

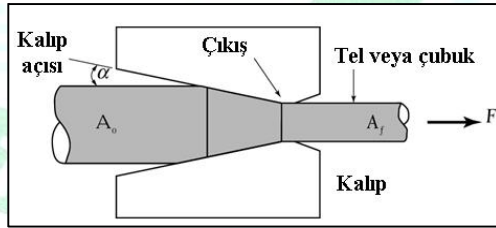
TEL VE ÇUBUK ÇEKMENİN MEKANİĞİ

TEL ÇEKMEYİ ETKİLİYEN PARAMETRELER :

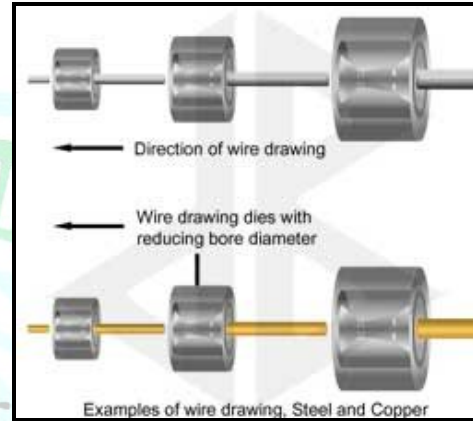
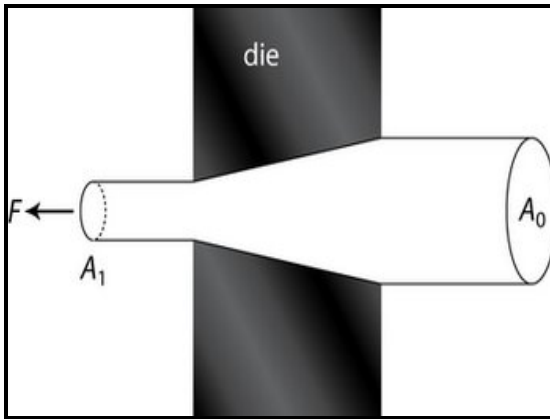
- 1)- Kalıp açısı (α)
- 2)- Kesit azalması
- 3)- Tel çekme hızı
- 4)- Sıcaklık
- 5)- Yağlama

KALIP AÇISI (α) : Çekme işleminde sürtünme şartların da azalma istiyorsak, çekilen telin kolay çekilmesini istiyorsak “optimum kalıp açısı” olmalıdır. Bu açı 6 - 15⁰ arasında değişir.

$$\alpha_{opt} = \frac{1}{2} \left(3\mu \ln \frac{A_0}{A_1} \cdot \frac{1 + \ln \frac{A_0}{A_1}}{2 + \ln \frac{A_0}{A_1}} \right)^{1/2}$$



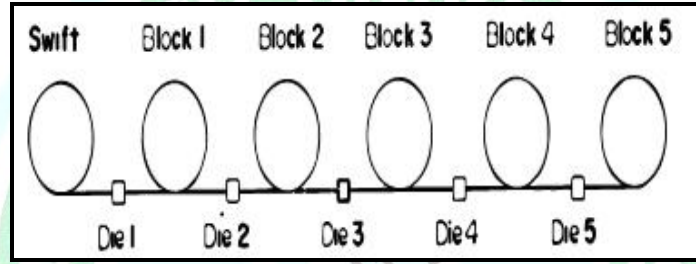
KESİT AZALMASI : Paso başına max. kesit azalması %63 ‘tür.Fakat, % 45 den daha fazlası yağ bozulması yapabilir,sonuçta parça yüzeyi bozulabilir.



TEL ÇEKME HIZI : Art arda yapılan tel çekme işleminde tel kesiti küçülür,tel boyu ve hızı orantılı şekilde artar.Bu nedenle sarma makaralarının çevresel hızı da her kalıptan çıkış hızına göre arttırılmalıdır.Bu da her makaranın ayrı motorla dönmesi ile olur.Veya sarma makaraları farklı sarma çaplarında kademeli yapılır.

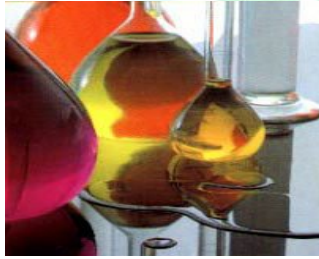


SICAKLIK ETKİSİ: Yüksek sıcaklıkta metal akması, ϵ' ne bağlıdır. Ortalama gerçek şekil değiştirme hızı ifadesi $\epsilon' = [(6V_0/D_0) \cdot \ln (A_0/A_1)]$ şeklinde literatürde verilmektedir.



