1. Yukarıda (a) şeklinde olduğu gibi merkezde ok başı şeklindeki çatlaklar: Bunun nedeni yetersiz redüksiyondur (şekil değişimi miktarı). Örneğin ekstrüzyon oranının 10'dan düşük olması durumunda işlem sırasında yüzeydeki sürtünme kuvvetleri malzemenin merkezinde ikincil çekme gerilmelerinin oluşmasına neden olur. Bunun büyük değerler almasıyla merkezde eksen boyunca çatlaklar görülebilir.

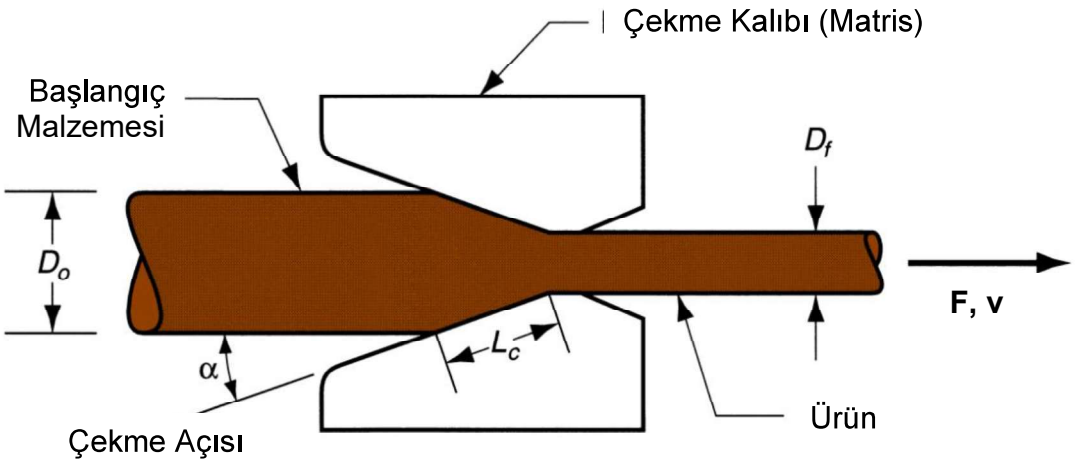
2. Yukarıda (b) şeklinde olduğu gibi takoz sonuna kadar basıldığı durumda ortadan kolayca ve daha fazla akan malzeme merkezde ürünün sonuna doğru boru oluşumuna neden olur. Bu yüzden takozu sonuna kadar basmamak gereklidir.

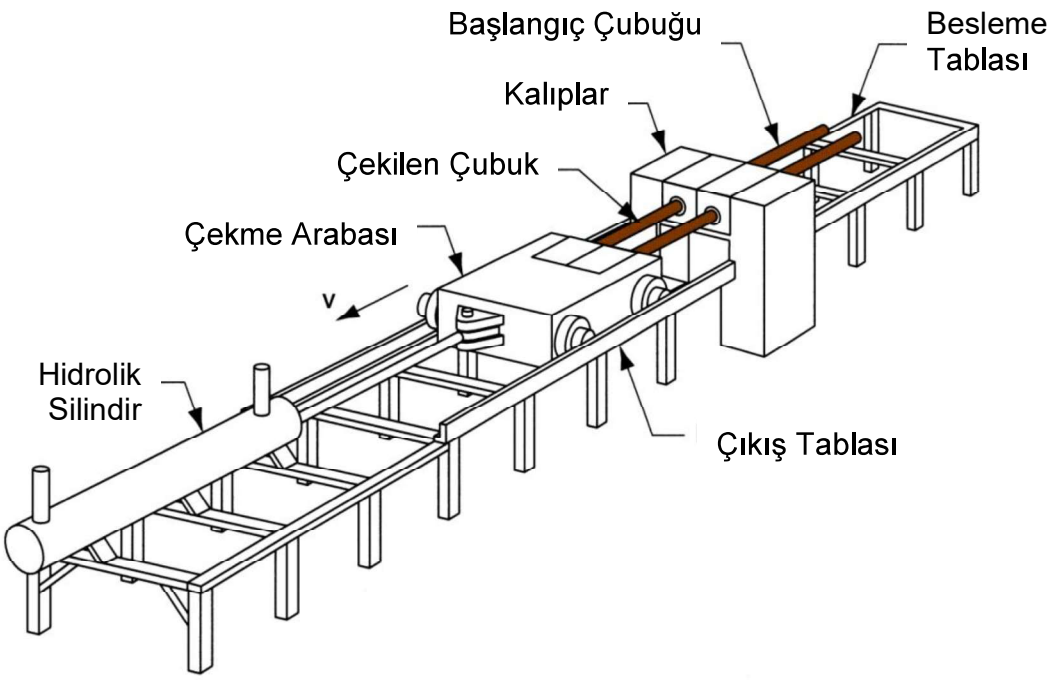
3. Yağlamanın yetersiz olduğu durumda yukarıdaki (c) şeklinden de görüleceği gibi, sıcaklığın özellikle yüksek deformasyon hızları nedeniyle arttığı durumlarda yüzey çatlaklarına da rastlanabilir.

Ekstrüzyon işlemlerinde çoğunlukla yatay, hidrolik ekstrüzyon preslerinden yararlanılır. Bu tür presler 500 ile 4000 ton aralığında basma kapasitesine sahiptir. Sıcak ekstrüzyonda takozların ısıtılmasında fırınlardan veya endüksiyon ısıtma donanımından yararlanılmaktadır. Gene sıcak ekstrüzyon işleminde kovanlarda takozun ısı kaybını önlemek için ısıtma tertibatı da bulunmaktadır. Yardımcı donanım olarak ayrıca ürün çıkışında ani soğutma ve gerdirme üniteleri de kullanılabilmektedir.

4. ÇUBUK ve TEL ÇEKME

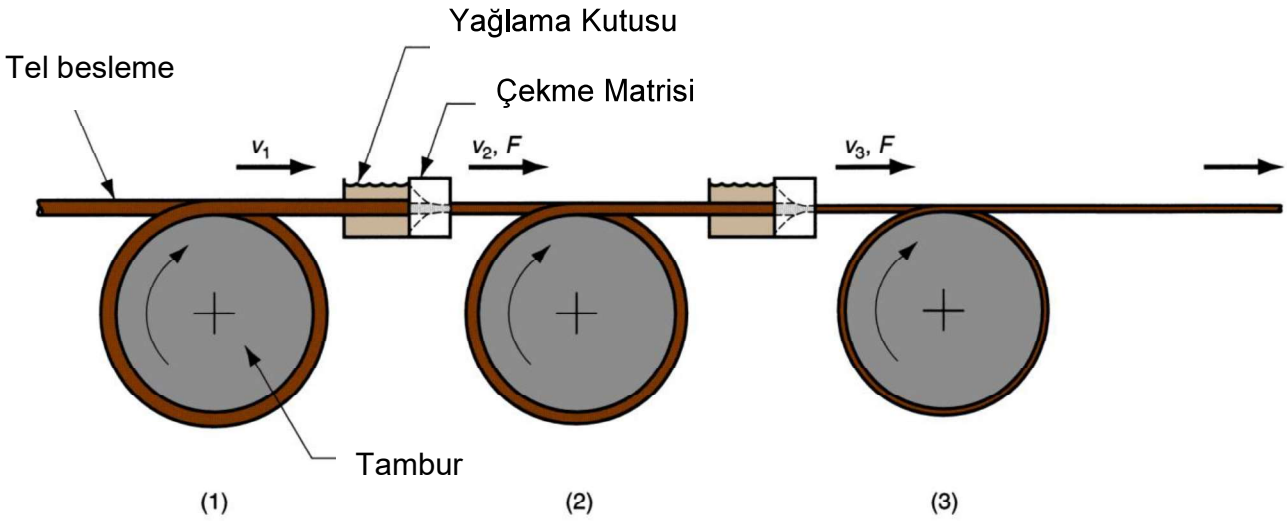
Bu işlemle çubuk veya telin kesit alanı küçültülmekte ve boyu uzatılmaktadır. Ekstrüzyona prensip itibarıyla benzemekle birlikte ekstrüzyonda işlem takozun ittirilerek basılmasıyla gerçekleşirken burada işlem çubuk veya telin kalıp sonrasında tutulup çekilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Çekme işleminde çekme gerilmeleri etkin olmakla birlikte dolaylı olarak kalıpta şekillenme sırasında basma gerilmeleri de rol almaktadır.

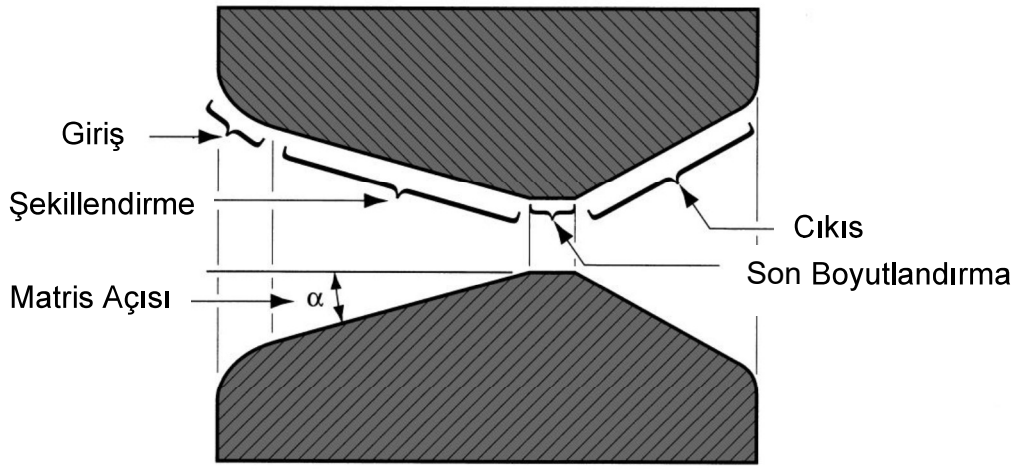




Yukarıdaki şekilde bir çubuk çekme düzeneği verilmiştir. Hidrolik silindir vasıtasıyla çekme işlemi uygulanmaktadır. Hidrolik silindire bağlı çekme arabasında çeneler bulunmaktadır. Bunlar kesiti küçültülerek (örneğin soğuk döverek) kalıp boşluğundan geçirilen malzemeyi tutmaya yaramaktadır. Araba işlem sırasında raylar üzerinde hareket etmektedir.

Tel çekme işleminde ise işlemin arka arkaya gerçekleştirildiği çok tamburlu (4 ile 12 arasında ardı ardına sıralanan kalıp sistemlerine uygun) ırgat (bocurgat) sistemleri kullanılmaktadır.





Yukarıdaki şekilde tipik bir çubuk veya tel çekme matrisine ait kesit verilmiştir. Çekme işleminde matris ile malzeme arasında çok büyük sürtünme gerilmeleri oluşmakta bu da işlemi güçleştirmektedir. Bunu engellemek için çok iyi yağlama yapılması gerekir. Bu amaçla hidrodinamik yağlama koşulları sağlanmaya çalışılır. Bu ise içinde yağlayıcı sıvı bulunan kutularda ıslak koşullarda sağlanır. Dolayısıyla matris bu kutuların içinde yani yağlayıcı sıvının içinde bulunur ve işlem bu kutunun içinde gerçekleştirilir. Yağlamanın etkin olması için matrislerin giriş kısmı konik olarak işlenir. Böylece matrisin içine malzeme yağlayıcı ile birlikte çekilir. Bundan sonra matris açısıyla konik olarak işlenmiş şekillendirmenin gerçekleştiği bölge bulunur. Matris açısı malzemeye bağlı olarak 6° ile 20° arasında değişir. Üçüncü bölge silindirik işlenmiş olup ürün son boyutuna bu bölgede kavuşur. Bundan sonra gene konik işlenmiş (yaklaşık 30° açılı) bir çıkış bölgesi vardır. Genelde kalıplarda soğuk iş çelikleri kullanılmakla birlikte matrislerin imalatında sinterlenmiş malzeme kullanılmaktadır. İnce çaplı tel çekmek için yapay veya doğal elmas kullanılmaktadır.

Malzemenin çekme işlemine hazırlık aşamaları ise şunlardır:

1. Yumuşatma Tavlaması

Malzemenin sünekliğini veya şekillendirilebilme özelliğini iyileştirmek için yeniden kristalleştirme tavı uygulanır.

2. Yüzey Temizleme

Isıl işlem sonrası veya bekletilme sonrasında yüzeyde oluşan tufal ve pasın temizlenmesi gerekir. Bunlar çok sert olduklarından matris yüzeylerine zarar verirler. Bu amaçla kimyasal (asidik) banyolardan veya kumlama gibi mekanik işlemlere başvurulur. Temizleme sonrası yüzeylere bir ön yağlama da uygulanabilir.

