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: 978-975-11-7036-1

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

GEMİ YAPIMI ALANI GEMİ MALZEME BİLGİSİ 11-12 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
GEMİ YAPIMI ALANI



11
12

DERS MATERYALİ

GEMİ MALZEME BİLGİSİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

GEMİ YAPIMI ALANI

GEMİ MALZEME BİLGİSİ

11-12

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Ahmet TOKGÖZ
Günnur DİKEÇ
Murat ÖZTÜRK
Rocuvan BİÇİMLİ

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ..... : 8725

YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ ..... : 2610

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

HAZIRLAYANLAR

DİL UZMANI
Neşe Can TÜRK

PROGRAM GELİŞTİRME UZMANI
Esra YAVUZ

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME UZMANI
Arzu DURSUN URGUN

GÖRSEL TASARIM UZMANI
Gülay ÇELEN
Başak TUMBA

ISBN: 978-975-11-7036-1

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



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,
Medeniyyet 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 İlâhî, 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 İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
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 hürriyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

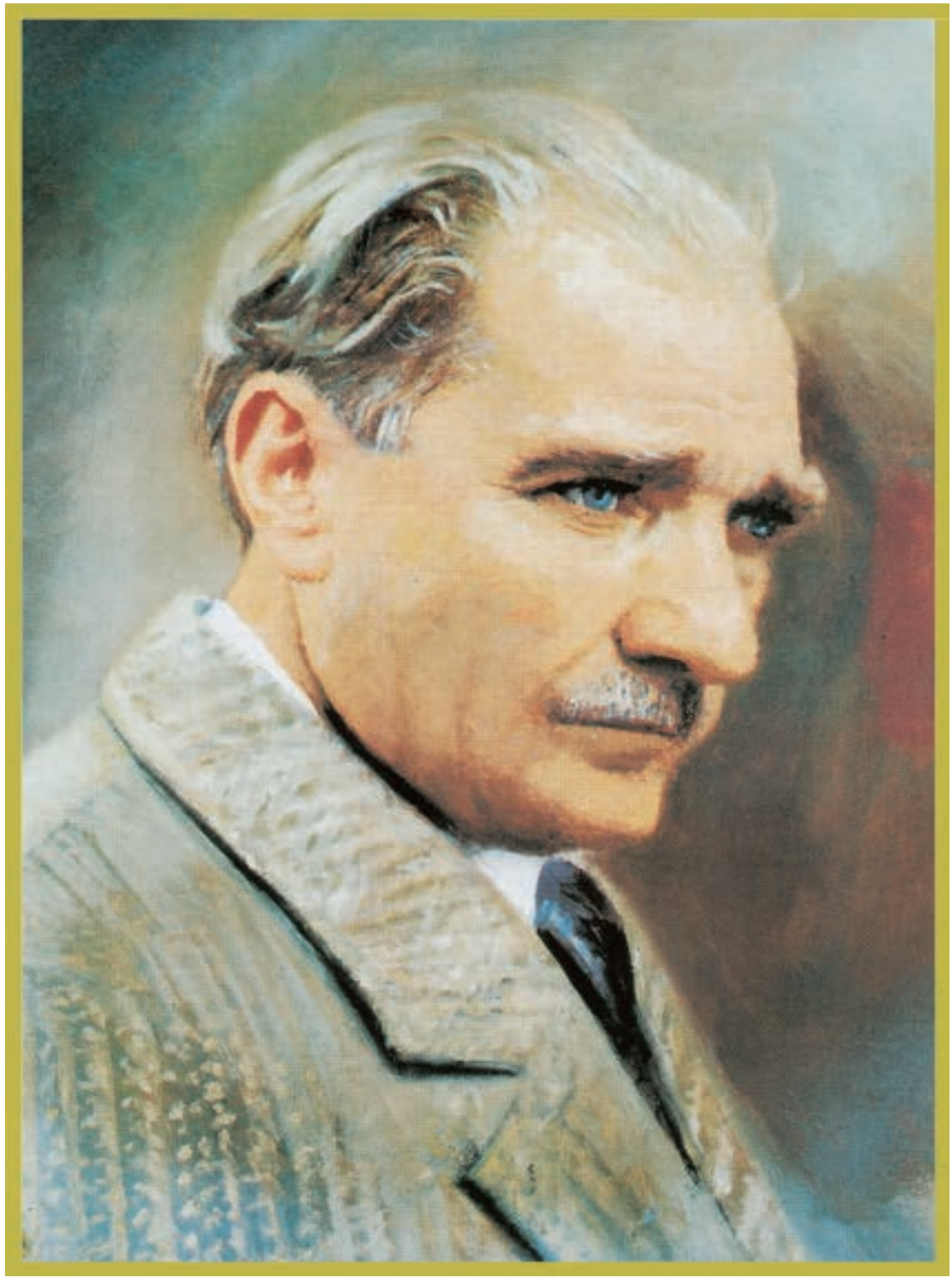
GENÇLİĞE HİTABE

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 namüsait 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: GEMİ MALZEME ÇEŞİTLERİ

1.1. GEMİ MALZEMELERİ 16
1.1.1. Malzeme Seçimi 16
1.2. GEMİ MALZEME ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI 17
1.2.1. Gemi Malzeme Çeşitleri 19
1.2.2. Malzemelerin Korozyon Dirençleri 22
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 25

2. ÖĞRENME BİRİMİ: DEMİR VE ÇELİK MALZEMELER

2.1. DEMİRİN ÖZELLİKLERİ 28
2.1.1. Ham Demir ve Özellikleri 28
2.1.2. Demir Cevherine Uygulanan İşlemler 29
2.1.3. Ham Demir Üretimi 30
2.2. ÇELİK VE ÖZELLİKLERİ 31
2.3. ÇELİK ÇEŞİTLERİ 33
2.3.1. Karbonlu Çelikler 33
2.3.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler (C<%0,25) 35
2.3.1.2. Orta Karbonlu Çelikler (%0,25<C<%0,55) 35
2.3.1.3. Yüksek Karbonlu Çelikler (%0,55<C) 36
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 37

3. ÖĞRENME BİRİMİ: ALAŞIMLI MALZEMELER

3.1. ALAŞIMIN GEREKLİLİĞİ 40
3.1.1. Alaşım 40
3.1.2. Alaşımların İhtiyaç Nedenleri 40
3.2. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ 42
3.2.1. Alaşım Elementleri ve Element Özellikleri 42
3.2.1.1. Alüminyum Alaşımları 42
3.2.1.2. Magnezyum Alaşımları 45
3.2.1.3. Bakır Alaşımları 45
3.2.1.4. Bakır Döküm Alaşımları 46
3.2.1.5. Nikel Alaşımları 46
3.2.1.6. Titanyum Alaşımları 46
3.2.1.7. Çinko Alaşımları 47
3.3. ALAŞIMLARIN ÖZELLİKLERİ 48
3.3.1. Pirinçler 48
3.3.2. Bronz (Tunç) 50
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 53

İÇİNDEKİLER

4. ÖĞRENME BİRİMİ: ALAŞIMLI ÇELİKLER

4.1. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÖZELLİKLERİ 56
4.1.1. Alaşımların Çeliklere Kazandırdığı Özellik ve Nitelikler 57
4.2. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÇEŞİTLERİ 58
4.2.1. Sade Karbonlu Çelikler 58
4.2.2. Alaşımlı Çelikler 58
4.2.3. Yüksek Alaşımlı Krom Nikelli Paslanmaz Çelikler 58
4.2.2.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler 59
4.2.2.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler 59
4.2.2.3. Ostenitik Paslanmaz Çelikler 59
4.2.2.4. Ostenitik ve Ferritik Çift Yönlü (Dubleks) Paslanmaz Çelikler 60
4.2.4. Düşük ve Yüksek Karbonlu Çelikler 61
4.2.3.1. Düşük Alaşımlı Islah Çelikleri 62
4.2.3.2. Yüksek Alaşımlı Takım Çelikleri 63
4.2.5. Dökme Demirler 63
4.2.5.1. Dökme Demir Çeşitleri 64
4.2.6. Çeliğe Katılan Alaşım Elementleri 65
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 75

5. ÖĞRENME BİRİMİ: ISIL İŞLEMLER

5.1. ISIL İŞLEMLERİN GEREKLİLİĞİ 78
5.1.1. Isıl İşlemin Malzemeye Kazandırdığı Özellikler 78
5.1.2. Isıl İşlem Çeşitleri 79
5.2. ISIL İŞLEMLERİN ÇEŞİTLERİ 80
5.2.1. Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlerin Amaç ve Yöntemleri 81
5.2.2. Demir ve Karbon Denge Diyagramı 82
5.2.3. Sertleştirme İşlemleri 84
5.2.3.1. Yüzey Sertleştirme 84
5.2.3.2. İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme 85
5.2.3.3. Sementasyonla (Karbürizasyon) Yüzey Sertleştirme 86
5.2.3.4. Nitrürasyon (Nitrürleme) 87
5.2.3.5. Su Vererek Sertleştirme 89
5.2.3.6. TTT Diyagramları 90
5.2.3.7. Çökeltme Sertleşmesi 90
5.2.4. Tavlama İşlemleri 90
5.2.4.1. Difüzyon ve Homojenleştirme Tavlaması 90
5.2.4.2. İri Tane Tavlaması 91
5.2.4.3. Normalizasyon Tavlaması 91
5.2.4.4. Yumuşatma Tavlaması 91
5.2.4.5. Gerilim Giderme Tavlaması 92
5.2.4.6. Yeniden Kristalleşme Tavlaması 92
5.2.4.7. Küreselleştirme Tavlaması 92
5.2.5. Menevişleme (Temperleme) 93
1. UYGULAMA 94
2. UYGULAMA 96
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 98

İÇİNDEKİLER

6. ÖĞRENME BİRİMİ: AHŞAP MALZEMELER

6.1. AHŞAP MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ 102
6.1.1. Ağaç Çeşitleri ve Özellikleri 102
6.1.1.1. İğne Yapraklı Ağaçlar (Kozalaklı) 102
6.1.1.2. Geniş Yapraklı Ağaçlar (Yapraklı) 103
6.1.2. Ahşap Malzemenin Çeşitleri 113
6.2. AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ 114
6.2.1. Doğal Ahşap Malzemenin Çeşitlerinin Özellikleri 114
6.2.1.1. Ahşap Malzemelerin Avantajları 115
6.2.1.2. Ahşap Malzemelerin Dezavantajları 115
6.2.1.3. Ahşap Malzemelerin Mekanik Özellikleri 115
6.2.1.4. Ahşap Malzemelerin Doğal Kusurları 116
6.2.1.5. Ahşap Malzemelerde Yapıştırma ve Boyama 117
6.2.2. Masif ve Kontrplak Malzemelerin Özellikleri 119
6.2.2.1. Masif Ahşap 119
6.2.2.2. Kontrplak 119
6.2.2.3. Lifli Ahşaplar 120
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 121

7. ÖĞRENME BİRİMİ: KOMPOZİT MALZEMELER

7.1. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ 124
7.1.1. Fiber Kompozitler 125
7.1.1.1. Fiber ve Matris Bileşimleri (Kombinasyonları) 126
7.1.2. Pul Kompozitler 127
7.1.3. Partikül Kompozitler 128
7.1.4. Sermetler 129
7.1.5. Dolgu Kompozitler 129
7.2. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ 129
1. UYGULAMA 134
2. UYGULAMA 136
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 138

KAYNAKÇA 139
CEVAP ANAHTARI 140

DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimi numaralarını gösterir.

Öğrenme birimi giriş kapağını gösterir.

Öğrenme birimi konularını gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.



Öğrenme birimi adını gösterir.

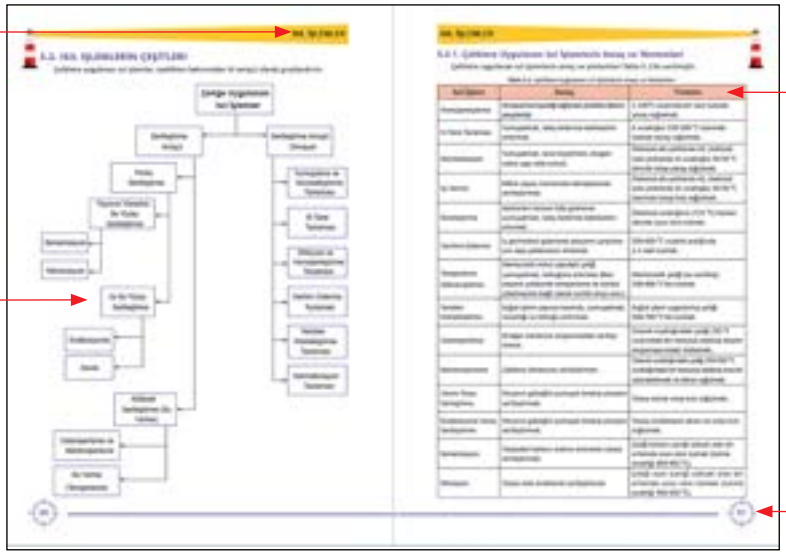
Öğrenme birimi hazırlık çalışmalarını gösterir.

Öğrenme birimi temel kavramlarını gösterir.

Öğrenme birimi adını gösterir.

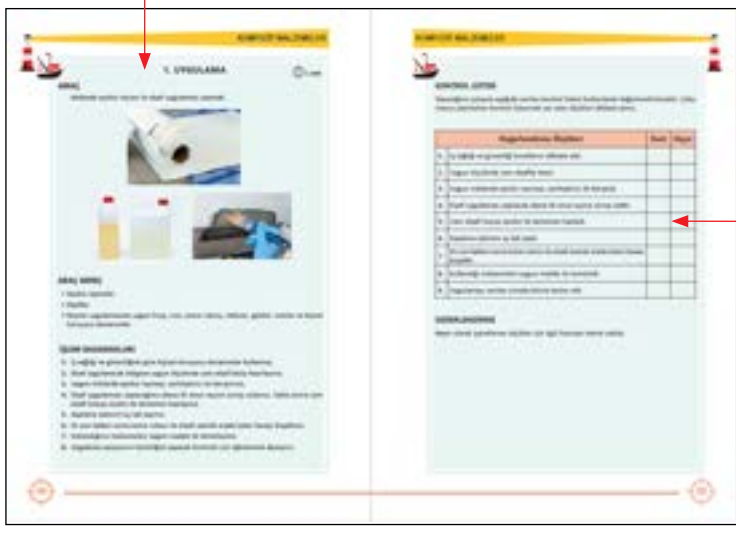
Tabloları gösterir.

Şemaları gösterir.



Sayfa numarasını gösterir.

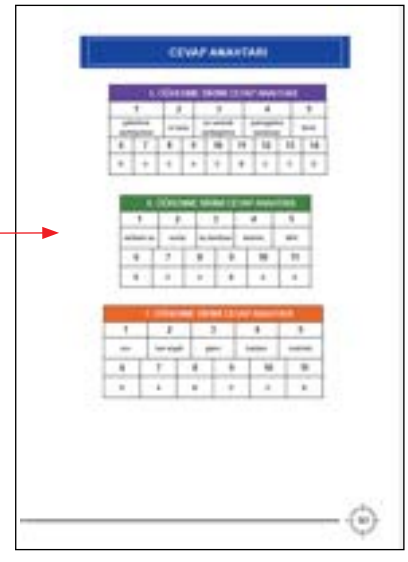
DERS MATERYALİNİN TANITIMI



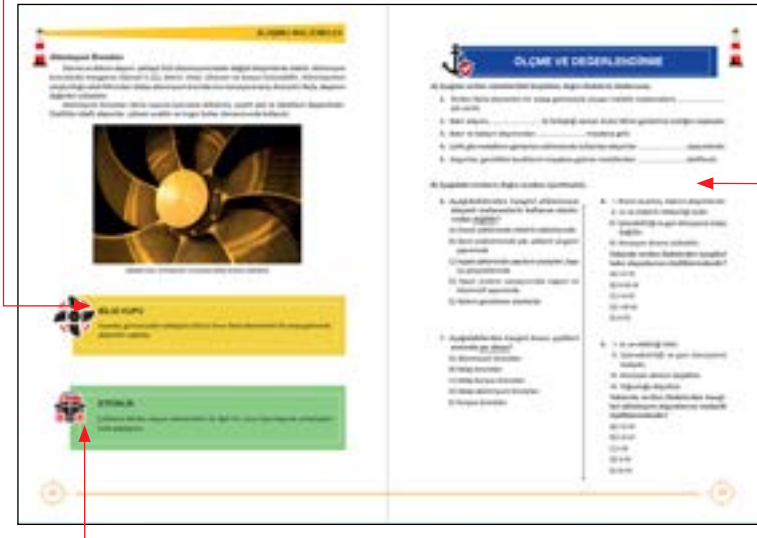
Öğrenme birimiyle ilgili uygulamayı gösterir.

Uygulamanın değerlendirileceği kontrol listesini gösterir.

Öğrenme birimlerinin sonunda bulunan ölçme ve değerlendirme sorularının cevap anahtarını gösterir.



Öğrenme birimi içindeki bilgi notuna dair bölümleri gösterir.



Öğrenme birimi sonundaki ölçme ve değerlendirme sorularını gösterir.

Etkileşimli ders materyali, video, ses, animasyon, uygulama, oyun, soru vb. ilave kaynaklara ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Öğrenme birimi etkinlik sorularını gösterir.

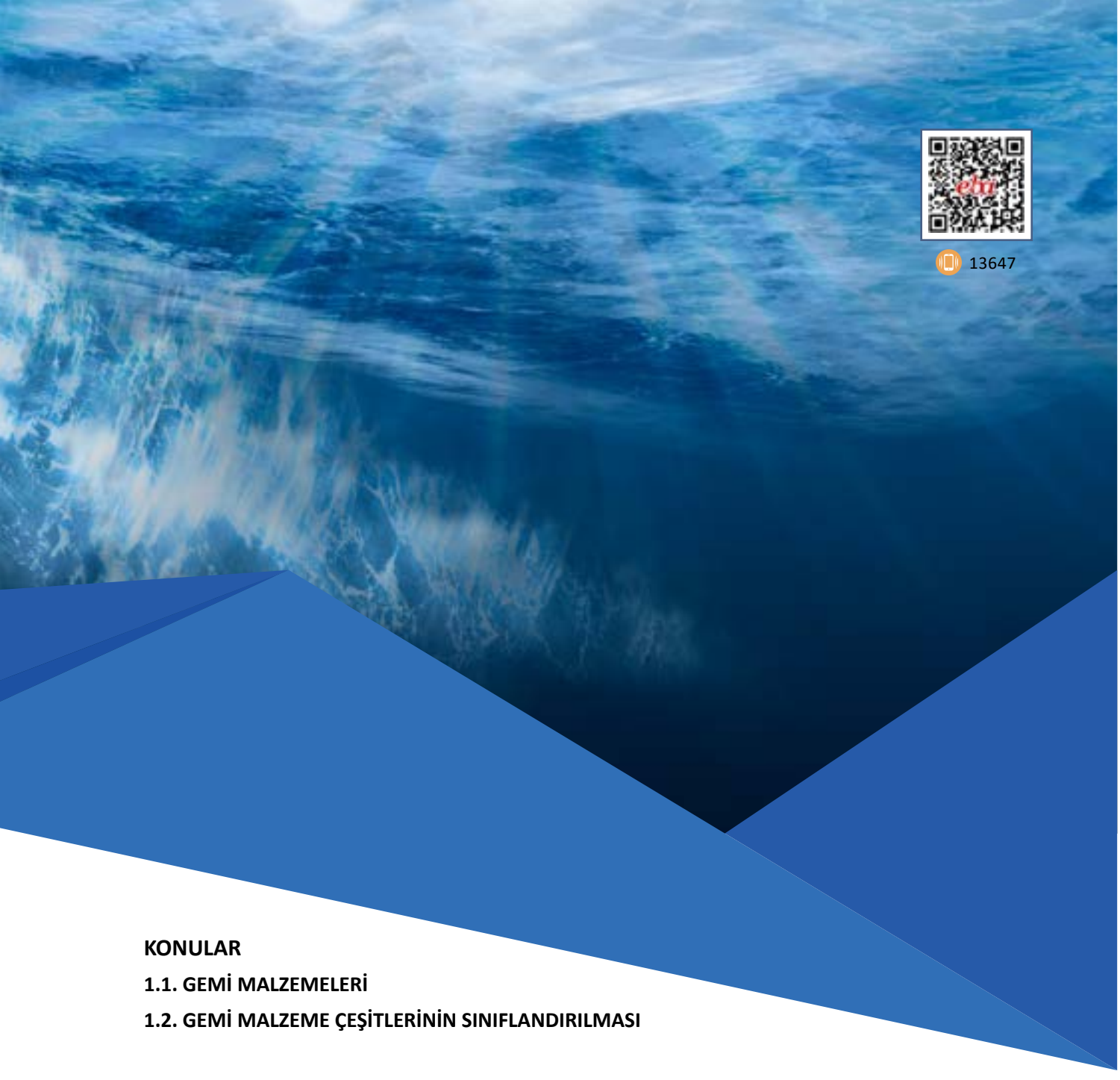
13647

Karekodu okutacak cihazınız yoksa karekodun altındaki sayıyı aşağıdaki linkin sonuna ekleyerek içeriklere ulaşabilirsiniz.
http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=**13647**



1. ÖĞRENME BİRİMİ

GEMİ MALZEME ÇEŞİTLERİ



13647

KONULAR

1.1. GEMİ MALZEMELERİ

1.2. GEMİ MALZEME ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Gemi malzeme çeşitleri ve özellikleri
- Kullanılan malzemelerin çevrenin dış etkenlerinden korunma yöntemleri

TEMEL KAVRAMLAR

dayanıklık, anorganik, kompozit, ahşap, metal, gemi gövdesi, katodik koruma

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Yakın çevrenizdeki gemi malzemelerinin birbirlerine göre farklılıklarını gözlemleyiniz.

2. Bir gemi yapımında hangi malzemeler kullanılır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

1.1. GEMİ MALZEMELERİ

İnsan, yaşamı boyunca araç gerece ihtiyaç duyar. Araç gereç, farklı malzemelerden yapılıp çeşitli yapıda bütün veya tek olarak bulunabilir. Mekanik, fiziksel ve kimyasal birtakım özelliklere sahip, mühendislik ürün ve sistemlerinin imalatında kullanılan katılara **malzeme** adı verilir. İnsanların kullandıkları araç ve bunların yapımında kullanılan malzemeler Yontma Taş, Cilalı Taş, Tunç Çağı gibi dönemlere adını vermiştir.

Malzeme bilimi; malzemelerin bileşim, yapı ve diğer özellikleri arasındaki ilişkileri inceleyen bilim dalıdır. Malzemelerin kimyasal, mekanik ve ısıl işlemle değişimlerini inceler.

Birçok mühendislik tasarımı tamamen yeni alaşımlı malzemelerin geliştirilmesine bağlıdır. Örneğin teorisi 17. yy.da ortaya atılmasına rağmen türbin motorlar ancak 19. yy.da yapılabilmiştir. Bunun nedeni yüksek sıcaklıklara ve korozyona dayanıklı malzeme gereksinimidir (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: Korozyona dayanıklı malzemeler ile yapılmış gemi

1.1.1. Malzeme Seçimi

Mühendislikte birden fazla malzemenin aynı amaçla kullanılabildiği durumlar vardır. Burada asıl amaç hem emniyet hem de teknik ve diğer özellikler açısından en uygun maliyetli malzemenin seçimidir.

Malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken özellikler şunlardır:

- Fiziksel özellikler (boyut, şekil ve yoğunluk)
- Mekanik özellikler (çekme dayanımı, süneklik, sertlik, darbe, yorulma, burulma ve sürünme direnci)
- Kimyasal ve elektrokimyasal özellikler (kimyasal bileşim, çözünürlük ve korozyon)
- Elektrik ve manyetik özellik (öz direnç elektrik iletkenliği ve manyetiklik)
- Isıl özellikler (ısı iletim katsayısı, ergime sıcaklığı, özgül ısı ve ısı kapasitesi)
- Optik özellikler (ışığı yansıtma ve geçirme, renk, ışığı yutma ve kırılma indisi)
- Akustik özellikler (sesi geçirme, sesi yutma ve sesi yansıtma)
- Teknolojik özellikler (imal edilebilme, kaynak, döküm, plastik şekil verme (PŞV) ve işlenebilme)
- Ekonomik özellikler (bulunabilme ve maliyet)

1.2. GEMİ MALZEME ÇEŞİTLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Günümüzde metal, seramik, cam, plastik, beton, ahşap gibi birçok malzemenin birbirinin yerini alabilmesi; malzemeyi kullanacak olan mühendisin seçim yaparken birtakım ölçütleri kullanmasını zorunlu kılar. Malzemeler, cinsine yani iç yapısına ve kimyasal sınıfına göre anorganik, kompozit, organik ve metalik malzemeler olarak gruplandırılır.

Anorganik Malzemeler

Genellikle metallerle metal olmayan elementlerin oluşturduğu bileşiklerdir. Cam, tuğla, beton, porselen (Görsel 1.2) gibi malzemeler seramiklerin birer örneğidir.



Görsel 1.2: Gemide kullanılan anorganik cam malzeme

Kompozit Malzemeler

Kompozitler (Görsel 1.3) en az iki malzemeden üretilir. Böylece bir malzemeden elde edilemeyen farklı özelliklere (çelik takviyeli çimento, cam fiber vb.) sahip olur.



Görsel 1.3: Cam fiber kompozit malzeme

Organik Malzemeler

Yakıtlar, ahşap (Görsel 1.4), kömür, petrol ve plastiktir.



Görsel 1.4: Gemide kullanılan ahşap malzeme

Metalik Malzemeler

İmalat sanayisinde en çok kullanılan element ve alaşımlı malzemeler şunlardır:

- Alüminyum (Al)
- Bakır (Cu)
- Çinko (Zn)
- Demir (Fe)
- Nikel (Ni)
- Mangan (Mn)

Metal elementlerin (Görsel 1.5) oluşturduğu özel alaşımlar şunlardır:

- Demir alaşımlarından çelik
- Bakır alaşımlarından bronz ve pirinç
- Alüminyum, kalay ve kurşun alaşımlarından tungsten ile titan



Görsel 1.5: Gemide kullanılan metalik malzemeler

1.2.1. Gemi Malzeme Çeşitleri

Gemi malzemeleriyle / parçalarıyla ilgili teknolojik açıklamalar resim üzerinde görülmüyorsa her bir parçanın imalat ve kabulündeki standart (DIN 1691) norma uyulmalıdır. Mevcut teknolojik açıklamada bütün sapmalar konusunda üretici ile müşteri mutlaka anlaşmalıdır. Bir klas kuruluşunun özel şartlarının olduğu durumda ilave kabul şartları, müşteri tarafından gösterilen klas kuruluşundan temin edilmelidir.

Gemilerde kullanılan malzemelerin özellikleri, denizcilikle ilgili ana ve yardımcı makinelerin önemli bir bölümünü oluşturan döküm ve çelik parçalardır. Gemilerde kullanılan ana ve yardımcı malzemelerin çeşitleri ve özellikleri şunlardır:

Gemi Gövdesi: Omurga, döşek, tulani, posta, kemere, dip-borda ve güverte kaplamaları, dikmeler, perdeler, baş ve kıç bodoslama, ana güverte, üst yapılar gibi gemi yapımında kullanılan levhaların çelik standartlarına ve kullanılış yerlerine göre sınıflandırılması levhanın akma dayanımına göre yapılır. Bunlar şu şekilde sıralanır:

- Çekme mukavemeti 41-50 kg/mm² olan levhalar
- Yüksek gerilime sahip çelik levhalar
- Genel maksatlar için 100 mm'ye kadar kaynağa elverişli yapı çeliği levhalar

Gemi Makineleri: Ana ve yardımcı makineler ile hizmet makinelerinden oluşur. Ana makinenin başlıca kısımlarının imal edildiği malzemeler şöyle sıralanır:

- Bedpleyt, gri dökme demir
- Freymler, gri dökme demir
- Silindir layner, gri dökme demir (GG 25)
- Silindir blok (gövde), gri dökme demir (GG 21-GG 25)
- Silindir başlığı (kaver), gri dökme demir (GG 25)
- Dökme demir piston, gri dökme demir (GG 25)
- Pistonlar
- Piston segmanları, gri (lamel grafitli) dökme demir ancak bazı durumlarda küresel grafitli dökme demir
- Piston pin, SAE 1020, 4120, 2320, 8620 sementasyon çeliği
- Piston rod, SAE 1020,4130 dövme çelik
- Kroshed, SAE 1020 dövme çelik

Piston kolu, SAE 1020 veya SAE 4130 çeliğinden dövme olarak üretilir. Alüminyum piston, ASTM A-332 kalitesine göre kokil kalıpta üretilip çökelme yaşlanması (önce 550 °C sıcaklıkta ısıtılıp suya atılması ve sonra 200 °C'de 8 saat ısıtılması) yapılır.

Pervane ve Külahı: Manganez-bronz (Mn-bronz) veya alüminyum-bronz (Al-bronz) malzemeden yapılır ancak geminin büyüklüğüne ve cinsine göre değişiklik gösterir.

Devir Düşürücü Donanım Dişlileri: SAE 1020, 4120, 2320, 8620 sementasyon çeliği, ara şaft SAE 1020 dövme çelik, karter gri ve dökme demirden yapılır.

Yatak Gövdesi: SAE 1020 dövme çelik, yatak malzemesi kalay (Sn) veya kurşun (Pb) esaslı beyaz metaldir.

Yatak gövdesinde kullanılan malzeme çeşitleri şunlardır:

- Kalay esaslı beyaz metal, yüksek devirli makine yataklarında kullanılır.
- Yataklar; %80-%86 kalay, %5-%6,5 bakır, %6-%7,5 veya %11-%15 antimon, %0,35 kurşun, %0,08 maksimum demir, % 0,08 bizmut (bi) elementlerinden oluşur ve kranşaft, şaft, ara şaft ile ana makinede kullanılır.
- Kurşun esaslı yataklara %0,3-%0,7 bakır, %0,4-%0,9 cıva, %1-%2 kalay, %0,15-%0,17 alüminyum ve maksimum %0,05 magnezyum konur.
- Bakır-kurşun alaşımlı yataklar yüksek zorlamalı yataklardır. Ana makine kolektörü, piston pin ve ırgat yatakları %81-%83 bakır, maksimum %12 kalay, %2,3-%4,5 çinko, %1 fosfor ve %1 demir içeren bakır-kalay-çinko tip malzemeden yapılır.

Ana makine yardımcılarının başlıca kısımlarının imal edildiği malzemeler şöyle sıralanır:

- Takozlar, GS 42 çelik döküm malzemeden yapılır.
- Valfler; ısıya ve korozyona dayanıklı, kolay işlenen, ısıyı iletme katsayısı yüksek malzemeden elde edilir. SAE 3511, SAE 4561 kromlu çelik ile bazı durumlarda bronzlu malzemeden imal edilir.

Bu valflerden bazıları şunlardır:

- Sülüs valf
- Glob valf
- Stop valf
- Dümen donanımı valfleri
- Otomatik valf
- Geri döndürmez valf
- Emniyet valfi
- Tatlı su pompası alıcı ve verici valfi
- Deniz suyu pompası alıcı ve verici valfi
- Makine grup valfi
- Su mahalli grup valfi
- Kinistin valfleri

Bu valflerin gemi gövdesine bağlananları çelik döküm, dökme demir veya bronzdan yapılır.

- Hotvel ve servis tankları, yağlama yağı servis, kazan yakıt servis, temiz yağ ve yağ tahliye tankı ile kirli yağ ve çamur tankları gibi tankların hepsi St 42 sacdan yapılır.
- Separatörlerden yağ-yakıt separatör gövdesi gri dökme demirden, buhar separatörü silindir haznesi St 42 sacdan imal edilir.
- Kazan körük ve aspiratör gövdesi gri dökme demir, kapak ise St 42 çelik sacdan yapılır.

Güverte Yardımcı Makineleri: Güverte yardımcı makinelerinin başlıca kısımları ve bunların imal edildiği malzemeler şöyle sıralanır:

- Dümen makinesi, çelik
- Demir ırgatı, çelik
- Loça ve loça simidi, GS 42 çelik döküm



- Çapa ve çapa kolları, GS 42 çelik döküm
- Kurt kapanı, GS 42 çelik döküm
- Ambar kapakları, St 42 sac
- Manevra, çekme ve yükleme-boşaltma elemanları, çelik

Dümen makinelerine ait parçalar ve bunların üretildiği malzemeler şöyledir:

- Dümen bosası, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen bosası menhol kapağı, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen yekesi, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen topuk burcu, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen alt bosa, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen rodu, SAE 1070 dövme çelik
- Dümen dolabı, bronz veya alimünyum
- Dümen dolabı kavelatası, gri dökme demir
- Dümen takozu, gri dökme demir
- Rod takozu, SAE 1020 çelik döküm
- Dümen şaftı, SAE 4130 dövme çelik
- Pelesenk kovanı, pirinç veya bronz
- Dümen yelpazesi, St 42 sac

Irgatın başlıca kısımları ve bu kısımların imal edildiği malzemeler şunlardır:

- Kavrama göbeği, SAE 1040 dövme çelik
- Ayar vidası, SAE 1040 dövme çelik
- Kapak, SAE 1040 dövme çelik
- Dış gövde, SAE 5140 çelik döküm
- Kovan, SAE 1020 çelik döküm
- Dış ve iç plaka, SAE 9240 yay çeliği
- Motor irtibat flenci, SAE 5140 çelik döküm
- Set uskur, SAE 1020 çelik döküm
- Fener, SAE 1020 çelik döküm
- Rondela, SAE 1020 çelik döküm
- Kavelata, SAE 1020 çelik döküm veya gri dökme demir
- Dişli, SAE 1020 sementasyon çeliği
- Gövde, SAE 1020 çelik döküm
- Fener mili, SAE 1050 dövme çelik
- Sonsuz vida saftı, SAE 1050 dövme çelik
- Irgat çerçevesi, SAE 1020 çelik döküm
- Ara dişli, SAE 1050 dövme çelik
- Yay, SAE 9240 yay çelik

Gemi Manevra, Çekme, Yükleme ve Boşaltma Elemanları: Bu elemanlar ve imal edildikleri malzemeler şöyle sıralanır:

- Vinç motor kapakları, gri dökme demir
- Vinç dişlisi, SAE 8620 sementasyon çeliği
- Yük kancaları, SAE 1020 dövme çelik
- Babalar, St 42 sac veya GS 42 çelik döküm

Gemi Ambar Kapakları: Kapaklarda St 42 sac levha kullanılır. Krank şaft volanlarının imal edildiği malzemeler şöyle sıralanır:

- 2.500 mm'den küçük olanlarında tek parçalı gri dökme demir veya sfero dökme demir
- 2.500 mm'den büyük olanlarında çift parçalı gri dökme demir veya sfero dökme demir ile büyük gemi dizel makinelerinin volanında tek parçalı dövme çelik

1.2.2. Malzemelerin Korozyon Dirençleri

Korozyon, metallerin içinde bulunduğu ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girerek metalik özelliklerini kaybetmesidir. Metallerin büyük bir kısmı, su ve atmosfer etkisine karşı dirençli (dayanıklı) olmadığı için normal koşullar altında bile korozyona uğrar.

İşlenmiş ya da işlenmemiş metaller dış ortam etkisinde kalır. Dış ortam; sıvı, gaz ve katı maddelerden de oluşabilir (Görsel 1.6). Metallerin dış ortam ile temas etmesi korozyonun oluşması için yeterlidir. Dış ortamdaki etmenler, metallerin korozyon direncini yitirmesine ve yapısının bozulmasına neden olur.



Görsel 1.6: Korozyon oluşma ortamları

Korozyondan Korunma

Metaller üzerinde aşınma oluşturan korozyondan korunma yöntemleri şunlardır:

Alaşım Yapmak: Katık elemanı olarak korozyona dayanıklı malzemeler kullanıldığı takdirde alaşım özellikleri değiştiğinden korozyon dayanımı da artar.

Alaşım yaparak korunma pahalı bir yöntemdir. Çünkü korozyon yüzeyde meydana gelmesine rağmen alaşım oluşturabilmek için alaşım elemanı malzemenin tüm yapısına eşit dağıtılmalıdır. Bu da korozyona dayanıklı elemanın yüksek oranda kullanılmasına sebep olur. Paslanmaz çelikler bu duruma en uygun örnektir.

Çeliklerin paslanmaması için katılan krom, maliyeti etkiler. Alaşım elemanı olarak krom, çelikten önce yüzeyde oksit tabakası oluşturarak çeliği oksitlenmeye karşı korur. Bu, pahalı olmasına rağmen korozyondan korumanın en güvenli yoludur.

Korozyonu Oluşturan Maddeleri Uzaklaştırmak: Korozyonu meydana getiren sudaki oksijenin bir miktarını uzaklaştırmak mümkündür. Özellikle kalorifer tesisatlarında kullanılan suyun oksijeni bu şekilde düşürülebilir. Potasyum katılmış su kullanıldığında otomobil radyatörlerinde korozyon önlenebilir.

Katodik Koruma: Anot konumundaki malzemenin konumu değiştirilerek yapılan korunmadır. Malzemenin iyonlaşarak yük kazanmasını önlemek için parçanın kendisi yüklü duruma getirilir. Bunun için de malzemeye dışarıdan doğru akım verilir.

Katodik korumanın bir diğer yöntemi ise korozyona uğrayacağı düşünülen ortama malzemeden daha kolay korozyon etkisinde kalabilecek başka bir malzeme konulmasıyla gerçekleştirilir. Kalorifer kazanlarının içine çinko malzeme konularak yapılan koruma buna örnek gösterilebilir. Çinko, kazanı oluşturan malzemeden daha kolay aşınacağı için diğer malzemeleri korozyona karşı korunur. Katodik korumanın uygulama alanları şunlardır:

- Boru hatları (içme suyu boru hatları, doğal gaz boru hatları, petrol boru hatları, yangın hidrant boru hatları, deniz altı boruları, atık su boruları)
- Deniz taşıtları ve yapıları (yük gemiler, feribotlar, deniz otobüsleri, denizaltı, yatlar, liman, iskele ve platform, kazık ayakları, palplanşlar, dubalar)
- Tanklar (yer altı LPG, akaryakıt, atık su ve yer üstü akaryakıt tankları, bu tankların içi ve taban kısmı)
- Su sistemleri (boyler tankları, eşanjör soğutma ve ısıtma sistemleri, elektrikli termosifonlar)

Yüzeyin Bir Başka Malzemeyle Kaplanması: Korozyonun etkilerini yok etmeye yönelik son yıllarda en çok gelişen koruma yöntemlerindendir. Dış etkilerin malzeme yüzeyinde istenmeyen bozukluklara yol açmaması için malzeme yüzeyi dış etkilere dayanıklı malzeme ile kaplanır.

Malzemelerin yüzeyinde oluşmaya başlayan korozyon, belli şartlar altında meydana gelir ve belli noktalarda görülür. Korozyonun görüldüğü noktalar şöyle açıklanabilir:

- Malzeme yüzeyden korozyona (Görsel 1.7) uğrar. Bunun sebebi malzemenin dış etkiler ile karşılaştığı ilk noktaların dış yüzeylerinin olmasıdır.
- Aşınmalarda alaşımlardan biri korozyona uğrayabilir (Görsel 1.8). Diğer alaşım zarar görmemesine rağmen malzemenin tümü kullanılmaz hâle gelir.



Görsel 1.7: Geminin paslı dış yüzeyi



Görsel 1.8: Aşınmış parça

Vida (Görsel 1.9), kaynak, perçin gibi noktalarda daha sık görülür. Bunun sebebi, birleşme noktalarında oksit ortamının daha kolay oluşması olabileceği gibi kaynakta görülen türüyle birleşme noktalarının kimyasal özelliğinin değişmesi de olabilir.



Görsel 1.9: Oksitli vida

ETKİNLİK

1. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak gemi yapımında kullanılan malzemelerin isimlerini ve görsellerini belirten bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.**

2. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak gemi yapımında kullanılan malzemelerin isimleri ve görselleri ile ilgili bir pano hazırlayınız. Hazırladığınız panoları atölyenizin uygun yerlerine asınız.**

3. **Atölyenizde bulunan gemilerde kullanılan malzemeleri inceleyerek bunların hangi tür malzeme olduklarına ait düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Yakıtlar, ahşap, kömür, petrol ve plastik …….. malzemelere örnektir.
2. En az iki malzemeden üretilerek farklı özelliklere sahip olması istenen malzemelere …….. malzemeler denir.
3. İmalat sanayinde en çok kullanılan element ve alaşımlı malzemelere …….. denir.
4. Mekanik, fiziksel ve kimyasal birtakım özelliklere sahip, mühendislik ürün ve sistemlerinin imalatında kullanılan katılara …….. denir.
5. Metallerin içinde bulunduğu ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyona girerek metalik özelliklerini kaybetmesine …….. denir.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi metalik malzeme değildir?

A) Alüminyum B) Bakır
C) Çinko D) Karbon
E) Nikel

7. Aşağıdakilerden hangisi anorganik malzemelere örnektir?

A) Cam B) Demir
C) Mermer D) Petrol
E) Plastik

8. Metallerle metal olmayan elementlerin oluşturduğu bileşik malzeme aşağıdakilerden hangisidir?

A) Anorganik B) Dinamik
C) Kompozit D) Metalik
E) Organik

9. Aşağıdakilerden hangisi kompozit malzemelere örnek olarak gösterilir?

A) Ahşap B) Cam
C) Demir D) Tuğla
E) Çelik takviyeli çimento

10. Aşağıdakilerden hangisi malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken mekanik özelliklerden biri değildir?

A) Çekme dayanımı B) Darbe
C) Sertlik D) Yorulma
E) Çözünürlük ve korozyon

11. Gemi imalatında kullanılan malzemelerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Ambar kapaklarında dökme demir kullanılır.
B) Çapa ve çapa kolları çelik döküm malzemeden üretilir.
C) Güverte imalatında çelik levha kullanılır.
D) Kaptan köşkü imalatında kontrplak ahşap malzeme kullanılır.
E) Omurga imalatında çelik malzeme kullanılır.

