

**MIKELL P. GROOVER**

Çeviri Editörleri: Mustafa Yurdakul - Yusuf Tansel İç

4<sup>th</sup> EDITION

4. BASIMDAN ÇEVİRİ



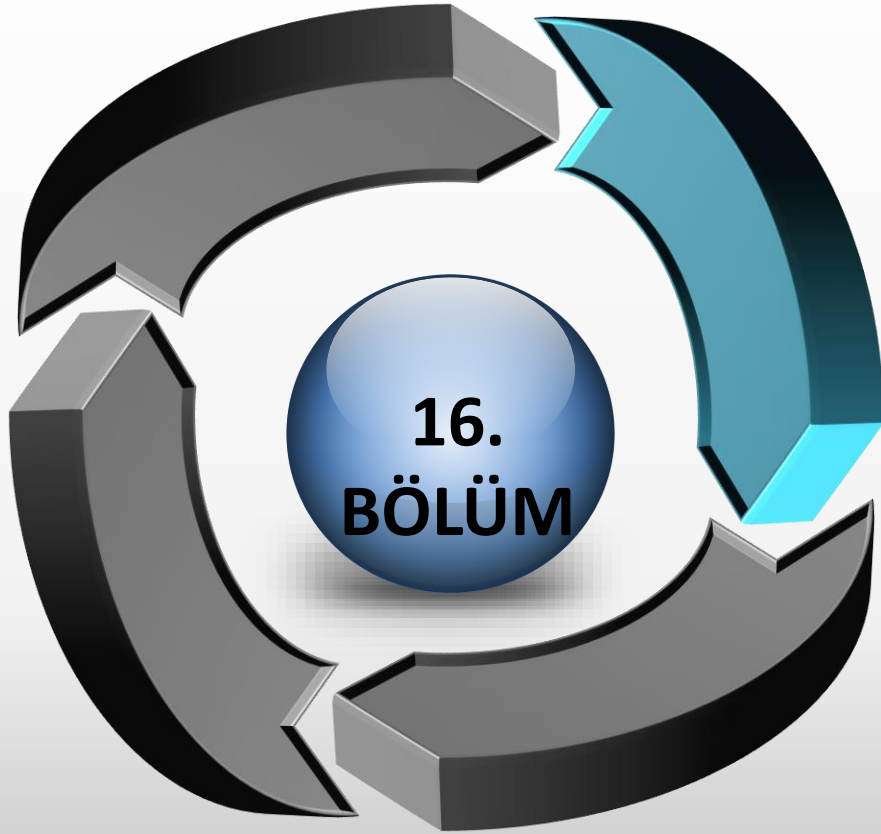
*PRINCIPLES* of **MODERN MANUFACTURING**

**MODERN İMALATIN**

*PRENSİPLERİ*

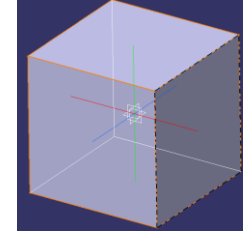
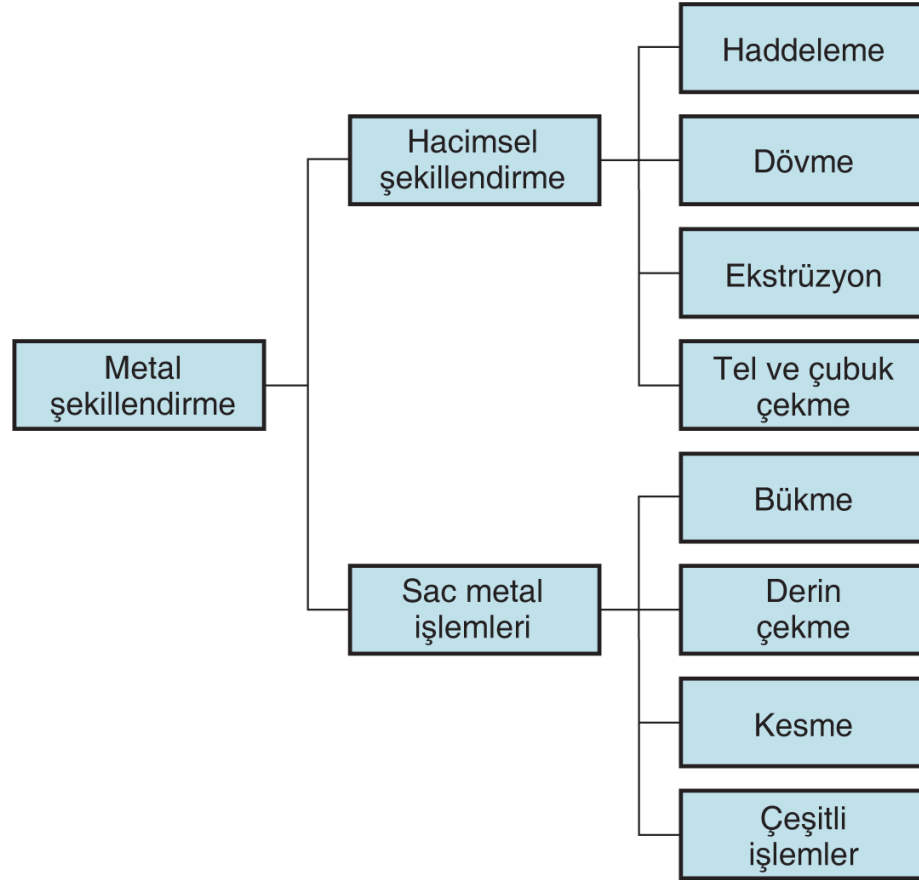
Gözden Geçirilmiş Yeni Basım





