

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



MEGEP

**(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)**

METAL TEKNOLOJİSİ

ISIL İŞLEMLER

ANKARA,2006

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
AÇIKLAMALAR	ii
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. ÇELİĞE SU VERME.....	3
1.1. Demir Çelik Metalurjisi	3
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.....	11
1.1.8. Çeliğe Katılan Katkı Elemanları ve Çeliğe Kazandırdıkları.....	12
1.2. Çeliğe Uygulanan Isıl İşlemler	12
UYGULAMA FAALİYETİ	16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	17
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	18
ÖĞRENME FAALİYETİ - 2	19
2. GERİLİM GİDERME TAVİ.....	19
2.1. Gerilim Giderme Tavını Gerektiren Sebepler.....	19
2.2. Menevişleme	19
2.3. Islah.....	20
UYGULAMA FAALİYETİ	21
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	22
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	23
ÖĞRENME FAALİYETİ - 3	24
3. NORMALLEŞTİRME TAVİ.....	24
3.1.Normalleştirme Tavını Gerektiren Sebepler	25
UYGULAMA FAALİYETİ	26
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	27
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	28
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	29
4.YUMUŞATMA TAVİ	29
4.1. Yumuşatma Tavını Gerektiren Sebepler.....	29
UYGULAMA FAALİYETİ	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	31
PERFORMANS 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	Bu modül çeliklere su verme, yumuşatma, normalleştirme ve gerginlik giderme tavı ile ilgili bilgileri içeren öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Sıcaklık Ölçme modülünü almış olmak
YETERLİK	Çeliklere ısı işlemler uygulamak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam ve ekipman sağlandığında tekniğe uygun olarak çeliklere su verme, yumuşatma, normalleştirme ve gerginlik giderme tavlarını yapabileceksiniz. Amaçlar ➤ Tekniğe uygun olarak çeliklere su verme tavını yapabileceksiniz. ➤ Tekniğe uygun olarak yumuşatma tavını yapabileceksiniz. ➤ Tekniğe uygun olarak normalleştirme tavını yapabileceksiniz. ➤ Tekniğe uygun olarak gerginlik giderme tavını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam Metal işleri bölümü ısı işlemler laboratuvarı, soğutma ortamı. Donanım Isı kaynağı, içerisinde %0,4-1,7 oranında karbon bulunan çelik, soğutma sıvısı, gerginliği giderilecek malzeme, normalleştirme tavı yapılacak malzeme, çelik malzeme, ısı işlemler için gerekli diğer ekipmanlar.
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili öğrenci,

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

Isıl işlemler çok çeşitli olup hem ham maddeye, hem de bitmiş ürünlere uygulanabilir. Genel olarak çeliklere uygulanan ısıt işlemler; su verme tavı, yumuşatma tavlamaşı, normalleştirme tavlamaşı ve gerginlik giderme tavlamaşıdır. Bu modülde çeliklere uygulanan ısıt işlem yöntemlerini öğreneceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında tekniğe uygun olarak çelik malzemelere su verme tavrı yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

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

Araştırmalarınızı, çevrenizde bu alanla uğraşan işletmelerden, internet ortamından yapabilirsiniz.

1. ÇELİĞE SU VERME

1.1. Demir Çelik Metalurjisi

1.1.1. 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 ayrılırlar. 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. Demirdışı metaller içerdikleri ana elemana göre adlandırılırlar. Ana elemanların yanına bir ve birden fazla alaşım elemanı katarak değişik türde demirdışı alaşımlar üretilmektedir. Demirdışı 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 sahiptirler.

Metaller saf halde yumuşak ve düşük mukavemetli olmalarına karşılık alaşımlama, soğuk şekil verme ve ısıt 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 elverişlidirler. 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 ısıt işlem ile (sertleştirilmesi, yumuşatılması, normalleştirilmesi ya da gerginliğinin giderilebilmesi gibi işlemlerle) özelliklerinin ayarlanabilir olmasıda malzeme seçiminde önemli bir unsurdur.

1.1.2 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.

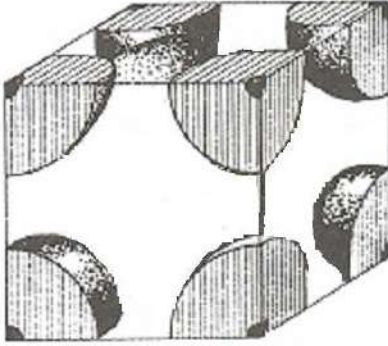
1.1.2.1. Atomlar Arası Bağ

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.