12. Aşağıdakilerden hangisi metaller üzerinde aşınma oluşturan korozyondan korunma yöntemlerinden biri değildir?

A) Alaşım yapılması
B) Katodik koruma yapılması
C) Metal yüzeyinin bir başka malzeme ile kaplanması
D) Metal yüzeyinin boyanması
E) Yüzeylerin su altında tutulması



2. ÖĞRENME BİRİMİ

DEMİR VE ÇELİK MALZEMELER



13648

KONULAR

2.1. DEMİRİN ÖZELLİKLERİ

2.2. ÇELİĞİN ÖZELLİKLERİ

2.3. ÇELİĞİN ÇEŞİTLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Demirin ve çeliğin özellikleri ile çeşitleri
- Karbonlu çelik çeşitleri ve özellikleri

TEMEL KAVRAMLAR

demir, cevher, hematit, sinterleme, haddeleme, çelik, alaşım, karbon

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Atölyenizde bulunan malzemelerin türleri ve özellikleriyle ilgili düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.1. DEMİRİN ÖZELLİKLERİ

Simgesi Fe ve atom numarası 26 olan, dünya yüzeyinde en çok bulunan, gümüş beyazı renginde, parlak, yumuşak, dayanıklı elemente **demir** adı verilir. Yoğunluğu 7,874 kg/m³, ergime derecesi 1.538 °C olan bir elementtir.

Demir, erimeden önce yumuşar ve hamur kıvamına gelir. Bu özelliğinden dolayı demire kolayca biçim verilebilir. Küçük oranda olsa da başka elementlerin katılmasıyla bu özelliklerin hepsi değişebilir. Bir baz metal olan demir, asitle tepkimeye girdiğinde **hidrojen gazı (H_2)** açığa çıkar. Atmosferdeki oksijenle de tepkimeye girerek hidratlı bir **demir oksite (FeO)** dönüşür.

Atmosferdeki nem oranı %50'nin altındaysa demirde etkilenme pek görülmez. Bu oranın altında yüzeydeki ince oksit tabakası madeni korur ancak nem oranı yüksek bir ortamda su ve oksijenden etkilenir. Suyu emen gözenekli bir hidroksit oluşur. Bu da paslanmayı (korozyonu) hızlandırır.

Saf demirin elektrik iletkenliği düşük, manyetikliği yüksek, atmosfere ve kimyasal ortamlara direnci azdır. Antik Çağ'da altından beş kat daha pahalı olan demir, ilk olarak süs ve takı eşyalarının yapımında kullanılmıştır. Daha sonra demirden imal edilen silahlar savaş tekniğini değiştirmiştir. Bu değişim çiftçilik için de geçerlidir. Demir ve çelik, uygarlığın temel taşlarından biri olmuştur (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Demir alaşımı çelikten inşa edilmiş tren köprüsü

İnsan tarafından elde edilen metalik demirin MÖ 2500 yıllarında var olduğuna dair işaretler bulunmuştur. Demir metal üretimi, ilk kez MÖ 1200'lerde Hititler tarafından gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda Demir Çağı başlamıştır.

2.1.1. Ham Demir ve Özellikleri

Ham demir üretimi, yüksek fırın adı verilen şaft tipi fırınlarda demir cevherlerinin indirgenmesi ile gerçekleştirilir.

Yer kabuğunda mevcut oksitli demir minerallerini taşıyan cevherler, doğrudan, zenginleştirilerek veya hazırlanarak sıvı ham demir üretiminde temel ham madde şeklinde kullanılır.

Demir cevheri mineralleri şunlardır:

Oksitli Mineraller: Hematit (Fe_2O_3), Manyetit (Fe_3O_4), Limonit ($2Fe_2O_3.nH_2O$)

Karbonatlı Mineraller: Siderit ($FeCO_3$)

Sülfürlü Mineraller: Pirit (FeS_2)

Bu minerallerin oksitli olanlarını içeren cevherler, (istenen kimyasal bileşim ve fiziksel özellikleri sağlaması durumunda) doğrudan yüksek fırında kullanılabilir. Buna karşın karbonatlı cevherler, parçalanmaya (kalsinasyona) uğratılarak sülfürlü cevherler de kavrulmak suretiyle oksitler hâline çevrilebilir.

Demir cevherlerinin doğrudan yüksek fırınlarda kullanılması durumunda demir içindeki değerli metalin (tenörünün) %50'nin üzerinde olması istenir. İstenmeyen (gang) maddeler olarak bulunabilen silisyum dioksit (SiO_2) alüminyum oksit (Al_2O_3) gibi oksitlerin kükürt (S), fosfor (P), arsenik (As) gibi elementleri minimum seviyede içermesi gerekir.

Demir cevherlerinin kimyasal bileşenlere sahip olmasının yanı sıra yüksek fırınlarda redüksiyon kolaylığı bakımından hematit tipinde olması istenir. Demir cevherinin kullanılabilir olması için 10 mm'den daha küçük tane boyutlu olması ve cevher miktarının da %10'dan fazla olmaması gerekir. Fırın işletme şartlarına bağlı olmakla birlikte tercih edilen cevher parça boyutu genellikle 40-100 mm olmalıdır.

2.1.2. Demir Cevherine Uygulanan İşlemler

Demir içindeki düşük ve istenmeyen maddeleri içeren, tane boyutu küçük ve mineral cinsi bakımından doğrudan yüksek fırında şarj edilemeyen cevherler (Görsel 2.2), bazı zenginleştirme ve hazırlama işlemlerine tabi tutulur. Böylece şarj malzemesi hâline getirilir. Bu işlemler tane oluşturma (sinterleme) ve peletlemedir.



Görsel 2.2: Hematit demir cevheri

Sinterleme

Sinterleme, toz demir cevherlerinin yüksek sıcaklıkta oksidasyonu, parçaları birleştirme işlemi (aglomerasyonu) ve termik sertleştirilmesi olarak tanımlanır. Sinterleme sayesinde toz cevherlerin kullanılması ve cevherde mevcut kükürt gibi istenmeyen maddelerin oksitlenerek giderilmesi sağlanır. Oksidasyondan dolayı sinterin yapısal karakteri hematit cinsinden olur. **Sinter**; iri parçalar (Görsel 2.3) hâlinde gözenekli, dayanıklı ve ideal yüksek fırın malzemesidir.



Görsel 2.3: Demir cevheri

Peletleme

Demir içindeki düşük (tenörlü) demir cevherleri, çok küçük boyutlara kadar inceltilip çeşitli yöntemlerle (gravitasyon, manyetik ayırma, flatasyon vb.) zenginleştirildikten sonra uygun bir bağlayıcı (bentonit) ile birlikte nemlendirilerek peletler hâline getirilir. Daha sonra yüksek sıcaklıkta pişirme işlemine tabi tutularak küresel biçimde, sağlam ve mikro gözeneği fazla olan ideal bir şarj malzemesi elde edilir.

Yüksek fırın, dışı çelikten ve içi yüksek kaliteli samot refrakter malzemeden örülmüş ve düşey bir şaft fırını şeklindedir. Yüksek fırına cevher, kok ve cüruf yapıcı malzemeden başka karın bölgesinde (hazne üst seviyesinde) tüyerlerden 800-1.200 °C'deki basınçlı hava üflenir.

2.1.3. Ham Demir Üretimi

Yüksek fırın içinde demir oksitlerin redüksiyonu için gereken ortam ve şarj malzemelerinin ergimesi için gereken ısı, cevherlerle beraber şarj edilen metalürjik kok kömürü sayesinde sağlanır.

Metalürjik kok, bitümlü ve yarı bitümlü maden kömürlerinin kok fabrikalarında 1.100 °C'deki karbonizasyonu sonucunda üretilir. Demir üretiminde kullanılacak metalürjik kokun karbon miktarının fazla ancak kül miktarının az olması gerekir.

Demir cevherlerinde olduğu gibi istenmeyen elementler de (fosfor, kükürt gibi) en az limitlerde bulunmalı ve kullanılacak kokun tane boyutu da 40-100 mm civarında olmalıdır.

Kok, hava ve gazların geçişine izin verecek oranda gözenekli fakat darbeye ve yüke karşı dayanıklı olmalıdır. Demir cevherlerinin ergitilerek (Görsel 2.4) ham demirde bulunması arzu edilmeyen elementleri de bünyesine alacak şekilde cüruf hâline getirilmesi için şarja cüruf yapıcılar ilave edilir.



Görsel 2.4: Potada ergitilmiş sıvı demir

Cüruf yapıcılar, yapılacak cürufun bileşim ve miktarına göre seçilir (Tablo 2.1). Bunun için genellikle kalker ve dolomit cinsleri kullanılır.

Tablo 2.1: Yüksek Fırında Elde Edilen Sıvı Ham Demirin Bileşim Aralıkları

Elementler	Bileşim Aralıkları %
Demir	93-94
Karbon	3,5-4
Silisyum	0,5-3,0
Manganez	0,5-2,0
Fosfor	0,05-1,0
Kükürt	0,05-1,0

Saf demirin korozyona karşı tutumu ve mekanik özelliklerinin yetersizliği kullanım alanını oldukça daraltır. Diğer taraftan tekniğin gelişmesiyle demir metalinin özellikle karbon ile yaptığı alaşımlar, gelişen endüstrinin ağır koşullarına kolayca cevap verebildiğinden en çok aranan ve kullanılan alaşımların başında gelir.

Demir-karbon alaşımları, bileşimlere göre iki gruba ayrılır. Bunlar şöyle sıralanır:

- %2'ye kadar karbon ihtiva eden demir-karbon alaşımı çelik
- %2'den fazla karbon ihtiva eden demir-karbon alaşımı olan dökme demir

2.2. ÇELİK VE ÖZELLİKLERİ

İçerisinde %2'ye kadar karbon bulunduran demir-karbon alaşımlarına **çelik** denir. Karbon, demiri çeliğe dönüştürürken aynı zamanda çeliğe ilave özellikler de kazandırır. Bu özellikler karbon miktarına göre değişiklik gösterir.

Çelikler ötektoid noktasına göre üç gruba ayrılır. Bunların da karbon ihtiva oranları şöyledir:

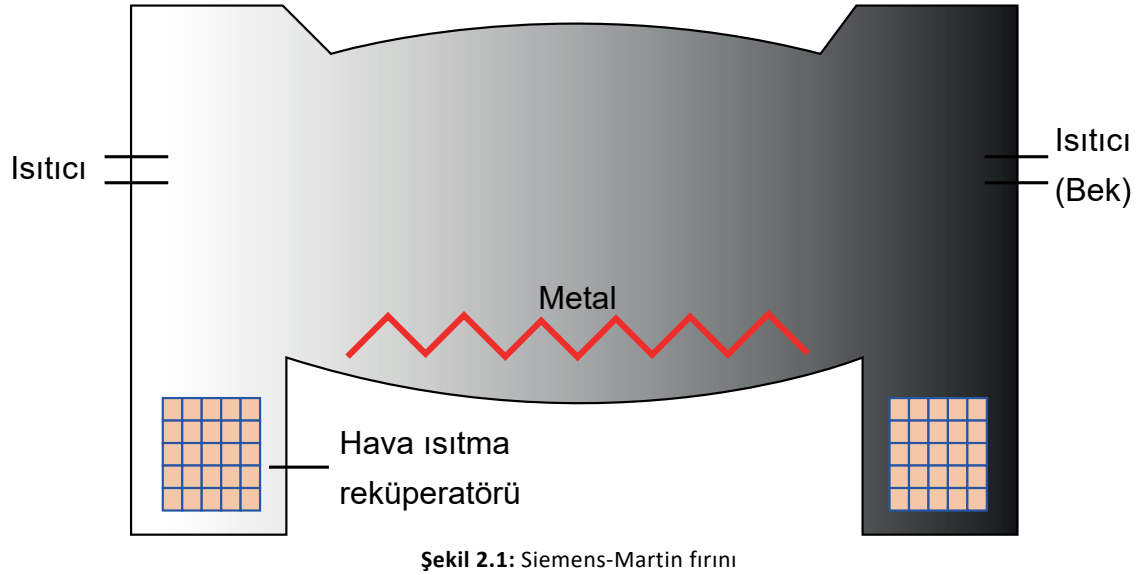
- Ölektoid altı çeliklerde %0,8'den daha az
- Ötektoid çeliklerde %0,8
- Ötektoid üstü çeliklerde ise %0,8-%2,0

Demirin en önemli alaşımı olan çeliğin üretim şekli ve yeri yüksek ergitmeye sahip fırınlardır.

Siemens-Martin Fırınları

Siemens-Martin fırınları (Şekil 2.1) yatay tipli alev fırınlarıdır. Fırının iç yüzeyi asit astarla silisyum oksit (SiO_2) veya bazik astarla magnezyum oksit (MgO) kaplanabilir.

Bu fırınlar %100 ham demir veya %100 katı şarjla çalışabilir. Ergitme ve ısıtıcılarda pülverize (toz) kömür kullanılır. Ayrıca bunlara son zamanlarda oksijen gazı (O_2) ilavesi de yapılır.



Şekil 2.1: Siemens-Martin fırını

Konverterler

- Bessemer konverteri (Asit konverteri)
- Thomas konverteri (Bazik konverteri)
- Oksijen konverteri (LD konverteri)

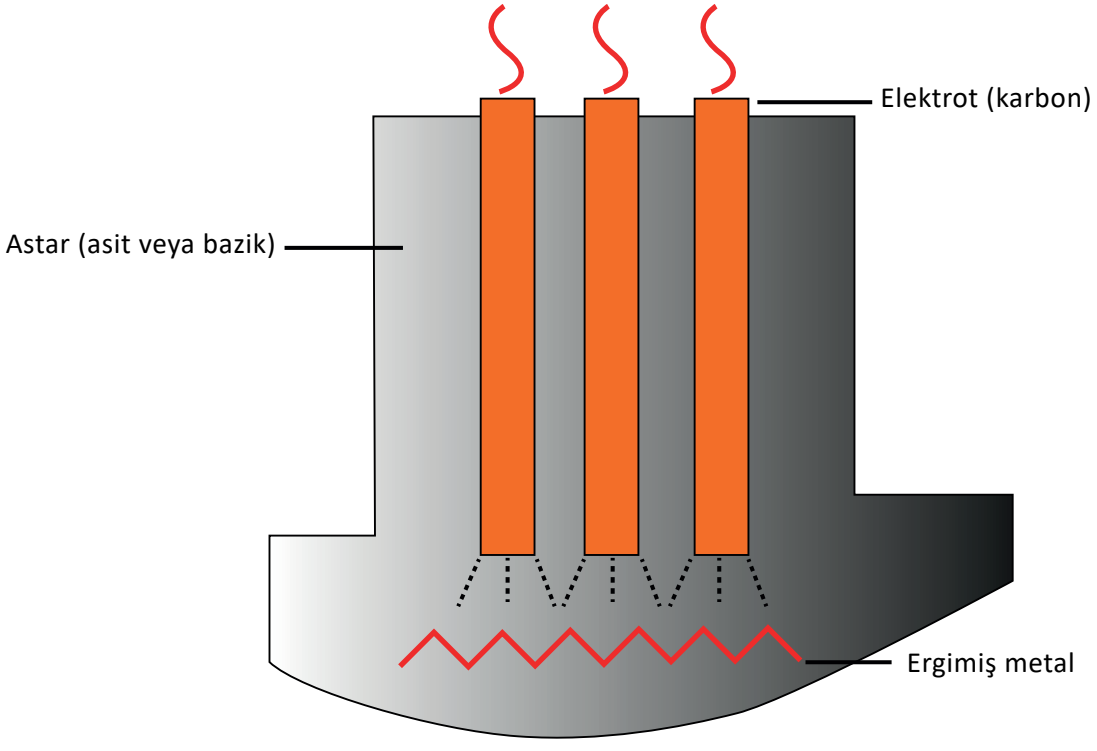
Elektrik Ark Fırınları

Dünyada kütle çelik üretiminin %20'si elektrik ark fırınlarıyla (Şekil 2.2) yapılır. Kaliteli çelik üretiminde kullanılan bu fıranlar kütle çelik üretimi için bazik çalıştırılır. Bazik fırınlarda oksitleyici cüruf (fosfor eliminasyonu) ve redükleyici cüruf (kükürt eliminasyonu) için iki tür cüruf yapılır.

Asit astarlarda fosfor ve kükürt eliminasyonu yapılmadığı için bunlarda kullanılan ham maddelerde fosfor ve kükürt yüzdeleri belirli olmalıdır. Bu fırınlar %100 katı hurda ile çalışır. Genellikle ısıya dayanıklı, az ve yüksek alaşımlı çeliklerin imalatında kullanılır.

Çelik üretiminin her kademesinde ortamdaki demir oksitlenir ve demir oksit (FeO) hâline gelir. Oksit hâlindeki demir, malzemenin kalitesini bozduğu için ergitme ocağında manganez, silisyum gibi elementlerle deokside (oksijenin alınması) edilir. Kalıplarda ise deoksidasyon, alüminyum ile yapılır.

İçindeki demir oksidi tamamen alınmış çeliğe **söndürülmüş çelik**, kısmen alınmış çeliğe ise **yarı söndürülmüş çelik** adı verilir. Söndürülmüş çeliklerin yorulmaya karşı dayanımı diğerlerine göre daha fazladır.



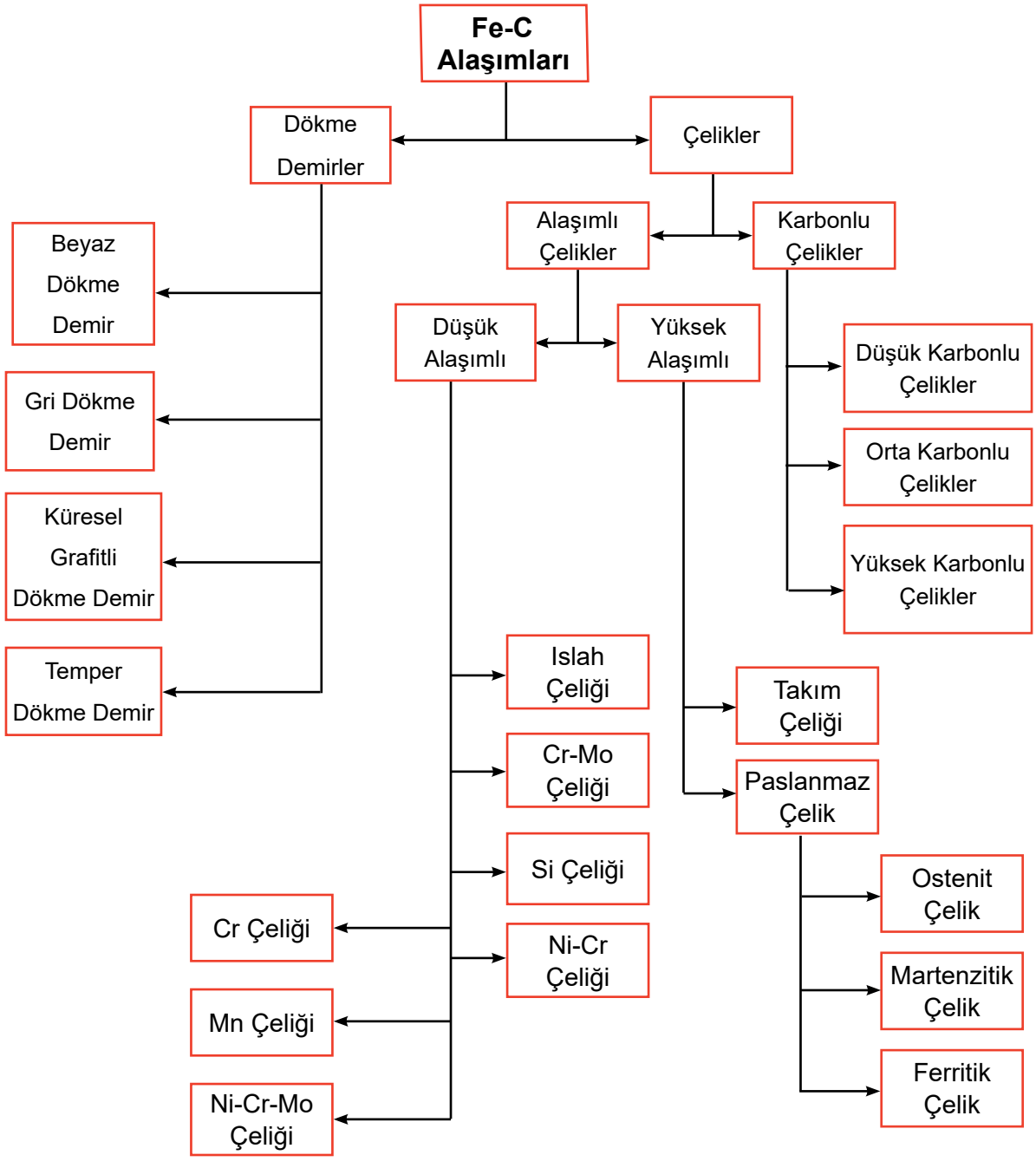
Şekil 2.2: Elektrik ark fırını

ETKİNLİK

Demir ile çeliğin benzer ve farklı yönlerini açıklayan bir sunu hazırlayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

2.3. ÇELİK ÇEŞİTLERİ

Çelik çeşitleri Şema 2.1'de verildiği gibi sınıflandırılır.



Şema 2.1: Çeliklerin sınıflandırılması

Çelikler içerdikleri karbon oranlarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

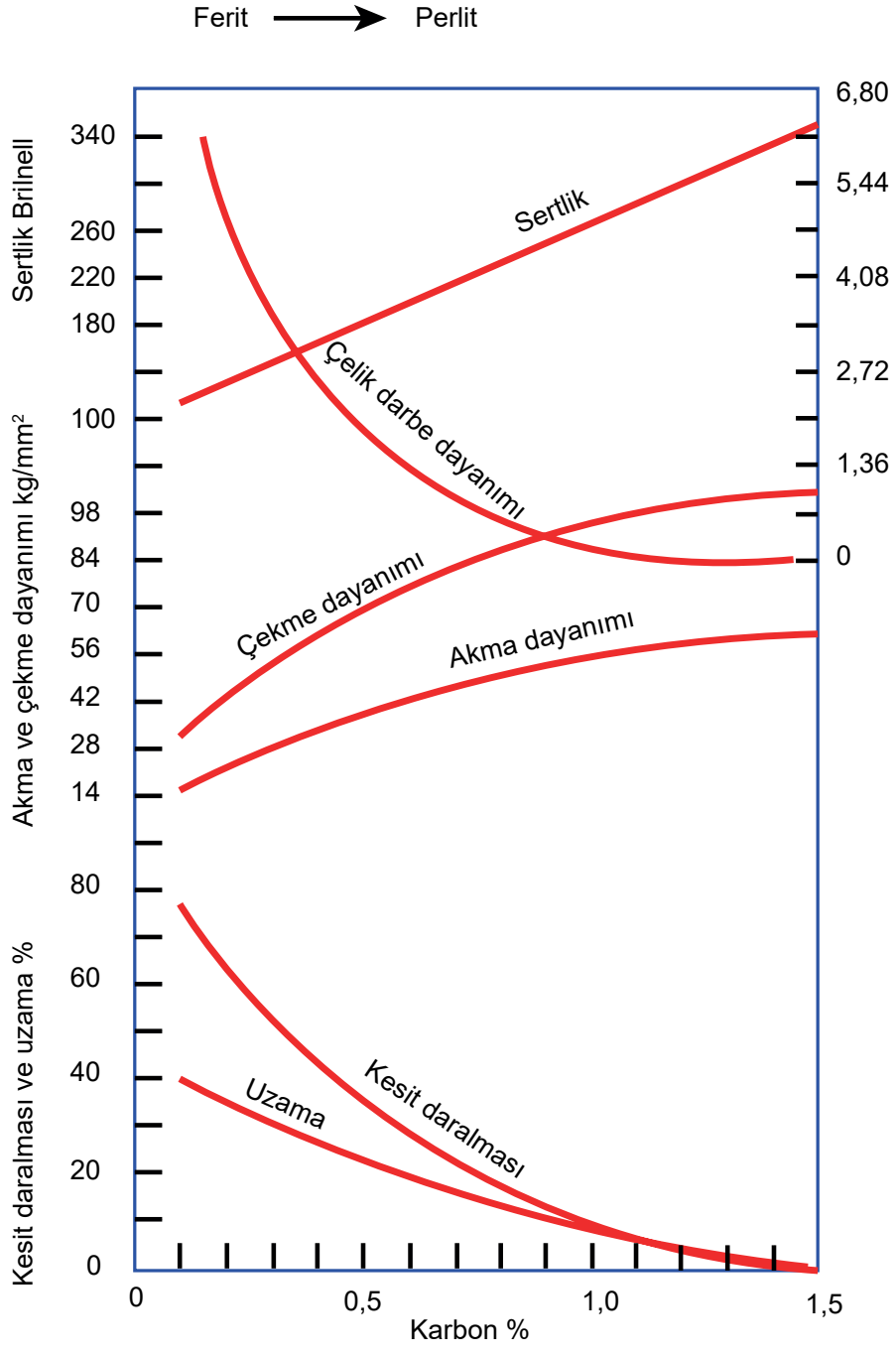
2.3.1. Karbonlu Çelikler

Sade karbonlu çelikler olarak da adlandırılır. Tüm özellikleri, içerdikleri karbon miktarına bağlı olarak sahip oldukları yapılarla doğrudan ilişkilidir. Çeliklerde artan karbon miktarı ile sertlik, akma ve çekme dayanımı artarken süneklik (% uzama ve % kesit daralması) ve darbe dayanımı azalır.

Karbon miktarının artışı, (bu özelliklere bağlı olarak) çeliklerin plastik şekil alma özelliğini azaltır. Buna karşın martenzitik dönüşümde çok önemli ve etkili bir element olan çeliklerin su verme denen yöntem ile sertleştirilmesini mümkün kılar.

Karbon miktarındaki artış (Şekil 2.3), çeliklerin kaynak kabiliyetini düşürmede önemli bir etkendir. Kaynak esnasında ısıl etkiler dolayısıyla çeliğin çatlama hassasiyetini belirler. Karbon miktarındaki artış, çeliğin su alma kabiliyeti ile kaynak kabiliyeti üzerinde ters etki yapar.

Sade karbonlu çeliklerin karbon içeriğine göre düşük, orta ve yüksek karbonlu çelikler olmak üzere üç farklı grup içinde incelenmesi mümkündür.



Şekil 2.3: Çeliklerin karbon miktarıyla değişen mekanik özellikleri

2.3.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler (C<%0,25)

%0-%0,20 oranında karbon içeren çelikler bu gruba dâhil edilebilir (Tablo 2.2). Mekanik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda **yumuşak çelikler** olarak tanınır.

Düşük karbonlu çelikler dünya çelik üretiminde en büyük paya sahiptir. Özellikle yassı mamuller ile inşaat sektörü ve temel yapılarda kullanılan çelik çubuk ve profiller düşük karbonlu çelik sınıfındadır. Düşük karbonlu çelikler, düşük karbon içeriklerinden dolayı ısıl işlem ile kütlesel olarak yeterince sertleştirilemez.

Sementasyon, nitrasyon vb. yüzey sertleştirme işlemleri ile yüzeyleri sert, iç kısımları yumuşak kalabilen parçaların üretiminde kullanılabilir.

Düşük karbonlu çeliklerin genellikle de çeliklerin sertleştirilmesi suda soğutma işlemiyle yapılır. Soğuk işlem şartlarında deformasyon miktarı arttıkça sertlik artar, süneklik azalır. Düşük karbonlu çeliklerin (özellikle çok düşük karbon içerenlerin) yaşlanma nedeniyle mekanik özelliklerinde önemli değişimler meydana gelebilir.

Tablo 2.2: Düşük Karbonlu Çeliklerin Kimyasal Bileşimi

Element	%
Karbon	0-0,20
Manganez	0,30-0,60
Silisyum	0,10-0,20
Fosfor	0,04 (maksimum)
Kükürt	0,05 (maksimum)

2.3.1.2. Orta Karbonlu Çelikler (%0,25<C<%0,55)

Orta karbonlu çelikler (Tablo 2.3) %0,25-%0,55 oranında karbon ihtiva eden çeliklerdir. Karbon miktarına bağlı olarak orta derecede mekanik özelliklere sahiptir. Bu gruptaki çeliklerin en büyük özelliği, ısıl işlemle yeteri derecede sertleştirilebilmeleridir. Bu bakımdan orta karbonlu çeliklerin kullanım sahaları önem arz eder.

Orta karbonlu çelikler özellikle makine imalat sanayisinde tercih edilir. Bu gruptaki çeliklerin işlenebilme, şekil alabilme ve kaynak kabiliyetleri de düşük karbonlu çeliklere nazaran daha düşüktür. Zira kaynak esnasında meydana gelen kontrolsüz ısıl etkiler, çeliğin yapısal değişiminin kontrolsüz olmasına ve bunun sonucunda da malzemelerde hatalara neden olabilir. Bu nedenle orta karbonlu, özellikle alaşım elementi ihtiva eden çeliklerin kaynak işlemlerine özel önem gösterilmelidir.

Tablo 2.3: Orta Karbonlu Çeliklerin Kimyasal Bileşimi

Element	%
Karbon	0,25-0,55
Manganez	0,60-0,90
Silisyum	0,15-0,30
Fosfor	0,04 (maksimum)
Kükürt	0,05 (maksimum)

2.3.1.3. Yüksek Karbonlu Çelikler (%0,55<C)

%0,5'ten daha fazla karbon ihtiva eden yüksek karbonlu çelikler (Tablo 2.4), normal hâlde yüksek dayanımlı ve sünekliği az olan çeliklerdir. Bu çelikler, ısıl işlemlerle sertleştirilmeleri sayesinde sertlik kazanır. Bu bakımdan aşınmaya dayanıklı ve kesici özelliğe sahiptir. Bunun yanında işlenme ve şekil alabilme kabiliyetleri düşüktür. Kaynak kabiliyetleri düşük olduğu için kaynakları ancak özel teknikler ile yapılabilir. Bu gruptaki çelikler genellikle takım üretiminde kullanılır.

Yüksek karbonlu çeliklerin bileşiminde bulunan karbon miktarının sınırı, demir-karbon denge diyagramı gereğince %2'ye kadar çıkabilirse de uygulamada bu değer (çok özel durumlar haricinde) ancak %1,2-%1,4 ile sınırlıdır. Bu gruptaki çeliklerin ısıl işlemleri de itina isteyen işlemlerdir.

Tablo 2.4: Yüksek Karbonlu Çeliklerin Kimyasal Bileşimi

Element	%
Karbon	0,50'den fazla
Manganez	0,70-1,00
Silisyum	0,15-0,30
Fosfor	0,04 (maksimum)
Kükürt	0,05 (maksimum)

ETKİNLİK

1. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak demir elementine ait cevherlerin isimlerini ve görsellerini belirten bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu arkadaşlarınızla paylaşınız.**

2. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak demir alaşımı çeliğin sınıflandırma tablosu ile ilgili bir pano hazırlayınız. Hazırladığınız panoları atölyenizin uygun yerine asınız.**

3. **Atölyenizde bulunan çelik malzemeleri inceleyerek bunların hangi sınıf malzeme olduklarına ait düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. İçinde %2'ye kadar karbon bulunduran demir-karbon alaşımlarına ……..... denir.
2. Saf demirin elektrik iletkenliği düşük, ……..... yüksek ve kimyasal ortamlara direnci azdır.
3. Demirin ergime derecesi ……..... °C'dir.
4. Sinter; iri parçalar hâlinde ……....., dayanıklı, ideal yüksek fırın malzemesidir.
5. Ham demir üretimi, ……..... adı verilen şaft tipi fırınlarda demir cevherlerinin indirgenmesi ile gerçekleştirilir.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. I. Oksitli mineraller

II. Karbonatlı mineraller

III. Sodyumlu mineraller

IV. Sülfürlü mineraller

Yukarıda verilenlerden hangileri demir minerali çeşitlerindendir?

A) I-II-III
B) I-II-IV
C) II-III-IV
D) III-IV
E) I-III

7. Aşağıdakilerden hangisi yüksek fırında elde edilen sıvı ham demirin bileşimlerinden biri değildir?

A) Demir
B) Karbon
C) Krom
D) Kükürt
E) Silisyum

8. Aşağıdakilerden hangisi çelik alaşımları arasında yer almaz?

A) Düşük karbonlu
B) Küresel grafitli
C) Orta karbonlu
D) Yüksek alaşımlı
E) Yüksek karbonlu

9. Aşağıdakilerden hangisi demir cevheri minerallerinden biri değildir?

A) Hematit
B) Limonit
C) Manyetit
D) Siderit
E) Sinterleme



3. ÖĞRENME BİRİMİ

ALAŞIMLI MALZEMELER



13649

KONULAR

3.1. ALAŞIMIN GEREKLİLİĞİ

3.2. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

3.3. ALAŞIMLARIN ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Alaşımların özellikleri ve gereksinimleri
- Alaşımlı elementlerin özellikleri ve çeşitleri

TEMEL KAVRAMLAR

yoğunluk, ametal, mekanik, işlem gören, dövme, pirinç alaşımı, bronzlu alaşımlar

HAZIRLIK ÇALIŞMASI

1. Atölyenizde bulunan alaşım malzemelerin türleri ve özellikleriyle ilgili düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. ALAŞIMIN GEREKLİLİĞİ

Alaşımı oluşturan elementlerin ve alaşımın özelliklerinin kontrol edilebilmesinden dolayı çoğu mühendislik uygulamasında saf malzemeler yerine alaşımlar tercih edilir. Bu özellik değişimlerinin miktarı, alaşımı yapılan malzemeye ve alaşımı yapma miktarına bağlı olarak değişebileceği gibi bir özellikten diğerine farklılık da gösterebilir. Örneğin çok az miktarda saf demir ile karbonun alaşımı yapılarak çelik üretildiğinde saf demire kıyasla çok daha güçlü bir çelik elde edilir. Ancak üretilen çeliğin yoğunluğu saf demirin yoğunluğuna yakın olur.

3.1.1. Alaşım

Birden fazla elementin bir araya gelmesiyle oluşan metalik malzemelere **alaşım** adı verilir.

3.1.2. Alaşımların İhtiyaç Nedenleri

Bir alaşım malzemesinin oluşabilmesi için metalik özellikler taşıması gerekir. Bunun için de sahip olduğu elementlerden en az bir tanesinin metal olması gerekir.

Alaşımları saf malzemelerden ayıran farklar şunlardır:

- Belirli bir sıcaklıkta katılaşmaması ya da erimemesidir. Bütün metaller, denge koşullarında (çok yavaş soğutulduklarında ya da ısıtıldıklarında) belirli bir sıcaklıkta katılaşır ya da erir.
- Alaşımların katılaşması ve erimesi ise iki sıcaklık değeri arasında gerçekleşir. Bir alaşım bu iki sıcaklık değeri arasında belli bir noktaya kadar ısıtılıp bekletildiğinde ise ne tam katı ne de tam sıvı faza geçmeden iki fazın birden bulunduğu çamurumsu bir yapıya sahip olması sağlanır.
- Metal, metal olmayan (ametal) elementlerle birleşerek alaşım yapar. Bu grupta ele alınan alaşımlar metal ve ametal bir elementin birleşmesi sonucu açığa çıkar.

Metalin ametal ile yapmış olduğu alaşıma en uygun örnek çeliktir. Çelik ise demir ve karbonun yaptığı bir alaşımdır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Alaşımlı çelik yapı



Alaşımlar tek ve çift fazlı olmak üzere iki çeşittir (Tablo 3.1). İki ya da daha fazla elementin atomları sıvı fazda karıştırılır. Böylece elementlerin alaşım oluşturacak şekilde katılaşması sağlanır. Elementlerin alaşım içinde bir ya da daha fazla sayıda faz oluşumunu sağlayacak şekilde dağıldıkları gözlemlenir. Örneğin elementler, tek fazlı alaşımlarda malzeme içinde homojen bir şekilde dağılır.

Element atomları malzeme içinde homojen olmayan bir şekilde, belli bölgelere gruplanarak dağıldıklarında ise farklı fazlar ortaya çıkar, çok fazlı bir alaşım oluşur.

Tablo 3.1: Tek ve Çift Fazlı Alaşımlar

Tek Fazlı Alaşımlar (Katı Eriyik)	Çift Fazlı Alaşımlar (Ötektik)
Bu alaşımlarda özellik değişimi daha kolay meydana gelir.	Bu alaşımlarda özellik değişimi meydana gelmez.
Genel olarak alaşımlar bileşenlerin bir arada eritilmesiyle üretilir.	Alaşım elemanları kendi yapılarını değiştirmeden ayrı ayrı erir ve katılaşır.
Tek fazlı alaşımı oluşturan metaller birbirlerinden farklı tepkime gösterir.	İlk etapta alaşımı oluşturan elemanların her birinin farklı ısılarda ergimesi mümkündür.
Bu farklılıklar içinde en çok rastlanan durum, eriyiklerin birbirleri içinde çözünmesidir. Tek fazlı alaşımlar, tıpkı su ve alkol gibi herhangi bir oranda karıştırılınca çözünür.	Alaşımı oluşturan elemanların her birinin aynı ısıda ergiyeceği varsayılamaz ancak alaşımı oluşturan metallerin miktarı bir noktada aynı ısıda ergiyip aynı ısıda katılaşmalarına imkân verecek konumda olur.
Tek yapıda bir sıvı meydana gelir. Bu tür eriyikler, su ve alkol arasında hiçbir ayrım yüzeyi bulunmadığından tek fazlı olarak adlandırılır.	Farklı ısıda ergiyen iki metalin alaşım oluşturması sonucunda oranları öyle bir noktada birleşir ki bu nokta, farklı ergime ısısına sahip iki metalin aynı ısıda ergimesine veya katılaşmasına imkân sağlar.
Makine üretiminde kullanılan alaşımların hemen hemen hepsi, üretim esnasında birbirlerinin içinde çözünür.	Söz konusu oranda daha önce farklı ısılarda ergiyen veya katılaşan metallerin alaşım yapmaları sebebiyle kazandıkları yeni ısı değerleri ötektik sıcaklığını verir.

Alaşımlar genel olarak iki kısımda incelenir.

Demir Esaslı Alaşımlar: İçeriğinde ana alaşım malzemesi olarak demirin bulunduğu tüm alaşımlardır.

Demir Dışı Metaller ve Alaşımlar: İçeriğinde ana alaşım malzemesi olarak demirin bulunmadığı tüm alaşımlar bu gruba dâhildir. Kullanım miktarı demir-çeliğe göre daha az olmasına rağmen, belirli uygulamalarda belirli miktarda demir dışı alaşımın kullanılması, bu alaşımları ekonomik açıdan demir esaslı malzemeler kadar önemli kılar.

Çok sayıda demir dışı alaşım olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan alaşımlar şunlardır:

- Alüminyum alaşımları
- Magnezyum alaşımları
- Bakır alaşımları
- Nikel alaşımları
- Titanyum alaşımları
- Çinko alaşımları

3.2. ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Alaşım elementleri farklı özelliklerinden dolayı imalat sanayisinin her alanında kullanılır.

3.2.1. Alaşım Elementleri ve Element Özellikleri

Alaşım elementlerinin özelliklerinden biri, yapılarına uygun farklı elementler ile birleşerek farklı özellikte alaşım oluşturmasıdır.

3.2.1.1. Alüminyum Alaşımları

Alüminyum, tabiatta en çok bulunan elementlerdendir. Mühendislik yapılarında çelikten sonra en çok kullanılan metaldir. Mekanik özellikleri, düşük yoğunluğu, geri dönüşüme uygun olması, elektrik ve ısı iletkenliği, kolay işlenebilmesi, korozyona olan direnci, manyetik olmaması, koku ve kimyasallara karşı dayanıklı olması alüminyumun geniş çapta kullanılan bir metal olmasını sağlamıştır (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: Alüminyum alaşımlı tekne bağlaması

Alüminyuma direnç kazandırılması alaşımlama [silisyum (Si), magnezyum (Mg), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ilavesi ile] veya ısıl işlemle yaşlandırma yapılarak gerçekleştirilir.

Alüminyum ile kullanılan başlıca alaşım elementleri; bakır (Cu), silisyum (Si), magnezyum (Mg), çinko (Zn), krom (Cr), kalay (Sn), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), titanyum (Ti), zirkonyum (Zr), fosfor (F), sodyum (Na) ve lityumdur (Li).

Dayanım değerleri; silisyum (Si), demir (Fe), titanyum (Ti), bakır (Cu) ve çinko (Zn) elementlerinin etkisiyle artar. Sıvı alüminyuma titan ve bor bileşikleri katılarak küçük taneli yapı elde edilir.

Alüminyum alaşımları iki çeşittir:

- Alüminyum dövme (işlem gören) alaşımları
- Alüminyum döküm alaşımları

Alüminyum alaşımlarında her ülke kendi standardını geliştirmiştir. TSE (Türk Standartları Enstitüsü), norm işaretlerini Alman DIN normundan almıştır.

Alüminyum Dövme (İşlem Gören) Alaşımları

Bu alaşımlar bakır (Cu), manganez (Mn), magnezyum (Mg), çinko (Zn), silisyum (Si), nikel (Ni) gibi elemanları içerir. Çoğunlukla sürekli dövme yoluyla elde edilen bloklar 480-550 °C sıcaklıkta preslenir (ekstrüzyon) veya haddelenir. Böylece dövme yapısının tane sınırlarındaki gevrek yapı parçalanır ve malzeme soğuk şekil değiştirmeye elverişli hâle gelir.

