

Okan Üniversitesi MYO

MUTK215

HAVACILIKTA İMALAT İŞLEMLERİ

Ders Yürütücüsü:

Öğr. Gör. Eren Kayaoğlu

eren.kayaoglu@okan.edu.tr

DERS 1

# MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri

Ders Sunumları (.pdf) + Kaynaklar

<http://okanuni.eren.xyz>

Web adresinden indirebilirsiniz.

# İmal Usulleri (4 ana başlık)

| Döküm                | 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              |
|                      | <b>Matkap</b>         | Ekstrüzyon               | * Elektrik ark, punta          |
| Kum Kalıba           | Taşlama               | Haddeleme                | * Gaz altı, toz altı           |
| Sürekli Kalıba       | Raybalama             | Tel Çekme                | * Oksi-asetilen                |
| Basınçlı             | Vargel                | Ovalama (vida dişi açma) | * Sürtünme, ultrasonik         |
| Santrifüj            | Broşlama              | <b>Bükme, kıvrırma</b>   | Lehimleme                      |
|                      |                       | <b>Presleme</b>          | <b>Perçinleme</b>              |
| Silikon Kalıplama    | EDM – Elektro-Erozyon |                          | <b>Tutkallama (yapıştırma)</b> |

# İmalat Yöntemleri

## İmalat İşlemlerinin Temel Sınıflandırması

Birleştirme [Joining]

Döküm [Casting]

Kalıplama [Molding]

Talaşlı İşleme [Machining]

Şekil Verme [Forming]

Eklemeli İmalat [Additive]

# İmalat Yöntemleri

## İmalat İşlemlerinin Temel Sınıflandırması



# İmalat Yöntemleri

## İmalat İşlemlerinin Temel Sınıflandırması

Şekil Verme [Forming]

Döküm [Casting]

Kalıplama [Molding]

Birleştirme [Joining]

Talaşlı İşleme [Machining]

Eklemeli İmalat [Additive]

# İmalat Yöntemleri

## İmalat İşlemlerinin Sınıflandırılması [*Manufacturing Processes*]



# İmalat Yöntemleri

**Kaynak Video:** İmalat prosesleri tanıtım animasyonu

**How Things Are Made | An Animated Introduction to Manufacturing Processes**

- [https://www.youtube.com/watch?v=Um\\_g8sQ\\_p3Y](https://www.youtube.com/watch?v=Um_g8sQ_p3Y)

# İmalat Yöntemleri

İmalat prosesleri  
genel tanıtım  
animasyonu



# İmal Kelime Kökeni

~ Ar iʿmāl إعمال [ʔm/IV msd.] işletme, işe koşma, işler hale getirme < Ar ʿamal عمل iş yapma → **amel**

*İmalat* terimi, iki Latince sözcükten *manus* (el) ve *factus* (yapma) oluşur; bileşiminin anlamı “*el yapımı*” dır

- “*El yapımı*” (İngilizcesi “*Manufacture*”) sözcüğü M.Ö. 1567 yılında ilk kez önem kazandığında kullanılan imalat yöntemlerini doğru olarak tanımlamıştı.
- Çoğu modern imalat işlemleri, çalışan insanlar tarafından denetlenen mekanize veya otomatik ekipmanlarla gerçekleştirilmektedir

# İmalat Teknolojileri

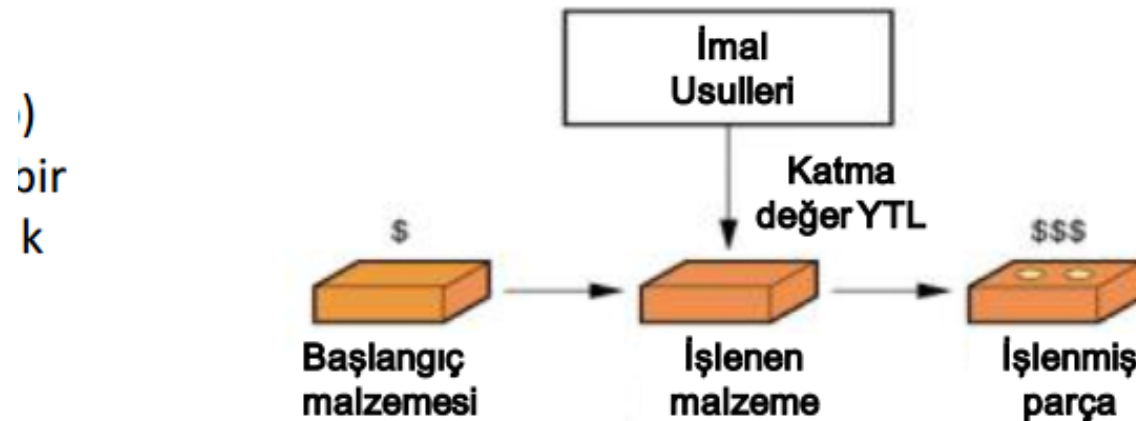
Teknoloji – Topluma ve üyelerine ihtiyaç duydukları veya istedikleri şeyleri sağlamak için bilimin uygulanması

- Teknoloji toplumumuza ve üyelerine, daha iyi yaşamalarına yardım eden ürünleri sağlar
- Bu ürünlerin ortak yönleri nelerdir?
  - Tümü imal edilir
- İmalat teknolojiyi mümkün kılan temel faktördür

# İmalat – Ekonomik (iktisadi) açıdan

Malzemelerin, bir veya daha fazla imalat ve/veya montaj işlemi aracılığıyla daha yüksek değere sahip parçalara dönüştürülmesi

- İmalat, malzemeye şeklini veya özelliklerini değiştirerek veya başka malzemelerle birleştirerek değer katar



# İmalat Türleri: İki temel türü vardır

- *İşleme*
  1. İşleme operasyonları – bir parçanın malzemesini, tamamlanmış bir yapıdan, daha ileri bir aşamaya dönüştürme
    - Başlangıç malzemesinin geometrisini, özelliklerini veya görünüşünü değiştiren operasyonlar
- *Montaj*
  2. Montaj operasyonları – yeni bir parça oluşturmak için iki veya daha fazla bileşenin birleştirilmesi

# İmalat Türleri: İşleme Operasyonları

- *İşleme >>*

Değer katmak için bir malzemenin şeklini, fiziksel özelliklerini veya görünüşünü değiştirirler

- İşleme operasyonlarının üç kategorisi:

1. Şekillendirme operasyonları – başlangıç parça malzemesinin geometrisini değiştirir
2. Özellik-geliştirici operasyonlar – şeklini değiştirmeden fiziksel özelliklerini iyileştirir
3. Yüzey işleme operasyonları – parçanın dış yüzeyini temizlemek, işlemek, kaplama veya malzeme yığmak için

# İmalat Türleri: Montaj Operasyonları

- Montaj >>

İki veya daha fazla parça, yeni bir parça oluşturmak için birleştirilir

- Montaj operasyon türleri:

1. Birleştirme işlemleri – kalıcı bir birleşim oluşturur
  - Kaynak, sert lehimleme, yumuşak lehimleme ve yapıştırma
2. Mekanik montaj – mekanik yöntemlerle birleştirme
  - Dişli birleştiriciler (cıvatalar, somunlar ve vidalar); sıkı geçme, genişleyen birleştiriciler

# İmalat İşletmesi:

- Malzemeler,
- Prosesler,
- Sistemler ve
- İnsanlardan oluşur.

Bir imalat işletmesi, sınırlı miktarda malzemenin artan değerli ürünlere dönüştürülmek üzere tasarlandığı, prosesler ve sistemler (ve şüphesiz insanlar)'dan oluşur

- Üç yapı bloğu - malzemeler, prosesler ve sistemler - modern imalatın konusudur

# İmalat İşletmesi: Üretim Sistemleri

- İnsanlar
- Ekipmanlar
- Prosedürler

Bir şirketin imalat işlemlerini oluşturan malzeme ve işlemlerin kombinasyonunda kullanılan insanlar, ekipman ve prosedürler

- Bir imalat şirketi, üretim türünü oluşturmak için sistem ve prosedürlere sahip olmalıdır
- Üretim sistemlerinin iki kategorisi:
  - Üretim araçları
  - İmalat destek sistemleri
- Her iki kategori de insan içerir (insanlar sistemlerin çalışmasını sağlar)

# İmalat İşletmesi: Üretim Araçları

- Üretim Ekipmanları
- Malzeme Taşıma Sistemleri

Fabrika, üretim ekipmanları ve malzeme taşıma sistemleri

- Üretim araçları ürüne “dokunur”
- Fabrikada ekipmanların düzenlenme şeklini içerir - atölye yerleşimi
- Ekipman, *imalat sistemleri* denilen, genellikle lojik gruplar halinde organize edilir
  - Örnekler:
    - Otomatize edilmiş üretim hattı
    - Endüstriyel robot ve iki makine takımı içeren makine hücresi

# Üretim Araçları ile **Ürün Miktarı** İlişkisi

- Seçilecek imal usulü ile talep edilen ürün miktarı arasında doğrudan bir ilişki vardır!