3. Malzeme ucunun kesitini küçültme

Malzemenin kalıp boşluğundan geçmesi için yapılır. Tokaçlama, dövme, tornalama gibi yöntemler kullanılabilir.

Çekme işleminin gerilme ve kuvvet analizi için öncelikle şekil değişimi miktarı ε tanımlanmalıdır. Çekme işlemlerinde şekil değişimi miktarını tanımlamak için uygulamalarda "redüksiyon (r)" deyimi kullanılmaktadır. Redüksiyon;

$$r = \frac{A_0 - A_S}{A_0}$$

Şeklinde giren ve çıkan malzemenin kesit farkının giren malzemenin kesit alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Birim şekil değişimi ise;

$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A_S} = \ln \frac{1}{1-r}$$

Olarak tanımlanmaktadır. İdeal durumda yani sürtünme ve iç şekil değişimi işinin olmadığı varsayıldığında çekme gerilmesi;

$$\sigma_Ç = \sigma_{ort}.\varepsilon = \sigma_{ort}.\ln \frac{A_0}{A_S}$$

Şeklinde belirlenebilmektedir. Burada dikkat edildiği gibi akma gerilmesi olarak σ_{ort} kullanılmıştır. Bu işlemin soğuk şartlarda gerçekleştirildiğini göstermektedir. Çekme işlemi genelde soğuk koşullarda yapılır. Çünkü tel veya çubuk matris sonrasında çekileceği için kopma olmaması için dayanımın yüksek olması istenir. Bu ise ancak deformasyon sonrası elde edilecek pekleşmeyle mümkündür. İkinci olarak hidrodinamik yağlamayı sıcak koşullarda sağlamak mümkün değildir.

Sürtünmenin ve iç şekil değişimi işinin dikkate alındığı gerçek durumda çekme gerilmesi;

$$\sigma_Ç = \sigma_{ort}.\ln \frac{A_0}{A_S}\left(1 + \frac{\mu}{\tan\alpha}\right).\phi$$

Olarak tanımlanmaktadır. Burada parantez içindeki ifade sürtünme etkisini, son φ ifadesi ise iç şekil değişimi işinden kaynaklanan etkiyi vermektedir. Şekil değişimi etkisi kesit geometrisine bağlı olarak;

$$\phi = 0.88 + 0.12\frac{D}{L_C}$$ **(yuvarlak kesitli malzemeler için)**

$$\phi = 0.80 + 0.20\frac{h}{L_C}$$ **(dörtgen kesitli malzemeler için)**

Şeklinde tanımlanmaktadır. Burada α matris açısını (gerçekte tam açının yarısıdır), μ malzeme ile matris arasındaki sürtünme katsayısını, *D* ortalama çapı, L_c şekil değişimi sırasında malzemenin matrise temas ettiği uzunluğu, *h* ise dörtgen kesitli malzemelerde ortalama yüksekliği tanımlamaktadır. *D* ve L_c değerleri geometriden

$$D = \frac{D_0 - D_S}{2} \quad , \qquad L_C = \frac{D_0 - D_S}{2.\sin\alpha}$$

Şeklinde belirlenmektedir. Bu durumda işlem için gerekli çekme kuvveti $F_Ç$ yuvarlak kesitli bir çubuk için;

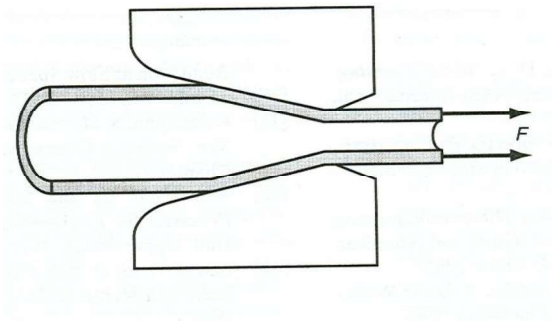
$$F_Ç = A_S.\sigma_Ç = A_S.\sigma_{ort}.\ln\frac{A_0}{A_S}.\left(1 + \frac{\mu}{\tan\alpha}\right)\left(\sin\alpha.\frac{D_0 + D_S}{D_0 - D_S}\right)$$

Olarak hesaplanabilir. Bu arada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da çekme gerilmesinin malzemenin akma dayanımından büyük olmamasıdır.

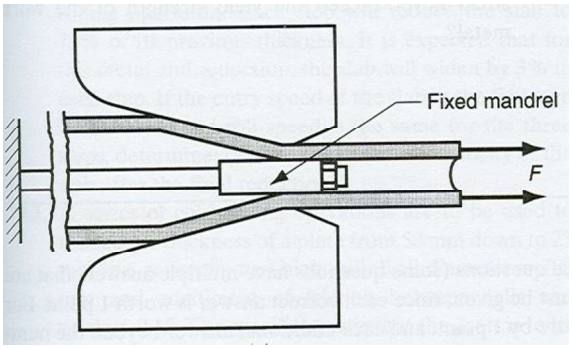
$$\sigma_Ç < (0.8).\sigma \qquad (\sigma = K.\varepsilon^n)$$

Aksi takdirde çekme işlemi başarılı olamaz ve malzeme kopar. Malzemenin % 0,2 akma dayanımı için malzemenin ε kadar şekil değiştirdikten sonraki pekleşme neticesinde ulaşılan akma gerilmesinin % 80'i dikkate alınabilir.

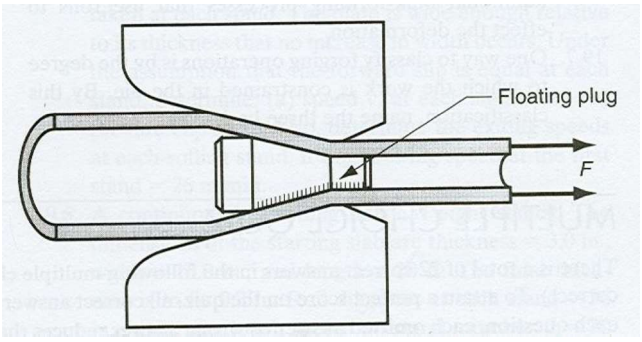
Çekme işlemlerinin önemli bir bölümünü de içi boş profillerin (örneğin boru) çekilmesi oluşturur. Bu işlemlerde gerek et kalınlığının gerekse çap veya çevresinin küçültülmesi sağlanır. Genellikle borular ekstrüzyonla veya Mannesmann usulü haddelemeyle elde edilir. Ancak bu işlemlerin gereği küçük çap ve ince et kalınlıkları elde etmek mümkün değildir. Bu şekilde üretilen dikişsiz, merdanelerle büküp kaynakla elde edilen dikişli borularda et kalınlığını ve çapı düşürmek boru çekme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilir.



Malafasız Serbest Boru Çekme



Sabit Malafalı Boru Çekme



Yüzer Malafalı Boru Çekme

SAC ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ
(Ders Kitabı 20. Bölüm)

Sac şekillendirme işlemlerinin ticari açıdan önemi büyüktür. Beyaz eşya, otomotiv, havacılık sektörlerinde kullanılan birçok parça yassı yarı mamuller (sac veya levha) şekillendirilerek imal edilmektedir.

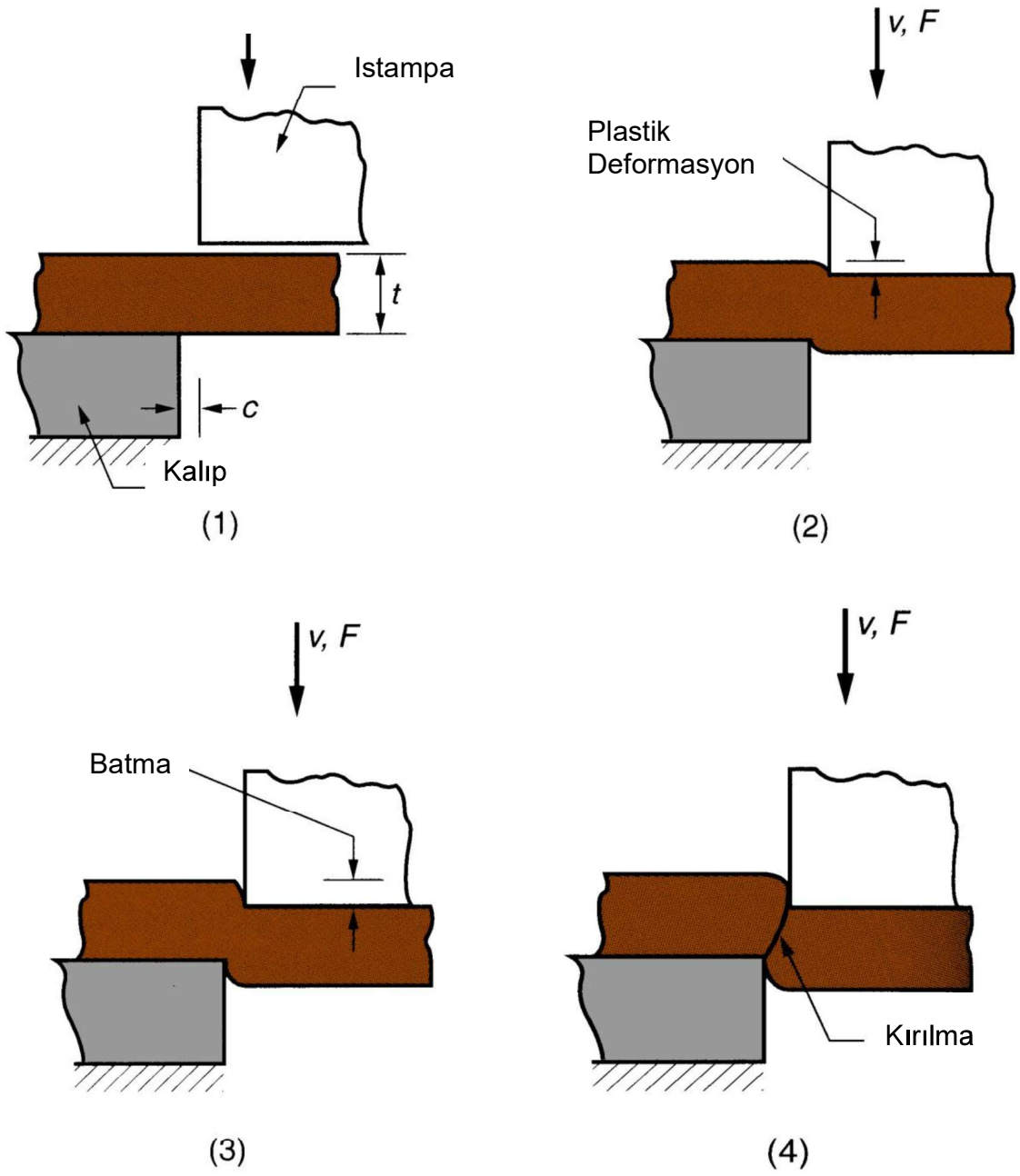
- **Levha t > 5 mm**
- **Sac 0.2 mm < t < 5 mm**

Sac şekillendirme yöntemleri büyük çoğunlukla soğuk olarak uygulanır.

<u>Sac şekillendirme yöntemleri:</u>
1. Sac kesme,
2. Sac bükme,
3. Derin çekme,
4. Diğer şekillendirme yöntemleri olarak gruplandırılabilir.