Çökeltme yoluyla sertleştirilmeyen ve dövme alüminyum alaşımlarının (Görsel 3.3) özellikleri şunlardır:

- Al-Mg (alüminyum-magnezyum) alaşımları deniz suyuna dayanıklıdır.
- Al-mg- Mn (alüminyum-magnezyum-mangan) ve Al-Mn (alüminyum-mangan) alaşımları da kaynak ve soğuk şekil verme işlemlerine elverişli, aynı zamanda da kimyasal etkilere dayanıklıdır.
- En az %11 oranında silisyum içeren alaşımlar (piston alaşımları) aşınmaya dayanıklıdır. Bu alaşımların ısıl genleşme katsayısı düşüktür.
- Piston alaşımı gibi çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar 500-520 °C'de katı çözelti hâline getirildikten sonra su ya da hava akımı ile soğutulup doğal veya 150-200 °C'de yapay olarak yaşlandırılır.
- Al-Zn-Mg (alüminyum-çinko-magnezyum) ve Al-Mg-Si (alüminyum-magnezyum-silisyum) alaşımlarının kimyasal etkilere karşı direnci fazladır.



Görsel 3.3: Dövme alüminyum alaşımlı malzeme

Alüminyum Döküm Alaşımları

Alüminyum döküm alaşımlarının özellikleri şunlardır:

- Çoğunlukla silisyum içerir.
- %11,7 silisyumlu alaşım, ötektik yapısından dolayı çok üstün döküm özelliklerine sahiptir.
- Özellikle kum kalıba dökümde küçük taneli yapı elde edilmesi için sıvı metale %0,1 Na (sodyum) katılabilir.

- Al-Si alaşımlarına (Görsel 3.4) Mg ilave edilerek çökeltme yoluyla sertleştirilebilen ve deniz suyuna dayanıklı alaşımlar elde edilir.
- Dökümde homojen bir karışım elde etmek ve yabancı maddeleri gidermek için dökümden önce sıvı metale cüruflaştırıcılar, tane küçültücüler ve yapıyı özellik katan (modifiye eden) ilaveler yapılır.
- Alüminyum alaşımlarında gaz giderici olarak çoğunlukla klor gazı (Cl_2) kullanılır.



Görsel 3.4: Al-Si alaşımlı piston

Alüminyum Alaşımlarının Kullanım Alanları

- Denizcilik sanayisinde (tersanelerde, yat, yelkenli, feribot gibi gemilerin yapımında)
- İnşaat sektöründe (yapıların yüzeyleri, kapı, çerçeve gibi dış ve içyapılarda)
- Uçak endüstrisinde (uçağın gövde kısmında)
- Elektrik sanayisinde (kablolarda)
- Ambalaj ve konserve sanayisinde (folyo ve konserve yapımında)
- Raylı sistem sanayisinde (vagon, treyler ve lokomotif yapımında)
- Otomotiv endüstrisinde (otomobil ağırlığının %25-%30'luk kısmında)
- Karbüratör, piston, bağlayıcı rot ve hareketli kolların yapımında

Alüminyum Alaşımlarının Olumlu Yönleri

- Gemi inşasında kullanılan alüminyum alaşımları deniz tipi alüminyum (marine aluminum alloys) olarak bilinir. Çelik malzeme gibi kendine ait kurallarıyla sınıflanır, denetlenir ve belgelenir.
- Alüminyumun en önemli özelliği, yumuşak çelikle hemen hemen aynı akma gerilmesine sahip olmasına rağmen yoğunluğunun yumuşak çeliğin yoğunluğunun yaklaşık üçte biri değerinde olmasıdır.
- Alüminyumun burkulma mukavemeti çeliğinkine göre daha düşük olduğu için alüminyum yapılar eş değer çelik yapının yaklaşık yarı ağırlığında olur.

Alüminyum Alaşımlarının Olumsuz Yönleri

- Üretim yönünden en büyük dezavantajı, fiyatının yüksek olması ve kaynak işleminde malzeme yüzeyindeki oksit tabakasının kaynak dolgusuna karışmaması için özel koruyucu gaz (inert gas) kullanımını gerektirmesidir.

- Bazen sadece üst yapılar alüminyumdan yapılır. Bu takdirde çelik ve alüminyum teması elektro-kimyasal korozyona ve çeliğin alüminyumu zaman içinde yemesine sebep olur.
- Çelik-alüminyum temas bölgelerinin elektrolitik ortam oluşturmayan ve emiş özelliği olmayan neopren (non-absorbent) veya benzeri malzemeyle izole edilmesini gerektirir.
- Bindirme mahallerinde kullanılan çeliğin tercihen galvanize edilmiş olması istenir. Çelik malzemenin aksine alüminyum malzemelerde koruyucu boya olarak kurşun bazlı boyalar kullanılamaz.

3.2.1.2. Magnezyum Alaşımları

Düşük mukavemeti dolayısıyla sadece alaşım olarak kullanılır. Alaşım elementlerinden alüminyum (Al) dayanımı, çinko (Zn) tokluğu, mangan (Mn) ise korozyona karşı direnci arttırır. Mangan (Mn), zirkonyum (Zr) ve toryum (Th) bulunduran alaşımlar 400 °C'ye kadar dayanıklıdır ve uçak sanayisinde kullanılır.

Magnezyum alaşımlar (Görsel 3.5), ağır metallerle temas hâlinde elektro-kimyasal korozyona uğrayabilir. Bu nedenle magnezyum alaşımlarının temas yüzeylerinin verniklenmesi ve bağlantıların cıvata ile yapılması durumunda cıvataların çinko (Zn) veya kadmiyum (Cd) kaplama yapılması gerekir.



Görsel 3.5: Magnezyum alaşımlı malzeme

3.2.1.3. Bakır Alaşımları

Bakır ve bakır alaşımlarının elektrik ile ısı iletkenliğinin iyi olması (saf bakır), korozyon direncinin yüksek olması (nikelli alaşımlar), mimaride estetik özelliği (bronz, pirinç vb.), içeriğinde toksik madde olmaması (gıda, seker sanayisi) gibi avantajları sıralanabilir.

Bakır, soğuk şekil vermeye elverişlidir. 650 °C üzerinde de bakıra sıcak şekil verilebilir. Bakır metal ve alaşımları, şekil verme yöntemine göre döküm alaşımları ve işlem gören alaşımları olmak üzere iki grupta incelenir.

Bakır ve bakır alaşımlarının döküm işlemlerinde deoksidasyon için bakır-fosfor (Cu-P) veya lityum (Li) kullanılır.

3.2.1.4. Bakır Döküm Alaşımları

Pirinç Döküm: Bu alaşımlarda ana element çinkodur. Pirinç döküm alaşımlar aşağıda verilen beş grupta incelenebilir.

- Bakır-çinko alaşımı
- Bakır-çinko-kalay alaşımı (kızıl, yarı kızıl ve sarı pirinçler)
- Bakır-çinko-manganez (mangan bronzu veya yüksek dayanımlı sarı pirinçler)
- Bakır-çinko-manganez-kurşun (yüksek dayanımlı ve kurşunlu sarı pirinçler veya kurşunlu manganez bronzları)
- Bakır-çinko-silisyum (silisyumlu pirinçler veya silisyum bronzları)

Bakır Bronz Döküm: Ana alaşım elementi olarak kalay kullanılan bakır alaşımlarıdır. Alüminyumun ana alaşım elementi olduğu alüminyum bronzu da bu gruba dâhil edilir. Bu gruba şunlar girer:

- Bakır-kalay (bronzlar)
- Bakır-kalay-kurşun (kurşunlu veya yüksek kurşunlu kalay bronzları)
- Bakır-kalay-nikel (nikelli kalay bronzları)
- Bakır-alüminyum (alüminyum bronzları)

Bakır İşlem Alaşımları

Pirinçler: Genelde döküm alaşımlarının bileşimlerine yakındır. Ana alaşım elementinin çinko olduğu bir alaşım grubudur. Bu gruba şunlar girer:

- Bakır-çinko alaşımları
- Bakır-kurşun-çinko alaşımları (kurşunlu pirinçler)
- Bakır-çinko-kalay alaşımları (kalaylı pirinçler)

Bronzlar: Bileşiminde çinko ve nikelin ana alaşım elementi olarak görülmediği alaşımlardır. Bu gruba şunlar girer:

- Bakır-kalay-fosfor alaşımları (fosfor bronzları)
- Bakır-kalay-kurşun-fosfor alaşımları (kurşunlu fosfor bronzları)
- Bakır-alüminyum alaşımları (alüminyum bronzu)
- Bakır-silisyum alaşımları (silisyum alaşımları)

3.2.1.5. Nikel Alaşımları

Ergime noktası, sertlik ve kısmen de manyetik olmasıyla demire benzeyen nikel; kolay işlenebilirlik, korozyona dayanıklılık ve yüksek sıcaklıklarda göreceli yüksek dayanıma sahiptir.

- Ni-Cd (nikel-kadmiyum) alaşımları genellikle %15-%20 Cd ve %10'a kadar Fe içerir.
- Ni-Cu (nikel-bakır) alaşımları %25-%30 Cu içerir.
- Ni-Mo (nikel-molibden) alaşımları %25-%35 Mo içerir. Çoğunlukla alaşımlamada kullanılan nikelin (Ni) krom (Cr), molibden (Mo), volfram (W) ve kobalt (Co) içeren çok sayıda birleşik (kompleks) alaşımı vardır.

3.2.1.6. Titanyum Alaşımları

Dayanım, hafiflik, korozyon direnci, biyolojik uyumu sebebiyle kalça protezi, ortopedi, dişçilik gibi biyomedikal uygulamalarda implant malzeme olarak kullanılır.

Titanyum alaşımları; korozyona karşı direnciyle kimyasal işlemler, pompalar ve kâğıt endüstrisi, denizcilik uygulamaları, enerji üretim ve depolama yerlerinde kullanılan (reaktör vb.) yüksek dayanıklılık ve sünekliği sebebiyle otomotiv sektörü, kameralar, mücevherat ve dekoratif gözlük çerçevelerinin yapımında tercih edilir.

Titanyum alaşımları; müzik ve spor aletleri, uçaklarda yanma duvarları, kompresör kaplamaları ve egzoz çıkış kaplamaları ile gövde bölme duvarlarında kullanılır (Görsel 3.6).

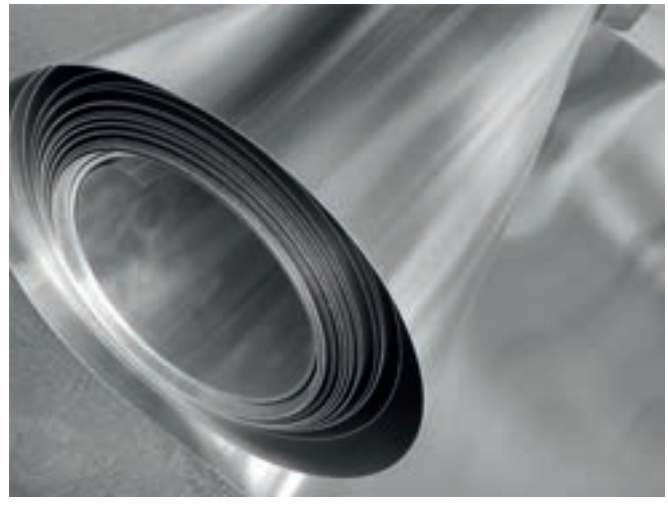


Görsel 3.6: Titanyum alaşımlı malzemeler

3.2.1.7. Çinko Alaşımları

Çinko ve çinko alaşımları, korozyondan korunma amacıyla çelik gibi diğer metallerin galvanize edilmesinde tercih edilir.

Pirinç, nikelli gümüş, değişik lehimler, Alman gümüşü gibi alaşımların yapımı genellikle otomobil endüstrisi, döküm kalıpları ve pillerin gövdelerinin yapımında kullanılır (Görsel 3.7).



Görsel 3.7: Çinko alaşımlı malzeme

3.3. ALAŞIMLARIN ÖZELLİKLERİ

Endüstride en çok kullanılan çelik, pirinç ve bronz alaşımlarıdır. Alaşımlara az da olsa özellik katan metallerin özellikleri şunlardır:

- Altın, gümüş gibi bazı metaller çok yumuşak olduğu için birçok alanda tek başına kullanılamaz.
- Bakır gibi madenler ise döküme elverişli değildir. Metallerin bazıları dayanıklı bazıları ise dayanıksızdır.
- Bazı metallerin ergimesi için yüksek sıcaklığa bazıları için de düşük sıcaklığa ihtiyaç duyulur. Metallerin gösterdikleri çeşitli özelliklerden ötürü malzeme yapımına daha elverişli olmalarının sağlanması amacıyla alaşımlar yapılmıştır. Örneğin bakır, döküme elverişli olmadığından kalayla birlikte eritilerek tunç alaşımı, bakırın çinko ile eritilmesiyle de pirinç alaşımları yapılmıştır.
- Alaşımlar, kendisini meydana getiren metallerin erime noktalarından daha aşağı derecede eridikleri için kullanılmaya daha çok elverişlidir.
- Alaşımlar, genellikle kendilerini meydana getiren metallerden daha az aktiftir.
- Alaşımlar, yoğun ve dayanıklı yapıda olup maden parlaklığındadır. Isı ve elektriği iletir. Alaşımların bazıları beyazdır fakat bakır, altın gibi renkli madenler alaşımlarda yeteri kadar bulunursa renkli alaşımlar elde edilir.
- Alaşımlar, genel olarak kendini teşkil eden maddelerden daha sert, daha az levha hâline gelebilme özelliğine sahiptir. Çok fazla levha ve yaprak hâline gelebilen altın, antimon veya kurşun ile karıştırıldığı zaman sert ve kırılabilir yapıya dönüşür.
- Bakır alaşımı, kalayla birleştiği zaman levha hâline gelebilme özeliğini kaybeder.
- Alaşımlarda her iki metal hem katı hem de sıvı hâlinde birbiri içinde ergimiştir.
- Alaşımlar; yapılarına giren, az eriyebilen madenlerden daha fazla ve daha kolay eriyebilir.

3.3.1. Pirinçler

Bileşiminde en az %53 oranında bakır ve bunun dışında muhtelif oranlarda çinko bulunan alaşımlara **pirinç** denir (Görsel 3.8).



Görsel 3.8: Pirinç malzemeden yapılmış gemi penceresi

Pirinç oldukça tok ve kolay işlenebilen bir malzemedir. Metalografik yapılarına göre tek fazlı α pirinci (Cu ≥ %63) ya da iki fazlı **α + β** pirinci (%63 > Cu > %53) olmak üzere ikiye ayrılır.

- α pirinçleri şekil değiştirmeye çok elverişli ve korozyona daha dayanıklıdır.
- α + β pirinçlerinde ise talaş kaldırma kolaydır.

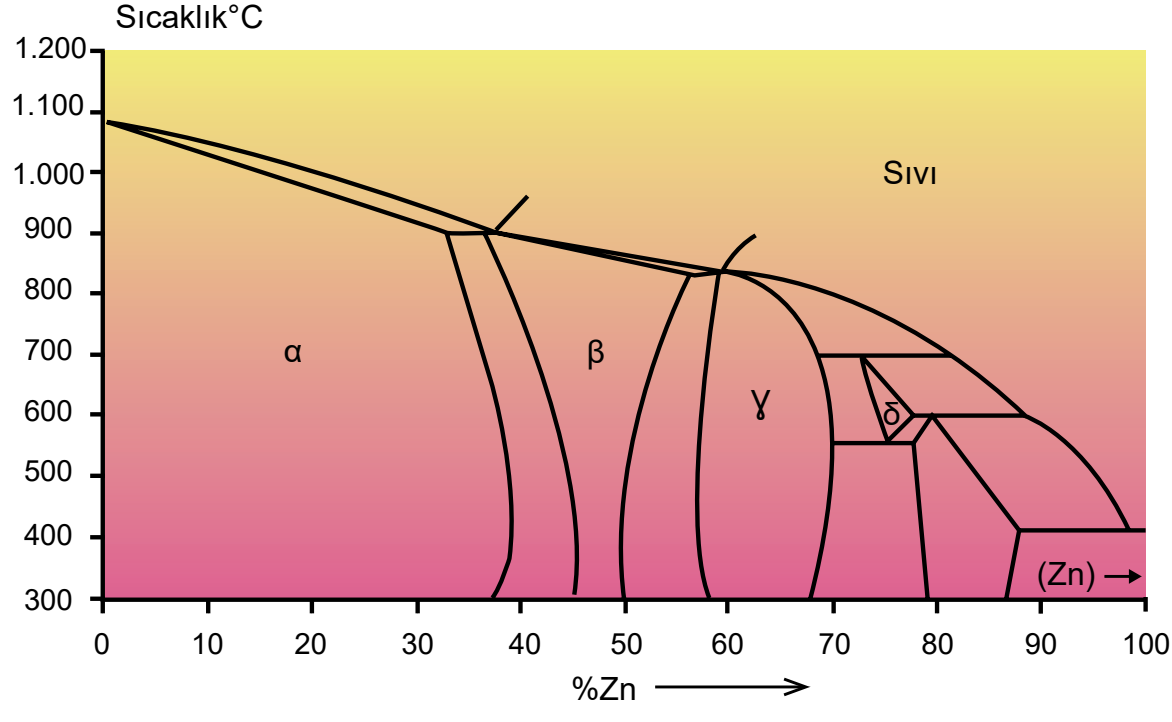
Üçüncü grup pirinçler diğer elementlerle özellikleri geliştirilen alaşımlardır (pirinçler, kurşunlu pirinçler, kalaylı pirinçler vb.).

Talaşlı işlemeyi kolaylaştırmak için gerektiğinde alaşıma kurşun katılır. Pirinçlerin mekanik özellikleri, bileşime ve soğuk şekil değiştirme oranına bağlı olarak değişir.

Bakır oranı %80'den az olan pirinçler, iç ve dış gerilmelerin etkisiyle atmosferik korozyona uğrayarak çatlayabilir. Buna **gerilmeli korozyon** adı verilir. Bakır oranı < %85 olan pirinçlerde başka bir korozyon şekli olarak çinko kaybı görülmesine de **çinkosuzlaşma** denir. Alaşıma arsenik (As), antimon (Sb) ve fosfor (P) katılması çinkosuzlaşmayı önlemeye yardım eder.

Bakır, kırmızı renkli bir metaldir. Bakıra çinko katılarak bakırın rengi açılır. Pirinçteki çinko oranı arttıkça renk, kırmızıdan altın sarısına doğru yaklaşır. Pirincin renginden çinko katkısı tahmin edilebilir.

Bileşiminde özellikleri iyileştirmek amacıyla katılmış çeşitli alaşım elementleri bulunan pirinçler özel pirinçlerdir. Bu pirinçlere Ni, Mn, Al, Sn ve Si ilave edilerek pirinçlerin dayanıklılığı, aşınma ve korozyona karşı direnci artırılır. Si, sünekliği azaltır. Fe, taneleri küçültüp dayanımı artırır ve korozyona karşı direnci olumsuz yönde etkiler (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Cu-Zn denge diyagramı

Başlıca pirinç alaşım çeşitleri şunlardır:

- **Amiral Pirinç:** %30 çinko ve %1 kalay ihtiva eder. Kalay, çinkosuzlaşma tepkimesini engellemeye yardımcı olan bir elementtir.

- **Alfa Pirinç:** Pirincin kralı olarak da adlandırılır. %35'ten az çinko içerir, eriyebilme özelliğine sahiptir. Soğuk işlenebilir ve dövülebilir. Sadece bir faz (yüzey merkezli kübik kristal yapı) içerir.
- **Alfa-Beta Pirinci:** İki fazlı pirinç olarak da adlandırılır, %35-%45 oranında çinko ihtiva eder. Sıcak işlemeye uygundur. Alfa ve beta fazı içerir. Beta fazı şekil merkezli kristal yapıya sahiptir. Alfa fazından daha sert ve güçlüdür. Alfa-beta pirinçleri genellikle sıcak işlemine tabi tutulur.
- **Alüminyum Bazlı Pirinç:** Alüminyum korozyon direncini arttırıcı özelliğe sahiptir.
- **Beta Pirinç:** %45-%50 çinko ihtiva eder, sadece sıcak olarak işlem görür. Daha sert ve güçlü olmasıyla döküm için uygundur.
- **Ortak Pirinç veya Perçin Pirinci:** %38 çinko içerir, soğuk işlemeye uygun ve ucuzdur.
- **Yüksek Bakır Oranlı Pirinç:** %65 bakır ve %35 çinko içerir. Yüksek çekme kuvvetine sahiptir. Yay, cıvata ve perçin yapımında yaygın olarak kullanılır.
- **Kurşunlu Pirinç:** Alfa-beta pirinç alaşımına kurşun eklenmesiyle elde edilir. Kurşun içermesinden dolayı işlenebilirliği artmıştır. Kolay talaş kaldırma olanağı sağlamıştır.
- **Düşük Çinko Alaşımlı Pirinç:** %20 çinko içerir ve açık altın rengindedir. Mükemmel sünek özelliğine sahiptir. Metal hortumları gibi esnek yerlerde tercih edilir.
- **Deniz Mavisi Pirinci:** Amiral pirincine benzerdir, %40 çinko ve %1 kalay içerir.
- **Kırmızı Pirinç:** Cu-Zn-Sn alaşımı için verilen Amerikan terimidir. Ayrıca silah metali olarak da adlandırılır.
- **Beyaz Pirinç:** %50 çinko içerir ve genel kullanım için çok kırılgandır.
- **Sarı Pirinç:** %33 çinko içeren alaşımlar için kullanılan terimdir (Görsel 3.9).



Görsel 3.9: Sarı pirinç boru

3.3.2. Bronz (Tunç)

Bronzlar, bileşimlerinde en az %60 bakır bulunan alaşımlardır. Korozyona ve aşınmaya karşı genellikle pirinçlerden daha dayanıklıdır. Başlıca çeşitleri aşağıda sıralanmıştır.

Kalay Bronzları

Kalay bronzlarının üretiminde oksit giderici olarak Cu-P alaşımı kullanıldığından kalay bronzları bir miktar fosfor içerir. Saf bakır dökümünde deokside edici olarak lityum ve Cu-P kullanılır. Bileşimlerinde %10-%20 kalay bulunan dökümle üretilen kalay bronzları çok tercih edilir (Görsel 3.10).

Aşınmaya dayanıklı, üstün kayma özelliğine sahip gemi şaft kovanları gibi deniz suyuna dayanıklı bronzlardır. İçinde %9 kalay içeren bronzlar özellikle soğuk haddelenir ve çekilir.



Görsel 3.10: Bronz kapı kolu

Kurşun ve Kalay-Kurşun Bronzları

Kurşun ve kalay bronzları (Görsel 3.11) yatak üretiminde kullanılan döküm alaşımıdır. İçinde en fazla %35 oranında kurşun bulunabilir. Kurşun, diğer metallerle katı çözelti oluşturmadan küçük damlalar hâlinde katılaşabilir. Kurşun parçacıklarının bakır içinde düzgün dağılışı, yatakların kayma özelliğini iyileştiren önemli bir etkendir. Çok defa savurma döküm yapılır.

Dayanım değerleri düşük olan kurşun bronzları, çoğunlukla çelik yatak zarfları içine ince tabaka hâlinde dökülür. Bu tabaka ne kadar ince ise darbelere karşı dayanıklılığı o kadar fazladır.



Görsel 3.11: Kalay bronzu malzeme

Alüminyum Bronzları

Dövme ve döküm alaşımı yaklaşık %15 alüminyuma kadar değişik bileşimlerde olabilir. Alüminyum bronzlarda manganez (Görsel 3.12), demir, nikel, silisyum ve kurşun bulunabilir. Alüminyumun oluşturduğu oksit filminden dolayı alüminyum bronzlarının korozyona karşı dirençleri fazla, dayanım değerleri yüksektir.

Alüminyum bronzları deniz suyuna (pervane dökümü), çeşitli asit ve alkalilere dayanıklıdır. Özellikle nikelli alaşımlar, yüksek sıcaklık ve kızgın buhar donanımında kullanılır.



Görsel 3.12: Alimünyum ve kurşun-kalay bronzu malzeme

BİLGİ KÜPÜ

İnsanlar, günümüzden yaklaşık 6.000 yıl önce farklı elementleri bir araya getirerek alaşımları yaptılar.

ETKİNLİK

Çeliklere katılan alaşım elementleri ile ilgili bir sunu hazırlayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Birden fazla elementin bir araya gelmesiyle oluşan metalik malzemelere ……..... adı verilir.
2. Bakır alaşımı, ……..... ile birleştiği zaman levha hâline gelebilme özeliğini kaybeder.
3. Bakır ve kalayın alaşımından ……..... meydana gelir.
4. Çelik gibi metallerin galvanize edilmesinde kullanılan alaşımlar ……..... alaşımlarıdır.
5. Alaşımlar, genellikle kendilerini meydana getiren metallerden ……..... aktiflerdir.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. Aşağıdakilerden hangisi alüminyum alaşımlı malzemelerin kullanım alanlarından değildir?

A) Enerji sektöründe elektrik kablolarında
B) Gemi endüstrisinde yat, yelkenli ve gemi yapımında
C) İnşaat sektöründe yapıların yüzeyleri, kapı ve çerçevelerinde
D) Raylı sistem sanayisinde vagon ve lokomotif yapımında
E) Yalıtım gerektiren alanlarda

7. Aşağıdakilerden hangisi bronz çeşitleri arasında yer almaz?

A) Alüminyum bronzları
B) Kalay bronzları
C) Kalay-kurşun bronzları
D) Kalay-alüminyum bronzları
E) Kurşun bronzları

8. I. Bronz ve pirinç, bakırın alaşımlarıdır.
II. Isı ve elektrik iletkenliği iyidir.
III. İşlenebilirliği ve geri dönüşümü kolay değildir.
IV. Korozyon direnci yüksektir.

Yukarıda verilen ifadelerden hangileri bakır alaşımlarının özelliklerindendir?

A) I-II-III
B) II-III-IV
C) I-II-IV
D) I-III-IV
E) II-IV

9. I. Isı ve elektriği iletir.
II. İşlenebilirliği ve geri dönüşümü kolaydır.
III. Korozyon direnci düşüktür.
IV. Yoğunluğu düşüktür.

Yukarıda verilen ifadelerden hangileri alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerindendir?

A) I-II-III
B) I-II-IV
C) I-III
D) II-IV
E) III-IV



4. ÖĞRENME BİRİMİ

ALAŞIMLI ÇELİKLER



13650

KONULAR

4.1. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÖZELLİKLERİ

4.2. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÇEŞİTLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Alaşımlı çeliklerin çeşitleri ve özellikleri
- Alaşımlı elementlerin özellikleri ve çeşitleri

TEMEL KAVRAMLAR

şekillendirme, sac, paslanmaz çelik, eloksal, ostenitik, imalat, dökme demir, nikel

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. **Atölyenizde bulunan alaşımlı çeliklerin kullanım alanlarına göre çeşitlerini belirtiniz.**
2. **Atölyenizde bulunan alaşımları oluşturan elementlerin özellikleriyle ilgili düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

4.1. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÖZELLİKLERİ

Çelik malzemeler, içinde %2'ye kadar karbon bulunduran demir-karbon alaşımlarıdır. Üretim yöntem ve kullanım yerleri bakımından çelikler, demir ve karbondan başka pek çok alaşım elementini de ihtiva eder. Çelik malzemelerin (Görsel 4.1) yapısında birlikte bulunan karbonun miktarı ve alaşım elementlerinin cinsleri ve miktarları, çeliklerin özelliklerini oluşturan ana faktörledir.



Görsel 4.1: Çelik malzeme

Çelikler, şekillendirme yöntemlerine göre şunlardır:

- Haddeleme
- Dövme
- Dökme
- Presleme
- Derin çekme
- Ekstrüzyo
- Kaynak
- Talaşlı imalat vb.

Ham ürünlerine göre oluşan çelik çeşitleri şunlardır:

- Külçe
- Blum
- Kütük
- Çeşitli kesitte ve boyutta profiller
- Teller
- Levha
- Sıcak haddelenmiş sac
- Soğuk haddelenmiş sac vb.



Bu ürünler çeşitli ısıl işlemlerin uygulanması sonucu kazandıkları çok değişik yapı ve özelliklere göre kullanım alanlarına ayrılır.

Kullanım alanlarına göre çeliklerin çeşitleri şunlardır:

- Genel yapı
- Tesisat
- Çelik yapılar
- Makine yapımı
- Madeni eşya
- Ulaşım araçlarının üretimi
- Madencilik ve kimya sanayisinde üretim
- Depolama
- Taşıma

4.1.1. Alaşımların Çeliklere Kazandırdığı Özellik ve Nitelikler

Alaşım elementlerinin etkisi, diğer metallere nazaran çeliğin yapısında daha çok görülür. Ayrıca alaşım elementlerinin etkileri toplanamadığından çok sayıda alaşım elementinin birlikte bulunması hâlinde beklenen özellik değişmeleri ancak genel çerçevede ele alınabilir.

Alaşımlı çelikler, alaşım elementlerinin (karbon ve arıtılamayan elemanlar dışında kalan diğerleri) toplam miktarı 5'ten az (düşük alaşımlı) ve alaşım elementlerinin toplamı 5'ten fazla olan (yüksek alaşımlı) çelikler olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bunların özellikleri şöyledir:

- Düşük alaşımlı çeliklerin en belirgin özellikleri sertleşme kabiliyetlerinin daha yüksek olmasıdır. Ayrıca sertlik, çekme dayanımı, akma sınırı, elastiklik modülü gibi dayanım özellikleri ile sıcağa dayanıklılık, meneviş dayanıklılığı gibi özellikler fazlaca görülür.

Bunların dışında kopma uzaması, kesit daralması, çentik darbe dayanımı gibi değerlerde azalma olur.

- Alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklerde istenen özelliklerin bulunmaması veya yetersiz olması hâlinde yüksek alaşımlı çelikler kullanılır.

Bu tür alaşımların amacı, normal sıcaklıklardaki mekanik dayanımın artırılmasının yanı sıra özellikle sıcaklık, tufallaşma ve korozyona karşı dayanım sağlamaktır.

Alaşımlı çeliklerde sade karbonlu çeliklere göre daha yüksek mukavemet, yüksek korozyon direnci, yüksek aşınma direnci dayanıklılığı, sertleştirme gibi üstünlükler bulunur. Bu üstünlükler için ısıl işlem de gerekebilir.

Alaşımlı çelikler; jet motorlarının türbin kanatçıklar, uzay mekikleri ve nükleer reaktör yapısal uygulamaları gibi ağır şartlarda tercih edilir.

Tüm karbonlu çeliklerin yapısında çelik üretiminin koşullarından kaynaklanan fakat alaşım yapma amacıyla çelik bileşimine bilinçli olarak katılmamış krom (Cr), molibden (Mo), bakır (Cu), nikel (Ni) gibi elementler bulunabilir. Bunlar çeliğin yapısına kullanılan ham madde ve katkı maddeleriyle rastlantı sonucu girer.

Alaşım elementleri, çeliğe belirli bir özellik kazandırmak için bilinçli olarak katılır. Örneğin paslanmazlık özelliğinin geliştirilmesi amacıyla çeliğe katılan volfram, çeliğin krom ve aşınma direncinin artırılması için kullanılan alaşım elementi olarak nitelenir.

Çeliğin yapısında istenen çelik özelliklerini olumsuz yönde etkileyen fakat çeliğe üretimi sırasında rastlantı sonucu giren elementler kükürt ve fosfordur. Kükürt ile fosfor bazı yüksek kükürtlü ve yüksek fosforlu kolay işlenebilir (otomat) çeliklerde olduğu gibi belirli bir amaçla çelik bileşimine katılmışlarsa alaşım elementi olarak nitelendirilmelidir.

4.2. ALAŞIMLI ÇELİKLERİN ÇEŞİTLERİ

Çelikler, kendi arasında öncelikli olarak sade karbonlu ve alaşımlı çelikler olarak iki kısma ayrılır.

4.2.1. Sade Karbonlu Çelikler

Ana alaşım elementi olarak demir haricinde sadece karbon ve az da olsa diğer katkı elementlerini de içeren alaşıma **sade karbonlu çelik** denir.

Sade karbonlu çelikler, içinde karbon elementine az da olsa eklenen %0,5 silisyum, %0,8 manganez, %0,1 alüminyum, %0,1 titanyum ve %0,25 bakır sınırlarının içinde alaşım elementlerini de bulundurabilen çeliklerdir.

4.2.2. Alaşımlı Çelikler

İçinde karbonla beraber belli sınırlara kadar alaşım elementlerini bulunduran çeliklerdir. Alaşımlı çelikler de kendi aralarında ikiye ayrılır.

- **Düşük Alaşımlı Çelikler:** Alaşım elementlerinin miktarı %5'ten azdır. Islah çelikleri vb.dir.
- **Yüksek Alaşımlı Çelikler:** Alaşım elementlerinin miktarı %5'ten çoktur. Bu sınıf içinde bulunan paslanmaz çeliklerin ve takım çeliklerinin sanayideki yeri önem taşımaktadır.

4.2.3. Yüksek Alaşımlı Krom Nikelli Paslanmaz Çelikler

Demir-çelik malzemelerde korozyonun yanı sıra paslanma veya çözünme gibi kelimeler de oksidasyon sözcüğüyle aynı anlama gelir. Diğer taraftan çeliklerin bileşimini değiştirerek pasif yüzeyli malzemelerin üretimi de mümkündür.

Alüminyum, krom gibi metallerin oksitlenme standart demirin standart serbest enerjisine daha azdır. Aynı ortamda demire göre daha tercihli olarak oksitlenme özelliğine sahiptir. Ancak bu metallerin yüzeyinde oluşan oksitler yoğundur. Ana metale oldukça kuvvetli bağlıdır. Bu durumdaki oksit filmleri, metali daha fazla oksitlenmeden koruyan bir zırh görevi görür. Alüminyum ve alüminyum alaşımlarında uygulanan eloksal (oksidasyon) bunun tipik örneğidir.

Çeliklerin (dayanım, plastik şekil verilebilme, kaynaklanabilme vb.) diğer özelliklerini bozmadan korozyona dayanıklı hâle getirilmesi için krom ile alaşımlandırılması gerekir. Bunun sonucunda ortaya çıkarılan malzemelere **paslanmaz çelik** adı verilir.

Çeliklerdeki krom içeriği, malzemede pasif yüzey oluşmasına neden olarak oksidasyonu önleyici rol oynar. Bu ilişki, kromun miktarına göre de değişiklik gösterir. %12'nin üzerindeki krom içeriklerinde atmosferik koşullar nedeniyle ve oda sıcaklığında oksitlenmeden dolayı malzeme kayıpları çok düşük seviyelere inebilir. Diğer taraftan oksidasyon olayı sıcaklıkla hızlanan bir olay olduğundan krom, yüksek sıcaklıklardaki oksidasyondan dolayı da malzeme kaybını en aza indiren en önemli alaşım elementi durumundadır. Oksidasyon, korozyon veya paslanmaya karşı geliştirilen çelik malzemelerde malzeme özellikleri ile içyapıları arasındaki ilişki önemlidir.

Çeliğin yapısında krom ve karbonun dışında bulunan manganez, silisyum gibi elementler de yapıların oluşmasına etki eder. Yüksek oranda nikel içeren paslanmaz çelik, oda sıcaklığında dahi ostenitik yapının kararlı olabilmesine neden olur.

Paslanmaz çeliklerin sınıflandırılmasında temel ölçüt ise mikro yapılardır. Genelde ilgili mikro yapıların hâkim olduğu bileşim sınırları içerisinde kalan paslanmaz çelikler şu dört ana gruba ayrılır:

- Martenzitik paslanmaz çelikler
- Ferritik paslanmaz çelikler
- Ostenitik paslanmaz çelikler
- Ostenitik-ferritik (dubleks) paslanmaz çelikler

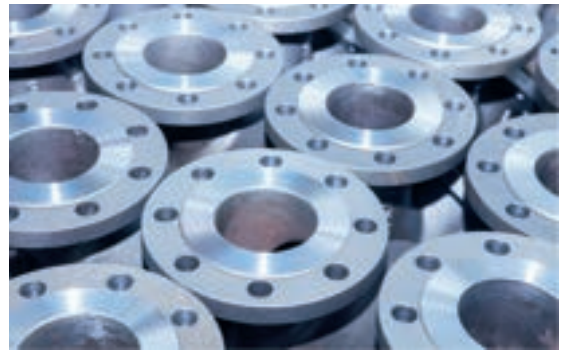
Paslanmaz çelikler için çökelme sertleşmesi gösteren paslanmaz ve iki fazlı paslanmaz çelikler şeklinde özel amaçlı bir sınıflandırma yapılması da mümkündür. Bu sınıflamaların ötesinde standart hâle gelmiş paslanmaz çeliklerle standart olmayan (özel bileşime ve özelliklere sahip) paslanmaz çelikler şeklinde sınıflandırmalardan da bahsedilebilir.

4.2.2.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

%12'nin üzerinde krom içeren ve karbon miktarları %0,1'in üzerinde olan çelikler **martenzitik paslanmaz çelikler** olarak adlandırılır. Martenzitik paslanmaz çelikler, %0,15'in üzerinde karbon içeren ferritik çelik bileşimleri ve bu bileşimlerin korozyon özellikleriyle de benzerlik gösterir. Ancak bu gruptaki çelikler, su alma özelliklerinden dolayı martenzitik yapıda olup sert ve dayanımlı paslanmaz çelikler sınıfını oluşturur.

4.2.2.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

%12'nin üzerinde krom, %0,1'den az karbon içeren paslanmaz çeliklere **ferritik paslanmaz çelikler** (Görsel 4.2) adı verilir.



Görsel 4.2: Ferritik paslanmaz çelik

Ferritik paslanmaz çelikler, normal atmosfer ve temiz su ortamlarında paslanmaya karşı dayanıklıdır ancak bu çeliklerin endüstriyel ve kimyasal ortamlarda dayanımı zayıftır. Bu özellikleri artırmak için bileşimlerindeki karbon miktarını azaltmak veya titanyum, tantal gibi elementlerle karbür stabilizasyonu sağlamak gibi önlemler alınabilir. Bunun yanında içindeki krom miktarını %30'lara kadar çıkarmak veya alaşım elementi olarak molibden kullanarak korozyon dayanımlarını artırmak da mümkündür.

4.2.2.3. Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Ostenitik paslanmaz çelikler (Görsel 4.3) kromun yanı sıra %8-%15 oranlarda nikel de içerir.



Görsel 4.3: Ostenitik paslanmaz çelik

Bu çeliklerin korozyona dayanımı da yüksektir. Bileşimdeki karbon miktarının yüksekliği, karbür çökelmesine karşı olduğundan gevrekleşme ve istenen korozyon dayanımını olumsuz yönde etkileyen en önemli unsurdur. Bu nedenle bu gruptaki çeliklerin karbon içeriğinin genelde %0,08-%0,15 olması istenir.

Kaynak tekniği uygulamasının sonucunda oluşacak karbürlerin ısıl işlemle tekrar çözeltiye alınmasının söz konusu olmadığı durumlarda bileşimdeki karbon miktarının %0,03 gibi değerlere indirilmesi gerekir. Bunun yanı sıra ferritiklerde olduğu gibi titanyum (Ti), niyobyum (Nb), tantal (Ta) gibi elementlerle karbür stabilizasyonu söz konusu olur.

Ostenitik paslanmaz çeliklerde korozyon dayanımının artırılması için bileşim bakımından %2-%3 mertebede molibden kullanılması da önemli bir uygulamadır.

Ostenitik çeliklerde nikel ve molibdenin pahalı olması nedeniyle ostenitik yapıyı stabil hâle getiren diğer ucuz alaşım elementleri kullanılarak standart ve standart dışı ostenitik paslanmaz çeliklerin üretimi mümkündür. Ostenitik paslanmaz çelikler, manyetik olmadıklarından ayrı bir kullanım alanı da kazanmış olur.

4.2.2.4. Ostenitik ve Ferritik Çift Yönlü (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Yüksek oranda krom (%18-%28) ve orta miktarda nikel (%4,5-%8) içeren çeliklerdir. Nikel miktarı en çok %8'dir ve bütün içyapının ostenitik olması için yetersizdir. Ferrit ve ostenit fazlarından oluşan içyapı nedeniyle bu çelikler çift yönlü (dubleks) olarak adlandırılır. Çift yönlü çeliklerin çoğu %2,5-%4 molibden içerir. Bunlar yeterli dayanım ve süneklik özelliklerini birlikte sağlar. Ayrıca korozif (metal yüzeylerin sürekli olarak aşınmaya maruz kalması) ortamlarda bile çok uygun yorulma dayanımları mevcuttur.

Ostenitik-ferritik paslanmaz çeliklerin başlıca özellikleri şunlardır:

- Gerilmeli korozyona karşı yüksek dayanıklılığa sahiptir.
- Klor iyonunun bulunmadığı ortamlarda daha yüksek korozif dayanım gösterir.
- Mekanik dayanımları ostenitik ve ferritik çeliklerin dayanımından daha yüksektir.
- İyi kaynak edilebilirlik ve şekil alma kabiliyetleri vardır.

Ülkelerin çoğunluğu kendi gereksinimleri açısından çeliklerin sınıflandırılmasında ulusal standartlarını (normlarını) oluşturma işlemini (gelişen teknolojiyi göz önüne alıp, revizyondan da geçirerek) sürekli yapmak zorunda olduğu için uluslararası sınıflandırma çalışmalarının da üzerinde önemle durmaktadır.

BİLGİ KÜPÜ

Evlerde kullanılan çatal, kaşık gibi mutfak gereçleri krom nikelli paslanmaz çelikten yapılır. Bu mutfak gerecinin manyetik özellikleri yoktur.

Ülkemizde çelik standardizasyon çalışmaları TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından yürütülür. Tablo 4.1'de TSE'ye göre standart paslanmaz çeliklerin tip ve bileşenleri verilmiştir.

