

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

METAL TEKNOLOJİSİ

**ISIL İŞLEMLER
521MMI233**

Ankara, 2011

-
- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
 - Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
 - **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
AÇIKLAMALAR	ii
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ÇELİĞE SU VERME.....	3
1.1. Demir Çelik Metalurjisi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
1.1.1.Malzemenin Önemi ve Seçimi.....	3
1.1.2 Malzemelerin İç Yapı Özellikleri	4
1.1.3. Alaşımlar	5
1.1.4 Allotropi.....	7
1.1.5.Demir Karbon Denge Diyagramı.....	8
1.1.6. Çeliklerin Sınıflandırılması	9
1.1.7. Çelik Standartları	10
1.1.8. Çeliğe Katılan Katkı Elemanları ve Çeliğe Kazandırdıkları.....	11
1.2. Çeliğe Uygulanan Isıl İşlemler	12
UYGULAMA FAALİYETİ	16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	18
ÖĞRENME FAALİYETİ - 2.....	19
2. GERİLİM GİDERME TAVI.....	19
2.1. Gerilim Giderme Tavını Gerektiren Sebepler.....	19
2.2. Menevişleme	19
2.3. Islah.....	20
UYGULAMA FAALİYETİ	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3.....	23
3. NORMALLEŞTİRME TAVI.....	24
3.1.Normalleştirme Tavını Gerektiren Sebepler	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	29
4.YUMUŞATMA TAVI	29
4.1. Yumuşatma Tavını Gerektiren Sebepler.....	29
UYGULAMA FAALİYETİ	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	32
MODÜL DEĞERLENDİRME	33
CEVAP ANAHTARLARI.....	35
KAYNAKÇA.....	36

AÇIKLAMALAR

KOD	521MMI233
ALAN	Metal Teknolojisi
DAL/MESLEK	Isıl İşlem
MODÜLÜN ADI	Isıl İşlemler
MODÜLÜN TANIMI	Çeliklere su verme, çelikleri yumuşatma, normalleştirme ve çeliklerde gerginlik giderme ile ilgili bilgileri içeren öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Çeliklere ısıl işlemler uygulamak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında çeliklere su verme, çelikleri yumuşatma, normalleştirme ve çeliklerde gerginlik giderme tavlama uygulamalarını uygulayabileceksiniz. Amaçlar 1. Çelik malzemeleri, sertleştirme tavlama sıcaklıklarında homojen olarak tavlama yaparak malzemenin yapısına uygun soğutma sırasında hızlı bir şekilde soğutup sertleştirebileceksiniz. 2. Çelik malzemelerin uygun gerginlik giderme yöntemini belirleyerek çeliklerde tavlama ve soğutma işlemlerini yapabileceksiniz. 3. Çelik malzemeleri normalleştirme tavlama sıcaklıklarında homojen olarak tavlama yaparak istenilen doku dönüşümü meydana gelene kadar beklettikten sonra uygun ortam ve sürede soğutabileceksiniz. 4. Çelik malzemeleri yumuşatma tavlama sıcaklıklarında homojen olarak yavaş yavaş tavlama yaparak yapısına ve büyüklüğüne uygun olarak çok yavaş bir şekilde soğutup talaş kaldırabilecek derecede yumuşatabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Metal işleri bölümü ısıl işlem laboratuvarı, soğutma ortamı Donanım: Isı kaynağı, içerisinde % 0,4-1,7 oranında karbon bulunan çelik, soğutma sıvısı, gerginliği giderilecek malzeme, normalleştirme tavlama yapılacak malzeme, çelik malzeme, ısıl işlem için gerekli diğer ekipmanlar

**ÖLÇME VE
DEĞERLENDİRME**

Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte çeliklerin yaygın kullanımı ve buna bağlı olarak mekanik ve metalografik özelliklerinin iyileştirilmesinde, çeliğe uygulanan ısıl işlemler giderek önem kazanmaktadır. Çeliklerin büyük çoğunluğuna içerdiği elementlere bağlı olarak çeşitli ısıl işlemler uygulanabilmektedir. Kimyasal bileşimin yanında uygulanan ısıl işlemler sonucunda istenen sertlik, mekanik ve fiziksel özellik değerlerine ulaşılabilmektedir.

Isıl işlemler çok çeşitli olup hem ham maddeye hem de bitmiş ürünlere uygulanabilir. Genel olarak çeliklere uygulanan ısıl işlemler; su verme tavlama, yumuşatma tavlama, normalleştirme tavlama ve gerginlik giderme tavlama'dır. Bu modülde çeliklere uygulanan ısıl işlem yöntemlerini öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Çelik malzemeleri, sertleştirme tavı sıcaklıklarında homojen olarak tavlayarak malzemenin yapısına uygun soğutma sıvısında hızlı bir şekilde soğutup sertleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Alaşım ile saf madde arasındaki farkları araştırarak not ediniz.
- Demir-karbon denge diyagramını inceleyerek sınıfta açıklayınız.
- Çeliğe uygulanan diğer ısı işleme türlerini araştırarak not ediniz.

1. SERTLEŞTİRME YAPMAK

1.1.Malzemenin Önemi ve Seçimi

Endüstride kullanılan metallerin ve metal alaşımlarının çeşitleri çok fazladır. Bunların her biri belirli amaçlar için üretilmektedir. Metaller demir esaslı ve demir dışı metaller olmak üzere iki gruba ayrılır. Demir esaslı metallerde ana eleman demir olmakla birlikte bunun yanında alaşım elemanı olarak daima karbon bulunur. Demire karbondan başka diğer elemanlar katılarak üstün nitelikte çeşitli alaşımlı çelikler elde edilir. Demir dışı metaller içerdikleri ana elemana göre adlandırılır. Ana elemanların yanına bir ve birden fazla alaşım elemanı katarak değişik türde demir dışı alaşımlar üretilmektedir. Demir dışı metallerden en önemli olanları alüminyum ve alaşımları ile bakır ve alaşımlarıdır. Endüstride kullanılan metallerin çoğunluğunu (yaklaşık % 90'ı) demir esaslı metaller oluşturmaktadır.

Metaller çok değişik türde üstün özellikleri nedeni ile endüstride çok geniş uygulama alanına sahiptir.

Metaller saf hâlde yumuşak ve düşük mukavemetli olmalarına karşılık alaşımlama, soğuk şekil verme ve ısı işlemlerle sertlik ve mukavemetleri birkaç kat artırılabilir. Ayrıca üretim sırasında döküme, plastik şekil vermeye, keserek ve talaş kaldırarak işlemeye, kaynak, perçin ve vida ile birleştirmeye elverişlidir. Bütün bunlara karşılık genellikle korozyona karşı dirençleri düşüktür.