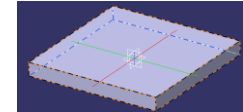
# Metal Şekillendirmenin Temelleri

- Bu işlemlerde iş parçasının şekli, plastik deformasyonla değiştirilir.
  - Deformasyon(şekil değişimi) genellikle kalıp olarak adlandırılan ve metalin akma mukavemetini aşan gerilmeleri uygulayan takımlarla gerçekleşir.
  - Uygulanan gerilmeler genellikle basma gerilmeleridir.
  - Bir metalin başarılı bir şekilde şekillendirilebilmesi için istenen özellikler;
    - a)Düşük akma mukavemeti,
    - b)Yüksek sünekliktir.
- Bu özellikler sıcaklıktan etkilenmektedir.



| Characteristics |                     |
|-----------------|---------------------|
| Volume          | 1000cm <sup>3</sup> |
| Area            | 600cm <sup>2</sup>  |

Yüzey alanı/hacim  
0,6



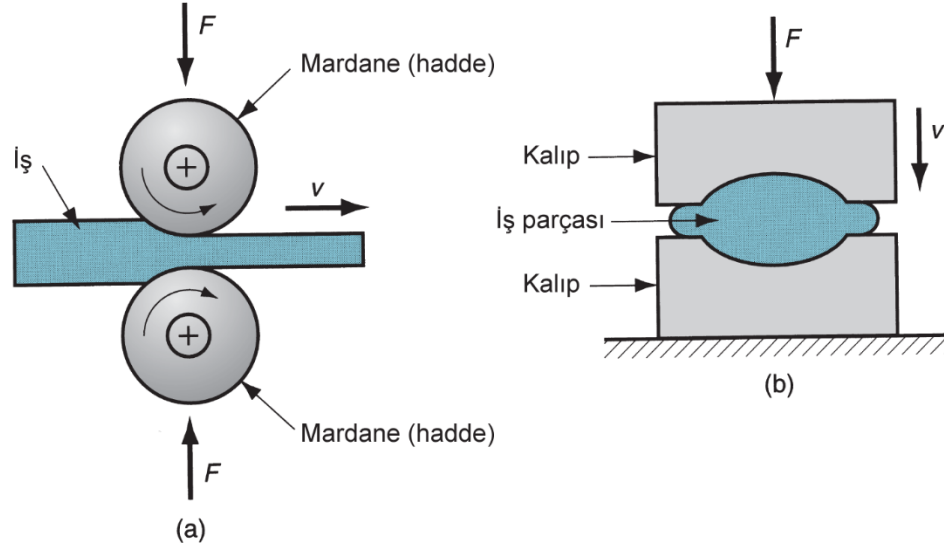
| Characteristics |                    |
|-----------------|--------------------|
| Volume          | 100cm <sup>3</sup> |
| Area            | 240cm <sup>2</sup> |

