

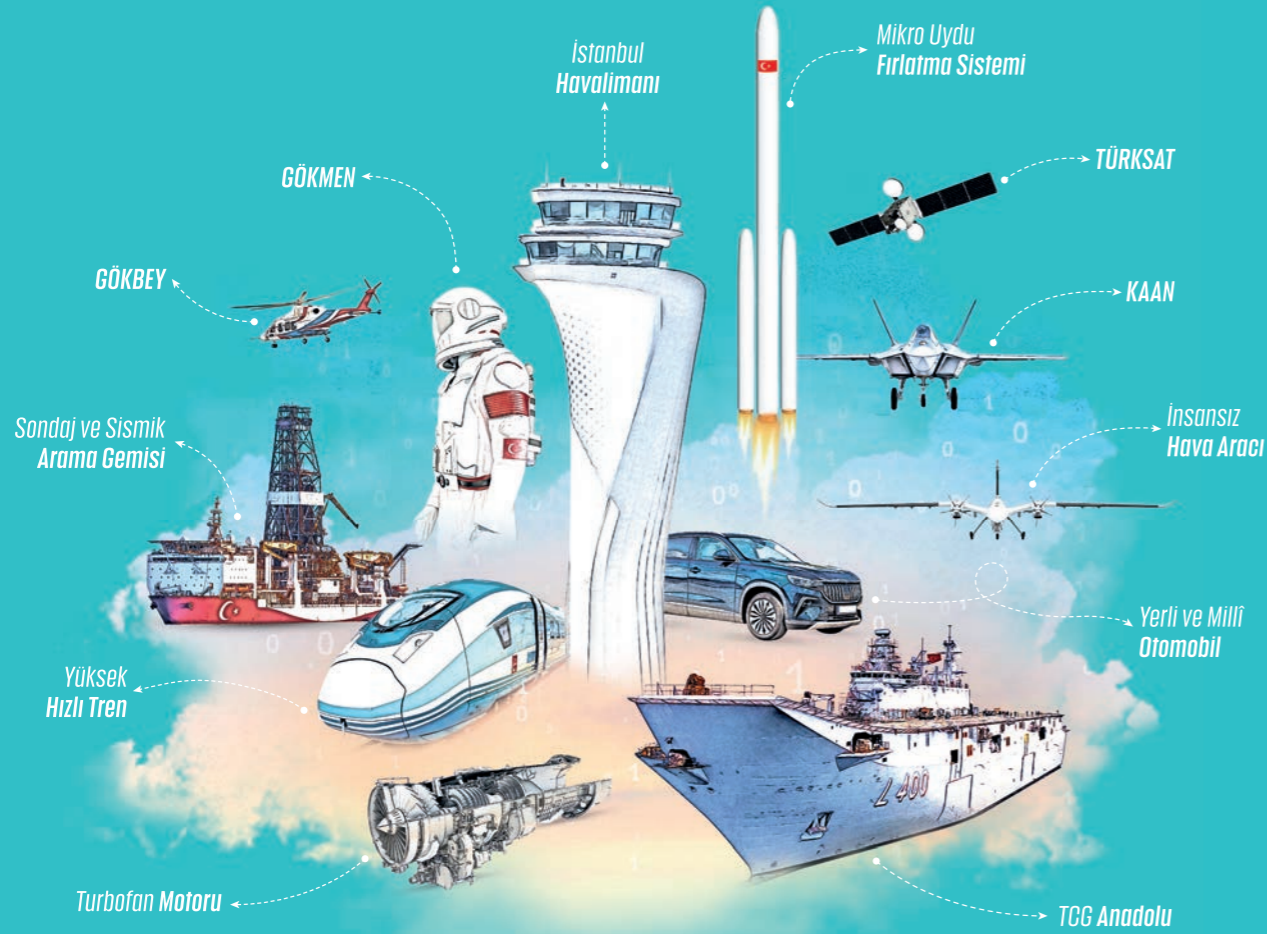
Bu kitaba sığmayan
daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-8885-4

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

HAVACILIK VE
UZAY TEKNOLOJİSİ
ALANI

MALZEME TEKNOLOJİLERİ



9
DERS MATERYALİ

HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİSİ ALANI

MALZEME TEKNOLOJİLERİ 9

DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİSİ ALANI

MALZEME TEKNOLOJİLERİ

9

DERS MATERYALİ

Yazarlar

Ahmet ÇABAŞ
Bülent ÖZDEMİR
Derya ULUĞ
Şerafeddin ÖZAYDIN



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI 9908
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ 3360

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

Dil Uzmanı
Merve SERBEST ERTOĞAN

Program Geliştirme Uzmanı
Şebnem DOĞAN

Rehberlik Uzmanı
Mürüvvet KARABEYESER

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Serpil DURMUŞ AKGEYİK

Görsel Tasarım Uzmanı
Özden ALTUN

H A Z I R L A Y A N L A R

ISBN: 978-975-11-8885-4

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl!
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

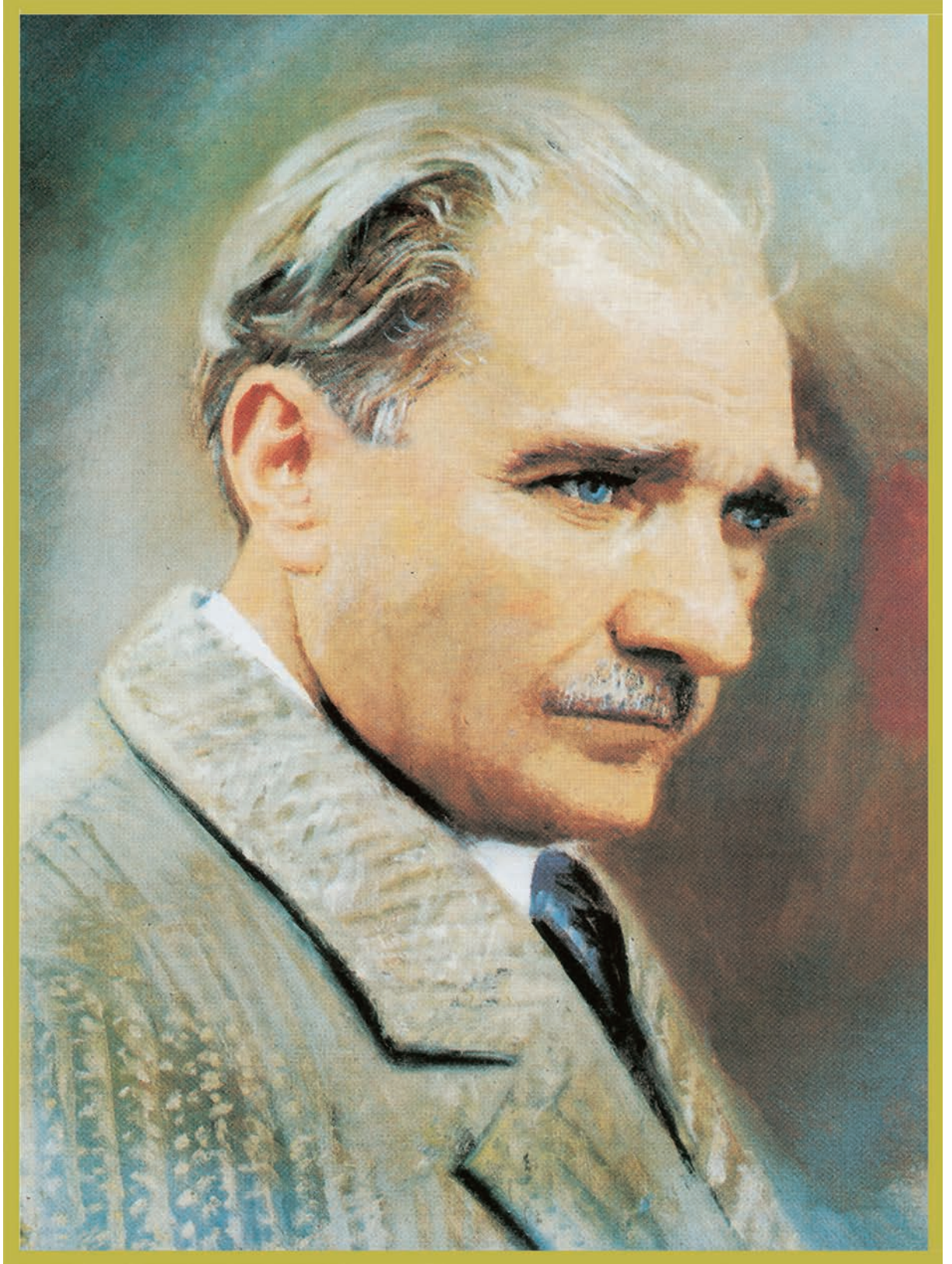
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaît bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI 12

1. ÖĞRENME BİRİMİ: MALZEME BİLİMİNE GİRİŞ 13

1.1. MALZEME TANIMA..... 14

1.2. MALZEME ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ 15

1.2.1. Malzeme Çeşitleri..... 15

1.2.1.1. Metal Malzemeler 16

1.2.1.2. Metal Olmayan Malzemeler 16

1.2.2. Malzeme Özellikleri 17

1.2.2.1. Mekanik Özellikler 17

1.2.2.2. Elektriksel Özellikler 18

1.2.2.3. Isıl Özellikler 19

1.2.2.4. Manyetik Özellikler..... 19

1.2.2.5. Optik Özellikler 20

1.2.2.6. Kimyasal Özellikler..... 21

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 25



2. ÖĞRENME BİRİMİ: HAVA VE UZAY ARAÇLARINDA

KULLANILAN MALZEMELER 29

2.1. METALİK MALZEMELER 30

2.1.1. Demir (Fe)..... 30

2.1.2. Dökme Demir 31

2.1.3. Çelik 32

2.1.4. Nikel (Ni)..... 33

2.1.5. Krom (Cr) 33

2.1.6. Alüminyum (Al)..... 34

2.1.7. Titanyum (Ti) 35

2.1.8. Bakır (Cu)..... 36

2.2. METALİK OLMAYAN MALZEMELER..... 37

2.2.1. Ahşap..... 37

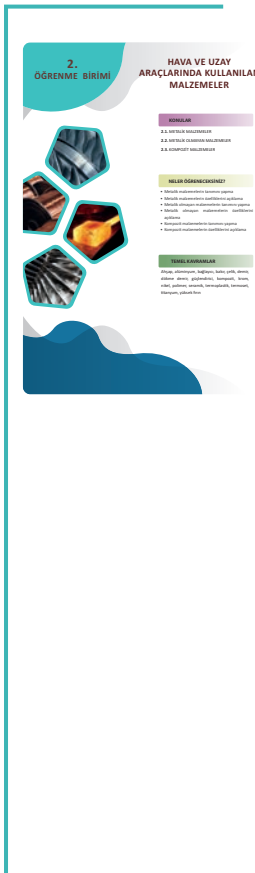
2.2.2. Seramik..... 38

2.2.3. Polimerik Malzeme (Plastik) 39

2.2.4. Kumaş..... 42

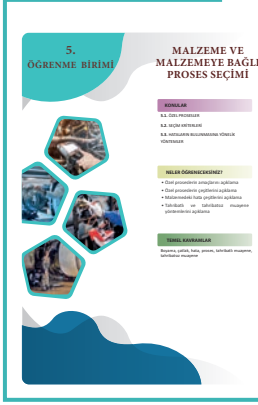
2.3. KOMPOZİT MALZEMELER 42

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 46



	3. ÖĞRENME BİRİMİ: İLERİ (GELİŞMİŞ) MALZEMELER	49
	3.1. TEMEL İLERİ MALZEMELER	50
	3.1.1. Akıllı Malzemeler.....	52
	3.1.2. Şekil Hafızalı Malzemeler.....	55
	3.1.3. Yüksek Entropili Alaşımlar.....	56
	3.2. ELEKTRONİK MALZEMELER	58
	3.2.1. Dirençler.....	59
	3.2.2. Kondansatör.....	60
	3.2.3. Diyot.....	61
	3.2.4. Transistör.....	61
3.3. NANO MALZEMELER	63	
3.4. MANYETİK MALZEMELER	66	
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	71	

	4. ÖĞRENME BİRİMİ: HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİNİN MALZEME SEÇİMİ VE TASARIMI	75
	4.1. SEÇİM KRİTERLERİ	76
	4.1.1. Tasarım ve Malzeme Seçimi.....	77
	4.1.2. Dijital Ortamda Tasarım ve Malzeme Seçimi.....	80
	4.2. İMALAT VE FABRİKASYON YÖNTEMİ	83
	4.2.1. Genel Havacılık Malzemeleri.....	85
	4.2.1.1. Uçak Kısımlarında Kullanılan Malzemeler.....	85
	4.2.1.2. Roket Kısımlarında Kullanılan Malzemeler.....	89
	4.2.2. Havacılık/Uzay Malzemelerinin İmalat ve Fabrikasyon Yöntemleri....	90
	4.2.2.1. Talaşsız İmalat Yöntemleri.....	91
4.2.2.2. Talaşlı İmalat Yöntemleri.....	98	
4.2.2.3. CNC Tezgâhları.....	104	
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	107	



5. ÖĞRENME BİRİMİ: MALZEME VE MALZEMEYE BAĞLI PROSES SEÇİMİ.....	111
5.1. ÖZEL PROSESLER	112
5.2. SEÇİM KRİTERLERİ	114
5.3. HATALARIN BULUNMASINA YÖNELİK YÖNTEMLER	117
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	122

CEVAP ANAHTARLARI	124
KAYNAKÇA	127

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI	11
1. MALZEME BİLİMİNE GİRİŞ	14
1.1. MALZEME TANITIMI	14
1.2. MALZEME ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ	15
1.2.1. Malzeme Çeşitleri	15
1.2.1.1. Metal Malzemeler	16
1.2.2. Malzeme Özellikleri	17
1.2.2.1. Mekanik Özellikler	17
1.2.2.2. Elektriksel Özellikler	18
1.2.2.3. Isıl Özellikler	19
1.2.2.4. Manyetik Özellikler	20
1.2.2.5. Optik Özellikler	21
1.2.2.6. Kimyasal Özellikler	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	25

Konuları ve konuların bulunduğu sayfa numaralarını gösterir.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Sınıf ortamında bulunan malzemelerin isimlerini defterinize yazarak arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Sizce uçak gövdesi ve parçalarında kullanılan malzemeler neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

Konulara başlanmadan önce yapılacak hazırlık çalışmalarını gösterir.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Öğrenme birimi ile ilgili ölçme ve değerlendirme çalışmalarını gösterir.

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. () Hava araçlarının taşıyacağı faydalı yük (insan, kargo, yakıt vb.), hava aracının ağırlığı ile doğrudan ilişkilidir.
2. () Malzemenin tekrarlı darbeler ile şekillendirildiği imalat yöntemine haddeleme denir.

CEVAP ANAHTARLARI

Ders materyali içeriğinde yer verilen soruların cevaplarını gösterir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

A	1. c	2. a	3. d	4. b	5. ç	6. e	7. g		
B	1. b	2. ç	3. a	4. ç	5. ç	6. b	7. ç	8. b	9. c

GENEL AĞ KAYNAKÇISI VE GÖRSEL KAYNAKÇISI

Ders materyalindeki konuların genel ağ ve görsel kaynakçasını gösterir.



<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=4017>

1. ÖĞRENME BİRİMİ

MALZEME BİLİMİNE GİRİŞ

KONULAR

- 1.1. MALZEME TANIMA
- 1.2. MALZEME ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Malzemenin tanımını yapma
- Malzeme çeşitlerini açıklama
- Kullanım alanlarına göre malzeme çeşitlerini açıklama
- Malzemelerin genel özelliklerini açıklama
- Kişisel engellerin etkilerini en aza indirmenin olumlu etkileri
- Kişinin engeline uygun yeni beceriler elde edilmesine destek sağlama

TEMEL KAVRAMLAR

Alaşım, atom, demir, difüzyon, ısı etki, iletken, inorganik, kristal yapı, malzeme, metal, mukavemet, organik, optik, sertleştirme, süper alaşım, tavlama, yalıtkan





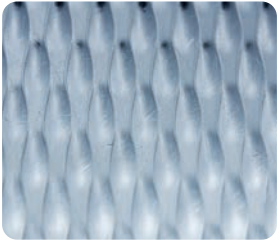
HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Sınıf ortamında bulunan malzemelerin isimlerini defterinize yazarak arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Sizce uçak gövdesi ve parçalarında kullanılan malzemeler neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

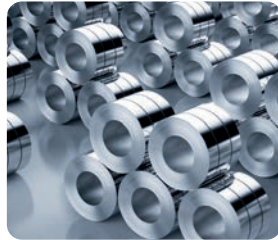
1.1. MALZEME TANIMA

Bir amacı gerçekleştirmek için insanlık yararına kullanılabilen her türlü maddeye **malzeme** denir. Mühendislikte katı (rijit) malzemeler kullanılır. Malzeme bilimi, doğada bulunan malzemelerin özelliklerini inceler ve amaca uygun malzeme seçimini sağlar. Malzemeler, teknolojik gelişmelere bağlı olarak özel yöntemlerle gelişim kaydeder. Malzemelere örnek olarak uçak sektöründe kullanılan alüminyum, hava araçlarında kullanılan nano malzemeler, inşaat sektöründe kullanılan tuğla, makine sektöründe kullanılan çelik, elektrik endüstrisinde kullanılan bakır gösterilebilir.

Alanın özellikleri dikkate alınarak seçilen malzemenin istenen özellikleri karşılaması beklenir. Amaca uygun her malzemenin tabiatta saf hâlde bulunması mümkün değildir. İstenen özellikteki malzemeler, teknolojik araştırmalar sonucunda gerçekleştirilen alaşımlar ile elde edilir. Görsel 1.1'de farklı alanlarda kullanılan malzeme çeşitleri görülür.



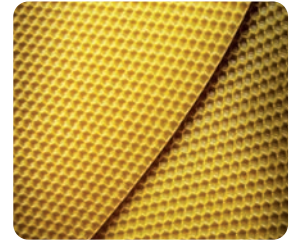
Cam elyaf fiber



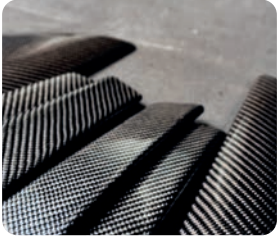
Çelik



Bakır



Aramid fiber kumaş



Karbon fiber



Titanyum



Kauçuk



Gümüş

Görsel 1.1: Malzeme çeşitleri



Araştırma

Okulunuzdaki atölye ortamları başta olmak üzere çevrenizde bulunan ve malzeme olarak nitelendirilebilecek cisimlerin isimlerini ve görevlerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



1.2. MALZEME ÇEŞİTLERİ VE ÖZELLİKLERİ

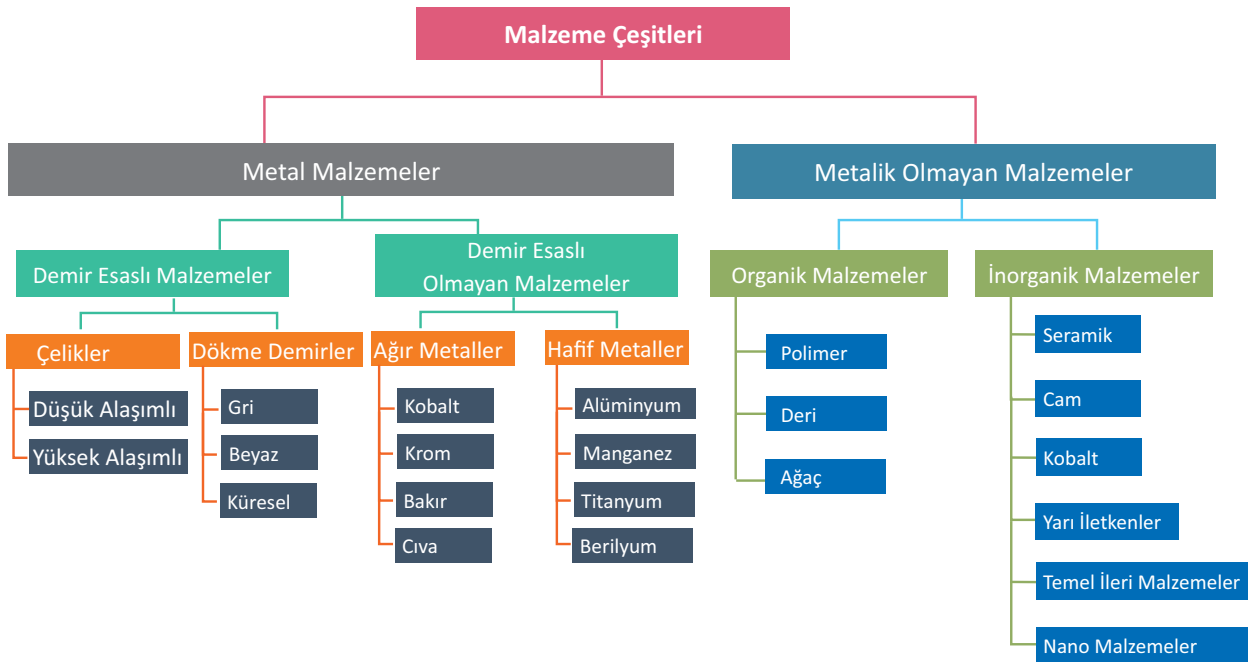
Havacılık ve uzay teknolojisinde kullanılan malzemelerin dayanıklı ve hafif olması, uçuş güvenliği için gereklidir. Bir malzemenin hem hafif hem de dayanıklı olması için yapay malzemeler kullanılmalıdır. Havacılık ve uzay teknolojisinde kullanılacak malzemelerin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar Görsel 1.2'de görülür:



Görsel 1.2: Malzeme seçimi

1.2.1. Malzeme Çeşitleri

Malzemeler genellikle metal malzemeler ve metalik olmayan malzemeler olarak sınıflandırılır (Şema 1.1).



Şema 1.1: Malzeme çeşitleri

Hava ve uzay araçlarında malzeme seçimi oldukça önemlidir. Havada veya uzay boşluğunda görev yapan araçlarda malzeme açısından ortaya çıkabilecek sorunlar, uçuş güvenliğini tehlikeye atabilir. Bu bakımdan gerek metalik gerek metalik olmayan malzemeler seçilirken her türlü deneysel araştırmalarla mükemmel yakın sonuçların alındığı malzemeler tercih edilmelidir.

Atmosfer içinde kullanılan hava araçları için periyodik bakım yapabilme olanağı bulunmasına karşın atmosfer dışında kullanılan araçlarda periyodik bakım yapmak oldukça güçtür. Bu sebeple uzay araçlarında kullanılan malzeme seçiminde daha da hassas davranılmalıdır.



1.2.1.1. Metal Malzemeler

Metal malzemeler, metal atomlarının kombinasyonu şeklinde ortaya çıkar. Metallerin, belli atom çekirdeklerine sabitlenen çok sayıda elektronları vardır. Metaller genellikle elektrik ve ısı iletkenliği, dayanım, rijitlik, şekillendirilebilirlik, darbe direnci gibi özelliklere sahiptir. Bu özellikler, endüstride metalleri önemli hâle getirir.

Metallik malzemeler; **demir esaslı olan** ve **demir esaslı olmayan** şeklinde iki alt gruba sahiptir. Demir esaslı olan metallik malzemeler, karbon oranına göre **çelik** veya **dökme demir** olarak sınıflandırılır. Demir esaslı olmayan metallik malzemelere ise alüminyum, titanyum, magnezyum, çinko, krom, bakır, nikel ve kurşun örnek verilebilir. Bu malzemelerin üretimindeki elementler genellikle tek başlarına kullanılmaz. İki veya daha fazla element, alaşım hâline getirilerek üretilir. Görsel 1.3'te bazı metal malzemeler görülür.



Görsel 1.3: Malzeme çeşitleri

En az biri metal olmak üzere iki veya daha çok maddenin belli oranlarda ergime yoluyla birleştirilmesi sonucunda oluşan yeni metale **alaşım** denir. Alaşımın amacı, metalin özelliklerini iyileştirmektir. Maddelerin birleştirilmesi sonucunda ortaya çıkan malzeme yine metallik özellik gösterir. Çelik (demir-karbon), bronz (bakır-kalay), pirinç (bakır-çinko) ve lehim (kalay-kurşun) bilinen alaşımlardandır. Alaşımlar içinde hangi metal fazlaysa o metale **ana metal** veya **esas metal** denir. Buradan hareketle demir esaslı malzemelerin ana metalinin demir olduğu söylenebilir.

Esas metali demir, nikel veya kobalt olan ve az miktarda krom, titanyum, molibden, volfram gibi metaller içeren alaşımlara **süper alaşım** denir. Süper alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda dayanımını muhafaza edebilir. Bu özelliği sayesinde uçak sanayisinde, hava araçlarının motor kısımlarında ve özellikle türbin kanatçıklarında sıkça kullanılır.

1.2.1.2. Metal Olmayan Malzemeler

Metal olmayan malzemeler, metallerin özelliklerini taşımayan malzemelerdir. Bunlar, **organik** ve **inorganik** olarak iki grupta incelenir. Metal olmayan malzemeler, her iki grup için de hem **doğal** hem de **yapay** olarak elde edilebilir. Tablo 1.1'de organik ve inorganik malzemelerin doğal ve yapay hâlleri listelenmiştir.

Tablo 1.1: Metal Olmayan Malzeme Çeşitleri

Doğal Organik Malzemeler	Doğal İnorganik Malzemeler
Petrol	Mineral
Kauçuk	Kil
Deri	Tuz
Yapay Organik Malzemeler	Yapay İnorganik Malzemeler
Polyester	Çimento
Teflon	Kompozit malzemeler
Plastik	Seramik
Polietilen	Cam



Hava ve uzay araçlarında deri, plastik, cam gibi malzemeler genellikle kabin içi dekorasyonda kullanılır. Bunun yanı sıra kompozit malzemeler, gövde ve motor dâhil birçok bölümde kullanılır. Görsel 1.4'te kabin içinde bulunan metal olmayan malzeme örnekleri görülür.



Görsel 1.4: Metal olmayan malzemeler

1.2.2. Malzeme Özellikleri

Malzemeler, imal edilecek ürünün kullanım özelliklerine göre seçilmelidir. Malzemelerin genel özelliklerinin yanı sıra havacılık ve uzay teknolojisine ait özellikleri vardır.

Malzemeler; katı, sıvı ve gaz hâllerinde bulunur. İmalat sektöründe malzemelerin katı hâli kullanılmakla birlikte bazı durumlarda sıvı ve gaz hâlleri de kullanılır. Katı hâlde kullanılan malzemelerin seçiminde dikkate alınması gereken özellikler şu şekildedir:

1.2.2.1. Mekanik Özellikler

Malzemenin dışarıdan etki eden kuvvetler karşısında şekil değiştirme ve dayanma gücü etkisine **mekanik** özellik denir. Genel mekanik özellikler; sertlik, kırılma mukavemeti, elastiklik, tokluk, kopma mukavemeti, akma mukavemeti, rijitlik ve elastikliklerdir. Malzemelerin bu özelliklerle ilgili limitleri, kullanım yerlerine göre belirlenip limit aralığına uyan malzemenin seçilmesi gereklidir.

Hava ve uzay araçları, yüksek irtifalarda kullanılmaları sebebi ile yüksek basınca maruz kalır. Bu sebeple hava ve uzay araçlarında kullanılacak malzeme, çelik kadar yüksek dayanımlı olmalıdır. Bu araçlar hava ile sürtüneceğinden araçlarda kullanılacak malzemelerin sürtünme mukavemetinin de yüksek olması gerekir. Motor kısmında kullanılan kanatlar ise yüksek alaşımli çelik olmalıdır.

Malzemelerin sahip olduğu mekanik özellikler ile ilgili bilinmesi gereken bazı kavramlar şöyledir:

Sertlik: Malzemenin yüzey çentikleri ve aşınma deformasyonlarına karşı gösterdiği dirençtir.

Mukavemet: Malzemenin üzerindeki yüklere karşı gösterdiği dirençtir.

Süneklik: Malzemenin uzama etkisi sonucu kalıcı olarak şekil değiştirmesidir.

Gevreklik: Malzemenin plastik deformasyona uğramadan bir başka deyişle bükülmeden veya şekil değiştirmeden ani bir şekilde kırılma eğilimidir.

Esneklik (Elastiklik): Üzerine uygulanan yükün kaldırılması sonucunda malzemenin eski ölçüsüne ve şekline gelmesidir.



Plastiklik: Üzerine uygulanan yükün kaldırılması sonucunda malzemenin yeni formunu korumasıdır.

Dövülebilirlik: Malzemenin baskı altında dövülerek, sıkıştırılarak veya haddelenerek kırılma ve çatlama olmadan şekillendirilebilmesidir.

Rezilyans: Kuvvet etkisi altında malzemenin enerjisini içerisinde tutma kabiliyetidir.

Tokluk: Kırılmadan önce malzemenin maruz kaldığı kuvveti absorbe edebilme kabiliyetidir.

Kırılganlık: Malzemelerde süneklik ve tokluğun azalması sonucu oluşan durumdur.

Gerinim: Uygulanan kuvvet sonucu malzemede oluşan şekil değiştirme boyutudur.

1.2.2.2. Elektriksel Özellikler

Malzemeler elektriği iletme veya iletmemeye durumuna göre farklı özellikler sergiler. Gümüş, bakır, altın, demir gibi malzemeler **iletken**; plastik, cam, ahşap gibi malzemeler de **yalıtkan (iletken olmayan)** cisimlerdir.

Atomların dış yörüngelerinde bulunan elektronlar, atoma zayıf olarak bağlıdır. Isı, ışık ve elektriksel etki altında atomdan kolaylıkla ayrılır. Dış yörüngede bulunan bu elektronlara **valans elektronlar** denir. Atomları 1 valans elektronlu olan metaller en iyi iletkenlerdir. Bunlara örnek olarak bakır, gümüş ve altın gösterilebilir. Bakır, ekonomik olmasından dolayı daha çok tercih edilir.

Cam, kâğıt, plastik gibi malzemelerin atomlarında valans elektronları 8 veya 8'e yakın değerlerde olduğu için bu elektronlar atoma sıkı sıkıya bağlıdır. Bu malzemelerin elektriği iletme kabiliyetleri çok zayıf olup yalıtkandır. Tablo 1.2'de bazı malzemelerin öz direnç ve iletkenlik sıralaması görülür.

Tablo 1.2: Malzemelerin Elektrik İletkenlik Sıralaması

Malzemenin Adı	Özdirenç ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	Öziletkenlik ($\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$)
Gümüş	0.016	62.5
Bakır	0.0178	58
Altın	0.0222	45
Alüminyum	0.12	8.2
Volfram	0.059	17

Görsel 1.5'te optik kablolarla çalışan ekipmana sahip bir veri merkezi görülür. Bu kabloların içinde bulunan teller iletken iken dışında bulunan plastik malzemeler yalıtkandır.



Görsel 1.5: Uçaklarda kullanılan kablolar



1.2.2.3. Isıl Özellikler

Malzemelerin ısı değişimine karşı gösterdiği dirence **ısıl özellik** denir. Katı cisimler ısıtılınca kütleleri ve sıcaklıkları artar, ısıyı enerji olarak depolar. Yüzeide başlayan ısı enerjisi malzemenin soğuk olan iç kesimlerine doğru iletilir. Malzemenin ısınmaya karşı gösterdiği dirence **ısıl kapasite** denir. Bu kapasitenin üzerine çıktığında **erime** olayı başlar.

Katı malzemeler, ısıtıldığında genişler ve soğutulduğunda büzülür. Cismin ısınma ve soğuma arasında oluşturduğu boyut değiştirme oranına **ısıl genişleme** denir. Malzemeler, kullanım alanlarının ısı değişimleri ve ısıl genişleme katsayıları dikkate alınarak seçilmelidir. Genleşme ve soğuma olayı sonucunda malzeme yüzeyinde kalıcı şekil değişiklikleri istenmeyen bir durumdur.

Uzay araçları, atmosferden çıkarken veya atmosfere girerken meydana gelen sürtünmeden dolayı yüksek bir ısı etkisine maruz kalır. Bu bakımdan dış yüzeyde seçilen malzemenin ısıl özellikleri mükemmelere yakın olmalıdır (Görsel 1.6).



Görsel 1.6: Uzay mekiğinde sürtünmeden dolayı oluşan ısı etkisi

Malzemeleri ısı etkisi altında bırakarak özelliklerinin değiştirilmesine **ısıl işlem** denir. Bu işlem, bir veya birkaç kez uygulanan ısıtma veya soğutma şeklinde olabilir. Isıl işlemlerin amaçları; şekil verme özelliğini iyileştirme, dayanımını azaltma veya artırma, iç gerilimleri giderme ve tane büyüklüklerini kontrol etme olarak sıralanabilir. Isıl işlemler iki grupta incelenir.

Tavlama: Malzemenin istenilen bir sıcaklığa kadar ısıtılmasından sonra yavaş soğutulması şeklinde gerçekleştirilen işlemlerdir. Malzemelerin talaşlı imalatta işleme ve plastik şekillendirme kabiliyetini artırmak, iç yapı özelliklerini düzeltmek gibi amaçlar doğrultusunda uygulanır.

Sertleştirme: Çeliğin sertliğini ve çekme direncini artırmak, aşınma ve biçim değiştirme dayanımını yükseltmek ve dokusunu ince taneli hâle getirmek için yapılan ısıtma ve soğutma işlemidir.

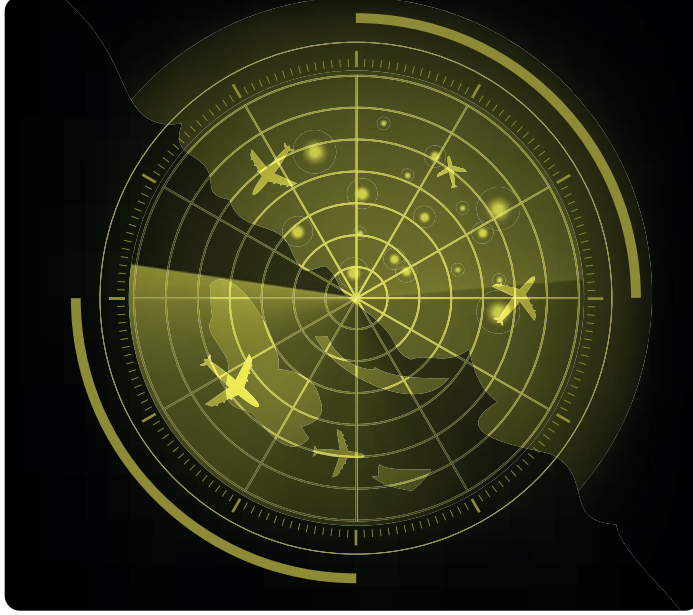
1.2.2.4. Manyetik Özellikler

Malzemenin manyetik etki altında gösterdiği tepkiye **manyetik özellik** denir. Demir esaslı malzemeler, doğal şekilde manyetik özelliğe sahiptir. İçinde demir bulunan veya bulunmayan malzemeleri ayırt etmenin en kolay yolu manyetik özelliklerine bakmaktır. Maddelerin manyetik etkilerini ölçmek için mıknatıs etkisine maruz bırakmak gerekir.



Manyetik etkilerine göre maddeler; diyamanyetizma, paramanyetizma, ferromanyetizma, ferrimanyetizma ve antiferromanyetizma şeklinde sınıflandırılır. Manyetik alan yoğunluğuna göre en düşük etki diyamanyetizmada, en büyük etki ferromanyetizmada bulunur. Bu özellik; tıbbi görüntüleme cihazları, ses sistemleri, manyetizma ile hareket eden mekanizmalar, enerji santralleri gibi alanlar için önemlidir. Manyetik etki, kısa vadede sorunların çözümünde olumlu sonuçlar vermesine karşın uzun vadede insan sağlığı açısından zararlı etkiler barındırır. Bu bakımdan manyetik etkinin geniş alanlara etkisinin azaltılması önemlidir.

Hava ve uzay araçlarının yön bulma kabiliyetleri, dünyanın manyetik etkisi kullanılarak geliştirilir. Yön bulmada kullanılan radar sistemleri, manyetik alan özelliklerine hassas malzemelerden seçilmelidir. Görsel 1.7'de radar sistemi görülür.



Görsel 1.7: Radar sistemi

1.2.2.5. Optik Özellikler

Bir malzemenin üzerine ışık (elektromanyetik radyasyon) düştüğünde gösterdiği davranış, başka bir deyişle malzemenin ışık altında gösterdiği tepki **optik özellik** olarak tanımlanır. Her malzeme farklı optik özellik gösterir. Optik özelliklerin bilinmesi, birçok endüstri dalı ve bilimsel çalışmalar için oldukça önemlidir. Lazer teknolojisi, temassız ısı ölçüm sistemleri, ısı transfer sistemleri gibi alanlarda malzemelerin optik özelliklerinden faydalanılır.

Işık demeti bir ortamda hareket ettiğinde ışık dalgasının yoğunluğu; iletilen, emilen ve yansıyan ışık dalgasının yoğunlukları toplamına eşittir. Malzemelerin optik özelliklerini birbirinden ayıran temel kavramlar şu şekildedir:

Yansıtıcılık: Işık demetinin malzeme üzerine düştükten sonra geri dönmesidir. Beyaz renkli malzemelerde yansıma etkisi daha çoktur.

Emicilik: Bir ışık demetinin malzeme yüzeyine düştükten sonra ışığın bir kısmının emilmesidir. Koyu renkli malzemelerde emilim oranı daha yüksektir. Güneş hücrelerinin iyi bir emilime sahip olması istenir.

Kırılma: Işık kaynağından çıkan ışının bir ortamdan diğer bir ortama geçişinde ışık bükülmesi meydana gelir. Bu olay sonucunda, gelen ışık kaynağının yolu ortam etkisiyle değişir. Bu olaya **ışığın kırılması** denir. Her malzemenin kırılma indisi bulunur.

Şeffaflık: Işık kaynağının bir nesne üzerine temas ettikten sonra nesnenin arka tarafına kırılmadan geçmesidir. Hava, su, cam gibi malzemeler şeffaftır.



Yarı Saydamlık: Malzemenin arka tarafına konulan cismin, belli belirsiz ve pürüzlü şekilde görülmesidir. Bitkisel yağlar ve güneş gözlükleri yarı saydamdır.

Opaklık: Bazı malzemeler üzerlerine gelen ışınları tamamen emer ve arka tarafına geçirmez. Metalik katı malzemelerin birçoğu opakdır.

Kırılma İndisi: İki farklı ortamda yol alan ışığın hızlarının birbirine oranıdır. Bu oran her malzemede farklılık gösterir ve ayırt edici bir özelliktir.

Şeffaflık Derecesi: Işığı geçirme oranıdır. Şeffaflık arttıkça malzemenin arka tarafı daha rahat gözükür.

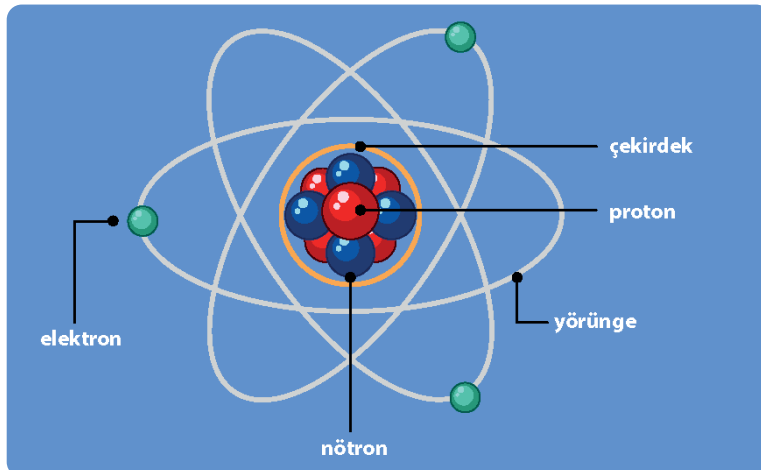
Malzemelerin optik özelliklerinin birçok uygulama alanı vardır. İletişim, ilaç üretimi, mikroskop, güneş pili, güneş hücreleri, fotoiletken cihazlar, optik haberleşme lifleri ve havacılık endüstrisi bu alanlardan bazılarıdır. İletişim alanında kullanılan fiber optik kablolar, malzemelerin optik özelliklerinden faydalanılarak üretilir. Çok uzak mesafelere kesintisiz sinyal gönderen bu kablolar, yalıtımlı bir ortam içindeki cam elyaf tellerden oluşur. Işık, fiber kablo yardımı ile gücünü kaybetmeden daha uzun yol alabildiği için sinyal kesilmeden çok uzak mesafelere veri iletimi sağlanabilir.

Hava ve uzay araçlarında kullanılan pencerelerin mükemmel optik özelliklere sahip olmasının yanı sıra basınç, darbe ve yüksek ısıya dayanıklı olması gerekir. Bu alanda en çok kullanılan malzemeler safir, spinel ve alüminyum oksitir. Güneş hücreleri, elektrik santrallerinin yanı sıra uzay araçlarında enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılır. Bu hücrelerden optik özellik olarak yüksek emilim yapması istenir.

1.2.2.6. Kimyasal Özellikler

Malzemelerin diğer malzemelerle temas etmesi durumunda kimyasal olarak nasıl tepkimeye girdiği, bütünlüğünü ve işlevini nasıl değiştirdiği gibi etkilere **kimyasal özellik** denir. Malzemelerin kimyasal yapılarını bilmek için atomik yapılarını anlamak gerekir. Doğada bulunan bütün malzemeler elementlerden, elementler ise atomlardan meydana gelir. Eski dönemlerde elementlerin en küçük yapı taşı olan atomlar bölünemez ve parçalanamaz özelliğe sahip diye bilinirdi. Bugün ise iç yapısı ayrıntılı şekilde bilinmekte ve hatta parçalanabilmektedir.

Atomlar; çekirdekte nötron ve proton, çevrede elektronlardan oluşur. Protonlar pozitif (+) yüklü, nötronlar nötr (yüksüz) olup merkezde yer alır. Elektronlar ise negatif (-) yüklü olup çekirdeğin etrafında bulunur. Atomun sayısı, proton sayısına eşit olup ağırlığı; nötron, proton ve elektron ağırlıklarının toplamına eşittir. Atom gerçekte katı olmayıp büyük bir boşluktan ibarettir. Kapladıkları hacim oldukça küçüktür. Görsel 1.8'de atomun yapısı görülür.



Görsel 1.8: Atomun yapısı



Atomlarda nötron ve protonlar eş ağırlıkta olup ağırlıkları, elektron ağırlığının 1.830 katı kadardır. Bir atomda bütün ağırlık çekirdekte olup elektronların ağırlıkları ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Atom ağırlıklarının imalat sektöründe yoğunlaşma ve ısınma hariç büyük bir önemi yoktur. Malzemelerin genel özelliklerinde çekirdek ve çevresindeki elektronlar oldukça önemlidir. Elektronlar, çekirdeğin etrafındaki belirli bir yörüngede sonsuz bir hızda döner. **Valans elektron** olarak tanımlanan en dış yörüngedeki elektronlar, malzemelerin özelliklerine en çok etki eden elemanlardır. Dış kabuk elektronları; bir malzemede kimyasal özellik, elektrik ve ısı iletkenliği, optik özellik gibi birçok unsuru etkiler.

Cisimler doğada katı, sıvı ve gaz hâlleri ile bulunur. Gazlarda atomlar arası mesafe çok olduğu için atomlar arası bağ kuvveti zayıftır. Bu bakımdan atomlar, serbestçe hareket edebilir ve bu nedenle de sıkıştırılarak hacimleri küçültülebilir. Sıvılarda atomlar arası mesafe çok küçüktür. Sıvı atomlarında bağ zayıf olduğundan birbirleri ile temas hâlinde olan atomlar, serbestçe hareket eder. Bu atomlara şekil verilemez ve sıkıştırılmaz. Katı cisimlerin atomları arasında ise kuvvetli bir bağ bulunur ve atomlar birbirine sıkıca tutunur. Katı cisimler, belirli bir şekle sahiptir ve bu durumu değiştirebilmek için büyük kuvvetlere ihtiyaç duyulur.

Katı cisimlerde atomlar salınım hareketi yapar. Katı cisimlerdeki atomların yaptığı salınım hareketi, sıcaklığa ve üzerlerindeki enerjiye bağlıdır. Malzemeye ısı verildiği zaman malzemenin atomlarındaki titreşim artar. Titreşimi artan atomların kapladıkları alan artar ve cismin hacmi büyümüş olur. Bu olaya **ısı genleşme** adı verilir.

Malzeme üzerine uygulanan ısı daha fazla arttırıldığında atomların titreşim hareketi artar ve atomları birbirlerine bağlayan kuvveti yenecek seviyeye gelir. Bu durum, bazı atomların yerlerini terk etmesine sebep olur. Isı etkisi altında atomların yerlerini terk etme olayına **atomik difüzyon** denir. Metallerde atomik difüzyonun şiddetlenmesi sonucu atomları birbirlerine bağlayan bağ ortadan kalkar ve atomların kristal kafesi adı verilen yapı düzeni bozulur. Bu durum sonucunda metalde ergime gerçekleşir.

Dış kabuk yapılarında bulunan elektronların en üst seviyeye ulaşmamış atomları arasında dört çeşit bağ vardır.

Metalik Bağ: Metaller arasındaki bir veya birden çok atomu bir arada tutan kimyasal bir bağdır. Bu bağ genellikle saf maddelerde oluşur.

İyonik Bağ: Metallerdeki iki ayrı cins atomda elektronların alışverişi sonucu ortaya çıkar. Bu bağ yapısında metaller, katı hâlde elektriği iletmez, sıvı hâlde ise iletir.

Kovalent Bağ: Oksijen atomlarının ikişer valans elektronlarını ortaklaşa kullanıp, dış yörüngedeki elektron sayılarını sekize çıkartarak oluşturdukları bağdır.

Van Der Waals Bağ: Genellikle asal gazların birbirini bağlayabilecek valans elektronları yoktur. Bu elektronlar ancak düşük elektrik yükü ile birbirlerini çeker. Bu şekilde oluşan bağlara **Van Der Waals bağ**ı denir.

