

DÖVME (Forging)

TARİHÇE : Dövmenin tarihi 4000 yıl veya daha fazlasına dayanmaktadır. **Cıvatalar, perçinler, çubuklar, türbin milleri, paralar, madalyalar, dişliler, el aletleri, hava taşıtı parçaları** dövme yolu ile üretilen elemanlardır. Dövme **SICAK** veya **SOĞUK** olarak yapılır.



Source: Leibner



Source: Leibner



Dövme (hot forging parts)

Sıcak dövme : Daha az kuvvete ihtiyaç duyar, fakat parça ölçüleri yeteri hassaslıkta elde edilemez . Büyük ebatlı parçalar bu yolla daha kolay dövülür. Yüzey pürüzlülüğü de iyi değildir. Çünkü yüzeyde oksit içerirler.



Dövme (cold forging parts)

Soğuk dövme : Daha büyük kuvvete ihtiyaç duyar, sünek malzeme ister. Parça boyutları çok iyi çıkar. Orta ve küçük ebatlı parçalar soğuk olarak dövülür. Yüzey pürüzlülüğü iyidir.



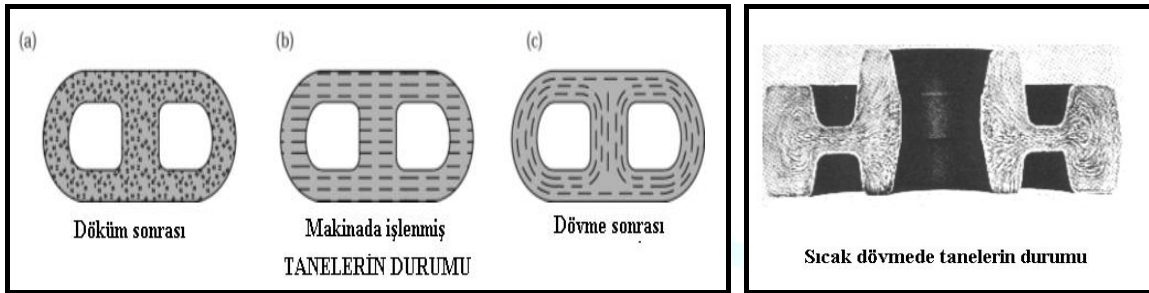
Dövmenin Tanımı

Yalnızca 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.



Dövmede tane yapısı

Dövme ile, yüksek mukavemet, tokluk elde edilir. Kontrollü bir tane akışı elde edilir. Dövülen parçaların çoğu sonradan işlenir veya ısıl işleme tabi tutulur.

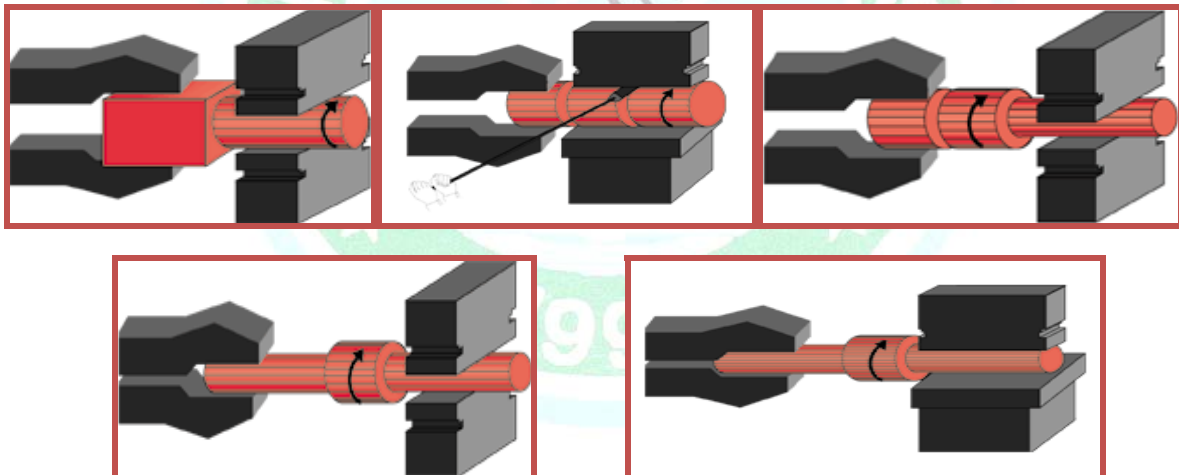


Dövme Çeşitleri

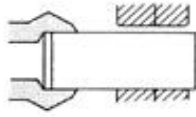
AÇIK KALIP' ya da KAPALI KALIP' da yapılır.

1. Açık kalıpta Dövme

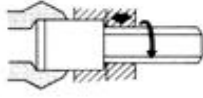
Basit, kaba şekilli parçalar dövülür. Dövmenin yığma (**upset ting=silindirik** parça) ve uzun dikdörtgen prizma parçaların dövüldüğü (**flattening= cogging**) prosesleri uygulanır.



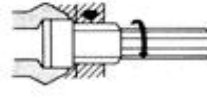
MİL'LERİN DÖVÜLMESİ



1. Parça iki kalıp arasına konur



2. Açık kalıpta dövülür

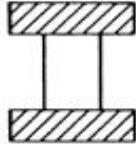


3. Dövme ileri saf haya vardırılır



4 Tornalama ile son şekli verilir

DİSK'LERİN DÖVÜLMESİ



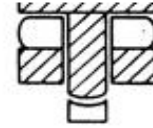
1 Parça iki kalıp arasına konur



2 Önce yığma yapılır

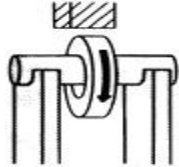


3 Yığmanın ileri safhası uygulanır ve istenen boyuta getirilir

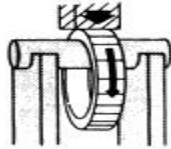


4 Bir mandrel ile ortası alınır.

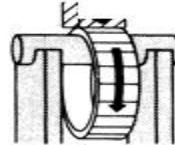
YUVARLAK RİNG



Mandrel üzerine parça yerleştirilir



2 Dövülerek çap artırılır

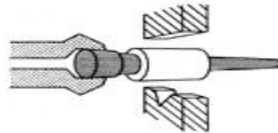


3 Kalınlık azalır kenar çap iyice büyür

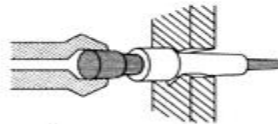


4 Parça son boyutlara getirilir

İÇİ BOŞ "GÖMLEK TİPİ" DÖVME

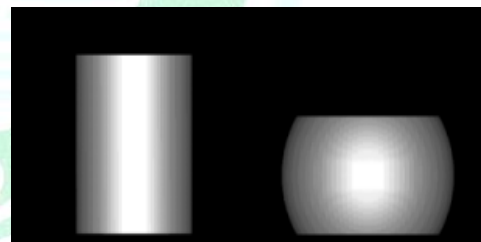
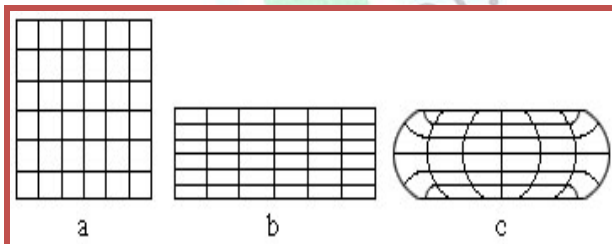


1. Sivri çubuk üzerine zımbalı disk takılır



2. İç çap sabit, dış çap azalacak şekilde gömlek boyu uzatılır

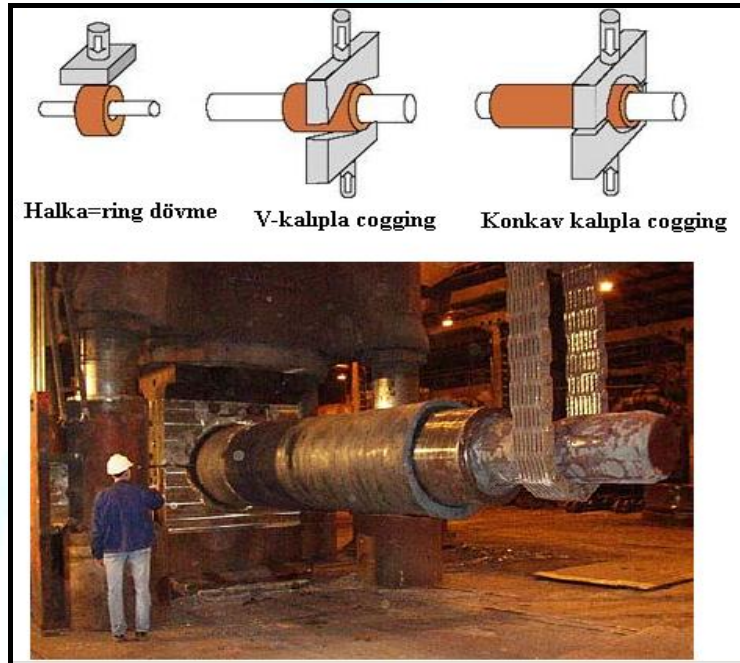
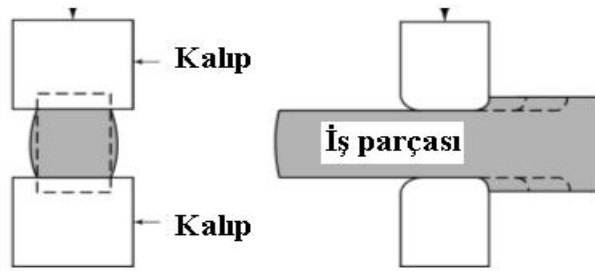
Fıçılama Olayı



Fıçılama dövülen parçanın bombeleşmesidir. İki nedenle meydana gelir.

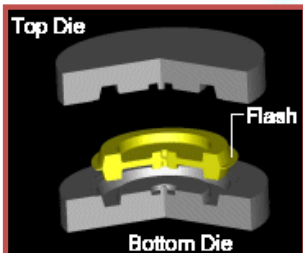
- Sürtünme:** Dövülen parça alt ve üst kalıpla temas halinde olduğundan temas eden yerlerde malzeme kolay akamaz orta kısmı daha kolay akar.
- Sıcaklık Farkı:** Tav fırınından çıkan parça kalıp içine konulur. Değen kısımlarda ısı kaçıışı hızlı olur. Parçanın ortası hala sıcaktır. Bu sıcaklık farkından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

Açık kalıpta (**cogging**)Dövme : Fazla kuvvet gerektirmeden uzun kesitler ingot halden bloom veya kütük hale kolayca dövülerek getirilir.



2. Kapalı kalıpta Dövme

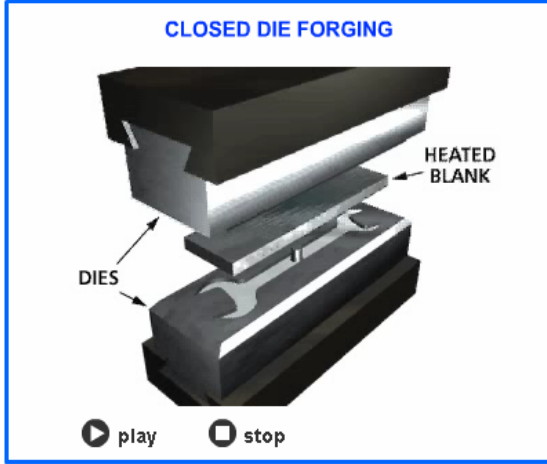
Kapalı Kalıpta Dövme (Closed Die Forging= Impression die forging =Drop forging-hızlı şekilde dövme işlemi adı)



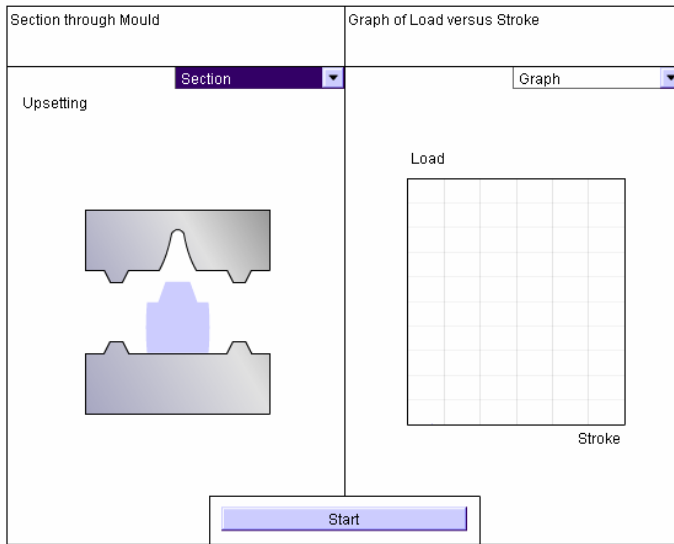
Bu dövmenin özelliği karmaşık şekilli parçaların dar toleranslar içinde elde edilebilmesi için yapılmasıdır. **Çapaklı dövme**, **çapaksız dövme** ve **damgalama** gibi çeşitleri vardır. Genellikle sıcak dövme yapılır.Parça tavlınır,kalıp boşluğu doldurulur.çapak oluşur.Sonra çapak alınır.Boyut

toleranslarının tam olması ve iyi yüzey çıkması için dövülen parçalar makinede işlem görebilir.

2.1 Kapalı kalıpta çapaklı Dövme



Çapaklı dövme ,Bu dövmenin özelliği $V+\Delta V$ hacminin çok iyi ayarlanması gerektirir.



2.2 Kapalı kalıpta hassas Dövme

Çapaksız dövme = (precision forging)

Bu dövmenin özelliği asla ΔV hacmini kabul etmemesidir. Çapaklı dövme sonrası kalan V hacmi çok iyi ayarlanmalıdır. Dövmeden sonra makinede işlem gerektirmeyebilir.



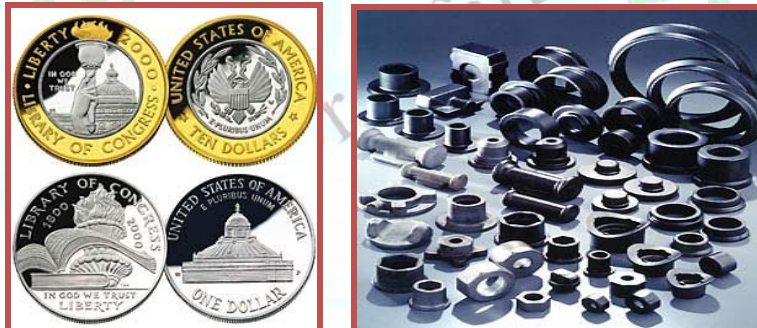
Otomobil sanayi için yapılmış hassas dövme örnekleri



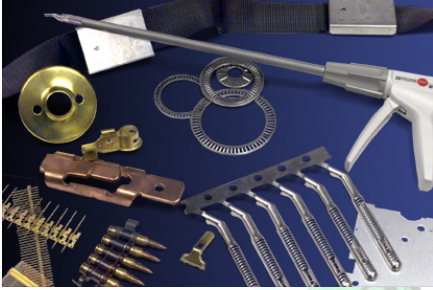
2.3 Soğuk yapılan Hassas Dövme

Damgalama (Stamping = coining)

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.**



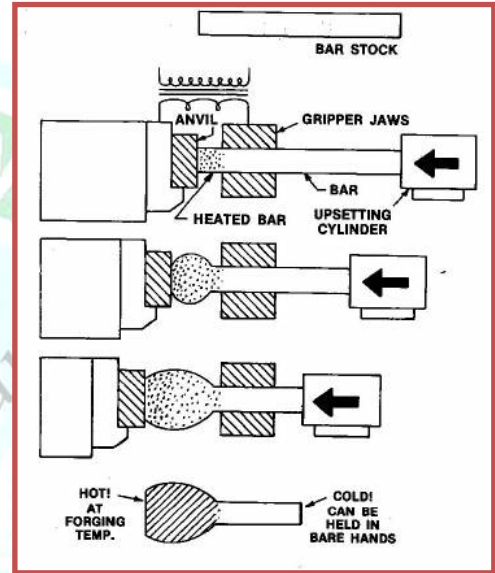
Damgalama ürünleri ve presi



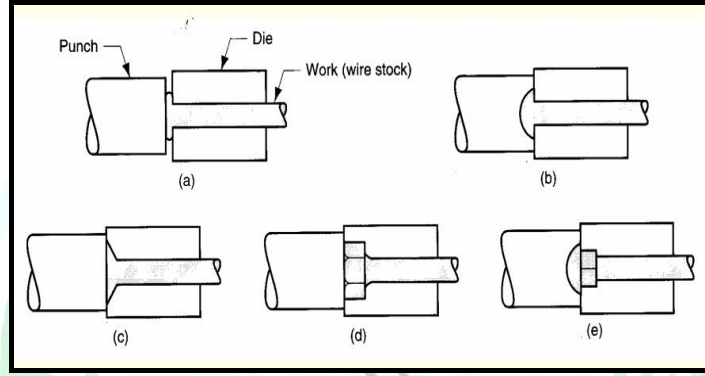
3. Yığma Dövme (upset forging)

Yığma dövme (cold heading forging)

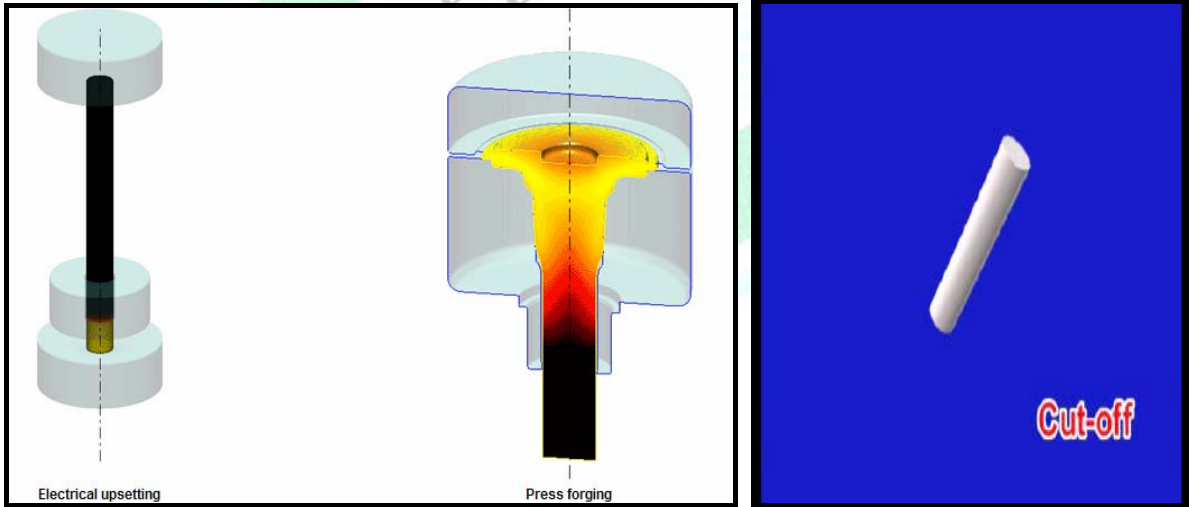
Bu dövmenin özelliği, kapalı kalıpla yatay preslerde işlemin yapılmasıdır. Cıvata, perçin, çivi, vida, çubuk gibi başı yığma ile şekillendirme gerektiren parçalara uygulanır.



