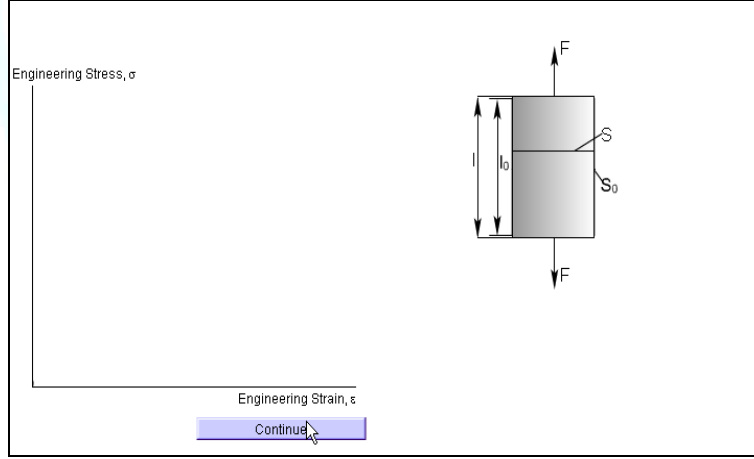


## SAÇ ŞEKİLLENDİRME

### SAÇ ŞEKİLLENDİRMEDE GENEL TEST METODLARI

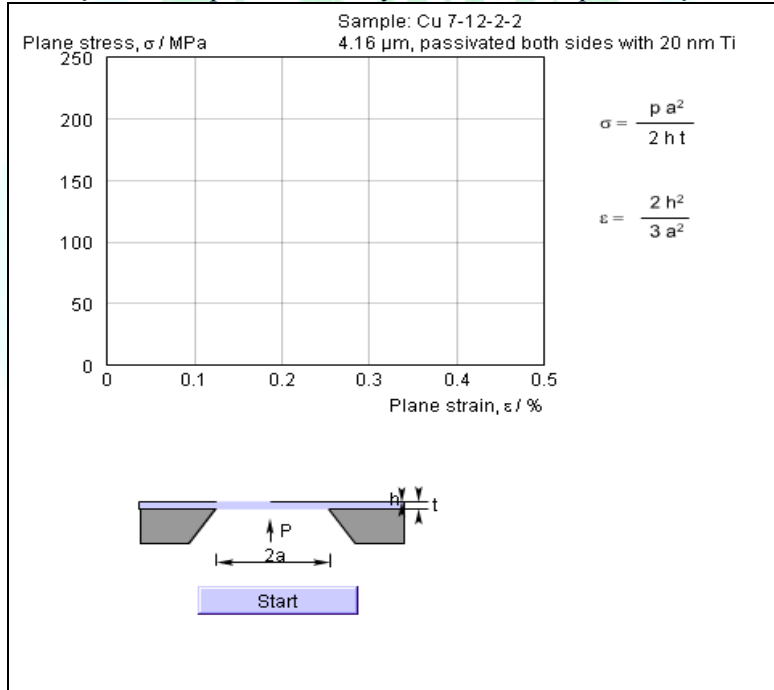
#### ÇEKME TESTİ

Saç şekillendirme genel olarak karmaşık bir işlemdir. Bükme, germe derinçekme işlemleri parçaya birlikte uygulanır. Bu nedenle, sacın “mekanik özelliklerini” belirlemek için en iyi yol çekme deneyidir.

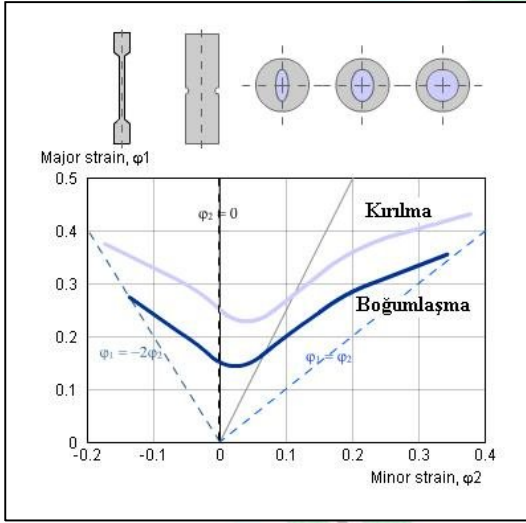


#### HİDROLİK ESNEME TESTİ

Bu testte sac, hidrolik yolla tümsekleştirilir. Bunun için kalıp kullanılır. Şekil değiştirmeler  $\epsilon \rightarrow 0,7$  kadar çıkartılır. Pek çok durumda bu yolla elde edilen akma eğrileri, çekme yolu ile elde edilen eğrilerden epeyce farklı çıkar. Bu sapma, sacın dik yöndeki anizotropisi ile açıklanabilir.

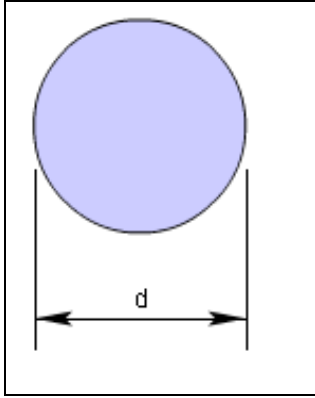


### FORMİNG LİMİT DİYAGRAM –FLD- (I)



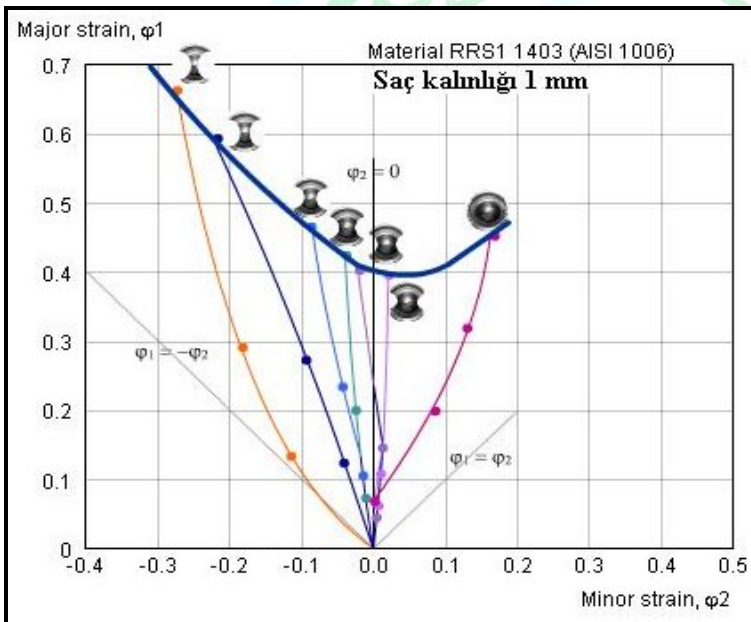
Sacın yüzeyine yuvarlak daireler çizip sacı çeki ve bası yüklerine maruz bira kalım. Bu işlem sonucu “yuvarlak daireler” ile “doğan gerilme” ler arasında ilişki vardır. Bir seri deney sonucu , **max.strain**’ler (elipsin büyük eksenine karşılık gelen) **min.strain**’ler (elipsin küçük eksenine karşılık gelen) değerler kaydedilsin. Birleşme noktalarından FLD diyagramı çizilir.

FLD diyagramı sacın şekillenebileceği bölge ile şekillene miyeceği bölgeyi ayırır. Çizilen strain’ler kritik noktaldır. Bu noktalardaki çatlaklar, şekil verme için “UYGUN” sayılır. “iyi” ve “hasarlı” bölgeler arasında -kritik def. bölgesi- vardır.