Malzeme seçimi sırasında yukarıdaki özellikleri de dikkate alarak malzemenin kullanım esnasında çalışacağı ortama (dayanıklılık çalışma süresi vb.) üretim sonrası kullanılacağı yerdeki çalışma şartlarına göre ısı işleme ile (sertleştirilmesi, yumuşatılması, normalleştirilmesi ya da gerginliğinin giderilebilmesi gibi işlemlerle) özelliklerinin ayarlanabilir olması da malzeme seçiminde önemli bir unsurdur.

1.2 Malzemelerin İç Yapı Özellikleri

Malzemelerin özellikleri iç yapılarına bağlıdır. Malzemelerin iç yapıları ise atomların dizilişine, türüne ve birbirlerine bağlanış şekillerine göre değişmektedir. Atomların dizilişleri birim hücreler yardımıyla olmaktadır. Çok fazla sayıda birim hücre bir araya gelerek malzemelerin tanelerini oluşturmaktadır.

Bütün maddeler atomlardan meydana gelen kimyasal elementlerden oluşmaktadır. Atomlar bir elementin kimyasal özelliklerini taşıyan en küçük parçasıdır. Bundan dolayı elementlerin karakteristik özellikleri, elementi oluşturan atomların yapısına bağlıdır. Bir elementin atomu üç parçadan oluşmaktadır.

Bunlar;

- Elektronlar,
- Protonlar,
- Nötronlardır.

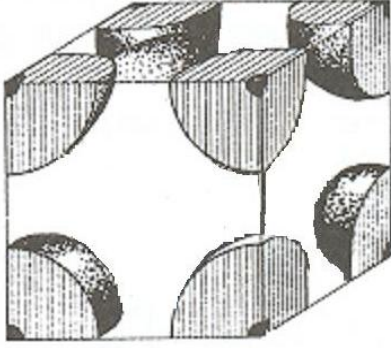
1.2.1. Atomlar Arası Bağ

Atomlarını bir arada tutan 4 farklı bağ vardır. Bunlar; metalik, iyonik, kovalent ve vander waals bağlarıdır. Metalik, iyonik ve kovalent bağlar kuvvetli olup vander waals bağı ise oldukça zayıf bir bağıdır.

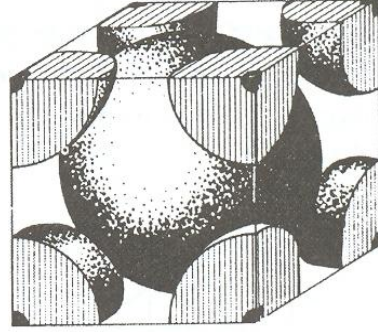
1.2.2. Kristal Kafesler

Kristalleşen malzemeler, kristal kafes adı verilen üç boyutlu belli bir düzene göre dizilmiş bir hacim kafesten oluşur. Metalik malzemelerde atomların dizilişi büyük önem taşır. Dört önemli kristal kafes yapısı vardır. Bunlar;

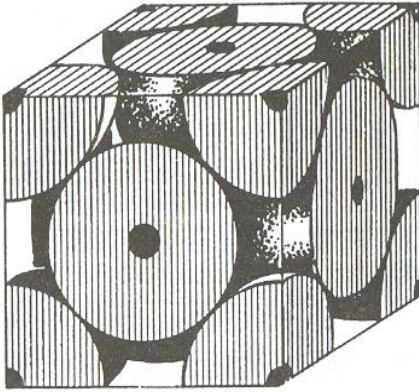
- Basit kübik (BK),
- Hacim merkezli kübik (HMK),
- Yüzey merkezli kübik (YMK)
- Hezagonal sıkı paket (HSP) yapısıdır.



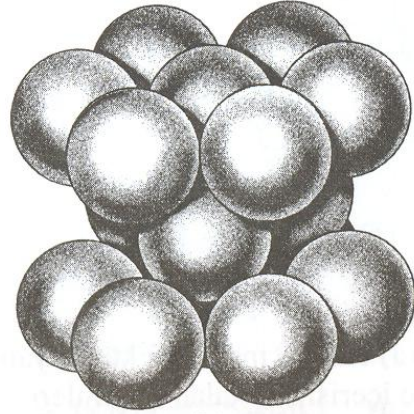
a)



b)



c)



d)

Şekil 1.1: a)Basit kübik yapı b)Hacim merkezli kübik yapı c)Yüzey merkezli kübik yapı d)Sıkı paket hegzagonal yapı

1.3. Alaşımlar

İki ya da daha çok sayıda metalin veya bir metal ile bir ametalin birleştirilmesi ile oluşturulan ve metallerin özelliklerini taşıyan maddelere alaşım denir. Alaşımlama ile saf maddelerin sınırlı olan özellikleri istenilen oranda geliştirilebilir.

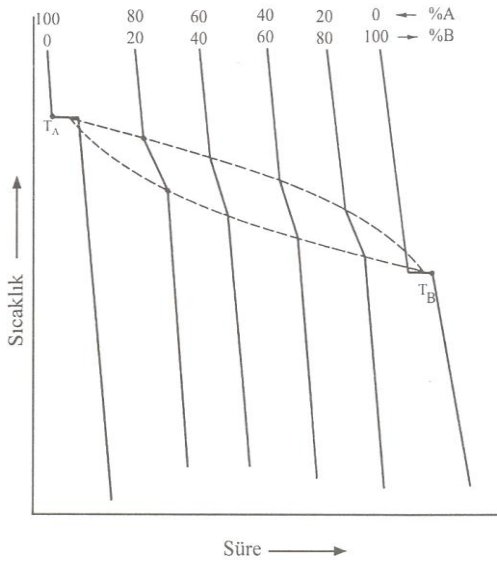
1.3.1 Alaşım Tipleri

İki çeşit alaşım türü vardır. Bunlardan birincisi, homojen alaşımlar, ikincisi homojen olmayan alaşımlardır. Tek bir faz yapısında olan alaşımlara homojen alaşımlar, birden fazla faz içeren alaşımlara da homojen olmayan alaşımlar denir. Fazlar mikroskop altında incelendiğinde kendilerine has belirgin bir görünüm ve şekilde olur.

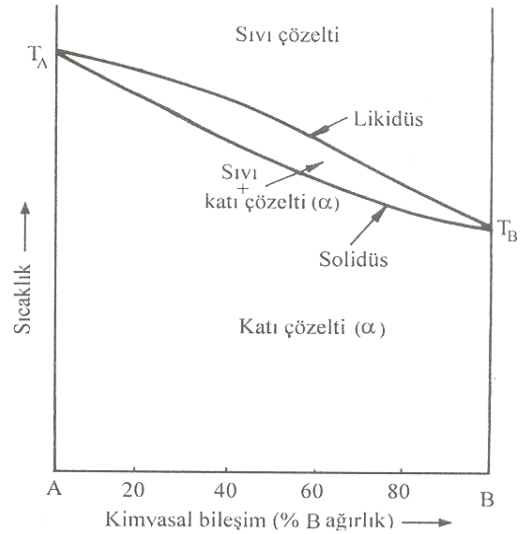
Katı hâldeki homojen alaşım bir katı çözültiden veya bileşikten oluşur. Homojen olmayan alaşımlar ise katı fazların karışımından oluşur.

