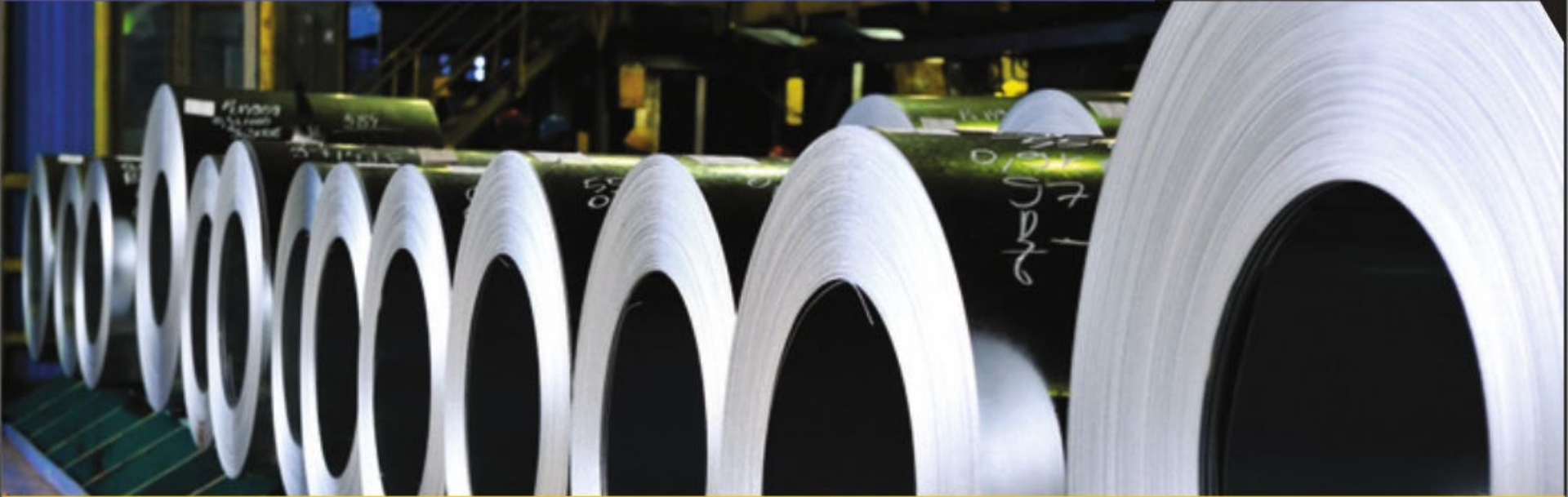


MIKELL P. GROOVER

Çeviri Editörleri: Mustafa Yurdakul, Yusuf Tansel İç

4<sup>th</sup> EDITION  
4. BASIMDAN ÇEVİRİ



# MODERN İMALATIN PRENSİPLERİ

PRINCIPLES of MODERN MANUFACTURING



22

# TALAŞLI İMALATTA EKONOMİ VE ÜRÜN TASARIMININ ÖNEMİ

# Talaşlı İşlenebilirlik

- Bir malzemenin (genellikle metal) uygun takım ve kesme koşullarıyla görelî olarak kolay işlenebilirliği
- Sadece iş malzemesine bağlıdır.
- Talaşlı işleme yöntemi , takım ve kesme koşulları da önemli faktörlerdir.

# Talaşlı İşlenebilirlik

- Bir malzemenin (genellikle metal) uygun takım ve kesme koşullarıyla görelî olarak kolay işlenebilirliği
- Sadece iş malzemesine bağılıdır.
- Talaşlı işleme yöntemi , takım ve kesme koşulları da önemli faktörlerdir.

# İmalatta İşlenebilirlik Kriterleri

- **Takım ömrü**- Kesme takımının verilen iş parçası malzemesini düzgün olarak toplam işleme süresi.
- **Kuvvet ve güç**- büyük kuvvetler ve güç, daha düşük işlenebilirlik demek
- **Yüzey Bitirme**- daha iyi yüzey kalitesi daha iyi işlenebilirlik anlamına gelir
- **Talaşın uzaklaştırılma kolaylığı** - daha kolay talaş uzaklaştırma daha iyi işlenebilirlik anlamına gelir

# Talaşlı İşlenebilirlik Deneyi

- Deneylerin çoğu iş malzemelerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını içerir
- Bir test malzemesinin performansı temel bir malzemeye göre ölçülür
- Bağlı performans, işlenebilirlik notu (indeksi)(MR) olarak ifade edilir

Temel malzemenin notu  $MR = 1.00$  (% 100)

test malzemesinin notu  $MR > 1.00$  (% 100), daha iyi işlenebilirlik anlamına gelir

# Talaşlı İşlenebilirlik Deneyi

- Takım ömrü (En yaygın test)
- Takım Aşınması
- Kesme Kuvveti
- İşlemden kullanılan güç
- Kesme sıcaklığı
- Standart test koşulları altında Talaş (malzeme) kaldırma hızı

# Talaşlı İşlenebilirliği etkileyen Mekanik Özellikler

- *Sertlik*

- Yüksek sertlikte malzeme takımındaki aşınmayı artırır ve böylece takım ömrü azalmış olur

- *Dayanım*

- Yüksek Dayanım Kesme kuvvetleri, özgül enerji ve kesme sıcaklıklarının yükseleceği anlamına gelir

- *Süneklik*

- Yüksek süneklik, talaş uzaklaştırma sorunları ve kötü yüzey bitirmeye neden olan tipte talaş oluşumu anlamına gelir.



