



METAL İŞLEMEDE KÜTLE ŞEKİLENDİRME YÖNTEMLERİ

1. Haddeleme
2. Haddelemeye İlgili Diğer Şekil Verme Yöntemleri
3. Dövme
4. Dövmeyle İlgili Diğer Şekil Verme Yöntemleri
5. Ekstrüzyon
6. Tel ve Çubuk Çekme



Kütle Şekillendirmenin Önemi

- Sıcak işlemede, önemli şekil değişiklikleri gerçekleştirilir
- Soğuk işlemede, şekil değişimi sırasında dayanım artar
- Az veya hiç atık oluşumu – bazı işlemler *net şekil* veya *net şekle yakın* yöntemlerdir
 - Parçalar, sonradan hiç veya çok az talaşlı işleme ihtiyacı gösterirler



Kütle Şekillendirme

Başlangıç formu saç olmayıp kütle olan metal parçaları şekillendirerek önemli şekil değişimine neden olan metal şekil verme işlemleri

- Başlangıç formları:
 - Silindirik çubuk ve kütükler,
 - Dikdörtgen kesitli kütükler ve slablar ve benzer şekiller
- Bu yöntemler metale, istenen şekle doğru plastik akmaya neden olmaya yeterli gerilme uygular
- Soğuk, ılık ve sıcak işlemler halinde uygulanırlar

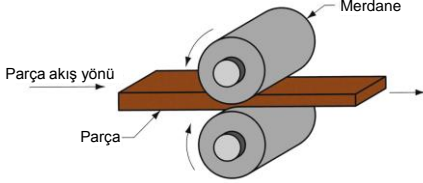


Dört Temel Kütle Şekillendirme Yöntemleri

1. Haddeleme – slab veya levha, karşılıklı merdaneler arasında sıkıştırılır
2. Dövme – parça, karşılıklı kalıplar arasında sıkıştırılır ve şekillendirilir
3. Ekstrüzyon – parça, bir açık kalıp içinden geçecek şekilde sıkıştırılarak açık kalıbın şeklini alır
4. Tel ve çubuk çekme – tel veya çubuğun çapı, bir kalıp açıklığı içinden çekilerek azaltılır

Haddeleme

Parça kalınlığının, karşılıklı iki merdane tarafından uygulanan basınç kuvvetleriyle düşürüldüğü şekillendirme yöntemi



Şekil 19.1 Haddeleme yöntemi (burada, yassı haddeleme).

5

Merdane Türleri

- Parça geometrisine dayanan:
 - Yassı haddeleme – bir dikdörtgen kesitin kalınlığını azaltmakta kullanılır
 - Profil haddeleme – kare kesit, örneğin bir I-profil haline şekillendirilir
- Parça sıcaklığına dayanan:
 - Sıcak haddeleme – büyük deformasyon miktarları gerektiğinden, en yaygın türü
 - Soğuk haddeleme – son şekle sahip saç veya levhalar üretir

7

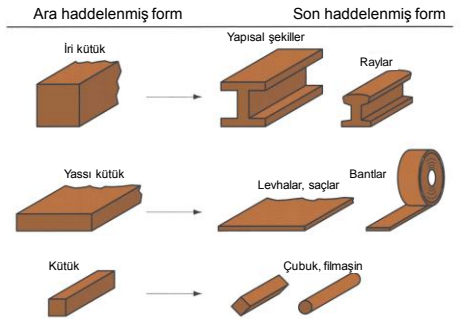
Merdaneler

Dönen merdaneler, iki temel fonksiyonu yerine getirir:

- Parça ve merdaneler arasındaki sürtünme ile, parçayı aralığa çeker
- Aynı anda, kesitini azaltacak şekilde parçayı sıkıştırır

6

Çelikten Mamul Hadde Ürünleri

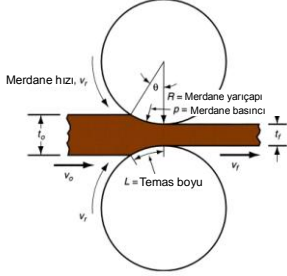


Şekil 19.2 Bir haddeleme tesisinde üretilen çelik ürünlerden bazıları

8



Yassı Haddeleme Diyagramı



Şekil 19.3 Yassı haddelenin yandan görünüşü. Burada önceki ve sonraki kalınlıklar, parça hızları, merdanelerle temas açıları ve diğer özellikler gösterilmiştir.

9



Yassı Haddelirmede Kullanılan Deyimler

Redüksiyon = başlangıç levha kalınlığının oranı cinsinden belirtilen draft

$$r = \frac{d}{t_o}$$

Burada r = redüksiyon,

d : draft

t_o : başlangıç levha kalınlığı

11



Yassı Haddelirmede Kullanılan Deyimler

Draft = kalınlıktaki azalma miktarı

$$d = t_o - t_f$$

Burada:

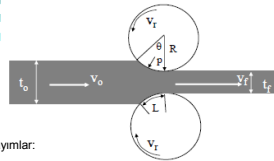
d = draft;

t_o = başlangıç kalınlığı; ve

t_f = son kalınlık



Yassı Haddelenmenin Analizi



Varsayımlar:

- Sınırsız uzunlukta levha
- Uniform, mükemmel rijit merdaneler
- Malzeme hacmi sabit

$$t_o w_o v_o = t_f w_f v_f$$

w : levha genişliği

R = Hadde yarıçapı

p = Hadde basıncı

L = Temas uzunluğu

θ = Kontakt açısı

v_r = Merdane hızı

t_o = başlangıç levha kalınlığı

t_f = Son levha kalınlığı

v_o = Levha giriş hızı

v_f = Levha çıkış hızı

10

12

Yassı Haddememenin Analizi

- **Giriş:** malzeme aralığa doğru (ileriye) çekiliyor

– *merdane malzemedan daha hızlı*

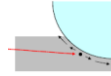
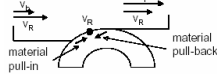
- **Çıkış:** Malzeme aralıktan geriye doğru itiliyor

– *merdane malzemedan daha yavaş*

- Temas yayı içinde nötr nokta haricinde kayma ve sürtünme meydana gelir

– Eğri içinde sadece bu noktada iş parçası ile merdane hızı eşitlenir.

