

Okan Üniversitesi MYO

MUTK215

HAVACILIKTA İMALAT İŞLEMLERİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 5

Havacılıkta İmalat İşlemleri

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

Talaş Kaldırma Yöntemleri

- Talaşlı Şekil Verme -

[Material Removing Processes / Machining]

- Çıkarmalı / Eksiltmeli İmalat -

[Subtractive Manufacturing]

İmal Usulleri

Döküm / Katılaştırma	Talaşlı Şekil Verme	Plastik Şekil Verme	Birleştirme
Demir Esaslı	Torna	Serbest Dövme ve Basma	Kaynak Tekniği
Demir Esaslı Olmayan	Freze	Kalıpta Dövme ve Basma	* TIG, MIG, Laser
	Matkap	Ekstrüzyon	* Elektrik ark
Kum Kalıba	Taşlama (Aşındırma)	Haddeleme	* Gaz altı, toz altı
Sürekli Kalıba	Vargel / Planya	Tel Çekme	* Oksi-asetilen
Basınçlı	Rayba	Ovalama (vida dişi açma)	* Sürtünme, ultrasonik
Santrifüj	Broş	Bükme, kıvrırma	Puntalama
Plastik Enjeksiyon	Lazer / Su Jeti ile kesme	Presleme	Lehimleme
Silikon Kalıplama	Testere ile kesme		Perçinleme
	Isıl ve Kimyasal Yöntemler		Yapıştırma
	Azdırma, Vida Açma		

Talaş Kaldırma Yöntemleri [Material Removing / Machining]

- Tornalama
- Frezeleme
- Matkap
- Planya
- Vargel
- Raybalama
- Broşlama
- Borlama
- Testere ile kesme
- Lazer ile kesme
- Su Jeti ile kesme
- Plazma ile kesme
- Ultrasonik İşleme
- Elektrokimyasal İşleme
- Elektro Erozyon (EDM)
- Taşlama
- Eğeleme
- Zımparalama
- Bileme
- Honlama
- Lepleme
- Kılavuz çekme
- Pafta çekme
- Diş Açma
- Dişli Azdırma
- Dişli Açma

Talaş Kaldırma Yöntemleri / Ders İçeriği

- Talaş Kaldırmanın Teorisi
- Talaş Kaldırma Yöntemleri
 - En önemli talaş kaldırma yöntemleri
 - Tornalama
 - Frezeleme
 - Delme
 - Diğer talaş kaldırma yöntemleri
 - Panyalama, vargelleme
 - Broşlama
 - Testereleme
 - Taşlama
- Tezgâhlar, İşleme Merkezleri (CNC)
- Kesici Takımlar
- Parça / Ürün Tasarım İlkeleri
- İleri işleme metotları: Ultrasonik, Su jeti / lazer ışını [laser], elektrokimyasal ve ısıl (elektroerozyon) yöntemler
- CNC Tezgâhların Programlanması
 - G ve M kodlar

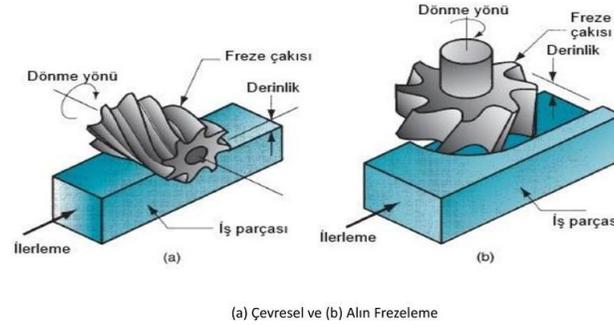
Önemli Başlıklar

- Talaş kaldırmada kesme koşulları
- Parça geometrisi talaş kaldırma yöntemi ilişkisi
- Kesici takımların sınıflandırılması
- Tornalama
- Frezeleme
- Matkaplama
- Raybalama, Borlama, Vargelleme, Planyalama, Broşlama

Talaş Kaldırma Yöntemleri / **Malzeme Uzaklaştırma Yöntemleri**

- Ortak noktası, başlangıç parçasından malzeme uzaklaştırarak, kalan parçanın istenen geometriye sahip olması olan, bir şekillendirme yöntemleri ailesi
 - **Talaş kaldırma** – sivri bir kesici takımla malzeme uzaklaştırma, örn. tornalama, frezeleme, delme
 - **Aşındırma yöntemleri** – sert aşındırıcı parçacıklarla malzeme uzaklaştırma, örn. taşlama
 - **Geleneksel olmayan yöntemler** – malzeme uzaklaştırmak için sivri kesici takımın dışındaki değişik enerji formları, örn. EDM, ECM, Laser, Plasma

Malzeme Kaldırma İşlem Sınıflandırması



Malzeme Kaldırma İşlemleri

Geleneksel Talaşlı İmalat

Tornalama ve ilgili Operasyonlar

Delik Delme ve İl. Op.

Frezeleme

Diğer İşleme Op.

Aşındırma İşlemleri

Taşlama Op.

Diğer Aşındırma Op.

Alışılmamış Talaşlı İmalat

Mekanik Enerji İşl.

Elektrokimyasal İşl.

Isıl Enerji İşl.

Kimyasal İşl.

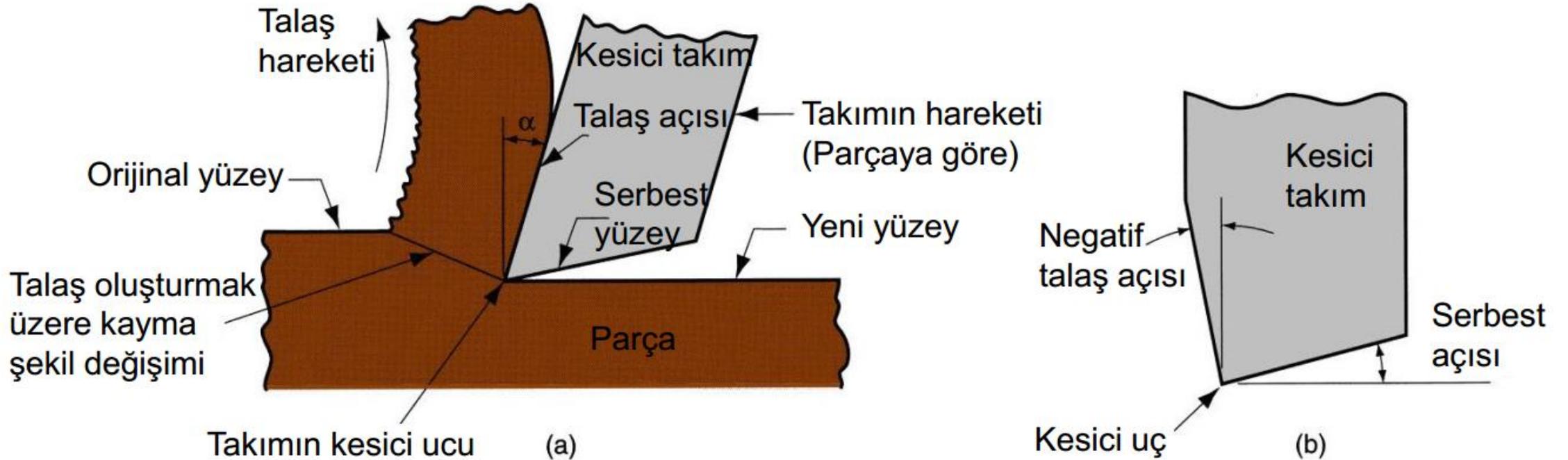
Talaş Kaldırma

- Talaşlı imalat tek bir işlem değil bir grup işlemlerden oluşur.
- Ortak özelliği kesici takım [*tool*] ile iş parçasından [*workpiece*] **talaş** [*chip*] kaldırılmasıdır.
- Operasyonun uygulanması için **takım** ile iş parçası arasında bağlı harekete ihtiyaç duyulur.



Talaş Kaldırma

- Kesme işlemi, bir talaş oluşturmak üzere parça malzemesinin kesme deformasyonunu içerir. Talaş uzaklaştığında, yeni yüzey ortaya çıkar.



Talaşlı İşleme Tezgâhları

Talaş kaldırma işlemi gerçekleştiren (taşlama dahil), motor tahrikli bir makinadır. **Takım ile iş parçası arasındaki bağıl hareketleri** gerçekleştirir.

- Talaş kaldırmadaki işlevleri:
 - *Parçayı tutar*
 - *Takımın parçaya göre konumunu ayarlar*
 - *Ayarlanan ilerleme, kesme ve derinliğe göre güç sağlar*
- Bu terim -tezgâh-, metal şekillendirme işlemlerini yapan makinalar için de kullanılmaktadır.

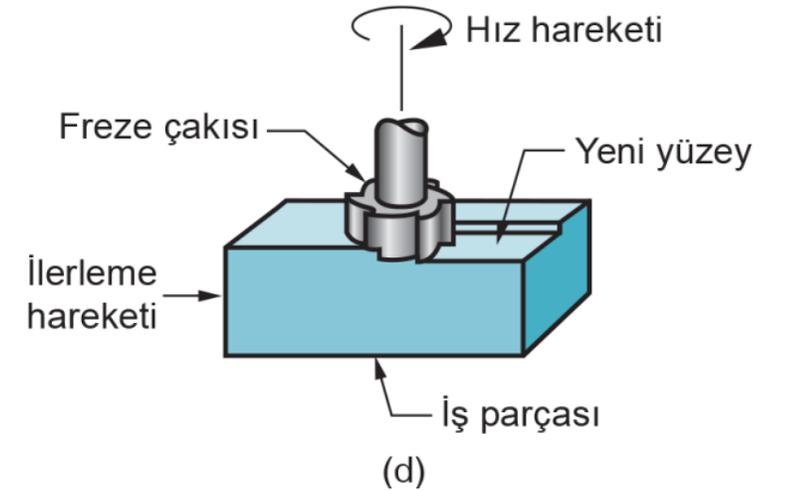
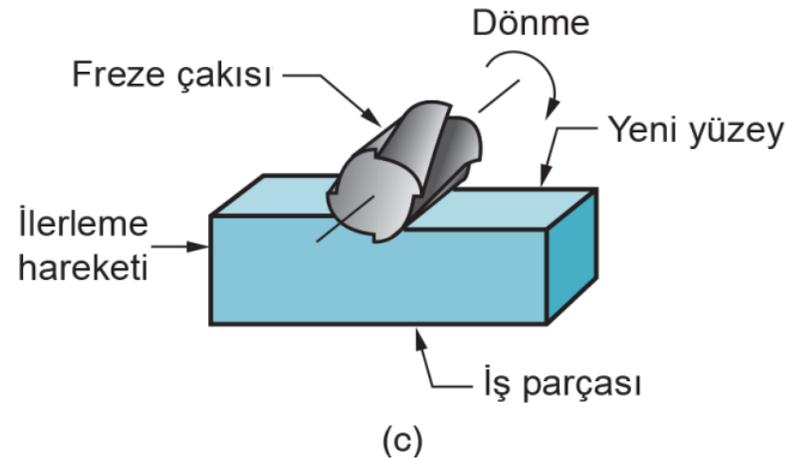
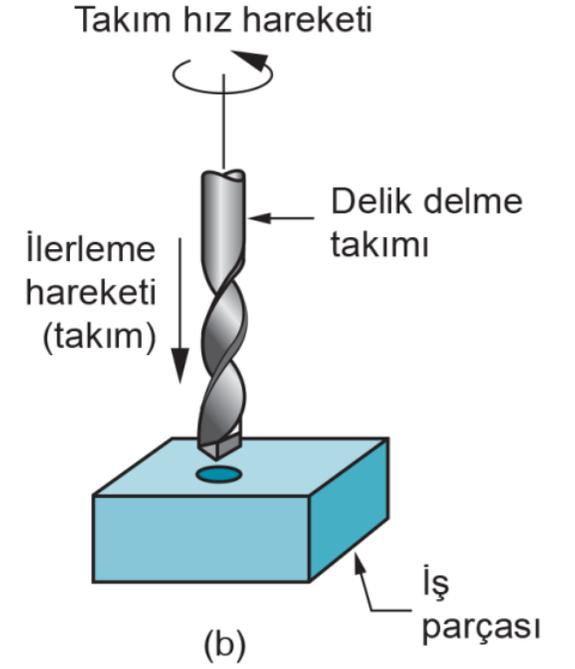
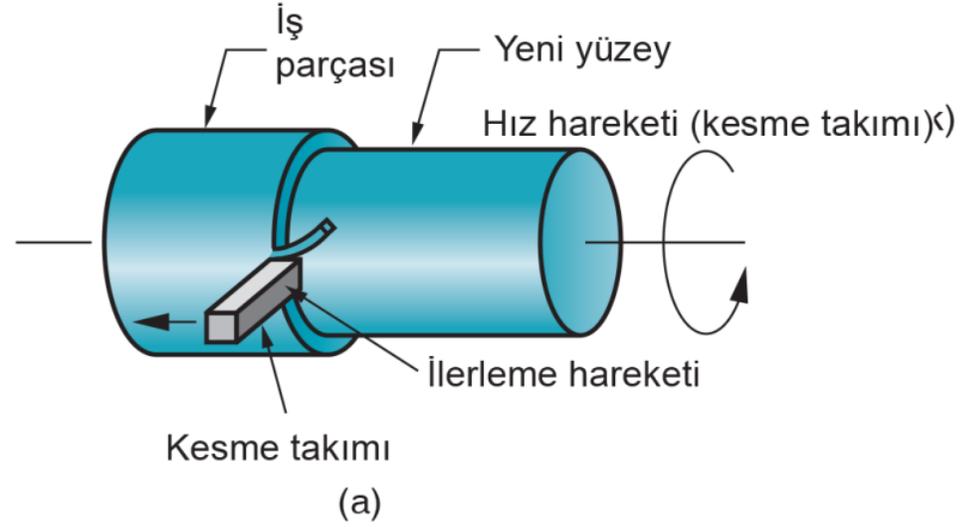
Talaş Kaldırma Yöntemleri

- En önemli talaş kaldırma yöntemleri:
 - *Tornalama*
 - *Delme*
 - *Frezeleme*
 - *Taşlama (aşındırma)*
- Diğer talaş kaldırma yöntemleri:
 - Vargelleme ve planyalama
 - Broşlama
 - Testereyle kesme
- İleri işleme yöntemleri

Talaş Kaldırma Yöntemleri

En yaygın yöntemler:

- Tornalama (a)
- Delme (b)
- Frezeleme (c, d)



Talaşlı İmalatın Önemi

- İşlenebilen parça malzemesinin çeşitliliği
 - Çoğunlukla metalleri kesmek için kullanılır
- Parça şekillerinin ve özel geometrik formların çeşitliliği; Örneğin:
 - Vida dişleri
 - Hassas yuvarlak delikler
 - Çok düz kenar ve yüzeyler
- Yüksek boyutsal doğruluk ve yüzey kalitesi

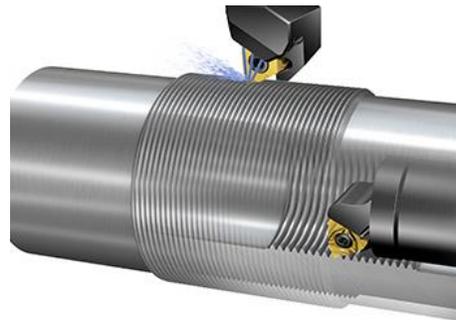
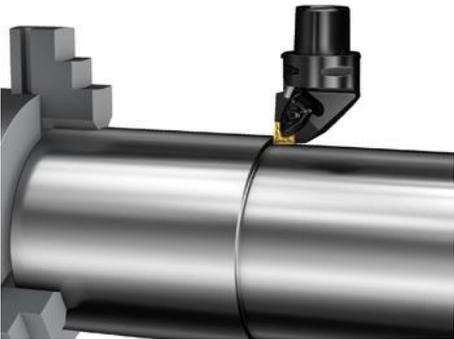


Talaşlı İmalatın Zayıflıkları

- Malzeme sarfiyatı
 - Talaşlı imalatta üretilen talaşlar, en azından tek bir operasyonda atık malzemedir
- Zaman alıcı
 - Bir talaş kaldırma işlemi, belirli bir parça için, döküm, toz metalürjisi (sinterleme) veya PŞV gibi alternatif yöntemlere göre daha fazla zaman alır

Talaş Kaldırmanın İmalat İşlemleri Sıralamasındaki Yeri

- Genellikle, döküm, dövme, haddeleme, ekstrüzyon, çubuk çekme vb. imalat yöntemlerinden sonra gerçekleştirilir.
 - Diğer yöntemler, başlangıç parçasının genel şeklini oluşturur.
 - Talaş kaldırma, diğer yöntemlerle oluşturulamayan son şekli, boyutları, yüzey kalitesini ve özel geometrik detayları oluşturabilir.



MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

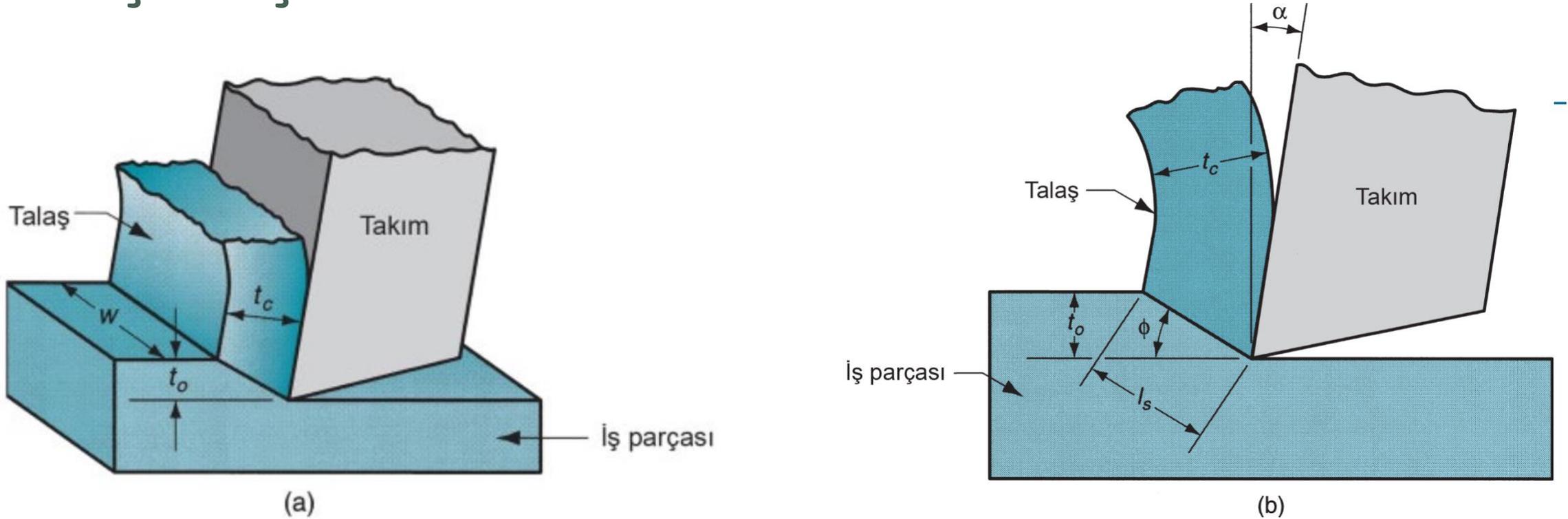
Talaşlı Şekil Verme

TALAŞ TIPLERİ VE OLUŞUMU

Talaşlı Şekil Verme

- Talaş Oluşumu -
- Talaş Tipleri -

Talaş Oluşumu



Ortogonal kesme modeli

(a) üç boyutlu görünüş, (b) iki boyuta indirgenmiş hali, yan görünüş

Talaş Oluşumu

- Kesmeden sonraki talaş kalınlığı daima kesmeden önceki kalınlığından daha küçüktür, yani talaş kalınlık oranı daima birden azdır.

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

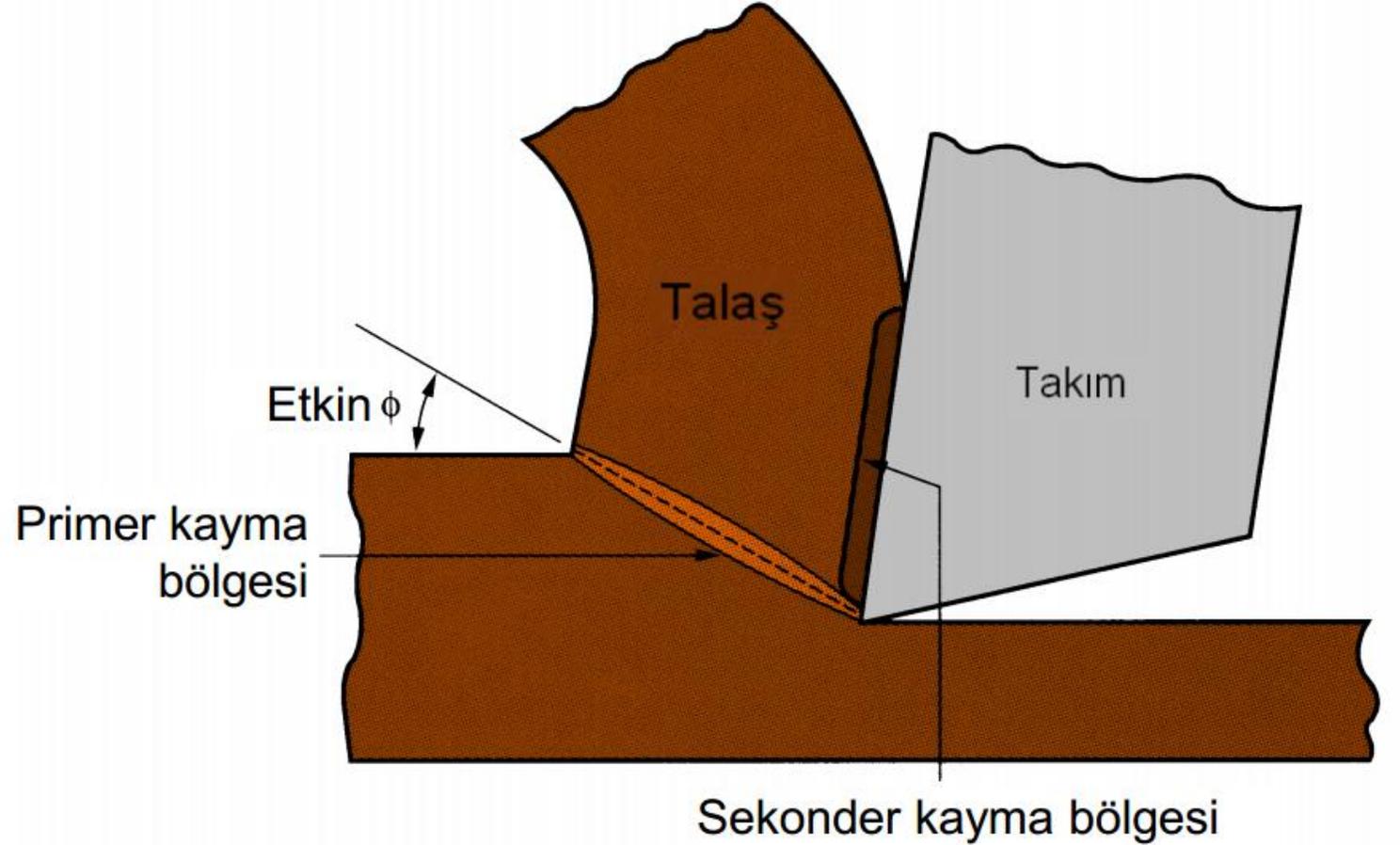
burada r = talaş kalınlık oranı;

t_o = talaşın kesme öncesi kalınlığı; ve

t_c = talaşın, kesme ağzında ayrıldıktan sonraki kalınlığı

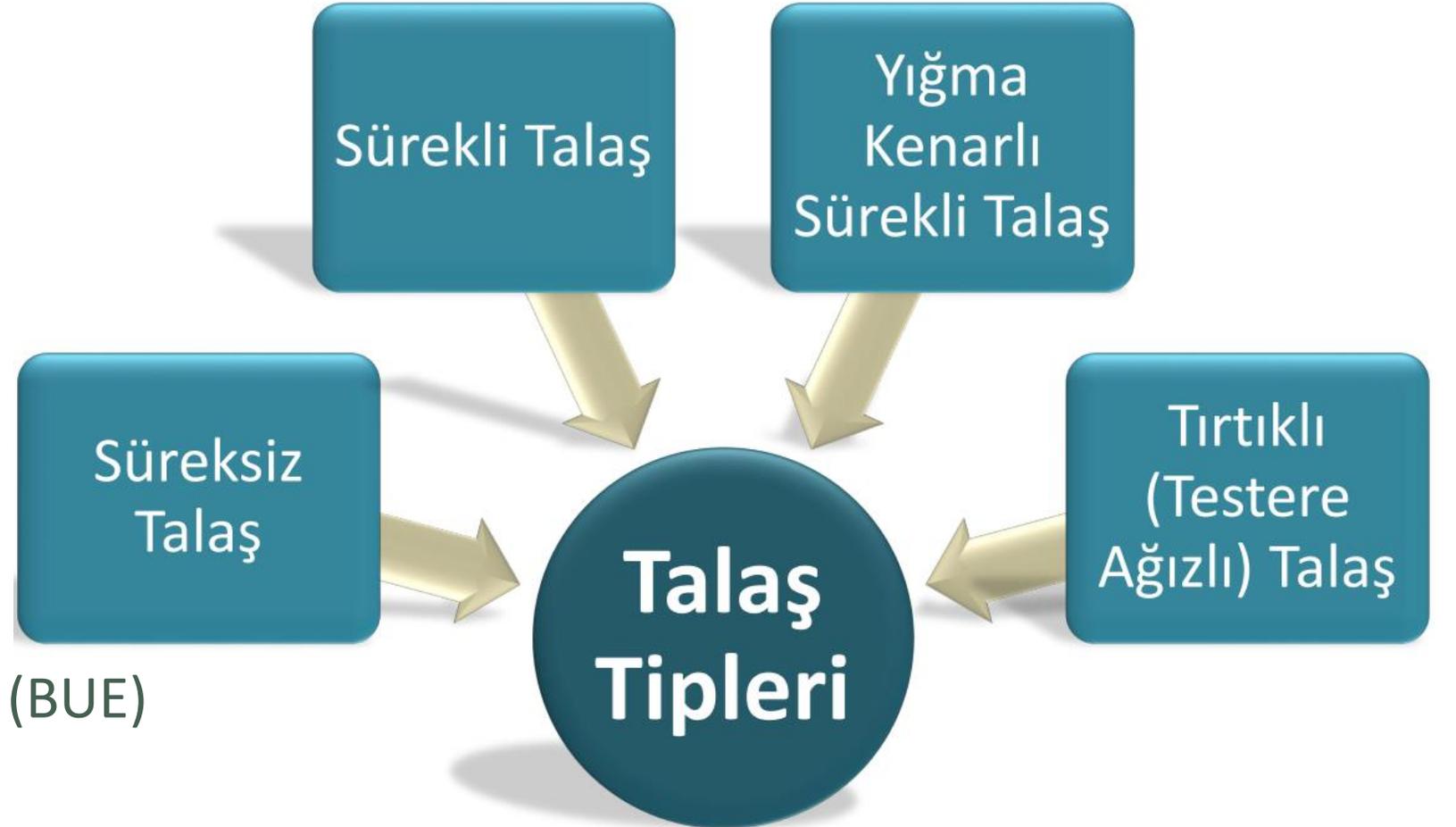
Talaş Oluşumu

- Talaş oluşumunun gerçeğe daha uygun görünüşü. Kayma düzlemi yerine kayma bölgesi gösterilmiştir. Ayrıca takım-talaş sürtünmesinden doğan sekonder kayma bölgesi de gösterilmiştir.



Talaş Tipleri

- Süreksiz (kesintili)
- Sürekli (akma)
- Yığma Kenarlı Sürekli (BUE)
- Tırtıklı (yarı kesintili)

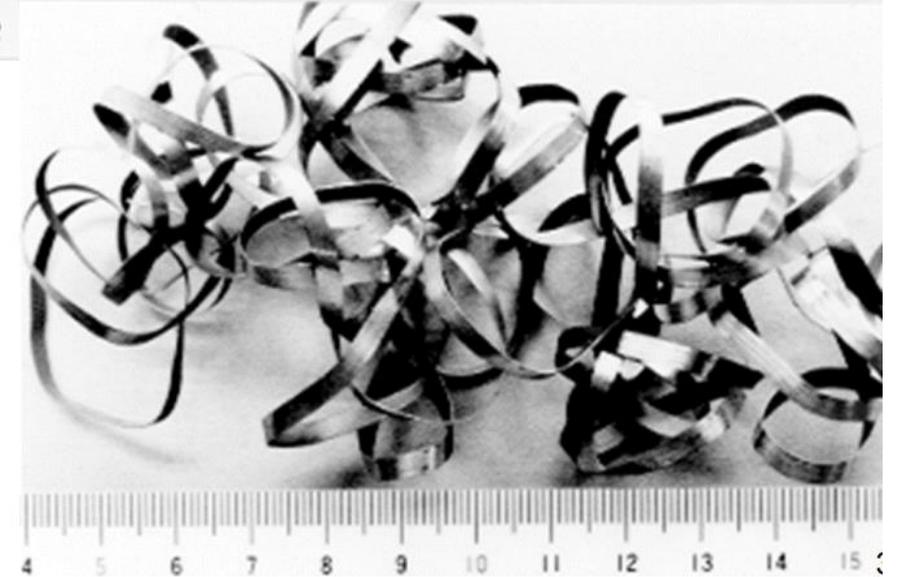


Talaş Tipleri



Sürekli Talaş

Kesintili Talaş

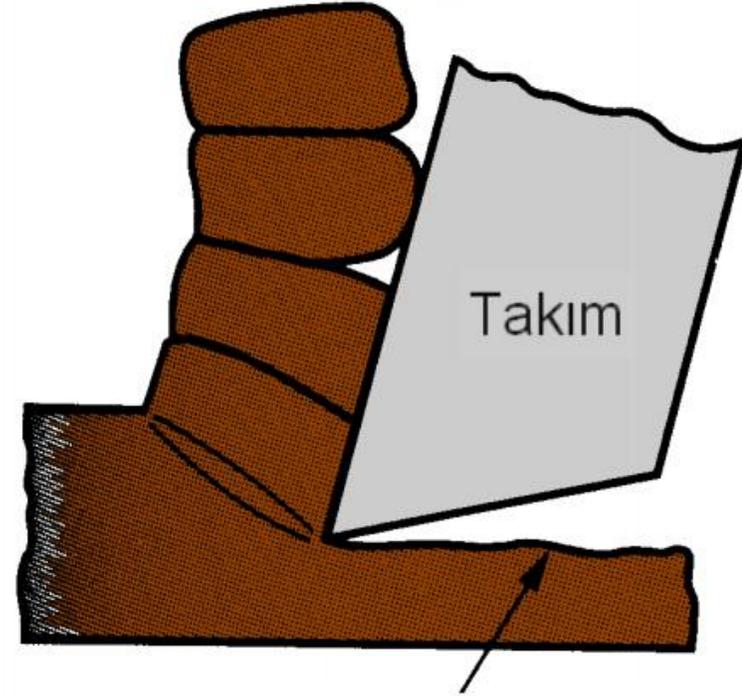


- Süreksiz (kesintili)
- Sürekli (akma)
- Yığılma Kenarlı Sürekli (BUE)
- Tırtıklı (yarı kesintili)

Talaş Tipleri / Kesintili (Süreksiz) Talaş

- Gevrek malzemelerde
- Düşük kesme hızları
- Büyük ilerleme ve kesme derinliği
- Yüksek takım-talaş sürtünmesi

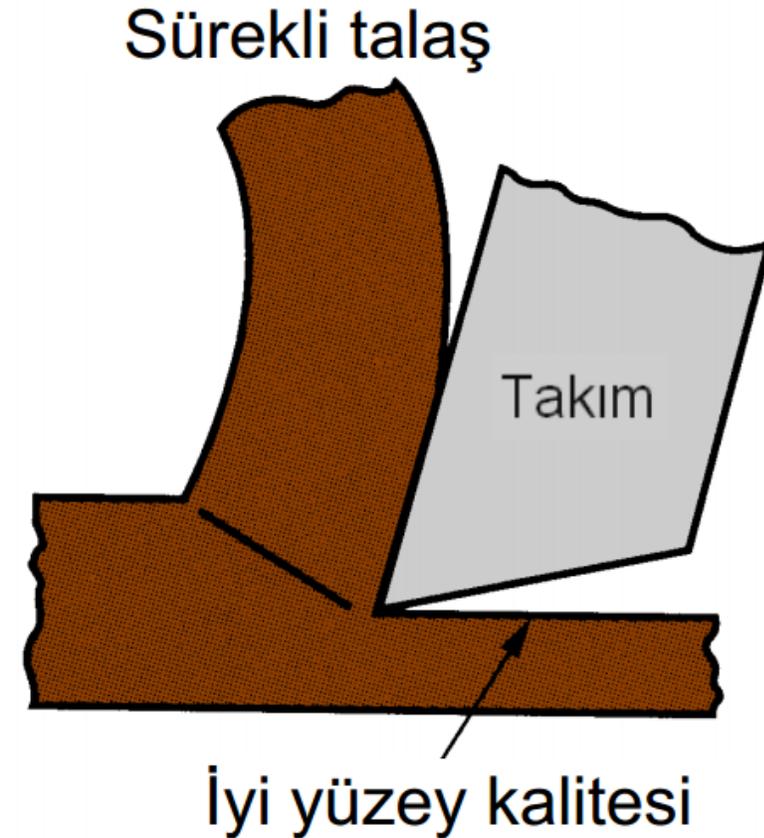
Kesintili talaş



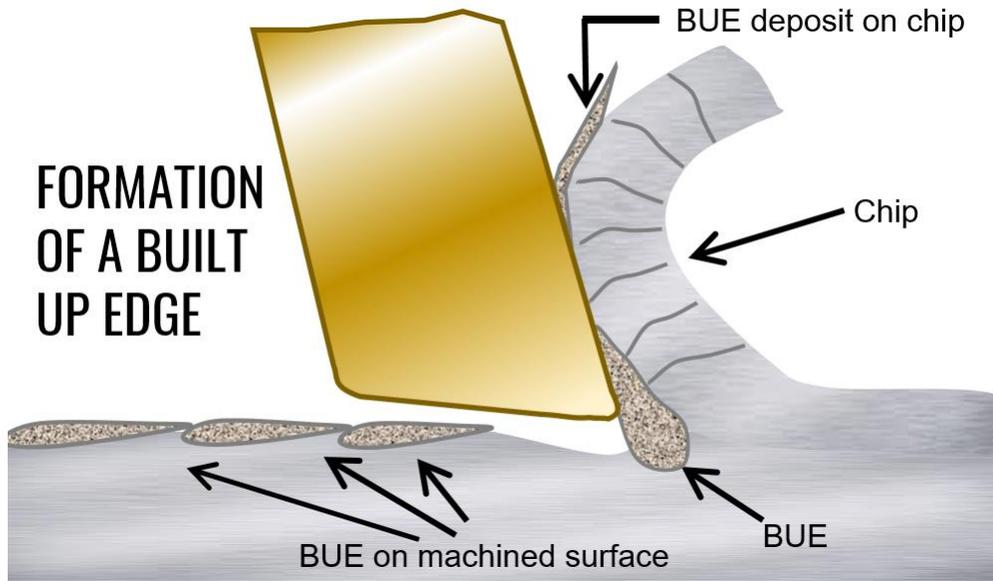
Talaşın kırılmasıyla yüzeyin bozulması

Talaş Tipleri / Sürekli (Akma) Talaş

- Sünek malzemelerde
- Yüksek kesme hızları
- Küçük ilerleme ve derinlikler(paso)
- Sivri kesici kenar
- Düşük takım-talaş sürtünmesi

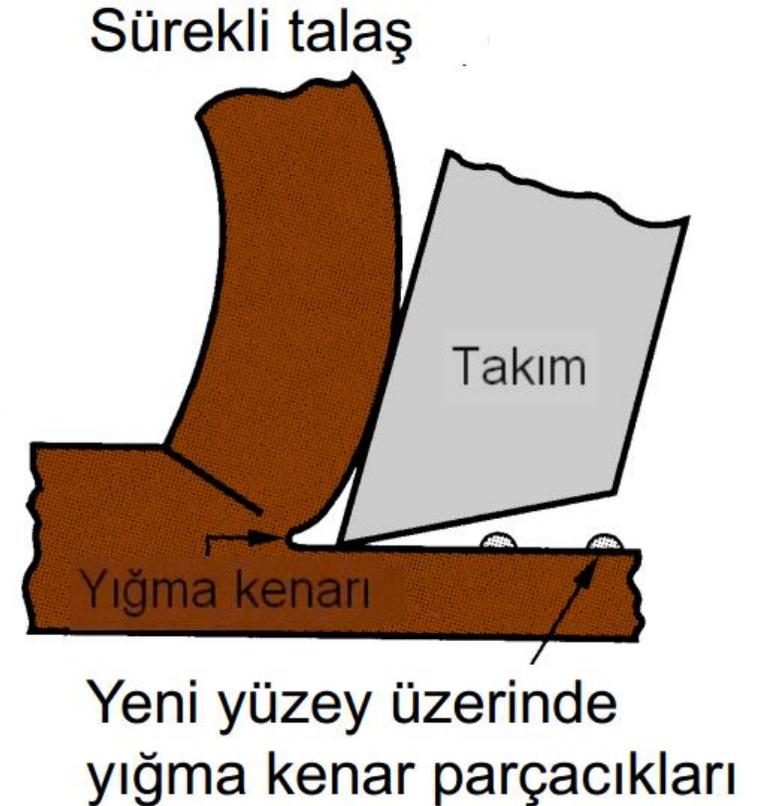


Talaş Tipleri / Yığıma Kenarlı (BUE*) Sürekli Talaş



*BUE: Built-up Edge

- Sünek malzemeler
- Düşük-orta kesme hızları
- Takım-talaş sürtünmesi, takım yüzeyine yapışan talaş parçacıklarına neden olur
- Yığıma kenarı oluşur ve belirli aralıklarda kopar



Talaş Tipleri / Yarı Kesintili (Tırtıklı, testere dişi)

- Yarı sürekli – testere dişi görünümlü
- Yüksek kayma şekil değişimi ve düşük kayma şekil değişiminin ardışık olduğu çevrimsel talaş şekli



- Daha çok, talaş kaldırması zor metallerin yüksek hızlarda kesilmesi sırasında oluşur

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Talaşlı Şekil Verme

Kesme Koşulları

Kuvvetler

Sıcaklık

Parça Geometrisi

Talaş Kaldırmada Kesme Koşulları

$$R_{MR} = v \cdot f \cdot d$$

- v = kesme hızı
- f = ilerleme
- d = kesme derinliği

- Talaş kaldırma işleminin üç boyutu:
 - Kesme hızı v – birincil hareket
 - İlerleme f – ikincil hareket
 - Kesme derinliği d – takımın orijinal parça yüzeyinden aşağıya nüfuziyeti
- Bazı talaşlı imalat işlemlerinde malzeme kaldırma hızı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

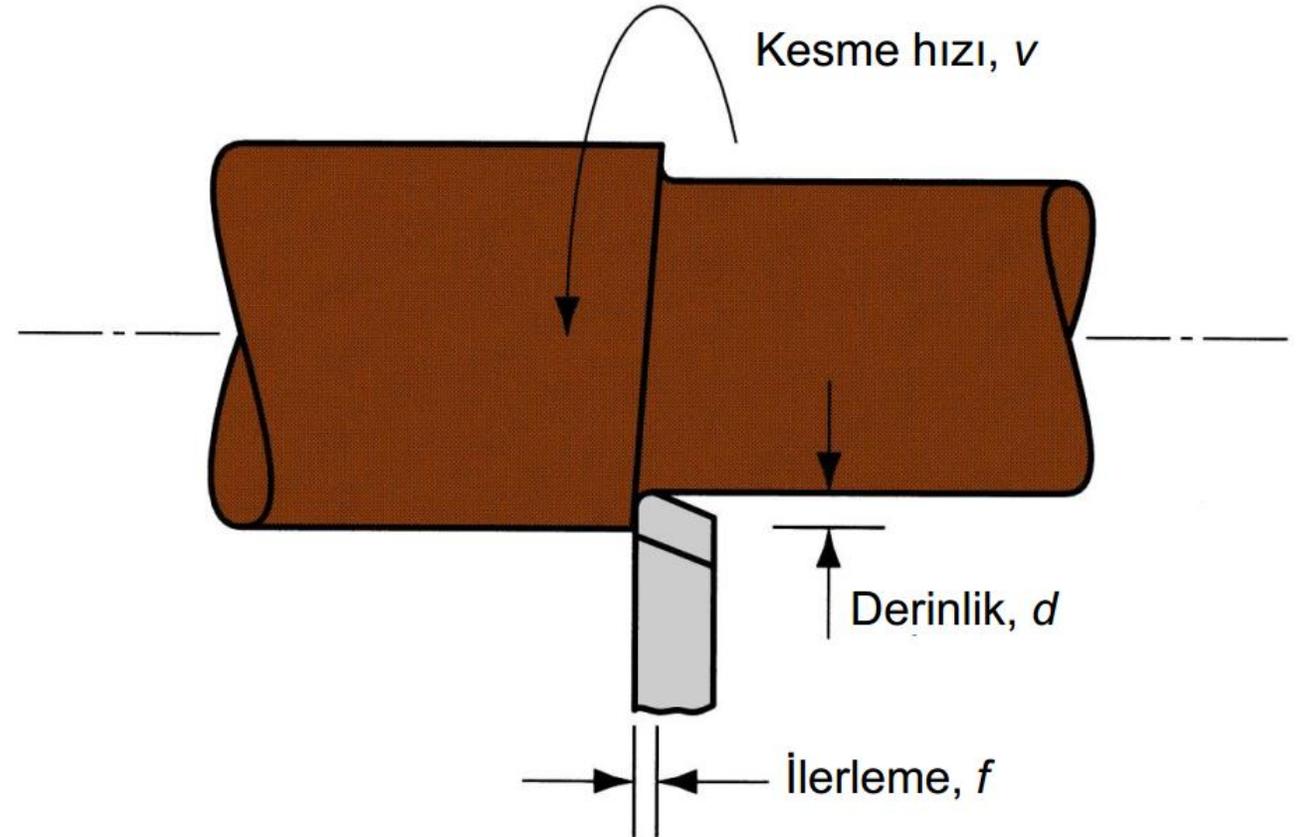
$$R_{MR} = v \cdot f \cdot d$$

burada v = kesme hızı; f = ilerleme;
 d = kesme derinliği

Talaş Kaldırma

Tornalamada Kesme Koşulları

- Tornalamada kesme hızı (v), derinlik (d) ve ilerleme (f)