# Talaşlı İşlemede Toleranslar ve Yüzey Bitirme

- Toleranslar
  - Talaşlı İşleme diğer şekil verme süreçlerine göre en yüksek boyutsal doğruluk sağlar
  - Sıkı Toleranslar, genelde yüksek maliyetler anlamına gelir.
- Talaşlı işlemede Yüzey pürüzlülüğü şunlar tarafından belirlenir:
  - İşlemin Geometrik faktörleri
  - İş malzemesi faktörleri
  - Titreşim ve takım tezgahı faktörleri

**TABLO 22.1 Seçilmiş İş Malzemelerinin Yaklaşık Brinell Sertlik ve İşlenebilirlik Değerleri**

<b>İş Parçası Malzemesi</b>	<b>Brinell Sertlik</b>	<b>İşlenebilirlik Derecesi<sup>a</sup></b>	<b>İş Parçası Malzemesi</b>	<b>Brinell Sertlik</b>	<b>İşlenebilirlik Derecesi<sup>a</sup></b>
Basit çelik B1112	180–220	1.00	Takım çeliği (serleştirilmemiş)	200–250	0.30
Düşük karbonlu çelik C1008, C1010, C1015	130–170	0.50	Dökme demir Yumuşak	60	0.70
Orta karbonlu çelik C1020, C1025, C1030	140–210	0.65	Orta sertlik Sert	200 230	0.55 0.40
Yüksek karbonlu çelik C1040, C1045, C1050	180–230	0.55	Süper alaşımlar İnkoneel	240–260	0.30
Alaşım çelikleri <sup>b</sup> 1320, 1330, 3130, 3140	170–230	0.55	İnkoneel X	350–370	0.15
4130	180–200	0.65	Waspalaşımli	250–280	0.12
4140	190–210	0.55	Titanyum Yalın	160	0.30
4340	200–230	0.45	Alaşımlar	220–280	0.20
4340 (casting)	250–300	0.25	Alüminyum 2-S, 11-S, 17-S	Yumuşak	5.00 <sup>c</sup>
6120, 6130, 6140	180–230	0.50	Alüminyum alaşımlar (yumuşak)	Yumuşak	2.00 <sup>d</sup>
8620, 8630	190–200	0.60	Alüminyum alaşımlar (sert)	Sert	1.25 <sup>d</sup>
B1113	170–220	1.35	Bakır	Yumuşak	0.60
Kolay işlenir çelikleri	160–220	1.50	Pirinç	Yumuşak	2.00 <sup>d</sup>
Paslanmaz çelik 301, 302	170–190	0.50	Bronz	Yumuşak	0.65 <sup>d</sup>
304	160–170	0.40			
316, 317	190–200	0.35			
403	190–210	0.55			
416	190–210	0.90			

