

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇELİKLERİN ISIL İŞLEM ALTINDA GÖSTERDİĞİ
YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN TARAMALI ELEKTRON
MİKROSKOBU (SEM) VE MÖSSBAUER
SPEKTROSKOPİSİ İLE İNCELENMESİ

SEÇİL ELİEYİOĞLU

KASIM 2005

Fen Bilimleri Enstitüsü müdürünün onayı

Prof. Dr. M. Yakup ARICA
Enstitü Müdürü

Bu Tezin Yüksek Lisans Tezi olarak Fizik Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr .İhsan ULUER
Anabilim Dalı Başkanı

Bu Tezi Okuduğumuzu ve Yüksek Lisans Tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Prof.Dr.Hüseyin AKTAŞ
Danışman

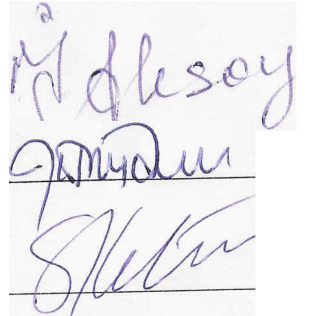
Tez Jürisi Üyeleri

ProfDr.İlhan AKSOY

ProfDr.Hüseyin AKTAŞ

Yrd.Doç.Dr.Selçuk

AKTÜRK



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgi ve önerileri ile bana her konuda destek olan ve çalışmalarım boyunca karşılaştığım tüm zorluklar karşısında yardımını ve emeğini hissettiğim değerli hocam **Sayın Prof. Dr. Hüseyin AKTAŞ' a** sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Kırıkkale Üniversitesi' ne araştırma laboratuvarlarını kurarak, bizlere bilimsel çalışma imkanı sağlayan **Rektörümüz Sayın Prof. Dr. T. Nuri DURLU' ya** teşekkürlerimi sunarım. Her türlü destek, yardım ve büyük bir sabırla yanımda olan **Araş. Gör. Emre GÜLER' e** ve **Araş. Gör. Melek GÜNER' e** teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmamın başından sonuna kadar her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyerek her zaman yanımda olan değerli aileme, benden değerli bilgilerini esirgemeyen Kar-Demir Çelikhane Müdürü Sayın Mansur Yeke' ye, İş-Demir BaşMühendisi Murat Cebecik' e, bana gerek bilgisayar desteği gerekse çevirmen desteği ile yardım eden Erdiñ DERELİ' ye, değerli arkadaşım Cahit YILDIZ' a ve tüm bu süreç zarfında her konuda bana yol gösteren K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü personeline teşekkür ederim.

ÖZET

ÇELİKLERİN ISIL İŞLEM ALTINDA GÖSTERDİĞİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM) VE MÖSSBAUER SPEKTROSKOPİSİ İLE İNCELENMESİ

ELİEYİOĞLU SEÇİL

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Prof.Dr. Hüseyin AKTAŞ

Kasım 2005, 42 Sayfa

Bu tez çalışmasında,1137 tipi bir çelikte gözlenen faz dönüşümlerinin yapısal ve manyetik özellikleri çeşitli fiziksel yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.

1137 tipi çelik, sağlandığında ferrit fazdaydı. Isıl işlem sonucu, iğne yapılı ve difüzyon alt bainite yapıya geçtiği, Taramalı Elektron Mikroskobu

(SEM) ile yapılan yüzey gözlemlerinden anlaşıldı.

1137 tipi bu çelikte, ferrit ve bainite fazların ne çeşit bir manyetik davranış sergiledikleri ve bu fazların hacmsal miktarlarını saptamak için Mössbauer Spektroskopisi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan incelemelerde, ferrit fazın bainite fazdan daha güçlü bir ferromanyetik yapıda olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler : Çelik, AISI 1137, Austenite, Ferrit, Bainite, SEM,

Mössbauer, Spektroskopisi

ABSTRACT

INVESTIGATION FOR STRUCTURAL CHANGING OF STEELS BECAUSE OF HEAT TREATMENT WITH SCANNING ELEKTRON MICROSCOBE (SEM) AND MÖSSBAUER SPECTROSCOPY

ELİEYİOĞLU, Seçil

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Scienses

Department of Physics, M. Sc. Thesis

Supervisor: Prof.Dr.Hüseyin AKTAŞ

November 2005, 42 Pages

In this thesis study; structural and magnetic properties which are observed in AISI 1137 steel, have been investigated using various physical characterization methods.

When AISI 1137 is provided, it has in ferrite phase. After heat treatment, it's understood,using scanning electron microscope in surface

observations, that it is formed needle - like and diffusion lower bainite.

Mössbauer Spectroscopy was used to determine magnetic properties and volume fraction of ferrite and bainite phases in this AISI 1137 steel. As a result, the ferrite phase showed stronger ferromagnetic than bainite phase.

Key Words : Steel, AISI 1137, Austenite, Ferrite, Bainite, SEM, Mössbauer Spectroscopy

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

- 1.1. Demirin Allotropisi
- 1.2. Demir – Karbon Denge Diyagramı
- 1.3. % 0.45 C' lu Çelikte Perlitin Soğuma Diyagramı
- 1.4. % 0.8 C İçeren Çelikte Bainite Oluşması Yolunu Gösteren Bir Diyagram
- 1.5. Martensite Oluşumunu Gösteren Soğuma Diyagramı
- 2.1. SEM' in Şematik Yapısı
- 3.1. A Numunesi Ferrit Yapısı
- 3.2. B Numunesinin Alt Bainite Yapısı
- 3.3. A Numunesinin Mössbauer Spektroskopisi Sonucu
- 3.4. B Numunesinin Mössbauer Spektroskopisi Sonucu

SİMGELER DİZİNİ

Fcc	Yüz merkezli kübik yapı
Bcc	Hacim merkezli kübik yapı
Bct	Hacim merkezli tetragonal
Ms	Austenite – martensite faz dönüşümünün başlama sıcaklığı
Mf	Austenite – martensite faz dönüşümünün bitiş sıcaklığı
TTT	Time – Temperature – Transformation (Zaman – Sıcaklık - Dönüşüm)
Eu	Uyarılmış durum enerjisi
Et	Taban durum enerjisi
v	Frekans

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

2.1. 1137 tipi çeliğın kimyasal kompozisyonları

3.1. Mössbauer Spektroskopisinden alınan bazı sonuçlar

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1.Malzemeler.....	1
1.1.1.Malzemelerin Özellikleri	1
1.1.1.1. mekanik Özellikler.....	2
1.1.1.2. Fiziksel Özellikler	3
1.2. Metaller.....	5
1.2.1. Demir Esaslı Metaller.....	5
1.2.2. Demirin Allotropisi	7
1.2.3.Demir – Karbon Denge Diyagramları.....	9
1.2.3.1. Faz dönüşümü.....	10
1.2.Çeliklerde Isıl İşlemler.....	18
1.3. Kaynak Özetleri	20
1.4. Çalışmanın Amacı.....	21