Talaş Kaldırma

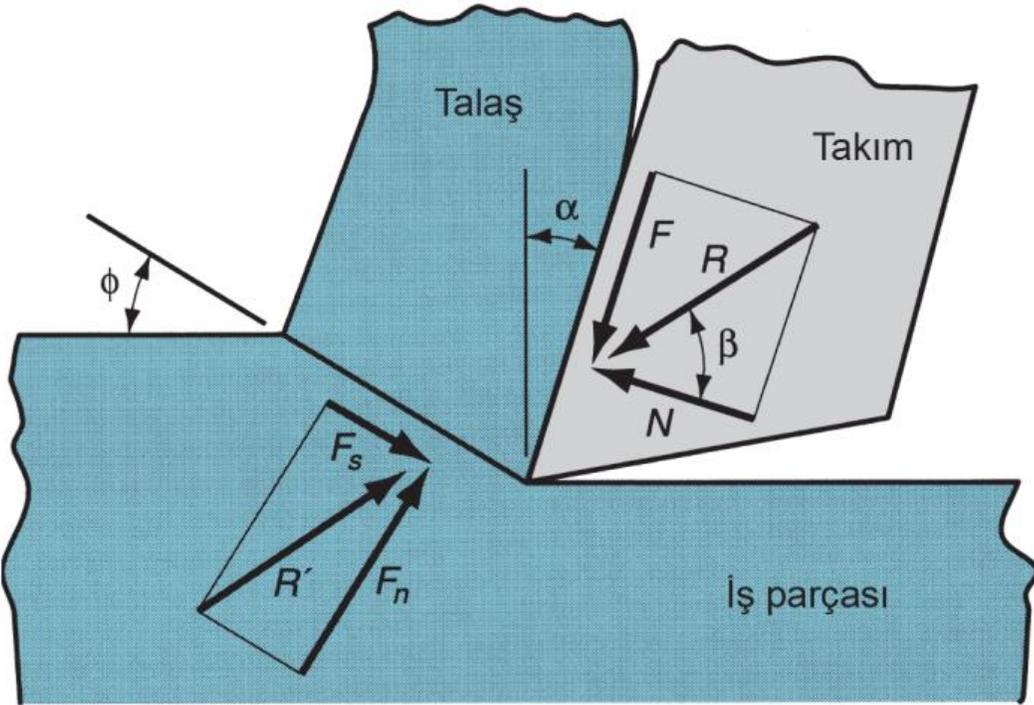
Kaba İşleme ve Bitirme İşlemesi

İmalatta, parçada genellikle birkaç **kaba paso** ve ardından bir veya iki **bitirme pasosu** uygulanır

- ***Kaba paso*** – başlangıç parçasından büyük miktarda malzeme uzaklaştırır
 - Şekli istenen geometriye yaklaştırır, ancak bitirme pasoları için biraz malzeme bırakır
 - Yüksek ilerleme ve derinlikler, düşük kesme hızları
- ***Bitirme pasosu*** – parça geometrisini tamamlar (bitirme işlemleri, taşlama)
 - Son boyutlar, toleranslar ve bitirme
 - Düşük ilerleme ve derinlikler, yüksek kesme hızları

Talaş Kaldırma

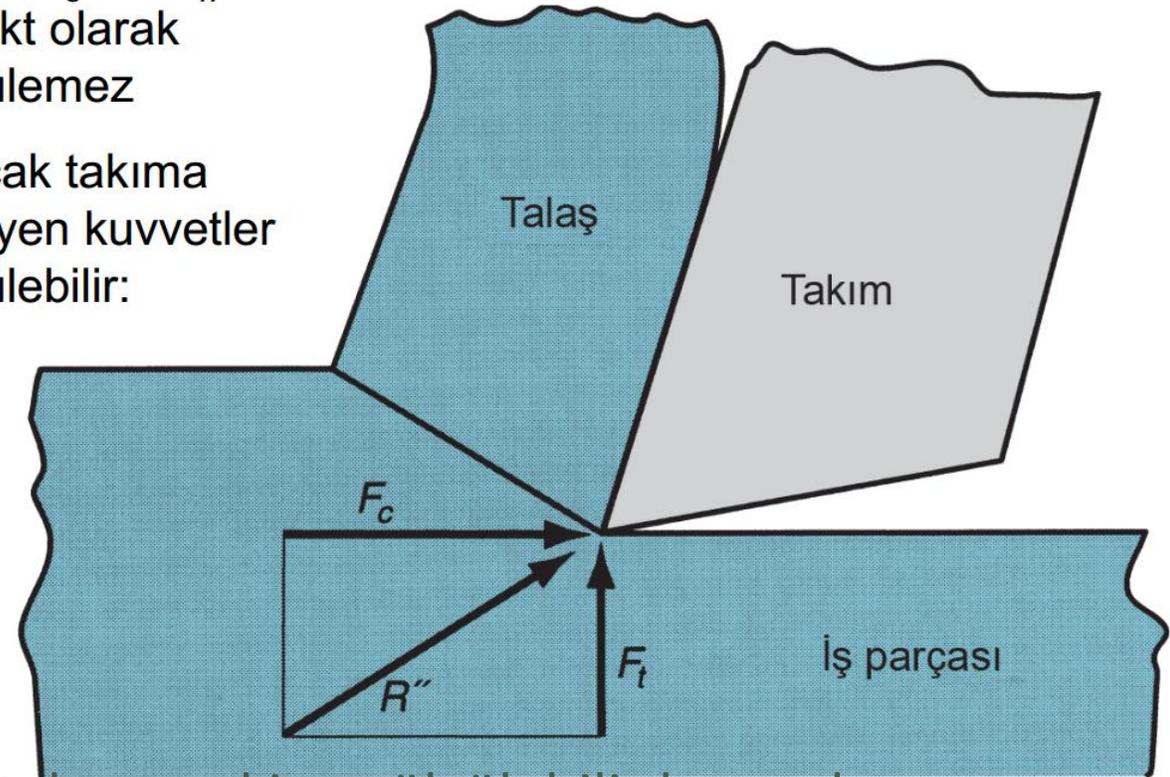
Metal Kesmede Kuvvetler



(a) Talaşa etkiyen kuvvetler ve

F , N , F_s , ve F_n
direkt olarak
ölçülemez

Ancak takıma
etkiyen kuvvetler
ölçülebilir:



(b) takıma etkiyen ölçülebilir kuvvetler

- Talaş üzerine etkiyen kuvvetlerin dengede olması gerekir: $R' = R$ ve zıt yönlü olmalı

Talaş Kaldırma

Metal Kesmede Kuvvetler

- F : Sürtünme kuvveti, F_s : Kayma kuvveti ve N : sürtünme oluşturan normal kuvvet
- Kayma kuvveti F_s ve kayma oluşturan normal kuvvet F_n
- F ve N 'nin vektörel toplamı = bileşke R
- F_s ve F_n 'in vektörel toplamı = bileşke R'
- Talaş üzerine etkiyen kuvvetlerin dengede olması gerekir:
 - R' 'nün R 'nin büyüklüğüne eşit olması gerekir
 - R' 'nün R 'nin yönüne zıt olması gerekir
 - R' 'nün R ile kolinear olması gerekir
- F , N , F_s , ve F_n direkt olarak ölçülemez. Ancak takıma etkiyen kuvvetler ölçülebilir:
 - Kesme kuvveti F_c ve itme kuvveti F_t

Talaş Kaldırmada Sıcaklığın Önemi

Kesme Sıcaklığı: Yaklaşık kullanılan **enerjinin % 98'i ısı enerjisine dönüşür**

- Bu durum, takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklıkların çok artmasına yol açar
- Kalan enerji (yaklaşık 2%) talaşın elastik-plastik deformasyonuna harcanır

Sıcaklık: Talaş-Takım ara yüzeyinde yüksek sıcaklık oluşumu;

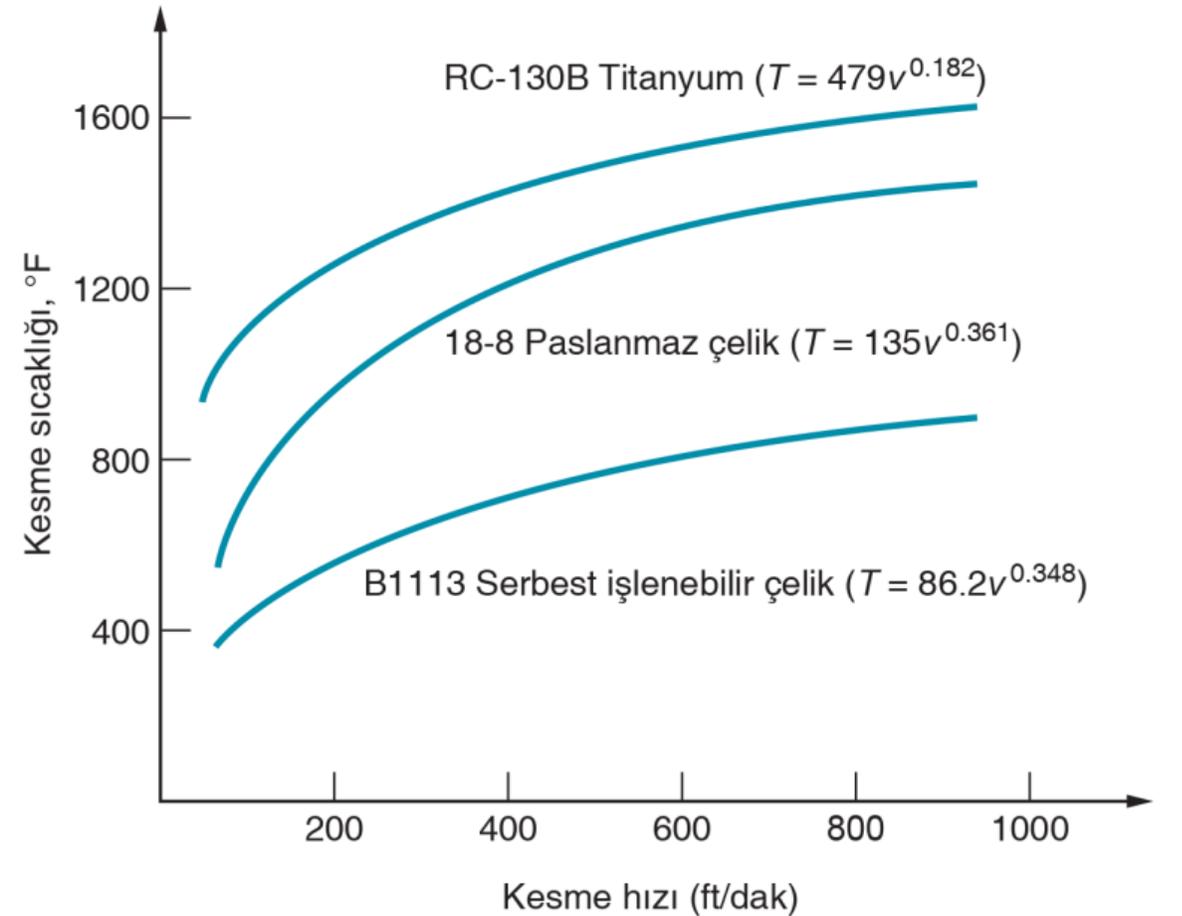
- Takım ömrünü azaltır
- Oluşan sıcak talaş, operatör emniyeti açısından sakınca oluşturabilir
- İş parçasında ısıl genişmeden dolayı boyut hassasiyetini olumsuz yönde etkiler

Talaş Kaldırmada Sıcaklığın Önemi

- Örnek:

Grafikte üç farklı iş parçası malzemesi için ölçülen takım-talaş ara yüzey sıcaklıklarının değişimi gösterilmiştir.

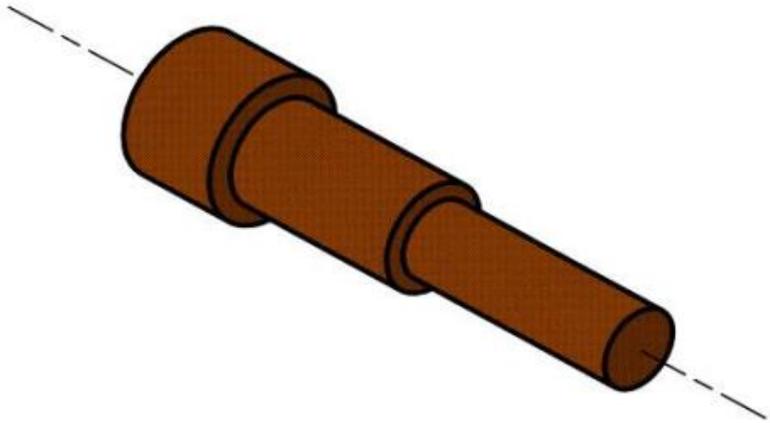
$$T=K.v^m$$



Talaşlı Şekil Verme

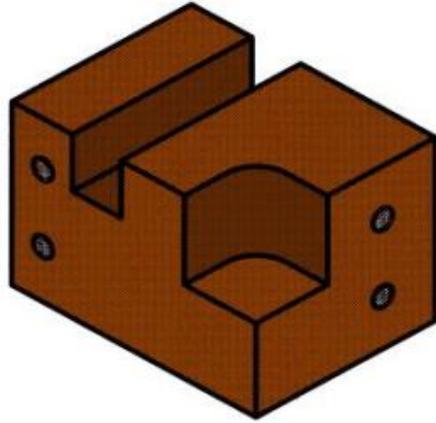
- Parça Geometrisi -

Talaş Kaldırma ile İşlenen Parçaların Sınıflandırılması



(a)

(a) Dönen



(b)

(b) Dönmeyen

- (a) Dönel simetrik – silindirik veya disk şekilli
- (b) Dönel olmayan (prizmatik) – blok benzeri veya (yassı) levha benzeri

Talaş Kaldırma İşlemleri ve Parça Geometrisi

Her bir talaş kaldırma yöntemi, iki faktör nedeniyle belirli bir parça geometrisi oluşturur:

1. Takım ve parça arasındaki izafi hareket

- ***Oluşturma*** – parça geometrisi, kesici takımın ilerleme yolu tarafından belirlenir

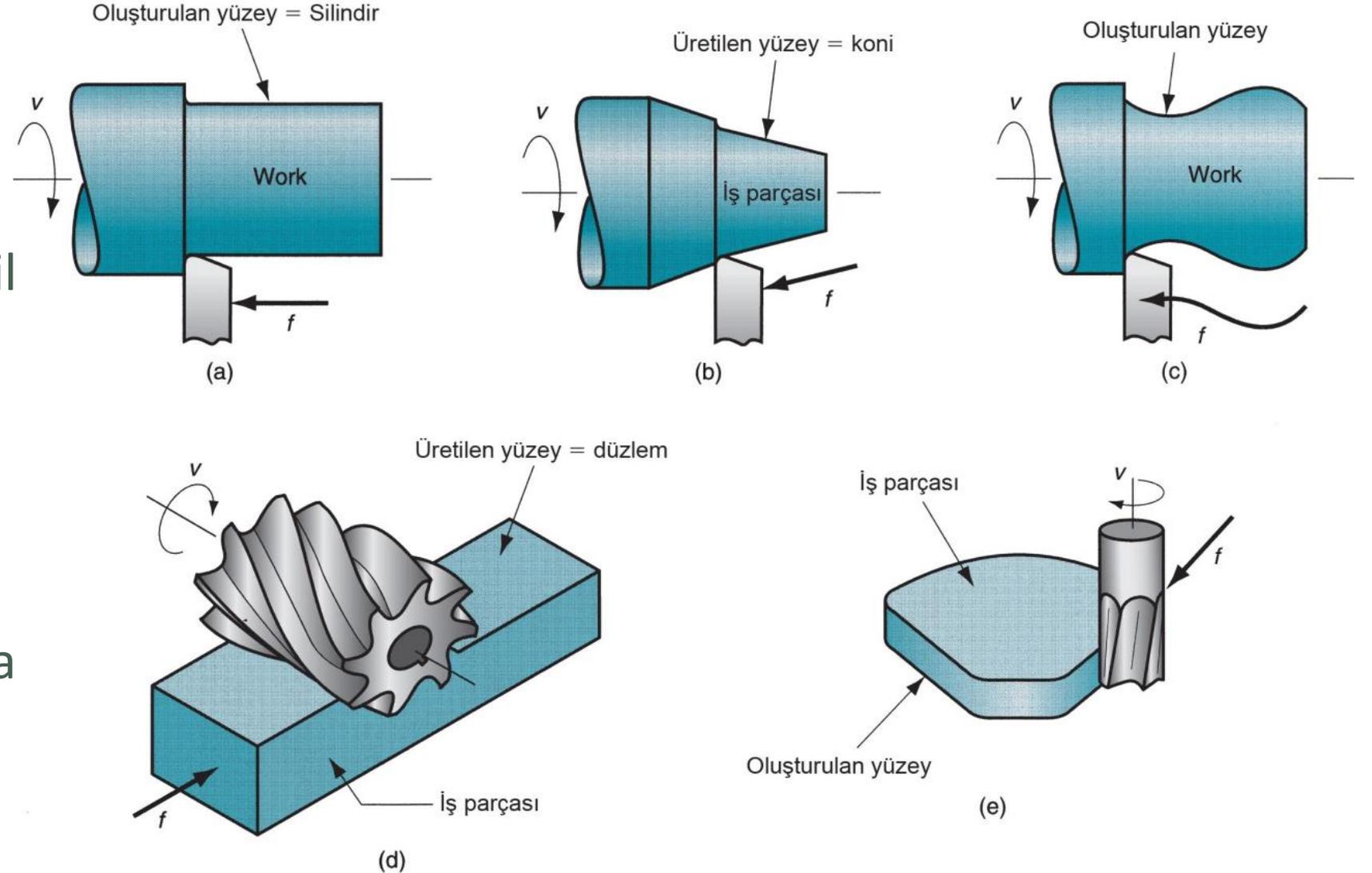
2. Kesici takımın şekli

- ***Şekillendirme*** – parça geometrisi, kesici takımın şekli tarafından belirlenir.

Talaş Kaldırma İşlemleri ve Parça Geometrisi

Talaşlı işlemede şekil oluşturma:

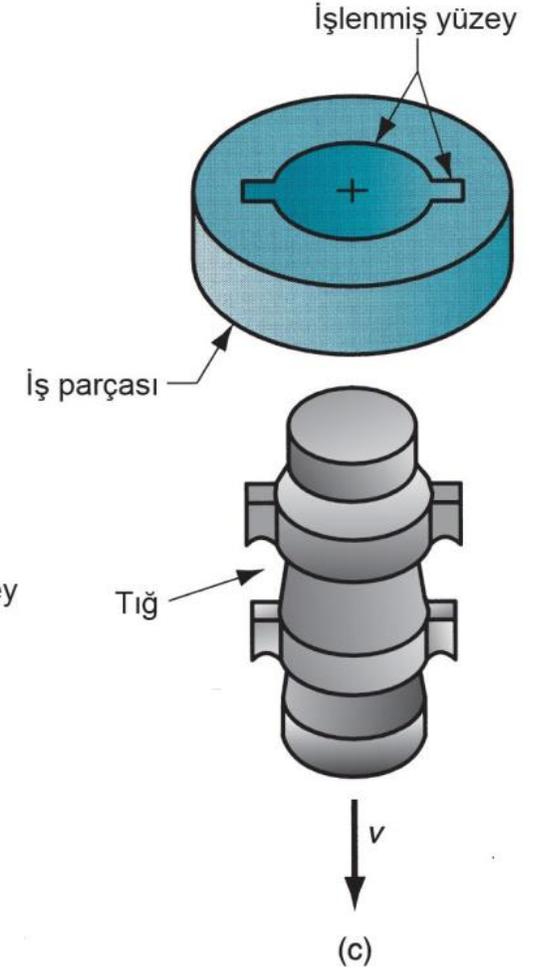
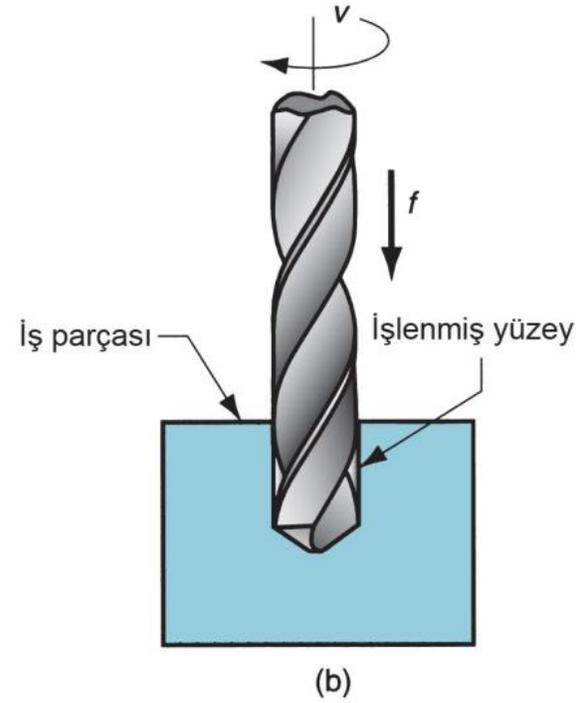
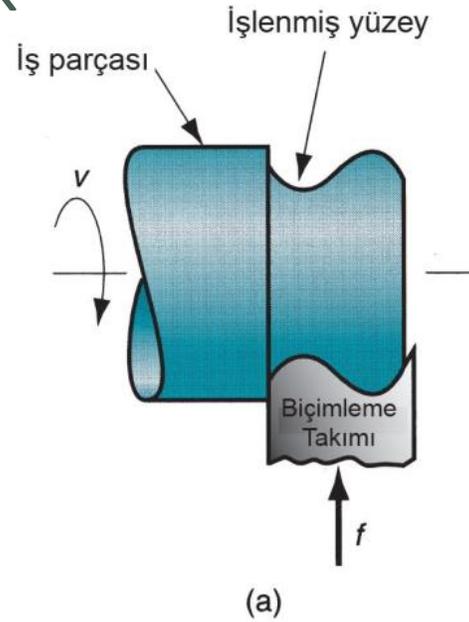
- (a) düz tornalama
- (b) konik tornalama
- (c) kontur tornalama
- (d) satıh frezeleme
- (e) profil frezeleme



Talaş Kaldırma İşlemleri ve Parça Geometrisi

Talaş işlemede şekil meydana getirmek için şekillendirme:

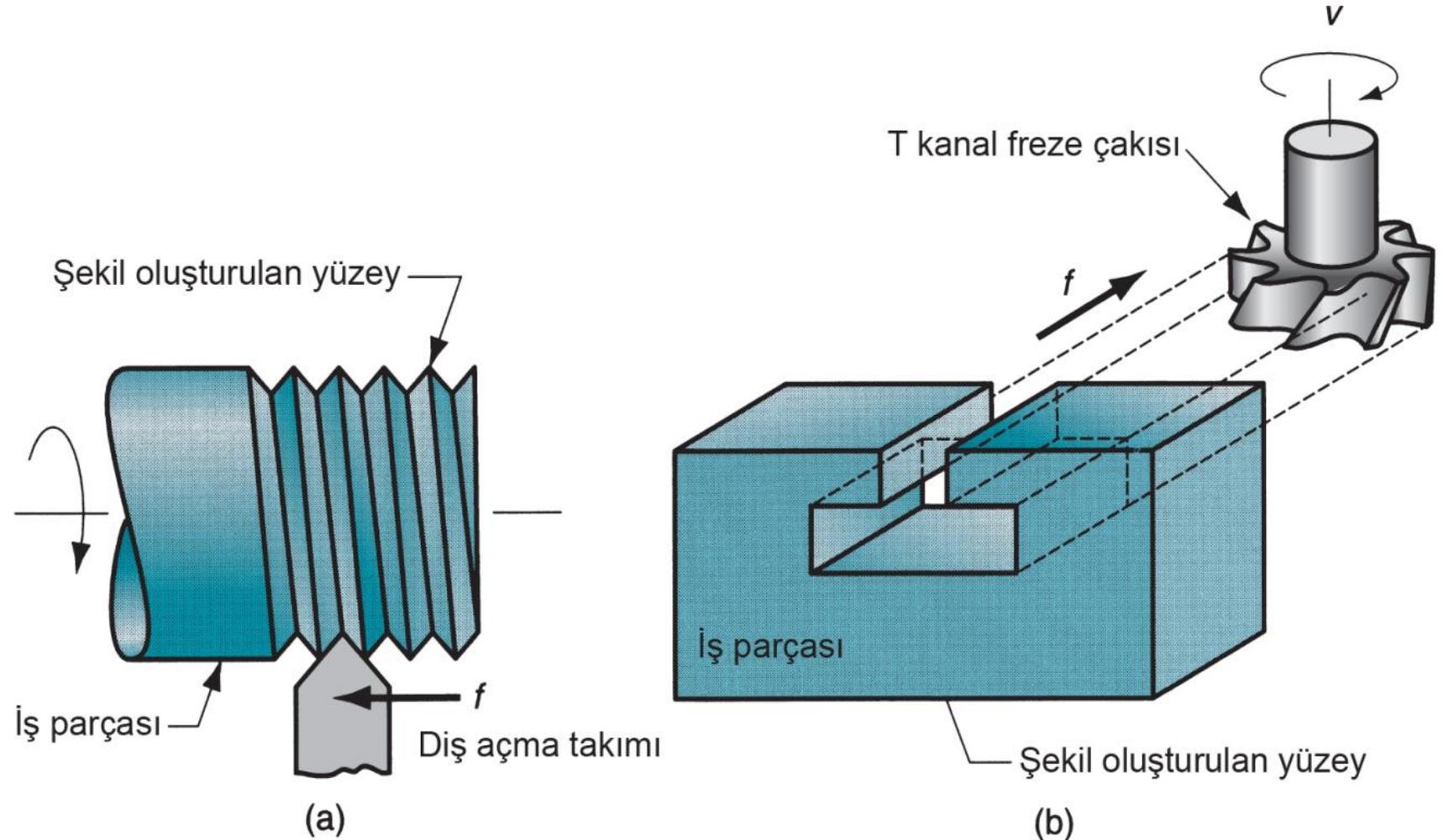
- (a) şekil (form) tornalama
- (b) delik delme
- (c) broşlama



Talaş Kaldırma İşlemleri ve Parça Geometrisi

Şekil meydana
getirmek için
şekillendirme ve
oluşturmanın birleşimi:

- (a) Tornada diş çekme
(b) Kanal frezeleme



MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Talaşlı Şekil Verme

KESİCİ TAKIMLAR

Talaşlı Şekil Verme

- Kesici Takımlar -

Talaş Kaldırma Yöntemleri

Kesici Takımların Sınıflandırılması:

1. Tek uçlu takımlar (tek kesen ağızlı takımlar)

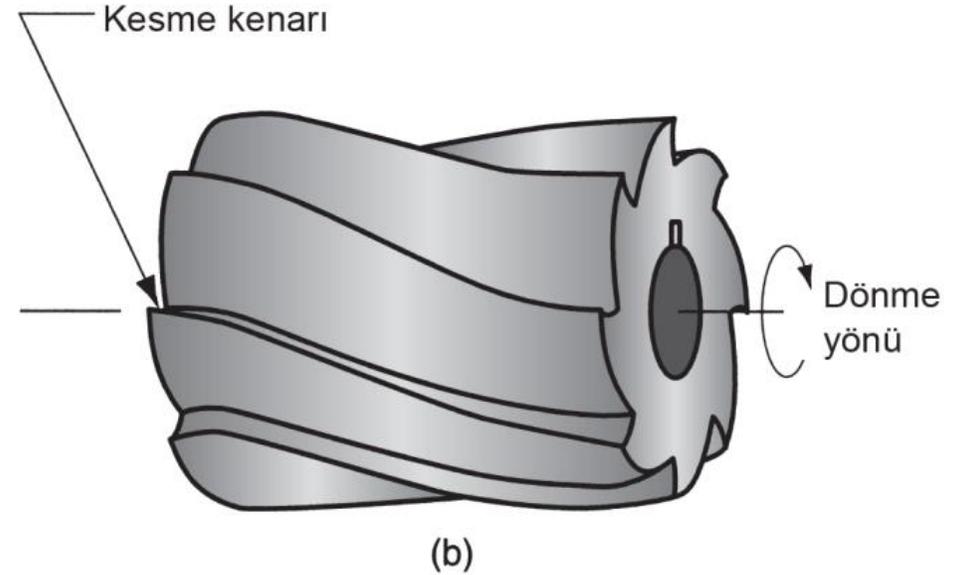
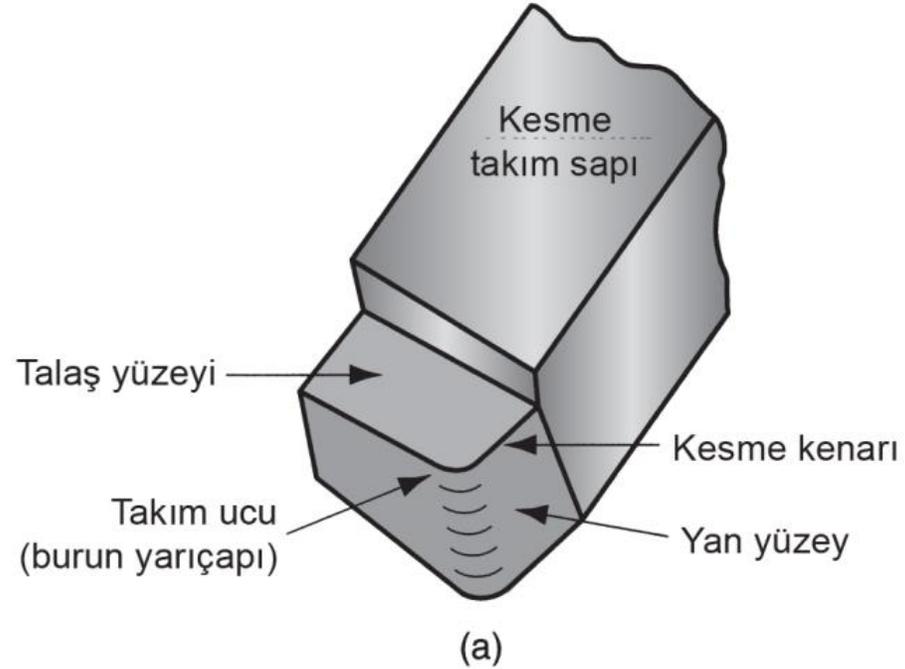
- Tek sivri kesici uç
- Uç genellikle bir burun radyüsü oluşturmak üzere yuvarlatılmıştır
- Tornalamada tek uçlu takımlar kullanılır

2. Çoklu kesici kenarlı takımlar (çok kesen ağızlı takımlar)

- Birden fazla kesici kenar
- Parçaya göre hareket dönme ile sağlanır
- Delme ve frezeleme, çoklu kesici kenarlı takımları kullanır
- Taşlama taşları da çok kesicili takım olarak kabul edilebilir

Talaş Kaldırma Yöntemleri

Kesici Takımların Sınıflandırılması



- (a) tek kesme kenarlı (noktalı) takım için talaş yüzeyi, yan yüzey ve takım ucu;
 (b) helisel freze çakısı, takım kenarı çok olan çakı gösterimi

Kesme Takımları

İki temel Özellik:

1. Takım Malzemesi
2. Takım Geometrisi

- Takım Aşınmasının Üç Türü:

- 1. Kırılma Hasarı:** Kesme kuvveti aşırı ve/veya dinamik hale gelirse gevrek kırılma olur
- 2. Sıcaklık Hasarı:** Kesme sıcaklığı takım malzemesi için çok yüksek olursa
- 3. Tedrici Aşınma:** Kesme takımında zamana bağlı (tedrici) meydana gelen aşınma

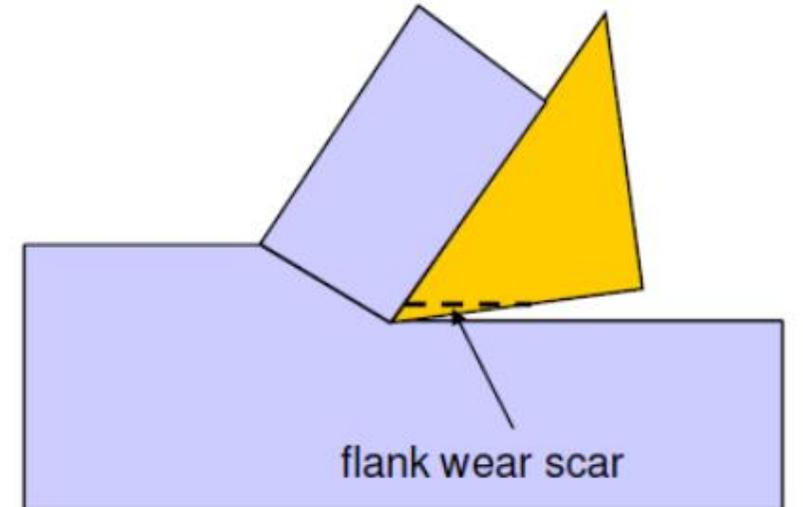
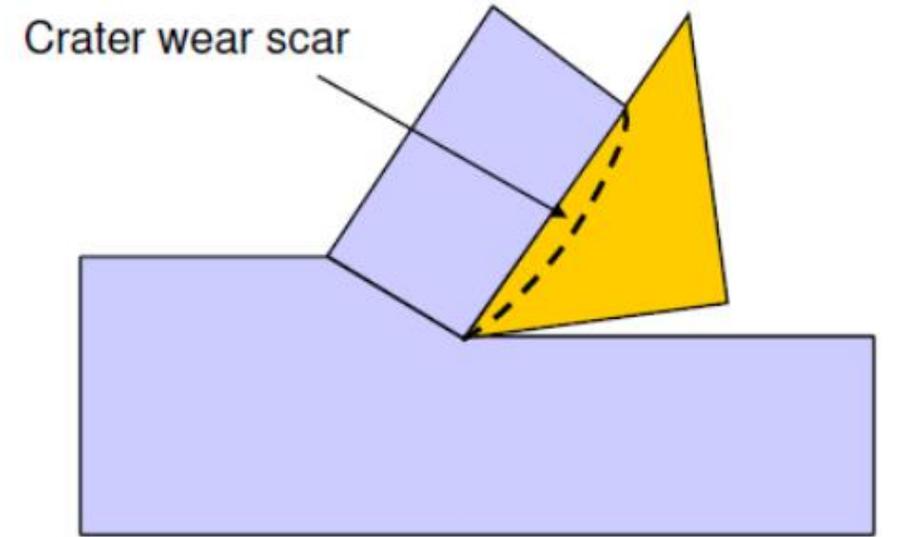
Kesme Takımları

Tercih edilen aşınma türü tedrici aşınmadır.

- Kırılma ve sıcaklık hasarları öngörülmeven ve erken meydana gelir (prematüre)
- Takımın mümkün olan en uzun süreyle kullanmak için kademeli aşınma tercih edilir:
 - **Krater Aşınması**– Talaş Yüzeyinin ucunda meydana gelir
 - **Yan Yüzey Aşınması**– (**Flank wear**) Takımın yan yüzeyinde meydana gelir

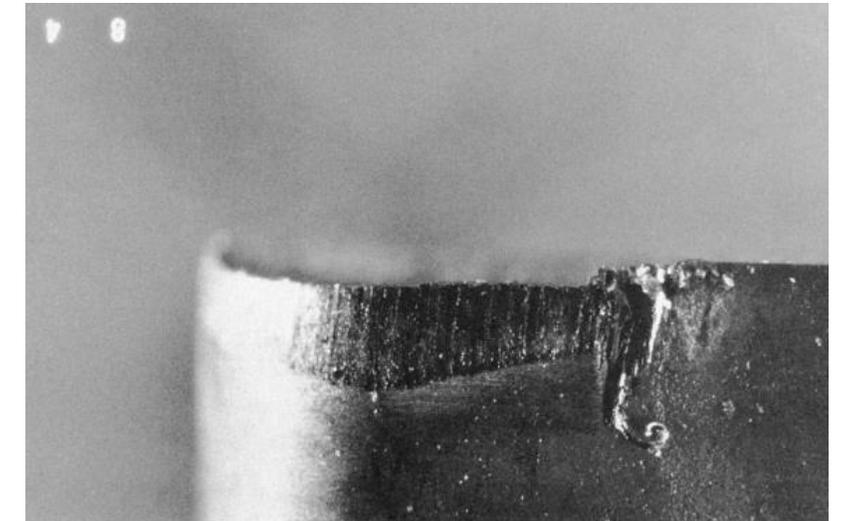
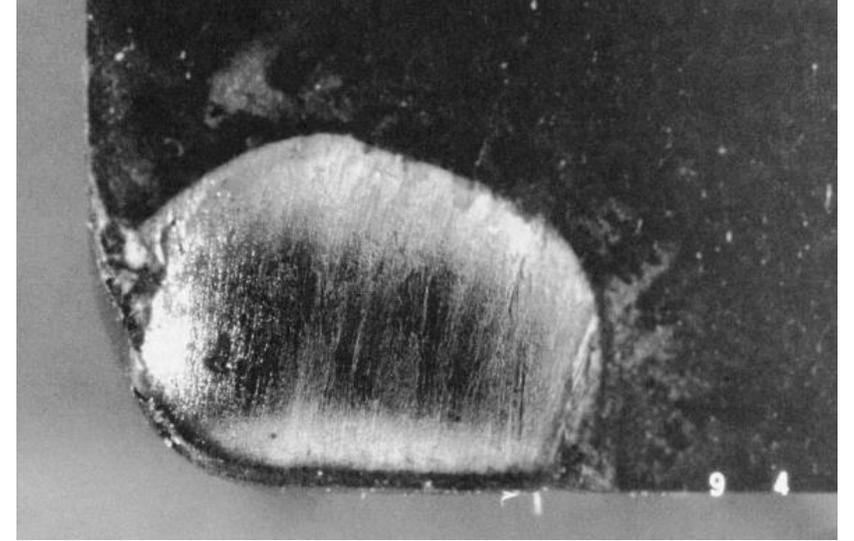
Kesici Takım Aşınması

- **Krater Aşınması**– Talaş Yüzeyinin ucunda meydana gelir
- **Yan Yüzey Aşınması**– (Flank wear) Takımın yan yüzeyinde meydana gelir



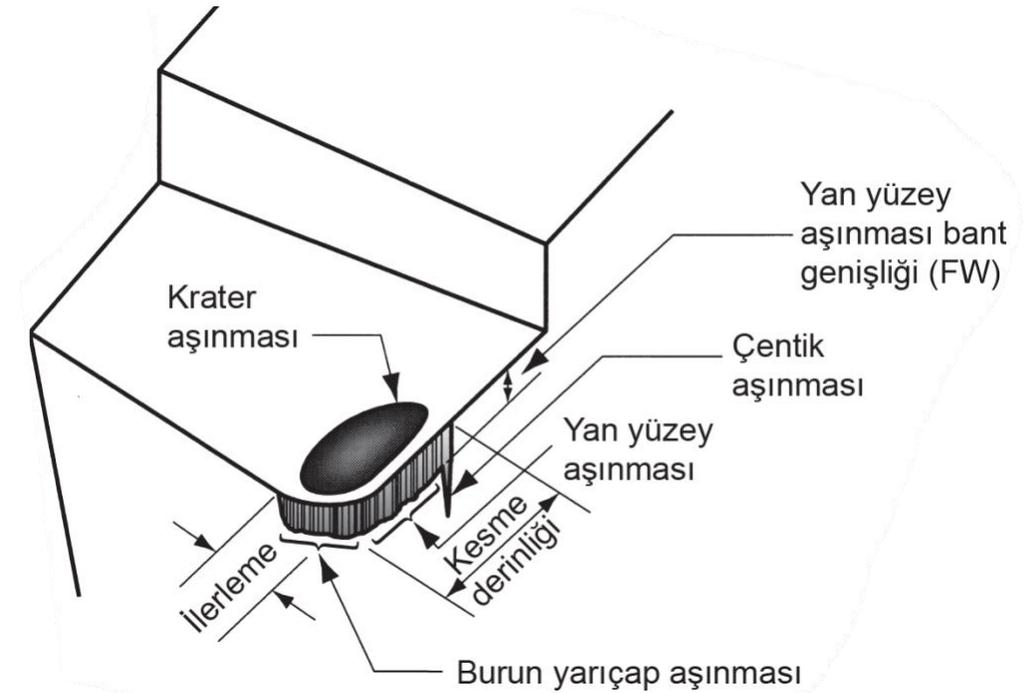
Kesici Takım Aşınması

- *Örnek Görseller:* Gerçek karbür bir takım üzerinde;
 - **Krater Aşınması (üstte)**
 - **Yan Yüzey Aşınması (altta)**

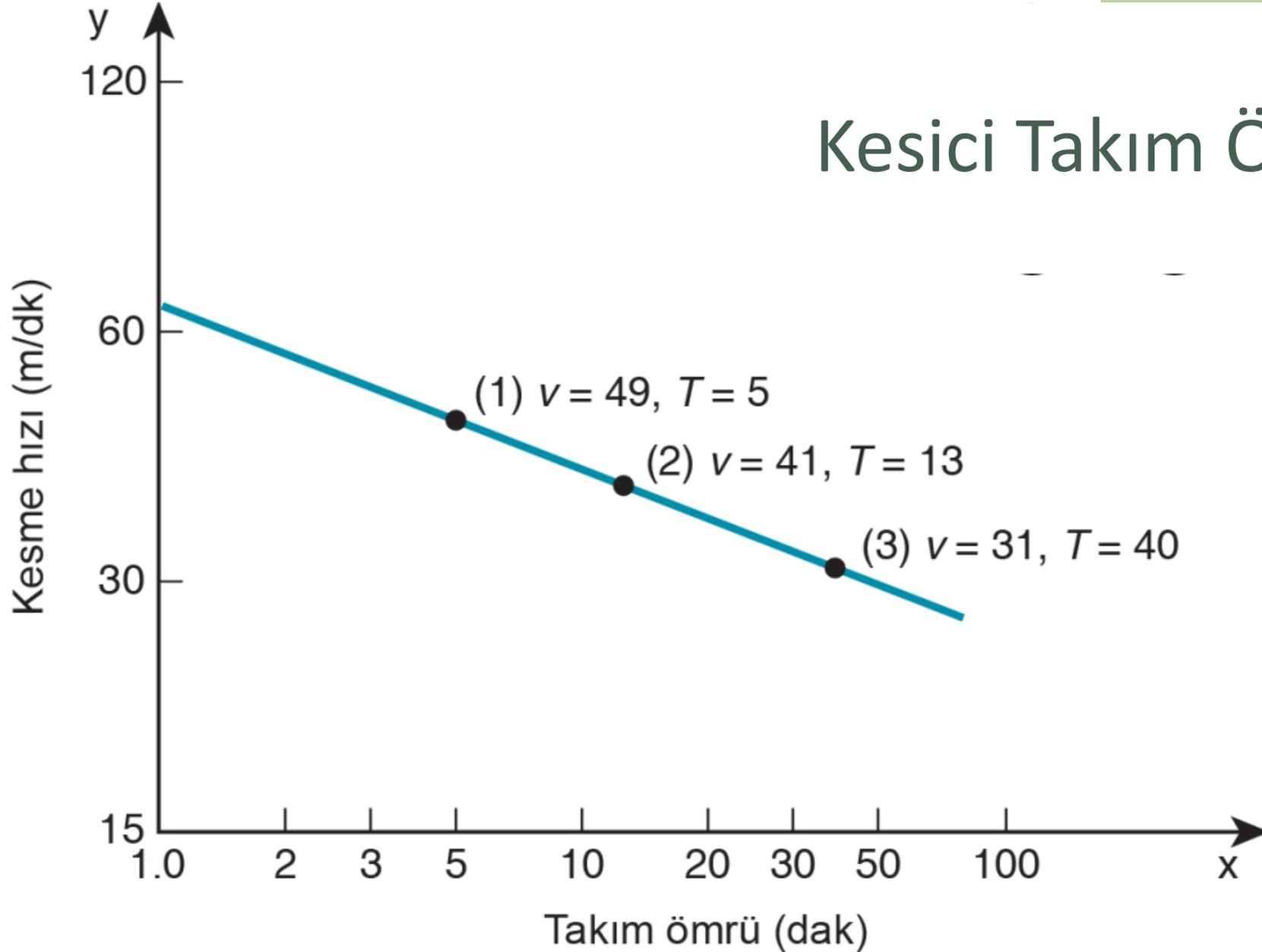


Kesici Takım Aşınması

- Talaşlı imalat esnasında takım-talaş ve takım-parça ara yüzleri arasında ***aşınmaya sebep olan mekanizmalar*** şunlardır:
 - Kazıma (Abrasive aşınma)
 - Yapışma (Adhesiv aşınma)
 - Difüzyon (Yayınım)
 - Kimyasal reaksiyonlar
 - Plastik deformasyon
 - Korozif aşınma
 - Yorulma aşınması



Kesici Takım Ömrü



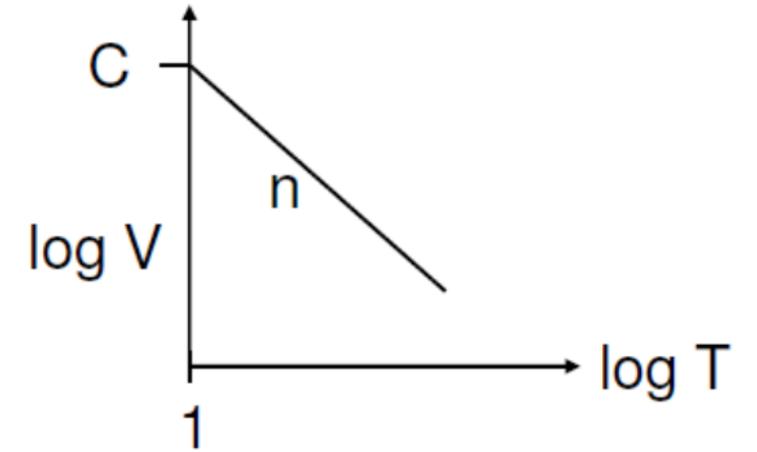
- Kesme hızının takım ömrüne karşı örnek doğal log-log grafiği

Kesici Takım Ömrü Denklemi (Taylor Denklemi)

- Denklem F. W. Taylor 'un adıyla bilinir

$$v \cdot T^n = C$$

- v = Kesme Hızı
- T = Takım Ömrü
- n ve C ; ilerleme, paso derinliği, iş parçası malzemesi, takım malzemesi ve kullanılan takım ömrü kriterine bağlı olarak belirlenen sabitlerdir
 - n eğrinin eğimidir
 - C ise 1 dak.'lık takım ömrüne tekabül eden hız değeri



Kesici Takım Ömrü Denklemi (Taylor Denklemi)

- Malzemelerin ***işlenebilirlik*** (machinability) indekslerinin hesaplanmasında Taylor denkleminin yaygın olarak bilinen formundan yararlanır. $v \cdot T^n = C$
- Burada; V - kesme hızı (m/dk), T - takım ömrü (dk), n - kesici takım malzemesine bağlı olmakla birlikte iş parçası malzemesinden ve kesme şartlarından etkilenen katsayıyı, C – işlem parametrelerine bağlı sabiti ifade etmektedir.
- Örneğin bir işlenebilirlik testinde kullanılan standart malzemeye ait Taylor takım ömrü denklemi, $v \cdot T^{0,15} = 340$, performansı incelenecek malzemeye ait Taylor takım ömrü denklemi $v \cdot T^{0,132} = 300$, olarak verilmiş olsun. Performansı araştırılacak malzemenin 45 dk'lık takım ömrü için işlenebilirlik indeksi aşağıdaki gibi hesaplanır.
 - Vi 45 dk'lık ömür için T=45; $v \cdot 45^{0,132} = 300 \Rightarrow V_{45} = 181,51$ m/dk
 - Vs 45 dk'lık ömür için T=45; $v \cdot 45^{0,15} = 340 \Rightarrow V_{45} = 192,09$ m/dk
 İncelenecek malzemenin kesme hızı, standart malzemenin kesme hızına oranlanır.
 - MR %=181,51 / 192,09 = 0,94 = %94 işlenebilirlik indeksi hesaplanır.