## Düşük Üretim

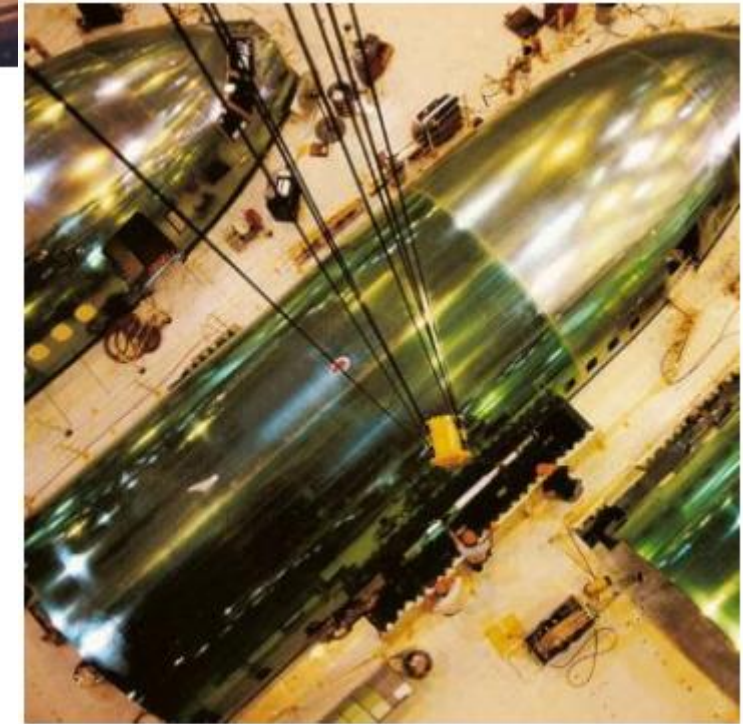
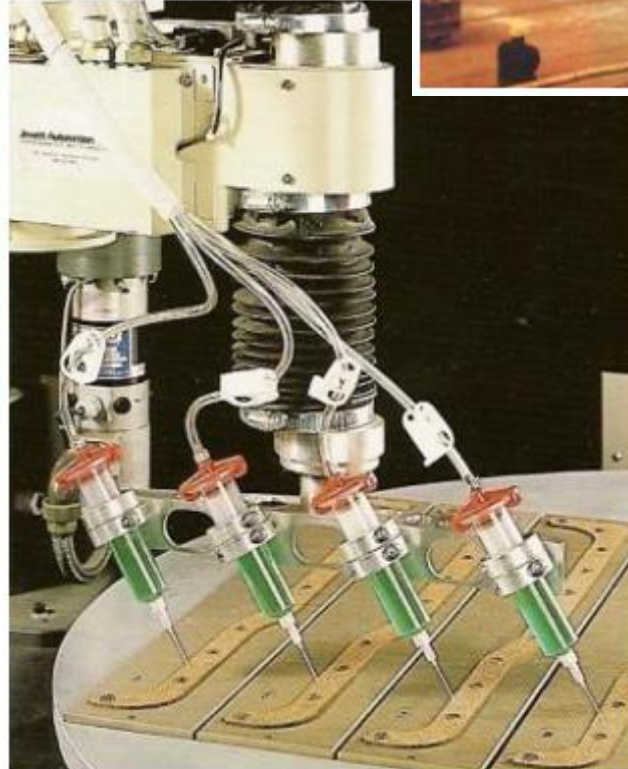
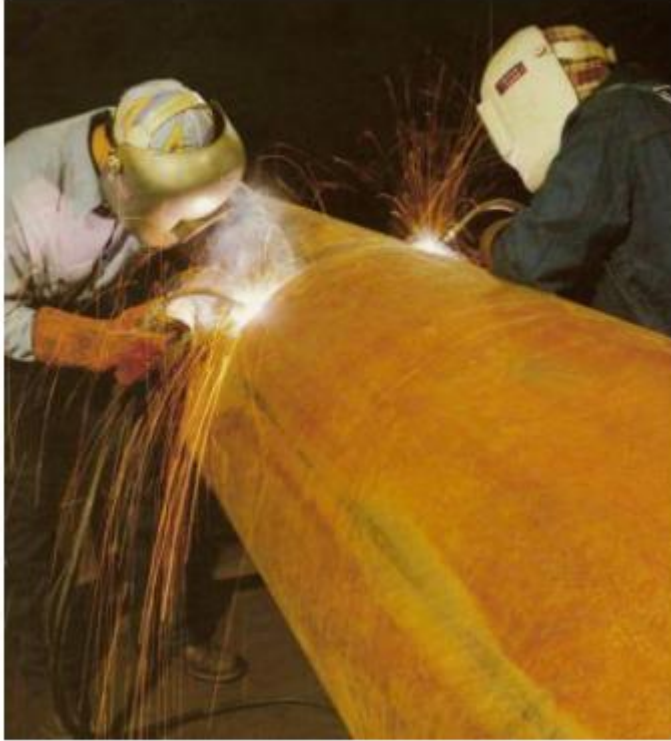
*İş atölyesi* terimi, bu tür üretim araçları için kullanılır

- Bir iş atölyesi, düşük miktarda, belirlenmiş ve geleneksel ürünleri yapar
  - Ürünler genellikle karmaşıktır, örn.: uzak kapsülleri, prototip uçaklar, özel makinalar
- Bir iş atölyesindeki ekipman genel amaçlıdır
- İşçilik beceri seviyesi yüksektir
- Maksimum esneklik için tasarlanmıştır

## Yüksek Üretim

- Genellikle *seri üretim* olarak adlandırılır
  - Ürün için yüksek talep
  - Bu ürünün üretilmesine tahsis edilmiş imalat sistemi
- Seri üretimin iki kategorisi:
  1. Miktar üretimi
  2. Akış hattı üretimi

# Üretim Yöntemleri



- Örnek Görseller:

# Üretim Yöntemleri

A. Şekillendirme

B. Özellik Geliştirme

C. Yüzey İşleme

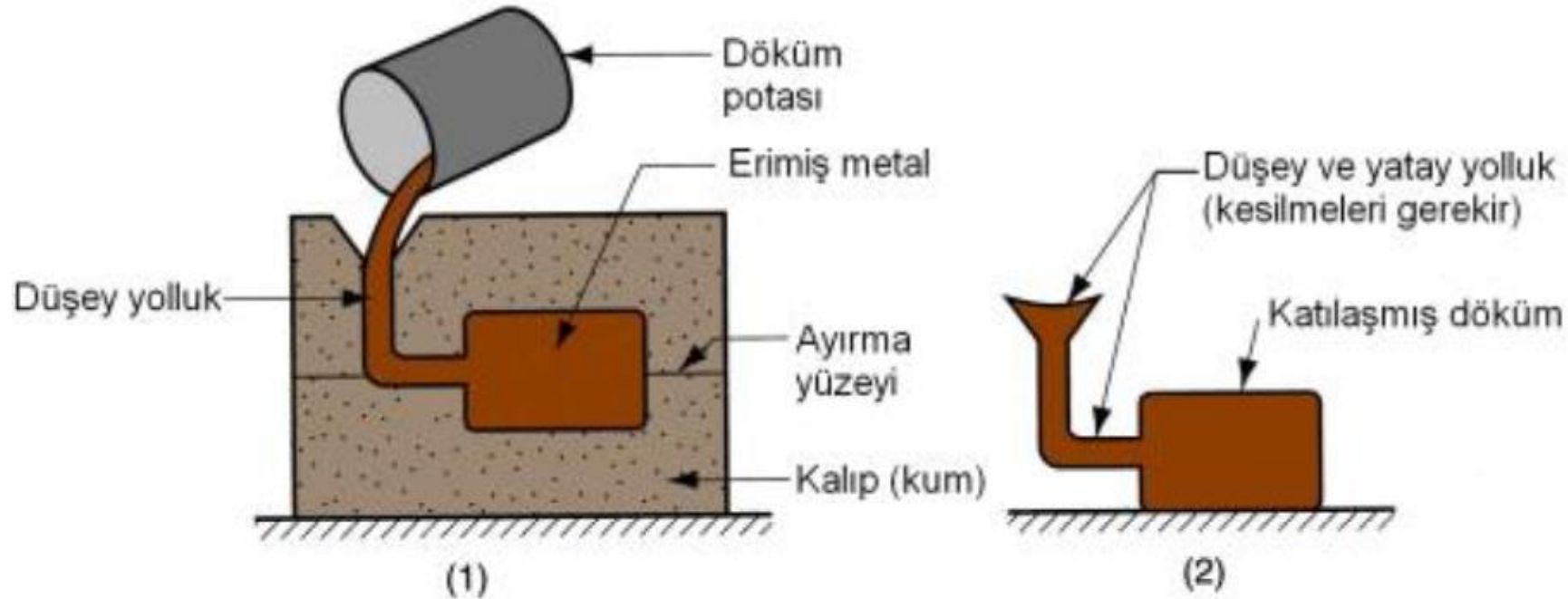
## A) Şekillendirme Yöntemleri: 4 ana kategori

- *Katılaştırma*
  - *Parçacık İşleme*
  - *Form Verme (PŞV)*
  - *Talaş Kaldırma*
1. Katılaştırma yöntemleri – başlangıç malzemesi sıvı veya yarı sıvı hale ısıtılır
  2. Parçacık işleme yöntemleri – başlangıç malzemesi tozlardan oluşur
  3. PŞV yöntemleri – başlangıç malzemesi sünek bir katıdır (genellikle metal)
  4. Talaş kaldırma yöntemleri – başlangıç malzemesi sünek veya gevrek katıdır

# Şekillendirme Yöntemleri:

## 1. Katılaştırma Yöntemleri

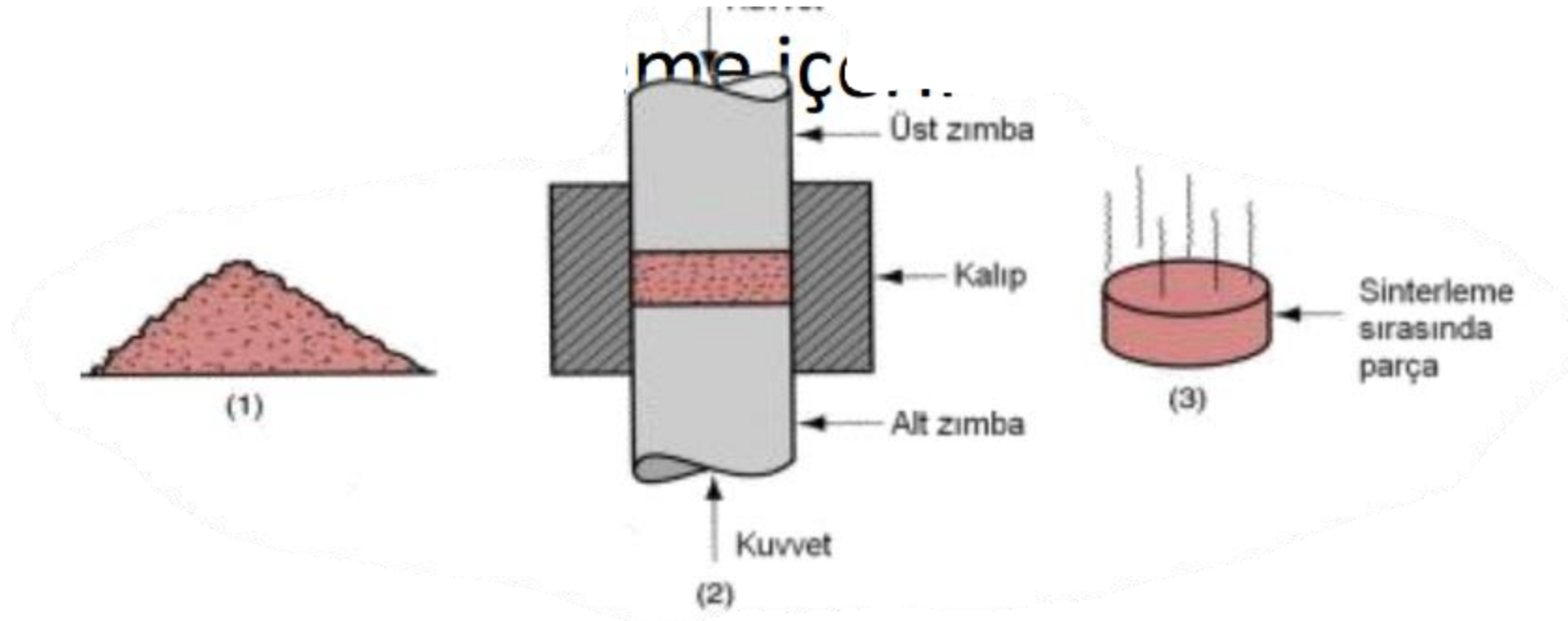
- Başlangıç malzemesi, bir sıvıya veya yüksek derecede plastik hale (**akışkan** veya kalıcı şekil değiştirebilir duruma) dönüşecek şekilde yeterli seviyede (sıcaklık) ısıtılır.