2. MATERYAL VE	
YÖNTEM.....	22
2.1. Materyal.....	22
2.1.2. Numunelere Uygulanan Isıl İşlem	22
2.1.3. Numunelerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Hazırlanması....	23
2.1.4. Numunelerin Mössbauer Spektroskopisi İncelemeleri İçin Hazırlanması...24	
2.2. Yöntem	24
2.2.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	24
2.2.2. Mössbauer Spektroskopisi.....	27
2.2.2.1. Mössbauer Spektroskopisinden Elde Edilebilecek Bilgiler.....	30
2.2.2.2. Mössbauer Olayının Diğer Uygulama Alanları.....	31
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	32
3.1. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Bulguları.....	32
3.2. Mössbauer Spektroskopisi Bulguları.....	33
4. SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR.....	38

1. GİRİŞ

1.1. Malzemeler

Malzemeyi “ yararlı özellikleri nedeni ile uygulamada kullanılan cisimdir ” diye tanımlayabiliriz⁽¹⁾ . William Smith ise malzemeyi “ kendilerinden bir şeyler oluşturulan veya yapılan maddelerdir” diye tanımlamaktadır⁽²⁾ . Uygarlığın başlangıcından beri malzemeler enerji ile birlikte insanın yaşama standardını yükseltmek için kullanılmıştır. İÇinde bulunduğumuz bilgi çağında, teknolojik gelişmelerin getirdiği gereksinimlerden dolayı, malzemelerin özelliklerinin anlaşılması birçok araştırmaya konu olmuştur.

Öncelikle malzemeler ile ilgili genel özellikleri vermek uygun olacaktır.

1.1.1. Malzemelerin Özellikleri

Genel anlamda malzemelerin özellikleri mekanik ve fiziksel olmak üzere iki bölümde incelenmektedir. Mekanik özellikler; uygulanan yük veya gerilmeye karşı malzemenin nasıl davrandığını gösterirler. Gerilme, kuvvetin etki ettiği kesit alanına bölünmesi olarak tanımlanır ⁽³⁾. Genellikle yapı içerisindeki küçük bir değişiklik, malzemelerin mekanik özellikleri üzerinde olumsuz bir etki yapabilir.

Fiziksel özellikler; elektrik, manyetik, termal elastik ve kimyasal davranışları içerirler ⁽⁴⁾. Bu özellikler, malzemenin hem gördüğü işleme hem de iç yapısına bağlıdır. Uygulanan bir işlem sonucu malzemenin özelliklerinde meydana gelen değişimin nedeni ancak iç yapı göz önüne alınarak açıklanabilir.

Öncelikle; malzemelerin mekanik özelliklerinden ve fiziksel özelliklerinden

manyetiklik hakkında bilgi vermek yerinde olacaktır.

1.1.1.1. Mekanik Özellikler

Bir malzemenin uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği tepki mekanik davranış olarak tanımlanmaktadır ⁽⁵⁾. Malzemelerde, mekanik özelliklerin kaynağı atomlar arası bağ kuvvetleri olsa da; iç yapıya ve çevre koşullarına da bağlıdır.

Malzemenin gösterdiği mekanik davranışlar, değişik tür zorlamalar altında oluşan gerilme ve şekil değiştirmeleri ölçülerek ve gözleyerek saptanır. Cisimler artan dış zorlamalar altında önce şekil değiştirir; daha sonra dayanım kaybederek kırılır. Düşük gerilmeler altında şekil değiştirmeler tersinirdir. Malzemelerin iç yapısında kalıcı değişim veya kırılma oluşturan herhangi bir gerilme sınırı malzemenin dayanımı olarak tanımlanır.

Malzemelerin mekanik özelliklerin belirlenmesinde önemli olan faktörlerden biri; kusurlardır. Kusurları olumsuz anlamda değerlendirmemeli belirli kusurların istenerek oluşturulması durumunda malzemelerin özelliklerinin iyileştirileceği bilinmelidir. Malzemenin katılma sürecinde yada ısı, dış zor veya basınç gibi dış etkilerle meydana gelen kusurlar; noktasal, yüzeysel, hacımsal veya çizgisel olarak sınıflandırılırlar.

Noktasal kusurlar; kristal yapı içerisinde bir atomun bulunması gereken konumda bulunmaması veya bulunmaması gereken konumda fazladan bulunması ile ortaya çıkar⁽⁶⁾. Noktasal kusurlar, mekanik özellikleri etkilediği kadar malzemenin elektriksel özelliklerini de büyük ölçüde etkiler⁽⁷⁾.

Yüzey kusurları, katıyı bölgelere ayıran sınırlardır. Yüzey atomları içerdikleri

kusurlardan ötürü, enerjileri daha yüksek ve içindeki atomlara göre daha zayıf bağıdır.

Malzemelerde yaygın olarak görülen hacim kusurları, kristal örgü kusurudur. Bu tür kusurlara örnek olarak, metallerin üretimi sırasında oluşan metalik olmayan kalıntıları verebiliriz.

Dislokasyonlar, kusursuz kristaldeki örgü noktalarından geçen çizgiler boyunca oluşan kusurlardır⁽⁸⁾. Dislokasyonlar, malzemelerin plastik deformasyonunu kolaylaştırır⁽⁸⁾. Dislokasyon sonucu denge konumlarından ayrılan atomlardan dolayı çizgi çevresinde gerilmeler doğar ve dolayısıyla şekil değiştirme enerjisi depo edilir. Bu kusurlar kristallerde; dış, zor, ısı değişimi gibi etkilerle ortaya çıkar. Dislokasyonlar, kristalin dış zora karşı direncinde ve mekanik özelliklerinde çok önemli değişikliklere yol açar⁽⁹⁾. Dislokasyonlardan dolayı kristalin enerjisi önemli ölçüde artar; termodinamik denge durumu hiçbir zaman söz konusu olmaz. Soğuk şekillendirme sırasında gözlenen dayanım artışı da, bu sırada dislokasyonların oluşması ve bunların karşılıklı olarak birbirlerini engellemesi ile açıklanabilir.

1.1.1.2 Fiziksel Özellikler

Malzemelerin fiziksel özellikleri, kristal örgüden kaynaklanmaktadır. Bu özellikler, katının kristal örgüsünün cinsine bağıdır⁽¹⁰⁾. Malzemelerin fiziksel özelliklerini; elektriksel ısı,optik ve manyetik özellikleri olarak sınıflandırabiliriz.