Yüzey alanı/hacim  
2,4

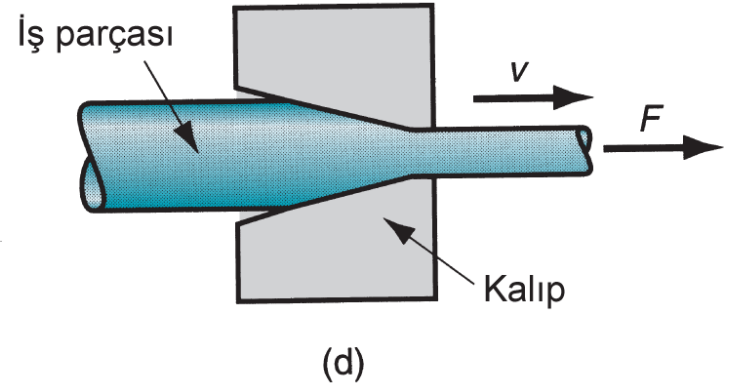
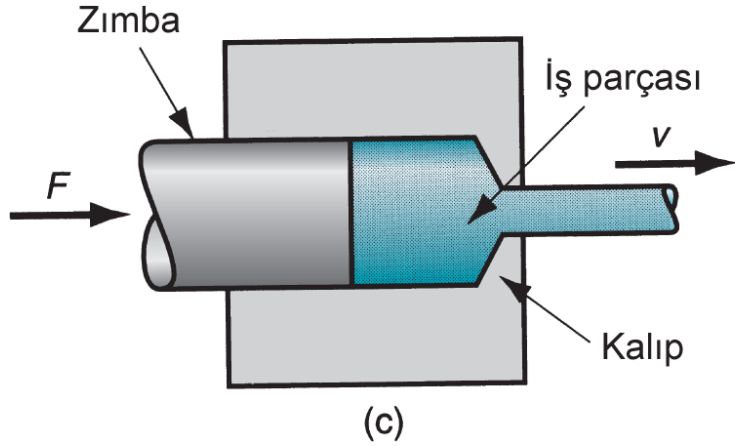
Metil şekillendirme işlemlerinin sınıflandırılması

# Hacimsel Şekillendirme İşlemleri

- Genel olarak çok büyük şekil deęiřtirmeleri ve hacimsel geometri deęiřimleri gerçekleşir.
- İçin yüzey alanı/hacim oranı nispeten düşüktür



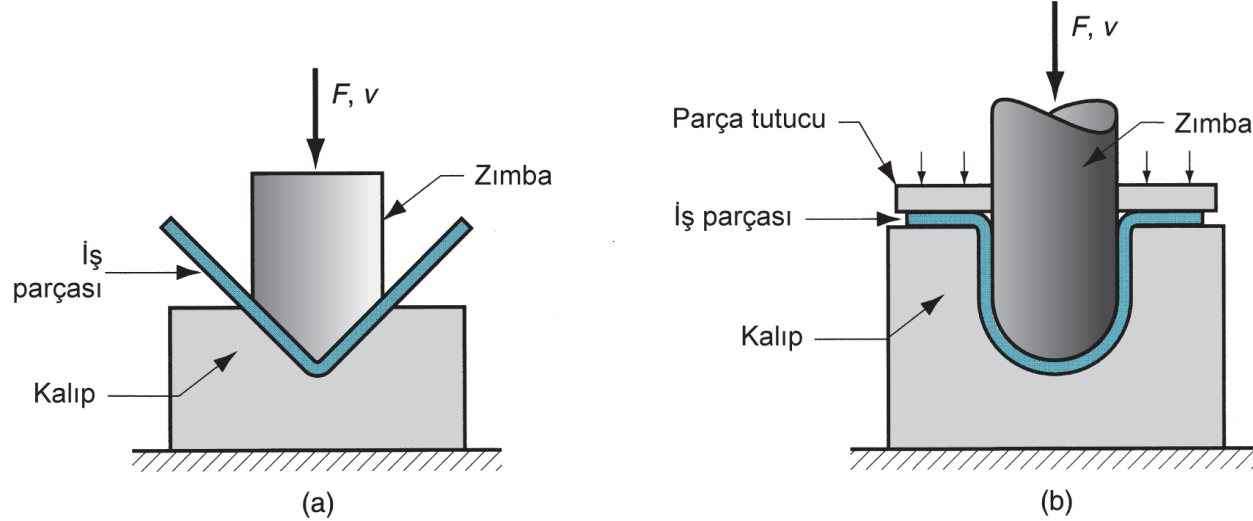
Hacimsel Şekillendirme işlemleri: (a) haddeleme (b) dövme, Bağıl hız  $v$  ile, kuvvet  $F$  ile gösterilmiştir.