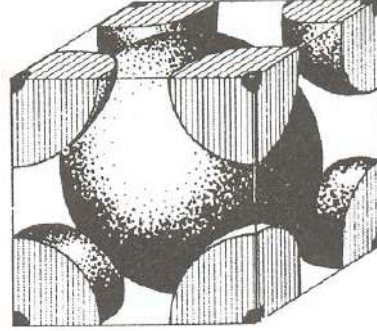
1.1.2.2. Kristal Kafesler

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

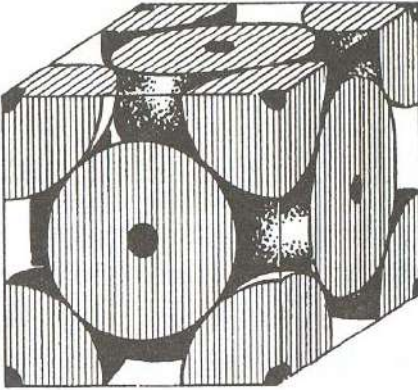
- Basit kübik (BK)
- Hacim merkezli kübik (HMK),
- Yüzey merkezli kübik (YMK)
- Hegzagonal sıkı paket (HSP) yapısıdır.



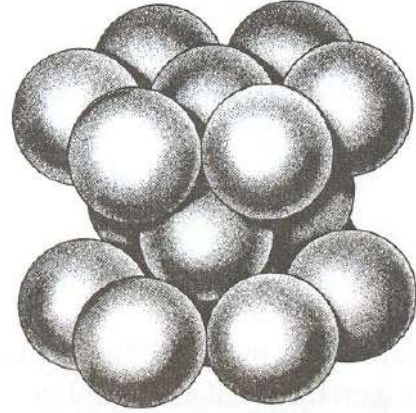
a)



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

1.1.3. 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.

1.1.3.1 Alaşım Tipleri

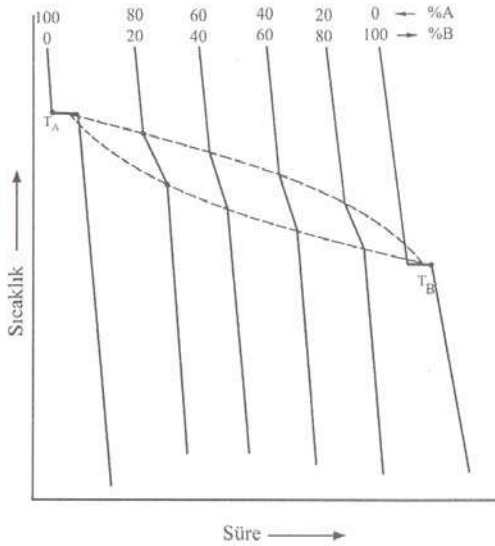
İki çeşit alaşım türü vardır. Bunlardan birincisi, homojen alaşımlar, ikincisi homojen olmayan alaşımlardır. Tek bir faz yapısında olan alaşımlara homojen alaşımlar, birden fazla

faz içeren alaşımlara da homojen olmayan alaşımlar denir. Fazlar mikroskop altında incelendiğinde kendilerine has belirgin bir görünüm ve şekilde olurlar.

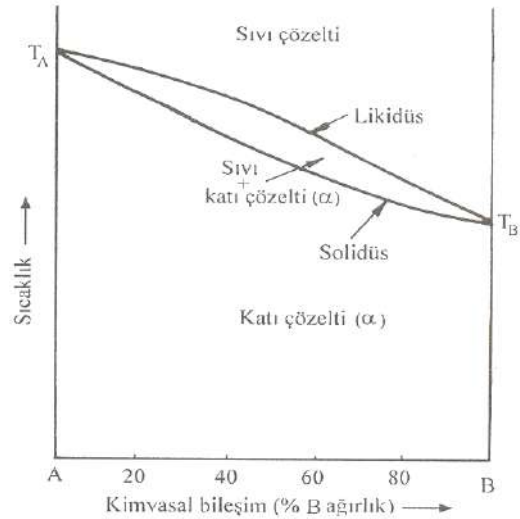
Katı haldeki homojen alaşım bir katı çözeltiden veya bileşikten oluşur. Homojen olmayan alaşımlar ise, katı fazların karışımından oluşur.