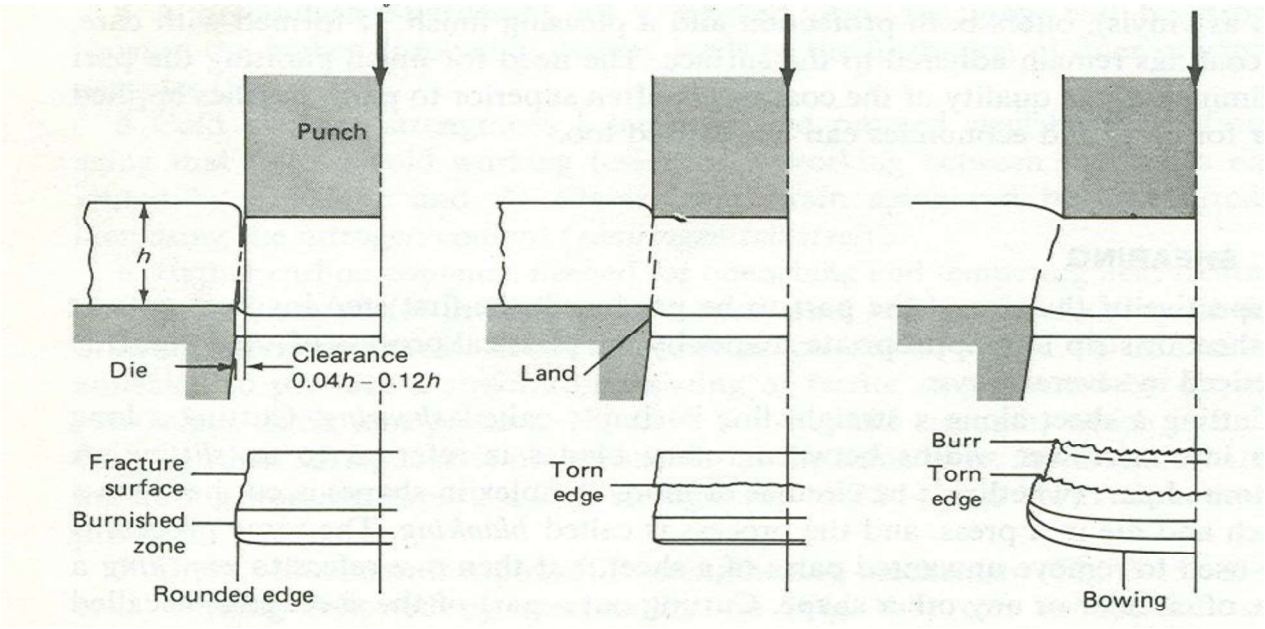
<u>Sac Ürünlerin Avantajları:</u>
1. Yüksek Dayanım
2. Yüksek boyut hassasiyeti
3. İyi yüzey özellikleri
4. Daha düşük maliyet,

A) KESME



Optimum Kesme Aralığı, *c = a.t*

Metal	a
Yumuşak Al alaşımları	0.045
Sertleştirilebilir Al alaşımları, pirinç, yumuşak çelik ve paslanmaz çelik	0.060
Soğuk haddelenmiş sertleştirilmiş çelik, paslanmaz çelik	0.075



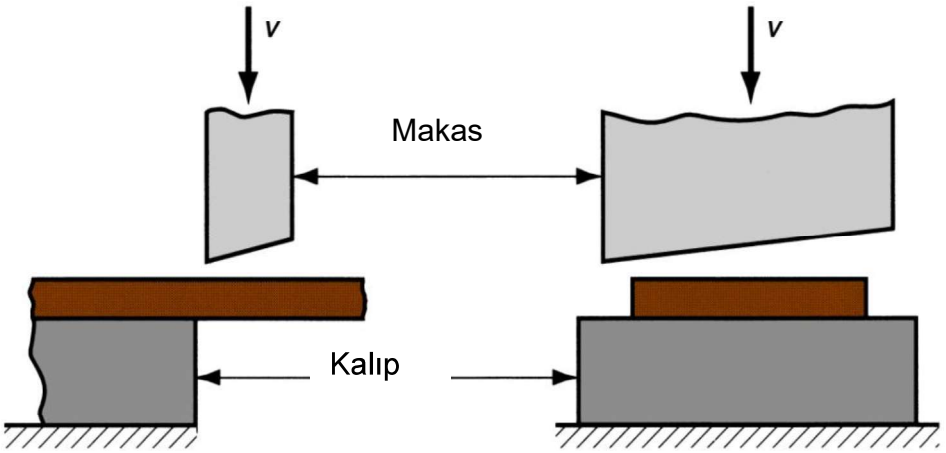
a. Optimum aralık b. Aralık yetersiz c. Aralık çok

Kesme işleminde kalıplar arasında bir optimum aralık bırakılmalıdır. Bunun yapılmaması durumunda kesme kalitesi kötüleşir. Dik kesme kenarları elde edilemez ve kesme yüzeylerinde girinti çıkıntılar meydana gelir. Optimum aralık malzeme sertliği veya sünekliği ile sac kalınlığına bağlıdır. Sert olanlarda daha büyük, yumuşak saclarda daha küçük aralıklar kullanılmaktadır.

Sac kesme işlemleri şu şekilde gruplandırılabilir:

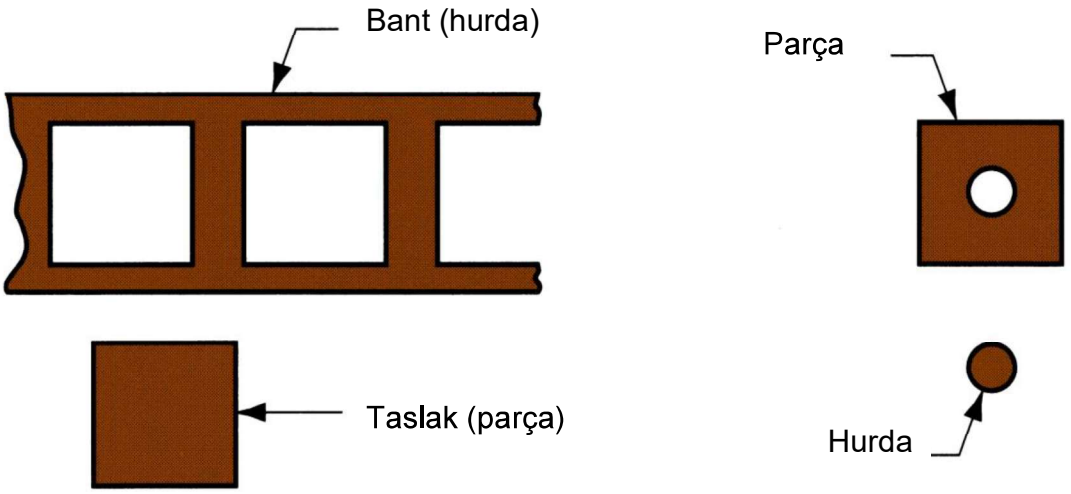
1. **Düz (Kenar) Kesme**
2. **Çevre Kesme**
3. **Delme**

1. Düz Kesme



Giyotin Makas

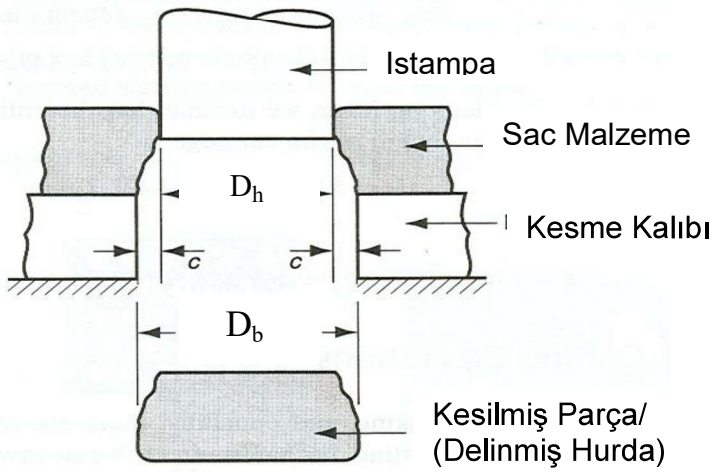
2. Çevre Kesme ve Delme



Çevre Kesme **Delme**

Yuvarlak Çevre Kesme Kalıp Çapı: D_b
Yuvarlak Çevre Kesme Istampa Çapı: $D_b - 2c$

Yuvarlak Delme Istampa Çapı: D_h
Yuvarlak Delme Kalıp Çapı: $D_h + 2c$



Kesme kuvveti hesabında kesme boyu, malzemenin kesme dayanımı ve sac kalınlığı etkin rol oynar.

$$F = \tau.t.L$$

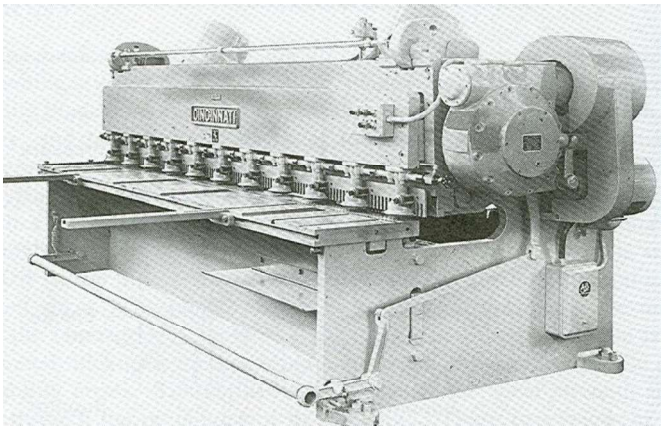
Veya çekme dayanımı cinsinden

$$F = 0.7(\sigma_{Ç}.t.L)$$

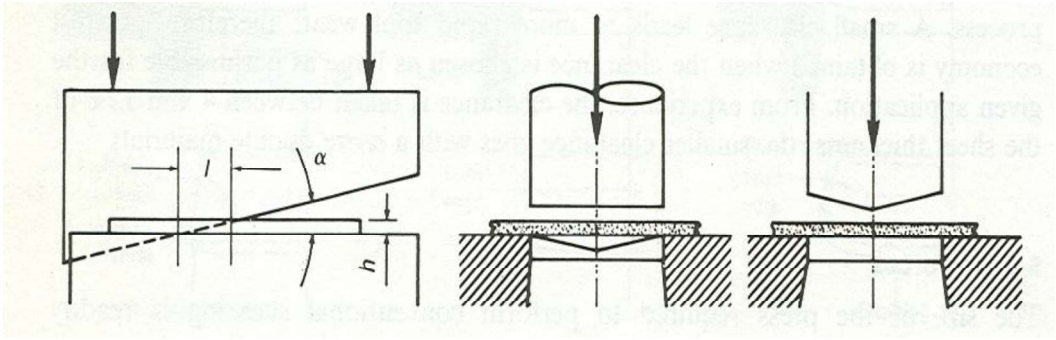
Olarak hesaplanır. Kesme sırasında harcanan iş veya bunu karşılayacak enerji yaklaşık olarak,

$$E = 0.4.(F.t)$$

Şeklinde hesaplanabilir. Boyutlar için mm, dayanım ise N/mm^2 birimleri kullanılırsa kesme kuvveti N cinsinden ve enerji de N.mm cinsinden bulunur. Kesme kuvvetinin azaltılması, kalıpların daha uzun ömürlü olması için açılandırma yapılır. Böylece kesme boyu azaltılarak kesme kuvveti düşürülür. Uzun düz kesme yapmak için giyotin makaslar kullanılır. Kesme boyu 6 metreye kadar uzanan giyotin makaslar vardır.

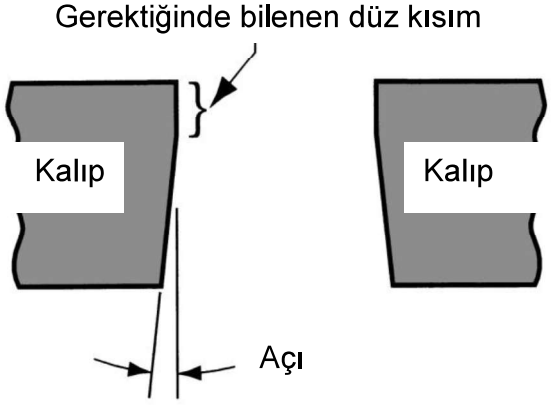


Giyotin Makas

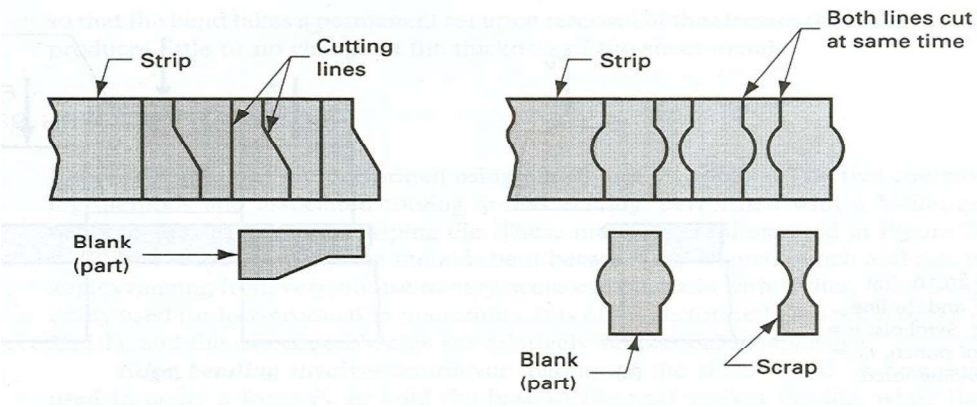


Giyotin Makas **Kesme veya delme kalıbı**

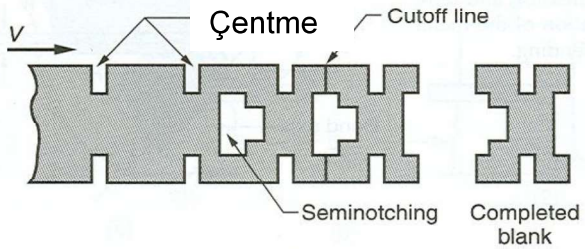
Delme ve kesme sonrası parçaların aşağı kolay düşmesini sağlamak amacıyla 0.5 ile 1.5° arasında açılar verilir.