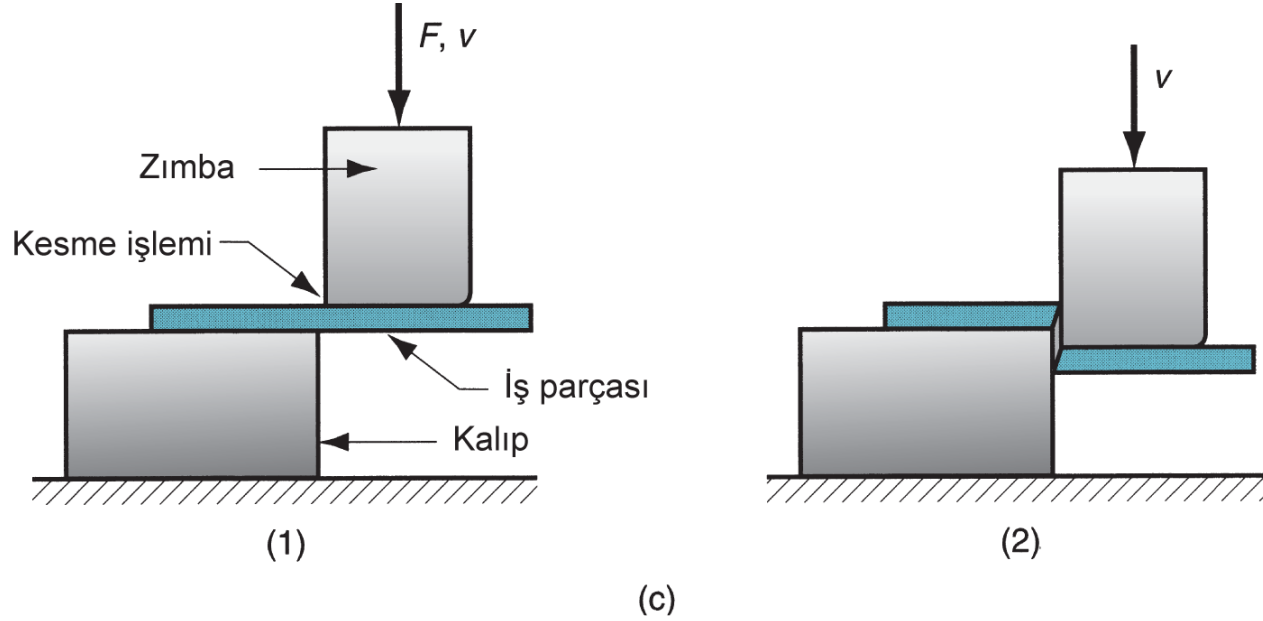
(c) ekstrüzyon (d) tel-çubuk çekme. Bağlı hız  $v$  ile, kuvvet  $F$  ile gösterilmiştir.

# Sac Metal Şekillendirme İşlemleri

- Metal saclar, şeritler ve bobinler üzerinde gerçekleştirilen şekillendirme ve kesme işlemleridir.
- Başlangıç metalinin yüzey alanı/hacim oranı çok yüksektir.



Temel sac metal işlemleri: (a) eğme (b) derin çekme, Bağlı hız  $v$  ve kuvvetler  $F$  ile gösterilmiştir



Temel sac metal işlemleri: (c) kesme: (1) zimba saca temas ederken (2) kesme sonrası.  
Bağıl hız  $v$  ile, kuvvet  $F$  ile gösterilmiştir



# Metal Şekillendirme Malzeme Davranışı

- Akma noktasının üstünde pekleşme(şekil değiştirme sertleşmesi) gerçekleşir.
- Genellikle metalin soğuk şekillendirme esnasındaki plastik davranışı akma eğrisi ile ifade edilir.

$$\sigma = K\epsilon^n$$

K mukavemet katsayısı (MPa), n pekleşme üsteli

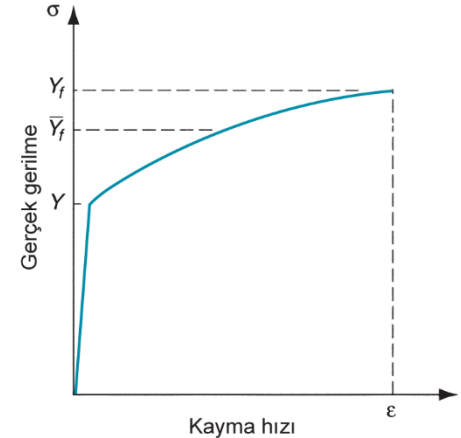
- Akma gerilmesi, metalin akmasını ve malzemenin şekil değiştirmesini devam ettirecek anlık gerilme değeridir.

$$Y_f = K\epsilon^n$$

Akma gerilmesi (Mpa)

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

Ortalama akma gerilmesi (Mpa)



Akma gerilmesi Y ve son akma gerilmesi  $Y_f$ 'e bağlı olarak ortalama akma gerilmesinin ( $\bar{Y}_f$ ) yerini gösteren gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.