Kesici Takım Ömrü Denklemi (Taylor Denklemi)

- ***İşlenebilirlik testi***nde her ne kadar işlenebilirlik kriteri olarak kesme hızı alınsa da işlenebilirliğin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulması gereken başka kriterler de söz konusudur. Bunlardan en önemlileri:
 - * Takım ömrü ve talaş kaldırma işlemi esnasında meydana gelen aşınma mekanizmaları,
 - * İşlem sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri ve güç tüketimi,
 - * Oluşan talaşların tipi, boyutları ve çapak oluşumu eğilimi,
 - * Verimlilik, bir kesici takım ömrünü tamamlayana kadar geçen sürede kaldırılan talaş hacmi,
 - * İş parçası malzemesinin özellikleri ve kalitesi
- * Değişmez (üniform) yüzey kalitesi ve ölçüsel tamlık,
 - * Kesici takım/talaş ara yüzeyinde meydana gelen ısı,
 - * Talaş kaldırma işlemi esnasında *talaşta* meydana gelen sertleşme miktarı,
 - * Talaşın kolay tahliyesi.

Kesici Takım Ömrü Denklemi (Taylor Denklemi)

Diğer yandan iş parçası malzemesine ait değişkenler de işlenebilirliğe direkt etkide bulunmaktadır. Bu değişkenler:

- * Malzemenin mikroyapısı,
- * Malzemenin tane boyutu,
- * Malzemeye uygulanan ısıl işlem,
- * Malzemenin üretim yöntemi,
- * Malzemenin kimyasal kompozisyonu,
- * Malzemenin sertliği,
- * Malzemenin akma dayanımı,
- * Malzemenin çekme dayanımı,
- * Malzemenin ısıl iletkenliği,
- * Malzemenin ısıl genleşme katsayısı,
- * Malzemenin deformasyon sertleşmesi.
- * Bu değişkenlere malzemenin elastiklik modülü ve kayma dayanımı da eklenebilir.

Kesici Takım Ömrü Denklemi (Taylor Denklemi)

- Talaş kaldırma işlemi için kullanılan kesme parametrelerinin işlenebilirliğe etkileri de önem taşımaktadır. Bunlardan en önemlileri aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralanabilir:
 - * Kesme hızı,
 - * İlerleme miktarı,
 - * Talaş derinliği,
 - * Kesici takım geometrisi,
 - * Kesici takım kalitesi (kesici takım malzemesi + kaplama durumu)
 - * Soğutma yöntemi,
 - * Titreşim durumu / sistemin rijitliği,
 - * Kesme işleminin karakteri (sürekli talaş kaldırma, fasılalı / darbeli talaş kaldırma vb.)

İmalatta Kesici Takım Ömrüne Etkiyen Faktörler

1. Kesme Kenarlarının tamamen hasara uğraması
2. Yan yüzey veya krater aşınması için operatör tarafından yapılan muayeneler
3. Kesme işleminden çıkan ses ve titreşimin takip edilmesi
4. Talaşın şerit gibi, spiral yay ve atılması zor halde olması
5. Yüzey kalitesinin bozulması
6. Gücün artması
7. İşlenen iş parçası sayısı
8. Toplam kesme zamanı
9. Sıcaklık

Kesici Takım Malzemeleri

1. Yalın karbon çelikleri
2. Yüksek hız çelikleri (HSS) – Yüksek Alaşımli Çelik (Tungsten/Molibden)
3. Döküm Kobalt alaşımları
4. Sinterlenmiş Karbürler – Bağlayıcı Co + toz metalürji (WC-Co, TiC, TaC)
5. Seramikler – Alüminyum oksit (yüksek basınç + sıcaklık preslenmiş)
6. Sermetler – Bağlayıcı Nikel veya Molibden
7. Sentetik Elmas (SPD) – sinterleme, WC-Co üzerine kaplama
8. Kübik Bor Nitrür (cBN) – bilinen en sert malzeme, plaket üzerine kapl.

İmal Usulleri

Döküm / Katılaştırma	Talaşlı Şekil Verme	Plastik Şekil Verme	Birleştirme
Demir Esaslı	Torna	Serbest Dövme ve Basma	Kaynak Tekniği
Demir Esaslı Olmayan	Freze	Kalıpta Dövme ve Basma	* TIG, MIG, Laser
	Matkap	Ekstrüzyon	* Elektrik ark
Kum Kalıba	Azdırma, Vida Açma	Haddeleme	* Gaz altı, toz altı
Sürekli Kalıba	Taşlama (Aşındırma)	Tel Çekme	* Oksi-asetilen
Basınçlı	Vargel / Planya	Ovalama (vida dişi açma)	* Sürtünme, ultrasonik
Santrifüj	Rayba	Bükme, kıvrırma	Puntalama
Plastik Enjeksiyon	Broş	Presleme	Lehimleme
Silikon Kalıplama	Lazer / Su Jeti ile kesme		Perçinleme
	Testere ile kesme		Yapıştırma
	Isıl ve Kimyasal Yöntemler		

MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

İmâl Usûlleri

TALAŞLI İŞLEME YÖNTEMLERİ

Talaş Kaldırma Yöntemleri [Material Removing]

- Tornalama (Turning)
- Frezeleme (Milling)
- Matkap (Drilling)
- Planya (Planer)
- Vargel
- Rayba (Reamer)
- Broşlama (Broaching)
- Azdırma (Hobbing)
- Honlama (Honing)
- Lepleme (Lapping)
- Testereleme
- Lazer ile kesme (Laser Cutting)
- Su Jeti ile kesme (WaterJet Cutting)
- Plazma ile kesme (Plasma Cutting)
- Ultrasonik İşleme (Ultrasonic Machining)
- Elektrokimyasal İşleme (Electro Chemical Machining)
- Elektro Erozyon (Electro Discharge Machining)
- Kılavuz çekme
- Pafta çekme
- Diş çekme
- (Threading)
- (Thread Cutting)

Talaş Kaldırma Yöntemleri

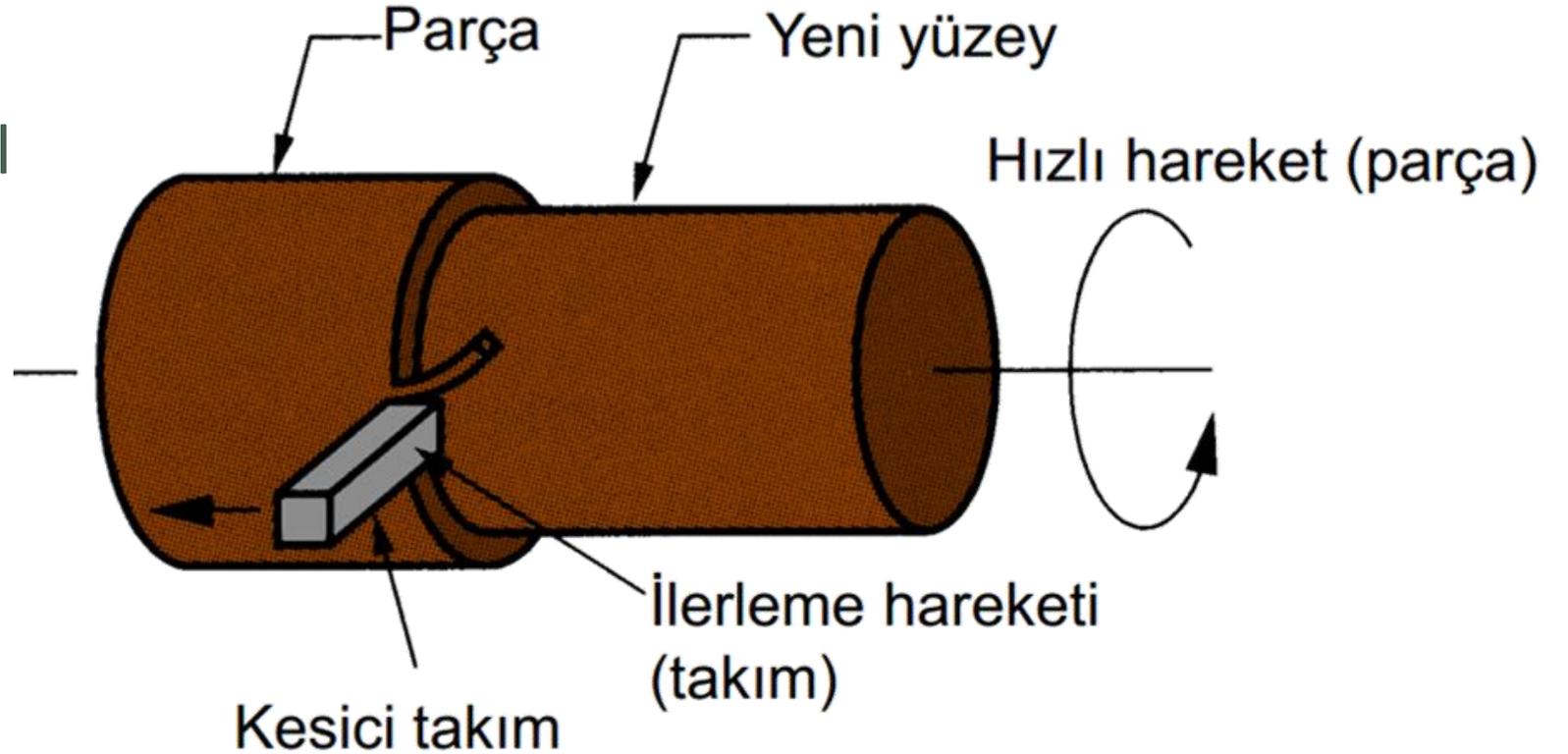
- i. Tornalama
- ii. Borlama
- iii. Matkapla Delme (Matkaplama)
- iv. Raybalama
- v. Frezeleme ve CNC İşleme Merkezleri
- vi. Vargelleme ve Planyalama
- vii. Testere ile Kesme (Testereleme)
- viii. Özel Geometrilili (Formlu, Biçimli) Takımlarla Talaşlı İşleme

Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Tornalama

Tornalama

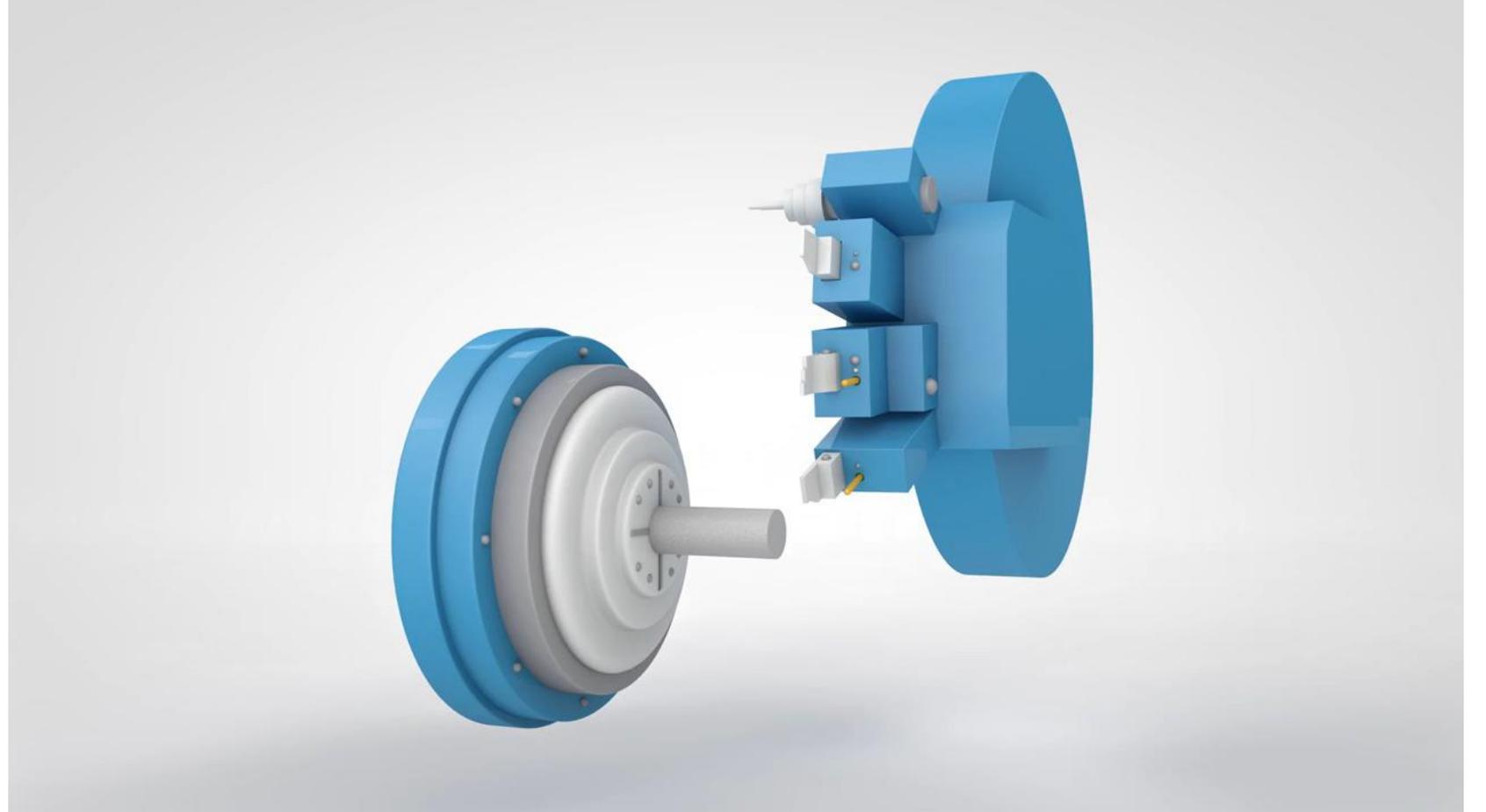
- Tek kesen uçlu bir takım, silindirik bir şekil (form) oluşturmak üzere, dönen parçadan malzeme uzaklaştırır (talaş kaldırır).



Talaş Kaldırma Yöntemleri

Torna

- *Örnek*
Animasyon
(CNC Turning)

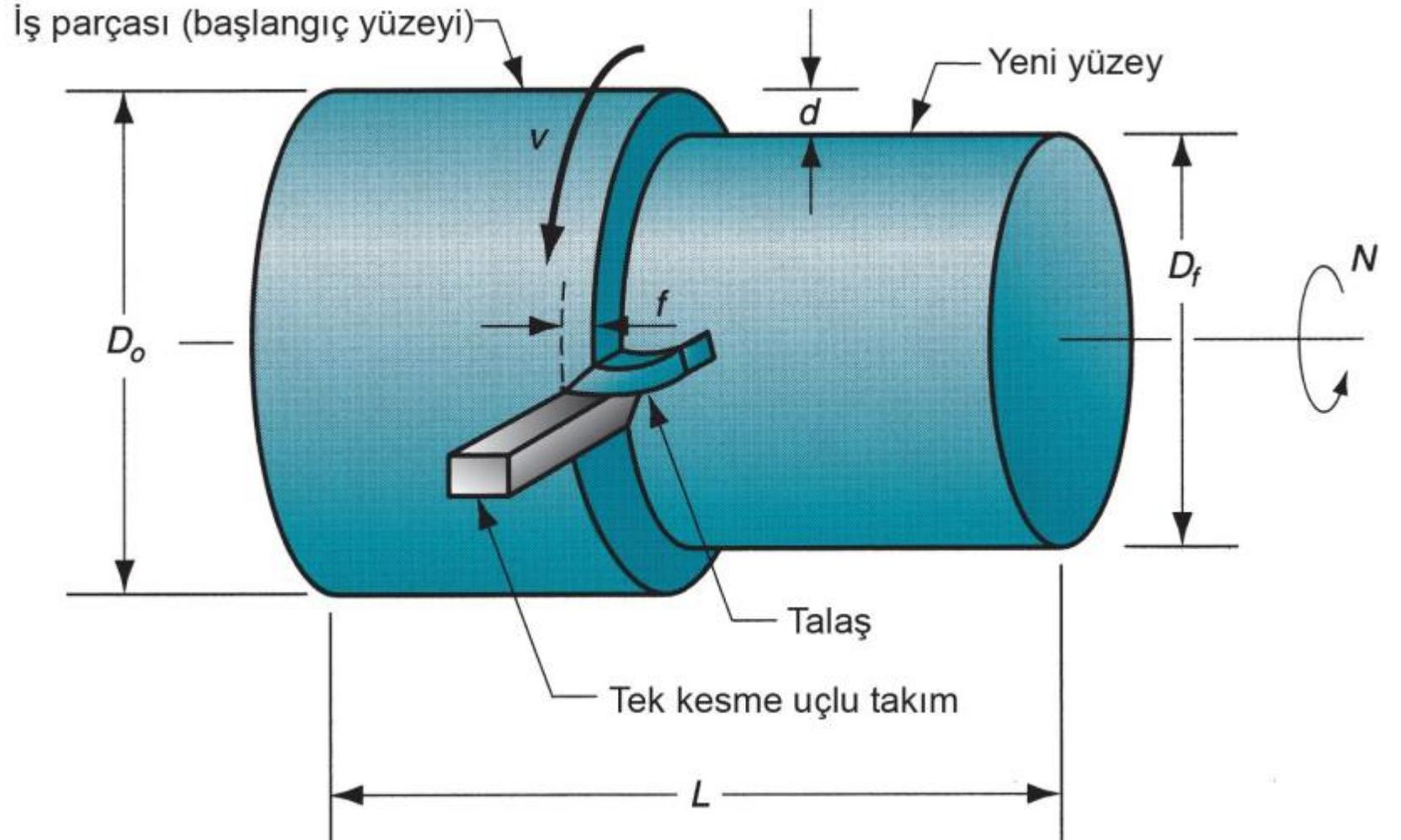


Tornalama

- Dönen bir parçadan silindirik form üretmek üzere malzeme kaldıran tek uçlu kesici takım (kalem) kullanılır
 - *Torna* olarak adlandırılan bir tezgah üzerinde yapılır
 - Bir torna tezgahında yapılan tornalama işlem türleri:
 - Alın tornalama
 - Şekil tornalama
 - Pah kırma
 - Kesme
 - Diş açma

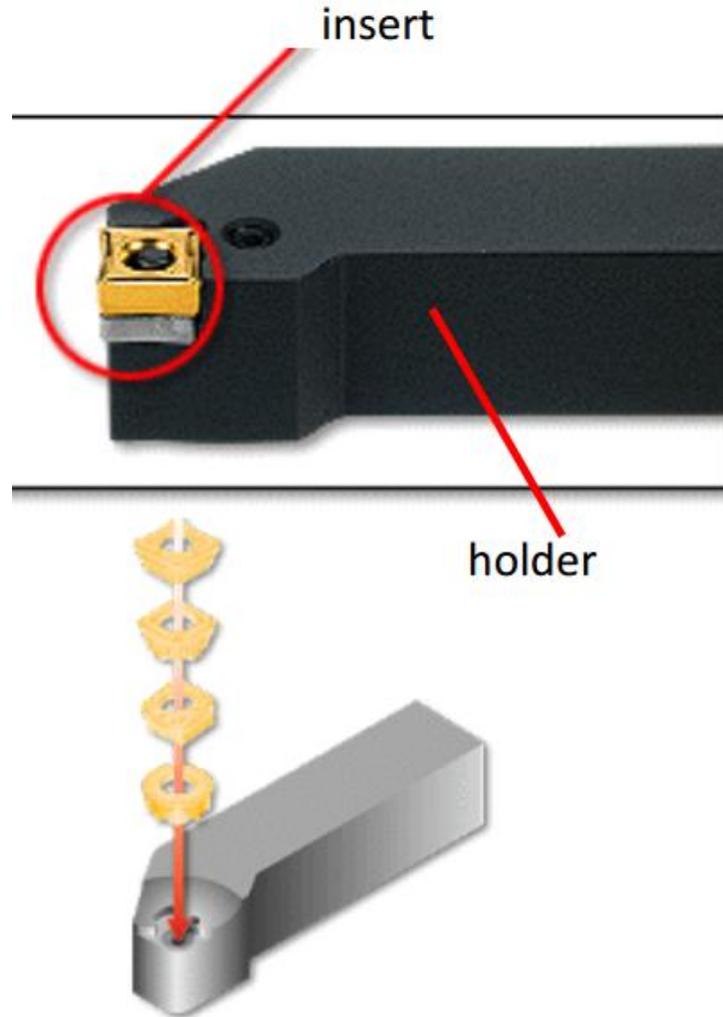
Tornalama

- Tornalama operasyonu



Tornalama

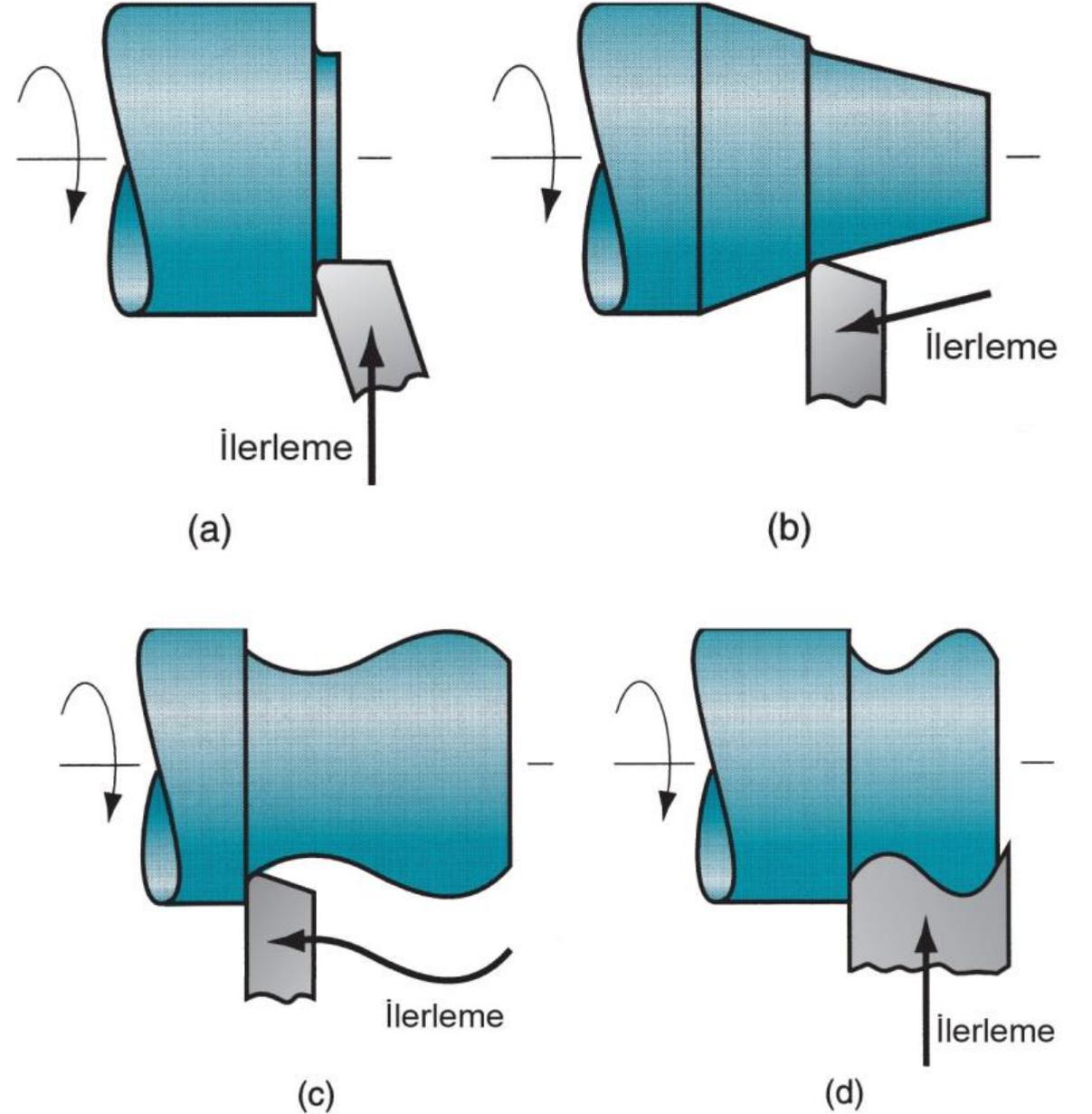
- Tipik plaket torna kalemi



Tornalama

- Torna tezgâhında düz tornalamadan başka gerçekleştirilebilen talaşlı işleme operasyonları:

- (a) alın tornalama
- (b) konik tornalama
- (c) kontur tornalama
- (d) şekil tornalaması



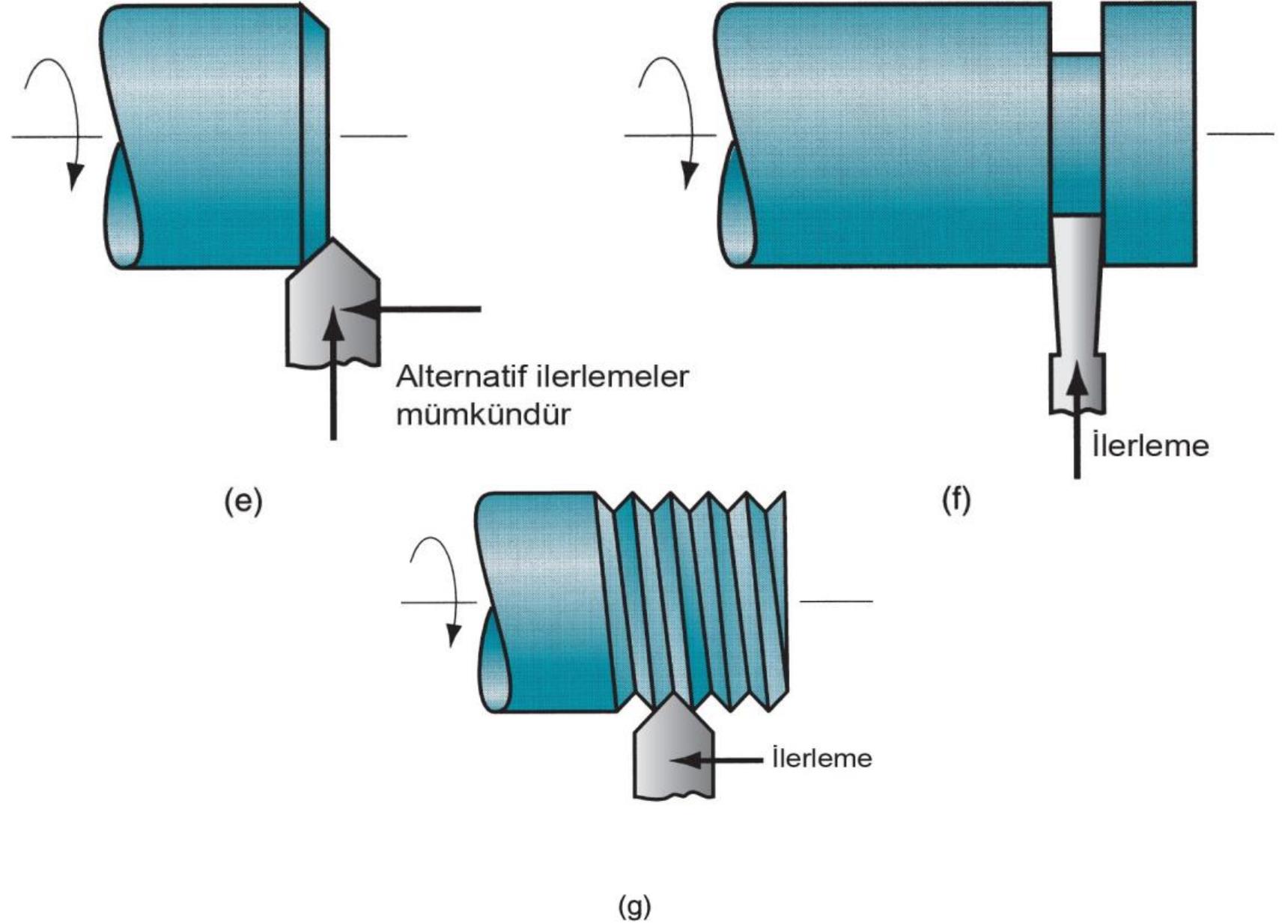
Tornalama

Torna tezgâhında talaşlı işleme operasyonları:

(e) pah kırma

(f) kesme(ayırma)

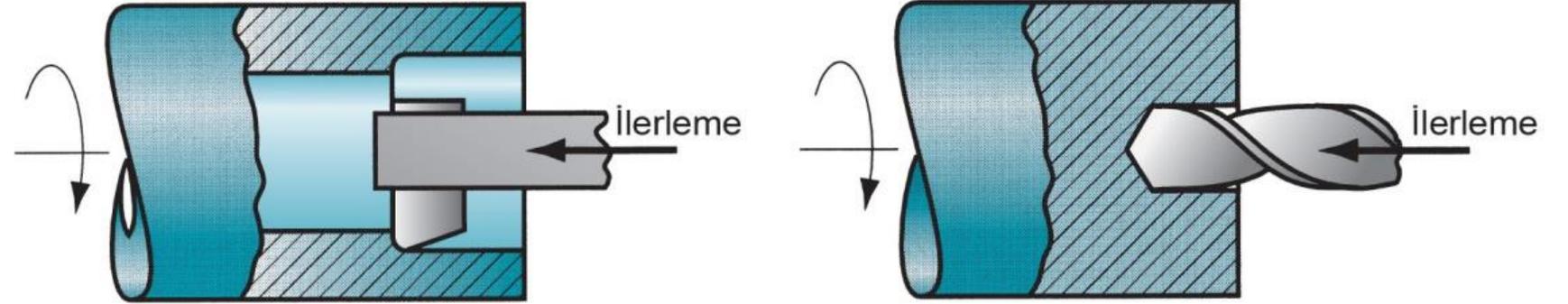
(g) diş açma,



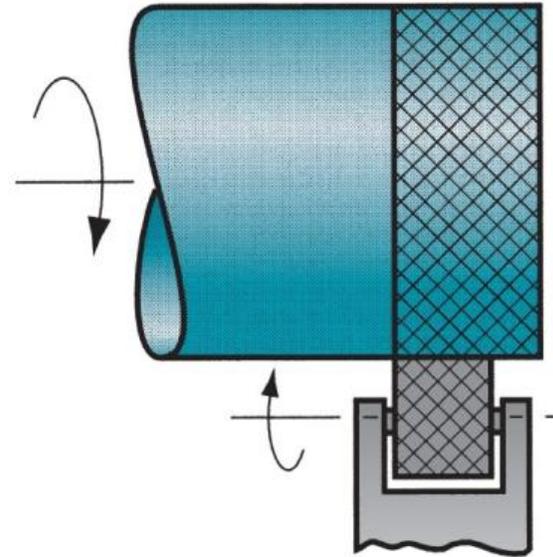
Tornalama

Torna tezgâhında
talaşlı işleme
operasyonları:

- (h) delik büyütme
- (i) delik delme
- (j) tırtıl çekme



(h)



(i)

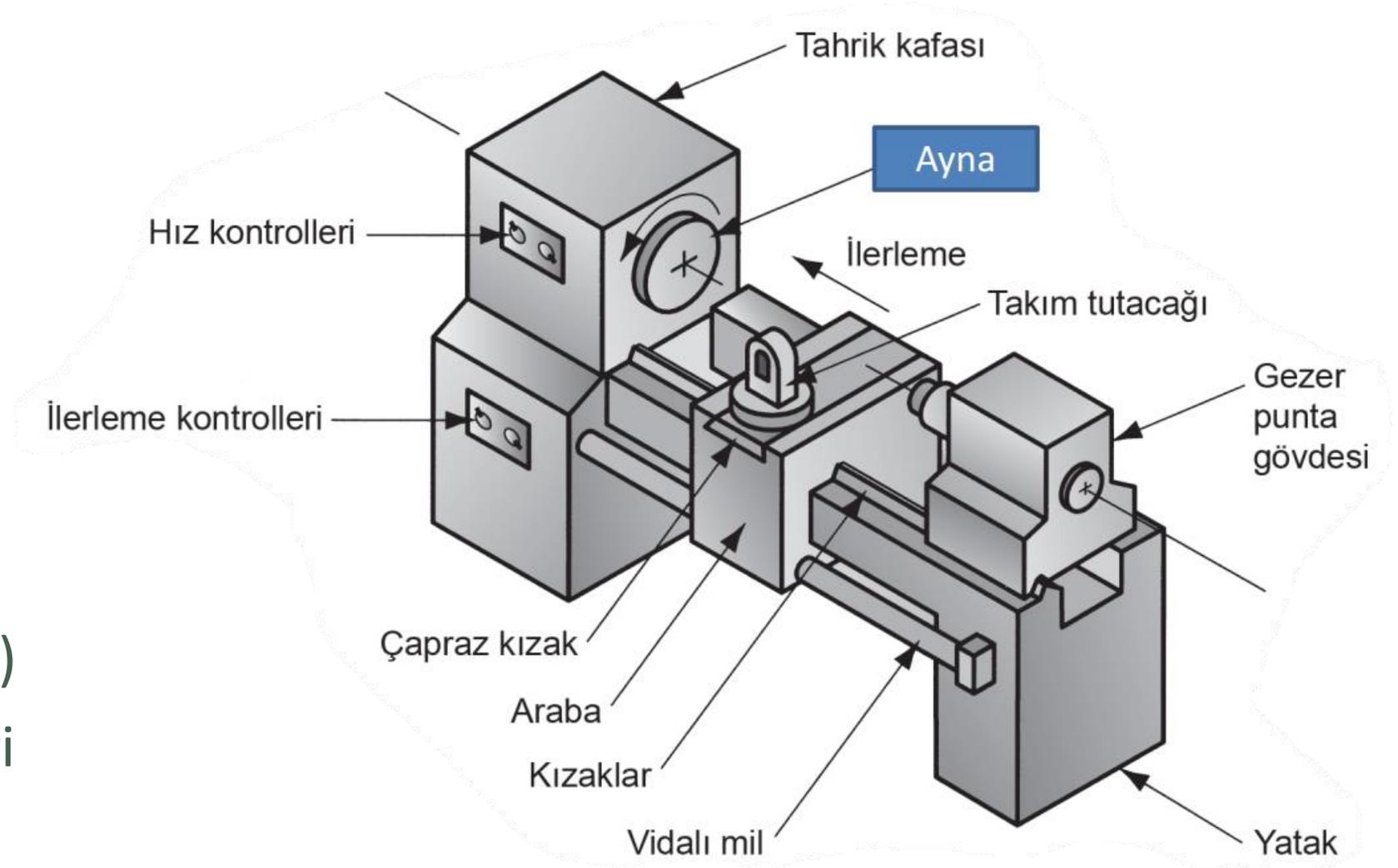
(j)

Tornalama

- Motorlu tornalara ek olarak, çeşitli fonksiyonları yerine getirmek veya tornalama sürecini otomatikleştirmek için başka tornalama makinaları da geliştirilmiştir. Bu makinalar:
 - Takımhane tornası,
 - Hızlı torna
 - Taret (döner) başlıklı torna
 - Aynalı torna
 - Otomatik vida makinası
 - Nümerik kontrollü torna (CNC)

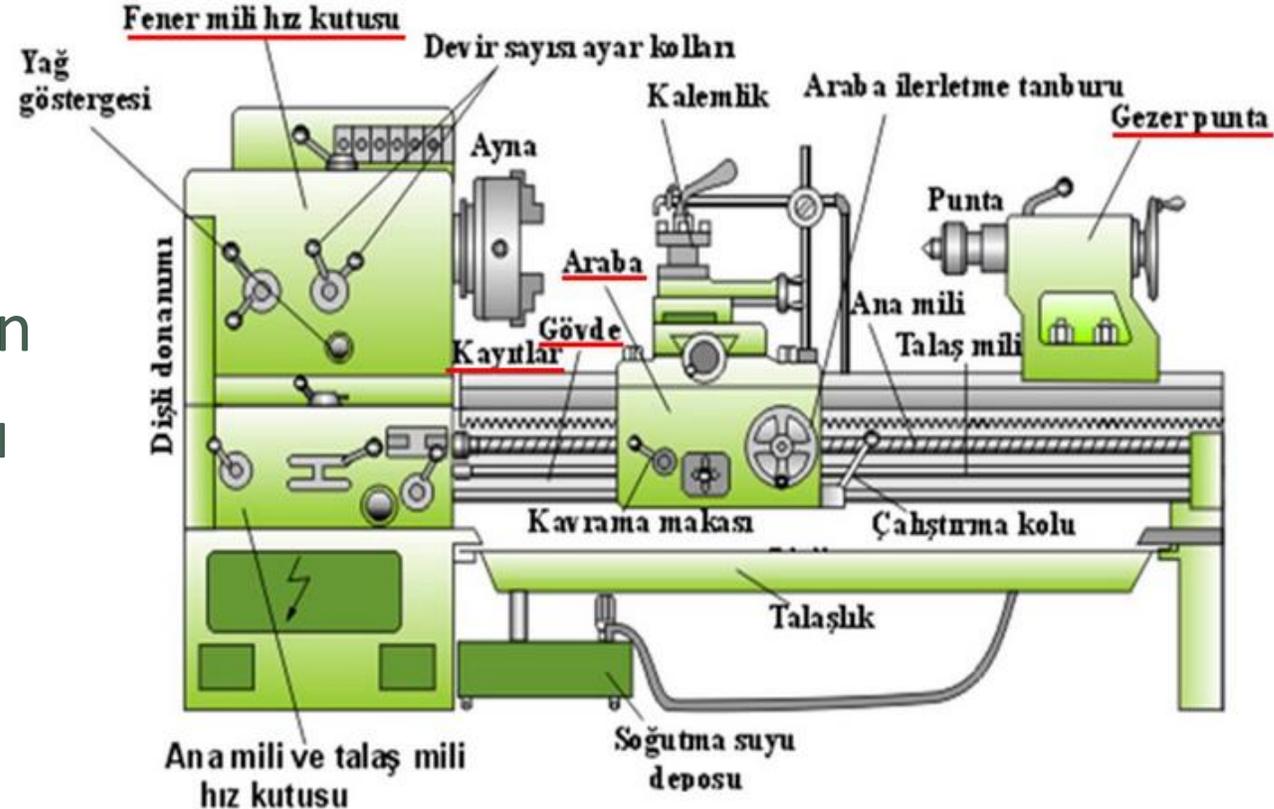
Torna Tezgâhı

- Motorlu torna tezgahının (Lathe) önemli bileşenleri



Torna Tezgâhı

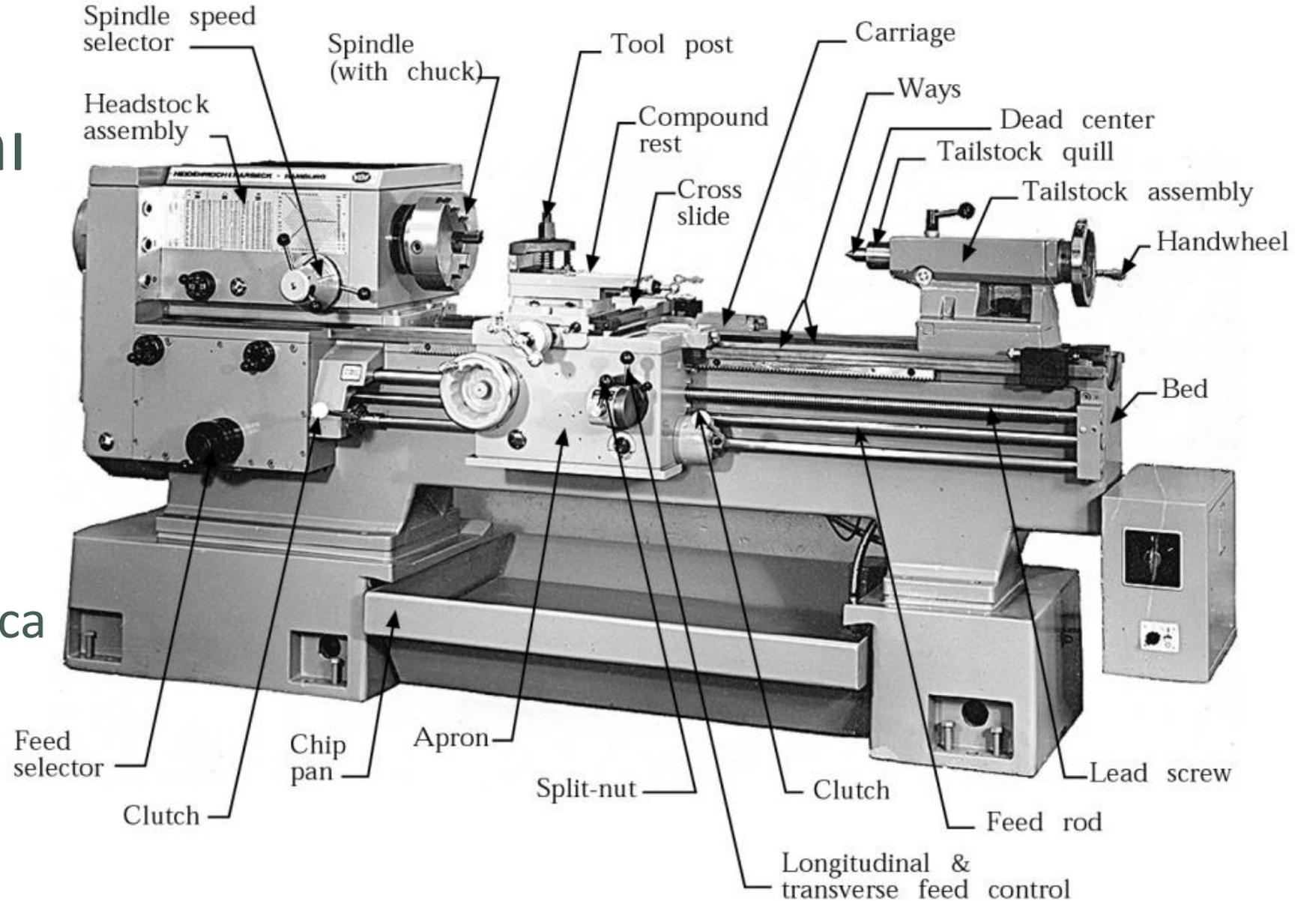
- Torna tezgahının başlıca kısımları



- Gövde
- Ayaklar
- Fener Mili (İş Mili)
- Kayıtlar
- Gezer Punta
- Hız Kutusu
- Araba
- Kalemlik
- Sport
- Talaş Tavası
- Soğutma Sıvısı Deposu

