

DÖVMENİN MEKANİĞİ

Rijit tam plastik bir ideal malzeme sürtünmesiz şekilde dövüldüğünde ;

Kuvveti Hesabı:

$$F_{döv} = k_f \cdot A_1 \text{ dir. } (k_f = \sigma_{ak})$$
$$F_{döv} = \sigma_{ak} \cdot A_1$$
$$A_0 \cdot h_0 = A_1 \cdot h_1$$
$$A_1 = A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1}$$
$$F_{döv} = k_f \cdot A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1}$$
$$\left[F_{döv} = \sigma_{ak} \cdot A_0 \cdot \frac{h_0}{h_1} \right]$$

İş Hesabı:

İş ifadesi kuvvet x yol dan ziyade hacimdeki deformasyon miktar gidilerek bulunursa

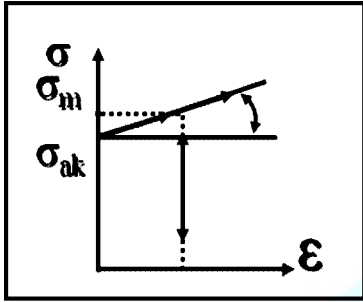
$$dw_{iş} = \sigma_{ak} \cdot d\varepsilon$$

birim hacimdeki iş ifadesi

$$\int dw_{iş} = \sigma_{ak} \cdot 1 \text{ mm}^3 \cdot \int_0^\varepsilon d\varepsilon = \sigma_{ak} \cdot \left[\varepsilon \right]_0^\varepsilon$$
$$W_{iş} = \sigma_{ak} \cdot \varepsilon$$

Tüm hacimdeki iş ifadesi ise

$$W_{topiş} = V \cdot \sigma_{ak} \cdot \varepsilon$$
$$W_{topiş} = V \cdot \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{h_0}{h_1} \text{ yaz ızıl}$$



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

Toplam dövme işi ;

$$W_{topiş} = V \cdot \int \sigma_{ak} \cdot d\varepsilon$$

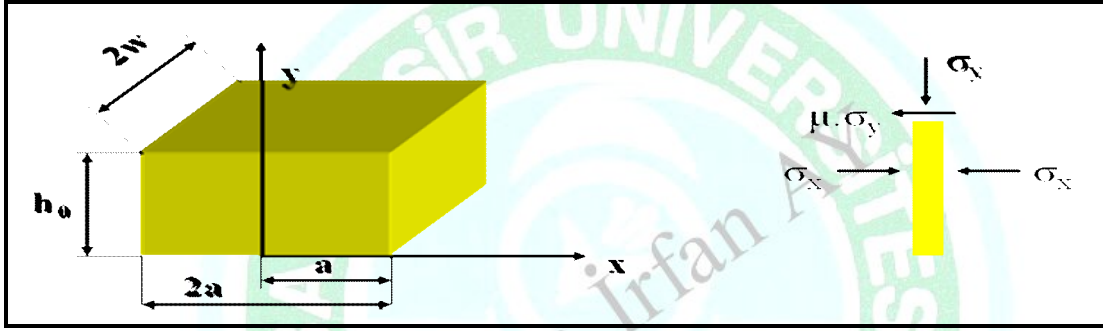
$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \int K \cdot \varepsilon^n \cdot d\varepsilon$$

$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \frac{K \cdot \varepsilon^{n+1}}{n+1} = A_0 \cdot h_0 \cdot \frac{K \cdot \varepsilon^n}{n+1} \cdot \varepsilon$$

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

$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \sigma_m \cdot \left(\ln \frac{h_0}{h_1} \right) \text{ Şekil değiştirme işi elde edilir.}$$

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:

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

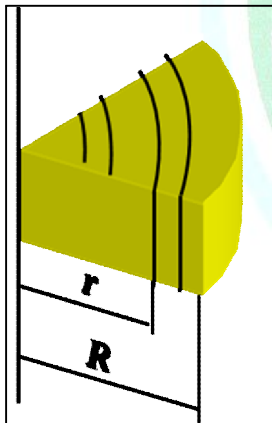
$$F_{döv} = 2w \int_0^a (-\sigma_{ak} \cdot e^{2\mu(a-x)/h} dx)$$

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

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

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

Şayet parça **silindirik koordinatlarla** verilmişse;



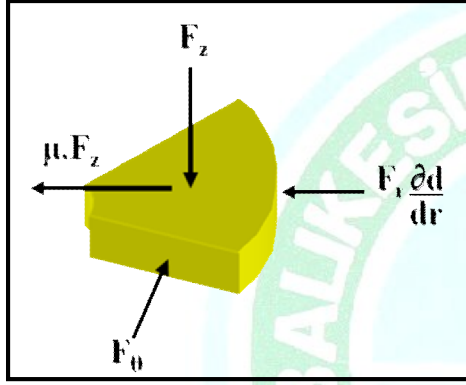
Dövme gerilmesi:

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

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:

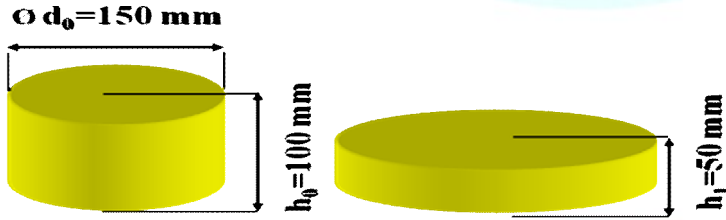
$$F_{döv} = \pi \cdot R^2 \cdot \sigma_m = \dots kp$$