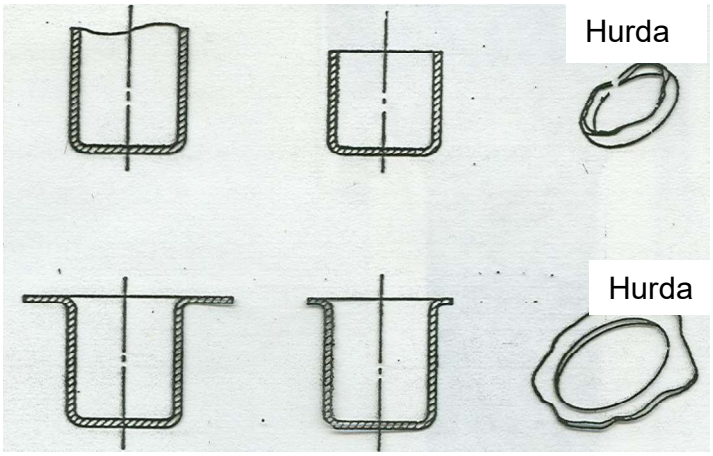
Çevre kesme ve delme işlemlerinin dışında diğer sac keme yöntemleri olarak uç kesme (hurda yok), ayırma (iki taslak arasında hurda var), çentme, yarma ve etek kesme işlemleri vardır.



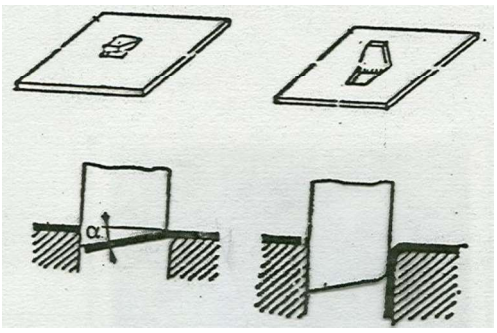
Uç Kesme **Ayırma**



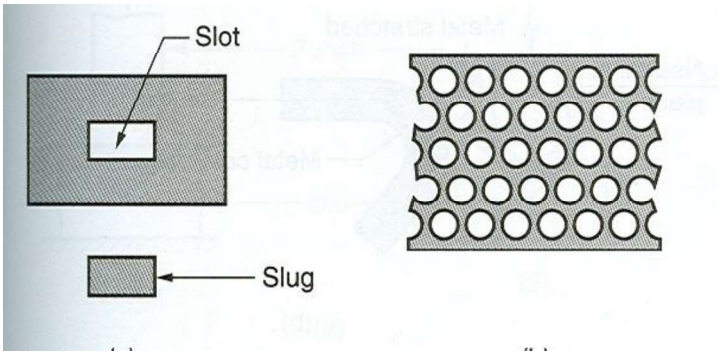
Çentme (Çentik açma)



Etek Kesme

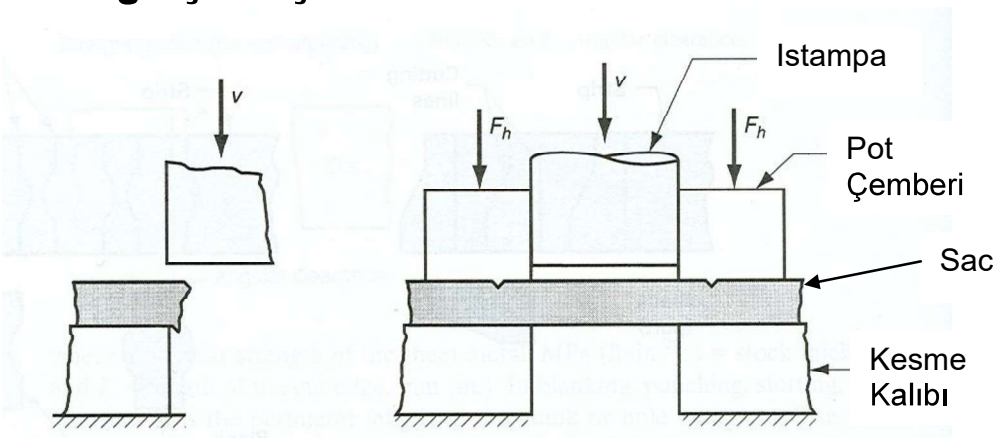


Yarma



Dörtgen delme **Çoklu Delme**

Kesme sonrası parçanın istenen tam boyutlarda olmasını sağlamak için "Hassas Kesme" işlemi uygulanır. Bunun için klasik kesme işleminden sonra hassas tıraşlama işlemi uygulanabileceği gibi işlem bir defada hassas kesme kalıplarında gerçekleştirilir.

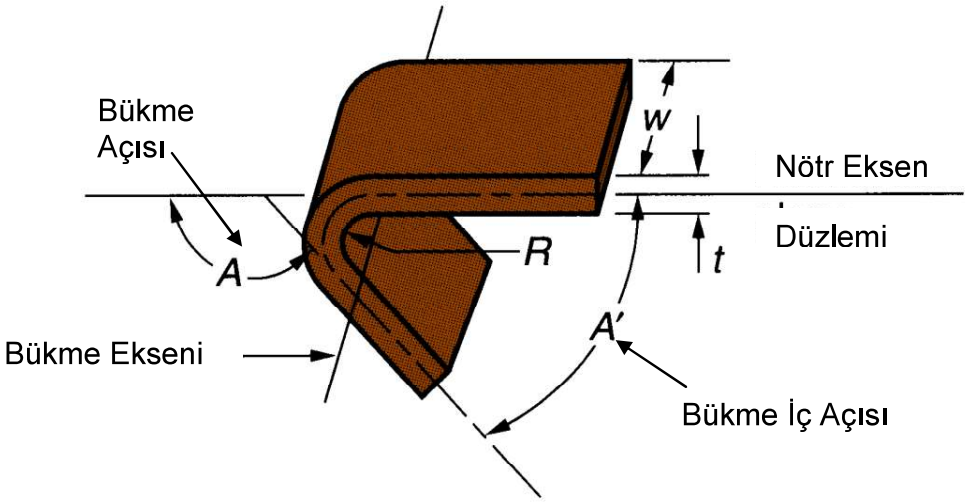


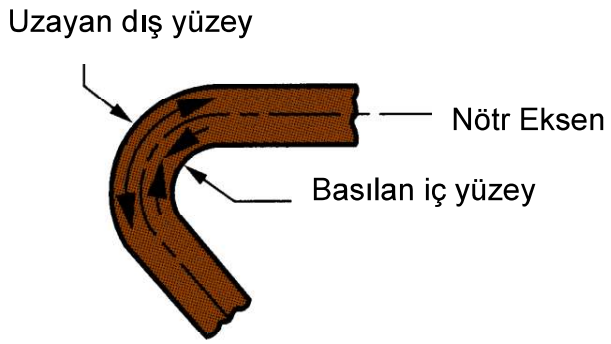
Tıraşlama **Hassas Kesme**

Hassas kesme işleminde önce bir pot çemberi ile saca baskı uygulanır. V çentikleri olan pot çemberi sacı kesme işlemi öncesi sabitler ve içeri doğru zorlayarak basma gerilmesi oluşturur. Bu malzemenin kesme sırasında gevrek yani kırılgan davranış göstermesini destekler. Kesme kalıbı ile ıstampa arasında optimum açıklıktan çok daha küçük açıklık bırakılır ve kesme işlemi hızlı bir şekilde gerçekleştirilir. Kesme yüzeyleri gevrek kırılma nedeniyle ezilme büzülmeye veya boyut değişikliğine uğrayamaz. Bunu gerçekleştirecek kalıpların çok dayanıklı (sinter-sert metal) preslerin ise çok hızlı olması gerekir.

B. BÜKME

Sacı bir eksen etrafında eğme gerilmeleri kullanarak bükme işlemidir. Sacın içi basma dış yüzeyi ise çekme gerilmeleri altında şekillenmeyi sağlamaktadır.

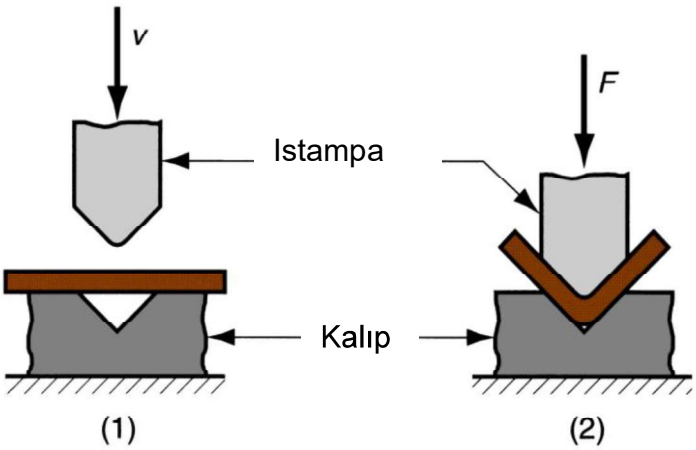




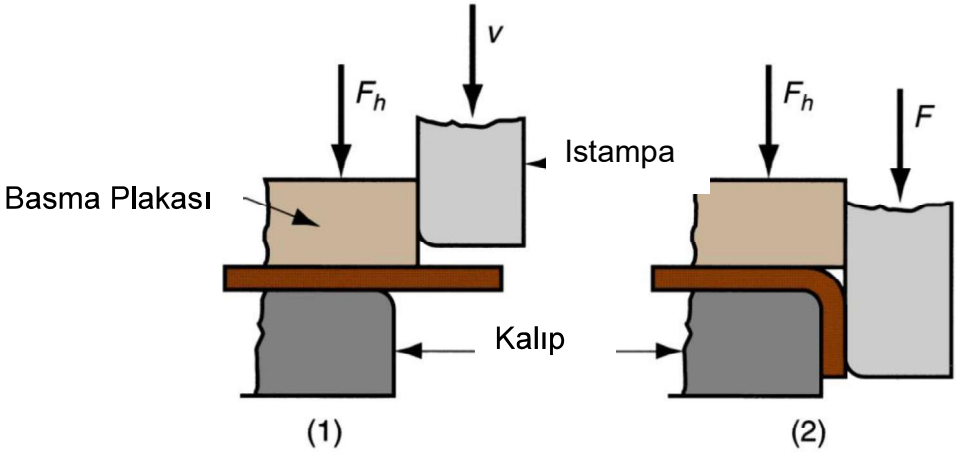
En çok kullanılan bükme işlemleri:

- **a. V-Bükme**
- **b. Kenar Bükme**

Bükme sırasında kalınlıkta önemli bir değişme görülmez. Bükme işlemleri kalıp ve ıstampa yardımıyla gerçekleştirilir.



V-Bükme



Kenar Bükme

Bükme açısı A ile bükme iç açısı A' toplamı 180° dir. Bükme yarıçapı R bükülen parçanın iç tarafındaki yarıçap olarak tanımlanır.

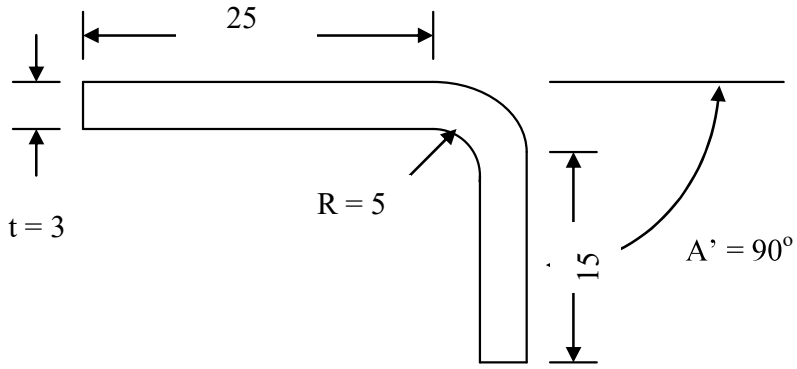
Bükme Açılımı:

Bükme sırasında küçük radyüsler kullanıldığında malzeme bükme boyunca uzar. Dolayısıyla başlangıçtaki taslak boyunun iyi hesap edilerek kesilmesi gerekir ki bükme işlemi sonrasında parça boyutları tanımlandığı gibi elde edilebilsin.

$$BA = 2.\pi \frac{A}{360}\left(R + K_{ba}.t\right)$$

BA **bükme açılımı (bükülen bölgenin işlem öncesi olması gereken boyu),** ***A*** **bükme açısı (°),** ***R*** **bükme yarıçapı (mm),** K_{ba} **uzama faktörü ve** ***t*** **sac kalınlığıdır (mm).**

R < 2.t	K_{ba} **= 0.33**
R ≥ 2.t	K_{ba} **= 0.50**



$$BA = 2.\pi \frac{90}{360}\left(5 + 0.35x3\right) = 9.5 \quad \textbf{mm}$$

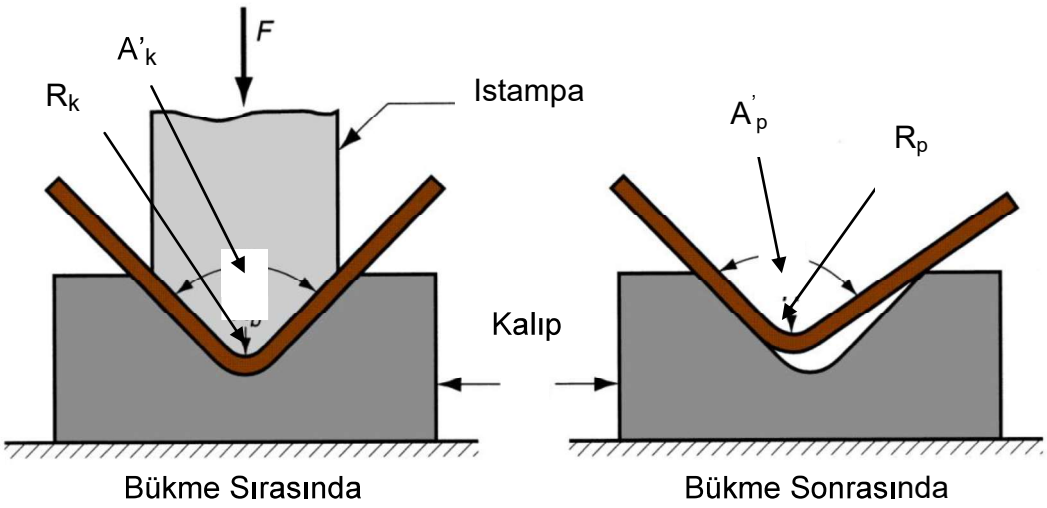
Taslağın başlangıç boyu = 25 + 9.5 + 15 = 49.5 mm olarak kesilmelidir.