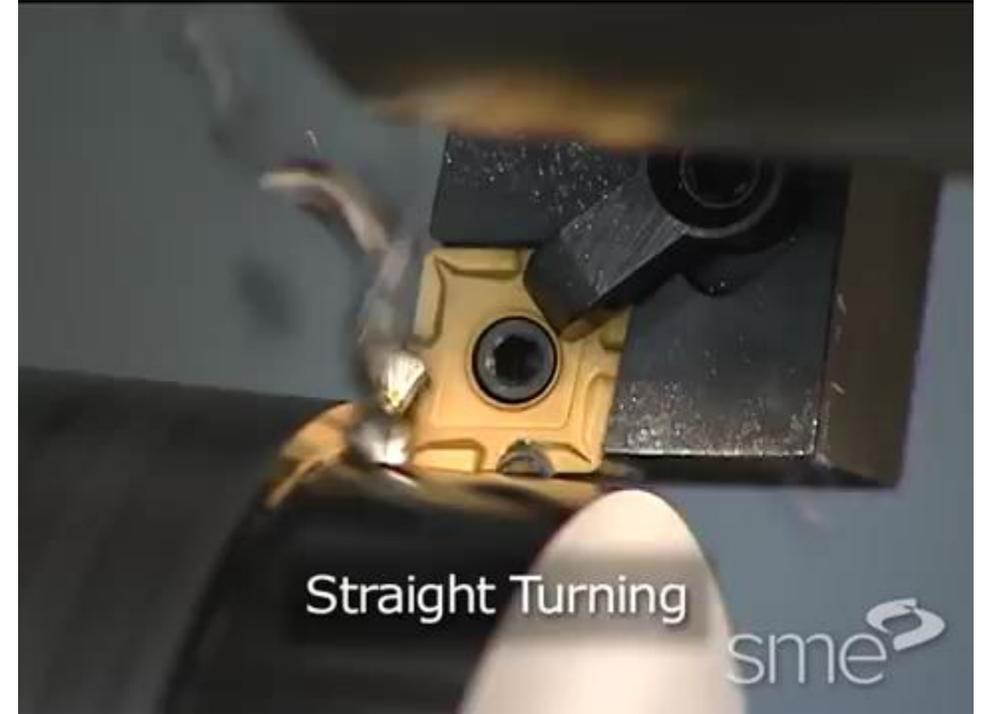
Torna Tezgâhı

- Manuel torna tezgahının başlıca kısımları
- [Lathe Parts]



Torna Tezgâhında İş Parçasının Tespit Yöntemleri

- Merkezler (punta) arasında tutma
- Ayna (kavrama)
- Kolet
- Alın plakası

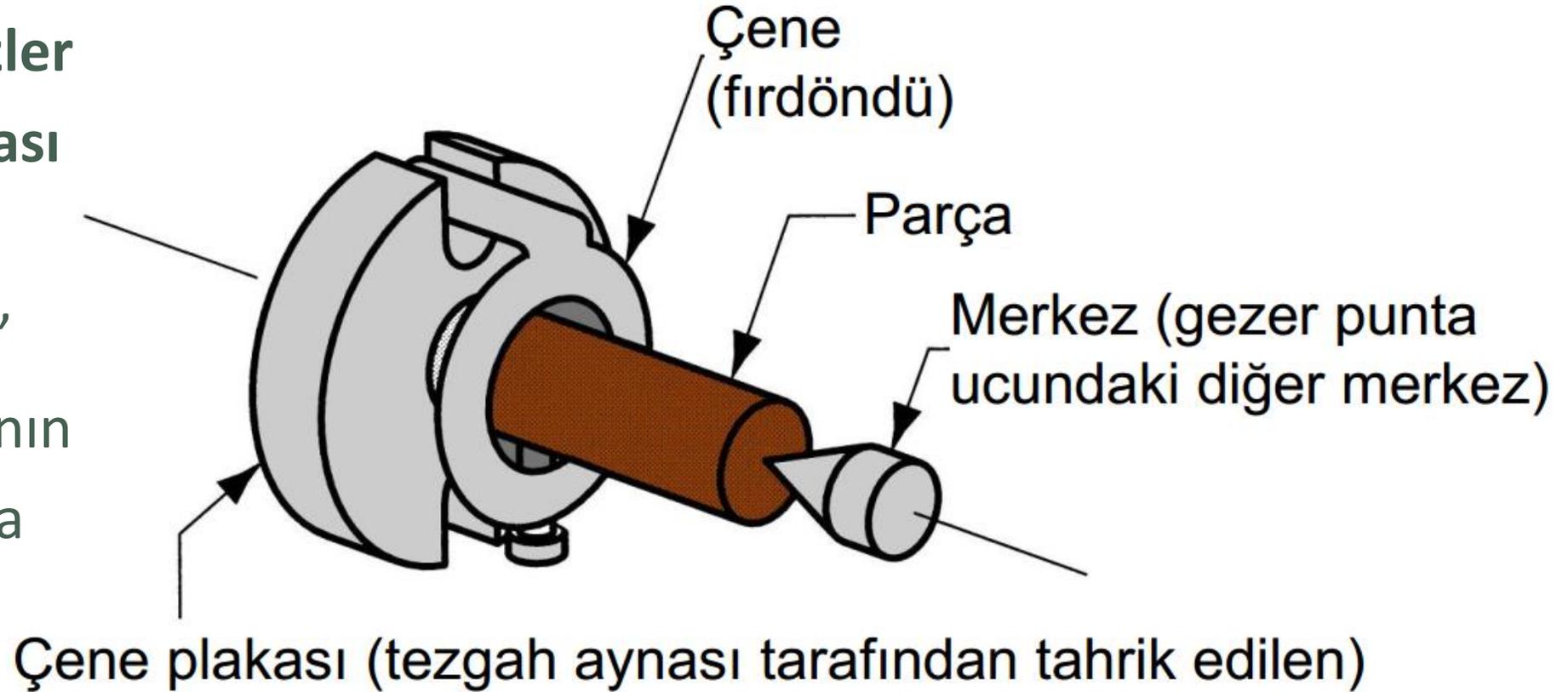


- *Örnek Video:*

Torna Tezgâhında İş Parçasının Tespit Yöntemleri

Parçanın merkezler arasında tutulması

(a) bir “firdöndü” kullanarak parçanın merkezler arasında monte edilmesi

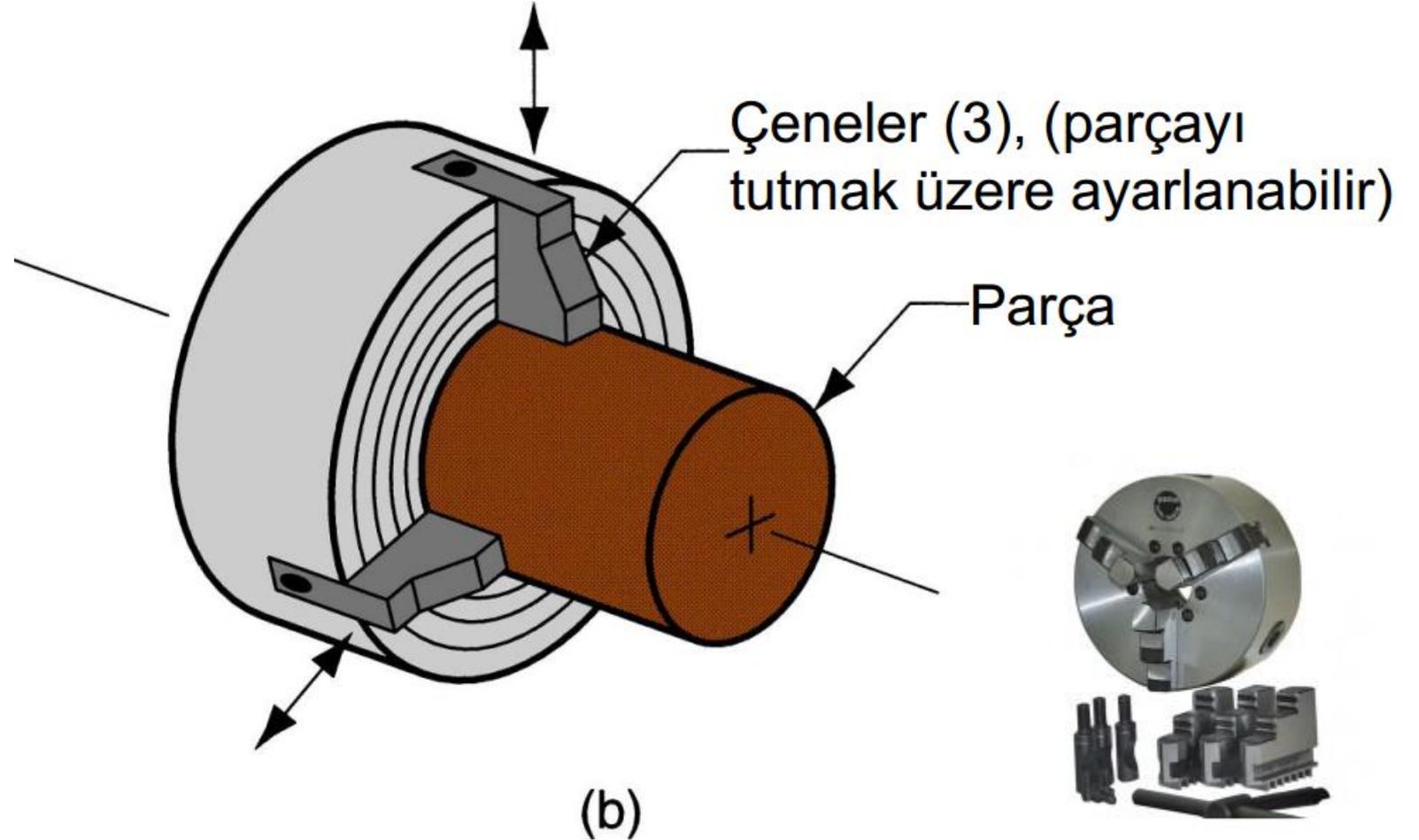


(a)

Torna Tezgâhında İş Parçasının Tespit Yöntemleri

Ayna (Kavrama)

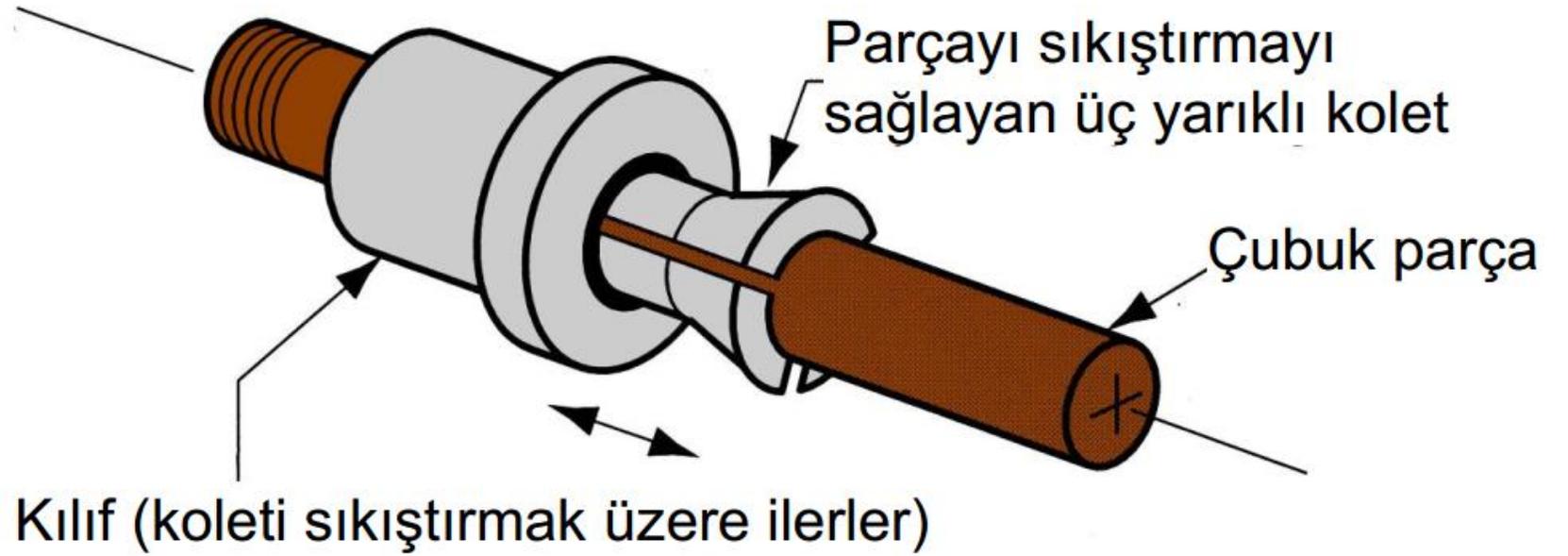
(b) üç çeneli ayna



Torna Tezgâhında İş Parçasının Tespit Yöntemleri

Kolet

(c) kolet



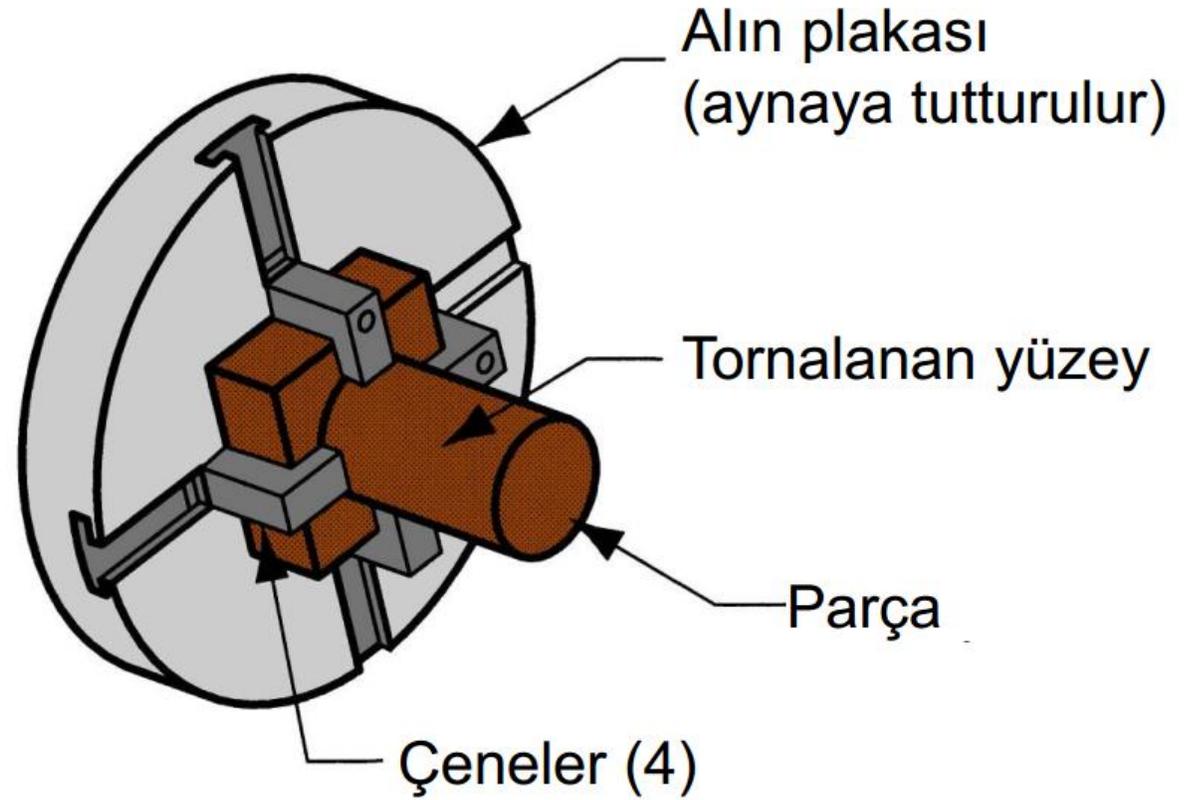
(c)



Torna Tezgâhında İş Parçasının Tespit Yöntemleri

Alın Plakası

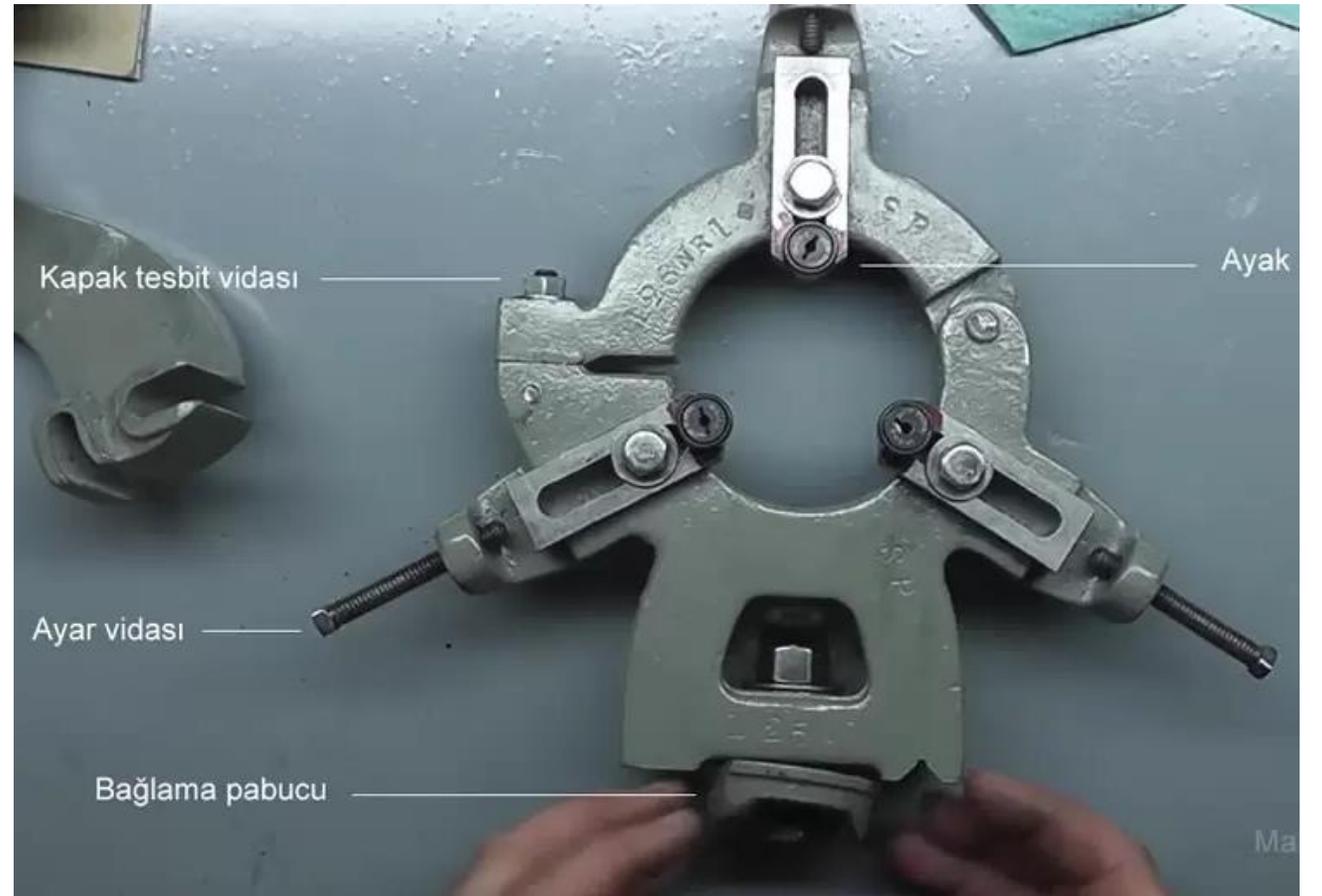
(d) silindirik olmayan parçalar için
alın plakası



(d)

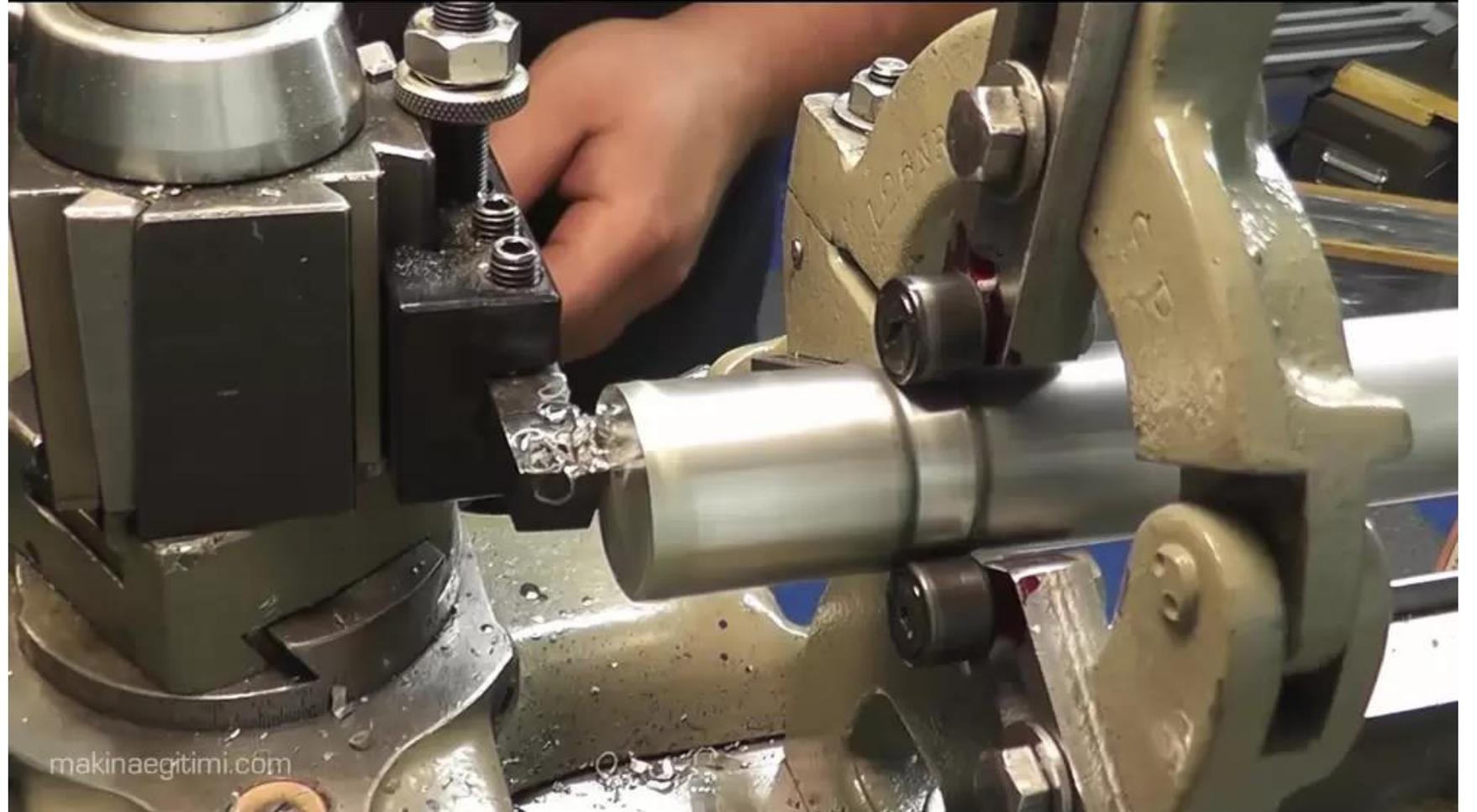
Fırdöndü (İş Parçacı Yataklama Elemanı)

- *Örnek Görsel:* Fırdöndü



Fırdöndü (Yataklama Elemanı)

- *Örnek Görsel:*
Fırdöndü



Tornalama İşleminde Parçanın Yataklanması

- Tornalama operasyonlarında uzun boylu parçaların tezgahta yataklanması



Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Borlama

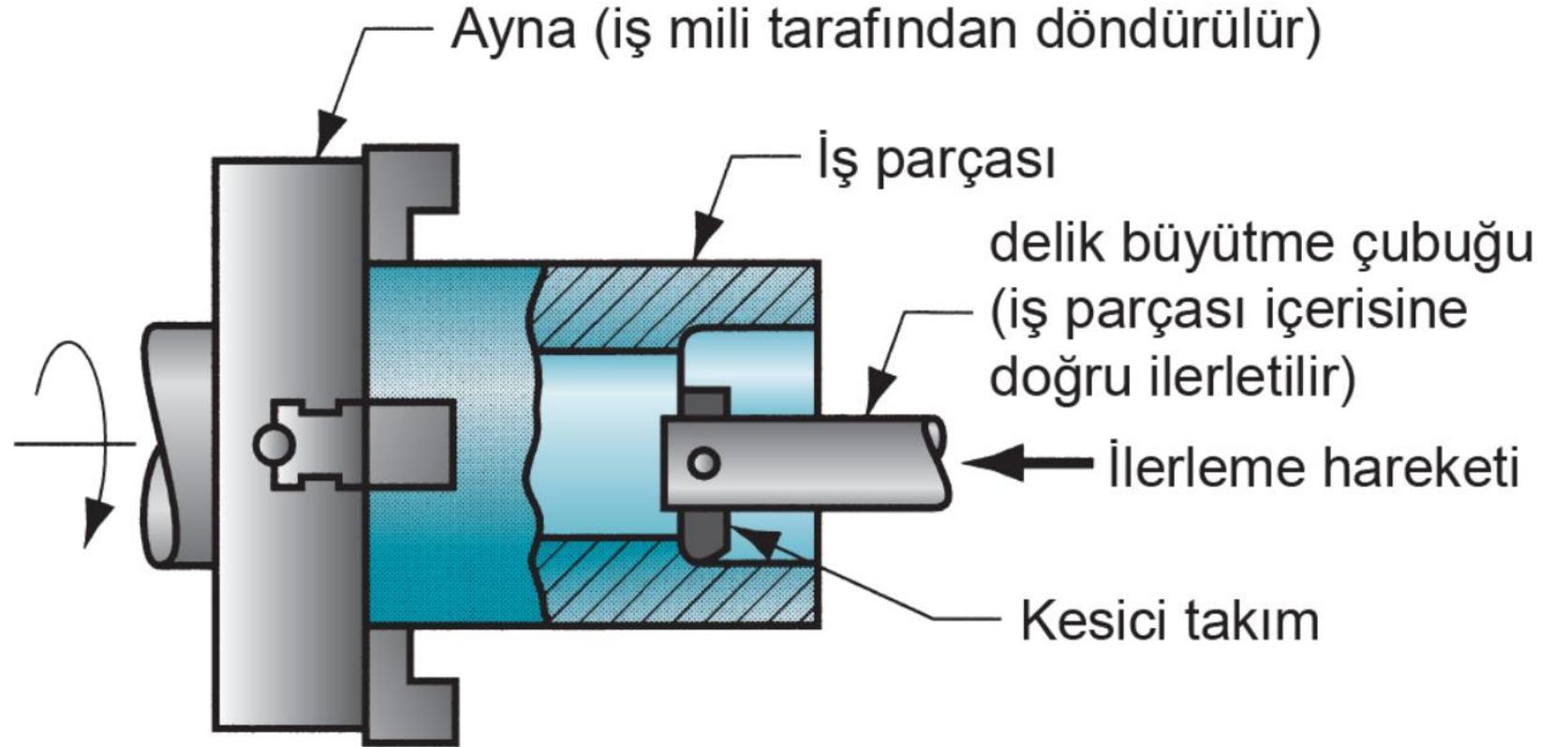
Borlama (Delik Büyütme)

- Mevcut bir deliği genişletme işlemine **borlama** denir
- Borlama ve tornalama arasındaki fark:
 - Borlama, mevcut bir deliğin iç çapı üzerinde gerçekleştirilir
 - Tornalama, mevcut bir silindirin dış çapı üzerinde gerçekleştirilir
- Borlama, bir iç tornalama işlemidir
- Borlama makinaları
 - Yatay ve dikey iki türlü olmak üzere, makina kafasının dönme ekseninin yönünü ifade eder

Borlama (Delik Büyütme)

- Yatay delik büyütme (a)

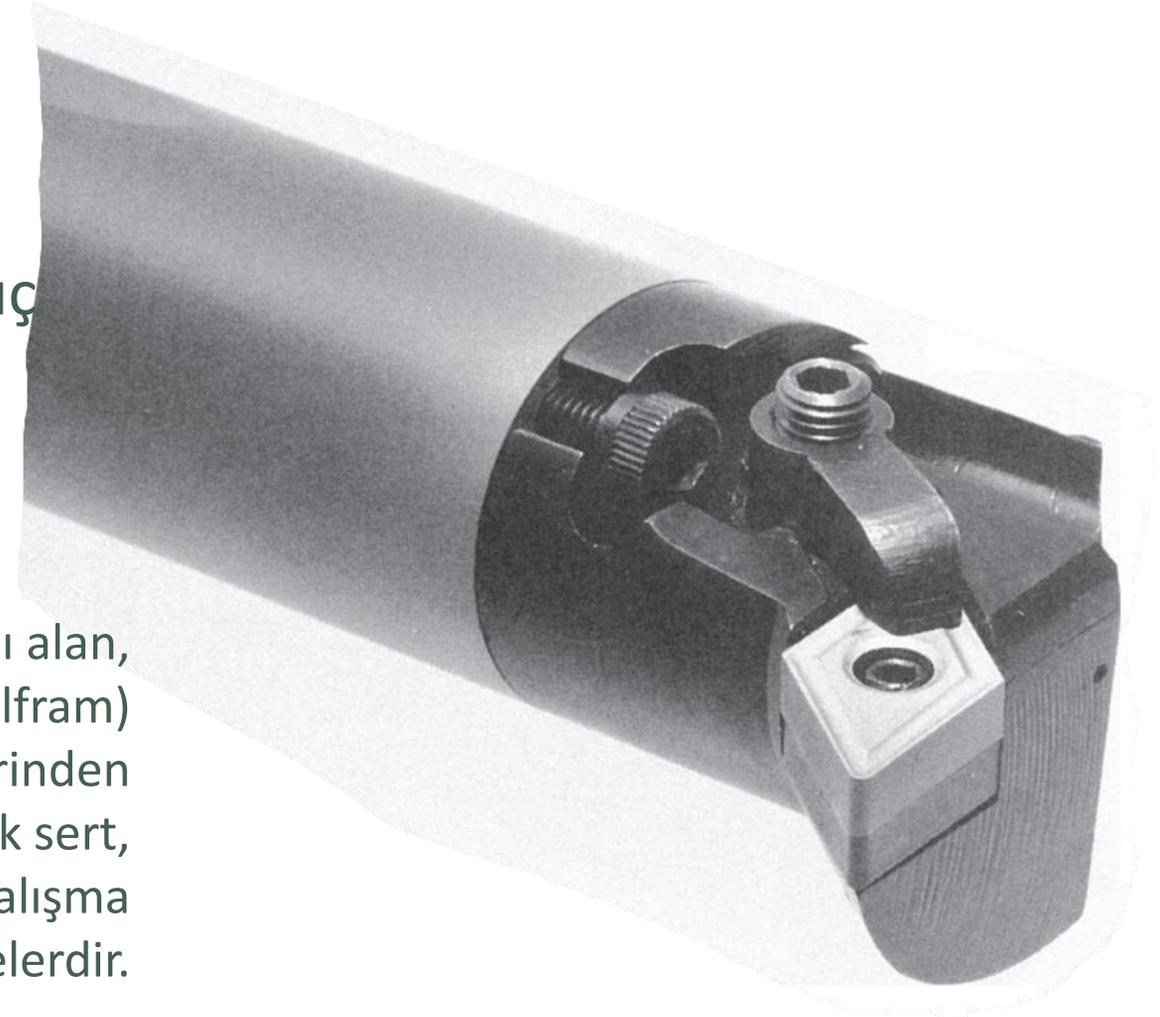
İş parçası döner



Borlama (Delik Büyütme)

- Delik büyütme kalemi (kater)
- Sinterlenmiş karbürden (WC-Co) kesici uç

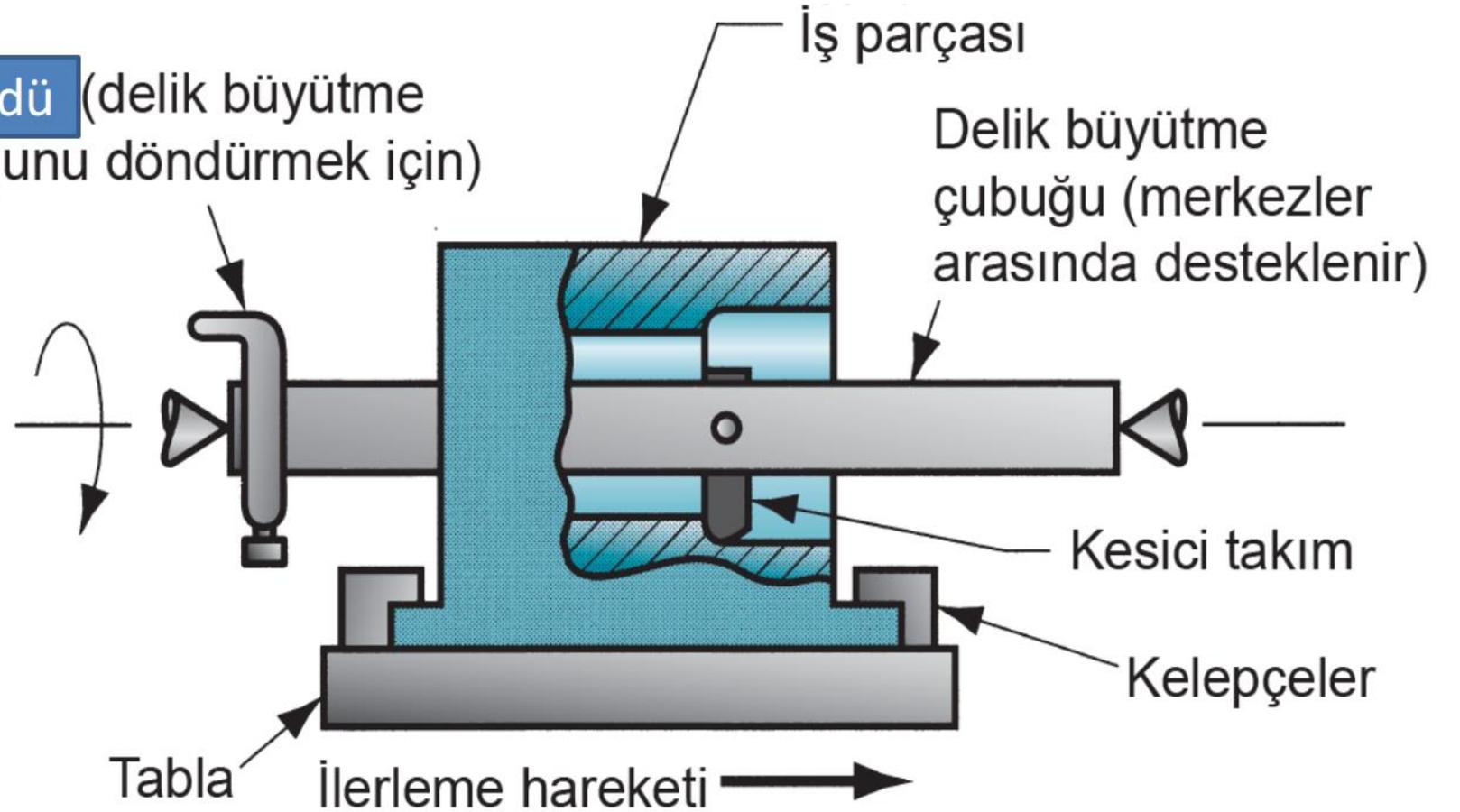
* Sinterlenmiş Karbür: Sert metal (Hard metal) adını alan, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan: Tungsten (Wolfram) karbür (WC), Titan (TiC) ve Tantal (TaC) karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Çok sert, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip malzemelerdir.



Borlama (Delik Büyütme)

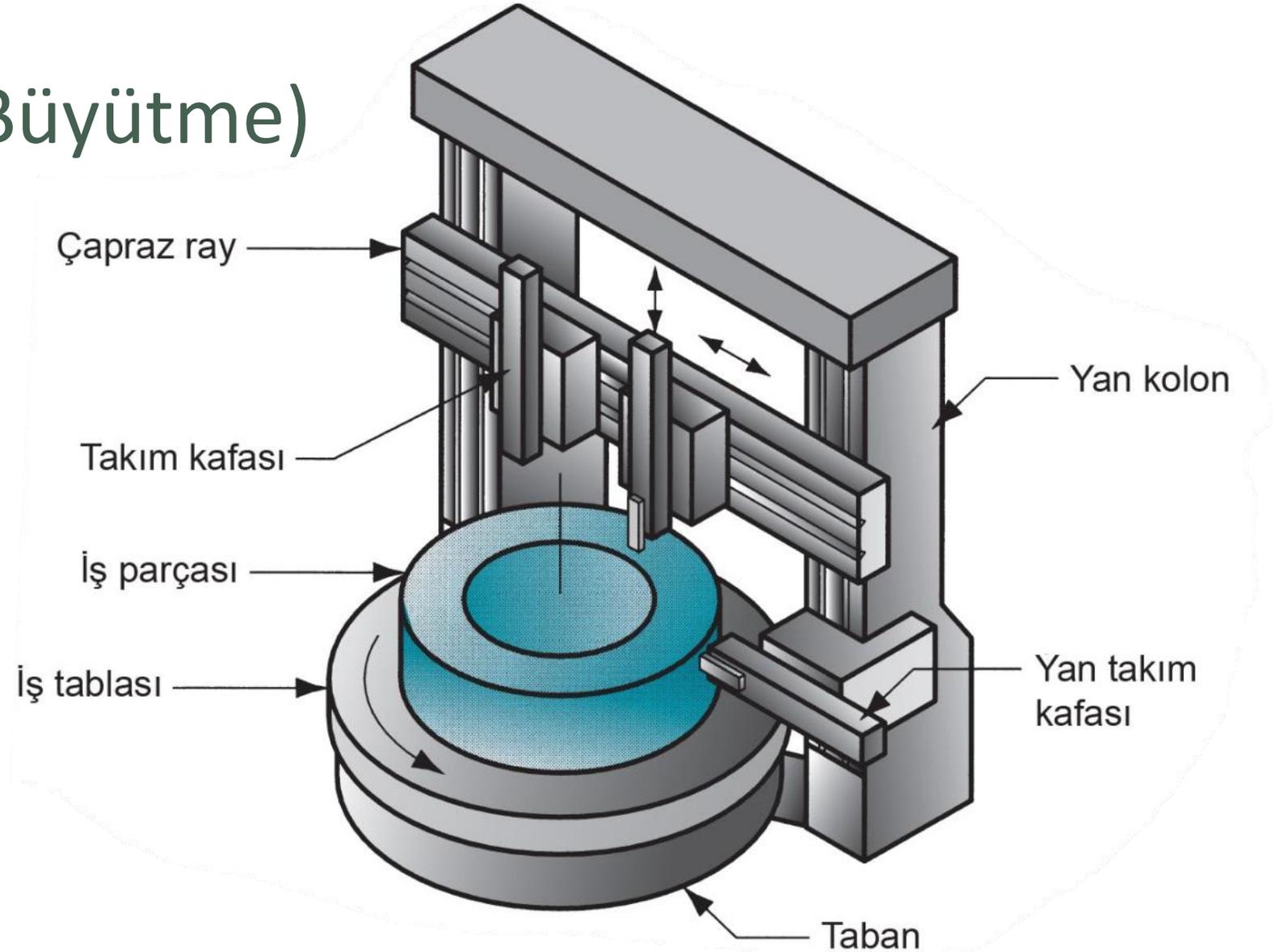
- Yatay delik büyütme (b) **Fırdöndü** (delik büyütme çubuğunu döndürmek için)

Kesici takım döner



Borlama (Delik Büyütme)

- Dik delik büyütme tezgahı

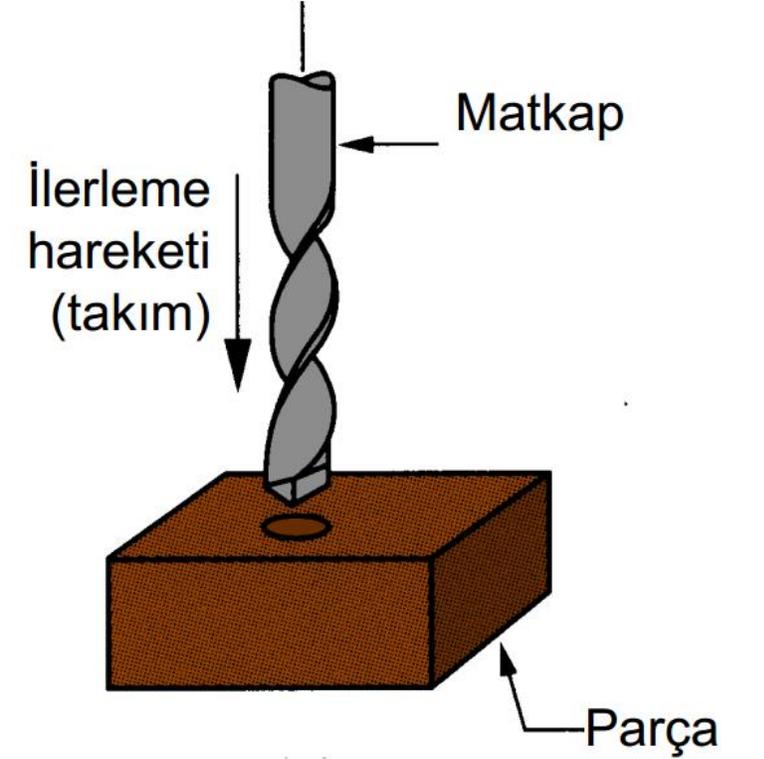


Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Matkapla Delme

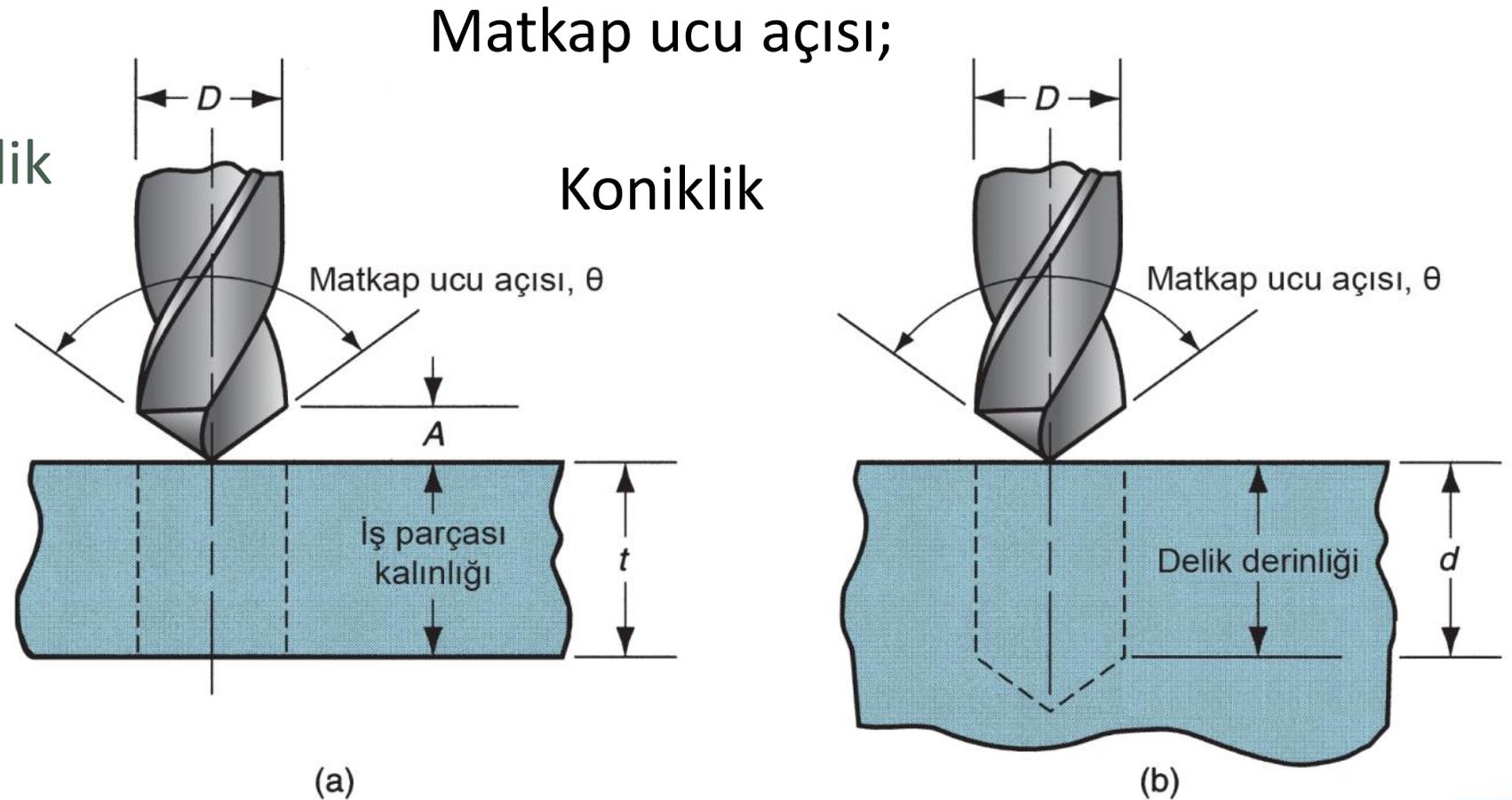
Delme (Matkaplama)

- Parçada dairesel bir delik oluşturur
- Kesici takımlar **matkap** (*drill bits*) olarak adlandırılır
- İşlemin yapıldığı makine:
 - matkap presi
 - sütun matkap
 - matkap tezgahı vb.