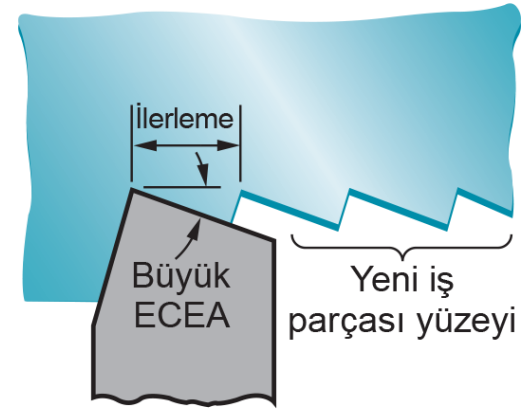
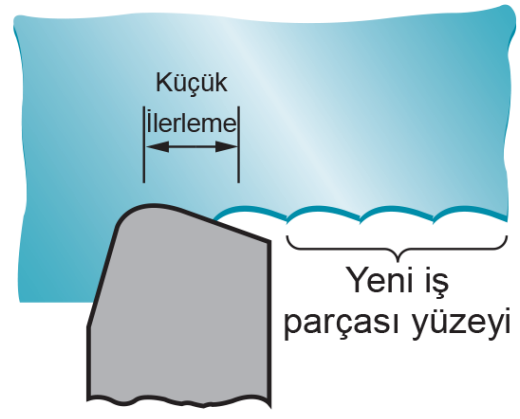
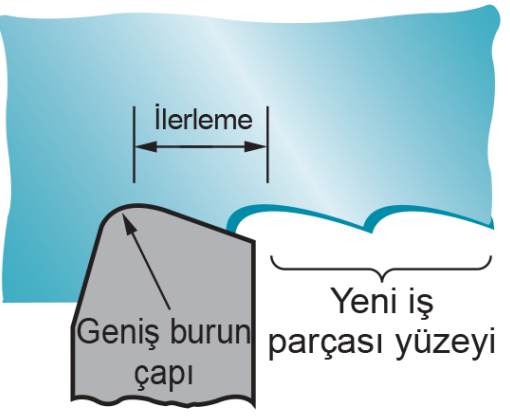
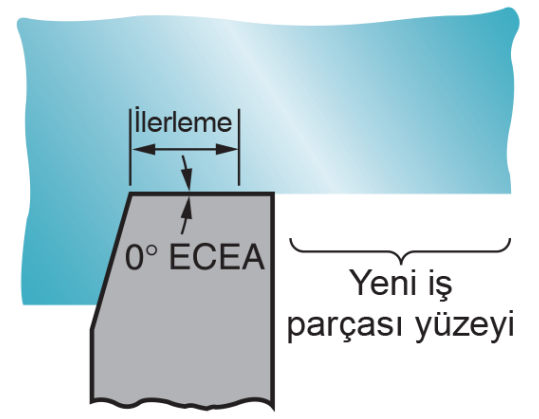
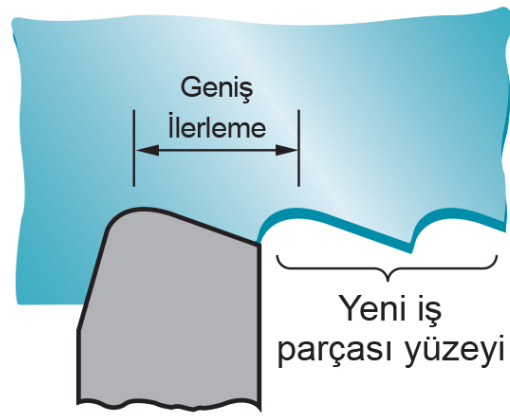
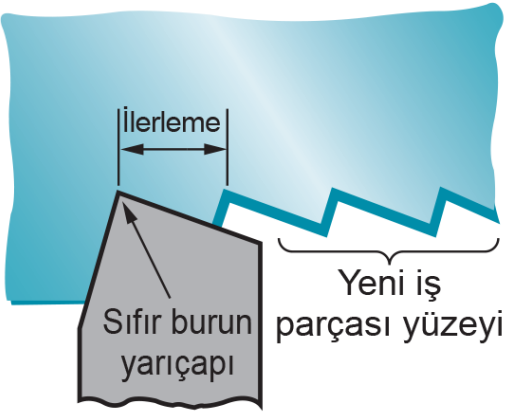
# 22.2 TOLERANSLAR VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

TABLO 22.2 Talaşlı imalat işlemlerinde elde edilen tipik tolerans ve yüzey pürüzlülük değerleri (aritmetik ortalama)

Talaşlı İmalat İşlemi	Tolerans Kabiliyeti Tipik	Yüzey Pürüzlülüğü AA -Tipik	Talaşlı İmalat İşlemi	Tolerans Kabiliyeti Tipik	Yüzey Pürüzlülüğü AA -Tipik
	mm	$\mu\text{m}$		mm	$\mu\text{m}$
Tornalama ve delik işleme		0.8	Raybalama		0.4
Çap $D < 25$ mm	$\pm 0.025$		Çap $D < 12$ mm	$\pm 0.025$	
$25 \text{ mm} < D < 50$ mm	$\pm 0.05$		$12 \text{ mm} < D < 25$ mm	$\pm 0.05$	
Çap $D > 50$ mm	$\pm 0.075$		Çap $D > 25$ mm	$\pm 0.075$	
Delik Delme*		0.8	Frezeleme		0.4
Çap $D < 2.5$ mm	$\pm 0.05$		Çevresel	$\pm 0.025$	
$2.5 \text{ mm} < D < 6$ mm	$\pm 0.075$		Alın	$\pm 0.025$	
$6 \text{ mm} < D < 12$ mm	$\pm 0.10$		Uçtan (Parmak)	$\pm 0.05$	
$12 \text{ mm} < D < 25$ mm	$\pm 0.125$		Şekillendirme ve kanal açma	$\pm 0.025$	1.6
Çap $D > 25$ mm	$\pm 0.20$		Planyalama	$\pm 0.075$	1.6
Broşlama	$\pm 0.025$	0.2	Testere ile Kesme	$\pm 0.50$	6.0

# Geometrik Faktörler

- Yüzey geometrisini belirleyen talaşlı İşleme parametreleri:
  - Talaşlı İşlem tipi, örneğin tornalama, freze vs
  - Kesici takım geometrisi, özellikle burun yarıçapı
  - İlerleme
- Sadece bu faktörler sonucunda oluşan yüzey geometrisi= "ideal" ya da "teorik" yüzey pürüzlülüğü



(a)

(b)

(c)

- a)Uç (burun) radyüsünün etkisi
- b)İlerlemenin Etkisi
- c)Uç Kesme Kenarı açısının Etkisi