YAĞLAMA :

- Kalıbın ömrünü artırmak,
- Tel çekme kuvvetini azaltmak,
- Ürün yüzeyinin düzgün çıkmasını sağlamak için “özel yağ” kullanmak şarttır.
- Tüp'lerin çekilmesinde iş parçası ile mandrel arasını yağlamak zordur.



Tel çekme işleminde tel ardarda birkaç kalıptan geçer. Bir kalıptan geçen tel sonraki kalıba daha küçük kesitli olarak girmeden önce bir sarma makarasına birkaç tur sarılır. Her kalıptan geçişte telin çapı küçülür. Hızı artar, boyu artar dolayısıyla sarma makaralarının çevresel hızı telin kalıptan çıkış hızına uygun olmalıdır. Çekme hızı malzemeye ve kesitin yüzeyine bağlıdır. Büyük kesitler 10 m/dak gibi küçük hızlarda çekilirken çok ince tellerde çekme hızı 3000 m/dak gibi yüksek hızlara ulaşabilir.

Tel Çekme Gerilmesi :

Çekilen malzeme;

- a) Rijit-tam plastik ise ideal çekmede (her türlü kayıp ihmal ise)

$$\sigma_{t\checkmark} = \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \text{ Olur.}$$

- b) Pekleşen bir malzeme ise σ_{ak} yerine σ_m ortalama akma gerilmesi kullanılır.

- c) Malzeme rijit tam plastik ve sürtünme var ise ;

$$\sigma_{t\checkmark} = \sigma_{ak} \cdot \left(\frac{1+B}{B} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_0} \right)^B \right] \text{ burada } B = \mu \cdot \cot \alpha$$

$\mu = \text{sürtünme katsayısı}$

d) Bütün kayıplar göz önüne alındığında kullanılacak olan tel çekme gerilmesi

$$\sigma_{t\zeta} = \sigma_{ak} \cdot \left[\left(\frac{1 + \mu}{\alpha} \right) \cdot \left(\ln \frac{A_0}{A_1} \right) + \frac{2}{3} \alpha \right]$$

burada

$\mu =$ sürtünme katsayısı

$\alpha =$ kalıba açısı (radyan olarak)

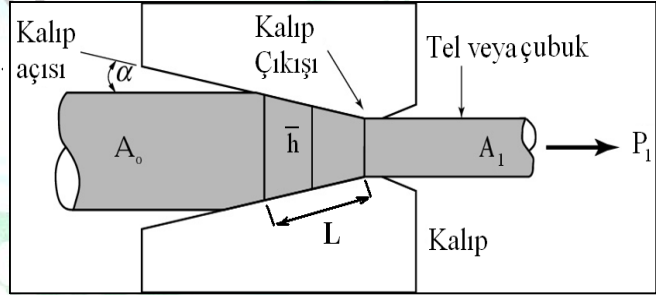
Bu denklem daha da kısaltılarak

$$\sigma_{t\zeta} = \phi \cdot \sigma_{ak} \cdot \left(\frac{1 + \mu}{\alpha} \right) \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \text{ elde edilir.}$$

burada

$$\phi \text{ faktörü} = 1 + 0,12\Delta$$

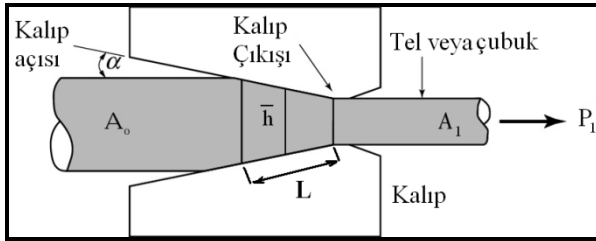
$$\Delta = \frac{\bar{h}}{L}$$



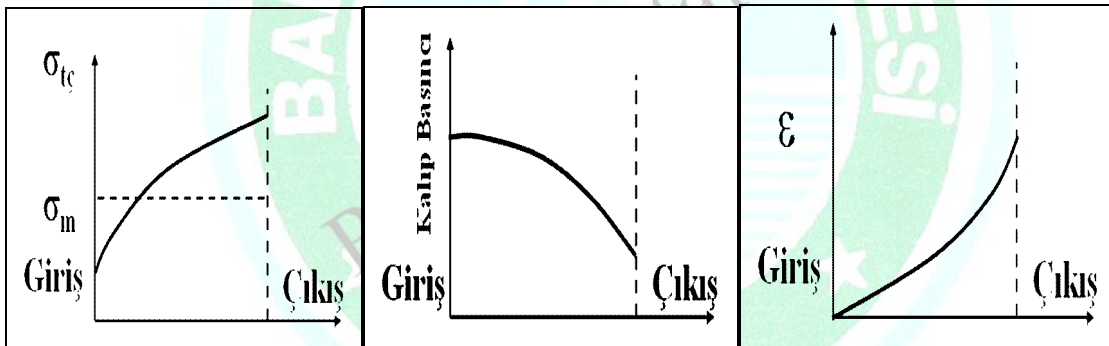
Yağlama iyi yapılırsa $\mu=0,03-0,1$ arasında alınır.