Malzemelerin manyetikliği, atomsal yapılar yardımıyla açıklanmaktadır. Elektronlar atom çekirdeği çevresinde yörünge hareketi yaparken kendi eksenleri etrafındaki dönme yönüne göre de, her elektronda bir manyetik alan oluşur. Ayrıca bir elektron çekirdek etrafında yörünge hareketi yaparken atomun çevresinde de bir

manyetik alan oluşturur. Kuvvetli bir dış manyetik alanın uygulanması, elektron akımlarının etkilenmesine; böylece iki ayrı manyetik manyetik davranışın ortaya çıkmasına neden olur. Diamanyetik ve paramanyetik olarak adlandırılan bu iki durumdan diamanyetiklikte; i alan dış alana karşı etki ederek etkiyi az da olsa zayıflatır. Paramanyetiklikte ise; dış alan hafifçe kuvvetlenerek maddeyi minimum ölçüde eker⁽¹¹⁾ . Paramanyetikliğin bir cisimde etki alanı içinde atomların tek tek manyetik momentleri gelişi güzel yönelmişlerdir.

Paramanyetikliğin bir özel hali olan ferromanyetiklik, teknik uygulamalarda önemlidir. Dış alan etkisi kaldırıldığında bile ferromanyetik maddeler için manyetiklik devam edebilir⁽¹²⁾ . Ta ki; ısıl titreşimlerin şiddeti nedeni ile sıcaklığın belli bir sıcaklığa (Curie Sıcaklığı) yükselip, yeniden paramanyetik özellik göstermeye başlayıncaya kadar⁽¹³⁾ . Ferromanyetik malzemelerde, manyetik geçirgenlik çok büyüktür. Ferromanyetik bir malzemede tüm atomlar aynı şekilde yönelirler. Ferromanyetik maddelere örnek olarak demir, nikel ve kobalt verilebilir.

Aak sıcaklıklarda ise; krom, mangan gibi bazı metallerde komşu atomların manyetik momentleri birbirine zıt olacak şekilde yönelirler. Bu özelliğe ‘ antiferromanyetik özellik ‘ denir.

Malzemeler genellikle dört grupta incelenir ⁽¹⁴⁾. Bunlar; metallere, plastikler, seramikler ve kompozit malzemelerdir. Bu malzemeler arasından metallere ve metal gruplarından ise özellikle demir-karbon alaşımları hakkında bilgi vermek yerinde olacaktır.

1.2. Metaller

Metaller endüstride, özellikle üstün özelliklere sahip olmasından dolayı önemli yapı ve makinelerde en çok kullanılan malzemelerdir. Metal, uygulanan elektrik alan etkisinde elektriği en iyi ileten katıya denir ⁽¹⁵⁾. Metaller, atomların düzenli bir şekilde yer aldığı kristal bir yapıdadır. Isıyı iyi iletirler ve çoğu oda sıcaklığında dayanımlı olup, yüksek sıcaklıklarda bile dayanımlarını korurlar.

Metaller ise kendi aralarında demir esaslı ve demir dışı metaller olmak üzere ikiye ayrılırlar. Demir dışı metaller, içerdikleri ana elemana göre isimlendirilirler ⁽¹⁶⁾. Bu ana elemanlar bir veya birden fazla metal katarak farklı türlerde demir dışı alaşımlar üretilir. Demir dışı metallerden en önemli olanları alüminyum ve alaşımları ile bakır ve alaşımlarıdır ⁽¹⁶⁾.

Demir esaslı metallerde, ana eleman olan demirin yanı sıra karbon mutlaka; ve bunun mangan, silisyum, kükürt ve fosfor gibi alaşım elemanları da bulunabilir.

1.2.1. Demir Esaslı Metaller

Demirin insanlar tarafından kullanımı tarihin çok eski dönemlerinden birisi olan Demir Devrine kadar gider. Demir çoğunlukla demir cevherinden yüksek fırınlarda elde edilir. İçerdikleri karbon oranları % 0,1 'den küçüktür. Özellikle iyi dayanım ve düşük maliyet gibi özellikleri bir arada buldukları için demir; dünya metal üretiminin %90 'ını oluşturur ⁽¹⁷⁾.

Demir elementi başka elementlerle de bileşik teşkil eden aktif bir element olmakla beraber, en önemli alaşımları karbon ile yaptıklarıdır ⁽¹⁸⁾. Demir ile karbonun oluşturduğu malzeme gruplarından birinin adı çelik, diğerinin adı ise dökme demirdir

Bu alaşımlardan biri olan elik; malzemeler içinde en fazla kullanılandır. Öyle ki, kullanılan elik miktarı diğer bütün mühendislik malzemeleri mertebesinde veya daha fazladır ⁽⁷⁾. 18. y.y ‘da sanayi devrinin başlamasına hem doğrudan, hem de dolaylı olarak elik sanayi ön ayak olmuştur. Yaklaşık son iki yüzyıl demir-elik devri olarak nitelendirilebilir.

eliklerde karbon oranı % 0,1 ila % 2 arasında değişmektedir. eliklerde karbon oranı yükseldikçe iç yapıda yumuşak ferrit fazının yanında sert ve gevrek olan demir karbür fazının miktarı artar ⁽¹⁹⁾. Bu sebepten dolayı Şekil değiştirme zorlaşır; dayanım azalır. Az karbonlu çeliklerde dayanım düşük; yüksek karbonlu çeliklerde ise dayanım yüksektir.

Çelikler karbonca oranları bakımından üç temel gruba ayrılırlar:

i) Az Karbonlu elikler: İçerdikleri karbon miktarı % 0,1 ila % 0,2 arasındadır. Az karbonlu çelikler soğuk Őekillendirmeye ve kaynak edilmeye elverişlidir.⁽¹⁵⁾

ii) Orta Karbonlu elikler: İerdikler karbon miktarı % 0,2 ila % 0,5 arasında olan bu çeliklerin yapı ve özellikleri büyük ölçüde değiştirilebilir. Kaynak olma özellikleri yüksektir. Orta karbonlu çelikler; mil, tel, dingil, ray, ray tekeri, silindir yapımında ve özellikle otomasyon sektöründe kullanılırlar. ⁽¹⁶⁾

iii)Yüksek Karbonlu elikler: Karbon miktarı % 0,5 ila % 2 arasındadır. Yüksek dayanım gerektiren yerlerde kullanılırlar⁽¹⁷⁾

Diğer taraftan kullanılan alaşım elementlerinin göre ise çelikler üç gruba ayrılırlar. Bunlar alaşımsız çelikler, az alaşımlı çelikler ve alaşımlı çeliklerdir. Karbon eliği olarak da adlandırılan alaşımsız çelikler, alaşım elementi sayılabilecek hiçbir

elementi içermezler. Alaşım elementlerinin ise toplam miktarı % 5 ' i geçmeyen çeliklere az alaşımlı çelikler denir⁽²⁰⁾ . Alaşımsız çeliklere göre daha kaliteli ve daha pahalı olan çeliklerdir. Alaşımlı çeliklerde ise, toplam alaşım elementi % 5 ' den fazla; bazılarında ise alaşım katkısının üst sınırı nerede ise % 50 ' dir. Bu tür çelikler çoğunlukla özel tekniklerle üretilir. Takım çelikleri ve paslanmaz çelikler bu gruptadır. Örneğin; paslanmaz çelikler % 12 ' den daha yüksek Cr içeren çeliklerdir. Cr miktarı arttıkça yüksek sıcaklıklara karşı dayanma dirençleri artar. Paslanmaz çeliklerin maliyeti de azdır.