1.3.2. Isıl Eğriler

Isıl eğriler alaşımlar hakkında bilgi edinmek için en önemli kaynaklardır. Bir denge diyagramı oluşturmak için birçok ısıl (termal) eğriye ihtiyaç duyulur. Bu ısıl eğrilerden alınan veriler yardımıyla çizilen bir faz diyagramı Şekil 1.2.b’de gösterilmektedir. Burada T_A ve T_B noktaları sırayla saf A ve saf B metallerinin katılma noktalarını göstermektedir. Alaşımların katılmaya başladıkları noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan çizgiye likidüs denir. Likidüs çizgisinin üzerinde tek fazlı bir bölge olan homojen sıvı çözülti bulunur. Katılmanın tamamlandığı sıcaklıkların birleştirilmesiyle oluşturulan çizgiye ise solidüs denir. Solidüs çizgisinin altında kalan tek fazlı bölgede alaşım tamamen homojen katı çözültiden oluşur. Likidüs ve solidüs çizgisinin arasında ise sıvı ve katı çözültiden oluşan iki fazlı bölge bulunmaktadır.



a)



b)

Şekil 1.2: a)Çeşitli oranlarda soğumaya tutularak farklı faz yapıların gözleendiği, ergime ve tamamen katılmanın gözleendiği sıcaklıkların tespit edilmesi ve b'deki şekilde görüldüğü gibi denge diyagramının oluşturulması

1.3.3 Allotropi

Bir metalin farklı sıcaklıklarda farklı kristal kafes yapısına sahip olması özelliğine allotropi denir. Demir, kalay, kobalt ve mangan gibi metaller allotropik metallerdir. Allotropik metallere ısıl işlemlerle farklı özellikler kazandırılabilir.

➤ Demirin alotropisi

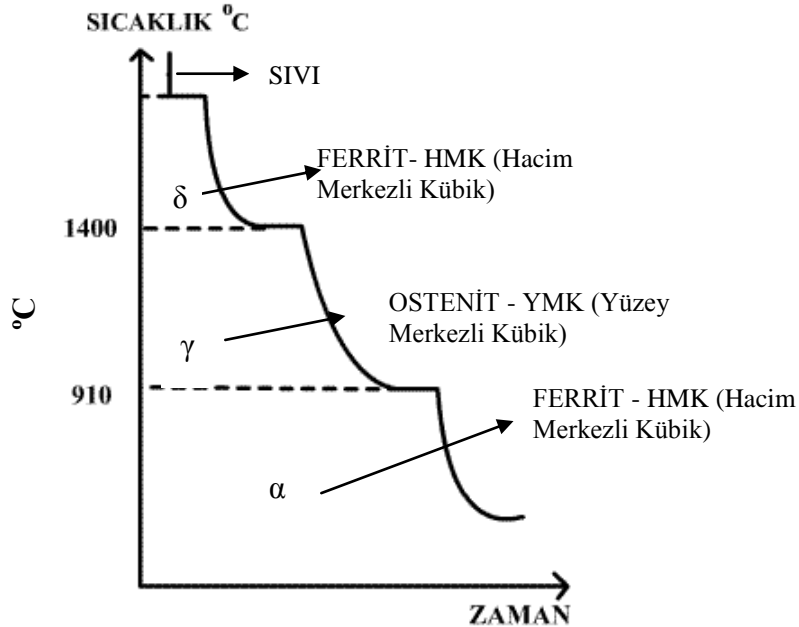
Saf demirin soğuma diyagramında üç ayrı allotropik durumu (polimorf) vardır.

Şekil 1.3'te görüldüğü gibi ergimiş demir sıvı hâlden katılaştırken ilk olarak hacim merkezli kübik (HMK) kafes yapılı δ demir oluşur, 1400 °C'de bu yapı yüzey merkezli kübik (YMK) kafes yapılı γ demirine, 910 °C'de de hacim merkezli kübik (HMK) kafes yapılı α demirine dönüşür. HMK kristal kafese sahip demire ferrit, YMK kristal kafese sahip demire ise ostenit denir.

Ferit (α) : Karbonun α demiri içinde erimesi sonucu oluşan katı çözeltiliye ferrit denir. C ferrit içinde 723 °C'de en fazla % 0,03 kadar eriyebilir.

Östenit (γ) : Karbon atomunun YMK yapıdaki γ demiri içerisinde çözünmesi sonucunda oluşan katı çözeltilidir.

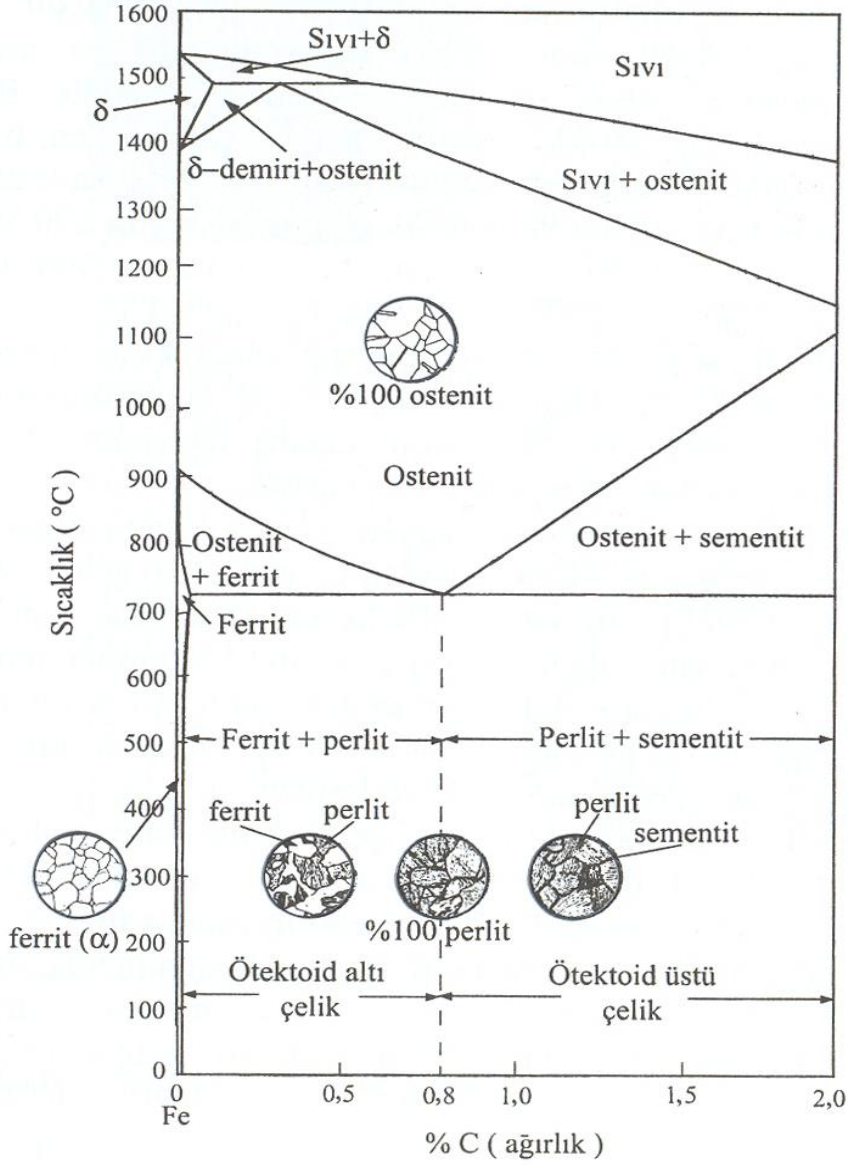
δ katı çözeltilisi : Karbonun δ demiri içinde erimesi sonucu elde edilir. C bu eriyik içinde 1493 °C en fazla % 0.08 oranında eriyebilir.



