

GİRİŞ, DÖVÜLEBİÜRÜK, AÇIK KALIPTA DÖVME

Prof. Dr. Levon ÇAPAN  
İTÜ SAKARYA MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
MAKİNA BÖLÜMÜ

26 ARALIK 1991

**5**



Giriş- Dövülebilirlik- Açık Kalıpta Dövme

Giriş. Dövülebilirlik

En eski üretim yöntemlerinden biri olan ve günümüzde de endüstride çok önemli bir yeri bulunan dövme, iş parçasının basma kuvvetlerinin etkisi altında plastik şekil değiştirdiği bir şekil verme yöntemleri ailesi oluşturur.

Dövme sıcak, yarı sıcak ve soğuk olarak uygulanabilir.

Bir plastik şekil değiştirme olayı, yeniden kristalleşme sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda meydana gelirse soğuk şekil değiştirme, aksi durumda yani yeniden kristalleşme sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda ise sıcak şekil değiştirme söz konusudur.

Soğuk şekil değiştirmede tane yapısı sürekli olarak bozulur, sertlik ve dayanım değerleri artar, ( pekleşme ) , süneklik düşer.

Ayrıca bir soğuk şekil verme işlemi için gerekli kuvvet ve iş, aynı işlemin sıcak olarak yapılmasına kıyasla daha büyüktür. Buna karşılık soğuk şekil vermede, sıcak şekil vermeye kıyasla daha küçük boyut toleransları ve daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilir. Soğuk şekil değiştirmede sünekliğin azalması, malzemenin istenen şekli almadan hasara uğramasına neden olabilir. Bu durumda, bir miktar soğuk şekil değişiminden sonra malzemeye yeniden kristalleşme tavı uygulanır. Böylece şekil değiştirmeden önceki özelliklerini kazanan malzemeye yeniden soğuk şekil verilerek üretime devam edilir.

Sıcak şekil verme yeniden kristalleşme sıcaklığının üstünde yapıldığı için, şekil değiştirme sırasında bozulan yapı hemen yeniden kristalleşir. Sıcaklığın etkisiyle malzemenin akma sınırının düşmesi, sıcak şekil verme işleminin soğuk şekil vermeye kıyasla daha küçük bir kuvvetle yapılabilmesini sağlar. Sıcak şekil verme sırasında döküm yapısındaki büyük ve çubuksu taneler küçük ve eşeksenli tanelere dönüştüğü gibi ayrıcaingotlardaki gaz boşlukları da kapanır ve kaynar; ancak metal ile gaz bir reaksiyona girmiş ve gözeneğin iç duvarlarında reaksiyon ürünleri oluşmuşsa kaynama olmaz.

Sıcak şekil verilmiş ürünlerin boyut toleransları soğuk şekil verilmiş olanlara kıyasla daha büyüktür. Ayrıca ısıtma harcamaları üretim maliyetini arttırır.

Sıcak şekil verilmiş parçanın kalınlığı ısıtma kuvvetiyle küçültülebilir. Fakat şekil verme makinasına taşıma sırasında oksit tabakasının kalınlığı şekil verme sırasında malzemenin bozulmasına yol açar.

Parçanın yüzeyi oksit tabakası ile kaplıdır. Bu tabakanın atmosferinin kontrol edilmesiyle büyük ölçüde oksitlenmenin, parça fırından çıkarıldıktan sonra şekil verimi de meydana geleceği unutulmamalıdır. Oksitlenmenin ve tipi malzemeye, sıcaklığa ve süreye bağlıdır, bu nedenle oksitler malzemeye gömülerek yüzey kalitesini düşürürler.

Yeniden kristalleşme sıcaklığına yakın sıcaklıkta yapılan yarı sıcak şekil verme, kat soğuk şekil verme malzemenin şekil değişimi sırasında hasara uğrama tehlikesi azalır.

Sıcaklığının, altında ancak yine de belirli bir sıcaklıkta yeniden kristalleşme görülmeyeceği, fakat soğuk şekil verme göre daha küçük bir şekil verme kuvveti gerekir ve bu nedenle hasara uğrama tehlikesi azalır.

Bir metalin mutlak erime sıcaklığı  $T_e$  (° Kelvin) ise yeniden kristalleşme sıcaklığı yaklaşık  $0,3 T_e$  (° Kelvin) mertebesindedir. Şekil verme sıcaklığı  $T$  ile gösterilirse,  $T / T_e = 0,3 \dots 0,5$  yarı sıcak şekil verme ve  $T / T_e > 0,6$  ise sıcak şekil verme söz konusudur.

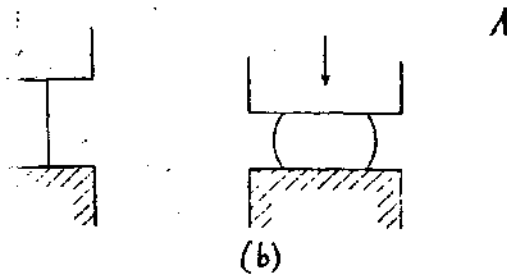
$T_e$  (° Kelvin) ise yeniden kristalleşme sıcaklığı yaklaşık  $0,3 T_e$  (° Kelvin) mertebesindedir. Şekil verme sıcaklığı  $T$  ile gösterilirse,  $T / T_e = 0,3 \dots 0,5$  yarı sıcak şekil verme ve  $T / T_e > 0,6$  ise sıcak şekil verme söz konusudur.

Dövülebilirlik, bir malzemenin dövülerek çatlamadan şekil değiştirebilme kabiliyetidir. Düşük kuvvetle dövülebilirlik için "dövülebilirlik" denir. Dövülebilirliğin ölçülmesi amacıyla çeşitli deneyler geliştirilmiştir. Hiç biri universal değildir; bu deneylerden en çok uygulananlar şunlardır:

Dövülebilirlik, bir malzemenin dövülerek çatlamadan şekil değiştirebilme kabiliyetidir. Düşük kuvvetle dövülebilirlik için "dövülebilirlik" denir. Dövülebilirliğin ölçülmesi amacıyla çeşitli deneyler geliştirilmiştir. Hiç biri universal değildir; bu deneylerden en çok uygulananlar şunlardır:

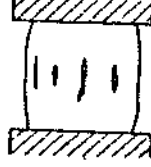
**Yığılma deneyi:** Bu deneyde silindirik bir parçaya eksenine doğrultusunda basma kuvveti uygulanır (Şekil 1).

**Yığılma deneyi:** Bu deneyde silindirik bir parçaya eksenine doğrultusunda basma kuvveti uygulanır (Şekil 1).



Deney parçası ile basma takımları arayüzündeki sürtünme nedeniyle deney parçasının yan yüzeyleri  $f_{1\text{çıl}}1_{\text{aşır}}$ . Yükseklik azaldıkça fıçılama artar ve nihayet fıçılanan yan yüzeyde çatlak oluşur ( Şekil 2 ) .