Tel çekme kuvveti yaklaşık olarak ;

$$F_{t\zeta} = \sigma_{\zeta} \cdot A_1 \text{ olur}$$



Kalıba giriş ve çıkışlardaki tel çekme gerilme değeri ile kalıp basıncının ve şekil değiştirmenin eğrileri gösterimi aşağıdaki gibidir.



Yüksek Sıcaklıkta Çekme

Yüksek sıcaklıklarda metallerin akma sınırı şekil değiştirme hızına bağlı olduğundan tel çekmede gerçek şekil değiştirme hızı

$$\dot{\epsilon} = \frac{6V_0}{D_0} \ln \frac{A_0}{A_1} \quad \text{Burada } V_0 \text{ çekme hızı şeklinde yazılabilir.}$$

En büyük kesit daralması Hesabı

Tel çekme gerilmesi A_0/A_1 oranı ile birlikte artar. Tel çekme gerilmesinin aşmaması gereken bir sınırı vardır dolayısıyla A_0/A_1 oranında bir üst değeri olması gerekir. Rijit - tam plastik bir malzeme için tel çekme gerilmesi σ_{ak} y1 aşmamalıdır.

Rijit - tam plastik bir malzeme sürtünmesiz çekilmesi halinde

$$\sigma_{t\check{c}} = \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \quad \text{bu denklemden}$$

$$\sigma_{t\check{c}} = \sigma_{ak} \quad \text{yazılır}$$

$$\left(\frac{A_0}{A_1} \right) = 1 \Rightarrow \frac{A_0}{A_1} = e \Rightarrow \text{buradan}$$

$$\frac{A_0 - A_1}{A_0} = 1 - \frac{1}{e} = 1 - \frac{1}{2,7} = 1 - 0,37 = 0,63 = \%63$$

Bir defada çekilebilecek en büyük tel kesiti **%63** olabilir. Tel çekme gerilmesinin yükselmesine neden olacak her faktör bir defada çekilebilecek en büyük kesit daralmasının düşmesine sebep olur. (örneğin sürtünmenin olması) Ancak ; pekleşme olursa σ_{ak} artacağından bir defada elde edilecek en büyük kesit daralması büyür.

Örnek Problem 1:

Mukavemet katsayısı $K=1300$ MPa pekleşme üsteli $n=0,30$ olan 10 mm çapında bir çubuk soğuk çekilerek çapı 8 mm ye indirilmektedir. Malzemenin kalıptan çıkış hızı $V_1=0,5$ m/s ve randımanı %70 kabul ederek

- Bu işlem için gerekli olan güç nedir?
- Kalıp basıncının çıkıştaki değeri nedir?

Çözüm :

a) Güç formülü $\frac{F_{t\check{c}} \cdot V_1}{\eta}$ şeklindedir.

$$\text{Burada } \sigma_{t\check{c}} = \sigma_m \cdot \ln \frac{A_0}{A} \Rightarrow \sigma_m = \frac{K \cdot \epsilon^n}{n+1} \text{ dir.}$$

$$\varepsilon_1 = \ln \frac{10^2}{8^2} = 0,446$$

$$\sigma_m = \frac{1300 \cdot (0,446)^{0,30}}{0,30 + 1} = 785 \text{ MPa}$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50 \text{ mm}^2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ buradan}$$

$$F_{t\zeta} = 785 \cdot 0,446 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 0,0175 \text{ MN}$$

Güç ise ;

$$N = \frac{F_{t\zeta} \cdot V_1}{\eta} = \frac{0,0175 \cdot 0,5}{0,70} = 0,0125 \text{ MN} \cdot \text{m} / \text{s}$$
$$= 0,0125 \text{ MW} = 12,5 \text{ kW} \text{ bulunur.}$$

b) Kalıp basıncının çıkıştaki değerini bulmak için

$p = \sigma_{ak} - \sigma_{t\zeta}$ ifadesindeki değerler yerine konmalıdır.

Malzemenin çıkış kesitindeki akma değeri

$$\sigma_{ak} = K \cdot \varepsilon_1^n = 1300 \cdot (0,446)^{0,30} = 1020 \text{ MPa}$$

Tel çekme gerilmesi ise

$$\sigma_{t\zeta} = \frac{F_{t\zeta}}{\eta \cdot A_1} = \frac{0,0175}{0,70 \cdot 5 \cdot 10^{-5}} = 500 \text{ MPa} \text{ olduğundan}$$

buradan kalıp basıncı $p = 1020 - 500 = 520 \text{ MPa}$ bulunur.