# İdeal Yüzey Pürüzlülüğü

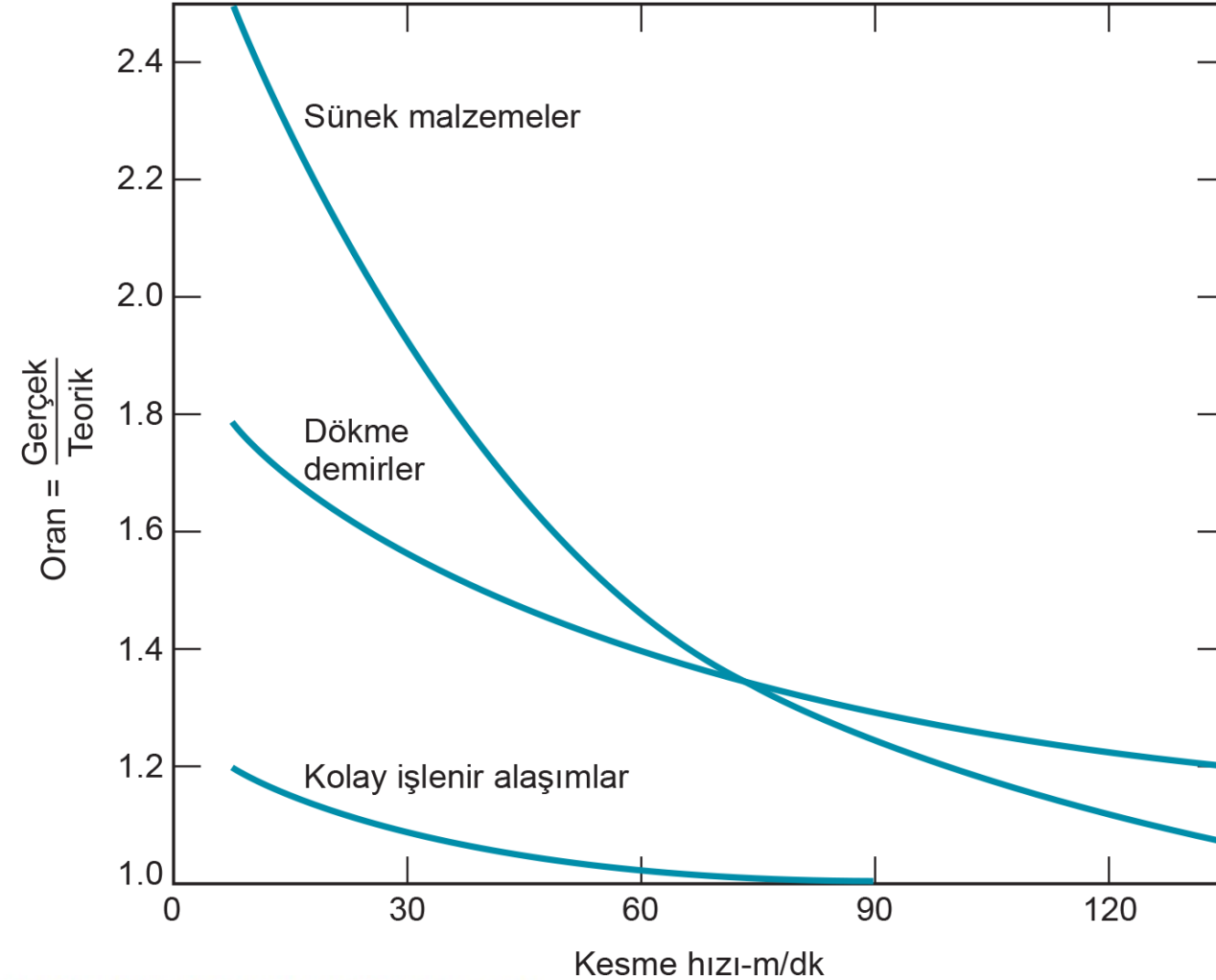
$$R_i = \frac{f^2}{32NR}$$

burada  $R_i$  = teorik aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü;  $f$  = İlerleme  $NR$  = burun yarıçapı

# İş Malzemesi Faktörleri

- Yığılma kenar oluşumu etkileri
- Talaş tarafından oluşturulan yüzey hasarı
- Sünek malzemelerin işlenmesi esnasında oluşan yüzey yırtılması
- Gevrek malzemeler işlenirken oluşan yüzey çatlakları
- Takım yan ve yeni iş parçası yüzeyi arasındaki sürtünme

**ŞEKİL 22.2** Değişik malzeme sınıflarının gerçek yüzey pürüzlülük oranları (Kaynak : General Elektrik Co. Bilgi [14])





# Gerçek Yüzey Pürüzlülüğünün tahmini için

- Önce ideal yüzey pürüzlülüğü değerini hesaplayın
- Daha sonra uygun çalışma malzeme sınıfı için geçerli olan bir gerçek/ideal pürüzlülük oranı ile çarpın

# Titreşim ve Takım Tezgahı Faktörleri

- Takım tezgahı, takım ve Setupla İlgili:
  - Tezgah veya Kesici takımda tırlama, (titreşim)
  - Bağlama Elemanlarındaki deplasmanlar
  - İlerleme mekanizmasında dişli boşluğu(Backlash)
- Tırlama yok edilebilirse, yüzey pürüzlülüğü, geometrik ve iş malzemesi faktörleri tarafından belirlenir.

