Düz yüzeyli matrislerin yatak uzunluğu daha fazla konik esaslılarınki daha kısadır

EKSTRÜZYONUN MEKANİĞİ**EKSTRÜZYON ORANI**

A_0 =İlk takoz kesidi A_1 =Ürün kesidi
 L_0 =İlk takoz uzunluğu L_1 =Ürün uzunluğu
 Ekstrüzyon Oranı:

$$R = \frac{A_0}{A_1} \quad \text{veya} \quad R = \frac{L_1}{L_0} \quad R \cong 10-1000$$

Rijit tam plastik bir malzemede iş ifadesi:

$$U = \sigma_{ak} \cdot \mathcal{E} \Rightarrow U = \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \Rightarrow U = \sigma_{ak} \cdot \ln R$$

Tüm hacimde yapılan iş ifadesi:

$$W = U \cdot (A_0 \cdot L_0)$$

Istampanın yaptığı iş:

$$W_{is} = \text{Kuvvet} \times \text{Yol} \Rightarrow W_{is} = F_{is} \cdot L_0 \Rightarrow W_{is} = (p_{is} \cdot A_0) \cdot L_0$$

Her iki iş eşitlenirse:

$$W_{top} = W_{is}$$

$$U \cdot A_0 \cdot L_0 = p_{is} \cdot A_0 \cdot L_0 \Rightarrow U = p_{is}$$

$$[\sigma_{ak} \cdot \ln R = p_{is} = p_{ext}] \text{ bulunur.}$$

Pekleşen malzemeler için:

$$p_{ext} = p_{is} = 1,7 \cdot \sigma_{ak} \cdot \ln R$$

Eğer sürtünme varsa (rijit tam plastik malzeme için):

$$p_{is} = \sigma_{ak} \cdot \left(\frac{1+\beta}{\beta} \right) \cdot (R^\beta - 1) \quad [\beta = \mu \cdot \cot \alpha]$$

Sürtünme kuvveti:

$$P_{sür} \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} = k \cdot \pi \cdot D_0 \cdot L_0$$

$$P_{sür} \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} = \frac{\sigma_{ak}}{2} \cdot \pi \cdot D_0 \cdot L_0 \Rightarrow P_{sür} \cdot \frac{D_0}{2} = \sigma_{ak} \cdot L_0 \Rightarrow P_{sür} = \sigma_{ak} \cdot \frac{2L_0}{D_0}$$

$$P_{ext} = P_{sür} + P_{is} \Rightarrow \left(\sigma_{ak} \cdot \frac{2L_0}{D_0} \right) + (1,7 \cdot \sigma_{ak} \cdot \ln R)$$

$$P_{ext} = \sigma_{ak} \left(\frac{2L_0}{D_0} + 1,7 \cdot \ln R \right)$$



PROBLEM

Çapı 127 mm, uzunluğu 254 mm olan bir bakır takozdan 800 °C sıcaklıkta ekstrüzyonla 50,8 mm çapında bir çubuk elde ediliyor. Ekstrüzyon hızı 254 mm/s dir. Düz yüzeyli bir matris kullanılmaktadır. Sürtünmeyi de göze alarak gerekli ekstrüzyon kuvvetini hesap ediniz.

Verilenler: Gerçek şekil değiştirme hızı $\dot{\epsilon} = 6 \cdot (V_0/D_0) \cdot \ln R$

Cu için 300-900°C arasında $C=13,36 \text{ kp/mm}^2$ $m=0,06$ veriliyor.

Ekstrüzyon oranı ifadesi:

$$R = \frac{A_0}{A_1} = \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} = \frac{D_0^2}{D_1^2} = \frac{127^2}{50,8^2} = 6,25$$

Gerçek şekil değiştirme hızı değeri:

$$\dot{\epsilon} = \frac{6 \cdot V_0}{D_0} \cdot \ln R = \frac{6 \cdot 254}{127} \cdot \ln 6,25 = 22 \frac{1}{s}$$

Bu hızın mukavemete etkisi (σ_m):

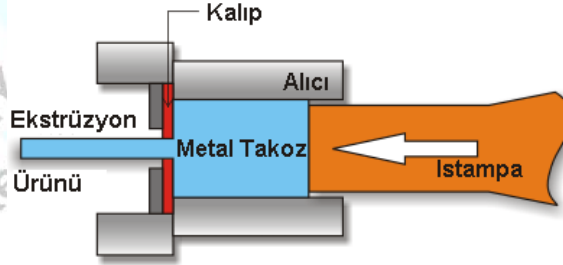
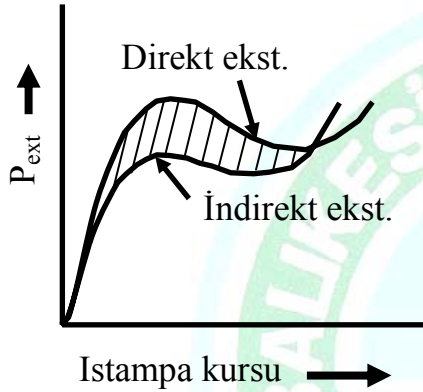
$$\sigma = C \cdot \dot{\epsilon}^m = 13,36 \cdot (22)^{0,06} = 16,1 \text{ kp/mm}^2$$