<u>Geri Yaylanma:</u>

Bükme işlemi sonrasında uygulanan eğme gerilmesi kaldırıldığında parçanın tarafsız (nötr) eksenine yakın bölgede geçerli olan elastik deformasyonlar parçanın bir miktar açılmasına veya bükme açısında azalmaya neden olur. Buna geri yaylanma adı verilir. İstenilen bükme açısının elde edilememesine neden olur. Geri yaylanma miktarı GY;

$$GY = \frac{A'_p - A'_k}{A'_k}$$

Olarak tanımlanmakta olup malzemenin akma dayanımı ve elastiklik modülünün yüksek olması geri yaylanma miktarının da büyümesine neden olmaktadır.

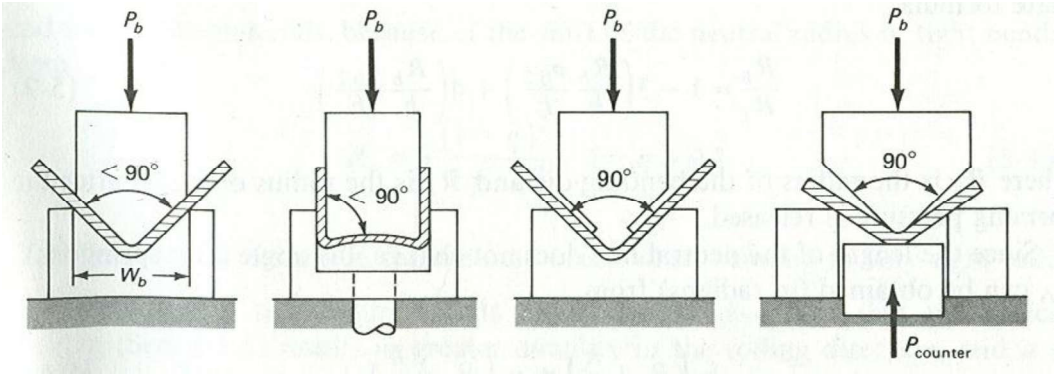


Bükme sonrasında geri yaylanma nedeniyle parça açısı ile parçadaki bükme radyüsünü aşağıdaki ampirik bağıntılarla hesaplamak mümkündür:

$$A_p \cdot \left(R_p + \frac{t}{2} \right) = A_k \cdot \left(R_k + \frac{t}{2} \right)$$

$$\frac{R_k}{R_p} = 1 - 3\left(\frac{R_k}{t} \frac{\sigma_{0.2}}{E} \right) + 4\left(\frac{R_k}{t} \frac{\sigma_{0.2}}{E} \right)^3$$

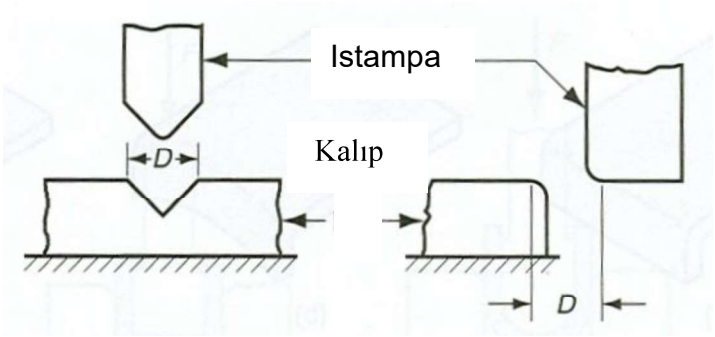
Burada A_p parçanın işlem sonrasındaki bükme açısı, A_k kalıbın bükme açısı, R_p parçanın işlem sonrası bükülme radyüsü, R_k kalıbın bükme radyüsü, t sac kalınlığı, E sac malzemesinin elastiklik modülü, ve $\sigma_{0.2}$ sac malzemenin akma dayanımıdır. Geri yaylanmanın bükmedeki olumsuz etkisini gidermek için bazı tedbirler alınabilir. Fazla bükme, kalıbı dipleme gibi teknikler kullanılarak istenilen boyutlara ulaşılır.



Fazla Bükme **Bükme Bölgesini Ezme**

Bükme kuvvetinin hesaplanmasında aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir.

$$F_b = \frac{K_{bf}.\sigma_{Ç}.w.t}{D}$$

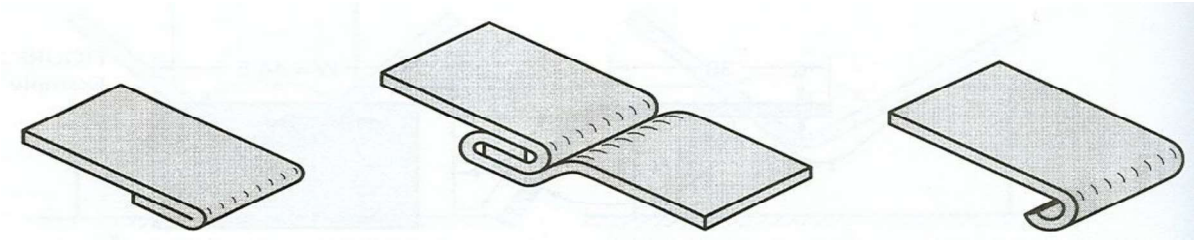


V-Bükme **Kenar Bükme**

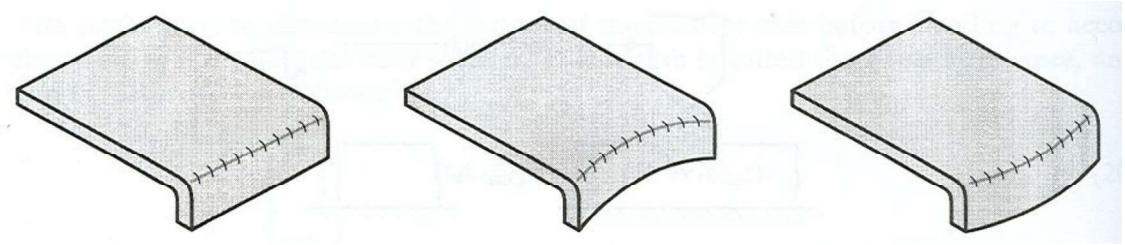
D **işlem sırasındaki bükme mesafesi (mm),** K_{bf} **bükme faktörü,** $\sigma_{Ç}$ **sac malzemesinin çekme dayanımı (N/mm² veya MPa),** ***w*** **sac genişliği (mm) ve** ***t*** **sac kalınlığıdır (mm).**

V-Bükme	K_{bf} **= 1.33**
Kenar Bükme	K_{bf} **= 0.33**

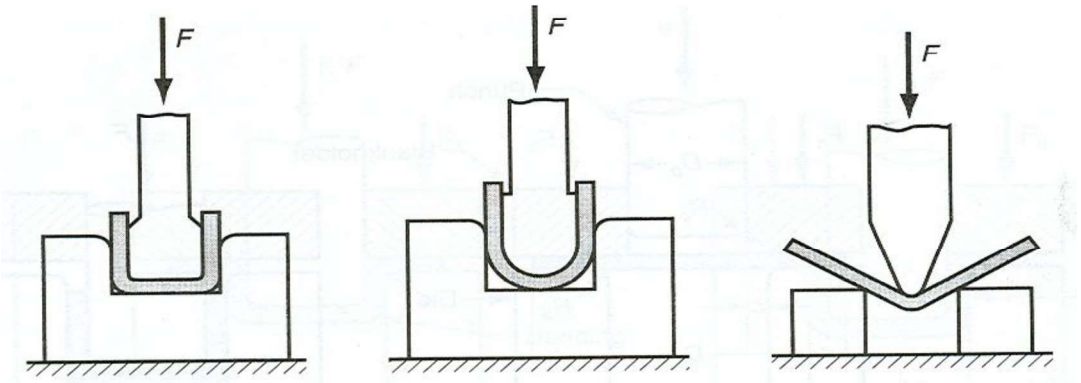
Bunların dışında kalan ve imalat sanayinde çok kullanılan bazı bükme uygulamaları aşağıda verilmektedir.