PROBLEMLER

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

$$V_0 = V_1$$

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

$$\frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot h_0 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h_1 \text{ buradan}$$

$$d_1^2 = d_0^2 \cdot \frac{h_0}{h_1}$$

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

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

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

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

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

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

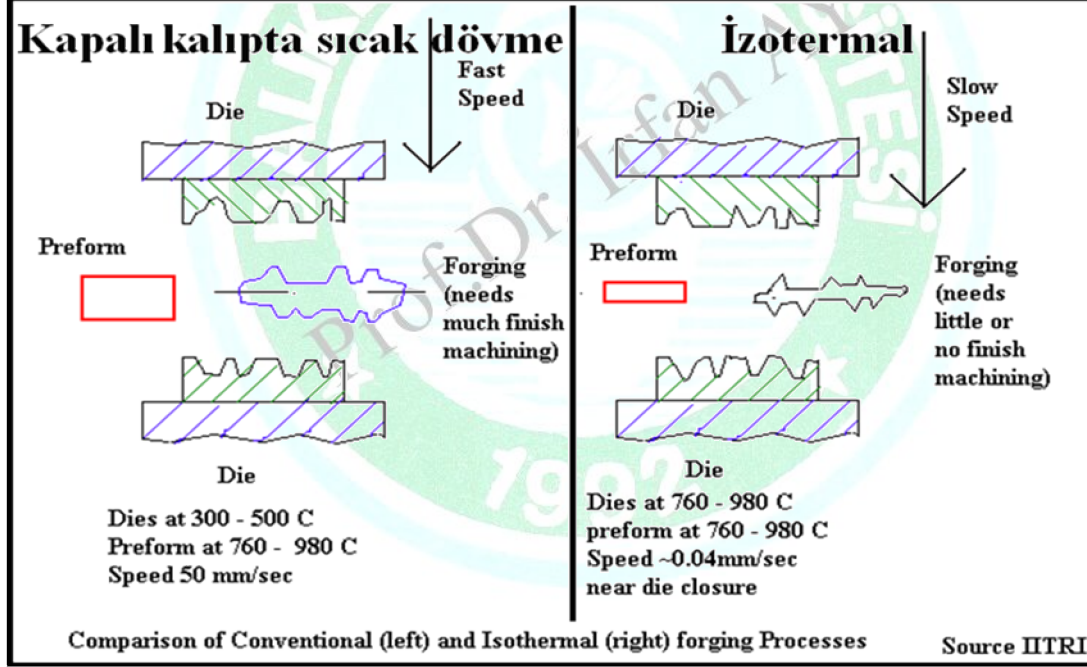
$$\sigma_{ak \min} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi}$$
$$\sigma_{ak \min} = \frac{10\,000\,000}{19355.12} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{10\,000\,000}{19355.8}$$
$$\sigma_{ak \min} = 43 \text{ kp/mm}^2 \quad \sigma_{ak \max} = 64,5 \text{ kp/mm}^2$$

bulunur

DÖVMEDE BAZI KAVRAMLAR

1. İZOTERMAL DÖVME

Kalıbın iş parçası sıcaklığına kadar ısıtılması izotermal dövmedir.

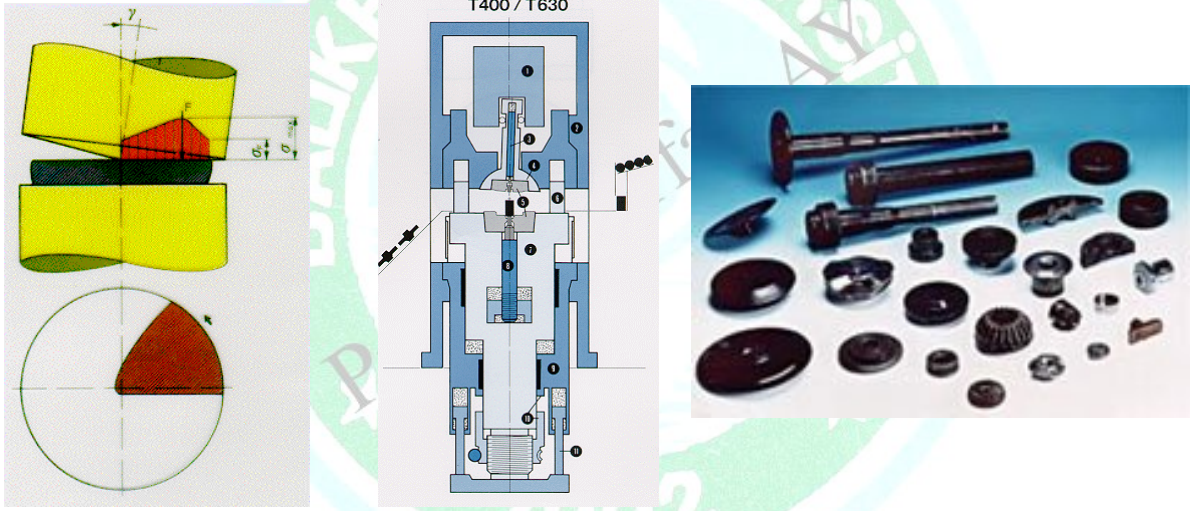


Pahalı bir yöntemdir. Titanyum ve Nikel gibi malzemeler dövülür.

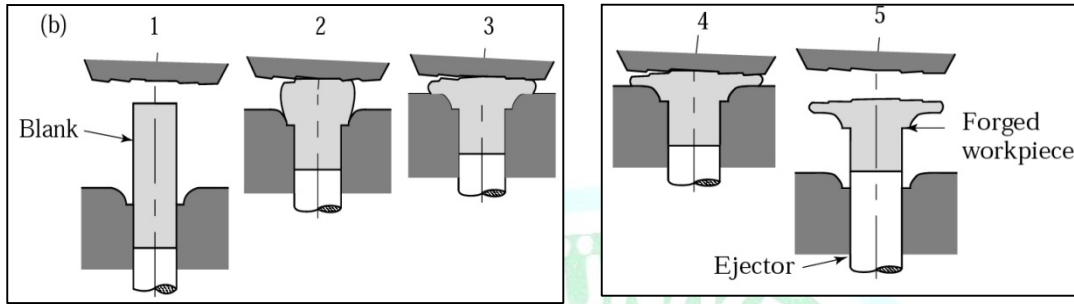


2. ORBİTAL DÖVME

Dövülecek olan malzemenin **yörünge hareketi** yapan bir üst kalıp ile rotasyon hareketi olmayan bir alt kalıp arasında dövülerek şekillendirilmesidir.



Bu tür dövmenin avantajı **nokta temaslı** dövme işlemi yapıldığından gerekli olan dövme yükü diğer dövme çeşitlerine göre daha az olacaktır.



