



**KAPADOKYA  
ÜNİVERSİTESİ**

— Akıl - Ahlak - Adalet - Adap —

# Makine Elemanları

*1.Hafta*

Öğr. Gör. Tugay KEKEÇ

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### DEMİR CİNSİ UÇAK MALZEMELERİ

Demir, kimyasal simgesi (**Fe**), yoğunluğu **7,88 g/cm<sup>3</sup>** ergime derecesi **1535 C**, kaynama noktası **3000 C**, **67** Brinell sertlik değeri ile oldukça yumuşak çekme mukavemeti 27 kg/ mm<sup>2</sup>, gri renkli, mıknatıslanabilen, elektrik ve ısıyı iyi iletebilen bir metaldir. Yer kabuğunun yaklaşık %5'ini teşkil eden demir kolay biçimlendirilebilen, çeşitli alaşım türleriyle en fazla kullanılan metal malzemedir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Uçakta Kullanılan Genel Alaşımli Çeliklerin Nitelikleri, Özellikleri ve Tanımlamaları

İçerisinde % 1,7'ye kadar karbon, % 1'e kadar mangan % 0,5 kadar silisyum bulunan kükürt ve fosfor oranı da % 0,05'ten az olan demir karbon alaşımıdır. Çelik içindeki karbon miktarı çeliğin özelliklerinde önemli ölçüde değişimlere neden olur.



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Çelik üretim metotları

Ham demir içinde yüksek oranda karbon ve kısmen de refakat elemanları bulunur. Refakat elemanlarından silisyum ve manganez % 0,8 değerini aşmadığı sürece çelik de bulunabilir. Kükürt ve fosfor her oranda zararlıdır ve mümkün olduğu kadar malzemedен uzaklaştırılması lazımdır.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Çelik üretim metotları

- Pota çelik üretim sistemi
- Elektrik ark çelik üretim sistemi
- Siemens martin çelik üretim sistemi
- Oksijen konvertörle çelik üretim sistemi
- Endüksiyonla çelik üretim sistemi



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Çeliklerin sınıflandırılması

Üretim metotlarına göre, kullanma alanlarına göre, kaliteye göre ve karbon oranına göre sınıflandırabiliriz.



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Düşük karbonlu çelikler:

Bu çelikler, % 0,30 oranına kadar karbon içerir ve çok yumuşak ve yumuşak çelikler olmak üzere iki gruba ayrılır. Çok yumuşak çelikler; % 0,07 ile % 0,15 arasında karbon içerir ve soğuk şekillendirmeye elverişlidir. Yumuşak çelikler; % 0,15 ile % 0,30 oranında karbon içerir. Çok yaygın olarak kullanılan alaşımsız çeliklerdir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Orta karbonlu çelikler:

Bu çelikler % 0,30 ile % 0,50 oranları arasında karbon içerir. Isıl işlem için çok uygun çeliklerdir yani bu çeliklerin yapı ve özellikleri ısıl işlemle büyük ölçüde değiştirilebilir. Bu çelikler, karbon oranlarına göre genel dövme çelikleri, mil çelikleri ve aşınmaya dayanıklı çelikler olmak üzere üç gruba ayrılır:

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Orta karbonlu çelikler

- **Genel dövme çelikleri:** % 0,25 ile % 0,35 arasında karbon içerir.
- **Mil çelikleri:** % 0,35 ile % 0,45 oranları arasında karbon içerir. Mil, tel ve dingil yapımında kullanılır.
- **Aşınmaya dayanıklı çelikler:** % 0,45 ile % 0,50 arasında karbon içerir. Ray, ray tekerleği, silindir ve pres kalıplarının yapımında kullanılır.

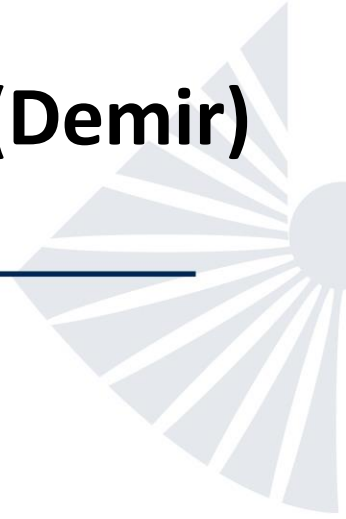
## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