1.1.3.2. Isıl Eğriler

Isıl eğriler alaşımlar hakkında bilgi edinmek için en önemli kaynaklardır. Bir denge diyagramı oluşturmak için birçok ısı (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 katılaşma noktalarını göstermektedir. Alaşımların katılaşmaya başladıkları noktaların birleştirilmesiyle oluşturulan çizgiye likidüs denir. Likidüs çizgisinin üzerinde tek fazlı bir bölge olan homojen sıvı çözelti bulunur. Katılaşmanın tamamlandığı sıcaklıkların birleştirilmesiyle oluşturulan çizgiye ise solidüs denir. Solidüs çizgisinin altında kalan tek fazlı bölgede alaşım tamamen homojen katı çözeltiden oluşur. Likidüs ve solidüs çizgisinin arasında ise sıvı ve katı çözeltiden oluşan iki fazlı bölge bulunmaktadır.



a)



b)

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

1.1.4 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 ısıt işlemlerle farklı özellikler kazandırılabilir.

1.1.4.1 Demirin Allotropisi

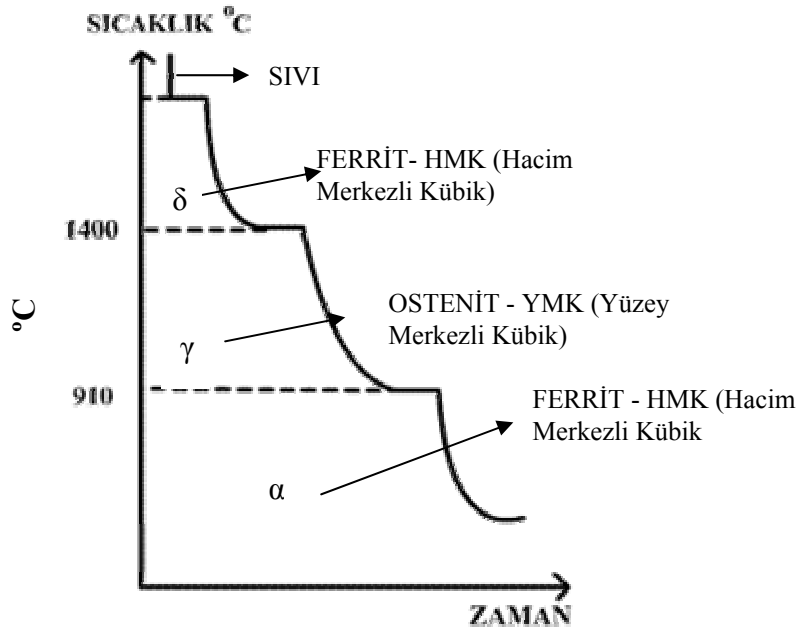
Saf demirin soğuma diyagramında üç ayrı allotropik durum (polimorf) vardır.

Şekil 1.3'te görüldüğü gibi ergimiş demir sıvı halden katılaşırsa 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 çözeltiye 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 çözeltidir.