Örnek Problem 2:

Gerçek gerilme – gerçek şekil değiştirme eğrisi $\sigma = K \cdot \varepsilon^n$ şeklinde olan bir malzemenin soğuk çekilmesinde bir defada çekilebilecek en büyük kesit daralmasını analitik olarak çıkartın. (Her türlü kayıp ihmal edilecektir.)

Çözüm :

$$\sigma_{t\zeta} = \sigma_{ak} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \text{ bu denkleme göre;}$$

Pekleşen bir malzeme için çekme gerilmesi

$$\sigma_{t\zeta} = \sigma_m \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} = \sigma_m \cdot \varepsilon_1 \text{ olduğundan } \sigma_m \text{ yerine}$$

$$\sigma_m = \frac{K \cdot \varepsilon_1^n}{n+1} \text{ değeri konduğunda } \sigma_{t\zeta} = \frac{K \cdot \varepsilon_1^{n+1}}{n+1} \text{ bulunur.}$$

Çekme gerilmesi en fazla malzemenin akma gerilmesine eşit olacağından çıkışta

$$\sigma_{t_{\max}} = K \cdot \varepsilon_1^n \Rightarrow K \cdot \varepsilon_1^n = \frac{K \cdot \varepsilon_1^{n+1}}{n+1}$$

$$K \cdot \varepsilon_1^n = \frac{K \cdot \varepsilon_1^n \cdot \varepsilon_1}{n+1} \text{ olur. Buradan } \varepsilon_1 = n+1 \text{ bulunur.}$$

$$\varepsilon_1 = \ln \frac{A_0}{A_1} \text{ olduğundan } \Rightarrow \ln \frac{A_0}{A_1} = n+1 \text{ yazılırsa}$$

$$\frac{A_0}{A_1} = e^{n+1} \text{ olur. Buradan ise } \frac{A_0 - A_1}{A_0} = 1 - e^{-(n+1)}$$

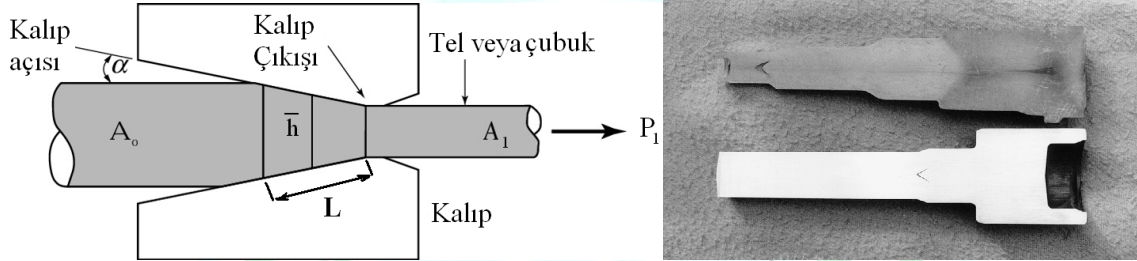
bulunur.

Bu ifadeden rijit-tam plastik bir malzeme için yerine 0 koyarsak bir defada elde edilebilecek en büyük kesit daralması % 63 bulunur.

TEL VE ÇUBUK ÇEKME İŞLEMİNDE GÖRÜLEN KUSURLAR

1. **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.

2.



2. **Yağlamanın İyi Olmaması :** Soğuk çekilmiş çubuk ve tellerin yüzeyleri çatlayabilir. Ayrıca hatalı yağlama çekme sırasında sert bir partikülün malzeme ile kalıp arasına sıkışması sebebiyle çıkan üründe boyuna doğrultuda çizikler oluşabilir.
3. **Yüzey hazırlamanın iyi olmaması :** Soğuk çekilmiş ürünlerde renk bozulması görülebilir.
4. **Şekil değişiminin homojen olmaması :** Soğuk çekilen tel ve çubuklarda veya borularda "artık gerilmeler" in doğmasına neden olurlar. Bu gerilmeler zamanla gerilmeli korozyon çatlamasına ve yüzeyden biraz talaş kaldırılması halinde çarpımalara yol açarlar. Tek olumlu etkisi yorulma ömrünü artıran basma artık gerilmelerin doğmasıdır.
5. **Çubuklarda ve filmaşinlerde hammaddeden ileri gelen kusurlar :** Hammaddenin içindeki katmer, lunke gibi kusurlar bulunması halinde bunların ürüne yansıtacağı aşıkardır.