Tablo 4.1: Standart Paslanmaz Çeliklerin Tip ve Kimyasal Bileşimleri

Tip	C	Mn	Sl	Cr	Ni (b)	P	S	Diğer
201	0,15 0,15	5,5-7,5 7,5-10,0	1,00 1,00	16,0-18,0 17-0-19,0	0,5-5,5 4,0-6,0	0,06 0,06	0,03 0,03	0,25 N 0,25 N
205	0,12-0,25	14,0-15,5	1,0	16,5-18,0	1,0-1,75	0,06	0,03	0,32-0,40 N
301	0,15	2,00	1,0	16,0-18,0	6,0-8,0	0,045	0,03	
302	0,15	2,00	1,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	
302B	0,15	2,00	2,0-3,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	
303	0,15	2,00	1,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,20	0,15	En az 0,6 Mo
303Se	0,15	2,00	1,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,20	0,06	En az 0,15 Se
304	0,08	2,00	1,0	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	
304H	0,04-0,10	2,00	1,0	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	
304L	0,03	2,00	1,0	18,0-20,0	8,0-12,0	0,045	0,03	
304LN	0,03	2,00	1,0	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	0,10- 0,15 Mo
330430	0,08	2,00	1,0	17,0-19,0	8,0-10,0	0,045	0,03	3,0-4,0 Cu
304N	0,08	2,00	1,0	18,0-20,0	8,0-10,5	0,045	0,03	0,10-0,16N
305	0,12	2,00	1,0	17,0-19,0	10,5-13,0	0,045	0,03	
308	0,08	2,00	1,0	19,0-21,0	10,0-12,0	0,045	0,03	
309	0,20	2,00	1,0	22,0-24,0	12,0-15,0	0,045	0,03	
309S	0,08	2,00	1,0	22,0-24,0	12,0-15,0	0,045	0,03	
310	0,25	2,00	1,0	24,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
310S	0,08	2,00	1,0	24,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
314	0,25	2,00	1,5-3,0	23,0-26,0	19,0-22,0	0,045	0,03	
316	0,08	2,00	1,0	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0 Mo
316F	0,08	2,00	1,0	16,0-18,0	10,0-14,0	0,20	0,10	En az 1,75-2,5 Mo
316H	0,04-0,10	2,00	1,0	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0 Mo
316L	0,03	2,00	1,0	16,0-18,0	10,0-14,0	0,045	0,03	2,0-3,0 Mo

4.2.4. Düşük ve Yüksek Karbonlu Çelikler

Düşük ve yüksek karbonlu çeliklere katılan diğer elementler alaşımlı çelik çeşitlerini oluşturur. Bu alaşımlı çelikler özelliklerine göre farklı amaçlar için kullanılır.

İçinde %0,10 ile %0,25 arasında karbon bulunduran çeliklere **düşük karbonlu çelikler** denir. Bu çelikler genellikle karbonla yüzey sertleştirme için kullanılır.

4.2.3.1. Düşük Alaşımlı Islah Çelikleri

Islah çelikleri, kimyasal bileşimleri bakımından özellikle karbon miktarı açısından sertleştirilmeye elverişli olan ve ıslah işlemi sonunda belirli bir çekme dayanımında yüksek tokluk özelliği gösteren alaşımlı ve alaşımsız makine imalat çelikleridir.

Islah işlemi, çelik parçaya yüksek tokluk özelliğinin kazandırılacağı önce sertleştirme, sonrasında yapılan menevişleme işlemlerinin bütünü olarak tanımlanır.

Islah çelikleri, ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerden dolayı çeşitli makine ve motor parçaları, dövme parçalar, çeşitli cıvata, somun ve saplamalar, krank şaftlar (Görsel 4.4), dişliler gibi parçaların imalatında kullanılır. Bu nedenle ıslah çelikleri, alaşımsız çeliklerden sonra en yüksek oranda üretilen ve kullanılan çelik türüdür.



Görsel 4.4: Islah çeliğinden yapılmış krank mili

4023, 4118, 5015 gibi az alaşımlı çeliklerin sertleşme derinlikleri, 1018 veya 1117 gibi karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Bu nedenle az alaşımlı çeliklere yağda su verilir. Böylece suda görülen çarpılma ve çatlamalardan kaçınılır. Bu tip çelikler, optimum çekirdek sertliği ve yüksek dayanım istenmeyen yerlerde kullanılır.

4320, 4620, 4815, 5120, 6118, 8620, 9310, 94B17H gibi daha yüksek alaşımlı ve karbonla yüzey sertleştirmeye elverişli çeliklerin sertleşme derinliği daha da fazla olduğundan bu çelikler kesite bağlı olarak iyi çekirdek özelliği verir.

4620, 5120 ve 8620 çelikleri otomotiv dişlileri, çeşitli bağlantılar, küçük el takımları, piston pimleri gibi orta kalınlıktaki malzemelerde ve nispeten şiddetli uygulamalarda kullanılır.

4815, 9310 ve 94B17H gibi daha yüksek alaşımlılar ise çok şiddetli uygulamalar ve kalın kesitler için kullanılır. Bunların kullanım sahaları olarak uçak makine parçaları, kamyon transmisyon ve diferansiyel parçaları sayılabilir. Benzer olarak daha yüksek karbon alaşımlı çeliklerin seçimi, büyük ölçüde uygulamada istenen sertleşebilme özelliğine bağlıdır.

Yüksek karbonlu malzemenin alaşım miktarı arttıkça yağda su verilme imkânları da doğar. Bu da karmaşık parçalara su verilmesinde kolaylık sağlar.

Düşük alaşımlı yüksek karbonlu çelikler 1130, 1345, 4037, 5150, 5130, 8630, 8650, 4130 veya 4150 yüksek dayanımlı ortamlarda ve nispeten ince kesit veya daha az dayanımlı ortamda çalışacak kalın kesitli parçalar için kullanılır.

Yüksek dayanımlı cıvatalar, otomotiv direksiyon aksamı, küçük makine aksları, yüksek kaliteli el takımları gibi parçaların üretiminde yüksek karbonlu çelikler kullanılır.

4.2.3.2. Yüksek Alaşımlı Takım Çelikleri

Bileşimlerinde %50'ye varan oranlarda krom (Cr), molibden (Mo), vanadyum (V), tungsten (W), kobalt (Co) gibi alaşım elementleri içerir. Sıcak ve soğuk hâldeki iş parçalarını kesme, dövme vb. yöntemlerle şekillendiren kalıpların yapımında kullanılır. Takım çelikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

Suda Sertleşen Takım Çelikleri: Bileşimlerinde düşük oranda krom ve vanadyum bulunur. Karbon oranları ise %0,60 ila %1,40'tır. Dayanımları su verilerek arttırılır.

Şok Dirençli Takım Çelikleri: Yüksek tokluk ve tekrarlı darbeli yüklemelerin olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Nispeten düşük karbon (%0,4-%0,65) ve alaşım elementi olarak silisyum, krom, vanadyum ile bazen de molibden içerir. Zımba ve bıçak yapımında kullanılır.

Soğuk İş Takım Çelikleri: Kendi aralarında üçe ayrılır:

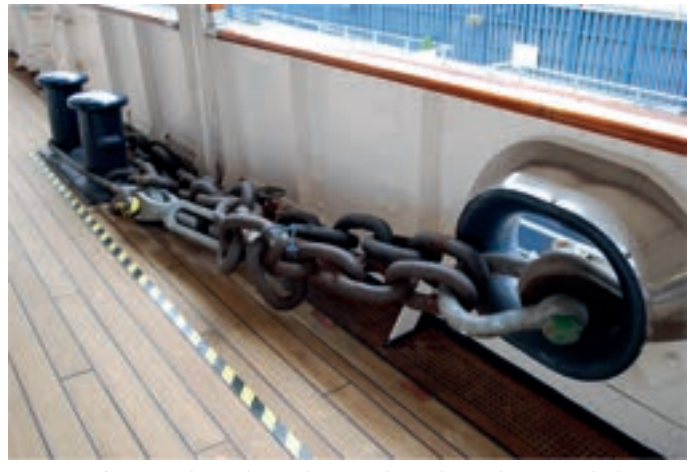
- Yağda sertleşen takım çelikleri
- Havada sertleşen takım çelikleri
- Yüksek karbonlu ve yüksek kromlu takım çelikleri

Sıcak İş Takım Çelikleri: Yüksek sıcaklıklarda kesme ve şekillendirme işlemlerinde kullanılmakta olup %0,3-%0,6 karbon, %2-%12 krom, molibden, tungsten gibi alaşım elementlerini içerir. Havada sertleştirilebilir. Sıcak iş çelikleri üç gruba ayrılır:

- Yüksek hız takım çelikleri
- Plastik takım çelikleri
- Özel amaçlı takım çelikleri

4.2.5. Dökme Demirler

%2'den fazla karbon bulunduran demir-karbon alaşımlarına **dökme demir** (Görsel 4.5) denir. Döküm endüstrisinde en yüksek kapasite, birçok özelliğinden dolayı dökme demirlere aittir.



Görsel 4.5: Dökme demirden yapılmış demir loçası ve babası

Dökme demirler (Tablo 4.2) gerek döküm gerekse mamul parça özellikleri bakımından birçok üstünlüğe sahiptir. Bu özellikler şöyle sıralanabilir:

- Düşük ergime sıcaklığı (1.150-1.300 °C)
- İyi akışkanlık (ötektik bileşimine yakınlık)
- Döküm ve kalıp şeklini alabilme kabiliyetinin üstünlüğü
- Ergitme ve döküm işlemlerinin ucuzluğu

- Kimyasal bileşim sınırlarının geniş tutulabilmesi ve yakın özellikler elde edilebilmesi
- Çeşitli kısımlardan ibaret bir iş parçasının tek bir işlemle elde edilebilmesi
- Talaşlı imalat tekniğinde iyi işlenebilmesi
- Titreşim söndürme özelliğinin çok iyi olması
- Basma mukavemetinin yüksek olması
- Aşınma ve korozyona dayanıklı olması

Tablo 4.2: Dökme Demirdeki Kimyasal Bileşimler

Element	Gri Dökme Demir	Beyaz Dökme Demir	Temper Dökme Demir	Küresel Grafitli Dökme Demir	Kompakt Grafitli Dökme Demir
% C	2,5-4,0	1,8-3,6	2,00-2,60	3,0-4,0	2,5-4,0
% Si	1,0-3,0	0,5-1,9	1,10-1,60	1,8-2,8	1,0-3,0
% Mn	0,25-1,0	0,25-0,80	0,20-1,00	0,10-1,00	0,2-1,0
% S	0,02-0,25	0,06-0,20	1,04-0,18	En çok 0,03	0,01-0,03
% P	0,05-1,00	0,06-0,18	En çok 0,18	En çok 0,10	0,01-0,1

4.2.5.1. Dökme Demir Çeşitleri

Dökme demirler aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

Gri (Lamel Grafitli) Dökme Demir: Kimyasal bileşimdeki karbonun büyük bir kısmı, katılaşmadan sonra lamel şeklinde serbest veya grafitik karbon hâlindedir. Kırıldığı zaman gri bir kırık yüzey verir.

Küresel Grafitli Dökme Demir: Lamel şeklindeki grafitler; ergimiş dökme demirin az miktar magnezyum, seryum veya diğer elementlerle işlenmesi sonucunda küresel olarak çöker. Bu yapının kırığı, parlak çeliğimsi renktedir. Özelliği de temper döküm gibi uzama kabiliyeti olmasıdır.

Temper Döküm: Beyaz dökme demirin ısıl işlem görmesiyle elde edilir.

Beyaz Dökme Demir: Kimyasal bileşimindeki karbonun tamamı, sementit şeklinde bileşik karbon olarak bulunur. Kırıldığı zaman beyaz kristalli bir yüzey verir.

Kompakt Grafitli Dökme Demir (CGI): Lamel grafitli yapıya benzemekle birlikte lameller daha kısa, kalın ve uçları yuvarlaklaştırılmıştır. Küresel grafitli dökme demirde olduğu gibi daha az oranda magnezyum ilavesi ile yapılır. Küresel grafitli dökme demir ile gri dökme demir arasındaki özelliklere sahiptir.

Yüksek Alaşımlı Dökme Demirler: Bunlar özel amaçlarla yapılmış ve %3 üzerinde alaşım elementi bulunduran malzemelerdir.

Dökme demir ifadesi, tıpkı çelik gibi aralığı çok geniş olan özelliklere sahip metal ailesini tanımlamak için kullanılır. Dökme demir ve çelikler, aslında bir demir-karbon alaşımıdır. Bu demir-karbon alaşımına istenen özelliklere göre diğer alaşım elementleri de katılır.

Çeliklerin çoğunun karbon oranı %1'in (genelde %0,2'nin) altındadır. Dökme demirde ise karbon oranı %2'den fazladır. Bu nedenle dökme demirler heterojen alaşımlar gibi katılaşır ve mikro yapılarında mutlaka birden fazla bileşen bulunur. Karbona ek olarak dökme demirler, genelde %1-%3 silisyum içerir ve bu nedenle demir-karbon-silisyum alaşımı olarak anılır.

Dökme demirdeki yüksek karbon ve silisyum oranı, ona mükemmel dökülebilme kabiliyeti verir. Ergime sıcaklıkları da çelikten daha düşüktür. Ergimiş metal, çelikten çok daha fazla akıcıdır. Kalıp malzemelerini daha az zorlar.

Katılaşma sırasında daha az yoğunluktaki grafit oluşumundan dolayı sıvıdan katıya geçişteki hacim değişimi çok daha az olur. Bu özelliği nedeniyle pek çok karmaşık yapıda döküm parçaları üretilebilir.

Dökme demir tipleri, benzerlikleri nedeniyle kimyasal bileşimlerine göre belirlenemez. Dökme demirler, istenen özelliklere göre çok geniş aralıkta karbon-silisyum ve diğer alaşım elementlerine sahiptir. Yine her dökme demir tipinin üretiminde hayati öneme sahip fakat çok az kullanılan elementler de vardır. Örneğin grafit tip ve boyutunu kontrol etmek için gri (kır) dökme demirde aşılama malzemeleri denen çekirdek yapıcı malzemeler kullanılır.

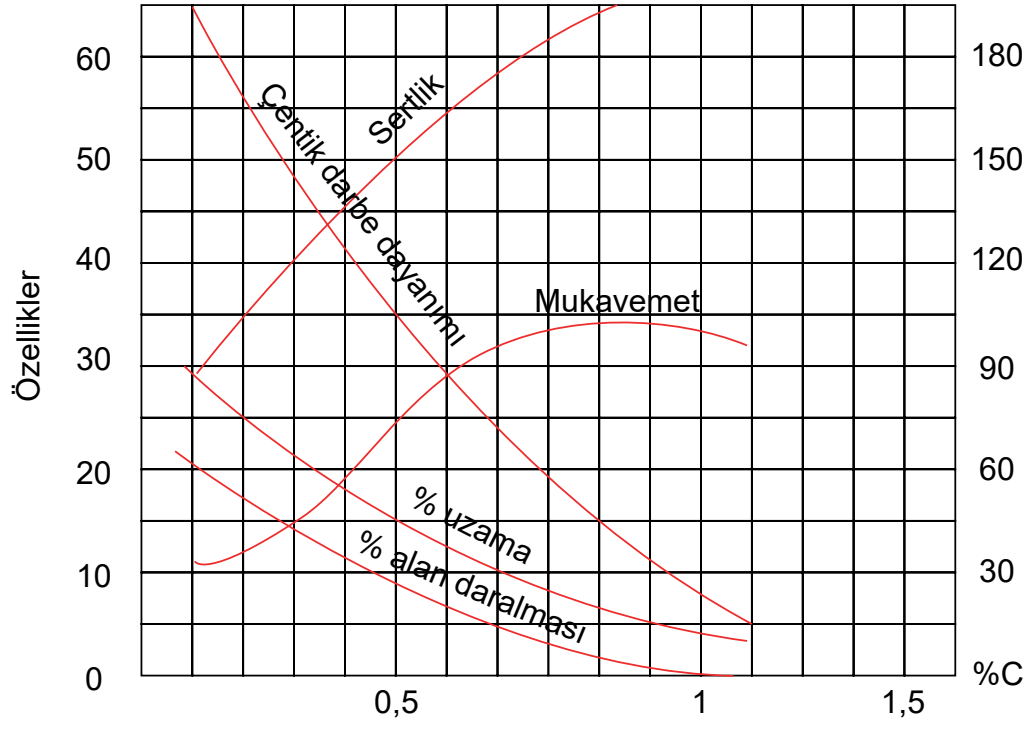
Temper dökme demirde çok az miktarda bizmut ve tellüryum, küresel grafitli dökme demir yapmak için de grafitleri küreleştirici az miktarda magnezyum kullanılır.

4.2.6. Çeliğe Katılan Alaşım Elementleri

Karbon: Saf demire karbon (C) elementi eklendiğinde Şekil 4.1'de olduğu gibi sertlik doğrusal bir artış gösterir. Çekme dayanımı ise %0,8 karbona kadar artar. Bundan sonra yapıya serbest sementitlerin girmesiyle düşmeye başlar.

Kopma uzaması, alan daralması ve çentik mukavemetleri en yüksek değerlerini ferritik hâlde gösterir. Yapıya karbonla giren sementit etkisiyle bu değerlerde sürekli bir düşme görülür. Çeliğin sıcak ve soğuk işlenme kabiliyetleri, artan karbonla düşer. Soğuk işlemede %0,8 C, sıcak işlemede ise %2,0 C sınır olarak kabul edilir.

Çeliklerin talaşlı imalat ve kaynak kabiliyetleri de artan karbonla düşme gösterir. Kaynak işleminin en iyi şekilde uygulandığı alaşımlar %0,20'ye kadar karbonlu çeliklerdir. Yüksek karbonlu çeliklerin kaynak işlemlerinde özel yöntemler kullanılır.



Şekil 4.1: Karbonun saf demire etkisi

Azot: Çelik üretimi sırasında kullanılan havadan geçer. 600 °C sıcaklıkta yapıya girerek akma mukavemetini yükseltirken uzama ve çentik darbe mukavemetini ise düşürür. Çeliğin yaşlanmasını hızlandırır. Bunun sonucunda kaynak dikişlerinde kırılganlık oluşturur.

Azot; pas, asit ve sıcaklığa dayanıklı çeliklere azotlu ferro-krom olarak katılır. Ostenit sahasının genişletilmesi ve yarı ferritik çeliklerin ıslahını kolaylaştırır.

Silisyum: Silisyum (Görsel 4.6), cevherden ve oksijen giderme için kullanılan maddelerin artıklarından demire geçer. Çelik içinde eriyik hâlinde bulunur. Silisyum, mikroskop altında görülmez.

Çeliğin silisli sayılabilmesi için %0,40'tan fazla silisyum ihtiva etmesi gerekir. Silisyum; çekme ve akma mukavemetlerini, sertleşme derinliği ve yay özelliğini artırır. Kopma uzaması, soğuk şekil değiştirmesi ve derin çekme kabiliyetlerini ise azaltır.

Elektriksel direnci artırıp güç kayıplarını (watt kayıplarını) azalttığından dinamo ve trafolarda silisyumlu saclar kullanılır. %1'in üzerindeki silisyum kırılganlığa yol açar. %12-%18 Si'lu dökme çelikler, aside dayanıklılık istenen yerlerde kullanılır. Silisyum miktarı arttıkça çeliğin dövülebilme ve kaynak kabiliyeti de azalır.



Görsel 4.6: Silisyum cevheri

Hidrojen: Nemli cevherler ve yakıt gazlarından çeliğe geçebilen hidrojenin miktarı az da olsa çok zararlıdır ve kırılganlığa yol açar. Hidrojen, yavaş soğutma veya vakum altında soğutma gibi yöntemlerle çelikten alınır.

Niyobyum: Tane inceltici etkiye sahip olan element aynı zamanda akma sınırını da yükseltir. Kuvvetli karbür yapıcı özelliği ile sertliği de artırır.

Manganez: Manganez (Görsel 4.7) de cevherden ve oksijen giderme maddelerinden demire geçer. Mangan olarak da bilinir.



Görsel 4.7: Manganez cevheri

Normal bir çelikte %1'e kadar manganez bulunabilir. Manganez, %7'ye kadar çeliğin çekme ve akma mukavemetini, %1'e kadar da dövülebilirlik ve ateşe dayanıklılık kabiliyetlerini artırır.

Manganez genel olarak çeliğin kaynak kabiliyetini iyileştirir. Korozyon dayanımını artırır ve daha derin sertleşme sağlar. Manganez, çeliğin ostenit sahasını genişleten elementlerdendir.

Yüksek karbonlu ve manganezli çeliğin oda sıcaklığındaki yapısı ostenitiktir. %12 manganezli ve %1,2 karbonlu çelikler suya atılarak hızlı soğutulursa yapıları ostenitik olarak kalır. Ostenitik manganez çeliği de denen bu çelikler, çok sert olmamakla beraber darbeli çalışmalarda darbe ile sertleşir. Darbe ile sertleşen kısım yüzeyseldir ve çekirdek daima yumuşak ve sünektir. Head field (hed feld) çelikleri özellikle çimento sektöründe darbeli çalışmalarda aşınmadığı ve kırılmadığı için tercih edilir. Bu çelikler, sürtünme ile çalışan yerlerde sertleşmeyeceği için kısa ömürlüdür ve kullanılmaz.

Alüminyum: Alüminyum elementi çelik içinde silisyum gibi hareket eder. Yüksek miktarlarda kullanıldığında çeliği kaba taneli yapan alüminyum, sıcakta tufallaşma dayanımını artırır.

Oksijen: Çelik üretimi sırasında çeliğe geçer ve oksijen giderici maddelerle giderilir. Sıcak kırılganlığa yol açtığından %0,07'den fazlası istenmez.

Bor: Düşük ve orta karbonlu çeliklerin sertleşebilirliğini en etkin şekilde artırır. Sakinleştirilen çeliklere %0,0005-%0,003 kadar düşük oranda katılır.

Kükürt: Kükürt (Görsel 4.8), sülfürlü cevherlerden ve yakıtlardan demire geçer. Çelikte sıcak kırılganlık yaptığından en fazla %0,05 olması istenir. Bu durum otomat çelikleri için geçerli değildir. Zira bu tip çeliklerde kırılgan talaş ile yüksek kesme hızlarına ulaşmak için %0,2-%0,3 S istenir.



Görsel 4.8: Kükürt cevheri

Kükürt, çelikte manganez ile birleşerek metalik olmayan bir sülfür inklüzyonu olan manganez-sülfat hâlinde bulunur ve mikroskop altında görülebilir.

Volfram (Tungsten): Volfram (Görsel 4.9); çok iyi bir karbür yapıcı olduğundan çeliklerin mukavemetini, sertliğini, kesme kabiliyetini ve dayanıklılığın oldukça önemli oranlarda yükseltir.

Yüksek sıcaklıklarda mukavemetin muhafazasını sağlar. Bu nedenle volfram, hız ve sıcak iş takım çeliklerinde vazgeçilemez bir alaşım elementidir.

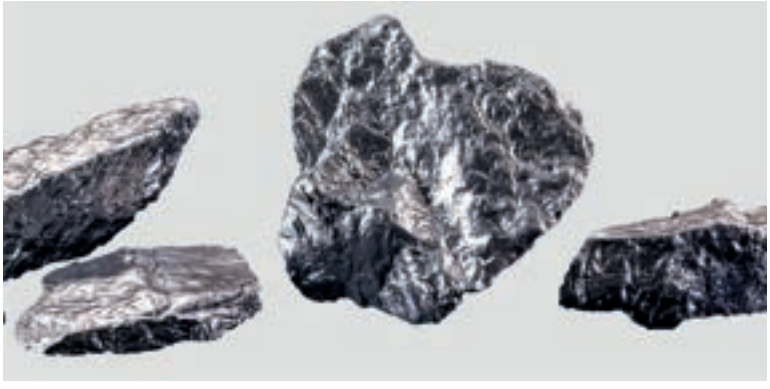


Görsel 4.9: Volfram cevheri

Krom: Krom (Görsel 4.10), çeliklerde ostenit alanını daraltır, ferrit alanını ise genişletir. %20 kromlu bir çelik tamamen HMK (hacim merkezli kübik) ferritik yapıdadır. Oda sıcaklığına kadar hiçbir dönüşüm göstermez.

Düşük kromlular, belirli sıcaklık aralığında ostenit kristalleri gösterseler de bu sıcaklık aralığının altında tekrar ferrite dönüşür. Krom, uzamayı az miktarda azaltarak çekme mukavemetini artırdığı gibi sıcak mukavemeti ve tufallaşma dayanıklılığını da artırır.

%11 gibi yüksek krom değerlerinde çelik, paslanmaz hâle gelir ve aşınma dayanımı yükselir. Kaynak kabiliyeti ve çentik darbe mukavemeti kromla düşer.



Görsel 4.10: Krom cevheri

Vanadyum: Ostenit alanını daraltan elementlerden olan vanadyum (Görsel 4.11) iyi bir karbür yapıcıdır. Çeliklerde çekme-akma ve özellikle yüksek sıcaklıklardaki mukavemeti artırır.

İmalat takım çeliklerine olumlu etkileri olan vanadyum, hız çeliklerinin kesme mukavemetini de artırır. İmalat ve sıcağa dayanıklı çeliklerde krom, hız ve sıcak iş takım çeliklerinde volfram ile kullanılır.

Nikel: Kromun aksine nikel (Görsel 4.12), ostenit sahasını genişleten bir elementtir.

Ostenitik bir yapıya sahip olan çelikler, yüksek korozyon direnci, yüksek çekme dayanımı, yüksek sıcaklık dayanımı, düşük akma dayanımı ve -200 °C gibi düşük sıcaklıklarda yüksek süneklilik gibi özellikler gösterir.

Nikel, sertleştirme ısıl işlemine tabi tutulamaz. Normal soğuma ile oluşan martenzitik çelikler, aşınmaya dayanıklı yerlerde kullanılır ve sadece taşlanarak işlenebilir.

Nikel, çekirdeğe kadar sertleşme kabiliyeti sağlar. Ayrıca sementasyon ile ıslah çeliklerinin dayanımını artırır.



Görsel 4.11: Vanadyum cevheri



Görsel 4.12: Nikel cevheri

Kobalt: Kobalt, dayanım ve sertliği arttıran bir elementtir (Görsel 4.13). Hız çelikleri ve sürekli mıknatıslı çeliklerde kullanılan kobaltın çelikteki tutumu nikele benzer ve ostenit alanını genişletir. Kobalt, kuvvetli bir karbür yapıcı olduğu için de sıcakta dayanımı artırır.

Molibden: Molibden (Görsel 4.14), özellikle yüksek sıcaklıklarda çekme dayanımını artırır. Kaynak kabiliyetini olumlu yönde etkilemesine karşın dövülebilirliği azaltır. Genellikle kromla beraber kullanılır. Krom-nikelle beraber molibdenin de kullanılması çelikte yüksek akma sınırı ve çekme dayanımını oluşturur.

Molibden, yüksek sıcaklıklarda kararlı karbür oluşturması nedeniyle hız çelikleri, sıcak iş takım çelikleri, ostenitik paslanmaz çelikler, sementasyon ile ıslah çelikleri ve sıcağa dayanıklı çeliklerde alaşım elementi olarak kullanılır.



Görsel 4.13: Kobalt cevheri



Görsel 4.14: Molibden cevheri

Bakır: Çeliğe %0,2 ile %0,5 arasında bakır (Görsel 4.15) ilave edilmesi çeliklerin korozyon dayanımını artırır. Sıcak şekillendirme uygulanacaksa kırılganlaşmaya yol açacağı için bu tür çeliklere %0,5 sınırının üzerinde bakır takviyesi yapılmaz. Genellikle sertliği artırmak için eklenen bakırın sünekliliği olumsuz yönde etkilemesi, bakırın olumsuz etkisi olarak gösterilebilir.

Fosfor: Düşük sıcaklıklarda soğuk kırılganlığa yol açtığından çelikte fosfor (Görsel 4.16) sınırının en fazla %0,05 olması istenir. Fosfor da silisyum ve manganez gibi çelikte erimesine rağmen mikroskop altında görülemez.



Görsel 4.15: Bakır cevheri



Görsel 4.16: Fosfor cevheri

Alaşım elementlerinin çeliğe olan etkisi Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Alaşım Elementlerinin Çeliğe Etkisi

Alaşım Elementi	Sertlik	Mukavemet	Akma Noktası	Uzama	Kesit Büzülmesi	Darbe Direnci	Elastisite	Yüksek Sıcaklığa Dayanım	Soğutma Hızı	Karbür Oluşumu	Aşınma Direnci	Dövülebilirlik	İşlenebilirlik	Oksitlenme Eğilimi	Korozyon Direnci
Si	↑	↑	↑↑	↓	~	↓	↑↑↑	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓	↓	-
Mn*	↑	↑	↑	~	~	~	↑	-	↓	~	↓↓	↑	↓	~	-
Mn**	↓↓↓	↑	↓	↑↑↑	~	-	-	-	↓↓	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	-
Cr	↑↑	↑↑	↑↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓↓↓	↑↑	↑	↓	-	↓↓↓	↑↑↑
Ni*	↑	↑	↑	~	~	~	-	↑	↓↓	-	↓↓	↓	↓	↓	-
Ni**	↓↓	↑	↓	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	↓↓	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	↑↑
Al	-	-	-	-	↓	↓	-	-	-	-	-	↓↓	-	↓↓	-
W	↑	↑	↑	↓	↓	-	-	↑↑↑	↓↓	↑↑	↑↑↑	↓↓	↓↓	↓↓	-
V	↑	↑	↑	~	~	↑	↑	↑↑	↓	↑↑↑	↑↑	↑	-	↓	↑
Co	↑	↑	↑	↓	↓	↓	-	↑↑	↑↑	-	↑↑↑	↓	~	↓	-
Mo	↑	↑	↑	↓	↓	↑	.	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	↓	↓	↑↑	-
S	-	-	-	↓	↓	↓	-	-	-	-	-	↓↓↓	↑↑↑	-	↓
P	↑	↑	↑	↓	↓	↓↓↓	-	-	-	-	-	↓↓↓	↓↓↓	↓↓	↑↑
*Perlitik çeliklerde **Ostenitik çeliklerde				↑ Artırır			↓ Azaltır			↑ Değişmez			~ Önemsiz bilinmiyor		

Gemi inşa edilirken kullanılan alaşım ve belirlenen standartlar Tablo 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.4: Gemi İnşaatında Kullanılan Çelik Alaşımları ve Standartları

Ana Çelik Grubu	Ana Alaşım Elemanları	SAE/ AIS	Örnek	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
Karbon Çelikleri	En çok Mn: 1,0	10xx	1010	0,08 0,13	- 0,10	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-
	S: 0,08; 0,30	11xx	1117	0,14 0,20	- 0,60	1,00 1,30	- 0,040	0,080 0,130	-	-	-	-
	S: 0,16; 0,23 P: 0,04; 0,12	12xx	1212	- 0,13	- 0,60	0,70 1,00	0,070 0,120	0,160 0,230	-	-	-	-
	Mn: 1,00; 1,65	15xx	1524H	0,18 0,26	0,15 0,30	1,25 1,75	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-
Manganezli Çelikler	Mn: 1,75	13xx	135H	0,42 0,49	0,15 0,30	1,45 2,05	- 0,035	- 0,040	-	-	-	-
Nikelli Çelikler	Ni: 3,50	23xx	2340	0,38 0,43	0,20 0,35	0,70 0,90	- 0,040	- 0,040	-	3,25 3,75	-	-
	Ni: 5,00	25xx	2515	0,12 0,17	0,20 0,35	0,40 0,60	- 0,040	- 0,040	-	4,75 5,25	-	-
Nikel Kromlu Çelikler	Ni: 1,25 Cr: 0,65; 0,80	31xx	3120	0,17 0,22	0,20 0,35	0,60 0,80	- 0,040	- 0,040	0,55 0,75	1,10 1,40	-	-
	Ni: 1,75 Cr: 1,07	32xx	3220	0,15 0,25	0,15 0,30	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	0,90 1,25	1,50 2,00	-	-
	Ni: 3,50 Cr: 1,50; 1,57	33xx	3310	0,08 0,13	0,20 0,35	0,45 0,60	- 0,025	- 0,025	1,40 1,75	3,25 3,75	-	-
	Ni: 3,00 Cr: 0,77	34xx	3450	0,45 0,55	0,15 0,30	0,30 0,60	- 0,040	- 0,050	0,60 0,95	2,75 3,25	-	-
Molibdenli Çelikler	Mo: 0,20; 0,25	40xx	4023	0,20 0,25	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	-	-	0,20 0,30	-
	Mo: 0,40; 0,52	44xx	4427	0,24 0,29	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	-	-	0,35 0,46	-
Krom-Molibdenli Çelikler	Cr:0,50; 0,80; 0,95 Mo: 0,12; 0,20; 0,25; 0,30	41xx	4140	0,38 0,43	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,80 0,10	-	0,20 0,25	-

Tablo 4.5: Gemi İnşaatında Kullanılan Nikel-Krom-Molibdenli Çelik Alaşımları ve Standartları

Ana Çelik Grubu	Ana Alaşım Elemanları	SAE/ AISI	Örnek	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
Nikel-Krom-Molibdenli Çelikler	Ni: 1,82 Cr: 0,50; 0,80 Mo: 0,25	43xx	4320	0,17 0,22	0,15 0,30	0,45 0,65	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	1,65 2,00	0,20 0,30	-
	Ni: 1,62 Cr: 0,50 Mo: 0,12; 0,25 V: en az 0,03	43BVxx	43BV12	0,08 0,13	0,20 0,35	0,75 1,00	-	-	0,40 0,60	1,65 2,00	0,20 0,30	V 0,03 -
	Ni: 1,05 Cr: 0,45 Mo: 0,20; 0,35	47xx	471BH	0,15 0,21	0,15 0,30	0,60 0,95	- 0,035	- 0,040	0,30 0,60	0,85 1,25	0,30 0,40	-
	Ni: 0,30 Cr: 0,40 Mo: 0,12	81xx	8115	0,13 0,18	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,30 0,60	0,20 0,40	0,08 0,25	-
	Ni: 0,55 Cr: 0,50 Mo: 0,20	86xx	8620	0,18 0,23	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,15 0,25	-
	Ni: 0,55 Cr: 0,45 Mo: 0,25	87xx	8740	0,38 0,43	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,20 0,30	-
	Ni: 0,55 Cr: 0,50 Mo: 0,35	88xx	8822	0,20 0,25	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,40 0,60	0,40 0,70	0,30 0,40	-
	Ni: 3,25 Cr: 1,20 Mo: 0,12	93xx	9315	0,13 0,18	0,20 0,35	0,45 0,65	- 0,025	- 0,025	1,00 1,40	3,00 3,50	0,08 0,15	-
	Ni: 0,45 Cr: 0,40 Mo: 0,12	94xx	9440	0,38 0,43	0,20 0,35	0,90 1,20	- 0,040	- 0,040	0,30 0,50	0,30 0,60	0,08 0,15	-
	Ni: 0,55 Cr: 0,20 Mo: 0,20	97xx	9747	0,45 0,50	0,20 0,35	0,50 0,80	- 0,040	- 0,040	0,10 0,25	0,40 0,70	0,15 0,25	-
	Ni: 1,00 Cr: 0,80 Mo: 0,25	98xx	9845	0,43 0,48	0,20 0,35	0,70 0,90	- 0,040	- 0,040	0,70 0,90	0,85 1,15	0,20 0,30	-



Ana Çelik Grubu	Ana Alaşım Elemanları	SAE/ AISI	Örnek	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
Nikel-Molibdenli Çelikler	Ni: 0,85; 1,82 Mo: 0,20; 0,25	46xx	4620	0,17 0,22	0,15 0,30	0,45 0,65	- 0,035	- 0,040	-	1,65 2,00	0,20 0,30	-
	Ni: 3,50 Mo: 0,25	48xx	4815	0,13 0,18	0,15 0,30	0,40 0,60	- 0,035	- 0,040	-	3,25 3,75	0,20 0,30	-
Kromlu Çelikler	Cr.0,27; 0,40; 0,50; 0,65	50xx	5046	0,43 0,48	0,15 0,30	0,75 1,00	- 0,035	- 0,040	0,20 0,35	-	-	-
	Cr. 0,80;0,87; 0,92; 0,95; 1,00; 1,05	51xx	5140	0,38 0,43	0,15 0,30	0,70 0,90	- 0,035	- 0,040	0,70 0,90	-	-	-
	Cr. 0,50 C:en az 1,00	50xx	50100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	0,40 0,60	-	-	-
	Cr. 1,02 C:1,00	51xx	51100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	0,90 1,15	-	-	-
	Cr. 1,45 C: en az 1,00	52xx	52100	0,98 1,10	0,15 0,30	0,25 0,45	- 0,025	- 0,025	1,30 1,60	-	-	-
Krom-Vanadyumlu Çelikler	Cr. 0,60; 0,80; 0,95 V: en az 0,10; 0,15	61xx	6140	0,35 0,45	0,15 0,30	0,60 0,90	- 0,040	- 0,050	0,80 1,10	-	-	V 0,15 -
Volfram-Kromlu Çelikler	W: 1i75 Cr. 0,75	71xx	71360	0,50 0,70	0,15 0,30	- 0,30	- 0,035	- 0,040	3,00 4,00	-	-	W 12,00 15,00
	Si:1,40; 2,00 Mn: 0,65; 0,82; 0,85	72xx	7260	0,50 0,70	0,15 0,30	- 0,30	- 0,035	- 0,040	0,50 1,00	-	-	W 1,50 2,00
Silisyum-Manganezli Çelikler	Cr. 0,00; 0,65	92xx	9262	0,55 0,65	1,80 2,20	0,75 1,00	- 0,040	- 0,040	0,25 0,40	-	-	-
Düşük Alaşımlı Yüksek Dayanımlı Çelikler	xx-psi/1000 olarak en az akma dayanımı	9xx	42	- 0,21	- 0,90	- 1,35	- 0,040	- 0,050	-	-	-	-

Tablo 4.6: Gemi İnşaatında Kullanılan Paslanmaz Çelik Alaşımları ve Standartları

Çelik Ana Grubu	Ana Alaşım Elemanları	SAE/ AISI	Örnek	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Diğer (%)
Paslanmaz Çelikler	Cr:17,00; 18,00 Mn:6,60; 8,75 Ni:4,50; 5,00	302xx/ 2xx	30202/ 202	- 0,15	- 1,00	7,50 10,00	- 0,060	- 0,030	17,00 19,00	4,00 6,00	-	-N 0,25
	Cr:8,50; 15,50; 17,00; 18,00; 19,00; 20,00; 20,50; 23,00; 25,00 Ni:7,00; 9,00; 10,00; 10,50; 11,00; 11,50; 12,00; 13,00; 13,50; 20,50; 21,00; 35,00	303xx/ 3xx	30304/ 304	- 0,08	- 1,00	- 2,00	- 2,00	- 0,030	18,00 20,00	8,00 10,50	-	-
	Cr: 11,12; 12,25; 12,50; 13,00; 16,00; 17,00; 20,50; 25;00	514xx/ 4xx	51414/ 414	- 0,15	- 1,00	- 1,00	- 0,040	- 0,030	11,50 13,50	1,25 2,50	-	-
	Cr:5,00	515xx/ 5xx	51502/ 502	- 1,10	- 1,00	- 1,00	- 0,040	- 0,030	4,00 6,00	-	0,40 0,65	-

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Demirden başka ana alaşım elementi olarak sadece karbon içeren, az da olsa diğer katkı elementlerinin olduğu alaşıma …….. denir.
2. Çeliklerin özelliklerini bozmadan korozyona dayanıklı hâle getirilebilmesi için krom ile alaşımlandırılması sonucu ortaya çıkarılan malzemelere …….. adı verilir.
3. Suda sertleşen takım çeliklerinin dayanımının artırılması için çelikler …….. işlemine tabi tutulur.
4. %12'nin üzerinde krom içeren ve karbon miktarları %0,1'in üzerinde olan çeliklere …….. denir.
5. Krom, çelik malzemelere yüksek sıcaklık dayanımı verirken …….. ise paslanmayı ve kararmayı önler.
6. Bileşimlerinde %50'ye varan oranlarda krom (Cr), molibden (Mo), vanadyum (V), tungsten (W), kobalt (Co) gibi alaşım elementleri içeren çelikler …….. çeliklerdir.
7. Ülkemizde çelik standardizasyon çalışmaları …….. tarafından yürütülür.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

8. Alaşım elementlerinin oranı %5'ten daha yüksek olan çelik türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Düşük alaşımlı B) Düşük karbonlu
C) Karbonlu D) Sade karbonlu
E) Yüksek alaşımlı

9. İçinde %0,10 ila %0,20 oranında karbon bulunduran çelik türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Çok karbonlu B) Düşük alaşımlı
C) Düşük karbonlu D) Sade karbonlu
E) Yüksek alaşımlı

10. Aşağıdakilerden hangisi alaşım elementlerinin oranı %5'ten daha düşük olan çelik türüdür?

A) Çok karbonlu B) Düşük alaşımlı
C) Düşük karbonlu D) Sade karbonlu
E) Yüksek alaşımlı

11. Aşağıdakilerden hangisi temel ölçütü mikro yapıların hâkim olduğu bileşim sınırları içindeki çelik grubunda yer almaz?

A) Dubleks paslanmaz
B) Ferritik paslanmaz
C) Martenzitik paslanmaz
D) Ostenitik paslanmaz
E) Perlit paslanmaz

12. I. Çeliğin kaynak kabiliyetini iyileştirir.
II. Daha derin sertleşme sağlar.
III. Korozyon dayanımını artırır.

Yukarıda verilen özellikler hangi elemente aittir?