# Metal Şekillendirmede Sıcaklık

- Akma eğrisi, plastik deformasyon esnasında soğuk şekillendirmede metalin gerilme-birim şekil değiştirme davranışını temsil eder.
- Herhangi bir metal için K ve n, sıcaklığa bağlıdır.
- K ve n, yüksek sıcaklıklarda azalır.
  - **Bunun önemi!** Şekillendirme esnasında daha az kuvvet ve güç ihtiyacı
- Metal şekillendirmede **Soğuk**, **Yarı Sıcak (Ilık)** ve **Sıcak** olmak üzere 3 çeşit sıcaklık aralığı mevcuttur.

# Metal Şekillendirmede Sıcaklık

## Soğuk işlem avantajları: (oda sıcaklığında)

1. Daha fazla hassasiyet
2. Daha iyi yüzey kalitesi
3. Pekleşme nedeni ile daha yüksek mukavemet ve sertlik
4. Deformasyon sırasında tane akışı veya yönlenmesi, istenen yönde istenen özellikleri sağlar.
5. İş parçasını ısıtmak gerekmez.
6. Seri imalat alanlarında kullanılır.

## Soğuk işlem dezavantajları:

1. Daha yüksek güç ve kuvvet gerekir
2. Çalışılan metalin sünekliği ve pekleşmesi şekil değiştirme miktarını kısıtlar.
3. Metalin tavlanması gerekebilir.

# Metal Şekillendirmede Sıcaklık

**Yarı Sıcak (Ilık) işlem avantajları(soğuk şek.göre):**  $(0.3-0.5 T_m^*)$

1. Daha düşük kuvvet ve güç
2. Daha karmaşık iş parçaları mümkündür.
3. Tavlama ihtiyacı ortadan kalkabilir/azalabilir.

$T_m$ =Metalin mutlak erime noktası

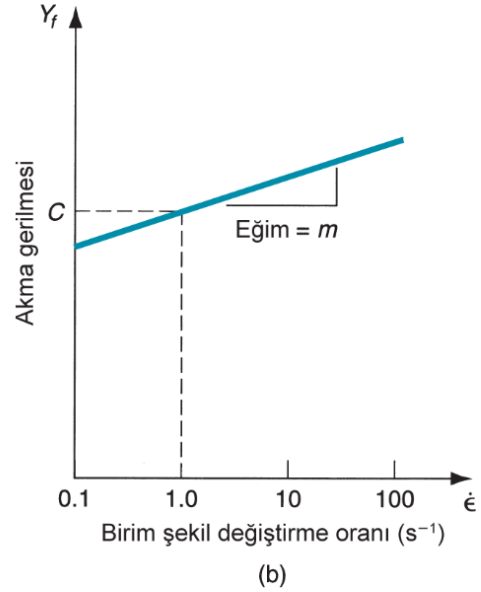
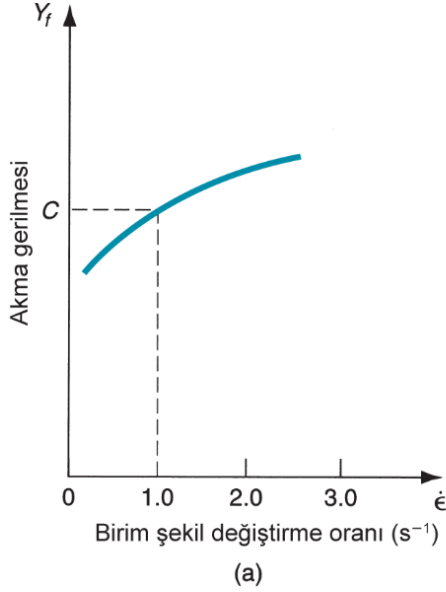
# Metal Şekillendirmede Sıcaklık

## Sıcak işlem avantajları: (0.5-0.75 $T_m$ )

1. Önemli miktarda plastik deformasyona sahip olma kabiliyetine sahip (süneklik artmıştır)
2. Çok farklı ve karmaşık şekilli iş parçalarının üretimi mümkündür
3. Daha düşük kuvvet ve güç ihtiyacı
4. Soğuk şekillendirmede kırılan parçalar sıcak şekillendirilebilir.
5. Yönlenmiş tane yapısının olmaması sebebiyle mukavemet özellikleri izotropiktir. (izotropik?)