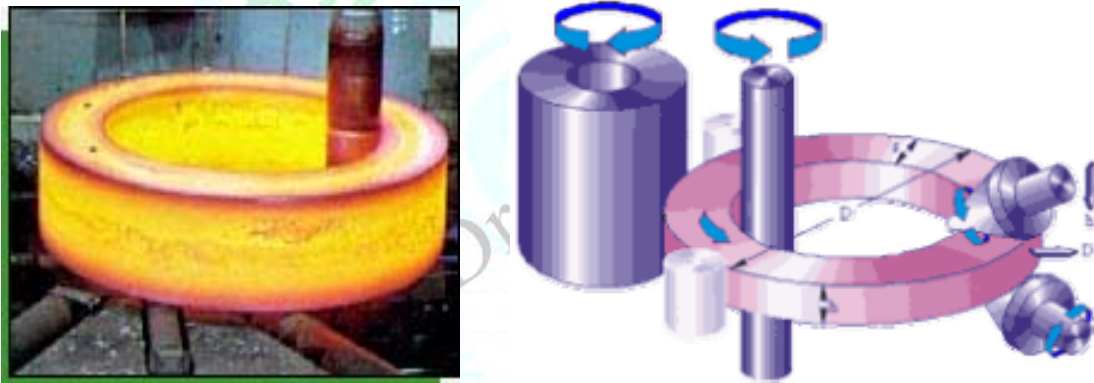
Farklı geometrilerdeki cıvata, perçin, çivi, vida, çubuk gibi başı yığma ile şekillendirme gerektiren parçalara uygulanır.



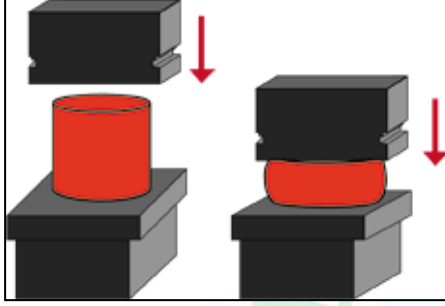
Başlık yapmak için Dövme



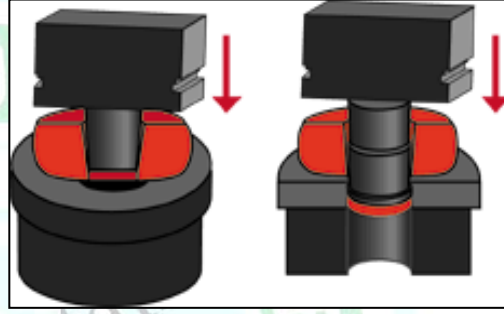
4. Halka =Ring 'in dövme ile imali



- 1.Halka boşa dönen merdane içine konur.
- 2.Dış merdane ile sıkıştırılarak döndürülür.
- 3.Eksenel merdane ile inceltilir.



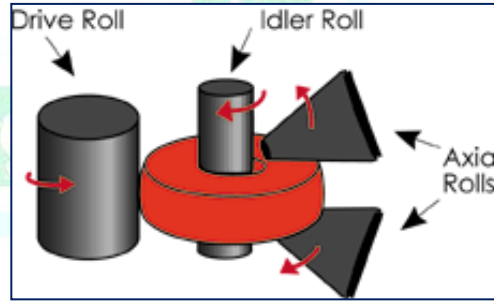
1. Parça silindirik boyutta açık kalıba konur,dövülerek tekerlek konumuna getirilir.



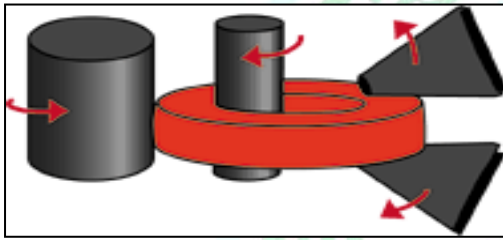
2. Bir zımba ile tekerleğin içi boşaltılır.



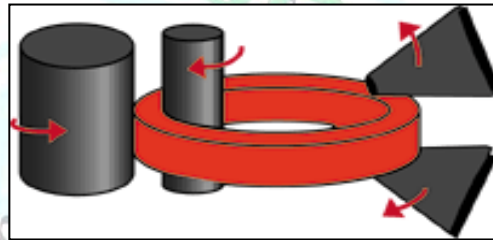
3. Böylece parça HALKA şekline getirilir.



4. Tavlı halkaya PİM geçirilir.Dıştaki dönel merdane halkayı döndürürken içteki pim basınç uygular.



5. Sürekli basınç nedeniyle ÇAP ta artış olurken CİDAR KALINLIĞI' da aksenal merdanelerle azaltılacak

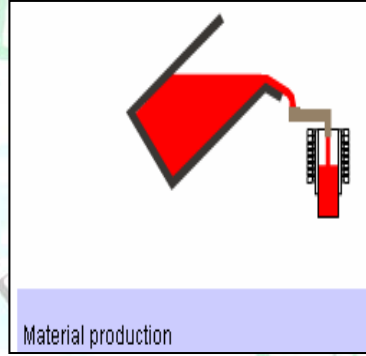


6. İşlem arzulan boyutlar elde edilinceye kadar sürdürülür.

5. Yarı sıvı (döküm)-yarı katı halde dövme işlemleri-kapalı kalıpta dövme :

İşlem 4 aşamalıdır.

- 1.Mlz. dökümü
- 2.Fırında şekil ver me sıcaklığına kadar ısıtma
- 3.Şekillendirme (dövme)
- 4.Tekrar ısıl işleme gerilim giderme



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 miktarı gidilerek bulunursa

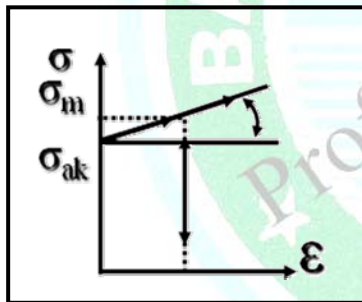
$$dw_{iş} = \sigma_{ak} \cdot d\varepsilon$$

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

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



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

Toplam dövme işi ;

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

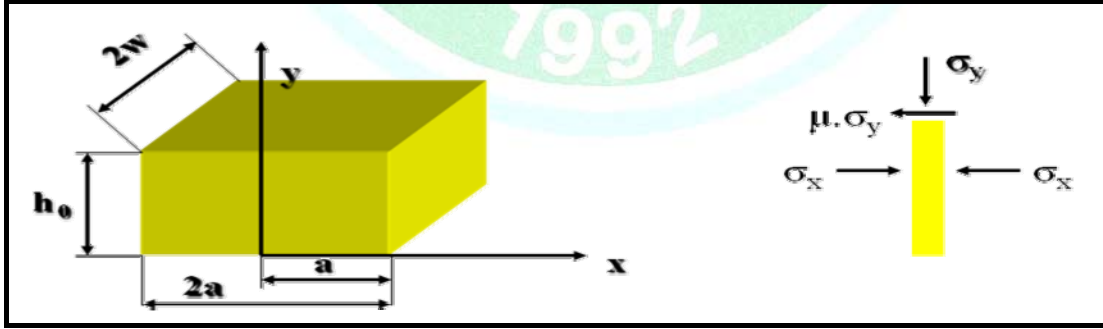
$$W_{topiş} = A_0 \cdot h_0 \cdot \int K \cdot \varepsilon^n \cdot d\varepsilon$$

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

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

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

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:

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

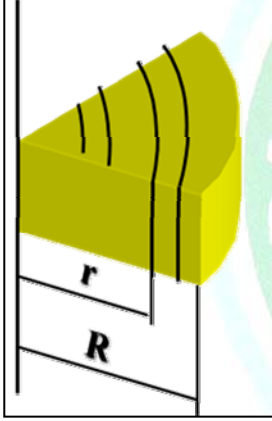
$$F_{döv} = 2w \int_0^a (-\sigma_{ak} \cdot e^{2\mu(a-x)/h} \cdot dx)$$

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

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

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

Şayet parça silindirik koordinatlarla verilmişse;



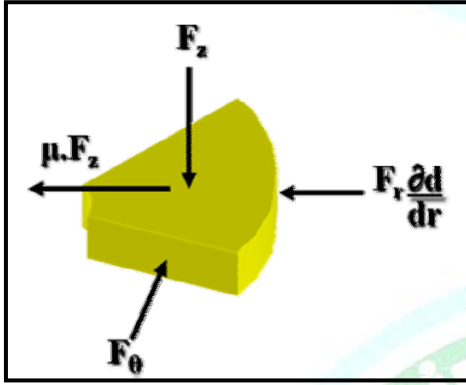
Dövme gerilmesi:

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

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:

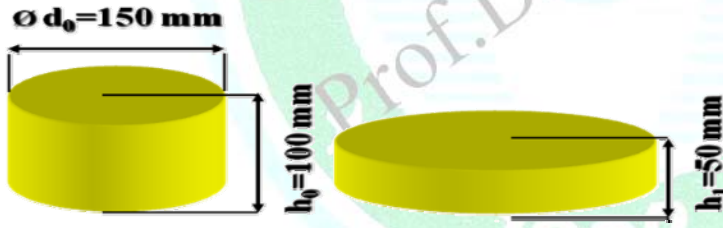
$$F_{döv} = \pi \cdot R^2 \cdot \sigma_m = \dots kp$$

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

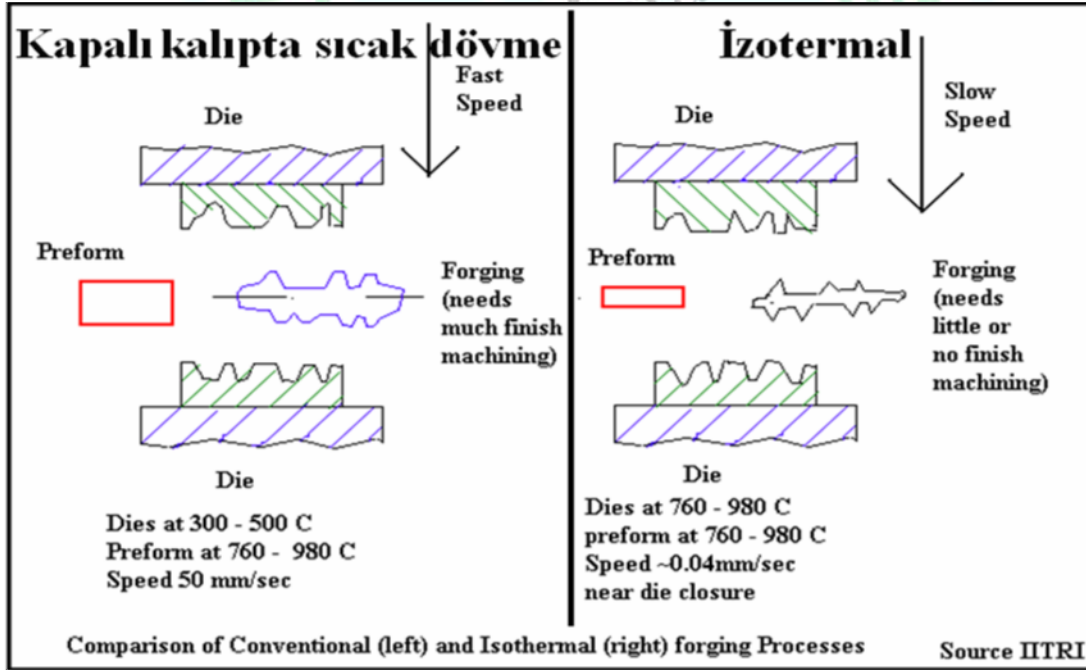
$$\sigma_{ak \min} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{F_{döv}}{A_1 \cdot \phi}$$
$$\sigma_{ak \min} = \frac{10\,000\,000}{19355.12} \quad \sigma_{ak \max} = \frac{10\,000\,000}{19355.8}$$
$$\sigma_{ak \min} = 43 \text{ kp/mm}^2 \quad \sigma_{ak \max} = 64,5 \text{ kp/mm}^2$$

bulunur

DÖVMEDE BAZI KAVRAMLAR

1. İZOTERMAL DÖVME

Kalıbın iş parçası sıcaklığına kadar ısıtılması **izotermal dövmedir**.

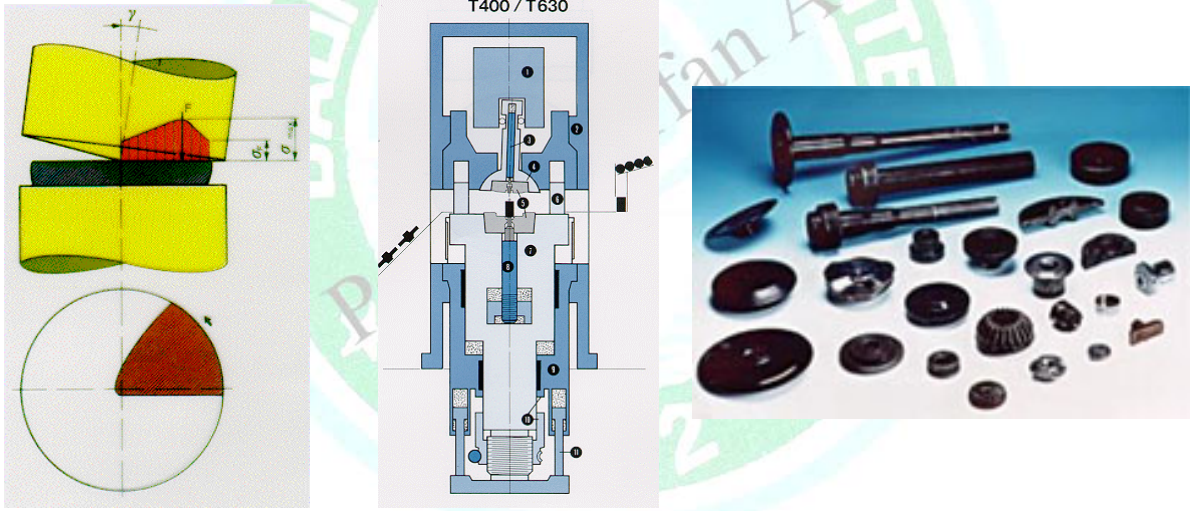


Pahalı bir yöntemdir. Titanyum ve Nikel gibi malzemeler dövülür.

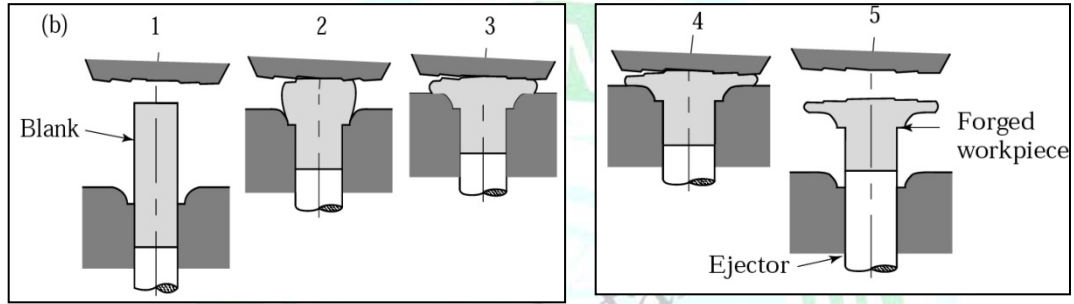


2. ORBİTAL DÖVME

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.

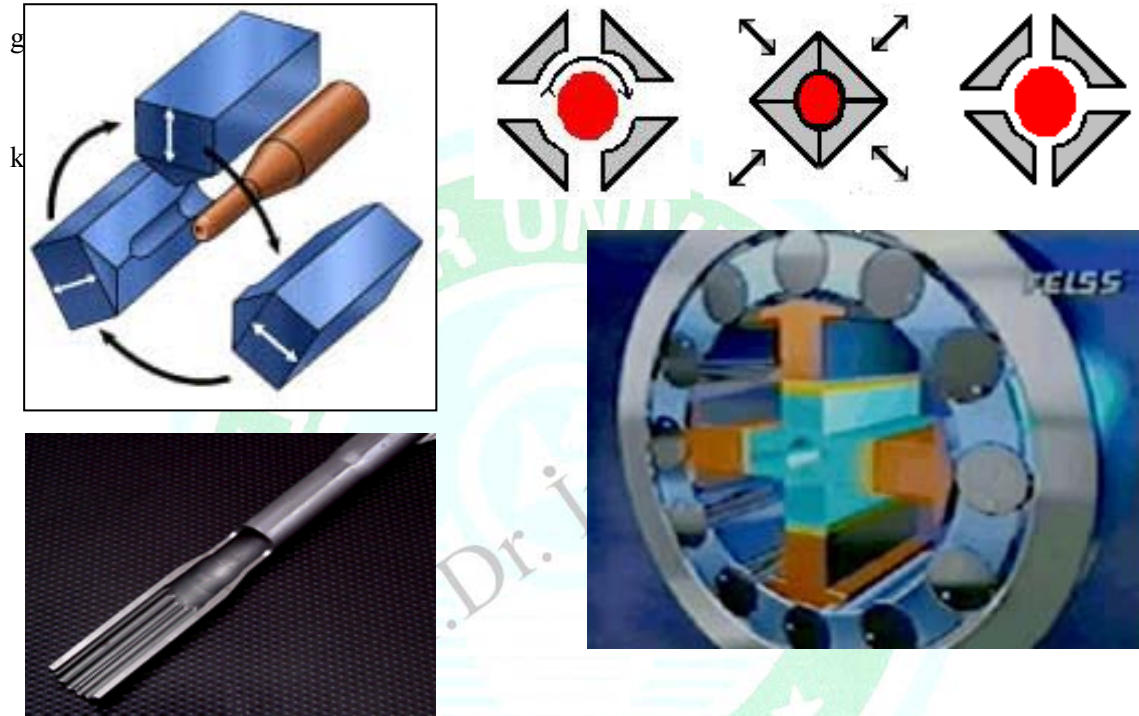


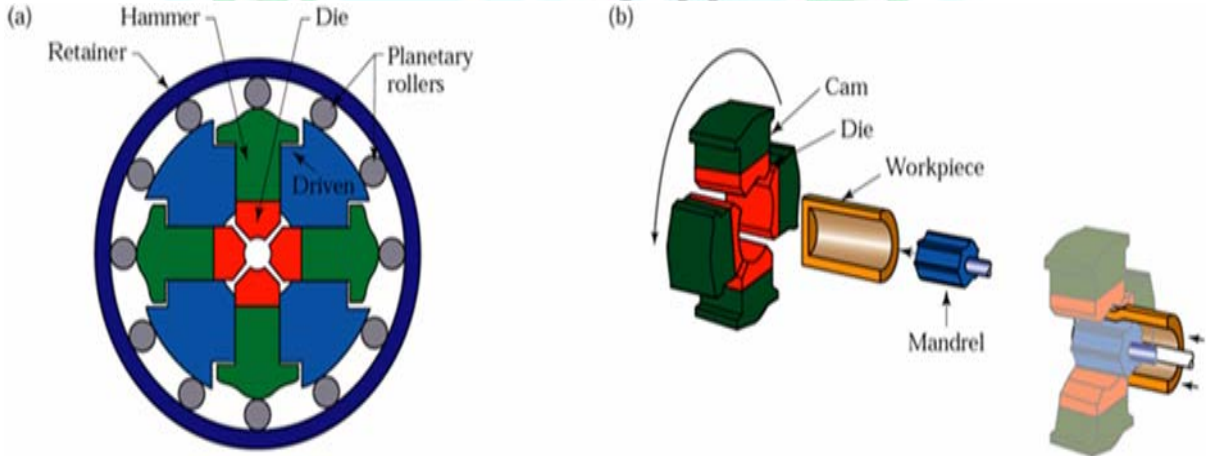
ORBİTAL DÖVME ÖRNEK:



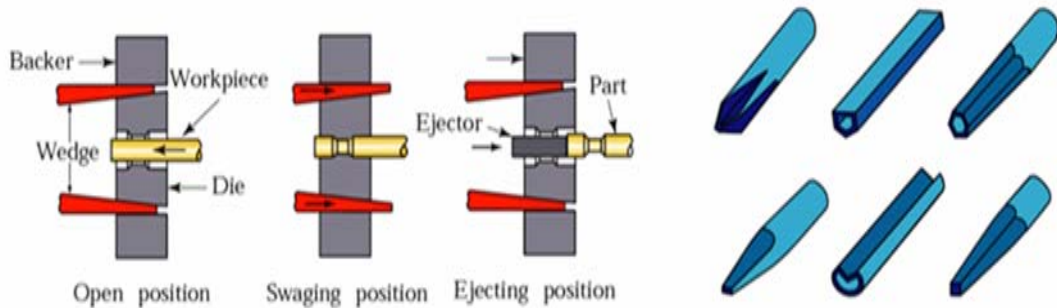
3. RADYAL DÖVME

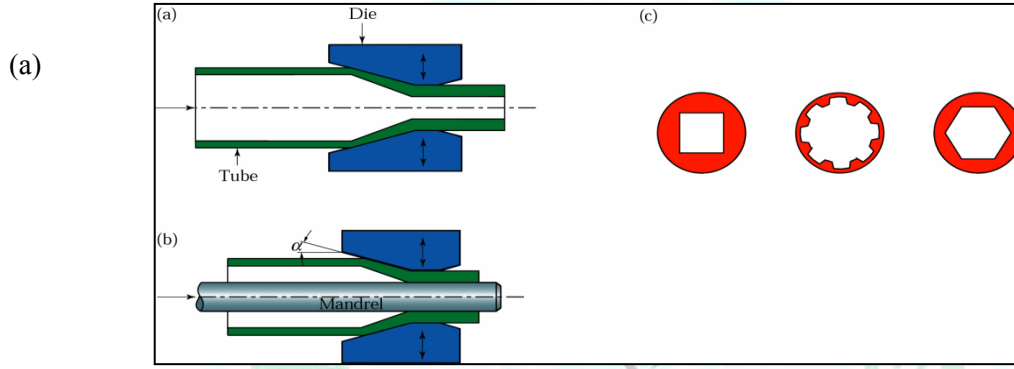
Genellikle soğuk, gerektiği zaman sıcak olarak 2 veya 4 tane çekicinin radyal hareketiyle çubuk veya tüp şeklindeki parçaların (kademeli miller, tabanca tüfek namluları ve tüpler) dövülmesidir.