A) Bakır B) Kobalt
C) Krom D) Manganez
E) Nikel

13. Aşağıdakilerden hangisi bir dökme demir çeşidi değildir?

A) Beyaz B) Gri
C) Kompak grafitli D) Sade karbonlu
E) Temper döküm



5. ÖĞRENME BİRİMİ

ISIL İŞLEMLER



13651

KONULAR

5.1. ISIL İŞLEMİN GEREKLİLİĞİ

5.2. ISIL İŞLEMLERİN ÇEŞİTLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Isıl işlemlerin çeşitleri
- Isıl işlemlerin uygulama özellikleri

TEMEL KAVRAMLAR

içyapı, ısıl genleşme, tavlama, sertleştirme, demir-karbon denge diyagramı, faz, indüksiyon, menevişleme

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

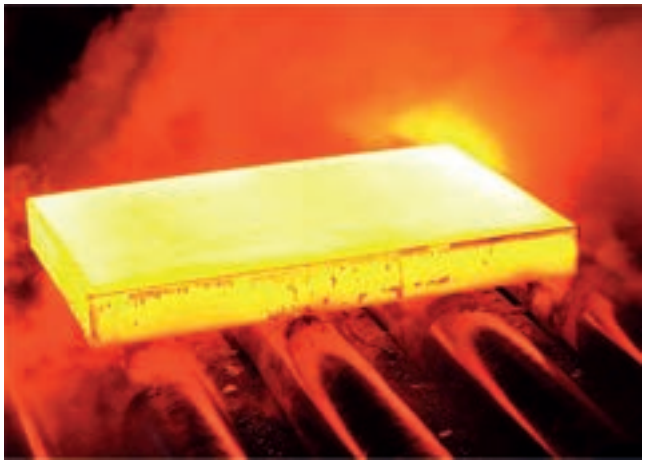
1. Atölyenizde ısıl işlem uygulanmış malzemeleri belirtiniz.

2. Atölyenizde bulunan farklı içyapıdaki alaşımlı çeliklere uygulayacağınız ısıl işlemler ile ilgili düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

5.1. ISIL İŞLEMLERİN GEREKLİLİĞİ

Isıl işlem, metal ve alaşımlarına sahip olmadıkları özellikleri kazandırmak için yüksek sıcaklıklarda yapılan işlemdir. Çeliklere uygulanan bütün temel ısıl işlemler (Görsel 5.1) içyapının dönüşümü ile ilgilidir. Malzemenin içyapısındaki dönüşümü etkileyen unsurlar şunlardır:

- Bileşimi ve miktarı
- Metalografik yapısı (fiziksel ve mekanik özellikleri)



Görsel 5.1: Isıl işlem uygulanmış çelik

Malzeme, ısıl işlemlerin ilk kademesinde tutma (istenen sıcaklık) sıcaklığına kadar ısıtılır. Bu ısıtma hızını etkileyen faktörler şunlardır:

- Malzemenin bileşimi
- Isıl genleşme katsayısı
- Malzemenin boyutu

5.1.1. Isıl İşlemin Malzemeye Kazandırdığı Özellikler

Isıl işlemin malzemelere uygulanmasındaki amaçlar şunlardır:

- Tane büyüklüğünün değiştirilebilmesi (normalleştirme, yeniden kristalleştirme, tane irileştirme)
- Talaşlı işlenebilme özelliğinin iyileştirilebilmesi (yumuşatma, tane irileştirme)
- Dayanımın artırılıp azaltılabilmesi (sertleştirme, normalleştirme, yumuşatma)
- Soğuk şekil vermenin etkisinin yok edilebilmesi (yeniden kristalleştirme, normalleştirme)
- Küçük katılaşmaların (mikro segregasyon) ortadan kaldırılabilmesi (homojenleştirme)
- Dış gerilimlerin azaltılabilmesi (gerilim giderme)
- Belirli içyapıların elde edilebilmesi (normalleştirme, yumuşatma, sertleştirme)

Demir ve çelik malzemeler allotropik malzeme olduklarından bunların kristal yapısı sıcaklıkla değiştirilebilir. Malzemelere ısıl işlem uygulamasında bilinmesi gereken özellikler şunlardır:

- Malzemelerin tutma sıcaklığındaki fırına konulması hâlinde ısıtma hızı yüksek olur. Bu yöntem, düzgün şekilli küçük parçalar için uygun olmasına karşın kalın ve karmaşık şekilli parçalarda çatlamalara neden olabilir.

- Bu durumda kalın ve karmaşık şekilli parçaların fırınla birlikte veya kademeli olarak ısıtılıp ısıtma hızının düşürülmesi gereklidir. Tutma kademesinde önceden belirlenen sıcaklığa göre ısıtılan malzeme, bu sabit sıcaklıkta atom yayınımına bağlı olarak bir takım mikro yapısal değişimler (faz dönüşümü, yeni tane oluşumu gibi) geçirene kadar bekletilir.
- Tutma süresi ve sıcaklığının gerekenden daha düşük olması, mikro yapısal dönüşümlerin tamamlanamaması ve gereğinden uzun olması tane büyümesine neden olur.
- Uzun tutma süreleri, enerji ve zaman kaybının yanı sıra malzeme yüzeyinde oksitlenmeye veya bileşim farklılaşmasına da (dekarbürizasyon vb.) neden olabilir. Malzeme, bu nedenle tutma kademesinde uygun süre bekletilmelidir. Tutma süresi, genellikle 25 mm kalınlığındaki bir parça için 1 saat olarak belirlenir.
- Isıl işlemin son kademesi ve tutma sıcaklığında bekletilen malzeme, istenen mikro yapıyı oluşturmak amacıyla uygun bir hızda soğutulur.
- Soğutma genellikle su, yağ ve hava ortamında yapılır.
- Tutma sıcaklığındaki parçanın suya daldırılması, yağda ve havada soğutmaya nazaran daha yüksek soğuma hızı sağlar. Özellikle farklı kalınlıktaki karmaşık şekilli parçalar, bileşimlerine de bağlı olarak soğutma kademesindeki çarpılma ve çatlama tehlikesi ile karşı karşıya kalır.
- Soğutma hızı düşürülerek bu tür problemlerin önüne geçilmesi mümkündür. Ancak soğutma hızının çok düşük olması hâlinde soğutma kademesinde malzemeye istenen mikro yapı ve sertlik kazandırılamayabilir.

5.1.2. Isıl İşlem Çeşitleri

Sertleştirme amaçlı olan ve olmayan ısıl işlem çeşitleri şunlardır:

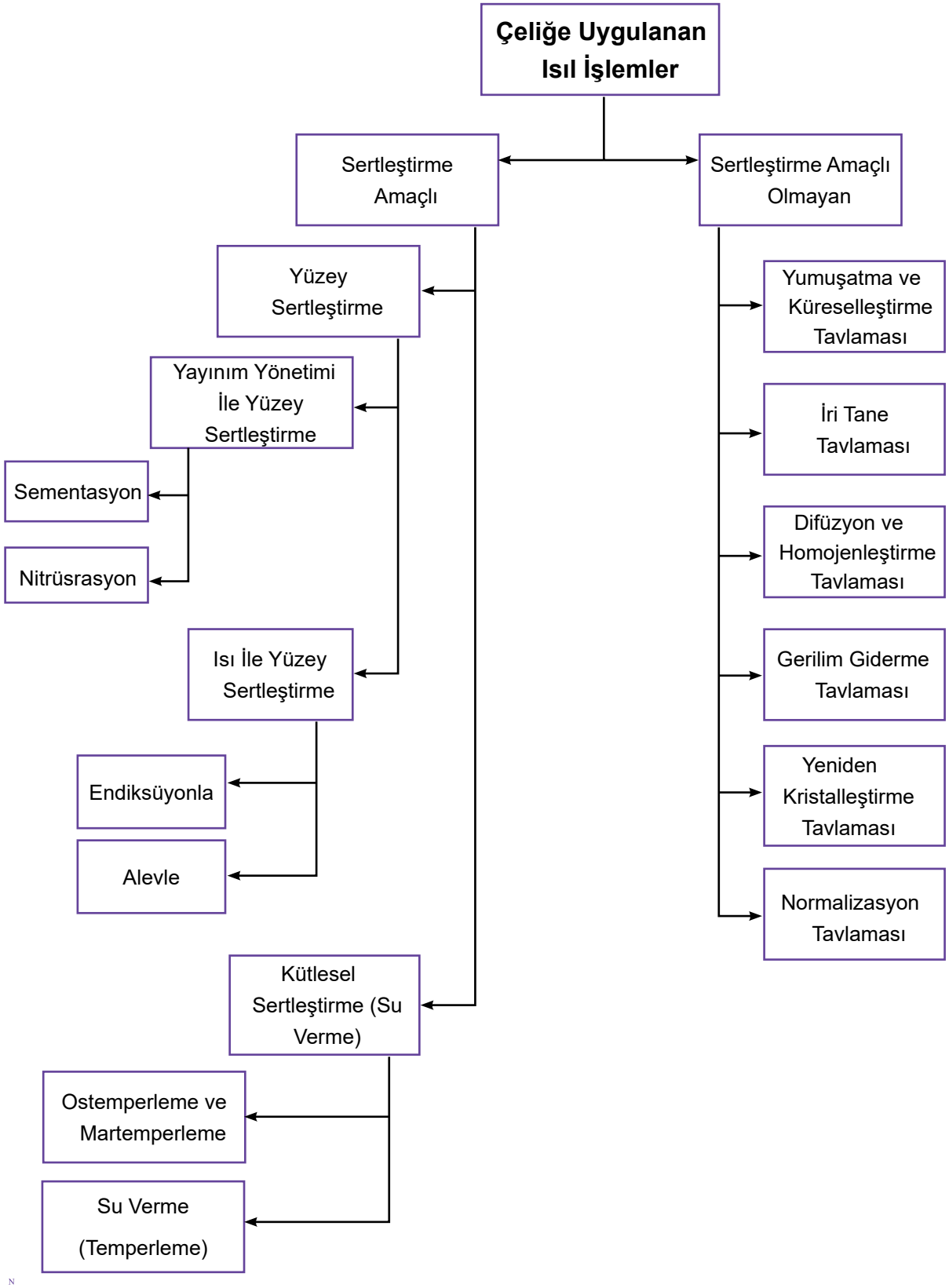
- Sertleştirme tavlaması
- Difüzyon ve homojenleştirme tavlaması
- İri tane tavlaması
- Normalizasyon tavlaması
- Yumuşatma tavlaması
- Gerilim giderme tavlaması
- Yeniden kristalleştirme
- Küreleştirme tavlaması

BİLGİ KÜPÜ

Metallere ve alaşımlara sahip olmadıkları özellikleri kazandırmak için yüksek sıcaklıklarda yapılan uygulamalara **ısıl işlem** adı verilir.

5.2. ISIL İŞLEMLERİN ÇEŞİTLERİ

Çeliklere uygulanan ısıl işlemler, özellikleri bakımından iki amaçlı olarak gruplandırılır.



5.2.1. Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlerin Amaç ve Yöntemleri

Çeliklere uygulanan ısıl işlemlerin amaç ve yöntemleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

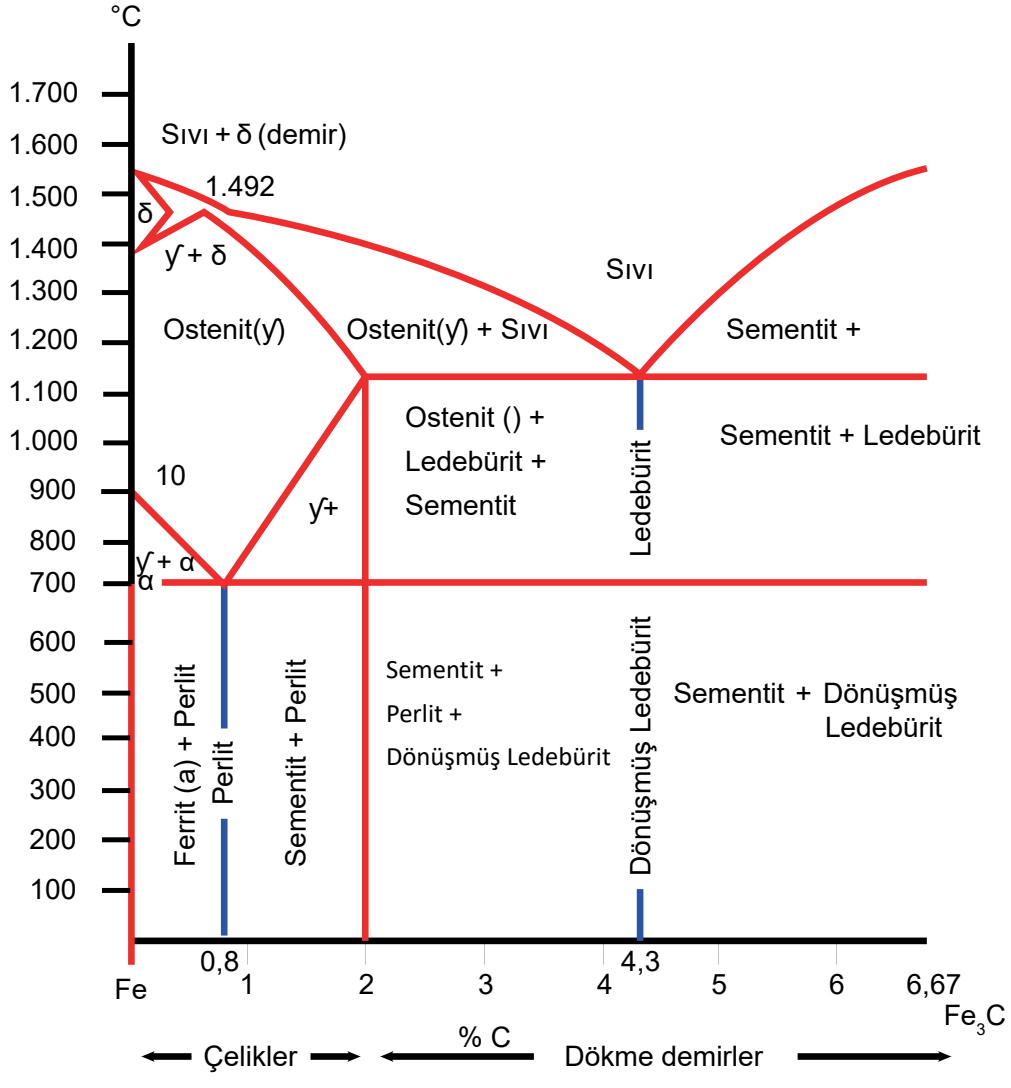
Tablo 5.1: Çeliklere Uygulanan Isıl İşlemlerin Amaç ve Yöntemleri

Isıl İşlem	Amaç	Yöntem
Homojenleştirme	Kimyasal homojenliği sağlamak (özellikle döküm parçalarda).	1.100°C civarında bir süre tutarak yavaş soğutmak.
İri Tane Tavlaması	Yumuşatmak, talaş kaldırma kabiliyetini arttırmak.	A sıcaklığını 150-200 °C üzerinde tutarak yavaş soğutmak.
Normalizasyon	Yumuşatmak, tane küçültmek, düzgün mikro yapı elde etmek.	Ötektoid altı çeliklerde A3, ötektoid üstü çeliklerde A1 sıcaklığını 30-50 °C altında tutup yavaş soğutmak.
Su Verme	Mikro yapıyı martensite dönüştürerek sertleştirmek.	Ötektoid altı çeliklerde A3, ötektoid üstü çeliklerde A1 sıcaklığını 30-50 °C üzerinde tutup hızlı soğutmak.
Küreleştirme	Karbürleri küresel hâle getirerek yumuşatmak, talaş kaldırma kabiliyetini artırmak.	Ötektoid sıcaklığının (723 °C) hemen altında uzun süre tutmak.
Gerilme Giderme	İç gerilmeleri gidererek parçanın çarpılmasını veya çatlamasını önlemek.	550-650 °C sıcaklık aralığında 1-2 saat tutmak.
Temperleme (Menevişleme)	Martensitik mikro yapıdaki çeliği yumuşatmak, tokluğunu artırmak (Bazı alaşımlı çeliklerde temperleme ile karbür çökelmesine bağlı olarak sertlik artışı olur.).	Martensitik çeliği (su verilmiş) 200-600 °C'de tutmak.
Yeniden Kristalleştirme	Soğuk işlem yapısını bozmak, yumuşatmak, sünekliği ve tokluğu arttırmak.	Soğuk işlem uygulanmış çeliği 500-700 °C'de tutmak.
Ostemperleme	Kırılgan martensit oluşturmadan sertleştirmek.	Ostenit sıcaklığındaki çeliği 250 °C civarındaki bir banyoya daldırıp beynit oluşuncaya kadar beklemek.
Martemperleme	Çatlama olmaksızın sertleştirmek.	Ostenit sıcaklığındaki çeliği 250-550 °C sıcaklığındaki bir banyoya daldırıp kısa bir süre beklemek ve tekrar soğutmak.
Alevle Yüzey Serleştirme	Parçanın göbeğini yumuşak bırakıp yüzeyini sertleştirmek.	Yüzeyi alevle ısıtıp hızlı soğutmak.
Endüksiyonla Yüzey Sertleştirme	Parçanın göbeğini yumuşak bırakıp yüzeyini sertleştirmek.	Yüzeyi endüksiyon akımı ile ısıtıp hızlı soğutmak.
Sementasyon	Yüzeydeki karbon oranını arttırarak yüzeyi sertleştirmek.	Çeliği karbon içeriği yüksek olan bir ortamda uzun süre tutmak (tutma sıcaklığı 850-950 °C).
Nitrasyon	Yüzeyi azot emdirerek sertleştirmek.	Çeliği azot içeriği yüksek olan bir ortamda uzun süre tutmak (tutma sıcaklığı 450-550 °C).

5.2.2. Demir ve Karbon Denge Diyagramı

Demirin en önemli alaşım elementi karbondur. Bu nedenle demir-karbon denge diyagramı önemlidir.

Demir-karbon denge diyagramının %2'den fazla karbon bulunduran kısmı dökme demirlere aittir. Dökme demirin metalürjisi, çeliğinkine çok benzese de aralarında bazı önemli farklar bulunur. Genel olarak kullanılan çeliklerde alaşım elementi miktarı azdır ve demir-karbon diyagramını fazla etkilemez ancak dökme demirlerdeki yüksek karbon ve silisyum miktarları, diyagramı (Şekil 5.1) açık şekilde etkiler. Bu nedenle demir-karbon-silisyum sisteminin incelenmesi gerekir.



Şekil 5.1: Demir-karbon denge diyagramı

Demir-karbon denge diyagramının içyapısının oluşturduğu fazların bilinmesi gereken özellikleri vardır.

Ferrit (α) Fazı

Oda sıcaklığında %0,8 karbon, 730 °C'de ise %0,25 karbon ihtiva eden, manyetiklik özelliği olan bir fazdır. Karbon, ferrit içinde ara yer katı eriyiği olarak bulunur. Ferrit, diğer fazlar içinde en yumuşak ve en düşük mukavemetli olanıdır.

Sementit (Fe_3C) Fazı

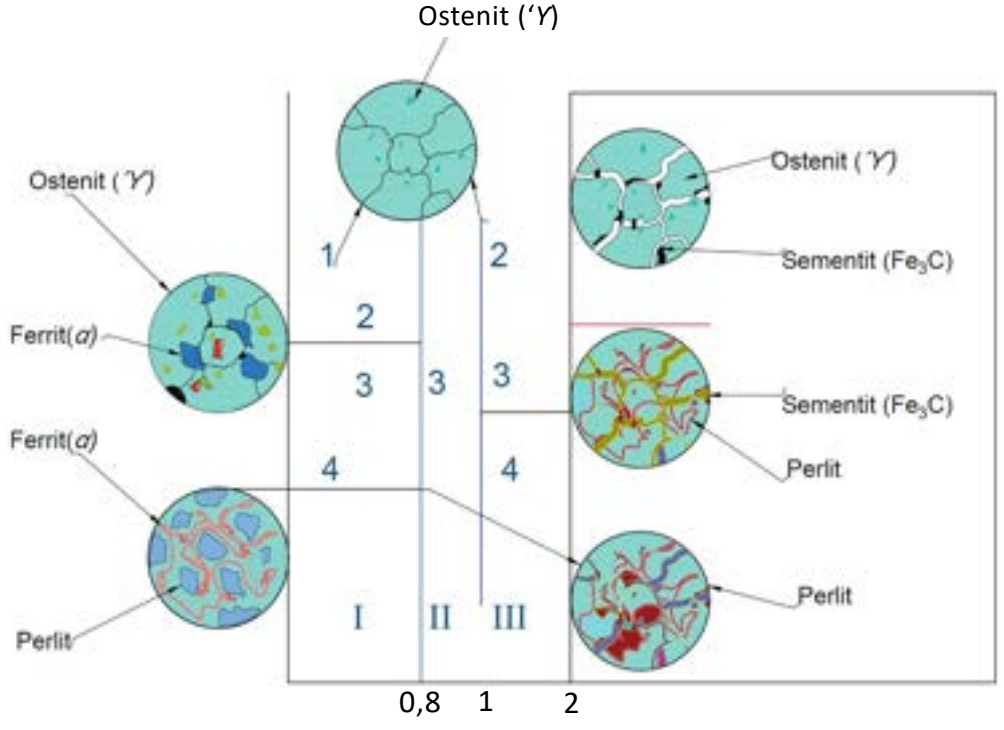
%6,67 karbon ihtiva eden ve Fe_3C şeklinde ifade edilen kimyasal bir bileşiktir. Çok yüksek sertliğinin yanı sıra kırılgan bir özelliğe sahiptir.

Perlit Fazı

Ferrit ve sementitin tarak dişleri gibi sıralanması ile meydana gelen ötektoid yapısıdır. %88 ferrit + %12 sementitten ibarettir. Orta derecede mukavemet, sertlik ve uzamaya sahiptir. Perlit lamellerinin kalınlığı soğuma hızına bağlıdır. Yavaş soğumalarda kalın perlit lamelleri oluşur.

Ostenit (γ) Fazı

1.143 °C sıcaklıkta %2'ye kadar karbon çözündürebilir katı eriyiktir. 723 °C'nin üstünde görülür. Ostenit, ötektoid noktasında perlit fazına dönüşür. Ostenitin yüksek sıcaklıklarda çözündürdüğü %2 karbon, ferrite dönüşme sırasında ferritin çok az karbon çözündürmesi nedeniyle ferrit yanında sementit de çöker. Şekil 5.2'de fazların birbiriyle etkileşimi verilmiştir.



Şekil 5.2: Fazlar

I numaralı çeliğin katılaşmasında 1 noktasındaki yapı ostenit fazı hâlindedir. Soğuma devam edip 2 noktasına geldikten sonra ostenit içinde ferrit kristalleri görülmeye başlar. 2'den 3 noktasına gidildikçe ferrit miktarı artar ve 3 noktasında ise oluşan ötektoid reaksiyonu sonucu kalan ostenit, perlit hâline dönüşür. Oda sıcaklığındaki son yapı, perlit + ferritten meydana gelir. Çelikteki karbon miktarı arttıkça perlit, azaldıkça ferrit miktarı artar.

II numaralı ötektoid çeliğinin katılaşmasında ise yapı, 3 noktasına kadar tamamen ostenittir. Bu noktadaki ötektoid reaksiyonu sonucu yapı, görüldüğü gibi %100 perlite dönüşür. III numaralı ötektoid üstü çelikte de yapı, 2 noktasına kadar tamamen ostenit hâlindedir. 2 noktasında oluşmaya başlayan sementit kristalleri, 3 noktasına gidildikçe artar. 3 noktasındaki ötektoid reaksiyon sonucu kalan ostenit perlite dönüşür.

Oda sıcaklığındaki son yapıda (4 noktasında) perlit + sementit görülür. Çeliğin karbon oranı %0,8'e yaklaştıkça perlit; %2'ye yaklaştıkça sementit artış gösterir. I ve III numaralı çeliklerinde 2 ile 3 noktaları arasında ferrit ve sementitin artma hızı büyük ölçüde soğutma hızına bağlıdır. Soğutma hızı arttıkça ferrit ve sementit fazlarının ayrışması da artar. Çeliğin içindeki fazların değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: Çeliğin İçindeki Fazlara Ait Sertlik ve Uzama Gibi Değerler

Çelik Fazları	Sertlik, BHN	Dayanım, kg/mm²	Uzama %
Ferrit	75	25	50
Sementit	550	-	-
Perlit	220-240	70-80	10-15

5.2.3. Sertleştirme İşlemleri

Birbirleri ile temas hâlinde çalışan makine parçaları yüzeylerinin sert, iç kısımlarının ise sünek olması istenir. Bu nedenle dış kısımları sertleştirilmiş, iç kısımları ise normalize durumunda olan çelikler tercih edilir.

Yüzey sertleştirme işlemleri; krank şaft, kamalı şaft, kem şaft, dişli, saplama, kavrama parçaları, zincir vb. parçalara uygulanır. Yüzey sertleştirme işlemleri sonucunda parçanın yüzey kısmında basma gerilmeleri, iç kısmında ise çekme gerilmeleri oluşur. Bu nedenle yüzeyi sertleştirilmiş parçaların aşınma dayanımlarının yanı sıra yorulma dayanımları da yüksektir.

Temelde aşağıdaki iki çeşit yüzey sertleştirme yöntemi vardır:

- Su alabilen ve sertleşebilen bir çeliğin yüzeyini ısıtıp yüzeye su vererek sertleştirme
- Su alıp sertleşemeyen düşük karbonlu çeliklerin önce karbon difüzyonu ile yüzeylerinin su alabilen çelik hâline getirilmesi sonra da yüzeylerini su vererek sertleştirme

5.2.3.1. Yüzey Sertleştirme

Yüksek yoğunluklu bir oksigaz alevi iş parçasının seçilmiş bir bölgesine uygulanır. Sıcaklık ostenit dönüşüm bölgesine çıkıncaya kadar yükseltilir. Doğru sıcaklık, operatör tarafından çeliğin rengine göre tecrübe ile belirlenir. Isı transferi kullanılan torka bağlıdır ve iç kısım asla yüksek sıcaklıklara ulaşamaz. Isıtılan bölgeye arzu edilen sertliği kazandırmak için su verilir.

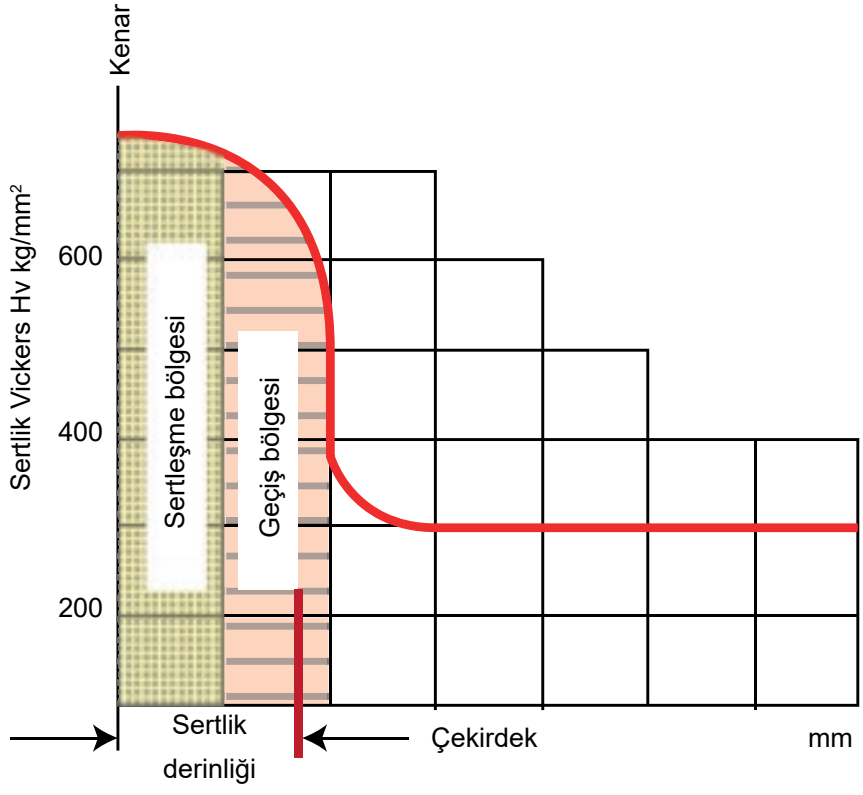
Temperleme ile gevreklik ortadan kaldırılır. Sertleşme derinliği ısıtma zamanı arttıkça artar. 6 mm'ye ulaşan kabuklar elde edilebilir.

Normal olarak bir fırına giremeyen büyük parçaların yüzeylerinin bu yolla sertleştirilmesi mümkündür. Alev ile yüzey sertleştirme (Görsel 5.2), karbon içeriği %0,35-%0,60 olan çeliklere uygulanır.



Görsel 5.2: Alevle yüzey sertleştirme

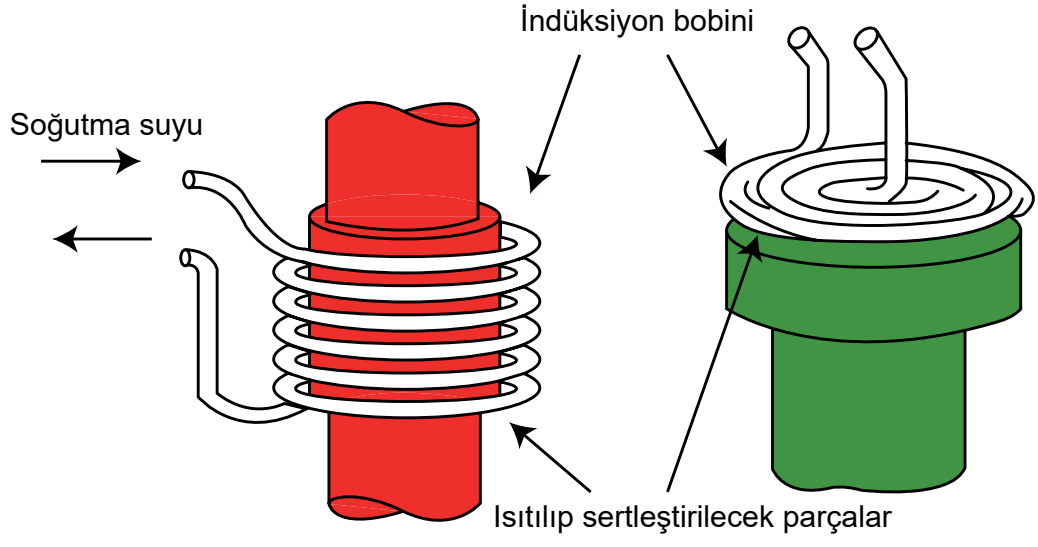
Çeliğin yüzeyi oksigaz üfleçleri ile ısıtılır ve üfleç tüm yüzeyin üzerinde dolaşarak malzemeyi ısıtır. Büyük parçalarda hareketli üflecin ısıttığı bölgelere yine hareketli bir sistem yardımıyla su püskürtülür, küçük parçalar ise suya atılarak sertleştirilebilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Alev ile yüzeyi sertleştirilmiş çeliğin sertlik dağılımı

5.2.3.2. İndüksiyonla Yüzey Sertleştirme

İndüksiyon ile yüzey sertleştirmede (Şekil 5.4) parçanın yüzey kısımlarında oluşturulan indüksiyon akımları ile ısıtma yapılır.



Şekil 5.4: İndüksiyon ile yüzey sertleştirme yöntemi

İş parçası, ince bakır borudan yapılmış ve yüksek frekanslı akım ileten bir bobinin içinde tutulur. Bobinin meydana getirdiği manyetik alan, parçanın yüzeyinde aynı frekansta fakat ters yönde indüksiyon akımları oluşturur. Bu indüksiyon akımları parçanın yüzeyinde çok daha yoğundur. Parça yüzeyinin çok hızlı şekilde ısınmasını sağlar.

Ostenit sıcaklığında ısınan parçanın yüzeyine su püskürtülerek sertleştirme işlemi tamamlanır ve karışık biçimli parçalar için parça biçimine uyan bobinler kullanılır.

İndüksiyon ile yüzey sertleştirmenin bazı avantajları şunlardır:

- İndüksiyonla yüzey sertleştirme işleminde ısıtma hızlı olduğundan tane büyümesi az olur.
- Isıtılmamış bölgede yapılan ısı transferi yardımıyla ve su vererek soğutma çok hızlı gerçekleşir.
- Sertlik, diğer yöntemlere göre yüksek olur.
- Yüzeydeki basma gerilmeleri yüksek olduğundan korozyon dayanımları daha yüksektir.
- Üretim hızlıdır.
- Yüzeyde tufal (demir oksit tabakası) oluşumu görülmez.
- Sertleştirilmiş tabakanın kalınlığı daha kolay kontrol altında tutulabilir.

5.2.3.3. Sementasyonla (Karbürizasyon) Yüzey Sertleştirme

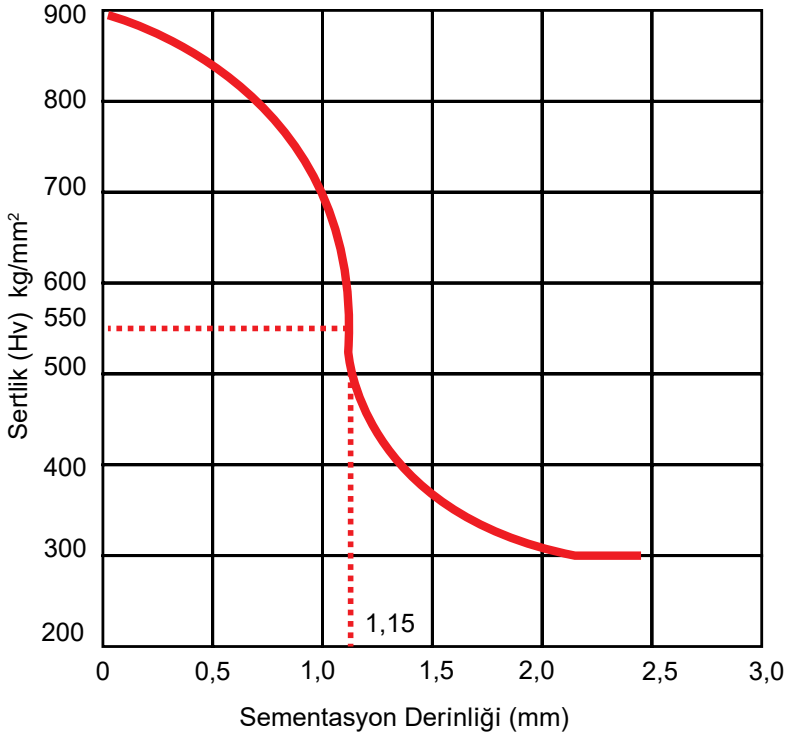
Düşük karbonlu çelik parçanın yüzeyine karbon emdirilmesi ile yüzey sertleştirilir. Karbonmonoksit (CO) içeren bir ortamda 850-950 °C sıcaklıkta gerçekleştirilir.

$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$
$$Fe + 2CO \rightarrow Fe(C) + CO_2 \text{ (sementasyon)}$$

CO, çelik yüzeyindeki parçalar ve oluşan atomsal karbon, çelik tarafından absorbe edilerek çeliğin içine doğru yayılır.

Sertliğin sementasyon derinliği (Şekil 5.5) ile değişimi şöyledir:

- Sertleştirilmesi istenmeyen kısımların, özel bir pasta ya da elektrolitik bakır ile kaplanarak yumuşak kalması sağlanır.
- Parçanın iç kısımları sünek olarak kaldığından parçada çarpılma görülmez.
- Sementasyon tabakasının kalınlığı parçanın fırın içinde kaldığı süreye göre değişir.



Şekil 5.5: Sertliğin sementasyon derinliği ile değişimi



Sementasyonun yapıldığı yere göre bazı yöntemleri bulunur. Bu yöntemler şunlardır:

- **Katı Ortamda (Kutu) Sementasyon:** Çelik veya dökme demirden yapılmış bir kutu içine odun kömürü ile reaksiyon hızlandırıcı ($BaCO_3$) maddeler konur ve iş parçası karışımın içine gömülür. İşlemin sonunda parçaya su verme işlemi yapılır.

$$BaCO_3 \rightarrow BaO + CO_2$$
$$CO_2 + C \rightarrow 2CO$$

CO'ın karbonu aktif karbondur.

- **Tuz Banyosunda Sementasyon:** Banyonun bileşimi, sementasyon derinliğine ve çalışma sıcaklığına bağlı olarak seçilir.

$$2NaCN + O_2 \rightarrow 2NaCNO$$
$$4NaCNO \rightarrow 2NaCN + Na_2CO_3 + CO + 2N$$
$$3Fe + 2CO \rightarrow FeC_3 + CO_2$$

Bu reaksiyonlar sırasında karbon ile birlikte az miktarda azot da çeliğin yapısına yayılır ve fazladan bir sertlik artışı sağlar. Banyo sıcaklığı 900-960 °C'dir. İş parçaları banyoya daldırılmadan önce ön ısıtmaya tabi tutulur. Seri imalata uygun olan bu yöntemde zehirli siyanür tuzları kullanıldığı için dikkatli olunmalıdır.

- **Gaz Sementasyonu:** C verici olarak metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlar kullanılır.

$$2CO \rightarrow C + CO_2$$
$$CH_4 \rightarrow C + 2H_2$$
$$CO + H_2 \rightarrow C + H_2O$$

5.2.3.4. Nitrürasyon (Nitrürleme)

Çeliğin azot (N) gazı içeren bir ortam içinde 480-650 °C sıcaklıkta tutulması ile yüzeye azot yayınımı sağlanarak sertleştirilmesidir. Yüzeyde oluşan sert tabaka, çeliğin yorulma ve korozyon dayanımını artırır. Oluşan yüzey sertliği, sementasyondakinden daha fazladır. Bu sertlik, yüksek sıcaklıkta da kararlıdır.

Çeliğin içinde azotun yayınımı çok sınırlıdır. Bu nedenle tabaka kalınlığı işlem sürecine ve sıcaklığına bağlıdır.

Nitrürasyonun bazı uygulama yöntemleri şöyle açıklanabilir:

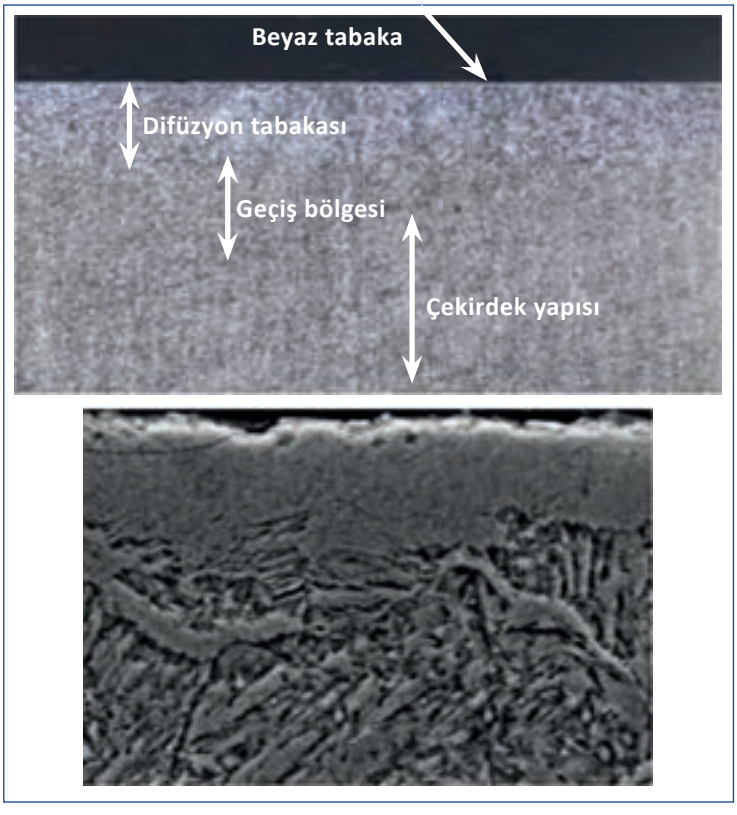
- **Gaz Nitrürasyon:** Amonyaklı ortamda yapılır ve nitrürasyon uygulanacak parçalar özel kutular içine konularak elektrikle ısıtılan fırınlara yerleştirilir. Parçaların üzerine 510-520 °C sıcaklıkta amonyak gazı geçirilir ve amonyak 500 °C'nin üzerindeki sıcaklıkta ayrışmaya başlar. Kalın parçaların sıcaklığı 540 °C civarında tutulur, tutma süresi 10-90 saat olmasına karşın endüstriyel uygulamalarda nadiren 24 saatin üzerinde olabilir.

- **Tuz Banyosunda Nitrürasyon:** Çalışma sıcaklığı 550-570 °C ve tutma süresi en çok 2 saat civarındadır.
- **Toz Nitrürasyon:** Parçalar nitrürasyon ve nitrürasyonu hızlandıran toz karışımı içine gömülerek kutulara yerleştirilir ve 520-570 °C sıcaklıkta 10-12 saat tutulur. Parçada oyuk oluşumuna veya pullanmaya neden olabilir.
- **Karbon Nitrürasyon:** Çelik parçalar karbon (C) ve azot (N) verici bir atmosferde 850-860 °C sıcaklıkta 2-10 saat tutulur ve işlem sonunda parçaya su verilir. Gaz sementasyonu yönteminde çarpılmaya eğilimli olan parçalara sıklıkla uygulanır.

Nitrürlenmiş malzemelerin yüzeyi üç bölüme ayrılır (Görsel 5.3).

- Üstte azot içeriği en fazla olan beyaz (bileşik) tabaka
- Ortasında difüzyon tabaka
- Altta çekirdek bölge

Nitrürleme işleminde azotun çeliğe nüfuz ettiği en üst yüzey tabakası, azotun en yüksek oranda bulunduğu bölgedir. Bu bölge, nitrik asit (HNO_3) ve alkol çözeltisi ile dağlandığında metalürjik (ışık) mikroskopta beyaz bir tabaka olarak görülür. Bu tabaka kırılgan ve gevrek bir tabakadır. Pek çok uygulamada sınırlandırılmak istenir.