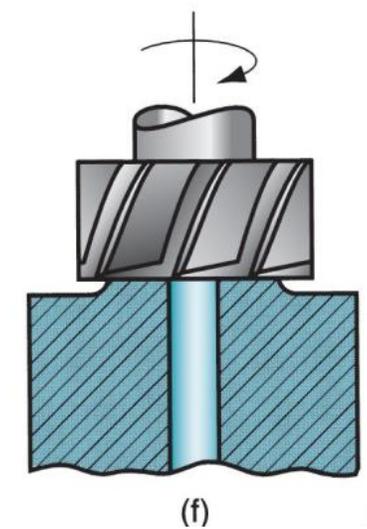
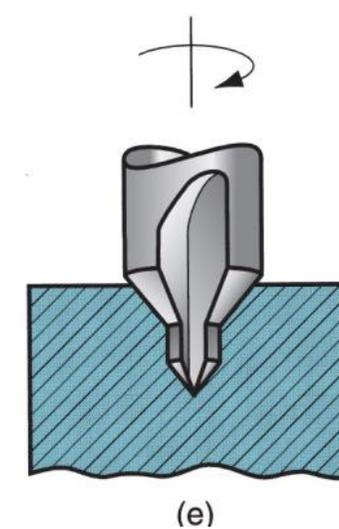
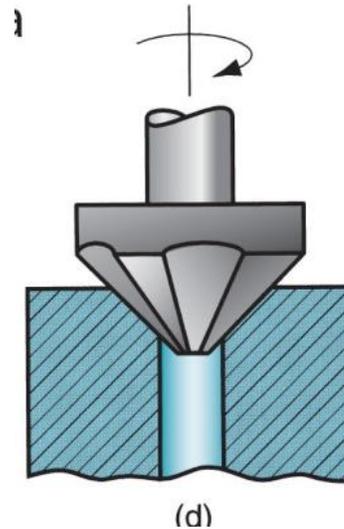
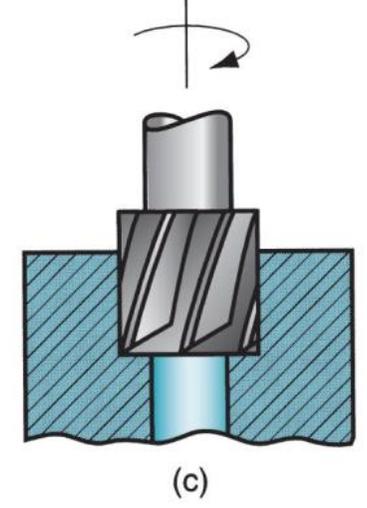
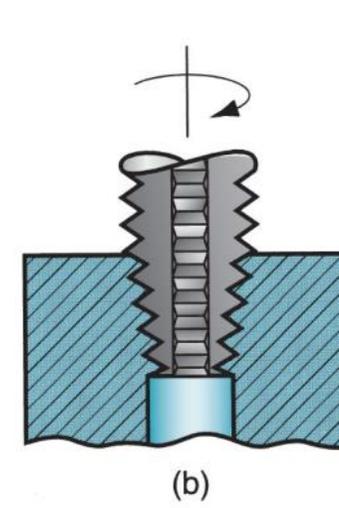
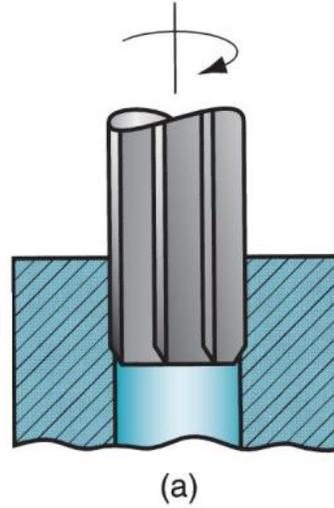
Delik Delme Operasyonu (Matkaplama)

- a) Açık delik
- b) Kapalı (kör) delik



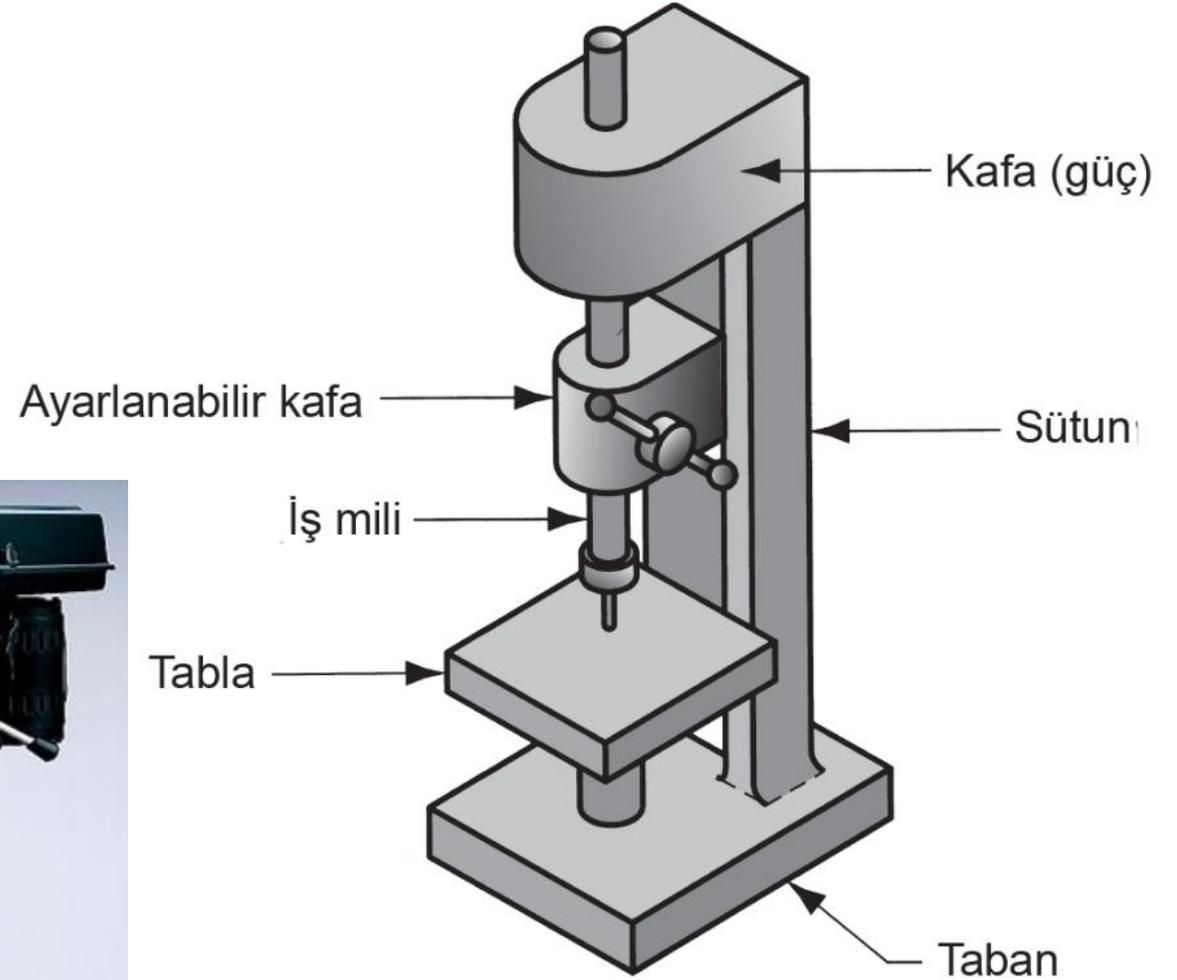
Delik Delme ile İlgili İşleme Operasyonları

- a) Raybalama
- b) Kılavuz çekme (iç vida açma)
- c) Silindirik havşa açma (kademeli delik)
- d) Konik havşa açma
- e) Merkezleme (puntalama)
- f) Alın frezeleme



Matkap Tezgâhları

- Zemin üzerinde duran dikey matkap presi (***Dik Sütunlu Matkap Presi***)
- ***Tezgah (üstü) matkapları*** da buna benzer ancak daha küçüktür, tezgaha veya bir masaya yerleştirilir



Matkap Tezgâhları

- ***Radyal Matkap:***
Büyük parçalar için tasarlanmış büyük boyutlu matkap (tezgahı) presi

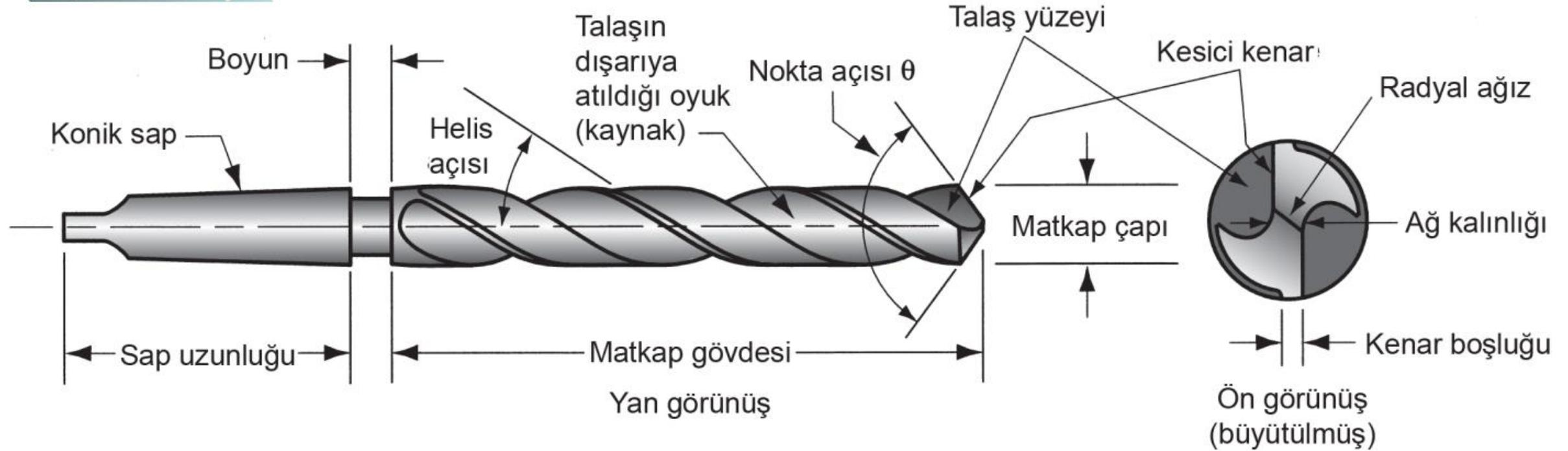


Delik Delme (Matkaplama)

- Matkaplamada parça tutma tipleri:
 - *Mengene* – iki çeneli genel amaçlı parça tutucu
 - *Fikstür* – genellikle belirli parçalar için tasarlanmış parça tutucu aparat
 - *Delme jig'i* – fikstüre benzer ancak delme sırasında takımın kılavuzlanmasını sağlar



Matkap Ucu (Helisel Matkabın Standart Geometrisi)



- Matkap ucunun "iş ucu"nda iki kesme kenarı vardır
- Geleneksel bir matkap takımında uç açısı 118°
- Flütlerin dışında kenar boşluklarının kenarını oluşturan kesme uçları matkap çapı her zaman aynı çapta taşlanır

Matkapla Delme İşlemi

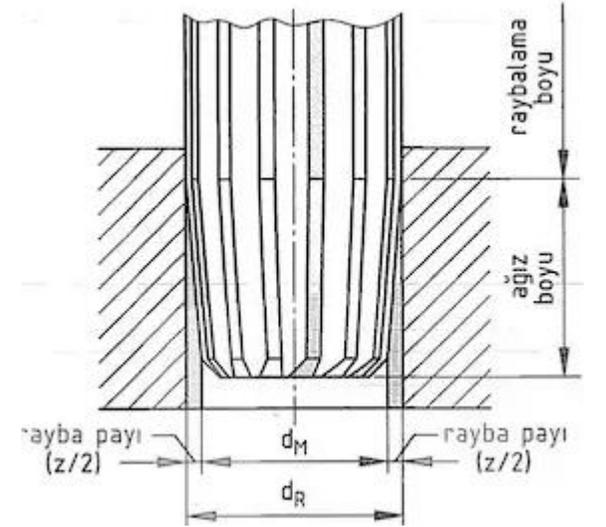
- Delik delmenin (matkapla) önemli bir özelliği, kesme kenarı boyunca kesme hızında oluşan farklılıktır. Hız, silindirik yüzey oluşturan çevrede maksimum ve kesme kenarı bir keski şeklinde bilenmiş olduğu matkap takımının ekseninde sıfıra yaklaşır.
- Matkaplar, ince ve son derece zorlanan takımlardır. Yeterli dayanım sağlanırken flütler (boşluklar) talaş akışına izin verecek şekilde dikkatli bir şekilde tasarlanmış olması gerekir.
- Talaşın uzaklaştırılması ve sürtünme, matkapla delme işleminde en önemli problemlerdir:
 - Flütlerin, talaşın kesme işlemi sırasında deliğin alt bölümlerinden yukarı çıkabilmesi için yeterli boşluk sağlamaları gerekir
 - Sürtünme işleme koşullarını daha da olumsuz hale getirir
 - Matkabın dış çapı ile yeni oluşan delik yüzeyi arasında ovalama (sürtme) meydana gelir
 - Matkabın ucundaki sürtünme ve ısınmayı azaltmak için kesme sıvısının uca ulaşması zordur çünkü talaş ters yönde akar

Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Raybalama

Raybalama

- Deliği hassas bir yüzey kalitesi ile istenilen ölçüye getirmek için yapılan bir işlemdir.
- Matkapla delinen delik tam ölçüsünde olmadığı gibi hassas bir iş için yüzeyi de gerekli düzgünlükte elde edilemez. Hassas ve düzgün bir yüzey elde edilmesi istenirse, önce delik, ölçüsünden biraz küçük delinir. Sonra tam ölçüsüne getirmek üzere raybalanır.
- Raybayı kendi çapından daha küçük bir deliğe kolayca sokabilmek için uç kısmı konik yapılmıştır. Buna başlangıç kesme ucu denir ve kesme işini bu uç yapar.



Raybalama

- Raybanın kesici ağızları, delik eksenî yönünde uzunlamasına hareket eder. Kesici ağızların iyi talaş kaldırabilmesi için delik yüzeyine dar bir kısmıyla değmesi gerekir. Bunun için kesici ağızların sırtları boşaltılmış ve boydan boya dar bir şerit halinde zırh bırakılmıştır. Daha önce açılmış deliğe dikkatlice sokulan rayba döndürülerek hareket ettirilirse kesici ağızlar delik yüzeyinden gayet ince bir talaş kaldırır.
- Silindirik kısımdaki zırh yüzeyleri raybaya kılavuzluk eder. Makine raybalarının ucu çaplarına göre çeşitli konikliklerde yapılırlar. Bunların boyu genellikle kısa seçilir. Konik raybalarda ayrıca başlangıç kesme ucuna gerek yoktur. Çünkü konik olan rayba deliğe kolayca girer. Koniklik yüzünden zorlanmalarla karşı karşıya olan bu raybalar çabuk kırılabilir. Çünkü kesici bütün boyda malzemeyi kavrar. Bu sebepten konik raybaların dikkatli kullanılması gerekir.

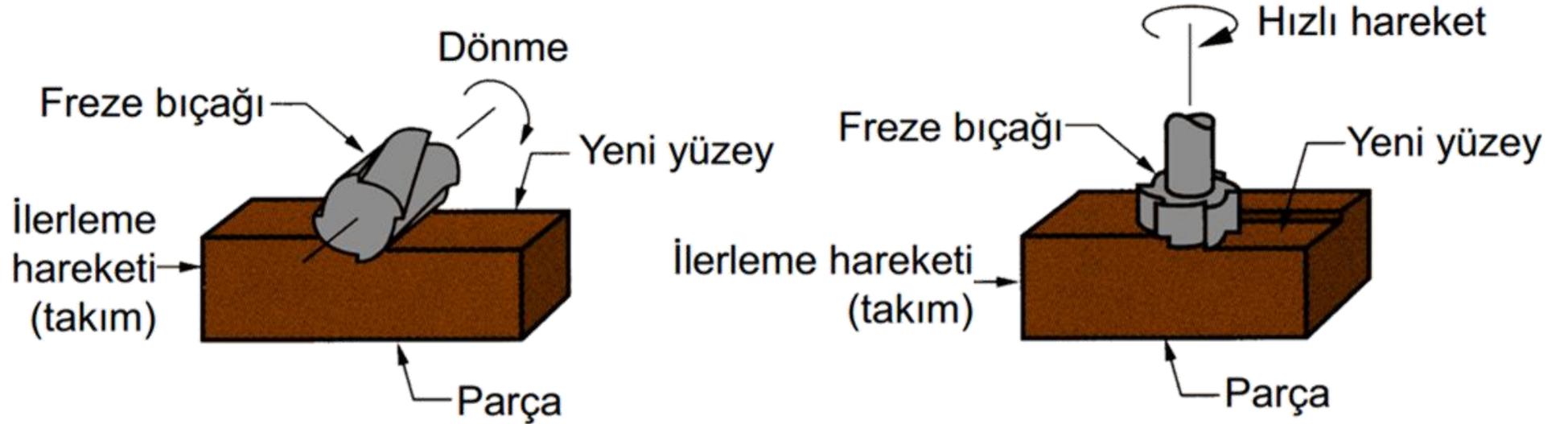


Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Frezeleme

Frezeleme

- Dönen çoklu kesici uçlu takım, bir düzlem, düz bir yüzey veya eğrisel yüzey kesmek üzere parça boyunca hareket eder. Takım sabit olup, parça hareketli olabilir.



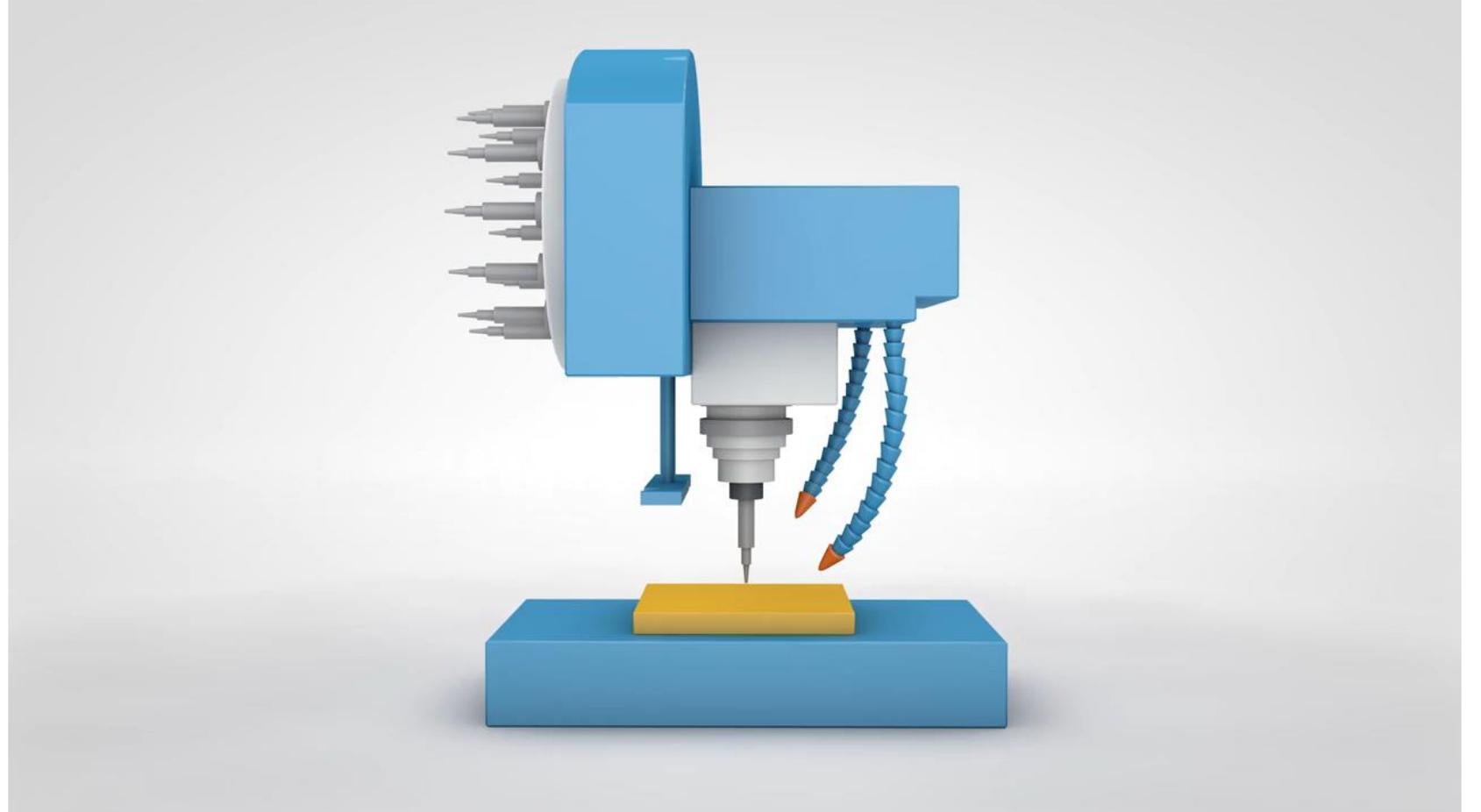
- çevresel (yüzey) frezeleme

- alın frezeleme

Talaş Kaldırma Yöntemleri

Freze

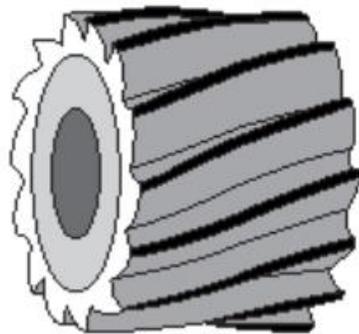
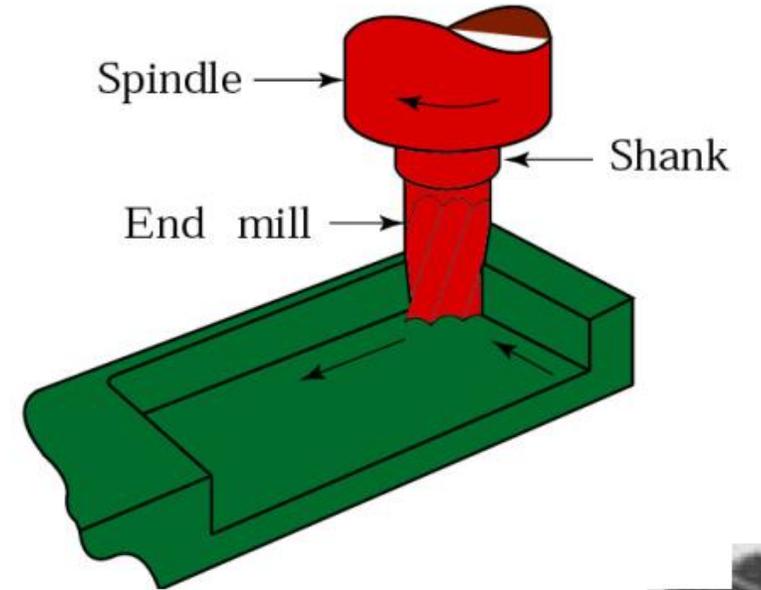
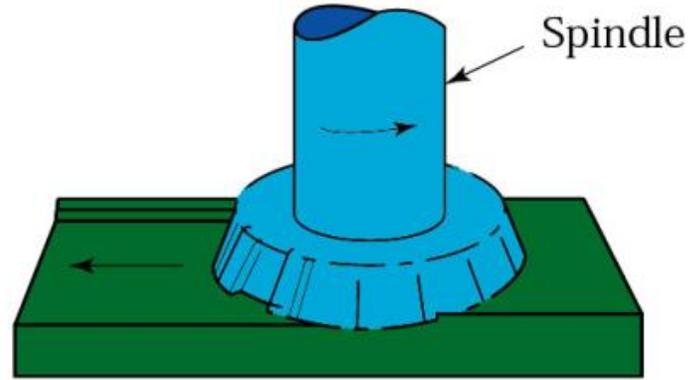
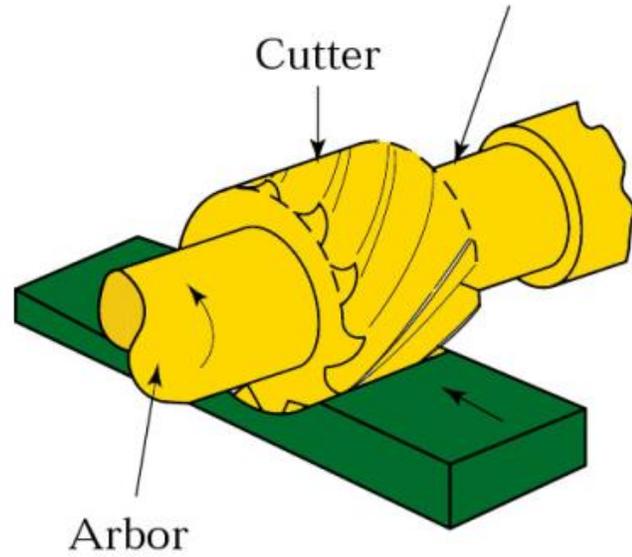
- *Örnek*
Animasyon
(CNC Milling)



Frezeleme

- Parçanın, çoklu kesici kenarları olan bir kesici takıma doğru ilerlediği talaş kaldırma yöntemidir.
- Dönen takım eksenini (çoğunlukla) ilerlemeye dikdir. Düz bir yüzey oluşturur.
- Çakı yolu veya şeklini değiştirerek türlü çeşitli geometriler oluşturulabilir.
- Kesici takım, freze çakısı olarak adlandırılır; kesme kenarlarına ise “diş” denir. Makine, freze tezgahı olarak adlandırılır.

Frezeleme

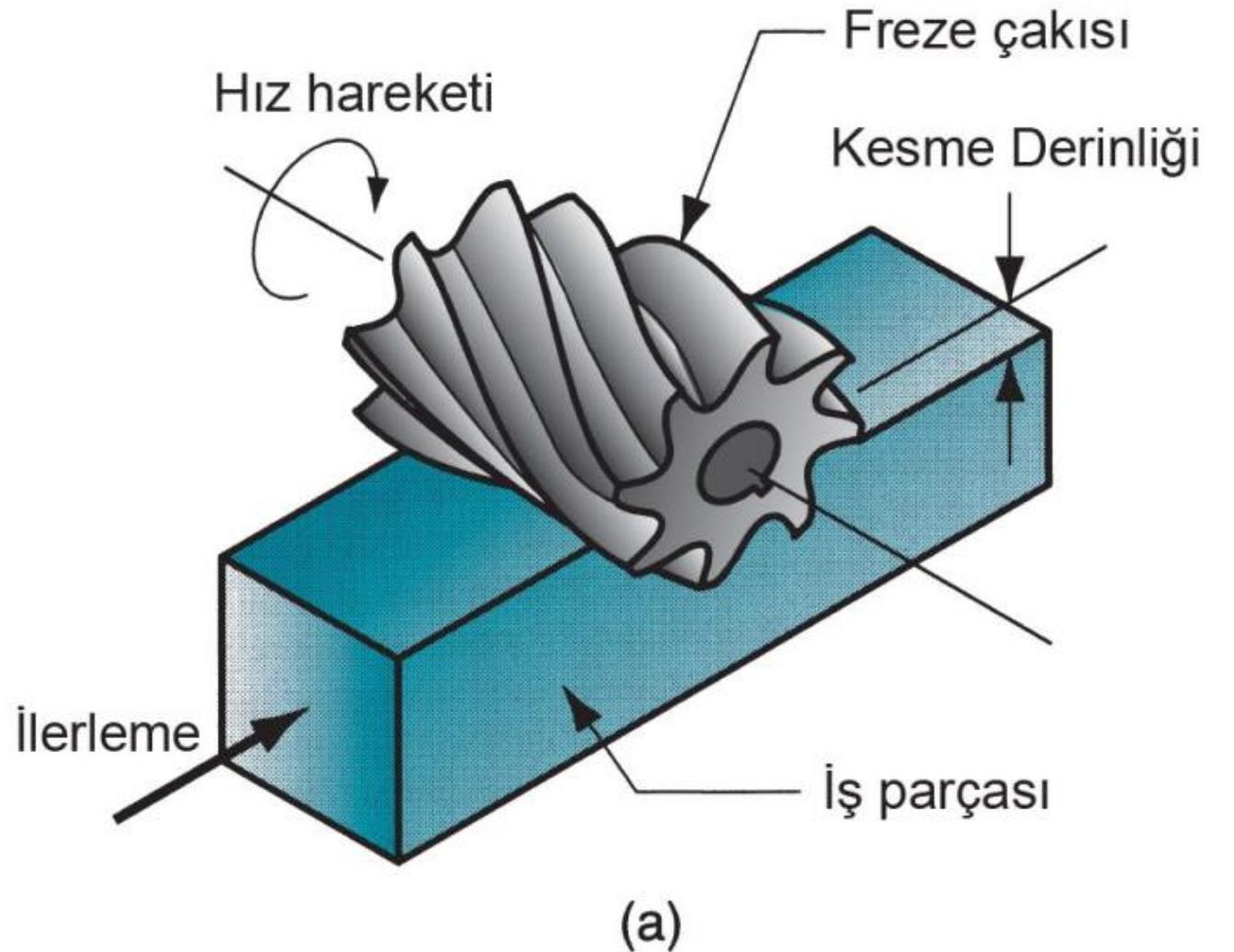


Frezeleme

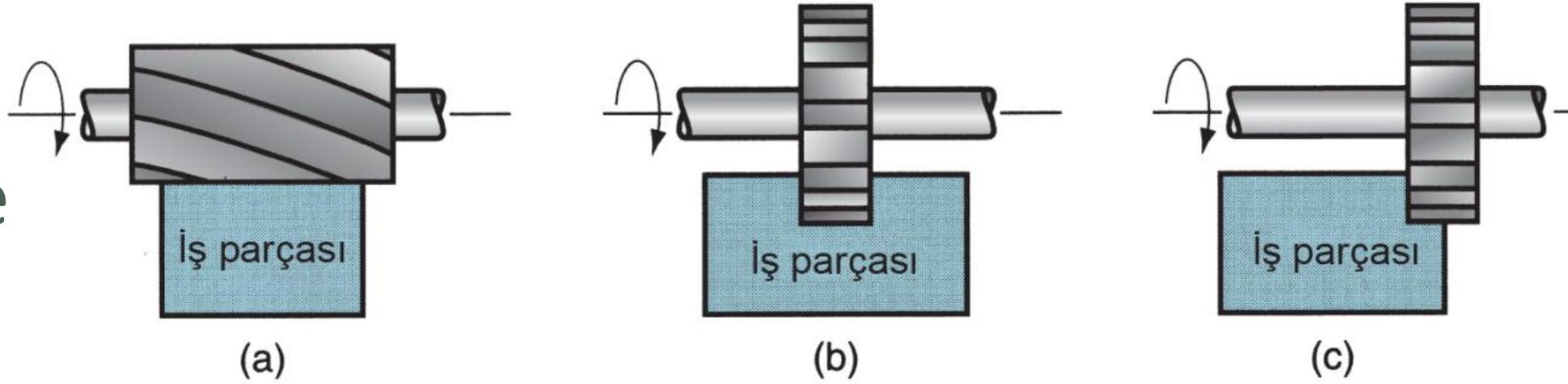
- Temel Tip Frezeleme Operasyonları

a) Çevresel (sath) veya düz frezeleme:

- * Çakı eksenini talaş kaldırılan yüzeye paraleldir
- * Kesme kenarları bıçak çevresinin dışındadır



Frezeleme



• Çevresel frezeleme:

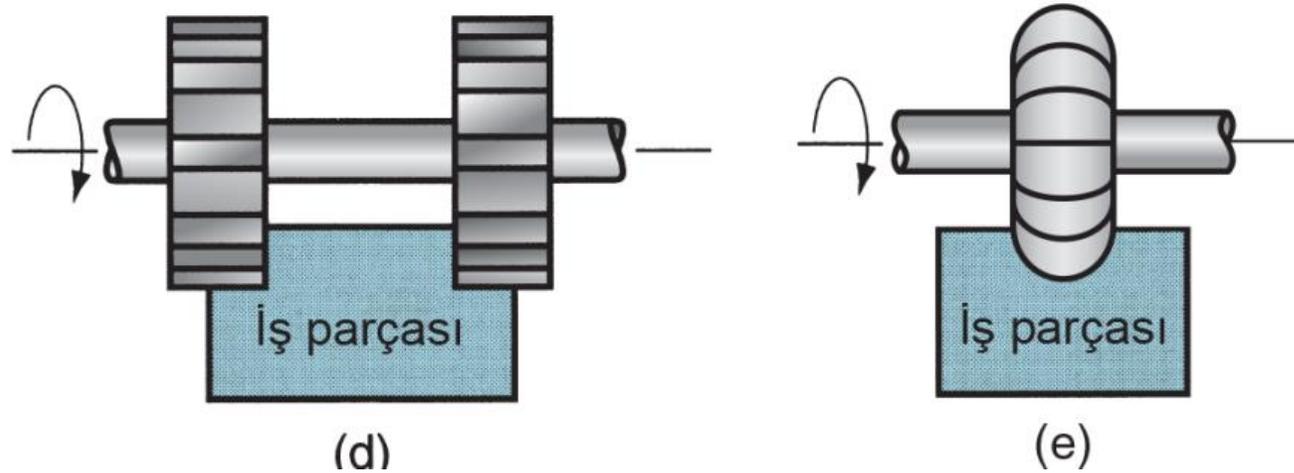
a) Vals frezeleme

b) Kanal açma

c) Yan frezeleme

d) Çifte frezeleme

e) Biçimleme (form) frezeleme



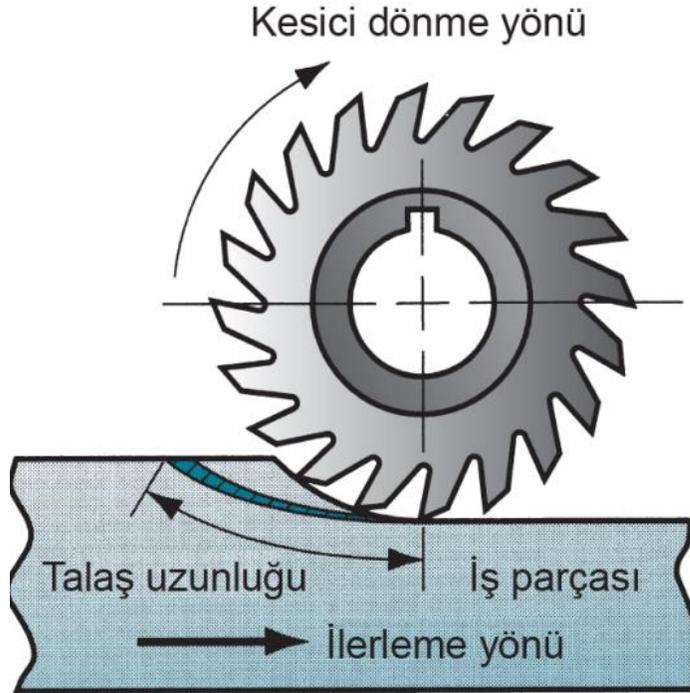
Frezeleme

• Yukarı – Aşağı Frezeleme

Yukarı Frezeleme (Up Milling)

Geleneksel frezeleme olarak da adlandırılır,

- Çakı ilerlemeye zıt yönde döner
- Her bir kesici dişin oluşturduğu talaş çok ince başlar ve giderek kalınlaşır.
- Talaşın boyu nispeten uzundur
- Takım ömrü nispeten daha kısadır
- İş parçasını tutmak için daha fazla bağlama kuvveti gerekir.