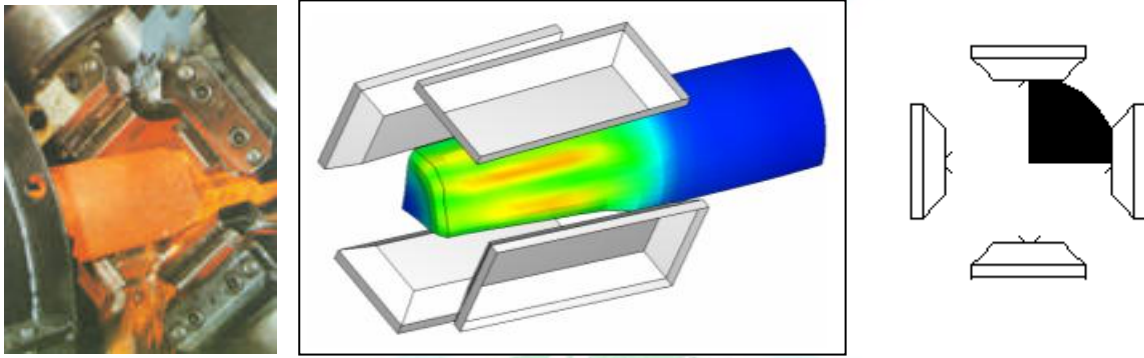
(a) Schematic illustration of the rotary-swaging process. (b) Forming internal profiles on a tubular workpiece by swaging. (c) A die-closing type swaging machine, showing forming of a stepped shaft. (d) Typical parts made by swaging.





Swaging of tubes without a mandrel; not 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

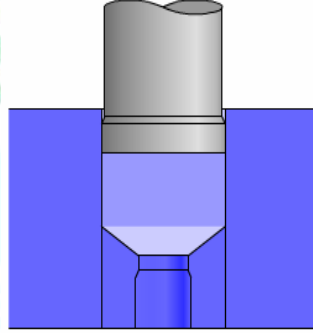


DÖVME MAKİNALARI

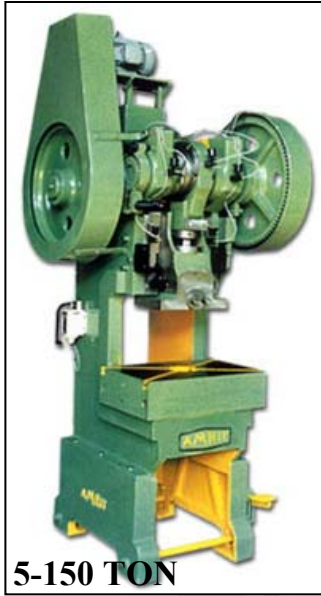
Hidrolik Presler: Bu preslerde kaç hızı nispeten düşüktür. 0,06-0,30 m/s ve strok boyunca hız sabit kalır. Hem açık hem kapalı kalıplarda kullanılırlar. Günümüzde en büyük hidrolik presin kapasitesi $\approx 80\ 000$ ton dur.



Hidrolik Preslerle yapılan soğuk dövme örnekleri



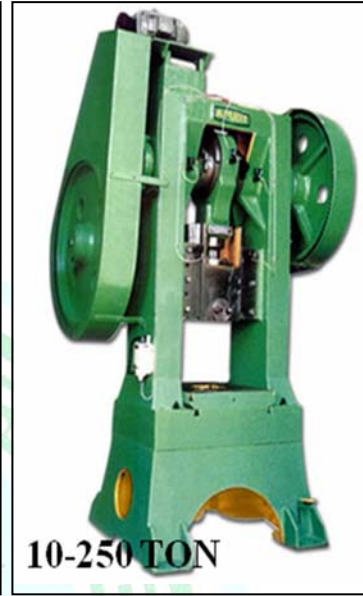
Mekanik Presler:Kranklı veya eksantrikli olabilir. Koç hızları strok boyunca değişkendir. Alt ölü noktada yük çok yükseldiğinden aşırı yük emniyeti tertibatı olmak zorundadır. Koç hızları 0,06-1,5 m/s arasında ve en büyük mekanik pres **12 000** tonluktur.



5-150 TON

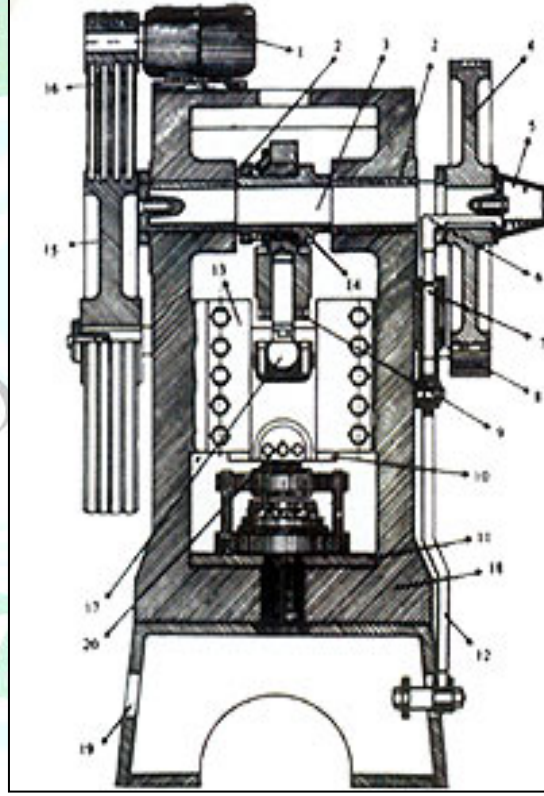


5-150 TON



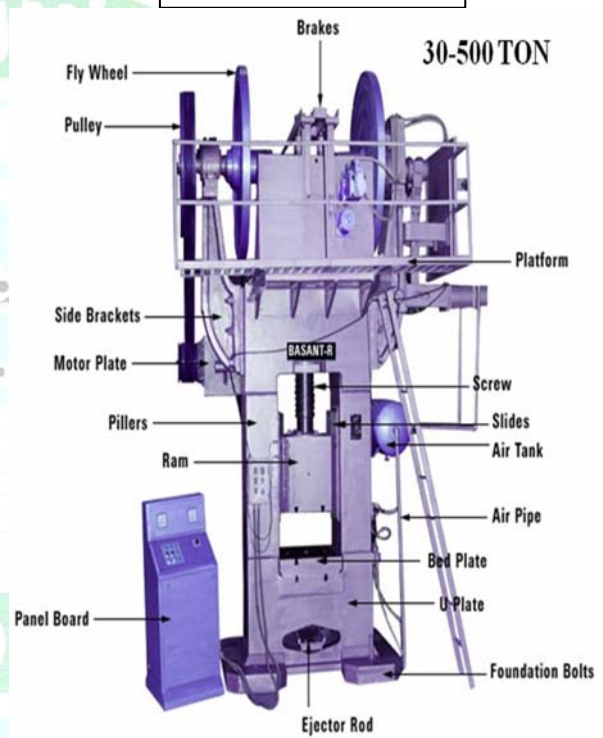
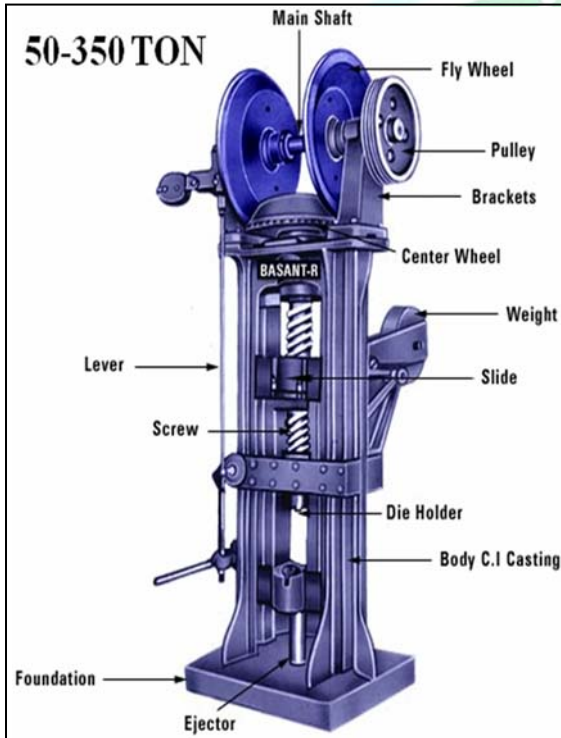
10-250 TON

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

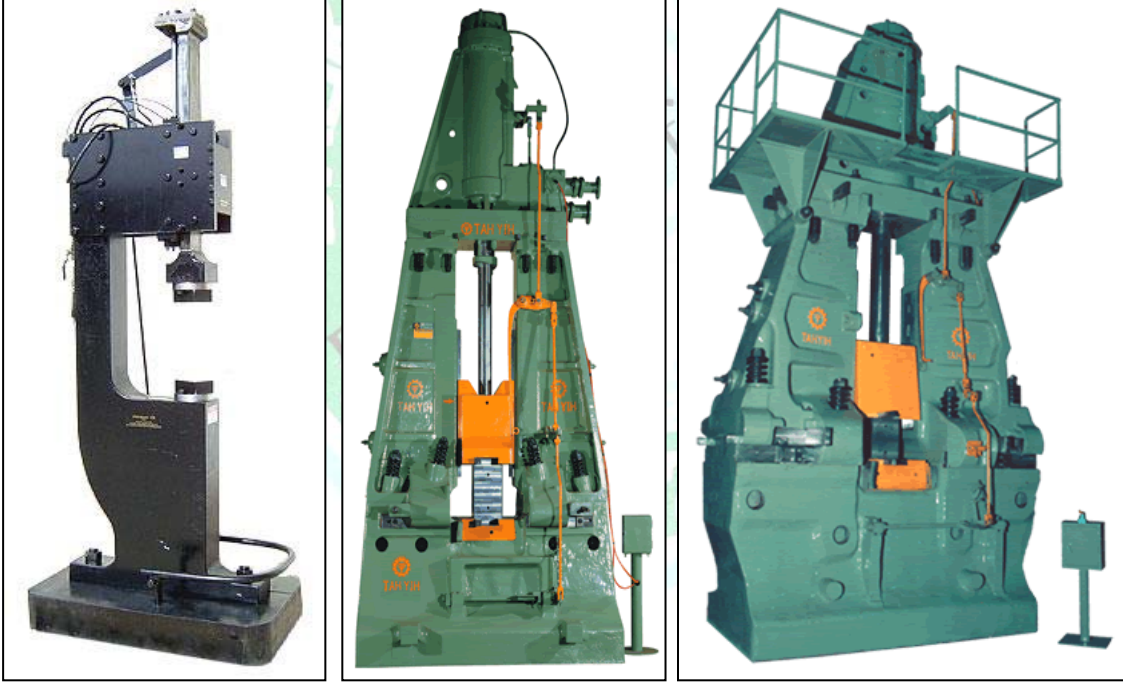


Vidalı Presler: Kare dişli çok büyük adımlı bir vida sistem içinde serbestçe döner. Bir mile bağlı iki disk vardır. Milin ucuna volan bağlanmıştır. Kare vida ucundaki disk sürtünme ile kendisine dik olan iki diske inme ve çıkma durumuna göre sürterek aşağı yukarı iner çıkar. Koç hızları 0,6-1,2 m/s arasındadır. 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.



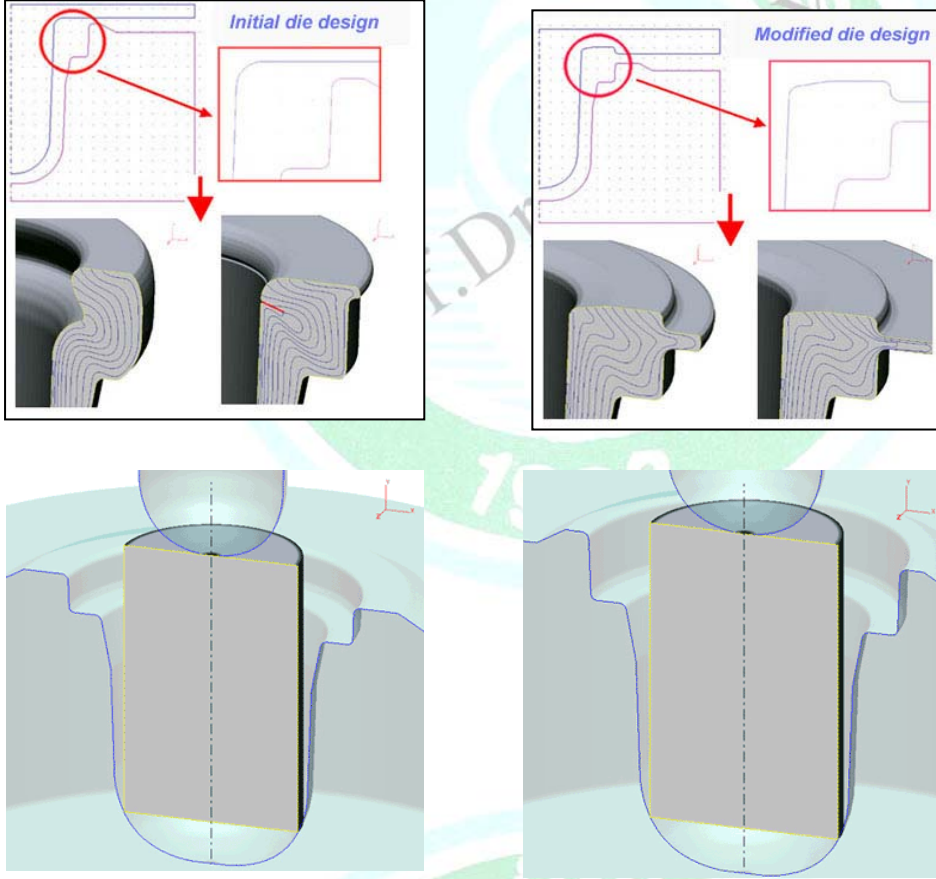
Pnömatik Çekiç (Şahmerdan):



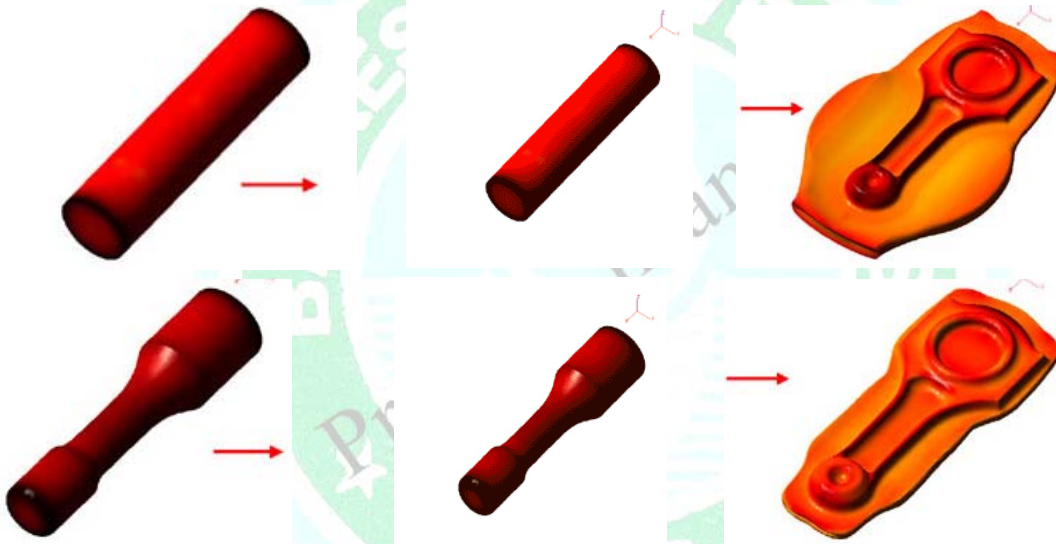
DÖVME KUSURLARI

1. Hammaddeden gelen kusurlar:

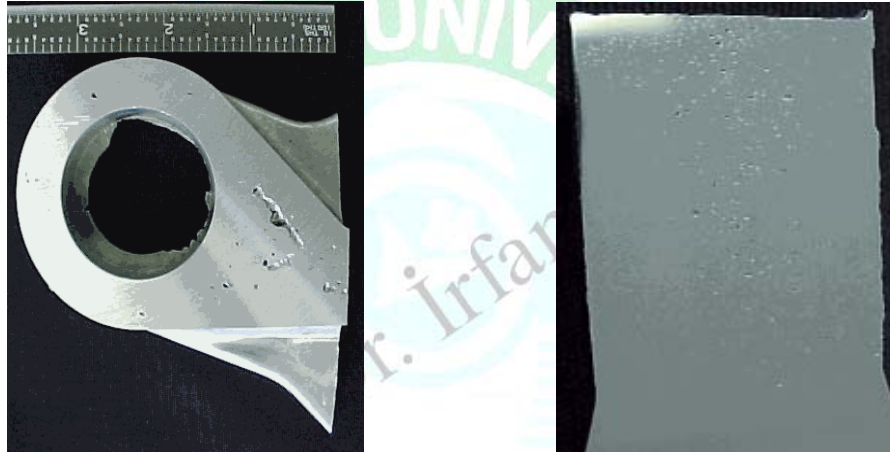
a. Katmer Kusuru:



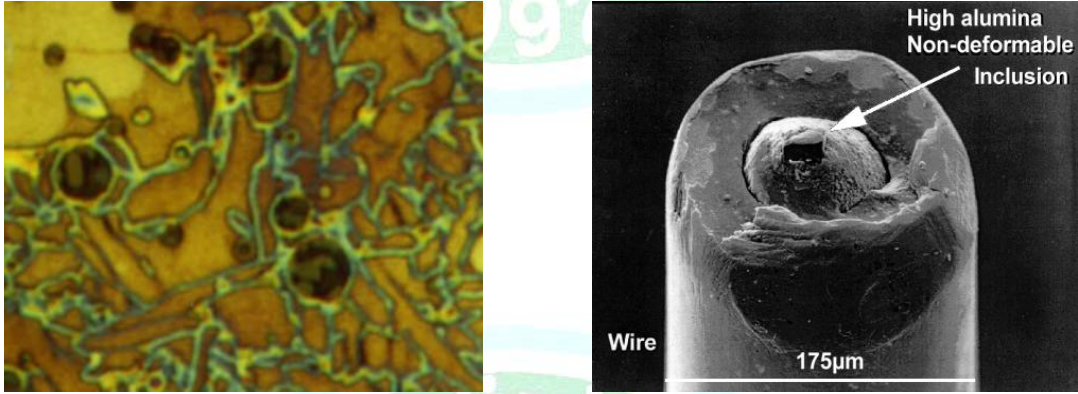
b. Gereğinden fazla malzeme(ΔV):



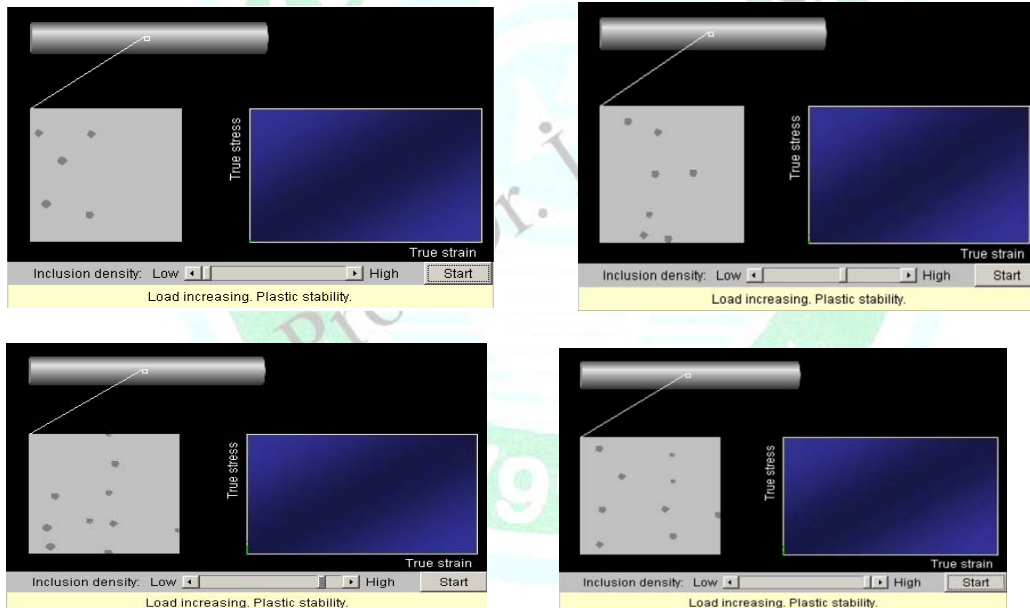
c. Gözenek (porozite) kusuru: Dövme ile yalnızca bu kusur düzeltilebilir.



d. Kalıntı (inclusion) kusuru:

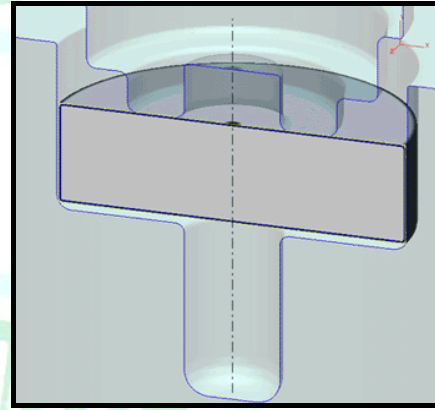
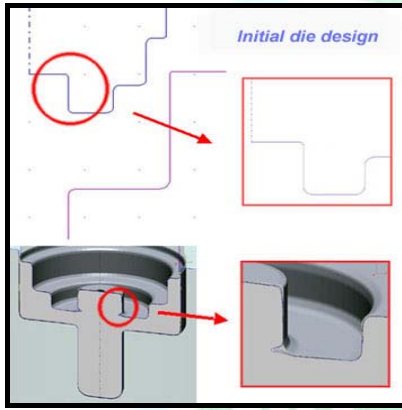
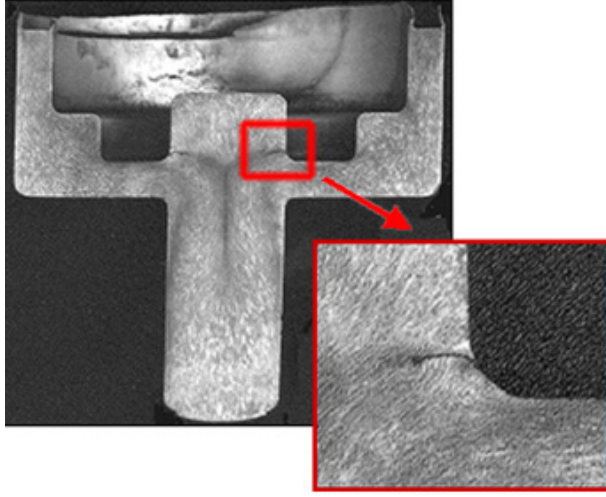


d. Kalıntı (inclusion) kusuru:

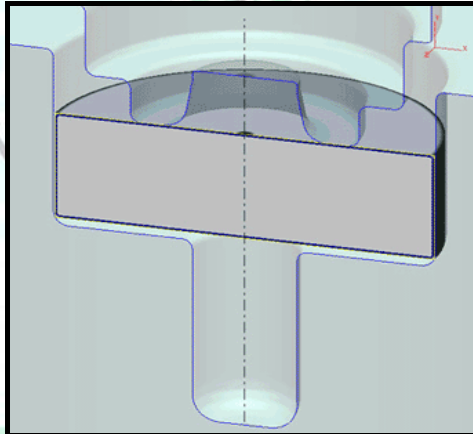
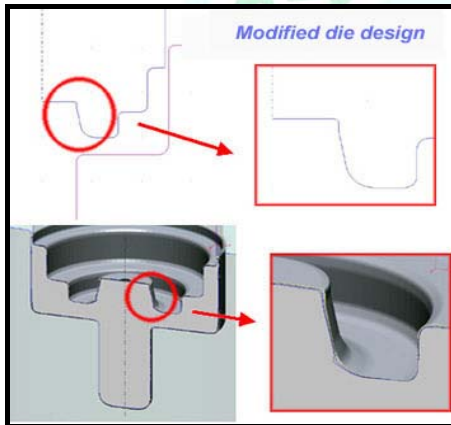


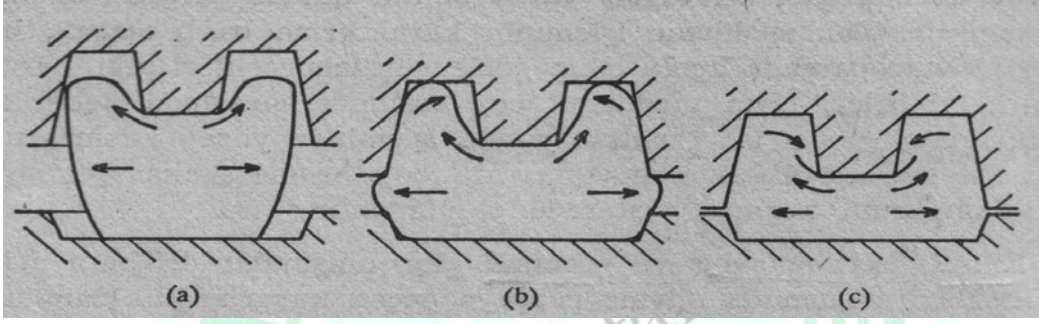
2. Kalıp Tasarımından Gelen Kusurlar

a. Keskin Köşe Kusuru

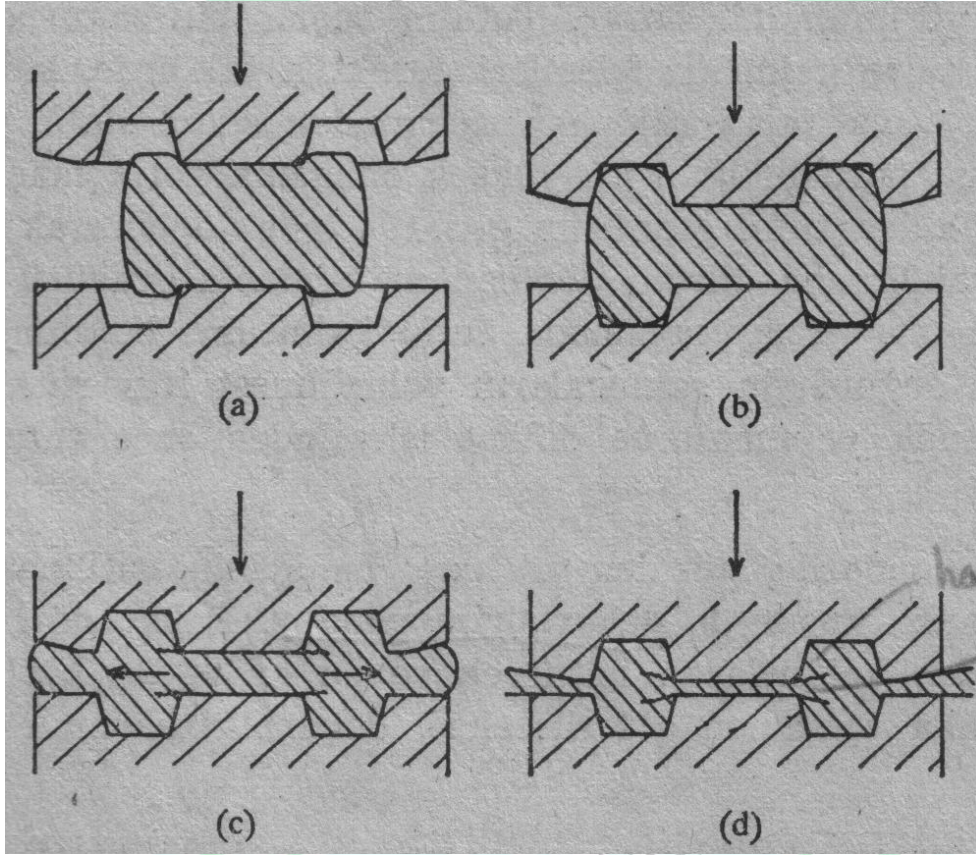


a. Keskin Köşe Kusuru

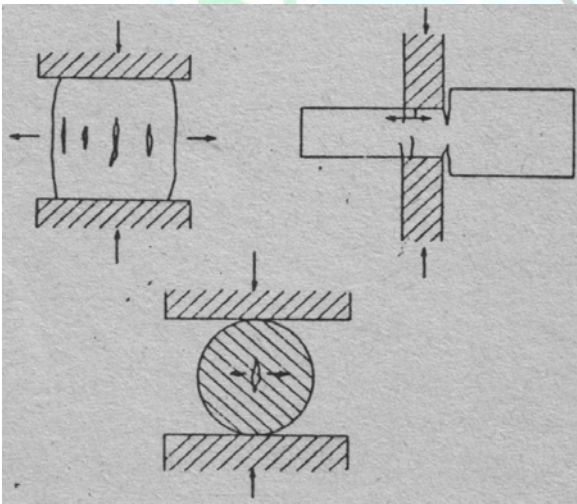




b. Fazla hammadde dar kalıp alanı kusuru



c. İkincil çeki gerilmeleri sebebiyle çatlak oluşumu



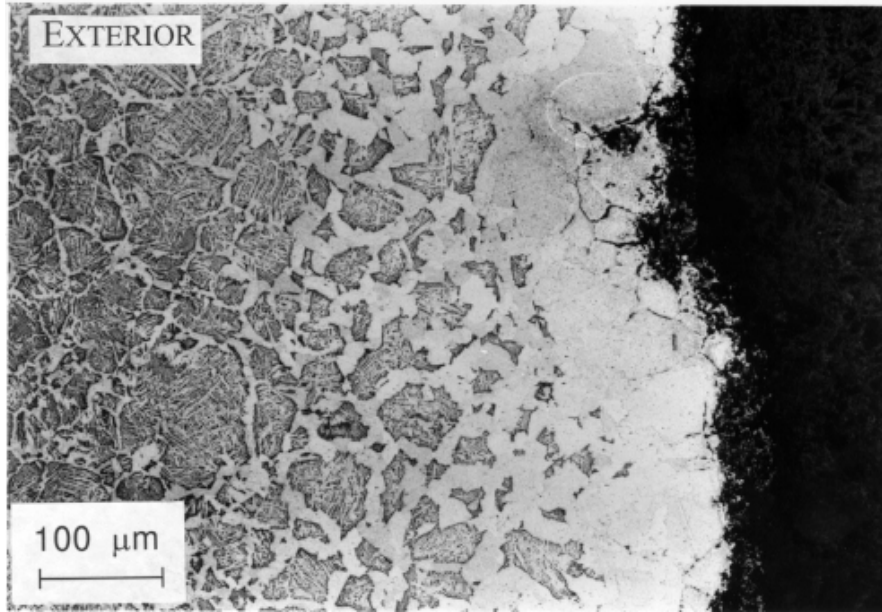
Çaresi iç bükey kalıp kullanmak

3. Isıl İşlemden Kaynaklanan Kusurlar

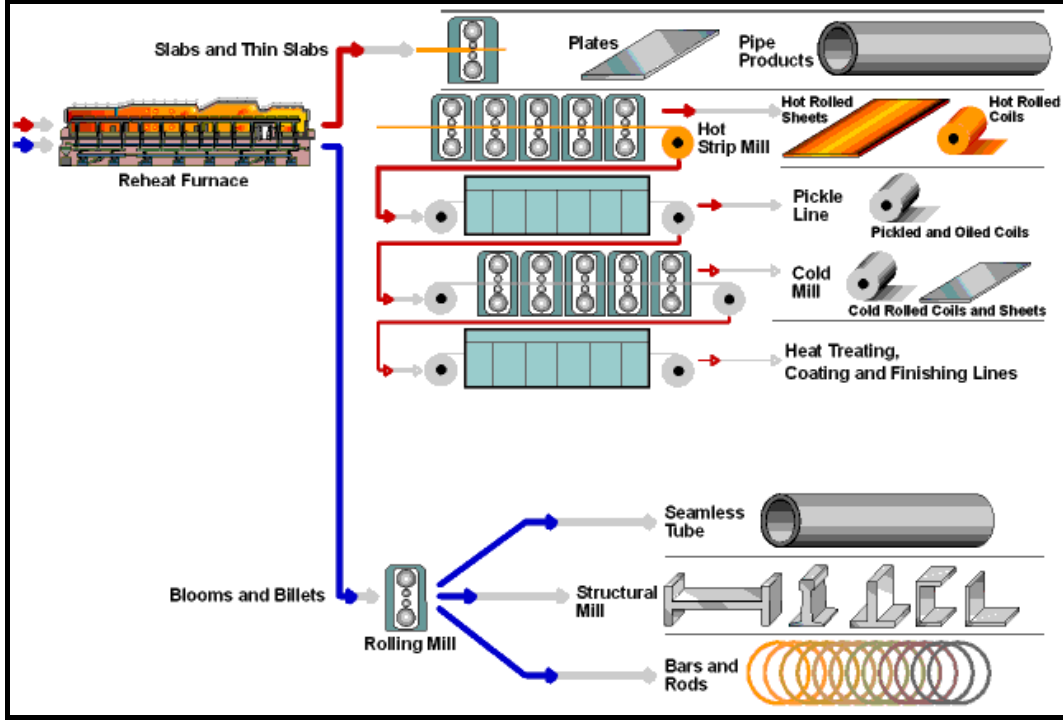
a) **Tufal Oluşumu:** Dövme işleminden önce tufal mutlaka giderilmelidir.



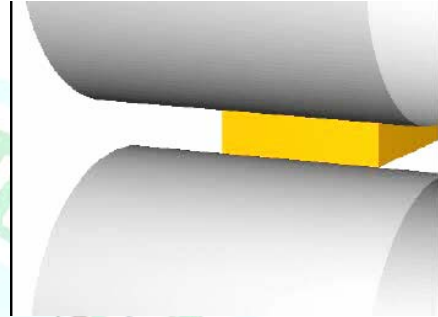
b) **Dekarbürizasyon (Karbonsuzlaşma):** Karbon kaybına uğrayan tabaka dövme sonrası talaş kaldırılarak giderilecekse sorun olmaz.



HADDELEME YOLU İLE İMALAT



TANIM : 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. Haddelemenin en temel hammaddesi **1x1x1,5m** boyutlarında çok büyük **ingot**lardır.



Dökümle üretilen ilk ürün = İNGOT'lar



Çelik ingotlar

(1*1*1,5 m)



Paslanmaz çelik ingotlar

İngot'ların haddelenmesi sonucu

SLAB : (Eni 60*150 cm kalınlığı 5 cm – 25 cm)

BLUM : (kesiti –max.30*30 cm-min. 15*15 cm)

KÜTÜK : (kesiti max. 15*15 cm- min.5*5 cm)

olan yarı-mamul elde edilir.

İNGOT'lar' dan haddeleme yolu ile üretilen **SLAB , BLOOM ve KÜTÜK**



SLAB

(Dikdörtgen) 150*60 cm



BLOOM

Kare-30*30 cm



KÜTÜK

Kare -15*15 cm

Not: Tüm ölçüler değişebilir.

Slab' dan :

LEVHA : (Kalınlığı 5 mm den büyük , genişliği 60 cm den büyük) ,

SAC : (Kalınlığı 5 mm'den küçük, genişliği 60 cm' den büyük)

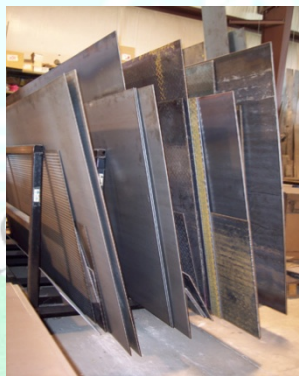
ŞERİT- BAND : (Kalınlığı 5mm den küçük, genişliği de 60 cm'den küçük) ebatlarında olan ara ürünler elde edilir.