Şekil 1.3: Demirin soğuma eğrisi ve allotropik değişimi

1.3.4. Demir Karbon Denge Diyagramı

Çeliğin metalürjik yapısı hem sıcaklık hem de karbon oranı ile değiştirilebilir. Şekil 1.4'te demir-karbon denge diyagramı görülmektedir. Demir-karbon denge diyagramında % 2 karbon oranına kadar olan bölge çelik, % 2 ile % 6,67 arasındaki bölge ise dökme demir bölgesidir.



Şekil 1.4: Demir-karbon denge diyagramı çelik bölgesi

Demir-karbon denge diyagramından görüldüğü gibi saf demir yaklaşık olarak 1535°C tamamen sıvı hâledir. 1535°C ile 1400°C sıcaklık aralığında δ katı çözültisi hâlinde olup HMK kafes yapıya sahiptir. 1400°C ile 910°C sıcaklık aralığında γ katı çözültisi hâlinde olup YMK kafes yapıya sahiptir. 910°C'den itibaren α katı çözültisi hâlinde olup HMK kafes yapıya sahiptir. Demir içerisinde karbon miktarı arttıkça bu dönüşüm sıcaklıkları değişmektedir. Karbon miktarı %0.8'e kadar olan çelikler ötektoid altı çelik, % 0.8 ile % 2 arasında olan çelikler ise ötektoid üstü çelik olarak adlandırılır.

➤ **Demir-karbon denge diyagramında kullanılan terimler**

- **Sementit (Fe_3C):** Sert ve kırılgan demir-karbür (Fe_3C) bileşiğidir.
- **Ötektik ($S \leftrightarrow \gamma + Fe_3C$):** Bir sıvıdan farklı iki katı oluşumdur. % 4,3 C içeren Fe-C alaşımında 1140 °C'de oluşur.
- **Ötektoid ($\gamma \leftrightarrow \alpha + Fe_3C$):** Bir katı eriyik yapıdan farklı iki katı yapı oluşumdur. % 0,8 C içeren çelikler de 723 °C oluşur.
- **Perlit ($\alpha + Fe_3C$):** Mikroskop altında parlak parmak izi şeklinde görülen ferrit ve sementitin birleşiminden oluşan ötektik yapıdır.

1.4. Çeliklerin Sınıflandırılması

Çeliklerin sınıflandırılmasını bilmek uygulamalar açısından önemlidir. Bu sınıflandırma hakkında daha önce bilgilendirildiniz. Burada daha detaylı bilgilendirilme yapılacaktır.

1.4.1. Üretim Metotlarına Göre Çelikler

- Bassemer ve Thomas çelik üretim yöntemi
- Sımons – Martin çelik üretim yöntemi
- Elektrik ark ve elektrik endüksiyon çelik üretim yöntemleri
- Pota içerisinde çelik üretim yöntemi
- Oksijenli konverter çelik üretim yöntemi
- Vakum çelik üretim yöntemi

1.4.2. Kullanım Alanlarına Göre Çelikler

- Yapı çelikleri
- Takım çelikleri
- Soğuk ve sıcak iş çelikleri
- Hız çelikleri
- Yay çelikleri
- Yüksek sıcaklık çelikleri
- Paslanmaz çelikler

1.4.3. Bileşimlerine Göre Çelikler

- Sade karbonlu çelikler
- Düşük ve orta alaşımlı çelikler
- Yüksek alaşımlı çelikler

1.4.4. Ana Katkı Maddesine Göre Çelikler

- Karbonlu çelikler
- Manganlı çelikler
- Kromlu çelikler
- Nikel çelikler
- Krom nikel çelikler
- Volframlı çelikler
- Vanadyumlu çelikler

1.4.5. Metalografik Yapılarına Göre Çelikler

- Ferritik çelikler
- Ferrit + perlitik çelikler
- Perlitik çelikler
- Östenit çelikler
- Martenzitik çelikler
- Ledeburitik çelikler
- Beynitik çelikler

1.4.6. Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Göre Çelikler

- Isıya dayanıklı çelikler
- Manyetik çelikler
- Korozyona dayanıklı çelikler
- Paslanmaz çelikler

1.4.7. Sertleştirme ortamlarına göre çelikler

- Su çeliği
- Yağ çeliği
- Hava çeliği

1.5. Çelik Standartları

Gelişmiş ya da gelişmekte olan her ülke kendi bünyesinde uygun bir çelik standardı geliştirmiştir. Dolayısıyla dünya standartları ülkeden ülkeye büyük farklılıklar göstermektedir. Bunun dışında aynı ülkede birkaç ayrı standardın da kullanıldığı durumlar vardır.

Ülkemizde çelik standardı (TSE 1111)'de belirtilmiştir.

Ülkemizde TSE normları kullanılmakla birlikte yabancı çelik standartları da kullanılmaktadır. Aşağıda TSE'ye ait çelik normları verilmiştir.

- Çelik üretim yöntemlerine göre çelikler aşağıdaki gibi sembollendirilmiştir.
 - M : Siemens – martin çeliği
 - E : Elektrik ark çeliği
 - İ : Elektrik indüksiyon çeliği
 - O : Oksijenli konvertör çeliği

Bunların dışında çelikler bazik özellikli ise (B) asidik özellikli ise (A) şeklinde ifade edilir.