Cisimlerde atom veya moleküllerin dizilişleri ve buldukları konum önemlidir. Bu durumun, metallerin özellikleri üzerinde önemli etkisi bulunur. X ışınları kullanılarak yapılan araştırmalar sonucu metallerin 14 düzgün geometrik şekilde oluştukları görülür. Metallerde oluşan bu geometrik şekillere **kristal kafes** adı verilir. Metallerde kristal yapı, mukavemet, süneklik gibi özelliklere etki eder. Bu bakımdan atomlar arasındaki bağ ne kadar kuvvetli ise birbirlerine daha yakın dururlar ve kapladıkları hacim artar.



Araştırma

Okulunuzdaki atölye ortamlarında bulunan ve malzeme olarak nitelendirilebilecek cisimlerin mekanik, elektriksel, ısı, manyetik, optik ve kimyasal özelliklerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



Sıra Sizde

A) Aşağıdaki tabloda verilen Tanım sütununun önündeki boşluğa Terim sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemenin özellikleri ile ilgili tanım ve terimleri eşleştiriniz.

Tanım	Terim
1. () Malzemenin ısıya karşı göstermiş olduğu dirençtir.	a. Şeffaflık derecesi
2. () Işığı geçirme oranıdır.	b. Rezilyans
3. () Malzemenin yüklere karşı göstermiş olduğu dirençtir.	c. Isıl kapasite
4. () Malzemenin enerjisini içerisinde tutma kabiliyetidir.	ç. Atomik difüzyon
5. () Malzemenin ısı etkisi altında atomların yer değiştirmesidir.	d. Mukavemet
6. () Metallerde iki ayrı cins atomun yer değiştirme olayıdır.	e. Kovalent bağ
	f. İyonik bağ
	g. Kafes sistemi
	ğ. Mekanik özellik

B) Aşağıdaki tabloda verilen Özellik sütunun önündeki boşluğa Malzeme sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemeleri özelliklerine göre sınıflandırınız.

Özellik	Malzeme
1. () Titanyum	a. Demir esaslı
2. () Kobalt	b. Demir olmayan
3. () Çelik	c. Organik
4. () Yarı iletken	ç. İnorganik
5. () Bakır	
6. () Seramik	
7. () Alüminyum	
8. () Nano malzeme	



Bunları biliyor muydunuz?

Demirağ'ın Uçakları (1936-1944)

İşadamı Nuri Demirağ, 1924 yılından 1933 yılına kadar yaptığı 1012 kilometre demir yolu ve fabrikalardan kazandığı parayla memleketine başka nasıl katkıda bulunacağını düşünür ve nereye yatırım yapması gerektiğini araştırmaya başlar. Türkiye'nin en çok uçak sanayisine ihtiyacı olduğuna karar verir. Atatürk'ün "İstikbal göklerde, çünkü göklerini koruyamayan milletler yarınlarından asla emin olamazlar" sözlerini kendine ilke edinir. Gözlerini göklere diken Nuri Bey "Göklerine hâkim olamayan milletlerin akıbeti felaket olacağına kat'iyen kaniyim" düşüncesi ile harekete geçmiştir. Türk Hava Kurumu tarafından uçak almak için istenen para yardımına cevap olarak "madem ki bir millet tayyaresiz yaşayamaz öyle ise, ben bu uçakların fabrikasını yapmaya talibim" diyerek işe atılır.



Görsel 1.9: Nu.D-36 Eğitim Uçakları, Yeşilköy 24.8.1942 (Mehmet Kum arşivi)

Nuri Demirağ, Atatürk'ün uçak mühendisliği eğitimi alması için Fransa'ya gönderdiği Selahattin Reşit Alan'la birlikte uçak fabrikası için hazırlıklara başlamıştır. Türk Hava Kurumu'ndan 24 uçak ve 65 planör siparişi alır. İlk aşamada on yıllık bir uçak imalat programı yapılır. 17 Eylül 1936'da da fiilen teşebbüse geçilmiş ve bir Çekoslovak firması ile motorlar için anlaşma yapılmıştır. Beşiktaş'taki Hayrettin İskelesi'nde, bugün Deniz Müzesi olarak kullanılan binanın hemen arkasında, o zamana göre hayli modern bir bina yaptırılır. Binanın adı Nuri Demirağ Beşiktaş Tayyare Atelyesi'dir. Programa göre burası etüt (yani AR-GE) atölyesi olarak kullanılmıştır. Mühendis Selahattin Alan tarafından Nu.D-36 kod adı ile bir uçak tasarımı yapılmaya başlanır ve proje kısa zamanda tamamlanır.

(Metin kısaltılmıştır.)

<https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=jLaOYdGbfxEB72JH-pRojQ+P?dergiKodu=4&cilt=46&sayi=794&sayfa=64&yaziid=34204>



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. () Cam, ahşap, çelik, alüminyum ve krom malzemedir.
2. () Çekiç, tornavida, sandalye, masa ve kitaplık malzemedir.
3. () Malzemelerde tasarım zorluğu, hava ve uzay araçlarında dikkate alınması gereken bir husustur.
4. () Seramik, cam ve tuz metal olmayan yapay organik malzeme grubunda yer alır.
5. () Malzemelerde sertlik, kırılabilirlik, tokluk genel optik özelliklerdendir.
6. () Malzemenin süneklik değeri, üzerine gelen yüke karşı göstermiş olduğu dirence göre ölçülür.
7. () Demir, altın, bakır ve gümüş malzemelerin çok iyi yalıtkanlık özelliği vardır.
8. () Petrol, kauçuk ve deri metal olmayan doğal malzeme grubunda yer alır.
9. () Atomlarda titreşim arttıkça cismin hacmi büyür.
10. () Ahşap ve plastik, elektriksel olarak yalıtkan bir malzemedir.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Uçakların radar sistemlerinde malzemelerin özelliği kullanılır.
2. Elektriksel özellik açısından bakır bir malzemedir.
3. Elektrik kablosunun dış kısmı, özellik kazandırmak için plastik malzemeden yapılır.
4. Metallerde 14 çeşit geometrik şekil, kafes sistemini oluşturur.
5. Fiber optik kablolar, malzemelerin özelliği kullanılarak yapılır.
6. Malzemelerin iç gerginliklerini almak için işlemi yapılır.
7. Atomlar; nötron, proton ve parçacıklarından meydana gelir.
8. Isıl kapasitenin üzerine çıktığında malzemede meydana gelir.

C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi bir amacı gerçekleştirmek için insanlık yararına kullanılan her şeyin adıdır?

- A) Ahşap
- B) Alüminyum
- C) İzotop
- D) Malzeme
- E) Metal

2. Aşağıdakilerden hangisi malzeme seçiminde dikkate alınacak hususlardan biri değildir?

- A) İmalat kolaylığı
- B) İmalat maliyeti
- C) Tasarım kolaylığı
- D) Korozyon dayanımı
- E) Görsel güzelliği

3. Aşağıdakilerden hangisi malzemenin kırılmadan önce maruz kaldığı kuvveti absorbe edebilme kabiliyetidir?

- A) Esneklik
- B) Kırılabilirlik
- C) Magnetizma
- D) Opaklık
- E) Tokluk

4. Aşağıdakilerden hangisi malzemelerin temel özelliklerinden biri değildir?

- A) Elektriksellik
- B) Kimyasallık
- C) Malzeme rengi
- D) Manyetiklik
- E) Mekaniklik

5. Aşağıdakilerden hangisi malzemelerin ısı etkisi altında özelliklerini değiştirme işlemidir?

- A) Isıl işlem
- B) Kimyasal etki
- C) Menevişleme
- D) Opaklık
- E) Tavlama

6. Aşağıdaki özelliklerden hangisi hava ve uzay araçlarında yön bulma kabiliyetinin geliştirilmesine etki eder?

- A) Elektriksellik
- B) Kimyasallık
- C) Manyetiklik
- D) Mekaniklik
- E) Optiklik

7. Aşağıdakilerden hangisi gümüş, bakır altın, demir gibi malzemelerin ortak özelliklerindendir?

- A) Esneklik
- B) İletken
- C) Kırılabilirlik
- D) Opaklık
- E) Yarı iletkenlik

8. Aşağıdakilerden hangisi uzay mekiğinin havada sürtünmesi sonucu oluşan etkinin ortaya çıkardığı özelliktir?

- A) Fagositoz
- B) Isıl özellik
- C) Kimyasallık
- D) Mekaniklik
- E) Optiklik

9. Aşağıdakilerden hangisi atomlar arasında oluşan bir bağ değildir?

- A) İyonik
- B) İzotop
- C) Kovalent
- D) Metalik
- E) Van Der Waals

10. Aşağıdakilerden hangisi ısı etkisi ile atomların yerlerini terk etmesi sonucu oluşan durumdur?

- A) Atomik difüzyon
- B) Isıl genişleme
- C) İyonik
- D) Kafes sistemi
- E) Kovalent

11. Atomu oluşturan tüm bileşenler aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?

- A) Çekirdek
- B) Çekirdek, nötron
- C) Çekirdek, nötron, proton
- D) Çekirdek, proton
- E) Proton, nötron

14. Aşağıdaki malzemelerden hangisi iletken değildir?

- A) Altın
- B) Bakır
- C) Çelik
- D) Gümüş
- E) Plastik

12. Aşağıdakilerden hangisi malzemenin ısı etki altında hacminin büyümesi olayıdır?

- A) Atomik difüzyon
- B) Difüzyon
- C) Isıl genleşme
- D) Kırılma indisi
- E) Optik sapma

15. Aşağıdakilerden hangisi yapay inorganik malzemedir?

- A) Alüminyum
- B) Cam
- C) Çelik
- D) Plastik
- E) Tuz

13. Aşağıdakilerden hangisi malzemelerin manyetik özelliği sayesinde ortaya çıkmıştır?

- A) Basınç ölçüm cihazları
- B) Isı ölçüm cihazları
- C) İtki sistemi
- D) Kabin içi havalandırma
- E) Radar sistemi

2. ÖĞRENME BİRİMİ

HAVA VE UZAY ARAÇLARINDA KULLANILAN MALZEMELER

KONULAR

- 2.1. METALİK MALZEMELER
- 2.2. METALİK OLMAYAN MALZEMELER
- 2.3. KOMPOZİT MALZEMELER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Metalik malzemelerin tanımını yapma
- Metalik malzemelerin özelliklerini açıklama
- Metalik olmayan malzemelerin tanımını yapma
- Metalik olmayan malzemelerin özelliklerini açıklama
- Kompozit malzemelerin tanımını yapma
- Kompozit malzemelerin özelliklerini açıklama

TEMEL KAVRAMLAR

Ahşap, alüminyum, bağlayıcı, bakır, çelik, demir, dökme demir, güçlendirici, kompozit, krom, nikel, polimer, seramik, termoplastik, termoset, titanyum, yüksek fırın



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Sınıf ortamında bulunan metalik ve metalik olmayan malzemelerin isimlerini defterinize yazarak arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Sizce uçaklarda kullanılan malzemeler neden hafif olmalıdır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

2.1. METALİK MALZEMELER

Hava araçları, atmosferik ortamda veya uzay boşluğunda hizmet verdiği için her türlü hava olayı, yüksek basınç, sürtünme, korozyon gibi etkilere maruz kalır. Bu bakımdan havacılık ve uzay endüstrisinde kullanılacak malzemeler, birden fazla malzemenin özelliğini bir arada bulundurmalıdır. Alaşım ve süper alaşımlar, bu gereksinimin sağlanmasına yardımcı tekniklerdir. Havacılık malzemeleri; uçak gövdesi, motor ve hava ekipmanı olarak sınıflandırılabilir. Alüminyum, titanyum ve magnezyum alaşımları ile yüksek dayanımlı çelikler hava ve uzay araçlarında kullanılan bazı malzemelerdir. Bu malzemeler şu şekilde sıralanabilir:

2.1.1. Demir (Fe)

Demir, doğada en çok bulunan metaldir. Dünyanın %5,6'sı demir cevheridir. Yoğunluğu 7,88 gr/cm³ ve ergime sıcaklığı 1.535 °C'tur. Ham hâli oldukça yumuşak olan demir, doğada filiz (cevher) olarak bulunur. Bu filizler, endüstriyel işlemler sonucunda işlenebilir hâle gelir. Demire endüstriyel özellik kazandırmak için içine karbon ilave edilmelidir. Karbon alaşımının oranına göre ham demir, dökme demir, çelik döküm ve çelik elde edilir. Doğada bulunan demir filizlerinin tanımı, sınıflandırılması, kimyasal bileşenleri ve içerdikleri demir oranları Tablo 2.1'de görülür.

Tablo 2.1: Demir Filizlerinin Tanımı, Sınıflandırılması, Kimyasal Bileşenleri ve İçerdikleri Demir Oranları

Filizlerin Tanımı	Sınıflandırılması	Kimyasal Bileşenleri	İçerdikleri Demir Oranları (%)
Manyetit (Manyetik Demir Taşı)	Oksitli	Fe ₃ O ₄	%60-70
Hematit (Kırmızı Demir Taşı)		Fe ₂ O ₃	%40-60
Limonit (Kahverengi Demir Taşı)		Fe ₂ O ₃ – H ₂ O	%30-50
Siderit (Siderit Cevheri)	Karbonatlı	FeCO ₃	%30-45
Pirit (Demir Sülfür)	Sülfürlü	FeS ₂	%30-45



Manyetit, kaya minerali olan bir demir filizidir. Manyetik bir özelliğe sahiptir. Demir üretiminin %5'i bu demir filizinden elde edilir.

Hematit, demir üretiminde en çok kullanılan demir filizidir. Kırmızı, kahverengi, açık mavi veya siyah renkte olabilir. Demir oranı %30 ila %40 arasındadır.

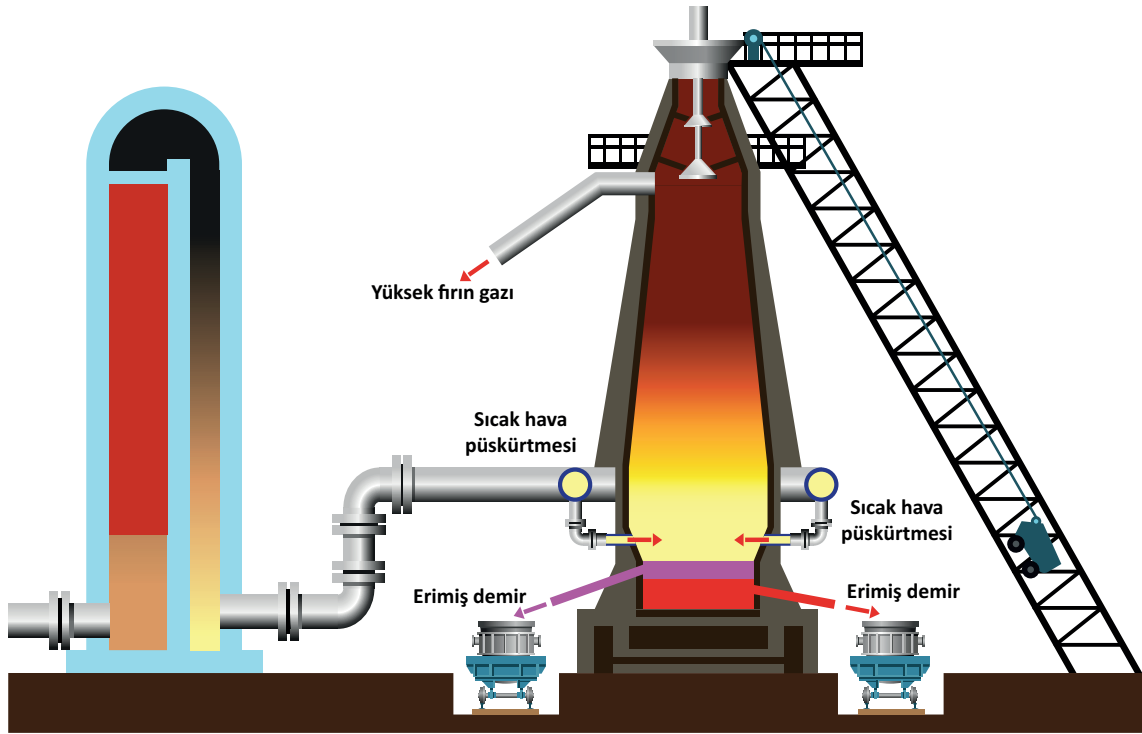
Limonit, yer kabuğunda su bulunan hematit filizidir. İçinde %30 ila %40 arasında demir bulunur.

Siderit, demir karbonatlı bir demir filizidir. Demir oranı düşüktür.

Pirit, kükürlü bir demir filizidir. Üretimi esnasında kükürt elementi ayrıştırılmalıdır.

2.1.2. Dökme Demir

Demir filizlerinin kok ve kireç taşıyla ergitilmesi için kullanılan fırınlara **yüksek fırın** denir. Fırının yüksekliği 90 metreye kadar çıkabilir. Dünyada demir üretimi, yıllık ortalama 670 bin tondur. Bu üretimin %60'ı yüksek fırınlardan karşılanır, %40'lık kısmı ise hurda malzemelerin ergitilmesi sonucu elde edilir. Görsel 2.1'de yüksek fırının çalışma diyagramı görülür.



Görsel 2.1: Yüksek fırının çalışma diyagramı

Yüksek fırınlarda elde edilen ham demir; sert, kırılgan ve dayanıksız olması sebebiyle endüstride kullanıma uygun değildir. İmalata uygun hâle getirmek için içindeki karbon oranı kupol ocaklarında azaltılarak %1,7 ila %3,5 oranına getirilir. Bu ocaklarda içine katkı malzemeleri de ilave edilerek dökme demir elde edilir. Düşük sıcaklıklarda eriyen dökme demirin maliyeti düşüktür. Aşınma ve basma dayanımları yüksektir. Bundan dolayı endüstrideki kullanım alanı geniştir. Dökme demir; motor blokları, pistonlar, silindir gömlekleri, kaplinler ve makine gövdelerinin imalatında sıklıkla kullanılır. Dökme demirin içinde karbondan başka mangan, silisyum, fosfor ve kükürt elementleri vardır.

2.1.3. Çelik

Çelik, demir ve karbon elementinin birleştirilmesiyle meydana gelir. Çelik; kolay şekillendirilebilir, dayanıklıdır ve iyi bir ısı iletkenliğine sahiptir. Akma ve çekme dayanımı yüksektir. Çeliklerde bulunan karbon oranı, çeliğin sınıflandırılmasında belirleyicidir. Karbon oranlarına göre çeliklerin sınıflandırılması şu şekildedir:

Düşük Karbonlu Çelikler: İçinde %0,25 oranında karbon bulunur. Soğuk şekillendirmeye uygun ve kaynak yapılabilme kabiliyeti yüksektir.

Orta Karbonlu Çelikler: İçinde %0,25 ila %0,55 oranında karbon bulunur. Isıl işlem yapılabilme kabiliyetleri çok yüksektir. Pres kalıbı, mil, tel, dingil, ray ve silindir yapımında kullanılır.

Yüksek Karbonlu Çelikler: İçinde %0,55 ila %0,9 oranında karbon bulunur. Yüksek aşınma direnci ve mukavemet gerektiren alanlarda tercih edilir.

Yüksek Karbonlu Takım Çelikleri: İçinde % 0,9 ila %1,6 oranında karbon bulunur. Torna klemi ve matkap uçları bu çelikten imal edilir.

Çeliklerin içine karbon dışında farklı elementler de katılabilir. Bu elementlerin çeliğe kattığı özellikler şu şekildedir:

Mangan (Mn): Sertleşme, dövme ve kaynak kabiliyetini artırır.

Silisyum (Si): Çelik içindeki oksijeni giderici etkisi vardır.

Fosfor (P): Akma, çekme dayanımını ve talaş kaldırma kabiliyetini artırır.

Krom (Cr): Paslanmaya karşı direnç oluşturur ve yüzeyin parlak olmasını sağlar.

Nikel (Ni): Mukavemeti ve tokluğu artırır.

Molibden (Mo): Düşük krom ve nikel oranlarına ilave edilerek sürtünme ve aşınma direncini artırır.

Kobalt (Co): Takım çeliklerinin sertliğini sıcak ortamlarda muhafaza etmesi için kullanılır.

Wolfram (W): Aşınma direncini artırarak sıcak ortamlarda sertliğin muhafaza edilmesini sağlar.

Vanadyum (V): Tane küçültme etkisiyle akma ve çekme dayanımını artırır.

Titanyum (Ti): Sertleşebilme kabiliyetini artırır, vanadyum elementinden daha etkili olarak akma ve çekme dayanımını artırır.

Bakır (Cu): Uzama direncini düşürmekle birlikte korozyon direncini artırır.

Kurşun (Pb): Otomat çeliklerinde alaşım elementi şeklinde kullanılıp şekillendirilebilirlik kabiliyetini artırır.

Bor (B): Düşük oranlarda ilave edildiğinde çeliklerin sertleşebilme kabiliyetini artırır.

Kullanım alanlarına göre çelik çeşitleri şu şekildedir:

Konstrüksiyon Çelikleri: Genel olarak U, T ve I profil olarak üretilir. Makine gövdelerinde, köprülerde, vagonlarda, vinçlerde ve fabrika imalatında kullanılır.

Yay Çelikleri: Şekil değiştirebilen ve üzerindeki yükün kaldırılmasından sonra eski hâline gelebilen çeliklerdir. Yay imalatında kullanılır.

Otomat Çelikleri: Kükürt ve mangan oranı yüksek olup otomat tezgâhlarında kolay işlenebilen çeliklerdir. Talaş kaldırma işlemine en uygun çeliktir.

Sementasyon Çelikleri: İçi yumuşak, dışı sert malzemelerdir. Dışlı imalatında kullanılır.



Rulman Çelikleri: Rulman imalatında kullanılan çeliklerdir. Çekme, basma, titreşim ve aşınma dirençleri yüksektir.

Takım Çelikleri: Endüstride en çok kullanılan çelik türüdür. Kesici takımlar, makaslar, zımbalar, ölçme kontrol ve el aletlerinin yapımında kullanılır.

Mikro Alaşımli Çelikler: Dayanımı yüksek ve düşük alaşımli çeliklerdir.

Paslanmaz Çelikler: Bünyesinde bol miktarda krom ve nikel elementi barındıran çeliklerdir. Kimyasal etkilere ve yüksek sıcaklığa karşı direnci yüksektir.

Çelikler alaşımli olarak uçakların türbin kanatları, iniş kalkış sistemleri, motor aksamları gibi havacılık ve uzay endüstrisinin birçok alanında kullanılır (Görsel 2.2).



Görsel 2.2: Uçak iniş takımı ve türbini

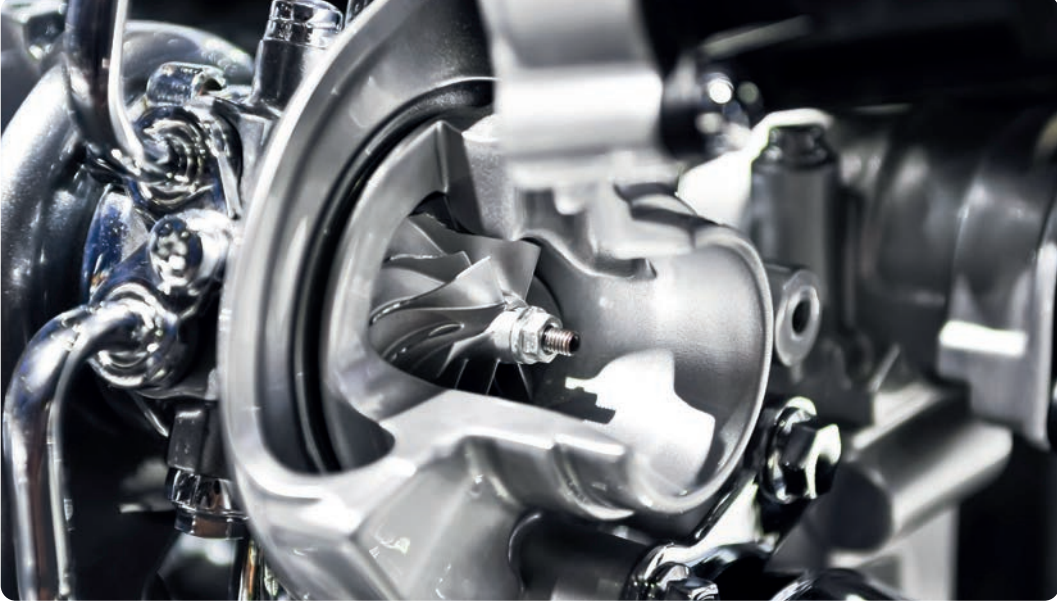
2.1.4. Nikel (Ni)

Nikel, parlak gümüş rengine sahip olup genellikle alaşım ve süper alaşımlarda kullanılır. Periyodik cetvelde geçiş elementleri arasında yer alan nikelin atom numarası 28, ergime sıcaklığı 1.455 °C'tur. Aşınma ve korozyon direnci sebebiyle endüstride kullanımı yoğundur. Endüstride nikelden alaşım ve kaplama olarak yararlanır. Paslanmaz çelik üretiminde alaşım malzemesi olarak nikelin yanı sıra krom ve diğer metaller kullanılır. Paslanmaz çelik, pil ve elektronik malzemelerin üretiminde de kullanılır. Pil üretiminde alaşım malzemesi şeklinde kullanılarak pillerin uzun ömürlü ve yüksek yoğunluklu olması sağlanır. Manyetik hafıza özelliğinden dolayı bilgisayarların depolama birimlerinde kullanılır. Yarı iletken özelliğinden dolayı mikroçiplerin üretiminde de kullanılır. Hava araçlarında kullanılan motorun %50'si nikel esaslı süper alaşımlardır. Bu alaşımlarda nikelin yanı sıra kobalt, demir, krom, molibden wolfram, alüminyum gibi elementler kullanılır.

2.1.5. Krom (Cr)

Krom; çelik grisi, sert, parlak ve kırılğan bir metaldir. Korozyon direnci yüksektir. Nikelle birlikte alaşım oluşturularak kullanıldığı zaman malzemelerde koruyucu ve parlak bir yüzey oluşturur. Atom numarası 24, ergime sıcaklığı 1.907 °C'tur. Nemli ortamlarda korozyona dirençlidir. Paslanmaz çelik üretiminde, çeliğin sertleştirilmesinde ve metallerin dayanıklılık özelliğinin artırılmasında alaşım malzemesi olarak kullanılır. Endüstride krom ve nikel

alaşımı; dayanımı yüksek, korozyona dirençli, hijyenik ve pürüzsüz yüzeye sahip malzemeler elde etmek için kullanılır. Görsel 2.3'te krom ve nikel alaşımından yapılmış türbinin içi görülür.



Görsel 2.3: Krom ve nikel alaşımli türbinin içi

2.1.6. Alüminyum (Al)

Alüminyum, endüstride çelikten sonra en çok kullanılan malzemedir. Metal malzeme olup demir içerikli değildir. Doğada bol miktarda bulunan ve en yaygın tercih edilen demir dışı metaldir. Atom numarası 13 olup ergime sıcaklığı 660 °C'tur. Hafif olması, endüstride tercih edilme sebeplerinin başında gelir. Saf alüminyum, yumuşak bir yapıya sahiptir ve işlenebilirlik özelliği zayıftır. Genelde elektrik ve kimya endüstrisinde kullanılır. Farklı elementlerle alaşım oluşturularak sertliği ve mukavemeti artırılabilir. Bu özelliğinden dolayı hava araçlarının gövde imalatında tercih edilen bir metaldir. Saf hâliyle dahi korozyon direnci yüksektir. Alüminyuma katılan en önemli alaşım elementleri ve alaşım sonucunda elde edilen özellikler şu şekildedir:

Bakır: Yüksek mukavemet özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı havacılık endüstrisinde tercih edilir.

Silisyum: Korozyon ve aşınma direnci yüksektir. Otomotiv parçalarının, levhaların ve kaynaklı yapıların üretiminde tercih edilir.

Magnezyum: Sertlik ve mukavemet özelliği artarken süneklik özelliği azalır. Korozyon direnci yüksek olduğu için su altı ortamlarında kullanılacak yapıların imalatında tercih edilir.

Çinko: Mukavemeti artırır ve dökülebilirlik özelliğini azaltır.

Mangan: Süneklik, tokluk, çekme direnci ve işlenebilirlik özelliğini artırır.

Lityum: Yorulma direnci ve tokluk özelliğini artırır. Maliyeti yüksek olmasına karşın özellikle hava ve uzay sanayisinde tercih edilen bir alaşımdır.

Alüminyum ve alaşımlarının kullanım alanları şu şekildedir:

Havacılık Endüstrisi: Yüzey kaplama, yapı elemanları ve uçak gövdelerinin yapımında kullanılır.

Yapı Endüstrisi: Kapı, pencere, duvar ve çatı kaplamalarında kullanılır.



Elektrik Elektronik Endüstrisi: İletken ve yarı iletken malzemeler, jeneratör ve elektrik kablosu imalatında kullanılır.

Ulaşım Endüstrisi: Tekerlek jantları, motor blokları, klima, radyatör, kaporta, vagon ve tekne gövdelerinin imalatında kullanılır.

Bilişim Endüstrisi: Alüminyum, ısı ve elektrik iletkenliğine sahip bir malzemedir. Ağırlık oranına göre bakırdan iki kat daha fazla iletkenliğe sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı anakart ve ısı iletim birimlerinde sıklıkla kullanılır.

Isıtma ve Soğutma Sistemleri: Alüminyum; ısı değiştiriciler, radyatörler ve klima sistemlerinde sıklıkla kullanılır. Alüminyumun bu alanlarda tercih edilmesinin sebebi yüksek ısı iletkenliğidir.

2.1.7. Titanyum (Ti)

Titanyum; saf hâliyle hafif, dayanıklı ve yüksek korozyon direncine sahip bir malzemedir. Atom numarası 22 ve ergime derecesi 1.668 °C'tur. Daha çok alaşım malzemesi olarak endüstride kullanım alanı bulur. Titanyum alaşımları, titanyum ve diğer kimyasal elementlerin karışımını içeren metaldir. Bu alaşımlar, aşırı sıcaklıklarda bile çok yüksek gerilme mukavemetine ve tokluğuna sahiptir. Olağanüstü korozyon direncine ve aşırı sıcaklıklara dayanma kabiliyetine sahip, hafif alaşımlardır. Bununla birlikte hem ham maddesinin hem de işlenmesinin yüksek maliyetli oluşu sebebiyle kullanım alanları askerî uygulamalar, uçak, uzay aracı, bisiklet, tıbbi cihaz, mücevher, elektronik, bazı spor otomobillerdeki bağlantı çubukları ve bazı özel spor ekipmanı ile sınırlıdır.

Titanyum, güçlü ve hafif bir metaldir. Düşük karbonlu çeliklerden daha güçlü ve %45 daha hafiftir. Ayrıca alüminyum alaşımlarının iki katı kadar güçlüdür ve sadece %60 kadar daha ağırdır. Titanyum; deniz suyuna karşı mükemmel bir korozyon direncine sahip olduğu için pervane şaftlarında, deniz suyuna maruz kalan teknelerin arma ve diğer kısımlarında kullanılır. Titanyum alaşımları; yüksek sıcaklıklara karşı direnç, mukavemet ve düşük ağırlığın önemli olduğu uçaklar, füzeler ve roketlerde kullanılır. Görsel 2.4'te uçak motorunda titanyum malzemenin kullanımı görülür. Ayrıca titanyum insan vücudunda reaksiyona girmediğinden kırıklar ve diğer biyolojik implantlar için kullanılır. Yapay eklemlerde, vidalarda ve plakalarda, metal ortopedik eklem ve kemik plaka operasyonlarında yaygın olarak kullanılır.



Görsel 2.4: Uçak motorunda titanyum malzemenin kullanımı



Araştırma

Metalik malzemelerin yolcu uçaklarında kullanıldığı yerleri ve özelliklerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.

2.1.8. Bakır (Cu)

Bakır; sünek, dövülebilir, yüksek termal ve elektrik iletkenliğine sahip bir metaldir. Atom numarası 29, ergime sıcaklığı 1.085 °C'tur. Bakır madeninin kırmızısı altın renginden dolayı kolayca ayırt edilebilme özelliği vardır. Isı ve elektrik iletkenliği bakımından gümüşten sonra gelir. Korozyona direnci çok fazladır. Yüzeyinde meydana gelen oksit katmanı ince ve gözeneksiz olduğu için derinlere işlemez. Isı işlemiyle sertleşmeyip yumuşayan bir metaldir. Endüstride çinkoyla alaşım oluşturarak **pirinç** malzemesini meydana getirir. Daha önceleri kendisine pek fazla ihtiyaç duyulmayan bakır, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği sayesinde elektrik santralleri ve iletken malzeme imalatında vazgeçilmez bir malzeme hâline gelmiştir. Soğuk hava makinesi ve teçhizatında, paslanmaz özelliğinden ötürü nakliye vasıtalarında ve dış kaplamalarda bakırın kullanım alanı geniştir. Bununla birlikte bakırın kaynak işlerinde, metalurjide ve bronz üretiminde önemli yeri olup daha birçok kullanım alanından söz edilebilir. En geniş kullanım alanları sırasıyla elektrik üretim ve iletimiyle ilgili tesislerde, inşaatta, ulaşım makineleri ve teçhizatındadır. Bakır alaşımlarının genel özellikleri şunlardır:

Çinkolu Alaşımlar (Pirinç): Korozyona dirençli, sünek ve dövülebilirdir. Renk paleti, pembe ve sarı arasındadır.

Kalaylı Alaşımlar (Bronz): Korozyona dirençli, sünek ve yüksek mukavemetlidir. Yay yapımında kullanılır.

Kurşunlu Alaşımlar: Kolay işlenebilir malzemelerdir. Yüksek iletkenliğe sahip bakır çubukların üretiminde kullanılır.

Alüminyumlu Alaşımlar: Yüksek mukavemetli ve korozyona dirençlidir.

Fosforlu Alaşımlar: Elastikiyet özelliği yüksektir. Bu alaşımlar kullanılarak yayların esneklik özellikleri artırılır.

Nikel Katılmış Alaşımlar: Malzemenin sünekliliğini de koruyarak daha yüksek mukavemet sağlar. Burulmaya maruz kalan uzun boylu millerde kullanılır.

Bakır ve alaşımları, alüminyumla birlikte havacılık ve uzay araçlarının özellikle boru-hortum elemanlarında, ısıtıcı-soğutucu olarak iklimlendirme elemanlarında, ideal iletken olarak elektrik donanımlarında ve diğer aksesuarlarında çokça kullanılır. Görsel 2.5'te uçaklardaki bakır kullanımı görülür.



Görsel 2.5: Uçaklarda bakır kullanımı



2.2. METALİK OLMAYAN MALZEMELER

Hava ve uzay araçlarında tahta, seramik, kumaş, plastik gibi metal olmayan malzemeler de kullanılır. Bu malzemelerin en büyük avantajı, hava veya suyla teması sonucunda korozyon oluşmamasıdır. Bu malzemelerin içinde demir atomu bulunmaz. Doğada organik hâlde bulunduğu gibi kimyasal tepkimeler sonucunda inorganik şekilde de elde edilebilir.

2.2.1. Ahşap

Ahşap, ilk uçakların yapımında sıklıkla kullanılmıştır. Günümüzde sadece uçakların iç dekorasyonunda kullanılır. Ahşap çeşitleri ve özellikleri şu şekildedir:

Ladin: Uçak içi peyzajında en çok kullanılan ahşaptır. Estetik çekiciliği ve dayanımı oldukça yüksektir. Uzun yıllar boyunca özelliğini kaybetmeden kullanılabilir.

Douglas Köknarı: El aletleriyle çalışma kabiliyeti düşük olan douglas köknarı, imalat esnasında yüksek kabiliyet gerektirir. Yapışma özelliği yüksektir.

Noble Köknar: Ladine göre sertlik değeri az olan noble köknarın yapışma özelliği yüksektir.

Katran: Genellikle enstrüman ve mobilya imalatında kullanılan katranın yapışma özelliği yüksektir.

Çam: El aletleri ve makinelerle çalışma kabiliyeti yüksek olan çam, homojen bir yapıya sahiptir. Darbelere karşı direnci düşük olup sert değildir. Yapışma kabiliyeti yüksektir.

Sedir: İşleme kabiliyeti yüksek olan sedir, birleştirme tekniği için uygun yapıdadır. Yapışma kabiliyeti düşüktür.

Kavak: İşleme kabiliyeti düşük olan kavağın darbe direnci düşüktür.

Nem etkisi, ahşap malzemelerin boyutsal farklılıklar göstermesine sebep olur. Bu yüzden nem değerinin belirli bir seviyede olması istenir. Düşük nemden dolayı ahşap malzemelerde kuruma meydana gelir ve lif doğrultusunda kısılmaya sebep olur. Boyutsal değişiklikler, malzemenin hem kullanım özelliğinin hem de görsel özelliğinin bozulmasına sebep olur. Görsel 2.6'da uçakta kullanılan ahşap malzeme görülür.



Görsel 2.6: Uçaklarda ahşap kullanımı

2.2.2. Seramik

Metal veya metal alaşımı olmayan inorganik malzemelerin istenen tane boyutuna indirgenerek, şekillendirilip sinterlenmesi sonucunda elde edilen ve kendine has özellikleri bulunan mukavemetli yapıya **seramik** denir.

Mekanik olarak sert ve kırılğan olan seramikler, düşük tokluk ve düşük süneklik özellikleri gösterir. Yüksek sertlik, yüksek sıcaklık dayanımı ve yüksek aşınma direncine sahiptir. İletim elektronları olmadığından elektrik iletmez ve ısıyı az geçirir. Korozyona dayanıklı olup, güçlü atom bağları sebebiyle kimyasal olarak kararlıdır ve yüksek ergime sıcaklığına sahiptir. Seramiklerin kullanım alanları şu şekildedir:

- Yapı seramikleri (tuğla, kiremit, duvar ve yer kaplama plakaları, su ve kanalizasyon boruları, sağlık gereçleri)
- Ev eşyası seramikleri (sakı, çanak çömlek, süs eşyaları, sofr seramiği)
- Elektrik (şalter ve sigorta parçaları, alçak-yüksek gerilim izalatörleri)
- Elektronik seramikler (manyetik, dielektrik, piezo elektrik seramikler)
- Aşındırıcı seramikler (zımpara taşları ve tozları, sentetik elmas)
- Nükleer seramikler (nükleer yakıt sistem seramikleri, radyasyona karşı ağır betonlar)
- Mekanik seramikler (piston, motor gövdesi)
- Uzay araçları seramikleri (ısı ve sürtünmeye dayanıklı kılıflar, uçuş pist platformları)
- Süper iletken seramikler (enerji iletimi sistemleri)

Seramikler, iki grupta sınıflandırılır:

Geleneksel Seramikler

Geleneksel seramikler, doğal ham maddelerden ve genellikle üç temel bileşenden (kil, kuvars ve feldispat) oluşur. **Kil**; geleneksel seramiklerin en önemli, vazgeçilmez ham maddesidir ve alumina silika hidratlardan oluşur. Tabakalı yapısı ve tabakalar arası su ihtiva etmesi sayesinde plastiklik özelliğine sahiptir. Mamullere şekil verme görevini üstlenir. **Kuvars**, şekillendirilemez ancak ürünlere mukavemet özelliği sağlar. **Feldispat** ise kayaların bozunmasıyla oluşmuş ham maddedir. Alkali alümina silikatlarıdır ve ihtiva ettiği alkaliler nedeniyle ürünlerin pişirme derecesini düşürme görevini üstlenir.

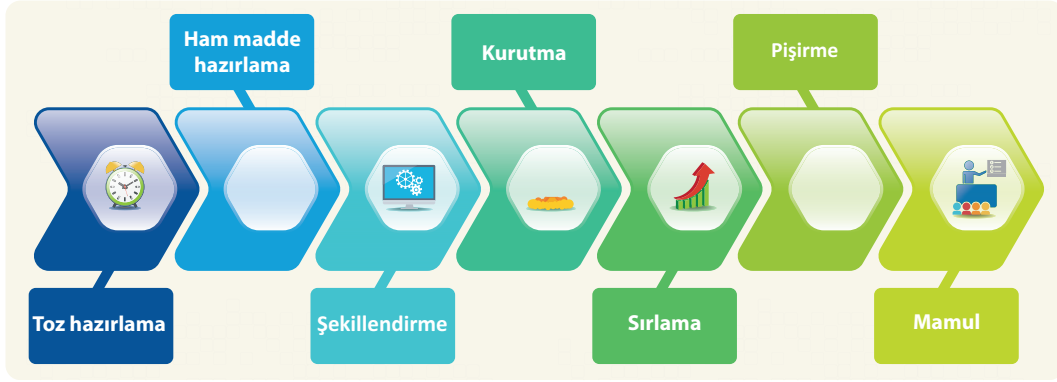
İleri Teknolojik Seramikler

İleri teknolojik seramikler, daha üstün özellikli seramiklere ihtiyaç duyulduğundan geliştirilmiştir. Saf veya saf çok yakın işlenmiş, sentetik ham maddelerle oksit ve oksit olmayan bileşiklerden oluşur. Yüksek mukavemet, yüksek sıcaklık dayanımı ve yüksek aşınma direnci gösterir.

Seramiğin ısı direnci oldukça yüksektir. 2.000 °C'ü aşan sıcaklıklara dayanabilir. Bu özelliğinden dolayı uzay araçlarında seramik kullanımı avantaj sağlar. Dünyaya geri dönen mekiklerin yüzeyleri, atmosfere girişinden itibaren aşırı sürtünme sebebiyle çok ısınır. Mekiğin yüzeyinde oluşan ısıyı emmek ve dışarı yansıtmak için silisyum karbon veya karbon fiber kompozitlerinden yapılan seramik kullanılır. Seramikler, üstün bir **güç ağırlık oranına** sahip olduğu için metal malzemelerinin yerine kullanılabilir. Aynı zamanda kimyasal etkilere ve korozyona karşı direnci oldukça yüksektir.



Görsel 2.7'de seramik imalatında sırasıyla izlenecek yol görülür.



Görsel 2.7: Seramik imalatında sırasıyla izlenecek yol

Toz Hazırlama: Seramik ham maddeler; kırılıp, ufaltılıp, belirli bir boyutta öğütüldükten sonra sınıflandırılır ve kullanım için depolanır.

Ham Madde Hazırlama: Belirli boyutlarda ufaltılmış seramik ham maddesinin taneleri; reçete özelliklerine göre değirmenlerde karıştırılır, homojenleştirilir ve belirli boyut aralıklarında kuru veya yaş taneler olarak öğütülür.

Şekillendirme: Döküm oluşturmak için kullanılacak sulu karışım; basınçlı döküm, plastik şekillendirme, pres ve enjeksiyon kalıplarında şekillendirme yöntemlerinden biri kullanılarak elde edilir.

Kurutma: Çamur içindeki fiziksel su, 100 °C civarında uzaklaştırılır. Üretimin mikro çatlak ve deformasyon yaşanmaması gereken en önemli aşamasıdır.

Sırlama: Gözenekli olan ürün yüzeyinin geçirgenliği, eritilmiş camsı bir tabakayla örtülerek azaltılır. Sır üretiminde kullanılan ham maddeler, çamur üretiminde kullanılanlarla benzerlik gösterir.

Pişirme: Şekillendirilmiş ve kurutulmuş seramik malzemenin birbiriyle temas hâlinde olan taneleri, yüksek sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutularak tanelerin gözenekleri azaltılır, yoğunluğu artırılır ve malzemeye mukavemet kazandırılır.

2.2.3. Polimerik Malzeme (Plastik)

Birçok tekli molekülden oluşan, çok uzun ve kompleks moleküllere **polimer** denir. Polimerler; malzeme olarak kullanılan plastik, kauçuk, naylon, polyester akrilik gibi birçok üründe bulunabilir. Polimerlerin özellikleri; tekli moleküllerin (monomerlerin) türüne, miktarına ve birbirine bağlantı şekline göre değişebilir.

Polimer molekülünü oluşturan tekli moleküller bir diğer adıyla **monomerler**, polimerin ham maddesini oluşturur. Monomerler, polimerizasyon sürecinde birbirine kovalent bağlar oluşturarak uzun ve kompleks polimer moleküllerini meydana getirir. Monomer çeşitleri, polimerin türüne ve özelliklerine göre değişebilir. Örneğin plastiklerin ham maddesi; polietilen, polipropilen, polikarbonat gibi birçok farklı monomer türünde olabilir.

Polimerlerin ilk kullanımı, doğal polimer olan selüloz, nişasta, doğal kauçuk gibi ürünlerle gerçekleştirilir. Bu polimerler genellikle su bazlıdır. Doğadan doğrudan alınarak kullanıldığı gibi birkaç ürün bir araya getirilerek de kullanılır.

Doğal polimerlerin kimyasal, mekanik ve işletme özelliklerinin yetersizliği nedeniyle yapay plastikler kullanılmaya başlanır. Metaller ve seramiklerden daha hafif olan plastiklerin özgül ağırlıkları 0,8 g/cm³ ile 2,2 g/cm³ arasında değişir. Şekillerini değiştirebilmek için daha düşük kuvvetler yeterli olur. 120 °C ile 320 °C sıcaklıkları arasında

rahatlıkla işlenebilir. Plastiklerin en önemli özelliklerinden biri, ek bir yüzey işlemine gerek duymadan üretilebilir olmaları sebebiyle seri üretime ve otomasyon sistemine uygun olmasıdır. Hafifliklerine karşın yüksek mekanik mukavemete sahip plastikler, en çok tercih edilen hafif malzemelerdendir. Teknolojik gelişmeler ışığında plastiklerin katkı maddeleri ve üretim yöntemlerinin değiştirilmesiyle bugün plastikler, çeliklerden daha yüksek mukavemete sahip hâlde de üretilebilir.