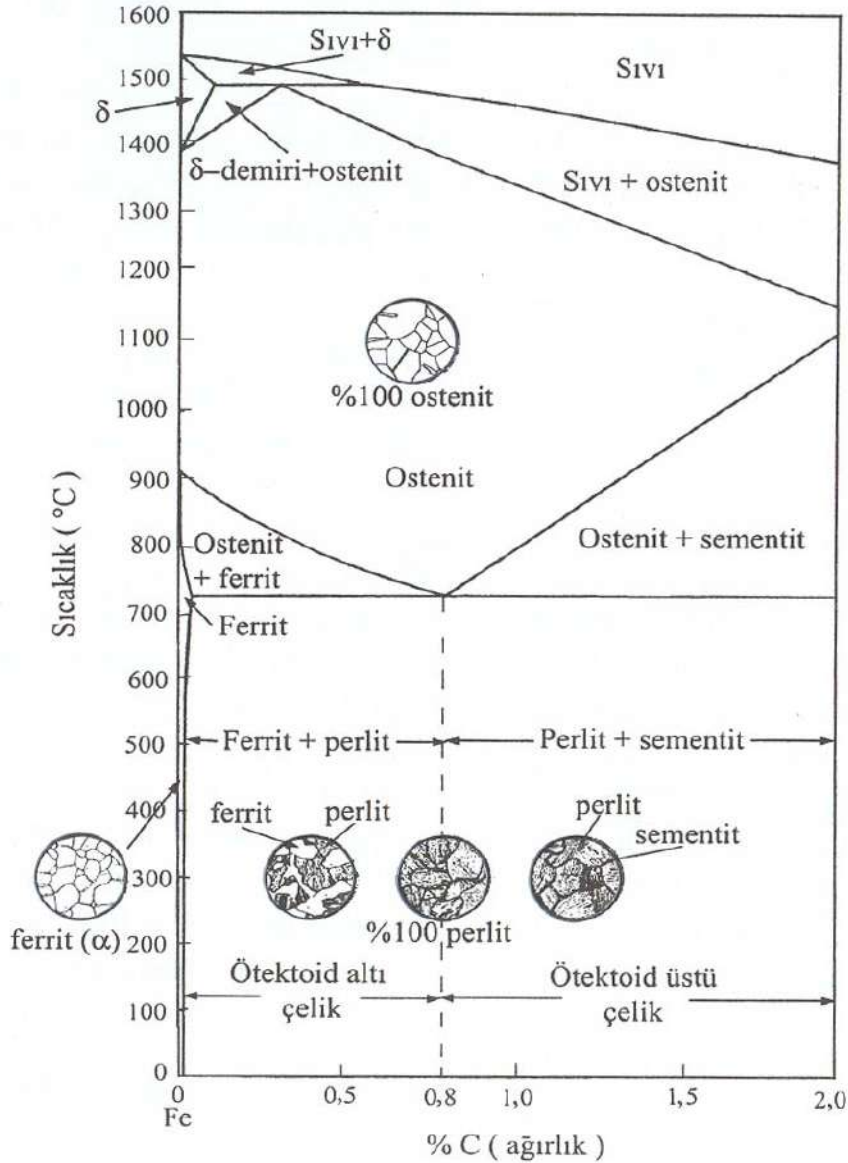
δ katı çözeltisi: Karbonun δ demiri içinde erimesi sonucu elde edilir. C bu eriyik içinde 1493 °C en fazla % 0.08 oranında eriyebilir.



Şekil 1.3: Demirin soğuma eğrisi ve allotropik değişimi.

1.1.5. Demir Karbon Denge Diyagramı

Çeliğin metalurjik yapısı hem sıcaklık hemde 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 halindedir. 1535°C ile 1400°C sıcaklık aralığında δ katı çözültisi halinde olup HMK kafes yapıya sahiptir. 1400°C ile 910°C sıcaklık aralığında γ katı çözültisi halinde olup YMK kafes yapıya sahiptir. 910°C'den itibaren α katı çözültisi halinde 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) bileşidir.
- **Ötektik ($\text{S} \leftrightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$)**: Bir sıvıdan farklı iki katı oluşumdur. % 4,3 C içeren Fe-C alaşımında 1140 °C'de oluşur.
- **Ötektoid ($\gamma \leftrightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$)**: Bir katı eriyik yapıdan farklı iki katı yapı oluşumdur. % 0,8 C içeren çelikler de 723 °C oluşur.
- **Perlit ($\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$)**: Mikroskop altında parlak parmak izi şeklinde görülen ferrit ve sementitin birleşiminden oluşan ötektik yapıdır.

1.1.6. Çeliklerin Sınıflandırılması

1.1.6.1. Üretim Metodlarına Göre Çelikler

- Bassemer ve Thomas çelik üretim yöntemi.
- Siemens – 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.

1.1.6.2. Kullanım Alanlarına Göre Çelikler

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

1.1.6.3. Bileşimlerine Göre Çelikler

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

1.1.6.4. Ana Katkı Maddesine Göre Çelikler

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

1.1.6.5. Metalografik Yapılarına Göre Çelikler

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

1.1.6.6. Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Göre Çelikler

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

1.1.6.7. Sertleştirme ortamlarına göre çelikler

- Su çeliği
- Yağ çeliği
- Hava çeliği

1.1.7. 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 standardında kullanıldığı durumlar da vardır.

Ülkemizde çelik standardı (TSE 1111)' de belirtilmiştir.