ORBİTAL DÖVME ÖRNEK:



- Typically takes 6 seconds
- No material loss
- Finished forged weight = starting billet weight
- High degree of material deformation



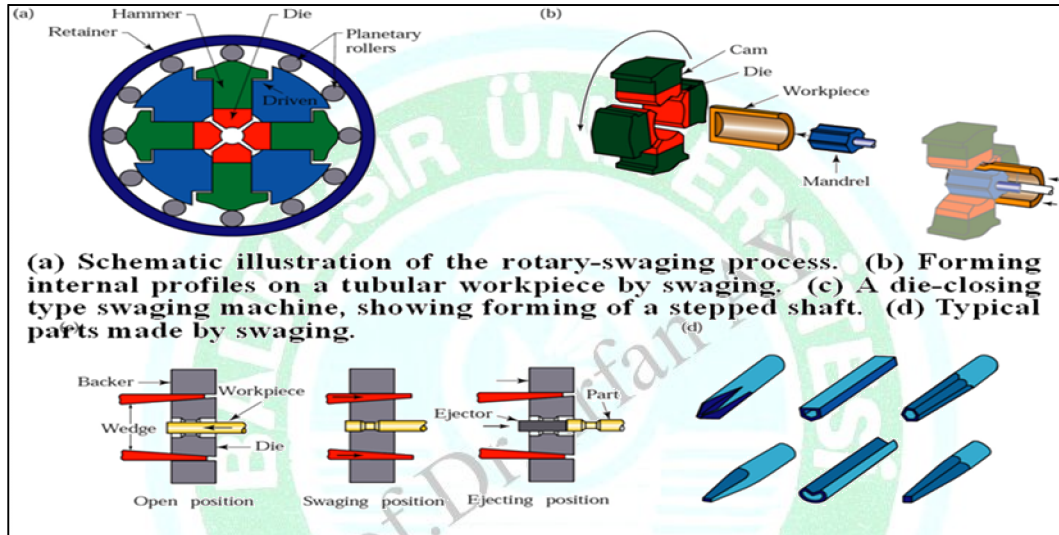
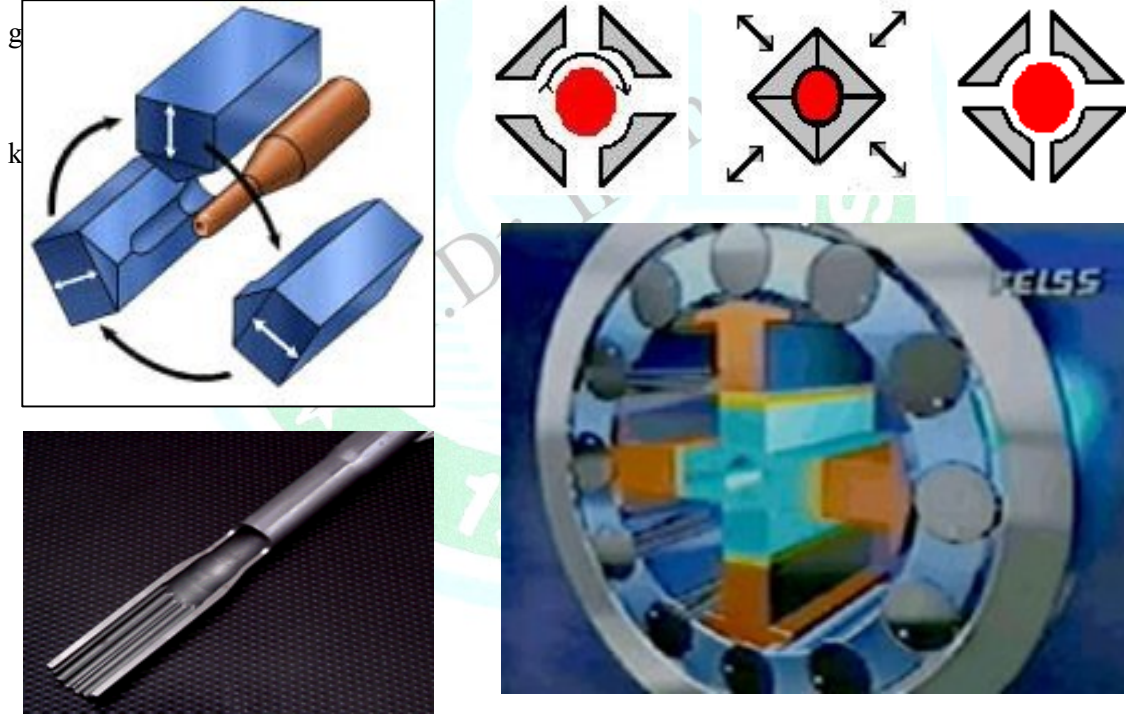
Fully automated orbital forging press



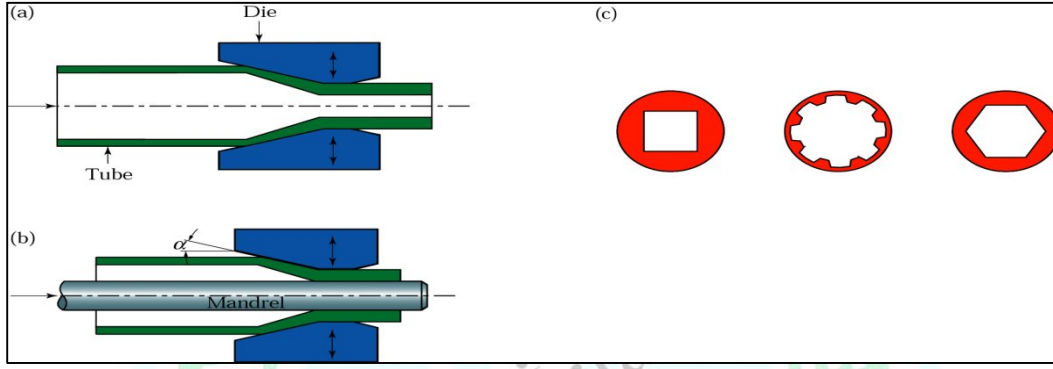
Near net shape workpiece from forging die