Plastiklerin Genel Özellikleri

1. Özgül ağırlıkları düşüktür.
2. Katkı malzemeleri kullanılarak mekanik özellikleri geliştirilebilir.
3. Kolay şekil verilebilir ve işlenebilir.
4. Isı ve elektrik iletkenlikleri düşük olup katkı maddeleriyle geliştirilebilir.
5. Saydam bir yapıya sahiptir.
6. Korozyona ve kimyasal tepkimelere karşı direnci yüksektir.
7. Geri dönüştürülebilir ve yeniden işlenip kullanılabilir.

Endüstriyel olarak plastik çeşitleri şu şekildedir:

Termoplastikler

Oda sıcaklığında katı hâlde bulunan ve ısıtıldığı zaman yumuşayan plastik malzemelere **termoplastik malzemeler** denir. Yüksek sıcaklıklarda yumuşamaya başlayarak eriyik hâline gelen termoplastiklerin şekillendirilmesi çok kolaydır.

Termoplastiklerin iç yapıları incelendiğinde atom zincirlerinin çok kuvvetli olmayan Van der Waals bağlarından oluştuğu görülür. Termoplastiklerin çok rijit bir yapısı yoktur. Bu yüzden ısıtılınca viskoziteleri düşerek atom zincirleri birbirinden kopar ve akıcılığa neden olur. Soğutulduğunda ise kopan zincirler tekrar katlaşıp malzemenin katı bir hâl almasını sağlar. Bu özelliklerinden dolayı termoplastikler, defalarca ısıtılıp soğutulmuş olarak yeniden şekillendirilebilir. Ancak ısıtma ve soğutma işlemi (geri dönüşüm) çok fazla tekrar edilirse malzemede renk değişimi olur. Termoplastikler, yapay polimerlerin büyük bir kısmını oluşturur.

Termosetler

Oda sıcaklığında sıvı hâlde bulunan ve ısıtıldığı zaman kalıcı şekilde katılaştıran plastik malzemelere **termoset malzemeler** denir. Termosetler; ısı verilip, bir defa şekillendirildikten sonra tekrar ısıtılarak başlangıçtaki hâllerine döndürülemez ve termoplastikler gibi geri dönüştürülerek kullanılamaz. Şekil değiştirmesi amacıyla tekrar ısı verildiğinde termosetlerin yapıları bozulur. Termosetlerin iç yapıları incelendiğinde atom zincirlerinin güçlü olan kovalent bağlardan oluştuğu görülür.

Kullanım alanlarına göre plastik çeşitleri ve kullanım alanları şu şekildedir:

Poliyeten (PE): Çok yaygın kullanım alanına sahip ve oldukça ucuzdur. Asit, baz ve kimyasallara dayanıklı bir plastik türüdür.

Polipropilen (PP): Isıya ve darbeye karşı mukavemeti yüksektir. Otomobil yan sanayi, beyaz eşya ve sağlık sektöründe kullanılır.

Polistiren (PS): İşlenebilme kabiliyeti yüksek bir plastiktir. Ev eşyaları, telefon, bilgisayar ve elektronik sanayinde kullanılır.



Polietilen Tereftalat (PET): Pet şişeler ismini bu malzemedен alır. Su, meşrubat, yağ şişesi gibi hijyenik ambalajlamada kullanılır.

Poliamid (PA): Yüksek dayanıma sahip bir plastiktir. Mobilya, metal ve gıda sektörlerinde kullanılır.

Polyester: Isıya karşı dayanımı yüksektir. Tekstil sektöründe kullanılır.

Polivinil Klorit (PVC): Fiziksel dayanımı yüksektir. Pencere, boru, su hortumu ve gıda sektöründe kullanılır.

Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS): İşlenebilme kabiliyeti ve darbe dayanımı yüksektir. Telefon gövdesi, inşaat sektörü ve askeri sektörde kullanılır.

Plastiğin uçaklardaki uygulama alanları ve avantajları şu şekildedir:

- Uçak panelleri ve bagaj bölmeleri genellikle ABS plastikten yapılır. Bu plastik, vakumlu şekillendirme için oldukça uygundur. Bu nedenle çok çeşitli şekillerde işlenebilir.
- Uçakların genellikle aşırı sıcaklıklara maruz kaldığı göz önüne alındığında havalandırma kanalları ve contalar yüksek derecede termal stabiliteye sahip plastiklerden seçilmelidir. Bu durum uçağa ek bir ağırlık yapmadan dayanıklılık sağlar.
- Uçağın ağırlığını büyük ölçüde azaltması ve ekonomik olması sebebiyle uçak kapıları ve gövdenin bir kısmı plastikten yapılır. Bu durum sayesinde korozyon ve radyasyon direnci, yüksek veya düşük sıcaklıklara dayanım artırılır.
- Uçaklarda kablo kanallarından burçlara ve yataklara kadar kullanılan birçok malzeme, plastikten yapılabilir. Bu durum, uçağa hafiflik sağlamanın yanı sıra ekonomik fayda da getirir.
- Plastiklerin uçaklarda kullanımı sadece ergonomik değil estetik açıdan da avantaj sağlar. Tasarım özgürlüğü sayesinde daha konforlu ortamlar oluşturulur.
- Havacılıkta kullanılan plastiklerin düşük yanıcılık değeri, kullanılan malzemelerin daha güvenli olmasını sağlar.
- Gökyüzündeki farklı hava olayları sonucunda oluşan türbülans gibi durumlarda darbe dayanımı oldukça önemlidir. Plastiklerin darbe dayanımı uçaklara büyük bir avantaj sağlar.
- Kimyasal etkilere karşı metallere göre daha dayanıklıdır.

Görsel 2.8'de uçak havalandırmasında plastik kullanımı görülür.



Görsel 2.8: Uçak havalandırmasında plastik kullanımı

2.2.4. Kumaş

Hava ve uzay araçlarında kullanılan kumaşlar, yüksek dayanımlı ve ucuz olmalıdır. Bu bakımdan polyester, cam filament gibi yapay kumaşlar tercih edilir. Hava ve uzay boşluğunda araçlar, daha çok ultraviyole ışınlar maruz kalır. Polyester türü kumaşların bu ışınlarla deforme olmaması için yüzeylerinin kaplanması gerekir.

Kumaş kaplı uçaklar, havacılık tarihinde önemli rol oynar. Bu uçakların en büyük avantajı hafif olmasıdır. En büyük dezavantajları ise yanıcı olması ve dayanım eksikliğidir. Organik kumaşlarla kaplanan uçaklarda sarkma, zamanla sorun hâline gelmeye başlar. Bu sorunu ortadan kaldırmak için kumaşlar, vernik ve yağlarla kaplanır. İlerleyen dönemlerde ise farklı kaplama malzemeleri kullanılır.

Uçak gövdelerinde kullanılan kumaş yapılar, kırışmayacak ve sıkı şekilde düzgünce gerdirilmelidir fakat bu yapıların aşırı gerilmiş olmaması da gerekir. Kumaşın aşırı gerilmesi uçak gövde yapısının hasar görmesine ve şeklinin bozulmasına sebep olur. Cam fiber, keten ve pamukla kaplamadaki aşırı gerilme; aşırı macunlama veya macun filminin sürekli çekmesinden oluşur. Maruz kalınan güneş ışığı, zamanla macun filminin plastikleştirici etkisini kaybetmesine yol açar. Polyester kumaşlarda aşırı gerilme ise ısı germeli polyester türünün ve macun filminin plastikleştirici yapısının kaybolmasından meydana gelir. Pervanelerden gelen yüksek hava akımı, uçuş esnasında durağan konumda bulunan gövde yapılarında titreşim ve dalgalanma oluşturur. Gövde yapılarında negatif basınç etkisi meydana getiren bu durum, kumaşın gevşemesine yol açar. Bu husus, kumaş kaplı uçaklar için bir dezavantajdır. Alüminyum ve alaşımlarının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte uçak gövdelerinin dış kısmında kumaş kullanımı sona erer. Bugün hava ve uzay araçlarında kumaş kullanımı, koltuklarda ve iç dekorasyonda hâlâ devam eder.

Farklı uzunluktaki elyafların mekanik, kimyasal ve ısı yoluyla bir araya getirilmesiyle oluşan materyallere **dokunmamış kumaş** denir. Hafiflik, yüksek mukavemet-ağırlık oranı, esneklik, aşınmaya ve kimyasallara karşı dayanıklılık bakımından üstün bir özelliğe sahiptir.

Dokunmamış Kumaşın Genel Özellikleri

- *Havacılıkta kullanılan bu kumaşlar doğası gereği hafiftir. Bu özellikleri sebebiyle uçak ve uzay araçlarının iç mekânları, bileşenleri gibi yerlerde uygulanır.*
- *Hafifliğine karşın yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahip olması, zorlu şartlarda yapısal bütünlük ve dayanıklılık sağlar.*
- *Esnek yapısı sayesinde uçakların yalıtımındaki ve koruyucu bileşenlerindeki karmaşık şekillere ve hatlara uyum sağlar.*
- *Yakıtlar, yağlayıcılar ve hidrolik sıvılar dâhil olmak üzere değişik kimyasallara karşı direnç göstererek zorlu çalışma koşullarında uzun vadeli performans sergiler.*

Doğaları gereği aşınmaya karşı dayanıklıdır. Sürtünme ve mekanik gerilemeye maruz kalan önemli havacılık bileşenlerinde aşınma ve yıpranmayı en aza indirir.

2.3. KOMPOZİT MALZEMELER

Uygun özelliklerini tek malzemede toplamak veya yeni özellikte bir malzeme ortaya çıkarmak amacıyla en az iki malzemenin birleştirilmesiyle oluşan malzemelere **kompozit malzemeler** denir. Kompozit malzeme üretimindeki genel amaç, birbiri içinde çözünemeyen malzemelerin ticari avantajlarından yararlanarak yeni ve daha iyi bir malzeme ortaya çıkarmaktır. Kompozit malzemeler; yüksek mukavemet, boyutsal ve termal kararlılık, sertlik,



aşınmaya karşı dayanıklılık gibi özellikleriyle pek çok avantaj sunar. Kompozit malzemeler, dayanıklılık ve sertlik yönünden metallerle yarışabilecek durumdadır. Bununla birlikte metal malzemeye göre hafiftir. Uzay mekiği yapımı, hava sanayisi gibi alanlarda kullanılır.

1903 yılında Wright kardeşlerin tek motorlu uçuşlarını gerçekleştirmesinden bu yana havacılık endüstrisinde kumaş ve ahşaptan imal edilmiş araçlar, ileri teknolojiye sahip malzemelerden üretilmiş araçlara dönüşür. Bu dönüşümde alüminyum ve çelik malzemeler yerini ileri teknolojiye sahip kompozit malzemelere bırakır. Havacılık ve uzay endüstrisinde geleneksel malzemelere göre üstün özelliklere sahip olan kompozit malzemeler daha avantajlıdır.

Kompozit Malzemelerin Özellikleri

- Diğer metallere göre daha hafiftir.
- Üretim maliyeti düşüktür.
- Yüksek darbe dayanımına sahiptir.
- Yüksek termal kararlılığa sahiptir.
- Metal yorgunluğa ve korozyona karşı yüksek dayanıma sahiptir.
- Radar sistemlerinde görünmezlik özelliği vardır.
- Metal veya ahşap kullanılarak elde edilemeyecek şekillerin oluşturulması daha kolaydır.
- Parça sayısındaki azalma sayesinde kolay montaj imkânı sunar.

Kompozit malzemelerin dezavantajları ise şu şekildedir:

Dezavantajlar

- Kompoziti oluşturan her bir parçanın olumlu yönlerinin yanı sıra olumsuz yönleri de oluşturulan malzemeye yansır.
- Sıcaklık farklılıklarında bozulma meydana gelir.
- Yıldırım düşmesine karşı ekstra önlem alınması gerekir.
- Malzemelerin test yapma maliyetleri çok pahalıdır.
- Katmanlar arasında kalan hava ve gazlar, oluşturulan malzemenin ömrünü azaltır.
- Ara katmanlardaki yapışmama durumlarını görmek zordur.

Kompozit malzemeler, en az iki malzemenin fiziksel olarak birbiriyle karıştırılmasıyla elde edilir. Bu malzemelerin alışından farkı, bileşenler arasında atom alışverişinin olmamasıdır. İki malzemenin birbirleriyle kimyasal bir tepkimesi bulunmaz.

Genel olarak **matris** adı verilen bir bağlayıcıyla **takviye elemanı** denilen güçlendirici bir malzemenin karışımından oluşur. Matris güçlendirici malzemeleri bir arada tutmaya yarayan yapıştırıcı görevini yapar. Bunun yanı sıra matris, takviye elemanı olarak isimlendirilen güçlendirici malzemelerin çevresel etkilerden korunmasını sağlar. Matris ve takviye elemanı olarak kullanılan bazı malzemeler Tablo 2.2'de görülür.

Tablo 2.2: Matris ve Takviye Elemanı Örnekleri

Matris (Bağdaştırıcı)	Takviye Elemanı (Güçlendirici)
Polimer	Fiber
Seramik	Partikül
Metal	Whishers
Karbon	

Matris olarak en yaygın kullanılan malzeme polimerdir. Polimer, reçine olarak da adlandırılır. Termoset ve termoplastik olarak iki çeşidi vardır. Termosetler, ısı etkisiyle katılaştırdıktan sonra tekrar yumuşamaz. Termoplastik ise ısı etkisiyle rahatça yumuşar. Seramik, metal ve karbon matrisler genellikle yüksek ısı etkisi altında kalacak malzemelere uygulanır.

Takviye elemanı olarak en sık fiber kullanılır. Partikül ve whiskers, maliyeti azaltmak için kullanılır. Fiber ise malzemeye mukavemet ve sertlik kazandırmak için kullanılır. Fiberler üç ana gruba ayrılır:

Cam Elyafı: Ucuzdur, kolay temin edilebilir ve mukavemeti yüksektir.

Karbon Fiber: Daha yüksek mukavemetli olup yüksek tokluk ve düşük ağırlığa sahiptir.

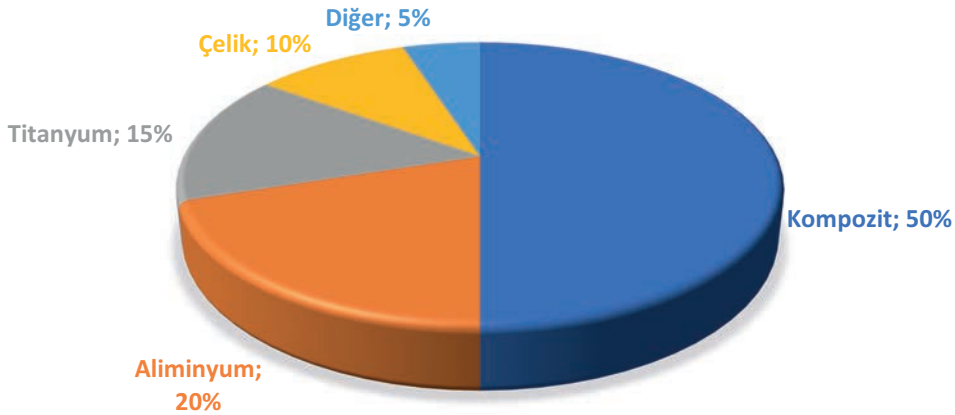
Aromid Fiber: Darbeye karşı dayanımı yüksek olmasından dolayı uçak parçalarında sıklıkla kullanılır.

Uçaklarda kullanılan ilk kompozit malzeme, cam elyafıyla güçlendirilmiş fiberglas plastiktir. Bugünün uçaklarında kullanılan kompozitler üç ana grupta incelenir:

Kompozitlerin Sınıflandırılması

1. *Başlangıçta uçuş güvenliğini tehlikeye sokmayacak olan **üçüncül malzemeler**; iç duvarlar, yan duvarlar, mutfak gibi kısımlarda kullanılır.*
2. *Bu alanlarda başarı elde edildikten sonra **ikincil malzemelerden** rüzgârlık, dümen ve kanatçıklarda yararlanılır.*
3. *1980'li yıllardan sonra **birincil malzemeler**, gövde ve kanatlarda kullanılmaya başlanır.*

Bugün uçaklarının yarıdan fazla malzemesi kompozitlerden oluşur. Görsel 2.9'da uçaklarda kullanılan malzemelerin oranları görülür.



Görsel 2.9: Uçaklarda kullanılan malzemelerin oranları

Görsel 2.10'da kompozit malzeme uygulamaları görülür.



Görsel 2.10: Kompozit malzeme uygulamaları



Araştırma

Kompozit malzemelerin yolcu uçaklarında kullanıldığı yerleri ve özelliklerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



Sıra Sizde

A) Aşağıdaki tabloda verilen Özellik sütununun önündeki boşluğa Malzeme sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemenin özellikleri ile ilgili tanım ve terimleri eşleştiriniz.

Özellik	Malzeme
1. () Demir ve karbon elementlerinin oluşturduğu metaldir.	a. Demir
2. () Manyetik hafıza özelliğinden dolayı bilgisayarların harddisklerinde kullanılır.	b. Bakır
3. () Korozyon direnci yüksektir. Çelik grisi rengi vardır. Sert, parlak ve kırılğan bir yapısı vardır.	c. Alüminyum
4. () Sünek, dövülebilir, yüksek termal ve elektrik iletkenliğine sahip bir metaldir.	ç. Titanyum
5. () Saf hâliyle dahi korozyona karşı direnci yüksektir.	d. Nikel
6. () Saf hâliyle hafif, dayanıklı ve yüksek korozyon direncine sahip bir malzemedir.	e. Krom
	f. Dökme demir
	g. Çelik

B) Aşağıdaki tabloda verilen Özellik sütunun önündeki boşluğa Malzeme sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemeleri özelliklerine göre sınıflandırınız.

Özellik	Malzeme
1. () Uçaklarda koltuk ve iç dekorasyonda sıklıkla kullanılır.	a. Ahşap
2. () Mekanik olarak sert ve kırılğan olup yüksek sıcaklıklara karşı direnci yüksektir.	b. Kumaş
3. () Ladin, sedir, katran, çam gibi çeşitleri olan malzemedir.	c. Polimer
4. () Özgül ağırlığı düşük, kolay şekillendirilebilen, saydam yapıya sahip bir malzemedir.	ç. Kompozit
5. () İki farklı malzemenin fiziksel olarak bir araya getirilmesinden oluşan bir malzemedir.	d. Seramik
	e. Dökme demir



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. () Bakırın yüzeyinde meydana gelen oksit katmanı ince ve gözeneksiz olduğu için derinlere işlemez.
2. () Alüminyumun bakırla yapmış olduğu alaşım, düşük mukavemet özelliğine sahiptir.
3. () Ölçme ve kontrol aletleri, takım çelikleri yapılarak imal edilirler.
4. () Çelik; demir ve nikel elementlerinin birleşmesi sonucunda meydana gelir.
5. () Demir filizlerinin ergitilmesi için yüksek fırın kullanılır.
6. () Demire endüstriyel özellik kazandırılması için hidrojen ilave edilir.
7. () Alüminyum alaşımları hava araçlarında sıklıkla kullanılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Demir filizleri limonit, hematit,, siderik ve pirittir.
2. İçi yumuşak, dışı sert olan , çelikleri genellikle dişli çark imalatında kullanılır.
3. Çelik içerisine katılan; akma, çekme ve talaş kaldırma kabiliyetini artırır.
4. Metalik malzemelerden, manyetik hafıza özelliğinden dolayı bilgisayarların depolama birimlerinde kullanılır.
5. Alüminyum, ile alaşım yaparak yüksek mukavemet özelliği kazanır.

6. Ahşap çeşitlerinden, estetik çekiciliğe ve yüksek dayanıma sahiptir.
7. Uzay mekiklerinin dış yüzeyi, geri dönüş sırasında atmosferde oluşan sıcaklıklara dayanması için alışimlarıyla kaplanır.
8. Uçak panelleri ve bagaj bölümleri malzemedendir yapılıdır.
9. Radar sistemlerinde görünmezlik özelliği bulunan malzemeler, en az iki malzemenin fiziksel olarak bir araya getirilmesinden oluşur.

C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi metalik malzemelerden biri değildir?
- A) Alüminyum
B) Çelik
C) Dökme demir
D) Nikel
E) Seramik
2. Aşağıdakilerden hangisi matkap uçlarının yapımında kullanılan çelik türüdür?
- A) Orta karbonlu çelik
B) Düşük karbonlu çelik
C) Yüksek karbonlu çelik
D) Yüksek karbonlu takım çeliği
E) Düşük karbonlu takım çeliği
3. Aşağıdakilerden hangisi çeliğe paslanmaz özellik ve parlaklık kazandıran katkı malzemesidir?
- A) Fosfor
B) Kobalt
C) Krom
D) Vanadyum
E) Wolfram
4. Aşağıdakilerden hangisi saf hâliyle çok yumuşak olup katkı malzemeleri ile sertlik ve mukavemet özelliği kazandırılan metalik malzemedir?
- A) Alüminyum
B) Kobalt
C) Krom
D) Mangan
E) Vanadyum
5. Aşağıdakilerden hangisi malzemeye ısı uygulayarak özelliklerini değiştirme işlemidir?
- A) Isıl işlem
B) Kimyasal etki
C) Menevişleme
D) Opaklık
E) Tavlama
6. Aşağıdakilerden hangisi içinde demir atomu bulunmayan malzemedir?
- A) Alüminyum
B) Dökme demir
C) Krom
D) Plastik
E) Vanadyum

7. Aşağıdakilerden hangisi ahşap çeşidi değildir?

- A) Çam
- B) Katran
- C) Ladin
- D) Sedir
- E) Titanyum

8. Aşağıdakilerden hangisi mekanik olarak sert, kırılğan, yüksek tokluk ve düşük süneklik özelliğine sahip bir malzemedir?

- A) Ahşap
- B) Çelik
- C) Plastik
- D) Seramik
- E) Wolfram

9. Aşağıdaki malzemelerden hangisinin ham maddesi monomerdir?

- A) Dökme demir
- B) Krom
- C) Mangan
- D) Nikel
- E) Plastik

10. Aşağıdakilerden hangisi kumaşların genel özelliklerinden biri değildir?

- A) Düşük özgül ağırlık ve hafiflik
- B) Yüksek mukavemet ve ağırlık oranı
- C) Dekoratif olarak çoklu renk seçeneği
- D) Kimyasal tepkimelere karşı direnç
- E) Her türlü yüzeye kolay uygulanabilirlik

11. Aşağıdakilerden hangisi fiziksel olarak, bir araya getirilerek oluşturulan malzeme türüdür?

- A) Ahşap
- B) Alüminyum
- C) Çelik
- D) Kompozit
- E) Plastik

12. Aşağıdakilerden hangisi kompozit malzemelerin üstün yönlerinden biri değildir?

- A) Yüksek termal kararlılık
- B) Radar sistemlerinde görünmezlik
- C) Sıcaklık farklılıklarında bozulma
- D) Yüksek darbe dayanımı
- E) Ortaya çıkan malzemenin hafifliği

13. Aşağıdakilerden hangisi kompozit malzemelerde matris (bağdaştırıcı) olarak kullanılan malzemelerden biri değildir?

- A) Fiber
- B) Karbon
- C) Metal
- D) Polimer
- E) Seramik

14. Aşağıdakilerden hangisi ham demiri yüksek fırından çıktıktan sonra işlenebilir hâle getirmek için uygulanan yöntemdir?

- A) Daha yüksek bir fırında işleme maruz bırakma
- B) Karbon oranını azaltma
- C) Tavlama ve menevişleme
- D) İçindeki atık malzemelerden arıtma
- E) Karbon oranını artırma

15. Aşağıdakilerden hangisi metalik olmayan malzemedir?

- A) Alüminyum
- B) Cam
- C) Çelik
- D) Krom
- E) Wolfram

3. ÖĞRENME BİRİMİ

İLERİ (GELİŞMİŞ) MALZEMELER

KONULAR

- 3.1. TEMEL İLERİ MALZEMELER
- 3.2. ELEKTRONİK MALZEMELER
- 3.3. NANO MALZEMELER
- 3.4. MANYETİK MALZEMELER

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Temel ileri malzemeleri açıklama
- Akıllı malzemeleri açıklama
- Şekil bellekli alaşımları açıklama
- Yüksek entropi alaşımlarını açıklama
- Elektronik malzemeleri tanımlama
- Elektronik malzeme çeşitlerini örneklerle açıklama
- Nano malzemeleri tanımlama
- Nano malzeme çeşitlerini örneklerle açıklama
- Manyetik malzemeleri tanımlama
- Manyetik malzemeleri örneklerle açıklama

TEMEL KAVRAMLAR

Akıllı malzeme, direnç, diyot, elektronik, ileri malzeme, kondansatör, manyetik, manyetizma, nano, şekil hafızalı, transistör, yüksek entropi



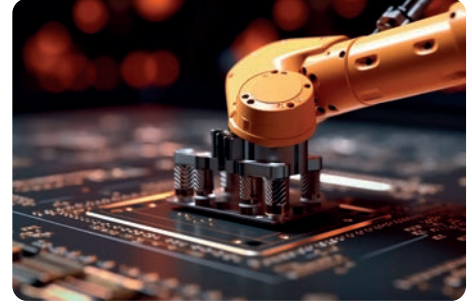


HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Akıllı malzeme denilince aklınıza gelen kavramları defterinize yazarak arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Yeni teknolojik ürünlerin hava araçlarında kullanılmasının faydaları neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.
3. Malzemenin akıllısı sizce nasıl olur. düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

3.1. TEMEL İLERİ MALZEMELER

Yüksek teknoloji uygulamalarında kullanılan, geleneksel malzemelere göre yenilenmiş ve iyileştirilmiş özellikleri bulunan malzemelere **ileri malzemeler** denir. Bunlar; bilgi birikimi ve ileri teknolojik altyapı gerektiren, üretim süreçleri maliyetli, katma değeri yüksek malzemelerdir. İleri malzemelere **yüksek performanslı malzemeler** de denir ve kullanım alanları geniştir. Başta havacılık ve uzay teknolojisi olmak üzere inşaat ve sağlık sektörü, askerî ekipman ve teçhizat, elektronik ürünler gibi birçok alanda kullanılır (Görsel 3.1). Kapsamı ve kullanım alanları çok geniş olduğu için ileri malzemelerin araştırma ve geliştirme faaliyetleri büyük bir hızla devam etmektedir.



Görsel 3.1: İleri teknoloji chip üretimi

İleri malzemelerin üretim aşamaları genellikle birkaç temel adımdan oluşur. Bu adımlar, hedeflenen uygulamaya ve malzemenin türüne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. İleri malzemelerin üretim aşamaları genel olarak şöyledir:

Ham Madde Hazırlığı: Üretim aşamasına geçmeden önce malzemenin kullanım alanı ve yeri tespit edilir. Bu tespite göre ürünün beklenen performansı sağlayabilmesi amacıyla ürün için uygun **ham madde seçimi** yapılır. İleri malzemelerden geleneksel malzemelere göre daha yüksek bir çalışma performansı beklendiğinden seçilen ham maddelerden, saf olmayan ve istenmeyen bileşenler temizlenir.

Toz Hazırlama (Seramikler ve Metal Tozları İçin): Seçimi yapılan ham maddelerin üretim aşamasıdır. Mekanik öğütme, atomizasyon veya kimyasal çöktürme gibi yöntemler kullanılarak **toz hazırlama** ve **karıştırma** işlemleri yapılır. Bu yöntemler, kullanılacak alan ve kullanım amacına göre seçilir. Böylelikle ham maddeler toz hâline getirilir ve farklı özelliklere sahip maddelerle homojen bir karışım elde edilir.

Şekillendirme: Homojen bir yapı hâline getirilen tozlar için uygulanır. Presleme, haddeleme, ekstrüzyon, enjeksiyon ve kalıplama yöntemlerinden biri veya birkaçı kullanılarak tozlar yahut diğer ham maddeler belirli bir form hâline getirilir. Bu formu elde etmek amacıyla kalıplara yerleştirme işlemine **şekillendirme** denir (Görsel 3.2). Seramik, polimer, metal ve alaşımlar yüksek sıcaklıklarda eritilerek kalıplara dökülür ve şekillendirilir.



Görsel 3.2: Şekillendirme



Sinterleme (Seramikler ve Metal Tozları İçin): Tozların ergime sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda ısıtılarak birbirine bağlanması sürecine **sinterleme** denir. Darbe, eğilme, burulma, sıcaklık, sertlik vb. açıdan dayanımı yüksek ürünler elde edilmesi amacıyla uygulanan bir diğer üretim aşamasıdır.

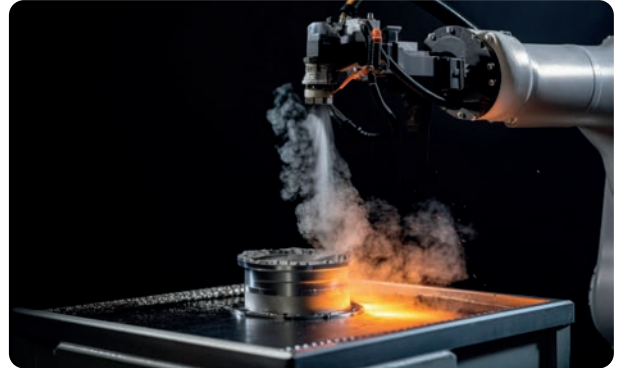
İmalat ve Yüzey İşlemleri: Üretimi gerçekleştirilen malzemenin kullanım alanı ile yerine uygun form verme ve şekillendirme işlemleridir. Malzemeye şekil vermek için talaşlı, talaşsız veya ileri üretim yöntemleri kullanılır. Malzemenin yüzey işlemlerini iyileştirmek ve kullanım ömrünü artırmak amacıyla kaplama, parlatma veya kimyasal işlemler de uygulanır.

Montaj ve Birleştirme: Kullanım yerine ve amacına uygun malzemelerin birleştirildiği yöntemlerdir. Malzemeler, sökülebilen veya sökülemeyen birleştirme işlemleri kullanılarak montaja hazır hâle getirilir.

Kalite Kontrol ve Testler: Üretimi tamamlanmış malzemelerin mekanik ve termal özellikleri test edilir. Mukavemet, sertlik, yorulma, darbe dayanımı, termal iletkenlik, elektriksel direnç gibi özellikleri belirlenir.

Havacılık ve uzay teknolojisi alanında en çok kullanılan iki temel ileri malzeme grubu, ileri metalik malzemeler ve ileri seramik malzemelerdir. Geleneksel metal malzemelere göre yüksek korozyon ve aşınma direnci, yüksek mukavemet, düşük yoğunluk gibi mekanik özellikleri iyileştirilmiş; zorlayıcı koşullar altında çalışmaya uygun, yüksek termal ve kimyasal özelliklere sahip malzemelere **ileri metalik malzemeler** denir. Toz metalürjisi veya vakumda eritme gibi yeni üretim teknolojileri kullanılarak elde edilen malzemeler, yüksek performans gerektiren mühendislik işlerinde ve endüstriyel uygulamalarda son yıllarda önemli ölçüde rol alır. Bu yeni teknolojik malzemelerin üretimi esnasında maddelere atomik düzeyde müdahale edilerek malzemenin iç yapısı kontrol edilir. İleri metalik malzemeler; geleneksel metal üretiminden farklı biçimde toz metalürjisi, katlamalı imalat (3D baskı), sinterleme, sıcak presleme, toz metal enjeksiyonu gibi metotlarla metal tozları sıkıştırılarak elde edilir.

İleri metalik malzemelerin havacılık ve uzay teknolojisi, askerî teknoloji, otomotiv sektörü, enerji endüstrisi, spor ekipmanı, tıbbi cihazlar, elektronik malzemeler gibi geniş bir uygulama alanı bulunur. İleri metalik malzemelerin öne çıkan örnekleri arasında titanyum alaşımları, nikel süper alaşımlar, manyetik alaşımlar, alüminyum-lityum alaşımları, kobalt ve amorf metaller bulunur. Metal tozlarının vakumda eritilmesiyle üretilen magnezyum alaşımlı ileri metalik malzemeler özellikle havacılık ve uzay teknolojilerinde kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: 3D yazıcıyla metal parça üretimi

Güçlü mekanik, termal, elektriksel ve kimyasal özellikleriyle bilinen, yüksek çalışma koşullarına karşı dayanıklılık gerektiren mühendislik uygulamalarında kritik rol oynayan inorganik malzemelere **ileri seramik malzemeler** denir. İleri seramik malzemeler genellikle yüksek sertlik, aşınma ve korozyon direnci, yüksek kimyasal kararlılık, yüksek sıcaklıklara dayanıklılık, düşük termal genleşme katsayısı, metallere göre daha hafif oluş, mükemmel elektriksel yalıtıcılık gibi güçlü özellikleriyle öne çıkar. Bu malzemeler; bir veya birden fazla metal madde ile metal olmayan maddelerin izostatik pres, ekstrüzyon, döküm, enjeksiyon, sinterleme gibi yöntemler kullanılarak birleştirilmesiyle oluşan inorganik malzemelerdir.

İleri seramik malzemeler için **ileri teknoloji seramikler, mühendislik seramikleri** gibi terimler de kullanılır. İleri seramik malzemeler; enerji dönüşüm ve depolama sistemleri, elektronik cihazlar, biyomedikal implantlar (kalça protezi vb.), yalıtım, radyatörler gibi geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Yapısal alanda kullanılan ileri seramik malzemeler ise özellikle yüksek sıcaklığa dayanıklı makine veya konstrüksiyon parçalarında, imalatta kullanılan



3. Öğrenme Birimi

kesici takımlarında, rulmanlarda, korozyona karşı dirençli yüzey kaplamalarında, havacılık ve uzay teknolojisinde kullanılan bazı motor komponentlerinde, türbin kanatlarında, nükleer yakıtlar gibi uygulama alanlarında kullanılır (Görsel 3.4).



Görsel 3.4: Seramik rulman akıllı malzemeler

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte talep artışı yaşayan ileri seramik malzemeler, uzay teknolojisinde kritik öneme sahip uygulamalar için kullanılır. Yüksek mukavemet, sıcaklık dayanımı, aşınma direnci gibi üstün mekanik özellikleri sayesinde çip malzemelerinde, yüksek sıcaklık sensörleri gibi algılayıcılarda, teleskop ve aynalarında, uzay mekiği ile roketlerin ısı kalkanları ve termal koruma sistemlerinde, roket motorları ve nozullarında kullanılır (Görsel 3.5).



Görsel 3.5: Roket motorları ve nozulları

Kullanım alanlarına göre ileri malzemeler üç grupta incelenir.

1. Akıllı malzemeler
2. Şekil hafızalı malzemeler
3. Yüksek entropili alaşımlar

3.1.1. Akıllı Malzemeler

Yaşayan organizmalarda görülen biyolojik davranışları taklit ederek tasarlanan ve ileri malzeme özellikleri gösteren maddelere **akıllı malzemeler** denir. Başka bir ifadeyle akıllı malzemeler; çevresel uyarıcılara duyarlı olup, bu uyarıcılara tepki vererek fiziksel veya kimyasal özelliklerini değiştirebilen ileri mühendislik malzemeleridir. Akıllı malzemeler; elektriksel ve manyetik alan, nem, sıcaklık, basınç gibi dış etkenler karşısında istenen tepkileri



verebilme yeteneğine sahip olup bu uyarıcılara karşı şekil, renk, saydamlık, su geçirgenliği gibi fiziksel değişimlerle tepki gösterir. Bu malzemeler; çevresel değişimlere anında tepki vererek ortama uyum sağlamasıyla sistemlerin performansını, verimliliğini ve güvenilirliğini artırma potansiyeline sahiptir.

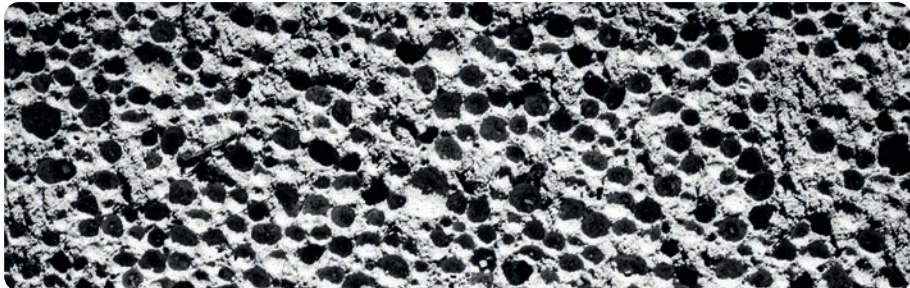
Akıllı malzemelerin avantajları şöyledir:

1. Çevresindeki basınç, nem, manyetik alan gibi fiziksel değişimlere tepki verir ve bu değişimlere uyum sağlar.
2. Isıyla şekil değiştirebilme, eski hâline geri dönebilme ve iyileşebilme potansiyeli vardır.
3. Geleneksel malzemelere göre hafiflik, yüksek mukavemet, sıcaklık dayanımı, kimyasal direnç gibi gelişmiş özelliklere sahiptir.
4. Otomatikleştirilen üretim süreçleriyle verimlilik ve uygulanabilirlik artırılarak hata oranları azaltılır.
5. Enerji verimliliği yüksektir ve sürdürülebilir çevre dostudur.
6. Tersine çevrilebilirlik (dış etkenler karşısında faz değiştirip geri alabilme) özelliklerine sahiptir.

Akıllı malzemeler, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Günlük hayatta en çok karşılaşılan kullanım alanlarına; otomobil camları, kırılmaz camlar, güneş panelleri, telefonlarda kullanılan mikrofonlar, hoparlörler, müzik enstrümanları, sıcaklık ve neme tepki veren endüstriyel boyalar, spor giysiler, termal kıyafetler örnek verilebilir. Ayrıca hava yastığı (airbag) sensörleri, hava akışı takip sensörleri, emniyet kemeri uyarıcıları, park sensörleri, ultrasonik görüntüleme sistemleri gibi yerlerde de kullanılır. Çok fazla uygulama alanına sahip olup bugün hâlâ araştırmaya açık bir malzeme çeşidi olması sebebiyle akıllı malzemeleri sınıflandırmak ve net bir çerçeveye oturtmak henüz mümkün değildir.

Havacılık ve uzay teknolojilerinde en çok karşılaşılan sorunların başında malzeme yüzeyinde oluşan hatalar, çatlaklar, malzeme yorgunlukları gibi önceden belirlenmesi zor olumsuzluklar gelir. Bu yapısal sorunların önüne geçebilmek için hava hızı, sıcaklık, basınç gibi koşulları algılayıp pozisyon alan ve ortama uyum sağlayan akıllı kaplamalar tercih edilir. Akıllı malzemeler; uzay mekiklerinin yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve hafif olabilmesi, atmosfere giriş-çıkış anındaki basınç, hava değişimi gibi çalışma koşullarına uyum sağlayabilmesi için kullanılır.

Gözenekli yapılardan esinlenerek oluşturulan **metalik köpükler**, ileri malzeme özelliğine sahip akıllı malzemelere örnek gösterilebilir. Geleneksel metal malzemelere göre düşük yoğunluk, yüksek mukavemet dayanımı, enerji absorpsiyonu (emilimi), termal ve akustik yalıtım, korozyon direnci, yeniden işlenebilirlik gibi üstün mekanik özelliklere sahiptir. Bu özellikler sayesinde başta havacılık ve uzay teknolojileri olmak üzere otomotiv, inşaat gibi birçok mühendislik alanında kullanılır. Örneğin bu metalin üzerine atılan demir bir misketin neredeyse hiç zıplamadan atıldığı yerde kalabilmesi, çarpışmaya karşı dirençli bir yapıya sahip olduğunu gösterir. Görsel 3.6'da metalik köpük görülür.



Görsel 3.6: Metalik köpük



3. Öğrenme Birimi

Geleneksel malzemelerin kullanım süresince değişime uğraması kaçınılmaz bir durumdur. Bu durumun aksine akıllı malzemelerin öğretilmiş bir davranış sergileyerek ortama uyum sağlaması beklenir. Akıllı malzemelerin kullanımları sırasında dışarıdan gelen uyarılara karşı işlevlerine yardımcı olacak faydalı nitelik değişimlerini gerçekleştirmeleri beklenir. İçine sıcak su eklendiğinde yüzeyindeki rengin değiştiği, yüzeye gizlenmiş resmin ortaya çıktığı ve soğuduktan sonra eski hâlini alan fincan bu duruma örnek gösterilebilir (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Akıllı malzeme ile üretilmiş fincan

Akıllı malzeme çeşitlerinden biri de biyomalzemelerdir. İnsan vücuduyla doğrudan etkileşimi olan, fonksiyonel olarak iyileştirmek ve vücut içinde işleyişe destek olmak üzere üretilen doğal veya sentetik malzemelere **biyomalzeme** denir.

Biyomalzemelere diş telleri ve implantları, ameliyat ipliği, yapay damarlar, kulak ve parmak parçaları, kalp kapakçıkları gibi örnekler verilebilir. Kullanım yerlerine göre bu malzemeler; metallere, seramiklere, polimerlere ve kompozitlere olmak üzere dört gruba ayrılır.

Biyomalzemeler, sadece insan vücuduyla etkileşimde olan malzemeler olarak algılanmamalıdır. Havacılık ve uzay teknolojileri alanında da biyomalzemelerden yararlanılır. İnsansız hava araçları, veri toplamak için çeşitli aktif veya pasif sensörlere sahiptir. Biyomalzemeler, bu sensörlerin tasarımında ve işlevselliğinde önemli rol oynar. Örneğin biyomalzemelerle donatılmış dronlar, genellikle arama kurtarma operasyonlarında kullanılır (Görsel 3.8). Biyomalzemeler kullanılarak geliştirilen malzeme çeşitleri şöyle örneklendirilebilir: Polimer ve polimer esaslı kompozit biyomalzemeler; seramik, cam seramik ve seramik kompozit esaslı biyomalzemeler; çinko, magnezyum alaşımları gibi metal esaslı biyomalzemeler vb.



Görsel 3.8: Akıllı malzeme



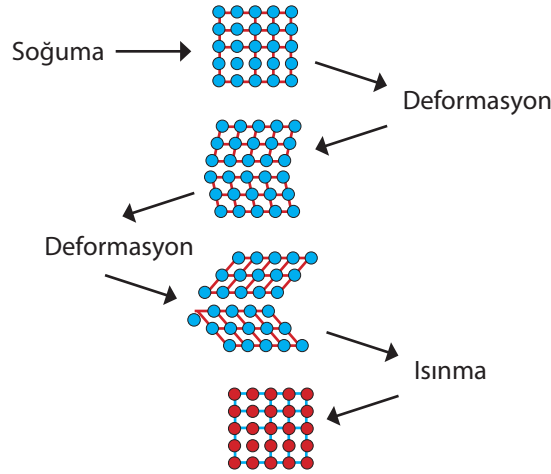
Araştırma

Okulunuzdaki atölye ortamlarında bulunan metal, alaşım, ileri seramik, ileri metalik gibi ileri malzeme olarak nitelendirilebilecek cisimlerin mekanik ve kimyasal özelliklerini, kullanım alanlarını ve amaçlarını araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.

3.1.2. Şekil Hafızalı Malzemeler

Belirli bir sıcaklık veya başka bir çevresel etken uygulandığında daha önce tanımlanmış bir şekle geri dönebilen malzemelere **şekil hafızalı malzemeler** denir. Bu malzemeler; iki farklı yapısal duruma sahip olup, bir durumdan diğerine geçiş yaparak eski şekillerini hatırlayabilir. Şekil hafızalı malzemelerin **şekil hafızalı alaşımlar** ve **şekil hafızalı polimerler** olmak üzere iki temel çeşidi vardır.

Şekil hafızalı malzemeler; düşük yoğunluk, yüksek mukavemet, yorulma direnci gibi geliştirilmiş mekanik özelliklerinden dolayı başta havacılık ve uzay teknolojileri olmak üzere medikal, otomotiv, enerji alanları gibi birçok endüstride kullanılır. Geleneksel alaşım malzemelerde bulunmayan tersinir termoplastik faz (maddenin tanecikleri arasındaki bağ) dönüşümü sayesinde sıcaklık ve kuvvet değişimlerine bağlı olarak tersinir şekil değişimleri elde etmek mümkündür. Bu malzemeler, belli bir sıcaklık altında faz değişimine giderek hacimsel ve geometrik şekil değiştirmeye maruz kalır. Bu şekil değişimi dizayn edilirse (eğitilirse) yapı tersine kullanılabilir. Böylece bu yapı alaşımları, bir sistemi veya yapıyı kontrol eden motor (aktüatör) hâline dönüştürülerek kullanılabilir. Şekil hafızalı malzemelerin mikroskop altındaki bağ değişimleri Görsel 3.9'daki gibidir.



Görsel 3.9: Şekil hafızalı alaşımların faz değişimi

Malzeme hazırlanırken bağ değişimleri şu şekilde sıralanır:

1. Belli bir sıcaklığa kadar soğutma işlemi yapılır.
2. Bağ yapılarının değişimi için deformasyon yapılır ve bir süre bekletilir.
3. Tersine bir deformasyon yapılarak bağ yapısı tasarlanır.
4. Belli bir sıcaklığa kadar ısıtma gerçekleştirilir.



3. Öğrenme Birimi

Şekil hafızalı malzemeler genel olarak nikel-titanyum, bakır-çinko-alüminyum, demir-magnezyum-silisyum gibi alaşımlardan oluşur. Şekil hafızalı malzemelerin uygulama alanları; ambalaj, elektronik, tekstil, biyomedikal, uzay gibi geniş bir yelpazeyi kapsar. Şekil hafızalı malzemeler, avantajlarından dolayı insansız hava araçlarında da kullanılır. Ayrıca İHA'ların kanatlarında kullanılan şekil hafızalı malzemeler, değişebilen hava şartlarına uyum sağlayabildikleri gibi aerodinamik optimizasyonu da sağlayabilir. Havacılık ve uzay endüstrisinde şekil hafızalı malzemelerin kullanılmasının birçok avantajı vardır.