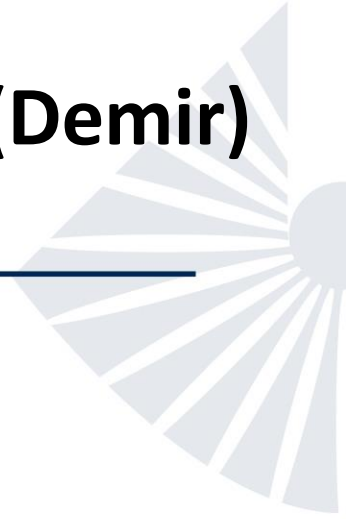


### **Yüksek karbonlu çelikler:**

% 0,50 ile % 1,05 arasında karbon içerir. Yüksek mukavemet ve aşınma direnci gerektiren yerlerde kullanılır. Kullanım alanına örnek olarak pres kalıp blokları gösterilebilir.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## **Yüksek karbonlu takım çelikleri:**

Bu çelikler % 1,05 ile % 1,6 oranları arasında karbon içerir. Yüksek aşınma direnci ve yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılır.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---





## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Çelik standartları:**

Üretilen malzemelerin standartlaştırılması, belli kalitede bir malzemeyi aynı isim ve kodlama sistemi altına almak ve böylece ortak bir dil kullanmak ihtiyacından doğmuştur. Bugün bu konuda çok sayıda standart mevcuttur.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Çelik standartları:

- SAE (Society of Automotive Engineers),
- AISI (American Iron and Steel Industries),
- ASTM (American Society of Testing Materials),
- DIN (Deutsche Industrie Norms),
- TS (Türk Standartları) yurdumuzda kullanılan ve bilinenleridir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Madenleri ayırmada kullanılan bazı terimler

- **Mukavemet:** Bir madenin kırılmaksızın yüke veya kuvvete dayanma kabiliyetidir. Örneğin, kurşunun mukavemeti düşük olduğu hâlde çeliğin yüksek bir mukavemeti vardır.
- **Sertlik:** Madenin nüfuz, aşınma ve kesme tesirine karşı mukavemet etme kabiliyetidir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Madenleri ayırmada kullanılan bazı terimler

- **Dayanıklılık:** Kolayca kırılmayan veya kesilmeyen, kopmadan uzayabilme kabiliyetine dayanıklılık denir. Örneğin, silindirden geçirilmiş çeliğin dayanıklılığı çok fazladır.
- **Telgenlik:** Kırılmaksızın madenin yayılma kabiliyetidir. Örneğin, yumuşak demir ve bakır yüksek derecede telgen maddelerdir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Madenleri ayırmada kullanılan bazı terimler

- **Gevreklik:** Madenin kolayca kırılmasına müsaade eden veya sebebiyet veren bir özelliktir. Örneğin dökme demir, dökme alüminyum ve çok sert çelikler gevrek olan madenlerdir.
- **Dövülgenlik:** Madeni kırılmadan veya çatlamadan uygun şekilde silindirden geçirilmeye, çekiçlemeye veya çekmeye müsaade eden özelliktir. Bakır ve altının yüksek dövülgenlik kabiliyeti vardır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Uçakta kullanılan çelik alaşımları

Havacılıkta yapısal elemanların imalinde yüksek mukavemet değerleri sayesinde geniş kullanım alanına sahip vazgeçilmez metallerdir. Ağırlık dezavantajına rağmen uçakların ana iskeletinin ve iniş takımı dikmelerinin ana elemanlarıdır ancak tali yapılarda yerini alüminyum alaşımlarına bırakır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Uçak çeliklerinin tanınması:

(The Society of Automotive Engineering) yani kısaca (SAE) standardına göre her (SAE) kodu 4 veya 5 rakamdan oluşur. Bu rakamlardan birincisi **çeliğin tipini**, ikincisi **alaşımı oluşturan madenlerin yüzde miktarını** ve son iki veya üç rakamı **alaşımda yüzde karbon miktarını** ifade eder

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

<u>Çeliğin Tipi</u>	<u>Sınıflandırılması</u>
Karbon	1000 Serisi
Nikel	2000 Serisi
Nikel ve krom	3000 Serisi
Molipten	4000 Serisi
Krom	5000 Serisi
Krom vanadyum	6000 Serisi
Volframlı	7000 Serisi
Mangan ve silisyum	8000 Serisi
Silisyum manganez	9000 Serisi