- Çeliklerin ergitme ve döküm şekillerine göre sembolleri
 - S : Sakin dökülmüş çelik
 - Sy: Yarı sakin dökülmüş çelik
 - K : Kaynar dökülmüş çelik
 - Y : Yaşlanmayan dökülmüş çelik

- Çeliklerin uygulanan ısı işlemlere göre sembolleri
 - SF : Sertleştirilmiş çelik
 - Me : Menevişlenmiş çelik
 - Nr : Normalleştirme tavı görmüş çelik
 - Yt : Yumuşatma tavlama görmüş çelik
 - Gt : Gerginlik giderme tavı görmüş çelik
 - İs : İslah tavı yapılmış çelik

- **TSE’de çelikler 7 rakamla gösterilir:**

- İlk rakam bölümü: İlk rakam 1 olup çelik ile dökme çeliğin sembol numarasıdır.
- Dört rakamlı ikinci bölüm: 2. ve 3. rakamları oluşturan ilk bölüm çeliğin türünü 4. ve 5. rakamları oluşturan ikinci bölüm ise tür numaralarını verir.
- Çift rakamlı sonuncu bölüm: Son iki rakamdan birincisi çeliğin üretim yöntemini ikincisi de ısı işlem durumlarını verir.

1.6. Çeliğe Katılan Katkı Elemanları ve Çeliğe Kazandırdıkları

Çeliğin bazı özelliklerini değiştirmek ya da geliştirmek için bileşimine ilave edilen maddelere katkı elemanı denir. Çeliğe karbon, silisyum, mangan, kükürt, fosfor, bakır, krom, nikel volfram, vanadyum, alüminyum gibi elementler katık elemanı olarak ilave edilir.

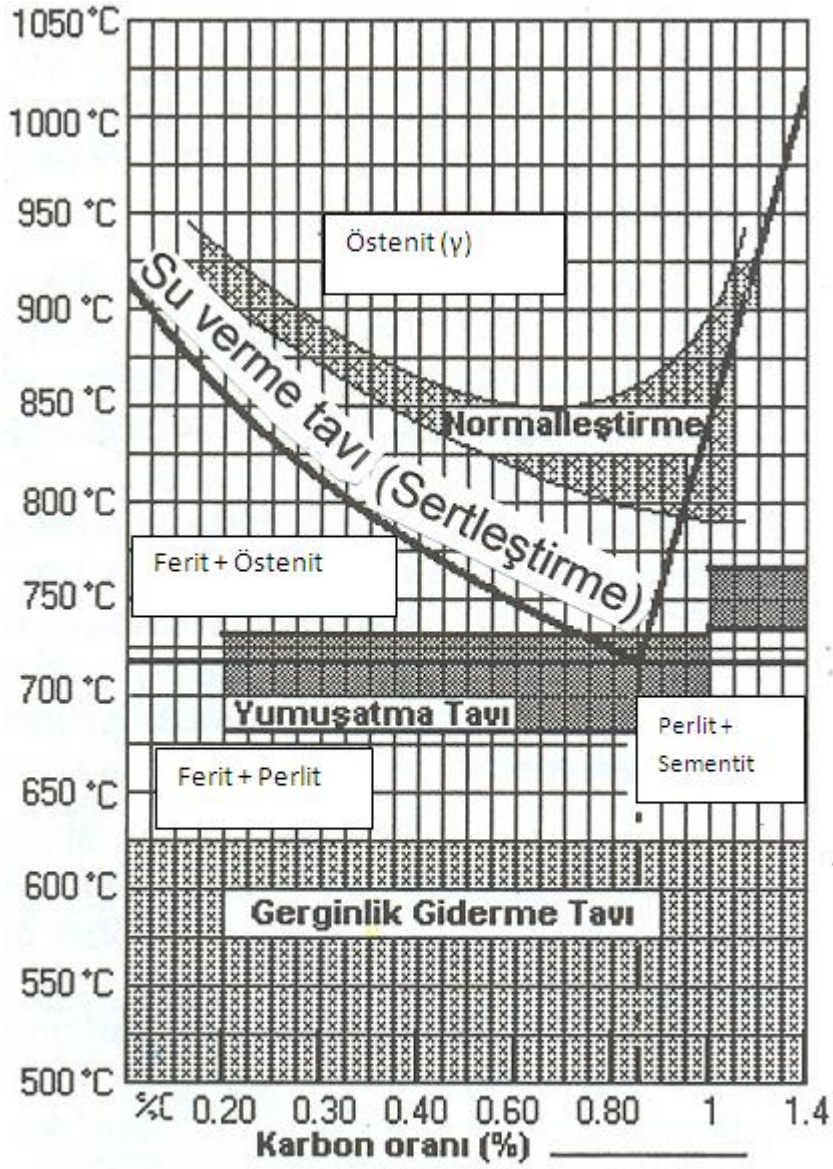
- Katkı elemanlarının çeliğe kazandırdığı bazı özellikler aşağıda verilmiştir:
 - Sertliğin artırılması
 - Dayanımın artırılması
 - Kristal yapıyı değiştirmek
 - İşlenebilirliği iyileştirmek

- Gerginlikleri gidermek
- Sertleşebilirliğin iyileştirilmesi
- Korozyon direncinin iyileştirilmesi
- Mıknatıslanma özelliğinin geliştirilmesi
- Yüksek sıcaklıklara karşı dayanımının artırılması
- Isı ya da elektrik direncinin değiştirilmesi

1.2. Çeliğe Uygulanan Isıl İşlemler

TS 1112'de; katı hâldeki metal veya alaşımlara belirli özellikleri kazandırmak amacıyla bir veya daha çok sayıda, duruma göre birbiri ardına zamanlanarak uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleri ısıl işlem olarak tanımlanmaktadır.

- Çeliklere uygulanan ısıl işlem çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.
 - Su verme tavı (sertleştirme)
 - Gerginlikleri giderme tavı
 - Normalleştirme tavı
 - Yumuşatma tavı



Şekil 1.7: Çeliklere uygulanan ısıtma sıcaklık aralıkları

1.7.1. Su Verme Tavı (Sertleştirme)

Sertleştirme işlemi, çeliğin östenit bölgesine (Şekil 1.7) kadar ısıtılması ve bütün yapının östenit fazına dönüşene kadar beklenilmesi sonrasında hızlı bir şekilde soğutulması ile gerçekleştirilir. Bu dönüşüm sonucunda martenzit adı verilen yüksek sertliğe sahip yapı oluşur.



Şekil 1.8: Çeliklerde su verme sonucunda oluşan martenzitik yapı

➤ Sertleştirmede önemli noktalar

Martenzitik dönüşüm hızlı gerçekleştiği için difüzyona zaman yoktur. Östenit fazı kayma mekanizmasıyla aniden kafes yapısını değiştirir.

Martenzitik dönüşüm soğuma hızına bağlıdır. Hızlı soğuma engellenirse dönüşüm gerçekleşmez.

Martenzitin sertlik değeri içerisinde bulunan karbon miktarına bağlıdır.

• Östenitik yapı oluşturma

Çelik karbon oranına göre östenit sıcaklığına gelinceye kadar ısıtılır. Bu işlem yapılırken ilk önce oda sıcaklığındaki fırına konur ve sonra ısıtılır.