Şekil hafızalı malzemelerin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Hafiflik
- Kendi kendini onarma özelliği
- Düşük enerji tüketimi

Hava ve uzay araçlarına dışarıdan müdahale edilemeyen durumlarda şekil hafızalı malzemeler kritik öneme sahiptir. Bu malzemeler, çevresel uyarıcılara tepki vererek önceden belirlenmiş şekillerine dönebilme yetenekleri sayesinde kontrol edilebilir. Örneğin helikopterlerin rotor kanatlarında aerodinamik yapıların yarattığı ve kokpite ulaşan gürültüyü azaltmak amacıyla şekil hafızalı malzemeler kullanılır. Bu malzemeler, rotor kanatlarının şekil ve eğimini uçuş koşullarına göre hassas bir şekilde ayarlayarak titreşim ve gürültüyü etkin bir şekilde azaltır. Böylece daha verimli ve sessiz bir uçuş sağlanır. Bu durum hava ve uzay araçlarının performansını ve konforunu artırır. Gövde, kanat, flap kenarı, motor, kompresör, nozul, iniş takımları gibi yerlerde ayrıca titreşim sönmüleyiciler, yapısal elemanlar gibi mekanizmalarda kullanılan şekil hafızalı alaşımlar, hava araçlarındaki uygulamalara örnek olarak gösterilebilir (Görsel 3.10).



Görsel 3.10: Kanat kontrol yüzeylerinde kullanılan şekil hafızalı malzeme

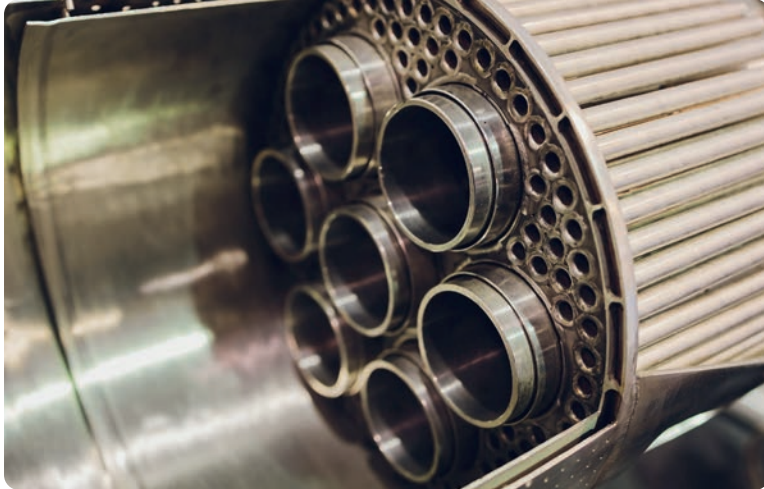
3.1.3. Yüksek Entropili Alaşımlar

Geleneksel alaşım yapısından farklı olarak yaklaşık beş ana elementin birbirine yakın oranlarındaki katı eriyik hâlleriyle bir araya getirildiği metal alaşımlara **yüksek entropili alaşımlar** denir. Yüksek entropili alaşımlar, **çok bileşenli alaşımlar** veya **YEA** olarak adlandırılır. En az biri metal olmak üzere iki elementin ergiyik hâlde oluşturduğu yeni malzemelere **düşük entropili alaşımlar**, ikiden dörde kadar ana elementin ergime yoluyla oluşturduğu yeni malzemelere **orta entropili alaşımlar**, en az beş ana elementin birbirine çok yakın miktarlarla ergiyik şekilde oluşturduğu yeni malzemelere ise **yüksek entropili alaşımlar** denir. Yüksek entropili alaşımlar; havacılık ve uzay



teknolojisi, nükleer ve enerji endüstrisi, kesici takım malzemesi gibi geniş uygulama alanına sahiptir. Geniş kullanım alanına sahip yüksek entropili alaşımların üretimi, geleneksel alaşım yöntemleri gibi hassas ve özenli olmalıdır. Yüksek entropili alaşımların üretim yöntemleri şu şekildedir:

- Yüksek entropili alaşımlar için toz metalürjisi, ergitme-döküm gibi çeşitli yöntemler kullanılır.
- Parçalardan orantılı şekil ve boyut elde edilebilmesi için toz bileşenlerin yüksek enerjili, bilyalı değirmenlerde mekanik olarak karıştırılması ve öğütülmesi gerekir.
- Elde edilen toz partiküllerinin ergitme ve döküm işlemleri yapılır. Bu işlem basamağında hâlihazırda eritilmiş ve tam sıkıştırma yoğunluğuna sahip alaşım bileşenlerinin vakum altında yüksek sıcaklıkta eritilmesi ve karıştırılması için **vakum ark ergitme yöntemi** kullanılır. Bir diğer yöntem ise Ni ve Co tabanlı süper alaşım bileşenlerine ait Ti, Al, Nb, B gibi reaktif birçok elementin indüksiyon ocağında vakum uygulanarak eritilmesi ve karıştırılmasını sağlayan **vakum indüksiyon ergitme** işlemidir. Eritilen yüksek entropili alaşımlar daha sonra kalıplara dökülür.
- Alaşım bileşenlerinin yüksek sıcaklıkta eritilmesi ve uygun bir kalıba dökülmesinden sonra kontrollü ve kontrolsüz soğutma koşulları uygulanır. Böylece toz partiküllerinden çeşitli formlarda yüksek entropili alaşımlar elde edilir.
- Alaşım bileşenleri toz formunda bir araya getirilir ve preslenir. Ardından yüksek sıcaklıkta sinterleme işlemi uygulanarak yüksek entropili alaşımların asıl katı hâli üretilmiş olur.
- Kullanılacak yere göre yüzey modifikasyon teknikleri uygulanır. Püskürtme, plazma nitrüleme, kaplama gibi çeşitli modifikasyon teknikleriyle yüzeylerde yüksek entropili ince film tabakası oluşturulur.
- Yüksek entropili alaşımlar; dayanıklılık, sertlik, korozyon dirençliliği gibi mekanik özellikleri sebebiyle hava araçlarında tercih edilir. Yüksek entropili alaşımların hava araçlarında kullanıldığı bazı alanlar şöyledir:
- Zorlu çalışma koşullarına dayanıklılık gibi mekanik özellikleri sebebiyle uçak gövdelerinde, kanatlarda, motorlarda ve hava araçlarının yapısal bileşenlerinde kullanılır (Görsel 3.11). Yüksek entropili alaşımlar, uçak malzemelerinde oluşturdukları hafiflik ve dayanıklılık sebebiyle yakıt verimliliğini de artırır.
- YEA'lar, hava araçlarının yüzeylerinde koruyucu kaplama olarak kullanılır. Korozyon dirençleri sayesinde uçakların ömrünü uzatır.
- YEA'lar, ısı eşanjörlerinde (ısı değiştiricilerinde) kullanılarak yüksek sıcaklık dayanımını ve verimliliği artırır.



Görsel 3.11: Jet motorunda kullanılan ısı değiştiricisi



3.2. ELEKTRONİK MALZEMELER

Bugün havacılık ve uzay teknolojisinde kullanılan araçların hemen hemen hepsinde elektrik gücünü kullanmak bir zorunluluktur. Hava araçlarında elektronik malzemeler genellikle mekanik sistemlerin çalışması için elektrik gücü üretme, aydınlatma, ısıtma gibi amaçlarla kullanılır. Örneğin yakıt sistemi, hidrolik pompa, kapıların otomatik açılıp kapanması gibi sistemlerin çalışabilmesi amacıyla gerekli mekanik gücü üretmek için elektronik malzemeler kullanılır. Hava aracının mutfak (galley) alanında bulunan fırın, kahve makinesi, su ısıtıcısı gibi cihazların çalışabilmesi için elektronik malzemelere ihtiyaç vardır. Kokpit, kabin gibi alanların aydınlanması ve bilgisayar, kumanda, gösterge gibi donatıların çalışması için elektronik cihazlara elektrik gücünün iletilmesi gereklidir. Bu amaçlar doğrultusunda elektrik sinyallerini iletme, depolama, dönüştürme ve kontrol etme yeteneğine sahip malzemelere **elektronik malzeme** denir. Bu malzemeler, elektronik devrelerin ve cihazların temel yapı taşlarını oluşturur. Elektronik malzemeler, elektriği iletme özelliğine göre üçe ayrılır.

İletkenler: Elektrik akımı, ısı, ses ve benzerini kolayca ileten malzemelerdir. En yaygın iletkenler; bakır, alüminyum, gümüş, altın, platin gibi maddelerdir. Bu maddeler, elektrik akımını düşük dirençle ileterek devrelerin etkin çalışmasını sağlar. İletkenlerden bakır (Cu), elektrik kablolarında ve bağlantı elemanlarında; alüminyum (Al), hafif ve ucuz olmasından dolayı elektrik iletim hatlarında; gümüş (Ag), pahalı olmasından dolayı özel uygulama alanlarında kullanılır.

Yalıtkanlar: Manyetik etki altında bırakıldığında elektrik akımını iletmeyen veya çok az ileten malzemelerdir. Cam, plastik, seramik gibi malzemeler yalıtkan olarak kullanılır. Yalıtkanlar, elektriksel bileşenleri izole ederek kısa devreleri ve elektrik kaçaklarını önler. Yalıtkanlardan cam, yüksek gerilimli elektrik hatlarında ve elektronik cihazların izolasyonunda; plastik, elektrik kablolarının kaplanması ve çeşitli elektronik cihazlarda; seramik, elektronik bileşenlerin üretiminde ve yüksek frekanslı uygulamalarda kullanılır.

Yarı iletkenler: Elektriksel özellikleri açısından iletken metal ve yalıtkan seramik, polimer gibi maddelerin oluşturduğu malzemelerdir. Günlük hayatta kullanılan birçok elektronik cihazın temelini oluşturduğu gibi gelişmiş teknoloji alanlarında da çok önemli bir rolü vardır. Örneğin diyotlar, transistörler, entegre devreler gibi temel elektronik bileşenler yarı iletken malzemelerden üretilir. Yarı iletkenlerden silikon (Si), bilgisayar çipleri ve transistörler başta olmak üzere birçok elektronik bileşende; germanyum (Ge), eski yarı iletken cihazlarda; galyum arsenit (GaAs), yüksek hızlı elektronik cihazlarda ve optoelektronik uygulamalarda kullanılır. Yarı iletken malzemeler, özellikle son yıllarda elektronik ve bilgisayar endüstrilerinde devrim niteliğinde ilerlemelere olanak tanıyan mikroçiplerin geliştirilmesini sağlar. Yarı iletken teknolojisindeki yenilikler; elektronik cihazları daha kompakt, hızlı ve güvenilir hâle getirir. Yarı iletken malzemeler; telefonlar, tabletler, bilgisayarlar ve diğer elektronik cihazlarda bulunan silikon tabanlı çiplerin üretiminde yaygın olarak kullanılır. Her geçen gün yarı iletken malzemelerle ilgili yeni buluşlar ortaya çıkmaktadır.



Araştırma

Günlük hayatta kullanılan beş farklı elektronik malzeme bulup, bu malzemelerin elektriği iletme özelliklerini ve kullanım alanlarını araştırarak A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



3.2.1. Dirençler

Elektrik devrelerinde akımın akışını sınırlamak, voltaj bölmek ve enerji tüketmek için kullanılan pasif elektronik bileşenlere **direnç** denir. Dirençler, Ohm yasasına göre çalışır. Devrelerde istenen akım seviyelerini sağlamak, sinyalleri düzenlemek ve enerji dağılımını kontrol etmek için farklı değerlerde dirençler üretilir. Dirençler üç çeşittir.

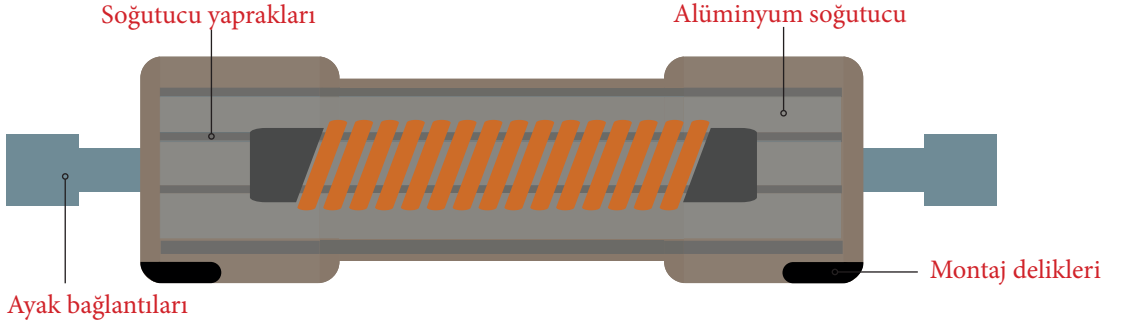
1. Sabit Dirençler

Karbon Film Dirençler: Toz hâlindeki karbon ve reçinenin eritilmesi ile izolatör bir taban üzerine ince bir tabaka olarak kaplanır. Düşük maliyetli ve yaygın kullanılan türdür (Görsel 3.12).



Görsel 3.12: Karbon film direnç

Metal Film Dirençler: Yalıtkan bir gövde üzerine cam-karbon, nikel-karbon, metal oksit, metal tozları püskürtülür veya yapıştırılır. Karbon film dirençlere göre daha yüksek doğruluk ve stabilite sağlar (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Metal film direnç

Entegre Dirençler: Birden çok bağlantı ucu bulunan ve birden çok direncin tek bir paket altına alındığı devre elemanıdır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Entegre direnç

2. Değişken Değerli Dirençler

Potansiyometre: Devre direnç değerinin çok sık değişmesi gereken, düşük güçlere sahip yerlerde kullanılır. Üzerindeki kol ile direnç değeri azaltılır veya artırılır. Genellikle cihazların ön panelinde bulunur ve ses kontrolü gibi hassas ayarlamalar için kullanılır.

Reosta: Yüksek güç devrelerinde kullanılabilen, direnç ayarı el ile yapılabilen, yüksek akım geçirebilen, ebat olarak potansiyometre ve trimpotlardan daha büyük olan dirençlerdir. Genellikle krom-nikel direnç telli kullanılır. Motor hız kontrolü gibi uygulamalarda kullanılır.

Trimpot: Devre direnci ayarlandıktan sonra ayar değerinin sabit bırakıldığı yerlerde kullanılan bir direnç türüdür. Genellikle tornavida kullanılarak direnç değeri değiştirilir. Direnç değerinin sık sık değiştirilmesinin gerekmediği devrelerde kullanılır (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Trimpot



3. Öğrenme Birimi

3. Ortam Etkili Dirençler

Işık Etkili Dirençler: Aydınlıkta az direnç, karanlıkta yüksek direnç gösteren elemanlara denir. Kadmiyum sülfür, kadmiyum selenür, selenyum, germanyum, silisyum gibi maddelerden üretilir.

Isı Etkili Dirençler: Üzerindeki ısıya göre direnci azalan veya artan elemanlara denir.

Dirençler, elektronik devrelerin temel bileşenlerindedir ve birçok uygulamada kritik rol oynar. Çeşitli türde ve özellikte olmalarıyla hem geniş bir kullanım alanı sağlar hem de elektronik tasarımcıların ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilir. Dirençlerin kullanım alanlarına LED'ler gibi bileşenlerin korunması için belirli bir akım seviyesinin aşılmasını veya aşırı akımı önlemek, iki veya daha fazla dirençle voltaj bölücüler oluşturularak belirli voltaj seviyeleri elde etmek, diyotlarla birlikte gerilim düzenlemek ve gerilim düşürmek, sinyal seviyelerini ayarlamak gibi örnekler verilebilir.

3.2.2. Kondansatör

İki iletken plaka arasında yalıtkan (dielektrik) bir malzeme olan ve elektrik enerjisini depolayan pasif elektronik bileşenlere **kondansatör (kapasitör)** denir. Seramik, mika, alüminyum oksit, tantal pentaoksit, niyobyum pentaoksit gibi kondansatörlerde kullanılan dielektrik malzemelerdir. Doğru akıma alternatif olan akımı iletme özelliğine de sahiptir. Güç kaynaklarındaki ve dışarıdan gelen diğer parazitleri engellemek, devrelerde ani oluşacak tepe (peak) gerilimleri engellemek, topraklama sağlamak ve devrelerde istenmeyen sinyalleri (gürültüyü) azaltmak için kullanılır. Televizyon, bilgisayar, telefon, hesap makinesi gibi cihazlar kondansatörsüz çalışmaz. Havacılık ve uzay teknolojisinde en çok kullanılan birkaç kondansatör şöyledir:

1. Elektrolitik Kondansatörler

Alüminyum Elektrolitik Kondansatörler: Yüksek kapasitans değerlerine sahiptir ve alüminyum dielektrik malzeme görevi görür. Güç kaynaklarında ve düşük frekanslı devrelerde kullanılır (Görsel 3.16).



Görsel 3.16: Elektrolitik kondansatör

Tantal Elektrolitik Kondansatörler: Tantal dielektrik malzeme görevi görür, daha yüksek stabilite ve güvenilirlik sağlar.

2. Seramik Kondansatörler

Seramik Disk Kondansatörler: Dielektrik seramik malzemesidir. Yüksek frekans gerektiren uygulamalarda kullanılır (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Seramik kondansatör

Çok Katmanlı Seramik Kondansatör: Çok katmanlı yapısı sayesinde yüksek kapasitans ve küçük boyut sağlar. Yüksek frekans devrelerinde kullanılır.

3. Film Kondansatörler

Polyester (Mylar) Kondansatörler: Dielektrik malzeme olarak polyester kullanılır ve genel amaçlı uygulamalarda tercih edilir.

Polipropilen Kondansatörler: Geniş kapasitans aralığına sahiptir. Güç yükselteçleri, güç kaynakları, televizyon devreleri gibi yüksek frekans ve güç devrelerinde kullanılır.



Polikarbonat Kondansatörler: Yüksek sıcaklık kapasitesine sahiptir. Hassas zamanlama ve filtreleme devrelerinde kullanılır.

3.2.3. Diyot

Elektrik akımının yalnızca bir yönde geçmesine izin veren yarı iletken elektronik aygıtlara **diyot** denir (Görsel 3.18). Genellikle bir P-tipi ve bir N-tipi yarı iletken malzemenin birleştirilmesiyle oluşturulur. Bu birleşim, PN bağlantısı olarak adlandırılır. Diyotlar; doğrultma, sinyal düzenleme, voltaj düzenleme, koruma gibi birçok uygulamada kullanılır.



Görsel 3.18: Diyotların sembolik gösterimi

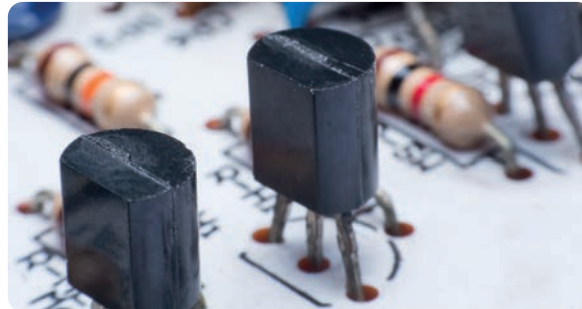
Diyot çeşitleri şu şekildedir:

- Schottky Diyot
- Modül Diyot
- Güç Diyot
- Tünel Diyot
- Ayarlanabilir Kapasiteli Diyot (Varaktör)
- Fotodiyot
- Lazer Diyot
- Gunn Diyot
- Işık Yayan Diyot (LED)

Diyotlar, güç kaynaklarında yaygın olarak bulunur. Belirli bir voltaj seviyesinin korunması, radyo frekansı sinyallerinin işlenmesi ve düzenlenmesi, elektronik devrelerin aşırı gerilimlerden korunması, aydınlatma ve gösterge, ışık sensörleri ve güneş pilleri, yüksek frekans ve hızlı anahtarlama gerektiren uygulamalar gibi alanlarda kullanılır. Diyotlar, elektronik devrelerin temel bileşenlerinden biridir. Çeşitli tiplerinin olması, geniş bir kullanım yelpazesi sunar. Her bir diyot türü, belirli uygulamalara ve performans gereksinimlerine göre seçilir.

3.2.4. Transistör

Germanyum ve silisyum elementlerinin iletkenliğinden yararlanarak elektrik akımının sinyallerini yükseltmek veya anahtarlama amacıyla kullanılan yarı iletken cihazlara **transistör** denir. Temel olarak bir transistör, iki tür yarı iletken malzemenin (N-tipi ve P-tipi) birleşiminden oluşur ve küçük bir değerdeki giriş sinyaliyle daha büyük bir miktardaki çıkış sinyalini kontrol etmek için kullanılır. Modern elektronik cihazların temel bileşenlerinden biridir (Görsel 3.19). Transistörlerin birçok farklı türü ve uygulama alanı bulunur.



Görsel 3.19: Elektronik devre üzerinde bulunan transistör



3. Öğrenme Birimi

Transistörler birçok alanda kullanılır. Dijital devreler, mikroişlemciler, mikrodenetleyiciler gibi elektrik devrelerde anahtarlama yapmak amacıyla kullanılır. Sinyalleri güçlendirmek için ses amplifikatörlerinde, radyo vericilerinde, diğer ses ve iletişim ekipmanında kullanımı yaygındır. Güç kaynaklarında, voltaj düzenleyici devrelerde, radyo frekansı osilatörlerinde, sensör devrelerinde ve veri toplama sistemlerinde kullanılır. Güç elektroniğinde motor kontrolü, invertörler ve güç dönüştürücüler için yararlanılır. Elektroniğin her alanında kullanılan transistörler, neredeyse tüm elektronik aletlerin içerisinde bulunur. Oldukça küçüktür ve enerji tüketimi azdır. Düşük voltajlı çalışabilir. Kullanım ömrü uzundur. Transistörler sağlam yapıdadır ve kolay kolay kırılmaz. Maliyeti düşük olup imalatı ve temin edilebilirliği kolaydır. Transistörlerin kullanım alanlarına göre birçok çeşidi bulunur. Genel olarak en çok kullanılan transistörler; yüzey birleşmeli transistörler, nokta temaslı transistörler, foto transistörler, tek birleşimli transistörler, alan etkili transistörler ve bileşim alan etkili transistörlerdir.

Elektronik malzemeler, havacılık ve uzay teknolojisi alanında kritik öneme sahiptir. Uçakların aviyonik, navigasyon, haberleşme, ses, otomatik uçuş, kontrol sistemleri gibi birçok yerinde kullanılır. Uzay teknolojilerinde sistemlerin tasarlanması, düzgün çalışması, izlenmesi ve kontrolünün sağlanması için gerekli elektronik bileşen yelpazesi geniştir. Sistemlerin doğru ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla oluşturulan cihazlarda birçok elektronik malzeme kullanılır. Havacılık ve uzay teknolojisinde yaygın olarak kullanılan bazı önemli elektronik malzeme çeşitlerinin yer aldığı sistemler şunlardır:



Görsel 3.20: Termal sensörler

Sensörler: Yükseklik izleme, basınç, sıcaklık, kokpit kontrolleri ve hız ölçümü dâhil olmak üzere farklı işlevler için kullanılır. Hava araçlarının uçuş sırasındaki performanslarının farklı yönlerini ölçmek için ivmeölçer, jiroskop, altimetre, nem sensörleri, akış sensörleri, termokupl, basınç sensörleri gibi çeşitli sensörler kullanılır. Yük izleme titreşim sensörleri, uydu sıcaklık sensörleri, anten konumu sensörleri, hava hızı sensörleri gibi çeşitlerinden uzay araçlarında yararlanılır (Görsel 3.20).



Görsel 3.21: Haberleşme sistemleri

Haberleşme Sistemleri: Hava araçlarının uçuşu esnasında veri aktarımı için gereklidir. Telemetri (veri toplama) sistemlerini, radyo vericilerini ve alıcılarını yer kontrolüyle kablosuz olarak uzaktan izlemeyi içerir. Hava araçlarında bulunan işlemci (CPU) kartları ile uçuş kontrol mekaniklerini komuta etmek amacıyla elektriksel ve kontrol arayüzlerinden oluşan ünitelerde birçok elektronik malzeme kullanılır (Görsel 3.21).



Görsel 3.22: Yardımcı güç ünitesi

Güç Sistemleri: Hava araçları, enerji elde edebilmek için güç sistemlerini kullanır. Elektrik depolayan piller, güneş ışığını güne dönüşüren güneş panelleri, kimyasal reaksiyonlar yoluyla elektrik üreten yakıt hücreleri gibi verimli bir şekilde güç üreten sistemleri içerir. Uçaklarda önemli birkaç güç sistemi bulunur. **Birleştirici Sürücü Jeneratörü [Integrated Drive Generatör (IDG)],** motor dişli kutusuna bağlı olup aldığı hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirir. **Yardımcı Güç Ünitesi [Auxiliary Power Unit (APU)],** motor jeneratörleri arızalandığında yedek güç kaynağı olarak kullanılır (Görsel 3.22).

Harcı Güç (External Power), hava aracı yerdeyken kullanılan normal güç kaynağıdır. **Acil Durum Jeneratörü (Emergency Generatör),** acil durumlarda kullanılan ve APU jeneratörlerinin mevcut olmadığı zaman AC güç üreten yedek jeneratördür. **Statik çevirici (Static Inverter),** uçak bataryalarında



bulunan DC akımını AC akımına çevirir. Bu sistem ve ünitelerde birçok elektronik malzemeye ihtiyaç vardır.

Aktüatörler ve Servo Sistemler: Hava araçlarının iticiler, valfler, kanat ve kuyruk kumanda yüzeyleri, iniş takımları, diğer mekanizmaları gibi hareketli parçalarını kontrol ve takip etmek için kullanılır. Roketlerde ise yörüngeyi ayarlamaya ve uçuşu dengelemeye yardımcı olur.

Veri Kaydı ve Depolama Sistemleri: Birçok uçak sisteminden ve sensörlerden gelen verileri kaydetmek ve depolamak için kullanılır. Dijital uçuş veri toplama birimi ortaya çıkan sorunların giderilmesi amacıyla uçuş öncesinde, esnasında ve sonrasında uçuş verilerini toplar, çoğaltır ve dijital formata dönüştürür (Görsel 3.23).

Navigasyon Sistemleri: Hava aracı ve roketlerin uçuş sırasında doğru konumlandırılması, otomatik pilot kontrolü gibi uçuş takibi sistemlerinde bulunan entegre devre elemanlarında yaygın olarak kullanılır. Birçok elektronik elemanın tek bir çipte birleşmiş hâline **entegre devreler** denir.



Görsel 3.23: Kara kutu

3.3. NANO MALZEMELER

Atomik ve moleküler düzeyde kontrol edildiğinde boyutları metreden bir milyar kat daha küçük olduğu belirlenen malzemelere **nano malzemeler** denir. Başka bir ifadeyle bir nanometre, metrik sistemde 10^{-9} metreye karşılık gelir ($1\text{nm}=10^{-9}$ m). Nano malzemeler, mikroskobik yapılarıyla makroskobik malzemelerden farklı ve benzersiz fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler sergiler. Nano malzemelerin en az bir boyutu kullanılarak çeşitli alet veya cihazların araştırma, geliştirme ve yapım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine **nano teknoloji** denir. Nano teknoloji, disiplinler arası bir çalışmayla gerçekleştirilir.

Nano malzemeler, geniş uygulama yelpazesine sahiptir. Elektronik ve bilgisayarlar, nano boyutlu transistör ve diyotlar, güneş panelleri, lityum iyon piller, bataryalar gibi teknolojilerde kullanılır. Malzeme biliminde ise güçlendirilmiş kompozitler, kaplamalar, yüzey modifikasyonları, akıllı malzemeler gibi alanlarda kullanılır. Bu sayede daha dayanıklı, hafif ve fonksiyonel malzemeler oluşturulur. Tıp ve sağlık biliminde biyosensörler, görüntüleme cihazları (radyografik, ultrasonik vb.), tedavi yöntemleri gibi alanlarda yararlanır (Görsel 3.24).



Görsel 3.24: Görüntüleme cihazı

Gıdaların raf ömrünün artırılması için akıllı paketleme gibi uygulamalarda kullanılır. Ayrıca havacılık ve uzay teknolojisinde uçakların hafifletilmesi, yakıt verimliliğinin artırılması, aerodinamik performansın iyileştirilmesi, yapısal dayanıklılığın artırılması gibi birçok alanda kullanılır. Örneğin uyduların dış yüzeyinin kaplanması, yakıtların



3. Öğrenme Birimi

daha uzun süre dayanması gibi amaçlarla nano malzemeler kullanılır. Bu malzemeler, geleneksel malzemelere göre daha fazla dayanıklılık, uzun ömür ve performans sağlayarak havacılık teknolojisinin ilerlemesine katkı sağlar. Nano malzemelerin üretimi genellikle karmaşık ve özel teknikler gerektirir. Bu teknikler; malzemenin türüne, istenen boyut ve özelliklere göre değişiklik gösterebilir. Nano malzeme üretim yöntemlerinden bazıları şunlardır:

Yukarıdan Aşağıya Üretim Yöntemi (Top-Down Yaklaşımı): Büyük boyuttaki hacimsel malzemeleri genellikle mekanik şekilde öğütürerek nano boyutlarına indirgeme yöntemidir. Metal ve alaşımların üretiminde sıkça kullanılır. Mekanik yöntemler, kimyasal değişim içermeyen fiziksel (dövme, çelik bilyalar ile öğütme, makinede işleme gibi) işlemlerdir. Yukarıdan aşağıya yaklaşımının mekanik aşındırma, dağlama, ısı işlem, gaz atomizasyonu, yüksek enerji yöntemleri gibi çeşitleri bulunur.

Aşağıdan Yukarıya Üretim Yöntemi (Bottom-Up Yaklaşımı): Kimyasal reaksiyonlar yoluyla atom ve molekülleri tek tek işleyerek nano boyutlu yapılar oluşturma yöntemidir. Metal oksitler, karbon nanotüpler gibi malzemelerin üretiminde kullanılır. Aşağıdan yukarıya yaklaşımının asal gaz yoğunlaştırma, alev sentezi, atom tabaka çökertmesi, kimyasal buhar yoğunlaştırma yöntemleri gibi çeşitleri bulunur. Ayrıca sol (kolloidal çözeltisi) jel hâline getirilerek nano yapıların oluşumunun sağlandığı yaklaşıma **sol jel yöntemi** denir. Genellikle seramikler gibi inorganik malzemelerin üretiminde kullanılır. Yüksek sıcaklık ve basınç altında kimyasal reaksiyonlarla nano boyutlu kristaller ve partiküllerin oluşturulduğu yaklaşıma **hidrotermal sentez (yüksek sıcaklık sentezi)** denir. Nanotüpler, nano seramikler gibi malzemelerin üretiminde etkilidir.

Nano malzemelerin üretimi genellikle laboratuvar ölçeğinde başlatılır ve endüstriyel ölçekte genişletilir. Nano malzemelerin genel kullanım amacı; daha sağlam, uzun ömürlü, verimli, çevresel etkilere karşı dayanıklı, hafif ve küçük cihazlar geliştirmektir.

Üretim süreci, malzemenin özelliklerini ve uygulama alanlarını belirleyen önemli bir faktördür. Nano malzemeler, birçok mühendislik çalışmasının temelini oluşturur. Ayrıca nano malzemelerin kullanımında maliyet, verimlilik, daha az malzeme, daha az enerji, kolay temin edilebilirlik, çevresel etkilere karşı dayanıklılık, kullanımda kolaylık gibi faktörler kendini gösterir (Görsel 3.25).

Havacılık ve uzay teknolojisinde kullanılan bazı nano malzemelerin çeşitleri ve kullanım alanları şöyledir:

Karbon Bazlı Nano Malzemeler: Altıgen düzenlenmiş karbon atomlarının tüp şeklinde dizildiği yapılardır. Bu malzemeler; yüksek mukavemet dayanımı, iyi elektrik iletkenliği ve hafif yapıları sayesinde havacılık ve uzay araçlarının ağırlığını önemli ölçüde azaltırken dayanıklılığını artırır. Nano teknolojisinde en yaygın kullanılan malzemeler arasındadır. Özellikle iyi elektrik iletkenliğine sahip olması sebebiyle elektronik malzemelerde kullanılır (Görsel 3.26).



Görsel 3.25: Nano malzemenin telefon kaplamasında kullanılması



Görsel 3.26: Esnek elektronik kart

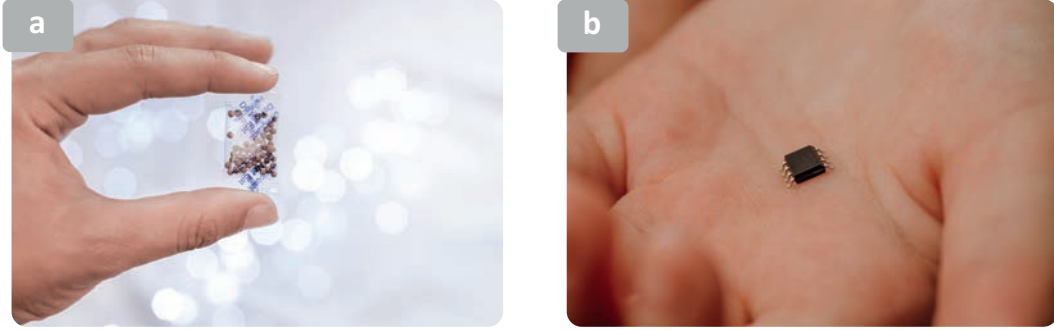


Metal Bazlı Nano Malzemeler: Altın, gümüş, alüminyum nitrid, titanyum nitrid, silisyum karbür, tungsten karbür nanopartiküller, demir oksit gibi çeşitli nanoparçacıkları kapsar. Bu malzemeler, yüksek ısıya dayanıklı kaplamalar oluşturarak uzay araçlarının aşırı sıcaklıklara karşı korunmasını sağlar ve hava araçlarının termal yönetim sistemlerinde de kullanılır.

Nanokompozit Malzemeler: Nano boyutlu parçacıkların ana yapısını oluşturduğu matris ve takviye malzemesidir. Matris malzemeler için metal, seramik, polimer gibi en az iki ana bileşen esas olurken takviye malzemeleri genellikle çelik veya naylondan elde edilir. Uçak gövdeleri, kanatlar, pervaneler, iç yapı bileşenleri gibi alanlarda kullanılır.

Grafen Nano Malzemeler: Tek atom kalınlığında karbon atomlarından oluşan; yüksek mukavemet, esneklik ve iletkenlik özellikleri olan nano yapıdır. Genellikle yüzey kaplamalarında kullanılır. Grafen nano malzemeler; bakırdan daha iyi elektrik iletkenliği ile elektronik cihazlarda, çelikten yaklaşık iki yüz kat daha dayanıklı olması ve yüksek mukavemet özelliği ile yüzey kaplamalarında, ısı yönetimi ve güç depolama sistemlerinde kullanılır.

Nano Kristal Malzemeler: Yarı iletken veya metal oksit bileşenler gibi farklı kimyasal yapılar içeren, kristal yapıya sahip nanometre boyutlu kristallerdir. Optik sensörler, güç kaynakları, çipler, bataryalar, termal yönetim sistemleri ve yüksek performanslı elektronik bileşenlerde kullanılır (Görsel 3.27).



Görsel 3.27: Nano çip malzeme

Nano Seramik Malzemeler: Titanyum dioksit (TiO_2) veya alüminyum oksit (Al_2O_3) gibi maddeler ile organik seramik malzemelerin nano boyutlu varyasyonlarıdır. Yüksek sıcaklık dayanımı gerektiren bölgelerde yalıtım, kaplama ve korozyon direnci sağlamak için kullanılır. Nano seramik parçacıklar; uçak gövdesinin boyanması, arabaların yüzeyi gibi dış yüzeylerin kaplanması ve boyanması, cam yüzeylerin kaplanması benzeri alanlarda kullanılır. Böylece nesnelerin çevresel bozulmalara ve oksidasyona karşı dirençliliğini artırır.

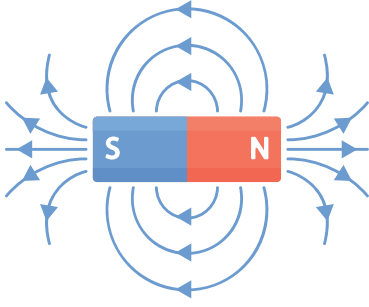


Araştırma

Okulunuzdaki atölye ortamlarında bulunan ve malzeme olarak nitelendirilebilecek cisimlerin mekanik, elektriksel, ısı, manyetik, optik ve kimyasal özelliklerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



3.4. MANYETİK MALZEMELER

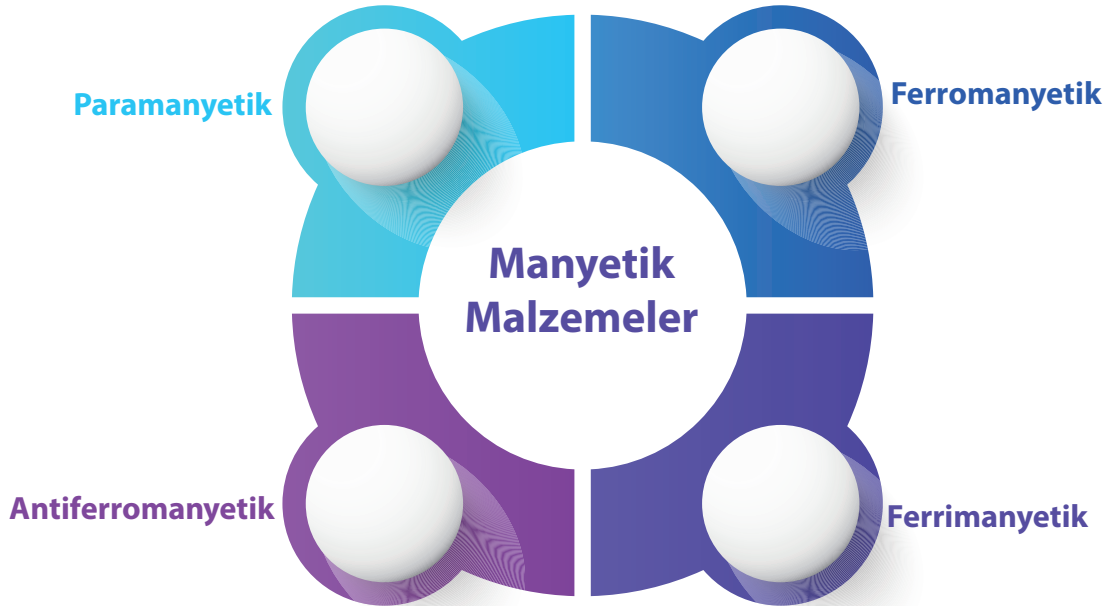


Görsel 3.28: Manyetik alan



Görsel 3.29: Manyetizma kutupları

Manyetik malzemeler dört ana gruba ayrılır (Görsel 3.30).



Görsel 3.30: Manyetik malzemelerin çeşitleri

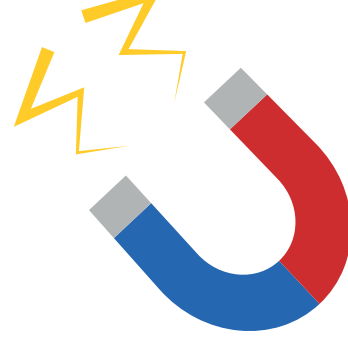
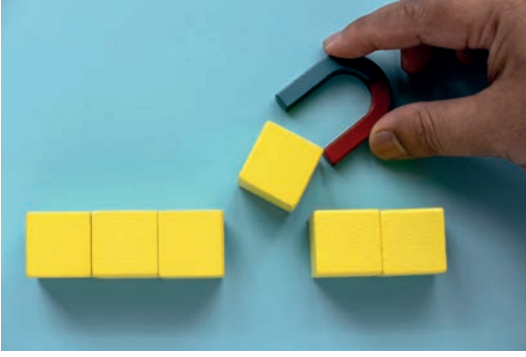
Demir, çelik, nikel, kobalt gibi maddeleri çekerek manyetik alanlara tepki gösteren ve mıknatıslanma özelliği görülen malzemelere **manyetik malzemeler** denir. Elektrik yüklü parçacıkları etkileyebilen ve mıknatısların etrafında oluşan görünmez kuvvet alanına **manyetik alan** denir (Görsel 3.28). Manyetik malzemeler, dış manyetik alan etkisi altında mıknatıslanabilir ve bazı durumlarda manyetizasyon özelliklerini manyetik alan kaldırıldıktan sonra da koruyabilir. Elektrik akımı gibi manyetik alan tarafından oluşturulan fiziksel olguya **manyetizma** denir.

Manyetiklik özellikleri, malzemenin iç yapısındaki atomların manyetik dipol momentlerinin hizalanmasına dayanır. Bu özellik, elektronların yörüngesel hareketleri ve birbiriyle etkileşimleri sonucunda ortaya çıkar. Manyetik alan içerisine konulan bir pusula iğnesinin, manyetik alan yönünde hareket etmesi bu duruma örnektir (Görsel 3.29).

Manyetik malzemelerin türlerini belirlemek için manyetik alan karşısında nasıl davrandıklarını tanımlamak en etkili yoldur. Tüm maddeler bir dereceye kadar manyetik özellik gösterir. Ancak bazı malzemeler, diğer malzemelere göre daha belirgin manyetik özellikler taşır. Bazı malzemelerin atomik manyetik hareketliliği birbiriyle etkileşime girmezken bazı malzemeler ise daha güçlü bir etkileşim gösterir.



Manyetik malzemeler, mıknatıslanma özelliği de gösterir (Görsel 3.31). Bu özelliği sayesinde manyetik malzemeler; havacılık ve uzay teknolojisi, elektronik, otomotiv, sağlık ve enerji sektörlerinde yaygın olarak kullanılır. Hava araçlarında kullanılan kablolar, kokpit içindeki göstergeler, diğer elektronik cihazlar örnek gösterilebilir. Ayrıca araç fren sistemleri, dizel yakıt sistemleri, elektrikli motorlar, jeneratörler, manyetik ayırıcılar, hoparlörler, ekranlar, cep telefonları, manyetik bellek cihazları, diskler gibi birçok üründe manyetik malzemelerin kullanımı tercih edilir. Manyetik rezonans görüntüleme sistemleri gibi MRI cihazlarında da manyetik malzemeler kullanılır.



Görsel 3.31: Manyetik malzemelerin çeşitleri

Manyetik malzemelerin gelişimi ve üretimi, teknolojik ilerlemelerle paralel olarak devam eder. Bu malzemelerin özelliklerini iyileştirmek ve uygulama alanlarını daha doğru, güvenilir ve işlevsel hâle getirmek için sürekli araştırmalar yapılır. Manyetik malzemelerin çeşitleri ve kullanım alanları sırasıyla şu şekildedir:

Ferromanyetik Malzemeler: Dış manyetik bir alan tarafından mıknatıslanabilen ve bu manyetizasyonu manyetik alan kaldırıldıktan sonra da koruyabilen malzemelerdir. En yaygın ferromanyetik malzeme olan demir, yüksek manyetik doyumluk ve manyetik geçirgenlik özelliklerine sahiptir. Ayrıca çelik, nikel, kobalt, alnico ve bu metallerin alaşımları da ferromanyetik özelliklere sahip malzemedir. Bu alaşımlar; yüksek ısı işlem, dövme gibi yöntemlerle şekillendirilir. Elektrik motorları, jeneratörler, transformatör çekirdekleri, manyetik kayıt cihazları, elektro mıknatıslar, manyetik kalkanlama (manyetik alandan koruma) gibi kullanım alanları vardır.

Ferrimagnetik Malzemeler: Ferromanyetik malzemelere benzer özellik gösteren ancak içlerindeki manyetik dipollerin kısmen karşılıklı olarak zıt yönlerde hizalandığı maddelerdir. Bu hizalanma, net bir manyetik moment oluşmasını sağlar ancak bu moment, ferromanyetik malzemelerdeki kadar büyük değildir. Başlıca ferrimagnetik malzeme çeşidi ferrit malzemedir. Demir oksit (Fe_2O_3) ve başka metal oksitlerin karışımından oluşan metalik esaslı malzemelere **ferrit malzemeler** denir. Seramik üretim yöntemleri ile üretilir. Ferritler, radyo frekansı devrelerinde ve manyetik çekirdeklerde yaygın olarak kullanılır.

Antiferromanyetik Malzemeler: Genellikle nadir toprak elementleri ve onların alaşımlarından oluşan maddelerdir. Bu malzemeler, toz metalürjisi ve katı hâl reaksiyonlarıyla üretilir. Demir manganez ($FeMn$), kobalt oksit (CoO), nikel oksit (NiO) gibi maddeler antiferromanyetik malzeme özelliklerini taşıyor.

Paramagnetik Malzemeler: Dışarıdan manyetik bir alan uygulandığında zayıf mıknatıslanma özelliği gösteren ve manyetik alan kaldırıldığında mıknatıslanmayı hemen kaybeden malzemelerdir. Genellikle alüminyum, platin gibi bazı alaşımlar bu mıknatıslanma özelliğine sahiptir. Bu malzemeler, standart metalürjik yöntemlerle üretilir.

Havacılığın önemli uygulamalarında kullanılan manyetik malzemeler; güvenlik, performans ve verimliliği arttırmak için kullanılır. Jet motoru bileşenlerinin pozisyonunu ve hızını izlemek için kullanılan manyetik sensörler, motor parçalarının yüksek hızda sürtünmesiz çalışmasını sağlayan manyetik rulmanlar da birer manyetik malzeme örneğidir. Elektronik manyetik rezistif sensörleri, uçuş kontrol sistemlerinde ise kanatların ve kontrol yüzeylerinin



3. Öğrenme Birimi

pozisyonunu izleyerek hassas kontrol sağlamak için kullanılır. Yolcu uçaklarında bulunan yardımcı güç ünitesi olan APU'da manyetik malzemeler kullanılır. Görsel 3.32'de manyetik malzemeden yapılmış sensör örneği görülür.