# Şekillendirme Yöntemleri:

## 2. Parçacık İşleme Yöntemleri

- Başlangıç malzemeleri metal, polimer veya seramik tozlarıdır. Genellikle, tozlar ilk olarak sıkıştırılır ve ardından birbirine bağlanmaları için ısıtılır. Presleme ve sinterleme (ısı ve basınç ile tozları yapıştırma veya tozları/parçaları yarı yarıya eriterek yapıştırma) en yaygın halidir.

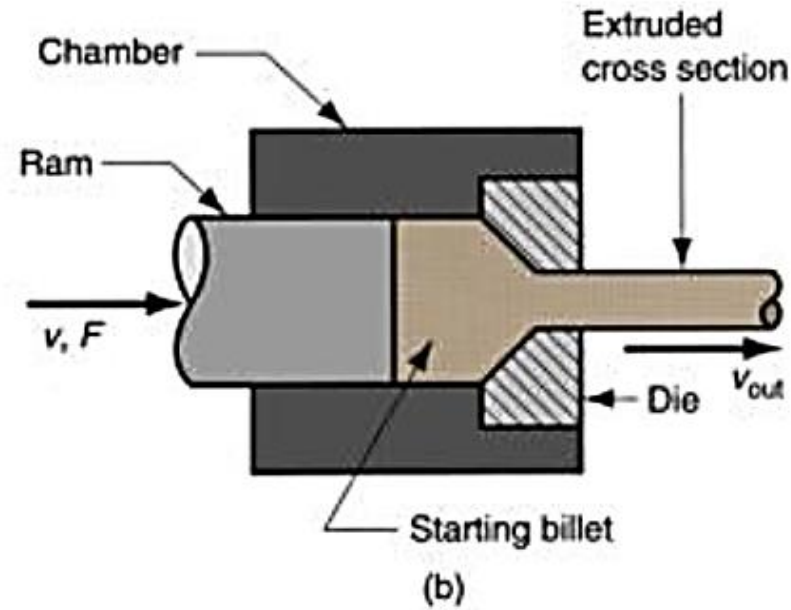
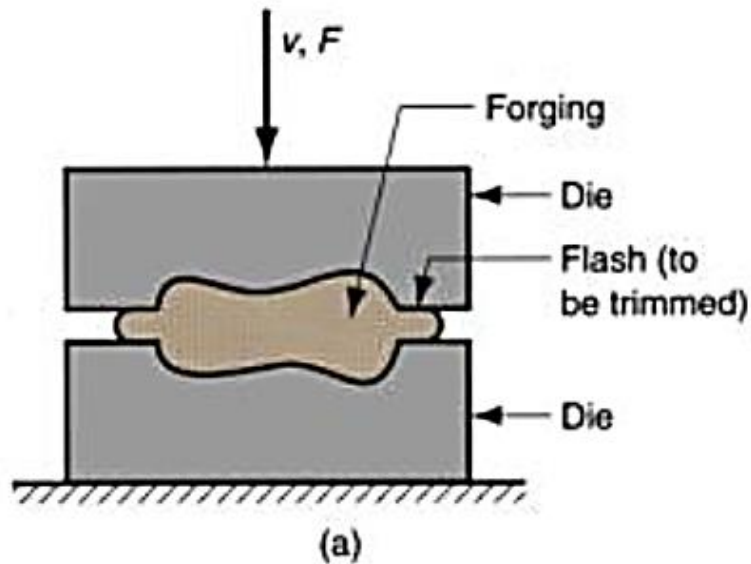


# Şekillendirme Yöntemleri:

## 3. Form Verme (PŞV) Yöntemleri

Başlangıç parçası, malzemenin akma dayanımını aşan kuvvetlerin uygulanmasıyla şekillendirilir.

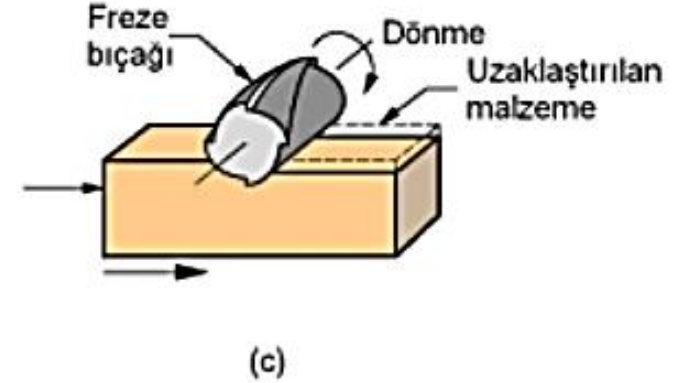
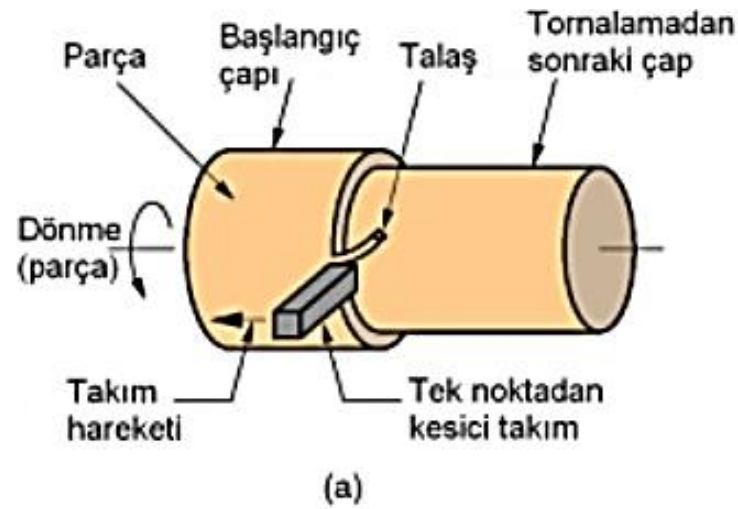
- Örnekler: **(a)** dövme, **(b)** ekstrüzyon



# Şekillendirme Yöntemleri:

## 4. Talaş Kaldırma Yöntemleri

İstenen geometrinin kalması için başlangıç parçasındaki fazla malzeme uzaklaştırılır.



## B) Özellik Geliştirici Yöntemler:

- Isıl işlemler (malzeme iç yapısındaki tane büyüklüğünün düzenlenmesi)
- Sinterleme (toz halinde sıkıştırılmış malzemenin yüksek dayanımlı hale getirilmesi)

Parça malzemesinin mekanik veya fiziksel özelliklerinin iyileştirmek için uygulanır

■ Parça şekli değişmez (istenen durum hariç)

– Örnek: ısıtılmış parçanın istenmeyen çarpılması

■ Örnekler:

– Metallerin ve camların ısıtılması

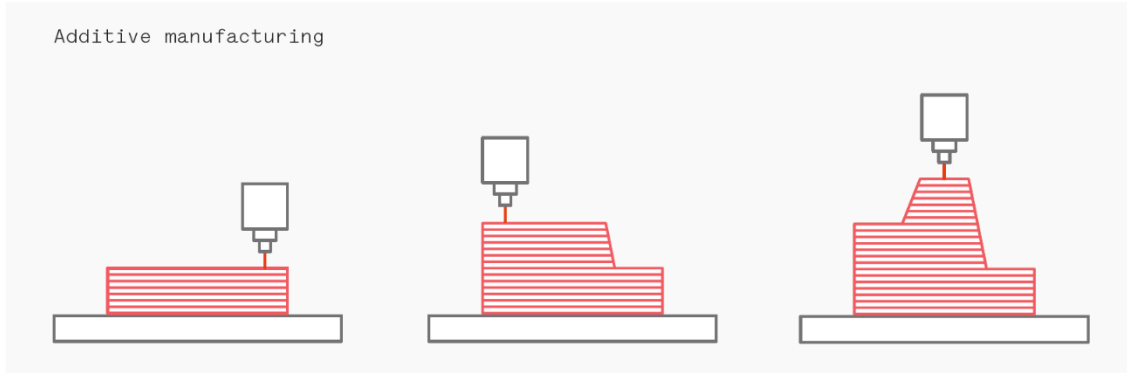
– Toz metal ve seramiklerin sinterlenmesi

## C) Yüzey İşleme Yöntemleri:

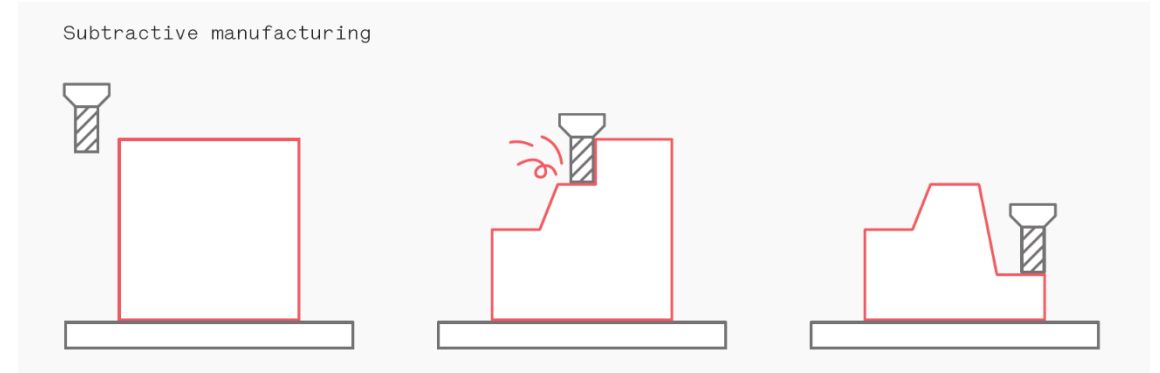
- *Temizleme*
  - Temizleme – kir, yağ ve diğer kirlilikleri yüzeyden uzaklaştırmak için kimyasal ve mekanik işlemler
- *Mekanik işlemler*
  - Yüzey işlemleri – kum püskürtme gibi mekanik ve difüzyon gibi fiziksel işlemler
- *Kaplama*
  - Kaplama ve ince film çöktürme – parçanın dış yüzeyinin kaplanması

# İmâlât Yöntemleri / Farklı Sınıflandırma

- **Eklemeli İmalat Yöntemleri**  
(*Additive Manufacturing*)
  - Yeni Nesil



- **Çıkarmalı İmalat Yöntemleri**  
(*Subtractive Manufacturing*)
  - Geleneksel



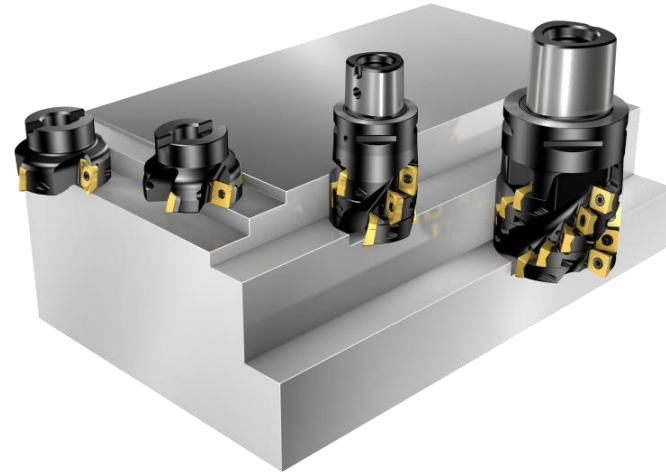
# İmâlât Yöntemleri

- **Eklemeli İmalat Yöntemleri**

*(Additive Manufacturing Methods)*

- ❖ FDM – Fused Deposition Modeling (3D Printing)
- ❖ SLS – Selective Laser Sintering
- ❖ SLA – Stereolithography
- ❖ MJET – ...
- ❖ DLP, SDL, EBM ...