- **Bekletme**

Östenitleme sıcaklığında çelikler bir süre bekletilir. Bekletme ya da ısı emdirme diye adlandırılan bu işlemin süresi dönüşüm tamamen sağlanana kadardır. Çoğunlukla bu süre sade karbonlu çeliklerde 1 cm kalınlık için 2 dakikadır. Yüksek karbonlu ya da alaşımlı çeliklerde bu süre daha fazladır. Bu tip çeliklerde karbürlerin ve katık elemanlarının erimesi için 20-30 dakika beklenmelidir.

Sertleştirme:

➤ **Sertleştirme sıvıları**

- Musluk suyu
- Erimiş ya da sıvı tuz
- Yağ
- Yağ ve su karışımı
- %10 NaCl içeren tuzlu su
- Hava

➤ **Sertleştirmede dikkat edilecek hususlar**

- İlk önce çelik malzeme oda sıcaklığındaki fırına konmalı ve ısıtma yapılmalıdır.
- Yapının tek fazlı östenite dönüştüğünden emin olunmalıdır.
- Tavlama ortamında bulunan oksijen ya da nem demir oksit oluşturur ve oluşan bu yalıtkan tabaka martenzit dönüşümünü engeller.
- İnce parçalar veya tellerde yüzey alanının kütleye oranı büyük olduğu için su verme esnasında bu malzemelerin soğuma hızı yüksek olacaktır.
- Isıl işlem esnasında kullanılması zorunlu olan eldiven, kışaç, tulum ve gerekli bütün takımlar kullanılmalıdır.
- İş disiplini ve mesleki kurallara uyulmalı ve kazalara karşı dikkat edilmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Orta karbonlu çeliklere su verme işlemini, aşağıdaki işlem basamaklarına uyarak yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Isıl işlem fırını 600°C ayarlayınız ve bu sıcaklığa çıkmasını beklemeden çelik malzemenizi fırın içerisine koyunuz.➤ Parçayı 780°C kadar hızlı ısıtınız.➤ Perlit veya sementit içindeki karbonların serbest kalıp genişmeden dolayı YMK kristal kafes içerisinde katı eriyik oluşturabilmeleri için bekleyiniz.➤ Parça yüzeyindeki oksit tabakasını temizleyiniz.➤ Bu sıcaklıktan itibaren ani soğutma işlemi ile karbonların buldukları YMK kristal kafesleri içinden dışarı çıkmalarını engelleyerek hızlı bir şekilde soğutunuz.➤ Bu sayede martenzit yapı oluşturarak çarpılmış, şekil değiştirmiş ve gerginlik kazanmış kristaller oluşturunuz.➤ Malzemenin sertliğini kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Emniyet tedbirlerini alınız.➤ Fırın ısınma sıcaklığı beklenirken malzememizde bir ön tavlama maruz kalacak ve birdenbire ısınmayarak gerilmelerin oluşması engellenecektir.➤ Yanmalara karşı tedbirli olunuz.➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız.➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.➤ Bu sıcaklıktan sonra fırının, hızlı bir şekilde 780°C'ye çıkacak şekilde ayarını artırınız.➤ Parça sıcak olacağından temizlemeyi mekanik temizleme araçlarından tel fırça vb. takımlarla yapınız.➤ Daha önce aldığınız Sertlik Ölçme modülünü dikkate alınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş ısıttıktan sonra 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Perlit veya sementit içindeki karbonların serbest kalıp genişmeden dolayı YMK kristal kafes içerisinde katı eriyik oluşturabilmeleri için beklediniz mi?		
3. Parça yüzeyindeki oksit tabakasını temizlediniz mi?		
4. Bu sıcaklıktan itibaren ani soğutma işlemi ile karbonların buldukları YMK kristal kafesleri içinden dışarı çıkmalarını engellediniz mi?		
5. Bu sayede martenzit yapı oluşturarak çarpılmış, şekil değiştirmiş ve gerginlik kazanmış kristaller oluşturduunuz mu?		
6. Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. (...)Demir esaslı metallerde ana eleman demir olmakla birlikte bunun yanında alaşım elemanı olarak daima bakır bulunur.
2. (...)Metalik bağlı malzemeler; ısıyı ve elektriği iyi iletir, plastik şekil değişimine elverişlidir, ışığı yansıtır, katı hâldeyken kristal yapıya sahiptir.
3. (...)Karbon α demiri içinde erimesi sonucu oluşan katı eriyiğe ostenit denir. Demirin saf hâlidir.
4. (...)Çeliğin bazı özelliklerini değiştirmek ya da geliştirmek için bileşimine ilave edilen maddelere katık elemanı denir.
5. (...)Çeliğe uygulanan bütün ısıl işlemlerin amacı, çeliğin özelliklerini istenen şekilde değiştirmektir.
6. (...)Su verme sonucunda oluşan martenzitik yapı iğnesel biçiminde saman demetini andıran bir şekilde görülür.
7. (...)Martenzitin sertlik değeri içerisinde bulunan alüminyum miktarına bağlıdır.
8. (...)Soğuma eğrileri malzemelerin değişik soğuma sürelerinde sıcaklığının ölçülerek çizildiği eğrilerdir.
9. (...)Ön ısıtmanın amacı, sertleştirilecek çeliğin birdenbire sertleştirme sıcaklığındaki fırına konduğunda dış yüzeylerinin yüksek sıcaklıktan etkilenmesini önlemektir.
10. (...)Ön ısıtma çeliğin karbon veya katık elemanı oranına göre 150 °C ile 900 °C sıcaklık aralığında yapılır.
11. (...)Çoğunlukla sertleştirme sıvısı olarak su, yağ, sıvı tuz, hava ya da % 10 NaCl içeren tuzlu su kullanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 2

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, çelik malzemelerin uygun gerginlik giderme yöntemini belirleyerek yönteme uygun şekilde tavlama ve soğutma işlemlerini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Gerginlikleri giderme tavında malzemenin iç yapısında ne tür değişiklikler olmaktadır? Araştırarak edindiğiniz bilgilerle bir sunu hazırlayınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan konuyla ilgili iş yerlerini gezmeniz gerekmektedir.

2. GERGİNLİK GİDERME YAPMAK

2.1. Gerginlik Giderme Tavını Gerektiren Sebepler

Gerilim giderme tavı kaynak, döküm, ısıl işlem ve soğuk şekillendirme sonucu oluşan iç gerilimleri azaltmak amacıyla çeliklerin dönüşüm sıcaklıklarının altındaki bir sıcaklıkta ısıtılması ve yavaş soğutulması ile gerçekleştirilir. Çelik malzemelere 550 °C ile 650 °C sıcaklık aralığında bir sıcaklıkta gerilim giderme tavı uygulanır.

Malzemeler 550 °C ile 650 °C sıcaklık arasındaki bölgeye yavaş bir şekilde ısıtılmalı ve burada yaklaşık olarak 25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir. Soğutma işlemi çok yavaş bir şekilde yapılmalıdır.