Görsel 3.32: Manyetik sensör

Manyetik alanın yoğunluğunu ölçmeye yarayan araca **manyetometre** denir. **Magnometre** olarak da adlandırılır. Manyetik metalleri tespit eden metal dedektörleri olarak kullanılır. Havacılık ve uzay araçları, İHA, askerî hava araçları, füzeler gibi birçok hava aracının seyri ve güdümlerinde manyetik malzemelerden oluşturulmuş özel sensörler kullanılır. **Ataletsel Ölçüm Birimi [Inertial Measurement Unit (IMU)]**; özel bir sensör olup açılma hızı, kuvveti ve manyetik alanı ölçmek için kullanılan elektronik bir cihazdır. IMU'lar, mutlak manyetik yönü belirlemek için ivmeölçer ve jiroskoptan gelen verileri kullanır. Bu verilerin birleştirilmesiyle hareket, yönelim ve yönü belirlenir. Örneğin hava araçlarında dönme hareketi için jiroskop verileri alınır ve ivmeölçerden gelen yerçekimi verileriyle birleştirilerek uçuş yörüngesi bir referans çerçevesinde oluşturulur. Hava araçlarında doğrusal ivmeyi ve tek eksende meydana gelen hız değişimlerini (ivmeyi) ölçen sensöre **ivmeölçer** denir. İvmeölçer, hareket sensörü olup yerçekimini aşağı doğru bir kuvvet olarak ölçer. Hava araçlarında yunuslama, sağa-sola yatış ve sağa-sola dönüşün oluşturduğu bükülmeyi veya dönme hareketini ölçen sensörlere **jiroskop** denir. **Tek yönlü gyro sensör** olarak da ifade edilir. Hava araçları yönelme hareketlerini yaparken açılma hızları üç eksen etrafında oluşur. Jiroskop, uçuşun açılma konumunu belirlemeye yardımcı olur. Ayrıca manyetik pusulalarda ve cep telefonlarının konumunun sağa-sola veya öne-arkaya döndürülmesini sağlayan göstergelerde kullanılır.

Uzay alanında manyetik malzemeler ve manyetik alan önemlidir. Roketlerin temel çalışma prensibi, momentumun korunumu yasasına ve Newton'ın etki-tepki yasasına dayanır. Roketin egzozundan fırlatılan maddelerin etkisiyle roket, ileriye doğru bir itme kuvveti sağlar. Belirli bir elektrik alan içindeki parçacıkların manyetik kuvvet etkisiyle ivmelenmesi esas alınır. İki negatif yüklü plaka arasına gaz yerleştirilir. Bu plakalardan birinin elektron salmasıyla gaz atomları, elektronları iterek serbest bırakır. Bu iki metal plaka arasındaki protonların oluşturduğu manyetik alanla itme kuvveti artırılarak roketin çok yüksek hızlara ulaşması sağlanır (Görsel 3.33).



Görsel 3.33: Roket



Bu süreç, elektrik alanı ve manyetik kuvvetin birlikte çalışmasıyla etkili bir itki oluşturur. Roketlerde manyetik alanlar genellikle manyetik itki sistemlerinde kullanılır. Bu itki sistemleri, güçlü bir manyetik alan oluşturarak yüklü parçacıkları hızlandırır. Roketlerin içindeki elektromıknatıslar, manyetik alanın şiddetini ve yönünü kontrol ederek parçacıkların istenen hızda ve doğrultuda hareket etmesini sağlar. Bu tür sistemler, özellikle uzayda yüksek hızda seyahat eden roketlerde daha düşük yakıt tüketimi ve daha yüksek itki sağlama amacıyla kullanılır.



Sıra Sizde

A) Aşağıdaki tabloda verilen Tanım sütununun önündeki boşluğa Terim sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemenin özellikleri ile ilgili tanım ve terimleri eşleştiriniz.

Tanım	Terim
1. () Metal ve seramik tozlarının ergime sıcaklığının altında ısıtılarak birbirine bağlanması sürecidir.	a. İleri metalik malzemeler
2. () Yüksek mukavemet, düşük yoğunluk, yüksek sıcaklık ve kimyasal dayanıklılık özelliklerine sahip inorganik malzemelerdir.	b. Sinterleme
3. () Belirli bir sıcaklık veya başka bir çevresel etken uygulandığında daha önce tanımlanmış bir şekle geri dönebilen malzemelerdir.	c. Yüksek entropili alaşımlar
4. () Elektronik devrelerin ve cihazların çalışmasını sağlayan malzemelerin tümüne verilen addır.	ç. Ferromanyetik malzemeler
5. () En az beş ana elementin birbirine çok yakın miktarlarla ergiyik şekilde oluşturduğu yeni malzemelerdir.	d. Şekil hafızalı alaşımlar
6. () Manyetik alan kaldırıldığında manyetizasyonu koruyabilen malzemelerdir.	e. Nano malzemeler
7. () İleri mühendislik uygulamalarında kullanılan ve yüksek korozyon, aşınma direnci sağlayan metal alaşımlardır.	f. İleri seramik malzemeler
8. () Atomik ve moleküler düzeyde kontrol edildiğinde boyutları metreden bir milyar kat daha küçük olduğu belirlenen malzemelerdir.	g. Toz metal enjeksiyonu
9. () Metal tozlarının bir kalıba enjekte edilerek şekil verildiği üretim yöntemidir.	ğ. Elektronik malzemeler
10. () Demir oksit (Fe_2O_3) ve başka metal oksitlerin karışımından oluşan metalik esaslı malzemelerdir.	h. Ferrit
	i. Ferromanyetik
	j. Transistör



3. Öğrenme Birimi



Sıra Sizde

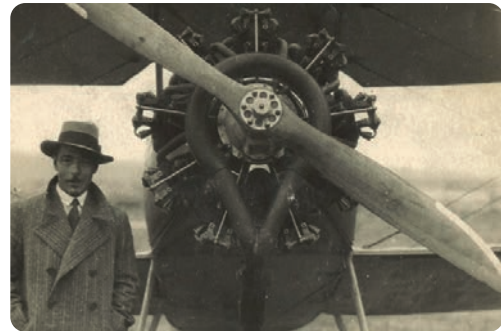
B) Aşağıdaki tabloda verilen Özellik sütunun önündeki boşluğa Malzeme sütunun önündeki harflerden uygun olanını yazarak malzemeleri özelliklerine göre sınıflandırınız.

Özellik	Malzeme
1. () Yüksek sıcaklık dayanımına ve sertliğe sahip, aşınmaya karşı dirençli bir malzemedir.	a. Seramik
2. () Belirli bir sıcaklık uygulandığında eski hâline geri dönebilen bir malzemedir.	b. İleri metalik malzeme
3. () Elektrik akımını düşük dirençle ileten, genellikle bakır ve alüminyumdan yapılan bir malzemedir.	c. Polimer
4. () Metal, polimer gibi iki veya daha fazla malzemenin bir araya gelmesiyle oluşturulan bir yapıdır.	ç. Kompozit
5. () Atomik düzeyde kontrol edilen, yüksek dayanıklılığa sahip ve hafif bir malzemedir.	d. Şekil hafızalı alaşım
6. () Isıl ve elektriksel iletkenliği düşük olup genellikle plastik ve seramikten yapılan bir malzemedir.	e. Yalıtkan
7. () Dış manyetik alan altında mıknatıslanma özelliği gösteren bir malzemedir.	f. Manyetik malzeme
8. () Elektriksel iletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alan bir malzemedir.	g. Nano malzeme
9. () Hafif, esnek ve düşük yoğunluğa sahip organik malzemelerden oluşur.	ğ. Yarı iletken
10. () Havacılık, uzay ve askerî ekipmanda yaygın olarak kullanılan yüksek mukavemetli bir malzemedir.	h. İletken
	i. Elektronik malzemeler



Bunları biliyor muydunuz?

Vecihi Hürkuş, kendisinin ürettiği Türkiye'nin ilk yerli uçağı olan Vecihi K-VI ile ilk uçuşunu 28 Ocak 1925'te İzmir'de gerçekleştirdi. İmalatında Kurtuluş Savaşı sırasında Yunanlardan kalan havacılık ekipmanlarının da kullanıldığı Vecihi K-VI'nın gövdesi, kanatları, dümenleri ve diğer bütün kısımları yerli olarak tasarlandı ve üretildi.



Görsel 3.34: Vecihi Hürkuş

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/bunu-biliyor-muydunuz/vecihi-hurkusun-ilk-yerli-ucakla-ucusu>



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. () Sinterleme, metal ve seramik tozlarının ergime sıcaklığının üstünde ısıtılarak birbirine bağlanması işlemidir.
2. () İleri seramik malzemeler, yüksek kimyasal kararlılık ve yüksek sıcaklık dayanıklılığı ile bilinir.
3. () Ferromanyetik malzemeler, manyetizasyon özelliğini manyetik alan kaldırıldıktan sonra da koruyabilir.
4. () Elektronik malzemelerin yarı iletkenlik özellikleri vardır.
5. () Şekil hafızalı malzemeler, otomotiv sektöründe kullanılan malzemeler arasında yer alır.
6. () İleri metalik malzemeler, havacılık ve uzay teknolojileri kullanımında kritik öneme sahiptir.
7. () Karbon film dirençlerin üretimi yüksek maliyetlidir.
8. () İleri metalik malzemeler, yüksek korozyon direnci nedeniyle havacılık ve uzay endüstrisinde de kullanılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Tozların ergime sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda ısıtılarak birbirine bağlanması sürecine denir.

2. İki iletken plaka arasında yalıtkan (dielektrik) bir malzeme olan ve elektrik enerjisini depolayan pasif elektronik bileşenlere denir.
3. Elektrik sinyallerini iletme, depolama, dönüştürme ve kontrol etme yeteneğine sahip malzemelere denir.
4. Elektriksel özellikleri açısından iletken metal ve alaşımları ile yalıtkan seramik, polimer gibi maddelerin oluşturduğu malzemelere denir.
5. Elektriksel yalıtkanlık sağlamak amacıyla kullanılan seramikler, malzemeler arasında yer alır.
6. Yüksek teknoloji uygulamalarında kullanılan, geleneksel malzemelere göre yenilenmiş ve iyileştirilmiş özellikleri bulunan malzemelere denir.
7. Nano malzemeler, mikroskopik yapıları sayesinde makroskopik malzemelere göre daha ve özelliklere sahiptir.
8. Ferromanyetik malzemeler, alan etkisi altında mıknatıslanır.
9. Manyetik alanın yoğunluğunu ölçmeye yarayan araca denir.
10. Belirli bir sıcaklık veya çevresel etken uygulandığında eski hâline geri dönebilen malzemelere denir.

C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi ileri metalik malzemeler için kullanılan üretim yöntemlerinden biridir?

- A) Toz metal enjeksiyonu
- B) Soğuk haddelenme
- C) Kimyasal buhar biriktirme
- D) Elektroliz
- E) Elektrik ark eritme

2. Aşağıdakilerden hangisi metal ve seramik tozlarının bir araya getirilerek bir malzeme oluşturmaya verilen addır?

- A) Yüzey kaplama
- B) Toz metalürjisi
- C) Şekillendirme
- D) Eritme
- E) Vakum altında eritme

3. Aşağıdakilerden hangisi elektronik malzemeleri sınıflandırmaya yarayan özelliklerden biridir?

- A) Sertlik
- B) Elektrik iletkenliği
- C) Yoğunluk
- D) Yüzey pürüzlülüğü
- E) Kimyasal kararlılık

4. Aşağıdakilerden hangisi yarı iletken bir malzeme değildir?

- A) Bakır
- B) Galyum arsenit
- C) Germanyum
- D) Silikon
- E) Silikon karbür

5. Aşağıdakilerden hangisi ileri seramik malzemelerin özelliklerinden biridir?

- A) Düşük mukavemet ve düşük aşınma direnci
- B) Yüksek yoğunluk ve düşük sertlik
- C) Yüksek sıcaklık dayanıklılığı ve yüksek mukavemet
- D) Yüksek elektrik iletkenliği
- E) Kimyasal kararsızlık

6. Aşağıdakilerden hangisi elektrik motorlarında kullanılan manyetik malzemelerden biridir?

- A) İletken malzemeler
- B) Yarı iletken malzemeler
- C) Antiferromanyetik malzemeler
- D) Paramanyetik malzemeler
- E) Ferromanyetik malzemeler

7. Aşağıdaki malzemelerden hangisi paramanyetik özellik gösterir?

- A) Alüminyum
- B) Çelik
- C) Demir
- D) Ferrit
- E) Nikel

8. İleri malzemelerden biri olan şekil hafızalı alaşımlar aşağıdaki özelliklerden hangisine sahip değildir?

- A) Kendi kendine iyileşme
- B) Yüksek mukavemet
- C) Yorulma direnci
- D) Hafiflik
- E) Yüksek enerji tüketimi

9. Aşağıdakilerden hangisi ileri malzemelerin üretim aşamalarından biri değildir?

- A) Ham madde hazırlığı
- B) Şekillendirme
- C) Sinterleme
- D) Kimyasal çökertme
- E) Yüzey işlemleri

10. Aşağıdakilerden hangisi ileri metalik malzemelerin özelliklerinden biridir?

- A) Düşük maliyetli metallere üretilmiştir.
- B) Yüksek sıcaklık dayanımı, korozyon ve aşınma direnci gibi üstün özelliklere sahiptir.
- C) Hafif, kırılma ve düşük maliyetli metallere üretilmiştir.
- D) Sadece elektronik devrelerde kullanılır ve yüksek elektrik iletkenliğine sahiptir.
- E) Kırılma, hafif ve yalıtkanlık özelliği yüksektir.

11. Aşağıdakilerden hangisinde manyetik malzemelerin ayırt edici özelliği verilmiştir?

- A) Elektrik akımını iletir.
- B) Sadece yüksek sıcaklıklarda kullanılır.
- C) Dış manyetik alan altında mıknatıslanarak manyetizasyon özelliği gösterir.
- D) Yalıtım malzemesi olarak kullanılır.
- E) Sadece ses dalgaları ile etkileşime girer.

12. Aşağıdakilerden hangisi manyetik alanın yoğunluğunu ölçmeye yarayan bir araçtır?

- A) Ferromanyetik
- B) İvmeölçer
- C) Jiroskop
- D) Manyetometre
- E) Sensör

13. Aşağıdakilerden hangisi seramik malzemelerin özelliklerinden biridir?

- A) Yüksek sıcaklık dayanıklılığı
- B) Hafifliği
- C) Manyetikliği
- D) Yüksek su geçirgenliği
- E) Yüksek elektrik iletkenliği

14. Aşağıdaki malzemelerden hangisi iletken değildir?

- A) Altın
- B) Alüminyum
- C) Bakır
- D) Gümüş
- E) Plastik

15. Aşağıdakilerden hangisi akıllı malzemelere ait bir niteliklerdir?

- A) Yüksek elektrik iletkenliği
- B) Çevresel uyarıcılara tepki vererek özelliklerini değiştirebilme
- C) Yüksek yoğunluk
- D) Isıya karşı dirençsizlik
- E) Düşük kimyasal kararlılık

4. ÖĞRENME BİRİMİ

HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİNİN MALZEME SEÇİMİ VE TASARIMI

KONULAR

- 4.1. SEÇİM KRİTERLERİ
- 4.2. İMALAT VE FABRİKASYON YÖNTEMİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Tasarım ve malzeme seçimiyle ilgili kriterleri açıklama
- Dijital ortamda malzeme seçimini açıklama
- Havacılık ve uzay malzemelerinin genel özelliklerini açıklama
- Malzemelerin imalat ve fabrikasyon yöntemlerini açıklama

TEMEL KAVRAMLAR

Talaşlı imalat, talaşsız imalat, tasarım, teknik çizim





4. Öğrenme Birimi

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

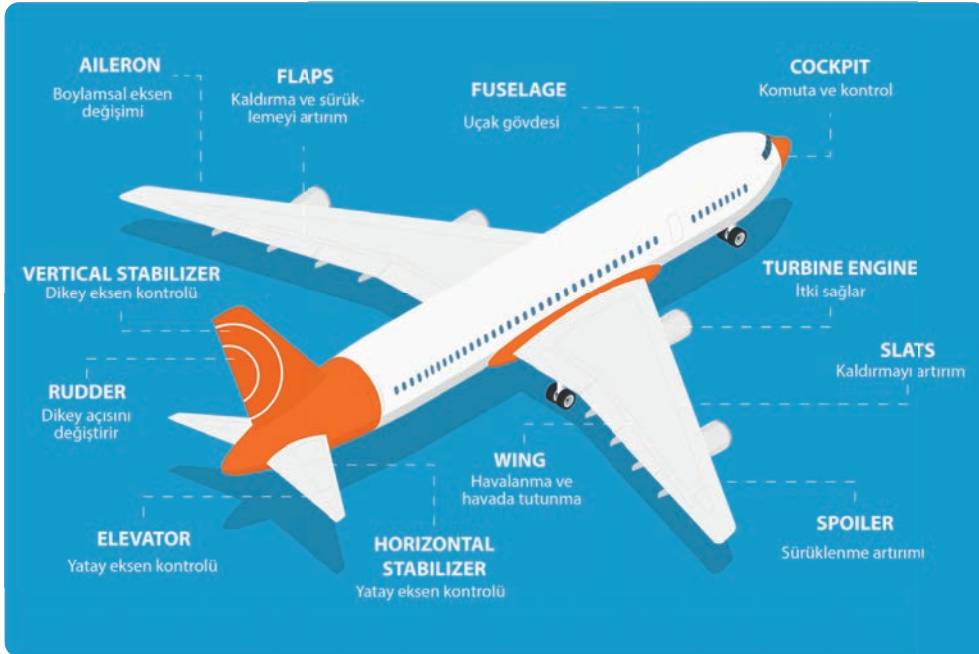
1. Bilgisayar programlarının gelişmesi sonucunda el ile yapılan çizimlerin yerini bilgisayar çizimlerinin alması, üretimde ne tür avantajlar sağlayabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Hava araçlarının yapımında kullanılan malzemelerin zamanla değişmesinin nedenleri neler olabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

4.1. SEÇİM KRİTERLERİ

Malzeme seçimi, her alanda olduğu gibi havacılık ve uzay endüstrisinde de oldukça önemlidir. Başta demir esaslı malzemeler olmak üzere 100 binden fazla malzeme seçeneği mevcuttur. Otomobilde 20-25 bin, tankta 50 bin, uçakta 110 bin ve denizaltında 130 binden fazla malzeme bulunur. Çok sayıda malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşan sistemlerin her biri, önemli görevleri yerine getirir. Bu sebeple seçilen malzemeler, buldukları yerlerin şartlarına uygun olmalıdır. Yanlış seçilen malzeme, sistemin hatalı çalışmasına veya çalışmamasına sebep olabilir. Yanlış malzeme seçiminden dolayı sistemin arızalanması veya çalışmaması, yüksek maliyetlere yol açabileceği gibi sistemde çalışan kişilerin can güvenliğini de tehlikeye atabilir.

Havacılık ve uzay endüstrisinde kullanılan malzemelerde oluşabilecek arızaların görev yapılan ortamda giderilmesi, çok zor veya imkânsız olabileceği için bu alanda kullanılacak malzemelerin seçiminde daha dikkatli olunmalıdır. Örneğin yolcu uçaklarının iniş takımlarında kullanılan malzemelerde oluşan bir arıza, uçaktaki tüm yolcuların ve personelin can güvenliğini tehlikeye atar. Uzaya gönderilen bir mekiğin geri dönüş motorlarında kullanılan malzemelerden kaynaklı bir arıza ise mekiğin dünyaya dönememesine sebep olabilir.

Malzeme mühendisliğinde esas amaç, oluşabilecek sorunları öngörerek doğru malzeme seçimini yapmaktır. Malzeme seçimi için öncelikle gerekli özellikler tespit edilerek alternatif malzemeler sıralanır. Daha sonra amaca en uygun malzeme seçimi yapılır. Görsel 4.1’de uçağın bölümleri ve görevleri görülür.



Görsel 4.1: Uçağın bölümleri ve görevleri



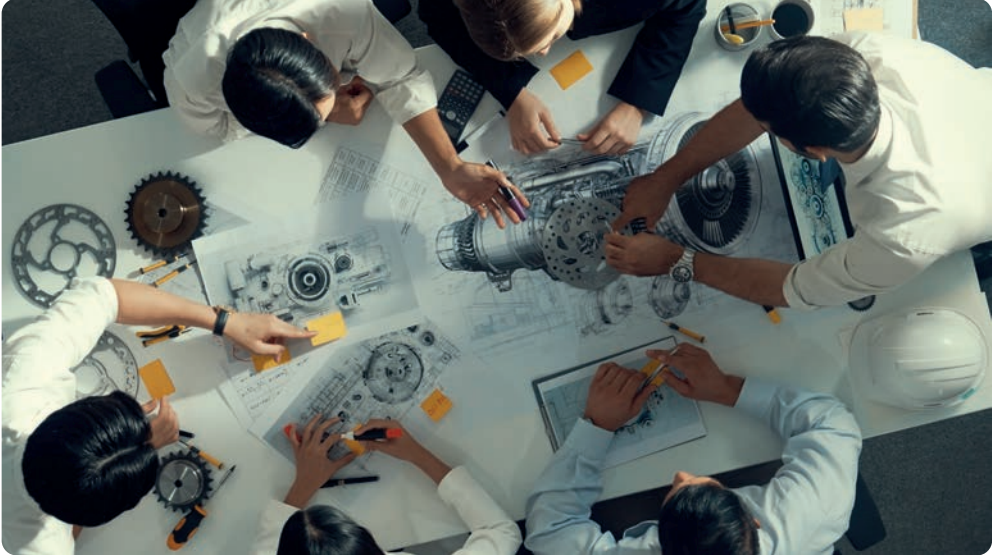
4.1.1. Tasarım ve Malzeme Seçimi

Bir ürünün hayal edilen şeklinin kâğıda veya dijital ortama aktarılmasına **tasarım** denir. Tasarım yapma aşamasında malzeme seçimi, malzeme seçimi aşamasında ise tasarım oldukça önemlidir.

Mühendislik alanlarında **malzeme**, ürün ve sistemlerin imalatında mekanik, fiziksel ve kimyasal olarak istenen özelliklere sahip maddeler olarak tanımlanır. Malzemenin imalatında izlenen yol şu şekildedir:

- Hayal etmek.
- Taslak oluşturmak (serbest el çizgisiyle).
- Elemanları temin etmek veya oluşturmak.
- Elemanları bir araya getirerek organları veya bölümleri oluşturmak.
- Eleman, organ veya bölümleri boyutlandırmak.
- Montaj ve yapım resimlerini çizmek.
- Organ ve bölümlerin prototipini oluşturmak.
- Prototipleri çalıştırmak.
- Malzemeye son hâlini vererek malzemeyi imal etmek.

Görsel 4.2'de bir uçağın serbest el çizgisiyle tasarımı görülür.

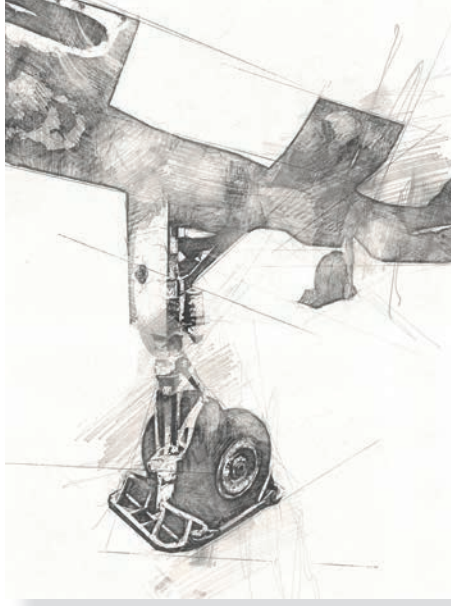


Görsel 4.2: Bir uçağın serbest el çizgisiyle tasarımı



4. Öğrenme Birimi

Görsel 4.3'te bir uçağın iniş takımının serbest el çizgisiyle tasarımı görülür.



Görsel 4.3: Bir uçağın serbest el çizgisiyle tasarımı

Hava ve uzay araçlarının ilk resimsel anlatım aşaması taslak oluşturmaktır. Bu aşamanın avantajları şu şekildedir:

- Serbest olarak tasarlanabilmesi
- Ürünün nihai bütününe önceden görülebilmesi
- Bütünü oluşturan parçaların ayrı ayrı çizilebilmesi
- Parçalarda veya bütünde maliyet gerektirmeden değişiklik yapılabilmesi
- Zamandan tasarruf edilmesi

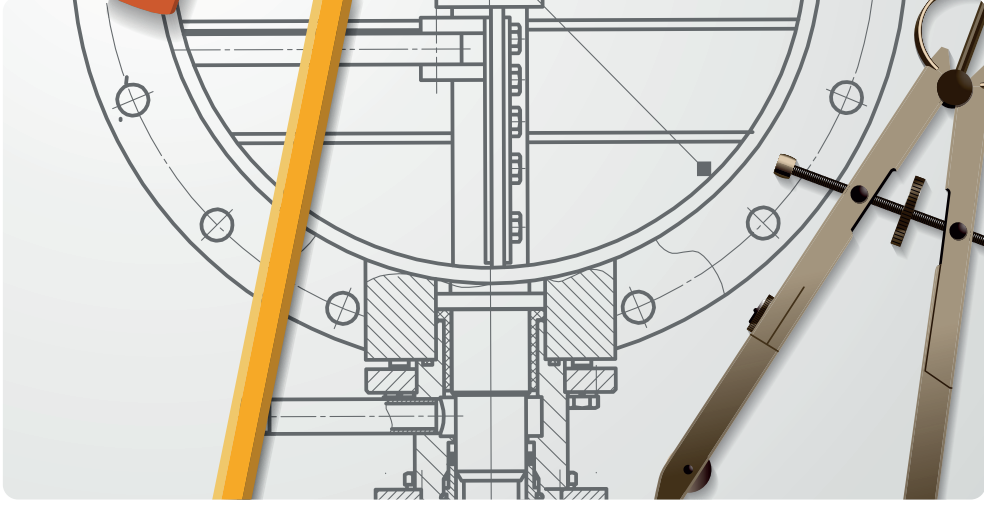
Taslak tasarımlar, boyutlandırma ve teknik çizimleri yapılmak üzere çizim bölümüne gönderilir. Bu bölümde bütünü oluşturan her parça ayrı ayrı çizilir, boyutlandırılır ve montaj hâli ortaya çıkarılır. Görsel 4.4'te teknik resim aletlerinin kullanılmasıyla elde edilmiş bir teknik çizim görülür.



Görsel 4.4: Teknik çizim örneği



Teknik çizim aşamasında bütünü oluşturan sisteme ait parçaların hangi malzemelerden yapılacağı, ayrıntılı şekilde belirtilmelidir. Tasarım ve malzeme seçiminin kesiştiği bu aşamada teknik tasarım, elde veya dijital ortamda yapılabilir. Görsel 4.5'te elle yapılan teknik tasarımda kullanılan araç gereç görülür. Dijital ortamda yapılan tasarımların en büyük avantajı, seçilen malzemelerin davranışlarının simüle edilerek görülebilmesidir.



Görsel 4.5: Elde yapılan teknik tasarımda kullanılan araç gereç



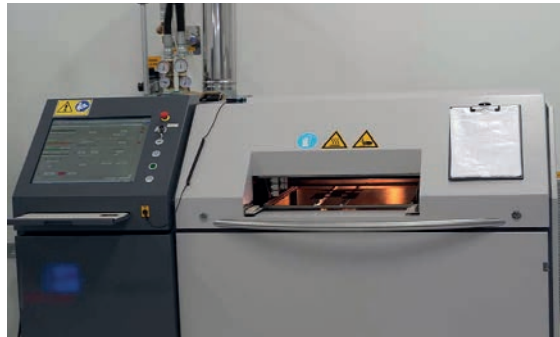
Araştırma

İlk motorlu uçağın kim tarafından yapıldığını ve yapım sürecini araştırarak elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız. Yapmış olduğunuz araştırmayı sunum dosyanıza yerleştiriniz.



Bunları biliyor muydunuz?

Uzay projelerinde kullanılan buharlı/vakumlu fırın, bileşenlerin ve malzemelerin hava yokluğunda hassas ısı işlem görmesini sağlar. Vakum ortamı, oksidasyonu önler ve yüksek sıcaklıklarda homojen ısı dağılımı sağlar. Bu fırın, ısı işlem gerektiren uzay bileşenlerinin güvenilirliğini ve dayanıklılığını artırır, böylece yüksek performans ve uzun ömür garantisi sunar.



Görsel 4.6: Buharlı Fırın

<https://uzay.tubitak.gov.tr/uretim-altyapimiz/>

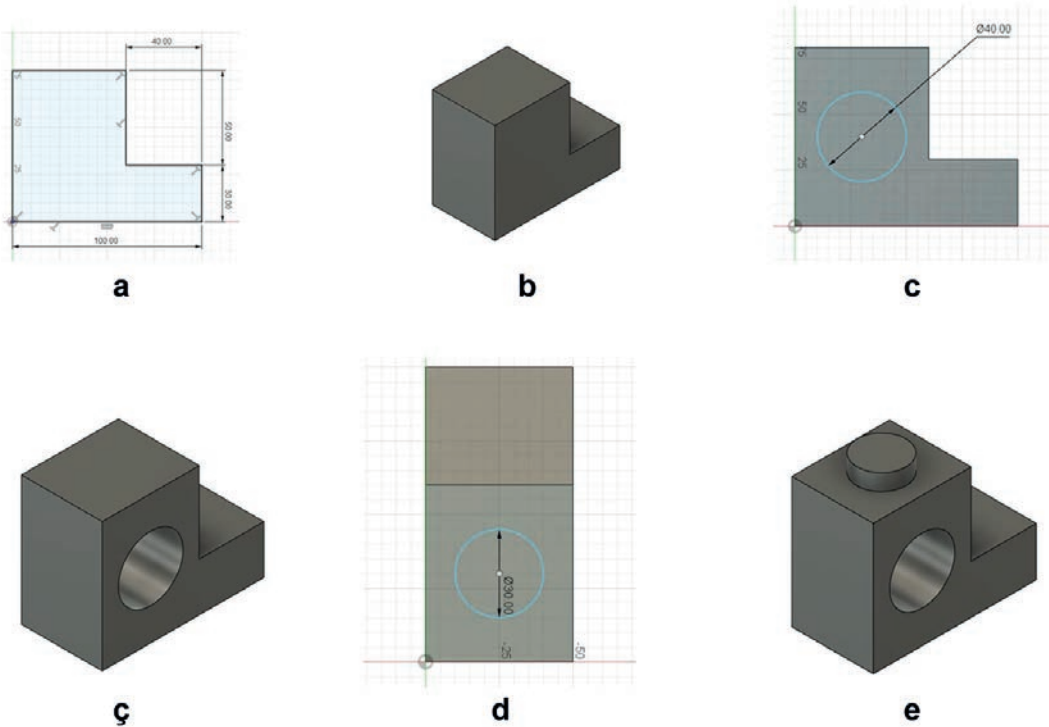


4. Öğrenme Birimi

4.1.2. Dijital Ortamda Tasarım ve Malzeme Seçimi

Bilgisayar destekli çizim programlarının yaygınlaşması, tasarımcıların işini çok kolaylaştırır. **CAD (Computer Aided Desing)** olarak da isimlendirilen bu programlarda tasarım ve malzeme seçimi aynı ortamda yapılır. Seçilen malzemenin fiziksel, kimyasal, elektriksel, optik vb. özellikleri simülasyon programları yardımıyla test edilebilir. CAD programıyla katı model oluşturmanın işlem basamakları şu şekildedir:

- Temel düzlemlerden (önden, üstten ve yandan) biri kullanılarak iki boyutlu tasarım yapılır [Görsel 4.7 (a)].
- Katlaştırma yöntemlerinden biri kullanılarak model oluşturulur [Görsel 4.7 (b)].
- Boşaltma yapılacak yüzeye iki boyutlu tasarım yapılır [Görsel 4.7 (c)].
- Boşaltma yöntemlerinden biri kullanılarak delme işlemi yapılır [Görsel 4.6 (ç)].
- Ekleme yapılacak yüzeye iki boyutlu tasarım yapılır [Görsel 4.7 (d)].
- Katlaştırma yöntemlerinden biri kullanılarak ekleme işlemi yapılır [Görsel 4.7 (e)].



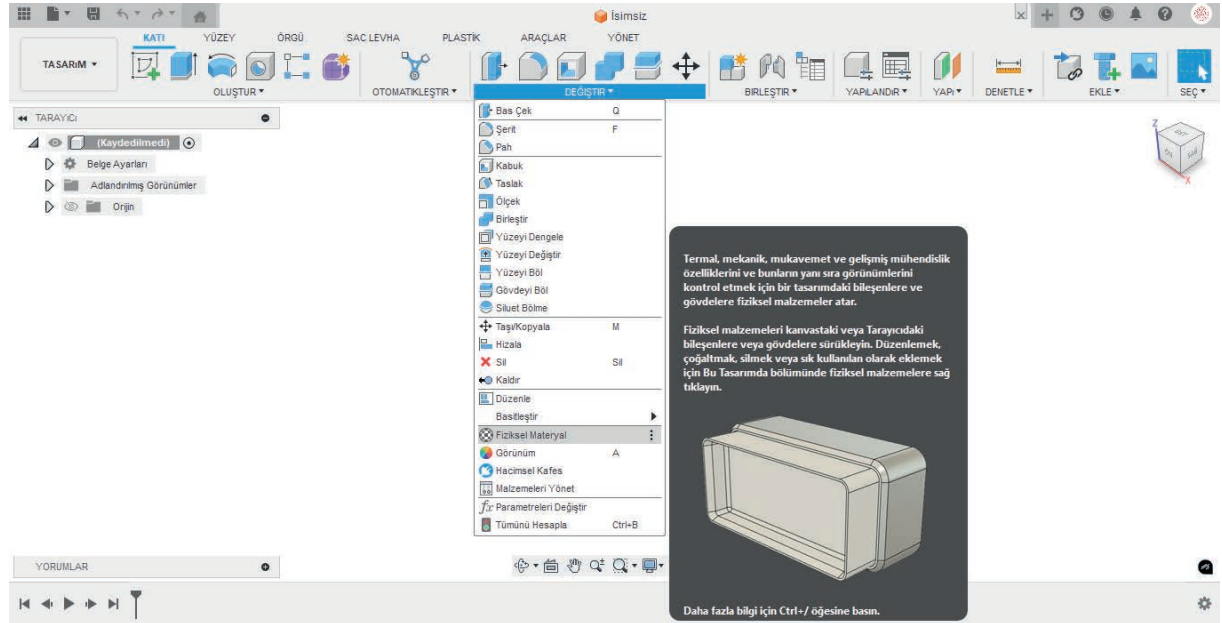
Görsel 4.7: CAD programında katı model oluşturma basamakları

İlgili işlem basamakları, oluşturulacak bütün katı modeller için geçerlidir. Hava ve uzay araçlarında kullanılacak parçalara ait oluşturulan katı modellerin faydaları şöyledir:

- Katı modellere malzeme atanabilir.
- Malzeme atanmış modelin her türlü fiziksel özelliği önceden bilinir.
- Modelin fiziksel ortamdaki her türlü davranışı, imal edilmeden önce bilinir.
- Oluşturulan katı modele malzeme atama işlemi şu şekildedir:

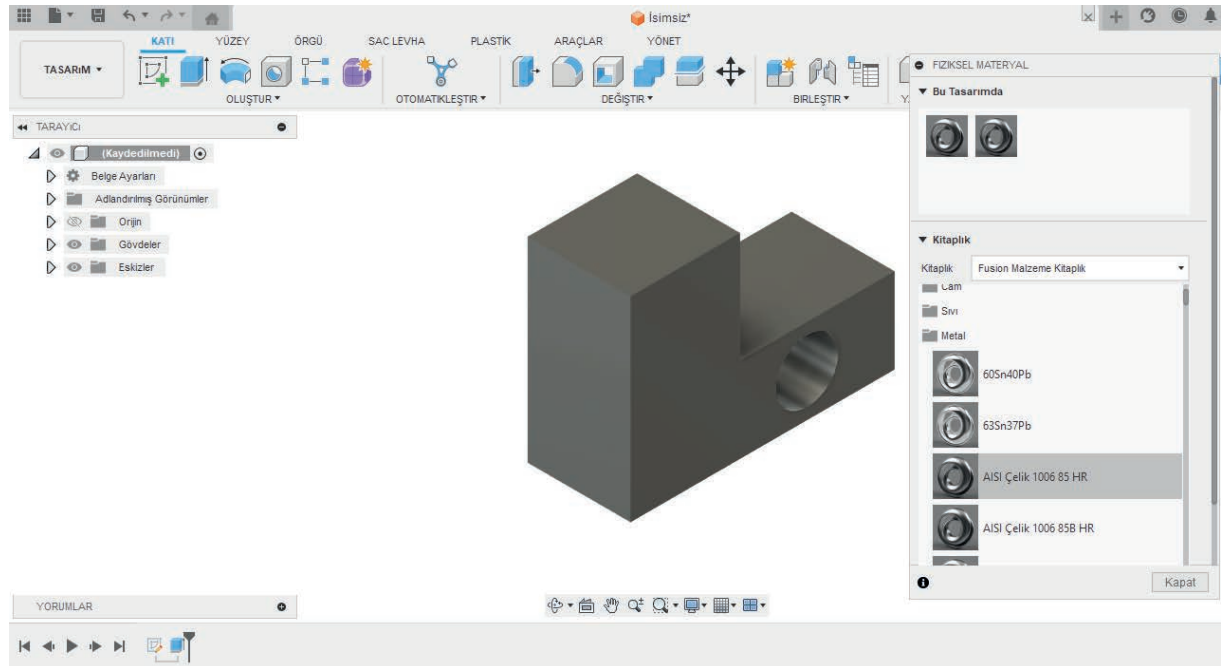


- Fiziksel materyal komutuna girilir (Görsel 4.8).



Görsel 4.8: Fiziksel materyal komutu

- Açılan diyalog kutusundan ilgili malzeme seçilir ve atanmak istenen malzemenin üzerine sürüklenir (Görsel 4.9).



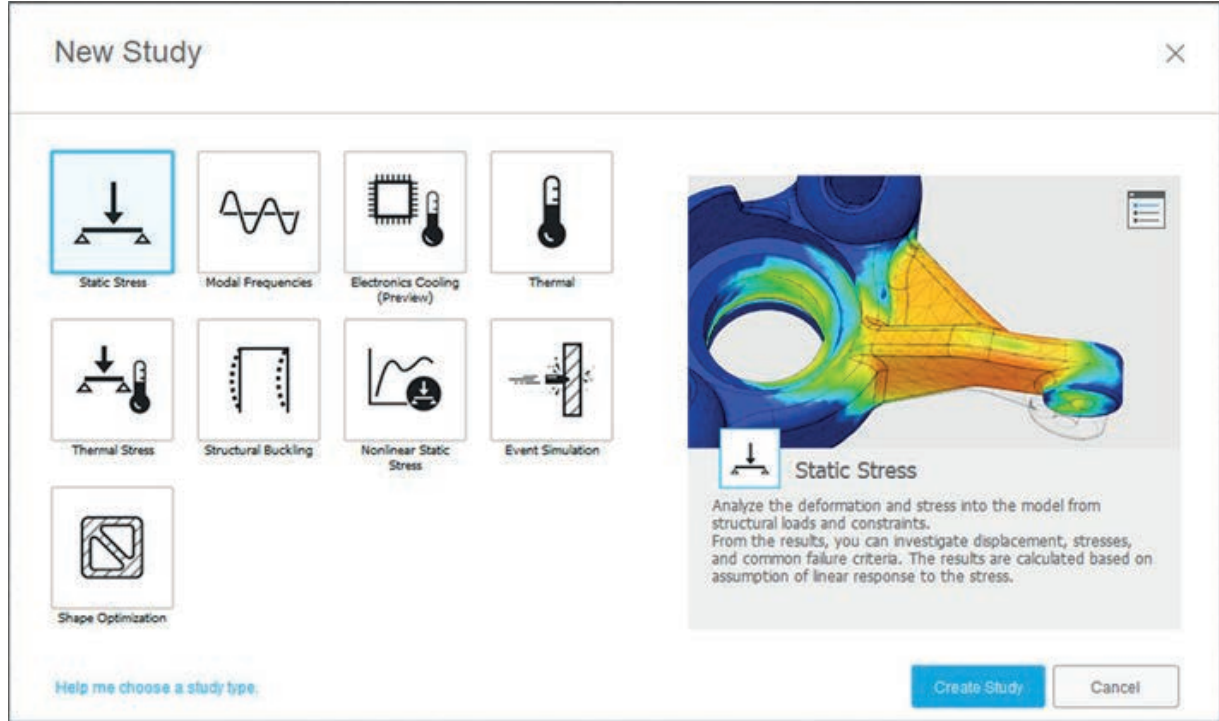
Görsel 4.9: Materyal atama



4. Öğrenme Birimi

Simülasyon, gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Program bünyesinde bulunan simülasyon komutları kullanılarak montajı oluşturan parçaların, montaj organlarının ve montajın analizleri alınabilir. Simülasyon komutlarının en büyük avantajları, ürünün performansının ve ömrünün önceden tahmin edilmesidir. Böylece tasarımlarda gereksiz maliyetlerden kaçınılır.

Tasarımı yapılmış parça veya parçalar için simülasyon bölümüne geçildiğinde açılan pencerede bulunan analiz yöntemlerinden biri seçilir (Görsel 4.10) ve **Create Study** butonuna farenin sol tuşuyla basılarak onaylanır.



Görsel 4.10: Yeni simülasyon oluşturma seçenekleri

Program bünyesinde bulunan simülasyon komutları şunlardır:

- Static Stress Analysis (Statik Gerilme Analizi)
- Modal Frequencies Analysis (Modal Frekans Analizi)
- Structural Buckling Analysis (Yapısal Burkulma Analizi)
- Thermal Analysis (Termal Analiz)
- Thermal Stress Analysis (Isıl Gerilme Analizi)
- Shape Optimization (Fotoğraf Optimizasyonu)

Hava ve uzay araçları sektöründe genel olarak **Static Stress Analysis** yöntemi kullanılır. Mekanik parçalar üzerine gelen farklı yüklerle göre gerilim analizi yapılarak boyutlandırılmadaki yeterlilik kontrol edilir.



4.2. İMALAT VE FABRİKASYON YÖNTEMİ

Uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılan malzemeler hem hafif hem de dayanıklı olmalıdır. Malzemenin yüksek dayanıklılığının yanı sıra ağır olması, hava aracının yakıt sarfiyatını artırır. Ayrıca hava aracının ağırlığı, kalkış ağırlığının da üzerine çıkarsa hava aracının kalkışını engeller ve güvenliği tehlikeye sokar. Hava aracına eklenen her bir ağırlık, hava aracının daha az faydalı yük (insan, kargo, yakıt vb.) taşımaya sebep olur. Bundan dolayı hava araçlarında malzeme seçimi oldukça önemlidir ve uzmanlık gerektirir.

Tarihte yanlış malzeme kullanımı kaynaklı birçok kaza görülür. 27 Ocak 1967 tarihinde gerçekleştirilen ve Ay'a ilk defa insan indirmeyi amaçlayan uzay görevi bunlardan biridir. Bu görevde koltuğun hemen önünde bulunan kabloların kısa devre yapmasıyla yangın çıkar ve uzay aracında kullanılan malzemelerin çoğunun yanıcı olması nedeniyle yangın hızla yayılır. Bu kazada uzay aracının üç mürettebatı hayatını kaybeder. Yaşanan olay sebebiyle bir buçuk yıl boyunca uzay programına ara verilir ve bu süreçte uzay aracında kullanılacak malzemelerde birçok değişikliğe gidilir. Bu değişikliklerden biri de yanıcı malzemeler yerine ısıya dayanıklı malzemelerin kullanılmasıdır. Malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken özelliklerden bazıları şu şekildedir:

İmalat Kolaylığı: Bir malzemenin imal edilebilir olmasıdır. İmal edilebilirlik, doğrudan malzemenin fiyatına da etki eder. İmalat sürecinde maliyeti artıran malzemelerin başında titanyum gelir. Ham maddeden saf titanyum üretmenin zor olması ve üretimi sırasında yüksek ısıya ihtiyaç duyulması, titanyumun maliyetini doğrudan artırır. Bundan dolayı titanyum üretimi için sürekli yeni yöntemler denir. Alüminyum malzemesi ise sıradan torna, freze gibi tezgâhlarda işlenebilir sertlikte olduğu ve eritilmesinde çok yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyulmadığı için parça üretiminde sıklıkla tercih edilir.

Kolay Elde Edilebilirlik: Üretilen parçada kullanılan malzemenin ihtiyaç duyulduğu her an bulunabilmesidir. Bu sebeple yurt dışından temin edilen malzemelerin elde edilebilirliği, yurt içinden temin edilen malzemelere göre daha risklidir. Örneğin savaş zamanlarında yurt dışından temin edilen malzemelere ambargo konabilir veya ülkeler kendi ihtiyaç artışlarını ileri sürerek malzemeyi satmayabilir. Bu durumda parça için seçilen malzeme, o an için ihtiyacı karşılaya bile parçanın hasar görmesi durumunda tekrar aynı parçayı üretmek sorun olabilir.

Korozyon Dayanımı: Metallerin atmosfer içinde bulunan gazların etkisiyle girdiği kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda metal özelliklerini kaybetmemesidir. Kullanılan malzeme, korozyon sebebiyle hasar görür ve tespit edilmezse çalışma esnasında malzemeyi içeren parça da hasar görebilir. Bu durumda mal ve can kaybı meydana gelebilir. Her metalin korozyona karşı direnci birbirinden farklıdır. Örneğin titanyum alaşımlarının korozyon direnci, dökme demire göre oldukça yüksektir. Yüksek çalışma sıcaklıkları ve nem, metallerin korozyon direncini düşürür. Bu yüzden parçanın kullanılacağı alandaki korozif ortam ve malzemenin korozyon direnci göz önüne alınarak uygun malzeme seçilmelidir.



Bunları biliyor muydunuz?