---



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

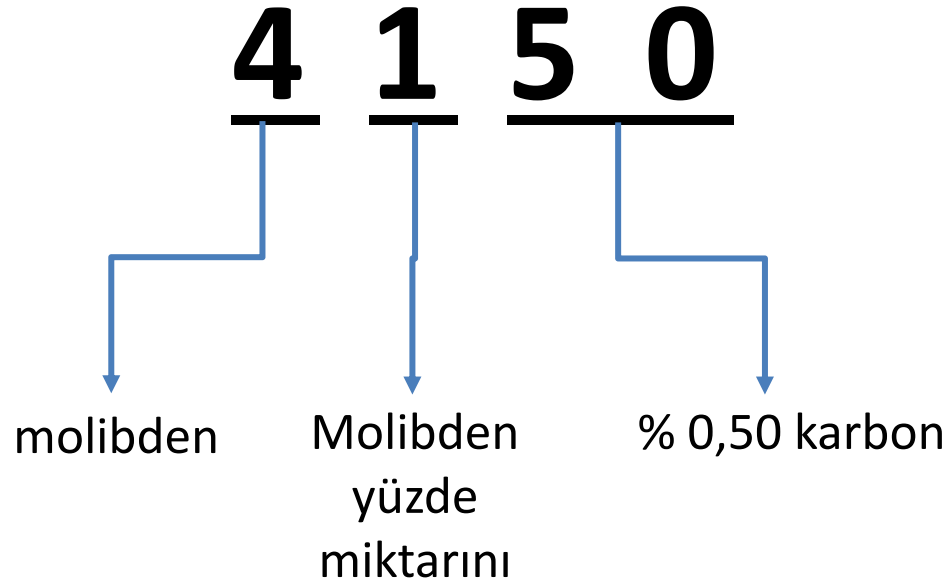
## Uçak çeliklerinin tanınması:

Örneğin, SAE standardında 4150 seri numarasına sahip çeliği açıklayın ?

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

## Uçak çeliklerinin tanınması:

Örneğin, SAE standardında 4150 seri numarasına sahip çeliği açıklayın ?



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Düşük karbonlu çelikler

Karbon oranı % 0,10-0,30 arası çeliklerdir (1010-1030). Emniyet teli, somun, kablo burçları vs. yapımında kullanılır. Levha formları tali yapısal parçalar, kelepçelerin yapımında nispeten az gerilme taşıyan parçalarda kullanılır. Düşük karbonlu çelikler telgenliğe müsait çeliklerdir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Nikelli çelik alaşımı:

Düşük karbonlu çeliğe % 3- 5 miktarında nikel ilave etmekle elde edilir. Nikelli çelik alaşımı, az dövülgen olup yüksek mukavemete sahip olduğundan saplamaların, kamaların ve tandörlerin yapılmasında kullanılır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



**Nikelli elikle yapılan saplama**

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Krom çelikleri:**

Yüksek sertlik mukavemete sahip, korozyona karşı direnci yüksektir. Örneğin 51335 çeliği, normal karbon çeliklerine nazaran sıcak şekillendirme işlemi için gerekli yüksek mukavemete sahiptir.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Krom-Molibden çelikleri:

Çok az miktarda molibden kullanılır. Havacılıkta çok önemli uygulamaları vardır. Alaşımda % 0,15-0,25 oranında molibden olmasına karşılık krom oranı % 0,80-1,10 arasındadır. Çelikler üzerindeki etkiler bakımdan molibden, tungsten'e benzer. Bazı özellikleri değişkenlik göstermekle birlikte %1'in üzerinde alaşımları çok yüksek gerilme mukavemeti ve elastik limit vermesinin yanı sıra süneklikte çok az bir azalmaya da sebep olur.



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Krom-Vanadyum çelikleri:**

Yaklaşık % 1,00 Cr+ % 0,18 Va oranı mevcuttur. Isıl işleme tabi tutulmuş alaşımları, aşınma ve yorulmaya karşı yüksek mukavemetli mükemmel malzemelerdir. Levha formdaki özel tipleri soğuk şekillendirilebilir. Orta karbon içeren 6150 tipi yay yapımında kullanılır. Yüksek karbon içeren 6195 tipi ise bilye elemanları (yuvarlak, yassı) yapımında kullanılır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Tungstenli elik:**

Tungstenli elik alaşımı yüksek sıcaklıklarda sertliğini muhafaza eder. Yüksek ısı dayanımı isteyen egzoz, supaplar ve diğer cihazların yapılmasında kullanılır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Paslanmaz çelik