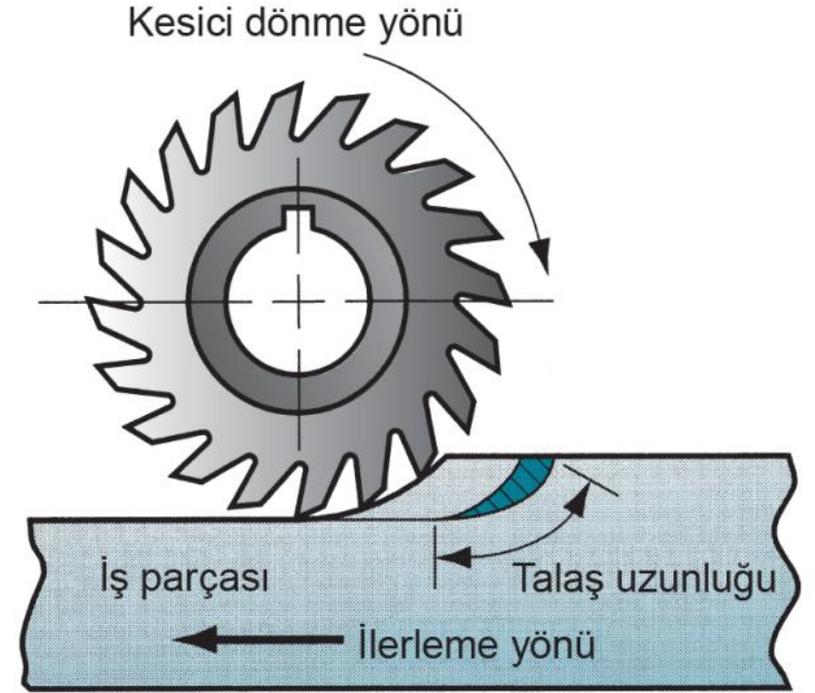


(a)

Aşağı Frezeleme (Down Milling)

Tırmanma frezelemesi olarak da adlandırılır,

- Çakının dönüş yönü ilerlemeyle aynıdır,
- Her bir kesici dişin oluşturduğu talaş kalın başlar ve giderek incelik,
- Talaşın boyu nispeten kısadır,
- Takım ömrü nispeten uzundur,
- İş parçasını tutmak için daha az sıkma kuvveti gerekir



(b)

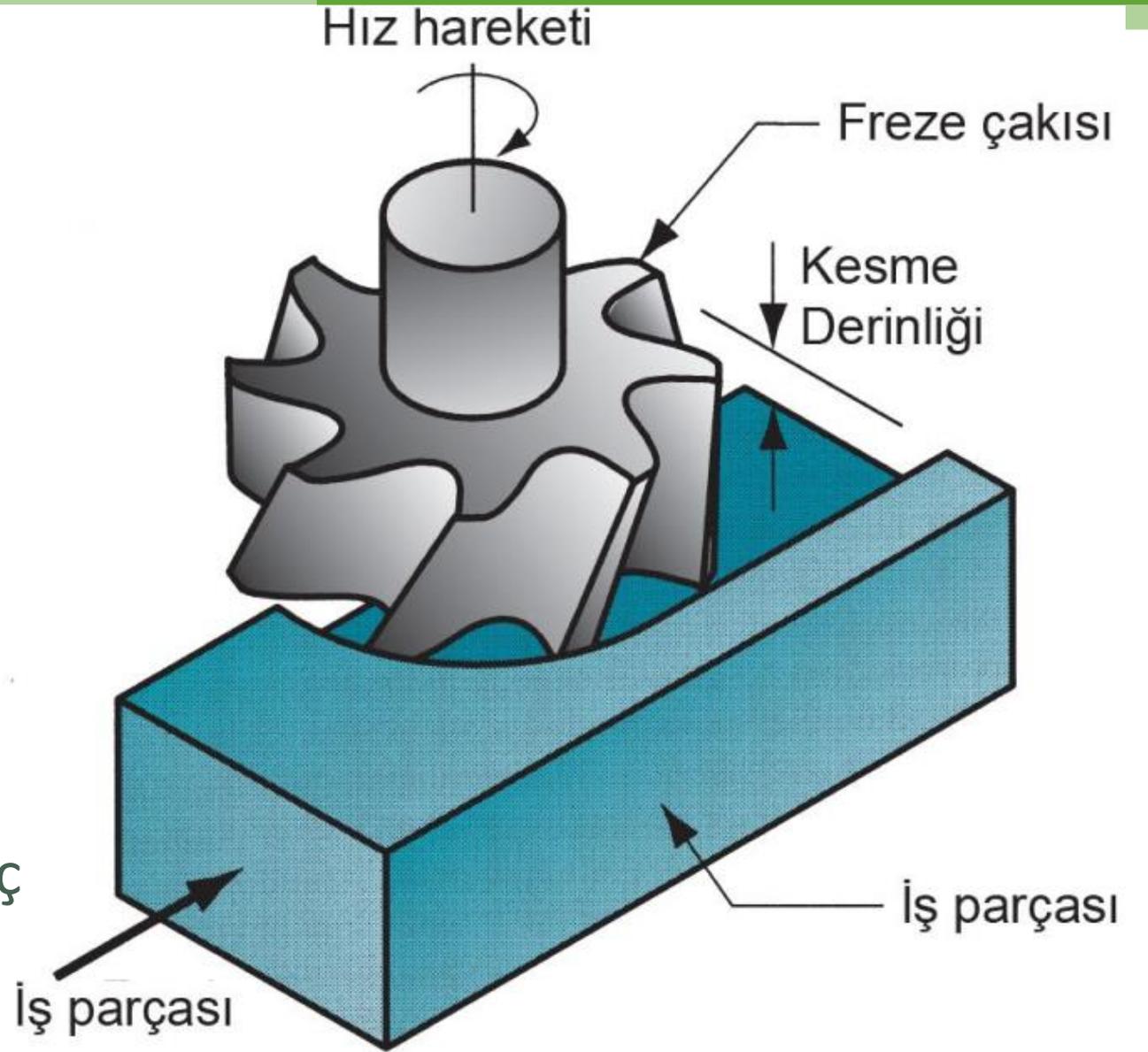
20 dişli bir freze çakısı ile yapılan satıh frezelemenin iki türü (a) Yukarı frezeleme, (b) aşağı frezeleme

Frezeleme

- Temel Tip Frezeleme Operasyonları

b) Alın frezeleme:

- * Çakı eksenini, frezelenen yüzey eksenine diktir
- * Kesme kenarları bıçağın hem uç hem de dış çevresi üzerindedir

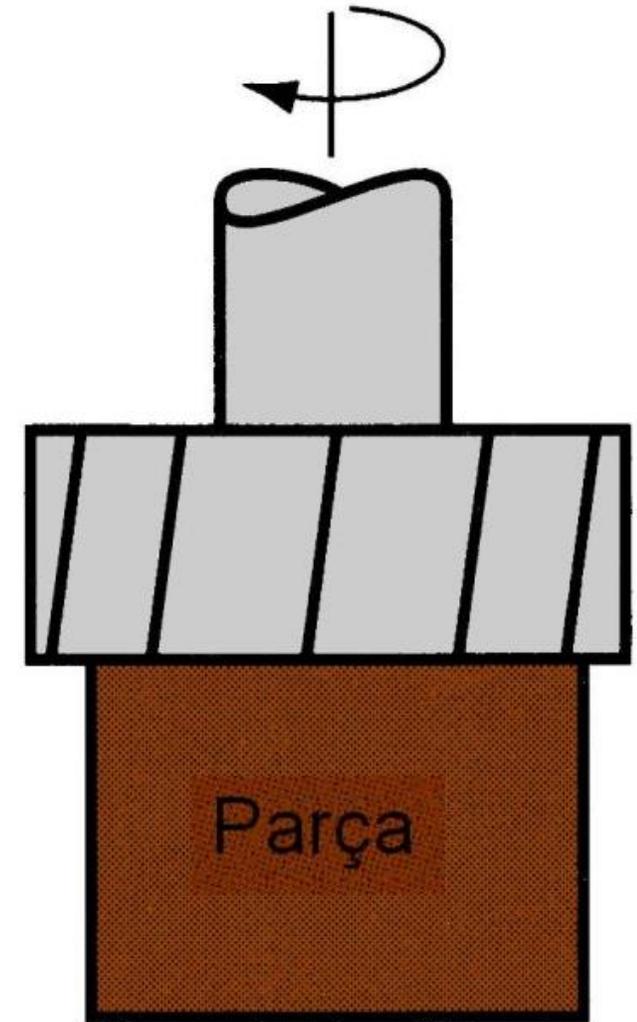


(b)

Geleneksel Dikey Frezeleme

- Bıçak parçanın her iki yüzeyine temas eder

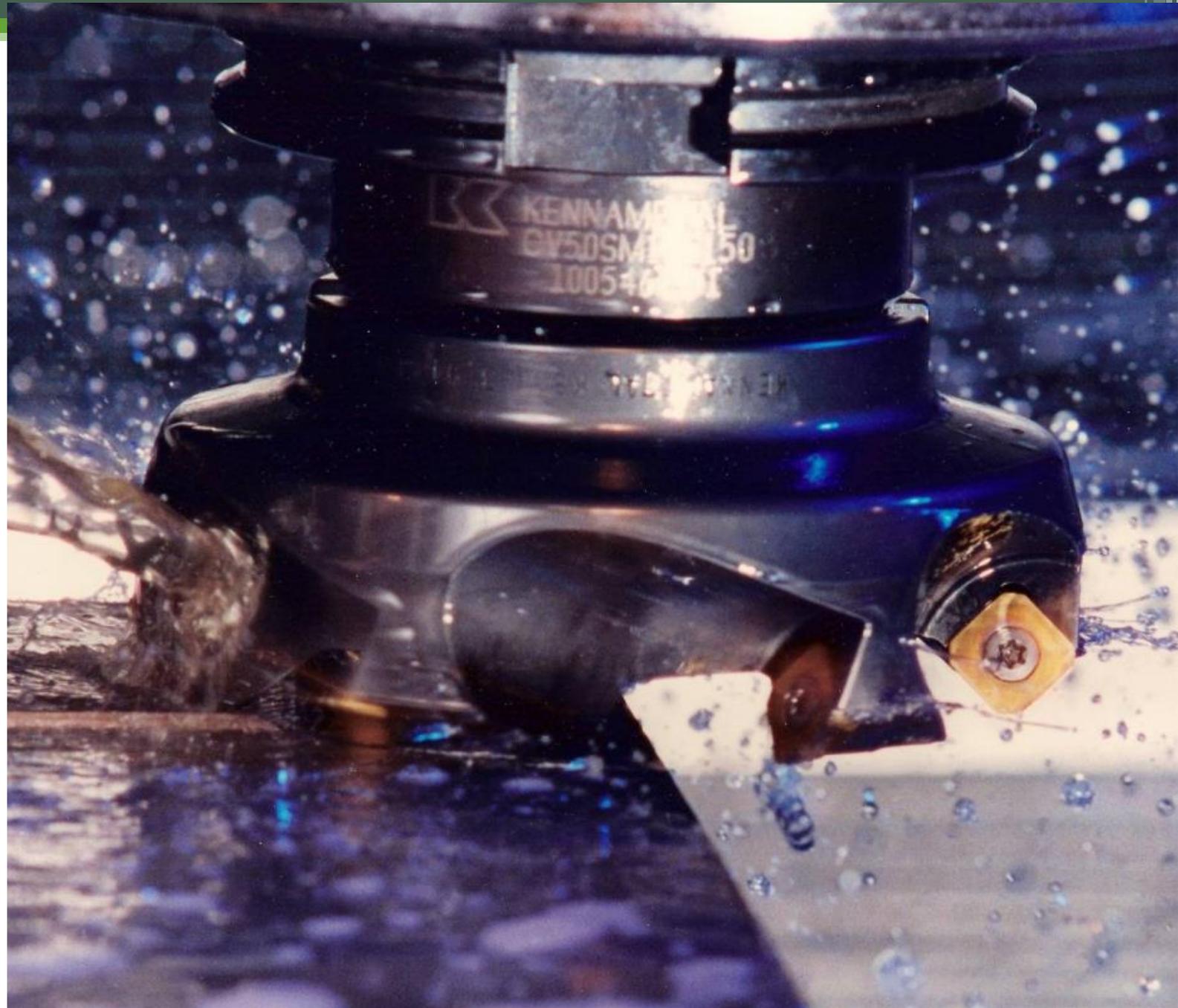
a) Geleneksel alın frezeleme



(a)

Geleneksel Dikey Frezeleme

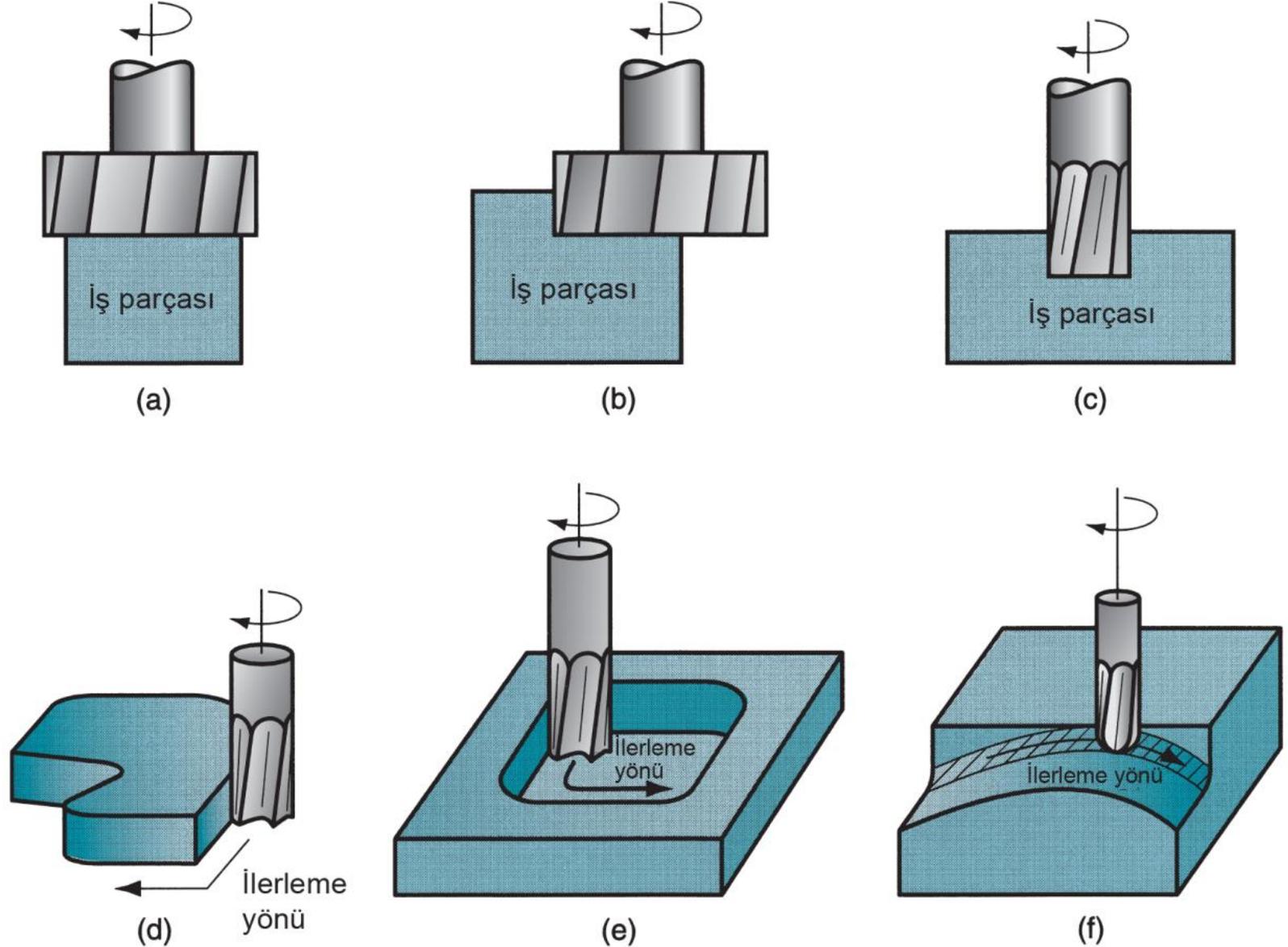
- Örnek görsel:
Döndürülebilir
insertler (plaket, uç)
kullanan yüksek hızlı
bir alın frezeleme



Frezeleme

- **Alın frezeleme:**

- (a) Konvansiyonel (geleneksel) alın frezeleme
- (b) kısmi alın frezeleme
- (c) parmak (uç) frezeleme
- (d) profil frezeleme
- (e) cep frezeleme
- (f) yüzey şekillendirme (konturlama)



Frezeleme / İlerleme Hızı / Devir Sayısı

- N - Kesici için dakikadaki devir sayısı [d/dak] (RPM: Rotate per minute) şu denklemden

hesaplanabilir:
$$N = \frac{CS \times 1000}{\pi d}$$
 burada;

N = Kesicinin devir sayısı [devir/dakika] (RPM)

CS = Malzemenin [mm / dak] olarak Doğrusal Kesme Hızı (Cutting Speed)

d = mm cinsinden kesicinin çapı

- F- İlerleme hızı (F), iş parçasının [mm / dak] olarak hareket hızı olarak tanımlanır. Ama çoğu takım tedarikçisi, bunu kesici diş başına hareket (f: feed) olarak önerir. Böylece,

$$F = f \cdot u \cdot N$$

F = [mm / dak] olarak ilerleme hızı

f = [mm] cinsinden kesici diş başına ilerleme (bkz. örnek tablo 1)

u = kesicinin diş sayısı

Frezeleme / İlerleme Hızı / Devir Sayısı

- $$N = \frac{CS \times 1000}{\pi d}$$

N = kesicinin devir sayısı [d/dak]

CS = doğrusal kesme Hızı [mm/dak]

d = kesicinin çapı [mm]

- $$F = f \cdot u \cdot N$$

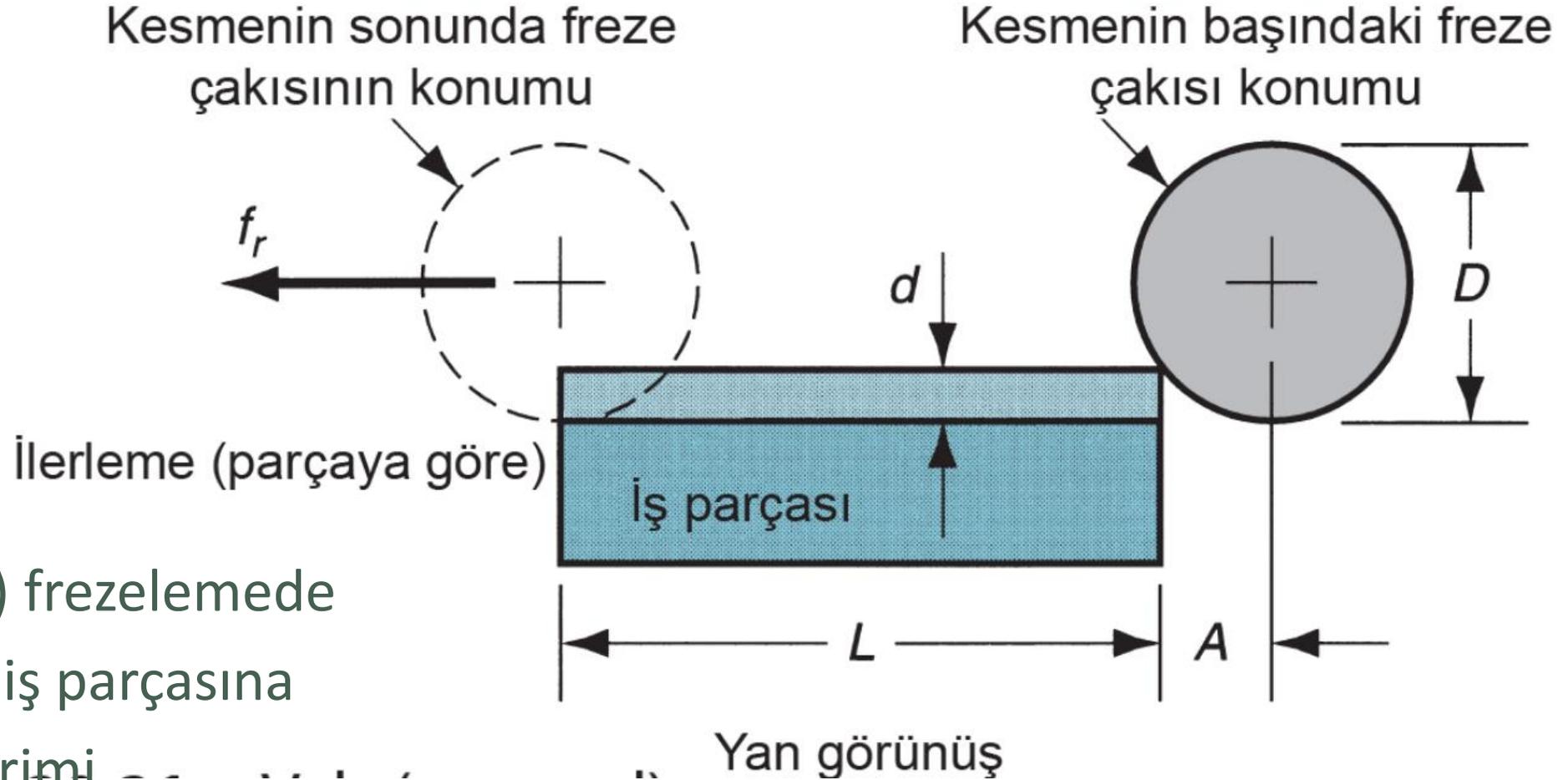
F = ilerleme hızı [mm/dak]

f = kesici dişi başına ilerleme [mm]

u = kesicinin diş sayısı [adet]

Tool Material	High Speed Steel		Carbide	
Material	Cutting Speed	Feed (f)	Cutting Speed	Feed (f)
Mild Steel	25	0.08	100	0.15
Aluminium	100	0.15	500	0.3
Hardened Steel	---	---	50	0.1

Frezeleme / Kesme Koşulları



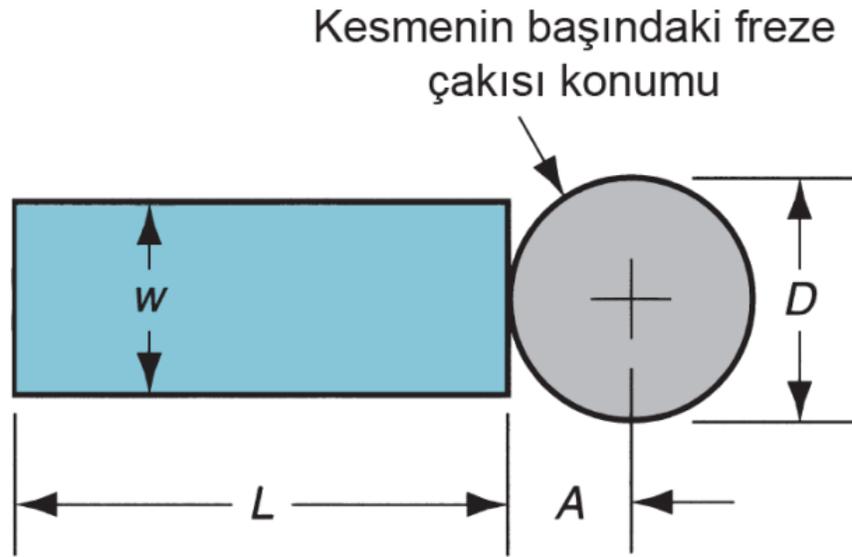
- Çevresel (vals) frezelemede kesici takımın iş parçasına girişinin gösterimi

Frezeleme / Kesme Koşulları

- Alın frezelemede yaklaşma ve ileri gitme mesafelerinin iki durum için gösterimi

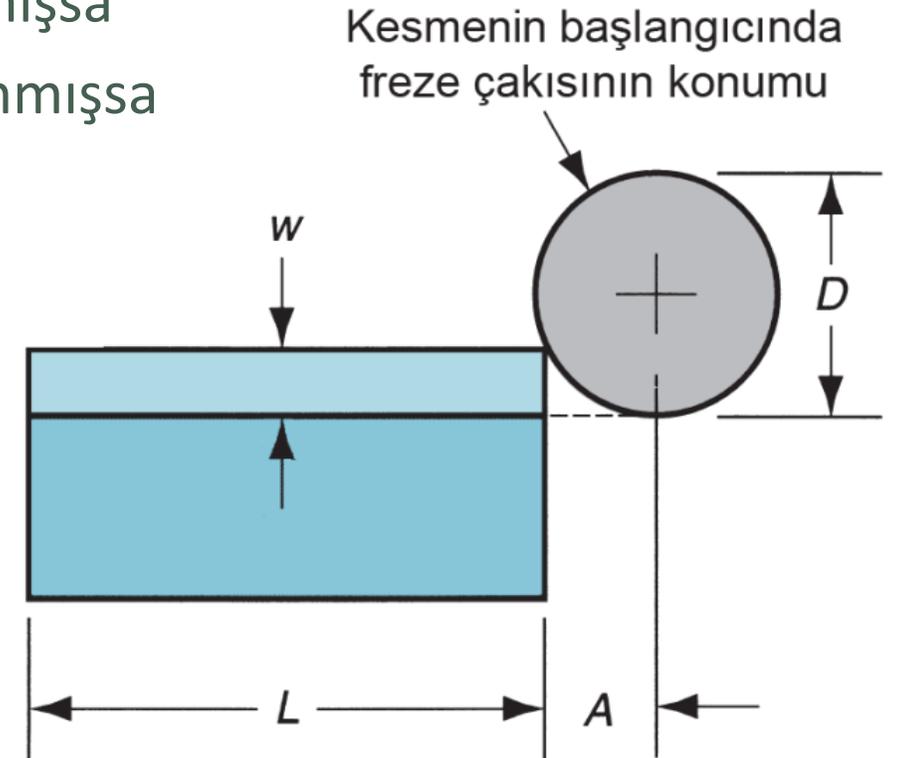
a) freze çakısı iş parçası üzerinde merkezde konumlanmışsa

b) freze çakısı iş parçasının bir tarafına doğru konumlanmışsa



Üst görünüş

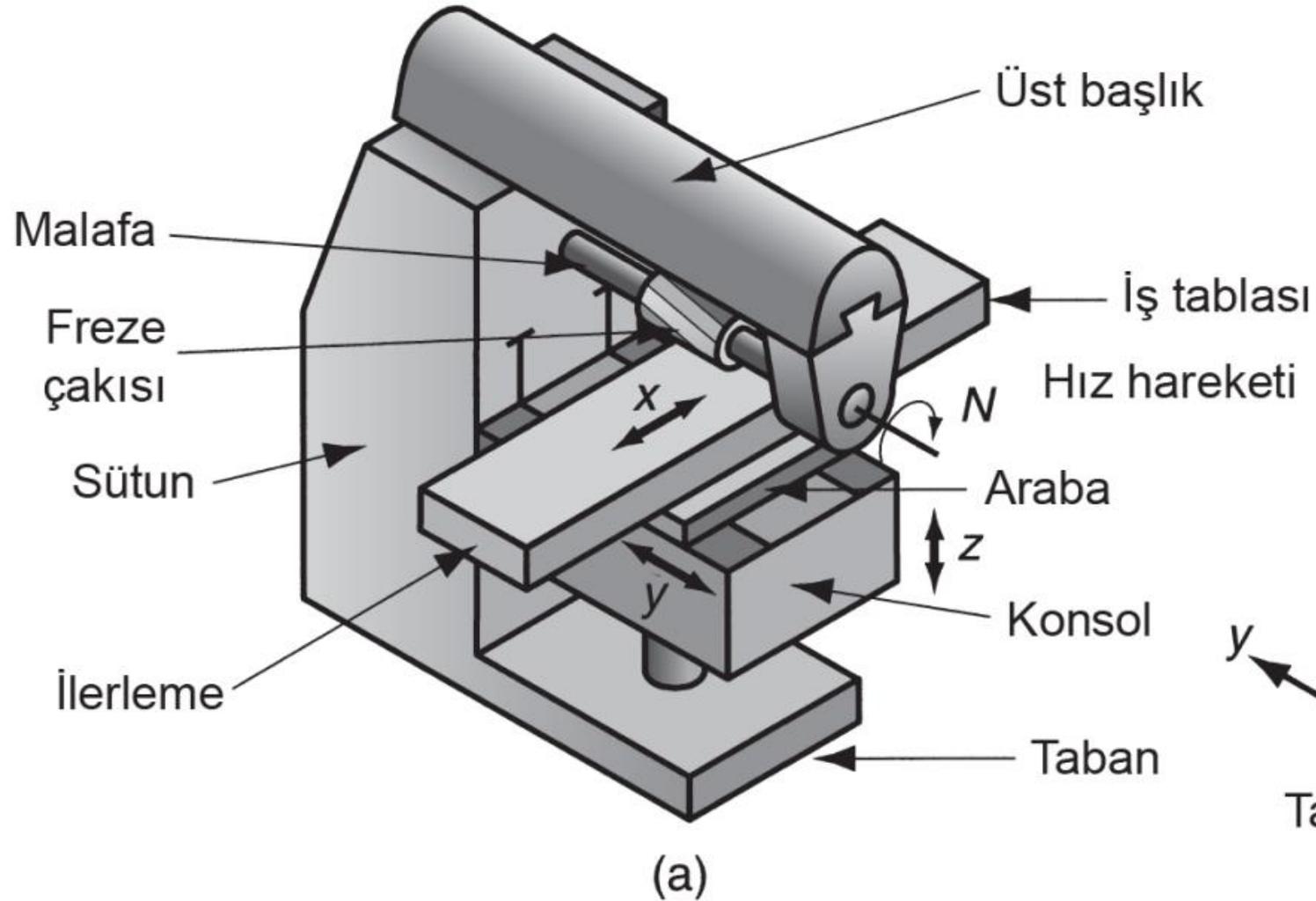
(a)



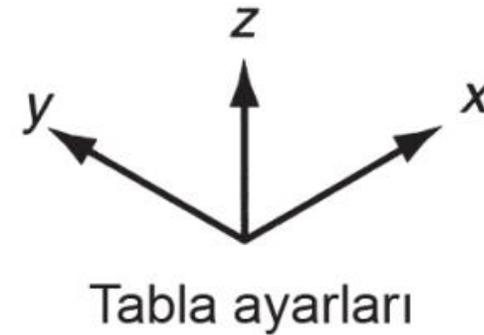
Üst görünüş

(b)

Freze Tezgâhları

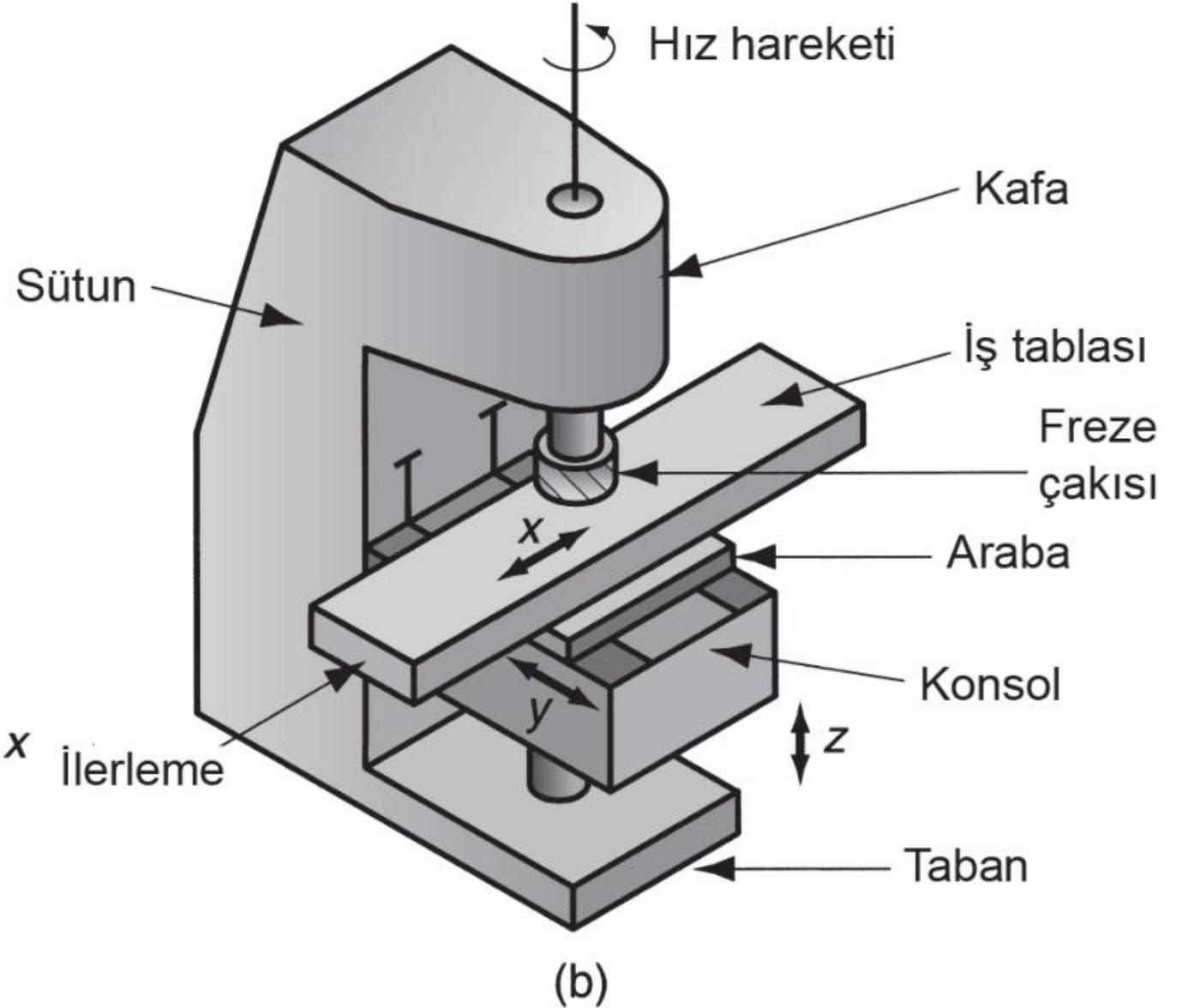
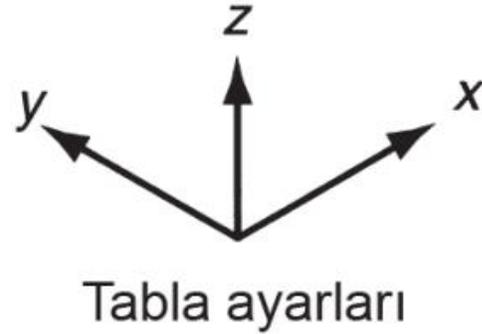
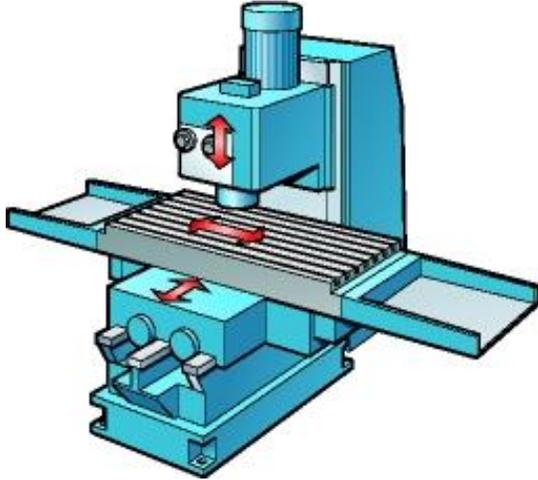


- (a) Yatay Tip Konsollu ve sütunlu freze tezgahı

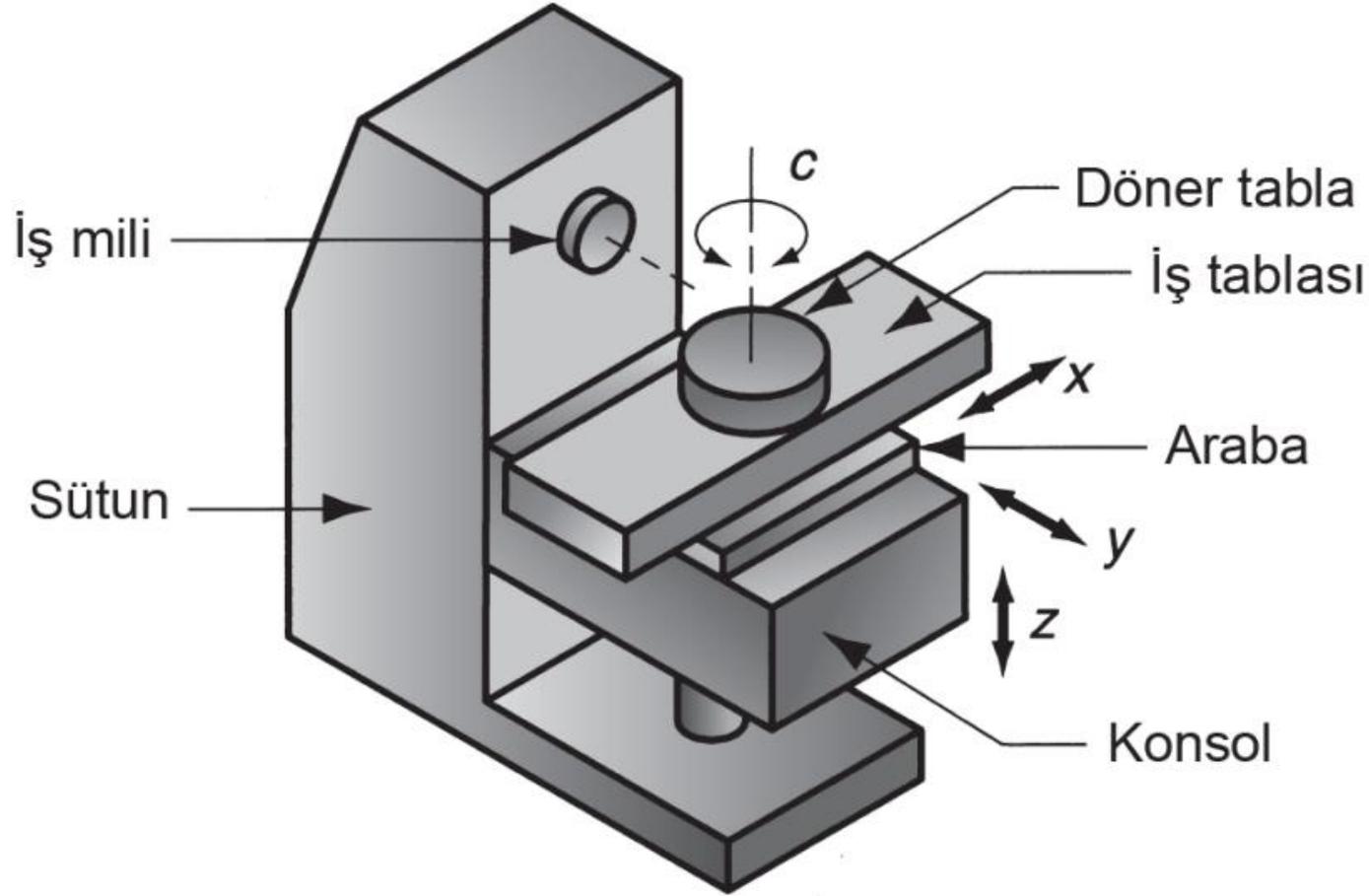


Freze Tezgâhları

- (b) Dikey Tip
Konsollu ve sütunlu
freze tezgahı

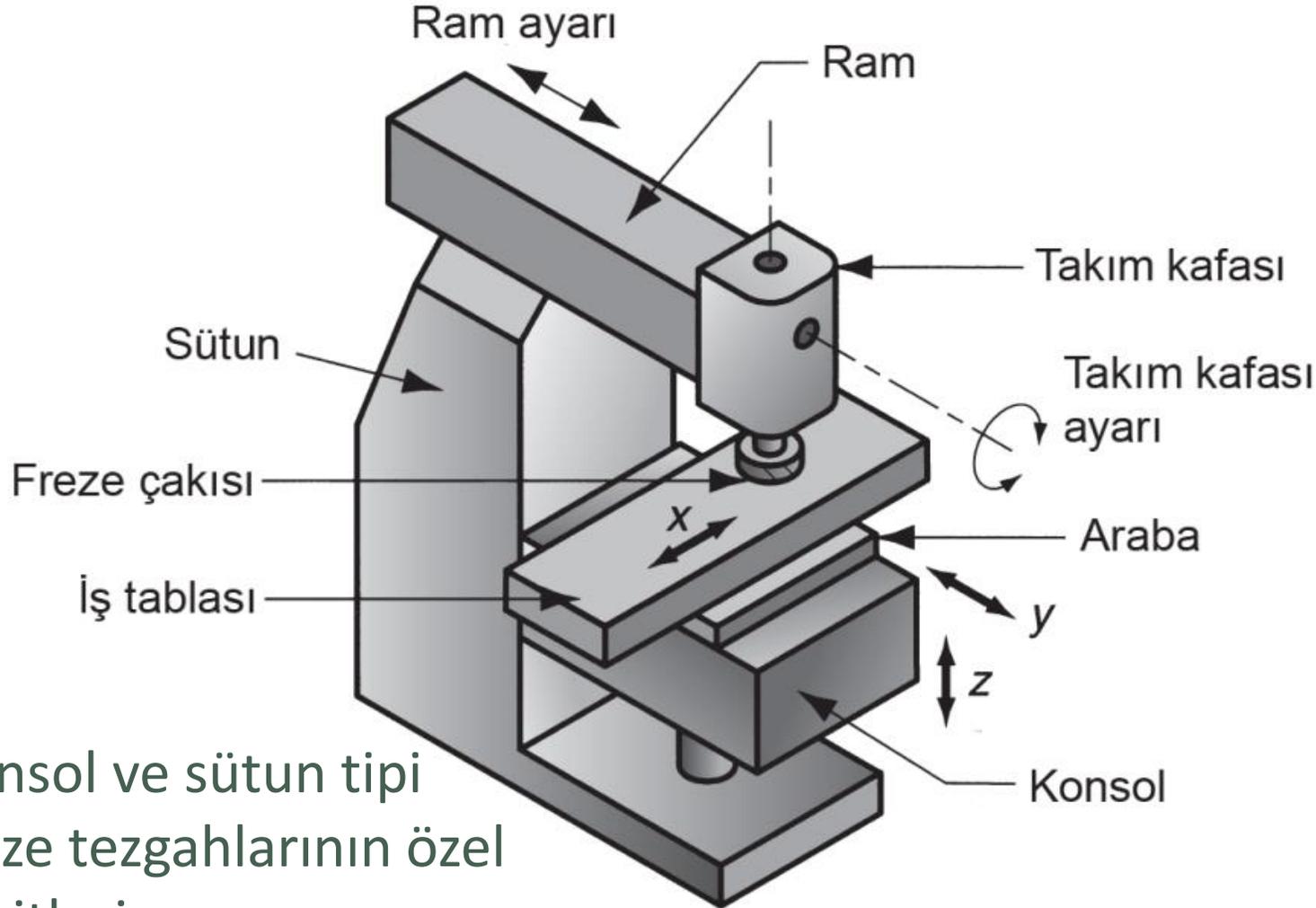


Freze Tezgâhları



Konsol ve sütun tipi freze tezgahlarının özel çeşitleri

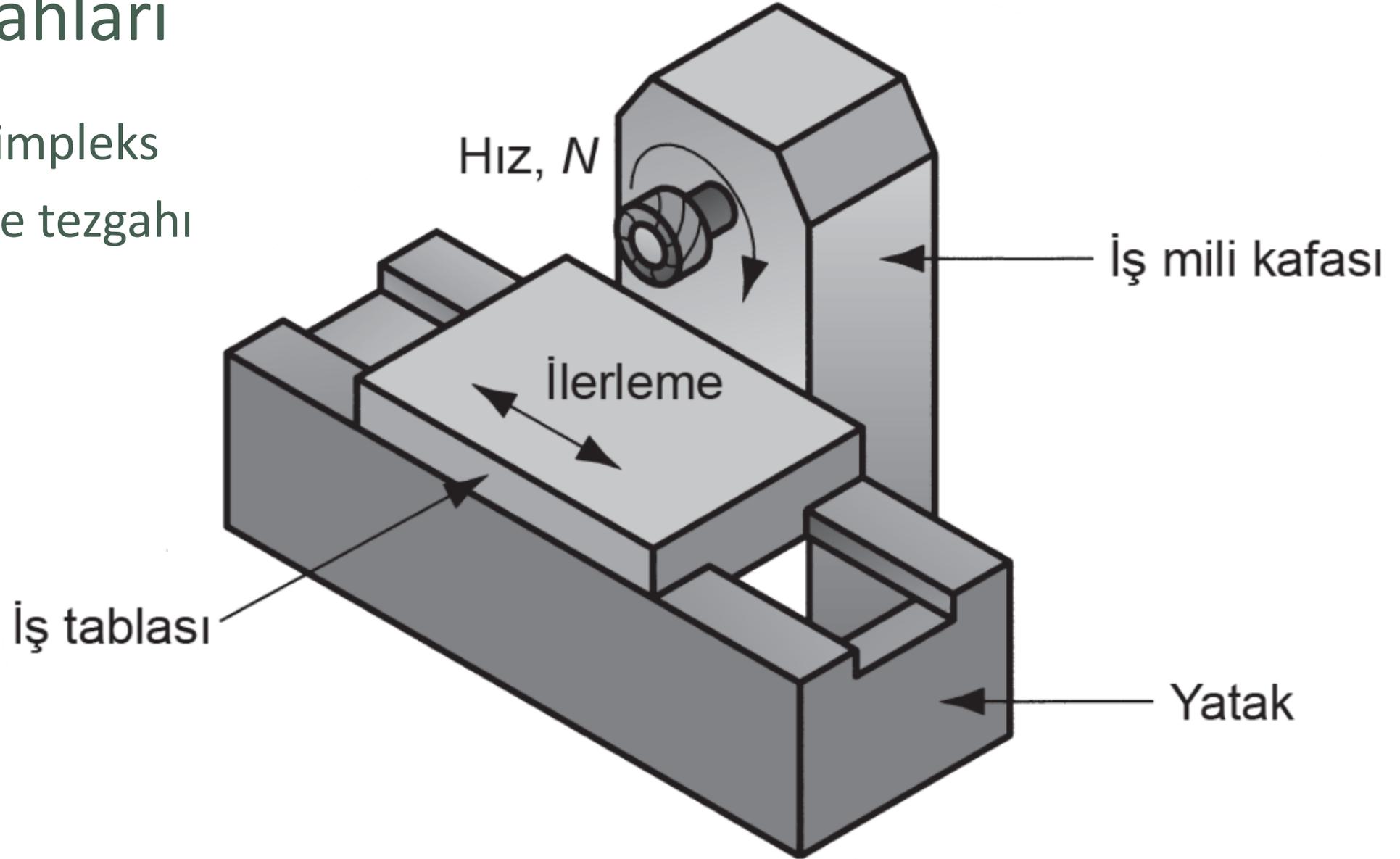
Freze Tezgâhları



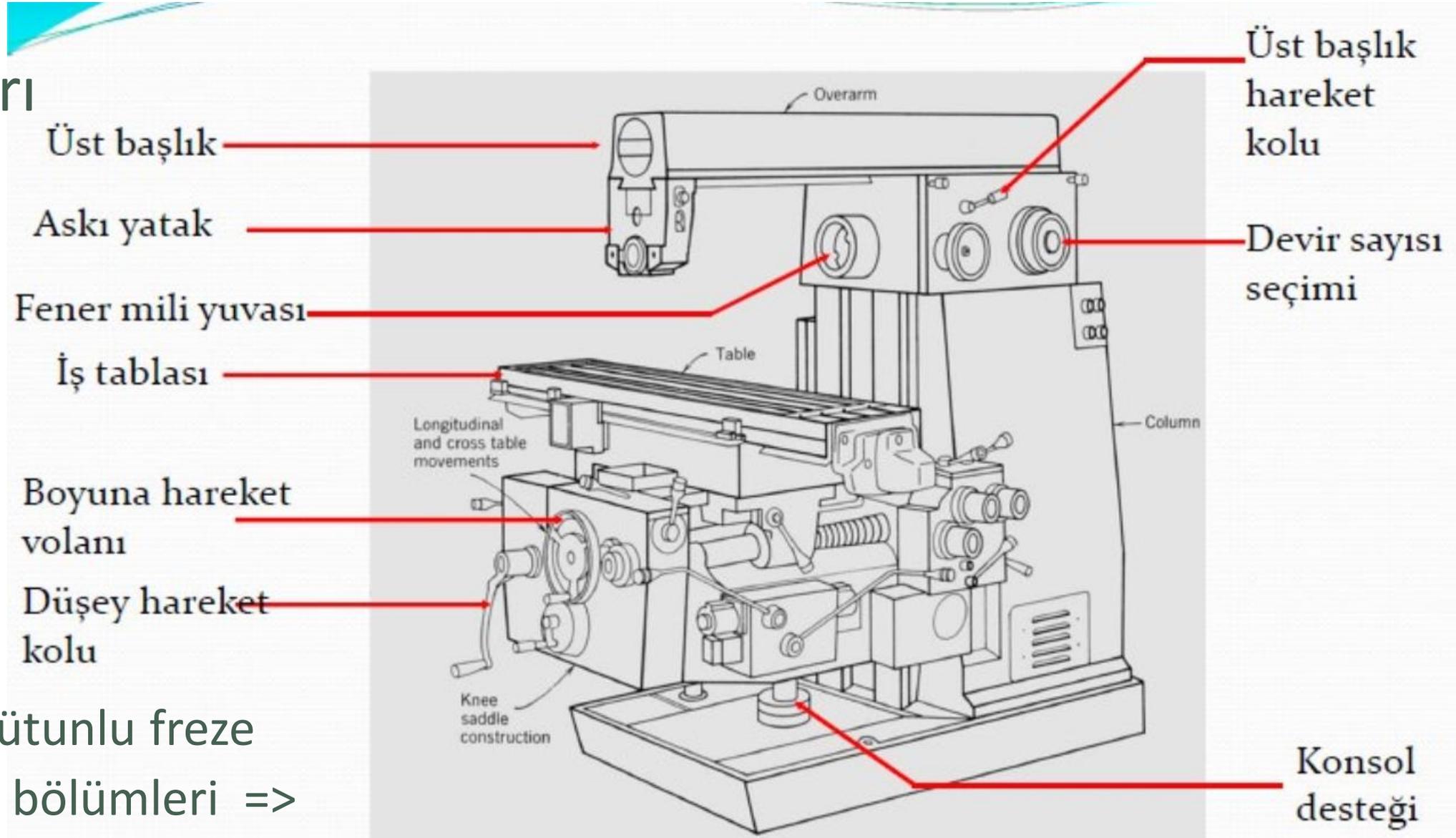
Konsol ve sütun tipi
freze tezgahlarının özel
çeşitleri