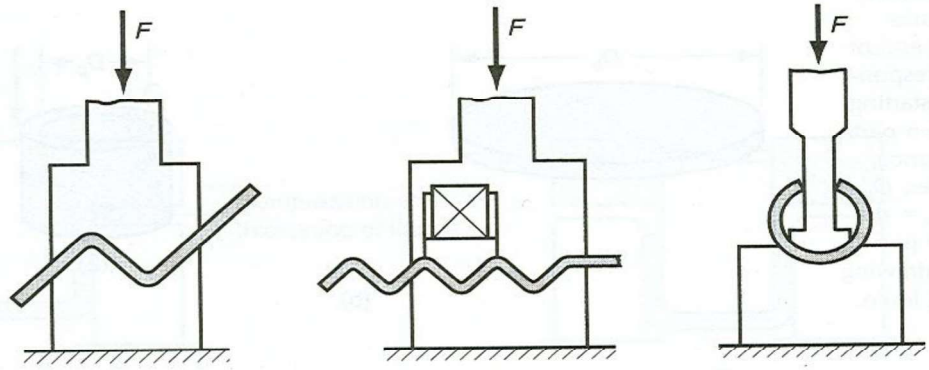
Katlama **Kenetleme** **Kenar Kıvırma**



Düz Flanşlama **İç Bükey Flanşlama** **Dış Bükey Flanşlama**

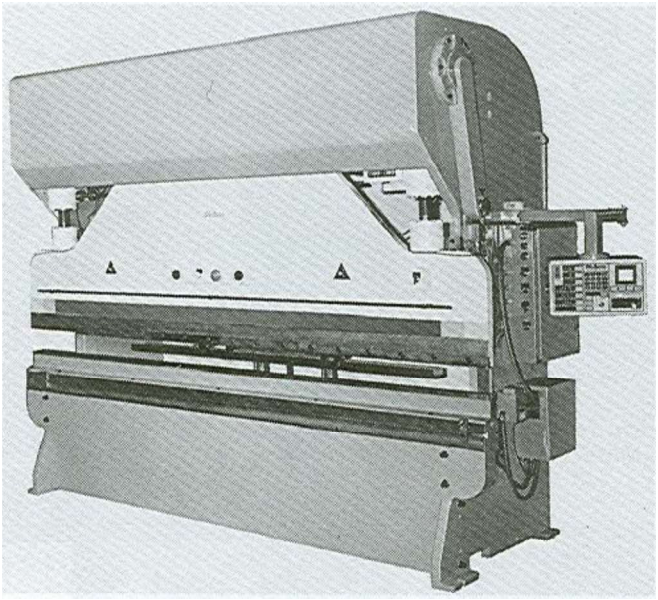


Kanal Bükme **U-Bükme** **Serbest Bükme**

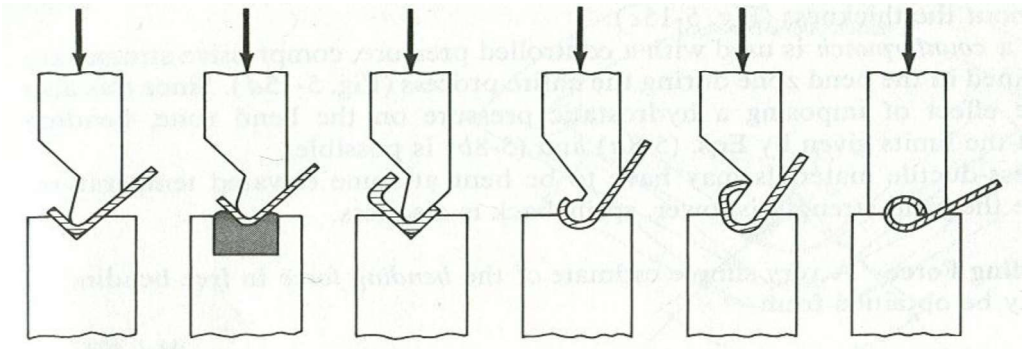


Ofset Bükme **Ondüle Bükme** **Silindirik Bükme**

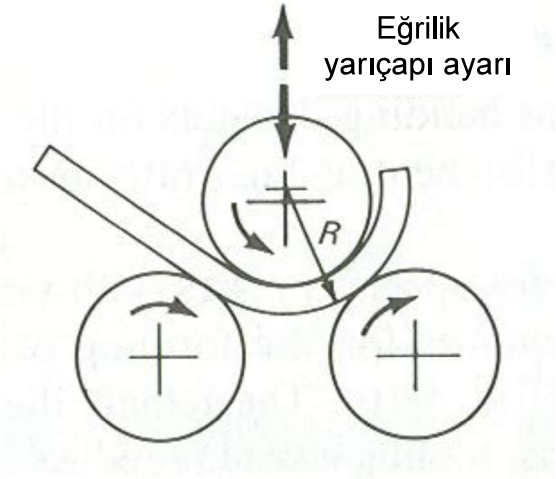
Sacların boyuna bükülmesi için abkant presler kullanılır.



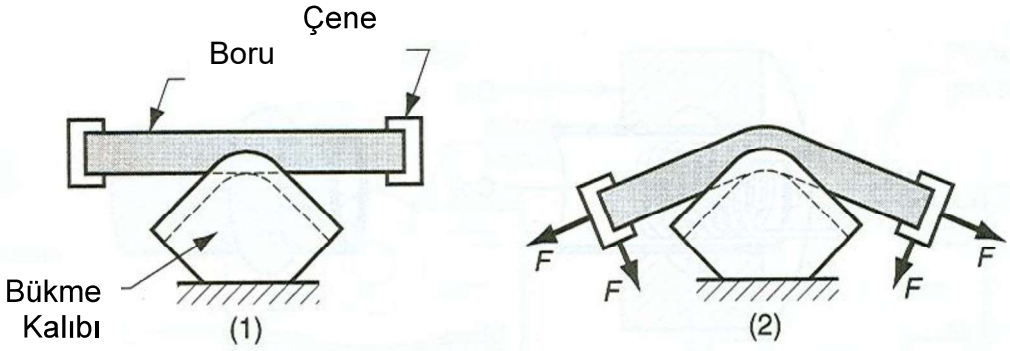
Abkant preslerde kullanılan bükme kalıplarının kesitlerine ait bazı örnekler aşağıda verilmektedir.

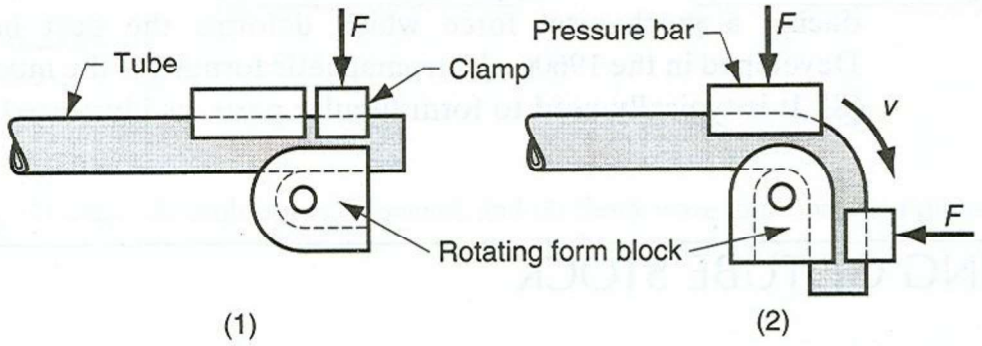


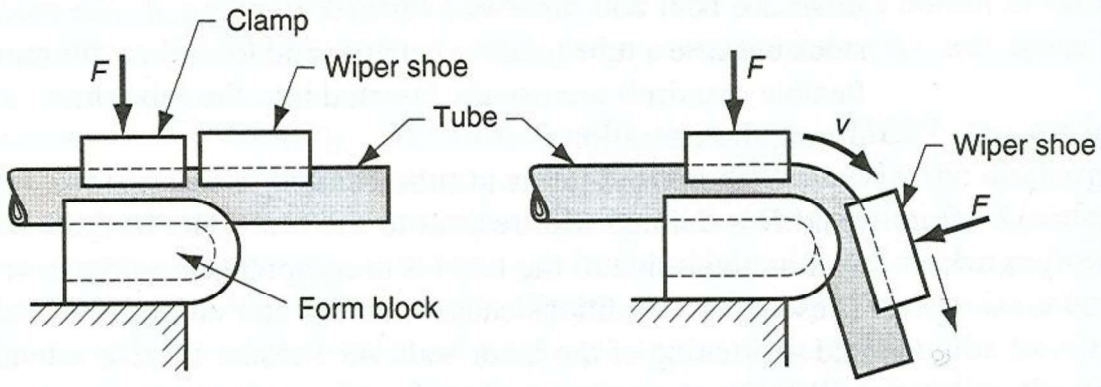
Sacların silindirik bükülmesinde bükme merdanelerinden ve aşağıdaki gibi bir düzenekten yararlanılır.

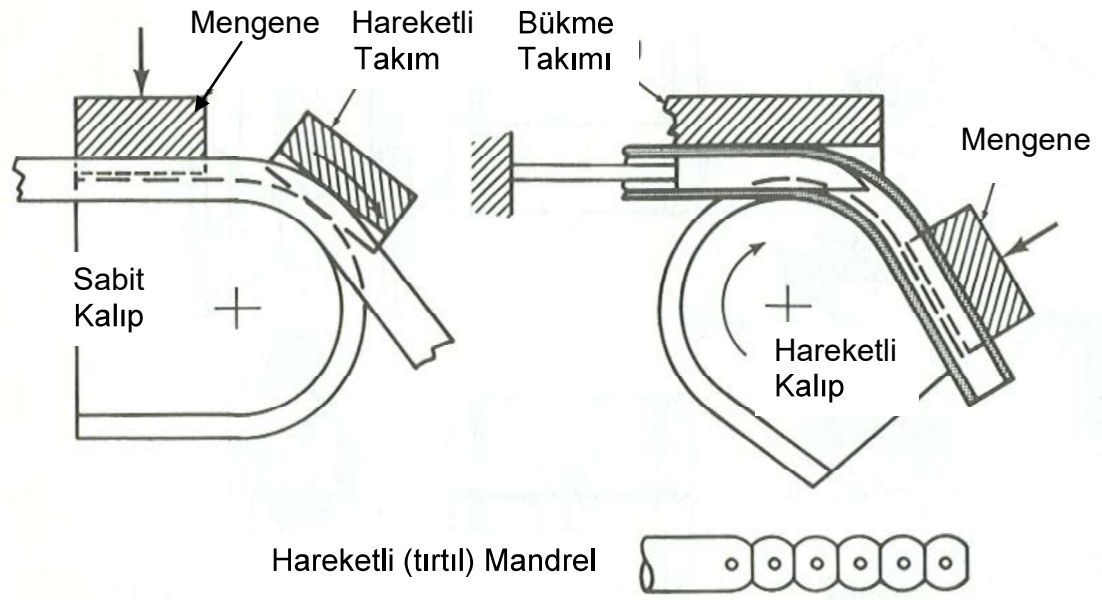


Boru ve profillerin bükülmesinde özel tertibatların kullanılması gerekir. Örneğin boru bükmede bu önlem alınmazsa bükme bölgesinde boru ovalleşir ve elips görünümünü alır. Bu durum T, U, L gibi profillerin bükülmesinde de kesit geometrisinin bükme bölgesinde değişmesi şeklinde karşımıza çıkar.

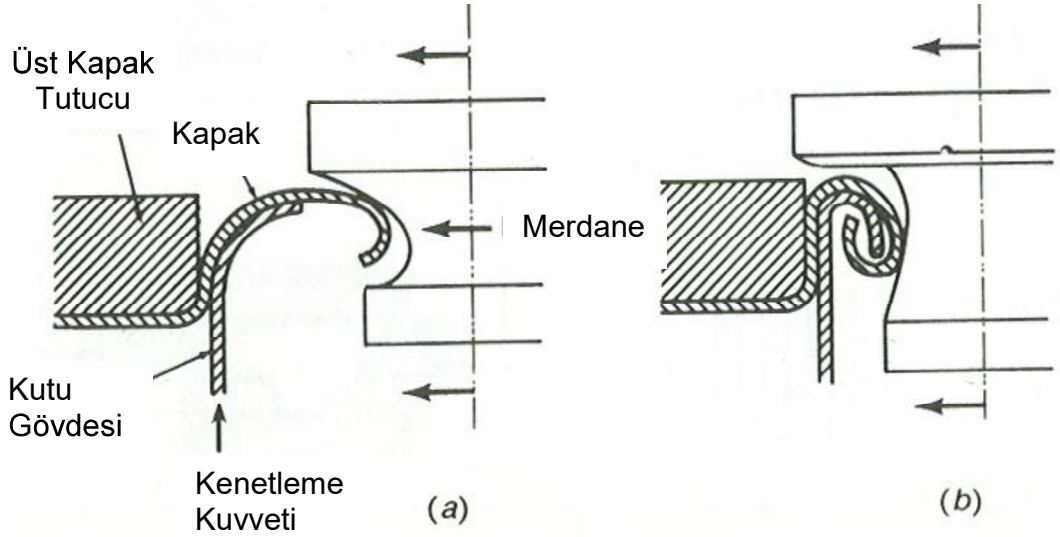


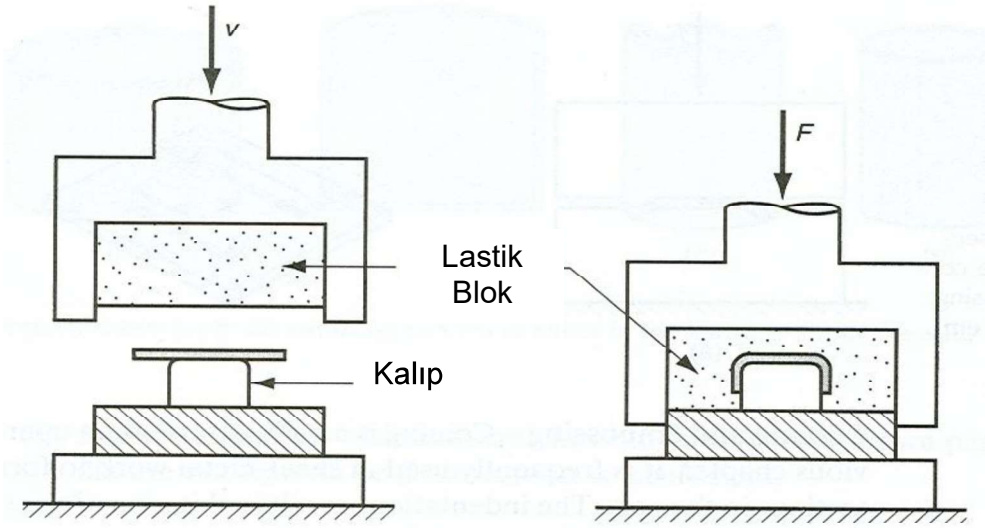




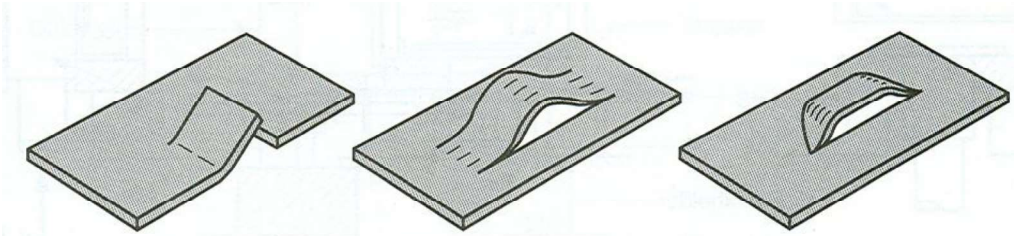


Kenar kıvırma ve kenetleme işlemlerine kutu içeceklerin gövdesiyle üst kapağının birleştirilmesi aşamasında rastlanır. Üst kapak bir kalıp vasıtasıyla sabitlenerek bastırılır. Silindirik ve dönen bir kalıp kutu gövdesine hareket ettirilir ve kutu sacıyla üst kapak sacını birlikte birbirinin üzerine kenetler.