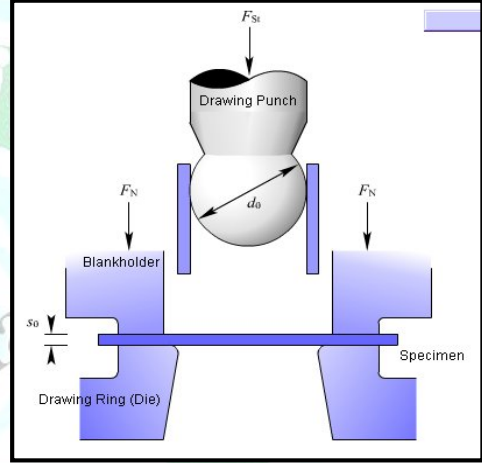
### FORMİNG LİMİT DİYAGRAM -FLD -(II)

FLD diyagramı sacın farklı bölgelerinden, yarı-küresel bir zımba ile şeritlere “derin çekme” işlemi uygulama sonucu çizdirilir. Şeritlere çatlak oluşuncaya kadar derin çekme yaptırılır. Her özel sac için bu test tekrarlanmalıdır.



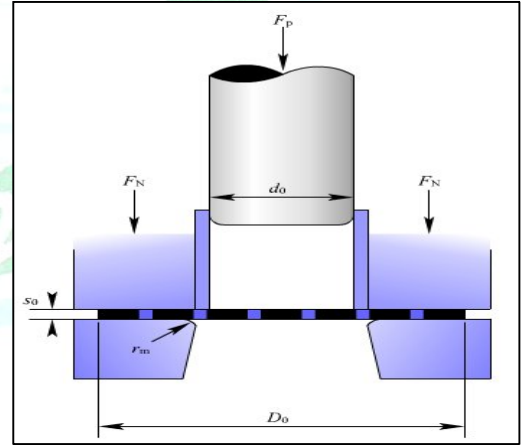
### ERİCHSEN TESTİ

Sacın tek başına şekillendirilmesinde “**tümsek yüksekliğini**” belirlemek için Erichen veya Olsen testi yapılır.Çatlak oluşuncaya kadar saç zorlanır. Derin çekme zımbasının derinliği ( mm olarak ) ölçülür.Detaylı bilgi DIN 50101 ‘ de mevcuttur.



### SWIFT CUP TESTİ-(I)-

Sacın şekillenmesi derin çekmeye benzediği için “**Derin çekme oranı sınırı**” tayini için swift cup testi yapılır.Çapları gittikçe artan yuvarlak dairesel parçalar derin çekme işlemine tabi tutuluyor.Çatlama durumuna gelen max.çap tayin edilir.Bu değer zımba çapına bölünür Böylece “**derin çekme oran sınırı**” →  $\beta_0 = D_0 / d_0$  bulunur.

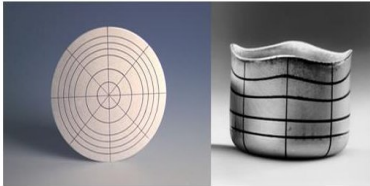


**SWIFT CUP TESTİ-(II)**-Bu test yardımıyla,plastik anizot ropiden dolayı kenar boyunca cidar kalınlığı değişimi olan “**KULAK TİPİ ÇIKINTI**” özelliği ölçülür.Bu tür bir olaya meyil “**Z**” ile değerlendirilir.Aşağıda bir şerit’in zayıf olanı ile ,güçlü olanının kulak tipi çıkıntı etkisi görülmektedir.



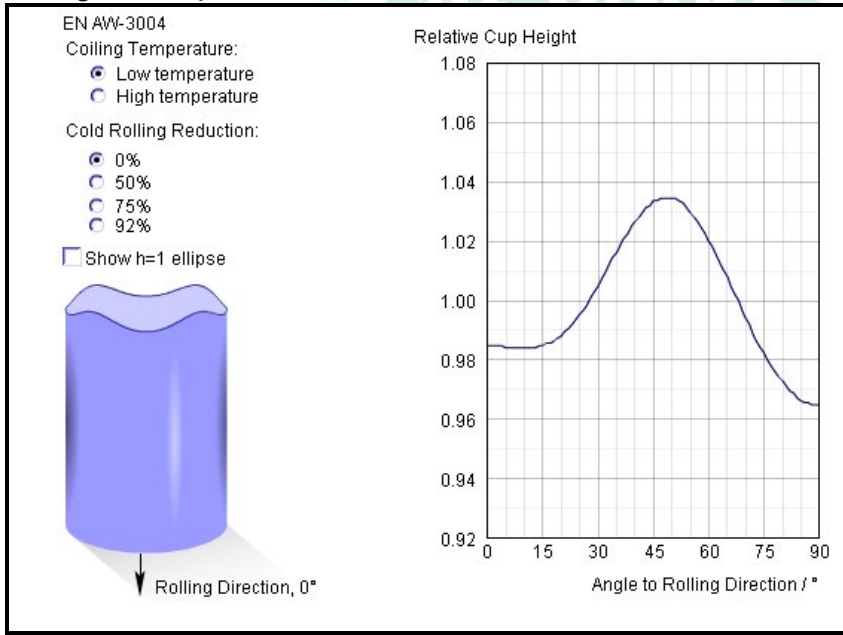
$$Z = \left[ \frac{(h_{\max} - h_{\min})}{0,5 (h_{\max} + h_{\min})} \right] \cdot \% 100$$

$$Z = \left[ \frac{(h_{\max} - h_{\min})}{h_{\min}} \right] \cdot \% 100$$



### SWİFT CUP TESTİ-(III)-

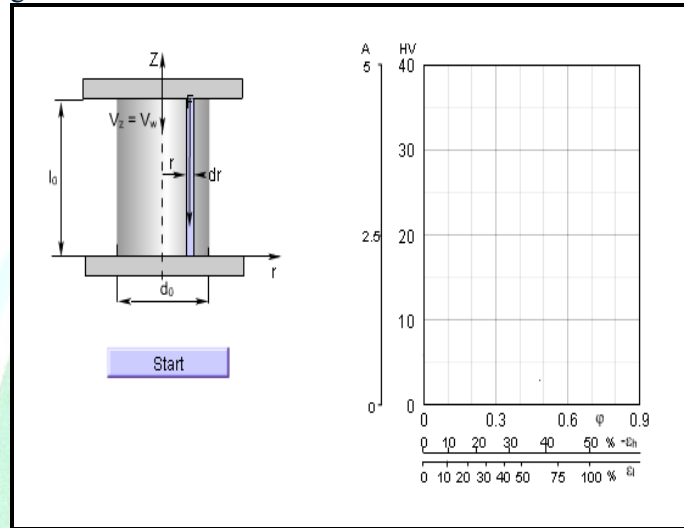
Aşağıda, EN AW-3004 şerit malzemenin sıcaklık ve soğuk def.oranının “kulak tipi çıkıntı” üzerine etkisi gösterilmiştir.



### HACİMSAL METAL ŞEKİLLENDİRME TEST METODLARI

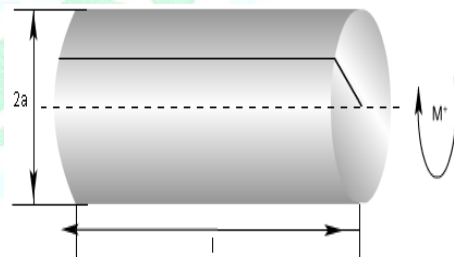
#### UPSETTING TESTİ

Bu test, silindirik parçayı iki kalıp arasında döverek eğri çizdirme'dir. Bu deneyden amaç, uygulanan kuvvet ile strain'de fiçilaşmadan dolayı oluşan hatayı görmektir. Çünkü parça ile kalıp arasındaki sürtünme bu hatayı doğurur.