2



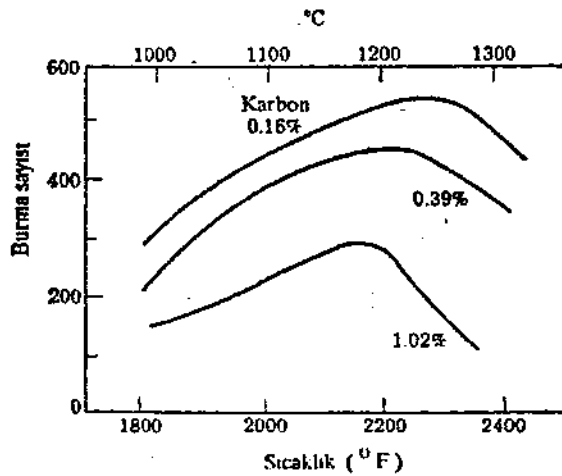
Çatlak oluşmadan yükseklik doğrultusundaki şekil değiştirme miktarı dövülebilirliğin bir ölçüsüdür ve ne kadar büyükse malzemenin dövülebilirliği o kadar iyidir denir. Çatlak oluşmasına, fıçılanan yan yüzeyde, yalnızca bu yüzeyin şekil değiştirmesi nedeniyle doğan çekme gerilmeleri yol açar.

Fıçılama, deney parçası ile basma takımları arayüzündeki sürtünmenin bir sonucu olduğu için, sürtünmenin yığılma çatlak oluşumuna etkisi de doğal olarak önem kazanmaktadır. Sürtünme arttıkça çatlak oluşumu da erken görülmektedir. Deney parçasındaki yüzey kusurları da çatlak oluşumunu etkiler ve erken başlamasına neden olur.

Yığılma deneyleri çeşitli sıcaklıklarda ve şekil değiştirme hızlarında uygulanabilir.

**Sıcak burme deneyi:** Bu deneyde silindirik parçalar çeşitli sıcaklıklarda kırılana kadar burulur. Optimum dövme sıcaklığı Şekil 3 'tekinе benzer diyagramlardan tayin edilir. Bu şekilde, alaşımsız çeliklerde karbon oranının sıcak burma deneyine etkisi görülmektedir.

3



Çeşitli malzemeler aşağıda dövülebilirlik sırasına göre dizilmişlerdir.

(T-Metal veya alaşım	Dövme sıcaklığı ( C )
Alüminyum alaşımları ( en kolay )	f+00 . . . . 550
Magnezyum alaşımları	250_____ 350
Bakır alaşımları	600_____ 900
Karbonlu ve az alaşımlı çelikler	850_____ 1150
Martenzitik paslanmaz çelikler	1100_____ 1250
Ostenitik paslanmaz çelikler	1100_____ 1250
Mikel alaşımları	1000_____ 1150
Titanyum alaşımları	700 . . . . 950
Molibden alaşımları	1150 . . . . 1350

Bir plastik şekil verme işleminin değişkenlerini anlayabilmek için en uygun yol işlemi bir sistem olarak ele almaktır. Sistemi oluşturan elemanlar şunlardır:

- Hammadde ( Şekil ve malzeme olarak )
- Kalıp ( Şekil ve malzeme olarak )
- Kalıpla malzeme arasındaki temas yüzeyi şartları
- Plastik şekil değiştirmenin mekaniği
- İşlemin yapıldığı makina
- Ürünün karakteristikleri
- İşlemin yapıldığı atölye ve çevre

İşlemin bir sistem olarak ele alınması, giriş/ çıkış bağıntıları ile işlem değişkenlerinin ürün kalitesine ve maliyete etkilerinin incelenmesini sağlar.

Başarılı bir şekil verme işlemi yapabilmek için metal akışı iyi anlaşılabilmesi ve iyi kontrol edilmelidir. Metal akışının doğrultusu, şekil değiştirme miktarı ve sıcaklığın ürünün özelliklerine etkisi büyüktür. Metal akışı mekanik özellikleri ve ürün yüzeyinde veya içinde çatlak v.s. gibi kusurların oluşumunu tayin eden faktördür.

Metal akışının bağlı olduğu işlemler değişkenleri şunlardır:

**Malzeme** : Malzemenin iç yapısı ne miktarda şekil değiştirmiş olduğuna ve uygulanan ısı işleme bağlıdır. Belirli bir kimyasal bileşim ve iç yapı için, bir plastik şekil verme işleminin incelenmesinde söz konusu olan en önemli malzeme değişkenleri akma sınırı ve farklı doğrultularda şekillendirilebilme özelliği yani anizotropidir.

Akma sınırı şekil değiştirme miktarı ile hızına ve sıcaklığa bağlıdır.

Malzemenin şekillendirilebilme özelliği ise hasara uğramadan şekil değiştirebilme kabiliyetidir ve şu faktörlere bağlıdır:

- 1) Şekil değiştirme sırasındaki şartlar ( sıcaklık, şekil değiştirme hızı v.s.)
- 2) Malzeme değişkenleri ( kimyasal bileşim, malzeme içindeki boşluklar, kalıntılar, başlangıçtaki iç yapı gibi )

Sıcak şekil verme işlemlerinde sıcaklık gradyanları da metal akışına ve işlem sırasında oluşabilecek hasara etki eder.

**Kalıp ve teçhizat** : En uygun teçhizatın seçiminde, üretim miktarı, iş yerinin şartları, çevre etkileri, bakım gereksinimleri v.s. dahil bütün şekil verme sistemi **gözetilerek** alınmalıdır. Kalıp değişkenleri ise şunlardır: Kalıbın geometrisi, yüzey şartları, kalıp malzemesi, kalıba uygulanan ısı işlem, kalıbın sertliği, kalıpla malzeme arasındaki temas yüzeyinde sürtünme ve yağlama. Yağlama konusuna ilerde değinilecektir. .

Şekil değiştirme bölgesi: Malzeme akışını etkileyen faktörler şunlardır:

- 1) Kalıbın geometrisi
- 2) Sürtünme şartları
- 3) Ham maddenin özellikleri
- 4) Şekil değiştirme bölgesindeki ısı şartları

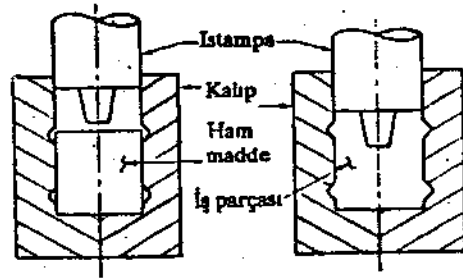
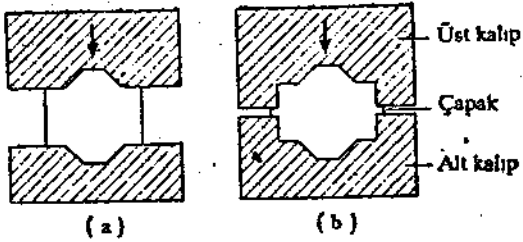
Metal akışı ürünün kalitesi ile özelliklerine, ayrıca işlemin yapılması için gerekli kuvvet ve iş değerine etki eder.