Çeliklerde gerilim giderme tavlama iki yöntem ile yapılmaktadır:

- Menevişleme
- Islah

2.2. Menevişleme

Temperleme olarak da adlandırılan bu işlem sertleştirilmiş malzemelerin gerginliğini ve kırılganlığını azaltmaktır. Menevişlemenin anlamı, sertleştirdikten sonra tekrar ısıtmaktır. Meneviş sonucunda sertleştirilmiş yapıdaki martenzit doku azaltılır.

Menevişleme işlemi bir difüzyon işlemi olduğu için sıcaklık süresi menevişlemeyi etkiler.

Çeliklerin alaşım oranına göre meneviş sıcaklıkları farklılık gösterir. Sıcaklık ve bekleme süresi menevişlemeye etki ettiğinden yüksek sıcaklıklarda daha kısa süre tutulurken düşük sıcaklıklarda daha uzun süre tutularak menevişleme uygulanır ve çeliğin iç yapısı sünekleşir.

2.3. Islah

Çoğunlukla yapı çeliklerine uygulanan bu işlem sertleştirme sonrası yüksek sıcaklıkta (450-675°C) bekletme ve havada soğutma işlemidir. Yüksek süneklik oluşturmak için yapılır. Islah işlemi ile martenzitik yapı ortadan kaldırılmış olur.

Islah işlemine tutulmuş çelik parçalar talaşlı üretime uygun hâle gelir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Kaynak edilmiş ya da eğilerek gerilmeye maruz kalmış bir parçaya gerginlik giderme tavının uygulamasını aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemeyi 550-650°C'ye kadar yavaş yavaş ısıtınız.➤ Malzemenin her bölgesinin homojen olarak tavlanmasını sağlayınız.➤ Bu sıcaklıkta malzemeyi kalınlığına göre bekletiniz (25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir.).➤ Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için çok yavaş soğumasını sağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Emniyet tedbirlerini alınız.➤ Yanmalara karşı tedbirli olunuz.➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız.➤ Mesleğiyle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.➤ Fırın içerisinde ısıtmak her zaman homojen bir ısı dağılımı verir.➤ Yavaş soğumayı sağlamak için fırını kapatınız ve çelik malzemeyi fırın içerisinde kendi hâlinde soğumaya bırakınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Malzemeyi 550-650°C'ye kadar yavaş yavaş ısıttınız mı?		
2. Malzemenin her bölgesinin homojen olarak tavlmasını sağladınız mı?		
3. Bu sıcaklıkta malzemeyi kalınlığına göre beklettiniz mi? (25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir.)		
4. Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için çok yavaş soğumasını sağladınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. Gerginlik giderme tavlaması malzemenin iç yapısını yumuşatmak amacı ile yapılır.
2. Gerginlik giderme tavlamasında malzemeler 150 °C ile 250 °C sıcaklık arasındaki bölgeye yavaş bir şekilde ısıtılmalı ve burada yaklaşık olarak 25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir.
3. Çelik malzemelere 550 °C ile 650 °C sıcaklık aralığında bir sıcaklıkta gerilim giderme tavlama uygulanır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 3

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, çelik malzemeleri normalleştirme tavı sıcaklıklarında homojen olarak tavlayarak istenilen doku dönüşümü medya gelene kadar beklettikten sonra uygun ortam ve sürede soğutabileceksiniz.

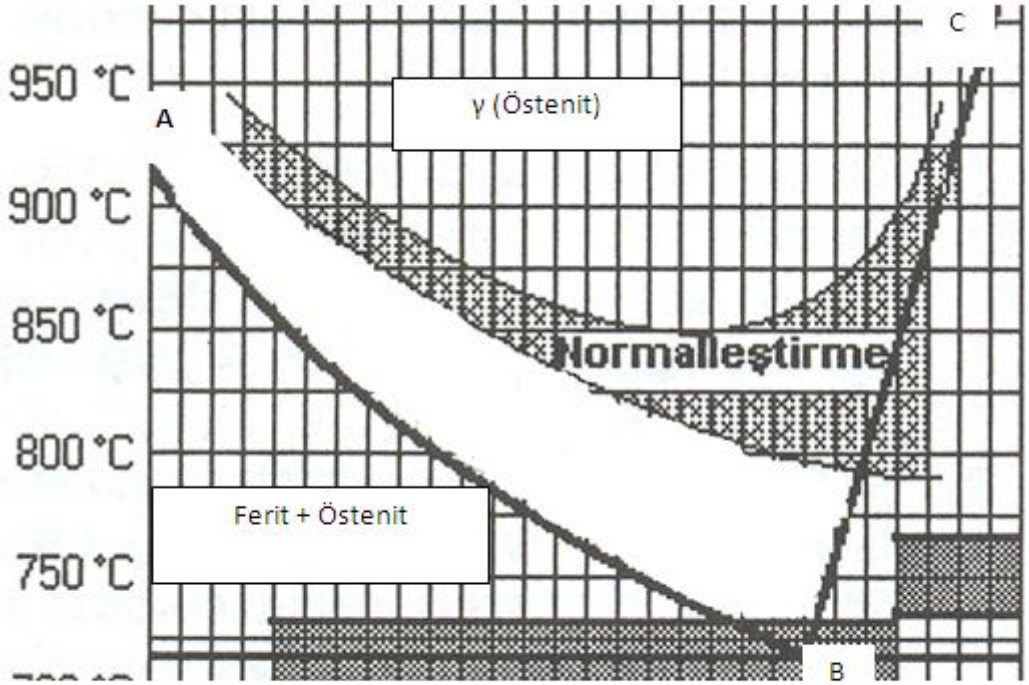
ARAŞTIRMA

- Normalleştirme tavında malzemenin iç yapısında ne tür değişiklikler olmaktadır? Araştırınız ve bir sunu hazırlayınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan konuyla ilgili iş yerlerini gezmeniz gerekmektedir.

3. NORMALLEŞTİRME YAPMAK

3.1- Normalleştirme Tavını Gerektiren Sebepler

Normalleştirme tavı; genellikle mekanik özellikleri iyileştirmek, tane ebatını küçültmek veya homojen bir iç yapı elde etmek için Şekil 3.1'de görülen ABC çizgisinin yaklaşık 30-50 °C kadar üzerindeki bir sıcaklıkta çelik malzemenin ısıtılıp tavlandıktan sonra fırın dışında sakın bir havada kendi hâlinde soğutulması ile yapılır.