#### BURMA TESTİ

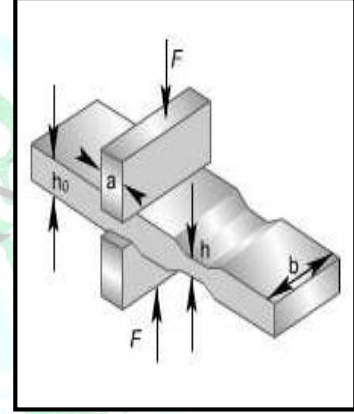
Bu test'te, silindirik bir parça, eksenini etrafında hareket eden bir tork ile burulur. Ölçülen tork'tan gerilme hesaplanabilir, burulma açısından da strain hesaplanır. Deformasyon esnasında, numune geometrisi hemen hemen hiç değişime uğramadan kalır. Strain hızı çeki ve dövme testlerinden daha kolay sabit tutulabilir. Bu yüzden bu test, özellikle yüksek sıcaklıklardaki deformasyon işlemlerinde çok faydalı olur.





### PLANE-STRAIN TEST

Karşılıklı iki dikdörtgen kalıp, kalın bir parça üzerine bastırılır. Plane-strain şart elde etmek için  $(b/h)$  oranı 6'yı geçmelidir. Test esnasında yük altındaki alan sabit kalır. Bu yüzden yükseklik azalmasının deneysel hata sı, gerilme içine yayılamaz. Ama strain içine yayılır. Çünkü  $s_f(F) = F/(a \cdot b)$  dir. Kalıp kenarları boyunca gerilme birikimi kırılmanın başlamasına sebep olur.



### ŞEKİLLENDİRME İŞLEMİNDE AKMA OLAYI

Bu bölümde ;

- Akma yerinin tanımı,
- Akma yerinin niçin önemli olduğu?
- Saç metal şekillendirmede anisotropi'nin etkisi,
- Akma yerini tayin etmek için kullanılan deneysel metotlar,
- Farklı akma kriterlerinin sınırları ve avantajları
- Teorik modeller içinde en uygun akma kriterinin hangisi olduğu?
- Saç metal şekillendirilme proseslerinin analizi,

İle ilgili konular anlatılacaktır.

### TRESCA AKMA KRİTERİ

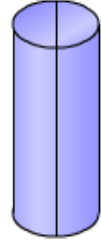
Bu kriter gere göre , malzeme elastik halden plastik hale  $\tau_{max}$  “kritik bir değere” ulaştığı zaman geçer. Bu değer gerilme tipinden bağımsızdır. Genel ifadesi :

$$\text{Max} \{ |\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1| \} = \sigma_{ak}$$

Burada  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$  asal gerilme plane strain şartlar için ( $\sigma_3 = 0$ ) alınırsa o zaman yukarıdaki denklem ;

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_{ak} = 2k \quad \text{Eğer } \sigma_1 > \sigma_2 \text{ ise}$$

$$\sigma_2 - \sigma_1 = \sigma_{ak} = 2k \quad \text{Eğer } \sigma_2 > \sigma_1 \text{ ise olur.}$$



### VON-MİSES AKMA KRİTERİ

Bu kriter gere göre , hidrostatik basınç malzemenin plastik akmasına sebep olamaz. Yalnızca , “distorsiyon enerjisi” malzemeyi elastik durumdan plastik duruma geçirmede etkili olur. Elastik **distorsiyon**

**enerjisi kritik bir değere erişirse plastik akma başlar.** Genel formül ise ;

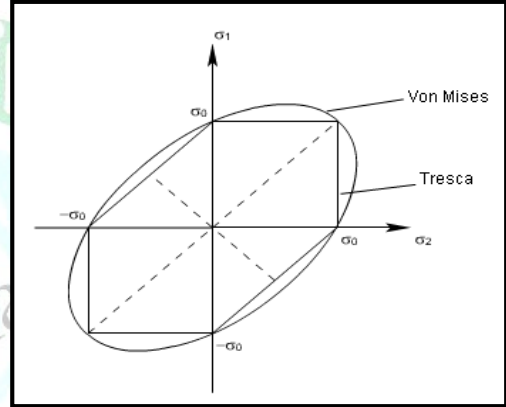
$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2 \sigma_{ak}^2 \text{ şeklindedir.}$$

Plane-strain için  $\sigma_3 = 0$  alınırsa ;

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 = \sigma_{ak}^2 \text{ olur. Bu denklem bir elips gösterir.}$$

### TRESCA VE VON-MİSES AKMA YÜZEYLERİ

Aşağıdaki diyagramlarda, Tresca ve Von Mises akma kriterinin uzaydaki grafiklerle gösterimi görülmektedir. Tresca akma kriteri, **polyhedron** (çok yüzü olan üç boyutlu) ile gösterilirken, Von Mises akma kriteri bir silindir ile gösterilmiştir.  $\sigma_1 - \sigma_2$  düzlemleri ile polyhedron kesit kesişmesinden bir "**polygon**" doğarken,  $\sigma_1 - \sigma_2$  düzlemleri ile silindirik yüzeylerin kesişmesinden bir "**elips**" doğar.



### ANİSOTROPİ'NİN ÖNEMİ

Bu terim, test yapılan yönde malzeme özelliğine bağlılığı ifade eder Anizotropi'nin üç önemli kaynağı vardır.

- \* Tek kristallerde olduğu gibi doğuştan veya orijinal anizotropi
- \* Plastik deformasyon öncesi veya deformasyona bağlı kazanılmış anizotropi
- \* Son yapısal anizotropi

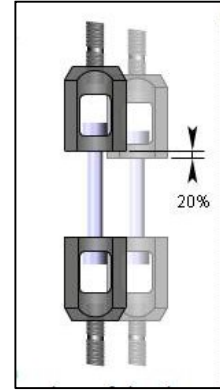
Plastik anizotropi (r) ; sırasıyla genişlik ve kalınlık yönündeki strainlerin oranıdır. Yani :  $(r) = \epsilon_2 / \epsilon_3$

Klasik yöntemde (r) uzamanın % 20 si olan durumdur. Normal ( r ) değeri ise sacın üç yönü ile ilgili bir değer olarak

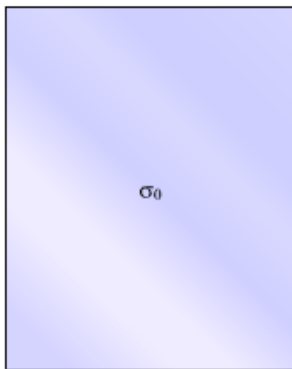
$$(r) = (r_0 + 2.r_{45} + r_{90}) / 4 \text{ alınır.}$$

Planar olarak yönle ilgili (r) in değişimi ise ;

$$(r) = (r_0 + r_{90} - 2.r_{45}) / 2 \text{ alınır.}$$

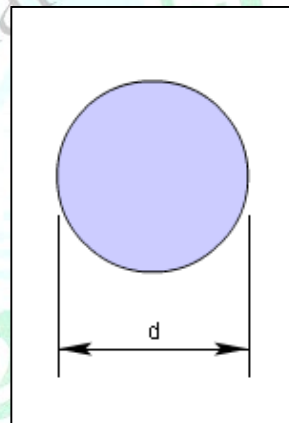


### Anizotropinin üç farklı yönde değişimi



### Anizotropinin iki farklı yönde değişimi

Hadde yönüne dik (t), hadde yönünde (l) strainleri arasındaki oran  $(r_b) \quad r_b = (\epsilon_t / \epsilon_l)$  İki eksenli anizotropi katsayısı 'dır. Burada  $\epsilon_t = \ln(dt/d)$  ,  $\epsilon_l = \ln(dl/d)$  dir.