**Ürün** : İşlem değişkenleri ürünün makra ve mikrageometrisine yani boyutlarla yüzey durumuna etki eder. Sıcaklık, şekil değiştirme miktarı ve hızı mikroyapıyı ve ürün özelliklerini tayin eder. Dalayısıyla şu hususlar göz önüne alınmalıdır:

- 1) Ürünün mikroyapısı ile özellikleri arasındaki bağıntılar
- 2) İşlem şartları ile ısıl işlemin mikroyapıya etkisi

### Açık kalıpta dövme

Açık kalıpla dövme, malzemenin düzlemsel veya basit şekilli kalıplar arasında dövüldüğü bir sıcak şekil verme yöntemidir ( Şekil k ). Bu şekilden de anlaşılacağı gibi, açık kalıpla dövmede malzeme en az bir doğrultuda serbest şekil değişimine uğramakta, buna karşılık kapalı kalıpla dövmede iş parçası tamamen kalıp tarafından çevrelenmiş bulunmaktadır. Şekil k b' de görülen işlem de gerçek bir kapalı kalıpla dövme işlemi değildir. Bu işlemde hammaddenin hacmi üretilmesi istenen parçanın hacminden biraz fazla alındığı için, fazla malzeme çapak halinde kalıp boşluğu dışında birikir ve bu nedenle alt ve üst kalıbın tam olarak kapanması gerçekleşmez. Gerçek kapalı kalıpla dövme işlemlerinde ise iş parçası tamamen kalıplar tarafından çevrelediği gibi ayrıca çapak da oluşmaz ( Şekil 5 ). Böylece metalin, ıstampa tarafından uygulanan kuvvetle herhangi bir malzeme kaybı olmadan kalıp boşluğunu doldurması sağlanır.



Bütün dövülebilir malzemelerin çekiç veya hidrolik preslerde şekillendirildiği açık kalıpla dövme yöntemi aşağıdaki hallerde kullanılır:

- 1) İş parçası kapalı kalıpla dövülemeyecek kadar büyükse;



- 2) Üretim miktarı kapalı kalıpla maliyetini karşılayamayacak kadar azsa;
- 3) Üretimin kapalı kalıpla yapılmasına yetmeyecek kadar kısa sürede, bitirilmesi gerekiyorsa;
- k) İş parçasının talaşlı üretimle elde edilemeyecek mekanik özelliklere sahip olması isteniyorsa.

Hammadde olarak çeşitli kesit ve uzunlukta hadde ürünleri, blum ve ingotların kullanıldığı açık kalıpla dövmede, ağırlığı kilogram mertebesinde 350 kg'a kadar değişen çeşitli parçalar üretilmektedir.

Açık kalıpla dövme sırasında koç stroku ve dövme kuvvetinin kontrol edilmesi gerektiğinden ağırlık düşmeli çekiçlerle mekanik presler kullanılmamalıdır. Ağırlığı 5 tona kadar olan parçalar için güç düşmeli çekiçler, daha ağır parçalar için de hidrolik presler en uygun açık kalıpla dövme makinalarıdır. Açık kalıpla dövme çekiçleri özellikle küçük atölyelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu dövme çekiçlerinin koç ağırlığı 15...25 kg dan 12 tona kadar değişmektedir. Ancak bunlardan en çok kullanılanı koç ağırlığı 5DD kg civarında olan dövme çekiçleridir.

Güç düşmeli açık kalıpla dövme çekiçlerinde piston basıncı  $D, D_6 \dots D, 08$  kg/mm<sup>2</sup> arasındadır.

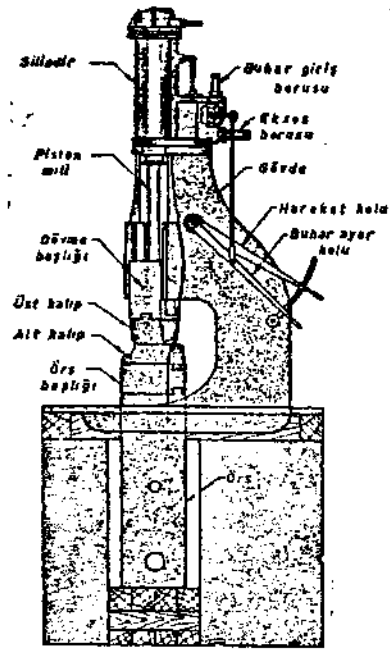
Çekiçler genellikle iki elle kumandalı kollarla çalıştırılır. Bu kollardan biri buhar basıncı ayar kolu, diğeri ise koçu harekete geçirme yani çalıştırma koludur.

Açık kalıpla dövme çekiçleri tek sütunlu önü açık C tipinde veya çift sütunludur. Tek sütunlu C tipi açık kalıpla dövme çekiçlerinde koç ağırlığı 5DD kg dan 3DDD kg'a kadar olabilir. Çift sütunlu açık kalıpla dövme çekiçlerinde ise koç ağırlığı 3D00...12DDD kg arasındadır.

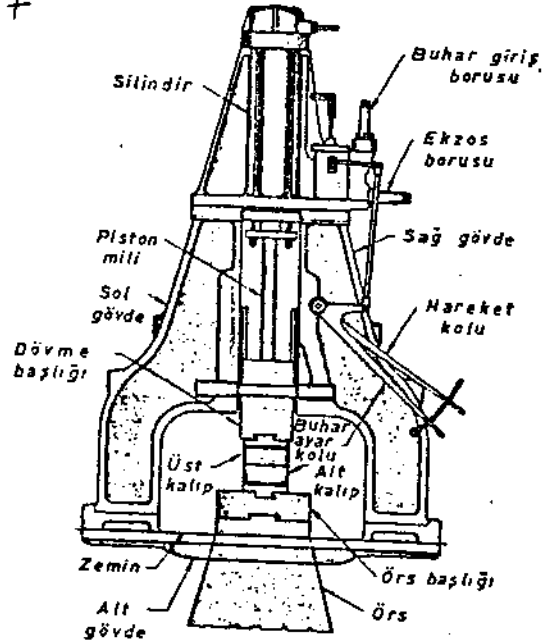
Şekil 6 ve 7'de iki açık kalıpla dövme çekici görülmektedir. Şekil 6 daki tek sütunlu C tipi, Şekil 7 deki ise çift sütunludur.

Örs ile çekiç gövdesi birbirinden ayrı ve bağımsızdır. Böylece vuruş şiddetinden etkilenmemesi sağlanmış olur.

6 7



Tek sütunlu "C" tipli açık kalıp dövme çekici ana kısımları



Açık kalıpla dövmede küçük veya büyük hemen her boyutta parça üretilebilir. Karışık şekilli bir iş parçasının açık kalıpla dövülmesi oldukça ustalık ve zaman gerektiren pahalı bir işlemdir. Açık kalıpla dövmeye en uygun şekiller^ şunlardır:

- Yuvarlak, dikdörtgen, kare, altı veya sekiz köşeli, çokgen parçalar.
- Basit yassı parçalar ( dişli, kasnak gibi )
- Miller, halkalar, bilezikler.

En basit açık kalıpla dövme işlemi, örneğin silindirik bir parçaya, iki düzlemsel kalıp arasında, eksenini doğrultusunda uygulanan basma kuvveti etkisiyle şekil verilmesidir. ( Şekil 5 )

Bu işlemde, iş parçası, bir taraftan boyu kısalırken diğer taraftan kuvvet doğrultusuna dik olarak genişler, yani çapı büyür.