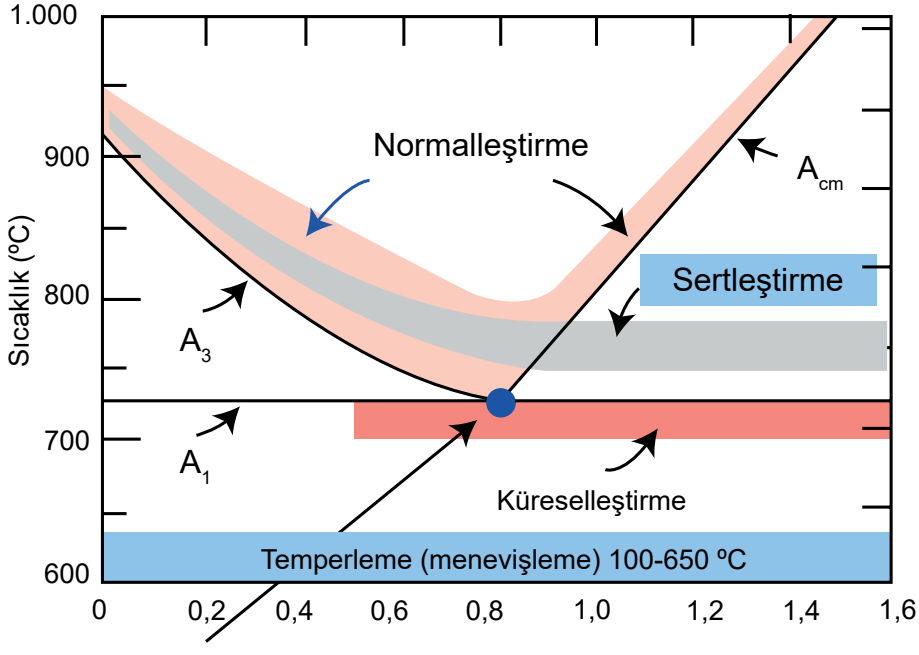
Görsel 5.3: Nitrürleme mikroskobik görüntüleri

Yüzeyden içeri doğru gelindiğinde azot oranında da azalma meydana gelir. Mikroskop altındaki beyaz görüntünün yerini normal iğnesel nitrür görüntüsü alır.

Çeliğin daha iç bölgelerine doğru ilerlendiğinde ise azot miktarı giderek azalır. Nihayet azotun ulaşmadığı çekirdek bölgesine varılır. Çekirdek bölgesiyle difüzyon tabakası arasında bir geçiş bölgesi bulunur.

5.2.3.5. Su Vererek Sertleştirme

Çelikler ısıtılma ve soğutulmaları esnasında yapı değişikliklerine uğrar (Şekil 5.6). Çelikte normal soğuma şartlarında Ostenit (γ) → Ferrit (α) + Sementit'e (Fe_3C) ayrışır. Hızlı soğuma (su verme) esnasında ise Ostenit (γ) → Martenzit yapıya dönüşür.



Şekil 5.6: Sertleştirme ve menevişleme ısıl işlem sıcaklık bölgeleri

Ötektoid üstü çeliklerin A1 + 50 °C üstünde, ötektoid altı çeliklerin A3 + 50 °C altında ısıtılıp hızla soğutularak mevcut ostenitin martenzit denen çok sert ve iğneli görünüşlü bir mikro yapıya dönüştürülmesine **su vererek sertleştirme** adı verilir. Su verilmiş ötektoid altı çeliklerde çok az (%1) kalıntı ostenitin dışında tamamen martenzitik yapı oluştuğu hâlde ötektoid üstü çeliklerde martenzit ve sementit bulunur.

Martenzit, karbon çözündürmüş ostenitin (YMK) düşük sıcaklıkta kafes dönüşümüne uğraması sonucu oluşur. Ostenit YMK yapıya ve ostenitten oluşan ferrit ise HMK yapıya sahiptir.

Ostenit sahasındaki malzeme ani olarak soğutulursa ostenit içinde eriyik hâlinde bulunan karbon, ferrit kristali içine sıkışmaya mecbur bırakıldığında HMK ferrit kristali distorsiyona uğrar. HMK ferrit kristali, şeklini değiştirip tetragonal yapıda, içinde daha fazla karbon eritebilen bir yapı meydana getirir. Bu transformasyona martenzitik transformasyon, meydana gelen yapıya da **martenzit** adı verilir. Bu kristal kafesi, kayma düzlemleri bulundurmadığı için şekil değişimine karşı çok yüksek dayanım gösterir.

Martenzitik yapının aşırı soğuma nedeniyle iç gerilimi yüksek ve gevrektir. Martenzitik reaksiyonun tam olarak gerçekleşmesi için çelikteki karbon miktarı, kafesi distorsiyona uğratabilecek miktarda olmalıdır. Ayrıca ostenitin dekompozisyonu olmaması için çok süratli soğuma gereklidir.

Endüstride yapılan tavlama sonrası soğumada oluşturulan ortamlar şunlardır:

- Hava
- Yağ
- Hareketli yağ
- Sakin su
- Hareketli su
- Buzlu su
- Tuzlu ve buzlu su

Isıl işlem şartlarına bağlı olarak yapıda martenzitin yanı sıra kalıntı ostenit de bulunabilir. Bu kalıntı ostenit daha kararlı olmaz, herhangi bir ısı karşısında temperleme daha kararlı ürünlere dönüşür. Özellikle takım çeliklerinde yapı içinde bulunan karbürler, ostenit içinde çözündürülemez martenzitik yapı içinde yer alabilir.

5.2.3.6. TTT Diyagramları

Zaman-sıcaklık dönüşüm diyagramı (**Time-Temperature-Transformation Diyagrams**), su verme olarak açılımı yapılır.

Çeliğin ostenit bölgesinden oda sıcaklığında yavaş soğutulması sonucu yapıda **ferrit** ve **sementit** fazları oluşur. Çeliğin değişik hızlarda dengesiz şekilde soğutulması durumunda ise demir-karbon denge diyagramı, fazları belirlemek yönünden yetersiz kalır. Dengesiz soğutma sırasında çelikte oluşan mikro yapılar TTT (zaman-sıcaklık-dönüşüm) diyagramları ile görülebilir.

Ostenit sıcaklığındaki çelik, daha düşük sıcaklıkta bulunan bir fırına konulup bekletilerek bu sıcaklıktaki faz dönüşümleri ve faz oranları saptanır. Dönüşümün başladığı ve bittiği süreler saptanarak TTT diyagramları çizilir.

5.2.3.7. Çökeltme Sertleşmesi

Aşırı doymuş bir fazdan yayınım yolu (sıcaklık ve zaman etkisi) ile yeni bir fazın çökelmesine **çökeltme sertleşmesi** adı verilir. Malzemede olması istenen özellikler çökelen ikinci fazın kontrol edilmesiyle sağlanabilir. Bu ısıl işlemin uygulanabilmesi için genellikle alaşım denge diyagramının katı eriyik içermesi ve solvüs eğrisi olması gerekir.

Çökeltme sertleşmesi yöntemi, başta alüminyum (Al) alaşımları olmak üzere bakır (Cu), berilyum (Be), bakır-silisyum (Cu-Si), nikel-bakır-kalay (Ni-Cu-Sn), bazı titan (Ti), zirkinyum (Zr) alaşımları ile ısıya dayanıklı çeliklerin bir kısmı, bazı paslanmaz çelikler, düşük C'lu (%0,06 C) çelikler gibi alaşımlara endüstriyel ölçeklerde uygulanır. Çökeltme sertleşmesi alüminyum alaşımlarında sertliği üç kat kadar arttırır.

Çözeltiye Alma

Yapı, tek fazlı katı eriyik hâline getirilir. Belli bileşimdeki alaşım, başlangıçta (döküm yapısında) $\alpha + \beta$ yapısına sahiptir. Bu yapı solvüs eğrisinin üzerine ısıtılıp bir süre bekletildiğinde β fazı α içinde tamamen çözünüp homojen bir α fazı oluşur.

Hızlı Soğutma (Su Verme)

Çözeltiye alma işlemi ile elde edilen tek fazlı yapı, çözeltiye alma sıcaklığından oda sıcaklığına hızlı bir şekilde soğutulur. Soğutma, α içinde katı eriyik hâlinde bulunan yabancı atomların yayınımına izin vermeyecek kadar hızlı yapılır. Böyle bir soğutma sonucunda içinde β'yı (beta) oluşturacak atomları içeren dengesiz bir α fazı oluşur. Soğutma işlemi ya su püskürtülerek ya da tek fazlı yapı suya atılarak yapılabilir. Soğutma yeteri kadar hızlı yapılamaz ise mukavemet artışı olmaz.

5.2.4. Tavlama İşlemleri

Malzemelere istenen yapının kazandırılmasını sağlayan birçok tavlama çeşidi vardır.

5.2.4.1. Difüzyon ve Homojenleştirme Tavlaması

Difüzyon ve homojenleştirme tavlamasının amacı, parçayı mümkün olan en yüksek sıcaklıkta ısıtıp, belli bir süre tutarak malzeme içinde katılaşma sırasında ortaya çıkan segregasyonları (bölgesel bileşim farklılıklarını) yayınım yoluyla gidermektir.

5.2.4.2. İri Tane Tavlaması

İri tane tavlamasının amacı, çeliğin tane boyutunu büyüterek malzemeyi yumuşatmak ve talaşlı imalat kabiliyetini artırmaktır.

Çelik; ostenit sahası içinde normalizasyon sıcaklığının üzerinde ısıtılır ve birkaç saat süreyle bu şekilde tutulur. A1 sıcaklığına kadar soğumanın çok yavaş olması gerekir. Malzeme daha sonra havada soğumaya bırakılır. Bu işlem sonunda çok iri tane yapısına sahip olan çelik, talaşlı imalat sonrasında normalizasyon işlemine tabi tutularak ince taneli bir yapıya dönüştürülebilir.

5.2.4.3. Normalizasyon Tavlaması

Normalizasyon tavı; genelde tane küçültmek, homojen bir içyapı elde etmek ve çoğunlukla mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla ötektoid altı çelikleri ve ötektoid üstü çelikleri dönüşüm sıcaklıklarından yaklaşık 40-50 °C daha fazla ısıtıp tavladıktan sonra fırın dışında sakin havada soğutma işlemidir. Normalizasyon tavının belli başlı amaçları şunlardır:

- Tane küçültmek.
- Homojen bir içyapı elde etmek.
- Ötektoid üstü çeliklerde tane sınırlarında bulunan karbür ağını dağıtmak.
- Çeliklerin işlenme özelliklerini iyileştirmek.
- Mekanik özellikleri iyileştirmek.
- Yumuşatma tavına tabi tutulmuş çeliklerin sertliğini ve mukavemetini artırmak.

Bu nedenlerle normalizasyon tavı, çeliklere uygulanan son ısıl işlemdir.

Ferrit çok yumuşak, sementit ise çok sert bir fazdır. Normalize edilen çeliğin yapısında bulunan sementit katmanlarının birbirine yakın veya sık olarak dizilmeleri nedeniyle çeliğin sertliği artar. Bu nedenle normalize edilen çeliklerin sertlik ve mukavemeti, yumuşatma tavına tabi tutulan çeliklerin söz konusu değerlerinden önemli ölçüde yüksek olur.

Yumuşatma tavına tabi tutulan ötektoid üstü çeliklerin yapısında oluşan sementit ağı, bu çeliklerin mukavemetini düşürür. Normalizasyon tavı, ötektoid üstü çeliklerdeki sementit ağının parçalanmasını ve bazı durumlarda da büyük ölçüde giderilmesini sağlar. Bu nedenle normalize edilen çeliklerin dayanımında artış meydana gelir.

5.2.4.4. Yumuşatma Tavlaması

Yumuşatma tavı; sertliği azaltmak, talaş kaldırmayı kolaylaştırmak, döküm ve dövme parçalarındaki iç gerilmeleri gidermek amacıyla ötektoid altı ve ötektoid üstü çeliklerin çizgilerinin üzerindeki belirli sıcaklıklara kadar ısıtılır. Çeliğin içyapılarının ostenite dönüştürülmesinden sonra fırın içinde tutularak çok yavaş soğutulması işlemine **yumuşatma tavlaması** denir.

Tam yumuşatma tavlaması olarak bilinen bu işlem tane boyutunu küçültmek ve bazı çeliklerin elektrik ve manyetik özelliklerini iyileştirmek amacıyla da yapılır (Görsel 5.4).



Görsel 5.4: Farklı sıcaklık değerlerinde çelik malzeme

5.2.4.5. Gerilim Giderme Tavlaması

Düzgün olmayan ısıtma-soğutma ve şekil değişimi (soğuk şekil değiştirme) parçalar içinde gerilmelere yol açarak malzemede çarpılma ve çatlamalara neden olur. Malzeme, bu uyumsuzlukları kısmen plastik kısmen de elastik şekil değiştirerek gidermeye çalışır. Böylece parçada elastik şekil değiştirmeye yönelik iç gerilmeler meydana gelir. Elastik şekil değiştirmeyi plastik hâle çevirecek olan her işlem, iç gerilmeleri de doğal olarak azaltır. Bunun için sıcaklık arttırılarak elastik gerilme etkisi altındaki atomların yer değiştirmesi kolaylaştılır (pratik olarak akma sınırını düşürmek). Böylece tane yapısında herhangi bir faz dönüşümü oluşmadan akma sınırını geçici olarak çok düşük düzeye (örneğin 2-3 kg/mm^2 civarına) indirir. Belli bir sıcaklıkta parçanın ısıtılıp daha sonra çok yavaş soğutulmasına **gerilme giderme tavı** adı verilir.

Tavlamanın amacı; kaynak, döküm, plastik şekil verme ve ısıl işlemler sonucunda malzemede var olan iç gerilmelerin en düşük düzeye indirilmesidir.

İç gerilmeler malzemenin maruz kaldığı gerilmelere ilave olur. Beklenilen değerlerin altında kırılmaya yol açabilir. Çeliklerde bu ısıl işlem, faz dönüşüm sıcaklığının altında (yaklaşık 550-650 °C) 25 mm parça kalınlığı başına 1 saat tutma süresi uygulanarak gerçekleştirilir. Gerilim giderme işleminin başarılı olması için soğutmanın yavaş yapılması gerekir.

5.2.4.6. Yeniden Kristalleşme Tavlaması

Soğuk şekil değiştirme sonucu tane yapısı bozulmuş, iç gerilmeler meydana gelmiş bir metal ve alaşımında yeni tanelerin oluşması, malzemenin mekanik özelliklerini (yüksek dayanım, düşük süneklik ve tokluk) başlangıç durumuna getirmeyi sağlayan bir ısıl işlemdir.

Malzeme şekil değiştirmeden önceki özelliklerini tekrar kazandığı gibi yapısı da genellikle daha ince taneli olur. Plastik şekil değiştirme, yeniden kristalleşme sıcaklığı üzerinde olursa sıcak şekil değiştirme, aksi olursa soğuk şekil değiştirme adını alır.

Sıcak şekil değiştirme sırasında bozulan yapı hemen kristalleşir. Soğuk şekil değiştirmede malzemenin tane yapısı bozulup sertliği ve mukavemeti artarken sünekliği ve elektrik iletkenliği azalır.

Isıl işlem sonucunda içyapı yeniden kristalleşir ve oluşan eş eksenli taneler daha önce şekil değişim yönünde uzamış olanların yerini alır. Bu sırada dislokasyon yoğunluğunun azalmasıyla malzeme başlangıç sünekliğine kavuşur.

Az karbonlu çeliklerde yeniden kristalleşme sıcaklığı, malzemenin şekil değişim oranı, tav süresi ve tav sıcaklığı birbirine uygun seçilmelidir. Aksi hâlde tane irileşmesi riski oluşabilir.

5.2.4.7. Küreselleştirme Tavlaması

Küreselleştirme tavı, çeliklerin Ac1 sıcaklık çizgisi civarında uzun süre tutulur. Bu bölgede salınımlı olarak tavlandıktan sonra yavaş soğutma ile karbürlerin küresel şekle dönüştürülmesi işlemidir. Ac1 sıcaklık çizgisi çeliğin alt kritik sıcaklık çizgisidir (Şekil 5.6).

Bu işlem, ostenitleştirmeden sonra kontrollü soğutma ile de yapılabilir. Yumuşatma tavı işleminde belirtildiği gibi tavlanmış durumdaki ötektoid üstü çelikler içyapılarında sert ve gevrek sementit tanelerinin bulunması nedeniyle işlenmeye elverişli değildir.

Bu tür çeliklerin işlenmesini kolaylaştırmak ve sünekliğini artırmak amacıyla da küreselleştirme tavı yapılır. Küreselleştirme tavı şu işlemlerden biri ile gerçekleştirilir:

- Çelik malzemenin Ac1 çizgisinin hemen altındaki bir sıcaklıkta (örneğin 700 °C) uzun süre (15-25 saat) tavlanması
- Çelik malzemenin, düşük kritik sıcaklık çizgisinin (Ac1) hemen altında ve üstündeki sıcaklıklar arasında ısıtılıp soğutulması, salınımlı olarak tavlanması

- Malzemenin Ac1 kritik sıcaklık çizgisinin üzerindeki bir sıcaklıkta tavlandıktan sonra ya fırında çok yavaş soğutulması ya da Ac1 çizgisinin hemen altındaki bir sıcaklıkta uzunca bir süre tutulması

Yüksek sıcaklıktaki tavlama işlemi, çeliğin içindeki perlitik yapı ile sementit ağının parçalanarak dağılmasına neden olur. Küreselleştirme tavı (Görsel 5.5) sonucunda ferritik bir matris ile bunun içinde dağılmış durumda bulunan küre biçimindeki karbürlerden oluşan bir içyapı elde edilir. Çeliğin sertliği azalır, buna karşılık sünekliği artar.



Görsel 5.5: Küreleştirme tavlaması yapılmış çelik

Bu işlem sonucunda ötektoid üstü çelikler işlenmeye elverişli hâle gelir. Sertleştirme amaçlı yapılan başlıca ısıl işlemler; yüzey sertleştirme ısıl işlemleri, indüksiyon ve nitrasyon, su verme (sertleştirme) gibi ısıl işlemlerdir.

5.2.5. Menevişleme (Temperleme)

Su verilmiş ve martensitik yapı elde edilmiş çeliklerin iç gerilimlerini almak, yüksek sert yapıyı biraz yumuşatmak ve tokluğunu arttırmak amacıyla ötektoid sıcaklığının altında yapılan işlemdir. Sertleştirilmiş çelik, tetragonal martensit yapısından dolayı çok sert ve gevrektir.

Menevişlemede özellik değişimleri, karbon ve demir atomlarının artan sıcaklıkla hareketlilik kazanmasına dayanır.

Alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerde üç adet menevişleme kademesi bulunur.

- **Düşük sıcaklıkta menevişleme kademesi:** 100-200 °C arasında ince karbürlerin (demir karbür-Fe_3C) çökelip yapıya dağılmasıyla tetragonal martensit, daha az gerilmiş kübik martensite dönüşür. Çelik böylece kullanılır duruma getirilir.
- **Orta sıcaklıkta menevişleme kademesi:** 200-350 °C'de karbon atomlarının yayılması kolaylaştığından yeni çökelen karbürler Fe_3C bileşimindedir. Kübik martensitin kafes gerilmesi azaldığından sertlik ve çekme dayanımı düşmeye başlar. Yüksek karbonlu çeliklerde kalıntı ostenit içinde karbürler çökelir. Kalıntı ostenitin kübik martensite dönüşümü ile hacim artışı meydana gelir.
- **Yüksek sıcaklıkta menevişleme kademesi:** Yaklaşık 350 °C'den A1'e kadar olan sıcaklıklarda Fe_3C olan demir karbürler büyük parçalar hâlinde çökelir. Kübik martensitin yerine ferrit ana kütle aldığından hacim azalır. Mukavemet değerleri düşüp süneklik ve çentik vurma tokluğu artar. Parçada iç gerilmelerin doğuşunu önlemek için menevişlemeden sonra soğuma yavaş yapılır.

1. UYGULAMA

2 saat

AMAÇ

Atölyede kaynak edilmiş ve gerilmeye maruz kalmış bir parçaya gerginlik giderme tavı uygulaması yapmak.



Görsel 5.6: Kaynak edilmiş parça

ARAÇ GEREÇ

- Kaynak edilmiş bir temrin parçası
- Oksi-gaz ünitesi ve ısıtma üfleci (Kesme üfleci olabilir.), tav fırını
- Tavlama uygulamasına uygun tel fırça, eldiven, gözlük ve kişisel koruyucu donanımlar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliğine göre kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.
2. Parçayı 550-650 °C'ye kadar yavaş yavaş ısıtınız.
3. Parçanın her bölgesinin homojen olarak tavlanmasını sağlayınız.
4. Bu sıcaklıkta parçanın kalınlığına göre parçayı bekletiniz (5-10 mm kalınlık için 30 dakika bekletilmelidir.).
5. Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için parçanın çok yavaş soğumasını sağlayınız.
6. Uygulama parçasının temizliğini yaparak kontrolü için öğretmene danışınız.



Görsel 5.7: Gerginlik giderme tavı uygulanmış parça

KONTROL LİSTESİ

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken kontrol listesinde yer alan ölçütleri dikkate alınız.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş sağlığı ve güvenliği kurallarını dikkate aldı.		
2.	Parçayı 550-650 °C'ye kadar yavaş yavaş ısıttı.		
3.	Parçanın her bölgesinin homojen olarak tavlanmasını sağladı.		
4.	550-650 °C sıcaklıkta parçayı kalınlığına göre bekletti.		
5.	Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için parçanın çok yavaş soğumasını sağladı.		
6.	Verilen sürede çalışma alanının temizliğini yapıp uygulama parçasını teslim etti.		

DEĞERLENDİRME

Hayır olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konuları tekrar ediniz.

2. UYGULAMA

1 saat

AMAÇ

1. Uygulama'da kaynak edilmiş, bir ısıl işlemden geçmiş olan parçaya normalleştirme tavı uygulayarak homojen bir içyapı oluşturmak ve tane boyutunun küçülmesi uygulaması yapmak.



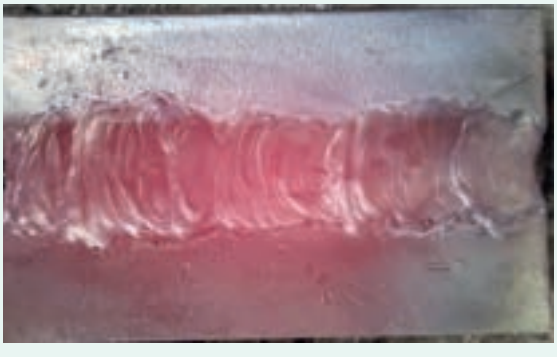
Görsel 5.8: Gerginlik giderme tavı uygulanmış parça

ARAÇ GEREÇ

- Kaynak edilmiş ve gerginlik giderme tavı uygulanmış parça
- Oksi-gaz ünitesi ve ısıtma üfleci (Kesme üfleci olabilir.), tav fırını
- Tavlama uygulamasına uygun tel fırça, eldiven, gözlük ve kişisel koruyucu donanımlar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliğine göre kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.
2. Parçayı homojen olarak önce yaklaşık 600 °C kadar yavaş sonra yaklaşık 780 °C kadar hızlı ısıtınız.
3. Parçanın her bölgesi dönüşünceye kadar bekleyiniz (Bekleme süresi 1 mm için 2 dakikadır.).
4. Parçayı 723 °C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenen şekilde soğutunuz.
5. Uygulama parçasının temizliğini yaparak kontrolü için öğretmene danışınız.



Görsel 5.9: Normalleştirme tavı uygulaması



Görsel 5.10: Normalleştirme tavı uygulanmış parça

KONTROL LİSTESİ

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken kontrol listesinde yer alan ölçütleri dikkate alınız.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş sağlığı ve güvenliği kurallarını dikkate aldı.		
2.	Parçayı homojen olarak önce yaklaşık 600 °C kadar yavaş sonra yaklaşık 780 °C kadar hızlı ısıttı.		
3.	Parçanın her bölgesi dönüşünceye kadar bekledi (Bekleme süresi 1 mm için 2 dakikadır.).		
4.	Parçayı 723 °C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenen şekilde soğuttu.		
5.	Verilen sürede çalışma alanının temizliğini yapıp uygulama parçasını teslim etti.		

DEĞERLENDİRME

Hayır olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konuları tekrar ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Aşırı doymuş bir fazdan yayınım yolu ile yeni bir fazın çökelmesine ……..... denir.
2. Çeliğin tane boyutunu büyüterek malzemeyi yumuşatmak ve talaşlı imalat kabiliyetini artırmak ……..... tavlamasının amacıdır.
3. Ötektoid üstü çeliklerin A1 + 50 °C üstünde, ötektoid altı çelikleri A3 + 50 °C altında ısıtılıp, hızla soğutularak mevcut ostenitin martensit denen çok sert ve iğneli görünüşlü bir mikro yapıya dönüştürülmesine ……..... denir.
4. Sertliği azaltmak, talaş kaldırmayı kolaylaştırmak, döküm ve dövme parçalarındaki iç gerilmeleri gidermek amacıyla çeliklerin belirli sıcaklıklara kadar ısıtılıp, sonra fırın içerisinde tutularak çok yavaş soğutulması işlemine ……..... adı verilir.
5. Fazlar içinde en yumuşak ve en düşük dayanımlı olan ……..... fazıdır.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. I. Tane küçültmek
II. Homojen bir içyapı elde etmek
III. Çeliklerin işlenme özelliklerini iyileştirmek
IV. Mekanik özellikleri iyileştirmek

Yukarıda verilen amaçlar hangi tavlama türüne aittir?

A) İnce tane
B) Kristalleşme
C) Küreselleştirme
D) Normalizasyon
E) Yumuşatma

7. Oda sıcaklığında %0,8 karbon, 730 °C'de ise %0,25 karbon ihtiva eden, manyetiklik özelliği olan bir fazdır.

Bu tanım aşağıdakilerden hangisine aittir?

A) Ferrit fazı
B) Ostenit fazı
C) Oksit fazı
D) Perlit fazı
E) Sementit fazı

8. Çeliğin tane boyutunu büyüterek malzemeyi yumuşatmak ve malzemenin talaşlı imalat kabiliyetini artırmak için kullanılan yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Difüzyon tavlama
B) Gerilim gidereme tavlaması
C) İri tane tavlaması
D) Kristalleşme tavlaması
E) Normalizasyon tavlaması

9. Aşağıdakilerden hangisi bir ısıl işlem değildir?

A) Dış tavlama
B) Gerilim giderme tavlaması
C) İri tane tavlaması
D) Kristalleşme tavlaması
E) Normalizasyon tavlaması

10. "Çelikler, ısıl işlemden sonra hızlı soğuma (su verme) esnasında …….. → …….. yapıya dönüşmektedir." **cümlesinde boşluklara sırasıyla aşağıdakilerden hangisi gelmelidir?**

A) Ferrit (γ) → Martenzit
B) Ostenit (γ) → Ferrit
C) Ostenit (γ) → Martenzit
D) Ostenit (γ) → Otekloid
E) Otekloid (γ) → Martenzit

11. Aşağıdakilerden hangisi yüzey sertleştirmede kullanılan ısıl işlemlerden değildir?

A) Alev ile yüzey sertleştirme
B) Haddeleme ile yüzey sertleştirme
C) İndüksiyon ile yüzey sertleştirme
D) Nitrasyon ile yüzey sertleştirme
E) Sementasyon ile yüzey sertleştirme

12. Aşağıdakilerden hangisi nitrürasyonun uygulama yöntemlerinden biri değildir?

A) Gaz nitrasyon
B) Karbon nitrasyon
C) Su banyosunda nitrasyon
D) Toz nitrasyon
E) Tuz banyosunda nitrasyon

13. Aşağıdakilerden hangisi çeliklere ısıl işlemin uygulanmasındaki amaçlardan biri değildir?

A) Dayanımın artırılıp azaltılabilmesi
B) Dış gerilimlerin azaltılabilmesi
C) Sıcak şekil verme etkisinin yok edilebilmesi
D) Soğuk şekil verme etkisinin yok edilebilmesi
E) Talaşlı işlenebilme özelliğinin iyileştirilebilmesi

14. Aşağıda verilmiş olan ısıl işlem çeşitlerinden hangisi sertleştirme amaçlı yapılanlardan biridir?

A) Difüzyon ve homojenleştirme
B) Gerilim giderme
C) Normalizasyon
D) Su verme
E) Yumuşatma



6. ÖĞRENME BİRİMİ

AHŞAP MALZEMELER



13652

KONULAR

6.1. AHŞAP MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ

6.2. ÇEŞİTLERİNE GÖRE AHŞAP MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Ahşap malzemelerin çeşitleri
- Ahşap malzemelerin uygulama özellikleri

TEMEL KAVRAMLAR

iğne yapraklı, kereste, tomruk, ıhlamur, lif, tutkal, masif, OSB-MDF

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Atölyenizdeki ahşap malzemeler nelerdir? Belirtiniz.

2. Ahşap gemi çeşitlerinin kullanım alanları hakkındaki düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

6.1. AHŞAP MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ

Ahşap malzemelerin ham maddesi orman ürünleridir. Orman ürünlerinde ise farklı özellikte ağaçlar vardır.

6.1.1. Ağaç Çeşitleri ve Özellikleri

Yapı mühendisliğinde kullanılan ağaç türleri iğne yapraklı (yapraklarını dökmeyen, açık tohumlu, kozalaklı) ve geniş yapraklı (yapraklarını döken, kapalı tohumlu) ağaçlar olmak üzere iki gruba ayrılır.

6.1.1.1. İğne Yapraklı Ağaçlar (Kozalaklı)

Endüstride kullanılan ahşabın %80'i kozalaklı ağaçlardan elde edilir. İğne yapraklı ağaçların yaprakları iğne biçimindedir. Odununda iletken doku bulunmayan iğne yapraklı ağaçlara **yumuşak ağaçlar** da denir.

İnşaat sektöründe kereste olarak kullanılan ahşaplardır. Bu ağaç türleri genel olarak çam ve köknarlar olarak iki gruba ayrılır. Ayrıca sedir, ladin ve serviler de kozalaklılara dâhil edilebilir.

Reçineli ağaçlar olan çamlar dış etkenlere dayanıklıdır ve dış doğrama işlerinde tercih edilir. Kozalaklılar sınıfına giren köknarlara (dülgerlik ve marangozluk) **beyaz çam** adı verilir. Beyaz çam ağaçları, reçine ihtiva etmeyen yumuşak ağaçlardır. İç doğrama işlerinde kalıp, iskele, çatı, ahşap ve kaplama malzemesi olarak kullanılır.

Karaçam: Türkiye'nin hemen hemen her yerinde yetişir. Düzgün elyaflı, reçineli yapıya sahiptir. İstenen boyut ve özellikte bulunması mümkündür (Görsel 6.1). Genellikle doğrama, demir yolu traversi, iskele dikmeleri yapımında kullanılır.



Görsel 6.1: Karaçam ağacı

Sarıçam: Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi ve Kayseri'de yaygın olarak bulunur. Parlak, bol reçineli ve budaklıdır. Yapı kerestesi olarak kullanılır.

Kızılçam: Türkiye'de genellikle kıyı kesimlerde yetişir. Kızılçamın kerestesi kırmızımsı beyaz renktedir. Yıllık halkaları çok barizdir. Reçinesi bol olmasına rağmen hafif ve yumuşaktır. Genellikle doğramacılıkta kullanılır. Piyasada tahta, lata, çıta, kadran, azman, kadran kirişi olarak bulunur.

Fıstık Çamı: Ege ve Akdeniz Bölgesi'nin kesişme noktası ile Trabzon çevresinde yetişir. Fıstık çamının yıllık halkaları bariz, reçinesi boldur. Yumuşak ve hafiftir. Genellikle doğramacılıkta kullanılır. Piyasada diğer çam kereste boyutlarında bulunur.

Toros Sediri: Genellikle Antalya'dan Kahramanmaraş'a kadar uzanan güney sıradağlarında bulunur (Görsel 6.2). Toros sediri ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Yıllık halkaları bariz, öz ışınları parlak ve güzel kokuludur.
- Diğer ağaçlara göre suya daha dayanıklıdır.
- Hafif ve yumuşaktır, kolay işlenir.
- Doğal renginden dolayı boyanmadan cilalı olarak da kullanılır.

Toros sediri ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Ev eşyası yapımı
- Kapı ve pencere üretimi
- Piyasada kalas ve tomruk olarak



Görsel 6.2: Toros sediri

Doğu Ladini: Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetişir. Doğu ladini ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Uzun ve düzgün lifli gövdeye sahiptir.
- Kolay işlenebilir, çatlamaya müsaittir.

Doğu ladini ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Kâğıt sanayisi
- Ev eşyası yapımı
- İnşaat sektörü

Köknar: Karadeniz Bölgesi'nde, Güney ve Batı Anadolu'da yetişir. Köknar ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Düzgün lifli, yoğun bir yapıya sahiptir.
- Yumuşak ağaçların en sert olanıdır.
- Mekanik mukavemeti iyidir.

Köknar ağacı doğrama, çatı ve kalıp yapımında kullanılır.

6.1.1.2. Geniş Yapraklı Ağaçlar (Yapraklı)

Geniş yapraklı ağaçlar mobilya yapımında kullanılır. Sık dokulu liflere sahiptir, inşaat sektöründe özel kapı (tarihi bina ve dinî yapıların kapılarında) yapımı ve parke işlerinde kullanılır. Bunların başında meşeler gelir.

İşlenmesi zor, sert ve çok dayanıklı malzemedir. Kereste olarak kullanımı yaygın değildir. Meşeden başka kayın, gürgen, dişbudak, kestane, zeytin, çınar, gül, ıhlamur ve ceviz ağaçları da geniş yapraklı ağaç türlerindendir.

Ihlamur: Çok sayıda değişik türü vardır (Görsel 6.3). Yaz ıhlamuru, kış ıhlamuru, gümüş ve Kafkasya ıhlamuru yaygın olanlarıdır. Olgun odunlu ağaçlar grubunda yer alır.



Görsel 6.3: Ihlamur ağacı

Ihlamur ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu geniştir. Dağınık gözeneklidir. Yıl halkaları bütün kesitlerde belli belirsiz görüntüye sahiptir.
- Öz ışınları belli belirsiz görünür. Gözenekleri küçüktür ve genellikle çıplak gözle görülmez.
- İç odun ile dış odunun rengi birbirine benzer.
- Çok yumuşaktır. Eş yapılı, dokusu ve görünüşü düzgün, sıkı ve ince yapılıdır.
- Esnektir ve kururken çok çeker. Fiziki etkilere dayanımı azdır.
- Açık havada ve değişen hava şartlarında kısa zamanda bozulur.
- Çivi ve vida ile zayıf fakat çok kolay işlenir.
- Zor verniklenir, tutkalla güçlü bağlantı kurar.

Kavak: Titrek kavak, al kavak, konak kavağı, piramit kavağı ve Kanada kavağı en çok bulunan türleridir. Kavak ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Gövdenin tümü dış odun özelliği gösterir. Al kavak göbek yapmaz.
- Bütün kavak türleri dağınık gözeneklidir.
- Çok yumuşak, kaba ve gevşek yapılıdır. Fiziki etkilere dayanımı azdır.
- Yıl halkaları ve damarları belirgin değildir.
- Gözenekleri ve öz ışınları çıplak gözle görünmez. Türüne göre beyaz, kirli beyaz, sarımsı beyaz olan kavakta bazen kahverengi göbek oduna rastlanır.
- Uygun koşullarda az çalışır, az çatlar. Kolay kesilir ancak aletlerin kesici ağızlarını çabuk köreltir.
- Tutkalla güçlü bağlantı kurar. Boyamaya elverişlidir fakat zor verniklenir.

Kestane: Bu ağaç (Görsel 6.4); Güney Avrupa ve Avrupa'nın orta bölgeleri, Balkan ülkelerinden Yugoslavya, Bulgaristan ve Yunanistan ile Türkiye, Kafkaslar, İtalya Apeninler, Alpler'in güney yamaçları, İspanya ve Kuzey Afrika'da yetişir.



Görsel 6.4: Kestane ağacı

Türkiye'de ise Karadeniz kıyıları, İstanbul dolayları, Ege Bölgesi ve Antalya'nın doğusunda yetişir. Kereste olarak meşeye çok benzer. Kestane ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Göbek odunludur. Dış odunu dar, iç odunu geniştir. Çember gözeneklidir.
- İlkbahar dokusunda gövdedeki gözenekler çıplak gözle görülebilecek kadar belirgindir. Sonbahar dokusundaki gözenekler ise çıplak gözle görülemez.
- Öz ışınlarının görünmemesi meşeden ayrılmasını sağlayan en önemli özelliğidir.
- Dış odunu kirli sarı, bazen beyaz veya gri olur. İç odunu sarı kahverengidir.
- Sert, sıkı ve aynı zamanda esnek yapılıdır. Uzun iplikli olduğu için kolay bükülür, kolay işlenir.
- Havanın bozucu etkisine dayanıklıdır.
- Çok kaliteli boya kullanılırsa iyi verniklenir.

Kestane ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Su altında olağanüstü bir dayanıma sahip olduğu için gemi gövdelerinde kullanılır.
- Çivi ya da tutkal ile güçlü bağlantı kurduğu için su sızdırmayan ve sağlamlık istenen yerlerde kullanıır.

Armut: Türkiye'de dağınık hâlde bulunur. Olgun odunlu ağaçlar grubundadır. Armut ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dağınık gözeneklidir. Yıl halkaları belirgindir.
- Gözenekleri çıplak gözle görülmeyecek kadar küçüktür.
- Bazı türleri parıltılı olur. Açık kırmızı kahverengidir.
- Orta sertlikte, sıkı dokuludur. Kururken çok çeker ve şekil değiştirir. İyi kurutulduktan sonra az çeker.
- Esnekliği fazla olmayan armut ağacı, kırılgandır ve kolay işlenir.
- Nemli havaya çok dayanıklı değildir. Eş yapılıdır.
- Çok iyi boyanır ve verniklenir.

Armut ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Masif ve özellikle kaplama olarak mobilya üretiminde
- Tornalı ve asmalı işlerde, heykel yapımında
- Gönye, cetvel gibi aletlerin yapım ve kakma işlerinde

Huş: Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yetişir. Huş veya beyaz huş adlarıyla bilinir. Olgun ağaçlar grubuna girer. Huş ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dağınık gözeneklidir. İlkbahar ve sonbahar dokularında belirli ve yapısal farklar bulunmaz. Sonbahar mevsiminde daha koyu renklidir.
- Uzun iplikli ve düzgün yapılıdır.
- İç odunu ile dış odunu aynı renktedir. Huş, sarımsı ve beyaz bir ağaçtır.
- Göbeğe yakın dar bir bölümü bazen çok açık kahverengidir.
- Sıkı ve ince yapılıdır. Orta sert bir ağaçtır ve bükülgendir.
- Fiziki etkilere dayanımı fazladır.
- Zor yarılır. Kururken çok çalışır ve çatlar. Torna işlerine elverişli değildir.
- Açık havaya dayanıksız olduğundan hemen çürür.
- Çivi ve vida ile bağlantısı zayıf olur.
- Tutkalla iyi yapışır. Boya ve verniği çok iyi tutar.

Huş ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Mobilya yapımı ve oymalı işler
- Müzik aletleri, kızak ve kayak yapımı
- Kontrplak üretimi
- Fıçı, makara, mekik ve ayakkabı kalıbı yapımı

Karaağaç: Karadeniz Bölgesi'nde orman hâlinde, diğer bölgelerde ise dağınık olarak yetişir. Karaağaç göbek odunlu bir ağaçtır. Karaağacın önemli özellikleri şunlardır:

- Çember gözeneklidir. İlkbahar dokusu açık renkli, çok gözenekli ve kaba yapılıdır. Sonbahar dokusu koyu renkli, daha küçük gözenekli ve sık yapılıdır.
- Öz ışınları, özellikle öz kesitte açık kahverengi küçük parlak pulcuklar hâlinde görülür.
- Karaağacın iletken dokusunu oluşturan gözenekler iridir. İğne yırtığı şeklindedir ve çıplak gözle görülür.
- Yıllık halkaları belirgindir. Damar kesitte canlı ve belirgin damar süsleri vardır.
- Yeni kesilmiş karaağaçta dış odun sarımsı beyazdır. Zamanla koyulaşarak açık kırmızı kahverengi olur. İç odunu ise açık tonda çikolata kahverengimsi rengindedir.
- Ova karaağacı en değerli türdür. Ova karaağacı ile dağ karaağacının teknik nitelikleri eş değerdedir.
- Hercai karaağacın kalitesi diğer karaağaç türlerinin kalitesinden düşüktür.
- Ova karaağacın kerestesi sert ve sıkı yapılıdır. Uzun liflidir, meşe gibi dayanıklıdır.
- Basınca karşı dayanımı iyidir. Zor işlenir.
- Kesici aletlerin ağzını çabuk köreltir.
- İyi boyanır ve verniklenir.

İyi bir mobilya ağacıdır. Masif ve kaplama olarak mobilya üretiminde çok kullanılır. Zengin damar desenleri yüzünden aranır. Kök kaplamalarda desen daha da güzelleşir. Kendisine özgü görünüşü olan mobilyaları üretme olanağını verir.

Karaağacın kullanım alanları şunlardır:

- Tornacılık
- Parke üretimi
- Kayıkçılık
- Köprü ve iskele inşaatı

Zeytin: Bu ağacın (Görsel 6.5) vatanı Türkiye'dir. Özellikle Akdeniz, Ege, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yetişir. Göbek ağaçlı odunlu ağaçlar grubuna girer.



Görsel 6.5: Zeytin ağacı

Zeytin ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Gözenekleri çıplak gözle görülemeyecek şekilde dağınıktır.
- İç ışınları belirgin değildir.
- Dış odunu açık sarı, iç odunu açık veya koyu kahverengidir.
- Zeytin ağacının sıkı ve sert yapılı olan kerestesi genellikle kolay işlenir.
- Düzgün yüzey verir. Hava değişimine dayanımı sınırlıdır.
- Fizik dayanımı ise orta düzeydedir. Kuru zeytinin çalışma oranı azalır.
- Zeytin ağacının kerestesi, damar deseninden dolayı kendine özgü bir görüntüye sahiptir.