Demir ile karbonun yaptığı bir diğer alaşım ise; dökme demirlerdir. Dökme demir İçerisine hurda malzemeler de katılan, ham demirin karbon oranının % 2 – 4 arasına düşürülmesi ile elde edilen bu demir türüne ⁽²⁾ . Dökme demirler oldukça düşük maliyetlerinden dolayı sıkça kullanılırlar. Makine gövdeleri, motor blokları, çimento endüstrisi, çamur pompaları gibi önemli yerlerde kullanılmaktadırlar.

1.2.2. Demirin Alotropisi :

İnsanlar tarafından en iyi tanınan metal demirdir. Demir saf halde çok yumuşak ve düşük dayanımlıdır. İçine katılan karbon oranı arttıkça sertlik ve dayanım artar.

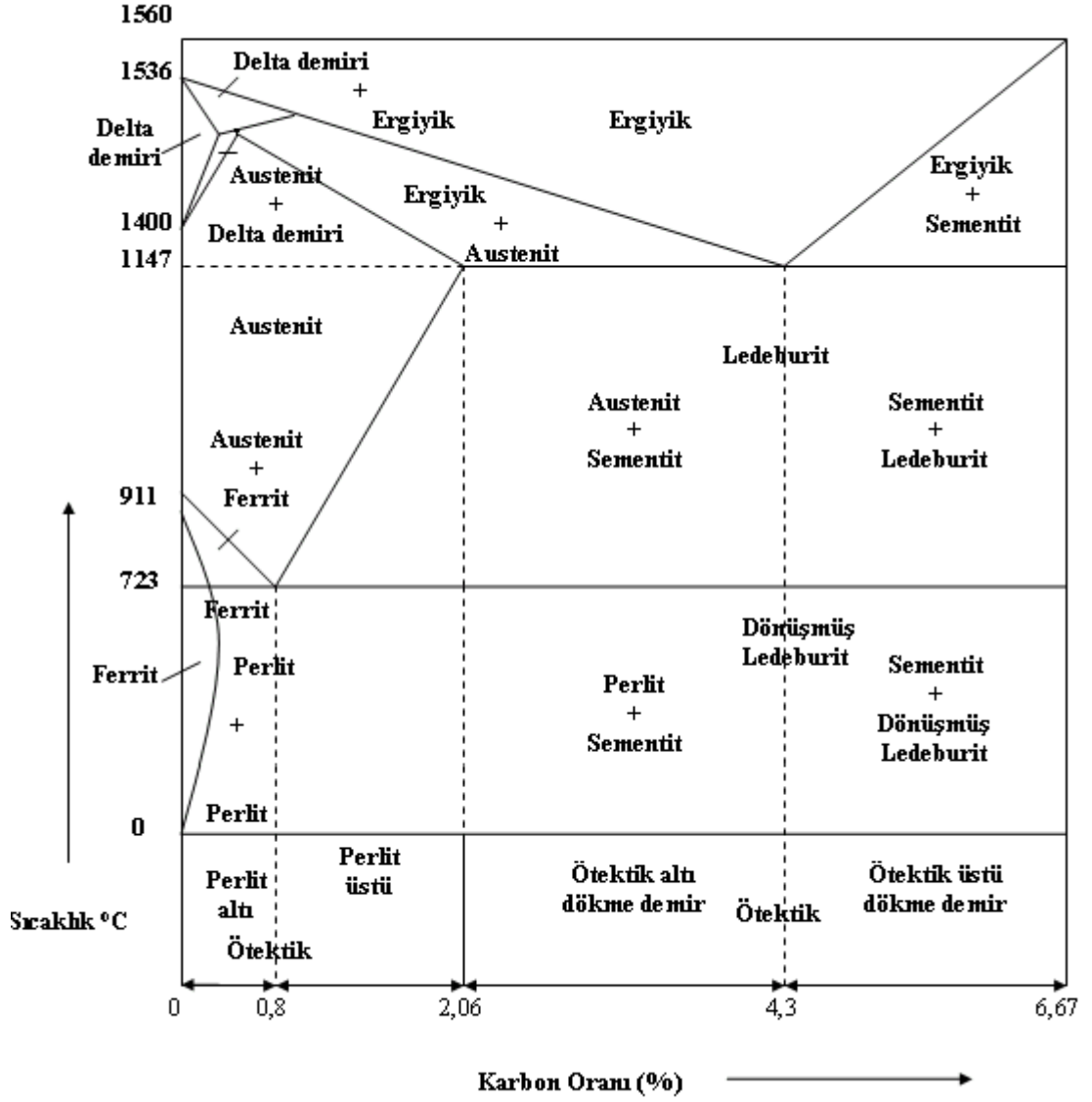
1536 °C sıcaklığın üzerinde sıvı olan demirin oda sıcaklığına (20 - 25 °C) kadar soğutulmasıyla elde edilen katılaşma eğrisi incelendiğinde; demirin dört farklı kristal yapıda bulunduğu görülür ⁽²¹⁾.

Şekil 1.1. Demirin Allotropisi

Ergiyik halde olan demirin atomları, (b.c.c.) kristal yapıyı oluşturarak katı faza geçer. Bu kristal yapıya δ – demir denir. δ – demirin sıcaklığı 1400 °C ‘ye düştüğü zaman kristal yapı (f.c.c.) yapıya dönüşür ve γ – demir oluşur. γ – demirin sıcaklığı 911 °C ‘ye düştüğü zaman kristal yapı (b.c.c.) olur. Bu kristal yapıya α – demiri denir. γ – demir küp kenar uzunluğu α – demiri küp kenar uzunluğunda daha uzundur ⁽¹⁷⁾. α – demirin sahip olduğu kristal yapı, oda sıcaklığına kadar bir daha değişim göstermez. Ancak α – demirinin sıcaklığı 768 °C ‘ye düştüğü zaman, manyetik olmayan α – demiri manyetiklik özelliği kazanır. Bu yeni özelliğinden dolayı manyetik α – demirine β demiri de denir.