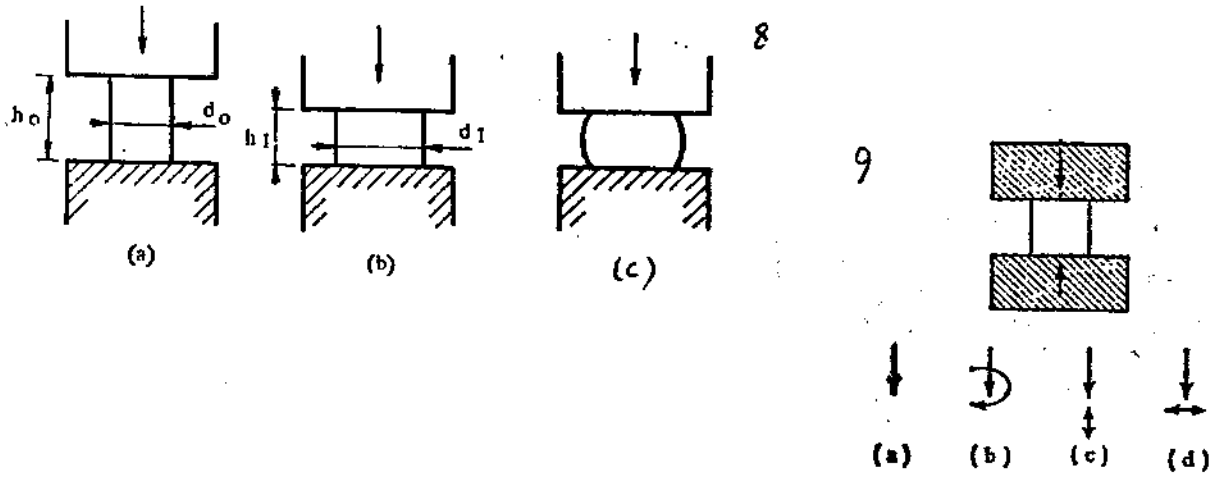
Gerçekte iş parçası ile kalıp yüzeyleri arasındaki sürtünme nedeniyle yığılma fıçı şeklinde olur. İş parçası/ kalıp arayüzeylerindeki sürtünme kuvvetleri malzemenin dışa doğru hareketini engelleyerek iş parçasının fıçılmasına yol açar.

Sıcak bir iş parçasının nisbeten soğuk kalıplarla yığılması halinde de fıçılama görülür. Sıcak iş parçası soğuk kalıplarla temas ettiği anda iş parçası/kalıp arayüzeylerine yakın malzeme hızla soğumaya başlar. Soğuyan malzeme, iş parçasının geri kalan ve orta kısmını oluşturan sıcak malzemeye kıyasla şekil değişimine karşı daha fazla direnç göstereceğinden, yığma sırasında orta

kısım alt ve üst yüzeylere yakın kısımlara kıyasla daha fazla şekil değiştirir ve sonuçta iş parçası fıçılışır.

Fıçılışma, etkin bir yağlama ile ve/veya sıcak kalıplar kullanılarak önlenilebilir. Ayrıca kalıplara ultrasonik titreşim uygulanması da sürtünmeyi büyük ölçüde düşürür ( Şekil 9 ) .

Örneğin düşey kalıp hareketine ( a ), yeterli hızda bir rotasyon hareketi ( b ) veya düşey ( c ) veya yatay ( d ) bir titreşim hareketi eklendiğinde sürtünme ve dolayısıyla fıçılışma azaldığı gibi yığılma kuvveti ve işi de küçülür.



Açık kalıpla dövmede en çok kullanılan dört kalıp tipi Şekil 1D'da verilmiştir. Kalıplara, dövme makinesinin örsüne ve koçuna tesbit edilebilmeleri için, kıvrangıç kuyrukları işlenir.

Açık ve kapalı dövme kalıplarının üretiminde genel olarak aynı malzemeler kullanılır ( örneğin 6 G, 6 F2 gibi ) . Nisbeten küçük kalıplarda AISI 4150 çeliği tatmin edici sonuçlar vermektedir.

Açık dövme kalıplarının sertliği kapalı kalıplara kıyasla daha düşüktür. Kalıp malzemesi olarak 6G veya 6F2 kullanıldığı takdirde kalıbın Brinell sertliği  $302 \dots 331 \text{ kgf/cm}^2$  4150 veya benzeri bir alaşımlı çelik kullanıldığı takdirde ise  $227 \dots 321 \text{ kgf/cm}^2$  olmalıdır.

Dövme makinasına bağlanan kalıpların yüzeyleri birbirine paralel olmalıdır.

Aksi taktirde üretilen parçalarda bazı boyutlar tolerans dışına çıkabilir. Orta büyüklükte kalıplarda ( örneğin 1000X500 mm boyutlarda ) ön yüzden arka yüze ve kanardan kenara paralellikten sapma 1,5 mm yi aşmamalıdır. Daha küçük kalıplarda sapma daha da az olmalıdır.

Açık dövme kalıplarının ömrü kapalı kalıplarınkinden uzundur, Çakiçle yapılan dövme işlemlerinde, açık kalıpların iki bakım arasındaki ömrü 600 çalışma saatinden kısa değildir. Dövmede kalıp yüzeylerinin zamanla hasara uğrayarak bozulacağı açıktır. Bu nedenle zaman zaman bakıma alınır ve bozulan yüzeyler talaş, kaldırılarak ( Örneğin planyalanarak veya frezienerek ) düzeltilir, yüzeyler arasındaki paralellik yeniden sağlanır. Bu işlem sırasında mümkün olduğu kadar az talaş kaldırılmalıdır.

Genel olarak 5....6 mm den az işleme ile bakım gerçekleştirilebilir. Kalıplar 8....10 kez bakıma alınacak şekilde tasarlanmalıdır. Böylece  $\wedge S00...600Q$  çalışma saatlik bir ömür sağlanabilir.

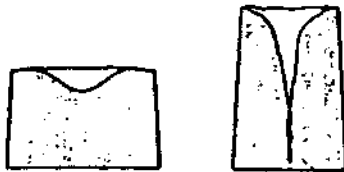
Açık kalıpla dövülecek malzeme, çubuktan istenen uzunlukta testere, makas veya preste kesilir. Büyük parçalar doğrudan kütük, blum veya ingatun dövülmesi ile üretilir.

Bu tür parçalar için hammadde ağırlığı  $A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$  şeklinde hesaplanır. (  $A$ = hammadde ağırlığı,  $A_1$ = mamul ağırlığı,  $A_2$ = ingot ucundan kesilerek atılan kısmın ağırlığı,  $A_3$ = tufal kaybı,  $A_4$ = çapak ağırlığı-varsa- ) . İngot dökümünde, malzeme sıvı durumdan katı duruma geçerken hacmi küçülür. Bu olay kendini çekme veya çekinti olarak adlandırılır. Katılaştıran malzeme çekinti nedeniyle bir önceki sıvının hacmini dolduramaz ve sonuçta lunker adı verilen boşluklar oluşur. Bu boşluklar toplam hacmin % 10 'u kadar olabilir.

Lunkerler konumlarına göre iç ve dış lunker diye ayrılırlar.