# İmâlât Yöntemleri



- Çıkarmalı İmalat Yöntemleri (*Subtractive Manufacturing Methods*)
  - Tornalama, **Frezeleme**, **Matkaplama**, Taşlama, Testereleme
  - Planyalama, Vargelleme, Broşlama, Raybalama
  - Honlama, Lepleme
  - EDM – Electro Discharge Machining (Elektro Erozyon, Delme Erozyon, Tel Erozyon)
  - Lazer Kesim, Su Jeti İle Kesim

# MUTK215 – Havacılıkta İmalat İşlemleri



Örnek Görseller ve Videolar

# Döküm / Katılaştırma / Kalıplama

| Metal Malzemeye Göre  | Kalıp Tipine Göre      | Yönteme Göre        | Metal Dışı Malzemeler |
|-----------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| • Dökme Demir         | ➤ Kum Kalıba Döküm     | ❖ Santrifüj         | ❑ Plastik Enjeksiyon  |
| • Çelik Döküm         | ➤ Sürekli Kalıba Döküm | ❖ Basıncılı         | ❑ Silikon Kalıp       |
| • Temper Döküm        | ✓ Kokil                | ❖ Vakumla           |                       |
| • Sfero Döküm         | ✓ Seramik              | ❖ Kontinü (Sürekli) |                       |
|                       | ✓ Alçı                 | ❖ Disamatik         |                       |
| ○ Alüminyum           | ➤ Çelik Kalıba Döküm   | ❖ Kaybolan Modelle  |                       |
| ○ Bakır ve Alaşımları | ➤ Kabuk Kalıp          | ❖ Boşaltma          |                       |
| ○ Magnezyum           | ➤ Hassas Kalıp         | ❖ Bozulabilir Kalıp |                       |
| ○ Çinko               | ➤ Kuyumcu Döküm        | ❖ Kalıcı Kalıp      |                       |

# Döküm Tekniği: Kum Kalıba Metal Dökümü

- Örnek Video:

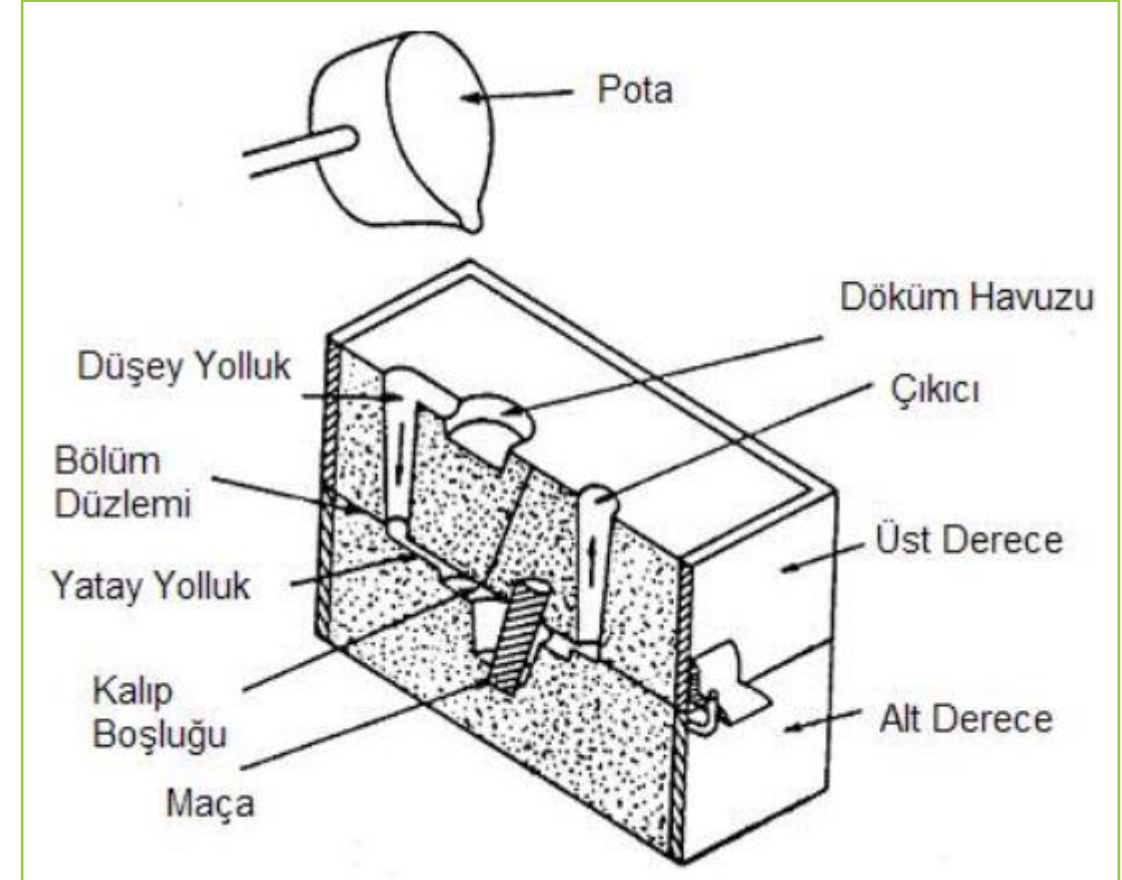
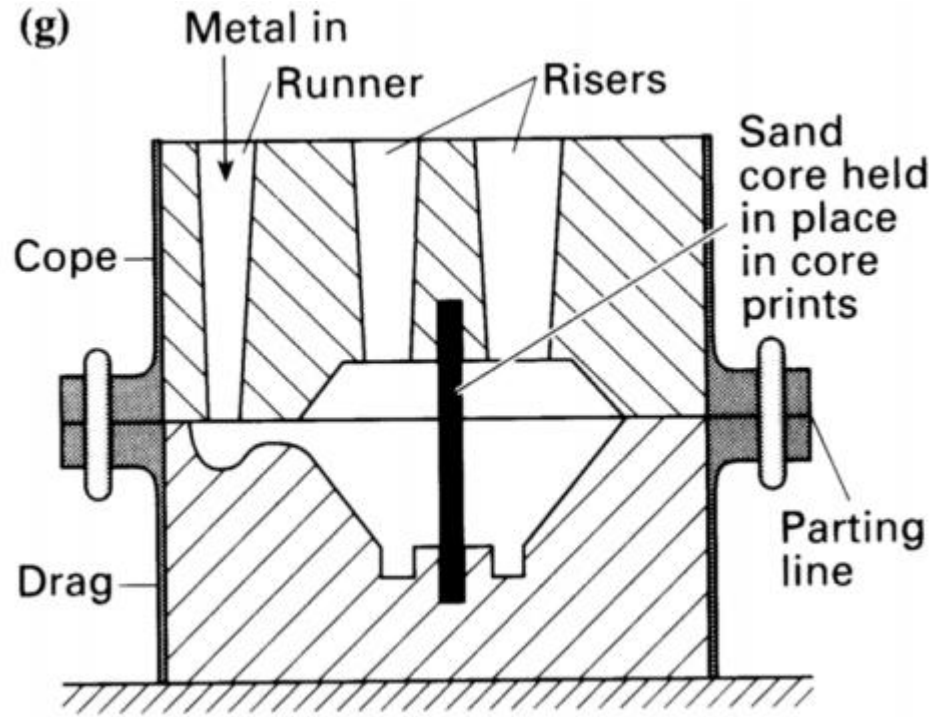
**Metal Casting: Sand Moulds**

<https://www.youtube.com/watch?v=F-AEAicb91o>

# Döküm Tekniği: Kum Kalıba Metal Dökümü



# Döküm Teknolojisi



- Döküme hazır kapalı kum kalıp kesit görünüşü (*Casting / Mould*)

# Döküm Tekniği: Kum Kalıba Döküm

- **Örnek Video:**

Kum kalıba metal döküm  
(Kum Malzeme ile Kalıplama)