3. RADYAL DÖVME

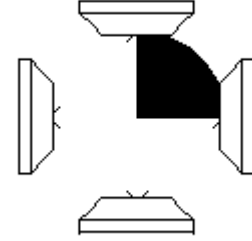
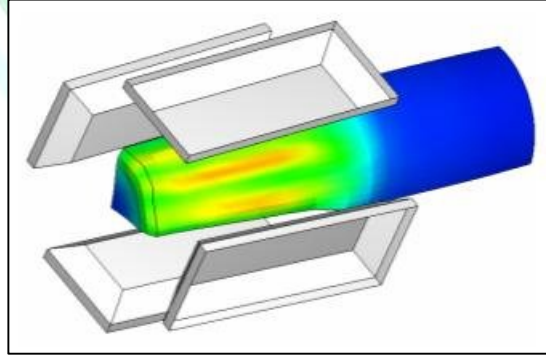
Genellikle soğuk, gerektiği zaman sıcak olarak 2 veya 4 tane çekicinin radyal hareketiyle çubuk veya tüp şeklindeki parçaların (**kademeli miller, tabanca tüfek namluları ve tüpler**) dövülmesidir.



(a) 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.



RADYAL DÖVME ÖRNEK

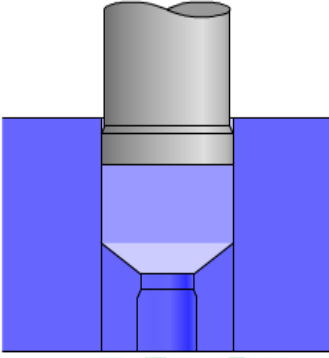


DÖVME MAKİNALARI

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.

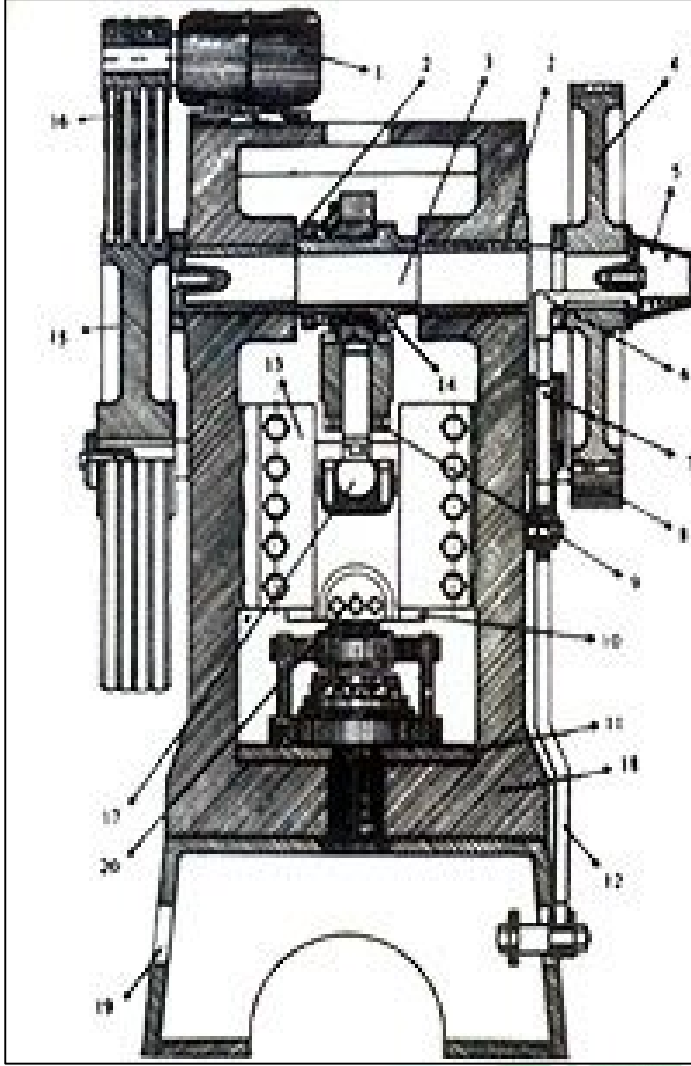


Hidrolik Preslerle yapılan soğuk dövme örnekleri



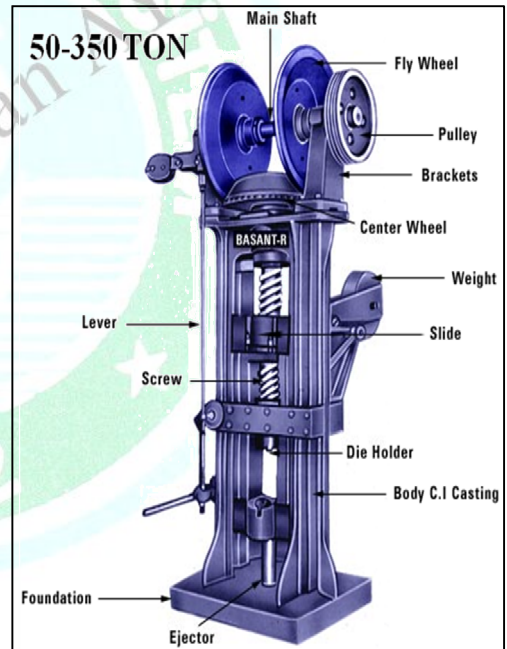
Mekanik Presler: Kranklı veya eksantrikli olabilir. Koç hızları strok boyunca değişkendir. Alt ölü noktada yük çok yükseldiğinden aşırı yük emniyeti tertibatı olmak zorundadır. Koç hızları 0,06-1,5 m/s arasında ve en büyük mekanik pres **12 000** tonluktur.