- İleriye doğru Kayma: İş parçası ile merdane arasındaki kayma miktarı



$$s = \frac{v_f - v_r}{v_r}$$

13

Yassı Haddememenin Analizi

- Girişteki sürtünme, olası maksimum draft miktarını kontrol eder

$$d_{\max} = \mu^2 R$$

d_{\max} = Maksimum draft (mm)

R = Merdane yarıçapı (mm)

μ = Sürtünme katsayısı

- Merdane başına moment

$$T = 0.5FL$$

$$F = \bar{Y}_f w L$$

$$L = \sqrt{R(t_o - t_f)}$$

- GÜÇ = $P = T\omega$ (iki merdane için)

$$P = 2\pi NLF$$

15

Yassı Haddememenin Analizi

- Gerçek birim şekil değiştirme

$$\varepsilon = \ln \frac{t_o}{t}$$

- Uygulanması gereken akma gerilmesi

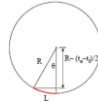
$$\bar{Y}_f = \frac{K \varepsilon^n}{1+n}$$

- Yaklaşık haddeme kuvveti,

$$F = \bar{Y}_f w L$$

- Burada temas yay uzunluğu

$$L = \sqrt{R(t_o - t_f)}$$



14

Profil Haddeme

Parça, düz (dikdörtgen) yerine profil haline şekillendirilir

- Parçayı, istenen şeklin tersine sahip haddelerin arasından geçirerek gerçekleştirilir

- Ürünlerden bazıları:

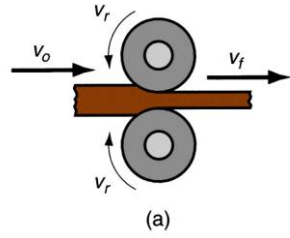
- I-kiriş, L-kiriş ve U-kanal gibi konstrüksiyon profilleri
- Demiryolu vagonları için raylar
- Yuvarlak ve kare kesitli çubuklar

16



Sıcak yassı haddeleme için bir haddehane.

İkili Hadde Tezgahı



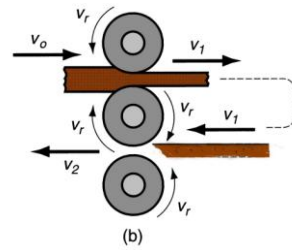
Şekil 19.5 Değişik hadde tezgahı düzenlemeleri: (a) ikili hadde tezgahı.



Hadde Tezgahları

- Ekipman büyük kütleli ve pahalıdır
- Hadde tezgahları düzenlemeleri:
 - İkili – karşılıklı iki merdane
 - Üçlü – parça her iki yönde de merdaneler arasından geçer
 - Dörtlü – altlık merdaneleri, daha küçük parça merdanelerini destekler
 - Demet hadde tezgahı – küçük merdaneler üzerinde çoklu altlık merdaneleri
 - Tandem hadde tezgahı – ikili hadde düzeni serisi

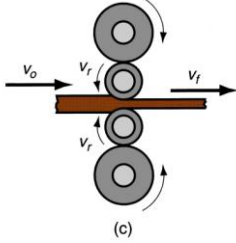
Üçlü Hadde Tezgahı



Şekil 19.5 Değişik hadde tezgahı düzenlemeleri: (b) üçlü hadde tezgahı



Dörtlü Hadde Tezgahı

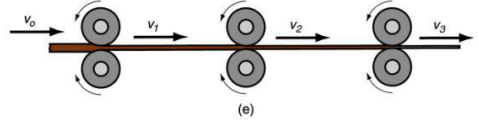


Şekil 19.5 Değişik hadde tezgahı düzenlemeleri: (c) dörtlü hadde tezgahı.



Tandem Hadde Tezgahı

Sırayla çalışan bir seri merdane bulunur

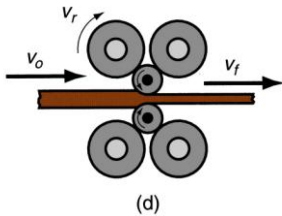


Şekil 19.5 Değişik hadde tezgahı düzenlemeleri: (e) tandem hadde tezgahı.



Demet Hadde Tezgahı

Çoklu altlık merdaneleri, daha küçük merdane çaplarına izin verir



Şekil 19.5 Değişik hadde tezgahı düzenlemeleri: (d) demet tezgah

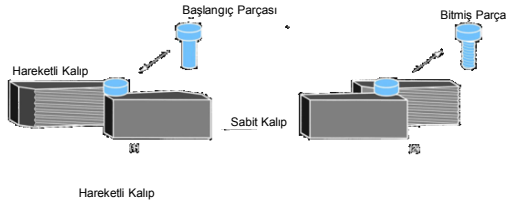


Diş Haddeme

Diş oluşturmak üzere, silindirik parçaların iki kalıp arasında haddelendiği kütle şekillendirme yöntemi

- Cıvata ve vidaların seri üretimi için önemli ticari yöntem
- Diş haddeme makinelerinde soğuk işleme ile uygulanır
- Diş kesme (talaş kaldırma) yöntemine göre üstünlükleri:
 - Daha yüksek üretim hızları
 - Daha iyi malzeme kullanımı
 - Soğuk sertleştirme (pekleşme) nedeniyle daha güçlü dişler ve daha yüksek yorulma direnci

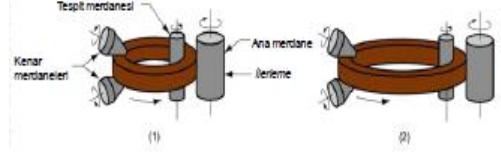
Diş Haddeme



Şekil 19.6 Tarak denilen yassı kalıplarla diş haddeme: (1) çevrim başlangıcı ve (2) çevrim sonu.

25

Halka Haddeme



Şekil 19.7 Bir halkanın cidar kalınlığını azaltmak ve çapını büyütme için kullanılan halka haddeme: (1) işlemin başlangıcı ve (2) tamamlanması.