Uzay projelerinde kullanılan PCB yıkama makinesi, elektronik kartların üzerindeki kir, akı ve diğer kalıntıları tamamen temizler. Bu makine, yüksek basınçlı su püskürtme, ultrasonik temizlik ve sıcak hava kurutma özellikleri ile donatılmıştır. Böylece, hassas uzay bileşenlerinin uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar. Kalite yönetim standartlarına uygun olarak çalışan PCB yıkama makinemiz, uzay teknolojilerinde kritik öneme sahip temizlik ve güvenilirliği garanti eder.

<https://uzay.tubitak.gov.tr/uretim-altyapimiz/>

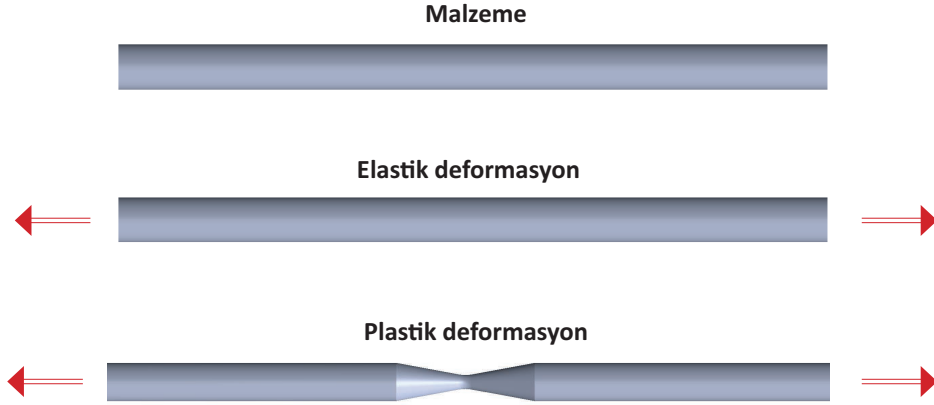


Görsel 4.11: PCB Yıkama Makinesi



4. Öğrenme Birimi

Yorulma Karakteri: Üzerine uygulanan yükün sürekli artırılması sonucunda malzeme, önce elastik deformasyona daha sonra plastik deformasyona uğrar. Uygulanan kuvvet, elastik deformasyon bölgesindeyken kaldırılırsa malzemenin boyunda bir değişme meydana gelmez (Görsel 4.12). Bununla birlikte uygulanan kuvvet miktarı, plastik deformasyon bölgesine çıkarsa yük kaldırılırsa dahi malzemede kalıcı değişiklik meydana gelir ve malzeme ilk şekline geri dönemez.



Görsel 4.12: Elastik ve plastik deformasyon

Elastik bölge dışına çıkmayan kuvvetlerin malzemeye kalıcı hasar vermesi beklenmez ancak elastik bölgede uygulanan tekrarlı kuvvetler, malzemede **yorulma** denen bir hasar meydana getirir. Malzemelerde meydana gelen hasarların büyük çoğunluğu, yorulmadan kaynaklıdır. Malzemede yorulma hasarının ne zaman gerçekleşeceğini tespit etmek oldukça güçtür. Sünek malzemeler, esnedikleri için gevrek malzemelere göre daha az yorulma hasarı alır. Bundan dolayı özellikle uçak kanatlarının bir miktar esneme hareketi yapması istenir.

İmalat Maliyeti: Malzemeyi ham madde hâlinde tasarlanan parça hâline getirmek için harcanan tüm giderlerdir. İmalat maliyeti; tasarlanan parçada kullanılacak malzemenin ham madde fiyatı, nakliye fiyatı, malzemeyi tasarlanan parça hâline getirmek için harcanan iş ve enerji maliyeti gibi giderleri kapsar. Malzemenin imalat maliyetini etkileyen faktörler şu şekildedir:

- Parçada kullanılan malzemenin ham maddesinin nadir olması ve çok talep görmesi
- Malzemenin ham maddeden mamul hâline geldiği süreçteki işlenebilirliği
- Üretilen parçanın kullanım süresi
- Malzemenin taşıma maliyeti

Tasarım Kolaylığı: Parçaların tasarımının sadeliği, doğru malzeme seçimi kadar önemlidir. Parçaların tasarımında girinti çıkıntının az olması, üretim açısından kolaylık sağlar. Parça tasarımındaki girinti çıkıntı sayısının artması, malzemenin dökümünü ve işlenebilirliğini zorlaştırır. Bununla birlikte köşeli yapılar, stresin biriktiği noktalar. Alana yayılması gereken kuvvetler köşeli yapılarda birikir. Örneğin gazlı içecek tenekelerinin silindirik şeklinde olmasının nedenlerinden biri, tenekenin içindeki basınç kuvvetini eşit dağıtmaktır. Havacılık endüstrisinde de köşeli tasarımlar genellikle tercih edilmez. Jet motorlu ilk yolcu uçaklarının pencere tasarımları köşelidir. 1950'li yıllardan 1953'lü yıllara kadar üç defa uçak kazası gerçekleşir ve uçaklar havada parçalanır. Uçak gövdesinin suya batırılmasıyla yapılan basınç testlerinden basıncın oluşturduğu stresin pencerelerin köşelerinde biriktiği ve pencere köşelerinde çatlaklara neden olduğu anlaşılır. Çatlaklar, hızla uçak gövdesine yayılarak gövdenin parçalanmasına neden olur.

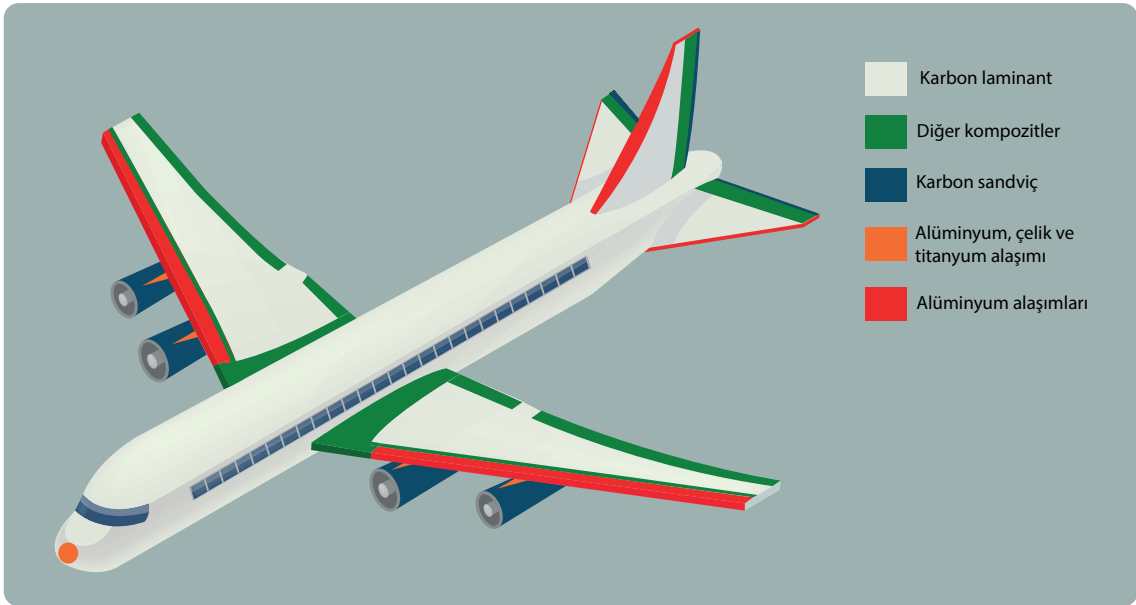


4.2.1. Genel Havacılık Malzemeleri

İnsanlığın havacılığa olan merakı, uzun yıllar öncesine dayanır. İnsanlığın havacılık tarihi, uçurtma ve kule atlamalarından jetlerle yapılan süpersonik uçuşlara kadar 2.000 yıllık bir süreci kapsar.

4.2.1.1. Uçak Kısımlarında Kullanılan Malzemeler

Uçaklarda kullanılan malzemeler, yıllar içinde önemli gelişmeler gösterir. Örneğin ilk üretilen uçağın yükünü taşıyan yapısal elemanları ahşaptır ve bunların dış kaplamaları kumaştır. Bu şekilde üretilen uçaklarda 12,5 beygir gücüne sahip benzinli motorlar kullanılır. Bugün araba motorlarının gücü, yaklaşık 170 beygirdir. Bugünkü araba motorlarına kıyasla o yıllardaki uçakların motorları oldukça güçsüzdür. Sonraki yıllarda ise gövdesinde alüminyum alaşımların kullanılması ve gaz türbinli motorların geliştirilmesiyle ses hızına yakın ve çok daha yüksek irtifalarda uçabilen uçaklar üretilir. Bugün ise yolcu uçaklarının özellikle gövde kısımlarında kullanılan metallerin yerini çelikten çok daha dayanıklı ve hafif kompozit malzemeler alır (Görsel 4.13). Bunun yanı sıra ses üstünün birkaç katı hızına çıkabilen motorlar üretilir.



Görsel 4.13: 2007 yılında üretilen yolcu uçağında kullanılan malzemeler

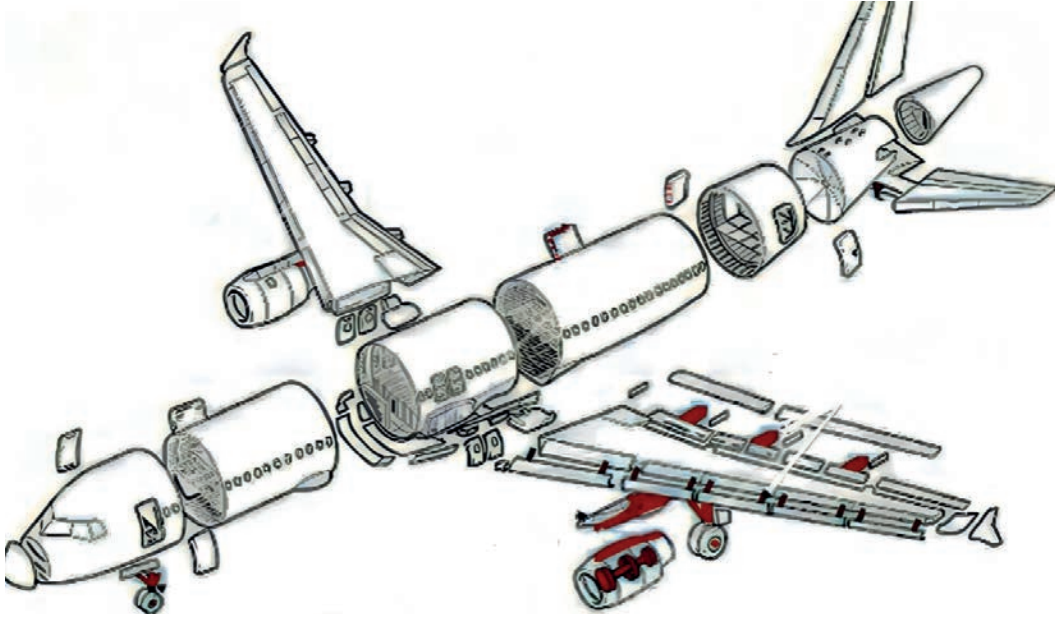
Uçakta Kullanılan Çelik Alaşımları

Alaşımlı çelikler, ağırlıklarından dolayı sınırlı uygulama alanına sahiptir. Modern bir jet uçağının yaklaşık %15'ini alaşımlı çelikler oluşturur. Sertlik, çekme mukavemeti, aşınma ve yüksek ısı direnci gereken yerlerde tercih edilir. Uçakların motor bağlantılarında, kapı mandallarında ve diğer bağlantı elemanlarında kullanılır. Uçak motorlarının ise %45'ini alaşımlı çelikler oluşturur.



4. Öğrenme Birimi

Alaşımlı çelikler; motorların şaft, dişli gibi birçok parçasında kullanılır (Görsel 4.14).



Görsel 4.14: Yolcu uçaklarında çeliğin genel kullanım yerleri

Uçakta Kullanılan Alüminyum Alaşımları

Döküm alüminyum, içindeki silikondan dolayı yüksek akışkanlığa sahiptir ve karmaşık şekiller üretmek için kullanılır. Döküm alüminyum alaşımları, uçakların dişli kutularında ve pistonlu motorların krank karterinde kullanılır. Dövme alüminyum alaşımlar ise bazı yolcu uçaklarının gövde yapılarında tercih edilir.

Uçakta Kullanılan Magnezyum Alaşımları

Magnezyum alaşımları, alüminyumdan kütle olarak %66 daha hafif olması sebebiyle en hafif mühendislik metallere aittir. Ağırlıktan tasarruf etmek için bazı helikopter ve uçak modellerinde magnezyum alaşımlı sacdan yararlanılır. Uçakların genellikle tekerlek, türbin motor kasası, valf gövdesi gibi yerlerinde kullanılır.

Uçakta Kullanılan Titanyum Alaşımlar

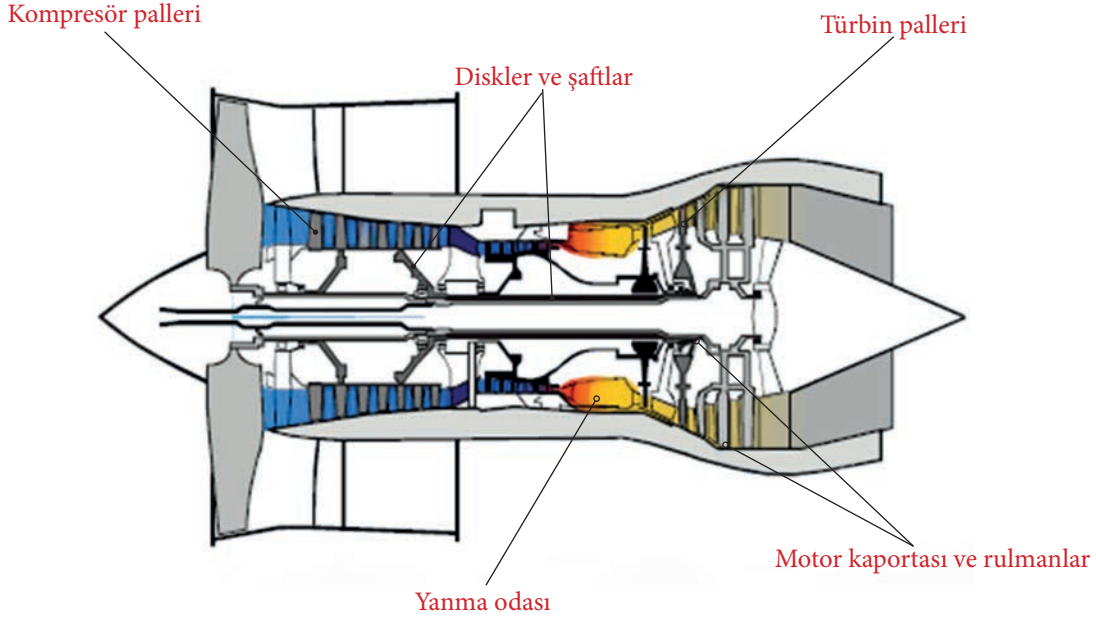
Titanyum, yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahip metaldir. Alüminyumdan kütle olarak %60 daha ağır ancak iki kat daha güçlüdür. Çeliğe kıyasla kütlesi, %45 daha hafif olmasına rağmen mukavemeti aynıdır. Titanyum alaşımları, yüksek korozyon direncine sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı titanyum alaşımları, bazı taktiksel savaş uçaklarında kullanılan malzemelerin %52'sini oluşturur. Yüksek mukavemet ve korozyon direnci gerektiren civata ve bağlantı elemanları, hidrolik borular, helikopter rotor başları gibi birçok parçanın üretiminde kullanılır.

Uçakta Kullanılan Süper Alaşımlar

Süper alaşımlar, ilk olarak 1940 yılında İngiltere'de gaz türbinli motorlarda kullanılır. 1940 yılında geliştirilen ve **nimonik** serisi olarak bilinen nikel-krom alaşımıdır. Nikel-krom alaşımına az miktarda alüminyum, titanyum, kobalt ve molibden eklenerek alaşımın sertliği ile dayanımı artırılır. Süper alaşımın geliştirilmesi devam eder ve bugün uçak motorlarında hâlâ kullanılır. Diğer bir süper alaşım ise ABD'de geliştirilen **inkomel** grubudur. **İnkomele 600**; %75 nikel, %15 krom ve %8 demir içeren süper alaşım çeşididir. Düşük sıcaklıktaki çalışma şartlarında performansları



ve görünümleri çeliklerle benzerlik gösterir. Üzerindeki krom oksit koruyucu film, yüksek sıcaklıklarda sertliği koruduğu ve oksitlenmeyi engellediği için özellikle hava araçlarının motorlarında kullanılır (Görsel 4.15). Süper alaşımlar, yüksek sıcaklıklara dayanacak şekilde geliştirildiğinden bu malzemelerin akma dayanımları yüksek ve sünekliği sınırlıdır. Bu özellikler, süper alaşımların işlenmesini zorlaştırır.

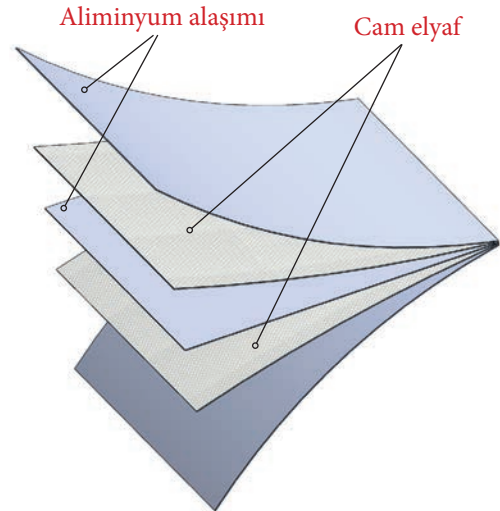


Görsel 4.15: Turbofan motorlarda süper alaşımların kullanıldığı yerler

Uçakta Kullanılan Kompozit Malzemeler

Kompozit malzemeler üç farklı yapı şeklinde kullanılır.

1. Laminant: Reçine ile farklı matris katmanlarından oluşan yapılardır. Bu yapılarda ilk katman karbon fiberden oluşup ikinci katman cam elyaftan oluşabilir. Bir katman sertliği artırırken diğer katman esneklik sağlayabilir. **Cam takviyeli alüminyum laminant [GLARE (Glass Reinforced Aluminium Laminates)]** bugün en çok bilinenidir. Cam takviyeli alüminyum laminantlar (Görsel 4.16), 2007 yılında üretilen yolcu uçağıyla adını duyurur ve daha sonra birçok uygulamada kullanılır. Özellikle 2000 yılından sonra uçak gövdesinde kullanılan alüminyum alaşımları, yerini cam takviyeli alüminyum laminantlara bırakır. Cam takviyeli alüminyum laminantların alev direnci oldukça yüksektir. Gövdeye yıldırım çarpması durumunda yalnızca dış alüminyum tabaka erir. Açığa çıkan cam elyaf, alevin sıcaklığına dayanırken epoksi reçine ise tabakaların delinme ve ayrılma hasarının yayılmasını engeller. Cam elyaflar iletken olmadığı için alüminyum katmanlar arasındaki galvanik korozyonu engeller.

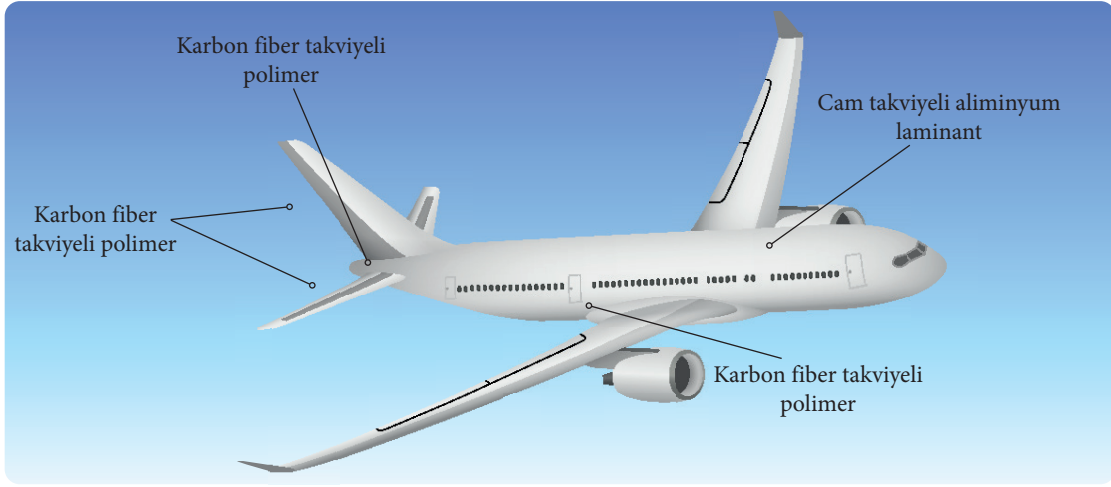


Görsel 4.16: Cam takviyeli alüminyum laminantlar



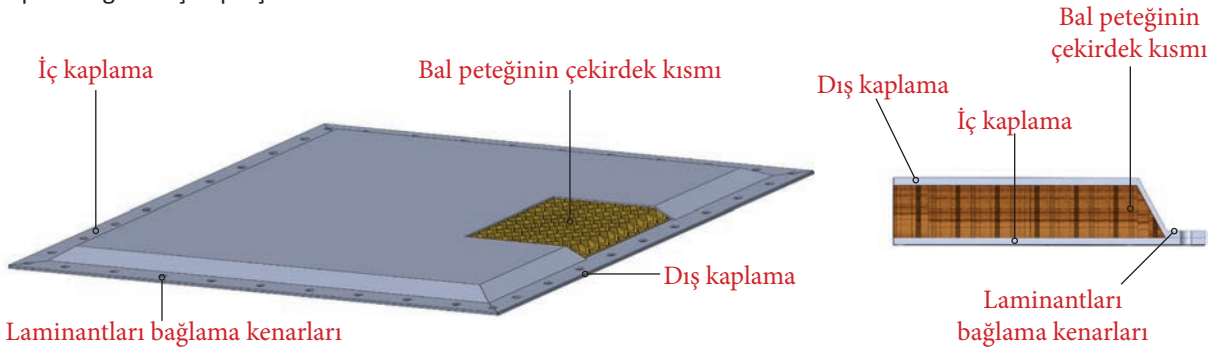
4. Öğrenme Birimi

Cam takviyeli alüminyum laminantlarla özellikle yolcu uçaklarının yapısal elemanlarında kullanılan karbon fiber takviyeli polimer [CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer)] malzemelerin üretim maliyetleri yüksektir (Görsel 4.17). Cam takviyeli alüminyum laminantların kilogramı, geleneksel alüminyum alaşımlarına göre yaklaşık 5-10 kat daha pahalıdır.



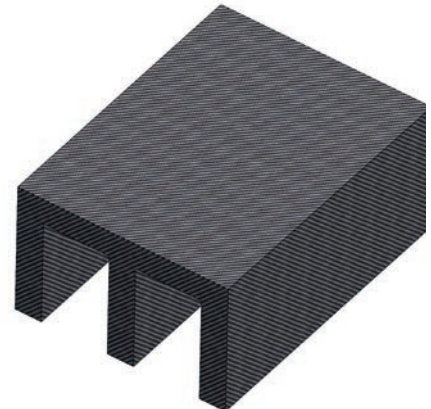
Görsel 4.17: Cam takviyeli alüminyum laminantlar ve karbon fiber takviyeli polimerlerin uçaktaki kullanım yerleri

2. Sandviç: Matris yapıları arasında bal peteği şeklinde çekirdek yapı vardır (Görsel 4.18). Bu çekirdek yapı kullanım alanına göre alüminyum, elyaf, balsa ağacı gibi malzemelerden oluşur. Sandviç yapılar, yolcu uçaklarının zemini, kaportası gibi birçok parçasında kullanılır.



Görsel 4.18: Sandviç yapı

3. Monolitik: Tek tip matrislerden oluşan yapılardır (Görsel 4.19). Bu yapılarda ilk katmanda karbon fiber elyaf varsa diğer katmanlarda da karbon fiber elyaf olur. Laminant yapılara göre daha fazla dayanım ve performans sunmakla birlikte laminantlardaki farklı matrislerin sağladığı avantajlardan yoksundur.



Görsel 4.19: Monolitik yapı

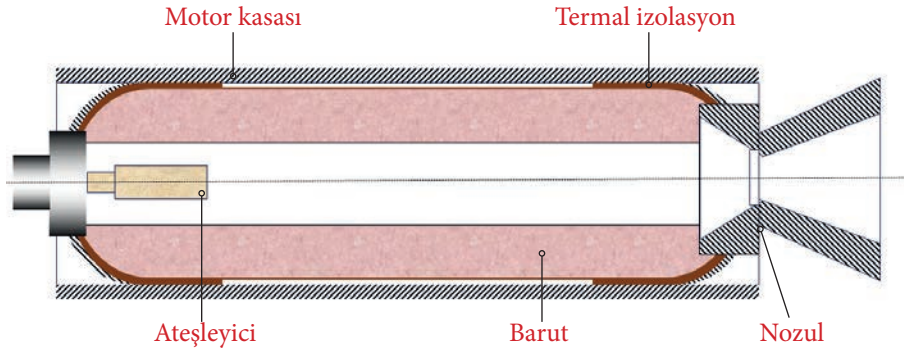


4.2.1.2. Roket Kısımlarında Kullanılan Malzemeler

Roket sistemlerinde kullanılmak için seçilen malzemelerle savaş uçaklarında kullanılan malzemelerin benzer birçok yönü vardır. Her iki hava aracının da itki sistemi yüksek çalışma sıcaklıklarına, gövdeleri ise zorlu atmosfer koşullarına ve yüksek hızlara dayanıklı malzemelerden yapılır.

Roketin Motor Kasası

Uzay mekiği gibi katı yakıtlı motor roketlerinde büyük motor kasası kullanılırken askerî amaçlı roketler için küçük motor kasası kullanılır (Görsel 4.20). Motor kasası, ölü ağırlık kabul edildiği için hafif olmalıdır. Bu sebeple düşük karbon miktarına sahip, mukavemet ve tokluğu iyi olan **maraging** gibi çelikler tercih edilir. Bazı roketlerde ise düşük ağırlıklarından dolayı **karbon-aramid takviyeli kompozitler** kullanılır.



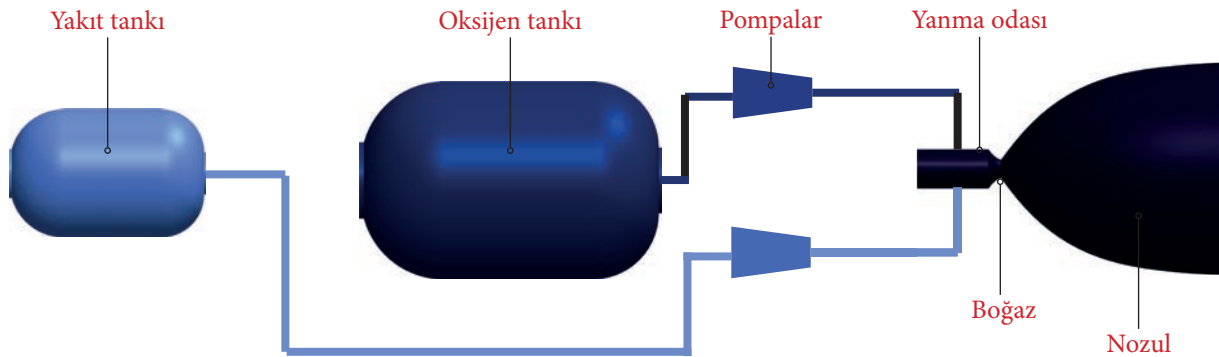
Görsel 4.20: Askerî amaçlı roketin kısımları

Roketin Isı Yalıtımı

Roketin itici kısmıyla gövdenin iç yüzeyi arasında yalıtım malzemesi bulunur. Yalıtım malzemesinin amacı, ortaya çıkan ısıdan motor gövdesini korumaktır. İzolasyonu sağlayacak malzeme, motor kullanımında olduğu süreçte özelliğini korumalıdır. İzolasyon için yapısı ve şekli kolay bozulmayan ayrıca yalıtım özelliği yüksek, lif veya toz şeklindeki **elastomerik** malzemeler kullanılır. Roketin boğaz kısmında aşınma direncinin yüksek olmasından dolayı **grafit** kullanılır.

Füze Tahrik Sistemi

Füze tahrik sistemleri genel olarak ateşleyici, nozul ve hazneden oluşur. Ateşleyici, yanmanın kontrollü şekilde başlatılmasını sağlar. Nozul, yanmış gazların atıldığı kısım olduğundan yüksek sıcaklıklara ulaşır. Nozul gövdesini yüksek ısı yükünden korumak için **silika fiber** veya **karbon takviyeli kompozitler** tercih edilir. Roketlerin hazne bölümü, basınçlı gaz depolama tanklarından oluşur (Görsel 4.21).



Görsel 4.21: Roketin yapısı

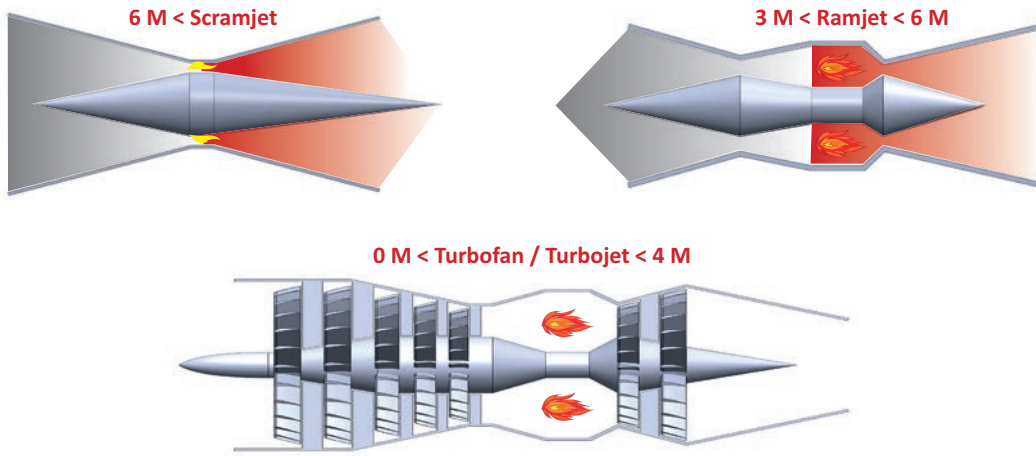


4. Öğrenme Birimi

Depolama tanklarının, gazın yüksek basıncına dayanabilecek güçte ve hafif olması gerekir. Depolama tankları, itici sistemini beslemek için basınçlıdır. Basıncıtan dolayı silindirik şeklinde üretilir. Yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahip çelik alaşımından veya titanyum alaşımından yapılır.

Ramjet ve Süpersonik Yanmalı Ramjet (Scramjet)

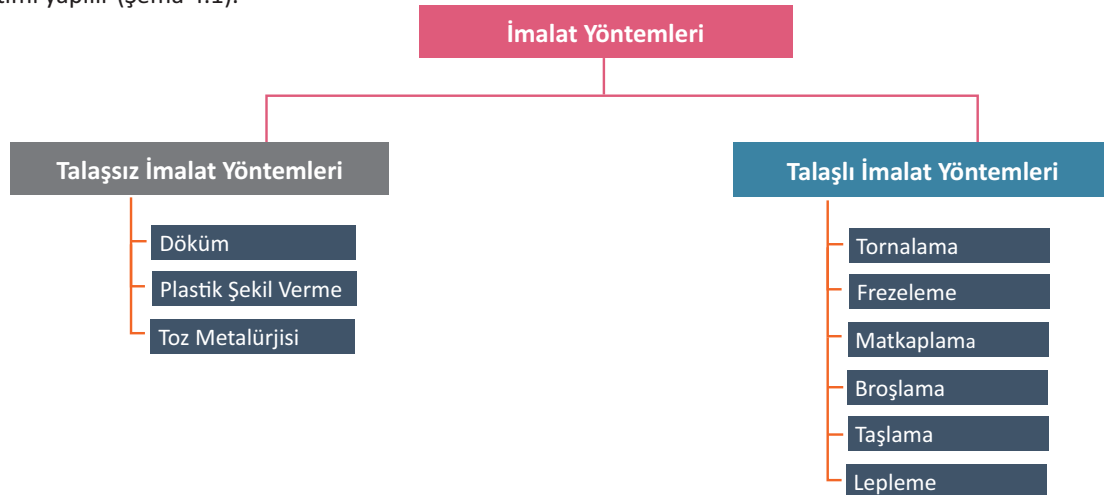
Uçaklarda kullanılan motorların hızları **mach (mak) sayısı** ile (Görsel 4.22). Ses hızı 1 mak'a eşittir. **Ramjet**, ses hızının üç ila altı katı arasında hızlara ulaşabilen ve daha çok roketlerde kullanılan motordur. **Scramjet** ise ses hızının altı katından daha yüksek hızlara çıkabilen ve hipersonik seyir füzelerinde kullanılan motordur. Her iki motorun çalışma prensipleri, uçaklarda kullanılan turbofan/turbojet motorlarla aynı olsa da yapıları oldukça farklıdır. Özellikle ramjet ve screamjet motorlarda, turbofan/turbojet motorlardaki gibi havayı sıkıştıran kompresör ve kompresörün dönmesini sağlayan türbin kısımları bulunmaz.



Görsel 4.22: Hava araçlarında kullanılan motorların hızları

4.2.2. Havacılık/Uzay Malzemelerinin İmalat ve Fabrikasyon Yöntemleri

İmalat ve fabrikasyon yöntemlerinin amacı; tasarlanmış parçanın hızlı, yüksek kaliteli ve düşük maliyetli şekilde üretilmesini sağlamaktır. İmalat yöntemi; parçanın geometrisi, parçanın üretiminde kullanılacak malzeme gibi birçok değişkene bağlı olarak seçilir. Fabrikalarda genellikle talaşsız imalat ve talaşlı imalat yöntemleriyle parça üretimi yapılır (Şema 4.1).



Şema 4.1: İmalat ve fabrikasyon yöntemleri



Araştırma

Bugün evlerde parça üretimine imkân sağlayan katmanlı imalat teknolojilerinin çeşitlerini ve havacılık sektörüne katkıları araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.

4.2.2.1. Talaşsız İmalat Yöntemleri

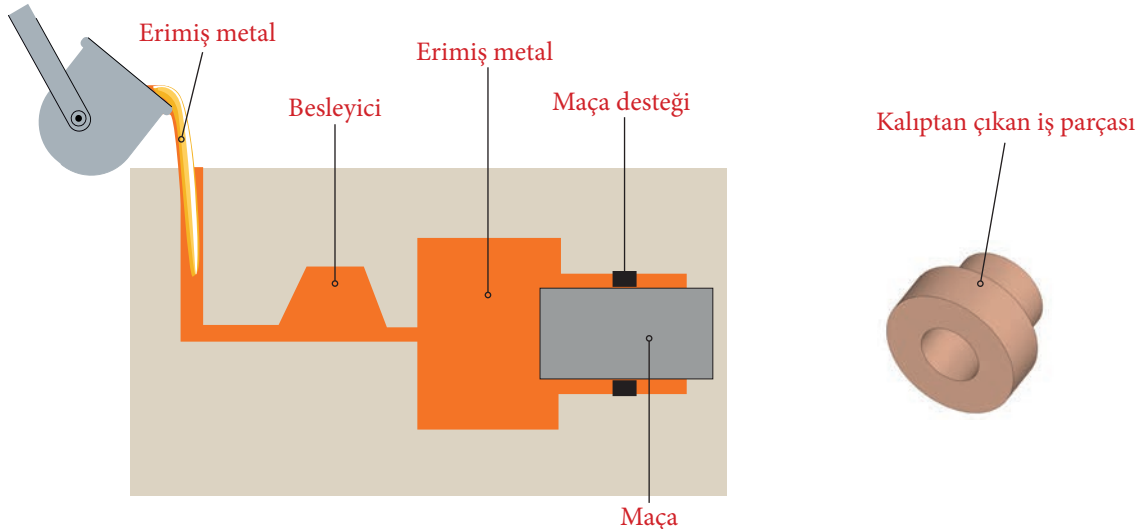
Tasarımı yapılan parçanın üretimi esnasında, malzemenin kütlesinde eksilme olmamasına bir başka deyişle malzemeden parça çıkışı gerçekleşmemesine **talaşsız imalat** denir. Talaşsız imalat yöntemlerinin başında döküm, plastik şekil verme ve toz metalürjisi gelir (Şema 4.2).



Şema 4.2: Talaşsız imalat yöntemleri

1. Döküm Yöntemleri

Üretilmek istenen parçanın şeklini alması amacıyla kalıbın içindeki tasarlanan parça biçimli boşluğa eritilen metalin dökülerek soğutulmasına **döküm** denir. Kum kalıbı gibi bazı kalıplar tek kullanımlıdır. Kalıplama işleminden sonra kum kalıbı bozularak parça çıkartılır (Görsel 4.23). Metal kalıplar gibi kalıcı kalıplarda ise birden çok üretim yapılır. Bu kalıplar açılarak içinden dökümü yapılan parça çıkartılır. Bugünkü döküm yöntemleri, üretilmek istenen her geometrik parçanın dökümüne imkân sağlar. Döküm yöntemleriyle birkaç milimetrelik parçadan birkaç metrelik parçaya, birkaç gramlık parçadan birkaç tonluk parçaya kadar üretim yapılır. En önemli husus ise parça tasarımı ve kullanılan malzemeye göre maliyeti en uygun döküm yöntemini seçmektir.



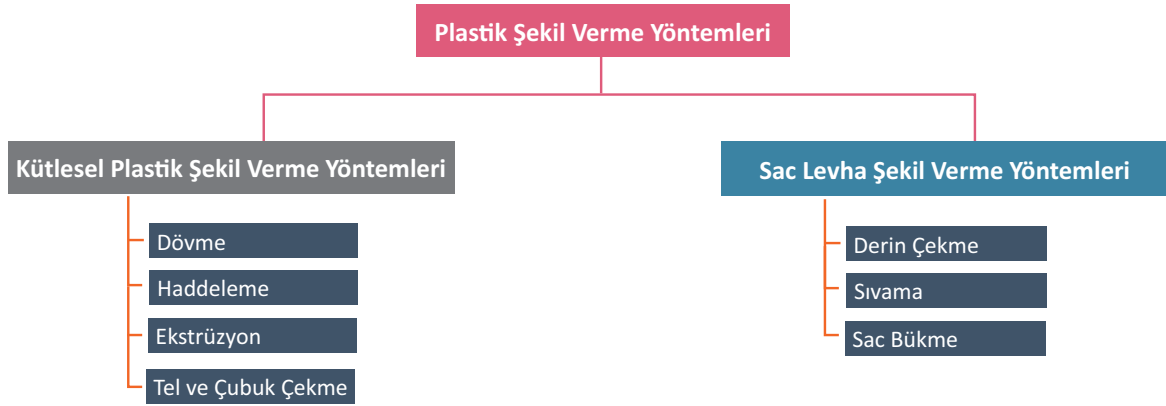
Görsel 4.23: Kum kalıba döküm yöntemi



4. Öğrenme Birimi

2. Plastik Şekil Verme (Metal Şekillendirme) Yöntemleri

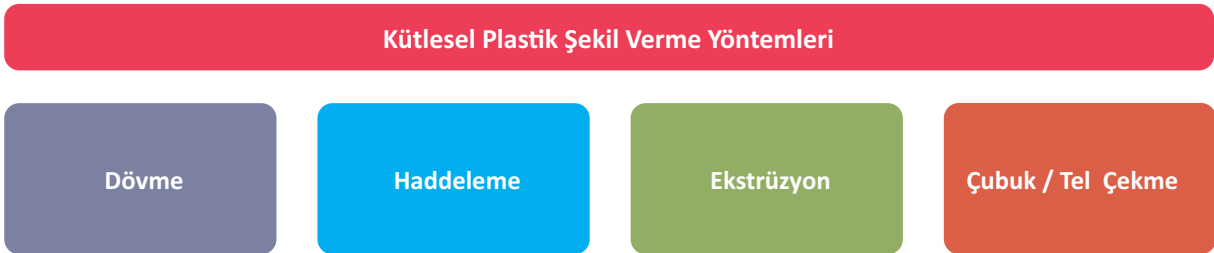
Uygulanan kuvvet etkisiyle bir malzemenin boyunda ve eninde değişim meydana gelmesine **şekil değiştirme** denir. Şekil değişimi kalıcı değilse buna **elastik şekil değiştirme**, kalıcıysa **plastik şekil değiştirme** denir. Ayrıca malzeme, kuvvet etkisinde bir miktar şekil değiştirdikten sonra kopuyor veya kırılıyorsa bu tür malzemelere **sünek malzemeler** denir. Kuvvet etkisi altında şekil değişikliğine uğramadan kopan veya önemsiz bir miktar plastik şekil değiştirerek kopan yahut kırılan malzemelere **gevrek malzemeler** denir. Sünek malzemeler, gevrek malzemelere göre soğuk metal şekillendirmeye daha uygun malzemelerdir. Malzemenin iç yapısı, kimyasal yapısı, tane yapısı gibi özelliklerine göre plastik şekil verme yöntemlerinden biri seçilir. Plastik şekil verme yöntemleri, malzemenin özelliğine göre malzeme soğuk veya sıcak hâldeyken uygulanır. Başlıca plastik şekil verme yöntemleri Şema 4.3'te görülür.



Şema 4.3: Plastik şekil verme yöntemleri

a. Kütlesel Plastik Şekil Verme Yöntemleri

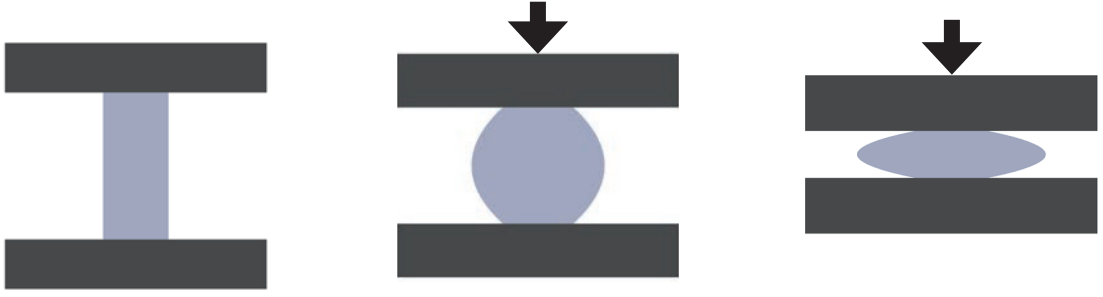
Kütlesel plastik şekil verme yöntemleri; çekme, basma vb. kuvvetler uygulanarak malzemeye istenen şeklin verilmesidir (Şema 4.4). Bu yöntemler, malzemenin cinsine göre malzeme sıcakken yahut soğukken uygulanır.



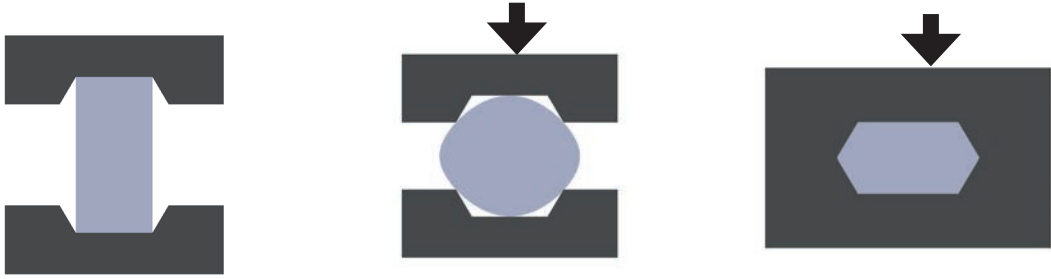
Şema 4.4: Kütlesel plastik şekil verme yöntemleri



Dövme: Malzemenin tekrarlı darbelerle şekillendirilmesidir. Kapalı kalıp ve açık kalıp olmak üzere iki yöntemi vardır (Görsel 4.24, 4.25).

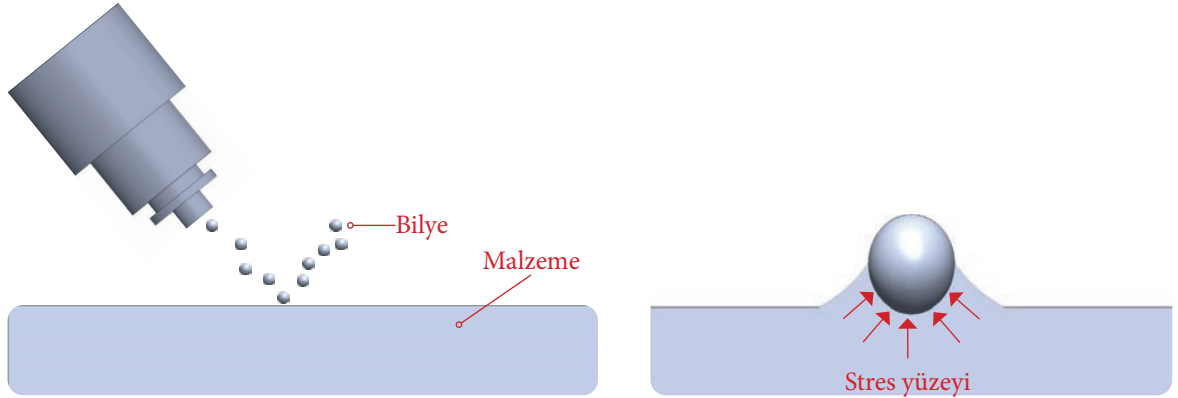


Görsel 4.24: Açık kalıp dövme yöntemi



Görsel 4.25: Kapalı kalıp dövme yöntemi

Dövme işlemleri, parça şekillendirmenin yanı sıra parçanın mekanik özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. **Bilyeli dövme**, malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için kullanılan işlemlerdendir (Görsel 4.26). Bilyeli dövme işleminde iş parçasına kıyasla çelik, seramik gibi daha sert malzemelerden yapılmış küçük bilyeler, malzeme üzerine kontrollü olarak püskürtülür. Malzemenin yüzeyine püskürtülen bu parçacıklar, plastik deformasyon oluşturur. Bu işlem genellikle malzemenin yorulma dayanımını artırmak için yapılır.