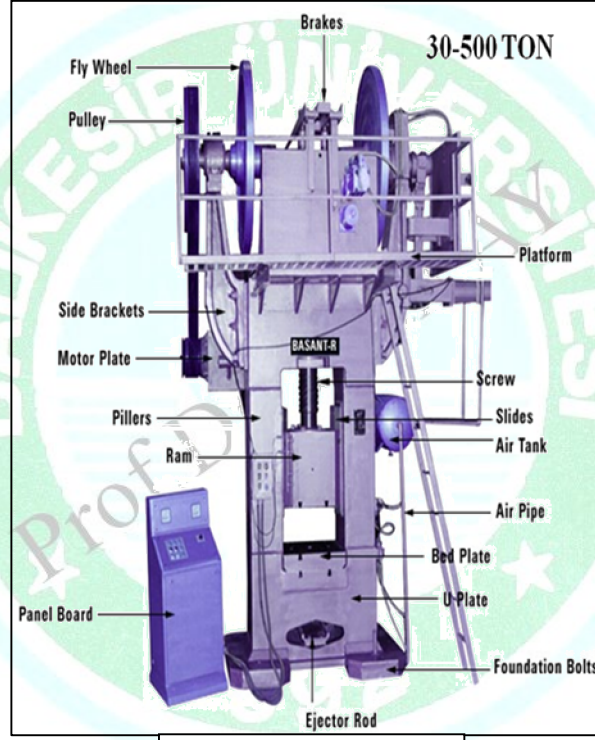




1. Electric Motor
2. Bush
3. Main Shaft
4. Gear Wheel
5. Oil Cup
6. Rolling Key
7. Clutch
8. Pinion
9. Check Nut
10. Ram (Slide)
11. Bolster Plate
12. Clutch Rod
13. Ram Guides
14. Sleeve
15. Fly Wheel
16. V-Belt
17. Pressure Screw
18. Main Body
19. Stand
20. Die Clamp

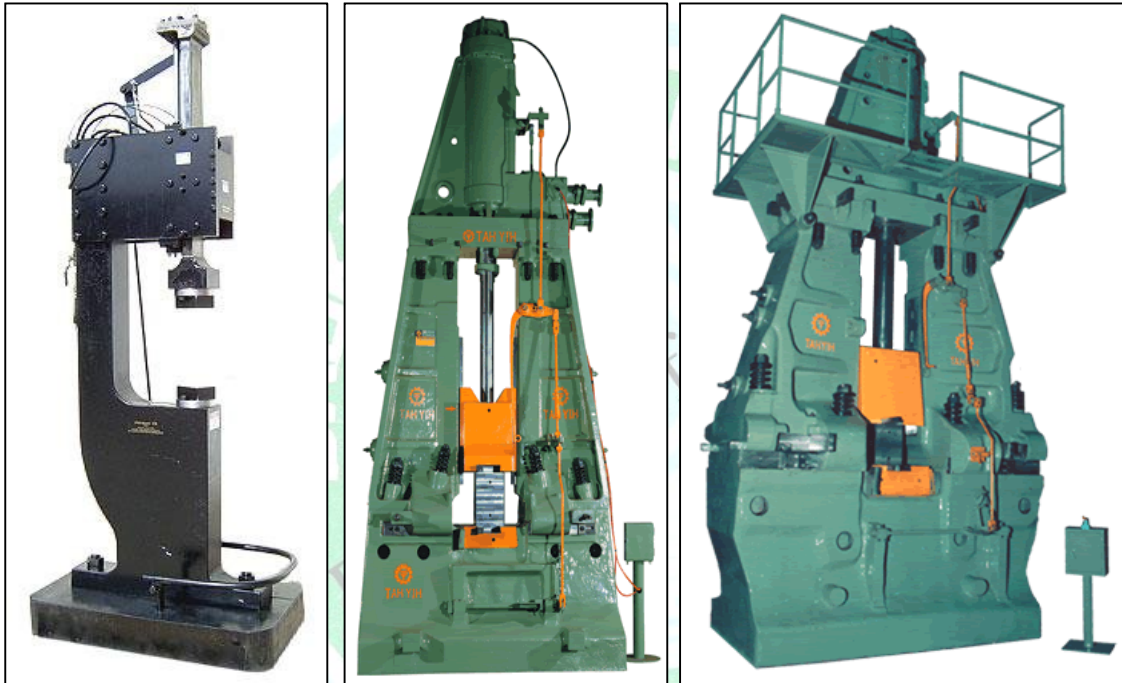
Vidalı Presler: Kare dişli çok büyük adımlı bir vida sistem içinde serbestçe döner. Bir mile bağlı iki disk vardır. Milin ucuna volan bağlanmıştır. Kare vida ucundaki disk sürtünme ile kendisine dik olan iki diske inme ve çıkma durumuna göre sürterek aşağı yukarı iner çıkar. Koç hızları 0,6-1,2 m/s arasındadır.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





Vidalı Pnömatik Pres:

Çekiçler (Şahmerdanlar): En ucuz dövme makineleridir. Koç hızları 3-9 m/s arasında değişir. Ağırılık 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.



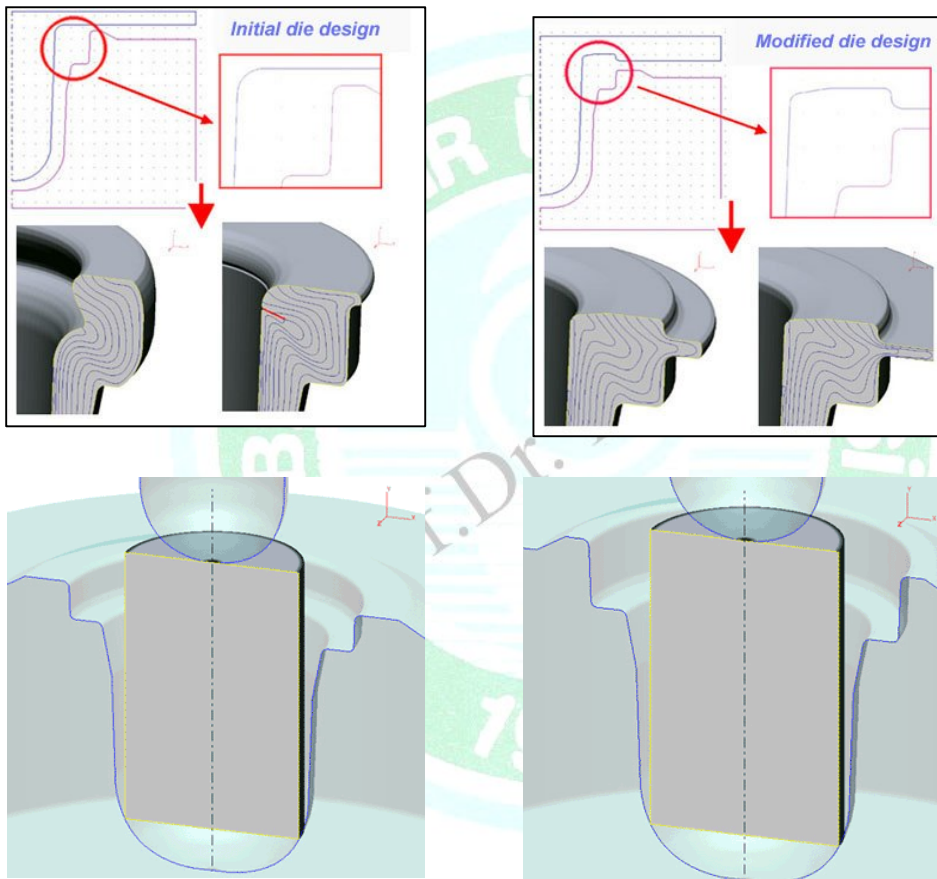
Pnömatik Çekiç (Şahmerdan):