# Tırlamadan(titreşim)nasıl kaçınılır

- Setupa İlave Rijitlik ve / veya sönümlleme eklenebilir
- Takım tezgahı sisteminin doğal frekansına yakın frekanslardaki çevrimsel kuvvetleri önleyen hızlarda çalıştırılabilir.
- İlerlemeleri ve paso derinliklerini kuvvetleri azaltmak için düşürebilirsiniz.
- Kesici takımın tasarımını, kuvvetleri azaltacak şekilde değiştirilebilir.
- Kesme sıvısı kullanılabilir.

## 22.3 KESME KOŞULLARININ SEÇİMİ

### 22.3.1 İLERLEME VE KESME DERİNLİĞİNİN SEÇİMİ

---

Kaba veya son bitirme işlemi

---

Kaba işlemede ilerleme kısıtları

---

Son işlemdeki yüzey pürüzlülük gereksinimleri

---

# Kesme Koşullarının Seçimi

- Süreç planlamada görevlerden biri
  - Kararlar, her bir işlem için kesme takımı (ları), ve kesme koşulları ve tezgah hakkında alınmış olmalıdır
  - Bu kararlar, iş parçasının işlenebilirliği, parça geometrisi, yüzey kalitesi vb, göz önünde bulundurularak alınmalıdır
- Kesme koşulları: hız, ilerleme, kesme derinliği ve kesme sıvısı

# Kesme Derinliği(Pasonun) Seęimi

- Kesme derinliği genellikle iř paręasının geometri ve işlem sırası tarafından önceden belirlenmiştir
  - Kaba işlemede, paso, kesici takım, beygir gücü, tezgah ve Setup rijitliğindeki sınırlamalara bağlı olarak malzeme kaldırma hızını maksimize etmek için mümkün olduğu kadar büyük yapılır
  - Bitirmede, paso son paręa boyutlarını elde etmek üzere ayarlanır.

# İlerlemenin Belirlenmesi

- Genel olarak: Önce İlerleme, ikinci olarak kesme hızı belirlenir.
- İlerleme hızının belirlenmesi şunlara bağlıdır:
  - Tooling- Sert takım malzemeleri düşük ilerleme gerektirir Kaba işleme veya bitirme - Kaba, yüksek İlerleme anlamına gelir. Son bitirme düşük İlerleme, anlamına gelir
  - Kaba işlemede İlerleme Kısıtları - kesme kuvvetleri, Setup rijitliğiliği, ve bazen de beygir gücü tarafından dayatılan sınırlamalar
  - Bitirme Pasosunda Yüzey Bitirme Gereksinimleri – ilerleme istenilen yüzey kalitesini elde etmek üzere seçilir

# Kesme Hızının Optimizasyonu

- Kesme hızı, en yüksek malzeme kaldırma hızı ve uygun en uzun takım ömrü arasında bir denge sağlamak üzere seçilir,
- Optimum kesme hızını belirlemek için matematiksel formüller kullanılabilir.  
Bu formüllerin iki farklı amacı olabilir:
  - Maksimum üretim hızı
  - Minimum birim maliyet



# Maksimum Üretim Hızı

- Üretim hızını maksimize etmek için = birim parça başına kesme zamanını en aza indirmek gerekir.
- Tornalamada, bir parça için toplam işleme süresi şunlardan oluşur:
  1. Parça başına bağlama/sökme süresi =  $T_h$
  2. Parça başına işleme süresi =  $T_m$
  3. Parça başına Takım değiştirme süresi =  $T_t/n_p$ ,
  4.  $n_p$  = bir takım ömrü boyunca işlenmiş parça sayısı