## Sıcak işlem dezavantajları:

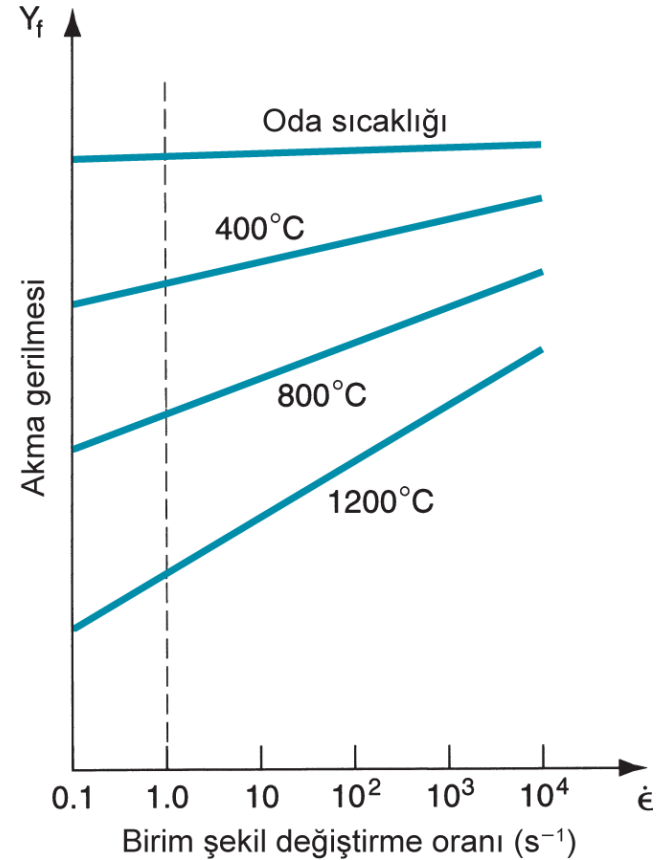
1. Boyut hassasiyeti daha düşük
2. Gerekli enerji miktarı yüksek
3. İş parçası yüzeyi, oksidasyona uğrar
4. Daha zayıf yüzey kalitesi
5. Daha kısa takım ömrü



- (a) Birim şekil değiştirme hızının akma gerilmesi üzerine etkisi.  
(b) aynı ilişkinin log-log koordinatlarda çizilmiş hali

Bir tipik metal için sıcaklığın akma gerilmesi üzerine etkisi.

Birim şekil değiştirme hızı = 1.0 noktasından dikey kesikli çizginin eğrileri kestiği noktalara gösterilen Eşitlik (16.4)'teki  $C$  katsayısı, sıcaklık arttıkça azalır ve  $m$  (her bir eğrinin eğimi) artar.



# Metal Şekillendirmede Sürtünme ve Yağlama

1. Takım –iş parçası yakın temastadır ve yüksek basınçlar yüzeyleri birbirine temas ettirir.
2. Metal şekillendirmede kalıplar pahalı olduğu için takım aşınması önemli bir husustur.
3. Yağlayıcılar kullanılsa bile nispeten sürtünme katsayıları yüksektir. Tablo 16.1
4. Sürtünme gereğinden büyük olursa yapışma(sıvanma) meydana gelir.
5. Yağlayıcılar sayesinde yapışma, kuvvet-güç gereksinimi ve takım aşınması azalır. Daha iyi yüzey kalitesi elde edilir.

**TABLO 16.1** Soğuk, yarı-sıcak ve sıcak işlemlerde sıcaklık, birim şekil değiştirme hızı ve sürtünme katsayısının tipik değerleri.

| Kategori         | Sıcaklık aralığı   | Birim şekil değiştirme hızı duyarlılığı üsteli | Sürtünme katsayısı |
|------------------|--------------------|--|--------------------|
| Soğuk işlem      | $\leq 0.3T_m$      | $0.000 \leq m \leq 0.05$                       | 0.1                |
| Yarı-sıcak işlem | $0.3T_m - 0.5T_m$  | $0.05 \leq m \leq 0.1$                         | 0.2                |
| Sıcak işlem      | $0.5T_m - 0.75T_m$ | $0.05 \leq m \leq 0.4$                         | 0.4–0.5            |