27

Halka Haddeme

Küçük çaplı ve kalın cidarlı bir halkanın daha ince cidarlı ve daha büyük çaplı bir halka formuna haddelendiği şekillendirme yöntemi

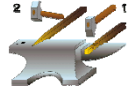
- Kalın cidarlı halka sıkıştırıldıkça deforme olan metal, halkanın çapının büyümesini sağlayacak şekilde uzar
- Büyük çaplı halkalar için sıcak işleme yöntemi ve daha küçük halkalar için ise soğuk işleme yöntemi
- Uygulamaları: Bilye ve merdane yatak kılavuzları, demiryolu vagonları için çelik tekerlekler ve borular, basınçlı kaplar ve dönen makineler için halkalar
- Üstünlükleri: malzeme tasarrufu, ideal tane yönelmesi, soğuk sertleştirme yoluyla dayanım artışı

26

Dövme

Parçanın iki kalıp arasında sıkıştırıldığı deformasyon yöntemi

- Metal şekillendirme işlemleri arasında en eskisi; geçmişte yaklaşık M.Ö. 5000



- Parçalar: motor krank milleri, biyel kolları, dişliler, moment kolları, uçak yapısal parçaları, jet motoru parçaları
- Ayrıca, temel metal endüstrisi, sonradan talaş kaldırılarak son şekline ve boyutuna getirilecek büyük parçaların başlangıçtaki büyük formlarını elde etmek için dövme için kullanılır

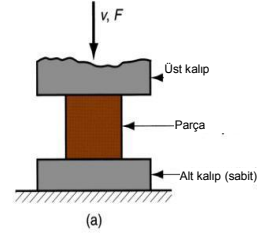
28

Dövme İşlemlerinin Sınıflandırılması

- Soğuk veya sıcak dövme:
 - Sıcak veya ılık dövme – önemli oranda deformasyon gerektiğinden ve parça malzemesinin dayanımını düşürüp sünekliliğini arttırmak ihtiyacından dolayı en yaygın yöntem
 - Soğuk dövme – üstünlüğü: şekil değiştirme sertleşmesinden kaynaklanan artan dayanım
- Darbe veya preste dövme:
 - Dövme şahmerdanı – bir darbe yükü uygular
 - Dövme presi – yavaş basınç uygular

29

Açık Kalıpla Dövme



Şekil 19.9 Üç dövme türü: (a) açık kalıpta dövme.

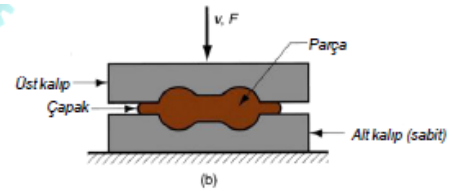
31

Dövme Kalıplarının Türleri

- Açık kalıpta dövme – parça, malzemenin en az sınırlama oluşacak şekilde akmasını sağlamak üzere, iki düz kalıp arasında sıkıştırılır
- Kapalı kalıpta dövme – kalıp, parçayı içine alacak boşluk veya bölüm içerir
 - Metalin akışı, çapak oluşacak şekilde gerçekleştirilir
- Çapaksız dövme – parça tamamen kalıp içinde şekillendirilir
 - Fazladan çapak oluşmaz

30

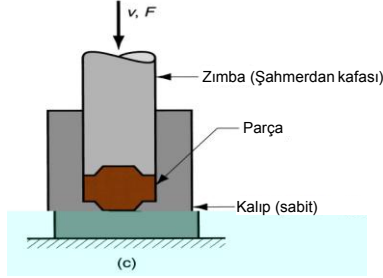
Kapalı Kalıpla Dövme



Şekil 19.9 Üç dövme türü: (b) kapalı kalıpta çapaklı dövme.

32

Çapaksız Dövme



Şekil 19.9 Üç dövme türü: (c) çapaksız dövme

33

Sürtünmesiz Açık Kalıpla Dövme

Parça ile kalıp yüzeyleri arasında sürtünme oluşmaz ve homojen deformasyon oluşursa, bu durumda parça boyunca radyal akma üniformdur ve gerçek birim şekil değiştirme ifadesi:

$$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h} \text{ olur.}$$

Burada h_0 = başlangıç boyu; ve h = sıkıştırma sırasında herhangi bir noktadaki boy

- h = son değer h_f olduğunda, gerçek birim şekil değiştirme maksimum değerinde olur

35

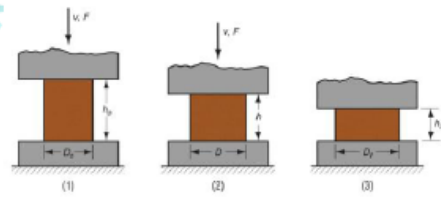
Açık Kalıpla Dövme

Parçanın iki düz kalıp arasında sıkıştırılması

- Parçanın silindirik kesite sahip olduğu ve eksenli boyunca sıkıştırıldığı basınç testine benzer
 - Deformasyon işlemi, parçanın boyunu kısaltırken çapını büyütür
 - Yaygın adı, *yığma* veya *yığma dövmesi*'dir

34

Sürtünmesiz Açık Kalıpla Dövme



Şekil 19.10 Bir açık kalıpta dövme işleminde ideal koşullar altında, silindirik bir parçanın homojen deformasyonu: (1) parça orijinal boy ve çapındayken işlemin başlangıcı, (2) kısmi sıkıştırma ve (3) son şekil.

36

Dövmenin Analizi

Gereken Dövme Kuvveti

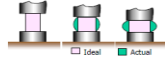
$$F = Y_f A \quad (\text{ideal})$$

$$(\text{Gerçek}) \quad F = K_f Y_f A$$

$$K_f = 1 + \frac{0.4\mu D}{h}$$

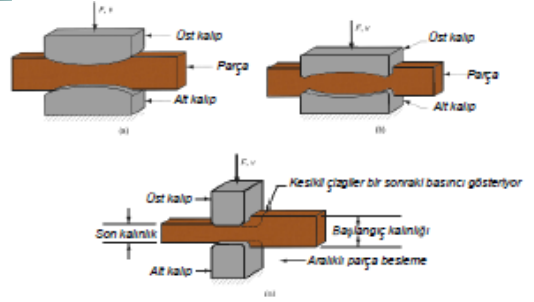
Kf : Dövmede Şekil Faktörü

- D: Dövülen Parça çapı
- H: Dövülen Parça yüksekliği
- μ : Sürtünme katsayısı



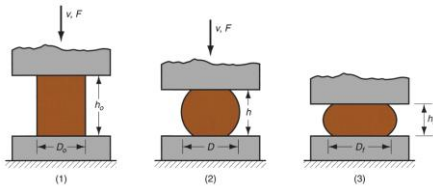
Impression	K_f
Sample w/ flash	6.0
Complex w/ flash	8.0
Very complex w/ flash	10.0
Flashless	
Coating	6.0
Complex shape	8.0