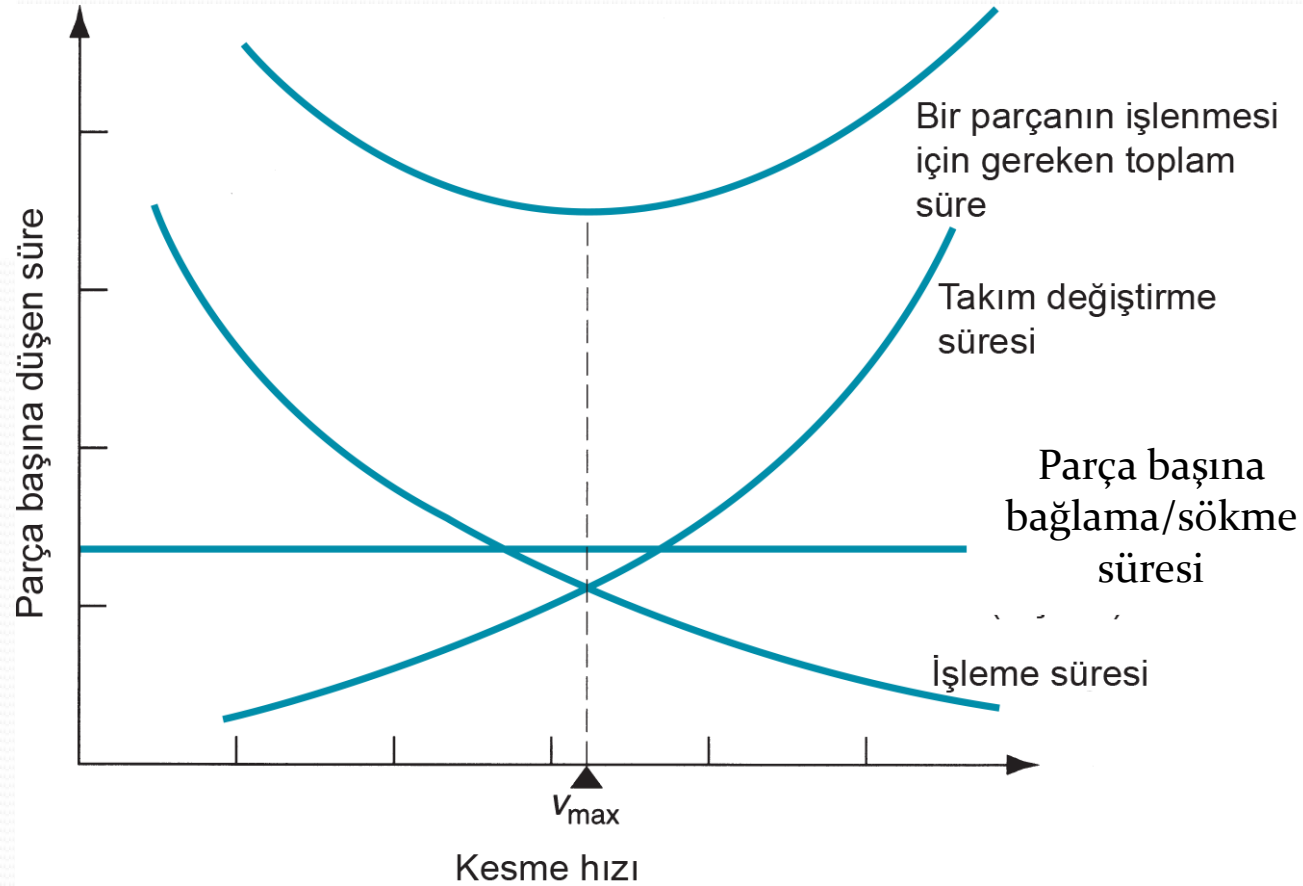
# Maksimum Üretim Hızı

Operasyon için birim ürün başına toplam süre:

$$T_c = T_h + T_m + T_t/n_p$$

Çevrim süresi  $T_c$  , kesme hızının bir fonksiyonudur

**ŞEKİL 22.3** Bir işleme döngüsünde süre elemanları kesme hızının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Parça başına toplam çevrim süresi belli bir kesme hızında en aza indirgenmektedir. Bu maksimum üretim hızını veren kesme hızıdır.



# Birim Maliyeti enaza indirme (Minimizing)

- Tornalamada, bir parça için toplam üretim döngüsü maliyeti şunlardan oluşur:
  1. Parça bağlama sökme süresi maliyeti =  $C_o T_h$ , burada  $C_o$  = operatör ve tezgah için birim maliyet oranı
  2. İşleme zamanı maliyeti =  $C_o T_m$
  3. Takım değiştirme süresi maliyeti =  $C_o T_t / n_p$
  4. Takım maliyeti =  $C_t / n_p$ , burada  $C_t$  = kesme kenarı başına takım maliyeti