Ülkemizde TSE normları kullanılmakla birlikte, yabancı çelik standartlarında 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 İndüksiyon çeliği
 - O : Oksijenli konvertör çeliği

Bunların dışında çelikler Bazık 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 ısıtma 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 : Islah tavı yapılmış çelik

➤ **T.S.E. de elikler 7 rakamla gösterilirler**

- İlk rakam bölümü: İlk rakam 1 olup elik ile dökme eliğın sembol numarasıdır.
- Dört rakamlı ikinci bölüm:2. ve 3. rakamları oluşturan ilk bölüm eliğın türünü 4. ve 5. rakamları oluşturan ikinci bölüm ise tür numaralarını verir.
- ift rakamlı sonuncu bölüm: son iki rakamdan birincisi eliğınretim yöntemini ikincisi de ısıl işlem durumlarını verir.

1.1.8. eliğ Katılan Katkı Elemanları ve eliğ Kazandırdıkları

eliğın bazı özelliklerini değıştirmek ya da geliştirmek iin bileşimine ilave edilen maddelere katkı elemanı denir. eliğ karbon, silisyum, mangan, kükürt, fosfor, bakır, krom, nikel volfram, vanadyum, alüminyum gibi elementler katık elemanı olarak ilave edilirler.

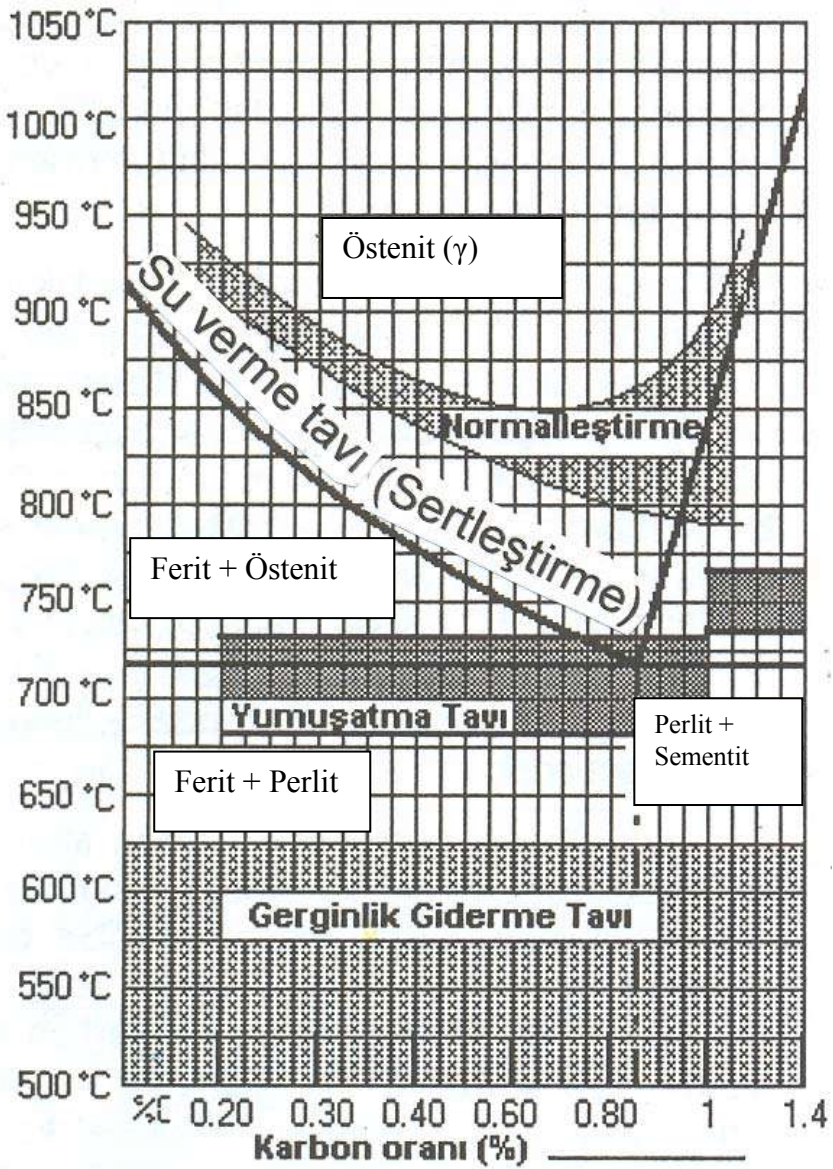
➤ Katkı elemanlarının eliğ kazandırdığı bazı özellikler aşağıda verilmiştir;