SLAB'lar' dan haddeleme yolu ile üretilen **LEVHA, SAÇ , ŞERİT**



LEVHA kalınlık > 5 mm

60*150 cm



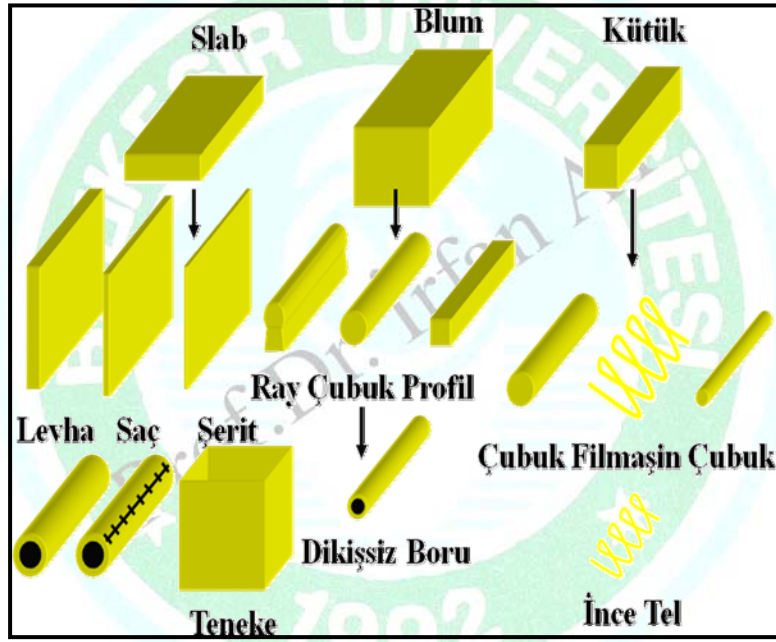
SAÇ Kalınlık > 5mm

En > 60 cm

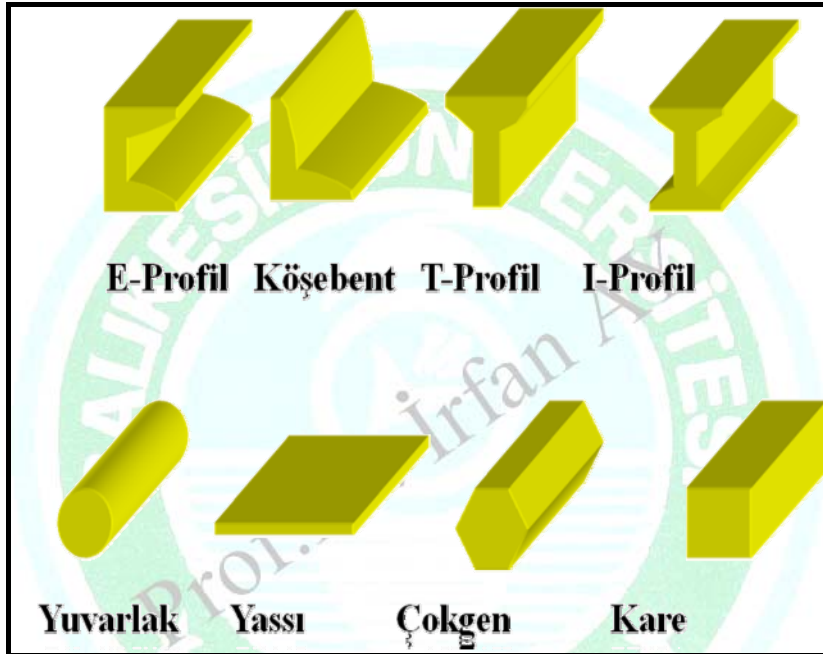


ŞERİT –BANT Kalınlık < 5 mm

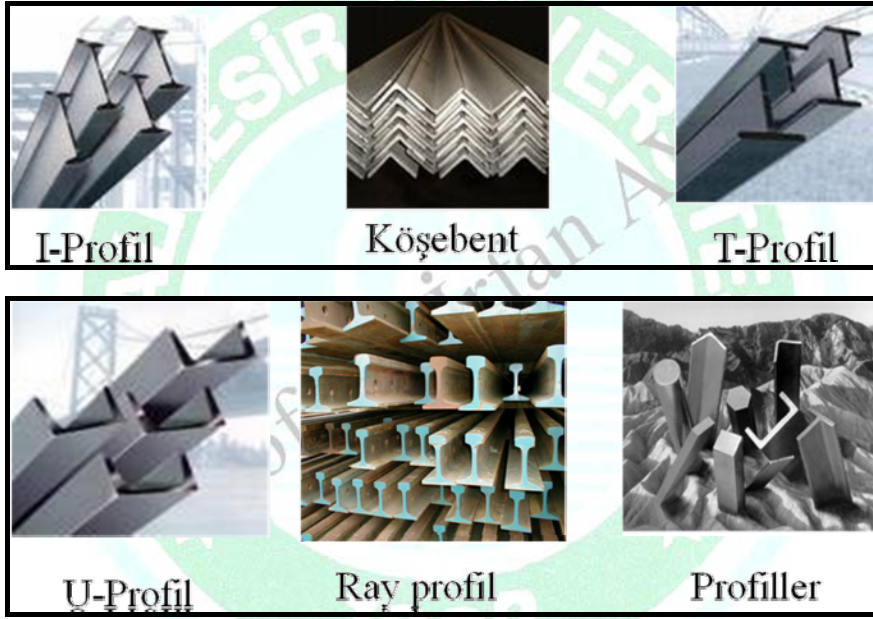
En < 60 cm



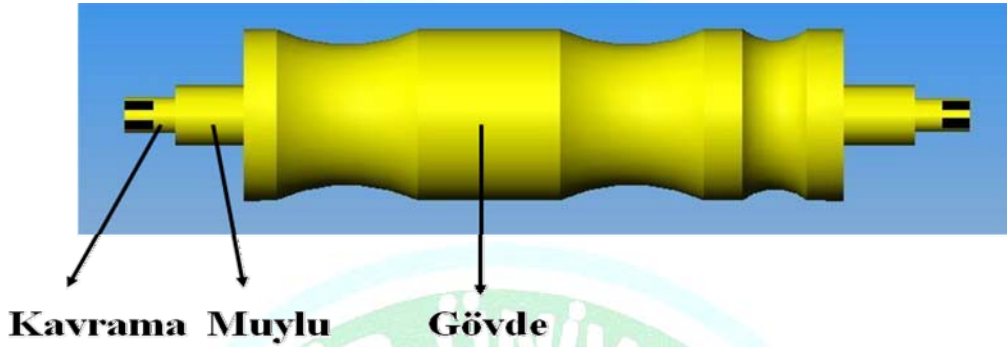
Hadde yolu ile üretilen çeşitli profiller



PROFİL ÇEŞİTLERİ

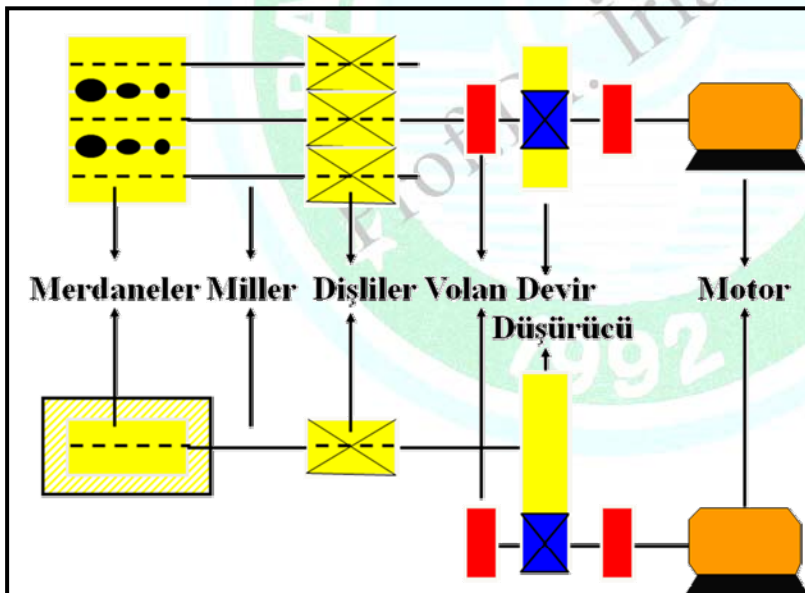


MERDANE YAPISI



Merdanenin Yapısı:

Malzemesi: DD (alaşımli alaşimsız)
DÇ (alaşımli alaşimsız)



HADDE DÜZENEĞİ

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 düşürülme-

si gerekir. Küçük dişli, büyük dişli ikilisinde bu istek yerine getirilir.Hareket ileten dişlilerin her birinde aynı devir ve güç bulunur.

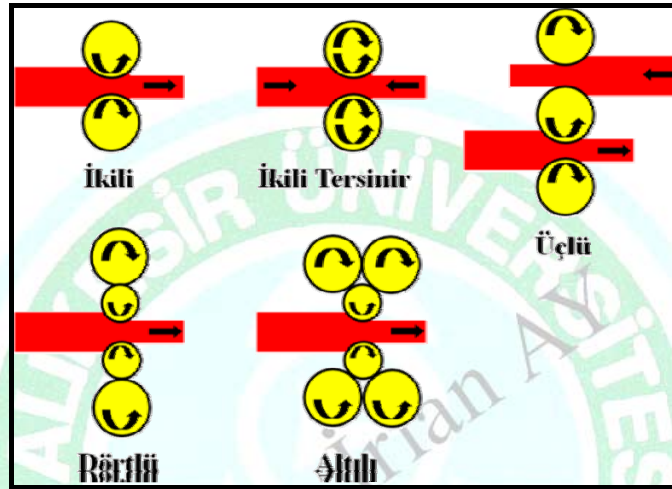
HADDE AYAĞI

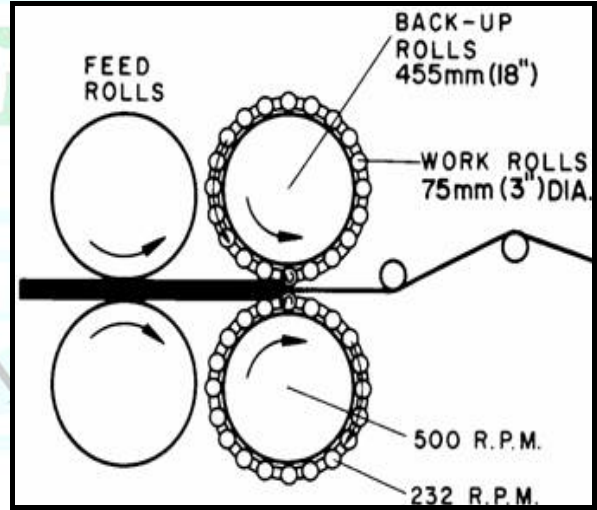
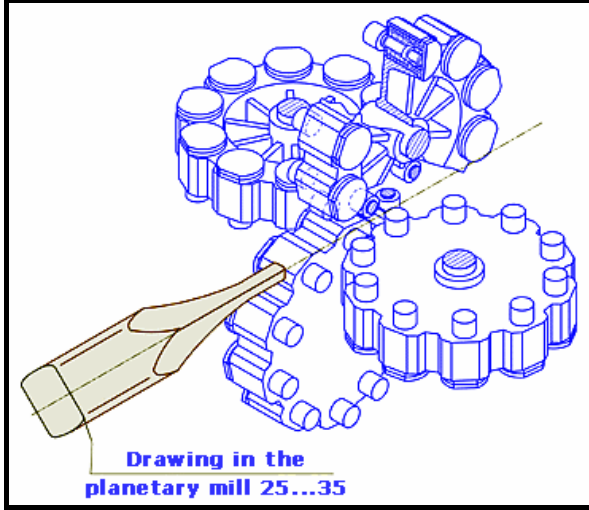
Hareket, millerle merdanelere iletilir. Böylece merdaneler çalışır. En sondaki üçlü merdaneye **ayak** tabir edilir. Piyasada tekli, ikili, üçlü ayaklarla çalışıldığı gibi on, onbir ayaklı düzeneklerde mevcuttur.



Üçlü merdane düzeneği ,**üçlü ayak**

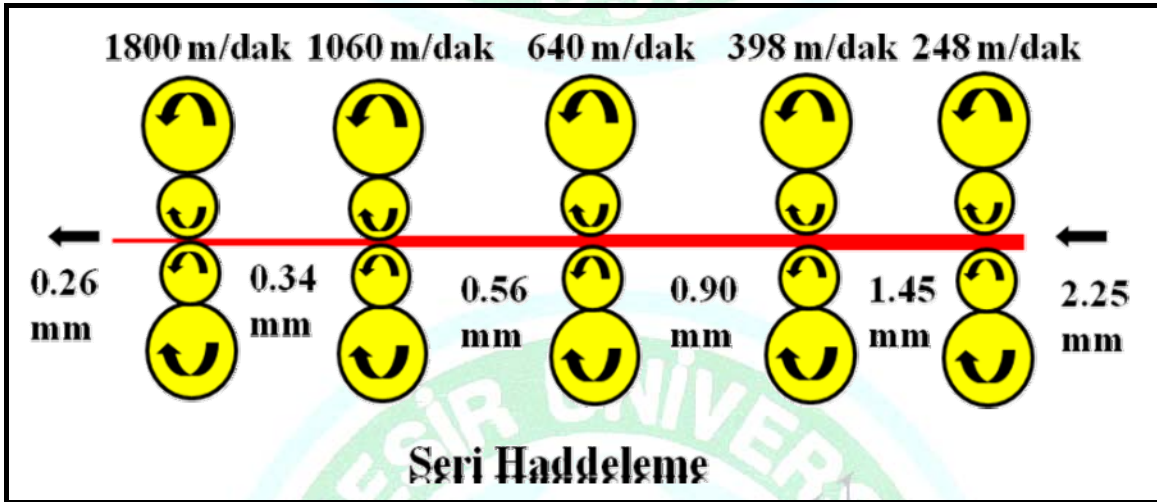
MERDANE DÜZENLERİ





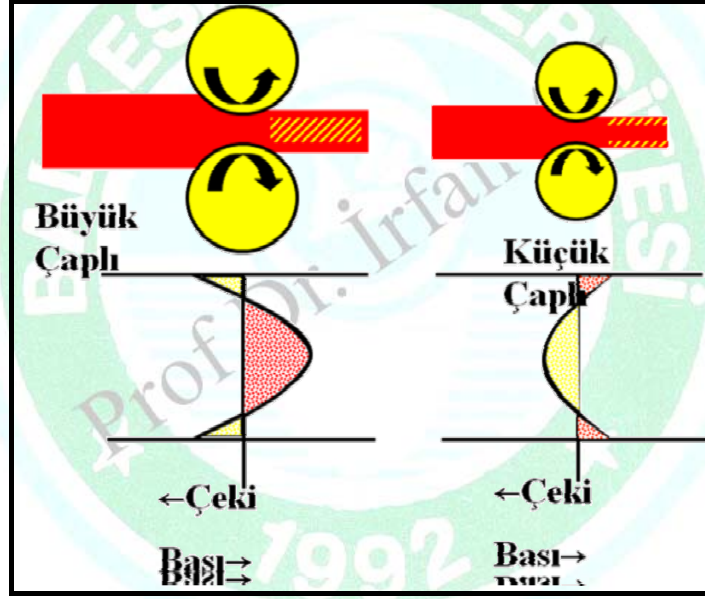
Planet Düzenegi

Saç kalınlığının haddeleme yolu ile azaltılması



“ARTIK GERİLMELER”

Yorulma ömrünü artıran bası gerilmeleri büyük çaplı da ortada küçük çaplıda yüzeyde oluşur



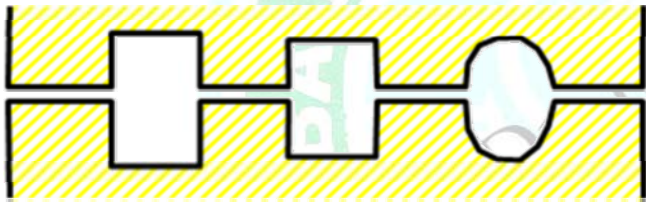
ÇUBUK VE PROFİLLERİN HADDELENMESİ

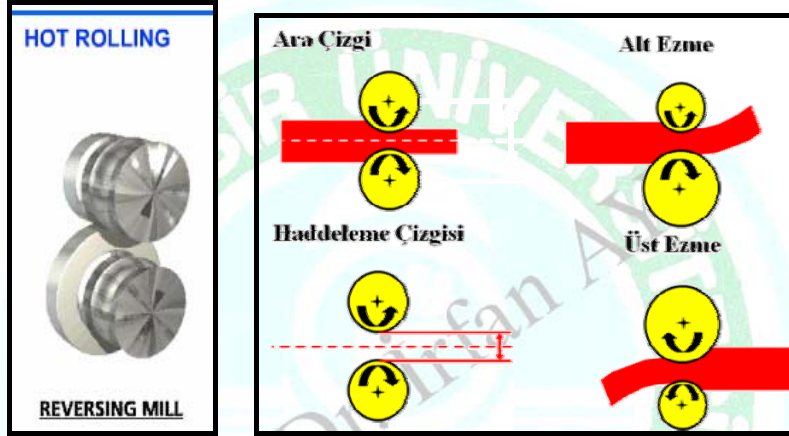


Kalibre: Merdanenin yüzeyine açılmış uygun profiller.

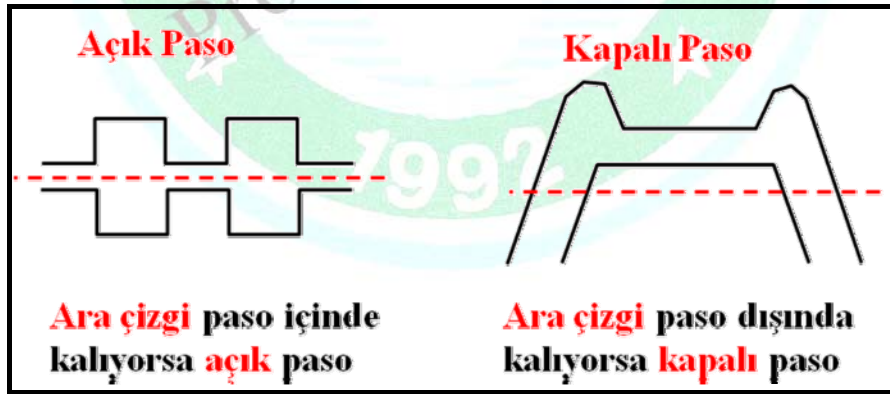


Paso: Karşılıklı iki merdane bir araya geldiğinde ortaya çıkan şekle denir.