Geniş miktarda egzoz boruları, yangın duvarı, manifoldlar ve egzoz kolektör halkaları gibi uçak parçalarının yapımında kullanılır çünkü bu maden sıcak gaz veya asitlerin korozyon tesirine karşı dayanıklıdır. Paslanmaz çelik lehimlenebildiği gibi kolaylıkla kaynak da olabilir.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Inconel Nikel-Krom alaşımı (76Ni - 16Cr - 8Fe):**

Yüksek korozyon direnci, iyi mukavemet ve özellikle yüksek sıcaklıkta oksitlenmeye karşı mükemmel direncin istendiği durumlarda kullanılır. 20 °C'deki yoğunluğu 8,51 g/cm<sup>3</sup>tür. Sıcak çalışma aralığı 870-1260 °C arasındadır. Tavlama sıcaklığı 870 °C'de 3 saat ve 980 °C'de 7-15 dakika arasındadır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Hastelloy alaşımı W

750 °C'nin üzerindeki yapısal uygulamalarda, özellikle yüksek sıcaklıkta kullanılan bir alaşımdır. Ayrıca kısa süreli mukavemet değerleri de ergime sıcaklığının %75-90'ı kadar yüksek sıcaklıklarda iyidir. Kaynak malzemesi olarak farklı metallerin kaynağında çok üstün özelliklere sahiptir. 22 °C'deki yoğunluğu 9,03 g/cm<sup>3</sup>tür. Tavlama sıcaklığı 1176 °C'dir. Bütün bilinen kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilir. Karbon oluşumu yüzünden oksitlenen kaynağından kaçınılmalıdır.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---





## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

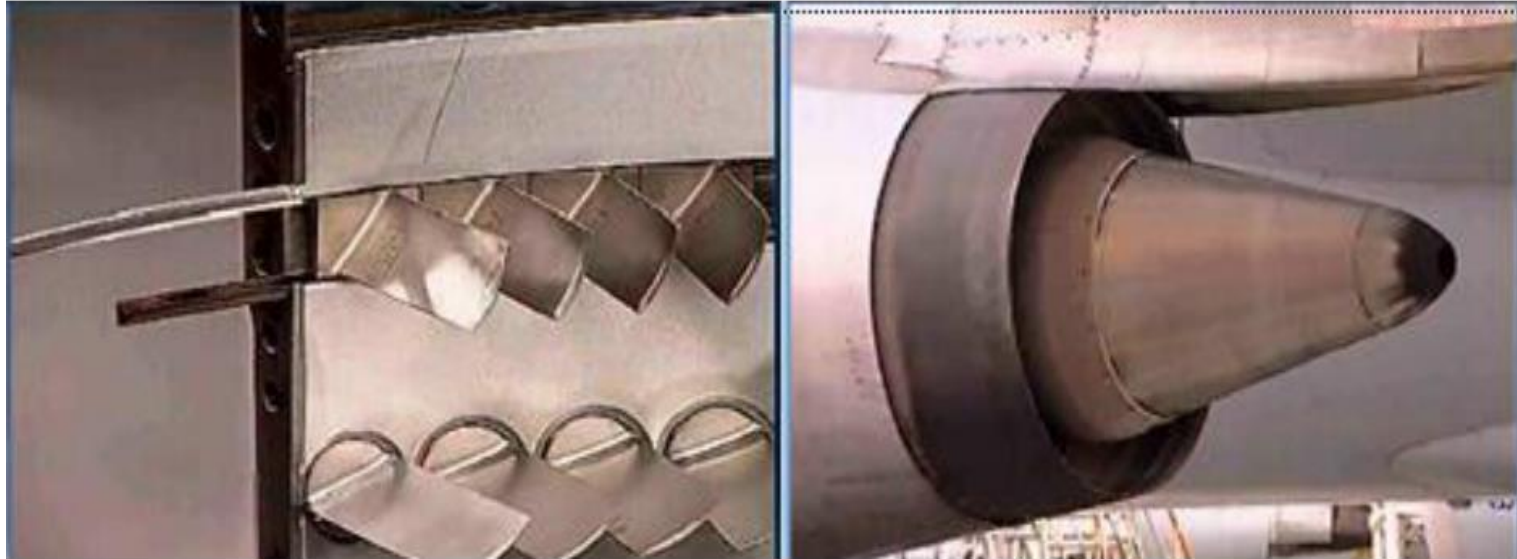
---

### Hastelloy Alaşımı X

1200 °C'ye kadar mükemmel mukavemet değerlerine ve oksit direncine sahiptir. Uçakların ark yanma odaları, türbin kanatçık ve vanaları, egzoz çıkış kaplamalarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. 22 °C'deki yoğunluğu 8,23 g/cm<sup>3</sup>tür.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Alaşımlı Çeliklerin Isıl İşlemleri ve Uygulamaları