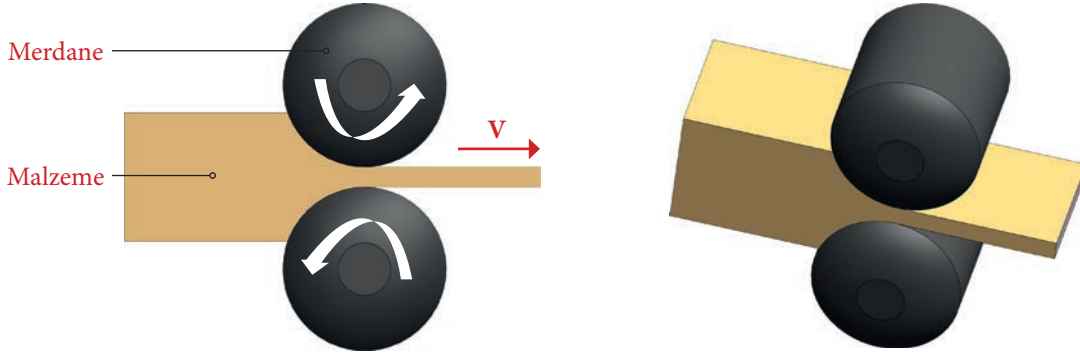


Görsel 4.26: Bilyeli dövme işlemi



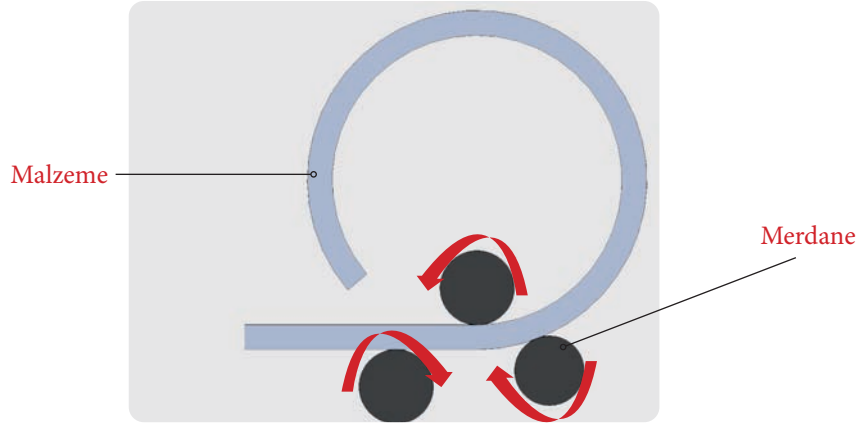
4. Öğrenme Birimi

Haddeleme: Birbirine zıt yönde dönen iki silindir merdane arasına yerleştirilen malzemenin, merdanelerin yaptığı basınçla istenen inceliğe getirilmesidir (Görsel 4.27). Bu işlemde malzemenin boyu uzarken kesit alanı daralır. Malzemenin eninde ise değişim olmaz veya önemsenmeyecek kadar az miktarda değişim olur.



Görsel 4.27: Haddeleme işlemi

Haddeleme, malzeme inceltme işleminin yanı sıra sac levha bükme işlemleri için kullanılır (Görsel 4.28, 4.29). Özellikle boru, tank gibi silindirik parçalar üretmek için tercih edilir.



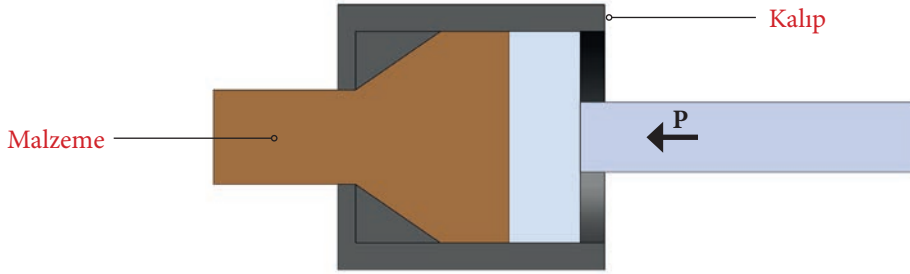
Görsel 4.28: Haddeleme ile silindirik parça üretimi



Görsel 4.29: Silindirik bükme makinesi

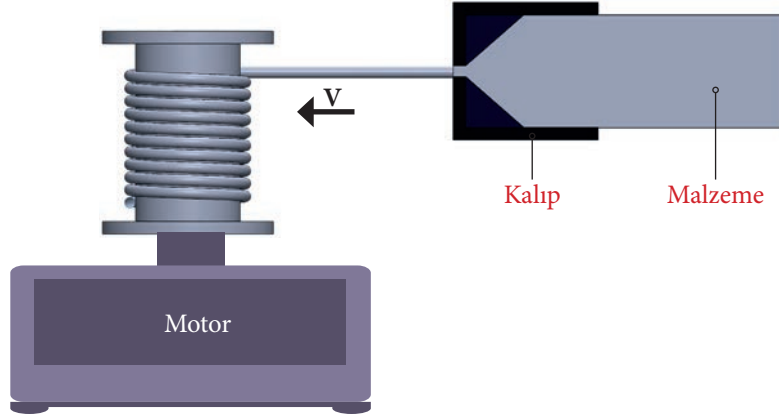


Ekstrüzyon: Malzemenin, üretilmek istenen şekle göre hazırlanmış kalıbın içinden yüksek basınç kuvvetiyle çıkmaya zorlanmasıdır (Görsel 4.30). Ekstrüzyon işlemi; metallerin yanı sıra seramik, plastik gibi farklı malzemelere uygulanabilir.



Görsel 4.30: Ekstrüzyon işlemi

Tel ve Çubuk Çekme: Malzemenin, uygulanan çekme kuvvetiyle kalıptan çıkmaya zorlanmasıdır (Görsel 4.31). Ekstrüzyon yöntemine benzer ancak ekstrüzyon yönteminde malzemeye **basma kuvveti** uygulanırken bu yöntemde **çekme kuvveti** uygulanır. Çekme kuvveti genellikle makaraya bağlı bir motor tarafından gerçekleştirilir.



Görsel 4.31: Tel ve çubuk çekme işlemi

b. Sac Levha Şekil Verme Yöntemleri

Sac levha şekil verme yöntemleri; tank, boru, kazan gibi farklı parçalar üretmek için belirli kalınlıktaki sac levhalara aç ve şekil verilmesi için uygulanan işlemlerdir. Sac levhalar, farklı kalınlıklarda üretilir (Görsel 4.32).

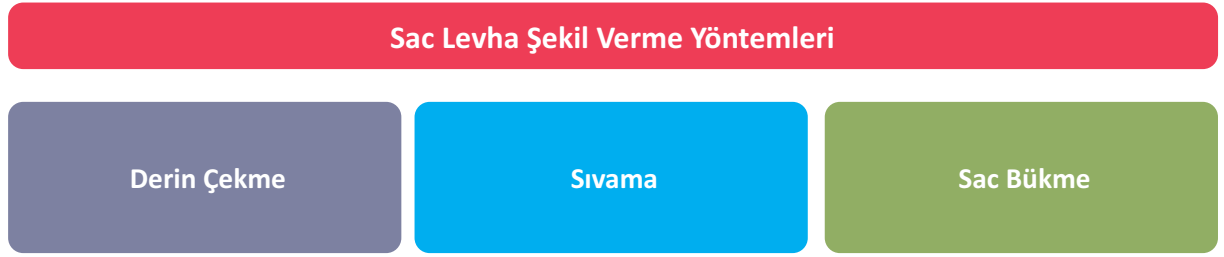


Görsel 4.32: Farklı kalınlıklardaki sac levhalar



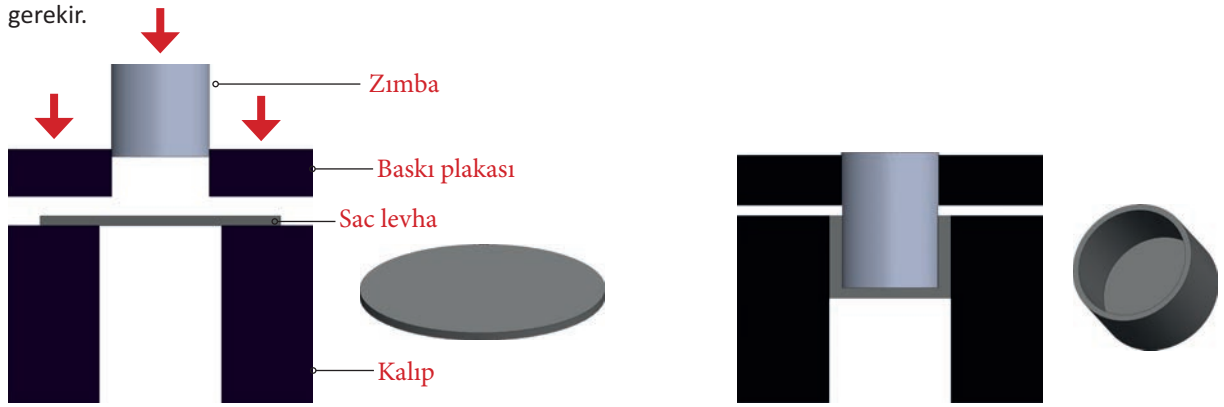
4. Öğrenme Birimi

Sac levhaya aç ve şekil vermek için en sık kullanılan yöntemler Şema 4.5'te görülür.



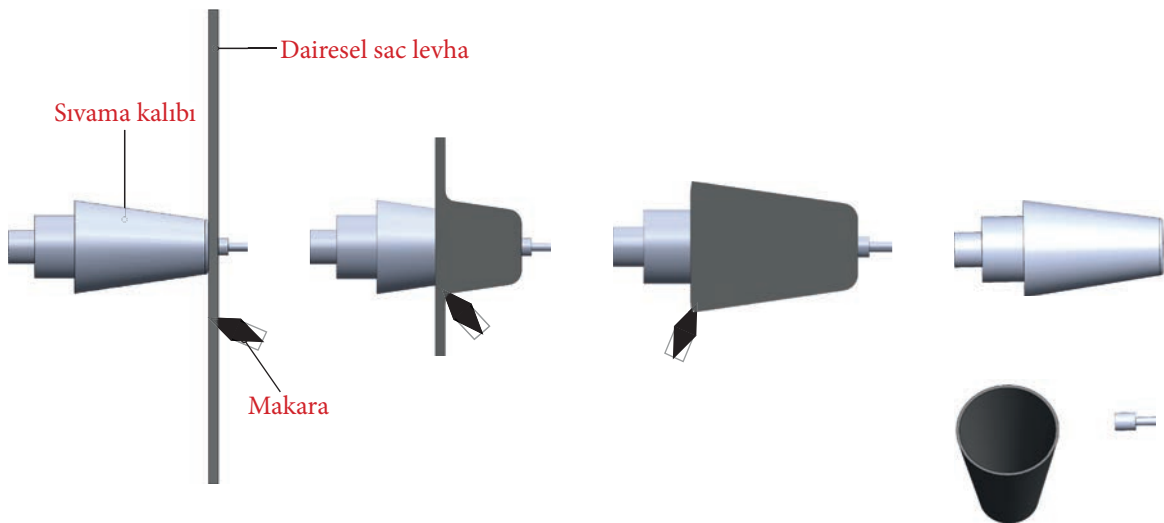
Şema 4.5: En sık kullanılan sac levha şekil verme yöntemleri

Derin Çekme: Kalıp üzerine yerleştirilen sac levhanın zımbayla kalıba itilmesi sonucunda kalıbın şeklini almasıdır (Görsel 4.33). Sac levhanın kalıp içinde sıkışmaması veya istenen şekli alabilmesi için doğru kalınlıkta olması gerekir.



Görsel 4.33: Derin çekme yöntemi ile sac levha şekillendirme

Sıvama: Metal parçanın, dönen dairesel disk üzerinde makara veya metal bir çubuk yardımıyla bölgesel kuvvet uygulanarak şekillendirilmesidir. Bu üretim yönteminde keskin köşesi olmayan dairesel iş parçaları üretilir (Görsel 4.34).



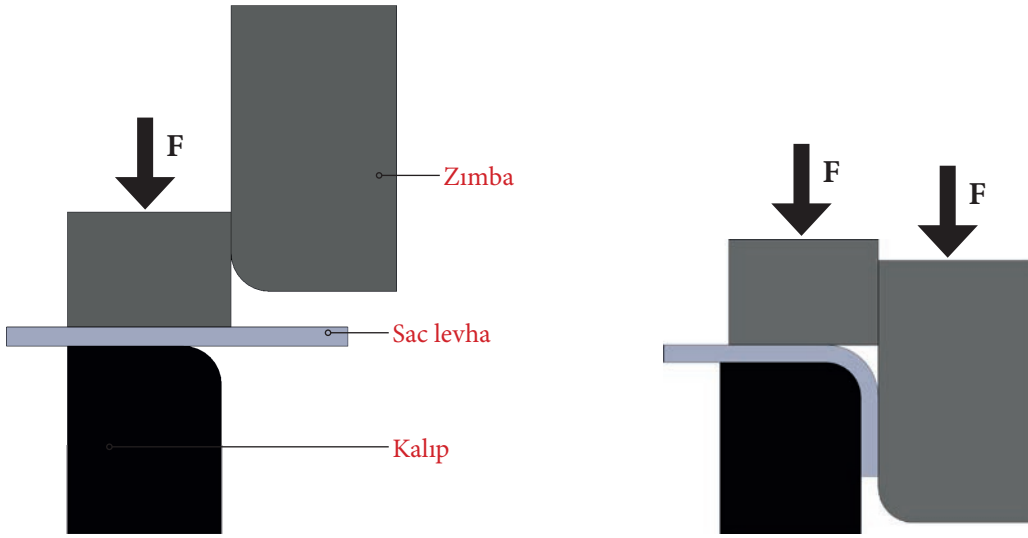
Görsel 4.34: Sıvama yöntemi ile sac levha şekillendirme



Sac Bükme: Düz metal levhaları, belirli açıyla plastik deformasyona uğratma işlemidir. Sac bükme işleminde az miktarda da olsa büküm yapılan kısımda inceltme meydana gelir. Sac bükme işlemleri **V bükme** ve **kenar bükme (kıvrırma)** işlemlerinden oluşur (Görsel 4.35, 4.36).



Görsel 4.35: V bükme işlemi



Görsel 4.36: Kenar bükme işlemi

Seri üretim yapan işletmeler, sac levha bükme işlemleri için genellikle elektrik gücünü kullanan büyük pres makinelerden yararlanır. Atölye tarzı işletmeler ise sac levhayı bükme işlemleri için insan gücüne dayalı makineler kullanır (Görsel 4.37).



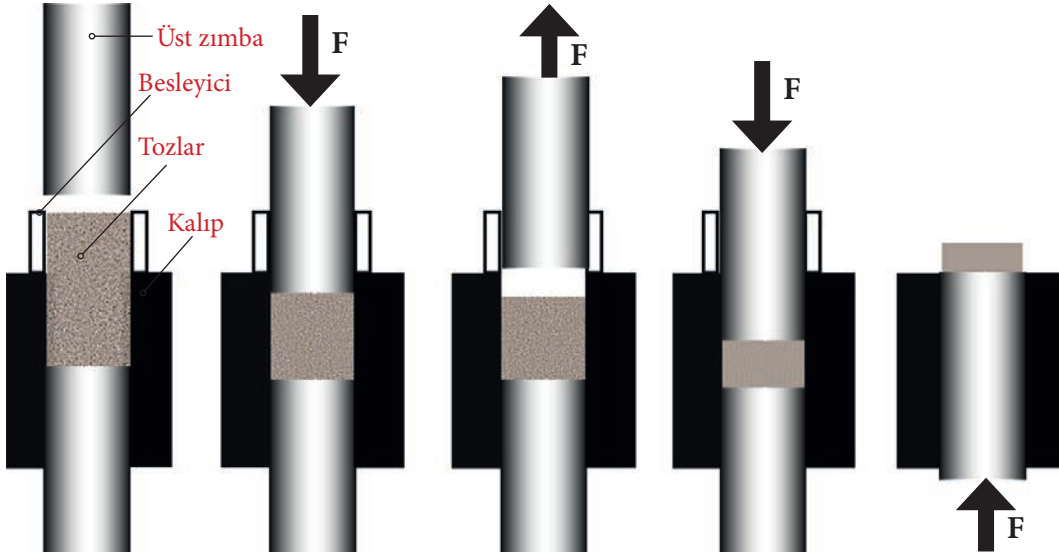
Görsel 4.37: V bükme işlemi



4. Öğrenme Birimi

3. Toz Metalurjisi Yöntemi

Metal veya metal olmayan tozlara yağlayıcı, alaşım tozları gibi malzemelerin ilave edilmesiyle oluşturulan karışımın kalıp içinde preslenmesi ve ardından uygulanan ısı işlemiyle parça üretiminin gerçekleştirilmesine **toz metalürjisi** denir (Görsel 4.38). Bu yöntemde öncelikle metal veya metal olmayan toz üretilir. Ardından bu tozlar; alaşım, yağlayıcı gibi malzemelerle karıştırılır. Karışım üzerine üst zımbayla basınç uygulanarak tozlar preslenir. Preslenen toza **sinterleme** adı verilen bir işlem uygulanır. Sinterleme işleminde preslenen toz, karışımdaki ana bileşeni oluşturan malzemenin ergime sıcaklığının 1/3 oranına yakın bir sıcaklıkta bekletilir. Sinterleme işlemiyle karışım içindeki tozlar arasında kimyasal bağ meydana gelir. Parçadan beklenen bütünlük ve mukavemet, sinterleme işlemiyle büyük ölçüde sağlanır. Bu işlemden sonra tercihe göre çapak alma, yağ emdirme gibi işlemler yapılır.



Görsel 4.38: Toz metalürjisi yöntemi



Araştırma

Günümüzde kullanılan farklı talaşsız imalat yöntemlerini araştırarak elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız. Yapmış olduğunuz araştırmayı sunum dosyanıza yerleştiriniz.

4.2.2.2. Talaşlı İmalat Yöntemleri

Takımlar yardımıyla malzemedan talaş denem küçük parçalar kopartılarak malzemenin istenen şekil ve ebatlara getirilmesine **talaşlı imalat** denir (Şema 4.6). Malzemenin üzerine bağlanarak talaş kaldıran makinelere **takım tezgâhları** denir. Takım tezgâhlarının ebatları değişkenlik gösterir. Takım tezgâhlarında genellikle işlenecek parçanın bağlandığı **iş arabası**, motor ve kontrol panellerinin bulunduğu **ana gövde**, parçayı ve kesici takımı soğutma sıvısıyla soğutarak sürtünmeden kaynaklı ısı ve aşınmadan koruyan **soğutma ünitesi** bulunur. Bununla birlikte malzemedan talaş denem küçük parçalar kaldıran kesici uçlar yardımıyla istenen geometride parçalar üretilir. Kesici uçların geneline **takım** denir. Takımlar, işlenecek parçadan daha sert ve aşınmaya dayanıklı malzemedan yapılmalıdır.



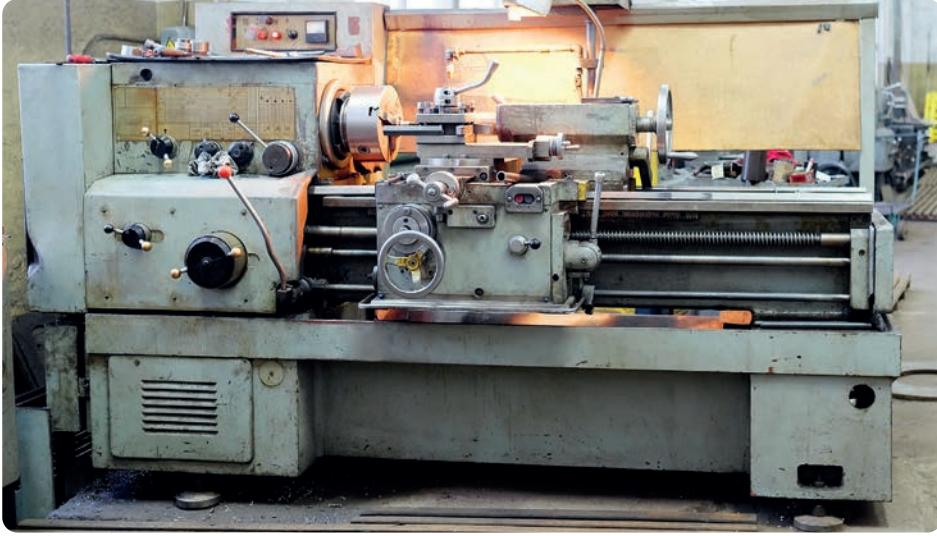
Kütlesel Plastik Şekil Verme Yöntemleri



Şema 4.6: Talaşlı imalat yöntemleri

1. Tornalama Yöntemi

Tezgâh üzerine bağlanan iş parçasının kendi ekseninde dönmesi ve kesici takımın dönen parçaya doğru hareket etmesiyle parçadan talaş kaldırılmasına **tornalama** denir (Görsel 4.39, 4.40). Tornalama işleminde öncelikle iş parçası tezgâha bağlanır. Bağlanan iş parçasını, torna tezgâhı kendi ekseninde döndürür. Kesici takım, dönme hareketi yapan parçaya doğru ilerler ve kesici takımın parçaya temas ettiği kısımda talaş kaldırma işlemi gerçekleşir. Torna tezgâhlarında genellikle silindirik parçalar işlenir.



Görsel 4.39: Torna tezgâhı

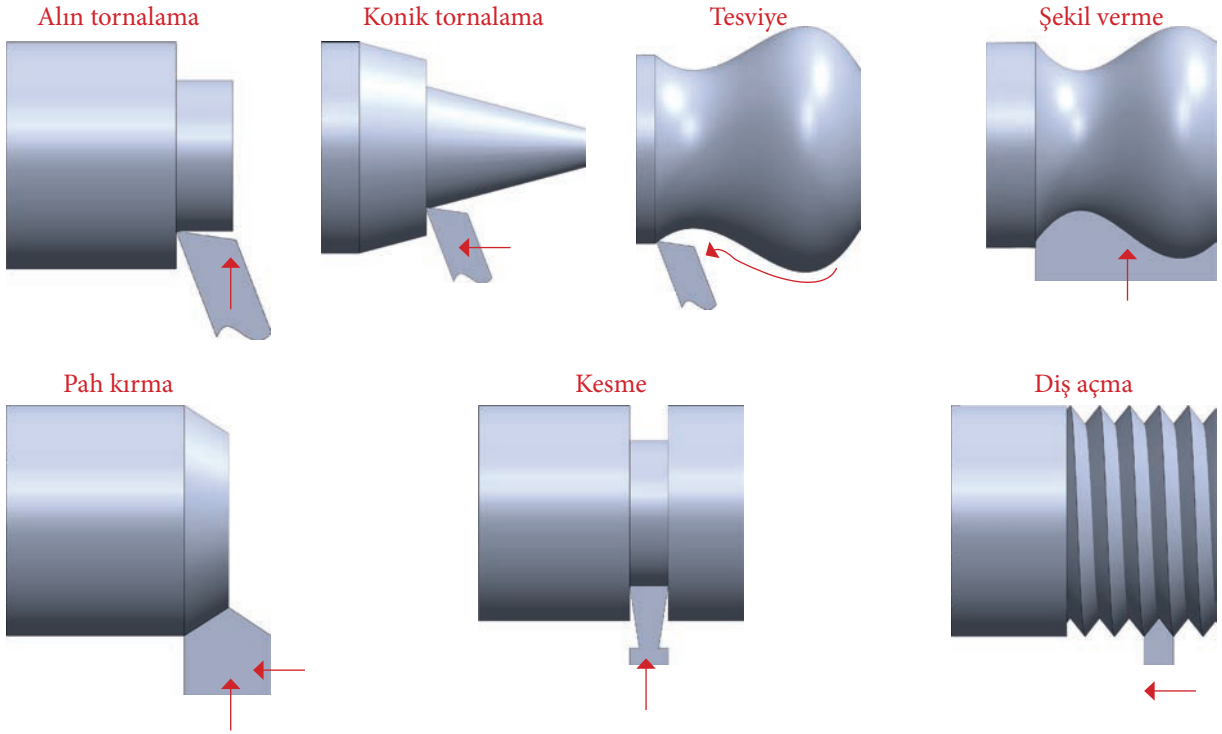


Görsel 4.40: Masa üstü torna tezgâhı



4. Öğrenme Birimi

Torna tezgâhlarında üretilmek istenen parçanın geometrisine göre enine veya boyuna tornalama yapılır. Ayrıca kesme, vida açma, tesviye gibi işlemler uygulanır (Görsel 4.41).

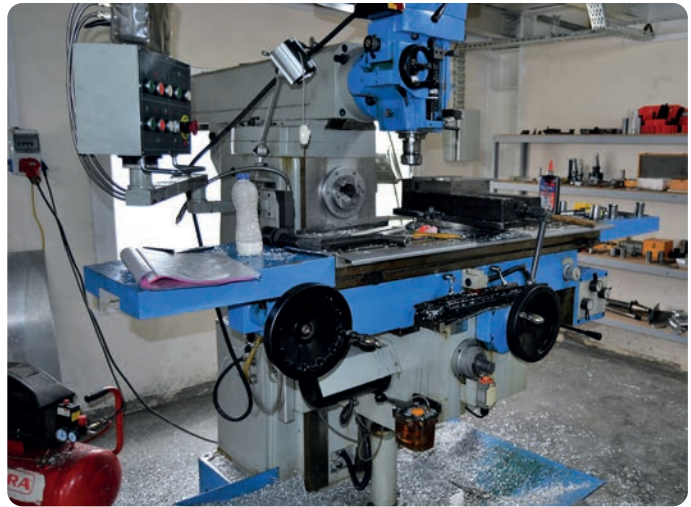


Görsel 4.41: Torna tezgâhında şekillendirme işlemleri

İşlenecek parçanın geometrisine ve parçaya uygulanacak işleme göre farklı takımlar kullanılır. Düzgün bir yüzey kalitesi için devir sayısı ve kesme hızı, parçanın geometrisi ile malzemesine uygun seçilmelidir. Bu seçimler düzgün yapılmazsa malzemeden fazla veya az talaş kaldırılır. Fazla talaş kaldırılması, parçanın yüzey kalitesinin düzgün olmamasına ve takımların fazla ısınmasına neden olur. Az talaş kaldırılması ise daha az sürede bitecek bir işin uzamasına neden olur.

2. Frezeleme Yöntemi

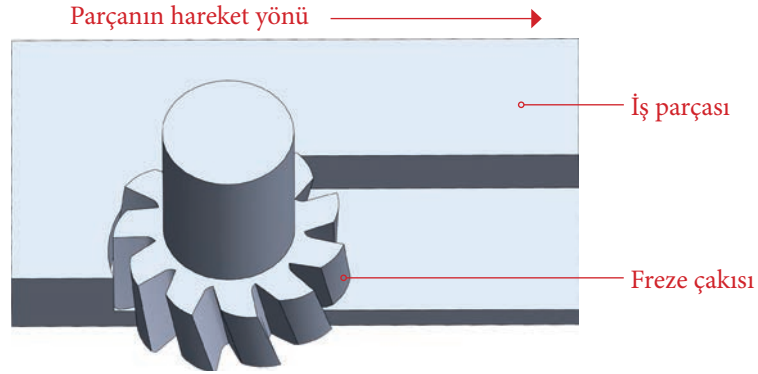
Sabit hâldeki başlığa bağlı kesici takıma, tezgâha bağlı iş parçasının ilerletilerek talaş kaldırılmasına **frezeleme** denir. İşlem yapıldığı tezgâhlara **freze** veya **freze tezgâhları** denir (Görsel 4.42). Freze tezgâhlarında genellikle silindirik olmayan parçalar işlenir. Freze tezgâhları, malzemeden isteğe göre x, y ve z eksenlerinde talaş kaldırır.



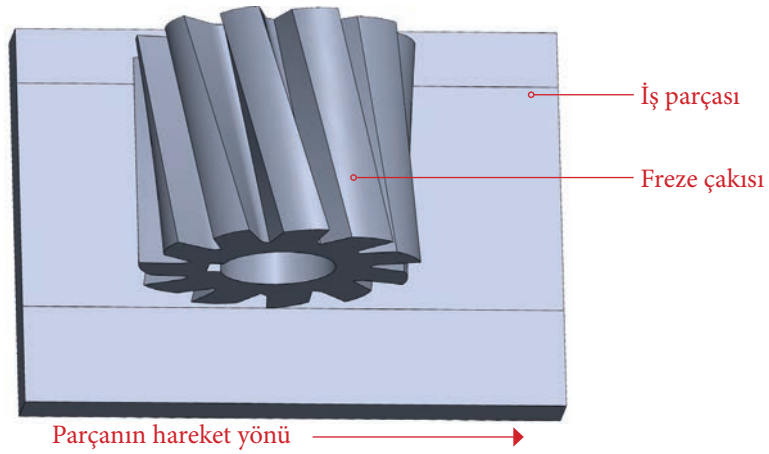
Görsel 4.42: Freze tezgâhi



Alın frezeleme ve **çevresel frezeleme** olmak üzere iki farklı frezeleme çeşidi vardır (Görsel 4.43, 4.44). Alın frezeleme, yüzeyden ince talaş kaldırmak ve pürüzsüz bir yüzey elde etmek için tercih edilir. Çevresel frezeleme ise parçanın şekillendirilmesinde kullanılır.



Görsel 4.43: Alın frezeleme



Görsel 4.44: Çevresel frezeleme

3. Matkaplama Yöntemi

Parçaya delme işleminin yapıldığı tezgâhlara **matkap tezgâhları** denir. Tezgâha sabitlenen parçadan, kendi ekseninde dönen kesici takımın z ekseninde ileri geri hareket etmesiyle talaş kaldırılıp ilgili alanın içinin boşaltılmasına **delme işlemi** denir. Delinecek alan büyükse merkezin kaymaması ve rahat bir delme işlemi yapılabilmesi için öncelikle küçük çaplı bir delik açılır. Deliğin çapına göre farklı çaplarda kesici takım kullanılarak birkaç genişletme işlemi uygulanabilir. Parçaların şekil ve büyüklüklerine göre çeşitli matkap tezgâhları vardır. Matkap tezgâhları şu şekildedir:

Masa Üstü Matkap Tezgâhları: Çapı küçük olan delme işlemleri için kullanılır. Masa üzerine konulabilecek boyuta sahip tezgâhlardır (Görsel 4.45).



Görsel 4.45: Masa üstü matkap tezgâhi



4. Öğrenme Birimi

Radyal Matkap Tezgâhları: Büyük parçalara delik açma işleminde kullanılır. Gövdesi, kendi etrafında 360 derece dönebilir.

Sütunlu Matkap Tezgâhları: Küçük veya orta büyüklükteki parçalara delik açma işleminde kullanılır. Gövdenin dönme kabiliyeti, radyal matkaba göre daha sınırlıdır (Görsel 4.46).

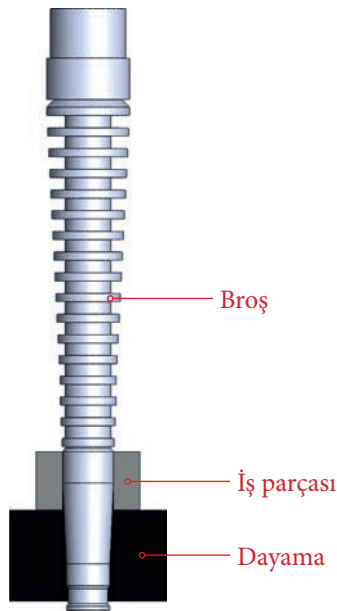


Görsel 4.46: Masa üstü matkap tezgâhi

Borverk Tezgâhları: Büyük ebatlarından dolayı freze ve torna tezgâhlarında işlenmesi mümkün olmayan parçalar için kullanılan matkap tezgâhlarıdır. Hem freze hem de torna tezgâhi gibi kullanılabilir.

4. Broşlama Yöntemi

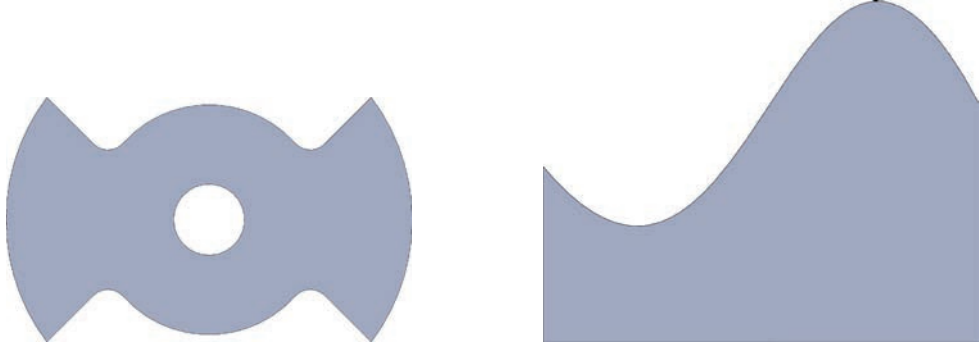
Üzerinde sıralı dişler bulunan çubuk şeklindeki kesici takımın, iş parçasının içinde ileri geri doğrusal hareket ettirilerek parçadan talaş kaldırılmasına **broşlama (tığ çekme)** denir. Broşlama işlemi, parçaların içine veya dışına yapılabilir (Görsel 4.47). Broşlamada kullanılan çubuğun üzerindeki dişlerin çapları birbirinden farklıdır. Bu dişlerin bir kısmı kaba talaş kaldırmayı, bir kısmı ince talaş kaldırmayı ve bir kısmı parçayı istenen boyuta getirmeyi sağlar.



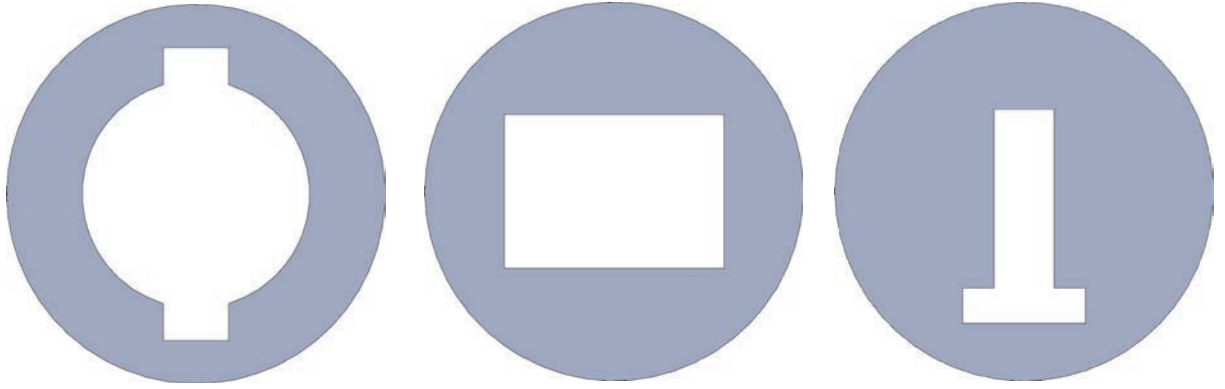
Görsel 4.47: Broşlama yöntemi



Broşlamada çubuğun biçimine göre farklı şekiller elde edilir (Görsel 4.48, 4.49).



Görsel 4.48: Dış broşlama



Görsel 4.49: İç broşlama

5. Taşlama Yöntemi

Kendi eksenini etrafında dönen ve **taş** adı verilen bir kesici takımın, iş parçası üzerinde ileri geri doğrusal hareket ettirilerek parçadan talaş kaldırılmasına **taşlama** denir (Görsel 4.50). Bu işlem genellikle parçanın yüzeyini pürüzsüz hâle getirmek için yapılır. Taşlama işleminde kullanılacak taşlar; taşlama yapılacak malzemeye göre alüminyum oksit, elmas, silisyum karbür gibi malzemelerden üretilebilir. Ayrıca taşlar; işlemin türüne göre kupa, konik vb. şekillerde olabilir.



Görsel 4.50: Taşlama tezgâhi



4. Öğrenme Birimi

6. Lepleme Yöntemi

Taşılama işlemine oranla yüzeydeki daha küçük kusurların yok edilerek parlak bir görünüm elde edilmesine **lepleme** denir (Görsel 4.51). Bu işlem genellikle taşılama işleminden daha sonra uygulanır.



Görsel 4.51: Lepleme yöntemi

4.2.2.3. CNC Tezgâhları

CNC [Computer Numerical Control (Bilgisayarlı nümerik kontrol)] tezgâhlar; parçaya uygulanacak kesme, freze, yüzey işlemleri gibi işlerin bilgisayar tarafından yapıldığı tezgâhlardır. 1950'li yıllarda harf ve sayılardan oluşan nümerik kontrollü klasik tezgâhlar kullanılmaya başlanır. Bilgisayar alanındaki gelişmeler, bugün kullanılan CNC tezgâhların gelişmesini sağlar (Görsel 4.52, 4.53). CNC tezgâhlarıyla parça üretmek için çizim programları kullanılır. Program, tasarımı CNC tezgâhının marka ve modeline göre kodlara çevirir. Bu kodlar sayesinde CNC tezgâhının takımları parçayı işler.

CNC tezgâhlarının ilk yatırım maliyetleri yüksektir ve bakımları diğer tezgâhlara göre daha zordur. Bununla birlikte diğer tezgâhlara göre birçok avantaja sahiptir.

Bu avantajlar şu şekildedir:

- Şekli karmaşık parçaları işlemek için birden fazla imalat yöntemi kullanılabilir.
- İnsandan kaynaklı hata faktörü, diğer tezgâhlara göre çok daha düşüktür.
- Diğer tezgâhlara göre parçaların yüzey kalitesi daha yüksektir.
- Diğer tezgâhlara göre küçük parçaların işlenmesi daha kolaydır.



Görsel 4.52: CNC freze tezgâhı



Görsel 4.53: CNC torna tezgâhı



Araştırma

Günümüzde kullanılan farklı talaşlı imalat yöntemlerini araştırarak elde ettiğiniz bilgileri arkadaşınızla paylaşınız. Yapmış olduğunuz araştırmayı sunum dosyanıza yerleştiriniz.



Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda Özellik sütununun altında verilen tanımların karşısına uygun malzeme adını yazınız.

Özellik	Malzeme
1. Günümüzde özellikle yolcu uçaklarında metallerin yerini alan malzemedir.	
2. Alüminyumdan kütle olarak %66 daha hafif olması sebebiyle en hafif mühendislik metallerindedir.	
3. Düşük sıcaklıktaki çalışma şartlarında performansları ve görünümleri çeliklerle benzerlik gösterir.	
4. Alüminyumdan kütle olarak %60 daha ağır ancak iki kat daha güçlüdür.	
5. Silikonlu yapısının kazandırdığı yüksek akışkan özelliği sayesinde karmaşık şekillerin üretiminde kullanılır.	



Bunları biliyor muydunuz?

Uzayda Hangi Besinler Tüketilir? Hangileri Tüketilemez?

İnsanlı uzay uçuşları, 1961'de Rus kozmonot Yuri Gagarin'in Dünya atmosferinin ötesine yolculuğu ile başladı. O günden beri keşif için uzaya çıkılıyor ve çeşitli görevler gerçekleştiriliyor. Uluslararası Uzay İstasyonu'nda günlerce hatta haftalarca kalan bilim insanları için düzenli ve dengeli beslenmek çok önemli. Yerçekimi düşük ortamda yenen yiyeceklerde iki temel özellik ön plana çıkıyor, basitlik ve besleyicilik.

İlk uzay yiyecekleri diğ macunlarıninkine benzer tüplerde paketlenmiş, bebek maması kıvamındaki gıdalardı. 1962 yılında Amerikalı astronot John Glenn, Mercury görevi sırasında alüminyum bir tüpten elma püresi yedi. Sonrasında bilim insanları uzay için daha lezzetli yiyecekler tasarlamaya başladılar. Bunun için dondurarak kurutma yöntemini geliştirdiler. Bu yöntemde yiyecekler pişirildikten sonra hızlı bir şekilde dondurulur ve kurutulur. Böylece yiyeceklerin besin değerleri korunarak uzun süre dayanması sağlanır. Günümüzde astronotlar Dünya'da yedikleri yiyeceklerin çoğunu kurutulmuş olarak uzay görevlerinde yiyebiliyorlar. Ayrıca yemeklerine lezzet katmak için baharatlar da kullanabiliyorlar ancak bunların uçmaması için sıvı hâlde olması gerekiyor. Aynı şekilde ketçap, mayonez, hardal gibi soslar da kullanılabilir. Astronotlar yiyeceklerin uçmaması için tepsileri kucaklarına sabitliyorlar.

Bunları biliyor muydunuz bir sonraki sayfada devam etmektedir. →



Bunları biliyor muydunuz? devamı

Astronotların yiyecekleri ihtiyaç duyulan tüm besin ve vitaminleri alabilmeleri için beslenme uzmanları tarafından özenle hazırlanıyor. Ancak uzayda uzun süre kalan astronotlarda yine de sindirim sorunları oluşabiliyor.



Görsel 4.54: Astronot Karen Nyberg, Uluslararası Uzay İstasyonu'nda (ISS) yemek yiyor. (NASA)

Ayrıca Uluslararası Uzay İstasyonu'na belirli aralıklarla gönderilen kargo araçlarıyla taze meyve ve paketlenmiş yiyecekler de ulaştırılır. İki günlük kısa raf ömrüne sahip bu yiyecekler hemen tüketilir.

Astronotlar Uzayda Ne İçer?

Astronotların susuzluklarını gidermeleri için en iyi seçenek sudur. Bunun dışında sularına dondurulup kurutularak toz hâline getirilen karışımlar da ekleyebiliyorlar.

Peki Uzayda Hangi Besinler Tüketilmez?

1. Ekmek: Kırıntılı yapısı nedeniyle uzay istasyonuna uygun değildir. Uzay istasyonunda temizlik son derece önemlidir. Ekmek kırıntıları düşük yer çekimi etkisiyle astronotların hava soluduğu ortama yayılabilir ve kullanılan hassas ekipmanları etkileyebilir. Ekmeğin raf ömrünün kısa olması da onu uzaya uygun olmayan bir besin kılıyor. Astronotlar bunların yerine kırıntı oluşturmayan tortilla ve fıstık ezmesi tüketebiliyorlar.

2. Gazlı İçecekler: Soda, kola gibi gazlı içeceklerde çözülmüş hâlde bulunan karbondioksit, uzay istasyonunda şişenin açılmasıyla Dünya'da olduğu gibi ayrılıp yukarı çıkmaz. Bu içecekler yerçekimi düşük ortamda tüketilirse astronotlar için rahatsız edici asit reflüsüne neden olabilir.

3. Tuz ve Karabiber: Tuz, karabiber ve toz hâldeki hiçbir baharat uzaya götürülmez. Düşük yerçekiminde bu baharatlar ortama yayılarak hava temizleyicileri ve filtreleri tıkalabilir hatta istasyondaki ekipmanlara yapışarak onlara zarar verebilir.

4. Dondurma: Açıldıktan sonra dondurucuda yaklaşık altı hafta tazeliğini koruyan dondurma raf ömrünün kısa olması sebebiyle uzaya götürülemeyen bir diğer yiyecektir. Kurutulmuş hâli ise ufalanan yapısı nedeniyle tercih edilmiyor.

Bugüne kadar hiçbir astronot uzayda gıda kaynaklı bir hastalığa yakalanmadı çünkü NASA, gıda güvenliği ve depolama konusunda çok sıkı prosedürler uyguluyor. Hastalık riskini azaltmak için Uluslararası Uzay İstasyonu'na gönderilen tüm gıda ürünleri sıkı testlerden geçiriliyor.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/uzayda-hangi-besinler-tuketilir-hangileri-tuketilemez>



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. () Hava araçlarının taşıyacağı faydalı yük (insan, kargo, yakıt vb.), hava aracının ağırlığı ile doğrudan ilişkilidir.
2. () Malzemenin tekrarlı darbeler ile şekillendirildiği imalat yöntemine haddeme denir.
3. () Plastik şekil verme yöntemi, sac levha şekil verme yöntemi ve kütleli plastik şekil verme yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır.
4. () Roketlerde motor kasası, ölü ağırlık kabul edildiğinden ağır olmalıdır.
5. () Roketlerin kasaları, hafif olması için dökme demirden yapılır.
6. () Grafenin, aşınma dayanımı yüksek olduğundan roketlerin boğaz kısımlarında kullanılır.

B) Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Bir ürünün hayal edilen şeklinin kâğıda veya dijital ortama aktarılmasına denir.
2. Sistemi oluşturan parçalar, aşamasında ayrıntılı şekilde belirtilir.
3. Katı modele malzeme atama işlemi, komutuyla yapılır.
4. Gerçek hayattaki olayların bilgisayar ortamına aktarılmasına denir.
5. Üretilen parçada kullanılan malzemenin ihtiyaç duyulduğu her an bulunabilmesi, malzemenin özelliği ile ilgilidir.

6. Füzeler tahrik sistemlerinde nozul gövdesini yüksek ısı yükünden korumak için kompozitler kullanılır.

7. Farklı türdeki tozların kalıp içinde sıkıştırıldığı ardından sinterlendiği üretim yöntemine denir.

C) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi malzeme imalatı esnasında yapılacak işlerin en başında gelir?

- A) İmal edilecek malzemenin montaj resimlerini çizmek.
- B) İmal edilecek malzemenin elemanlarını temin etmek veya oluşturmak.
- C) Üretilmek istenen malzemeyi hayal etmek.
- D) Son hâlini vererek malzemeyi imal etmek.
- E) Malzemenin organ ve bölümlerinin prototipini oluşturarak çalıştırmak.