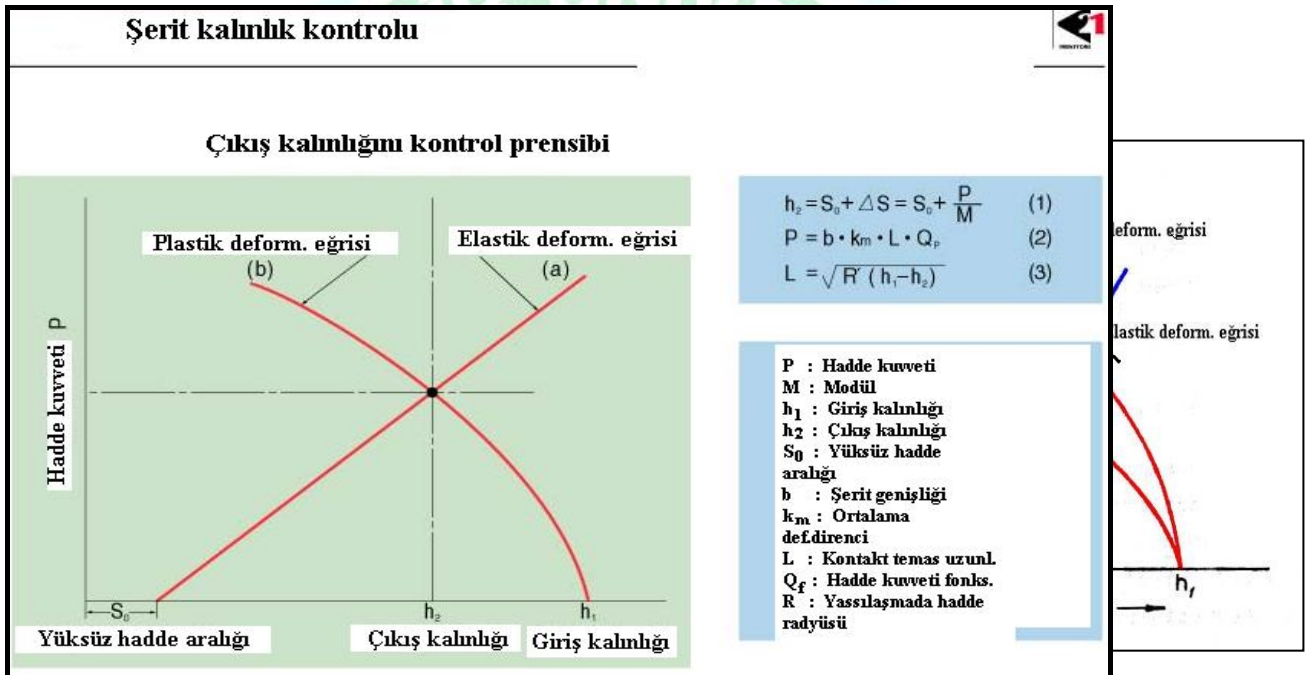




AÇIK PASO - KAPALI PASO



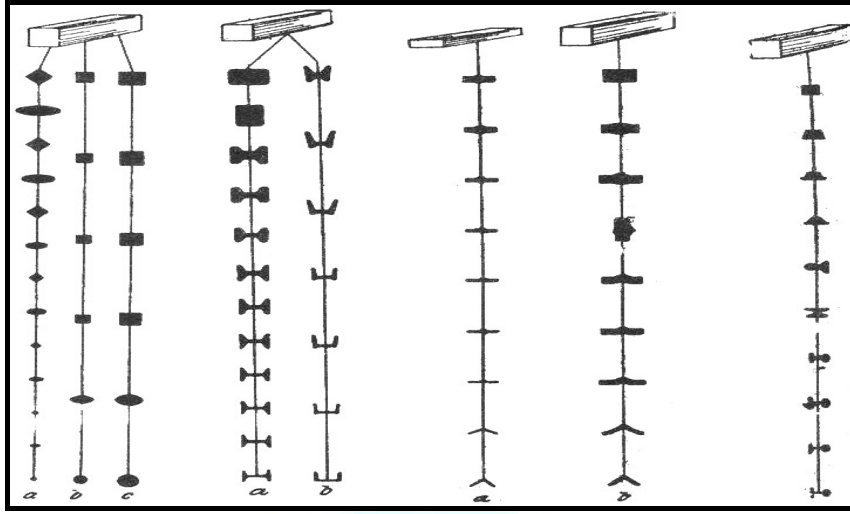
SAC HADDELEME İŞLEMİNDE KALINLIK KONTROLÜ



- Normal sac haddelemede (h_1) kalınlığında giren sac (h_2) kalınlığında çıkar.
- Haddeleme şartları değişirse, yani ($T_0 \downarrow, \mu \uparrow, \sigma \uparrow$) malzemenin şekil değiştirmesini anlatan **plastik eğri** sağ'a kayar. Merdanelerin elastik şekil değiştirmesini anlatan **elastik eğri** sol'a kayar.
- Kalınlık artar. (h_2) olur. sac kalın çıkar.
- Sac kalınlığını bu yeni şartlarda da kontrol etmek istiyorsak (h_2 de sabitlemek gibi), haddeleme kuvvetini P_3 'e çıkartmalıyız. Hadde aralığını da **daha az** tutmalıyız.

SAC HADDELEME İŞLEMİNDE KULLANILMASI GEREKEN KALİBRE KULLANIMI VE SIRALARI

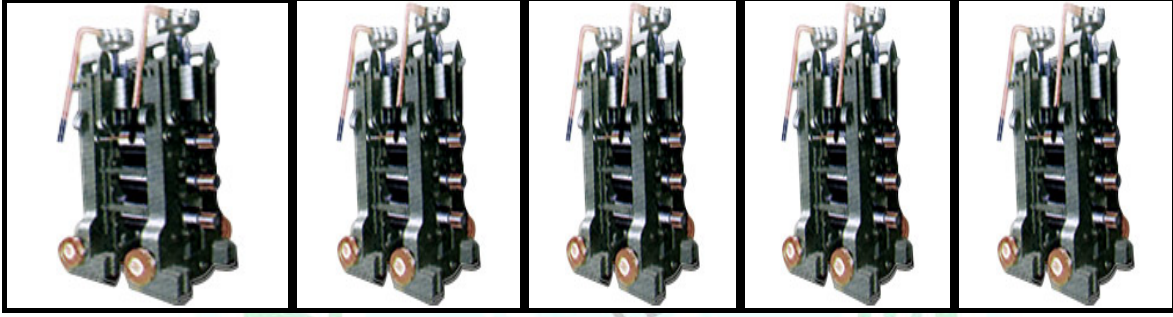
Bunun için genel bir kural yoktur. Aynı profil birkaç türlü elde edilebilir.



HADDELEME İŞLEMİ (Kalibre ölçüleri)



ÇOKLU HADDENİN ART ARDA SIRALANMASI



HADDELEME İŞLEMİNDE PASO'LARDA DEVİRME

Haddeleme işleminde, parçanın çıkıştaki genişliği, giriştekine nazaran artar, bu durum akma direncini artırır. Bu yüzden “genişleme” az olur. Aynı zamanda yüksekliğinde de azalma olur. Buna “ezilme” diyoruz. Ezilme, uzunluk artışına neden olur. Ezilme (Δh), genişleme (Δb) ile gösterilir. Literatürde bu iki değer arasındaki ilişkiyi veren formüller vardır.

GEUZE denklemi (I): $(\Delta b) = c \cdot (\Delta h)$ $c=0,30-0,35$

Tafel,-Sedlaczek denk.(II) $(\Delta b) = (\Delta h) / 6 * [\sqrt{R/h_0}]$ R : Merdane yarıçapı

ÖRNEK : $h_0 = 600$ mm'lik bir yükseklik ilk paso'da $h_1=500$ mm'e indirgenecektir. $b_0 = 600$ mm olduğuna göre ; b_1 genişlemesi ne olur?

ÇÖZÜM : $h_0 * b_0 = 600 * 600$ mm kare kesit

$$h_1 * b_1 = 500 * ? \text{ (Denk. I' e göre çözersek)}$$

$$\Delta b = c * \Delta h \text{ dan } c=0,30 \text{ alınarak}$$

$$\Delta h = 600 - 500 = 100$$

$$\Delta b = 0,30 * 100 = 30 \text{ mm}$$

Buradan ; $b_1 - b_0 = 30$ $b_1 = 600 + 30 = 630$ mm olur parça 1.ci paso'da ($500 * 630$) boyutlarında olur.

ÖRNEK : Aynı problem **ikinci** formülle hesaplanırsa ;

$$\text{ÇÖZÜM} : (\Delta b) = (\Delta h) / 6 * [\sqrt{R/h_0}] \text{ dan } = 100/6 [\sqrt{R/h_0}]$$

$$R=450 \text{ mm olsun } 100/6 [\sqrt{450/600}] = \sim 20 \text{ mm olur}$$

$$\Delta b = \sim 20 \text{ mm}$$

Buradan ; $b_1 = b_0 + \Delta b = 600 + 20 = 620$ mm olur

Parça 1.ci paso'da ($500 * 620$) boyutlarında olur.

ÖRNEK : Tersinir ikili hadde düzeneği ile 8 paso'da (400*400 mm) lik bir kare kütük (250*250 mm) lik kare kesite indirilecektir.Gerekli kalibre düzenini kurunuz?

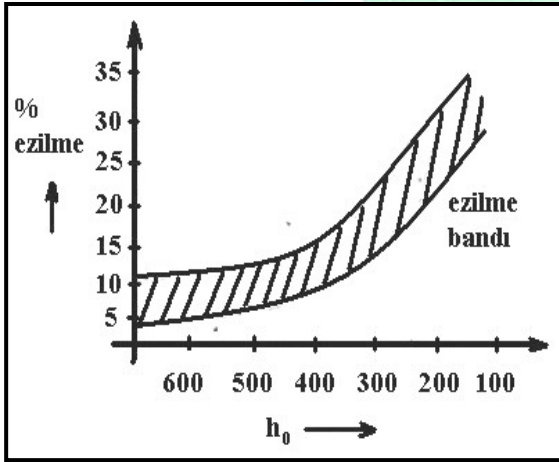
ÇÖZÜM : Başlangıçta ;

<u>PASO</u>	<u>h*b</u>	<u>Ezilme(Δh)</u>	<u>Genişleme(Δb)</u>
	400*400	400*0,15 = 60mm	20 mm
		(Eğriden %15)	(Hesapla)
			$\Delta b = a \cdot \Delta h$
			$\Delta b = 0,30 \cdot 60$
			$\Delta b \approx 20 \text{ mm}$



Aynı şekilde devam edilerek ,arka sayfadaki diyagram da esas alınarak hesaplamalar sonucu ;

EZİLME-GENİŞLME EĞRİSİ



ÖRNEK :

<u>PASO</u>	<u>h*b</u>	<u>Ezilme(Δh)</u>	<u>Genişleme(Δb)</u>
1	340*420	60	20
2	290*435	50	15
	90° döndürürsek , boyutlar (435 *290)		olur.
3	370*310	65	20
4	315*325	55	15
5	265*340	50	15
6	215*355	50	20
	90° döndürürsek , boyutlar (355 *215)		olur.
7	300*230	55	15
8	250*250	50	18

PROBLEMİN DETAYLI ÇÖZÜMÜ

ÖRNEK : değerleri bulunur. Ezilme ve genişleme hesapları;

Başlangıçta $\Delta h = 400 * 0,15 = 60 \text{ mm}$

$\Delta b = 60 * 0,30 = 18 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$

Boyut (340*420 oldu)

2. ci pasoda $\Delta h = 340 * 0,15 = 51 \approx 50 \text{ mm}$

$\Delta b = 50 * 0,30 = 15 \text{ mm}$

Boyut (290*435 oldu)

90° döndürünce boyut (435 * 290 oldu)

3. cü pasoda $\Delta h = 435 * 0,15 = 65 \text{ mm}$

$\Delta b = 65 * 0,30 \approx 20 \text{ mm}$

Boyut (370*310 oldu)

4. cü pasoda $\Delta h = 370 * 0,15 = 55 \text{ mm}$

$\Delta b = 55 * 0,30 = 16,5 \approx 15 \text{ mm}$

Boyut (315*325 oldu)

5 cü pasoda $\Delta h = 315 * 0,15 = 47 \approx 50 \text{ mm}$

$\Delta b = 50 * 0,30 = 15 \text{ mm}$

Boyut (265 * 340 oldu)

6.cı paso da $\Delta h = 265 * 0,20 = 53 \approx 50 \text{ mm}$

$\Delta b = 50 * 0,30 = 15 \text{ mm}$

Boyut (215 * 355 oldu) Bu boyut 90° çevrilsin

90° döndürülünce boyut (355*215) oldu

7. ci pasoda $\Delta h = 355 * 0,15 = 53 \approx 50 \text{ mm}$

$\Delta b = 50 * 0,30 = 15 \text{ mm}$

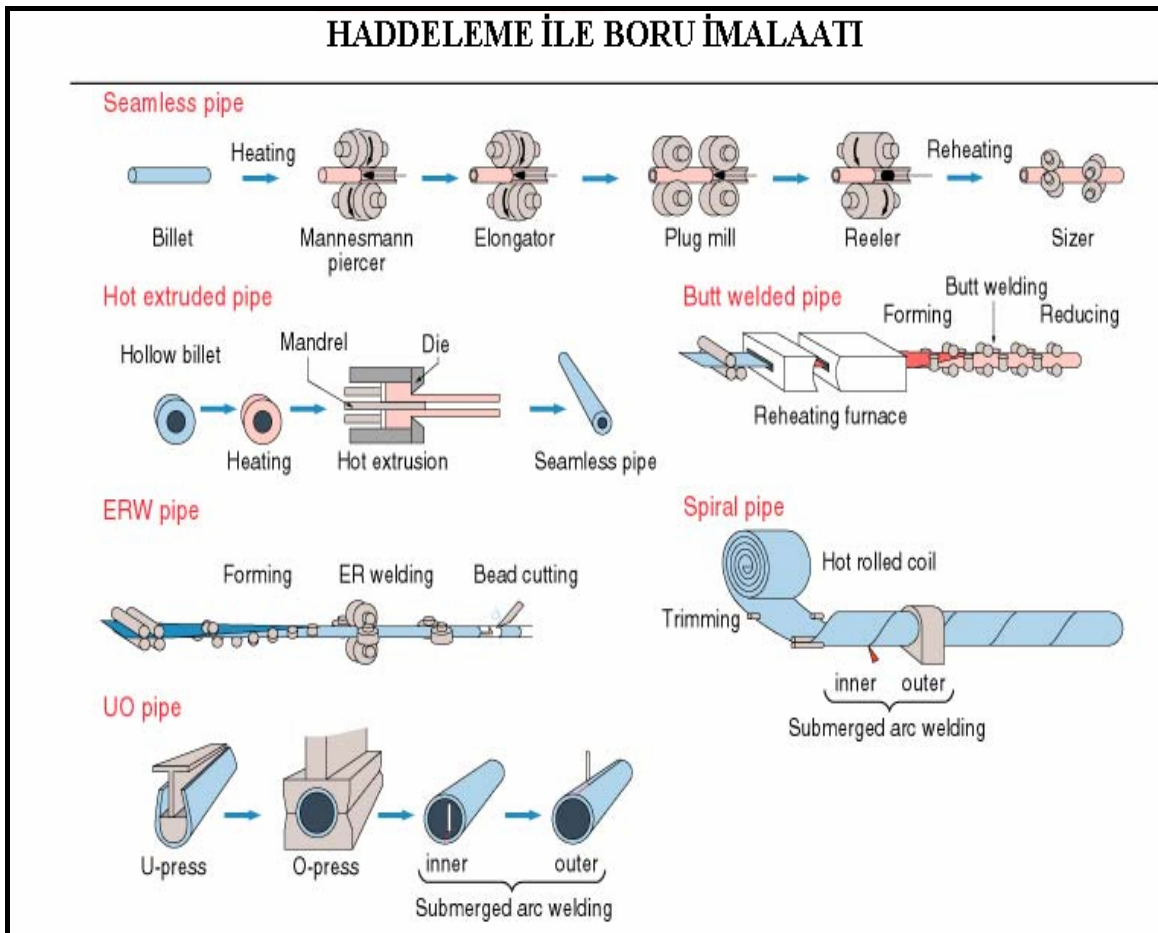
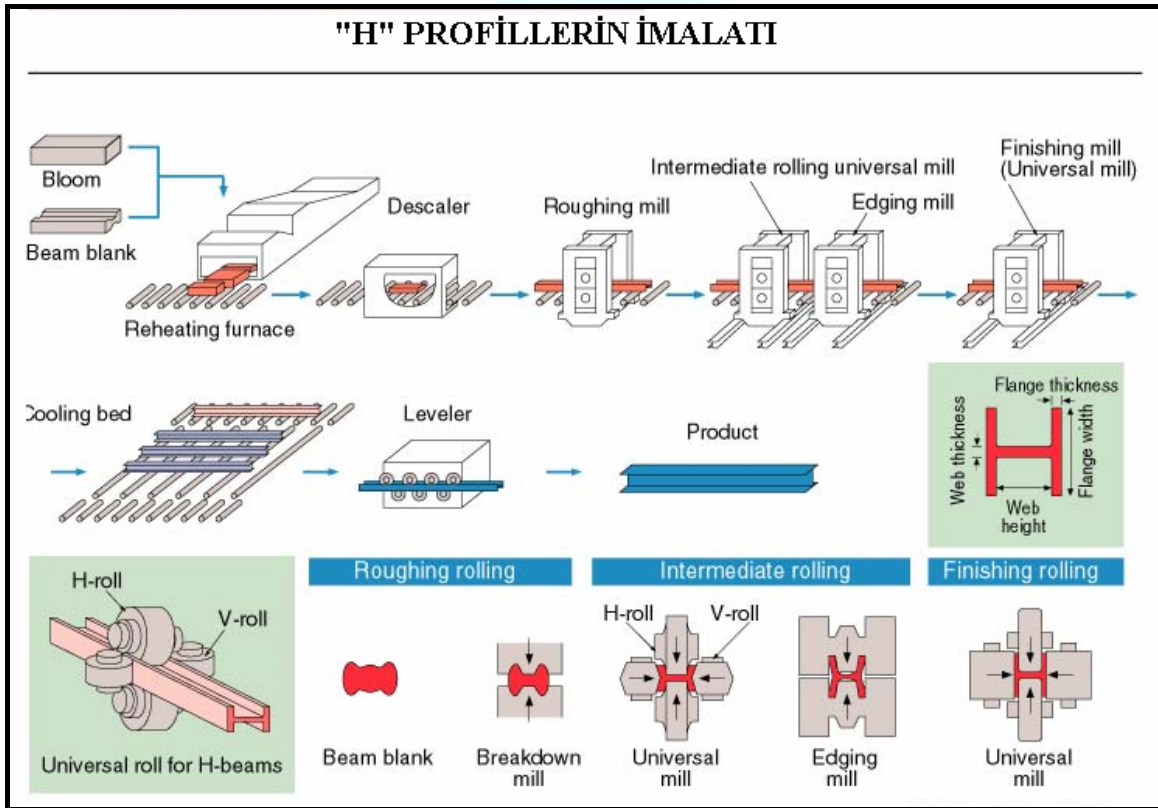
Boyut (300 * 230 oldu)

8.ci paso`da $\Delta h = 300 * 0,18 = 54 \approx 50 \text{ mm}$

$\Delta b = 50 * 0,35 = 18 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$

Boyut (250 * 250 oldu)

BÖYLECE 8 PASO SONUNDA BOYUTLAR İSTEDİĞİMİZ DEĞERE GELMİŞ OLDU.