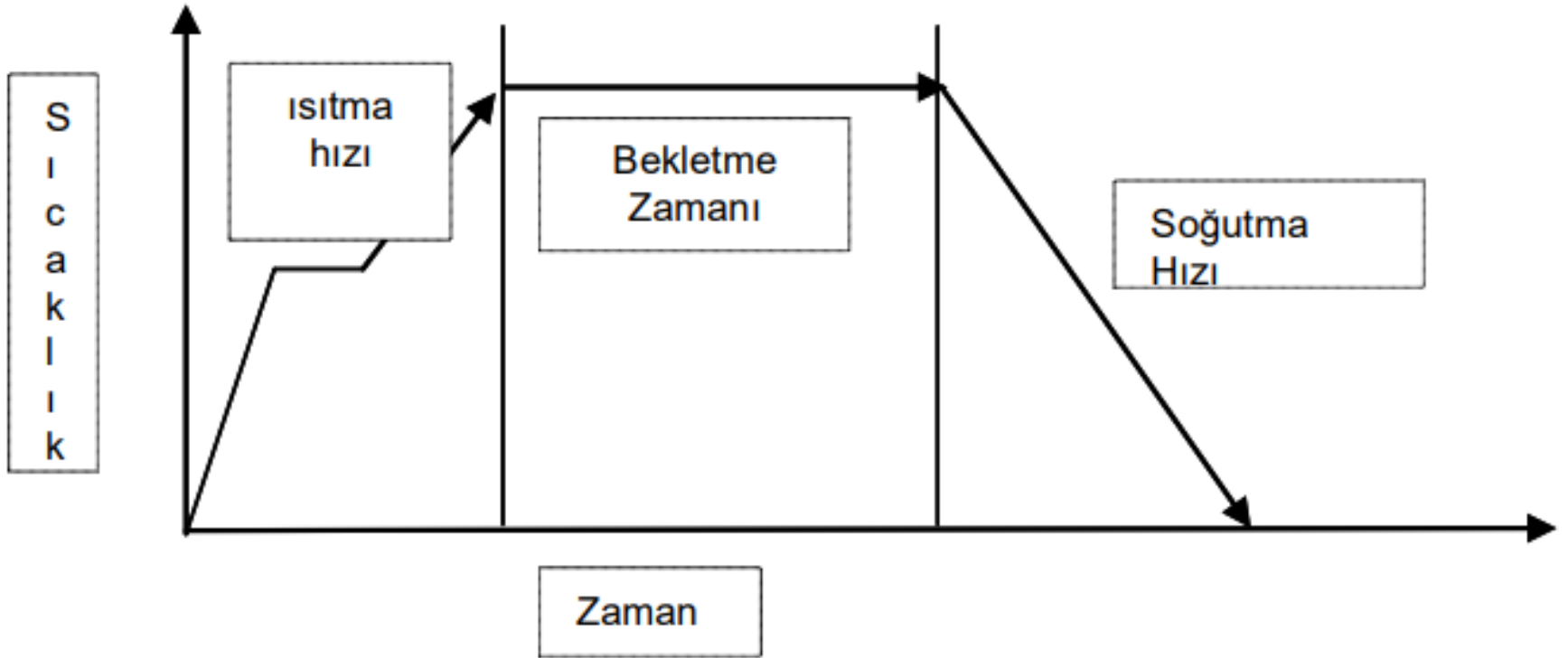
Isıl işlem, metal malzemeyi belirli bir sıcaklığa ısıtıp bu sıcaklıkta belirli bir süre tuttuktan sonra kontrollü olarak gereken hızda soğutma işlemidir. Malzemeyi oluşturan atomlar, yüksek sıcaklıkta hareketlilik kazanıp yeni konumlara yayıldıklarından ısıtma işlemde amaç, atom hareketlerini kontrol altına alarak malzemeye istenen özellikleri veren mikro yapı kazandırmaktır. Isıl işlemlerin hemen hepsi ısıtma, bekletme ve soğuma kademelerinden oluşur.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