Şekil 3.1: Demir-karbon denge diyagramından normalleştirme tavının uygulama sıcaklıklarının gösterilmesi

Normalleştirme tavını gerektiren başlıca sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Homojen bir iç yapı oluşturmak
- Tane boyutunu küçültmek
- Çeliklerin mekanik özelliklerini iyileştirmek
- Yumuşatma tavı uygulanmış çeliklerin sertlik ve mukavemetini artırmak

UYGULAMA FAALİYETİ

Dövülmüş, kaynak edilmiş ya da herhangi bir ısı işleminden geçmiş çelik malzemeye normalleştirme tavı uygulayarak homojen bir iç yapı oluşturulması ve tane boyutunun küçültülmesi işlemlerini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıtınız.➤ Malzemenin her bölgesi dönüşüncüye kadar bekletiniz (Bekleme süresi 1 mm için 2 dakikadır.).➤ Malzemeyi 723°C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenilen şekilde soğutunuz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Emniyet tedbirlerini alınız.➤ Yanmalara karşı tedbirli olunuz.➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız.➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Malzemenin her bölgesi dönüşüncüye kadar beklettiniz mi? (Bekleme süresi 1 mm için 2 dakikadır.)		
3. Malzemeyi 723°C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenilen şekilde soğuttunuz mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. (...)Normalleştirme tavı genellikle mekanik özellikleri iyileştirmek, tane ebatını küçültmek veya homojen bir iç yapı elde etmek için uygulanır.
2. (...)Normalleştirme tavlama için genellikle tavsiye edilen tavlama için bekletme süresi çelik malzemenin 1 mm'si için 10 saat kadardır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, Çelik malzemeleri yumuşatma tavlama sıcaklıklarında homojen olarak yavaş yavaş tavlarken yapısına ve büyüklüğüne uygun olarak çok yavaş bir şekilde soğumasını sağlayıp talaş kaldırılabilir derecede yumuşatma yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Yumuşatma tavlama malzemenin iç yapısında ne tür değişiklikler olmaktadır? Araştırınız ve bu konuyla ilgili bir sunu hazırlayınız.
- Araştırma işlemleri için internet ortamı ve yakın çevrede bulunan konuyla ilgili iş yerlerini gezmeniz gerekmektedir.

4.YUMUŞATMA YAPMAK

4.1. Yumuşatma Tavlama Gerektiren Sebepler

İstenilen mekaniksel ve fiziksel özellikleri elde etmek, soğuk şekillendirmeyi ve talaş kaldırmayı kolaylaştırmak için çelik malzemelerin ısıtılıp istenilen değişikliklerin oluşması gerçekleşinceye kadar bu sıcaklıkta tutulması ve sonra da yavaş soğutulması işlemine yumuşatma tavlama denir.

Yumuşatma tavlama genelde azami % 0.6 karbon içeren çeliklere uygulanır. Genelde talaşlı işlemleri kolaylaştırmak için yapıldığı için daha az karbon içeren çeliklere uygulanması gereksizdir.

- Yumuşatma tavlama gerektiren başlıca sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilir:
 - Malzemenin sertliğini azaltmak
 - Dövülmüş ya da dökülmüş parçaların iç gerilmelerini azaltmak
 - Talaş kaldırmayı kolaylaştırmak
 - Çeliklerin elektrik ve manyetiksel özelliklerini iyileştirmek
 - Tane boyutunu küçültmek

UYGULAMA FAALİYETİ

Dövülmüş, kaynak edilmiş ya da herhangi bir ısıtma işleminden geçmiş çelik malzemeye yumuşatma tavı uygulayıp fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirerek talaşlı işlemleri kolaylaştırma işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş, sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıtınız.➤ Bu sıcaklıkta birkaç saat bekleterek sementitin küreselleşmesini sağlayınız.➤ Bekleme işlemi bittikten sonra malzemeyi 600°C kadar çok yavaş daha sonra malzemeyi istenilen şekilde soğutunuz.➤ Malzemelerin sertliğini kontrol ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.➤ Yanmalara karşı tedbirli olunuz.➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız.➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.➤ Daha önce almış olduğunuz Sertlik Ölçme modülünü dikkate alarak malzemenin sertliğini kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş, sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Bu sıcaklıkta birkaç saat bekleterek sementitin küreselleşmesini sağladınız mı?		
3. Bekleme işlemi bittikten sonra malzemeyi 600°C kadar çok yavaş, daha sonra istenilen şekilde soğuttunuz mu?		
4. Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. İstenilen mekaniksel ve fiziksel özellikleri elde etmek, soğuk şekillendirmeyi ve talaş kaldırmayı kolaylaştırmak için yumuşatma tavlı yapılabilir.
2. Yumuşatma tavlı genelde % 0.6 karbon içeren çeliklere uygulanır.
3. Yumuşatma tavlı genel olarak talaş kaldırma işlemini kolaylaştırmak için yapılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Yüksek karbonlu bir çelik malzemeye sırası ile su verme, yumuşatma, normalleştirme ve gerginlik giderme uygulamaları yapınız.

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanmadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
A – Su Verme Tavı Yapmak		
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş, sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Perlit veya sementit içindeki karbonların serbest kalıp genişmeden dolayı YMK kristal kafes içerisinde katı eriyik oluşturabilmeleri için beklediniz mi?		
3. Parça yüzeyindeki oksit tabakasını temizlediniz mi?		
4. Bu sıcaklıktan itibaren ani soğutma işlemi ile karbonların buldukları YMK kristal kafesleri içinden dışarı çıkmalarını engellediniz mi?		
5. Bu sayede martenzit yapı oluşturarak çarpılmış, şekil değiştirmiş ve gerginlik kazanmış kristaller oluşturduunuz mu?		
6. Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		
B- Gerginlik Giderme Tavı Yapmak		
1. Malzemeyi 550-650°C'ye kadar yavaş yavaş ısıttınız mı?		
2. Malzemenin her bölgesinin homojen olarak tavlansını sağladınız mı?		
3. Bu sıcaklıkta malzemeyi kalınlığına göre beklettiniz mi? (25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir.)		
4. Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için çok yavaş soğumasını sağladınız mı?		
C – Normalleştirme Tavı Yapmak		
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş, sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Malzemenin her bölgesi dönüşüncüye kadar beklettiniz mi? (Bekleme süresi 1 mm için 2 dakikadır.)		
3. Malzemeyi 723°C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenilen şekilde soğuttunuz mu?		
D- Yumuşatma Tavı Yapmak		
1. Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş, sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
2. Bu sıcaklıkta birkaç saat bekleterek sementitin küreselleşmesini sağladınız mı?		
3. Bekleme işlemi bittikten sonra malzemeyi 600°C kadar çok		

yavaş, daha sonra istenilen şekilde soğuttunuz mu?		
4. Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Y
2	D
3	Y
4	D
5	D
6	D
7	Y
8	D
9	D
10	Y
11	D

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ 4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D

KAYNAKÇA

- ERDOĐAN Mehmet, Mühendislik Alaşımların Yapı ve Özellikleri, Cilt 1, Ankara, 2000.
- ERDOĐAN Mehmet, Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Cilt 1, Ankara, 1998.
- SERFİÇELİ Y. Saip, Metal İşleri Meslek Teknolojisi 2, Ankara, 2001.