$\sigma_m = \sigma_{ak}$ kabul edilerek ekstrüzyon basıncı:

$$P_{ext} = \sigma_{ak} \left(\frac{2L_0}{D_0} + 1,7 \cdot \ln R \right) = 16,1 \cdot \left(\frac{2 \cdot 254}{127} + 1,7 \cdot \ln 6,25 \right) = 114,5 \text{ kp/mm}^2$$

Buradan ekstrüzyon kuvveti:

$$F_{ext} = P_{ext} \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} = 114,5 \cdot \frac{\pi \cdot 127^2}{4} = 1450 \text{ ton bulunur.}$$

**EKSTRÜZYON BASINCI**

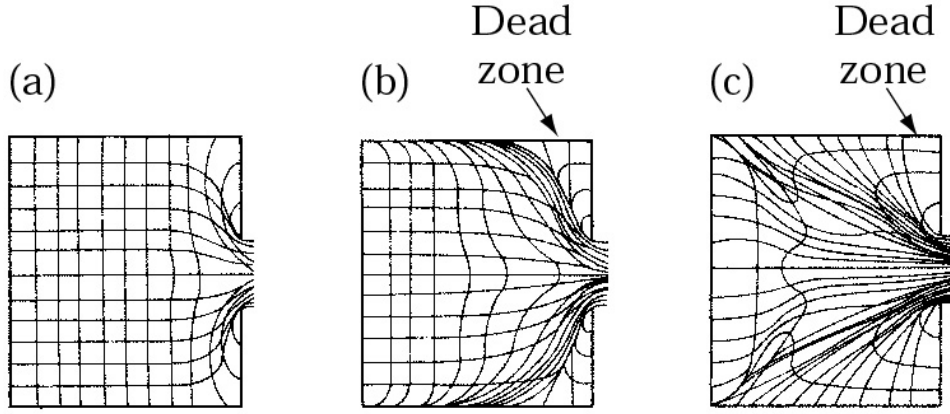
Yandaki eğride ekstrüzyon basıncı ile toplam kurs boyu arasındaki ilişki gösterilmiştir. Direkt ekstrüzyonda maksimum ekstrüzyon basıncına metal takozun yarısına kadar getirildiğinde ulaşılmaktadır.

EKSTRÜZYON BASINCINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. **Sürtünme:** $\mu_{sür}$ ne kadar yüksekse P_{ext} o kadar yüksek olur.
2. **Ekstrüzyon oranı** [$R = A_0/A_1$ veya L_1/L_0]: Ekstrüzyon oranı büyük olursa P_{ext} da büyük olur.
3. **Ekstrüzyon Hızı** (v_{ext}): Bu hız büyük olursa P_{ext} da büyük olur.
4. **Ekstrüzyon Sıcaklığı** (T_{ext}): Metal takozun sıcaklığı ne kadar yüksek olursa ekstrüzyon basıncı P_{ext} da o kadar düşük olur.

EKSTRÜZYONLA İMALATTA MALZEME AKIŞI

Ekstrüzyon işleminde alıcı kovanın köşelerinde bir miktar malzeme hareketsiz kalır. Bu bölgeye ölü bölge adı verilir. Ekstrüzyon basıncı – İstampa kursu eğrisinden de görüleceği gibi işlemin sonuna doğru bu ölü bölge fazla basınç gerektirir.



EKSTRÜZYON PRESLERİ



300 Ton



5,500 Ton



14,400 Ton

EKSTRÜZYON KUSURLARI

1. **Ürünün yüzeyinde çatlak oluşması: Sebebi:** Takoz sıcaklığı yüksek, sürtünme yüksek, ekstrüzyon hızı yüksek veya Takoz sıcaklığı düşük, matris yatak uzunluğu boyunca metal yapışır. Pext bir yükselir bir alçalır. Bu da çatlamaya neden olur.

2. **Ürünün içinde oksit birikmesi:** Metal takoz sıcakken soğuk olan alıcıya değince oksit oluşur ve yüksek sürtünme sebebiyle oksit malzeme akarken ürünün içine girer. Önlemek için ıstampanın önüne ön levha konur çapı biraz küçük tutulur. Böylece oksit alıcıda kalır.

3. **Ürünün merkezinde çavuş işareti (>>) çatlaklarının oluşması: Sebebi:** (h/L) oranıdır. Bu oran büyüdükçe şekil değiştirme homojenliğini kaybeder. Ortada ikincil çeki gerilmeleri adı verilen hidrostatik çekme gerilmesi doğar. Bu ise çavuş işaretli (>>) çatlakların doğmasına neden olur.