Zeytin ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Fırça sapı ve biblo yapımı
- Mobilya üretiminde kaplama malzemesi olarak

Akgürgen: Türkiye'de Karadeniz, Trakya ve Marmara sahilleri ile iç bölgelerde bulunur. Ormancılar ve kerestecilerin bazıları akgürgeni gürgen, fırınlanmış (kırmızı) gürgeni de kayın olarak isimlendirilir. Olgun odunlu ağaçlar grubundadır. Akgürgen ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Gözenekleri çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Yıl halkaları açık bazen de dalgalıdır
- Çok belirgin olmayan öz ışınları vardır. Çoğunlukla sarımsı beyaz bazen de gri beyazdır.

- Çok sert, ağır ve sıkı yapılıdır. Bükülmeye karşı dayanıklıdır. Zor yarılır, zor işlenir fakat temiz yüzey verir.
- Çok çalışır. Çalışma sonunda kamburlaşır, çok çatlar.
- Özellikle değişen hava koşullarında kısa sürede bozulur fakat iyi verniklenir.

Yapı marangozluğu ve mobilya üretiminde kullanılması uygun değildir. Küçük boyutlu olmasına karşın sağlam olması gereken yerlerde olumlu sonuç verir. Ağaçtan yapılan aletlerde (mutfak aleti, ayakkabı kalıbı, ölçü aletleri vb.) kullanılır.

Meşe: Türkiye'deki bütün ormanlarda karışık hâlde bazen de ayrı orman hâlinde bulunur (Görsel 6.6). Özellikle Trakya'da, Marmara Bölgesi'nde ve Bolu dolaylarında meşeye sık rastlanır. Yetiştiği bölgelerde bazen pelit bazen de **palamut ağacı** diye isimlendirilir. Göbek odunlu ağaçlar grubundadır.

Meşe ağacının yaklaşık 400 türü bulunur. Bu türleri birbirinden ayırmak çok güçtür. Ağaç işleri ve mobilya endüstrisinde sertliğine ve yumuşaklığına göre değerlendirilir.



Görsel 6.6: Meşe ağacı

Meşe ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu dardır. Çember gözeneklidir.
- Öz kesitte parlak pulcuk veya şeritler hâlinde öz ışınları vardır. Öz ışınların en belirgin göründüğü ağaç türü meşedir. Öz ışınlarının mat kesitteki görünüşü koyu renkli çizgiler şeklindedir.
- İlkbahar dokusunda gözenekler küçülür ve sıklaşır. Yıl halkaları belirgindir.
- Damar kesitte gözeneklerin oluşturduğu damar desenleri görülür.
- Meşenin çok sayıda değişik türü vardır. Bu nedenle yapısal nitelikleri farklı meşe ağaçları ile karşılaşmak doğaldır.
- Genellikle kaba dokulu ve iri gözeneklidir.
- Meşenin rengi genellikle kirli sarıdır. Dış odunu kirli sarımsı beyazdır. Göbek odunu koyu sarıdır. Bazı türlerinin dış odunu açık pembe, göbek odunu ise kahverengidir.
- Meşenin sert ve yumuşak olması çoğunlukla yetiştiği yerle ilgilidir.
- Dar ve sık halkalı meşe kerestesi, eş yapılı özellik gösterir ve genellikle yumuşak olur.
- Kalın ve seyrek halkalı meşenin kerestesi sert olur. Zor işlenir.
- Meşe genellikle az çalışır ve kolay yarılır.
- Bazı türleri orta sert, bazıları serttir. Meşenin türleri arasında az esnek ve çok esnek olanları da vardır. Yumuşak kereste veren türleri kolay işlenir.



Hava ve nemin bozucu etkilerine karşı en fazla dayanımı gösteren ağaçtır. Meşenin dış odunu, iç odunu kadar dayanıklı değildir.

Meşe, bünyesindeki bol toner yüzünden en iyi boyanabilen ağaçtır. Özellikle kimyasal boyayla boyandığında bu durum açıkça görülür. Kolay verniklenir. Ancak iri gözenekli olduğu için mat verniklenecek işlerde kullanılması daha uygundur.

Dişbudak: Karadeniz, Marmara ve Trakya sahillerinde ve İç Anadolu'nun iç kesimlerinde bulunur. Genellikle karışık orman hâlindedir. Adapazarı dolaylarında tek başına orman oluşturduğu görülür. Olgun odunlu ağaçlar grubundandır. Dişbudak ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu geniştir. Ortalama 50 yaşındaki dış budakta göbek odunu oluşumu başlar.
- Gözenekleri çember biçiminde dağılır. İri ve çok gözeneklidir.
- Öz ışınları vardır fakat parlak ve belirgin değildir. İlkbahar halkası gevşek ve iri gözenekli, sonbahar halkası ise sıkı yapılı ve ince gözeneklidir. Bu yüzden canlı damar görüntüsü verir. Bazen dalgalı, parıltılı ve çiçekli olur.
- Dış budağın dış odunu beyaza çok yakın renktedir. İç odun açık kahverengidir ve zamanla koyulaşır.
- Sert, ağır ve sıkı yapılı bir ağaçtır. Kolay işlenir. Zor yarılır.
- Kuru ortamda dayanıklıdır. Havanın değişen etkilerinden çabuk bozulur.
- Böcek ve mikroorganizmalar tarafından kolay yıkımlanmaz.
- Uygunsuz koşullarda depolanırsa odaklanır ve çok çeker.
- Tutkal, çivi ve vida ile orta derecede bağlantı kurar.
- İyi verniklenir fakat su boyaları ile zor boyanır.

Akçaağaç: Gürgen ormanlarında karışık hâlde bulunur. Ayrıca Trabzon, Bolu, Kırklareli, Bursa, Denizli ve Antalya dolaylarında yetişir. Bazı bölgelerde **kelebek ağacı** diye bilinir. Yaklaşık 150 türü bulunan küçük bir familyadır.

Çoğunlukla yaprağını döken, loplu, zıt konumlu, bazen de tüysüz veya basit yapraklıdır. Çınar yapraklı akçaağaç, Norveç, Tatar, İtalyan, Fransız, Balkan ve Doğu akçaağacı diye çeşitleri vardır.

Akçaağacın önemli özellikleri şunlardır:

- Dağ akçaağacının rengi sarımsı beyaz, ova akçaağacının rengi ise pembe beyazdır.
- Akçaağacın rengi zamanla ve kendiliğinden sararır.
- Akçaağaç sert ve sıkı yapılı ağaçlardandır. Eş yapılıdır. Kolay işlenir. Esnek ve oldukça bükülgendir.
- Az çeker, çarpılmaya ve çatlamaya eğilimi vardır. Nemli ortama duyarlıdır, kolay çürür.

Akçaağacın kullanım alanları şunlardır:

- Masif ve kaplama olarak mobilya üretimi
- Enstrüman ve mutfak aleti yapımı
- Ayakkabı kalıbı yapımı
- Oymacılık, kakmacılık, kıl testeresi ile hazırlanan ince işler ve oyuncaklar
- El aleti sapı üretimi

Akasya: Türkiye'de orman oluşturmaz. Ağaçlandırma alanlarında ve parklarda dağınık hâlde yetiştirilir.

Akasya ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu dar, iç odunu geniştir. Yıl halkaları belirgin ve çember gözeneklidir.
- Öz ışınları öz kesitte parlak görüntü verir. İlkbahar dokusunu oluşturan gözenekleri iridir. Sonbahar dokusu ince gözenekli ve koyu renklidir.
- Genellikle kahverengi olan sonbahar dokusu yüzünden canlı damar desenleri yapar. Aynı nedenle yıl halkaları belirgindir.
- Dış odunu açık sarımsı beyazdır. İç odunu geniş ve sarımsı yeşildir. Havada zamanla rengi değişerek yeşil kahverengi olur.
- Akasya sert bir ağaçtır. Dokusu sıkı, sağlam ve esnektir.
- Yarılmaya karşı büyük direnç gösterir. Vurulmaya ve sürtünmeye karşı direnci yüksektir. Zor işlenir.
- Değişik hava koşullarında bile en dayanıklı ağaçlardan biridir.
- Çekmesi ve çalışması dengelidir.
- Böcek ve mikroorganizmalar tarafından kolay çürütülmez.
- Yağlı olduğu için özellikle su boyaları ile zor boyanır.
- Akasya ağacı su altında ve yer altı inşaatlarında iyi sonuç veren bir ağaçtır.

Ceviz: Türkiye'nin hemen her yerinde yetişir (Görsel 6.7). Orman oluşturmaz. Bahçe ve tarlalarda yetiştirilir. Göbek odunlu ağaçlar grubundandır.



Görsel 6.7: Ceviz ağacı

Ceviz ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu dardır ve dağınık gözeneklidir. İlkbahar dokusunu oluşturan gözenekleri, sonbahar dokusunu oluşturan gözeneklerinden iridir.
- Yıl halkaları kesin ve belirgin bir şekilde birbirinden ayrılır.
- Gözenekler, baş kesitte küçük delikler hâlinde, öz ve damar kesitte iğne yırtığı şeklinde görülür.
- Cevizin öz ışınları çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür. İlkbahar ve sonbahar dokularının farklı renkte olması yüzünden öz kesitte değişik renkte paralel çizgiler görülür.
- Damar kesitli zengin damar desenleri oluşur.
- Damarlı, dalgalı, parıltılı türleri vardır.

- Cevizin köke yakın bölümlerinden çıkarılan kök kaplamalar çok canlı simetrik desenler elde etme olasılığını verir.
- Dış odunu sarı veya gridir. Göbek odunu açık sütlü kahverengiden koyu kahverengimsiye kadar değişir.
- Cevizin kerestesi orta sert ve sıkı elyaflıdır. Ağır ağaçlardandır.
- Çivi, vida ve tutkalla bağlantı kurma niteliği yeterlidir.
- Fiziki etkilere dayanımı iyidir. Çok çalışır ve çok çeker. Kolay yarılır. Sadece kuru ortamda dayanıklıdır.
- Kolay ve rahat işlenir. Üstün nitelikli ve estetik yönünden değerli bir mobilya ağacıdır.

Ceviz ağacının kullanım alanları şöyledir:

- Kaplamalar, özellikle klasik mobilya üretiminde aranır. Masif kaplama olarak da kullanılır.
- İç mimarlıkta da çok aranır.
- Oymalı ve tornalı işlerde başarılı sonuç verir.
- Müzik aleti ve model yapımında da kullanılabilir.

Çınar: Bu ağaç Türkiye'nin hemen her bölgesinde yetişir. Orman oluşturmaz. Çınar (Görsel 6.8), göbek odunlu ağaçlar grubundandır.

Çınar ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu geniştir. Dağınık gözeneklidir.
- Gözenekleri çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Belirgin damar deseni yapmaz.
- Öz ışınları çok belirgindir. Öz kesitte parlak ve iri pulcuklar hâlinde görülür. Öz ışınlarının damar kesitteki görüntüsü gürgen ağacının öz ışınlarını andırır.



Görsel 6.8: Çınar ağacı

- Dış odunu açık pembe beyazdır. İç odunu açık kahverengidir.
- Sert ve sıkı dokulu bir ağaçtır. Kururken kamburlaşır, çarpılır, çatlar.
- Değişik hava koşullarına dayanıklı değildir. Kısa sürede çürür. Uygun ve düzenli ortamda dayanma süresi azdır.
- Fiziki etkilere dayanımı yetersizdir.
- İşlenmesi bazen güçlük çıkarabilir. Rahat torna edilebilir.

- Çivi ve vida ile orta, tutkalla iyi bağlantı kurar.
- Özellikle zımpara ile iyi perdah edilir.
- Boyanabilme yeteneği vardır, iyi verniklenir.

Çınar ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Yapıların içinde doğrama gereci olarak
- Mutfak eşyası yapımı
- Ambalaj sanayisi
- Mobilya endüstrisi (Kısıtlı olarak kullanılır.)
- Tornalı ve kakmalı işler

Gül: Doğu Hindistan, Batı Hindistan, Avustralya ve Brezilya'da yetişir. Yetiştiği yere göre isimlendirilen birçok farklı türü vardır. Gül ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dağınık gözenekli bir ağaçtır.
- Öz ışınları genellikle çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Sıkı dokuludur.
- Bazı türleri gül gibi kokar.
- Dış odunu açık sarıdır. İç odunu çeşidine göre değişir.
- Avustralya gülü koyu kırmızı damarlıdır.
- Brezilya gülü aynı renkte fakat daha canlıdır.
- Sert ağaçlardandır. İşlenirken zorluk çıkarmaz, parlak ve düzgün yüzey verir.
- Bazı türleri yağlıdır. Değişik hava koşullarına ve haşerelere karşı oldukça dayanıklıdır.
- Az çalışır, kolay yarılır. Aletlerin kesici ağzını köreltir.
- Tutkalla orta bağlantı kurar. İyi verniklenir.

Gül ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Küçük boyutlu oymalı, tornalı süs eşyalarında ayrıca kakmalı işlerde
- Sanat değeri taşıyan mobilyalarda masif ve kaplama olarak

Kızılağaç: Karadeniz, Trakya, Marmara ile Akdeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinde ve derelerin içinde yetişir. Kızılağaç olgun odunlu ağaçlar grubundandır. Kızılağacın önemli özellikleri şunlardır:

- Dağınık gözeneklidir.
- Gözenekleri çıplak gözle görülemeyecek kadar küçüktür.
- Yıl halkaları belirgindir.
- Öz kesitte şerit ve pulcuklar hâlinde öz ışınlar görülür. Öz ışınların damar kesitteki görünüşü koyu renkli çizgiler hâlindedir.
- İç odunu ve dış odunu arasında belirgin renk farkı yoktur.
- Damar kesitte kendiliğinden oluşan lekelere rastlanır.
- İlkbahar ve sonbahar dokuları belirgin çizgiler hâlinde birbirinden ayrılmaz. Damar süsleri de belirsizdir.
- Beyaza yakın çok açık kahverengi veya pembe beyazdır. Kesilip havada bırakılan kızılağaç sarımsı kırmızı olur.
- Kurudukça rengi pas kırmızısına dönüşür.



- Hafif, yumuşak ve gevşek yapılı bir ağaçtır. Kolay yarılır. Esnekliği azdır ve çok çeker.
- Çalışma sonucu çarpılma oranı azdır.
- Su altında dayanıklıdır.
- Hava rutubetinin değişmesi hâlinde dayanıklı olmadığından bu tür yerlerde kullanılmamalıdır.
- Böcek ve mikroorganizmalar tarafından kolay tahrip edilir.
- Çok iyi işlenir. Parlak, düzgün bir yüzey verir. Çok çatlar.
- Tutkalla iyi bağlantı kurar. Çok iyi boyanır ve verniklenir.

Kızılağacın kullanım alanları şunlardır:

- Masif, kontrplak ve kaplama olarak
- Kontrplak üretimi (Yaygın olarak kullanılır.)
- Takunya, oyuncak, ambalaj ve model yapımı

Kiraz: Türkiye'de yaygın olarak bahçelerde yetiştirilir. Kiraz, göbek odunlu ağaçlar grubundandır. Kaliteli işlerde kirazın sadece göbek odunu kullanılmalıdır. Kiraz ağacının önemli özellikleri şunlardır:

- Dış odunu dardır.
- Dağınık gözeneklidir. Gözenekleri ilkbahar dokusunda iri, sonbahar dokusunda incedir.
- Yıl halkaları belirgindir. Düz çizgili veya dalgalı damar desenleri yapar ancak damar desenleri fazla belirgin değildir.
- Öz ışınları tek tek görülmez.
- Gruplar oluşturarak yüzeye parlaklık verir.
- Kirazın dış odunu sarımsı pembe beyazdır. İç odunu açık sarımsı kahverengidir.
- Kiraz, ince dokulu, sert ve sıkı yapılı bir ağaçtır.
- Zor yarılır. Rahat ve kolay işlenir.
- Rendelendiğinde düzgün ve parlak bir yüzey verir. Kururken çok çeker.
- Fiziki etkilere dayanımı azdır. Açık havada dayanıklı değildir. Uygunsuz koşullarda kısa sürede bozulur.
- Böcek ve mikroorganizmalar tarafından kolayca yıkımlanır.
- Gevrektir. Çivi, vida ve tutkalla bağlantı kurma yeteneği iyidir.
- İyi boyanır ve iyi verniklenir.

Kiraz ağacının kullanım alanları şunlardır:

- Mobilya ve iç mimaride masif ve kaplama olarak
- Tornalı, kakmalı (marküteri), oymalı işler
- Müzik aletleri ve bilimsel aletlerin yapımı, model yapımı

6.1.2. Ahşap Malzemenin Çeşitleri

Ahşap; doğal, değerli ve çevreyle ilgisi bakımdan korunması gereken bir malzeme olduğu için oldukça pahalıdır. Ayrıca büyük kütlesel kullanımında çalışma riski bulunduğundan günümüzde her üründe masif ahşap görülmez. Ahşabın taşıyıcı görev üstlendiği uygulamalarda ya da ahşap doğramalarda kullanılır.

Ahşabın tomruk hâlinden kesilen ince parçaları, atıkları olan yonga, talaş ve tozlarından üretilen yapay yapı malzemeleri şunlardır:

- Kontrplak (tomruktan kesilen ince parçalar)
- Yonga lifli levhalar (sunta, OSB ve MDF)
- Ahşap talaşlı hafif beton plaklar (heraklit, kontratabla)

6.2. AHŞAP MALZEMENİN ÖZELLİKLERİ

Ahşabın mikroskobik kesit içyapısı (Görsel 6.9); birbirine bitişik, uzun, içi boş, çevresi kapalı, aynı yönde dizilmiş birçok hücreden oluşan bir demete benzetilebilir. Böylece ahşabın doğrusal karakteri oluşur.



Görsel 6.9: Bir ağacın kesit içyapısı

Ahşap, ölü hücrelerden meydana gelmiştir. Sadece kambiyum tabakasının oluşturduğu büyümeyi sağlayan birkaç sıra genç hücre ile dış odundaki paranşima hücreleri canlıdır. Ahşabın bünyesi ise ağacın uzunluğuna paralel, uzun boş hücrelerden oluşur. Bu hücreler, ağacın ekseninden radyal olarak dışa doğru gelişir ve lignin adı verilen reçine ile arada tutulur. Ahşabın kimyasal yapısı selülozdur.

6.2.1. Doğal Ahşap Malzemenin Çeşitlerinin Özellikleri

Doğada farklı yapı ve özelliklerdeki bitkiler, ağaçlar enine ve boyuna gelişir. Ağacın büyümesi, tepe tomurcuğu yardımıyla boy atma şeklinde görülür. Gövde kalınlaşması ise her evrede yeni bir silindirik tabakanın bir önceki halkaya eklenmesi ile oluşur.

Ağacın enine kesitinde büyüme halkaları gözlenebilir. Bu tip büyüme gösteren bitkilere **eksojen bitkiler** denir. Bazı ağaçlar ise eksenel ve boylamasına gelişir. Buradaki büyüme, büyüme halkalarının gelişmesi şeklinde değil yeni liflerin eski liflerle iç içe kaynaşması şeklinde olur. Bunlara da **endojen bitkiler** adı verilir.

Mısır, şeker kamışı, arpa, buğday gibi küçük bitkilerle palmiye, bambu ağaçları bu türdendir. Ağaçların eski halkaları canlılığını zamanla kaybeder. Su, ağaç kuruyunca hücre duvarlarını terk eder. Bunun sonucunda büzülme olayı meydana gelir. Bu nedenle ağaçlar olgunluk dönemlerinde kesilmelidir. Ağacın kesilme zamanı öz suyunun yukarıya doğru yükselmesinden önce olmalıdır. Ekim ve mart ayları dışındaki aylar ağaç kesimi için uygun zamandır.

Tomrukların belirli ölçülere göre uzunluğuna biçilmesiyle elde edilen marangozluk ve yapı malzemesine **kereste** adı verilir.

Mobilya sektörü ve sanayide kullanılan doğrama keresteler ahşap malzemenin kullanılabileceği her yerde tercih edilir. Öncelikle kapı, pencere ve marangozlukta ve gemi güvertelerinde kullanılır.

6.2.1.1. Ahşap Malzemelerin Avantajları

- Ahşabın taşıyıcı sistem elemanlarının hafif olması, beton ve çeliğe oranla montajında büyük kolaylıklar sağlar.
- Hafif oluşu, atölyede hazırlanıp şantiyeye nakli esnasında büyük kolaylık sağlar.
- İşçiliği çok kolaydır. Önemli alet ve makinelere gerek duyulmaz.
- Ahşap malzeme, montajının hemen ardından proje yükü ile yüklenebilir.
- Söküldükten sonra defalarca kullanılabilir.
- Taşıyıcı sistemlerde yükler değiştiğinde ilaveler kolaylıkla yapılabilir. Bu ilaveler ile yükler dağıtılabilir.
- Ahşap, atığı olmayan tek malzemedir.
- Isı karşısında mukavemetini değiştirmez. Bu nedenle ateşten korunduğunda yüksek ısıya en dayanıklı malzeme sayılır.
- Ahşap, kimyasal maddelerin pek çoğundan zarar görmez.
- Su içindeki yapılarda da çok dayanıklı bir malzemedir.
- Yeterli mukavemete sahip olmakla birlikte oldukça hafif bir malzemedir. Betonarmede 2.400 kg/m³ olan birim ağırlığı, ahşap yapılarda en çok kullanılan sarıçamda ise 600 kg/m³tür. Buna karşın basınç ve eğilmeye karşı mukavemetleri birbirine çok yakındır. Bu nedenle çatılarda çeliğe oranla daha çok tercih edilir.

6.2.1.2. Ahşap Malzemelerin Dezavantajları

- Ahşap su alınca şişer (şişme), kuruyunca büzülür. Sonuç sadece boyutların değişmesi ile değil yerine göre çatlakların oluşması ve kesitlerin dönmesi biçiminde olumsuzluklar yaratır. Bu durum, pratikte **ahşap çalışan bir malzemedir** biçiminde ifade edilir. Havanın rölatif nemlilik derecesi dengeli olacak bir biçimde ayarlanmışsa şişme ya da rötre olmaz (havanın %65, ahşabın %18).
- Ahşap anizotrop bir malzemedir. Ahşabın mekanik özellikleri her doğrultuda aynı değildir. Mukavemeti lif yönlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir. Liflere paralel doğrultuda ikinci sınıf bir çam kerestesi için basınç emniyet gerilmesi 85 kg/cm² olduğu hâlde liflere dik doğrultuda 20 kg/cm²dir. Aynı doğrultuda çekme emniyet gerilmesi sıras ıyla 85 kg/cm² ve 0 kg/cm²dir.
- Bazı bitkisel ve hayvansal zararlılardan etkilenerek tahrip olabilir.
- Ahşap, kolay tutuşan ve yanan bir malzemedir. Ancak kesit ölçüleri yeterli biçimde tutulursa yangın sırasında diğer yapılara oranla daha uzun süre taşıma işlevini sürdürebilir.
- Doğal bir malzeme olduğu için mukavemeti her noktasında belirli değildir ve değiştirilemez.

6.2.1.3. Ahşap Malzemelerin Mekanik Özellikleri

- Ahşap malzemeler, heterojen ve anizotrop bir malzeme olduğundan mekanik özelliklerinin incelenmesi zordur. Lifleri yönündeki tüm özellikler; basınç, çekme dayanımları, enine yöndeki dayanımlarından yüksektir.
- Ahşabın hücre boşluklarındaki suya **serbest su** denir. Bu su, kesimi izleyen günlerde buharlaşır. Hücre çeperine yapışmış emme su ise uzun süre ahşap içinde kalır. Kendi hâline bırakılan bir tomruğun kuruması kozalaklılarda iki yılı yapraklılarda ise dört yılı bulur.

- Ahşap malzemeler su içeriğinin fonksiyonuna bağlı olarak şişen, büzülen bir malzeme olduğundan değişik mekanik özellikler gösterebilir.
- Ahşabın liflere uygulanan dik doğrultudaki basınç kuvvetine, lifler doğrultusunda ise kesme kuvvetine karşı dayanımı azdır.
- Ahşaptan üretilmiş yapay ahşap malzemelerin özellikleri ahşabın özelliklerine benzer. Ancak üretim amaçlarına uygun olarak geliştirilen homojen ve izotrop malzemeler, doğal ahşabınki gibi lif yönlerine bağlı olarak değişen değerler gösteremez.
- Değişik hava etkilerinde çabuk yıpranır. Yangına karşı dayanıksızdır.

6.2.1.4. Ahşap Malzemelerin Doğal Kusurları

Ağaçların kesimine göre oluşturulan kerestelerde gözüken doğal kusurlardır. Bu kusurlar şunlardır:

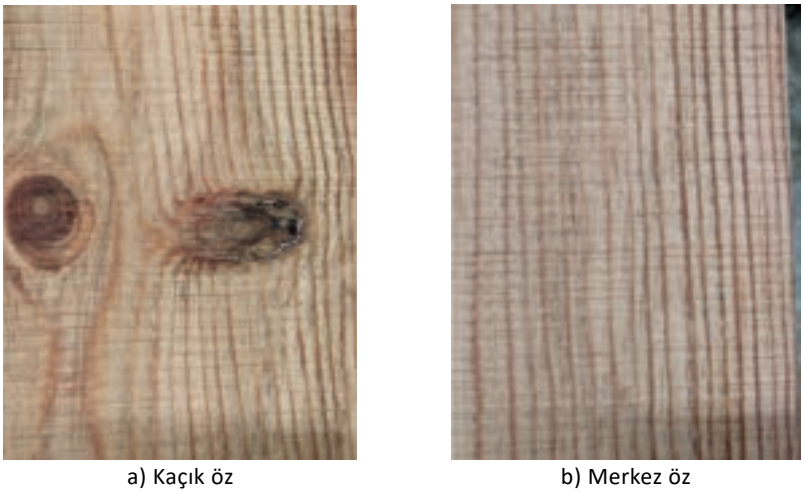
Budak: Dalların gövde içindeki oluşumlarıdır (Görsel 6.10). Serttir, liflerin yönünü bozar, ahşabı işlemede zorluk çıkartır, ahşabın mukavemetini azaltır. Daha çok gövdenin üst kısımlarında bulunur. Kaynak ve düşer budaklar adında iki türü vardır.



Görsel 6.10: Ağaçta budak oluşumu

Ur: Yıl halkalarının gövde dışında oluşmasıdır. Dışarı çıkamayan ağaç sürgününün gövdede oluşturduğu bir yarayı kapatmak için ağacın dengesiz büyümesi urlara neden olabilir. Urlu bölümün kereste olarak kullanımı sakıncalıdır.

Kaçık Öz: Özün merkezde olmaması hâlidir (Görsel 6.11).



a) Kaçık öz b) Merkez öz

Görsel 6.11: Ağaç kaçık özün oluşumu

Arazi yapısı, hâkim rüzgâr, dengesiz güneşlenme ve ağacın cinsi kaçık öze neden olabilir. İğne yapraklılarda çok görülür.

Oluklu Gövde: Gövde dairesel değildir, girintili çıkıntılıdır. Servi, porsuk, kızıl gürgen gibi bazı ağaç türlerinin özelliğidir. Lifler, düzdün olmadığından ahşabın çalışması normal değildir. Ahşapta çatlamaya ve eğilmeye yol açabilir.

Eğri Gövde: Lifler eğri (Görsel 6.12) olduğu için çalışması da ona göredir. Eğri bir gövde ancak eğri bir yapı elemanı olarak kullanılmalıdır.



Görsel 6.12: Eğri ağaç gövdesi

Burulma: Ağacın aşağıdan yukarıya doğru dönerek büyümesiyle meydana gelir. Hâkim rüzgâr ve ağacın cinsi burulmaya neden olabilir. Kızılçam, ladin, köknar, at kestanesi gibi ağaçlarda çok görülür. Buruk ağacın ahşabı çatlar ve eğilir.

Yıl Halkası Düzensizliği: Yıl halkası genişliklerinin hep aynı olması düşünülemez. Ancak çok büyük farkların olduğu ara kesitlerde çatlama ve çalışma farlılıklarından doğan eğrilme ve yüzey işleme zorlukları söz konusu olabilir.

Soğanlanma (Yapraklanma): Yıl halkalarının birbirinden soğan katları gibi ayrılmasıdır. Soğanlanmanın nedenleri arasında güneşlenme durumundaki ani değişiklikler, özel bir mantar ve bazı ağaç cinslerinin özellikleri sayılabilir. Soğanlanmış kerestelerin herhangi bir işte kullanılmaması gerekir.

Reçine Keseleri: Hastalık, böcek ve mantar tahribine ahşabın tepkisi olabilir. Reçine salgısı boyaya zararlıdır. Bu salgının az olduğu durumlarda reçine keseleri yakılarak giderilebilir. Reçine keseleri dayanımı azaltır, kururken dönme ve çatlama yapar. Ayrıca kesme ve rendelemede zorluk çıkarır.

6.2.1.5. Ahşap Malzemelerde Yapıştırma ve Boyama

Eklemeler, ahşap kavelalar yanında tutkal kullanılarak yapıştırılır. Ahşap malzemelerde yapıştırma ve boyama için uygulanacak işlem basamakları şöyledir:

- Tutkallama için ahşabın yüzeyi düzgün olup birleşen parçalar birbirine çok iyi uymalıdır.
- Ahşap yüzeyi kirli, tozlu ve yağlı olmamalıdır.
- Ek yerlerine sürülen tutkal, ahşabın gözeneklerine girmelidir.
- Genellikle yapıştırılacak her iki parçaya da tutkal sürülmelidir.
- Sıkıştırma işlemi olmadan kusursuz bir yapıştırma sağlanamaz.

- Sıkıştırma basıncı, ahşabın liflerini ezmeyecek kadar yapılmalıdır. Sıkıştırma, homojen olmalı ve tutkal kuruyuncaya kadar devam etmelidir.
- Yapıştırma işlemi (Görsel 6.13) lifler doğrultusunda mümkündür. Liflere yapılan dik yapıştırmalar uygun değildir.



Görsel 6.13: Ahşabın tutkal ile yapıştırılması

Boyama, ahşabı korumak için kullanılan en yaygın yöntemdir. Ahşap, boyama işleminden önce hava kurusu hâlinde olmalıdır. Kuru bir ahşap üzerindeki boya hem suyun emilmesini hem de mantar sporlarının ahşaba girmesini önler. Ancak ıslak bir ahşabın boyanması ahşabın kurumasını engeller. Mantarların gelişmesine uygun bir ortam hazırlayarak üremeyi ve çürümeyi hızlandırır.

Ahşap, daha önce mantarlar tarafından zarar görmemiş olmalıdır. Yüzey koruyucu tabaka ahşabın nefes almasını engellememelidir. Boyanın yeterli kalınlık ve homojenlikte sürülmesi ve zaman zaman yenilenmesi gerekir. Düzenli aralıklarla yapılan boyama önemli bir bakım ve koruma işlemidir (Görsel 6.14).



Görsel 6.14: Boyanmış ahşap yat

Boyanın sökülmesi gerektiğinde mevcut yöntemler içinden ahşaba en az zararlı olanı seçilmelidir. Ayrıca seçilen yöntem ahşabı tahrip etmemeli, gerektiğinde boyayı kat kat çıkararak alt kattaki orijinal boyanın korunmasını sağlamalıdır.

Boya sökme işlemini yapan kişiler iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uymalıdır. Başlıca üç tür boya sökme işlemi vardır.

Kazıma ve Zımparalama: Sökme işleminde önce bir spatula veya boya kazıyıcı kullanılarak boyanın sökülmesine çalışılır. Kazıma işleminden sonra zımparalama yapılır.

Isı Yöntemi: Isı uygulayarak boya yumuşatılır. Sonra kazıyarak, ardından zımparalayarak boya sökülebilir. Boyanın ahşaba kadar tümüyle sökülmesi gerekiyorsa bu yöntem uygundur. Uygulama için özel elektrikli ütü, elektrikli sıcak hava tabancası gibi aletler önerilir. Kullanımı sakıncalı olan aletler ise pürmüz lambası, bütan gazı ve alev lambasıdır.

Kimyasal Yöntemler: Kimyasal sökücüler sürülerek boya yumuşatıldıktan sonra kazıyıp, zımparalanarak uygulanılır. Özellikle çok ince ve girintili çıkıntılı süslememeler, ısı yöntemiyle tümü çıkarılamayan bölgeler ısının erişemediği yarık ve çatlaklar, ısı yüksekliğinden dolayı çatlayıp kırılabilecek pencere kayıtları ve vernikler üzerinde yararlı bir işlemdir. Solvent esaslı sökücüler, kostik sökücüler gibi malzemeler kullanılır.

6.2.2. Masif ve Kontrplak Malzemelerin Özellikleri

Ahşaptan oluşan parçaların ve parçacıkların özel reçineler ile karışımından oluşur.

6.2.2.1. Masif Ahşap

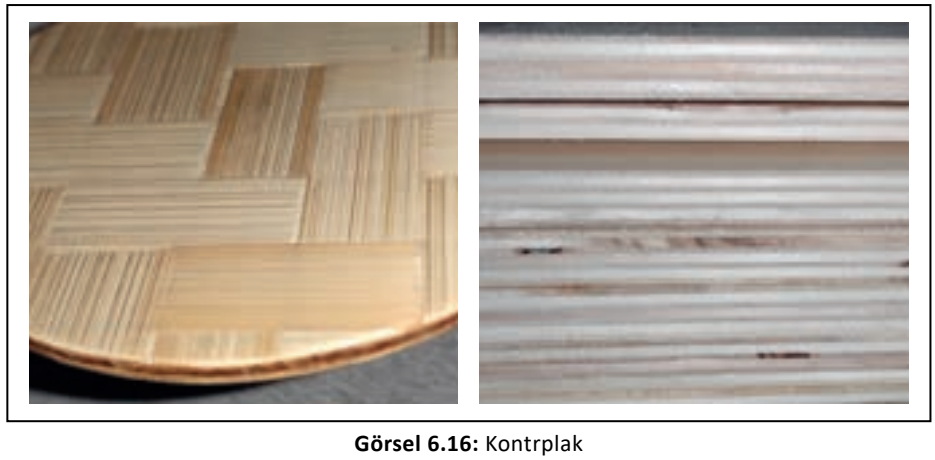
Kütlesel olarak hiçbir katkı ürünü içermeyen yalnızca ahşaptan oluşan ürüne **masif** adı verilir (Görsel 6.15).



Görsel 6.15: Masif ahşap

6.2.2.2. Kontrplak

Bir tomruğun kabuğundan başlanarak dıştan içeri doğru spiral şekilde bıçakla yontulması işlemiyle ince bir ahşap plaka elde edilir. Bu plakaların damarları şaşırtılarak ve damarların arasına özel bir reçine katılarak elde edilen levhaya **kontrplak** adı verilir (Görsel 6.16).

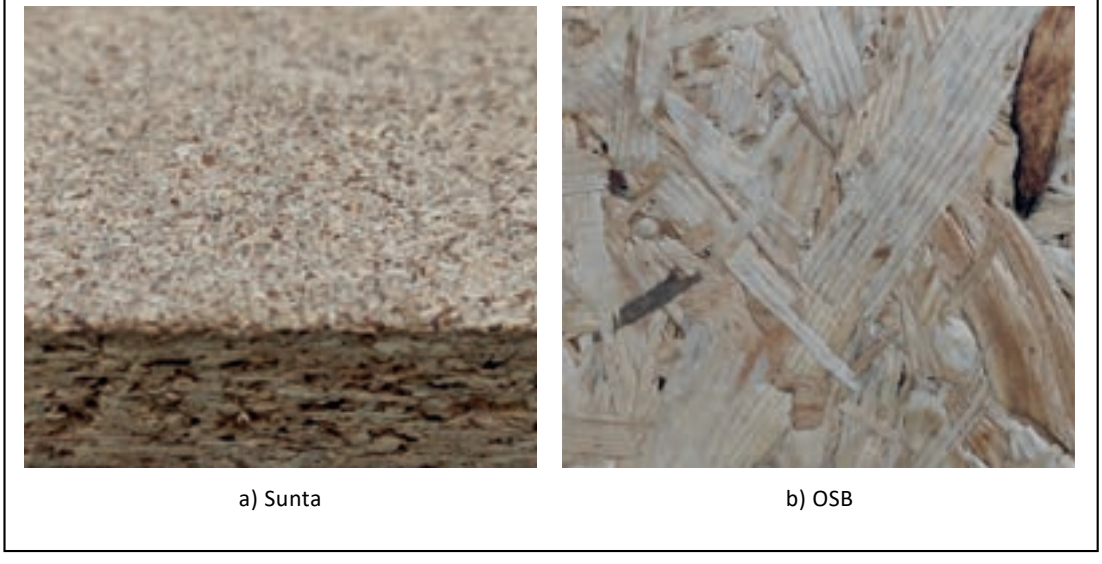


Görsel 6.16: Kontrplak

Bu ucuz ve çok işlevli malzeme, dolap arkalarından çekmecelere kadar çok geniş bir yelpazede kullanılır. Tutkalı ve ağacı özel seçilen, suya dayanıklı kontrplaklar da vardır. Bu kontrplaklar **su kontrası** veya **marin kontra** ismiyle anılır.

6.2.2.3. Lifli Ahşaplar

Yonga Levha (OSB): Bu malzeme uzun yıllardır marka adı olan **sunta** ile anılır. Talaşın sıcak basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilen levha biçimindeki malzemedir (Görsel 6.17). Masif ahşaba göre daha hafif olduğu için mobilya gövdelerinin üzerine kaplama yapılarak kullanılır. Suntalar suya ve neme yeterince dayanıklı değildir. OSB levhalar çatı ve duvar kaplama malzemesi olarak kullanılır.



a) Sunta b) OSB

Görsel 6.17: Lifli ahşaplar

MDF: Ahşap elyafın özel reçine ile sıcak baskı altında sıkıştırılmasıyla elde edilen dayanıklı malzemeye **MDF** denir (Görsel 6.18). Yonga levhayla karşılaştırıldığında neme karşı daha dayanıklı olmasına rağmen suya karşı dayanıklı sayılmaz.



Görsel 6.18: MDF malzeme

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Ahşabın hücre boşluklarındaki suya …….. denir.
2. Talaşın sıcak basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilen levha biçimindeki malzemeye …….. adı verilir.
3. Tutkalı ve ağacı özel seçilen, suya dayanaklı kontrplaklara …….. denir.
4. Ahşabın …….. kuvvetine karşı dayanımı azdır.
5. Bir tomruğun kuruması, kozalaklı ağaçlarda iki yıl, yapraklı ağaçlarda ise …….. yıl sürer.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. I. Plakaların damarları şaşırtılarak ve damarların arasına özel bir reçine koyularak elde edilen levhalardır.

II. Çok işlevli ve ucuz bir malzemedir.

III. Dolap arkalarından çekmecelere kadar çok geniş bir yelpazede kullanılır.

Özellikleri verilen malzeme aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kaplama B) Kontrplak
C) Sunta D) Tahta
E) Yonga

7. Ahşap elyafın özel reçine ile sıcak baskı altında sıkıştırılmasıyla elde edilen, suntaya göre daha dayanıklı olan malzeme aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kontrplak B) Masif
C) MDF D) OSB
E) Talaş

8. Aşağıdakilerden hangisi ahşap malzeme kullanımının dezavantajları arasında yer alır?

A) Su alınca şişer, kuruyunca büzülür.
B) Hafif oluşu kolaylık sağlar.
C) İşçiliği kolaydır.
D) Kullanımı sonucunda atık oluşmaz.
E) Sökülüp tekrar kullanılabilir.

9. Aşağıdakilerden hangisi masif ahşabın özelliklerinden biri değildir?

A) Kütlesel olarak hiçbir katkı ürünü içermez.
B) Ahşaba göre daha ağır olduğundan mobilya kaplaması olarak kullanılır.
C) Büyük kütlesel kullanımında çalışma riski bulunur.
D) Ahşap doğramalarda tercih edilir.
E) Doğal ve değerli bir malzemedir.

10. Ham maddesi ağaç olan tomrukların belirli ölçülere göre uzunluğuna biçilmesiyle elde edilen marangozluk ve yapı malzemesidir.

Bu tanım aşağıdakilerden hangisine aittir?

A) Kereste B) Kontrplak
C) MDF D) OSB
E) Sunta

11. Aşağıdakilerden hangisi sudan az etkilenen ve su altında çalışabilen ahşap ürünlerinden biridir?

A) Kestane B) Kontrplak
C) MDF D) OSB
E) Sunta



7. ÖĞRENME BİRİMİ

KOMPOZİT MALZEMELER



13653

KONULAR

7.1. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ

7.2. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Kompoziti oluşturan bileşen malzemeleri
- Kompozit malzemelerin uygulama özellikleri

TEMEL KAVRAMLAR

fiber, elyaf, matris, bileşim, pul-partikül, dolgu, polyester, reçine

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Kompoziti oluşturan malzemeleri nelerdir? Belirtiniz.

2. Kompozit gemi çeşitlerinin kullanım alanları hakkındaki düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.1. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÇEŞİTLERİ

Kompozit malzemeler; metalik, organik ve inorganik esaslı yapı bileşenlerinden (kombinasyonundan) oluşur. Karışımlarda herhangi bir sınırlama olmamakla birlikte yapı bileşenlerinin sahip olabilecekleri geometrik şekiller sınırlıdır. Bileşenlerine ayrılmış farklı özellikteki maddelerin ortak bir yapı oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle üretilen malzemelere **kompozit malzeme** denir.

Belirli bir uygulama için amaca en uygun özelliklere sahip malzemeler uygun tekniklerle bir araya getirilir. Yapı bileşenlerinin farklı karakteristik özellikleri kompozit malzeme yapısında bütünleşir. Bu nedenle kompozitin sahip olduğu özelliklerin tümünün tek bir yapı bileşeninde görülmesi mümkün değildir

Plastik malzemelerin dayanımının, fiziki dayanımının (rijitlik) ve ergime sıcaklığının düşük olması bu tür malzemelerin kullanım alanını sınırlayan başlıca etkenlerdir. Plastiklerin avantajlarından yararlanmak, arzu edilmeyen özelliklerini gidermek veya düşük düzeylerde tutabilmek için kompozit malzeme şeklinde tasarlanması mümkündür. Bunun için cam, grafit, asbest, mika, selüloz veya metallerden yararlanılabilir.