1.2.3. Demir – Karbon Denge Diyagramları

Bir demir – karbon aşlımı olan çelikte ferrit, austenite, perlit, bainite ve martensite fazlarına rastlamak mümkündür.



Şekil 1.2. Demir - Karbon Denge Diyagramı

1.2.3.1. Faz Dönüşümü

Bir cismin basit olarak bağ kuvvetleri etkisinde en düşük enerjili denge konumunda bulunan atomlar grubundan oluştuğunu biliyoruz. Homojen olarak dizilmiş bu atomların denge haline **faz** denir ⁽²²⁾. Ancak çevre şartlarının değişmesi halinde enerji içeriği de değişeceğinden; atomlar başka bir denge konumuna geçerek dizilme biçimleri değişir ve bunun sonucunda farklı bir faz meydana gelir ⁽²³⁾. Bu olaya **faz dönüşümü** denir. Faz dönüşümüne neden olan ve enerji içeriğini değiştiren üç

temel etken vardır. Bunlar; sıcaklık, basınç ve alaşımın bileşimidir. Bu dönüşüm esnasından termodinamik bir denge hali olan faz, her yerinde aynı kimyasal bileşim ve özelliklere sahiptir. Sadece kristal yapıda değişiklik meydana gelir.

Bir faz dönüşümü sırasında yapıyı oluşturan atomların birbirlerine göre konumları yada komşulukları değişerek meydana gelen dönüşümlere difüzyonlu faz dönüşümü, konumları yada komşulukları değişmeden meydana gelen faz dönüşümlerine ise difüzyonsuz faz dönüşümü denir⁽²⁴⁾. Genelde tüm metal ve alaşımlar atomların difüzyonlu bir oluşumla yer değiştiremeyecekleri kadar hızlı bir şekilde ısıtıldıklarında yada soğutulduklarında difüzyonsuz faz dönüşümü gösterirler.

J.W. Gibbs, termodinamik incelemeler için seçilen bir sistemde denge halinde bir arada bulunabilecek fazları sayısını hesaplamaya imkan veren bir eşitlik geliştirmiştir. Gibbs faz kuralı adı verilen eşitlik şöyle ifade edilir.

$$P + F = C + 2$$

Eşitlikte : P = Seçilen bir sistemde bir arada bulunabilecek fazların sayısı

C = Sistemdeki bileşenlerin sayısı

F = Serbestlik derecesidir

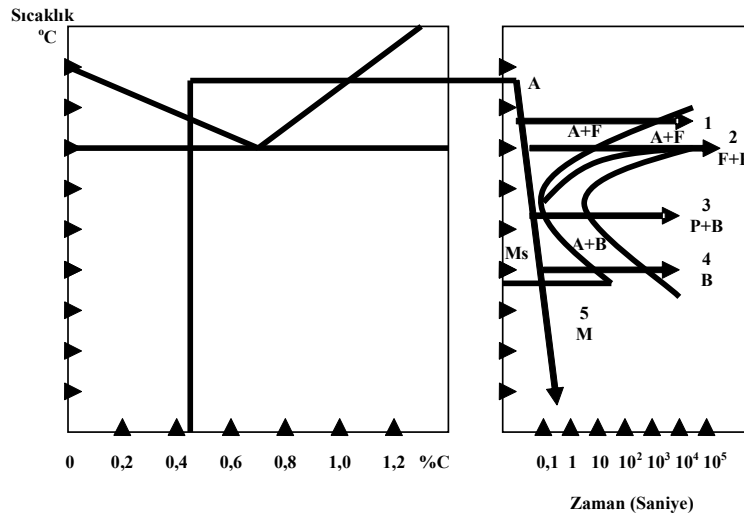
Çoğunlukla sistemdeki C bileşeni bir element, bileşik veya çözüldür. F serbestlik derecesi, seçilen sistemde denge halindeki fazların sayısını değiştirmeden diğerlerinden bağımsız olarak değiştirebilecek değişkenlerin (basınç, sıcaklık ve bileşim) sayısıdır.

Faz dönüşümleri esnasında görülen bir yapı olan ferrit (α ferrit), karbonun (b.c.c.) demirdeki ara yer katı çözüldür. α ferrit, bu malzemelerin en yumuşağıdır.

Karbon miktarı % 0 olduğunda α - demirine karşılık gelir ⁽²⁵⁾. 723 °C ' de karbonun demir içerisindeki katı eriyiği olan δ – ferrit, karbonun eriyebilirliği 1495 °C ' de % 0,09 ' dur. Karbonun, ferrit içindeki eriyebilirliği sıcaklık düştükçe düşer. 0 °C ' de karbonun ferrit içinde eriyebilirliği % 0,08 ' dir.

Yaklaşık olarak 1500 °C ' de eriyen Fe alaşımları, havasız ortamda oda sıcaklığına soğutulurken yaklaşık 900 °C civarında yüz merkezli kübik (f.c.c.) yapıda kristalleşerek austenite fazını meydana getirir. Austenite faz, γ katı çözeltilisine verilen addır ⁽²⁶⁾ . γ demirde çözünmüş ara yer katı çözeltilisidir. Maksimum karbon çözünlülüğü, 1135 °C ' de % 2 ' dir ve 723 °C ' de % 0,8 ' e düşmektedir. Karbonun, austenite ve ferrit içerisinde eriyebilirlik farkı çoğu çeliklerin sertleşebilirlik durumunu oluşturmaktadır.

Bir çelikte, austenite sıcaklığından; örneğin 850 °C ' den 750 °C ' ye soğuduğunda, Fe – C denge diyagramına göre herhangi bir dönüşüm meydana gelmez. Eğer sıcaklık 650 °C ' ye düşerse 1 sn sonra perlit oluşur ve dönüşüm 10 sn içinde tamamlanır. Perlit oluşum sıcaklığı düştükçe perlit lamelleri çok inceleşir ve tüm yapı sert olur.



Şekil 1.3. % 0.45 C ' lu çelikte perlit oluşumunu gösteren bir soğuma diyagram

Şekil 1.3 ' de, orta C ' lu çeliğin soğutma işleminde görüldüğü gibi 750 °C ' de dönüşümüne izin verilirse, sadece ferrit ile austenite arasında bir denge sağlanır (I nolu eğri) ⁽¹⁹⁾ . Eğer dönüşüm 650 °C ' de gerçekleşirse önce ferrit ayrışması ve bunu takiben kısa bir süre sonra perlitte oluşumu meydana gelir. Perlit oluşumu austenite tane sınırlarında veya austenite taneciklerinin içerisindeki diğer düzensiz bölgelerde başlar ⁽¹⁹⁾ . Bu süreçle ilgili yaptığı çalışmalarda Hillert; perlit varlığının ya ferrit yada sementit üzerinde başladığını ve perlitin büyümesinde dallanma şeklinde ilerlediğini saptamıştır ⁽²⁷⁾ . Austeniteden ince sementit plakalarının kenarlarına karbon iletimi, aynı zamanda ferrit plakalarının kenarlarının karbonca fakirleşmesine neden olduğundan sementit ve ferrit plakaları yan yana pozisyonda büyürler.