## ŞEKİLLENDİRME MEKANİZMALARI

### ŞEKİLLENDİRMEİN TANIMI

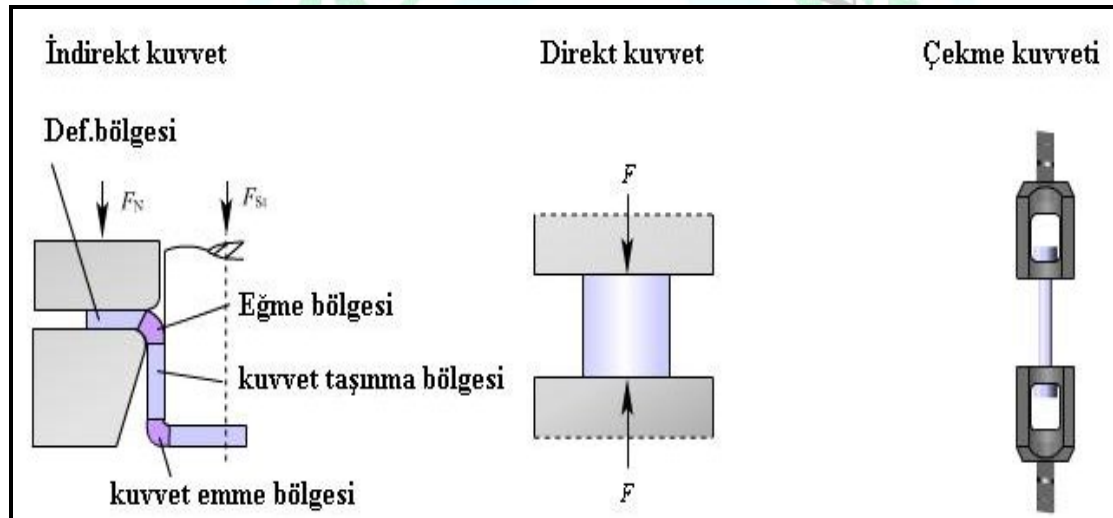
**Şekillendirme** : Katı bir malzemeye, yeni bir yüzey yapısı, şekli ve özelliği kazandırmak için kontrollü yapılan işleme “**şekil verme** “ denir.

**Şekil verme kabiliyeti** ; En önemli malzeme özelliklerinden birisidir. Çünkü (Al), şekil verme açısından en önemli metallere birisi iken dökme demir en kötülerden birisidir. Yüksek mukavemetli olma, şekil verme kabiliyetini düşürür.

Şekillendirme çok çeşitli açılardan sınıflandırmaya tabii tutulur.

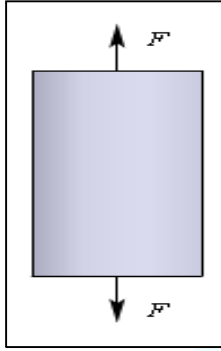
- \* **GERİLME DURUMU yönünden ;**
  - Basınç etkisi ile ( Haddeme , dövme, ekstrüzyon )
  - Çeki-bası etkisi ile (Tel çekme, derin çekme, dövme)
  - Germe etkisi ile ( Uzatarak şekil verme)
  - Eğme etkisi ile (Lineer hareket eden takımlarla ve dönele hareket eden takımlarla saç şekillendirme )
- \* **GERİLME DURUMU yönünden ;**
  - Kayma etkisi ile (ikiz yolu ile ve deformasyonla şekil verme )
- \* **HAM MADDE DURUMU yönünden ;**
  - Saç'lara şekil verme (iki boyutlu - cidar kalınlıkları sabit)
  - Hacimsal parçalara şekil verme (üç boyutlu – cidar kalınlıkları farklı)
- \* **ŞEKİL VERME SICAKLIĞI yönünden ;**
  - Soğuk şekil verme (Parça ısıtılmaz)
  - Sıcak şekil verme (Parça ısıtılır)
- \* **KUVVET UYGULAMA yönünden ;**
  - Direkt kuvvet etkisi (Dövme, ekstrüzyon,)
  - İndirekt kuvvet etkisi (Derin çekme)
  - Çekme kuvveti etkisi (Tel çekme)

### ŞEKİLLENDİRMEİN SINIFLANDIRILMASI





**AKMA GERİLMESİ :** Bir malzemenin plastik şekil değiştirme ye karşı direncidir, veya tek eksenli çekme gerilmesi altında plastik deformasyon başlatmak, sürdürmek için gerekli olan gerilmedir.



Gerçek gerilme :  $\sigma_g = F/A$

Mühen. gerilme :  $\sigma_{müh} = F/A_0$

Hacim sabitliği

$$V_0 = V$$

$$A_0 \cdot L_0 = A \cdot L \text{ den ;}$$

$$(A_0 \cdot L_0) / L = A \text{ olur.}$$

$$\sigma_g = F / (A_0 \cdot L_0) / L$$

$$\sigma_g = \sigma_{müh} \cdot (L / L_0)$$

\* Uzamalarla ilişki

Mühendislik uzaması

$$\epsilon_{müh} = (L - L_0) / L_0$$

$$\epsilon_{müh} = L / L_0 - 1$$

$$(\epsilon_{müh} + 1) = L / L_0 \text{ olur}$$

Gerçek uzama formülü ise ;

$$\epsilon_{ger} = \int (dL / L)$$

$$\epsilon_{ger} = \int_{L_0}^L (dL / L) = L_n | L |$$

$$\epsilon_{ger} = L_n L - L_n L_0 = L_n (L / L_0)$$

$$\epsilon_{ger} = L_n (\epsilon_{müh} + 1) \text{ olur.}$$

Homojen olarak şekil değiştirme yapıldığında ilk hacim=son hacim

**HACMİN SABİTLİĞİ KURALI**

**Kübik yapılarda**

$$\varphi_k = \ln \left( \frac{h_1}{h_0} \right)$$

$$\varphi_b = \ln \left( \frac{b_1}{b_0} \right)$$

$$\varphi_l = \ln \left( \frac{l_1}{l_0} \right)$$

**Silindirlerde**

$$\varphi_k = \ln \left( \frac{h_1}{h_0} \right)$$

$$\varphi_r = \ln \left( \frac{r_1}{r_0} \right) = \varphi$$



Homojen olarak şekil değiştirme yapıldığında hacmin sabitliğinin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi çıkartılır.