Freze Tezgâhları

Yatay iş milli simpleks
yatak tipli freze tezgahı



Freze Tezgâhları



Konsollu sütunlu freze tezgahının bölümleri =>

Freze Çakıları

- Frezelemede kullanılan kesici takımların sınıflandırılması

Freze Çakıları

```
graph TD; A[Freze Çakıları] --> B[Çevresel Freze Çakıları]; A --> C[Modül Freze Takımları]; A --> D[Alın Freze Takımları]; A --> E[Parmak Freze Takımları];
```

Çevresel
Freze
Çakıları

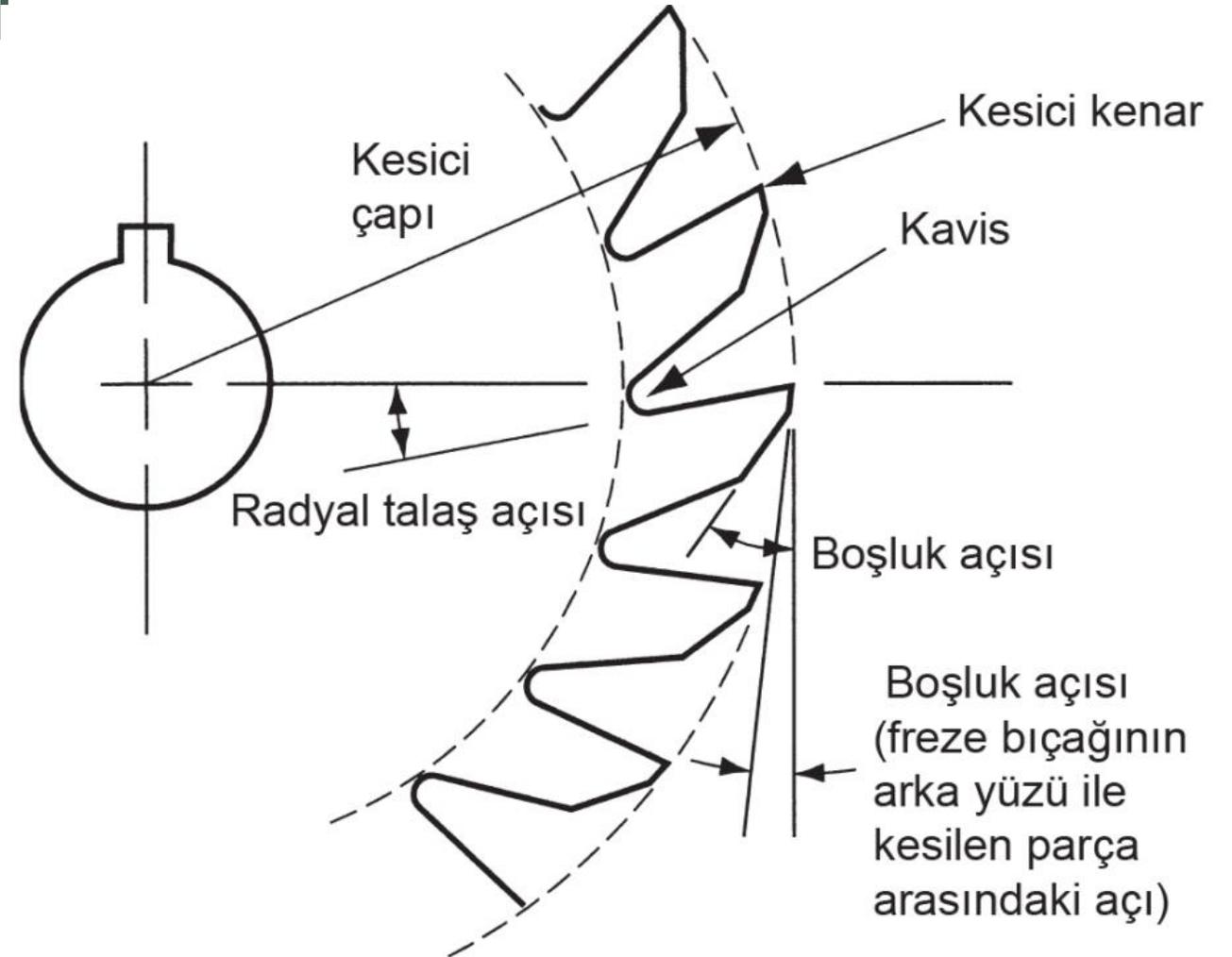
Modül
Freze
Takımları

Alın
Freze
Takımları

Parmak
Freze
Takımları

Freze Takım Geometrisi

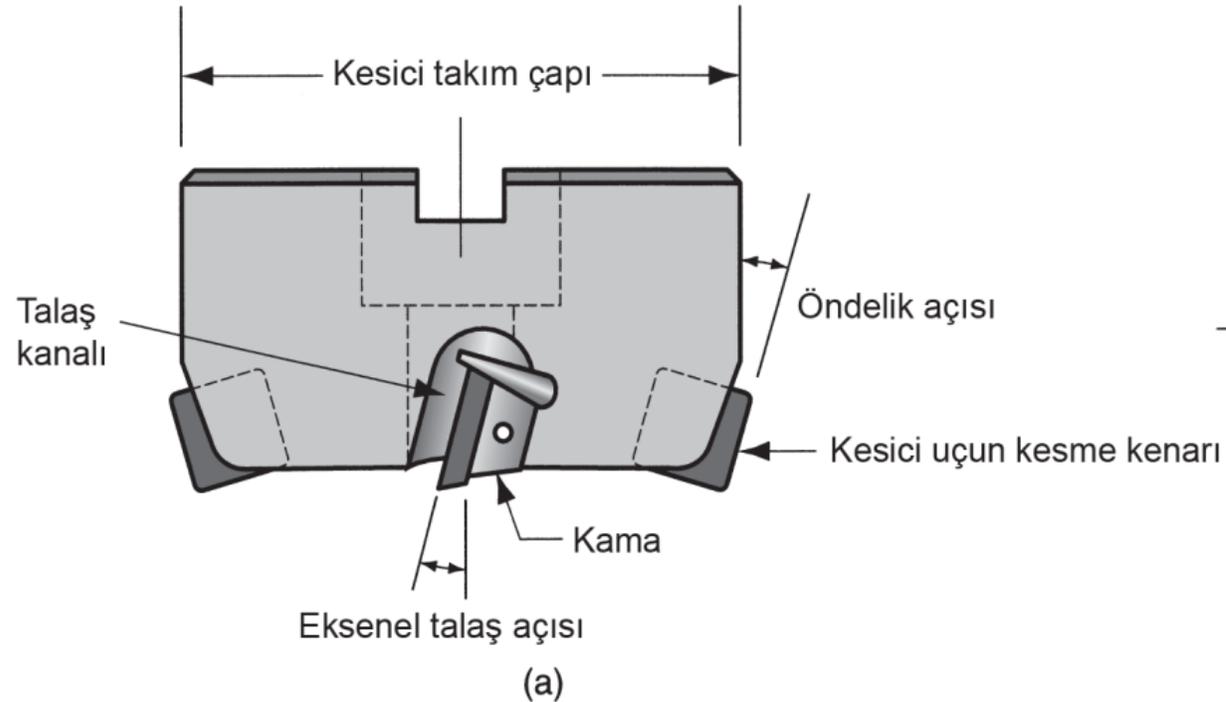
- Örnek: 18 diş düz freze bıçağının takım geometri unsurları



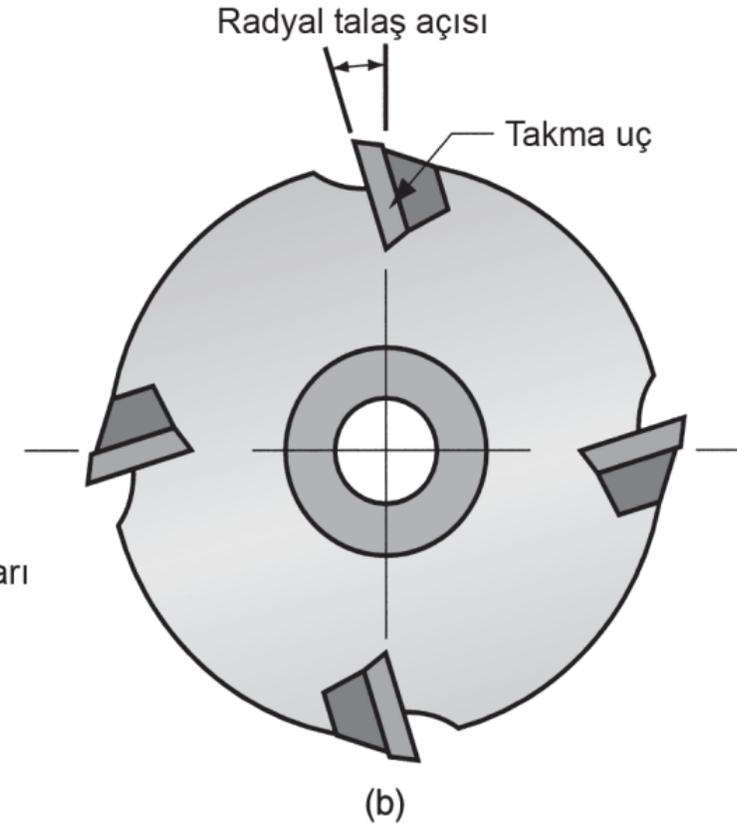
Freze Takım Geometrisi

- Dört dişli alın frezeleme bıçağının takım geometri unsurları:

a) Yandan görünüş



b) Alttan görünüş



CNC İşleme Merkezleri

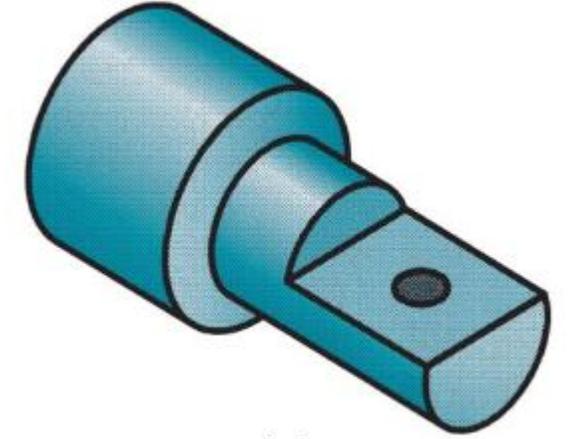
- Yüksek seviyede otomatik takım değiştirme, çok sınırlı insan müdahalesi gerektiren bir kurulumla CNC (Computer Numeric Control) sistemlerde çoklu talaş kaldırma işlemleri yapabilir. Tipik işlemler frezeleme ve delmedir, Üç, dört veya beş eksenli olabilir
- Bir işleme merkezini (Machining Center) konvansiyonel takım tezgahından ayıran ve daha verimli kılan özellikler:
 - **Tek kurulumda birden fazla operasyon**
 - **Otomatik takım değiştirme**
 - **Palet mekikleri**
 - **Otomatik iş parçası konumlandırma**

CNC Torna/Freze

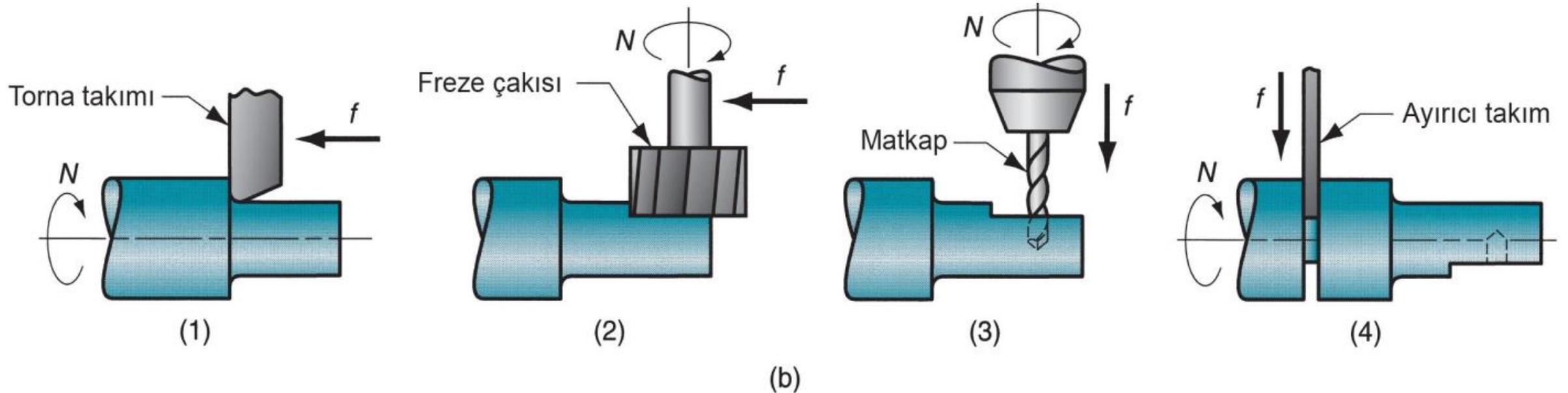
- Tornalama, frezeleme ve delme yapabilen yüksek seviyede otomatik tezgahlardır
 - Genel şekli bir tornalama merkezine benzer
 - Silindirik bir parça, belirli bir açıda konumlandırılabilir; böylece kesici takım (örneğin freze bıçağı) parçanın dış yüzeyinde istenen şekli oluşturabilir
 - Geleneksel tornalama merkezi, parçayı belirli bir açıda tutamaz ve dönebilen takım tutuculara sahip değildir.

CNC Torna/Freze

- Tornalama/frezeleme merkezinin çalışması



(a)

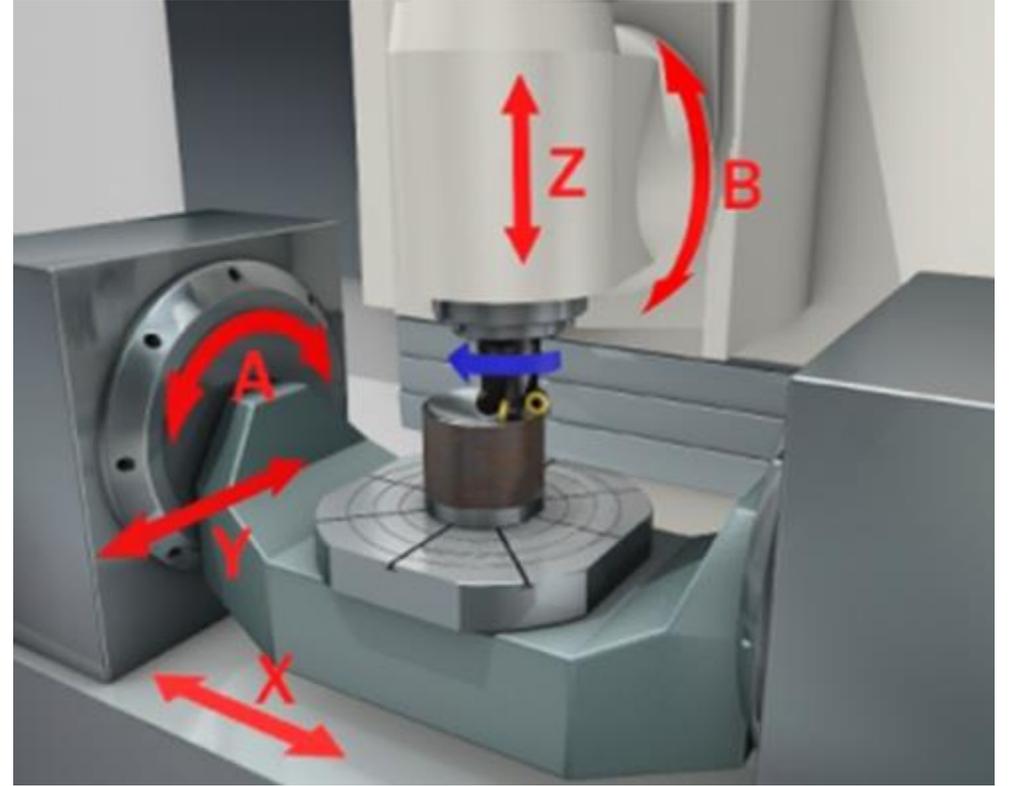
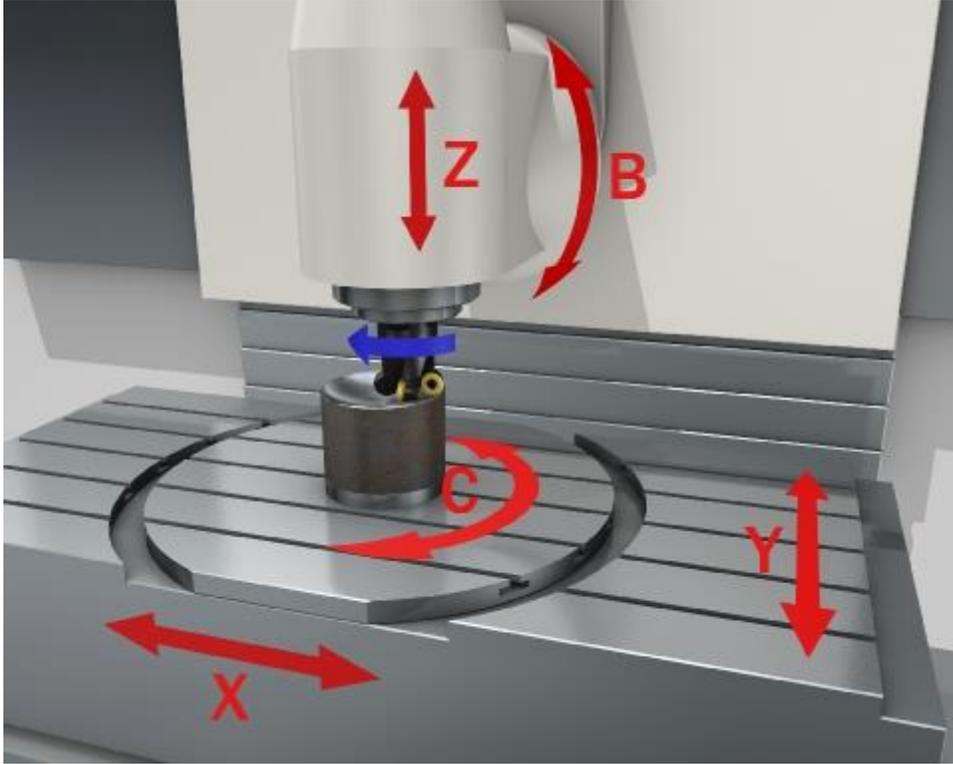


CNC İşleme Merkezleri

- CNC dikey işleme merkezi (VMC: vertical machining center), CNC Freze, CNC Tezgah gibi isimlerle anılırlar
- 3 eksenli, 4 eksenli ve 5 eksenli vb... tipleri vardır



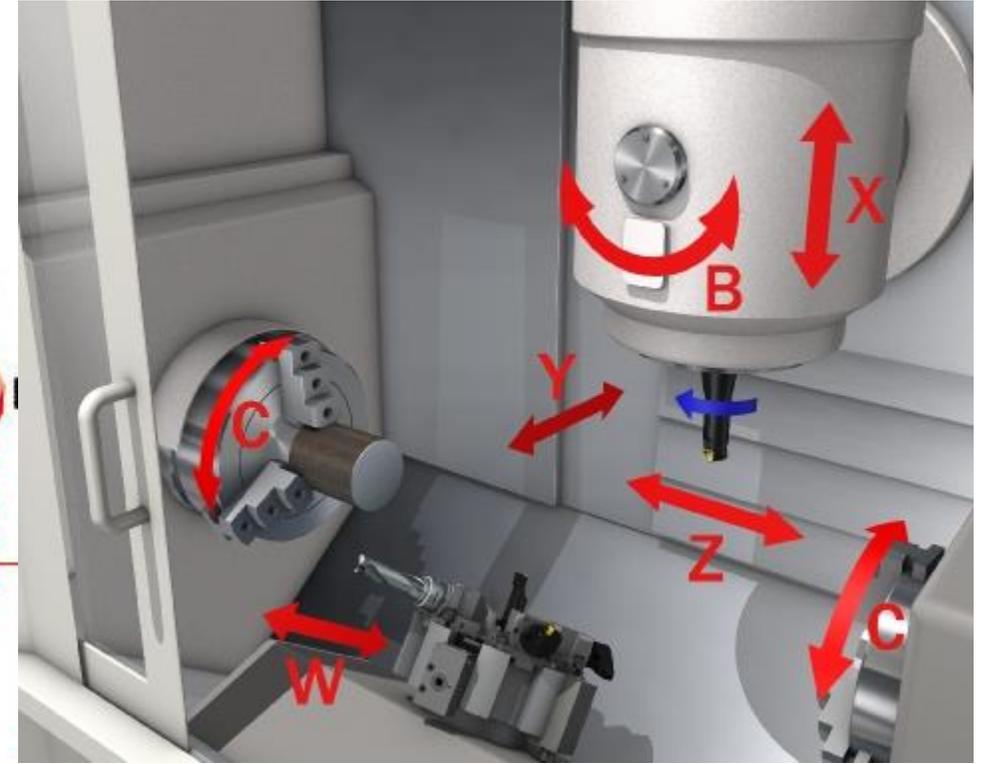
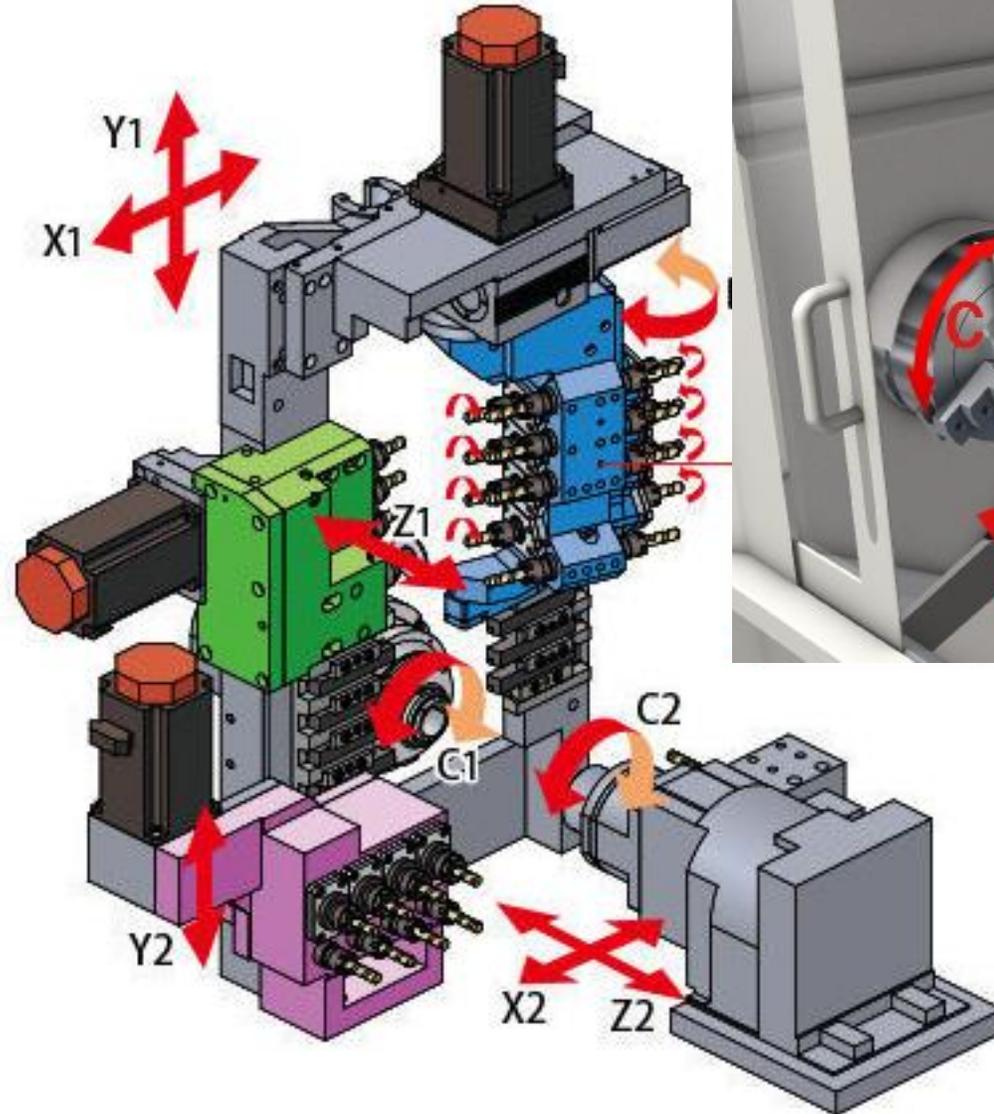
CNC İşleme Merkezleri



Örnek Görseller:
5 eksenli tezgah çeşitleri

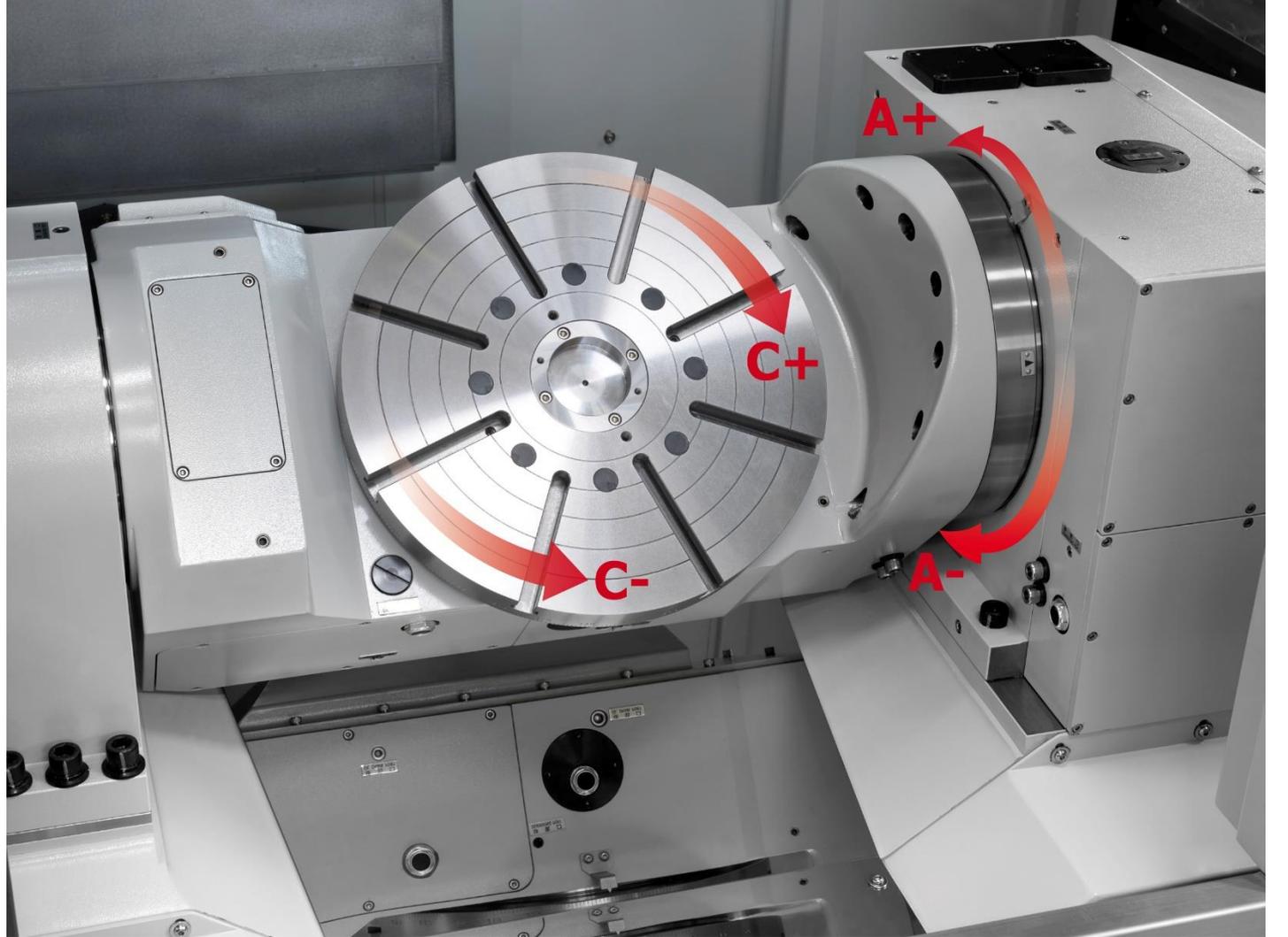
CNC İşleme Merkezleri

- *Örnek Görseller:*
5 eksenli torna



CNC İşleme Merkezleri

- *Örnek Görsel:*
5 eksenli tezgah
tablası



CNC İşleme Merkezleri

- *Örnek Video:*
5 eksenli işleme



Talaş Kaldırma Yöntemleri

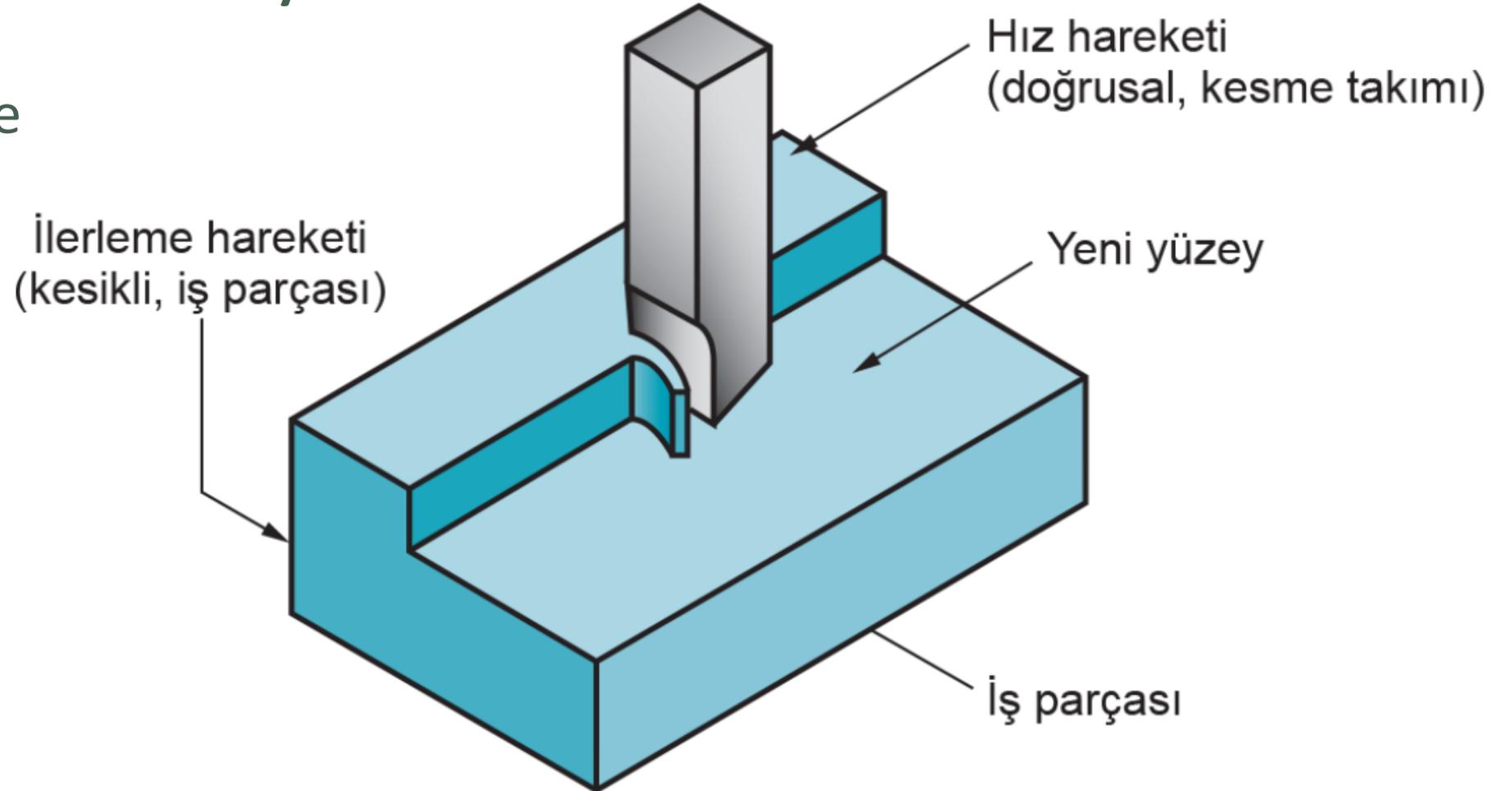
- ✓ Vargelleme
- ✓ Planyalama

Vargelleme ve Planyalama

- Düzgün yüzeyler elde etmek için kullanılan planya tezgahları, gördükleri iş bakımından aynı olmalarına rağmen, kullanma alanı bakımından ve öneminden dolayı iki gruba ayrılır:
A: İş sabit, kalem hareketli ise bunlara VARGEL TEZGAHI (shaper machine),
B: Kalem sabit, iş hareketli ise bunlara da PLANYA TEZGAHI (planner machine) denir.
- Her iki grup tezgahta da görece hareketin yalnız gidiş hareketi esnasında talaş kaldırılır. Geri gelme hareketi kalemin ilk durumunu temin eder. Bundan dolayı planyaların verimi düşüktür. Buna çare olarak, geri gelme hareketinin hızı yükseltilmiştir. Bu çözüm ile hareket halindeki kütlenin ataletiyle enerji sarfı çoğalmıştır. Ancak geri gelme hareketinin hızlı olması sayesinde işleme zamanı kısaltılmış olur.
- Vargel tezgahı tesviyecilikte düzgün yüzeyler elde etmekte kullanılır. Prensip olarak, dairesel hareketin düzgün doğrusal harekete çevrilmesiyle kesme hareketini tamamlayan tezgahtır. Her ne kadar düzlem yüzeyler elde etmek için daha yüksek verimle çalışan tezgahlar varsa da, basit yapıları ve basit kesici takımlar ile çalışmaları, bu tezgahlardan yararlanmamızı sağlar.
- Vargel tezgahı özellikle, tablasına civatalarla tutturulmuş bir mengeneyle bağlanabilen küçük parçaların işlenmesi için uygundur. Kalemlik yatay, düşey ve eğik duran yüzeylerden talaş kaldırabilecek şekilde düzenlenmiştir.

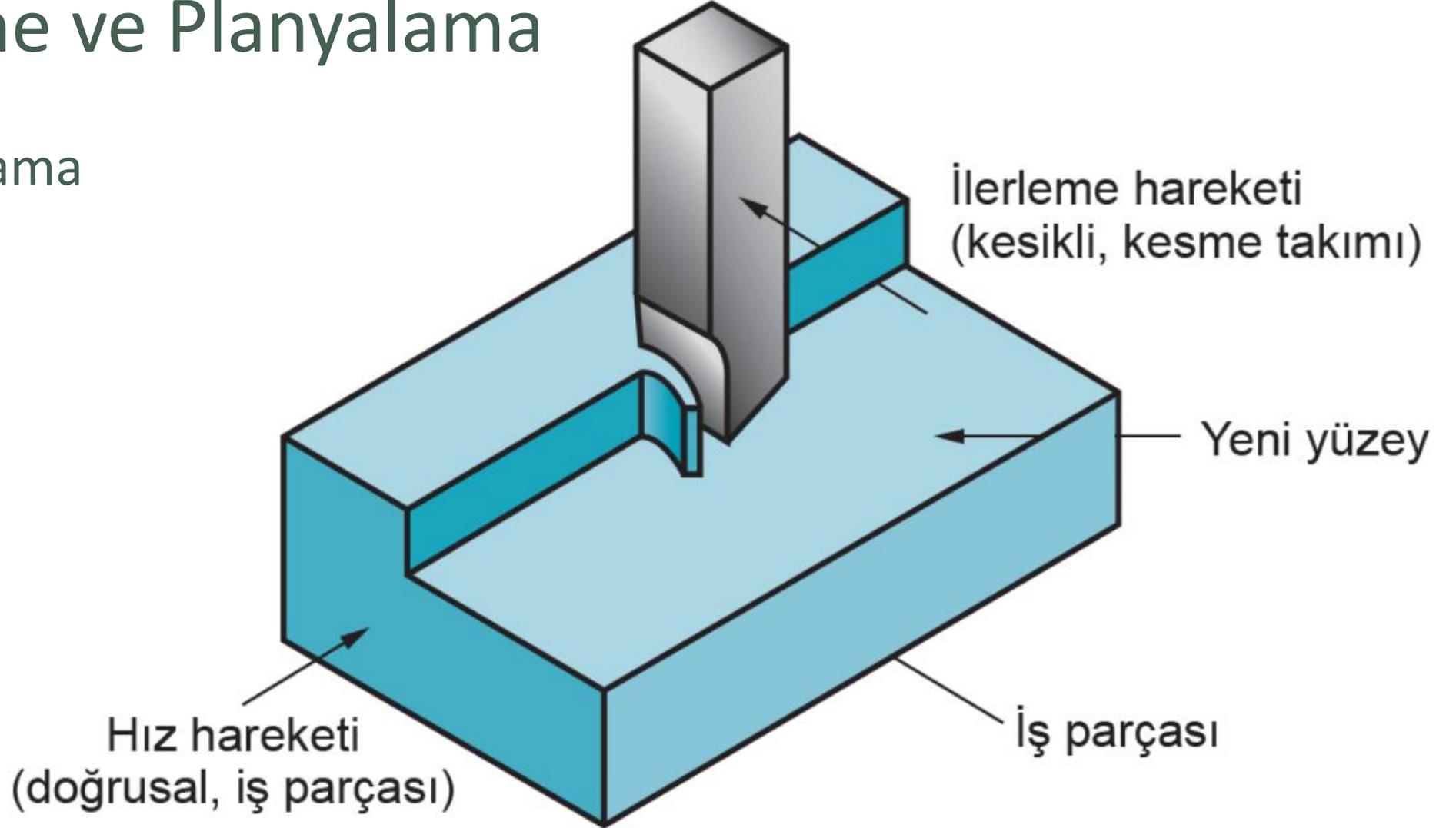
Vargelleme ve Planyalama

- (a) Vargelleme



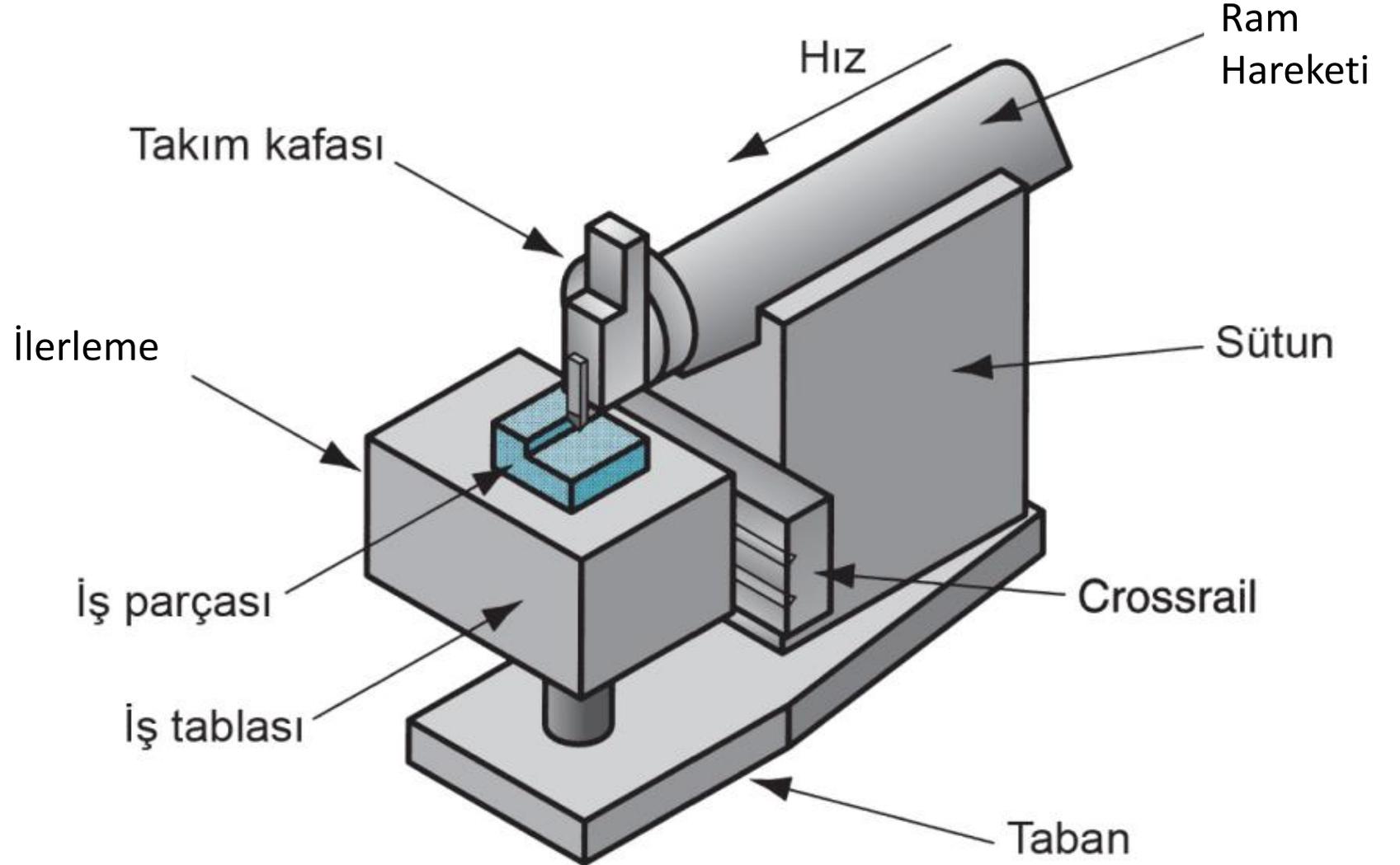
Vargelleme ve Planyalama

- (b) Planyalama



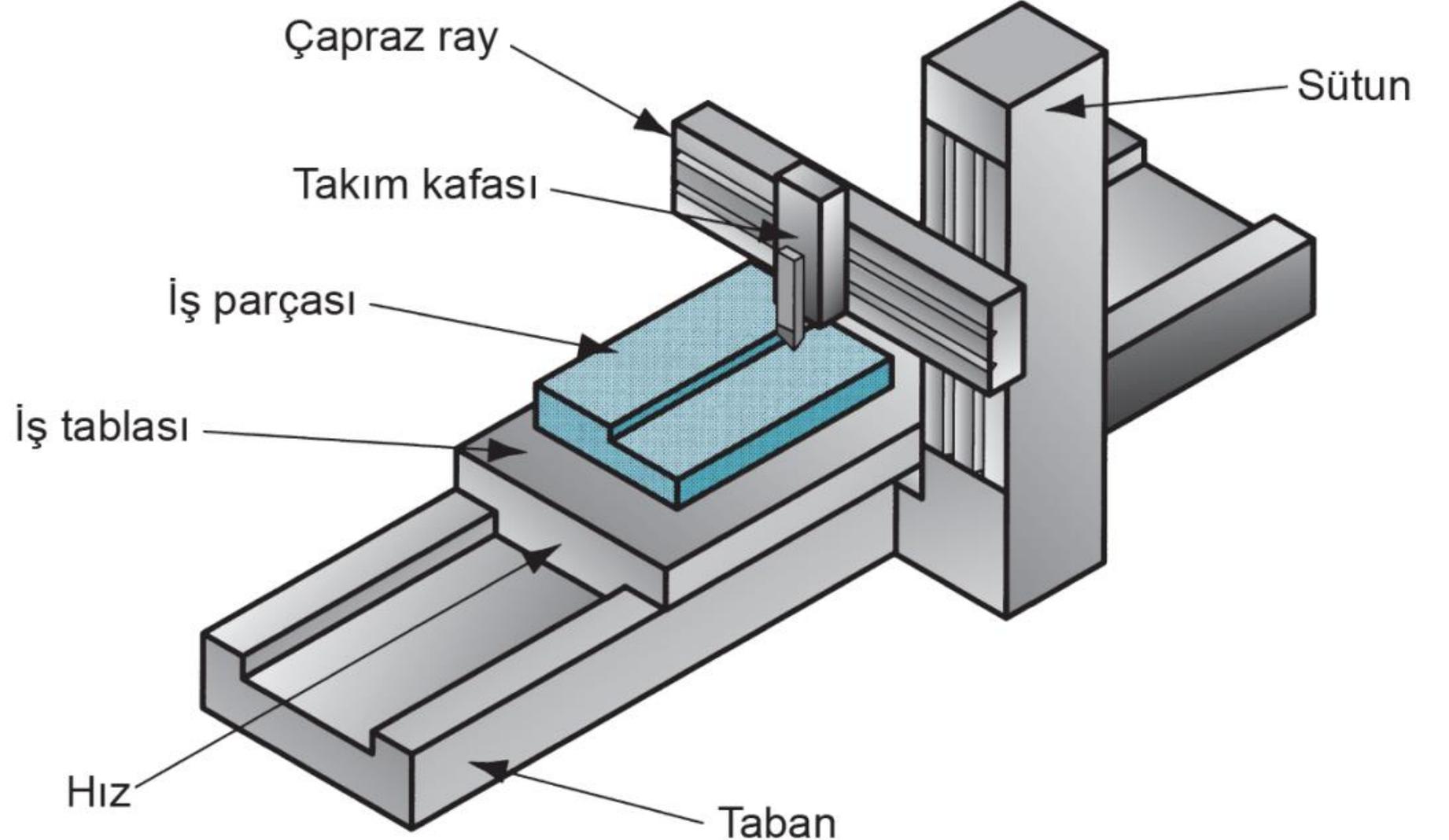
Vargelleme ve Planyalama

- Vargel Tezgahının bileşenleri



Vargelleme ve Planyalama

- Açık kenarlı Planya Tezgahı

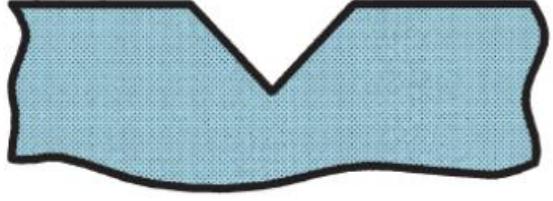


Vargelleme ve Planyalama

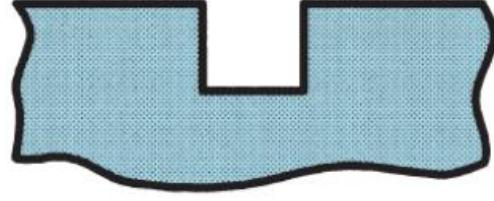
- Her iki işlemde de düz ve yassı bir yüzey elde edilir
- Aralıklı kesme
- Takım parçaya girdiğinde darbeli yüklemeye maruz kalır
- Başlama-durma hareketi nedeniyle düşük kesme hızları
- Tipik takımlar: yüksek hız çeliğinden tek uçlu takımlar