- Sertliğın artırılması
- Dayanımın artırılması
- Kristal yapıyı değıştirmek
- İşlenebilirliğı iyileştirmek
- Gerginlikleri gidermek
- Sertleşebilirliğın iyileştirilmesi
- Korozyon direncinin iyileştirilmesi
- Mıknatıslanma zelliğının geliştirilmesi
- Yüksek sıcaklıklara karşı dayanımının artırılması
- Isı yada elektrik direncinin değıştirilmesi

1.2. eliğ Uygulanan Isıl İşlemler

TS 1112’de ısıl işlemin tanımı şöyle yapılmaktadır; katı haldeki metal veya alaşımlara belirli özellikleri kazandırmak amacıyla bir veya daha ok sayıda, duruma göre birbiri ardına zamanlanarak uygulanan ısıtma ve soğutma işlemleri ısıl işlem olarak tanımlanmaktadır.

- Çeliklere uygulanan ısıt işlemler çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.
- Su verme tavl (sertleştirme)
 - Gerinlikleri giderme tavl
 - Normalleştirme tavl
 - Yumuşatma tavl



Şekil 1.7: Çeliklere uygulanan ısıt işlemler sıcaklık aralıkları

1.2.2.1. 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 konulur ve sonra ısıtılır.

- **Bekletme**

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

- **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 konulmalı 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, kısıp, tulum ve gerekli bütün takımlar kullanılmalıdır.
- İş disiplini ve meslekî kurallara uyulmalı ve kazalara karşı dikkat edilmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını uygulayarak çeliklere su verme işlemini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ 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 bulundukları 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.	➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız ➤ Fırın ısınma sıcaklığı beklenirken malzememizde bir ön tavlama maruz kalacak ve birdenbire ısınmayarak gerilmelerin oluşması engellenecektir. ➤ (7)Yanmalara karşı tedbirli olunuz. ➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız. ➤ Mesleğiyle ilgili etik ilkelere uygun davranınız. ➤ Bu sıcaklıktan sonra fırınımız 780°C hızlı bir şekilde çıkacak şekilde fırının ısınma ayarı artırılacak ve hızlı olarak bu sıcaklığa çıkarılacaktır. ➤ Parça sıcak olacağından temizlemeyi mekanik temizleme araçlarından tel fırça vb. takımlarla yapınız. ➤ Daha önce aldığımız sertlik ölçme modülünü dikkate alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyette kazanmış olduğunuz bilgileri aşağıda verilen soruları cevaplandırarak değerlendiriniz.

A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

- (...)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 iletirler, plastik şekil değişimine elverişlidirler, ışığı yansıtırlar, katı haldeyken kristal yapıya sahiptirler.
- (...)3. Karbon α demiri içinde erimesi sonucu oluşan katı eriyiğe Ostenit denir. Demirin saf halidir.
- (...)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 anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlayınız.

KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayır
1) Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş ısıttıktan 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 bulundukları YMK kristal kafesleri içinden dışarı çıkmalarını		
5) Bu sayede martenzit yapı oluşturarak çarpılmış, şekil değiştirmiş ve gerginlik kazanmış kristaller oluşturdunuz mu?		
6) Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 2

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, tekniğine uygun olarak çeliklere gerginlik giderme tavlamaı yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

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

2. GERİLİM GİDERME TAVI

2.1. Gerilim Giderme Tavrını Gerektiren Sebepler

Gerilim giderme tavrı 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 tavrı 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 tavlamaı 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 içyapısı sünekleşir.

2.3. Islah

Çoğunlukla yapı çeliklerine uygulanan bu işlem sertleştirme sonrası yüksek sıcaklıkta (450-675°) 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 hale gelirler.

UYGULAMA FAALİYETİ

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

İşlem Basamakları	Tavır ve Öneriler
➤ Malzeme 550-650°C'ye kadar yavaş yavaş ısıtınız. ➤ Malzemenin her bölgesinin homojen olarak tavlانmasını sağlayınız. ➤ Bu sıcaklıkta malzemeyi kalınlığına göre bekletiniz. (25mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir. ➤ Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için çok yavaş soğumasını sağlayınız.	➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız. ➤ 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 fırın kapatınız ve çelik malzeme fırın içerisinde kendi halinde soğumaya bırakınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgiler kazandığınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru ve yanlış olarak değerlendiriniz.