# Birim Maliyeti enaza indirme

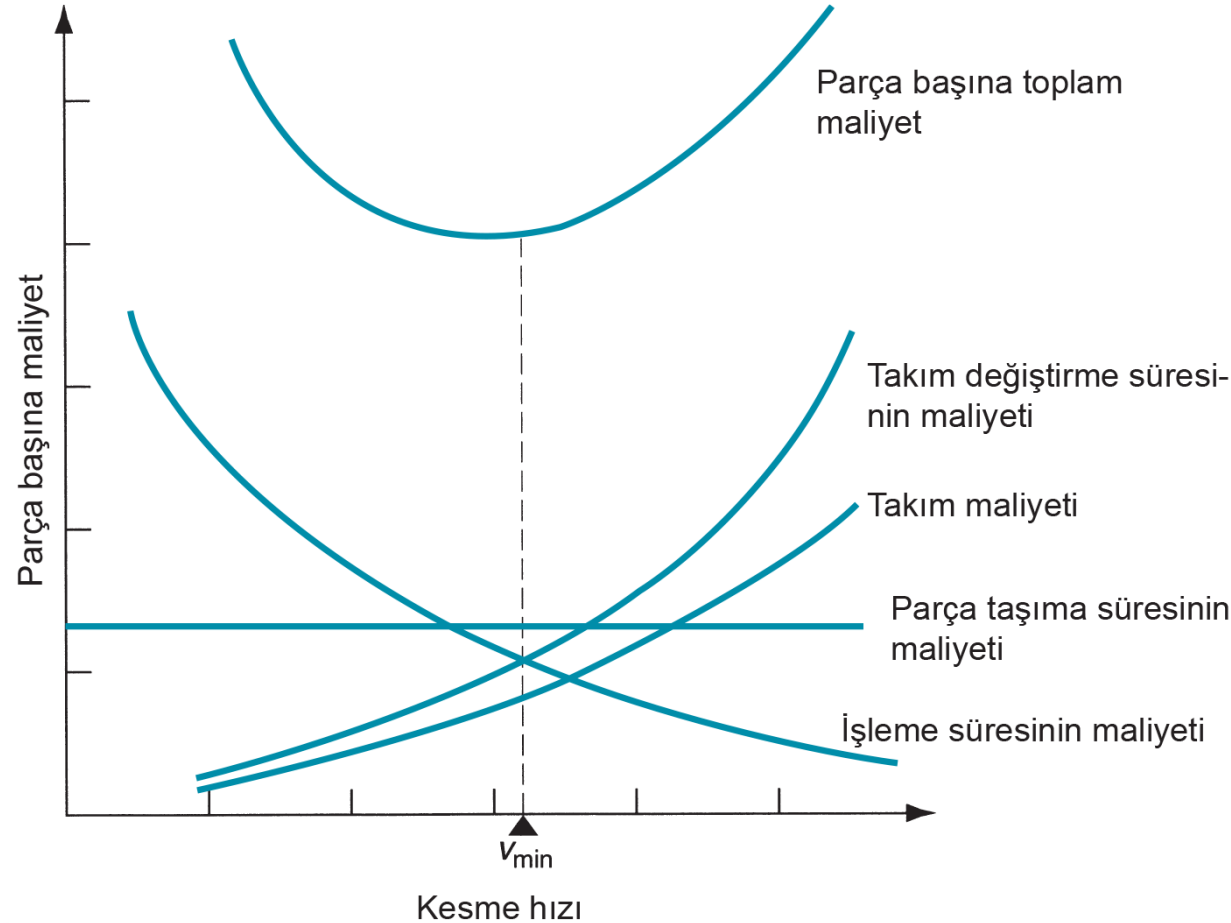
Operasyonun, birim ürün başına toplam maliyeti:

$$C_c = C_o T_h + C_o T_m + C_o T_t / n_p + C_t / n_p$$

Yine  $T_c$  'nin  $v$ 'nin bir fonksiyonu olduğu gibi, birim maliyette kesme hızının bir fonksiyonudur

# Birim (Parça) Başına Maliyeti Minimize Etme

**ŞEKİL 22.4** İşleme operasyonunun maliyet bileşenleri kesme hızının bir fonksiyonu olarak çizilmiştir. Birim başına toplam maliyet, belli bir kesme hızında en aza indirgenmiştir. Bu hız parça başına maliyetin en düşük olduğu hızdır.



# Ekonomik Talaşlı İşlemeye yapılan yorumlar - I

- Taylor takım ömrü denklemindeki  $C$  ve  $n$  arttıkça, optimum kesme hızı düşürülmelidir
  - HSS için öngörülen hızlardan önemli ölçüde yüksek hızlarda sinterlenmiş karbürler ve seramik takımlar kullanılmalıdır
- $v_{\max}$  her zaman  $v_{\min}$  'den daha büyüktür
  - Nedeni: birim maliyet denklemindeki  $C_t/n_p$  terimi  $C_c - v$  eğrisinde optimum hızı sola iter.

# Ekonomik Talaşlı İşlemeye yapılan yorumlar - II

- Takım değiştirme zamanı  $T_t$  ve / veya takım maliyeti  $C_t$  artacak olursa, kesme hızı azaltılmalıdır.
  - Takım maliyeti veya takım değiştirme zamanı yüksek ise takımların sık sık değiştirilmemesi gerekir.
  - Takım değiştirme süresi daha düşük olduğu için Kullan-At plaket (insert) takımlar bilenebilen takımlardan daha avantajlıdır



# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - I

- Parçaları ikincil olarak hiçbir talaşlı işleme gerek kalmayacak şekilde tasarlayın-net şekil-
  - Hassas döküm, kapalı kalıpta dövme, plastik enjeksiyon gibi net şekil imalat yöntemleri kullanın, ya da
- Mümkün değilse, ikincil olarak uygulanması gerekli talaşlı işleme miktarını en aza indirmek için
  - Bazı (kapalı kalıpta Dövme işlemi gibi) net şekle yakın imalat yöntemleri kullanın

# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - II

- Talaşlı işleme neden gerekli olabilir :
  - Daha dar toleranslar
  - Daha iyi yüzey kalitesi
  - Özel geometrik yüzeyleri olan parçalar; dişliler, hassas delikler, yüksek dereceli yuvarlaklık ile işlenecek silindirik bölümler gibi

# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - III

- Fonksiyonel gereksinimleri karşılamak için toleranslar belirtilirken işleme yetenekleri de dikkate alınmalıdır
  - Çok sıkı toleranslar ilave maliyet ekleyebilir ancak parçaya değerini artırmayabilir.
  - Toleranslar daha sıkı hale geldikçe, genellikle ek işleme, fikstür, muayene, istifleme, yeniden işleme ve hurdaya bağlı olarak maliyette artış beklenmelidir.

# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - IV

- Yüzey bitirme kalitesi, işlevsel ve / veya estetik gereksinimleri karşılayacak şekilde belirtilmelidir
  - Ancak, daha iyi yüzey bitirme, taşlama veya lepleme gibi ek işlemler gerektirerek işleme maliyeti artırır

# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - V

- Talaşlı olarak işlenmiş, keskin köşeler, kenarlar ve noktalar gibi özelliklerden kaçınılmalıdır
  - Bunları işlemek zor
  - Keskin iç köşelerin işlenme sırasında kolay kırılmaya eğilimli olan sivri kesici aletler gerektirir.
  - Keskin köşeler ve kenarları işlenirken çapak oluşturma eğilimindedir ve çalışmak için tehlikeli olabilir.

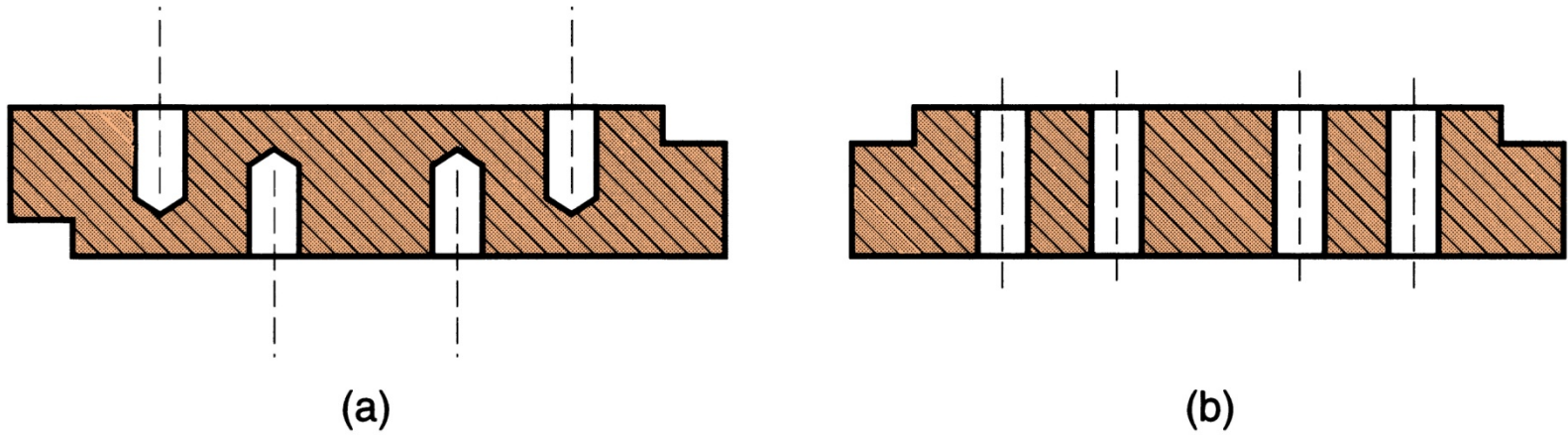
# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - VI

- Talaşlı işlenmiş parçalar standart stok boyutlarından elde edilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır,
  - Örnek: dış çapları standart kütük stok çapına eşit olan dönel parçalar

# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - VII

- İyi işlenebilirliğe sahip malzemeleri seçin
  - Kabaca, izin verilen kesme hızı ve üretim hızı bir malzemenin işlenebilirlik derecesi ile ilişkilidir,
  - Böylece, düşük işlenebilirliği olan malzemelerden yapılmış parçalar üretmek, daha yüksek maliyetli daha uzun süre alır

- Özellikleri en az sayıda setup gerektirecek şekilde üretilebilecek parçalar tasarlayın  
Örnek: parçanın bir tarafından ulaşılabilir geometrik özelliklere sahip parça tasarlayın



Şekil 24.6 - benzer delik özellikleri olan iki parça:

- (a) iki ayrı setup gerektiren iki taraftan işlenmesi gereken delikleri olan parça  
(b) bir taraftan işlenebilir delikleri olan parça



# Talaşlı İşlemede Ürün Tasarım İlkeleri - VIII

Talaşlı İşlenecek parçalar standart kesme aletleri ile elde edilebilir özellikleri olacak şekilde dizayn edilmelidir

- Alışılmadık delik boyutları, dişliler ve özel bir form verme takımları gerektiren özelliklerden kaçının
- Parçaları işlemek için gerekli ayrık kesme takım sayısını en aza indirecek şekilde tasarım yapınız.