Austenite durumdaki çelikler, 550 °C ' nin altında perlitte kademesi ve martensite kademesi arasındaki bir alanda ayrışmaya başlarlar. Bu alana ara kademe dönüşümü veya bainite adı verilir ⁽²⁸⁾ . Bainite, ferrit (Fe 'in b.c.c yapısı) ve sementitin (Fe₃C) yeni düzenlemesi olarak da bilinir ⁽²⁹⁾ . İlk olarak, 1930 yılında Davenport ve Bain tarafından ortaya çıkarılan bu yapı; metalografik olarak bir yaprağı andıran görünüşe sahip ve birbirlerine çok yakın levhayı andıran birimlerin bir grubu şeklindedir. Bainite oluşumunun, tane sınırlarından plakalar halinde büyüyen ferrit çekirdeklerinin üzerinde başladığı varsayılır. oluşumu sırasında, austenite çevresindeki karbon miktarı sürekli olarak artar. Bu artış belli bir sınıra geldiğinde ferrit plakaları ile yan yana pozisyonda sementit plakaları meydana gelir. Bainite dönüşüm, hızlı ve karmaşık bir yapıdır. Bainite dönüşümün endüstriyel olarak en fazla önemi, kalıp imalatında kullanılan takım çeliklerinin mekanik özelliklerinde kullanılır. Martensite yapıya nazaran daha düşük mekanik özellik elde edilmesine karşın, gerilmesi az ve çatlama riski olmayan mekanik özellik gösterir ⁽³⁰⁾ .

Şekil 1.4. % 0.8 C içeren çelikte beynitin oluşması için soğuma yolunu gösteren

bir diyagram

Bu morfolojilerden biri olan üst bainite, 350 – 550 °C ‘ ler arasında dönüşüm özelliği göstermektedir ⁽³¹⁾ . Üst bainite şekli oldukça düzensizdir ve dolayısıyla tek bir yüzeyi incelemekte tespit edilmesi oldukça güçtür ⁽³¹⁾ . Üst bainite yapı, perlit yapıya benzer. Bu yapıda, paralel ve yatık uzanmış karbürler ferrit plakaları ile birlikte bulunur. İki boyutta bilgi edinmek için iki boyutlu görüntü elde etmek gerekir. Yapılan iki yüzeyli analizler sonucu üst bainite morfolojisinin dilimli veya iğnesele benzer bir yapıda olduğu görülmüştür. Bu dilimli veya iğnesele benzer yapının ise bir boyutunun diğer iki boyutuna göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir ⁽³²⁾ .

SEM çalışmaları; üst bainite iç yapısının özellikle dilim sınırlarında çöken karbür partikülleri ile beraber ilerleyen ferrit dilimlerinin en uzun ekseninde paralel dizilmeleri ile meydana geldiğini ortaya çıkarmıştır ⁽³³⁾ .

Alt bainite dönüşüm sıcaklığı ise; 250 – 300 °C ‘ ler arasındadır. Alt bainite yapı, martensite ile büyük benzerliğe sahiptir ⁽³⁴⁾ . Bainite kristalleri martensitik yapıdan esas olarak, yapısında karbürlerin bulunmasıyla ayrılır.

Düşük sıcaklıklarda difüzyon hızının düşük olmasından dolayı alt bainite içerisindeki demir karbür (sementit), ferrit plakaları içerisinde çöker. Bu sebepten dolayı alt bainite ‘ de ferrit; dilimden ziyade levha halinde oluşur. Karbür çökeltileri çok incedir genelde çubuk ve çakı şeklindedir. Bu çubuk veya çakılar ferritin uzunlaması eksenine 55° ‘ lik açı yaparlar ve birbirlerine paralellik göstermezler⁽³⁵⁾ .

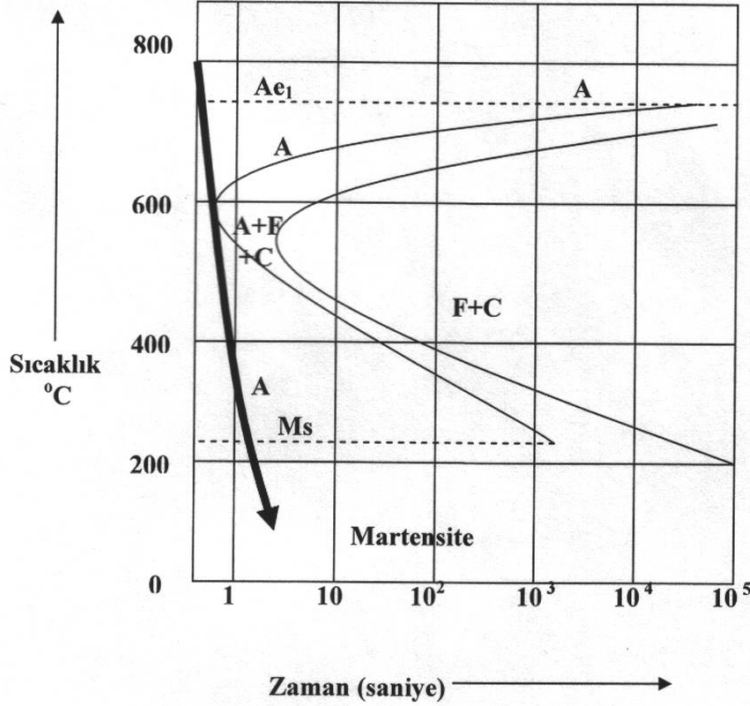
Alt bainite oluşması, kayma işlemi ile austeniteden aşırı doymuş ferritin oluşması ve ardından ferrit içerisinde sementitin çökmesidir⁽³⁶⁾ .

Bainite yapıda her bir plaka hem uzunlamasına hem de kalınlık olarak büyür. Üst bainite dönüşümünde çoğu zaman demet formunda kristaller gelişir. Üst ve alt

bainite gelişme hızları oldukça farklıdır ve hız üst beynit yapıda oldukça yüksektir⁽²⁶⁾

Bainite yapının görünümü, yapısında bulunan karbürlerin formunun ve düzeninin, perlit yapıdaki gibi normal ışık mikroskobunda incelenemediğinden dolayı, daha çok elektron mikroskobunda incelenmektedir.