**Şekil verme esnasında hacmin değişmediğini varsayarsak  $V_0 = V$**

$$V = h_1 \cdot b_1 \cdot l_1 = h_0 \cdot b_0 \cdot l_0$$

**Her iki tarafı ( $h_0 \cdot b_0 \cdot l_0$ )'a bölersek**

$$\left(\frac{h_1}{h_0}\right) \cdot \left(\frac{b_1}{b_0}\right) \cdot \left(\frac{l_1}{l_0}\right) = 1 \quad \text{olur}$$

**Her iki tarafın (ln)' ni alırsak ;**

$$\ln\left(\frac{h_1}{h_0}\right) + \ln\left(\frac{b_1}{b_0}\right) + \ln\left(\frac{l_1}{l_0}\right) = 0 \quad \text{olur}$$

**(ln) ifadesinin herbiri (def).miktarını belirteceğinden**

$$\varphi_h + \varphi_b + \varphi_l = 0 \text{ or } \sum \varphi = 0$$

**Plastik deformasyon hızı ve ivmesinin etkisi**

$\varphi$  Def.miktarını zamana göre türetirsek , hız elde ederiz ;

Hız  $\dot{\varphi} = d\varphi / dt$  olur. Buna dayanarak ;

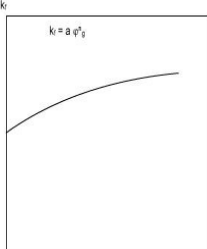
$$\dot{\varphi}_h + \dot{\varphi}_b + \dot{\varphi}_l = 0 \text{ yazılır.}$$

Deformasyon hızı ( $\dot{\varphi}$ ) ile takım hızı (V)'ni birbirinden ayırt etmek gerekir.Homojen bir basma işleminde herhangi bir (h) yüksekliğinde ;

Bu iki hız arasındaki ilişki ;  $\dot{\varphi} = V_{\text{tak}} / h$  şeklindedir.

**Plastik deformasyon ivmesi** : plastik deformasyon hızını zamana göre türetirsek ;  $\ddot{\varphi} = d\dot{\varphi} / dt$  olur

**Oda sıcaklığında akma eğrileri**



$k = a \varphi_0^n$

non-logarithmic graph  
 logarithmic graph

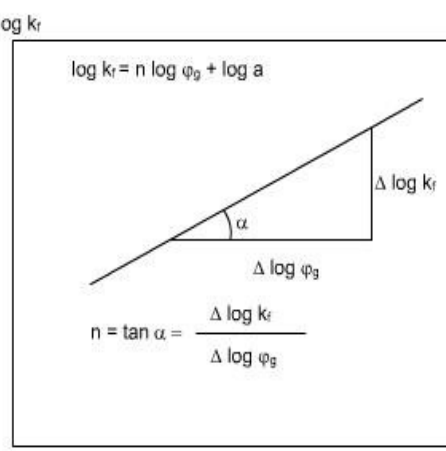
By taking the logarithm of the equation  $k_f = a \times (\varphi_0^n)$

$$\log k_f = n \log \varphi_0 + \log a$$

The illustration of a flow curve of the form  $k_f = a \times (\varphi_0^n)$  in a coordinate system with axes in a logarithmic scale is a straight line whose gradient is the coefficient n.

The coefficient n is a measure of the amount by which a material hardens with increasing deformation strain  $\varphi_0$  and is therefore known as the strain hardening coefficient.

Typical values of n for an aluminium-killed steel are in the range of

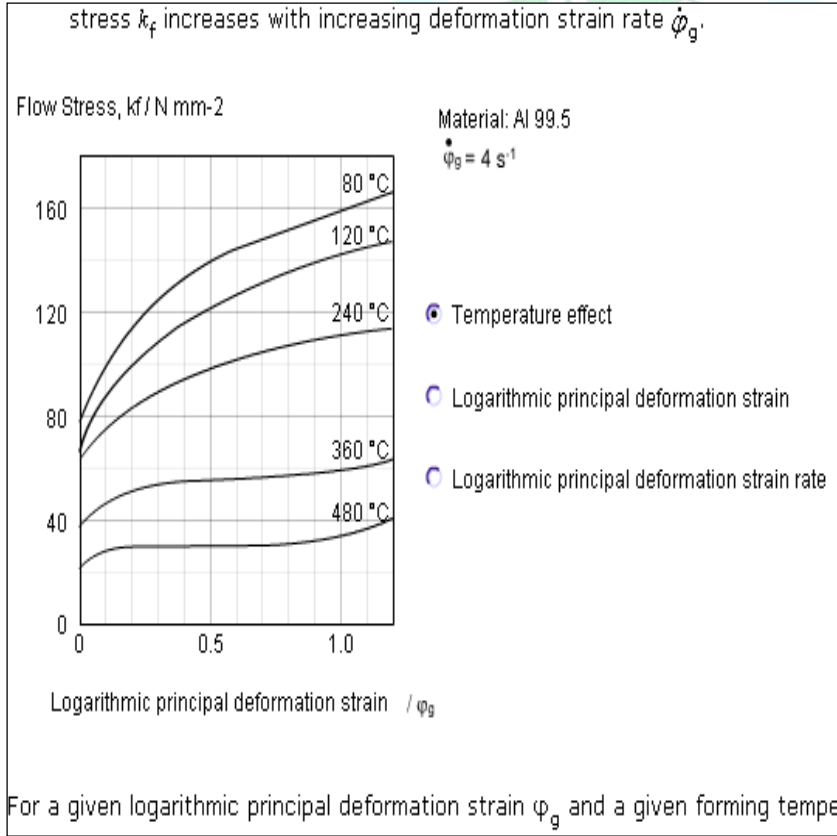
$$0.2 \leq n \leq 0.25$$


$\log k_f = n \log \varphi_0 + \log a$

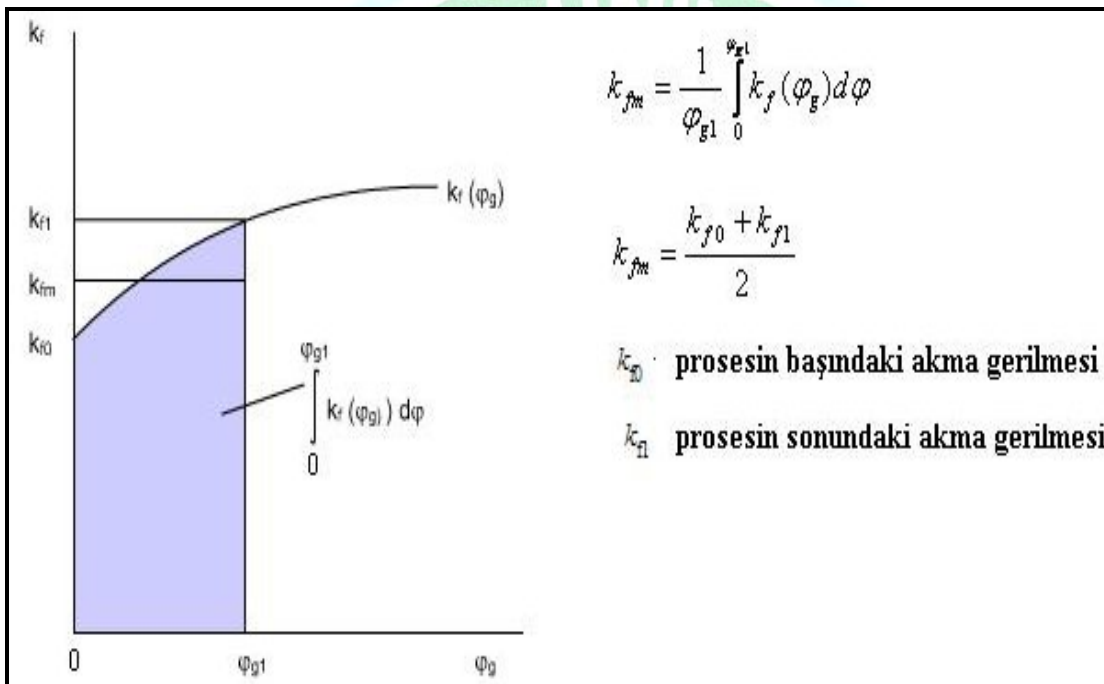
$n = \tan \alpha = \frac{\Delta \log k_f}{\Delta \log \varphi_0}$