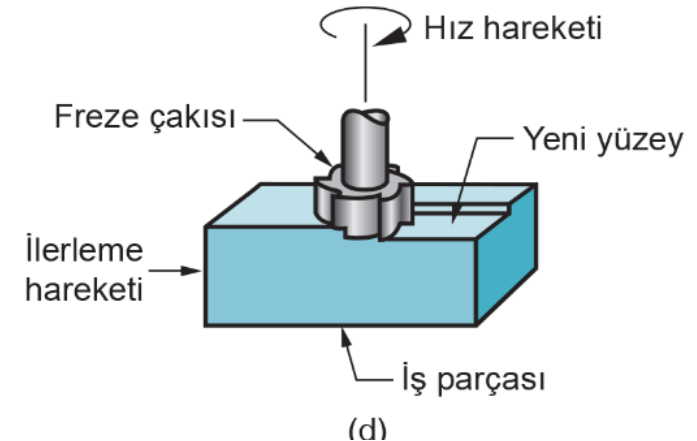
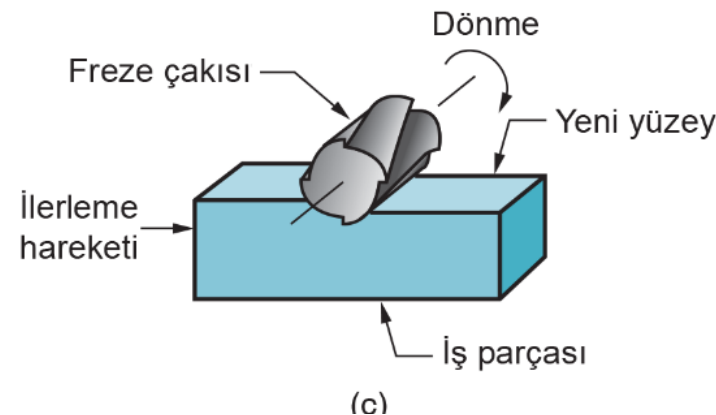
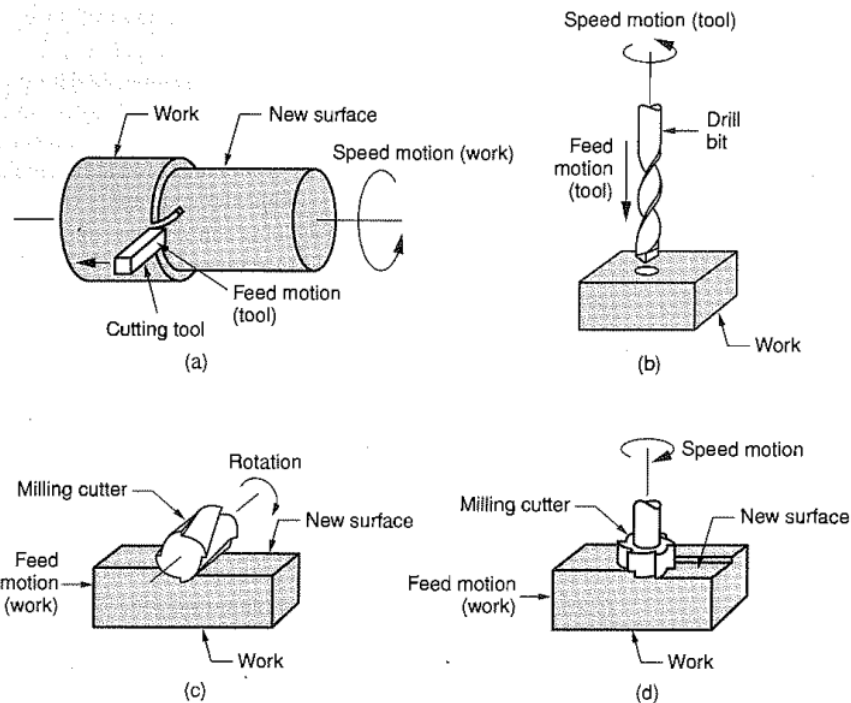
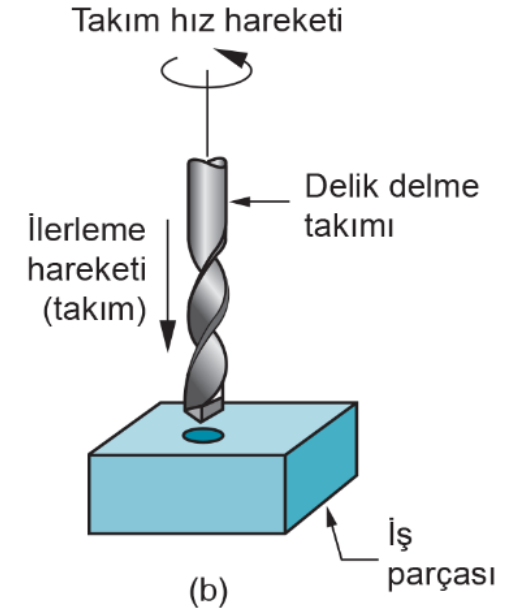
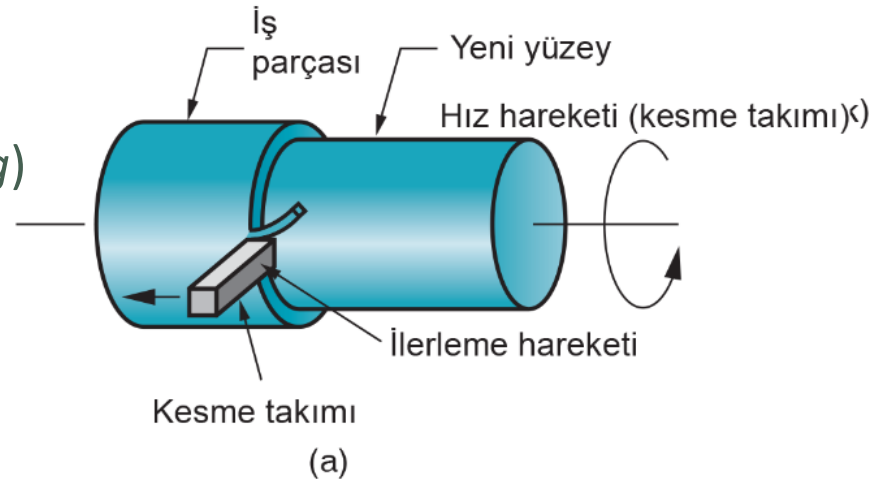


# Talaş Kaldırma Yöntemleri / Talaşlı İşleme

|        |                   |             |               |
|--------|-------------------|-------------|---------------|
| Torna  | Testereleme       | Taşlama     | Kılavuz çekme |
| Freze  | Lazer ile kesme   | Eğeleme     | Pafta çekme   |
| Matkap | Su Jeti ile kesme | Zımparalama | Dişli İşleme  |
| Planya | Plazma ile kesme  |             | Dişli Azdırma |
| Vargel |                   | Honlama     |               |
| Rayba  |                   | Lepleme     |               |
| Broş   | Elektro Erozyon   |             |               |
|        | Tel Erozyon       |             |               |
|        |                   |             |               |

# Talaşlı Şekil Verme Teknolojileri

- A) Tornalama (*Turning, lathe*)
- B) Matkapla delme (*Drilling*)
- C) Çevresel Frezeleme (*Peripheral Milling*)
- D) Alın Frezeleme (*Face Milling*)



# Talaşlı Şekil Verme: Frezeleme

- Örnek Video:

**Walter Tools M4000—one insert for Face-,shoulder- chamfer milling**

<https://www.youtube.com/watch?v=DBpi35xRSCk>

# Talaşlı Şekil Verme: Frezeleme

- **Örnek Video:**

Alın Frezeleme  
(Dik İşleme Merkezi)



# Talaşlı Şekil Verme: Tornalama

- Örnek Video:

**Tornitura Volano Per Motore Elettrico**

<https://www.youtube.com/watch?v=WGmEseQIHUA>

# Talaşlı Şekil Verme: Tornalama

- **Örnek Video:**

Tornalama

Çevresel

Alın

Delme

Vida açma



# Form Verme (PŞV) / Kalıcı Deformasyon

Serbest Dövme ve Basma

Dikişsiz Boru İmalatı

Yığma ve Baş Şişirme

Kalıpta Dövme ve Basma

Ekstrüzyon

Zımbalama

Haddeleme

Tel Çekme

Çubuk Çekme

Hidroforming

Ovalama (vida dişi açma)

Bükme, kıvrırma, kesme

Presleme

Derin Çekme

Sıvama

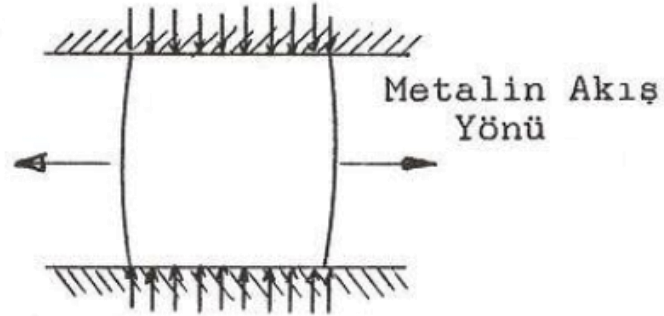
# Form Verme (PŞV)

PŞV kısaltmasının yanı sıra, yöntemin aldığı diğer isimler:

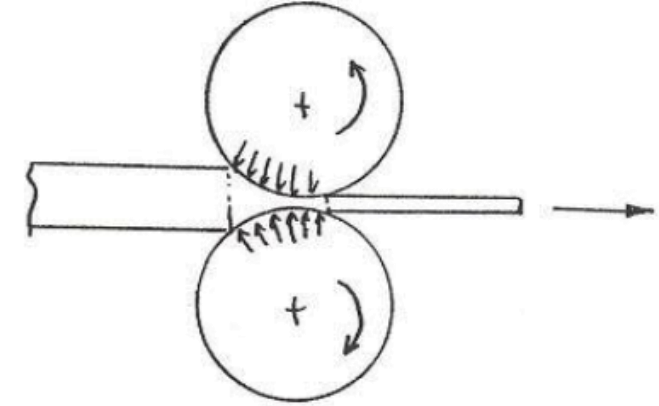
- Metallerin Plastik Şekillendirilmesi
- Plastik Deformasyon
- Kalıcı Deformasyon
- Form Verme
- Presleme
- Forming
- .....

# Form Verme (PŞV) Teknolojisi

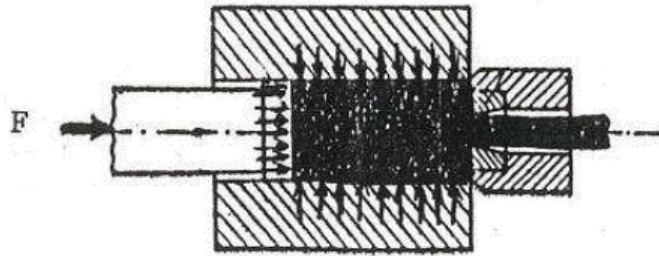
- *Dövme*
- *Haddeleme*
- *Ekstrüzyon*
- *Tel Çekme*
- *Bükme*