Açık Kalıpta Dövme Uygulamaları



Şekil 19.13 Açık kalıpta dövme uygulamaları: (a) dışbükey düzleme, (b) içbükey düzleme ve (c) kademeli dövme

Sürtüneli Açık Kalıpta Dövme



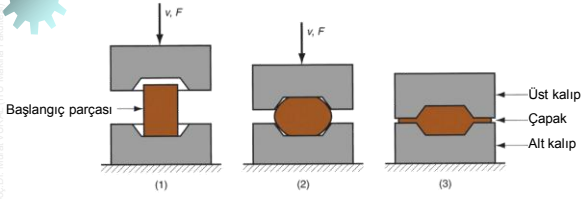
Şekil 19.11 *Fiçilaşma* olarak adlandırılan durumu gösteren, açık kalıpta dövmede silindirik bir parçanın gerçek deformasyonu: (1) işlemin başlangıcı, (2) kısmi şekil değiştirme ve (3) son şekil.

Kapalı Kalıpla Dövme

Parçanın, istenen şeklin tersine sahip kalıplar tarafından sıkıştırılması

- Metalin kalıp boşluğunun dışında, kalıp plakaları arasındaki küçük boşlukların içine doğru akmasıyla çapak oluşur
- Çapağın sonradan budanması gerekir; ancak sıkıştırma sırasında önemli bir fonksiyon üstlenir:
 - Çapak oluştuğunda sürtünme, metalin kalıp boşluğunu doldurmasını sağlayacak şekilde, aralığa metalin daha fazla akmasına direnç gösterir
 - Sıcak dövmede metalin akışı, kalıp plakaları arasındaki soğutma tarafından daha da sınırlanır

Kapalı Kalıpta Dövme



Şekil 19.14 Kapalı kalıpta dövmede işlem sırası: (1) Ham parça ile ilk temasın hemen öncesi, (2) kısmi sıkıştırma, ve (3) kalıp plakaları arasındaki boşlukta çapak oluşmasına neden olan son kalıp kapanışı.

41

Üstünlükleri ve Sınırlamaları

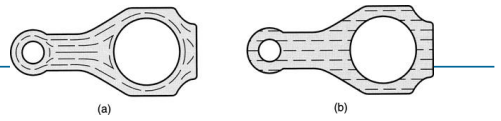
- Kapalı kalıpta dövmenin dolu bloktan talaşlı işleme göre üstünlükleri:
 - Daha yüksek üretim hızları
 - Daha az atık metal
 - Daha yüksek dayanım
 - Metalde olumlu tane yönelmesi
- Sınırlamaları:
 - Dar toleranslara sahip değildir
 - Doğruluğa ve istenen özelliklere ulaşmak için genellikle talaş kaldırma gerekir

43

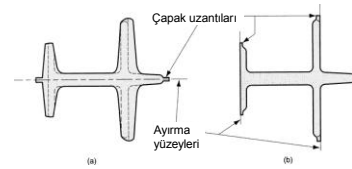
Kapalı Kalıpta Dövme Uygulaması

- Her adımda kalıp boşluklarının ayrıldığı, genellikle çok sayıda dövme adımı gerekir
 - Başlangıç adımları, daha üniform deformasyon ve sonraki adımlarda istenen metalurjik yapı için metali yeniden dağıtır
 - Son adımlar, parçayı son geometriye getirir
- Kapalı kalıpta dövme, genellikle elverişsiz koşullar altında, becerikli operatör tarafından manuel olarak gerçekleştirilir

42



Şekil 19-15. Parçadaki metal tane akışının karşılaştırılması: (a) yüzey talaş kaldırmalı sıcak dövme ve (b) tamamen talaş kaldırarak oluşturulmuş.



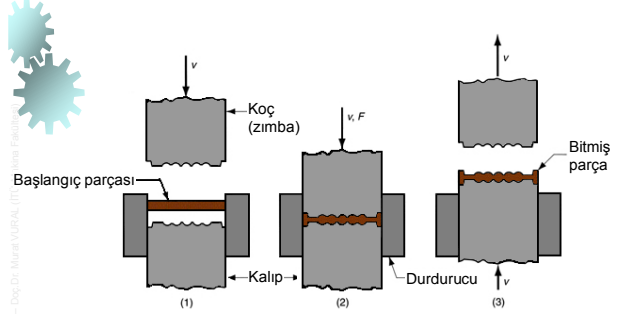
Şekil 19-16. (a) geleneksel ve (b) hassas dövmeyle elde edilen kesitler. (a)'daki kesikli çizgiler, geleneksel dövmeden sonra kesitin hassas dövmeyle denk hale getirilmesi için, sonradan talaş kaldırılması gereken bölümü göstermektedir.

44

Çapaksız Dövme

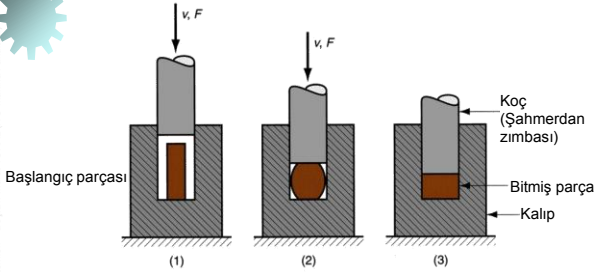
Parçanın, kalıp boşluğunun çapak oluşmasına izin vermediği, koç ile kalıp arasında sıkıştırılması

- Başlangıç parça hacmi, çok dar toleranslarla, kalıp boşluğuna eşit olmalıdır
- Kapalı kalıpta dövmeğe göre hassas işlem kontrolü daha çok gerekir
- En çok, basit ve simetrik parça geometrilerine uygundur
- Çoğunlukla *hassas dövme* işlemi olarak sınıflandırılır



Şekil 19.18 Çift kalıpla çapaksız dövme: (1) parçayla ilk temastan hemen öncesi, (2) sıkıştırma, ve (3) alt kalıbın itici fonksiyonu yaparak parçayı kalıptan çıkarması.