non-logarithmic graph  
 logarithmic graph

**Yüksek sıcaklıklarda akma eğrileri**

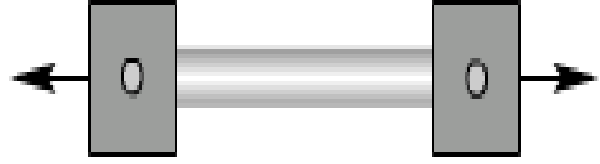


**Ortalama akma eğrileri**



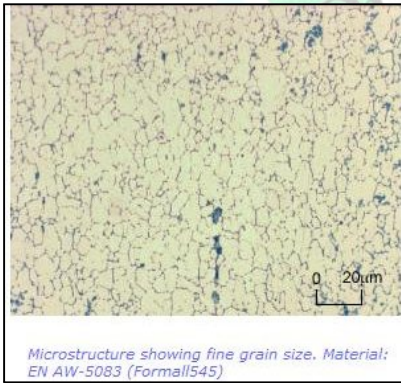
### SÜPER PLASTİSİTE

İnce taneli poli-kristalli bir malzeme uzatılarak çekme şartlarında plastik deformasyona maruz bırakıldığında “**özel bir sıcaklık**” ve “**özel bir yüklenme**” şartlarında kopmadan önce boğum yapmaksızın şekillenebilme kabiliyetine **süperplastisite** adı verilir. Veya tek eksenli deformasyonlarda uzama % 200 ün üzerinde ise buna süperplastisite denir. Bazı malzemelerde bu uzama % 1000’in bile üzerinde görülmüştür. Şimdiye kadar kaydedilen en büyük uzamalar % 4870-7750 ile **Pb-Sn** ötektik alaşımı ile % 5500-8000 arasında **Al-bronz**’nda gözlenmiştir.



### SÜPERPLASTİSİTE-TANE BOYUTU – II-

Süper plastisitenin şartlarından birisi de malzemede ince taneli yapının olmasıdır. İnce tane için, matrix

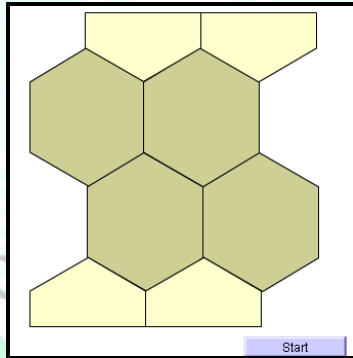


tane sınırlarında **ikinci faz partikül**’leri olmalıdır. Bu nedenle pek çok super-plastiklik gösteren malzemeler olarak ötektoid (**Fe-C gibi**), ötektik (**Al-Ca gibi**), monoötektoid (**Zn-Al gibi**) bileşikleri esas alınır. İnce tane için termomekanik işlemler uygulanır. Al alaşımlarının çoğu zirkonyum ilavesiyle süperplastik özellik kazanır. Zira ( $ZrAl_3$ )

Çok ince zirkonyum dağılımı tanelerin iri oluşmasını engeller. İkinci fazın mukavemeti matrix yapının ki ile aynı olmalıdır. Eğer 2.ci faz sert olur sa, partikül/matrix arayüzeyinde boşluk oluşabilir. Gerçi bu boşluklar bazı mekanizmalarla sönmülenebilirler.

### TANE SINIRI KAYMASI- III-

Süper plastik def.esnasında hakim olay yüksek açılı tane sınırı kaymalarıdır. Düşük açılı tane sınırı kaymaları sıcak işlem esnasında görülür. Tane sınırı bu olay için oynak değişken olmalıdır. Taneler eşit eksenli olmalı ki tane sınırı kaymalara müsaade etsin.



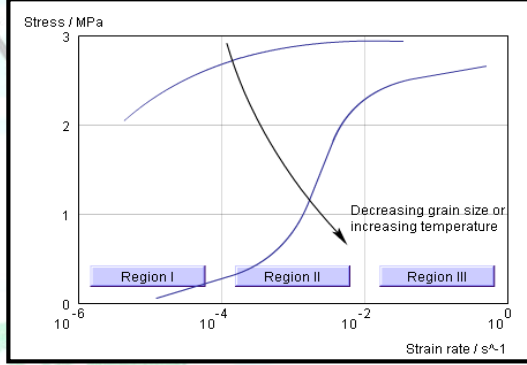
### SÜPERPLASTİSİTDE AKMA GERİLMESİ-IV-

Süperplastik malzemelerin akma gerilmesi, **def.hızının,sıcaklığın ve tane boyut'unun** bir fonksiyonudur.Yani bunlardan etkilenir.Malzeme davranışı da geleneksel malzemelerden farklıdır. Akma gerilmesi  $\sigma_{ak} = C \cdot \dot{\epsilon}^m$  ile ifade edilir. Burada C→sıcaklığa,mikroyapıya ve numune içindeki kusura bağlı bir malzeme mukavemet katsayısıdır. (m) → ise malzemenin def. Hızı hassasiyet katsayısıdır.

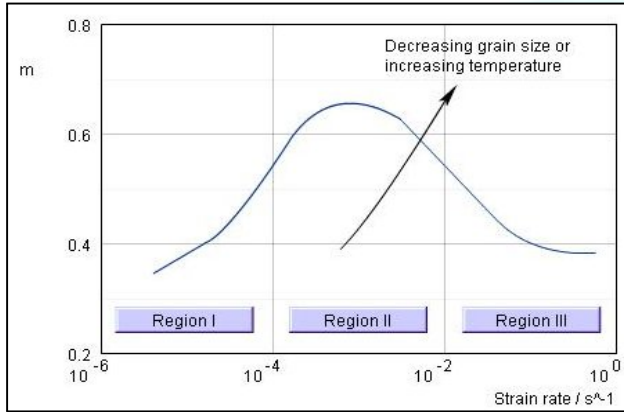
**I.Bölge** : m değerini beten düşük süperplastiklik açıkça yok

**II.Bölge** :süperplastiklik yalnızca bu bölgede var,hızla beraber gerilme de artar.tane boyutu küçülür.

**III.Bölge** : m değeri nisbeten küçük süperplastiklik açıkça yok.



### DEFORMASYON HIZI HASSASLIK KATSAYISI-(m değeri)-V-



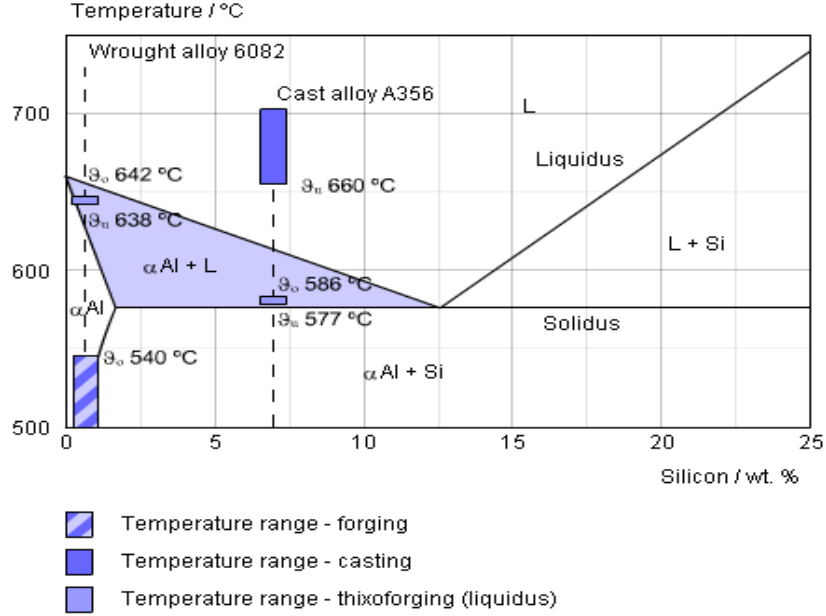
Süperplastisite de (m) önemli bir parametredir. Boğum oluşmasına karşı malzemenin bir direnci anlamına gelir.**I.Bölge** : (m) nisbeten düşük süperplastiklik açıkça görülmez. **II.Bölge** : (m) in yükselmesi boğumlaşmaya karşı direnme anlamına gelir.Azalan tane boyutuna karşılık artan sıcaklıkla artar.**III.Bölge** : (m) düşük süperplastisite açıkça görülmez .