- (.....)-1 .Gerginlik giderme tavlama malzemenin iç yapısını yumuşatmak amacı ile yapılır.
- (.....)-2 .Gerginlik giderme tavlama 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 anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Yaptığınız uygulamayı değerlendirme ölçeğine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlayınız.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ - 3

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, tekniğine uygun olarak çeliklere normalleştirme tavlama yapabileceksiniz.

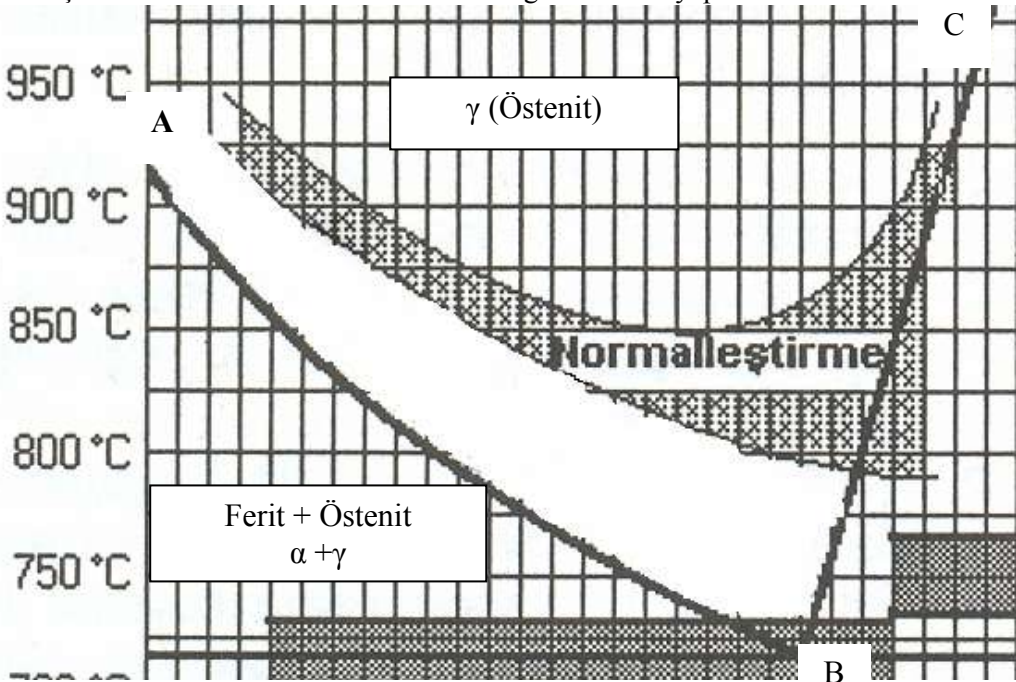
ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- 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 işyerlerini gezmeniz gerekmektedir.

3. NORMALLEŞTİRME TAVI

Normalleştirme tavlı 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 sakin bir havada kendi halinde soğutması ile yapılır.



Şekil 3.1: Demir-karbon denge diyagramından normalleştirme tavlama sıcaklıklarının gösterilmesi

3.1.Normalleştirme Tavını Gerektiren Sebepler

Normalleştirme tavını gerektiren başlıca sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

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

UYGULAMA FAALİYETİ

Dövülmüş, kaynak edilmiş ya da herhangi bir ısıtım işleminden geçmiş çelik malzemeye normalleştirme tavı uygulayarak homojen bir iç yapı oluşturulması ve tane boyutunun küçültülmesi işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıtınız. ➤ Malzemenin her bölgesi dönüşüncüye kadar bekletiniz. (Bekleme süresi 1mm için 2 dakikadır). ➤ Malzemeyi 723°C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenilen şekilde soğutunuz.	➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız. ➤ Yanmalara karşı tedbirli olunuz. ➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanınız. ➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uygun davranınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgileri kazandığınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru ve yanlış olarak değerlendiriniz.

- (.....)-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 1mm'si için 10 saat kadardır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek, eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlayınız.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Bu öğrenme faaliyeti kapsamında gerekli ortam sağlandığında, tekniğine uygun olarak çeliklere yumuşatma tavlama yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Bu faaliyet öncesinde yapmanız gereken öncelikli araştırmalar şunlardır:

- Yumuşatma 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.

4.YUMUŞATMA TAVI

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.

4.1. Yumuşatma Tavını Gerektiren Sebepler

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

- Yumuşatma tavını 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 için yapılır.