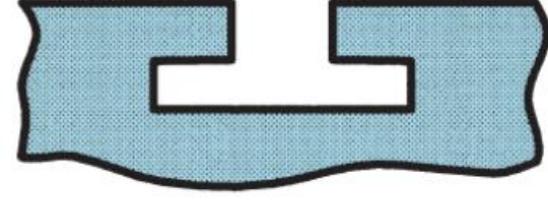
Vargelleme ve Planyalama



(a)



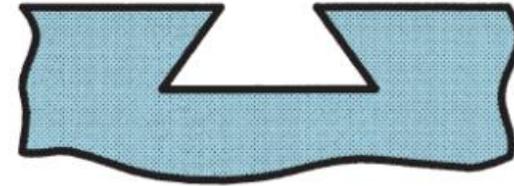
(b)



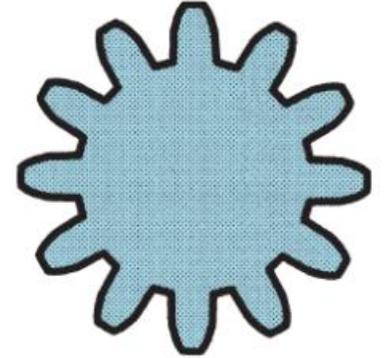
(c)

- Vargelleme ve planyalama ile kesilebilecek şekil (profil) tipleri:

- a) V (kanal) oyuk
- b) Kare kesitli (kanal) oyuk
- c) T kanal
- d) Kırılma kuyruğu kanal
- e) Dişli dişlerinin açılması



(d)



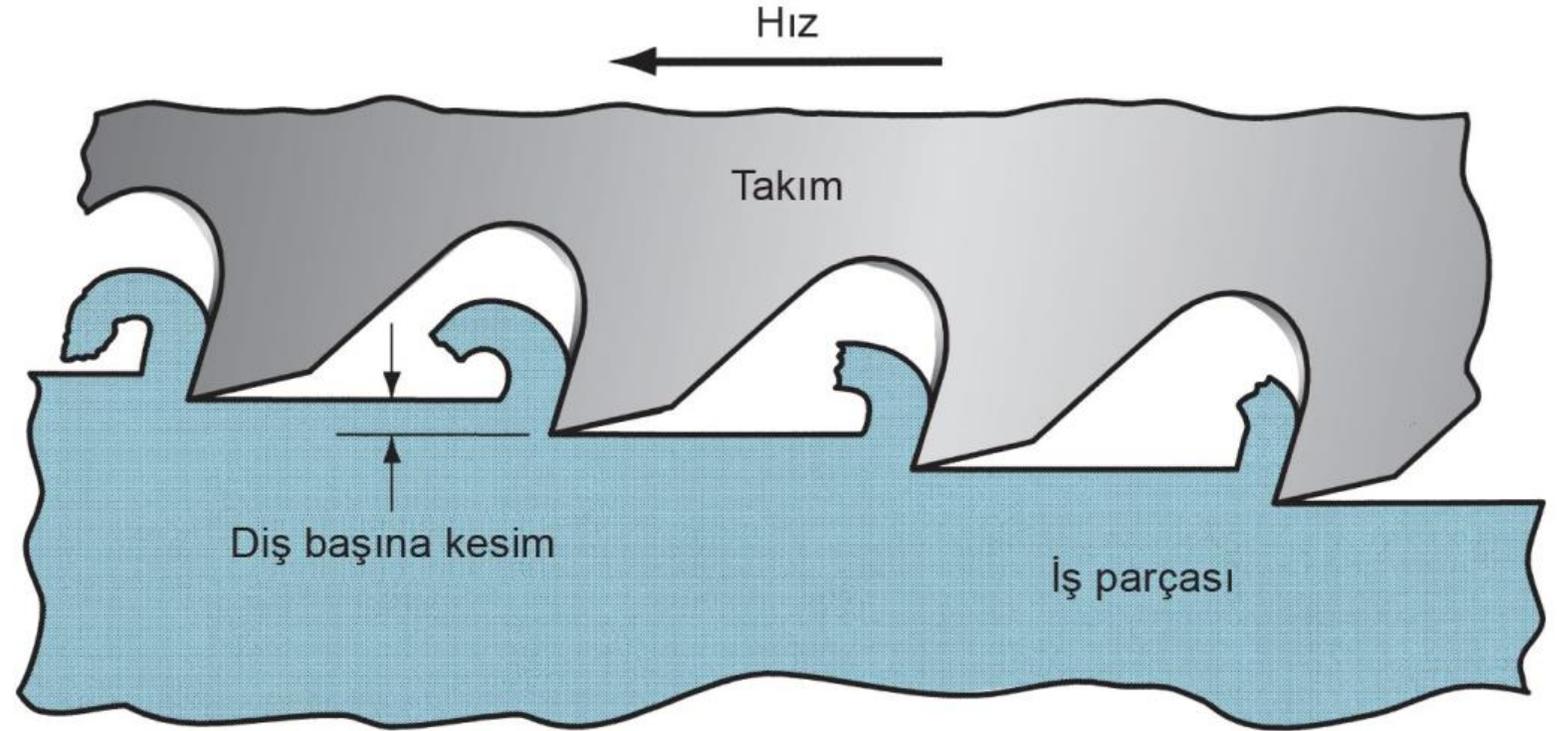
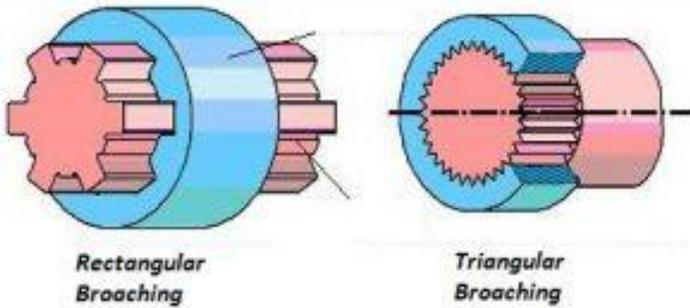
(e)

Talaş Kaldırma Yöntemleri

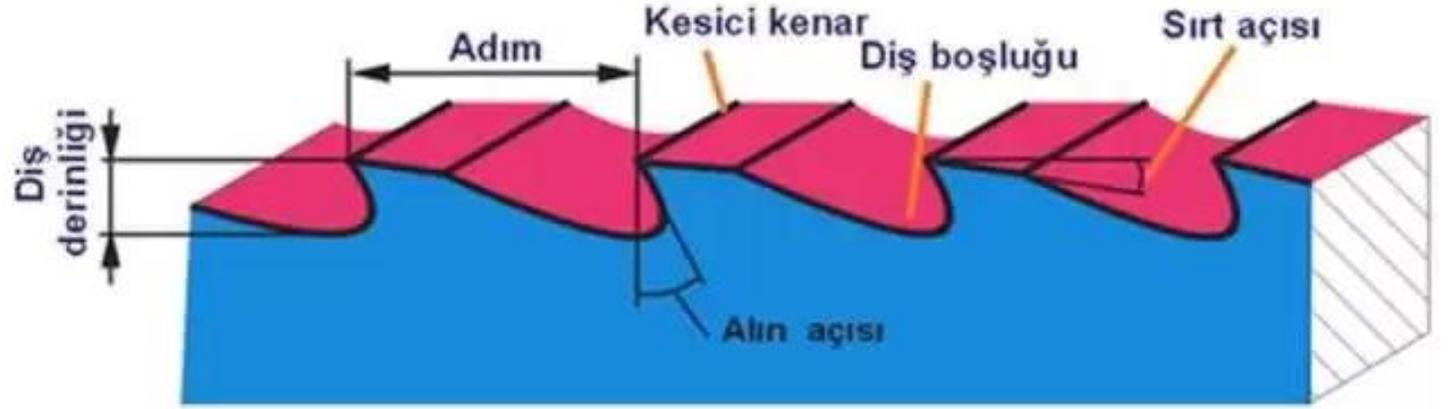
✓ Broşlama

Broşlama (Tıg Çekme)

- Tıg çekme operasyonu (broaching)



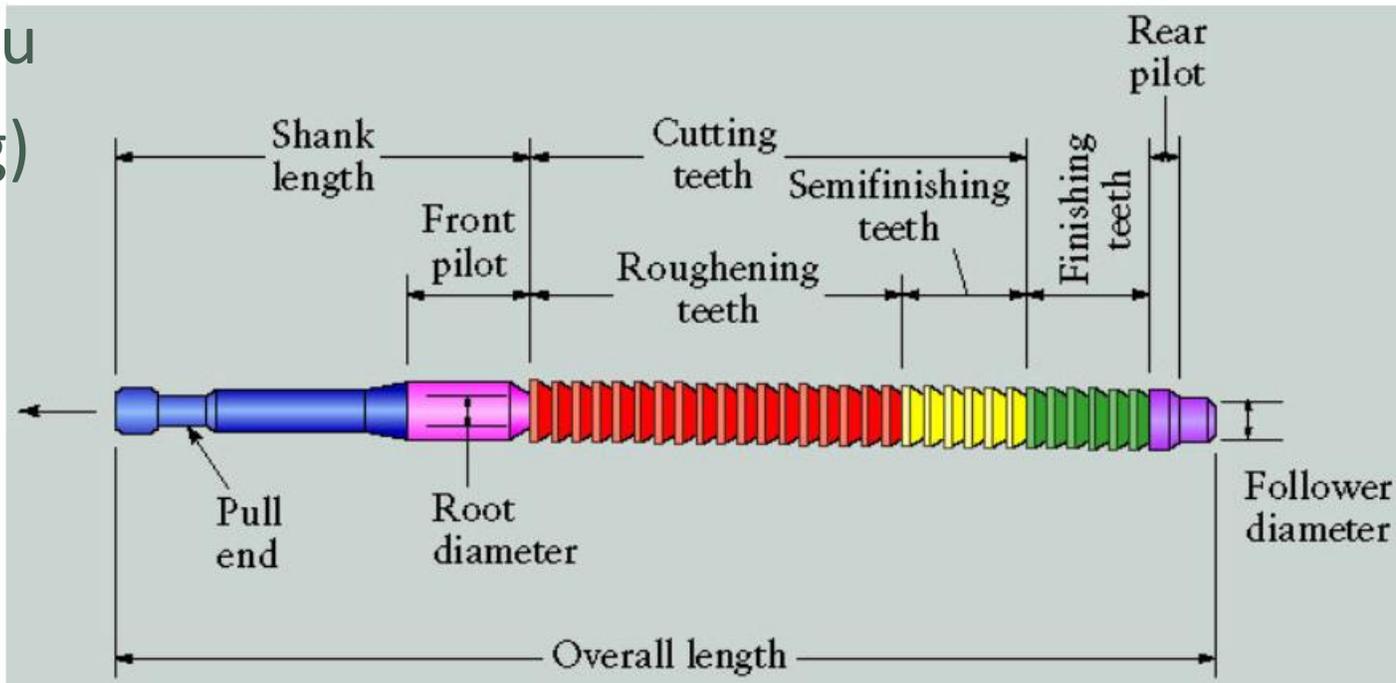
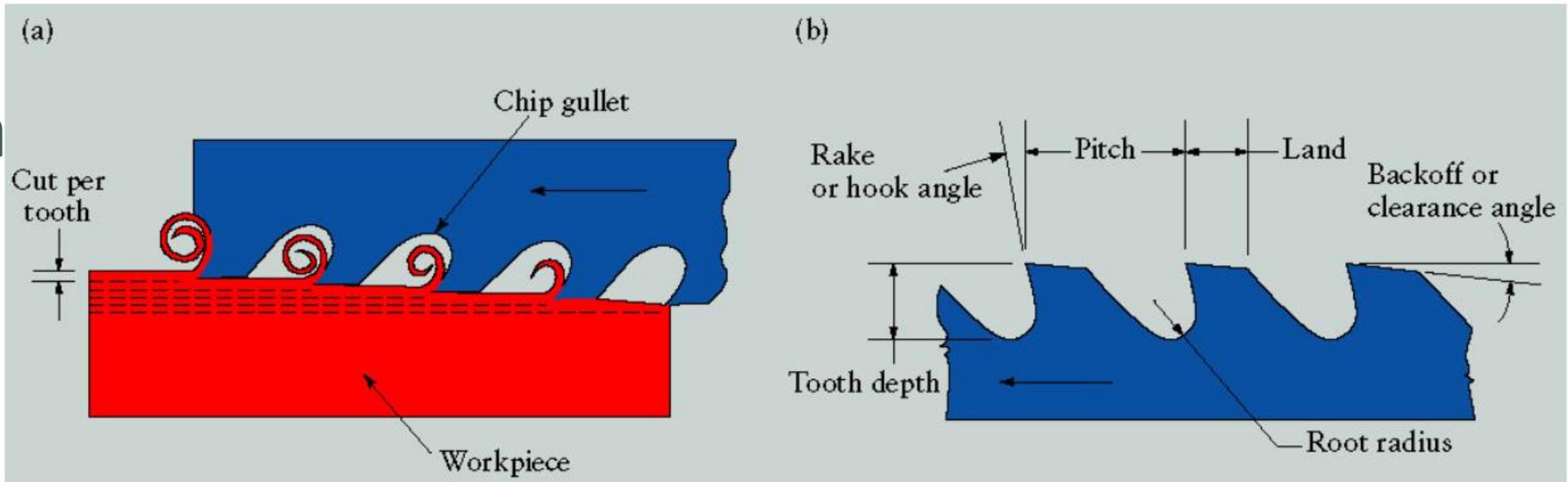
Broşlama



- Geometrik olarak belirli kesici ağızları bulunan broş (tığ) adı verilen kesici takımla, talaş kaldırma işlemidir.
- Broşlama, seri imalatta yüksek yüzey kalitelerinde ve büyük şekil tamlığındaki profillerin imal edilmeleri gereken yerlerde kullanılır.
- Broşlama (boşaltma) takımı çok pahalı olduğundan, ancak büyük miktarlardaki parçalar için ekonomiktir.
- Broşlama metodu iç broşlama ve dış broşlama olmak üzere gruplara ayrılır.

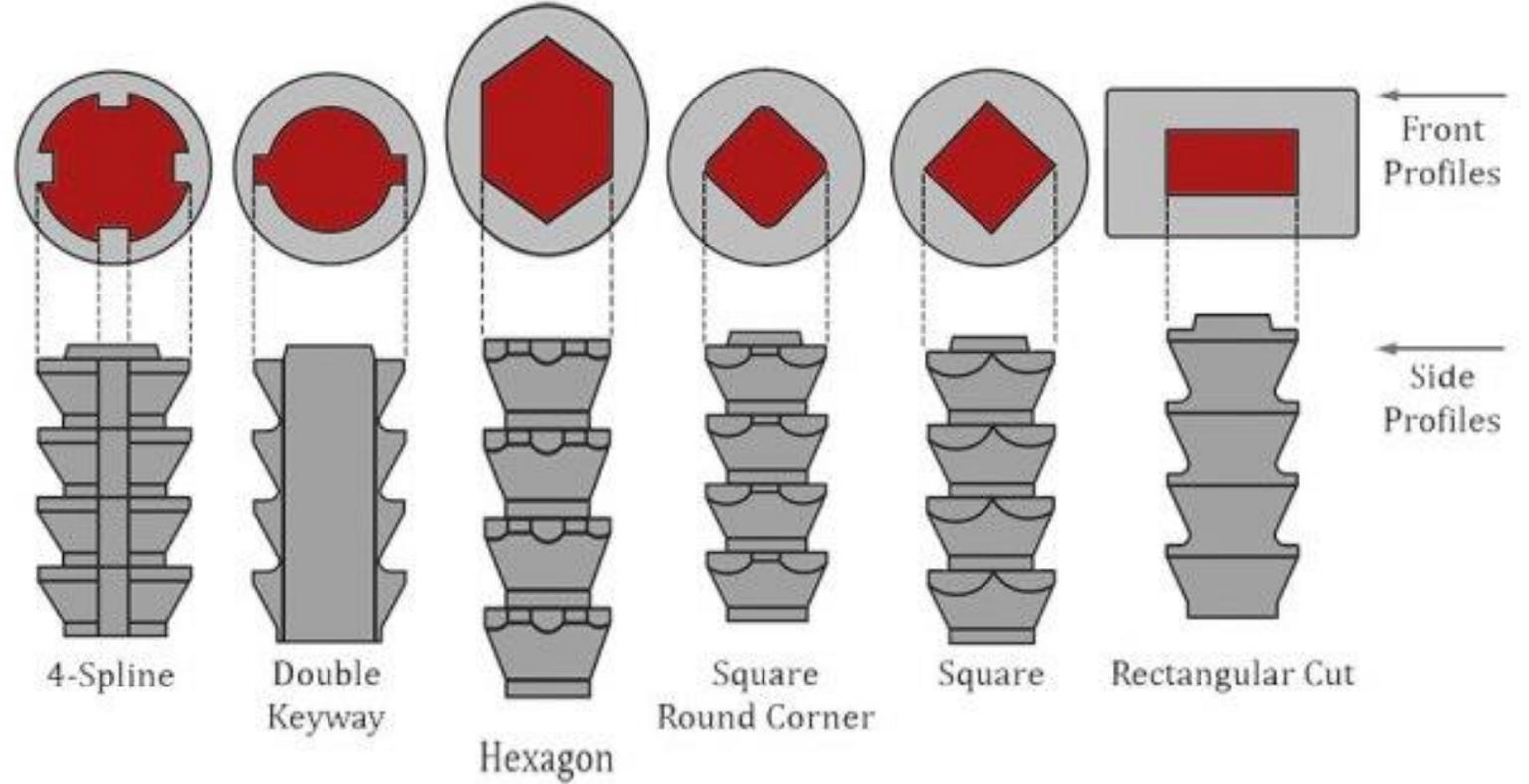
Broşlama

- Tiğ çekme operasyonu (broaching)



Broşlama

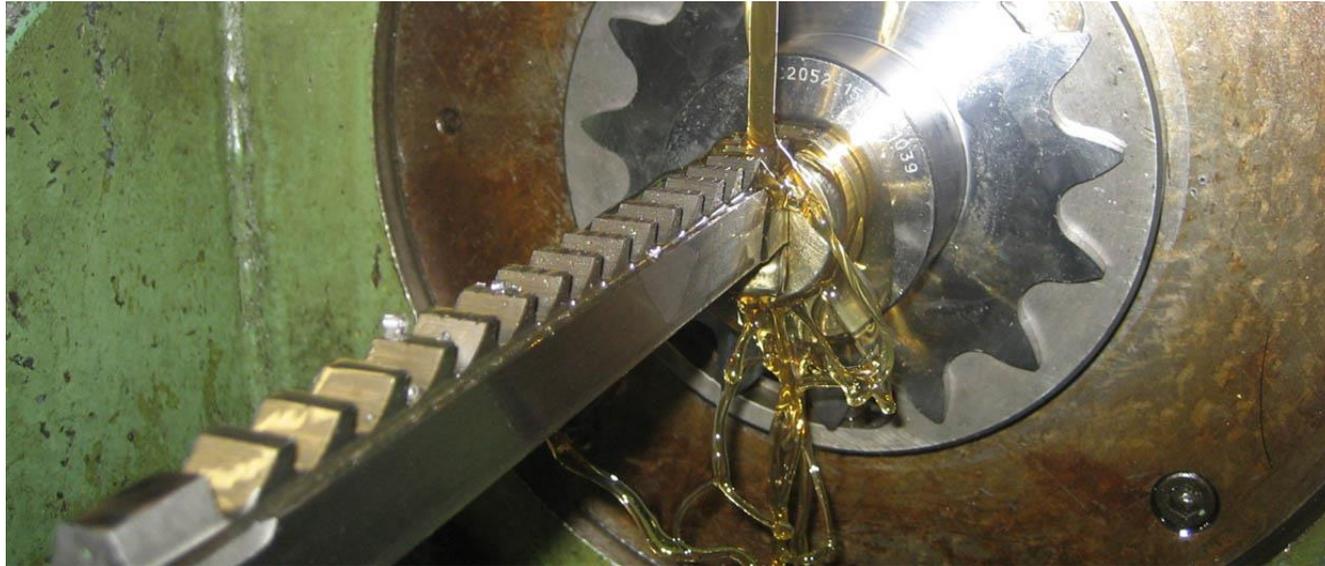
- Kesici takım **broş** olarak adlandırılır
- Örnek takımlar =>



Broşlama (Tıg Çekme)

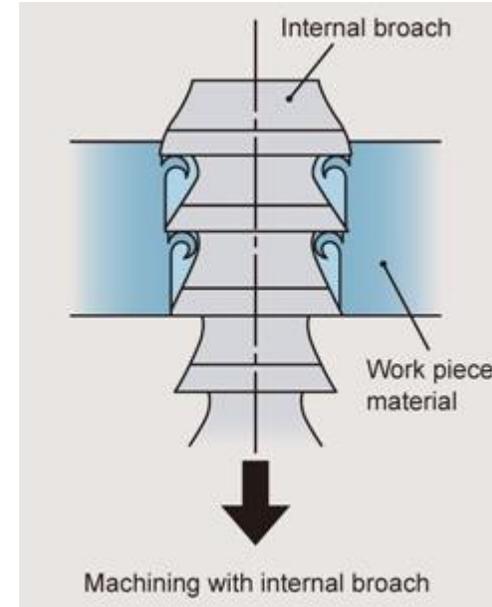
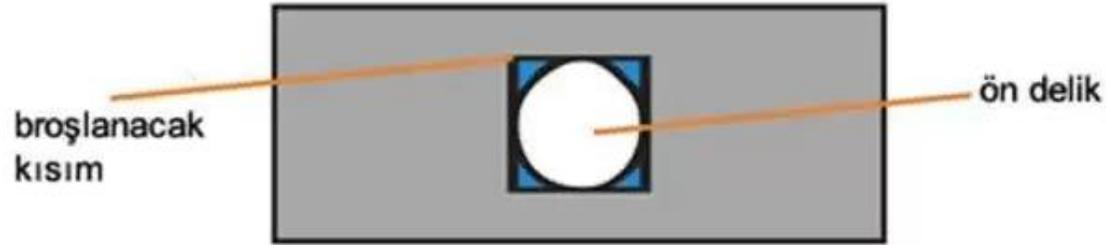
- *Örnek Görseller:*

İş parçalarında kama yuvası açma



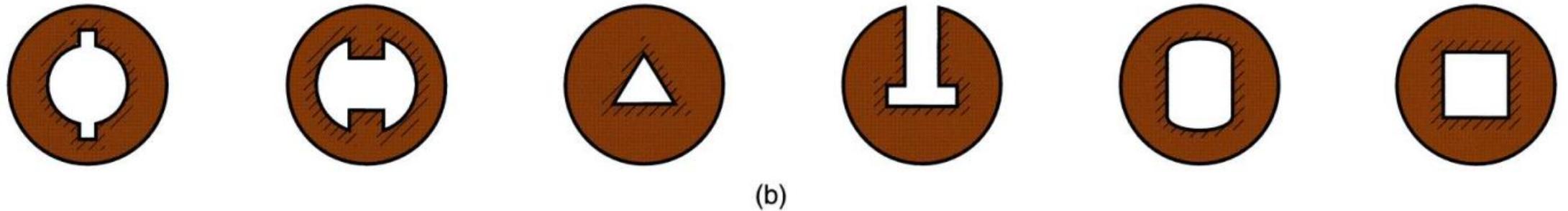
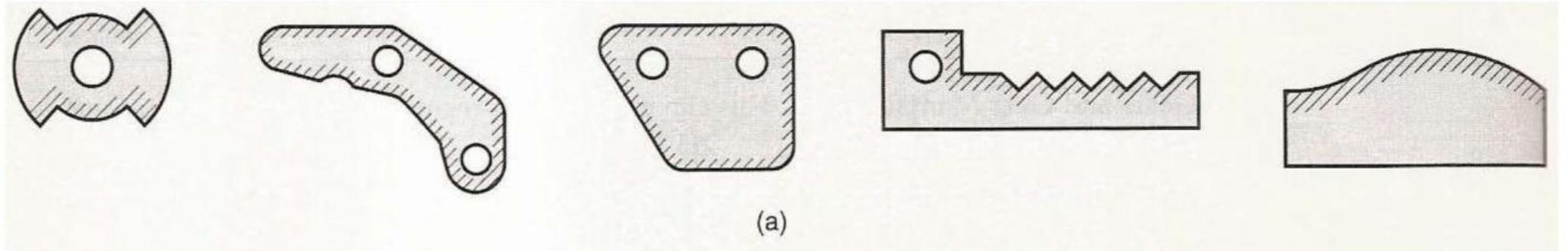
Broşlama / İç Broşlama

- **İç Broşlama:** Bir deliğin iç yüzeyine uygulanır.
 - Strokun başlangıcında broş'u sokabilmek için parçada bir başlangıç deliğinin olması gerekir.



Broşlama

- (a) *Dış broşlama* ve (b) *İç broşlama* ile kesilebilen parça şekilleri
 - (çapraz taralı bölgeler, broşlanan yüzeyleri göstermektedir)



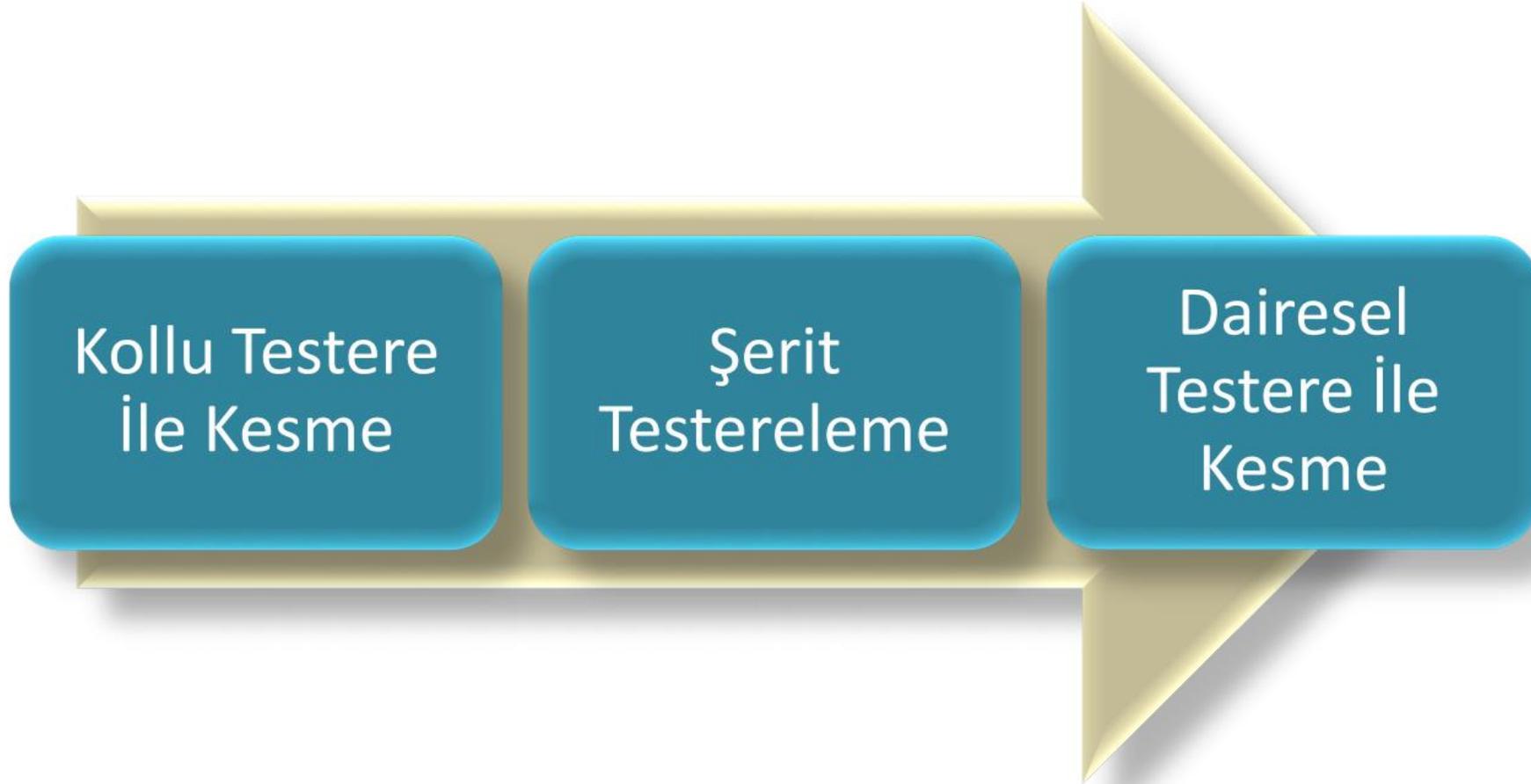
Broşlama (Tıg Çekme)

- Üstünlükleri:
 - İyi yüzey kalitesi
 - Dar toleranslar
 - İşlem zamanını kısaltır
 - İkinci bir operasyona gerek kalmaz
 - Ölçü tamlığı sağlar
 - Değişik/Karmaşık profillerin yapılabilmesini sağlar
 - Kolay ve ucuz işçilik sağlar
- Zayıf Yönü:
 - Çoğunlukla basit şekilli geometriye sahip olmasına rağmen, takım üretimi pahalıdır

Talaş Kaldırma Yöntemleri

✓ Testere ile Kesme

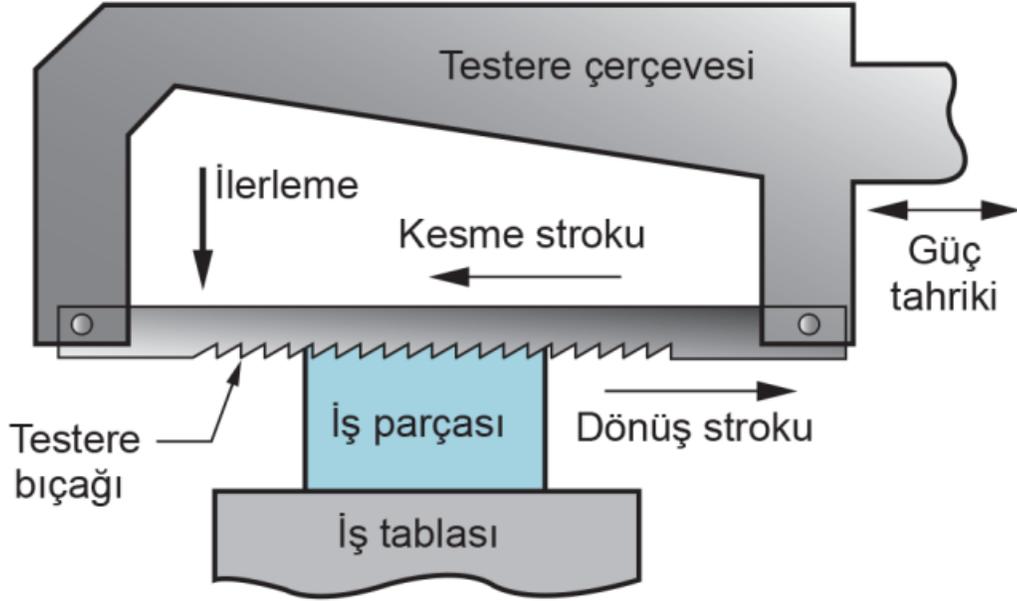
Testere ile Kesme



Testere ile Kesme

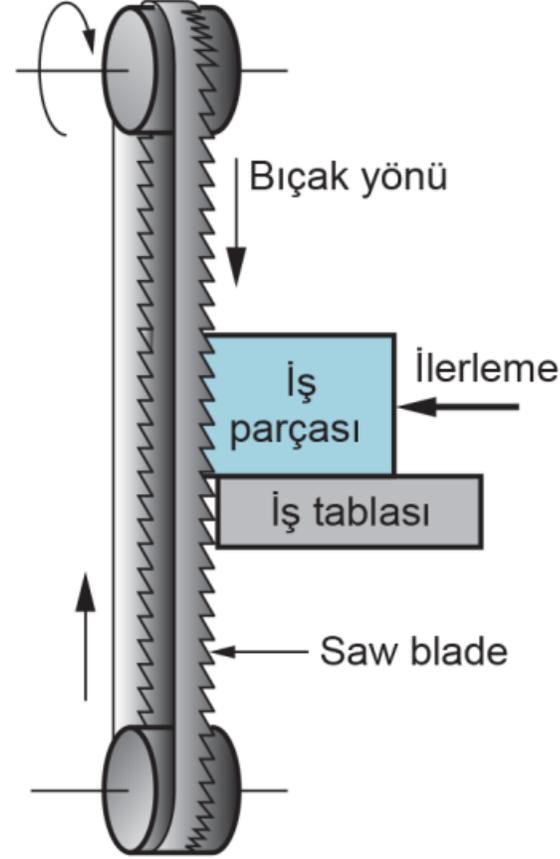
- Parçada, birbirine yakın yerleştirilmiş bir seri dişten oluşan bir takım tarafından dar bir yarık oluşturulur
 - Takım, **Testere bıçağı** olarak adlandırılır
 - Yaygın uygulamaları:
 - Bir parçayı iki parçaya ayırma
 - Parçanın istenmeyen kısımlarını keserek uzaklaştırma

Testere ile Kesme



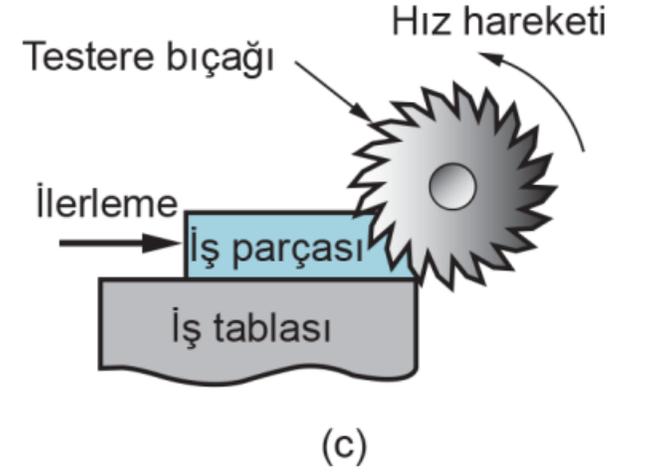
(a)

motorlu kollu testere



(b)

şerit testere

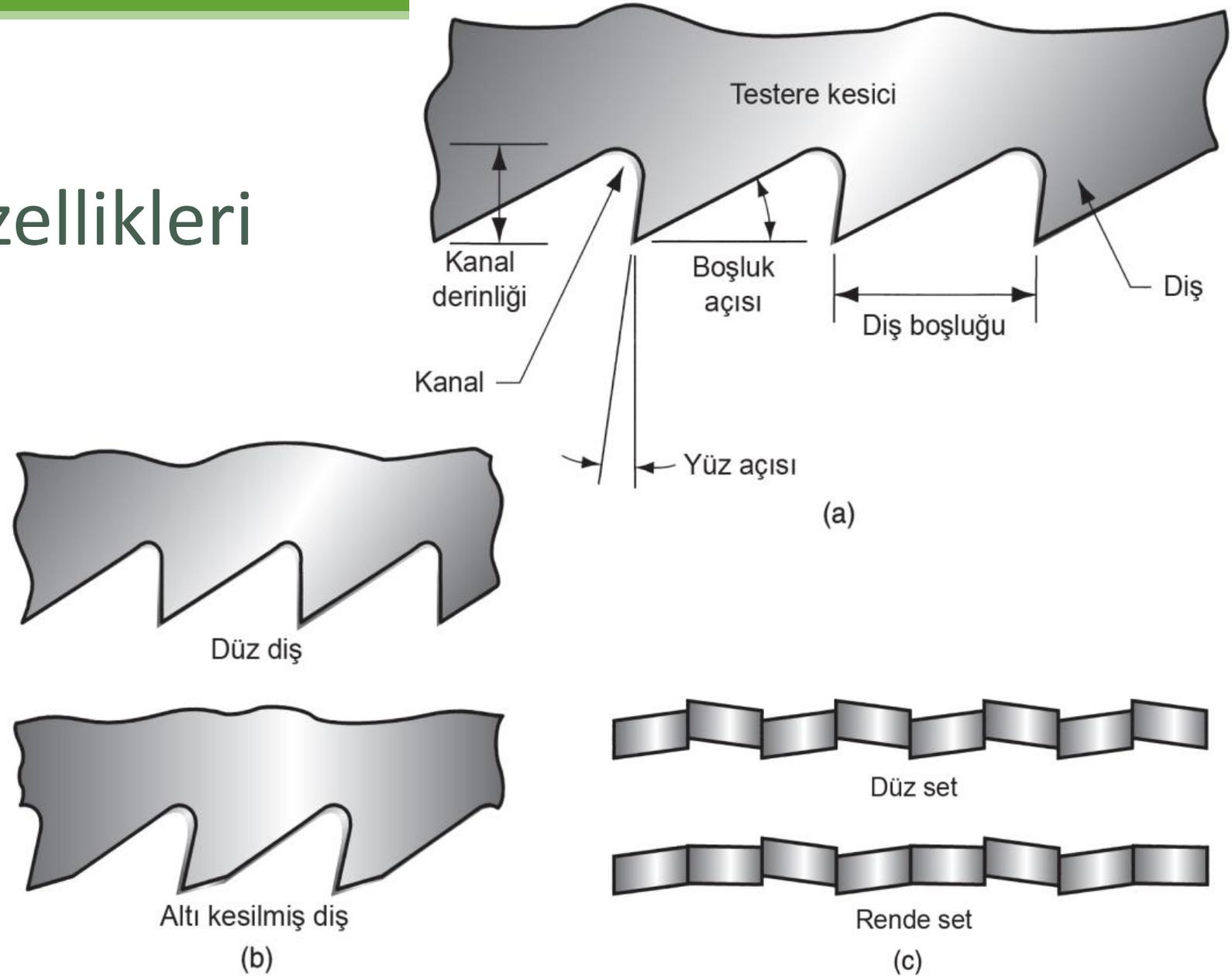


(c)

dairesel testere

Testere Ağzının Özellikleri

- (a) testere ağzı için adlandırma
- (b) iki yaygın diş formu
- (c) diş setinin iki tipi



Kaynaklar:

- Prof. Dr. Ahmet Aran – Ders Notları / Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dersnotlari.htm>
- Doç. Dr. Turgut Gülmez – İmal Usulleri Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
- <https://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI.html>
- Prof. Dr. Adnan Dikicioğlu – Ders Notları / İTÜ Makina Fakültesi
- <https://akademi.itu.edu.tr/dikicioglu/>
- Talaşlı İmalat Bilgileri / SANDVIK Coromant
- <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/pages/default.aspx>