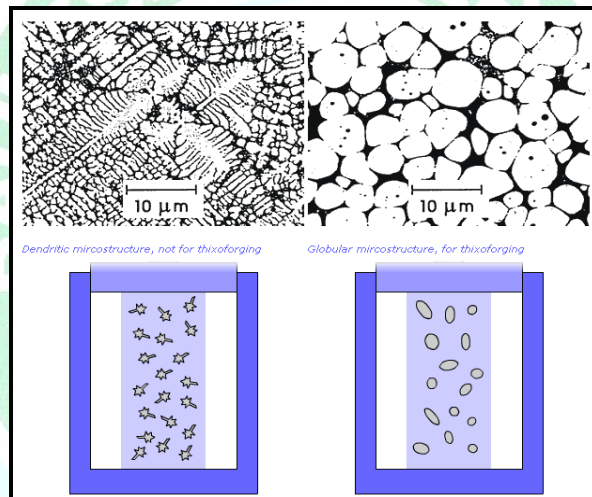
**(THIXOFORMING) YARI KATI-SIVI HALDE SICAK ŞEKİLVERME PROSESİ**

**YARI KATI-SIVI SICAK ŞEKİL VERME**

Aşağıdaki diyagramda iki farklı alaşımın yarı katı-yarı sıvı halde önce döküm, sonra hangi sıcaklık aralığında dövülerek şekil verildiği gösterilmektedir.



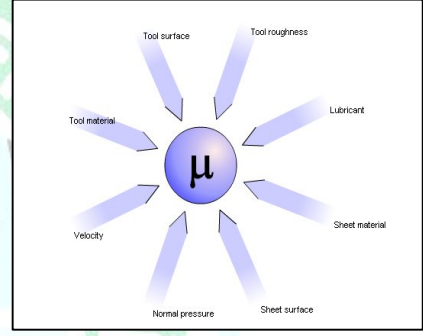
**YARI KATI-SIVI SICAK ŞEKİL VERMEDE MALZEME YAPISI-** Normal alüminyum'un iç yapısı dentrit şeklinde iken, yarı katı-yarı sıvı halde şekil vermede globullar (küresel) iken taneli yapı oluşmaktadır.



## TRİBOLOJİ VE SÜRTÜNME

### DERİN ÇEKMEDE TRİBOLOJİ

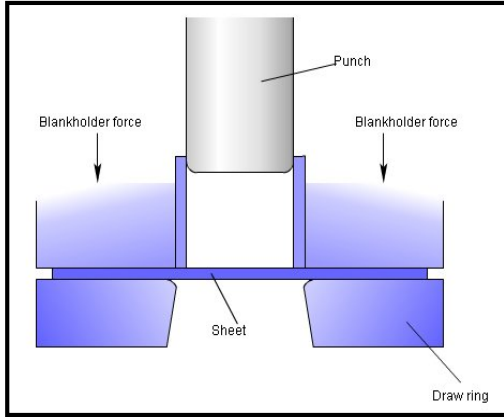
Saçların şekillenmesinde takım ile sacın temas noktalarında sürtünme vardır. Sürtünme katsayısı  $\mu = F_R / F_N$  şeklinde veya  $\mu = \tau_R / \sigma_N$  gibi ifade edilir. Bu ifadeler, yavaş hız, yağsız ve düşük basınçlar için geçerlidir. Oysa pek çok şekil vermede özel yağ, yüksek hız ve basınçlar kullanılır. Sürtünme katsayısı  $\mu$ ; yağlamadan, sac malzemesi ve kaplamasından, takım malzemesi ve kaplamasından, takım-sac malzeme ikilisinden, normal basma ve derin çekme hızından etkilenir.



### DERİN ÇEKMEDE SÜRTÜNME BÖLGELERİ

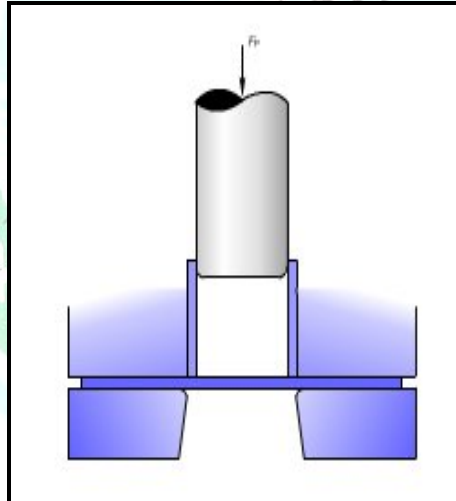
Derin çekme işleminde çeşitli noktalarda sürtünme alanları vardır.

- \* Saç tutucu - yağ - sac
  - \* Sac - yağ - çekme kalıbı
  - \* Sac - yağ - kalıp radyüsü
  - \* Zımba kenar radyüsü - yağ - sac
- Birbirine temas eden bu yüzeylerde sürtünmenin min. olması arzu edilir. Yüksek sürtünmenin olduğu kısımlar ise ;



Çekme kuvvetleri zımba üzerinden şekil verilen alan üzerine doğru transfer edilir. Yani zımba alt kısmında, zımba radyüsünde, zımba yan yüzeylerindeki kuvvetler, simetrik bir parça derin çekilirken iş parçasına aktarılır. Bu yüzden takım-iş parçası arasındaki sürtünme, olabildiğince yüksek olur.

### SÜRTÜNME MEKANİZMALARI-I



## SÜRTÜNME MEKANİZMALARI-II-

Saç metalin derin çekilmesinde aynı anda **sıvı, katı ve sınır** sürtünmeler oluşabilir.


\* **Sıvı sürtünme'de** ; hidrodinamik basınç, yağın hidrostatik basıncı ile örtüşebilir. Yağ , normal basıncın saç yüzeyine geçmesine izin verir.

\* **Sınır sürtünme'de** ; yağ filmi, çok sıkı şekilde basılır, öyle ki yüzeyler temas etmez.Bazen akma gerilmesine ulaşıldığında iş parçası yüzeyi düzgün şekilde çıkar.Sıvı ve sınır sürtünmenin aynı zamanda oluşumu, **karışık sürtünme** olarak adlandırılır.

\* Eğer saç ve takım arasındaki yağ filmi kırılırsa, “**adhesive**” aşınma doğar. Ara yüzey basınçları yüksek iken,kayma hızları nispeten düşük olduğundan metal şekillenmesi esnasında sürtünmenin hidrodinamik haline ulaşamaz.Bu karışık sürtünmenin en genel halidir.