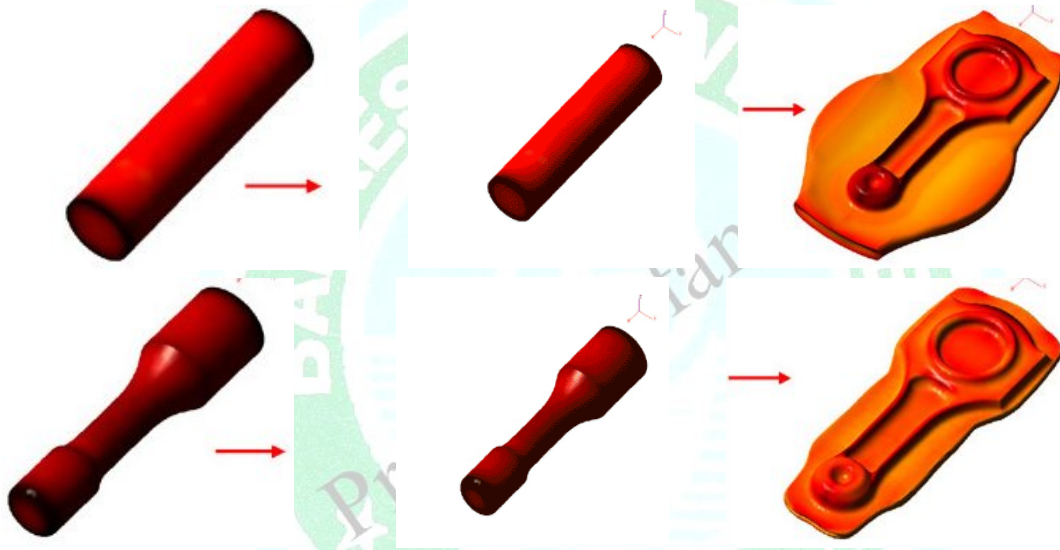
DÖVME KUSURLARI

1. Hammaddeden gelen kusurlar:

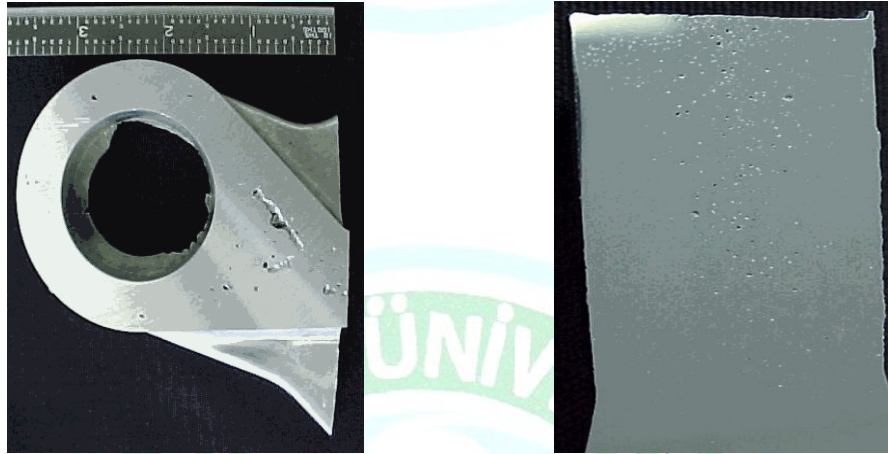
a. Katmer Kusuru:



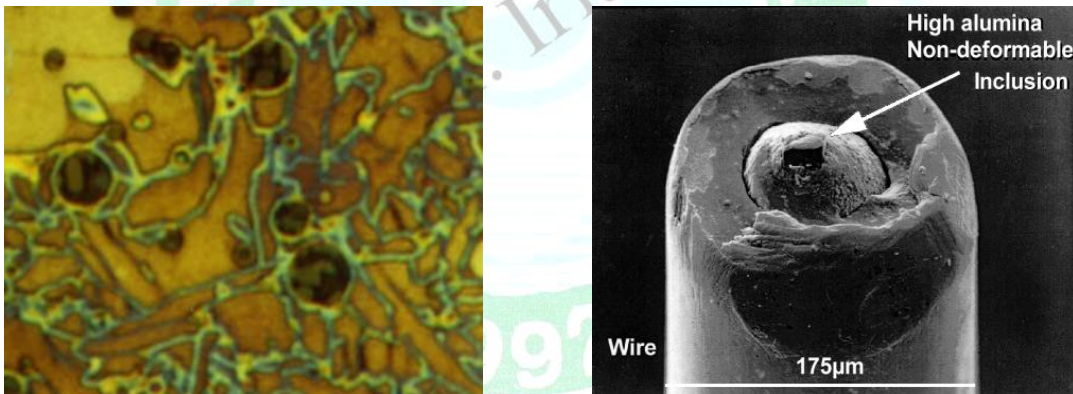
b. Gereğinden fazla malzeme(ΔV):