Bekletme süresinin kısa olması ve bekletme sıcaklığının gerekenden düşük olması mikro yapısal dönüşümlerin tamamlanmamasına; gereğinden uzun olması ise tane büyümesine, enerji ve zaman kaybının yanı sıra oksitlenme ve bileşim farklılaşmasına (dekarbürizasyon) neden olur. Bu nedenle bekletme kademesinde en uygun sıcaklık ve en uygun bekletme süresinde bekletilmelidir. Isıl işlemin son kademesi olan soğutma işleminde, uygun mikro yapıyı elde etmek için uygun ortamda (su, yağ vb.) soğutma yapılır.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Tavlama

Tavlama, metali yumuşatma amaçlı uygulanan ısıtma işlemlerinin geneline verilen addır. Tavlama yapılarak malzemenin işlenebilirliği, sıcak ve soğuk şekillendirme kabiliyeti artırılır ve işleme, dövme veya kaynak sonrası oluşan iç gerilimler alınır. Tavlama ile mekanik özellikler iyileştirilir, süneklik artırılır ve kimyasal homojensizlik kaldırılır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Tavlama

Bunun yanında sertleştirme öncesi yapılan tavlama malzemenin iç yapısını sertleştirmeye uygun hâle getirir. Tavlama terimi genellikle östenit fazı içinde ısıtma ve daha sonra yavaş soğutmayı ifade eden “tam tavlama” olarak belirtilir. Tavlama kelimesiyle beraber kullanılan diğer kelimeler tavlama işleminin şeklini gösterir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Tavlama işleminin amacı:

Malzeme sertliğini düşürmek ve sonraki üretim operasyonlarının gelişimini kolaylaştırmaktır. Tavlama çoğunlukla döküm dövme veya haddeleme sonrası malzemelerin yapılarını dikkatle kontrol altında tutarak, yumuşatmak ve kalıcı gerilimleri minimize etmek, işlenebilirliği iyileştirmek, tokluğu arttırmak için kullanılır. Birçok takım ve paslanmaz çelikler gibi bant hâlindeki çeliklerin çoğu tavllanır. Demir-dışı metaller de tavllanır.



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Tavlama işleminin yararları:

Gerilim giderme, normalizasyon veya tavlama işlemlerinin hepsi metalleri ve alaşımları daha sonraki işlemlere veya amaçlanan kullanım şartlarına hazırlar. Malzemelerin kolaylıkla işlenme kabiliyetini kontrol eder, serviste çarpılmalarını önler, çatlama veya yarıma olmadan şekillendirilmelerini sağlar. Minimum çarpılmayla sertleşme veya sementasyon sağlar, paslandırıcı ortamlara dayanımını yükseltir.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Normalleştirme

Bazı mühendislik çeliklerine uygulanan normalizasyon işlemi malzemelerin ilk durumuna göre bunları yumuşatır, sertleştirir veya gerilimlerini giderir. İşlemin amacı döküm, dövme veya haddeleme gibi ön işlem etkilerinden kaynaklanan mevcut homojen olmayan yapıyı talaşlı/talaşsız işlenebilirlik için iyileştirmek veya bazı ürünlerde gerekli son mekanik özellikleri karşılaması içindir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

Normalizasyon işlemi uygun bir çeliğin tipik olarak 830-950 °C aralığında ısıtılması, (sertleşebilen çeliklerin sertleştirme sıcaklığı veya üzeri, sementasyon çelikleri için sementasyon sıcaklığı üzeri) ve sonra havada soğutulmasından meydana gelir. Isıtma da genellikle açık atmosferde yapılır. Bu nedenle tufal veya dekarbürizasyon tabakalarını kaldırmak için daha sonra talaşlı işlem veya yüzey tamamlama işlemleri gereklidir

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

Havada sertleşen çelikler (bazı otomotiv dişli çelikleri) çoğu kez normalizasyon sonrası yapıyı yumuşatmak ve işlenebilirliği arttırmak için menevişlenir (kritik sıcaklık altı tavlama). Birçok uçak sanayi standardı bu işlem kombinasyonunu öngörür.

Genel olarak normalize yapılmayan çelikler, havada soğutma sırasında belirgin olarak sertleşebilen çelikler (takım çelikleri vb.) veya yapısal yarar sağlamayan veya uygun olmayan yapı ve mekanik özelliklerle sonuçlanan çeliklerdir (paslanmaz çelikler vb.).