Çapaksız Dövme

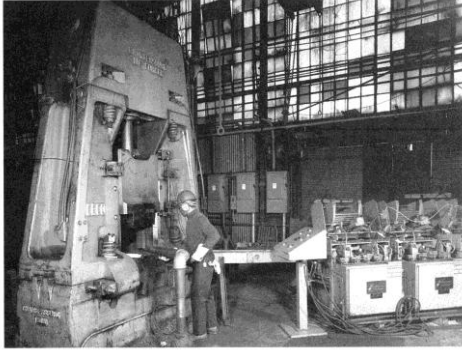


Şekil 19.17 Çapaksız dövme: (1) parçayla ilk temastan hemen öncesi, (2) kısmi sıkıştırma, ve (3) son darbe ve kalıbın kapanışı.

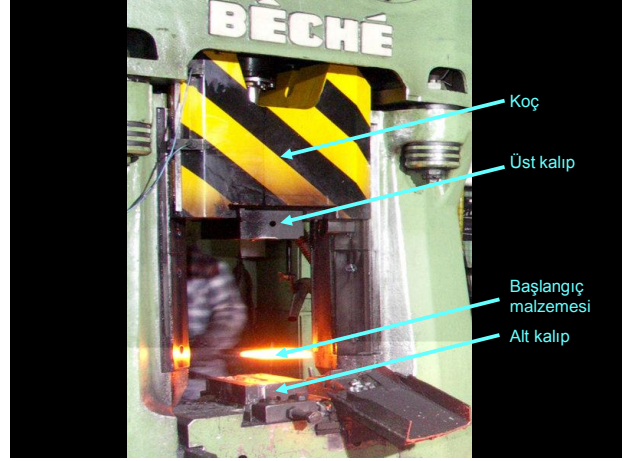
Dövme Çekiçleri (Şahmerdanları) (Düşüm Şahmerdanları)

Parçaya darbe yükü uygular

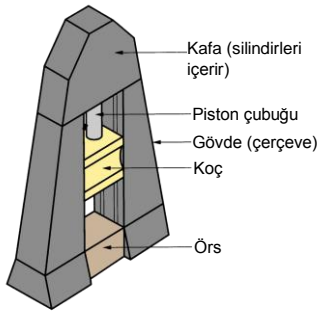
- İki türü:
 - Yerçekimi şahmerdanları – ağır bir koç'un düşen ağırlığının sağladığı darbe enerjisi
 - Güç şahmerdanları – koç, basınçlı hava veya buhar tarafından hızlandırılır
- Zayıflığı: darbe enerjisi, örs tarafından döşemeye veya yapıya iletilir
- Genellikle kapalı kalıpta dövme için kullanılır



Şekil 19.19 Sağdaki konveyör ve ısıtıcı ünite tarafından beslenen düşüm çekici (şahmerdanı)



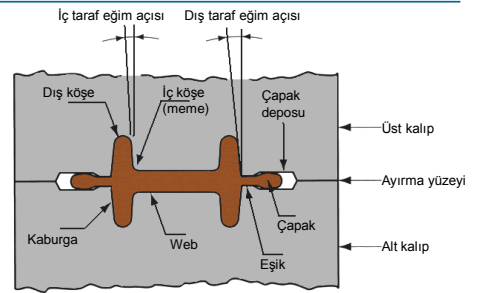
Düşüm Çekicinin (Şahmerdanının) Detayları



Şekil 19.20 Kapalı kalıpta dövme için bir düşüm şahmerdanının detayları



Dövme Kalıpları

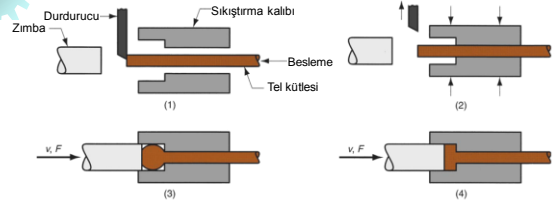


Şekil 19-21 Dövmede, geleneksel kapalı kalıp için terminoloji

Dövme Presleri

- Sıkıştırma işlemini gerçekleştirmek için yavaş basınç uygular
- Türleri:
 - **Mekanik pres** – tahrik motorunun dönme hareketini koç'un lineer hareketine dönüştürür
 - **Hidrolik pres** – koç'u hidrolik piston harekete geçirir
 - **Vidalı pres** – koç'u vida mekanizması tahrik eder

Yığma Dövme

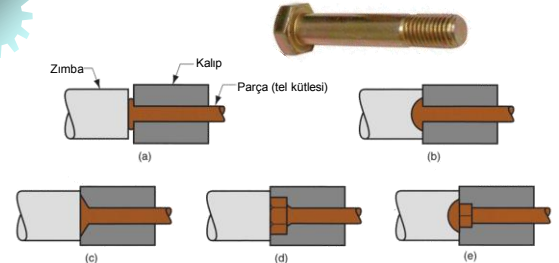


Şekil 19.22 Bir civata veya benzer hırdavat parçasında baş oluşturma için yığma dövme işlemi. Çevrimi oluşturan adımlar: (1) tel kütlesi durdurucuya kadar beslenir, (2) sıkıştırma kalıpları kütle üzerine kapanır ve durdurucu ile durdurulur, (3) zımba ileri hareket eder, (4) başı oluşturmaya üzere itilir.

Yığma ve Baş Şişirme

- Çivi, civata ve benzer hırdavat ürünlerinin başlarının oluşturulmasında kullanılan dövme yöntemi
- Diğer dövme işlemlerine göre daha çok sayıda parça üretilir
 - **Baş şişirici** veya **baş şekillendirici** denilen makinalarda soğuk, ılık veya sıcak olarak gerçekleştirilir
 - Tel veya çubuk kütlesi makinanın içine beslenir; ucu şişirilir ve daha sonra parça belirli uzunlukta kesilir
 - Civata ve vidalarda sonradan dişleri oluşturmak için diş haddeleme yapılır

Baş Şişirme (Yığma Dövme)



Şekil 19.23 Baş şişirme (yığma dövme) işleminin aşamaları: (a) açık kalıpları kullanarak bir çivi başı oluşturma, (b) zımba tarafından oluşturulan yuvarlak baş, (c) ve (d) kalıp tarafından oluşturulan vidalar için iki yaygın baş türü, (e) zımba ve kalıp tarafından oluşturulan taşıyıcı civata başı.