Faz dönüşümleri esnasında görülebilecek olan bir diğer yapı olan martensite ise; bir çeliğin γ bölgesine ısıtılıp yeterli hızda soğutulmasıyla meydana gelir. Martensite, karbonun α demiri içersinde aşırı doymuş bir eriyiğidir⁽³⁷⁾. Martensite ' in oluşmaya başlaması; dönüşüm sıcaklığı olarak bilinen M_s sıcaklığından dönüşümün tamamlandığı M_f sıcaklığına kadar devam eder.



Şekil 1.5. Martensite oluşumunu gösteren soğuma diyagramı

Ortaya çıkan martensite kristalleri, ana yapı içinde değişik şekillerde rastgele bir dağılım gösterirler. Oluşan tanecikler daha çok uçlara doğru incelen plakalar şeklindedir. Demir esaslı alaşımlarda genel olarak iki farklı martensite morfoloji meydana gelebilir ⁽³⁸⁾. Bunlardan dilimli martensite; çok ince ve tüylü görüntüdedir. Dilimli martensite, kristal yapı (b.c.c.) ‘ dir. Levhasal martensite morfolojisi ise birbirinden ayırt edilebilir levhalardan meydana gelir ve kristal yapısı (b.c.t.) ‘ dir.

Martensite faz dönüşümleri difüzyonsuz dönüşümlerdir. Bir kristal yapıdan yeni bir kristal yapıya dönüşümle karakterize edilirler. Difüzyonsuz martensitik dönüşümler; pek çok metaller, alaşımlar ve bileşiklerde gözlenmişlerdir. Martensite dönüşüm, metal ve alaşımlarda; austenite faza dışarıdan uygulanan sıcaklık ve zorun ayrı ayrı yada birlikte etkisiyle meydana gelir.

Martensite faz dönüşümleri tersinir dönüşümlerdir. Oluşan martensite kristalleri, martensite dönüşüm sıcaklığından daha yüksek bir austenite yapı dönüşme sıcaklığında yeniden austenite yapıya dönüşür.

Çeliğin austenite yapıdan soğutulmasıyla meydana gelebilecek yapılar; zaman – sıcaklık – dönüşüm (T.T.T) ve sürekli – soğuma – dönüşümü (C.C.T) diyagramları ile kolaylıkla açıklanabilir.

T.T.T diyagramları ile dönüşümün başlama ve bitiş çizgilerini, azalan sıcaklıkla martensite dönüşümünü, austenite sıcaklığını ve çeliğin kompozisyonunu bulmamızı sağlar. Aynı çelik, farklı sıcaklıklarda farklı kompozisyonlarda bulunabileceğinden farklı diyagramlara sahip olur. Bütün karbürler çözünene kadar, artan sıcaklıkla austenite kompozisyonu değişeceğinden farklı austenite sıcaklıkları da diyagramın değişmesine sebep olur. Ayrıca bütün karbürler çözüldükten sonra artan sıcaklık austenite tane boyutlarının artmasına sebep ve bu dönüşüm diyagramı için çok

etkilidir. T.T.T. diyagramları, ısıtma süresince bir çeliğin davranışlarını yalnızca genel bir yöntem olarak verir.

C.C.T. diyagramları, ısıtma işleminden geçen malzemenin mikroyapı haritasını oluşturmak için faydalanılır. C.C.T. diyagramları sürekli soğutmada zaman – sıcaklık – dönüşüm diyagramı olup, eğrileri farklı sıcaklıklardaki soğutma koşullarını gösterir. T.T.T. diyagramları, özellikle mekaniksel özelliklerinde soğutma koşullarına bağlı olarak, yapının ne olacağını detaylı bir şekilde vermesinden dolayı oldukça önemlidir.

1.2. Çelikerde Isıl İşlemler

Metallerin özellikleri çoğu kere üretildikleri veya şekillendirildikleri halde kullanım için yeterli değildir.

Bir çelikte arzu edilen bazı özellikleri elde edebilmek için çeliğe katı haldeyken uygulanan bir dizi ısıtma ve soğutma işlemlerinin tümüne ısıtma işlemi denir (12). Isıtma işlemi esas olarak malzemenin belli bir sıcaklığa kadar ısıtılıp bu sıcaklıkta bir müddet tutulduktan sonra uygun bir hızda soğutulmasıdır. Bu ısıtma ve sonra da soğutma olayları sırasında malzemenin arzu edilen yapıyı kazanması tamamen öteki difüzyon reaksiyonları sayesinde olmaktadır.

Isıtma kademesinde malzeme ya doğrudan sıcak fırına konmak suretiyle veya soğuk fırına konup birlikte ısıtılmak suretiyle öngörülen sıcaklığa getirilir. Sıcak fırına konduğunda ısınmayı tayin eden faktör yüzey / hacim oranıdır. Çelik malzemenin fırında belli, bir sıcaklıkta tutma süresi her 25 mm kalınlık için yaklaşık 1 saattir.

Çeliklerin ısıtma işlemi son derece geniş kapsamlı bir konudur. Fakat biz çeliklere

uygulanen ısıl işlemlerden kısaca bahsedeceğiz :

a) Temperleme (Menevişleme) : Su verme ile oluşan martenzitik yapının gevrekliğini azaltmak ve çelik malzemenin sertliğini ayarlamak için dönüşüm sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta uzun olmayan bir süre tutulması işlemidir.

b) Normalizasyon : Çelik malzemenin yüksek sıcaklıktan (astenit bölgesi) oda sıcaklığına havada soğuması işlemi olup, yapıyı normalize etmeyi hedefler.

c) Su Verme (Sertleştirme) : Martensite yapı elde etmek için çeliğin austenite sıcaklığından oda sıcaklığına çok hızlı bir şekilde soğutulması işlemidir. Soğutma su, yağ, polimer, katkılı sıvı, tuz banyoları, hava gibi çeşitli ortamlar da yapılabilir. Sonuçta sert ve gevrek yapı oluşur ⁽²³⁾ .

d) Tavlama : Isıl işlem teknolojisinde iki farklı şekilde kullanılır. Birincisi, Mekanik olarak soğuk şekillendirilmiş parçaların tokluğunu artırmayı amaçlar (Proses tavlama) ⁽³⁵⁾ . İkinci durumda, çeliğin arsenit sıcaklığında fırın içerisinde soğutulması işlemidir ⁽²⁸⁾ . (tam tavlama) Hedef en yumuşak yapıyı elde etmektedir.

e) Karbürleme : Düşük karbonlu az alaşımlı çeliğin sertleştirilebilmesi için yüzeyinin karbonca zenginleştirilmesi işlemi olup austenite bölgesine yapılır.

f) Nitrürleme : Çelik yüzeyinin azotça zenginleştirmek suretiyle sertliğinin arttırılması işlemidir ve 500 – 580 C° arasındaki sıcaklıklarda uygulanır.

g) Alevle veya İndüksiyonla Sertleştirme : Sertleşebilen bir çeliğin yüzeyinde belirli bir karanlıktaki bölgenin alevle veya indüksiyonla astenit sıcaklığına ısıtılması ve sertleştirilmesi işlemidir.