Bir ingotun katılma sırasında sıvı seviyesinin düşmesiyle oluşan kafa lunkeri tipik bir dış lunkerdir ( Şekil 10 ) . Yüksek ve dar ingotlarda katılma

10



daha hızlı olduğundan eriyik yukardan içeri doğru kolayca akamaz ve lunker ingot tabanına kadar bazen yer yer kesikli olmak üzere uzar ( iplik veya boru lunker ) . Dış lunkerlerin hava ile temas sonucu oksitlenen yüzeyleri daha sonraki şekil verme işlemleri sırasında kaynamayarak malzeme ayrılma- larına yol açar ( katmer ) . Bu tür hata olasılığı, malzeme içinde farke- dilmeden kalmış olabileceği için özellikle iplik lunkerde daha büyüktür. Kafa lunkerinin bulunduğu ingot kafası ise diğer işlemlere geçilmeden önce kesilir. Bu nedenle doğan A2 ağırlık kaybı ingot ağırlığının % 25...30'u arasındadır . Tufal kaybı A3 ise her ısıtma için yaklaşık % 2 alınabilir.

Hammaddenin dövme sıcaklığına ısıtılması sırasında yüzeyde karbon kaybı olma- masına ve hızlı ısıtmaya dikkat edilmelidir. Çeşitli malzemeler için uygun dövme sıcaklıkları daha önce verilmiştir.

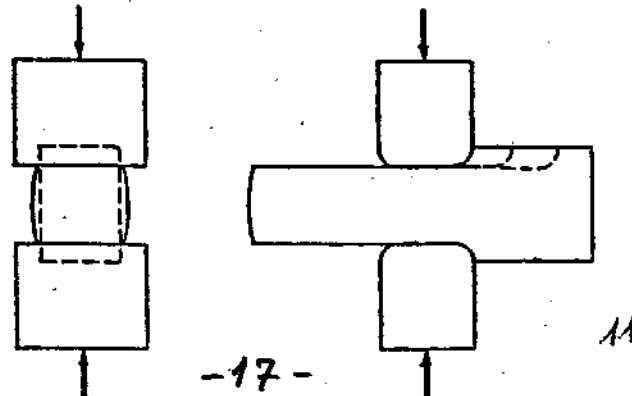
Düzlemsel açık dövme kalıplarının dövme işleminden önce ısıtılması gerekmez. Diğer açık dövme kalıpları ise tamamen soğudukları taktirde: ( örneğin haf- ta sonu gibi tatiller nedeniyle ) özellikle çekiçle dövme işlemlerinde ön ısıtmaya tabi tutulabilirler.

Açık dövme kalıplarının yağlanması da genel olarak söz konusu değildir. Açık kalıpla dövmede sıcak metal kapalı kalıpla dövmeyle kıyasla daha uzun süre atmosferin etkisinde kalır. Bu nedenle de daha çok tufal oluşur. Dövme iş- leminden önce tufal giderilmediği taktirde mamul yüzeyinde bozulmalara ve ka- lıp ömrünün kısılmasına neden olur.

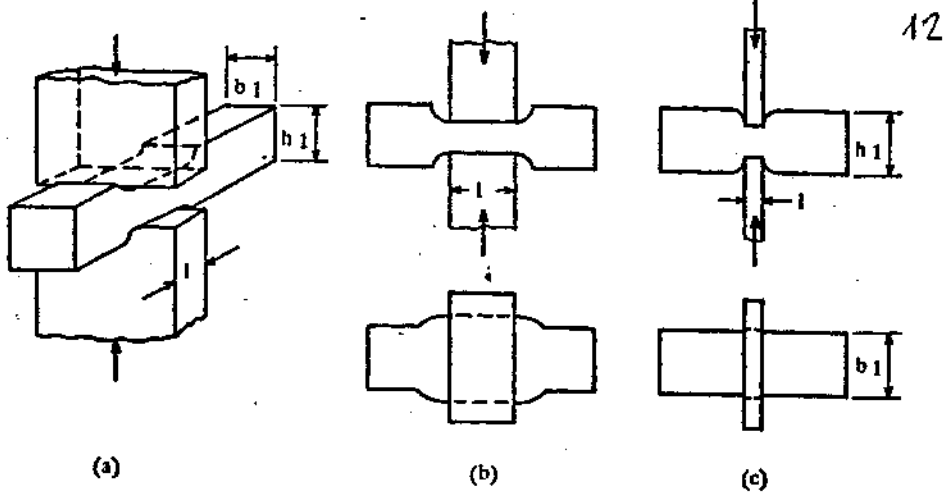
#### **Basit örnekler:**

1) **Yığma:** En basit açık kalıpla dövme işlemi yığmadır. Bu konuya daha önce de- ğinilmiş olduğu için tekrarlanmayacaktır.

2) **Dar kalıplar arasında dövme:** :: Uzatma yığmada, şekil değişimi parça eksenine göre simetrik olma zorunluluğu ile sınırlıdır. Buna karşılık, takım geometriği değiştirilerek, bir çubuk şekil 11) de



görüldüğü gibi adım adım ilerletilip dövüldüğü takdirde malzeme çubuğun eksenine doğrultusunda uzar. Kalıpların nisbeten dar alması, çubuğun eksenine doğrultusundaki sürtünme kuvvetlerinin eksene dik olanlardan daha küçük olmasına ve dolayısıyla malzeme akışının daha çok aksel doğrultuda meydana gelmesine yarar ( Şekil 12 a ).



Bununla beraber, aksel doğrultudaki sürtünme nedeniyle, malzemenin az da olsa eksene dik doğrultuda hareket etmesi kaçınılmazdır ( Şekil 11 ve 12 b ), Kalıp eni daraldıkça (  $l$  değeri küçük ) uzama da artar. Fakat dövülerek uzama yerine çubuğun kesilmesine yol açması nedeniyle kalıp eninin çok fazla daraltılması da söz konusu alamaz ( Şekil 12 c ).

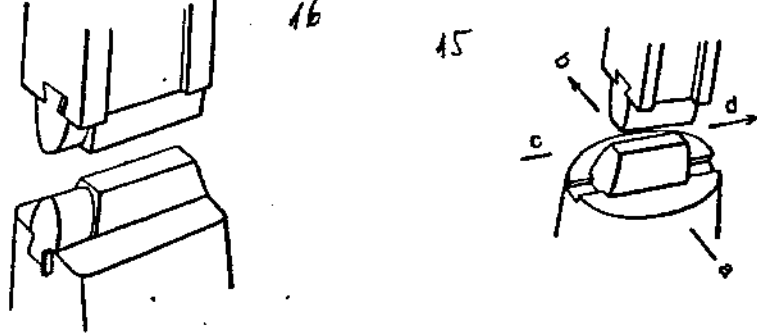
Uzatmada iş parçası eninin az da olsa büyümesini gidermek için gerektiğinde iş parçası  $90^\circ$  döndürülerek tekrar dövülür. Böylece iş parçası  $90^\circ$  döndürülerek ardarda vurulan darbelerle çubuğun iki ucu arasında kalan bir kısmını veya bir ucunun kesit yüzeyi küçültülerek boyu uzatılmış olur.