2. Aşağıda verilen simülasyon komutundaki analiz yöntemlerinden hangisi havacılık sektöründe daha sık kullanılır?

- A) Termal
- B) Frekans
- C) Isıl gerilme
- D) Statik gerilme
- E) Yapısal burkulma

3. Aşağıdakilerden hangisi malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken kurallardan biri değildir?

- A) Tasarım kolaylığı
- B) Korozyon dayanımı
- C) Kolay elde edilebilirlik
- D) İletkenlik
- E) İmalat kolaylığı

4. Aşağıdakilerden hangisi bugün üretilen yolcu uçaklarındaki kullanım oranı en yüksek malzemedir?

- A) Kompozit malzemeler
- B) Titanyum alaşımlar
- C) Çelik alaşımları
- D) Grafen
- E) Seramik

5. Aşağıdakilerden hangisi tüm katmanları aynı tip fiberden oluşan yapılara verilen isimdir?

- A) Aramid
- B) Cam elyaf
- C) Laminant
- D) Monolitik yapı
- E) Sandviç

6. Aşağıdakilerden hangisi ses hızının altı katından daha yüksek hızlara çıkabilen ve genellikle hipersonik seyir füzelerinde kullanılan motor türüdür?

- A) Pistonlu motor
- B) Ramjet
- C) Turbofan
- D) Turbojet
- E) Screamjet

7. Aşağıdakilerden hangisi talaşsız imalat yöntemlerindendir?

- A) Döküm
- B) Frezeleme
- C) Lepleme
- D) Matkaplama
- E) Tornalama

8. Aşağıdakilerden hangisi talaşlı imalat yöntemlerindendir?

- A) Bronşlama
- B) Döküm
- C) Kaynakla birleştirme
- D) Plastik şekil verme
- E) Toz metalurjisi

9. Aşağıdakilerin hangisi kendi eksenini etrafında dönen iş parçasına kesici takımın hareket ettirilmesiyle parçadan talaş kaldırılan üretim yöntemidir?

- A) Ekstrüzyon
- B) Frezeleme
- C) Matkaplama
- D) Taşlama
- E) Tornalama

10. Aşağıdakilerden hangisi parça yüzeyindeki küçük kusurların yok edilerek parlak bir yüzey elde edilmesini sağlayan talaşlı imalat yöntemidir?

- A) Bronşlama
- B) Lepleme
- C) Sıvama
- D) Taşlama
- E) Tel ve çubuk çekme

11. Aşağıdakilerden hangisi CNC tezgâhlarının özelliklerinden biri değildir?

- A) Diğer tezgâhlara göre insana bağlı hata faktörü en azdır.
- B) Diğer tezgâhlara göre yüzey kalitesi daha yüksek parçalar üretilir.
- C) Diğer tezgâhlara göre küçük parçaların işlenmesi daha kolaydır.
- D) Birden fazla imalat yöntemine imkân tanır.
- E) İlk yatırım maliyetleri diğer tezgâhlara göre daha düşüktür.

12. Aşağıdakilerden hangisi üzerinde sıralı dişler bulunan çubuk şeklindeki kesici takımın iş parçası üzerinde ileri geri doğrusal hareket etmesiyle parçadan talaş kaldırılan üretim yöntemidir?

- A) Bronşlama
- B) Lepleme
- C) Sıvama
- D) Taşlama
- E) Tel ve çubuk çekme

13. Aşağıdakilerden hangisi kesme, delme gibi işlemlerden sonra parça yüzeyinde kalan çıkıntıları taş adı verilen kesici takımla alarak parça yüzeyinde pürüzsüz yüzey elde etmeyi sağlayan talaşlı imalat yöntemidir?

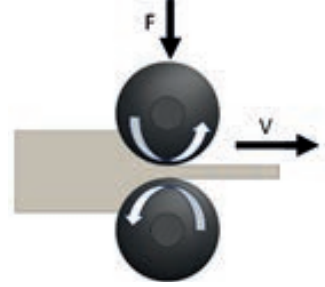
- A) Bronşlama
- B) Lepleme
- C) Sıvama
- D) Taşlama
- E) Tel ve çubuk çekme

14. Aşağıdakilerden hangisi kendi eksenini etrafında dönen sabit hâldeki kesici takıma iş parçasının hareket ettirilerek x, y ve z yönlerinde talaş kaldırma işleminin yapılabildiği üretim yöntemidir?

- A) Ekstrüzyon
- B) Frezeleme
- C) Matkaplama
- D) Taşlama
- E) Tornalama

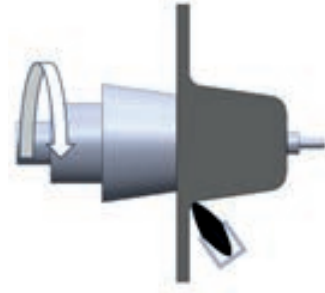
15. Aşağıdakilerin hangisinde yandaki şekilde verilen imalat yönteminin adı doğru olarak verilmiştir?

- A) Derin/Kap çekme
- B) Ekstrüzyon
- C) Haddeleme
- D) Sıvama
- E) Tel ve çubuk çekme



16. Aşağıdakilerin hangisinde yandaki şekilde verilen imalat yönteminin adı doğru olarak verilmiştir?

- A) Derin/Kap çekme
- B) Ekstrüzyon
- C) Haddeleme
- D) Sıvama
- E) Tel ve çubuk çekme



5. ÖĞRENME BİRİMİ

MALZEME VE MALZEMEYE BAĞLI PROSES SEÇİMİ

KONULAR

- 5.1. ÖZEL PROSESLER
- 5.2. SEÇİM KRİTERLERİ
- 5.3. HATALARIN BULUNMASINA YÖNELİK YÖNTEMLER

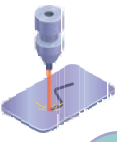
NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Özel proseslerin amaçlarını açıklama
- Özel proseslerin çeşitlerini açıklama
- Malzemedeki hata çeşitlerini açıklama
- Tahribatlı ve tahribatsız muayene yöntemlerini açıklama

TEMEL KAVRAMLAR

Boyama, çatlak, hata, proses, tahribatlı muayene, tahribatsız muayene





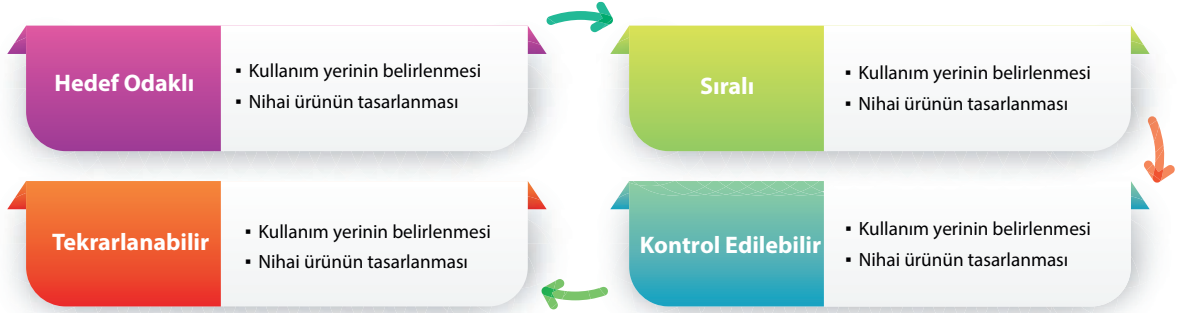
5. Öğrenme Birimi

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Özel prosesler kullanılarak malzemelerin sertlik, mukavemet gibi mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ne tür avantajlar sağlayabilir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.
2. Malzemedeki kusurların tahrip edilmeden tespit edilmesinin yararları nelerdir? Düşüncelerinizi arkadaşlarınız ile paylaşınız.

5.1. ÖZEL PROSESLER

Bir ham maddeyi veya malzemeyi nihai ürüne dönüştürmek için gerçekleştirilen bir dizi sistematik adıma **proses** denir. Prosesin işlem basamakları, son ürüne ulaşacak biçimde sıralı ve hedef odaklı olmalıdır. Her bir işlemin sırası, belirli koşullar altında gerçekleştirilmelidir. İşlemler izlenerek kontrol edilebilir olmalıdır. Prosesler, tutarlı ve tekrarlanabilir şekilde tasarlanmalıdır (Görsel 5.1).



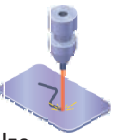
Görsel 5.1: Proseslerin genel özellikleri

Belirli bir hedef doğrultusunda gerçekleştirilen proseslerin **genel amaçları** şu şekilde sıralanabilir:

- Ürünün kalite ve performansını artırarak hedeflenen kullanım seviyelerine ulaşmasını sağlamak.
- Ürünün kalite ve performansını artırarak ürüne kullanım verimliliği kazandırmak.
- Enerjinin daha verimli kullanılmasını ve maliyetin düşürülmesini sağlamak.
- Malzemelere belirlen hedefler doğrultusunda fiziksel, kimyasal veya mekanik özellikler kazandırmak.
- Çevresel ve yasal gereksinimleri sağlamak.
- Teknolojik ilerlemelere uygun yeni uygulama alanları yaratmak.

Prosesler, birçok malzemeye uygulanabilir. Bu sebeple her malzeme türü için özel proses geliştirilebilir. Ürünün kalitesini ve güvenilirliğini doğrudan etkileyen işlemlere **özel prosesler** denir. Bu prosesler genellikle yüksek dayanıklılık ve güvenilirlik gerektiren, karmaşık veya hassas ürünlerdeki işlem basamaklarını içerir. Yaygın kullanılan malzemelere belirlenen hedefler doğrultusunda uygulanan birkaç **özel proses** şu şekilde sıralanabilir:

- Metalik ve metalik olmayan malzemelerin mekanik özelliklerini (sertlik, aşınma direnci, mukavemet vb.) iyileştirmek ve korozyon direncini artırmak için bu malzemelere ısıtma işlemi, kaplama ve yüzey koruma işlemi uygulanır.
- Kompozit malzemelerin hafif ve mukavemetli olması için bu malzemelere laminasyon ve otoklav kütleme işlemi uygulanır.



- Plastik esaslı malzemelerin güçlendirilmesi, kolay şekillendirilmesi ve dayanıklılığının artırılması için bu malzemelere kimyasal işlem ve enjeksiyon kalıplama işlemi uygulanır.
- Seramik malzemelerde yüksek sıcaklık ve aşınma direnci sağlamak için bu malzemelere sinterleme ve kaplama işlemi yapılır.
- Yarı iletken malzemelerin üretiminde fotolitografi işlemi uygulanır.

Prosesler; modern üretim ve mühendislik alanında kalitenin, güvenilirliğin ve verimliliğin sağlanmasında temel rol oynar. Özel proseslere örnek olarak uçak gövdesinin dış yüzeyine boya uygulanması verilebilir. Bu özel proses, uçağın dış yüzeyinin çevresel koşullara (nem, sıcaklık, UV ışınları vb.) karşı dayanıklı olmasını sağlar. Ayrıca uçağa estetik bir görüntü verir. Bu özel proses; uçak gövdesinin metal veya kompozit yüzeyinin ön temizlik, kimyasal temizlik, astarlama ve boyama işlemlerinden geçmesini içerir. Bu işlemde izlenecek özel proses adımları sırasıyla şu şekildedir:

Ön Temizlik İşlemi: Uygulama öncesinde uçağın varsa eski boyası veya astarı, boya sökücüyle temizlenir.

Kimyasal Temizlik İşlemi: Eski boyasının sökümü tamamlanan veya ilk kez boyanacak uçaklar, kimyasal yıkama işlemi uygulanarak yüzey kalıntılarından temizlenir.

Astarlama İşlemi: Kimyasal temizliği tamamlanan yüzeyler, astarlanarak boyanın uzun ömürlü olması sağlanır. Astarın daha pürüzsüz olması için yüzey zımparalanabilir.

Boyama İşlemi: Bu işlemde hem uçağın marka olarak tanınırlığı sağlanır hem de yüzeye koruyucu bir bariyer oluşturulur.

Havacılık endüstrisinde bu tür boyama proseslerinin titizlikle kontrol edilmesi ve yüksek kalite standartlarına göre uygulanması kritik bir öneme sahiptir (Görsel 5.2). Böylece uçakların uzun yıllar boyunca güvenle kullanılması sağlanır.

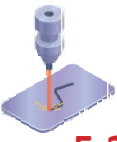


Görsel 5.2: Uçak gövdesinin dış yüzeyini boyama prosesi



Araştırma

Savaş uçakları ile yolcu uçaklarının boyamalarındaki farkları ve nedenlerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



5.2. SEÇİM KRİTERLERİ

Özel prosesler malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirebilir. **Fiziksel prosesler**, fiziki bir kuvvet uygulayarak ham maddeleri dönüştür. Bu proseslere metal işleme, şekil verme gibi örnekler verilebilir. **Kimyasal prosesler**, bir veya birden fazla kimyasal reaksiyonla ham maddeyi dönüştürür. Bu proseslere ilaç üretimi, titanyum üretim yöntemi gibi örnekler verilebilir. **Mekanik prosesler** ise malzemede yapılan yüzey işlemlerinde özellikle mekanik etkileri temel alarak ham maddeyi dönüştürür. Bu prosesler; öğütme, karıştırma, ayrıştırma, parçacık boyutunu büyütme vb. şekilde örneklendirilebilir. Malzemelerin aldığı bu etkiler, proses seçim kriterlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Servis şartlarına göre malzeme yüzeyine uygulanan özel proseslerin malzeme özelliklerine etkileri şu şekildedir:

Isıl İşlemler: Sertleştirme prosesi, malzemenin çekme mukavemetini artırarak malzemeyi sertleştirir (Görsel 5.3). **Temperleme prosesi**, malzemenin kırılabilirliğini azaltır. **Tavlama prosesi** ise malzemeyi belirli bir sıcaklıkta belirli bir süre beklettikten sonra yavaşça soğutma işlemidir. Bu sayede iç gerilmeleri azalan malzeme yumuşar, malzemenin işlenebilirliği ve şekillendirilebilirliği artar. Normalleştirme, izotermal sertleştirme, karbonitasyon, nitrasyon, gaz sertleştirme gibi her bir işlem, malzemenin iç yapısını ve mekanik özelliklerini değiştirerek işlenebilirliği iyileştirir.



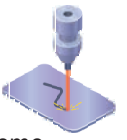
Görsel 5.3: Sertleştirme prosesi

Yüzey İşlemleri: Anodizasyon prosesi, yüzeyde oksit tabaka oluşturarak malzemenin korozyon direncini, sertliğini ve yüzey parlaklığını artırır. **Nitrasyon prosesi** ise yüzeyde nitrür tabakası oluşturarak malzemenin sertliğini, aşınma ve korozyon direncini artırır.

Kimyasal İşlemler: Karbürizasyon prosesi, yüzeyde karbür tabakası oluşturarak malzemenin sertliğini ve aşınma direncini artırır. **Fosfatlama prosesi** ise yüzeyde fosfat tabakası oluşturarak malzemenin korozyon direncini ve yüzeyin yağ tutma kapasitesini artırır, yüzey pürüzlerini iyileştirir.

Mekanik İşlemler: Soğuk işlem prosesi, metale kalıplar aracılığıyla basma kuvveti uygulayarak şekil verme işlemi olup malzemenin sertliğini ve dislokasyon yoğunluğunu artırır, mukavemetini yükseltir. Bilyalı dövme yöntemi olarak da bilinen **yüzey işlemi prosesi** ise metal ve kompozitlerin mekanik özelliklerini değiştirir, malzemenin yüzeyini sıkıştırarak sertliği artırır ve yorulma ömrünü uzatır.

Kompozit Malzeme İşlemleri: Otoklav kütleme prosesi, malzemenin katmanlar arasındaki bağını güçlendirerek mukavemetini artırır ve yüksek sıcaklıklara karşı malzemeye dayanıklılık kazandırır. Kompozit malzemelerde uygulanan otoklav kütleme prosesi çoğunlukla uçak, askerî malzeme ve uzay araçlarının üretiminde kullanılır. **Reçine infüzyonu prosesi** ise reçinenin fiberler arasına homojen şekilde dağıtılması işlemidir. Bu sayede malzemenin korozyon dayanımı ve mukavemeti artar. Örneğin uçağın kanatlarında kullanılan kompozit malzemelerin imalatında özel prosesler uygulanır. Bu malzemeler; çeşitli katmanların bir araya getirilmesi, yüksek sıcaklık ve basınç altında sertleştirilmesi gibi karmaşık üretim süreciyle şekillendirilir. Özellikle uçak kanadı üretiminde mukavemeti ve hafifliği sağlamak için karbon fiber kompozit malzemenin belirli sıcaklık ve basınç şartlarına maruz bırakılması gereklidir. Gerekli sıcaklık ve basınç değerlerinin belirlenip sürece dâhil edilmesi, standartlaştırılmış bir prosesin aşamalarını oluşturur.



Görsel 5.4'te görülen uydu gövde panelini oluşturan karbon fiber prepreg kompozit malzemesinin otoklav kürlleme prosesi şu şekilde sıralanabilir:

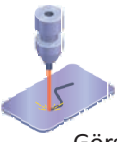
- 1. Malzemenin Hazırlanması:** Karbon fiber prepreg katmanlar kalıp yüzeyine yerleştirilir. Malzeme içerisinde hava kalmaması için katmanları biten karbon fiber üzerine vakum torbası ve vakum motoru uygulanır.
- 2. Otoklav Fırınının Hazırlanması:** Kompozit malzeme otoklav fırınına yerleştirilir. Malzemenin türüne göre gaz akışı ayarlanır. Bu aşamada gaz türü, akış basıncı ve bekletme süresi üreticinin belirlediği proseslere göre seçilir (Örneğin bir özel proses 150 °C, 0.9-1 MPa ve yaklaşık 90 dakika bekletme süresi şeklinde ayarlanabilir.).
- 3. Malzemenin Soğutulması:** Kompozit malzeme kontrollü şekilde soğutulur. Bu aşamada malzemenin fırın içinde soğuması beklenebildiği gibi dış ortam şartlarında soğuması da sağlanabilir.
- 4. Son İşlemlerin Yapılması:** Kompozit malzemenin varsa fazlalık kenarları kesilir, malzeme temizlenir ve pürüzsüzleştirilir.
- 5. Malzemenin Muayene Edilmesi:** Belirlenen teknik resim ve şartlara göre son hâlini alan uydu gövde panelinin herhangi bir hatasının olup olmadığı kontrol edilir. Bu aşamada uydu gövde paneli gözle, ölçü aletleriyle veya tahribatsız muayene yöntemleriyle (Ultrasonik, radyografik test vb.) kontrol edilir.



Görsel 5.4: Uydu gövde paneli

Otoklav kürlleme özel prosesi; uzay araçlarının yüksek mekanik dayanımlı, aşınmaya ve korozyona dirençli, mukavemete dayanıklı vb. kompozit bileşenlerinin üretiminde kritik rol oynar. İşlem basamaklarının hassas, dikkatli, kontrollü bir şekilde uygulanması malzemenin istenen özelliklere sahip olmasını sağlar.

Kaynak ve Lehim İşlemleri: Servis esnasında montaj veya birleştirme işlemleri için uygulanır. Elektrot ark kaynağı, telle ark (lehimleme) kaynağı, gazaltı kaynağı, TIG kaynağı, oksiasetilen kaynağı gibi çeşitleri bulunur. Havacılık alanında en çok tercih edilen **TIG kaynağı prosesi**; paslanmaz çelik, alüminyum, magnezyum, titanyum gibi malzemelerde hassas ve doğruluğu yüksek bir birleştirme sağlar. TIG kaynağı; uçak gövdesi ve kanat panellerinin kaynaklanmasında, motor bileşenlerinde, boru ve bağlantı yerleri gibi birleştirme işlemlerinde kullanılır. Yaygın şekilde tercih edilen **lazer ışın kaynak prosesi** ise minimal termal etkileşim bölgesi oluşturur, hızlı ve hassas bir işlem sunar.



5. Öğrenme Birimi

Görsek 5.5'te görülen nikel alaşımlı uçak kanadı panellerinin kaynak prosesi şu şekilde sıralanabilir:



Görsel 5.5: Uydü gövde paneli

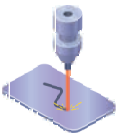
1. **Malzemenin Hazırlanması:** Kaynak yapılacak malzemenin temizliği ve parça yerleşimi yapılır.
2. **Kaynak Çeşidinin Belirlenmesi:** Malzeme için uygun kaynaklama yöntemi belirlenir.
3. **Kaynak Makinesinin Ayarlanması:** Kaynaklama için akım, voltaj, gaz akışı gibi değerler belirlenir.
4. **Kaynak Yapılması:** Hassas ve doğru bir kaynak dişi atılır.
5. **Kaynak Dikişinin Soğutulması:** Kaynak yapılan bölge kontrollü şekilde soğutulur.
6. **Malzemenin Muayene Edilmesi:** Kaynak bölgesi gözle veya tahribatsız muayene yöntemleriyle kontrol edilir.

Muayene İşlemleri: Tahribatsız muayene prosesi; penetrant, Eddy Current, ultrasonik, radyografik ve manyetik parçacık muayene işlemleridir. Malzemenin yüzeyindeki, yüzeye yakın yerlerdeki veya içindeki hata ve çatlaklar tespit edilir. Havacılık alanında en çok ultrasonik ve radyografik test prosesleri kullanılır. Bu testlerle kaynak dikişlerinin kusurları ve malzemenin yapısal bütünlüğü değerlendirilir. **Tahribatlı muayene prosesleri** ise malzemeye zarar vererek malzemenin çalışma koşullarındaki davranışlarını gözlemlemeyi ve tahmin etmeyi sağlar. Çekme, basma, eğme deneyleri gibi işlemleri içerir. Bununla birlikte havacılık endüstrisinde kullanılan birçok ürün maliyetli olduğu için hava aracının çalışma koşulları altındaki davranışlarını bilgisayar programlarıyla simüle etmek de mümkündür. Örneğin kanat panelinin yapısal bütünlüğünü değerlendirmek için bilgisayar ortamında gerçekleştirilen testler, kanat yapısının uçuş sırasında maruz kalacağı koşulları simüle edebilir. Bu işlem, malzemenin beklenen performansı gösterip göstermediğini belirlemek için önemlidir.



Araştırma

Uçakların hangi kısımlarına hangi proseslerin uygulandığını araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



5.3. HATALARIN BULUNMASINA YÖNELİK YÖNTEMLER

Bir malzemenin üretimi, işlenmesi veya kullanımı esnasında istenmeyen ve beklenmeyen ayrıca malzemenin çalışma performansını etkileyen durumlara **malzeme hatası** denir. Bu hatalar; malzemenin yüzeyinde, iç yapısında veya her ikisinde de (yüzeğe yakın) olabilir. Bu hatalar genellikle mikroskobik veya makroskobik seviyede meydana gelir ve gözle tespit edilemediği zaman bir cihaz yardımıyla belirlenir. Ürünlerin üretimi veya kullanımı esnasında işlevselliğini, performansını, dayanıklılığını ve güvenliğini etkileyen malzeme hataları genellikle fiziksel anormallikler şeklinde görülür. Malzemede oluşabilen hatalar şu şekilde sınıflandırılabilir:

1. Malzeme yüzeyinde oluşan çatlaklar
2. Malzeme iç yapısında oluşan çatlaklar
3. Malzemenin üretiminde oluşan boşluk veya gözenekler
4. Kaynak hataları
5. Kompozit malzemelerde oluşan delaminasyon
6. Malzemenin üretimi veya kullanımı esnasında içeriğe karışan yabancı maddeler
7. Korozyon

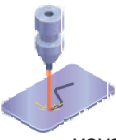
Üretimi veya kullanımı esnasında malzemenin yüzeyinde, yüzeğe yakın yerlerinde veya iç yapısında oluşan ince ve genellikle düzensiz kırıklara yahut ayrılmalara **çatlak** veya **süreksizlik** denir (Görsel 5.6). Malzemenin iç yapısında oluşan süreksizlikler ise **yüzeğe çıkmayan çatlaklardır**. Metal bir levhada yüzey çatlağı, aşırı yükleme veya ani sıcaklık değişimleri sebebiyle oluşur.



Görsel 5.6: Malzeme yüzeyinde oluşan süreksizlik

Malzemenin iç kısmında oluşan çatlaklar genellikle döküm veya soğutma esnasında meydana gelir. Malzemenin içinde veya yüzeyine yakın bulunan hava kabarcıkları, malzeme bileşiminden kaynaklı boşluk veya gözeneklerin oluşması gibi durumlar, malzemede hataya sebebiyet verir. Kaynak işlemi esnasında ise kaynak dikişinin olduğu bölgede çatlak, gözenek veya eksik birleştirme şeklinde hatalar oluşabilir.

Kompozit malzemelerde katmalarının ayrılması veya soyulmasına **delaminasyon** denir. Üretimi veya kullanımı esnasında kompozit malzemelerde karşılaşılan bir hata türüdür. Malzeme içerisinde istenmeyen maddelerin bulunması da bir hatadır. Örneğin plastik bir parçanın üretimi esnasında içine karışan, gözle görülmeyen fakat kullanım performansını etkileyen metal parçacıkları, malzemede hata meydana getirir. Malzemenin elektrokimyasal



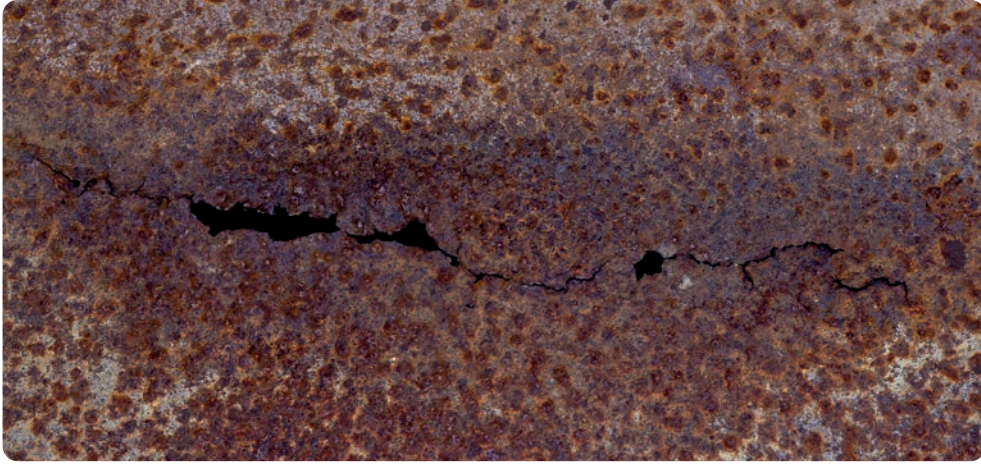
5. Öğrenme Birimi

veya kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması ve beklenen çalışma performansını sağlayamamasına **korozyon** denir. Bu korozyon hatası, deniz suyuyla temas eden metal gemi çapasının paslanması şeklinde örneklendirilebilir (Görsel 5.7).



Görsel 5.7: Paslanmış gemi çapası

Malzemede oluşan hataların biri yahut birkaçı üretim, işleme veya kullanım esnasında görülebilir (Görsel 5.8). Malzemede oluşan hataları tespit etmek için çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemler; hataların türüne, malzemenin özelliklerine ve uygulama alanına bağlı olarak seçilir.



Görsel 5.8: Malzeme yüzeyinde oluşan korozyon ve süreksizlik hatası

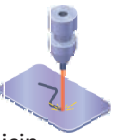
Malzeme hatalarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler, **tahribatlı muayene** ve **tahribatsız muayene** yöntemleri olarak iki gruba ayrılır. Bu test yöntemleri, malzeme hatalarını tespit ve analiz etmek için kullanılır.

1. Tahribatlı Muayene Yöntemleri

Malzemenin mekanik özelliklerini (çekme, basma, darbe dayanımı gibi) belirlemek ve değerlendirmek için malzemeye zarar verilerek yapılan test yöntemlerine **tahribatlı muayene yöntemleri** denir. Başlıca tahribatlı muayene yöntemleri şu şekildedir:

Çekme Deneyi: Malzemenin çekme dayanımını, uzamasını ve akma sınırını belirlemek için kullanılır.

Basma Deneyi: Malzemenin basma dayanımını ve davranışlarını test etmek için kullanılır.



Çentik-Darbe Deneyi: Malzemelerin ani darbeler karşısındaki davranışını ve kırılma enerjisini test etmek için kullanılır.

Sertlik Deneyi: Malzemenin sertliğini belirlemek için uygulanır.

Eğme Deneyi: Malzemenin eğilme zorlamalarına karşı dayanımını ve elastikiyetini test etmek için kullanılır.

Kırma Deneyi: Kaynakla birleştirilmiş yüzeylerin kırılmasını ve kırılan yerlerin incelenmesini sağlayan test yöntemidir.

2. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

Malzemeye zarar vermeden malzemenin yüzeyindeki, yüzeye yakın yerlerindeki veya içindeki hataları tespit etmek için kullanılan yöntemlere **tahribatsız muayene yöntemleri** denir. Tahribatsız muayene yöntemlerinin amaçları aynı olsa da **NDT (Non-Destructive Testing)**, **NDE (Non-Destructive Evaluation)**, **NDI (Non-Destructive Inspecton)** gibi farklı isimlerle ifade edilir.

Tahribatsız muayene yöntemlerinin avantajları şu şekildedir:

- Hızlı sonuç vermesi
- Tahrip edilmediği için parçanın tekrar tekrar kullanılabilmesi
- Parça sarfiyatının olmaması
- Bir sistemde çalışan ürünler üzerinde gerekli deneylerin çalışma sürerken yapılabilmesi
- Taşınması mümkün olmayan parçaların muayenelerinin yerinde yapılabilmesi
- Birçok alanda kullanıma uygun olması

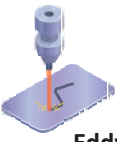
Başlıca tahribatsız muayene yöntemleri şu şekildedir:

Penetrant Testi: Gözle görülemeyen küçük çatlakların tespitinde yüzeydeki süreksizlikleri belirlemek için **penetrant sıvısı** kullanılır. Yüzeyi yağ, kir vb. artıklardan temizlenecek parçaya penetrant sıvısı sıkılır. Bir süre beklendikten sonra **temizleyici (cleaner)** ile sıvı, yüzeyden temizlenir. Böylece süreksizlik veya gözeneklere dolan penetrant sıvısı, **geliştiricinin (developer)** sıkılmasıyla gözle görünür hâle gelir. Malzeme yüzeyini kaplayan geliştirici, bir bez yardımıyla hassas bir şekilde temizlenir. Temizlik esnasında pamuklu, kirli, sert vb. bezler kullanılmamalıdır. UV lamba, beyaz ışık veya floresanla hatalar tespit edilir. Böylelikle gözle görülemeyen hatalar belirlenmiş olur.

Manyetik Parçacık Testi: Ferromanyetik malzemelerin yüzeyindeki veya yüzeye yakın yerlerindeki hataları manyetik bir alan oluşturarak tespit etmek için kullanılır (Görsel 5.9). Doğru ve güvenilir bir sonuç vermesi için teste başlamadan önce malzeme yüzeyindeki yağ, kir vb. artıklar temizlenir. Ferromanyetik malzemelere doğal veya elektrik akımıyla mıknatıslama yapılarak manyetik bir alan oluşturulur. Malzeme yüzeyine demir tozları püskürtülür veya ferromanyetik solüsyon uygulanır. Demir tozları, mıknatıslanma etkisiyle manyetik kuvvet çizgileri doğrultusunda dizilir. Süreksizliğin olduğu yerlerde manyetik alan çizgileri incelenir. Çizgilerin düzensizliğiyle süreksizliğin yeri ve boyutu tespit edilir. Son aşama olarak malzemeye demanyetizasyon yapılarak malzemenin mıknatıslanma özelliği giderilir.



Görsel 5.9: Manyetik parçacık testi



5. Öğrenme Birimi

Eddy Current (Girdap Akımı) Testi: Bir bobinin içinden değişken elektrik akımı geçirilerek manyetik alan oluşturulur ve bu bobinle malzemeye yaklaşıldıkça malzeme yüzeyinde endüksiyon akımları oluşur. Oluşan bu endüksiyon akımlarına **girdap akımı** denir. Girdap akımı, prop vasıtaıyla malzeme yüzeyinde dolaştırılır ve oluşan bu manyetik alanın ölçümleri yapılarak malzeme içindeki süreksizliklerin yerleri tespit edilir (Görsel 5.10).



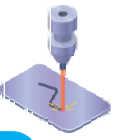
Görsel 5.10: Eddy Current testinin uygulanması

Ultrasonik Test: Malzeme yüzeyine yüksek frekanslı ses dalgaları gönderilerek malzeme içindeki süreksizlikler tespit edilir. Bu yöntemle genellikle metal veya metal olmayan malzemelerin yüzeye yakın yerlerindeki veya içlerindeki hatalar belirlenir. Malzeme kalınlıklarının ölçümünde ve korozyon tespitinde de kullanılır. Malzemeye gönderilen ses dalgalarının gidiş ve dönüş değişkenlerini işleyen bir ultrasonik cihazla hatanın yeri ve büyüklüğü hakkında anında bilgi edinilir (Görsel 5.11).



Görsel 5.11: Ultrasonik test uygulaması

Radyografik Test: Yüksek enerjili ışın foton demetlerine **radyoaktif ışınlar** denir. Yüksek enerjili elektromekanik ışınlar; X, gama, alfa, beta, Y, nötron (özel tekniklerde) gibi ışınlardır. Radyoaktif muayene yönteminde en çok X ve gama ışınları kullanılır. Metal veya metal olmayan tüm malzemelerin yüzeyindeki veya içindeki süreksizliklerin tespitinde kullanılır. Malzemenin içindeki süreksizliklerin içlerinden geçen ışınlar, bir miktar kayba uğrar. Bu enerji kaybındaki farklılıklar, ışığa duyarlı filmler veya elektronik film görüntüleyicilerini etkileyerek malzemenin içindeki süreksizliğin konumunu ve boyutunu belirler. Radyografik test yönteminin avantajları; her türlü süreksizliği tespit etmesi, çeşitli geometrilerdeki birçok parçayı test edebilmesi ve hassas bir temizlik gerektirmemesidir. İnsan sağlığı açısından çok tehlikeli olduğu için bu testin kullanımı eğitim ve dikkat gerektirir. Ayrıca kullanım ekipmanı pahalıdır.



Araştırma

Malzemede yüzeyinde, yüzeye yakın yerlerinde ve malzemenin içinde meydana gelen süreksizliklerin hangi yöntemlerle tespit edildiğini ve ilgili tespit yönteminin kullanılma nedenlerini araştırıp A4 kâğıdına bir tablo şeklinde oluşturunuz. Oluşturduğunuz tabloyu arkadaşlarınızla paylaşarak sunum dosyanıza yerleştiriniz.



Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda malzemelere ait özelliklerin verildiği Tanım sütunun karşısına uygun terim ifadesini yazınız.

Tanım	Terim
1. Metale kalıplar aracılığıyla basma kuvveti uygulanarak şekil verme işlemi olup malzemenin mukavemetini yükseltir, dislokasyon yoğunluğunu ve sertliğini artırır.	
2. Bir ham maddeyi veya malzemeyi nihai ürüne dönüştürmek için gerçekleştirilen bir dizi sistematik adımın adıdır.	
3. Metal ve kompozitlerin mekanik özelliklerini değiştiren, malzemenin yüzeyini sıkıştırarak sertliğini artıran, yorulma ömrünü uzatan ve bilyalı dövme yöntemi olarak da bilenen işlemin adıdır.	
4. Malzemeye zarar vermeden malzemenin yüzeyindeki, yüzeye yakın yerlerindeki ve içindeki hataları tespit etmek için kullanılan yöntemin adıdır.	
5. Yüzeyde oksit tabaka oluşturarak malzemenin korozyon direncini, sertliğini ve yüzey parlaklığını artıran işlemin adıdır.	



Bunları biliyor muydunuz?

Karbon Harikası Yapılardan Grafen: Bal Peteği Örgü Yapısı

Karbon atomunun iki boyutlu bir allotropu olan grafen, karbon atomlarının birbirlerine altgen oluşturacak şekilde bağlanmasıyla oluşan, tek katmanlı bir malzemedir. Isıyı ve elektriği çok iyi iletir. Grafen keşfedilen iki boyutlu ilk malzemedir. Tek atom kalınlığında bir malzeme olan grafenin kalınlığı, bir saç telinin çapının bir milyonda biri kadardır. Grafen aynı kalınlıktaki çelikten ise 200 kat güçlüdür.

Grafen farklı alanlarda yaygın şekilde kullanılan bir malzeme. Örneğin çevre dostu ve maliyeti düşük su arıtma sistemlerinde kullanılıyor. Ayrıca kanser tedavisinde kemoterapi ilaçlarının tümörlere taşınmasında faydalanılıyor. Kumaşlarda kullanılan grafen, ısıyı uzun süre korumaya yardımcı olabiliyor ve bakterilerin kıyafetlerin yüzeyinde çoğalmasını engelliyor.

Grafenin başka alanlarda kullanılmasına yönelik araştırmalar devam ediyor. Örneğin grafen kullanılarak üretilen bataryalar sayesinde elektronik cihazlarda kullanılan geleneksel bataryalardaki pil ömrü sorununun ortadan kalkabileceği öngörülüyor.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-harikasi-yapilar>



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere cümlelerde verilen bilgiler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. () Otoklav kütleme prosesi, metalik ve metalik olmayan malzemelerin mekanik özelliklerini iyileştirir.
2. () Seramik malzemelere yüksek aşınma direnci sağlamak için sinterleme işlemi yapılır.
3. () Parçacık boyutu büyütme, kimyasal proses işlemlerinden biridir.
4. () Malzemedeki hataları tespit ve analiz etmek için üç farklı muayene yöntemi kullanılır.
5. () Soğuk işlem prosesi mekanik işlemlerdir.
6. () Penetrant muayene yöntemi tahribatsız muayene yöntemlerindedir.
7. () Kompozit malzemelerde katmaların ayrılması veya soyulmasına delaminasyon denir.

B) Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru cevabı işaretleyiniz.

1. Aşağıda verilenlerden hangisi özel proseslerde bulunması gereken niteliklerden biri değildir?

- A) Sıralı
- B) Hedef odaklı
- C) Tekrarlanabilir
- D) Geri dönüştürülebilir
- E) Kontrol edilebilir

2. Aşağıdakilerden hangisinde uçakları boyarken yapılan işlemlerin sıralaması doğru olarak verilmiştir?

- A) Ön temizlik-kimyasal temizlik-astarlama-boyama
- B) Ön temizlik-boyama-astarlama-kimyasal temizlik
- C) Kimyasal temizlik-boyama-astarlama-ön temizlik
- D) Kimyasal temizlik-boyama-ön temizlik-astarlama
- E) Astarlama-boyama-ön temizlik-kimyasal temizlik

3. Aşağıdakilerden hangisi belli bir hedef doğrultusunda gerçekleştirilen proseslerin genel amaçlarından biri değildir?

- A) Ürünün kalitesini ve performansını artırarak hedeflenen kullanım seviyesine ulaşmak.
- B) Çevresel ve yasal gereksinimleri gözetmek-sizin insan gereksinimlerini sağlamak.
- C) Belirlenen prosesler ile enerjinin daha verimli kullanılmasını ve maliyetin düşürülmesini sağlamak.
- D) Belirlen hedefler doğrultusunda malzeme-ye fiziksel, kimyasal veya mekanik özellikler kazandırmak.
- E) Teknolojik ilerlemelere uygun yeni uygulama alanları yaratmak.

4. Aşağıdakilerden hangisi yüzeyde oksit tabakası oluşturarak malzemenin korozyon direncini, sertliğini ve yüzey parlaklığını artıran prosestir?

- A) Anodizasyon
- B) Fosfatlama
- C) Karbürizasyon
- D) Sertleştirme
- E) Tavlama

5. Aşağıdakilerden hangisi havacılık alanında en çok tercih edilen kaynak çeşididir?

- A) Gazaltı
- B) Oksiasetilen
- C) Telle ark (lehimleme)
- D) Elektrot ark
- E) TIG

6. Aşağıdakilerden hangisi nikel alaşımlı uçak kanadı panellerinin kaynak prosesi aşamalarındandır?

- A) Otoklav Hazırlığı-Soğutma
- B) Malzeme Hazırlığı-Otoklav Hazırlığı
- C) Soğutma-Son İşlem
- D) Malzeme Hazırlığı-Muayene
- E) Son İşlem-Otoklav Hazırlığı

7. Aşağıdakilerden hangisi malzemede oluşan hatalardan biri değildir?

- A) Kaynak hataları
- B) Kompozit malzemelerde oluşan delaminasyon
- C) Malzemenin üretimde oluşan boşluk veya gözenekler
- D) Malzemenin üretimi veya kullanımı esnasında içeriğe karışan yabancı maddeler
- E) Yüzeydeki ince ve düzensiz kırıklar

8. Aşağıdakilerden hangisi tahribatlı muayene yöntemlerinden biridir?

- A) Penetrant
- B) Çentik-Darbe
- C) Manyetik parçacık
- D) Eddy Current (Girdap Akımı)
- E) Ultrasonik

CEVAP ANAHTARLARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

A	1. c	2. a	3. d	4. b	5. ç	6. e	7. g
----------	------	------	------	------	------	------	------

B	1. b	2. ç	3. a	4. ç	5. ç	6. b	7. ç	8. b	9. ç
----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A	1. Doğru	2. Yanlış	3. Doğru	4. Doğru	5. Yanlış	6. Doğru	7. Doğru	8. Yanlış	9. Doğru	10. Doğru
----------	----------	-----------	----------	----------	-----------	----------	----------	-----------	----------	-----------

B	1. Mekanik	2. İletken	3. Mekanik	4. Yalıtkan	5. Kristal	6. Optik	7. Tavlama	8. Elektron	9. Erime
----------	------------	------------	------------	-------------	------------	----------	------------	-------------	----------

C	1. D	2. E	3. E	4. C	5. A	6. C	7. B	8. B	9. C	10. D
	11. A	12. B	13. D	14. E	15. B					

2. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

A	1. c	2. a	3. d	4. b	5. c	6. a
----------	------	------	------	------	------	------

B	1. b	2. d	3. a	4. c	5. ç
----------	------	------	------	------	------

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A	1. Doğru	2. Yanlış	3. Doğru	4. Doğru	5. Yanlış	6. Doğru	7. Doğru
----------	----------	-----------	----------	----------	-----------	----------	----------

B	1. Limonit	2. Sementasyon	3. Fosfor	4. Nikel	5. Bakır	6. Ladin	7. Seramik	8. Plastik	9. Kompozit
----------	------------	----------------	-----------	----------	----------	----------	------------	------------	-------------

C	1. E	2. D	3. C	4. A	5. E	6. D	7. E	8. B	9. E	10. C
	11. D	12. C	13. E	14. C	15. B					

3. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

A	1. b	2. f	3. d	4. ğ	5. c	6. ç	7. a	8. e	9. g	10. h
B	1. a	2. d	3. h	4. ç	5. g	6. e	7. f	8. ğ	9. c	10. b

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A	1. Yanlış	2. Doğru	3. Doğru	4. Doğru	5. Doğru	6. Doğru	7. Yanlış	8. Doğru
----------	-----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

B	1. Sinterleme	2. Kondansatör	3. Elektronik malzeme	4. Yarı iletken malzemeler	5. İleri seramik malzemeler
	6. İleri malzemeler	7. Dayanıklı ve hafif	8. Manyetik	9. Manyetometre	10. Şekil hafızalı malzemeler

C	1. A	2. B	3. B	4. A	5. C	6. E	7. A	8. E	9. D	10. B
	11. C	12. D	13. A	14. E	15. B					

4. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

1. Kompozit	2. Magnezyum alaşımları	3. Süper alaşımlar	4. Titanyum alaşımları	5. Alüminyum alaşımları
----------------	----------------------------	-----------------------	---------------------------	----------------------------

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A	1. Doğru	2. Yanlış	3. Doğru	4. Yanlış	5. Yanlış	6. Doğru
----------	----------	-----------	----------	-----------	-----------	----------

B	1. Tasarım	2. Teknik çizim	3. Fiziksel materyal	4. Simülasyon	5. Kolay elde edilebilirlik
	6. Silika fiber veya karbon takviyeli	7. Toz metalurjisi			

C	1. C	2. D	3. D	4. A	5. D	6. E	7. A	8. A	9. C	10. D
	11. E	12. B	13. E	14. A	15. D	16. B				

5. ÖĞRENME BİRİMİ

Sıra Sizde

1. Soğuk işlem prosesi	2. Proses	3. Yüzey işlemi prosesi	4. Tahribatsız muayene	5. Anodizasyon prosesi
---------------------------	--------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A	1. Yanlış	2. Doğru	3. Yanlış	4. Yanlış	5. Doğru	6. Doğru	7. Doğru
----------	-----------	----------	-----------	-----------	----------	----------	----------

B	1. D	2. A	3. B	4. C	5. E	6. D	7. E	8. B
----------	------	------	------	------	------	------	------	------

KAYNAKÇA

- MEB (2022). **Havacılık Ve Uzay Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı**. Ankara: T.C. MEB.
- Curley, R. (Eds.) (2012). **The Complete History of Aviation From Ballooning to Supersonic Flight**. Britannica
- Parasad, N.E (Eds.), **Wanhill, R.J.H (Eds.) (2017). Aerospace Materials and Material Technologies**,
- Volume 1: Aerospace Materials. Springer
- Parasad, N.E (Eds.), **Wanhill, R.J.H (Eds.) (2017). Aerospace Materials and Material Technologies**,
- Volume 2: **Aerospace Material Technologies**. Springer
- TDK (2012). **Türk Dil Kurumu Yazım Kılavuzu**. Ankara: Türk Dil kurumu yayınları
- Turkish Tecnic. **Materials and Hardware for EASA Part-66**, İstanbul, 2016.

Kaynakça, APA 6 referanslama sistemi kullanılarak oluşturulmuştur.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI



<http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=4017>

Materyalin genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçasına buradan ulaşılır. Karekoda ulaşılamaması durumunda yukarıdaki link kullanılabilir.

NOT

NOT



NOT