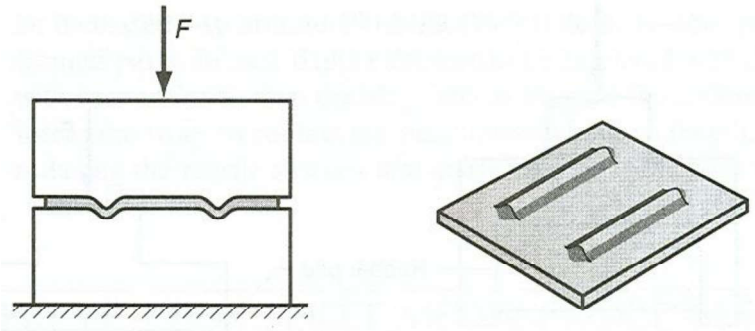
Guerin Yöntemi (Elastik Kalıp)



Guerin Yöntemi Uygulamaları

<u>Guerin Yönteminin avantajları:</u>

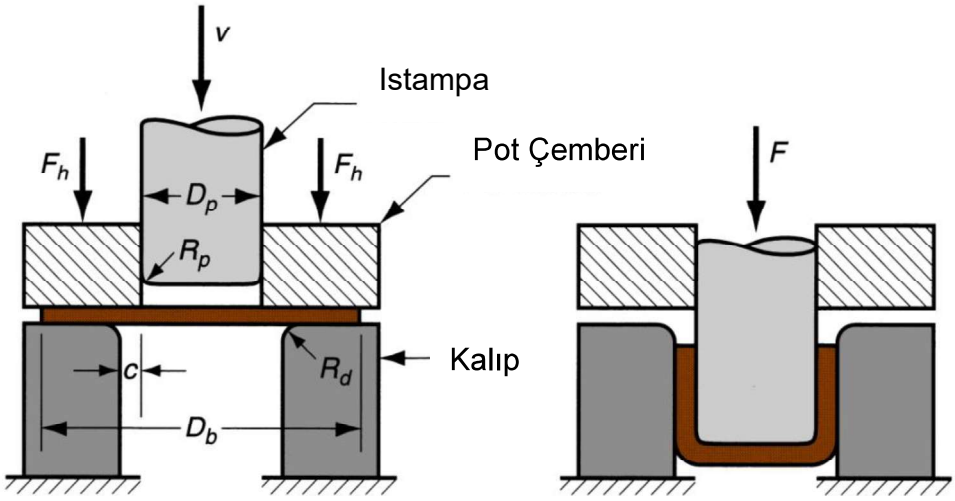
1. **Düşük kalıp maliyeti**
2. **Şekillendirme kalıplarının tahta, plastik gibi kolay şekillendirilebilir malzemelerden hazırlanabilmesi,**
3. **Elastik kalıp bloğunun değişik şekillendirme kalıpları için kullanılabilmesi,**
4. **Küçük imalat partileri için ekonomik olması.**

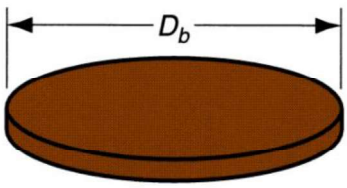


Kabartma

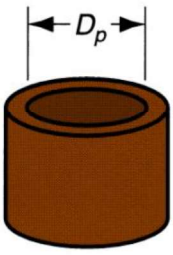
3. DERİN ÇEKME

Düz saclardan basit veya karmaşık kap, kutu ve diğer şekillerde parçaları imal etmede kullanılan bir yöntemdir. İşlem soğuk olarak gerçekleştirilir. Metal içecek kutuları, mermi kovanları, otomotiv sac parçaları üretiminde kullanılmaktadır.





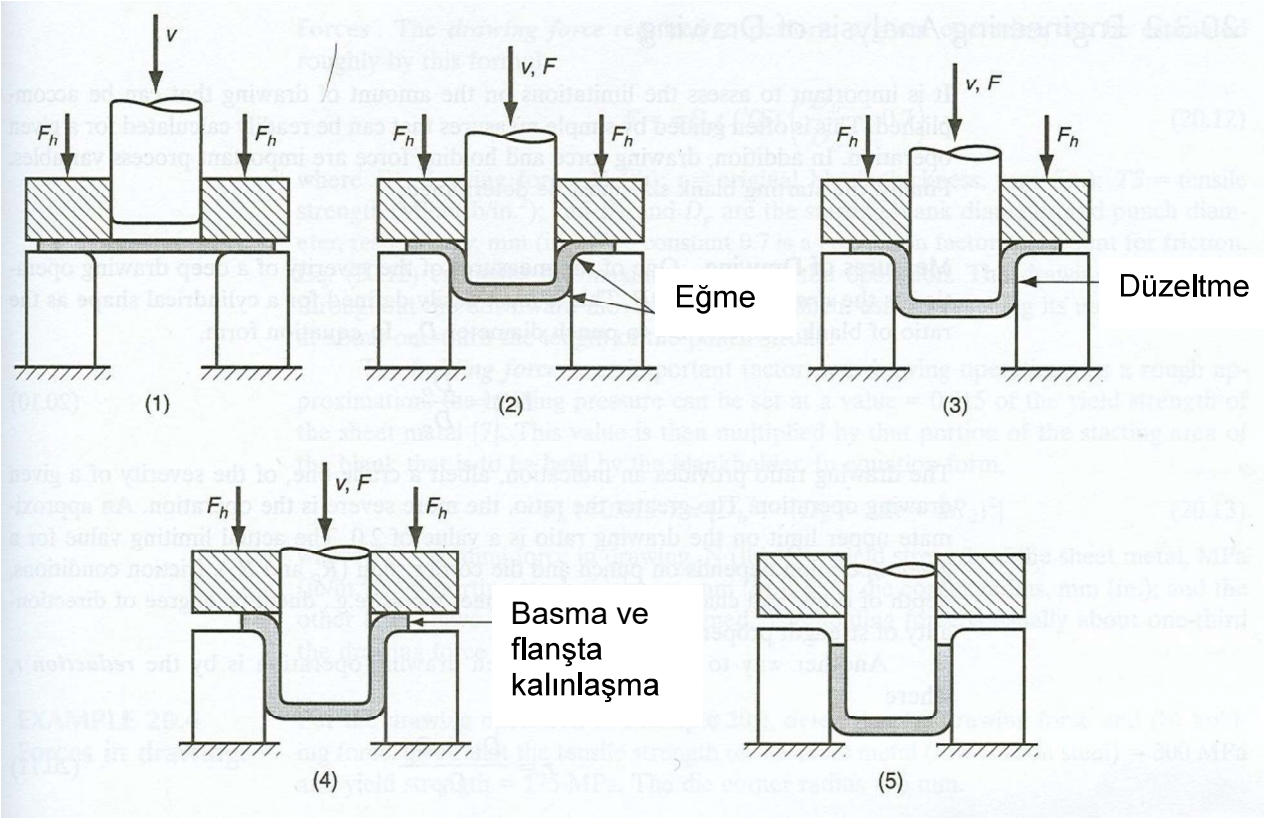
Pul Taslak



Derin Çekilmiş Parça

Derin çekme işlemi pot çemberi kullanarak aşağıdaki aşamalardan sonra tamamlanır. Önce gerekli boyutta taslak pul kesilir ve kalıbın üzerine yerleştirilir. Sonra bunun üzerine pot çemberiyle bastırılır (1). Pot çemberi basıncı sac malzemenin akma dayanımının yaklaşık % 1.5 olacak şekilde uygulanır. Bundan sonra ıstampa pula temas eder ve sacı kalıbın içine doğru çeker (2). Bu sırada malzeme önce

bükülür ve daha sonra düzelir (3). İşlemin sonuna doğru flanş bölgesinde kalınlaşma meydana gelir. Uygun bir basınçla pot çemberi flanş bölgesine basıyorsa burada kırışmaya müsaade etmez (4). Pot çemberi basıncı sacı kalıba sabitlememeli ve gerektiği kadar kalıp boşluğuna gitmesini sağlamalıdır. Pul tamamen derin çekilip parça üretilene kadar işlem sürdürülür (5).



İşlem sırasında kalıp iç çapı ile ıstampa çapı arasında *c* kadar bir aralık bırakılması gereklidir. Genellikle aralık sac kalınlığından % 10 daha fazla olacak şekilde belirlenir.

c= (1.1).t

İşlemin sınırlarını belirlemede "Çekme Oranı (ÇO)" olarak tanımlanan faktör etkilidir.

$$ÇO = \frac{D_p}{D_{ist}}$$

Olarak tanımlanan bu parametrede D_p taslak pulun çapını, D_{ist} ise ıstampanın çapını vermektedir. İdeal koşullarda elde edilen ve hasar olmadan (yırtılmadan) çekilebilecek en büyük çekme oranı "Sınır Çekme Oranı (SÇO)" olarak adlandırılır ve bir malzeme özelliğidir.

$$SÇO = \frac{D_{p_{maks}}}{D_{ist}}$$

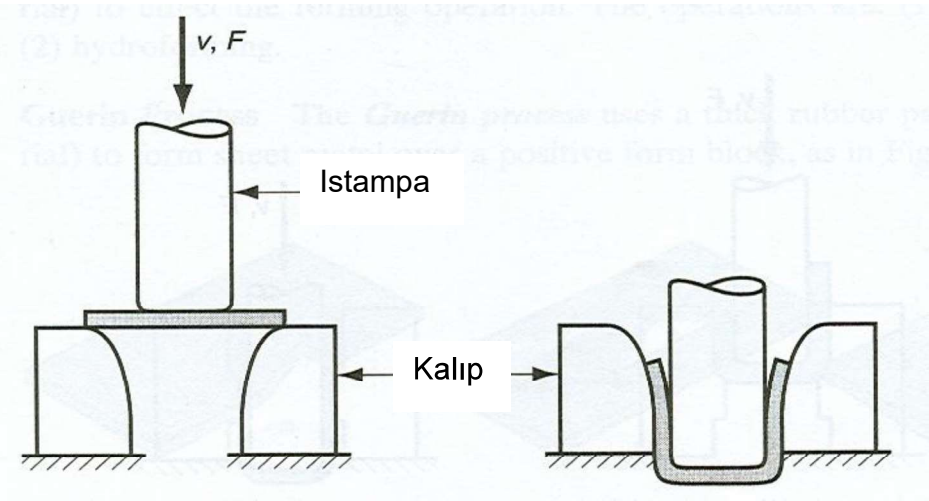
Genellikle saclarda SÇO 2 mertebelerindedir. İşlemin ideal koşullarda yapılmaması, örneğin yağlayıcı kullanmama, pot çemberi kullanmama veya yanlış pot çemberi basıncı uygulama bu değerin daha düşmesine (1.2 gibi) neden olur.

"Redüksiyon (r)" derin çekme işleminin boyutunu belirlemede kullanılan diğer bir parametredir.

$$r = \frac{D_p - D_{ist}}{D_p}$$

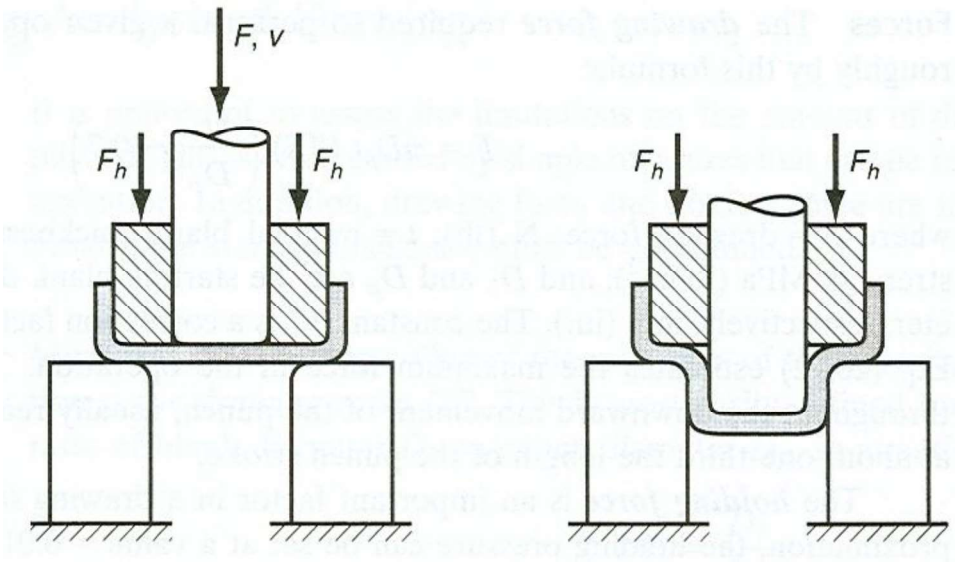
Redüksiyon SÇO ile doğrudan ilişkili olup SÇO=2 için % 50 mertebelerindedir. Deformasyonu tanımlayan bir başka parametre de "pul kalınlığı/pul çapı" oranıdır. $\frac{t}{D_p}$ olarak belirlenen bu parametrenin % 1'den büyük olması, kırışma riskini azaltmak amacıyla istenir. Bu sınırların dışında kalan derin çekme işlemleri kademelendirilerek 2 veya 3 aşamada gerçekleştirilir.