UYGULAMA FAALİYETİ

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

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ 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.	➤ Emniyet tedbirlerini uygulamak ➤ Yanmalara karşı tedbirli olma ➤ İş önlüğü, gözlük ve eldiven kullanmak ➤ Mesleğiyle ilgili etik ilkelere uygun davranma ➤ Daha önce almış oldunuz sertlik ölçme modülünü dikkate alarak Malzemenin sertliğini kontrol ediniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet kapsamında hangi bilgileri kazandığınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak belirleyiniz.

A- OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki cümleleri doğru ve yanlış olarak değerlendiriniz.

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

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Yaptığınız uygulamayı kontrol listesine göre değerlendirerek eksik veya hatalı gördüğünüz davranışları tamamlamayınız.

KONTROL LİSTESİ

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

DEĞERLENDİRME

Yaptığınız değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz.

Cevaplarınızın tamamı evet ise modül değerlendirmeye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

PERFORMANS TESTİ (YETERLİK ÖLÇME)

Modül ile kazandığınız yeterliği aşağıdaki kontrol listesindeki kriterlere göre ölçünüz.

KONTROL LİSTESİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	Evet	Hayir
A – SU VERME TAVİ YAPMAK		
Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
Perlit veya sementit içindeki karbonların serbest kalıp genleşmeden dolayı YMK kristal kafes içerisinde katı eriyik oluşturabilmeleri için beklediniz mi?		
Parça yüzeyindeki oksit tabakasını temizlediniz mi?		
Bu sıcaklıktan itibaren ani soğutma işlemi ile karbonların bulundukları YMK kristal kafesleri içinden dışarı çıkmalarını engellediniz mi?		
Bu sayede martenzit yapı oluşturarak çarpılmış, şekil değiştirmiş ve gerginlik kazanmış kristaller oluşturduğunuz mu?		
Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		
B- GERGİNLİK GİDERME TAVİ YAPMAK		
Malzemeyi 550-650°C'ye kadar yavaş yavaş ısıttınız mı?		
Malzemenin her bölgesini homojen olarak tavlanmasını sağladınız mı?		
Bu sıcaklıkta malzemeyi kalınlığına göre beklettiniz mi? (25 mm kalınlık için 1 saat bekletilmelidir).		
Parçada tekrar gerilmeler olmasını engellemek için çok yavaş soğumasını sağladınız mı?		
C – NORMALLEŞTİRME TAVİ YAPMAK		
Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
Malzemenin her bölgesi dönüşüncüye kadar beklettiniz mi? (Bekleme süresi 1mm için 2 dakikadır).		
Malzemeyi 723°C'nin altına kadar hareketsiz ve havada daha sonra istenilen şekilde soğuttunuz mu?		
D- YUMUŞATMA TAVİ YAPMAK		
Malzemeyi homojen olarak önce yaklaşık 600°C kadar yavaş sonra yaklaşık 780°C kadar hızlı ısıttınız mı?		
Bu sıcaklıkta birkaç saat bekleterek sementitin küreselleşmesini sağladınız mı?		
Bekleme işlemi bittikten sonra malzemeyi 600°C kadar çok yavaş daha sonra malzemeyi istenilen şekilde soğuttunuz mu?		
Malzemenin sertliğini kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz.

Bütün cevaplarınız evet ise modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1 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 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D

ÖĞRENME FAALİYETİ 3 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ 4 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

KAYNAKÇA

- KARABULUT Hasan, **Öğretmen Ders Notları (Yayınlanmamış)**, Ankara. 2005.
- Doç Dr. GÜNDÜZ Süleyman, **Faz Diyagramları Dersi Y. Lisans Ders Notları**, Karabük, 2000.
- Doç Dr. KAÇAR Ramazan, **Kaynakta Isıl İşlem Metodu Dersi Y. Lisans Ders Notları**, Karabük, 2000.
- DoçDr. ERDOĞAN Mehmet, Çeviri **Mühendislik Alaşımların Yapı ve Özellikleri-Cilt 1**, Ankara, 2000.
- DoçDr. ERDOĞAN Mehmet, Çeviri **Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri-Cilt 1**, Ankara 1998.
- Prof.Dr. SAVAŞKAN, **Temel Malzeme Bilgisi ve Muayenesi**, Trabzon 2004.
- BAYDUR Galip, **Malzeme**, Ankara, 1976.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Metal İşleri Meslek Teknolojisi-2**, Ankara, 2001.