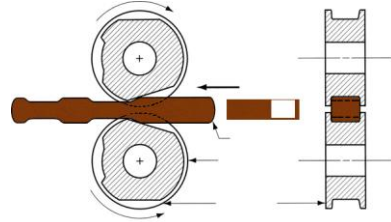
Döner Kalıpla Çekme

Parça kalıp içine itildikçe, radyal olarak döverek eğim oluşturan döner kalıpla gerçekleştirilir

- Boru veya dolu çubuk kütlelerin çaplarını küçültmekte kullanılır
- Bazen borusal parçanın şeklini ve iç çapının ölçüsünü kontrol için mandrel gerekir



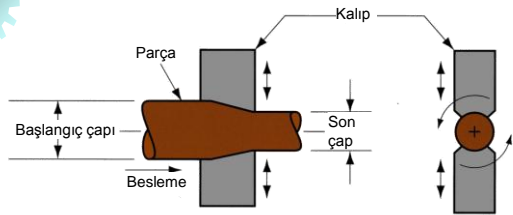
Merdaneyle Dövme



Şekil 19-26 Merdaneyle dövme



Döner Kalıpla Çekme

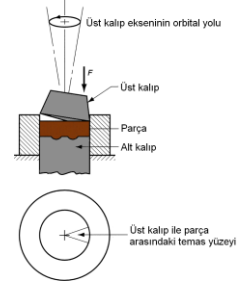


Şekil 19.24 Dolu çubuk kütlelerin çapını düşürmek için döner kalıpla çekme yöntemi; kalıplar dönerken parçayı ezer. Radyal dövmede, parça dönerken kalıplar parçayı ezecek şekilde sabit bir yönde kalır.



Orbital Dövme

Bu yöntemde deformasyon, aynı anda hem döndürülen hem de parçaya bastırılan konik şekilli bir üst kalıp aracılığıyla gerçekleştirilir.



Şekil 19-27 Orbital dövme. Deformasyon çevriminin sonunda, alt kalıp parçayı çıkarmak için yükselir

Budama

Kapalı kalıpta dövmede, çapakların parçadan uzaklaştırılması için kesilme işlemi

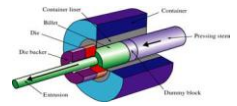
- Genellikle parça sıcakken yapılır; bu nedenle dövme istasyonuna ayrı bir budama presi dahil edilir
- Budama, taşlama ve testere ile kesme gibi farklı yöntemlerle de yapılabilir

61

Ekstrüzyon

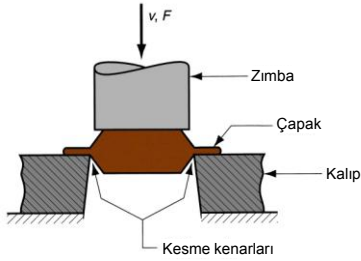
İstenen kesit şeklini elde etmek için parçanın bir kalıp boşluğundan akmaya zorlandığı basınçlı şekillendirme yöntemi

- Yöntem, bir diş macununun tüpten dışarıya çıkması için sıkıştırılmasına benzer
- Genel olarak ekstrüzyon, aynı kesite sahip uzun parçaların üretiminde kullanılır
- İki temel türü:
 - Direkt ekstrüzyon
 - İndirekt ekstrüzyon



63

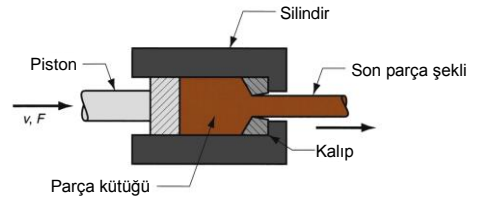
Kapalı Kalıpta Dövmeden Sonraki Budama



Şekil 19.29 Kapalı kalıpta dövmeden sonra çapağı uzaklaştırmak için budama işlemi (kesme yöntemi)

62

Direkt Ekstrüzyon



Şekil 19.30 Direkt ekstrüzyon.

64



Ekstrüzyonun Analizi

- Ekstrüzyon (Redüksiyon) Oranı:
ve gerçek birim ŞD

$$r_x = \frac{A_o}{A_f}$$

$$\varepsilon = \ln r_x = \ln \frac{A_o}{A_f}$$



Direkt Ekstrüzyon Üzerine Yorumlar

- İleri ekstrüzyon* olarak da adlandırılır
- Piston kalıp açıklığına yaklaştığında, kalıp açıklığından geçemeyen küçük bir kütük parçası kalır
- Kütükçük olarak adlandırılan bu fazla kısmın, ekstrüzyondan çıkan mamulün sonu kesilerek ayrılmalıdır
- Başlangıç kütük kesiti genellikle yuvaraktır
- Ekstrüzyon ürününün son şekli, kalıp açıklığı tarafından belirlenir



Ekstrüzyonun Analizi

$$\bar{Y}_f = \frac{K\varepsilon^n}{1+n}$$

Ram kuvveti

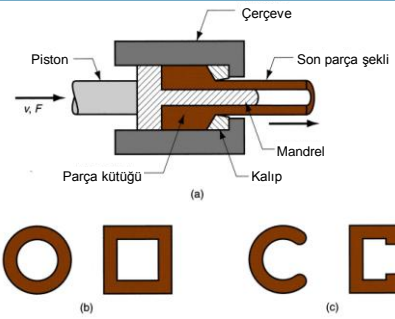
$$F = pA_o$$

Ram gücü

$$P = Fv$$

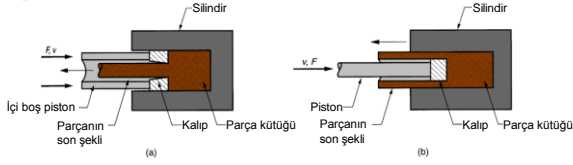


Boru ve Tüp Şekilleri



Şekil 19.31 (a) içi boş veya yarı boş kesit elde etmede direkt ekstrüzyon; (b) içi boş ve (c) yarı boş kesitler