Uzatma işlemi dövme makinasına takılan başlıklarla yapılır ( Şekil 13 ). Fakat dövülen

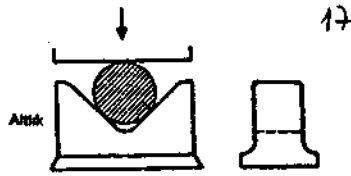


yüzeyler Şekil 14 te görüldüğü gibi dalgalı olur. Dalgalı yüzeyler Şekil 15 "r

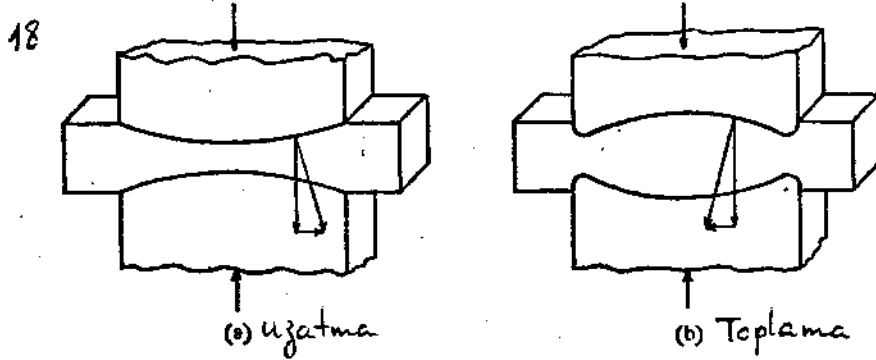
görülen başlıklarla c d doğrultusunda dövülerek düzeltilir. Bu başlıklarla ab doğrultusunda uzatma da yapılabilir. Küçük parçaların uzaltılmasında kısmen çeneli kısmen düz başlıklar da kullanılabilir ( Şekil 16 ).



Yuvarlak miller bir altlık ve düzlemsel bir üst kalıpla uzatılabilir (Şekil17).



Kalıp yüzelerini özel olarak şekillendirerek de malzeme akışına etkili olunabilir ( Şekil 18 ).



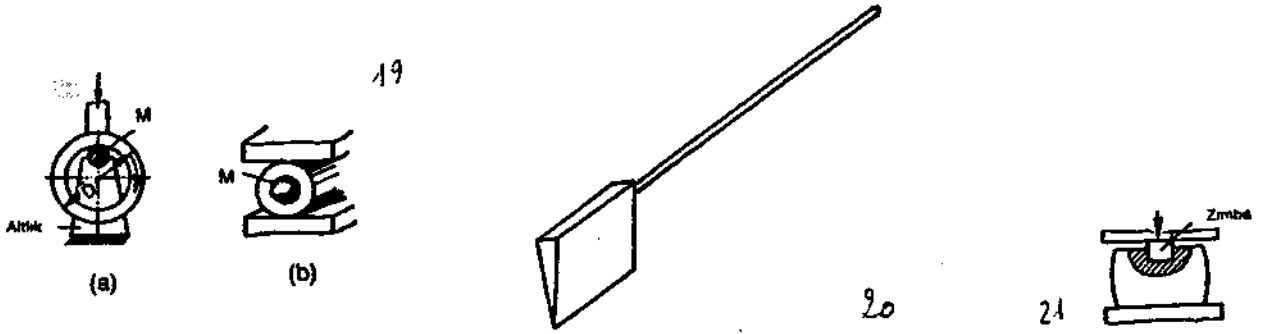
Düşey dövme kuvvetinin yatay bileşeni malzemeyi uzatmada dışa doğru, toplama da ise içe doğru hareket etmeye zorlar.

3) Halkaların dövülmesi ( Şekil 19 ) : D halka çapının büyütülmesi için iş parçası M malafası ile bir düzlemsel kalıp arasında dövülür ( Şekil 19 a ).

İşlem sırasında halkanın et kalınlığı azalır, çapı artar. Düzlemsel kalıbın boyuna doğrultusu malafa eksenine paraleldir.

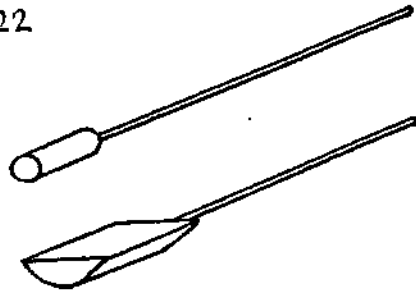
Düzlemsel kalıbın boyuna doğrultusu malafa eksenine dik olduğu takdirde ise, halkanın et kalınlığı azalırken boyu uzar. ( Şekil 19, b ).

**Yardımcı takımlar ve donatım :** Açık kalıpla dövmede çeşitli yardımcı takımlardan faydalanılır. Bu takımların malzemesi, kalıpların üretiminde kullanılan çeliklerin aynıdır. Yuvarlak millerin dövüldüğü altlık ( Şekil 17.7 ), iş parçasının kesilmesini sağlayan keskiiler ( Şekil 20 ), delme zımbaları ( Şekil 21 ),

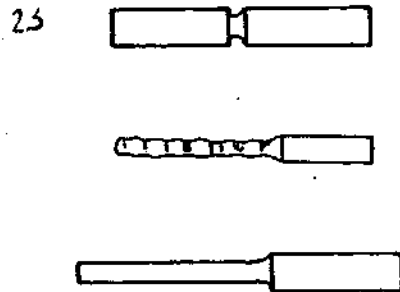


halkaların dövülmesinde kullanılan malafa ve altlık ( Şekil 19 a ) yardımcı takımlara örnektir.

Şekil 22 de iki tip çentme takımı görülmektedir. Bu takımlar uzatma işlemine den önce



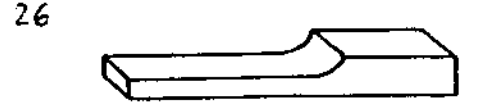
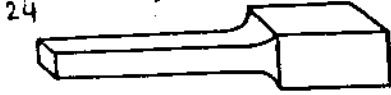
iş parçası üzerinde çentik açma amacıyla kullanılır. Çentik açılan iş parçası daha sonra uzatma işlemine tabi tutulur ( Şekil 23 ).



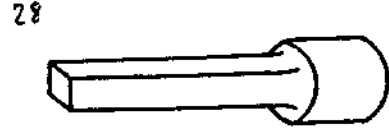
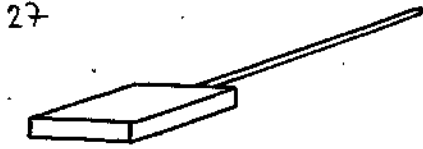
Kare kesitli bir çubuğun dört yüzüne eşit derinlikte çentikler açılırsa, daha sonra uzatılan kısmın kesiti de kare olur ( Şekil 24 ). Buna karşılık,



karşılıklı iki yüzeye açılan

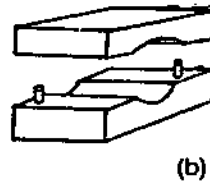
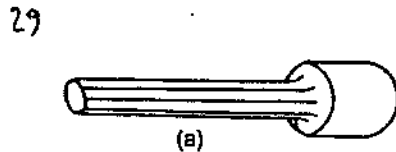


çentiklerin derinliği diğer yüzeylerde açılanlardan daha fazla olursa, uzatılan kısmın kesiti dikdörtgen olur ( Şekil 25 ). Yanlış bir yüzeye çentik açılırsa, uzatmadan sonra Şekil 26 da görülen parça elde edilir. Şekil 27 de bir düzeltme takımı görülmektedir. Bu takım uzatma işleminden sonra



dalgalı bir görünüm alan yüzeylerin dövülerek düzeltilmesinde kullanılır.