Derin çekme işleminin pot çembersiz olarak gerçekleştirilmesi mümkündür. Ancak pulun çapındaki küçülme burkulmaya, buda kırışmaya neden olduğundan derin çekme işlemi sınırlanmak zorunda kalır. Büyük pul çapları kullanılamadığından derin kapların imalatı gerçekleştirilemez.

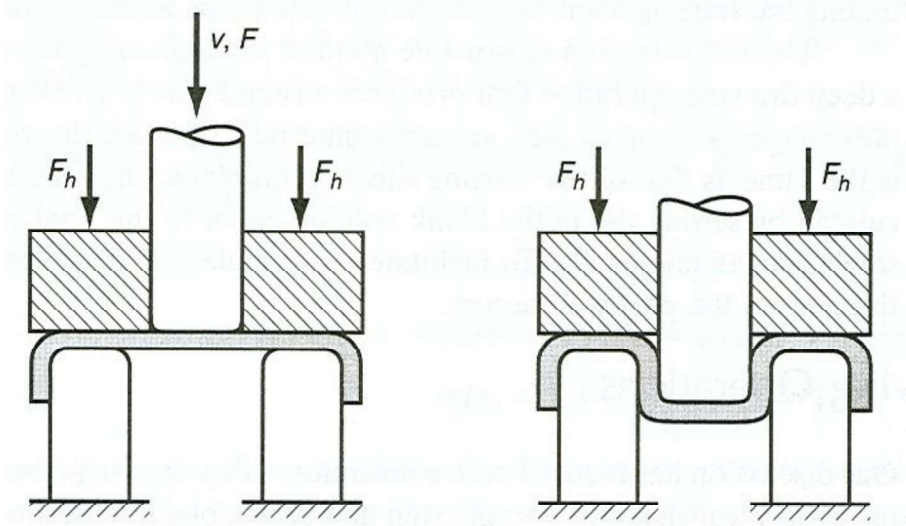


Pot Çembersiz Derin Çekme

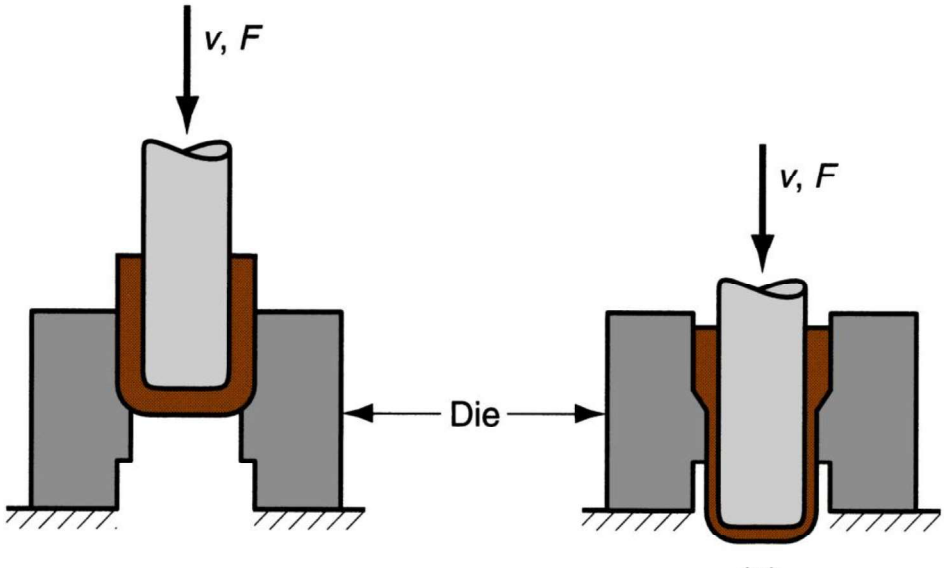
Derin çekme işleminin istenilen şekil değişimini sağlamaması durumunda yeniden derin çekme, ters derin çekme ve ütüleme gibi işlemler uygulanır. Yeniden ve ters derin çekme işlemlerinde çekilen kabın iç çapı değişir. Ütüleme sırasında kabın iç çapı değişmez et kalınlığı azaltılır.



Yeniden Derin Çekme



Ters Derin Çekme



Ütüleme

Derin çekme işleminde gerekli kuvvet hesabı için aşağıdaki ampirik bağıntıdan yararlanılabilir:

$$F = \pi . D_{ist} . t . \sigma_{Ç} . \left(\frac{D_p}{D_{ist}} - 0.7 \right)$$

Burada D_p taslak pul çapını (mm), D_{ist} ıstampa çapını (mm), t sac kalınlığını (mm), $\sigma_{Ç}$ sac malzemesinin çekme dayanımını

(N/mm^2 veya MPa) ve *F* ise derin çekme kuvvetini (N) vermektedir. İfadede yer alan *0.7* sabiti işlem sırasında etkin olan sürtünmeyi hesaba katan bir faktördür. Pot çemberi kullanılması halinde uygulanması gereken pot çemberi baskı kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$F_{PÇ} = \pi.(0.015).\sigma_{0.2}.\left[D_p^2 - \left(D_{ist} + 2.2t + 2R_K\right)^2\right]$$

Bu ifadede ise $F_{PÇ}$ pot çemberi baskı kuvvetini (N), $\sigma_{0.2}$ sac malzemesinin akma dayanımını, R_K ise derin çekme kalıbında kenar yuvarlatma yarıçapını (mm) vermektedir.

Derin çekme sırasında oluşabilecek hasarlar şunlardır:

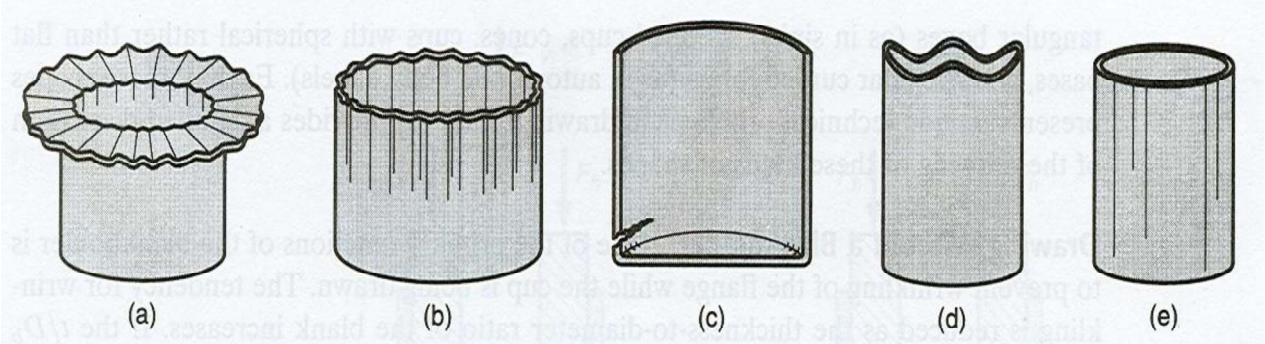
a. Flanş Bölgesinde Kırışma: Basma gerilmeleri altında sacın burkularak kırışması. Pot çembersiz derin çekmede, yetersiz pot çemberi basıncı uygulanmasında ve pul çapının gereğinden fazla seçilmesi durumunda,

b. Yan Duvarda Kırışma: Flanşta oluşan kırışıklıkların içeri çekilmesiyle,

c. Yırtılma: Genellikle çekme kuvvetinin büyük olması neticesinde ve flanştan malzemenin akamaması durumunda derin çekilen kabın dibinde ve ıstampanın basma yüzeyine yakın radyüste,

d. Kulaklanma: Sacın düzlemsel anizotropisine bağlı olarak kabın üst kenarında,

e. Yüzey Çizikleri: Kalıbın yüzeyine ve kullanılan yağlayıcıya bağlı olarak kabın dış yüzeyinde.



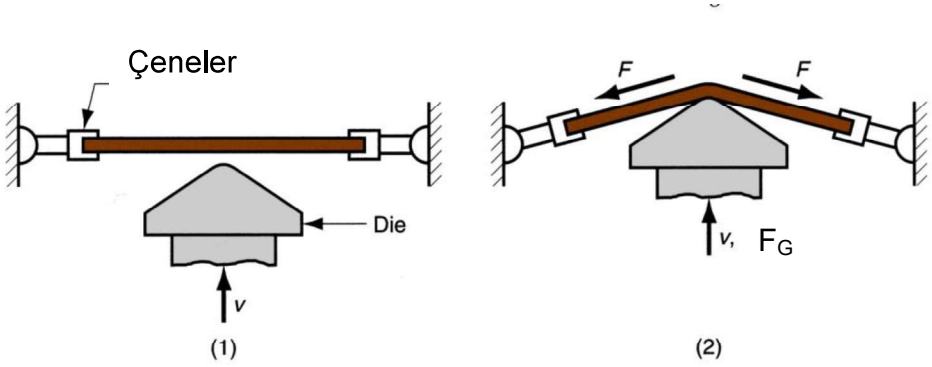
4. DİĞER SAC ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

Kesme, bükme ve derin çekme dışında yer alan diğer sac şekillendirme yöntemleri:

a. Germe
b. Sıvama
c. Yüksek Hızda Şekillendirme (HERF)
d. Hidro-Şekillendirme
e. Merdanelerle Şekillendirme

A. GERME

Germe işleminde sac kenarlarından çeneler vasıtasıyla yakalanır ve hareketine izin verilmez. Daha sonra bir kalıpla gerilen saca baskı uygulanır ve gerilme neticesinde sacın kalıbın şeklini alması sağlanır.



Germe işlemi sırasında kullanılan kuvvet;

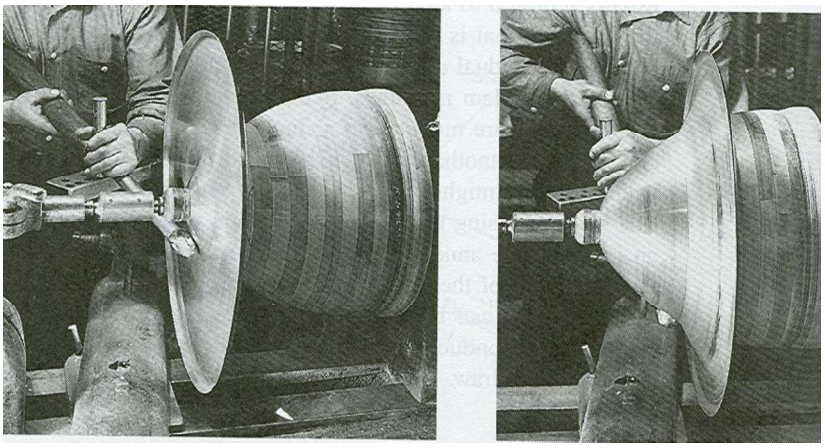
$$F = L.t.\sigma$$

Şeklinde hesaplanır. Burada L germe yönüne dik olarak uzanan sac boyunu (mm), t sac kalınlığını (mm) ve σ malzemenin akma gerilmesini (N/mm^2) vermektedir. Germe işleminde hareketli kalıbın uygulanması gereken kuvvet F_G ise statik denge dikkate alınarak hesaplanmaktadır. İşlem sırasında "az" miktarda bir geri yaylanma oluşması beklenir.

B. SIVAMA

Sıvama eksenel simetriye sahip parçaların üretimine uygun olup işlem kademeli olarak gerçekleştirilir. İşlem uygulamalarda üç türlü gerçekleştirilir:

1. **Geleneksel Sıvama**
2. **Keserek Sıvama**
3. **Tüp Sıvama**



Geleneksel sıvamada dönen bir mekanizmaya mandrel veya kalıp tutturulur. Yuvarlak kesilen sac bir baskı aparatı yardımıyla mandrelin üzerine bastırılarak sabitlenir. Mandrel, pul ve sabitleyici birlikte döndürülür. Bu arada sacın üzerine bir makara, tahta gibi bir gereçle dönme sırasında bastırılır. Sacın kalıbın veya mandrelin üzerine yatırılmasına çalışılır.