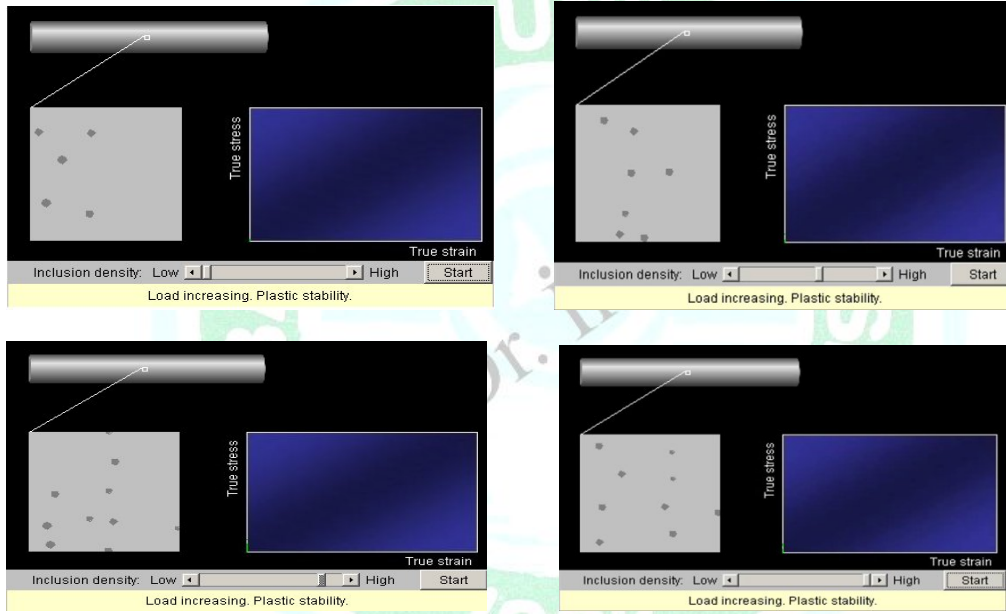
c. Gözenek (porozite) kusuru: Dövme ile yalnızca bu kusur düzeltilebilir.



d. Kalıntı (inclusion) kusuru:

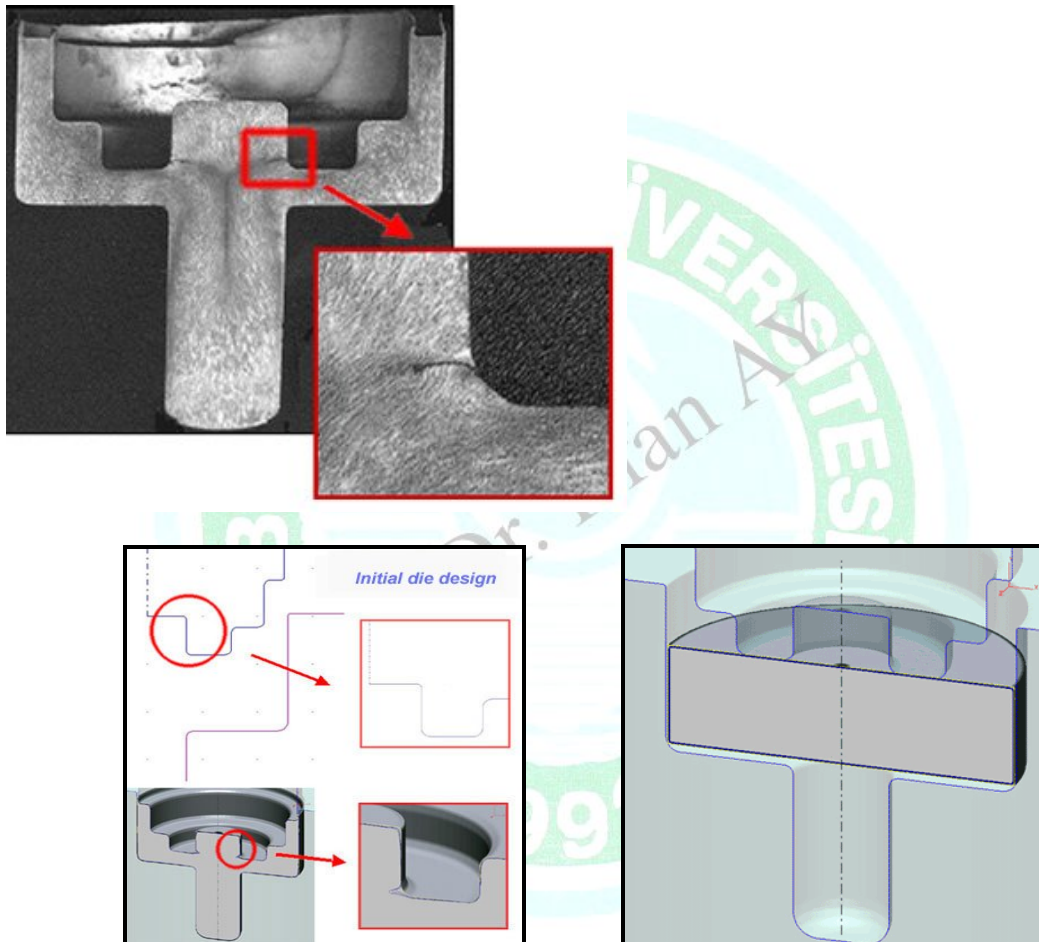


d. Kalıntı (inclusion) kusuru:

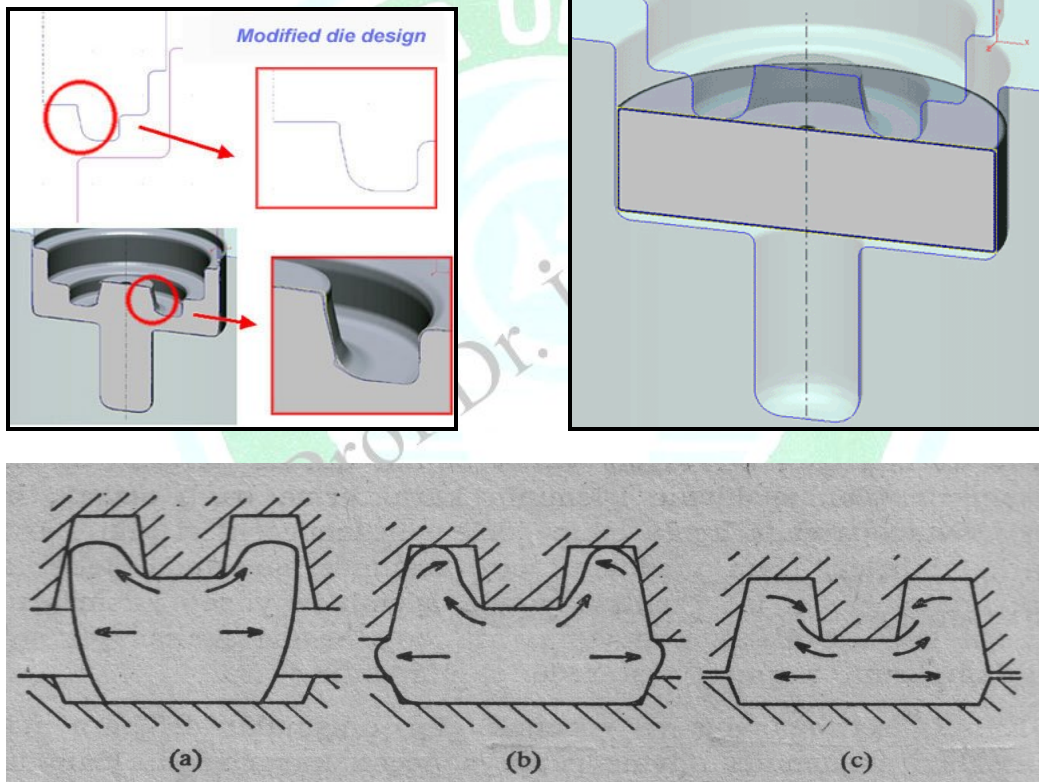


2. Kalıp Tasarımından Gelen Kusurlar

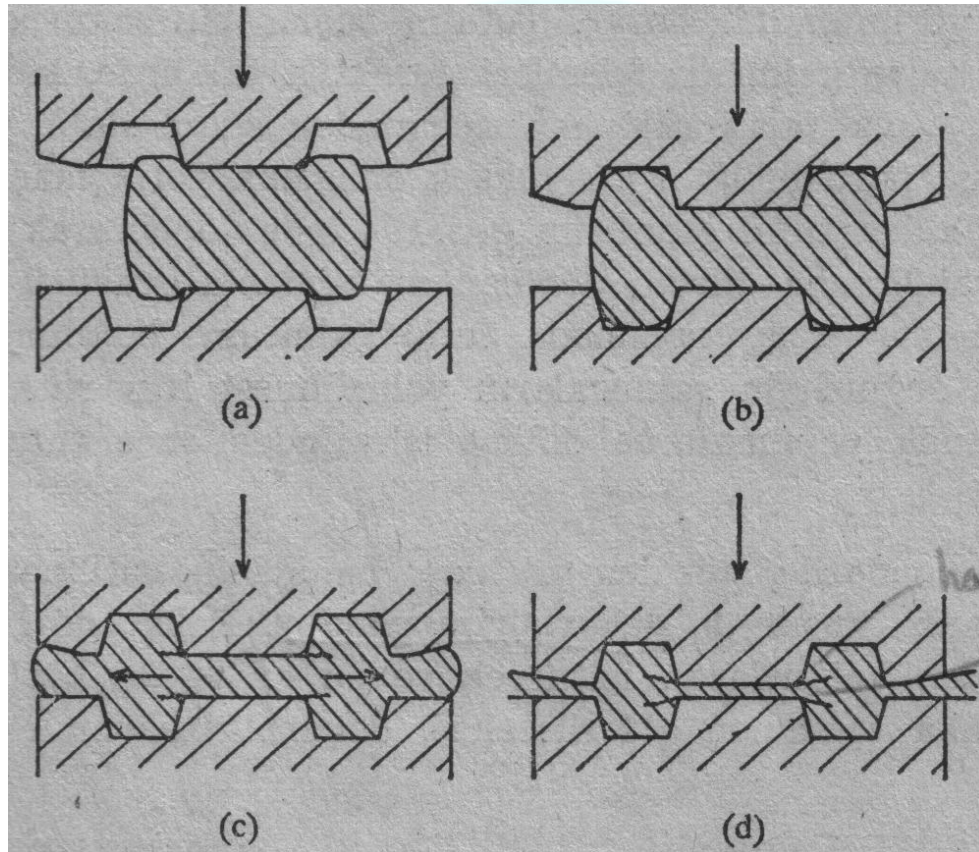
a. Keskin Köşe Kusuru



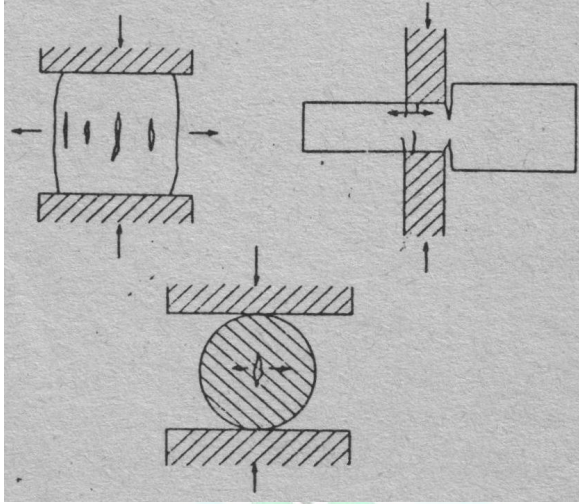
a. Keskin Köşe Kusuru



b. Fazla hammadde dar kalıp alanı kusuru



c. İkincil çeki gerilmeleri sebebiyle çatlak oluşumu



Çaresi iç bükey kalıp kullanmak

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.