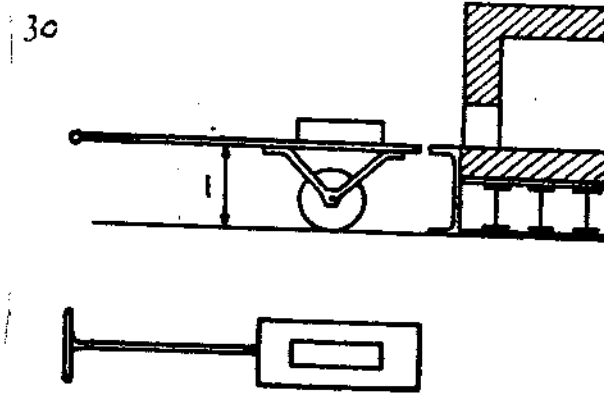
Silindirik bir çubuktan, çentme ve uzatma sonucunda kare kesitli uzaltılmış bir parça elde edilir ( Şekil 28 ). Kare kesitin tekrar yuvarlatılması için önce kenarlar dövülerek sekiz köşeli hale getirildikten sonra yuvarlatma işlemine geçilir ( Şekil 29 )



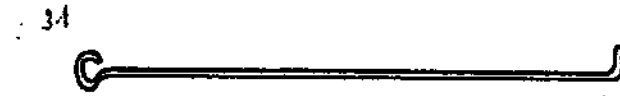
e'Jme makinesinin örsüne yerleştirilir. Ağır parçalar Şekil 32 de görülen donatımla, kendi etrafında döndürülerek dövülebilir.

Yardımcı takımlar bazen çok büyük ve bu nedenle de ağır olabilirler. Bu takdirde kullanılmaları sırasında çeşitli kaldırma rnakinalarından yararlanmak gerekebilir.

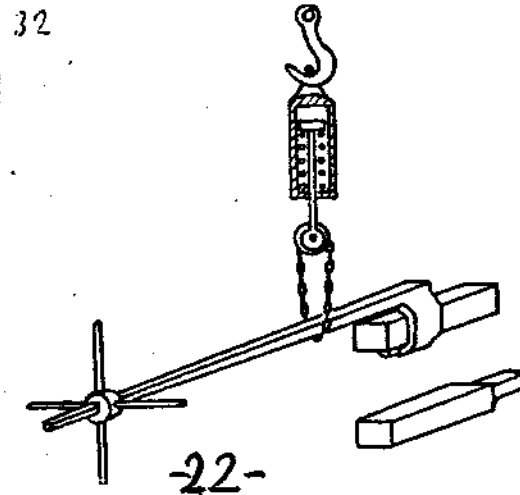
Hammaddelerle iş parçalarının atölye içersinde sevk ve idaresi de önemli bir konudur« Örneğin 2G0 x 2G0 x 800 boyutlarında bir çelik parçanın ağırlığı yaklaşık 250 kg dır ve bu ağırlıkta bir parçanın dövülmesi son dersçe olağan bir işlemdir. Küçük parçalar ( yaklaşık 50 kg.'a kadar ) dövme sırasında özel kıs kaçlarla tutulabilir ve atölye içersinde iki tekerlekli metal tablalı bir araba üzerinde nakledilebilirler ( Şekil 30 ) .



Tablanın 1 yüksekliği, ısıtma fırınının ve dövme makinasının örsünün yüksekliğine uygun olmalıdır. Şekil 31 de görülen çubuk vasıtasıyla

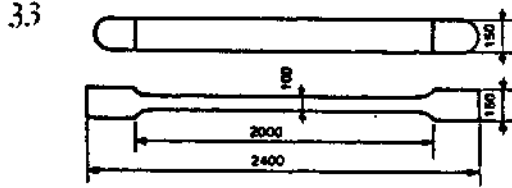


iş parçası arabanın tablasından fırını itilir, ısınmadan sonra fırından tablaya alınarak dövme makinasının örsüne yerleştirilir. Ağır parçalar Şekil 32 de görülen donatıyla, kendi etrafında döndürülerek dövülebilir.



### Örnekler :

1) Şekil 33 teki parça dövülerek üretilmektedir.



Parça dövüldükten sonra talaş kaldırılarak işlenmekte ve şekildeki ölçülere getirilmektedir.

Malzeme olarak 2DD x 2DD kare kesitli çubuk kullanılacağını kabul edelim. Bu çubuktan uygun boyda kesilen parça uzatılarak kesit 150 x 150 mm ye indirilir. Parçanın, kesiti 100 x 150, uzunluğu 2000 olan orta kısmını elde etmek için, 150 x 150 kesitindeki uzatılmış çubuktan kullanılması gereken miktar  $100 \times 150 \times 2000 = 150 \times 150 \times C$  den  $X = 1333$  mm dir.

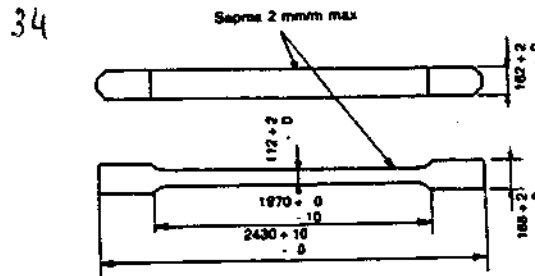
Parçanın her iki ucunu oluşturan  $2 \times 200 - 2000 = 200$  mm m kısımlar da göz önüne alındığı taktirde 150 x 150 kesitindeki uzatılmış çubuktan kullanılması gereken miktar  $1 = 1333 + 200 \cdot 2 = 1733$  mm dir.

Bu hacmi elde etmek için 200 x 200 kesitindeki başlangıç çubuğunun uzunluğu  $200 \times 200 \times 1 = 150 \times 150 \times 1733$  ten L - 1 m bulunur.

Bu ölçülerdeki bir çelik parçanın ağırlığı ise 300 kg. kadardır.

Parçanın gerek iki ucunu oluşturan 150 x 150 kesitindeki kısımların, gerek orta kısmının uzatılmasında tolerans değreleri J 2 alınabilir.

( Şekil 34 )



Ayrıca orta kısmın eksenleriyle uç kısımların ekseninin çakışmayacağı düşünülerek kaçıklık  $\pm 0.1$  mm alınır. Bu durumda orta kısmın 100 mm olan kenarına karşılık gelen uç kısmın 150 mm lik boyuta 6 mm büyütülmelidir.

Ayrıca parçanın tam doğrusal almayacağı düşünülerek sapma 2 mm/m kabul edildiği takdirde uç kısımların ölçüleri 4 mm daha arttırılmalıdır. Dövüldükten sonra parça işlendiği için her yüzeyde talaş kaldırma payı olarak da 4 mm bırakıldığını kabul edelim.

Sonuç olarak, orta kısmın 1DÜ mm olan kenarına karşılık gelen uç kısmın boyutu  $150 + 6 + 4 + 8 = 168$  olur. Uç kısmın diğer boyutu ise  $150+4+8+162$  dir ( Şekil 34 ).

Orta kısmın uzatılmasından önce uygulanacak çsntme işleminin fazla hassas alamayacağı düşüncesiyle bu hususta da bir emniyet payı düşünölmelidir.