HADDELEMENİN MEKANİĞİ

HADDELEMEDE İKİ BOYUTLU DEFORMASYON

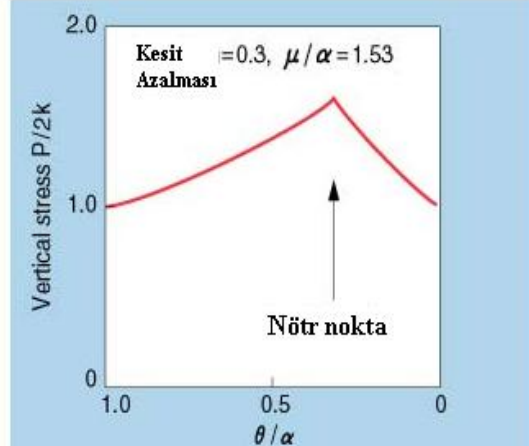


a)-haddelemede mlz boyutu ve gerilmesi

$$\frac{d(hQ)}{dx} = 2P(\tan \theta \mp \mu) \quad (1)$$

- : Girişten nötr noktaya kadar
+ : Nötr noktadan hadde çıkışına kadar

$$P - Q = 2k \quad (2)$$

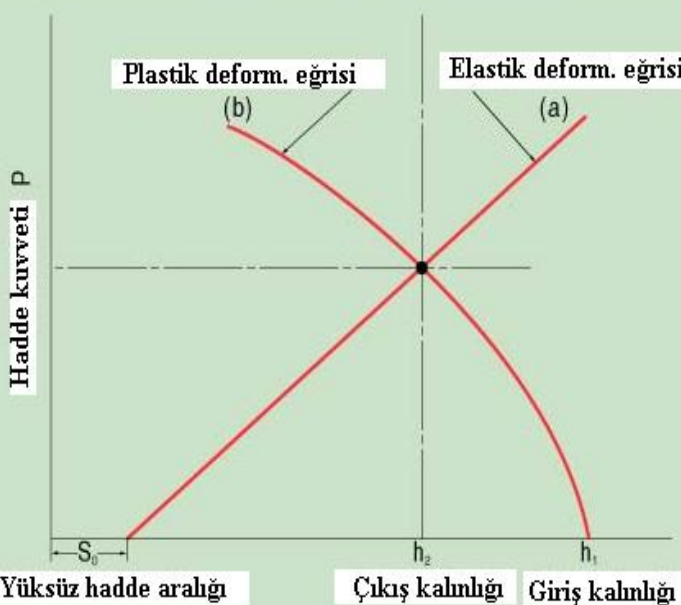


b)-Düşey gerilme dağılımı

P : Hadde gerilmesi nin düşey bileşeni
Q : Yatay gerilme
mu : Sürtünme kats.
k : Kayma-akma gerilmesi
h1 : Giriş kalınlığı
h2 : Çıkış kalınlığı
L : Temas uzunluğu
Pr : Hadde düzlemine dik gerilme

Şerit kalınlık kontrolü

Çıkış kalınlığı kontrol prensibi



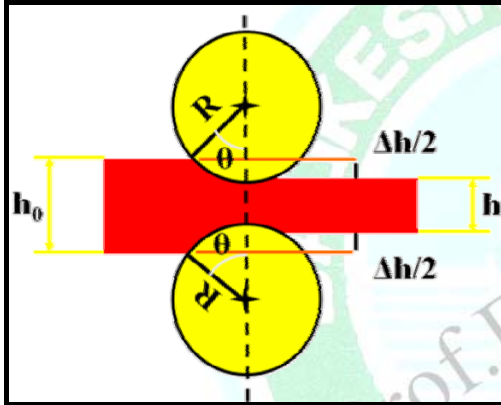
$$h_2 = S_0 + \Delta S = S_0 + \frac{P}{M} \quad (1)$$

$$P = b \cdot k_m \cdot L \cdot Q_f \quad (2)$$

$$L = \sqrt{R' (h_1 - h_2)} \quad (3)$$

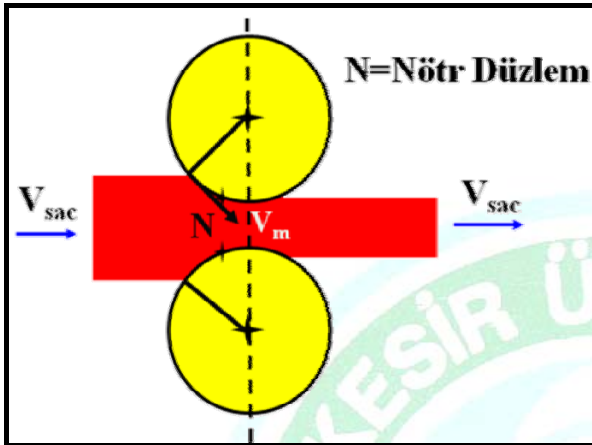
P : Hadde kuvveti
M : Modül
h1 : Giriş kalınlığı
h2 : Çıkış kalınlığı
S0 : Yüksüz hadde aralığı
b : Şerit genişliği
km : Ortalama def.direnci
L : Kontakt temas uzunl.
Qf : Hadde kuvveti fonks.
R : Yassılaşımda hadde radyüsü

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

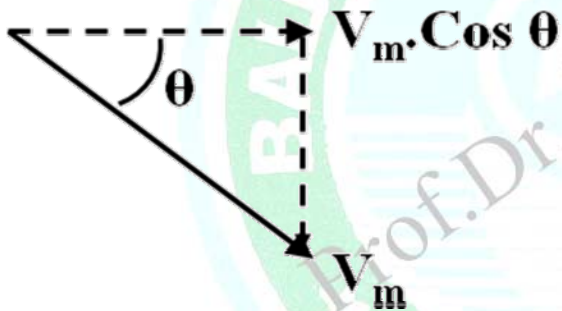


$$V_{\text{SAÇHIZI}} = V_{\text{MEREĐ.HIZI}} \cdot \cos\theta$$

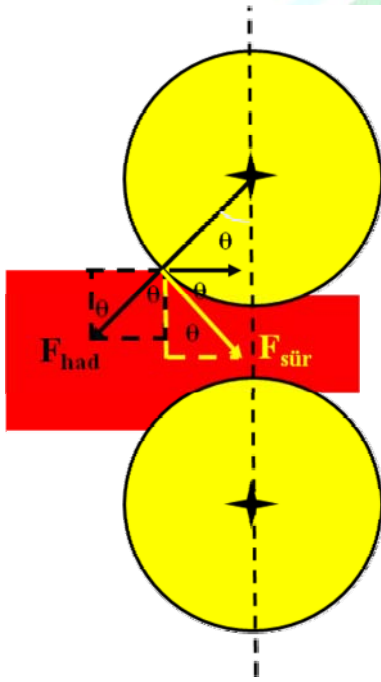
$$V_s - V_m \cdot \cos\theta < 0$$

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

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



HADDELEME KUVVETLERİ



$$F_{\text{had}} \cdot \sin \theta \quad F_{\text{sür}} \cdot \cos \theta$$

$$F_{\text{sür}} = F_{\text{had}} \cdot \mu$$

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

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

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

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

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

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

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

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

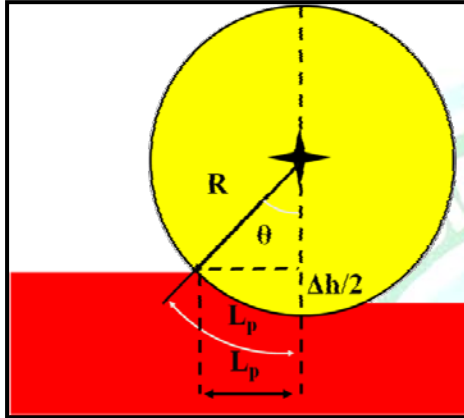
c) $F_{\text{sür}} \cdot \cos \theta < F_{\text{had}} \cdot \sin \theta$ ise

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

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

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

MAKSİMUM KALINLIK AZALMASI HESABI



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

b) Pisagor bağıntısını yazarsak

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

İhmal

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

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

c) (a)'da yerine koyarsak

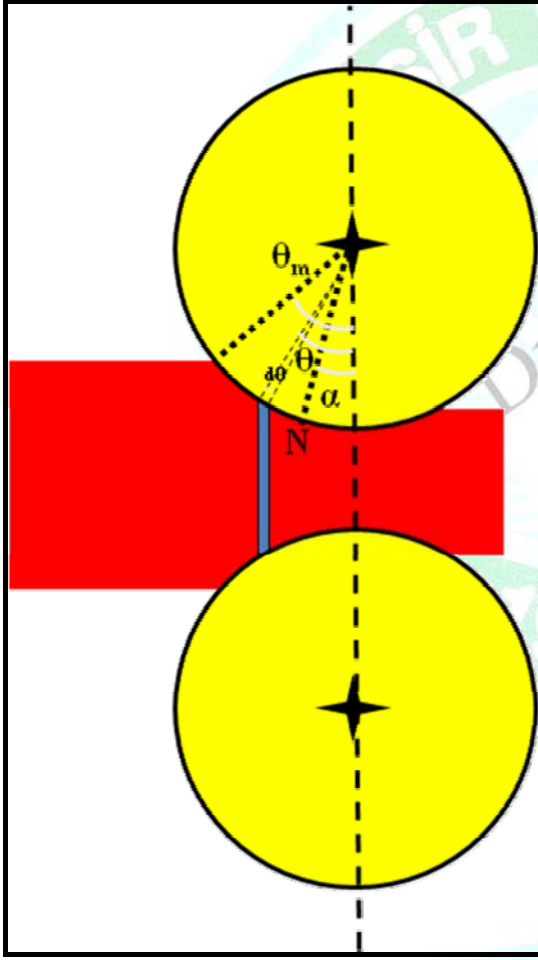
$$\text{tg} \theta = \frac{\sqrt{R \Delta H}}{R - \frac{\Delta H}{2}} \Rightarrow \text{tg} \theta = \sqrt{\frac{R \Delta H}{R^2}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{R}}$$

İhmal

Her iki tarafın karesi alınırsa;

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

HADDELEME İŞLEMİNDE BASINÇ



Giriş Bölgesinde

$$p = \frac{h}{h_0} \cdot \sigma_m \cdot e^{\mu(\beta_0 - \beta)} \quad \sigma_m = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_{ak} \Rightarrow \sigma_m = 1,15 \cdot \sigma_{ak}$$

Çıkış Bölgesinde

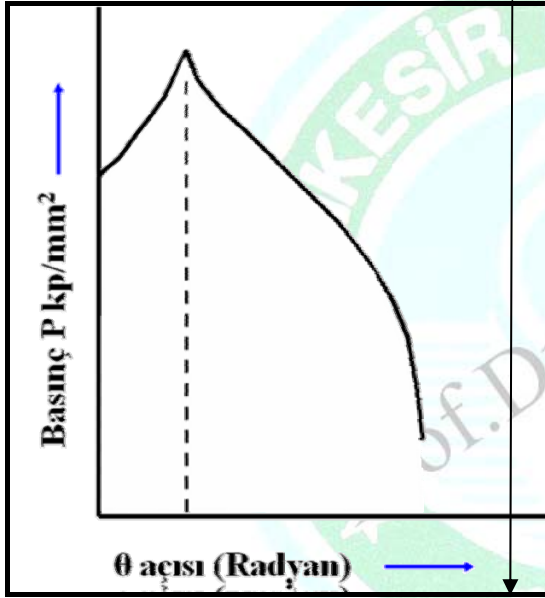
$$p = \frac{h}{h_0} \cdot \sigma_m \cdot e^{\mu\beta}$$

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

HADDELEME GÜCÜ HESABI

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

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

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

Haddeleme kuvveti temas yayının ortasına etkidiği kabul edilirse:

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

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

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

Tek merdane için;

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

Çift merdane için;

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

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

GÜÇ FORMÜLÜ

Sürtünme kuvvetini esas alarak moment bulmak istersek;

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

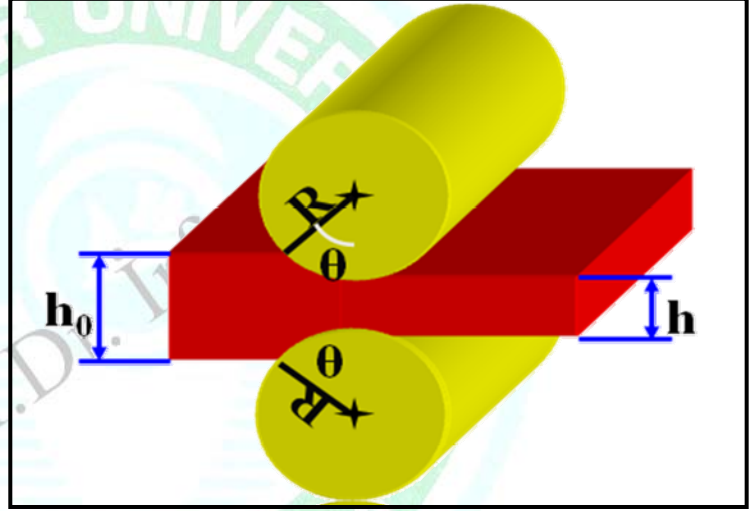
$$\frac{M}{2} = \int_{\alpha}^{\theta_m} b \cdot \mu \cdot p \cdot R \cdot R \cdot d\theta - \int_0^{\alpha} b \cdot \mu \cdot p \cdot R \cdot R \cdot d\theta$$

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

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

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

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

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

$$\sigma_m = \frac{K.\epsilon^n}{n+1} \Rightarrow \epsilon = \ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{25,4}{20,3} = 0,224$$
$$\sigma_m = \frac{21.0,224^{0,2}}{0,2+1} = 13 \text{ kp / mm}^2$$
$$F_{\text{had}} = 39,44.230.13 \approx 1179260 \text{ N}$$

c) İki merdane için güç

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

OVALAMA İLE VİDA İMALİ

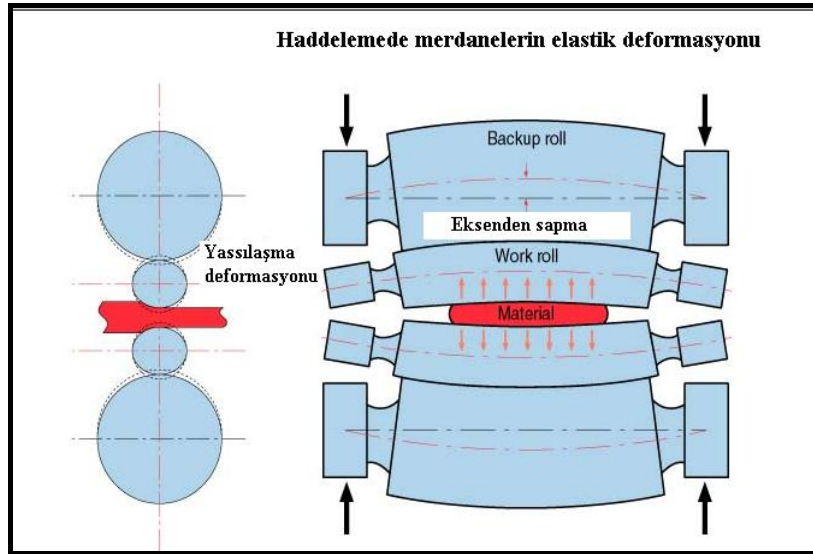
Cıvata, saplama'ların dişleri soğuk olarak ovalama yöntemi ile açılır. Parça ya düzlemsel, yada silindirik merdaneler arasından geçirilir. Ovalamada malzeme kaybı olmaz. Yüksek üretim hızı vardır. Mekanik özellikler yüksektir. (σ_{ak} , $\sigma_{çek}$ ve sertlik) "Artık gerilmeler" basma gerilmesi olduğundan yorulma ömürleri uzun olur.



HADDE KUSURLARI

Basma Kuvvetleri Sebebiyle Doğan Kusurlar:

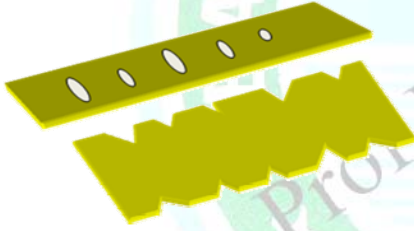
1. Haddelerin eğilip farklı kalınlıkta ürün çıkması:



2. Saçlarda dalgalı 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:

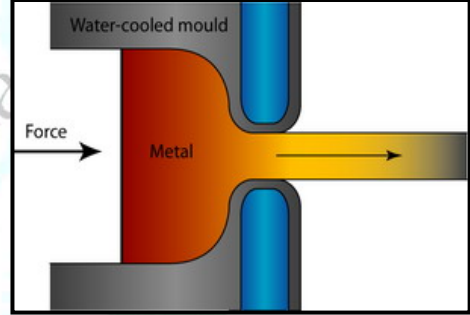


Sürtünme sebebiyle ortada basma kenarlarda çeki gerilmeleri doğar, bu çeki gerilmeleri malzeme sünek olmadığı takdirde orta kısım kenarlara kıyasla çok fazla uzarsa saç ortadan ikiye bölünür.

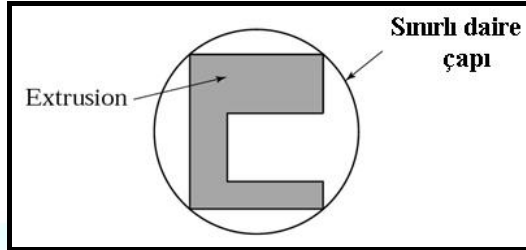
EKSTRÜZYON YOLU İLE İMALAT

EKSTRÜZYON TANIMI (I) :

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 takoz**a baskı yapılır. Metal takoz zorla **matris** adını verdiğimiz **kalıp** içerisinden geçirilir. Böylece ekstrüzyon yoluyla imalat gerçekleşmiş olur.



- Genel bir benzetme yapacak olursak, diş macununu sıkmaya benzer.
- Extrüzyonu sıcaklığa bağlı inceleyecek olursak ,oda sıcaklığında(**soğuk**) olarak veya daha yüksek sıcaklıklar da (**sıcak**) olarak yapılır.
- Extrüzyonla sınırlı çap'taki parçalar şekillendirilebilirler. Al' için (**6 mm – 1m arası**), çelik için (**150 cm**'ye kadar) Tipik ürün uzunlukları da 7,5 m den küçük olur.



- Extrüzyon işlemini :
- 1)-**kalıp açısı (α)** ,
 - 2)-**extrüzyon hızı**
 - 3)- **metal takoz sıcaklığı (T_0)**
 - 4)- **Yağlama (μ)** parametreleri; etkiler.



SICAK EKSTRÜZYON

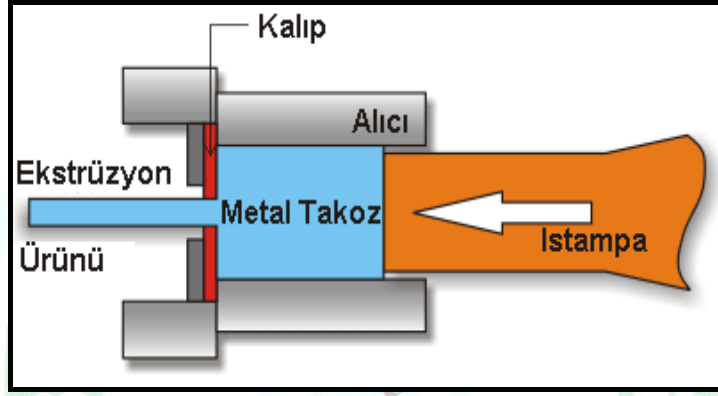
- Metal ve alaşımların çoğu oda sıcaklığında yeteri kadar sünek değildir. Bu yüzden sıcak ekstrüze edilirler
- Kuvvet ihtiyacı az olur.
- Kalıp aşınması artar.
- Isıtılan metal takozlarda **aşındırıcı oksit filmi** oluşur.
- Ön levhaya hafif çap küçültmesi yaparak oksit problemi çözülür.
- Kalıplar çeliktendir. Ömür artırmak için “**zirkonyum**” kaplanır.
- Yağlayıcı olarak “**cam**” kullanılır.

SOĞUK EKSTRÜZYON

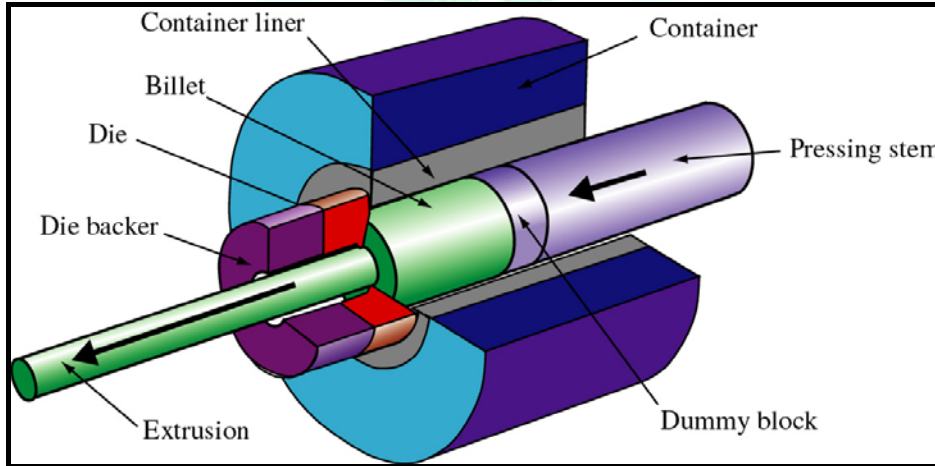
- Sanki ekstrüzyon ile dövmenin birlikte yapıldığı bir işlem gibidir.
- 40 mm den daha küçük metal takoz'ların ekstrüde edilmesi yapılır
- Şayet sürtünme ısısı rekristalizasyon sıcaklığına kadar ulaşmaz ve o sıcaklıkta kalmazsa “pekleşme” olayı mekanik özellikleri iyileştirir.
- Son ürün boyutlarının toleransları iyidir.
- Oksit filmi oluşmaz
- Isıtma olmadığından daha az enerji harcanır.
- Yağlama bu işlemde önemli bir parametredir.