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### **Normalleştirme işleminin amacı:**

Malzemenin normal yapıyı (eşit boyda, yuvarlak tanelerden oluşan ince taneli yapı) yeniden kazanmasıdır. Mekanik imalattan sonra ısı işlem görecektir, yüksek hassasiyette ölçü gerektiren, dövülmüş, haddelenmiş, çekilmiş, dökülmüş, iri taneli ve eş yönlendirilmiş yapılar düzelir ve malzeme her zaman yeniden kazanabileceği özelliklere (çekme mukavemeti, süneklik vb.) geri döner.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Temperleme

Tüm sertleştirme işlemlerinde, parçalar çok sert ve kırılgandır. İstenilen şekilde kullanılabilmeleri için belirli bir süneklığe ihtiyaç vardır. Malzeme bu süneklığe, sertleştirme işlemi sonrasında kavuşamaz.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Temperleme

Temperleme (Menevişleme), çelik çeşidi ve parçanın ısı işleminden sonra hangi gaye ile kullanılacağına bağlı olarak yapılır. Temperleme sıcaklığı, parçanın kimyasal analizine, gördüğü ısı işlem şartlarına, sertliğine ve kullanım yerine bağlı olarak değişir. Gerilim giderme amacıyla kullanılan fırınlar, bu amaç için de kullanılır.



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Sertleştirme

Sertleştirme çeliklerin daha önceden belirlenmiş sertleştirme sıcaklıklarına kadar tavlama, bunun ardından soğutulması ve son olarak da sert yapının istenilen düzeyde sünek hâle getirilmesi şeklinde yapılır. Dolayısıyla sertleştirme işlemi üç aşamada yapılır: Tavlama, soğutma, gerginlik giderme.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### ➤ **Gerginlik giderme:**

Bu işlem malzeme cinsine, parça şekline ve kullanılacağı yere bağlı olarak değişik sıcaklıklarda uygulanır. Amaç, var olan iç gerilmeleri en az düzeye indirmektir. Sıcak dövülmüş, dökülmüş malzemelerde ve kaynak yapılmış parçalarda düzensiz soğuma neticesinde meydana gelen iç gerilim farklılıklarının giderilmesi amacıyla 550 - 650 0C' ye yavaş ısıtma ve bekletme, fırında çok yavaş soğutma şeklinde yapılır.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### ➤ Sertleştirmede kullanılan soğutma ortamları:

Sertleştirmede kullanılan soğutma ortamları su, yağ, havadır. Yağ, soğuma hızını düşürür. Yağda sertleştirme bütün çeliklerde en yüksek korozyon direnci sağlar. Çeliklerin suda soğuma hızı yüksektir.

## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)



## 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

### Yüzey Sertleştirme

Yüzey sertleştirmede sertleştirilecek parçanın tamamı sertleştirme sıcaklığına yükseltilmeyip yalnız sertleşmesi gereken bölgeler yani parçaların üst yüzeyleri ısıtılır. Yüzey sertleştirme, yüzeyin kimyasal yapısını değiştirmeden ve yüzeyin kimyasal yapısını değiştirerek yapılan yüzey sertleştirme olmak üzere iki türlü yapılabilir.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---

## Yüzey Sertleştirme

Yüzeyin kimyasal yapısını **değiştirmeden** yapılan yüzey sertleştirme:

Bu işlem bünyesinde yeteri oranda karbon bulunan çeliklere yapılır. Özellikle iç yapıları yumuşak dış yüzeylerinde sertlik istenilen yerlerde uygulanır. Alevle ve indüksiyon akımıyla olmak üzere iki türlü sertleştirme yapılır.

# 6.1 Hava Aracı Materyalleri — Ferro (Demir)

---



## Yüzey Sertleştirme

Yüzeyin kimyasal yapısını **değiştirerek** yapılan yüzey sertleştirme:

Çeliklerin sertleştirilmesi için başta gereken karbon oranıdır. Düşük karbonlu çelikler normal yolla sertleştirilemez. Bu gruptaki çeliklerin karbon oranı 0,20'nin altındadır. Bu çeliklere karbon emdirerek sertleştirme yapılabilir.



# SORULAR

---

1) Malzemenin yeniden şekillenebilmesi özelliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Yoğurulabilme (plasticity)
- B. Esneklik (elasticity)
- C. Eğilme (tendency)

# SORULAR

---

1) Malzemenin yeniden şekillenebilmesi özelliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Yoğurulabilme (plasticity)
- B. Esneklik (elasticity)
- C. Eğilme (tendency)

# SORULAR

---

2) elik alaşımların sınıflandırılma standardı aşağıdakilerden hangisidir?