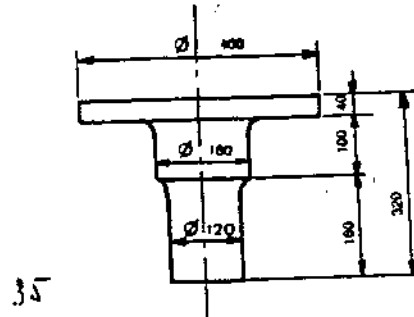
Son olarak genişleme de göz önüne alınırsa ( çelik için 1000 C sıcaklıkta 12 mm/m ) dövme sonunda sıcak iş parçasının uzunluğunun 2,4 x12 - 30 mm daha fazla olacağı kabul edilebilir.

Sonuç olarak, elde edilmesi gereken brüt parçanın boyutları Şekil 34 te verilmiştir.

Hesaplanması gereken son değer 200 x 200 kesitindeki çubuktan hammadde olarak kullanılmak üzere kesilmesi gereken uzunluktur.

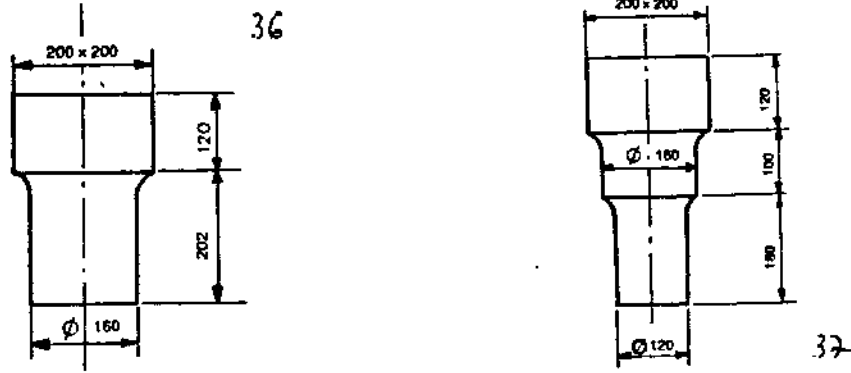
Bunun için, kenar yuvarlatmaları nedeniyle kesitin geometrik olarak tam bir kare olmadığı göz önüne alınarak şu şekilde hareket edilmelidir; Kesilecek çubuk tartılarak metre ağırlığı hesaplanır; iş parçası için gerekli ağırlık da bilindiğine göre kesilmesi gereken bay kalayca bulunur.

2) Şekil 35 te bir mil görölmektedir. Parça dövüldükten sonra talaş kaldırılarak işlenmekte ve bu şekildeki ölçülere getirilmektedir.



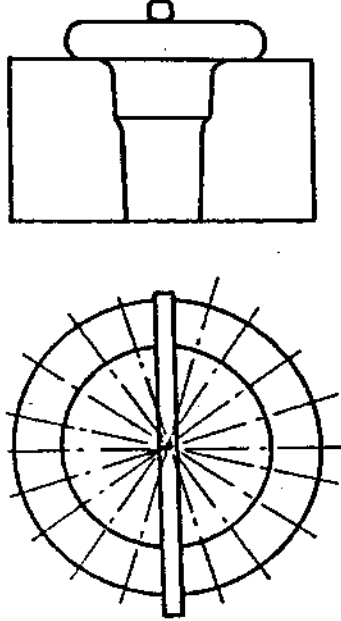
Parçanın 120 mm çapında ve 180 mm uzunluğundaki kısmını elde etmek için çapı 160 mm, yüksekliği  $\frac{TT_{120} \cdot 120}{4} = \frac{7T160 \cdot 160}{4}$  i l d e n 1 A1Q2 mm olan bir si-

lindir gerekir. Bu bakımdan 200 x 200 kesitindeki hammadde uzatma ve yuvarlatma işlemleriyle 160 mm çapında ve 100 + 102 = 202 mm uzunluğunda bir silindire dönüştürülür. Bu işlemler sununda elde edilen parça Şekil 36 da verilmiştir.



Daha sonra yeniden uzatma ve yuvarlatma işlemleriyle parça Şekil 37 de görülen ölçülere getirilir.

Bu parça 120 mm çapındaki ucundan tutulup 200 x 200 kesitindeki diğer ucu dövülerek sekizgene dönüştürüldükten sonra bir altlığa yerleştirilir ve yığılır ( Şekil 38 ).



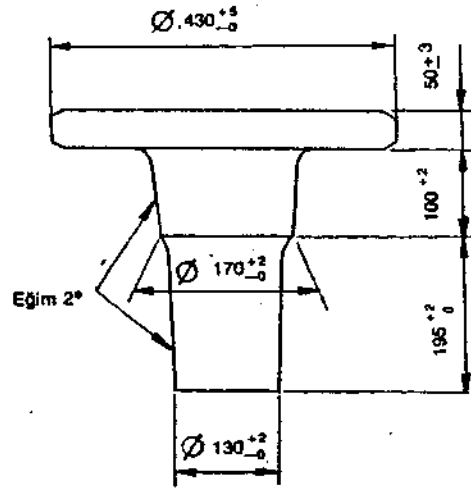
Yığıma işleminden sonra parçanın altlıktan kolay çıkabilmesi için altlık deliğinin iç yüzeyleri 2 kadar konik olmalıdır. Yığıma işlemi için çekiç kapasitesinin yetersiz kalması halinde koçla iş parçası arasına boyutları örneğin 50 x 50 x 50 Dİan ve Şekil 27 de görülen yardımcı takım konur. Böylece enerjinin küçük bir yüzeye uygulanması sağlanır ve yardımcı takım dövülen yüzey üzerinde çap boyunca döndürülerek yığımaya devam edilir ( Şekil 36 ) Çapı 120 ve 160 olan kısımlarda işleme payının yarıçapta 5 mm alınması yeterlidir.

Çapı 120 olan kısmın ucu uzatma işleminde bombeleşir. Ucun düzeltilmesi için

45 çrm ^dar işleme payı bırakılır.

Yığılan kısmın eksenini kaçık olabilir. Bunun için çevresel olarak işleme payı karşılığı yarı çapta 15 mm bırakılır.

Düvrr^haneye, parçanın dövüldükten sonraki şekli ile birlikte işlendikten ( Ta-  
laş <aldırma ) sonraki ölçülerinde verilmelidir. Böylece herhangi bir nedenle  
Şekil. 39 daki ölçüler dışına çıkıldığı taktirde kusurların giderilmesi ve par-  
çanın kabul edilebilirliği hususunda neler yapılabileceği dövme sorumlusu ta-  
rafından tayin edilebilecektir.



Dövr^haneye, parçanın dövüldükten sonraki şekli ile birlikte işlendikten ( Ta-  
laş <aldırma ) sonraki ölçülerinde verilmelidir. Böylece herhangi bir nedenle  
Şekil. 39 daki ölçüler dışına çıkıldığı taktirde kusurların giderilmesi ve par-  
çanın kabul edilebilirliği hususunda neler yapılabileceği dövme sorumlusu ta-  
rafından tayin edilebilecektir.

#### KAYNAKLAR

1) ÇAPAIM L.

Dövme teknolojisi

Makina Mühendisleri Odası Yayını Imo: 128,1938.

2) Uladimirov, V.

Dies, Moulds and Jips

Mir Publiskers, Moscou, 1977.

3) ÇAPAIM, L.

Metallere Plastik Şekil lieme

Çağlayan Kitapevi, İstanbul, 1990

k) Hussan, J.

Pratigue du Forgeage

Pyc Edition, Paris 1975.