İndirekt Ekstrüzyon

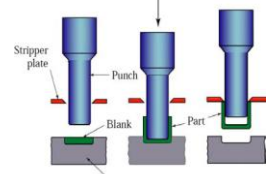


Şekil 19.32 (a) dolu kesit ve (b) içi boş kesit üretmek için indirekt ekstrüzyon

69

Darbeli Ekstrüzyon

- İndirekt ekstrüzyona benzer
- Soğuk ekstrüzyon
- 2 parça/s hızda çoğu demirdışı metal
- İnce cidarlı tüp biçimler mümkün

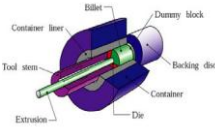


Çekilen parçalar yapıştığı için sıyrıcı ile kalıptan çıkarılır

71

İndirekt Ekstrüzyon Üzerine Yorumlar

- *Geriye ekstrüzyon* ve *ters ekstrüzyon* olarak da adlandırılır
- İndirekt ekstrüzyonun sınırlamaları:
 - İçer boş pistonun düşük rijitliği
 - Ekstrüzyon ürünlerini parçadan çıkarken desteklemekteki zorluk



70

Ekstrüzyonun Üstünlükleri

- Özellikle sıcak ekstrüzyonda, değişik şekillerin oluşturulması mümkün
 - Sınırları: parça kesiti tüm uzunluk boyunca uniform olmalıdır
- Soğuk ve sıcak ekstrüzyonda tane yapısı ve dayanım iyileştirilir
- Özellikle soğuk ekstrüzyonda dar toleranslar mümkün
- Bazı uygulamalarda, hiç veya çok az atık malzeme

72



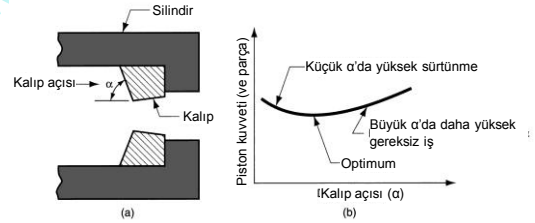
Sıcak ve Soğuk Ekstrüzyon

- Sıcak ekstrüzyon – kütüğün yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerine ısıtılması
 - Daha fazla redüksiyona ve daha karmaşık şekillere izin verecek tarzda, metalin dayanımı düşer ve süneklığı artar
- Soğuk ekstrüzyon – genellikle ayırık parçalar üretmekte kullanılır
 - Darbeli ekstrüzyon terimi, yüksek hızlı soğuk ekstrüzyonu nitelemeye kullanılır

73



Ekstrüzyon Kalıplarının Özellikleri



Şekil 19.35 (a) Direkt ekstrüzyonda kalıp açısının tanımı; (b) kalıp açısının piston kuvvetine etkisi.

75



Ekstrüzyon Oranı

Redüksiyon oranı da denilen bu değer in tanımı:

$$r_x = \frac{A_0}{A_f}$$

Burada r_x = ekstrüzyon oranı; A_0 = başlangıç kütüğünün kesit alanı ve A_f = ekstrüze edilen profilin son kesit alanı

- Hem direkt hem de indirekt ekstrüzyona uygulanabilir

74



Kalıp Açısı Üzerine Yorumlar

- Küçük kalıp açısı – kalıp ile kütük ara yüzeyindeki sürtünmeyi arttıran yüzey alanı büyüktür
 - Yüksek sürtünme, daha büyük piston kuvvetlerine yol açar
- Büyük kalıp açısı – redüksiyon sırasında metal akışında daha fazla türbülans
 - Türbülans, gerekli piston kuvvetini artırır
- Optimum açı, parça malzemesine, kütük sıcaklığına ve yağlamaya bağlıdır

76



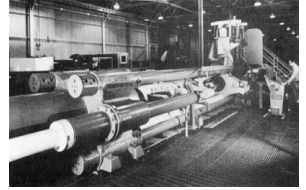
Ekstrüzyon Kalıbının Açıklık Şekli

- En basit kesit, dairesel kalıp açıklığıdır
- Kalıp açıklığının şekli, piston basıncını etkiler
- Kesit karmaşık hale geldikçe, daha yüksek basınç ve daha büyük kuvvet gerekir
- Kesit şeklinin basınca etkisi, kalıp *şekil faktörü* K_x ile açıklanabilir

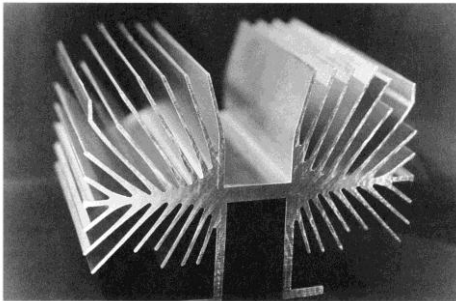


Ekstrüzyon Presleri

- Ya yatay ya da dikey
 - Yatay olanlar daha yaygın
- Ekstrüzyon presleri – çoğu kez, özellikle uzun kesitlerin yarı sürekli direkt ekstrüzyonuna uygun olan hidrolik tahriklidir
- Mekanik tahrikler – daha çok tek tek parçaların soğuk ekstrüzyonu için kullanılır



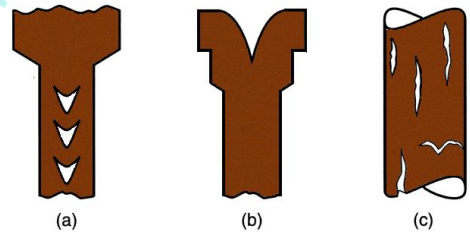
Karmaşık Kesit



Şekil 19.36 Isı paneli için karmaşık bir ekstrüzyon kesiti



Ekstrüze Ürünlerdeki Hatalar



Şekil 19-39 Ekstrüzyondaki bazı yaygın hatalar: (a) merkez boşlukları, (b) borulanma, ve (c) yüzey çatlamları



Tel ve Çubuk Çekme

Bir çubuk veya telin kesiti, bir matris (kalıp) açıklığı içinden çekilerek küçültülür

- Ekstrüzyona benzer; ancak çekmede parça matris boyunca çekilir (ekstrüzyon'da itilir)
- Çekmede çekme gerilmeleri uygulanmasına rağmen, basma da önemli rol oynar; çünkü metal, matris açıklığında geçerken sıkıştırılır



Çekmede Alan Redüksiyonu

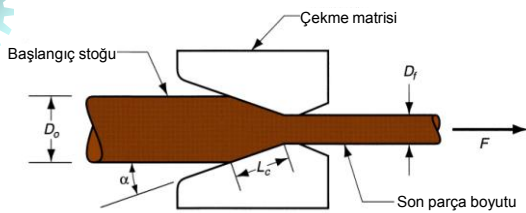
Parçanın boyutundaki değişim genellikle alan redüksiyonuyla tanımlanır:

$$r = \frac{A_o - A_f}{A_o}$$

Burada r = çekmede alan redüksiyonu; A_o = parçanın orijinal alanı; ve A_f = son parça



Tel ve Çubuk Çekme



Şekil 19.40 Çukuk veya tel çekme.