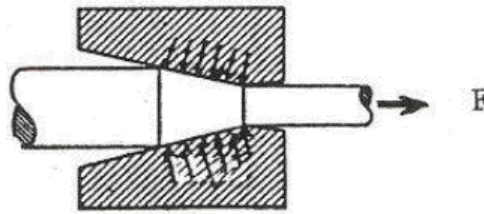
DÖVME



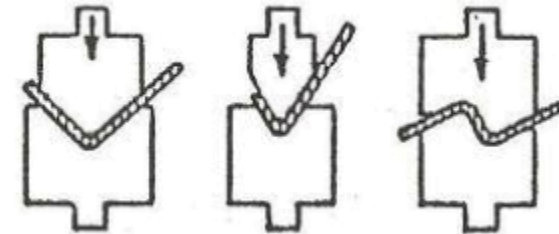
HADDELEME



EKSTRÜZYON



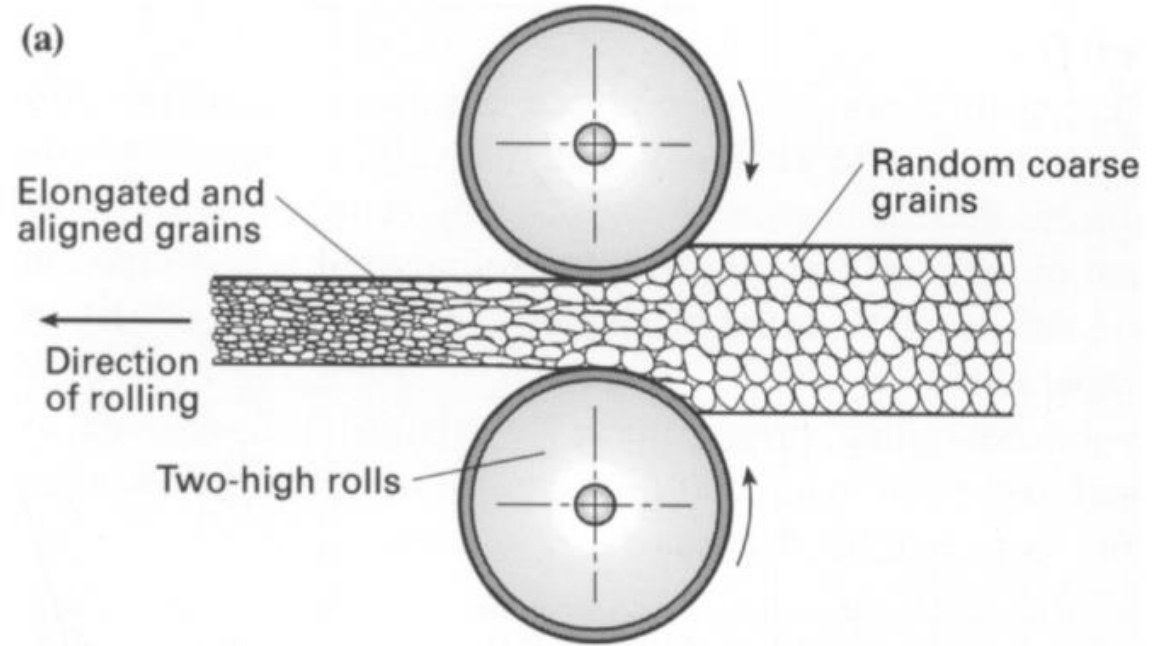
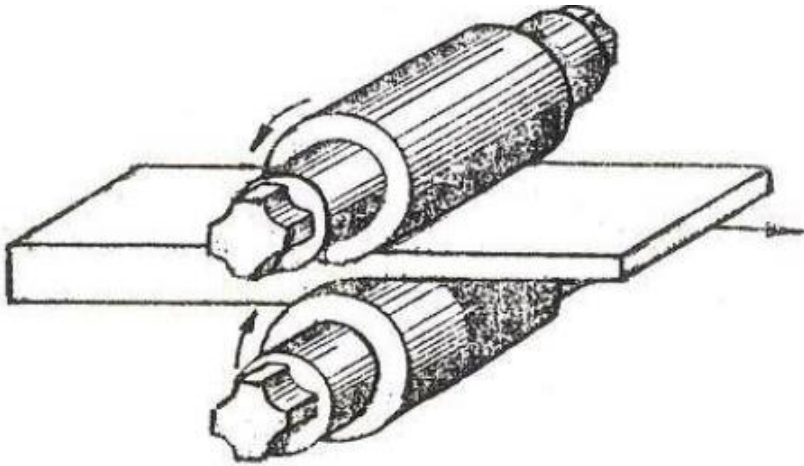
TEL ÇEKME



BÜKME

# Form Verme

- Haddeleme (Rolling / Hot Rolling)



# Presleme: Hidrolik Preste Bükme Kesme

- Örnek Video:

**HOW TO MAKE SEVERAL PARTS WITH THE HYDRAULIC PRESS MACHINE  
NARGESA MX700**

<https://www.youtube.com/watch?v=3CPygO2Z0OY>

# Hidrolik Preste Form Verme

- *Örnek Video:*

## Presleme

Delme

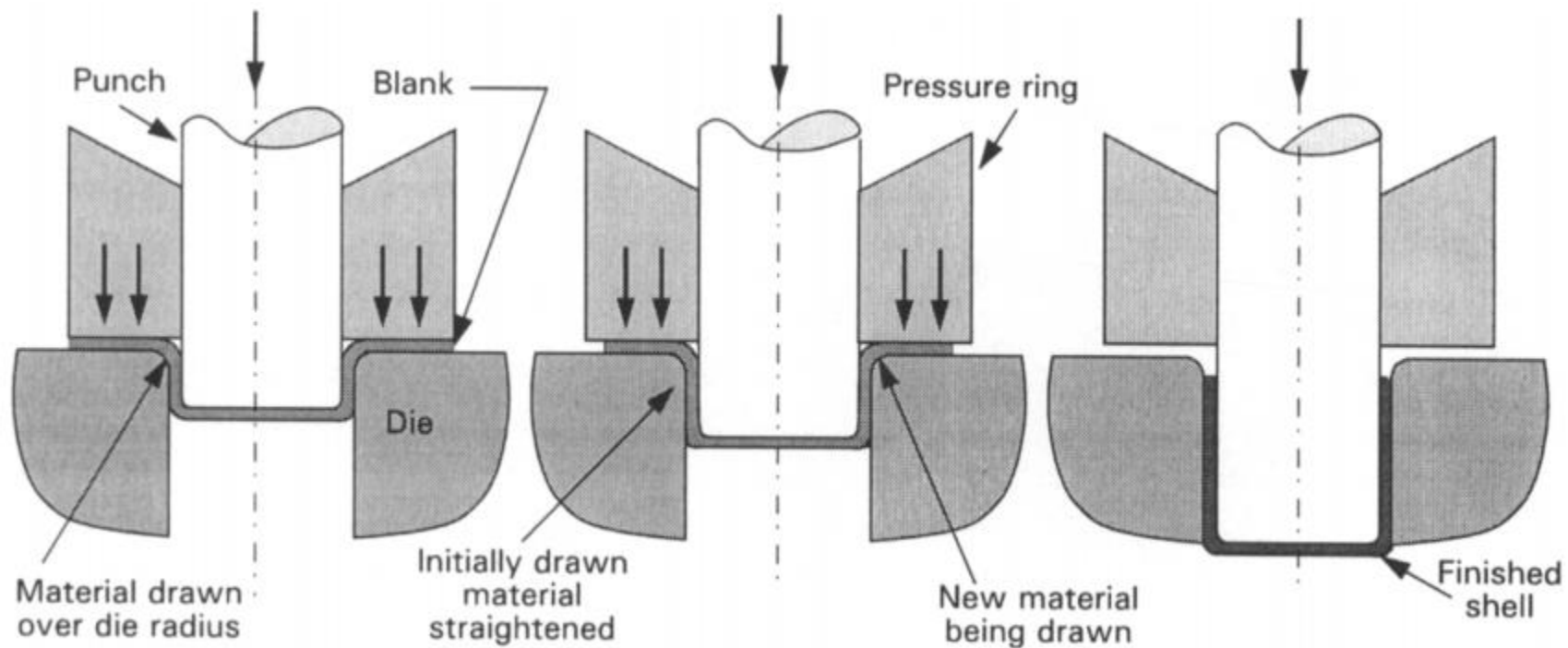
Bükme

Kesme



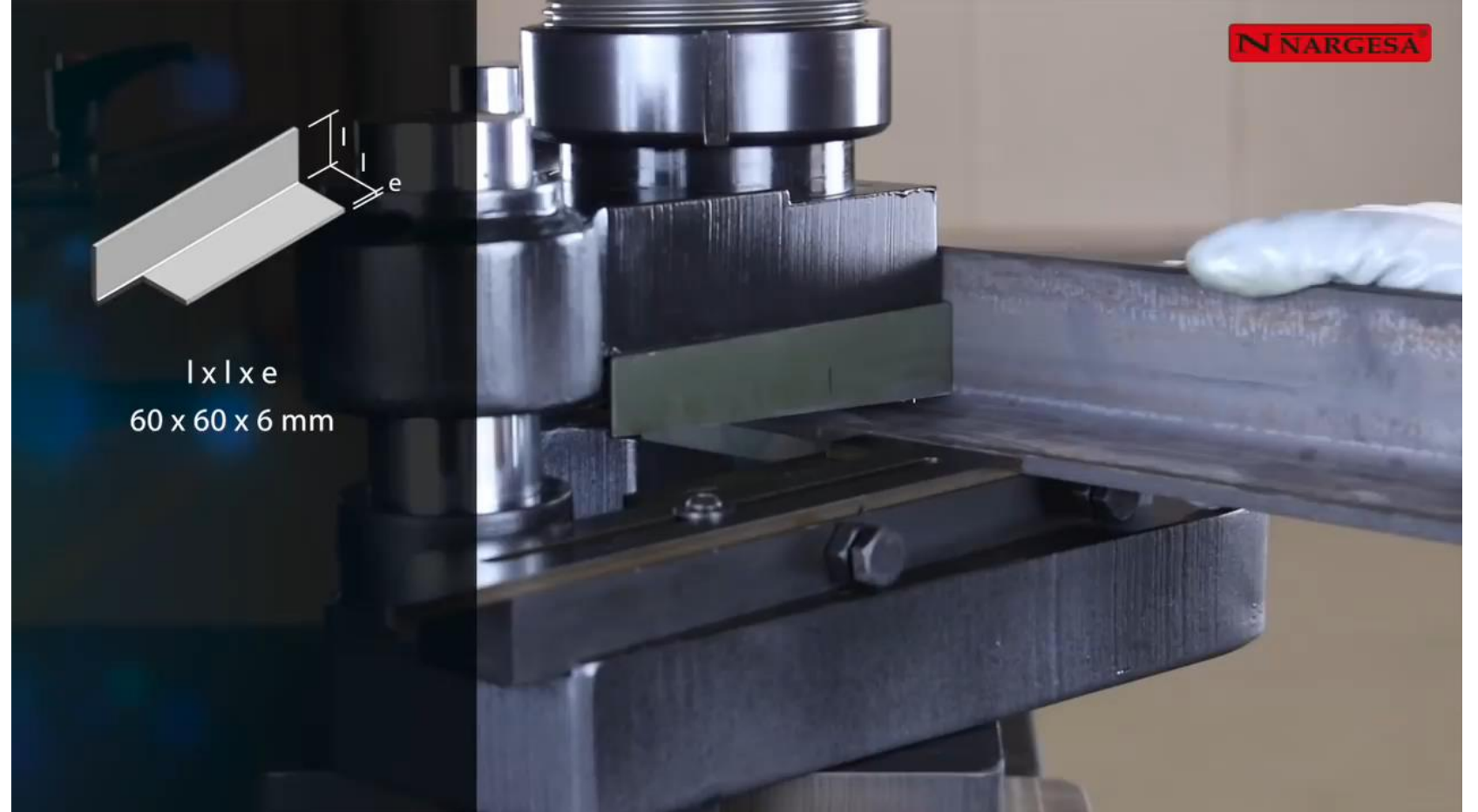
# Form Verme (PŞV)

- Presleme / Derin Çekme (*Deep Drawing*)