## YÜZEY YAPILARI

Saç yüzeylerin yağlanmasını iyileştirmek için, sac üzerine özel mikroyapılar oluşturulur.Bu işlem haddede son paso verilirken yapılır.Aşağıda bitiş haddesinde oluşturulan yüzey yapıları görülmektedir.

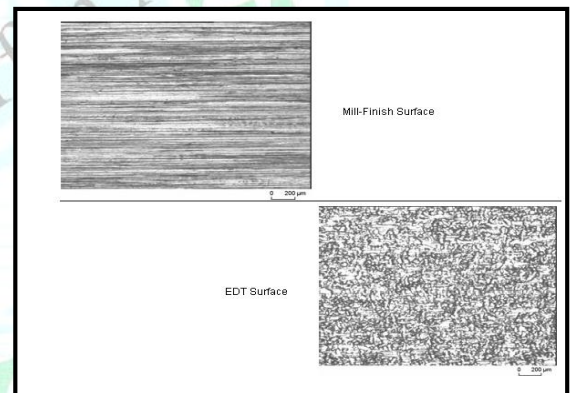
<u>Tesadüfi yüzeyler</u>	Kural az,farklı yapılarla oluşan yüzey	
<u>Belirleyici yüzeyler</u>	Geometrisi düzgün yapılarla oluşan yüzey	
<u>Uyduurma yüzeyler</u>	Biri diğerinden ayrılmaz biçim de geometrisi düzgün yapılarla oluşan yüzey	

## HADDE - BİTİŞ YÜZEYİ – EDT YÜZEYİ

Standart saç hadde –bitiş yüzeyinde yöne bağlı pürüzlülük doğar,o takdirde hadde yönünde ve ona dik yönde sürtünme davranışları farklı olur.

Eğer, saç son bitiş yüzeyi **EDT** (electro discharge texture) prosesi ile yüzey yapısı oluşturulursa ;

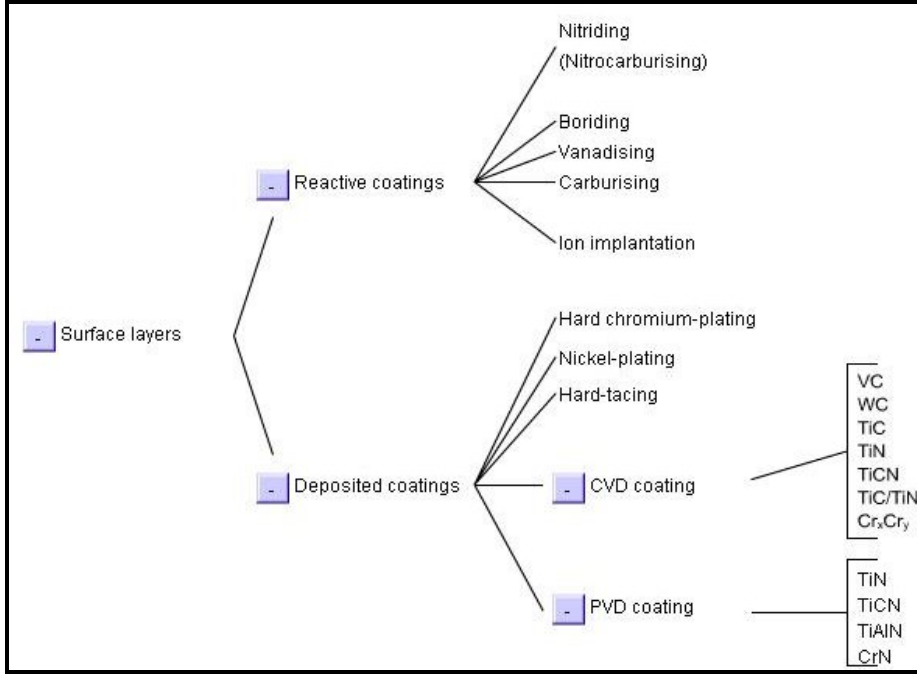
\* İyi bir derin çekme özelliği kazandırılmış olunur(yağlar hapsoldüğü ve tutulduğı için), ayrıca boyama sonrası cezbedici bir görünüş elde edilir.





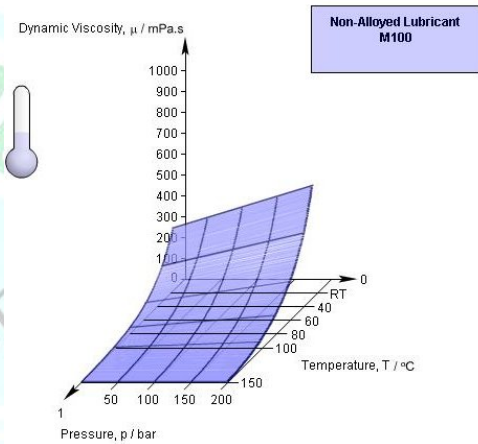
### Şekil verme takımlarının yüzeylerinin kaplanması

Şekil verecek takımların yüzeylerini kaplatmadaki amacımız, kaplamanın aşınmaya karşı koruma sağlaması, esas metalin ise mekanik gerilmeleri kaplama tahrip olmadan karşılamasıdır. Aşağıda takım yüzey kaplama şeması görülmektedir.



### Triboloji'de viskozite-basınç-sıcaklık ilişkisi

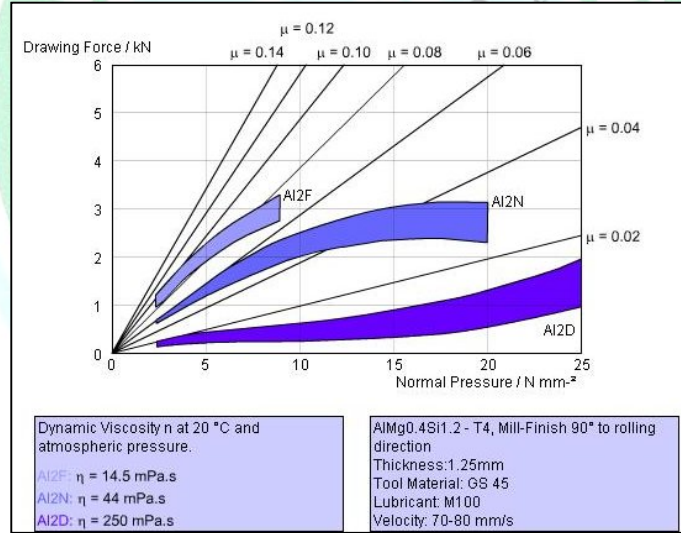
Yağlamanın viskozitesi, sıcaklıkla düşer basınçla hafifçe artar.Sadece atmosfer basıncında 20<sup>0</sup> C , veya 40<sup>0</sup> C gibi özel bir sıcaklıkta yağlama viskozitesinin değeri verilir.Yandaki grafikte alaşimsız M100 mineral bir yağın çeşitli sıcaklık ve basınçlardaki viskozite ölçümleri görülmektedir.





### Viskozite'nin etkisi :

Yatay eksen pot çember basınçları artarken, pot çemberi altındaki malzeme akışının kontrolü ancak  $\mu$  ye sahip bir yağlama ile mümkün olur. AL2F yağı ile arayüzey basıncı  $8 \text{ N/mm}^2$  ye kadar olan işlemler yapılır. Normal basınçlarda AL2N yağı kullanılır.  $\mu$ ' sü oldukça düşük durumlarda AL2D yağı tercih edilir. Diyagramdan, sürtünme kuvvetlerinin artan viskozite ile azaldığı görülmektedir. Ara yüzey basınçları artarken  $\mu$  azaldığından AL2D yağları daha faydalı olur.



### Kuru yağlama