Tel Çekme ve Çubuk Çekme

- Çubuk çekme ile tel çekme arasındaki fark, stok boyutundadır
 - Çubuk çekme – daha büyük çaplı çubuk stoğu
 - Tel çekme – küçük çaplı stok – tel boyutunda 0.03 mm'ye kadar ölçüler mümkündür
- Mekanizması aynı olmasına rağmen, yöntem, ekipman ve terminoloji dahi farklıdır

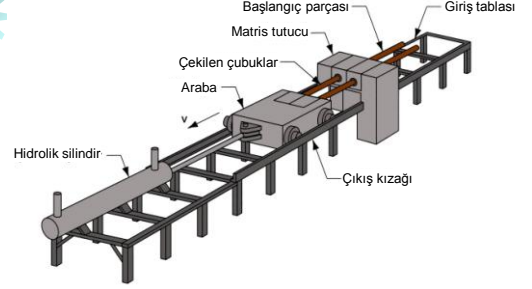


Çekme Uygulamaları ve Ürünler

- Çekme uygulaması:
 - Genellikle soğuk işleme olarak gerçekleştirilir
 - Çoğu kez yuvarlak kesitler kullanılır
- Ürünler:
 - Tel: elektrik teli; çitler için tel bloğu, elbise askıları ve alışveriş arabaları
 - Çiviler, vidalar, perçinler ve yaylar için çubuk kütlesi
 - Daha kalın çubuk bloğu: talaş kaldırma, dövme ve diğer işlemler için metal çubuklar



Kalın Çubuk Çekme Tezgahı



Şekil 19.41 Metal çubukların çekilmesinde kullanılan, hidrolik tahrikli çekme tezgahı.



Kalın Çubuk Çekme

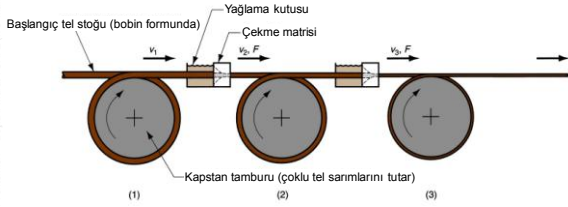
- Tek kademede kesit küçültme olarak uygulanır - stok bir matris açıklığından çekilir
- Başlangıç stoğu büyük çaplıdır ve düz bir silindirdir
- Parti tipi işlem gerekir



Tel Çekme

- Toplayıcı tamburlarla ayrılmış, çoklu (genellikle 4 to 12) çekme matrislerini içeren sürekli çekme makinaları
 - Her bir tambur (kapstan) sonraki matrise doğru tel stoğunu çekmek için uygun kuvvet sağlar
 - Her bir matris, küçük bir redüksiyon oluşturur; böylece seri sonunda istenen toplam redüksiyona ulaşılır
 - Soğuk sertleşmeyi azaltmak için bazen matrisler arasında tavlama gerekir

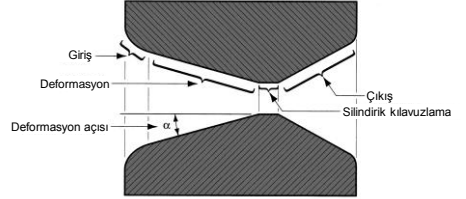
Sürekli Tel Çekme



Şekil 19.42 Sürekli tel çekme.

89

Çekme Kalıbının Detayları



Şekil 19.43 Yuvarlak çubuk veya telin çekilmesinde kullanılan çekme matrisi

91

Bir Çekme Kalıbının Özellikleri

- Giriş bölgesi – parça ve kalıbın aşınmasını önlemek için kalıp içine yağı besler
- Deformasyon – çekmenin olduğu konik şekilli bölge
- Silindirik kılavuzlama – son stok boyutunu belirler
- Çıkış bölgesi – yaklaşık 30°'lik (yarım açı) bir çıkış açısına sahiptir
- Matris malzemeleri: takım çelikleri veya sement karbürler

90

Parçanın Çekmeye Hazırlanması

- Tavlama – stoğun sünekliliğini arttırmak için
- Temizleme – çekme matrisi ve parça yüzeyinin hasarını önlemek için
- İşaretleme – çekme matrisine girebilmesi için başlangıç ucunun çapının küçültülmesi

92



Tel Çekmenin Analizi

Alan Redüksiyonu

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

Draft

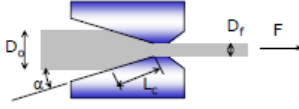
$$d = D_0 - D_f$$

Çekmenin Mekanîği

$$\epsilon = \ln \frac{A_0}{A_f} = \ln \frac{1}{1-r}$$

$$\sigma = \bar{Y}_f \epsilon = \bar{Y}_f \ln \frac{A_0}{A_f} \text{ Ideal}$$

$$\sigma = \bar{Y}_f \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha} \right) \phi \ln \frac{A_0}{A_f} \text{ Actual} \quad F = A_f \sigma = A_f \bar{Y}_f \left(1 + \frac{\mu}{\tan \alpha} \right) \phi \ln \frac{A_0}{A_f}$$



Burada

$$\phi = 0.88 + 0.12 \frac{D}{L_c}$$

$$D = \frac{D_0 + D_f}{2} \quad \text{and} \quad L_c = \frac{D_0 - D_f}{2 \sin \alpha}$$

Çekme Kuvveti