Kompozit malzeme tasarımındaki amaç malzemenin fiziksel, mekanik veya kimyasal özelliklerden herhangi birinin veya birkaçının geliştirilmesine yönelik olabilir. Kompozitlerin başlıca yapı bileşenleri şunlardır:

- Matris
- Fiberler
- Partiküller
- Pullar
- Tabakalar

Matris: Hacim bileşeni olan matrisin esas fonksiyonu; fiber, partikül, pul gibi diğer yapı bileşenlerinin kendi bünyesinde dağılmasını sağlamak, bu bileşenler arasında bağlayıcı bir faz etkisi göstermek, süreksiz fiber kompozitlerde olduğu gibi malzemeye gelen gerilimleri pekiştirici faza iletmek ve kompozit malzemenin uygun tekniklerle şekillendirilmesini sağlamaktır.

Bunun yanı sıra matrisin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri, kompozitin özelliklerini belirli ölçülerde etkiler.

Fiber, Partikül, Pul ve Tabakalar: Kompozitin içyapısını oluşturan bileşenlerdir. Bu bileşenler çoğu zaman bir matris malzemesi içinde yer alabilir. Bazı kompozitlerde hacim bileşeni olan matris mevcut değildir.

İki veya daha fazla sayıda farklı malzeme tabakalarının arasında bir bağ oluşturarak meydana gelen bileşik tabakalar ve sandviç yapıları bu tür kompozitlere örnek gösterilebilir.

Kompozit malzemelerde yapıyı oluşturan bileşenler, birbiri içinde çözünmez ve kimyasal olarak etkisiz (inert) davranır. Ancak metalik sistemlerde düşük oranlarda olsa bile bir miktar çözünme ve bileşenler arasında kompozit özellikleri etkileyebilen ara yüzey reaksiyonları görülebilir.

Farklı türde fiberlerden oluşan bazı keçe ve dokumalar da tek başına veya bağlayıcı fazla birlikte kullanılır. Kompozit malzemeler en az iki yapı bileşeninden meydana geldiğinden bileşenler arasında sınır oluşturan bir ara yüzey mevcuttur. Bu ara yüzey, monolitik malzemelerdeki tane sınırlarına özdeştir. Bazı kompozitlerde yapı bileşenleri arasında ara faz olarak adlandırılan ayrı bir bölge görülebilir.

Plastiklerin pekiştirilmesinde kullanılan cam fiberler üzerine uygulanan kaplama malzemeleri bir ara faz olarak kabul edilebilir. Bu ara faz, cam fiberler ve plastik matrisle ayrı ayrı birer ara yüzey oluşturur.



Kompozit malzemelerin değişik şekillerde gruplandırılması mümkündür. Matris malzemesi türlerine göre şöyle gruplandırılabilir:

- Metalik kompozitler
- Polimerik kompozitler
- Seramik kompozitler

Yapı bileşenleri şekillerine göre de şöyle gruplandırılır:

- Fiber kompozitler
- Partikül kompozitler
- Pul kompozitler
- Dolgulu (kafes) kompozitler
- Tabaka yapılı kompozitler

7.1.1. Fiber Kompozitler

Mühendislikte kullanılan malzemelerin pek çoğu fiber şeklinde üretildiklerinde mukavemet ve fiziki dayanımlarının değerleri, kütle hâlindeyken gösterdikleri değerlerin çok üstünde olabilir. Yüksek performanslı kompozit malzemelerin geliştirilmesi, yüksek mukavemet ve dayanıma (rijitliğe) sahip fiberlerin üretimleri ile gerçekleşmiştir. Günümüzde kullanılan fiber kompozit çeşitleri şunlardır:

- Metalik-organik-seramik esaslı fiberler
- Sürekli-süreksiz fiberler
- Fiber-matris ve fiber-fiber kompozitler

Metalik-Organik-Seramik Esaslı Fiberler: Bunlardan yapılan kompozitler, düşük performanslı ev eşyaları ve spor malzemeleri üretiminden yüksek performanslı roket motorları ve uçak kanatları üretimine kadar değişen kullanım alanlarına sahiptir.

Sürekli-Süreksiz Fiberler: Yapı içinde bir uçtan diğer bir uca uzanan fiberlerdir. Uzun fiberlerin değişik boyda kesilmesi ile elde edilen süreksiz fiber veya elyaflar ile çeşitli dokuma, örgü ve keçeler şeklinde kullanılmaya elverişlidir.

Günümüzde kullanılan sürekli ve süreksiz fiberler genellikle dairesel kesitlidir. Ancak dikdörtgen, hekzagonal, poligonal ve içi boş dairesel kesitli fiberler de kullanılabilir.

Dikdörtgen kesitli fiberler mükemmel paketlenme özelliklerine sahiptir. Bir başka deyişle birim hacimde kullanılabilen fiber oranı yüksektir.

Hekzagonal şekilli tellerin mukavemetlerinin çok yüksek olmasına karşın kompozit malzeme üretiminde bazı zorluklarla karşılaşılır. Fiberler, sürekli ve değişik uzunlukta süreksiz fiberler hâlinde kullanılır. Fiber uzunluğu, mekaniksel özelliklerin yanı sıra kompozit üretim sürecini ve (proses) seçimini de etkiler.

Sürekli fiberlerle çalışılması genellikle daha kolay olmakla beraber bunların tasarım serbestliği süreksiz fiberlere göre çok daha sınırlıdır. Sürekli fiberlerin tipik uygulamalarından biri filaman sarma tekniğidir.

Plastiklerin pekiştirilmesinde reçine ile emprenye edilen filamanlar, üretilen parça şekline sahip bir mandrel üzerine sarılır. Bu teknikle ancak basit silindirik şekilli parçalar üretilebildiğinden karmaşık yapılı kompozitlerde süreksiz fiberler tercih edilir. Kompozit üretiminde kullanılan değişik örgü ve dokumalar da sürekli fiberlerden yapılır.

Fiber-Matris ve Fiber-Fiber Kompozitler: Fiber-matris kompozitlerinin yanı sıra fiber-fiber kombinasyonundan oluşan kompozitler de endüstride kullanılır. Bu tür malzemelere örnek olarak ağır, sıcak metallerin taşınmasında kullanılan asbest-metal fiberlerinden oluşan konveyör kayışları gösterilebilir.

Fiber-matris kompozitlerin mühendislik performansını etkileyen en önemli fiberlerin şekli, uzunluğu, yönlenmesi matrisin mekaniksel özellikleri ve fiber-matrisin ara yüzey özellikleridir.

Fiber kompozitlerin (Görsel 7.1) mekanik özelliklerini etkileyen önemli faktörlerden biri de pekiştiriciliği ile matris arasındaki ara yüzey bağıdır. Ara yüzey bağı, özellikle süreksiz fiber kompozitler için kritik bir öneme sahiptir.



Görsel 7.1: Fiber kompozit malzeme örneği

Kompozit malzemeye dışarıdan uygulanan gerilmeler, ara yüzeydeki kayma gerilmeleri vasıtasıyla matristen fiberlere transfer edilir. Bu bağların zayıf olması durumunda yükleme koşullarında fiberler kopmadan matristen sıyrılır ve gerilim, düşük mukavemetli matrise büyük ölçüde etki eder. Matrisle fiberler arasında fiziksel ve kimyasal uygunluğun mevcut olmadığı veya uygun şekil verilerek tekniğinin seçilmemesi durumunda ara yüzey özellikleri zayıflar. Bu nedenle kompozit malzeme tasarımları ve seçiminde ara yüzey özellikleri yeterince analiz edilmelidir.

Bileşenler arasında uygunluğun sağlanması ve arzu edilmeyen ara bileşiklerin oluşumunun engellenmesi için uygulamalarda sık sık başvurulan yöntem, fiberlerin uygun bir malzeme ile kaplanmasıdır. Kaplama malzemesi hem fiberle hem de matrisle uyumlu olmalıdır.

Fiber kompozitlerde matris malzemesinin esas fonksiyonu; fiberleri bir arada tutmak, fiberlerin arasında bağlayıcı bir faz etkisi göstermek, yüzeylerini korumak, kompozit malzemenin şekillendirilmesini sağlamak ve gerilmeleri yüksek mukavemetli fiberlere iletmektir. Matris malzemesinin kendi özellikleri kompozit özelliklerini belirli ölçüde etkiler.

7.1.1.1. Fiber ve Matris Bileşimleri (Kombinasyonları)

Fiber kompozitler, bileşenlerin organik veya inorganik esaslı olmalarına göre şöyle gruplandırılır:

- Organik fiber-organik matris
- İnorganik fiber-organik matris
- İnorganik fiber-inorganik matris

Organik fiber-organik matrisin bileşimlerine göre çeşitleri şunlardır:

- Rayon ve naylon iplikleriyle pekiştirilmiş lastikler (otomobil lastikleri)
- Selüloz takviyeli polietilen ve termoset reçineler
- Grafit takviyeli epoxy, polfimid
- Polietersülfon
- Fenolik reçineler

İnorganik Fiber-Organik Matris: Düşük ağırlıklı yüksek mukavemetli kompozitlerin en önemlileridir. İnorganik fiber-organik matrisin bileşimlerini oluşturur. Bu tür kompozitlerde seçilebilecek değişik yapı bileşenleri bulunmakla beraber cam fiberleriyle pekiştirilmiş plastiklerin uygulama potansiyeline henüz diğer yapı bileşenleri ile ulaşılamamıştır.

Cam fiberleriyle pekiştirilmiş roliesterler, epoxy reçineleri, polistiren, polikarbonat, polivinilklorür kompozitleri endüstrinin çeşitli dallarında kullanılır.

Plastiklerin pekiştirilmesinde cam fiberlerin yanı sıra metalik fiberler de kullanılabilir. Örneğin kısa boylu metalik fiberlerin rastgele dağılımı ile pekiştirilmiş epoxy kompozitlerinin darbe mukavemetleri ısıl distorsiyon sıcaklıkları ve ısıl iletkenlikleri cam-epoxy kompozitlerinden daha iyidir. Kuvars, zirkonyum-oksit gibi refrakter seramik fiberler, termoset plastiklerin kullanım sıcaklıklarını yükseltmek için kullanılabilir.

İnorganik Fiber-İnorganik Matris: Bu kompozitlerin geliştirilmelerinin esas nedenlerinden biri, organik malzemelerle kazanılamayan yüksek sıcaklık performansına ulaşmaktadır. Refrakter karekterli yüksek mukavemetli ve modüllü seramik tellerle pekiştirilmiş metaller bu yönden oldukça kullanışlıdır. Alüminyumoksit, silisyum, silisyum nitrür, silisyum karbür telleri metallerin pekiştirilmesinde kullanılır.

Sürekli metalik teller de metallerin pekiştirilmesinde kullanılabilir. Tungsten tel takviyeli bakır, molibden telleriyle pekiştirilmiş titanyum kompozitleri, berilyum fiberleriyle pekiştirilmiş titanyum alaşımları bunlara örnek olarak gösterilebilir.

Metalik fiberler arzu edilen formda kompakt hâle getirilip sinterlenerek metalik keçeler üretilir. Bu keçeler arasındaki boşluklara düşük ergime sıcaklığına sahip matris metali sızdırıldığında değişik derecelerde gaz ve sıvı geçirgenliğine sahip kompozitler elde edilir.

Bu tür kompozitler yağlanmaya ihtiyacı olmayan yatak malzemeleri şeklinde kullanılabilir. İnorganik fiber-inorganik matris bileşimine diğer bir örnek metalik tel örgüleri ile pekiştirilmiş seramiklerdir.

Seramik malzemelerin ısıl şok dirençleri ve mukavemetleri metalik fiberlerle arttırılabilir. Karbon fiberleriyle pekiştirilmiş cam ve cam-seramikler, grafit fiber takviyeli seramik ve metaller, organik fiber-inorganik matris bileşimlerine örnek olarak gösterilebilir.

Grafit, bilinen en iyi yüksek sıcaklık malzemelerinden biri olduğundan refrakte seramikler için ideal bir pekiştiricidir. Grafit fiberler, normal olarak havada 427 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda okside olmakla beraber seramik yapı içinde kaldığında oksidasyona karşı korunur.

7.1.2. Pul Kompozitler

Kompozit malzeme terminolojisinde küçük boyutlu, genişlik ve kalınlık oranı yüksek olan film veya düz levhasal şekilli partiküller **pul**, bunların uygun bir matris veya bağlayıcı faz ile oluşturdukları yapılar da **pul kompozitler** olarak adlandırılır.

Matris içinde yer alan pulların yoğunluğu (konsantrasyonu) düşük olabileceği gibi birbiri ile temas etmelerini sağlayacak derecede yüksek değerlerde de olabilir.

Düzlemsel yapıya sahip pullarla sıkı bir paketlenme elde edilebilir. Pulların birbirine paralel sıralanmaları durumunda kompozit malzeme, pul düzlemi içinde her yönde eşit mekanik özellikler gösterir. Bu tür bir sıralanma yüksek pul konsantrasyonlarında gerçekleştirilirse labirent şekilli bir iç yapı elde edilir. Böyle bir yapı, sıvı veya gazların malzeme içine geçişi için engel teşkil eder. Ancak pratikte pulların paralel sıralanmalarını sağlamak oldukça güçtür.

Pul kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri şunlardır:

- Pulların paralel sıralanması ve yoğunluğuna bağlı kalarak değişebilir.
- Kompozit malzemenin ısıl ve elektriksel iletkenlik veya yalıtkanlık gibi fiziksel özellikleri de pul yoğunluğuna göre değişir.

- Düşük yoğunluklarda pul düzlemine dik yönlerdeki mekanik özellikler düşük olmakla beraber pul uyumu artırılıp düzlemler arası mesafe küçültüldüğünde matrisin serbestçe deforme olması sınırlandırılır.
- Metalik bir matris içinde birbiri ile temas edecek oranda cam veya mika pulları yer aldığında ısıl ve elektriksel direnç artarken polimerik matris içindeki alüminyum veya gümüş pulları ısıl ve elektriksel iletkenliği arttırır.
- Pullar fiber yapılı pekiştiricilere göre daha uygun fiyatlı olmakla birlikte pul şeklinde üretilebilecek malzemelerin sayısı oldukça sınırlıdır.
- Pulların şeklinin ve boyutlarının kontrolü de zordur.

Örneğin mika pullarının üretiminde madencilik aşamasından başlanarak özel hazırlama tekniklerinin uygulanması gerekir.

Yapay olarak üretilen cam pullarda ise pul kenarlarında çatlak ve çentiklerin oluşmaması için özel bir dikkat gerekir. Pul malzemesi olarak en çok kullanılan cam, mika ve bazı metallerdir. Plastiklerin pekiştirilmesinde kullanılan cam pullar, cam fiberlere göre bazı üstünlüklere sahiptir. Cam pulların üstünlükleri şunlardır:

- Pullar kendi düzlemleri içinde büküldüğünde eğme fiziki dayanımı (rijitlik) daha yüksektir.
- Pul düzlemi içinde üniform mekaniksel özellikleri barındırır.
- Düzlemsel şekilleri nedeniyle daha yüksek hacim oranlarında kullanılabilir.
- Pul üretimi fiber ve kumaş üretimine göre daha ucuzdur.
- Pul kompozitlerin labirent şeklindeki yapıları nedeniyle nem, buhar ve sıvıların yapıya girmeleri daha zordur.
- Elektronik devre levhaları, izolatörler, polarize ışık panelleri cam pul takviyeli epoksi ve polyester reçinelerinin uygulamalarına örnek olarak gösterilebilir.
- Camın yanı sıra en çok kullanılan pul malzemesi mikadır.
- Pul mika kompozitleri özellikle de elektrik ve ısıl direncin önemli olduğu uygulamalarda kullanılır.
- Pulların boyutu uygulama amacına bağlı olarak toz kabul edilebilecek kadar küçük veya daha büyük boyutlu olabilir.

Metalik pullar; sıvı ve gaz geçirgenliğini önlemek, korozyon direncini artırmak, ısıl ve elektriksel iletkenliği yükseltmek veya dekoratif bir özellik kazandırmak amacıyla uygun bir matrisle beraber kullanılır. Pul hâlinde kullanılabilecek metaller az sayıdadır. Alüminyum ve gümüş, pul üretiminde kullanılan ilk metallerdir.

7.1.3. Partikül Kompozitler

Partikül kompozitler, bir veya iki boyutlu makroskobik partikül veya sıfır boyutlu olarak kabul edilen çok küçük mikroskobik partiküllerin matris fazı ile oluşturdukları malzemelerdir.

Makroskobik veya mikroskobik boyutlu partiküller kompozit malzeme özelliklerini farklı şekilde etkiler. Partikül takviyeli kompozitlerin fiber ve pul kompozitlerden ayrılmasını sağlayan karakteristik özellikleri, partiküllerin matris içinde tamamen rastgele dağılması ve malzemenin bu nedenle izotropik özellik göstermesidir.

Partikül takviyeli kompozitler sermetlerle ve dispersiyonla sertleştirilmiş alaşımlar şeklinde iki grup hâlinde incelenir.

7.1.4. Sermetler

Metalin içinde seramik tozlarının dağıldığı kompozit malzemelerdir. Seramik ve metal fazların karışımıdır.

Sermet kompozitleri oksit veya karbür esaslı olarak kullanılır.

Oksit Esaslı Sermetler: Metal veya seramik fazdan herhangi biri partikülü, diğeri ise bileşeni oluşturabilir. Oksit esaslı sermetler, işlenmesi zor olan malzemelerin yüksek hızla kesilmesinde kullanılan takım malzemelerinin üretiminde kullanılır. Oksit esaslı sermetler, toz metalürjisi tekniği ile şekillendirilir.

Karbür Esaslı Sermetler: Metalik bağlayıcı (matris) faz ile karbürlerin bileşiminden oluşur. Karbürler, sert aşınma direnci olan ergime sıcaklıkları yüksek malzemelerdir.

Tungsten karbür, krom karbür, titanyum karbür ve bor karbür en çok tanınan karbürlerdir. Bağlayıcı olarak kobalt ve alaşımları kullanılır. Bu tür kompozitler; sert metallerin kesilmesinde, zırh olarak askeriyede ve kazı-sondaj aletlerinde kullanılır.

7.1.5. Dolgu Kompozitler

Dolgu tipindeki kompozitler, üç boyutlu sürekli bir matris malzemenin üç boyutlu dolgu maddesi ile doldurulması veya emprenye edilmesi ile oluşan malzemelerdir.

Matris çeşitli geometrik yapıya sahip iskelet yapıdadır. Düzgün petekler, hücreler veya süngere benzeyen gözenekli yapılar arasında mekanik, organik ve seramik esaslı dolgu maddesi yer alabilir. Bu tür kompozitler sandviç kompozit olarak bilinir. Optimum özelliklere sahip kompozitlerin üretimi için birbiri içinde çözünmeyen ve kimyasal reaksiyon vermeyen bileşenler seçilmelidir.

Günümüzde kullanılan doldurulmuş türdeki kompozitlerin önemli bir bölümünde gözenekli yapıya sahip matrisler kullanılır. Matris üretimi sırasında oluşan bu düzensiz yapıdaki gözenekle metalik, polimerik, seramik malzemelerle doldurulur.

Örneğin toz metalürji tekniği ile üretilen parçalarda gözenekler arasına düşük ergime sıcaklığına sahip metaller filtre edilip doldurulduğunda ısıl şok direnci ve yüksek sıcaklık dayanımı arttırılabilir. Gözenekli yapıda tungsten içerisine sızdırılan bakır ve gümüşten oluşan kompozitler bunlara örnek gösterilebilir.

Roket nozulları gibi uygulamalarda tungstene göre daha düşük ergime sıcaklığına sahip bakır ve gümüşün ortamdaki ısıyı absorbe ederek buharlaşmasıyla tungstenin kullanım sıcaklık kapasitesi arttırılmış olur.

Gözenekli molibden veya tungstenin bakır veya gümüş ile empreyne edilmesiyle elde edilen kompozitler elektrik mühendisliğinde yüksek akım devrelerinde kullanılır.

Metal empreyne edilmiş grafit kompozitler ise aşınma direnç ve elektrik iletkenliklerinin yüksek olması nedeniyle rölelerde kontak malzemesi veya devre kesici malzeme olarak kullanılır.

7.2. KOMPOZİT MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

Kompozit malzemeler, 1940'lı yıllarda ilk kez gemi yapımında kullanıldı. Bu malzemeler öncelikle savaş gemisi, balıkçı teknesi ve yat yapımında kullanıldı. Teknelerde kullanılan ana kompozit malzemeler şunlardır:

- Karbon fiber
- Cam fiber
- Aramid fiber

Gemilerde kullanılan kompozitlerdeki matris genellikle reçinedir. Takviye malzemesi ise cam şeritler (cam elyaf) karbon elyafları veya aramid elyaflardan oluşur.

Günümüzde gemi gövdelerinin yapımında kullanılan metalik ve metal olmayan malzeme (kompozit malzeme) olmak üzere iki tür gövde malzemesi bulunur.

Kompozit uygulamasında açık bir kalıpta tabaka hâlinde ve istenen açıda elle sarılan elyaflara fırçayla reçine emdirilir. Bu metotta genellikle fiberglas (cam elyaf) ile polyester reçine kullanılır. Bu yöntemle tekne, su deposu ve otomobil parçaları yapılır. Çok dayanıklı malzemeler malzeme olan karbon, fiber veya aramid ve epoksi matrisi kullanılmasıyla yapılan tekneler, yüksek maliyetleri nedeniyle sportif amaçlı tekne ve yat olarak kullanılır (Görsel 7.2).



Görsel 7.2: Fiber kompozit malzemeden yapılmış yatlar

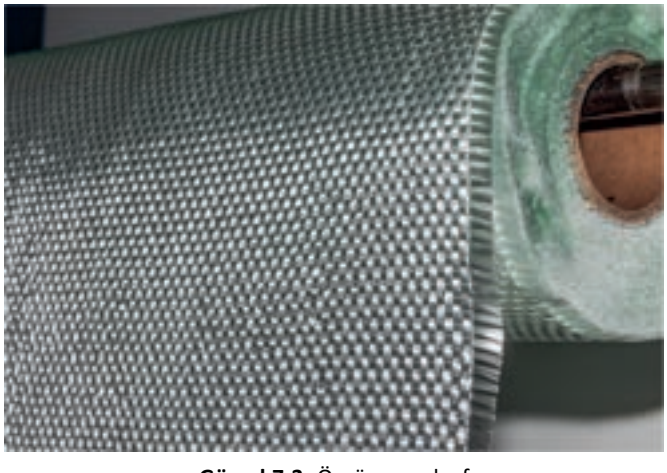
1940'lı yıllarda geliştirilen cam takviyeli polyester, günümüzde en çok kullanılan ilk polimer esaslı kompozit malzemedir. Bugün üretilen kompozit malzemelerin yaklaşık %85'i cam takviyeli kompozit malzemedir.

Kompozit malzemeler; ilk olarak mayın gemileri, küçük gemiler, kısmen büyük ve orta büyüklükteki gemilerde ana gövdenin inşasında kullanılmıştır. Kompozit malzemelerle üretilmiş deniz araçları, ticari ve askerî olmak üzere 30 metre uzunluğa kadar çeşitli boy ve biçimde sınıflandırılır.

Kompozitin çok fazla çeşidi vardır ve %90'ı polimer esaslı matrislerle üretilir. %90'ı polimir esaslı matris malzemelerine **takviye edilmiş plastik malzeme** denir.

Kompozit malzemelerde kullanılan başlıca elyaf türleri ve özellikleri şöyledir:

Cam Elyaf: Elyaf takviyeli kompozitler arasında en bilinen ve en çok kullanılan malzemedir (Görsel 7.3).



Görsel 7.3: Örgü cam elyaf

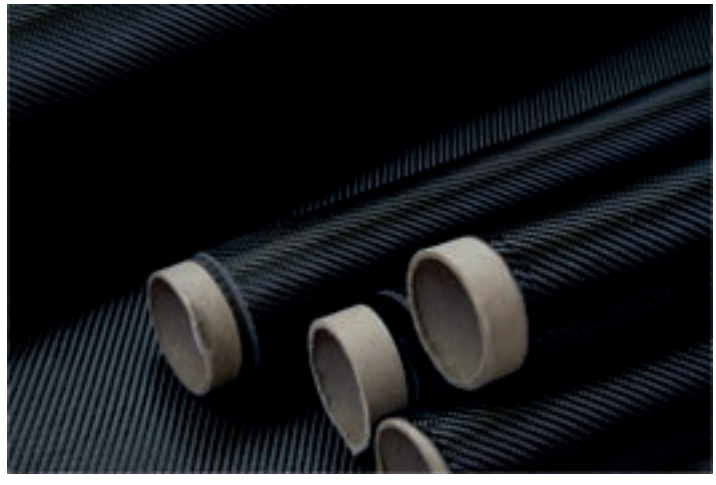
Cam elyaf biçimlendirildikten sonra yıpranma dayanımının artması için kimyasallarla kaplama işlemine tabi tutulur. Cam elyaf (Görsel 7.4), karbon ve aramid elyaflarından daha yüksek dayanıklılık özelliğine sahiptir.



Görsel 7.4: Cam elyaf

Karbon Elyaf: Karbon lifleri dünyada bilinen en sağlam malzemelerden biridir. Bu lifler yumuşaktır ve kolayca şekil alabilir.

Karbon elyafı demet, şerit ve kumaş hâlinde üretilir (Görsel 7.5). Yanmayan, korozyona uğramayan hafif bir üründür. Bilgisayar gövdesi ve cep telefonu kasası yapımında, otomotiv sektöründe karbon elyaf teknolojisi öne çıkar. Karbon elyaf, epoksi matrisler ile birleştirildiğinde aşırı derecede dayanıklılık ve sertlik özelliği gösterir.



Görsel 7.5: Karbon elyaf

Karbon elyafların piyasada bulunan iki ayrı türü ve bunların kullanım alanları şöyledir:

- Sürekli karbon elyaf; dokuma, örgü ve tel bobin uygulamalarında kullanılır.
- Kırpılmış karbon elyaf; genellikle enjeksiyon kalıplama, basınçlı kalıplama, makine parçaları ve kimyasal valf yapımında kullanılır.

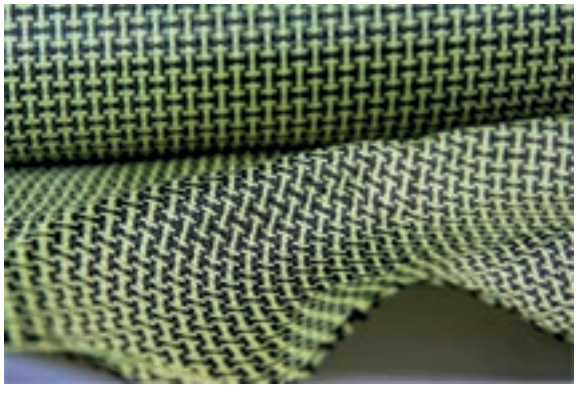
Bor Elyafı: Bor elyaflar kendi içlerinde kompozit yapıdadır. Çekirdek olarak adlandırılan ince bir flamanın üzerine bor kaplanarak imal edilir. Çekirdek genellikle tungstendir. Karbon çekirdek kullanılarak da imal edilebilir ancak bu yeni bir uygulamadır.

Bor elyafı, çekme dayanımı yüksek dayanım (YD) sınıfından karbon elyafa eş değerdir. Bor elyafın basma dayanımı ise karbon elyafın dayanımının yaklaşık iki katıdır. Diğer elyaf çeşitleri şunlardır:

- Oksit elyafı
- Yüksek yoğunluk polyetilen elyafı
- Poliamid elyafı
- Polyester elyafı
- Doğal organik elyaflar

Bu elyaflar arasında en çok cam karbon ve aramid elyaflar kullanılır.

Aramid Elyaf: ''Aramid'' kelimesi bir çeşit naylon olan aromatik poliamid maddesinin adından türetilmiştir. Aramid elyaf (Görsel 7.6) çoğunlukla tekne gövdesi, yelkenliler ve yatlar için yelken direği üretiminde kullanılır.



Görsel 7.6: Aramid elyaf

Kompozit Malzemelerde Dolgu Malzemeleri ve Özellikleri (Matris-Reçine)

Kompozit malzemelede kullanılan matrisler, polimerlerden (termosetler ve termoplastikler) metal ve seramiklere kadar değişiklik gösterir. Başlıca polimer matris malzemeleri şunlardır:

Termoplastik Matrisler: Oda sıcaklığında katı hâlde bulunur. Şekil verilmesi zordur. Ham madde olarak pahalıdır.

Termoset Matrisler: Termoset plastikler sıvı hâlde bulunur.
Polyesterin epoksi ve vinilester olmak üzere üç çeşidi vardır.

Polyester Reçine: Renksiz sıvıdır. Temel maddesi styroldür. Soğuğa ve rutubete duyarlıdır.

Epoksi Reçine: Epoksiler (Görsel 7.7 ve 7.8) iki ya da daha fazla epoksit içeren bileşenlerden oluşur. Termoset reçineler içinde en dayanıklı reçinelerdir. Kalıp imalatında kullanılır.



Görsel 7.7: Epoksi reçine



Görsel 7.8: Epoksi reçine ile elyaf uygulaması

Vinilester Reçine: Polyestere benzer elyaf ile matris arasında iyileştirilmiş bir bağ mukavemetine sahiptir. Bu polimerler, kimya tesislerinde kimyasal dayanım gerektiren boru ve depolama tanklarında kullanılır.

ETKİNLİK

1. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak kompozitlerin yapı bileşenlerinin özelliklerini ve kullanıldığı yere ait görsellerini belirten bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu tüm sınıf arkadaşlarınızla paylaşınız.**

2. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak kompozitlerin türlerine göre özelliklerini ve kullanıldığı yere ait görsellerini belirten bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunuyu arkadaşlarınızla paylaşınız.**

3. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak kompozitte kullanılan dolgu malzemelerine ait bir pano hazırlayınız. Hazırladığınız panoları atölyenizin uygun yerine asınız.**

4. **Arkadaşlarınızla gruplar oluşturup, iş birliği yaparak ana kompozit malzemelerin görsellerine ait bir pano hazırlayınız. Hazırladığınız panoları atölyenizin uygun yerine asınız.**

5. **Çevrenizde bulunan gemilerde kullanılan kompozit malzemelerini inceleyerek hangi ana kompozit malzemelerin kullanıldığına ait düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

6. **Çevrenizde bulunan gemilerde kullanılan kompozit malzemeleri inceleyerek benzer araç gerecin hangilerinde bu malzemelerin kullanıldığına ait düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.**

1. UYGULAMA

1 saat

AMAÇ

Atölyede epoksi reçine ile elyaf uygulaması yapmak.







ARAÇ GEREÇ

- Epoksi reçineler
- Elyaflar
- Reçine uygulamasına uygun fırça, rulo, ezme rulosu, eldiven, gözlük, maske ve kişisel koruyucu donanımlar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliğine göre kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.
2. Elyaf uygulanacak bölgeye uygun ölçülerde cam elyaf kesip hazırlayınız.
3. Uygun miktarda epoksi reçineyi, sertleştirici ile karıştırınız.
4. Elyaf uygulaması yapacağınız alana ilk önce reçine sürüp ıslatınız. Daha sonra cam elyafı koyup epoksi ile tamamen kaplayınız.
5. Kaplama işlemini üç kat yapınız.
6. En son kattan sonra ezme rulosu ile elyafı ezerek arada kalan havayı boşaltınız.
7. Kullandığınız malzemeleri uygun madde ile temizleyiniz.
8. Uygulama parçasının temizliğini yaparak kontrolü için öğretmene danışınız.

KONTROL LİSTESİ

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken kontrol listesinde yer alan ölçütleri dikkate alınız.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş sağlığı ve güvenliği kurallarını dikkate aldı.		
2.	Uygun ölçülerde cam elyaflar kesti.		
3.	Uygun miktarda epoksi reçineyi, sertleştirici ile karıştıdı.		
4.	Elyaf uygulaması yapılacak alana ilk önce reçine sürüp ıslattı.		
5.	Cam elyafı koyup epoksi ile tamamen kapladı.		
6.	Kaplama işlemini üç kat yaptı.		
7.	En son kattan sonra ezme rulosu ile elyafı ezerek arada kalan havayı boşalttı.		
8.	Kullandığı malzemeleri uygun madde ile temizledi.		
9.	Uygulamayı verilen sürede bitirip teslim etti.		

DEĞERLENDİRME

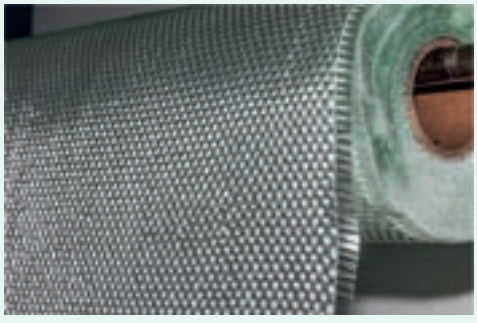
Hayır olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konuları tekrar ediniz.

2. UYGULAMA

0,5 saat

AMAÇ

Atölyede polyester ile elyaf uygulaması yapmak.









ARAÇ GEREÇ

- Epoksi reçineler
- Polyester, elyaflar, mek-P, kobalt
- Reçine uygulamasına uygun fırça, rulo, ezme rulosu, eldiven, gözlük, maske ve kişisel koruyucu donanımlar

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İş sağlığı ve güvenliğine göre kişisel koruyucu donanımlar kullanınız.
2. Elyaf uygulanacak bölgeye uygun ölçülerde cam elyaf kesip hazırlayınız.
3. Uygun miktarda polyesteri kobalt ile iyice karıştırınız.
4. Kobalt karıştırılmış polyesterin içine uygun ölçüde mek-P döküp iyice karıştınız.
5. Elyaf uygulaması yapılacak alana ilk önce polyester sürüp ıslatınız. Daha sonra cam elyafı koyup polyester ile tamamen kaplayınız.
6. Kaplama işlemini iki kat yapınız.
7. En son kattan sonra ezme rulosu ile elyafı ezerek arada kalan havayı boşaltınız.
8. Kullandığınız malzemeleri tiner ile temizleyiniz.
9. Uygulama parçasının temizliğini yaparak kontrolü için öğretmene danışınız.

KONTROL LİSTESİ

Yapacağınız çalışma aşağıda verilen kontrol listesi kullanılarak değerlendirilecektir. Çalışmanızı planlarken kontrol listesinde yer alan ölçütleri dikkate alınız.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş sağlığı ve güvenliği kurallarını dikkate aldı.		
2.	Uygun ölçülerde cam elyaflar kesti.		
3.	Uygun miktarda epoksi reçineyi, sertleştirici ile karıştırdı.		
4.	Kobalt karıştırılmış polyesterin içine uygun ölçüde mek-P döküp iyice karıştırdı.		
5.	Elyaf uygulaması yapılacak alanı ilk önce polyester sürüp ıslattı.		
6.	Cam elyafı koyup polyester ile tamamen kapladı.		
7.	Kaplama işlemini iki kat yaptı.		
8.	Son kattan sonra ezme rulosu ile elyafı ezerek arada kalan havayı boşalttı.		
9.	Kullandığı malzemeleri tiner ile temizledi.		
10.	Uygulamayı verilen sürede bitirip teslim etti.		

DEĞERLENDİRME

Hayır olarak işaretlenen ölçütler için ilgili konuları tekrar ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıda verilen cümlelerdeki boşlukları doğru ifadelerle doldurunuz.

1. Termoset plastikler …….. hâlde bulunur.
2. Çekirdek olarak adlandırılan ince bir flamanın üzerine bor kaplanarak imal edilen elyafa …….. denir.
3. Kompozit malzemeler, 1940'lı yıllarda ilk kez …….. yapımında kullanıldı.
4. Yumuşak olan ve kolayca şekil alabilen …….. lifleri, en sağlam malzemelerden biridir.
5. Hacim bileşeni olan …….. esas fonksiyonu; fiber, partikül, pul gibi diğer yapı bileşenlerinin kendi bünyesinde dağılmasını sağlamaktır.

B) Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

6. **Aşağıdakilerden hangisi karbon elyaf teknolojisinin bilgisayar gövdeleri, cep telefonu kasalarının yapımı ve otomotiv sektöründe kullanılma nedenlerinden biri değildir?**

   A) Hafif olması
   B) Kolay şekil alması
   C) Korozyona uğramaması
   D) Liflerinin sert olması
   E) Yanmaması

7. **Aşağıdakilerden hangisi tekne gövdesi, yelkenliler ve yatlar için yelken direği üretiminde kullanımı en çok tercih edilen kompozit elyaf türüdür?**

   A) Aramid B) Cam
   C) Karbon D) Keten
   E) Poliüretan

8. **Aşağıdakilerden hangisi kompozitin başlıca yapı bileşenlerinden biri değildir?**

   A) Fiberler B) Makineler
   C) Partiküller D) Pullar
   E) Tabakalar

9. **Aşağıdakilerden hangisi kompozit malzemelerin yapı bileşenleri şekillerinden biri değildir?**

   A) Dolgulu (kafes) kompozitler
   B) Fiber kompozitler
   C) Metal kompozitler
   D) Pul kompozitler
   E) Tabaka yapılı kompozitler

10. ''Bileşenlerine ayrılmış farklı özellikteki maddelerin ortak bir yapı oluşturacak şekilde bir araya getirilmesiyle üretilen malzemelere kompozit malzeme denir. '' **tanımı aşağıdakilerden hangisine aittir?**

    A) Asbest B) Grafit
    C) Kompozit D) Metalik
    E) Seramik

11. Metal içinde seramik tozlarının dağıldığı kompozit malzemelerdir. Seramik ve metal fazların karışımıdır. Bu kompozitler oksit ya da karbür esaslı olabilir.

    Bu tanım aşağıdakilerden hangisine aittir?

    A) Dolgu kompozitler
    B) Fiber kompozitler
    C) Partikül kompozitler
    D) Pul kompozitler
    E) Sermetler

KAYNAKÇA

- E. Sabri Kayalı, Cahit Ensari, Feridun Dikeç, Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü, 1978.
- E. Sabri Kayalı, Niyazi Eruslu, Mustafa Ürgen, Yılmaz Taptık, Hüseyin Çimentolu, Hasar Analizi Seminer Notları, TMMOB Metalürji Odası, İstanbul,1997.
- Feridun Dikeç, Çelik Malzemeler Bölümü I, Çelik Saçlar Metalürjisi, Üretimi, Şekillendirilmesi ve Kalite Kontrolü, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü, 1997.
- Feridun Dikeç, Çelik Malzeme Standartları ve Seçimi, İstanbul, SEGEM Aralık-1987.
- Günnur Dikeç, Malzeme Bilgisi, Denizcilik Yüksek Okulu ve Eğitim Merkezi Komutanlığı Yayınları, 1958.
- H.J. Bargel, G. Schulze, (Çevirenler Şefik Güleç, Ahmet Aran) Malzeme Bilgisi Cilt II, İTÜ Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, 1995.
- H. Oktay Bodur, Malzeme Bilgisi Problemleri, Birsen Yayınevi, 2001.
- Hüseyin Çimentolu, Takım Çelikleri Bölümü 5, Arçelik Meslekiçi Eğitimi, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü, 1997.
- Hüseyin Çimentolu, Kaynak ve Kaynak Hataları, Arçelik Meslekiçi Eğitimi, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü, 1997.
- Hüseyin Çimentolu, Isıl İşlemler, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü
- Hüseyin Çimentolu, Kaynak Metalürjisi, İTÜ Metalürji ve Malzeme Bölümü
- Kaşif Onaran, Malzeme Bilimi Problemleri ve Çözümleri, Bilim Teknik Yayınevi, 1993.
- Kutsal Tülbentçi, MIG-MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı, Gedik Holding Yayını
- S. Anık, A. Dikicioğlu, M. Vural, İmal Usulleri, İTÜ Makine Fakültesi, 1999.

* Bu kaynakça Türk Dil Kurumu kaynakça kurallarına göre hazırlanmıştır.

GÖRSEL KAYNAKÇASI



Karekodu elektronik cihazlarınızdan okutarak ilgili belgeye erişebilirsiniz.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=1936

CEVAP ANAHTARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI						
1	**2**	**3**	**4**	**5**		
organik	kompozit	metalik malzemeler	malzeme	korozyon		
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
D	A	A	E	E	D	E

2. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI				
1	**2**	**3**	**4**	**5**
çelik	manyetikliği	1.535	gözenekli	yüksek fırın
6	**7**	**8**	**9**	
B	C	B	E	

3. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI				
1	**2**	**3**	**4**	**5**
alaşım	kalay	bronz	çinko	daha az
6	**7**	**8**	**9**	
E	D	C	B	

4. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI						
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
sade karbonlu çelik	paslanmaz çelik	su verme	martenzitik paslanmaz çelikler	nikel	yüksek alaşımlı takım	TSE
8	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	
E	C	B	E	D	D	

CEVAP ANAHTARI

5. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI								
1		**2**	**3**		**4**		**5**	
çökeltme sertleşmesi		iri tane	su vererek sertleştirme		yumuşatma tavlaması		ferrit	
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
D	A	C	A	C	B	C	C	D

6. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	
serbest su	sunta	su kontrası	kesme	dört	
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
B	C	A	B	A	A

7. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	
sıvı	bor elyafı	gemi	karbon	matrisin	
6	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
D	A	B	C	C	E



Yeni Nesil 112 Acil Çağrı Merkezi

7 kuruma ait acil çağrı numaraları artık tek numarada.
(İtfaiye, Jandarma, Polis, Sağlık, Orman, Sahil Güvenlik, AFAD)