# Form Verme: Hidrolik Preste Kesme

- **Örnek Video:**  
Presleme  
Preste Kesme



# Form Verme: Hidrolik Preste Bükme/Kıvrırma

- **Örnek Video:**

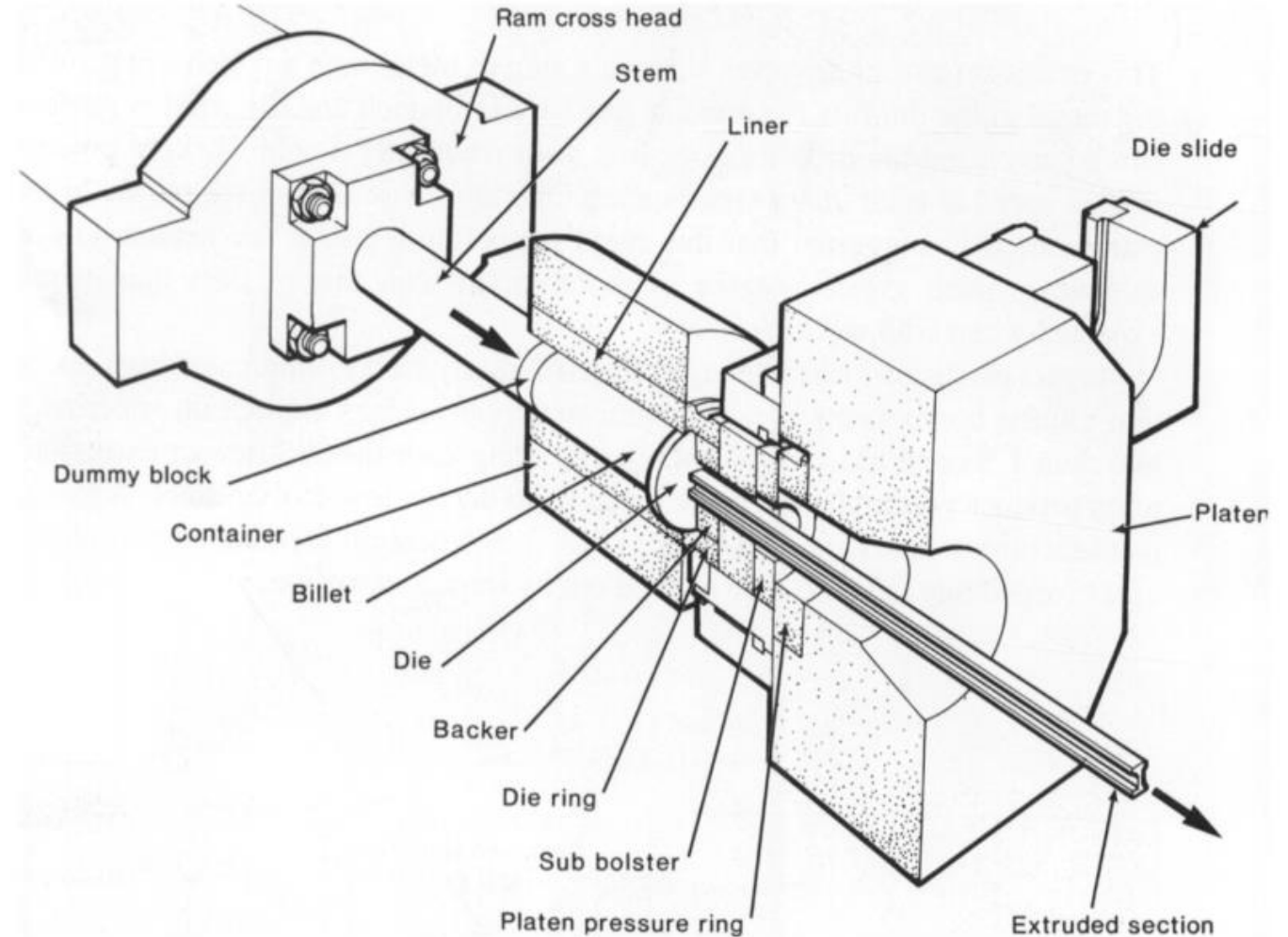
## Presleme

Preste Bükme

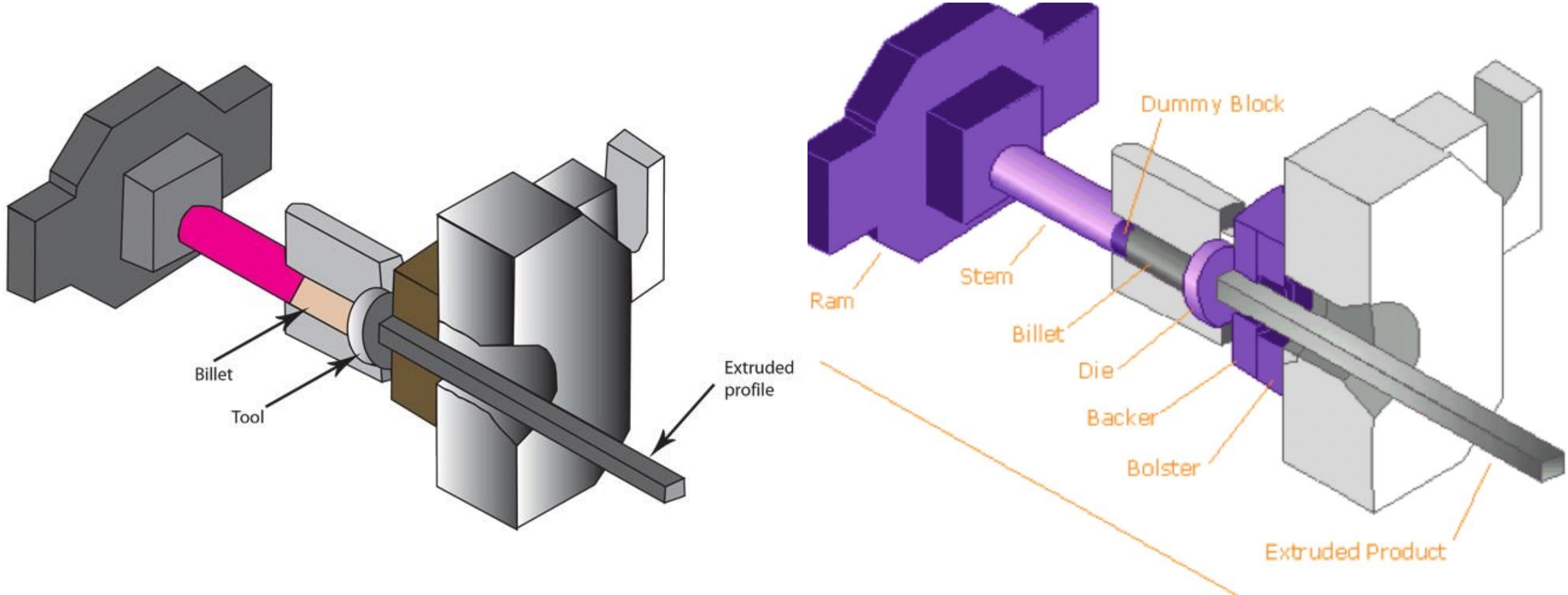


# Form Verme: Ekstrüzyon Metodu

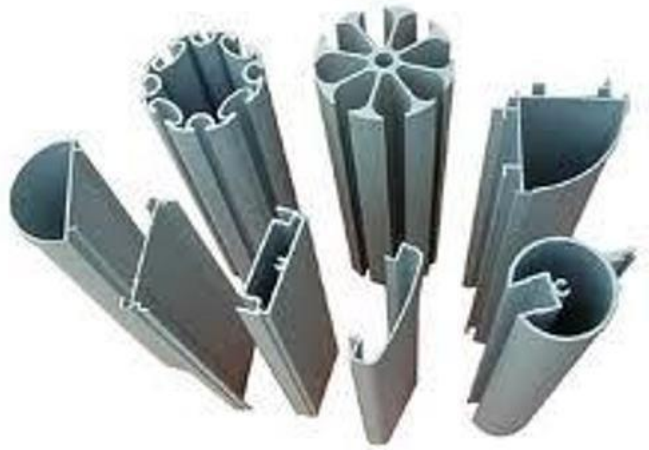
- Ekstrüzyon (*Extrusion*)
  - I profil imalatı



# Form (PŞV) Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon



# Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon



- Alüminyum ve polimer malzemelerden ekstrüzyon örnekleri
- Fonksiyonel şekilli **profil imalatı**nda en çok tercih edilen yöntemdir.



# Form Verme (PŞV) Yöntemleri: Ekstrüzyon

- Kaynak Video:

**Animation of aluminium extrusion process**

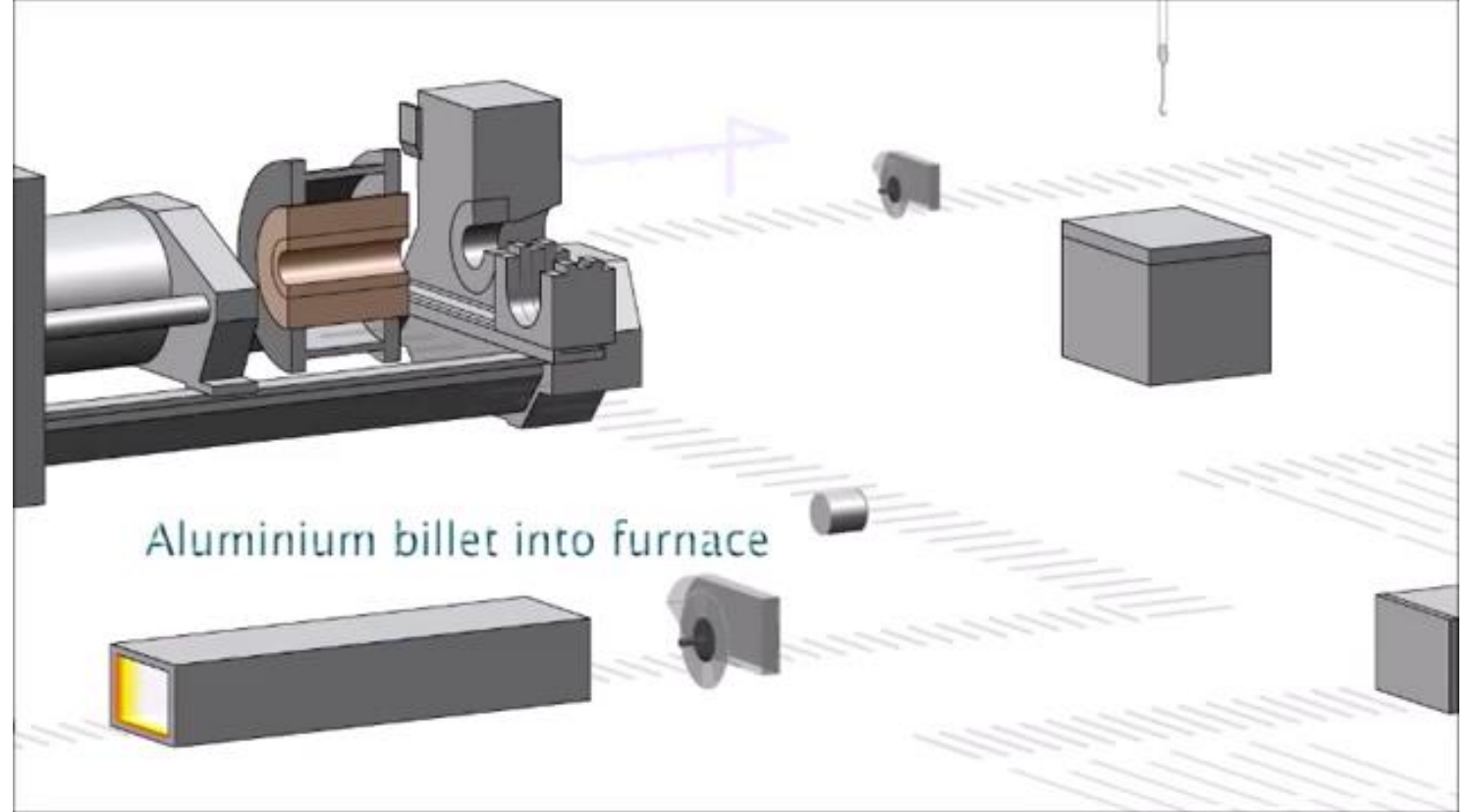
- [https://www.youtube.com/watch?v=vHkwq\\_2yY9E](https://www.youtube.com/watch?v=vHkwq_2yY9E)

# Form Verme Yöntemleri: Ekstrüzyon

- **Örnek Video:**

## Ekstrüzyon

Sıcak veya Soğuk uygulanabilir. İşlem, malzeme ve parçaya göre değişir.