Dört tip ekstrüzyon yöntemi vardır:

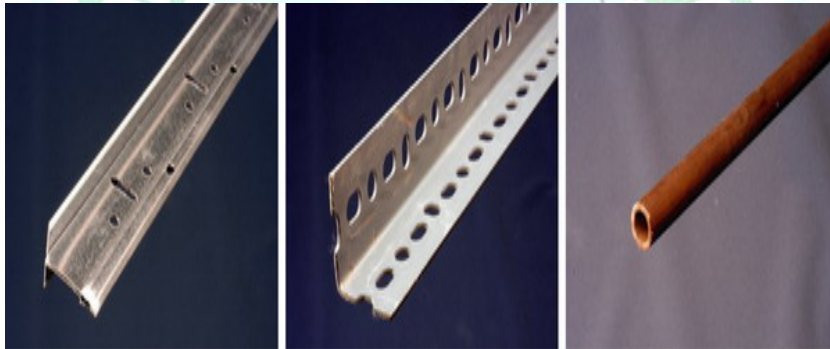
- 1)- Direkt ekstrüzyon
- 2)- İndirekt ekstrüzyon
- 3)- Hidrostatik ekstrüzyon
- 4)- Darbeli ekstrüzyon



- Direkt Ekstrüzyon Yöntemi:** Arkadaki şekilden de görüleceği gibi metal takoz alıcı kovan içine konur ıstampa ile 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. arasında **sürtünme** Takozla alıcı kovan çoktur. **Kuvvet ihtiyacı** da fazladır.



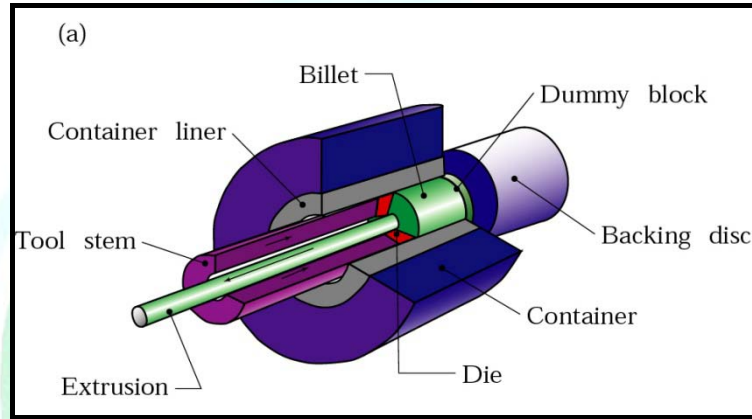
DİREKT EXTRÜZYONLA ÜRETİLMİŞ PARÇALAR :





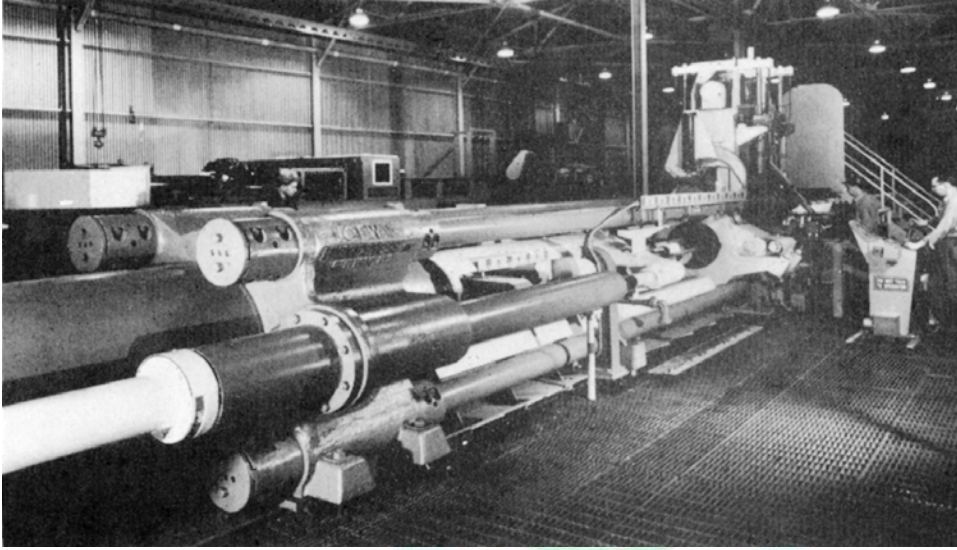
2. İNDİREKT EXTRÜZYON :

Bu yöntemin direkt ekstrüzyondan farkı metal takozun sabit durması kalıbın metal takoza 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.

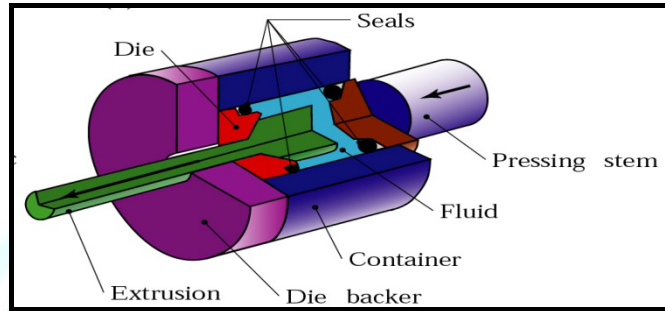


YATAY HİDROLİK EKSTRÜZYON PRESİ

(1000 TONLUK-Büyük kütüklerin sıcak ekstrüzyonu için)



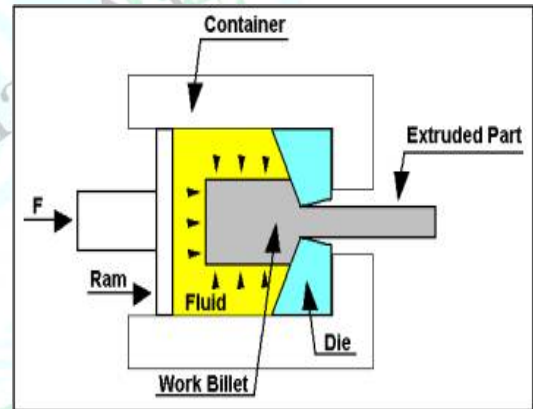
3. **HİDROSTATİK EKSTRÜZYON (I)** : Alıcı ile takoz arasındaki sürtünmenin bir akışkan vasıtasıyla yok edildiği yöntemdir. Direkt ekstrüzyona benzerdir.



- Bu yöntemde metal takozun alıcıya sürtünmesi yoktur.

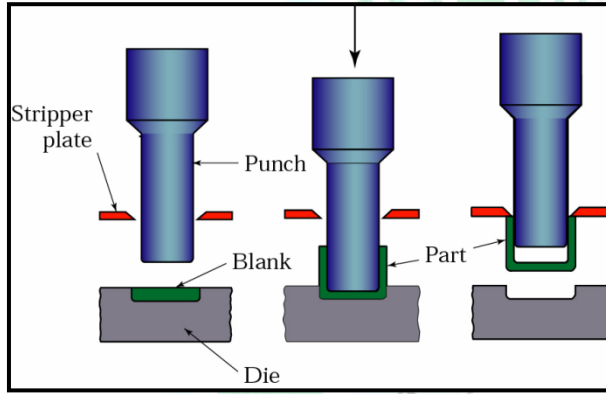
Oda sıcaklığında **mum**, **polymer**, **bitkisel yağ** kullanılırken, yüksek sıcaklıklarda “**cam**”ın erimiş hali kullanılır.

- Gevrek olan malzemeler bu yolla şekillendirilirler.
- Bu yöntemde ; düşük sürtünme ($\mu \downarrow$), küçük kalıp açıları ($\alpha \downarrow$) ve yüksek ekstrüzyon oranları ($R \uparrow$) elde etmek mümkündür.



- Bu proses, tecrübe eksikliği, complex takım gerektirmesi, uzun zaman aralıklarında nadiren tekrarlanması nedeniyle endüstride daha az kullanılmaktadır.

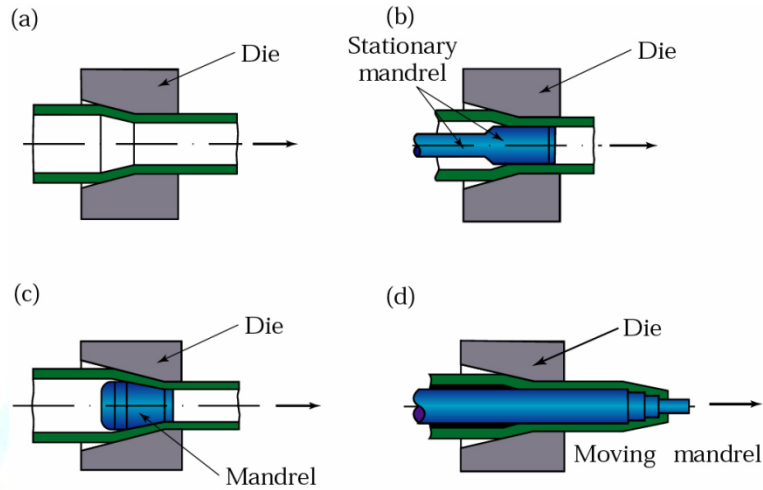
DARBELİ EXTRÜZYON: Bu yöntem Pb, Al, Mg, Cu gibi hafif metallerin soğuk olarak ekstrüze edilmesidir. Macun ve ilaç tüpleri bu yolla üretilirler.



Bu yöntem indirekt ekstrüzyon ile soğuk ekstrüzyonun birleşik şekli gibidir.

Ekstrüde edilen parçaların kalınlığı zımba ile kalıp arasındaki boşluğa bağlıdır.

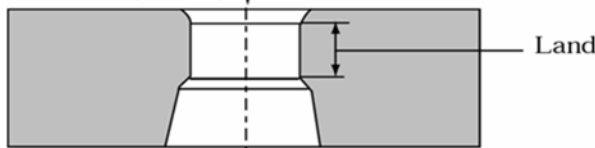
5. BORU EXTRÜZYON : Bu yöntemde dikişsiz burular ekstrüzyonla üretilirler. Silindirik takozlar dolu veya delikli. Direkt ekstrüzyonda hem dolu hem delikli takoz kullanılırken indirekt ekstrüzyonda yalnızca delikli takozdan boru üretilir. İstampaya bağlı bir mandrel kullanılır.



MATRİSLER (KALIPLAR)

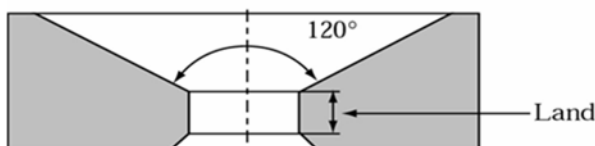
Sıcak ekstrüzyon kalıpları genellikle sıcak iş takım çeliğinden yapılır. İki tipi çok kullanılır. Birincisi demir dışı malzemeler için, ikincisi demir esaslılar için aşağıda görülmektedir.

1. Düz yüzeyle matris



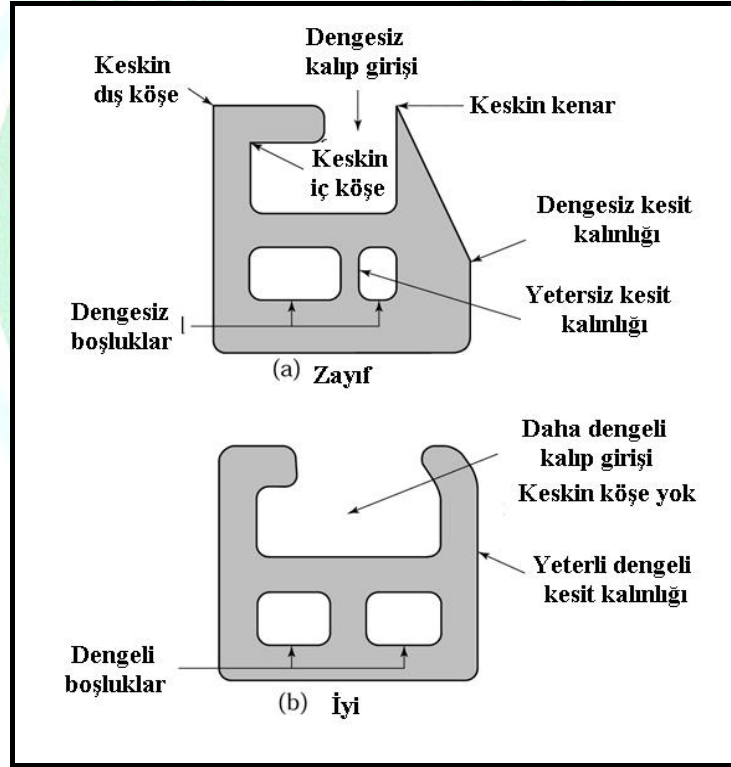
Düz yüzeyle matrislerin yuvarlatma yarıçapları olmasına karşılık, konik girişli matrislerde V giriş esastır. Düz yüzeyle matrislerin yatak uzunluğu daha fazla konik esaslılarınkı daha kısadır.

2. Konik girişli matris



MATRİSLERDE TASARIM (KALIPLAR)

Extrüde edilecek parçalar için zayıf-iyi tasarımlar gösterilmiştir. Keskin köşelerden kaçınmak gerekir. Kesit kalınlıklarını üniform yapmak uygun olur.



EKSTRÜZYONUN MEKANIĞI

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 birim hacimdeki iş ifadesi:

$$U = \sigma_{ak} \cdot l \cdot m^3 \cdot \epsilon \Rightarrow U = \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \Rightarrow U = \sigma_{ak} \cdot \ln R$$

Tüm hacimde yapılan iş ifadesi:

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

İstampanın yaptığı iş:

$$W_s = \text{Kuvvet} \times \text{Yol} \Rightarrow W_s = F_s \cdot L_0 \Rightarrow W_s = (p_s \cdot A_0) \cdot L_0$$

Her iki iş eşitlenirse:

$$W_{top} = W_s$$

$$U \cdot A_0 \cdot L_0 = p_s \cdot A_0 \cdot L_0 \Rightarrow U = p_s$$

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

Pekleşen malzemeler için:

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

Eğer sürtünme varsa (rijit tam plastik malzeme için):

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

Sürtünme kuvveti:

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

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

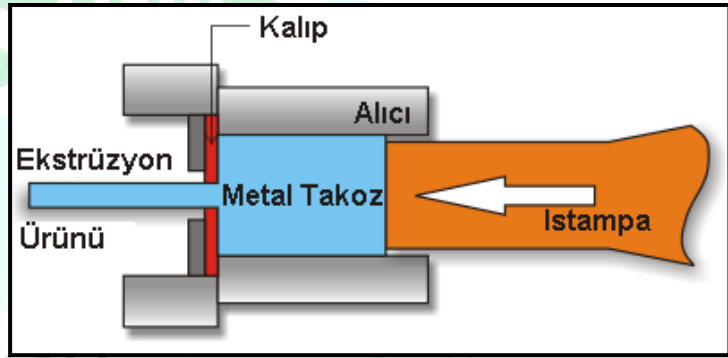
$$P_{ext} = P_{sür} + p_s \Rightarrow \left(\sigma_{ak} \frac{2L_0}{D_0} \right) + (1,7 \sigma_{ak} \cdot \ln R)$$

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

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 yüzeyle bir matris kullanılmaktadır. Sürtünmeyi de göze alarak gerekli ekstrüzyon kuvvetini hesap ediniz.

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



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

Ekstrüzyon oranı ifadesi:

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

Gerçek şekil değiştirme hızı değeri:

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

Bu hızın mukavemete etkisi (σ_m):

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

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

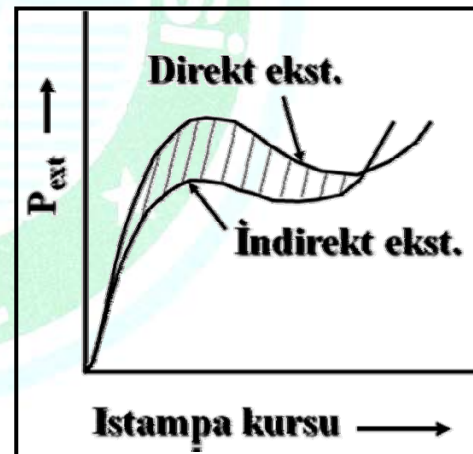
$$P_{ext} = \sigma_{ak} \left(\frac{2L_0}{D_0} + 1,7 \cdot \ln R \right) = 16,1 \left(\frac{2 \cdot 254}{127} + 1,7 \cdot \ln 6,25 \right) = 114,5 \text{ kp/mm}^2$$

Buradan ekstrüzyon kuvveti:

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

EKSTRÜZYON BASINCI

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

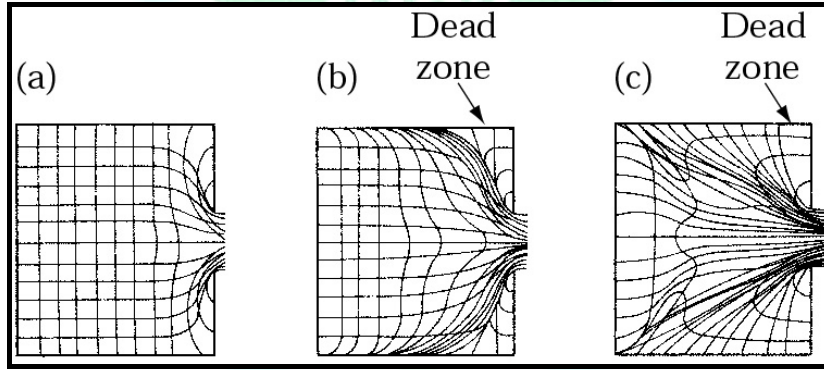


EKSTRÜZYON BASINCINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. **Sürtünme:** $\mu_{\text{sür}}$ 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 (vext):** Bu hız büyük olursa P_{ext} da büyük olur.
4. **Ekstrüzyon Sıcaklığı (Text):** Metal takozun sıcaklığı ne kadar yüksek olursa ekstrüzyon basıncı P_{ext} da o kadar düşük olur.

EKSTRÜZYONLA İMALATTA MALZEME AKIŞI

Ekstrüzyon işleminde alıcı koyanın 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 işleminde ;

- a)- En homojen malzeme akışı görülüyor.Metal takoz ile alıcı arasında sürtünme yok.Bu tür malzeme akışı varsa yağlamanın etkisi süper demektir.
- b)-Bu tür malzeme akışında sürtünme hayli yüksek demektir.Metal kalıp içine hayli yüksek kayma gerilme değerleri ile girerler.Bu da üründe kusurlara neden olabilir.
- c)-Kayma gerilmelerinin hayli yüksek olduğu bir ekstrüzyon işlemi görülmektedir.Demek ki çok yüksek sürtünme var.Bu malzemenin kalıba akışını geciktirmektedir.Sürtünme sebebiyle sıcaklık artışı,ayrıca sıcak ekstrüzyonda işlem esnasında ilk soğuyan bölge metal takozun alıcıya sürtünen kısmı olur.Metal takozun ortası kolay akarken dış kısımlar zor akar.Sonuçta ölü metal bölgesi büyük olur.Akma da homojen olmaz.Bu tür bir akış ekstrüzyon kusuru doğurur.

EKSTRÜZYON PRESLERİ



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 yapışırsa P_{ext} bir yükselir bir alçalır. Bu da çatlama 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 istampanın önüne **ön levha** konur çapı biraz küçük tutulur. Böylece oksit alıcıda kalır.
3. **Ürünün merkezinde çavuş işaretli (>>) 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.