- A. ESA
- B. MS
- C. SAE

# SORULAR

---

2) elik alaşımların sınıflandırılma standardı aşağıdakilerden hangisidir?

A. ESA

B. MS

C. SAE Otomotiv Mühendisleri Topluluğu

# SORULAR

---

3) 2330 çeliğinin açık hali aşağıdakilerden hangisidir?

- A. %3 oranında nikel-kromyum,%30 oranında karbon çeliğidir
- B. %3 oranında nikel,%30 oranında karbon çeliğidir
- C. %3 oranında krom-vanadyum,%30 oranında karbon çeliğidir

# SORULAR

---

3) 2330 çeliğinin açık hali aşağıdakilerden hangisidir?

- A. %3 oranında nikel-kromyum,%30 oranında karbon çeliğidir
- B. %3 oranında nikel,%30 oranında karbon çeliğidir
- C. %3 oranında krom-vanadyum,%30 oranında karbon çeliğidir

# SORULAR

---

4) Sülfürün çelik üzerindeki etkisi aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Çeliğin dayanımını arttırır
- B. Ezilme ve dövülmesinde kırılmasına sebep olur
- C. Sülfür içeren çeliğin işlenmesi çok zordur

# SORULAR

---

4) Sülfürün çelik üzerindeki etkisi aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Çeliğin dayanımını arttırır
- B. Ezilme ve dövülmesinde kırılmasına sebep olur
- C. Sülfür içeren çeliğin işlenmesi çok zordur



# SORULAR

---

5) (%0.253- 0.503) oranındaki karbon çeliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Düşük karbon çeliği
- B. Orta karbon çeliği
- C. Yüksek karbon çeliği

# SORULAR

---

5) (%0.253- 0.503) oranındaki karbon çeliği aşağıdakilerden hangisidir?

- A. Düşük karbon çeliği
- B. Orta karbon çeliği
- C. Yüksek karbon çeliği

# ÖDEV

---

- Çelik veya karbon uçak frenleri'nin farkları nelerdir ?
- Uçaklarda en çok kullanılan **demir cinsi olmayan** malzemeler nelerdir ?
- 6061-t6 ve 5052-h32 alaşımlarının özellikleri ve kullanım alanları nelerdir ?

Cevapları A4'e el yazısı ile yazıp Cuma gününe kadar [tugay.kekec@kapadokya.edu.tr](mailto:tugay.kekec@kapadokya.edu.tr) adresine gönderebilirsiniz ?

# ÖDEV

---

- Çelik veya karbon uçak frenleri'nin farkları nelerdir ?

Havacılık sektöründe yıllarca standart olarak çelik frenler kullanılmıştır. 1980'lerden bu yana, karbon frenler giderek çelik frenlerin yerini almıştır. Çelik frenler ağırdır ve yalnızca 2.000 ° C sıcaklığa kadar dayanabilir. Ortalama 1000 inişten sonra değiştirilmeleri gerekir.

# ÖDEV

---

- Çelik veya karbon uçak frenleri'nin farkları nelerdir ?

Karbon frenler çok daha sağlamdır ve 3.000 °C'ye kadar sıcaklıklara dayanma özelliğine sahiptir. Ömrü daha uzundur. Karbon frenler ortalama 2.000 inişe kadar kullanılabilir. Ancak karbon frenler çelik frenlerden daha **pahalıdır**. Karbon frenler yeni uçaklarda standart haline gelmiştir. Çelik frenlere göre oldukça hafiftirler.

# ÖDEV



---

6061-t6 alaşımı

Bu alaşım, kaynaklanabilme karakteristiği harikadır.  
mükemmel korozyon direncine sahiptir.  
uçağın yapısal gövdesinde kullanılır.

- Savunma Sanayi
- Uçak Sanayi
- Gemi inşa sektörü
- Köprüler
- Uzay uygulamaları
- Helikopter pervane kaplaması

# ÖDEV

---

- 5052-h32 alaşımı

Deniz suyuna, deniz ve endüstriyel atmosfere karşı çok iyi korozyon direnci gösterir.

Çok iyi kaynaklanabilirlik

İyi bir şekillendirilebilme özelliği vardır.

Düşük Bakımlı ve Hafiftir.

**Genellikle yakıt tankları yapmak için kullanılır.**