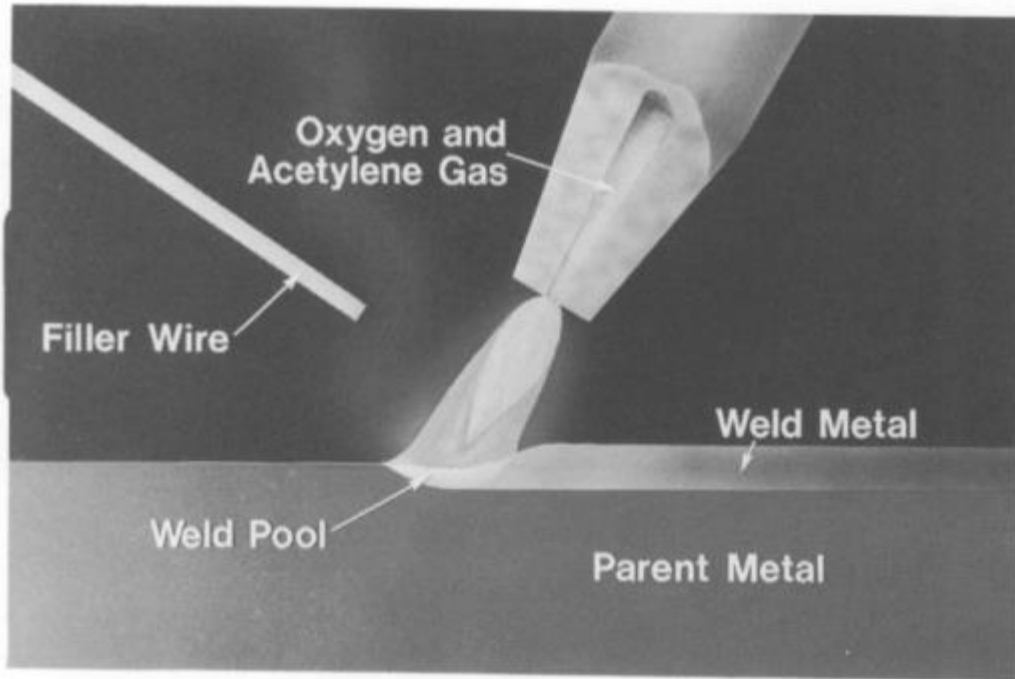
# Birleştirme Yöntemleri

| Kaynak Tekniği | Diğer Yöntemler    | Sınıflandırmalar     |
|----------------|--------------------|----------------------|
| Oksi-asetilen  | Perçinleme         | ❖ Basınç Kaynağı     |
| TIG, MIG, MAG  | Yapıştırma         | ❖ Ergitme Kaynağı    |
| Elektrik ark   | Cıvata – Somun vb. |                      |
| Gaz altı       | Lehimleme          | ▪ Ergiyen Elektrod   |
| Toz altı       | Sert Lehimleme     | ▪ Ergimeyen Elektrod |
| Sürtünme       |                    |                      |
| Ultrasonik     |                    | ○ Elektrik Direnç    |
| Laser          |                    | ○ Elektrik Ark       |
| Alümino-Termit |                    |                      |
| Puntalama      |                    |                      |
|                |                    |                      |

# Birleştirme Yöntemleri: *Kaynak Tekniği*

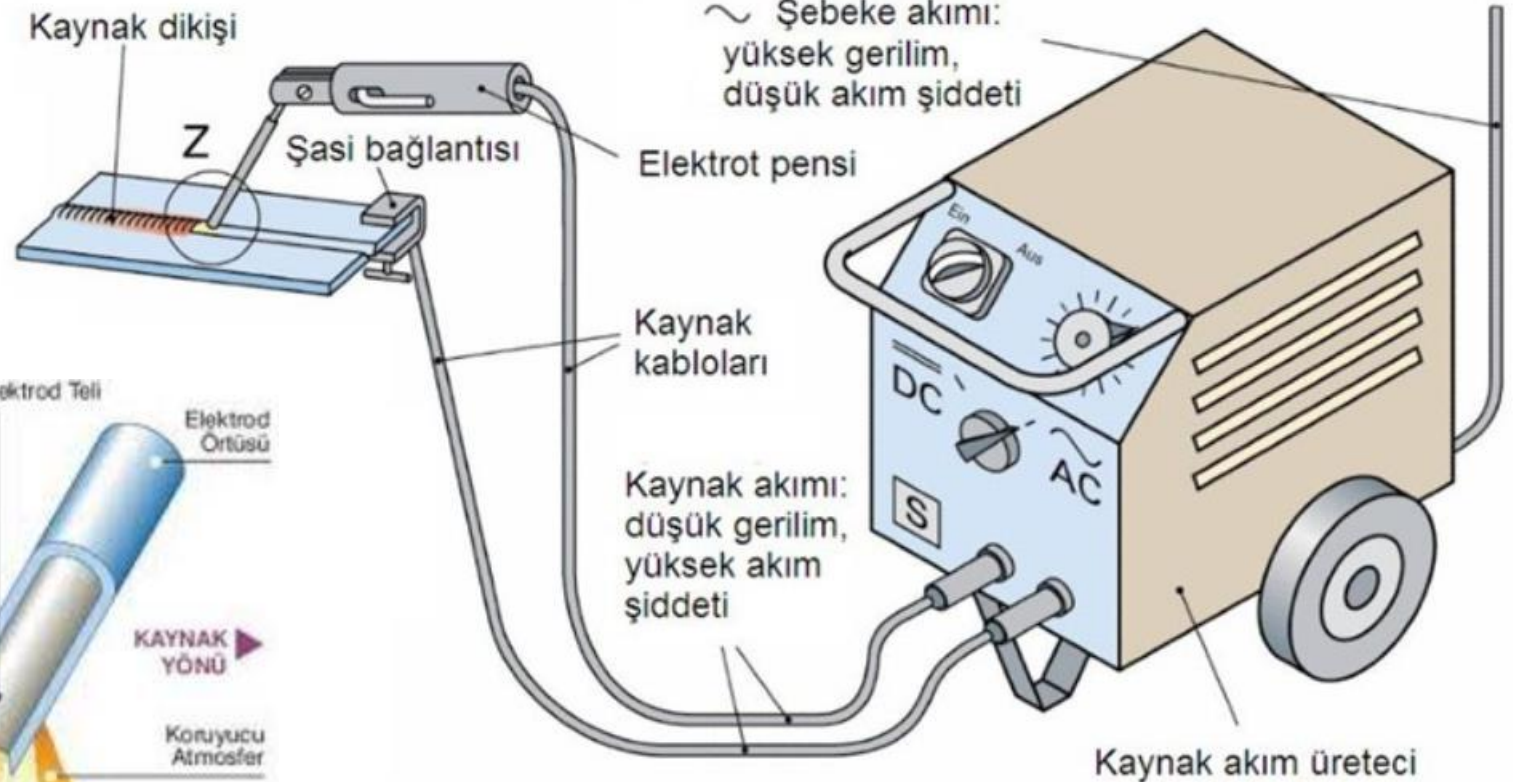
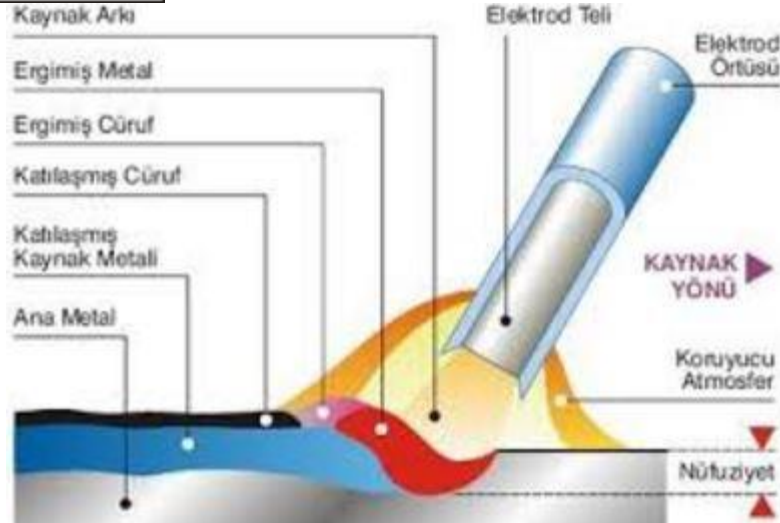
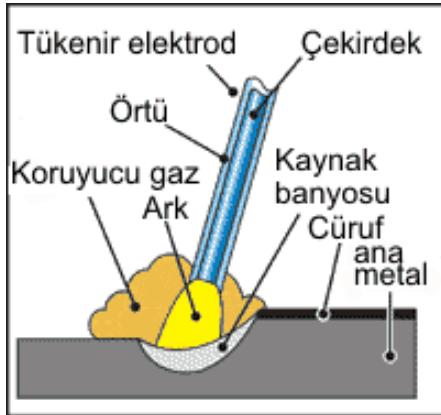
- İki farklı parça arasındaki çok küçük bir hacim/alanda ergiyik metal havuzu oluşturma ve bu ergimiş malzemenin çok kısa sürede katılaşması esasına dayanır.
- Örnek Görseller:*

Oksijen ve Asetilen gazı ile kaynak



# Birleştirme Yöntemleri: Kaynak Tekniği

## Elektrik Ark Kaynağı (*Stick Welding*)



# Birleştirme Yöntemleri: Kaynak Tekniği

## Elektrik Ark Kaynağı (*Stick Welding*)

- Örnek Video:

**Stick Welding - Method of welding rods**

<https://www.youtube.com/watch?v=rb72AT-YK0Y>

# Birleştirme Yöntemleri: Kaynak Tekniği

## Elektrik Ark Kaynağı (*Stick Welding*)

- **Örnek Video:**

İki metal parçanın ark kaynağı elektrodu ile birleştirilmesi



## Kaynaklar: Ders Notları (web)

- 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/>