Bir çelik için hangi ısıl işlemin uygun olduğu, çeliğin bileşimi ve kullanım amacına bağlı olarak değişir.

1.3. Kaynak Özetleri :

Dünya metal üretiminin % 90'ını oluşturan demir ve alaşımları içerisinde en çok kullanılan malzeme çeliktir. Öyle ki; kullanılan çelik miktarı diğer bütün malzemeler mertebesinde veya daha fazladır. 18. yy'da sanayi devriminin başlamasına hem doğrudan hem de dolaylı olarak çelik sanayi ön ayak olmuştur. Yaklaşık son iki yüzyıl demir – çelik devri olarak nitelendirilir. 1988'de sadece ABD'de 99.9 milyon ton çelik üretilmiştir. Çelikler; otomotiv endüstrisi ve yan sanayi parçaları, makine yapım sanayisi, bağlantı organları, kalıp sanayi, ziraat makineleri, savunma sanayi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Malzemeler üzerinde yapılan çalışmalar sonucu, bilim adamları malzemelerin özelliklerini ortaya çıkarmışlar ve bu özelliklerden çeşitli alanlarda yararlanmışlardır.

H. Ohtsuka ve H. Wada (2003), martensite yapıdaki Fe – O,4 C alaşımının 900 °C' de 1 saat suda beklettikten sonra, 750 °C' ye soğutmuşlardır. Çalışmaları SEM ve Mössbauer Spektroskopisi ile incelemişler ve magnetik olmayan martensitik yapıdaki bu çeliğin ferritik manyetik yapıda dönüştüğü gözlenmiştir ⁽³⁸⁾.

S. Bhargova (2002), orta karbonlu az alaşımlı 38 MnSiV SS çeliğini 900 – 850 °C arasındayken 700 – 680 °C arasına soğuduktan sonra soğuk su içerisine atmıştır. SEM ile yapılan incelemeler sonucu bainite / martensite yapı kenarında, ferrite fazının olduğu gözlemiştir⁽³⁹⁾.

W.F Smith (1981), austenite bölgesinden yavaşça soğutulmuş ½ nital ile dağlanmıştır. % 0.35 alaşımsız karbon çeliğinin mikro yapısını SEM ile incelemiş; ferrit ve perlite yapıda olduğunu gözlemiştir ⁽⁴⁰⁾.

Orta C ' lu, az alaşımlı çeliğin (49 MnVS3) farklı sıcaklıklarda izotermal

dönüşümünü SEM ile incelemiştir. 700 ve 500 °C ‘ de perlite yapıda, 300 °C ‘ de ise iğnemsli ferrit + bainite yapıda olduğu görülmüştür⁽⁴¹⁾.

R/A Grange. V.E. Lambert ve J.J. Harrington (1959) 0.47 C 0.57 Mn içeren alaşımsız karbon çeliğini 843 °C austenitleme sıcaklığında yapısını Taramalı Elektron Mikroskobu ile incelemişler ve 800 ile 1000 °C arasında A + F + S yapıda olduğunu. 1200 °C ye kadar ise yapısının F + S olduğu gözlemlemişlerdir⁽⁴²⁾.

1.4. Çalışmanın Amacı :

Yukarıda da anlatıldığı gibi, çelikler günümüz teknolojisinin ve endüstrisinin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Az karbonlu, Yüksek karbonlu çelikler olmak üzere üç ana grupta toplanan çelikler üzerine yapılan ısıl işlemler bu demir – karbon alaşımlarının özelliklerini değiştirir. Bu ısıl işlemler sonucu oluşan austenite, martensite, perlit, bainite gibi farklı fazlar farklı fiziksel özelliklere sahip olmakla mekanik açıdan da farklı karakteristikler sergileyebilirler. Bu çalışmada ticari bir çelik olup özellikle sanayi uygulamalarında kullanılan bir çelik olan AISI 1137 standardına uygunluk gösteren orta C’lu bir çelikteki farklı fazların (ferrit, austenite, bainite, perlit) mikro yapılarının ve manyetik özelliklerinin incelenmesi amaçlandı.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

2.1.1. Çalışmaya Konu Olan Orta Karbonlu Çeliğin Elde Edilmesi

Bu çalışmada kullanılan orta karbonlu çelik, MKE Kurumu'ndan sağlandı. Söz konusu çelik; 3 cm x 3 cm x 6 cm boyutlarındaki bir dikdörtgen prizması şeklinde idi. Bu orta karbonlu çeliğin kimyasal kompozisyonu tablo 2.1 ile verilmiştir.

Fe	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
Baz	0,36	1,60	0,27	0,02	0,12	0,14	0,11

Tablo 2.1. : % ağırlıkları cinsinden çalışılan 1137 tipi çeliğin kimyasal kompozisyonları

2.1.2. Numunelere Uygulanan Isıl İşlem

Fe-C alaşım olan çeliklerin, farklı fazlar sergileyebilmesi bu çeliklere uygulanan ısıl işlemin bir sonucudur. Hazırlanmasından sonra oda sıcaklığında ferrit fazda bulunan çeliklerin; bir ısıl işleme tabi tutulması sonucu Fe elementinin allotropisinden dolayı 910 °C üzerindeki bir sıcaklıkta γ (f.c.c.) faza gelir. γ faza ulaşan çelik ise; soğutma şekline bağlı olarak perlit, bainite, martensite gibi yeni fazlar sergiler. Çalışmada kullanılan çeliğin, ferrit fazına (A numunesi) 1000 °C sıcaklıkta 1 saat süre ile bir ısıl işlem uygulandı. Ve bu ısıl işlem sonucu numune, oda sıcaklığında bulunan su içerisinde hızlıca soğutuldu (B numunesi).

2.1.3. Numunelerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İçin Hazırlanması

Yüzey incelemeleri için çalışılan orta C'lu eliğın Ferrit gazını gözleyebilmek amacıyla dikdörtgenler prizması şeklindeki elik ingotundan elmas kesiciyle yaklaşık 2 cm kalınlığında, 2 cm uzunluğında numuneler çıkarıldı. Bu numunelerden bir tanesi kesme sonucu yüzeyde kalan pürüzlerin giderilmesi ve derin kesme izlerin kaybolması için kalından inceye doğru giden su zımparaları ile zımparalanarak yaklaşık yaklaşık 100 mm kalınlığına indirildi. İncelen bu numunenin yüzeyi, elmas pastalarla mekanik olarak parlatıldıktan sonra % 2 nital ile dağlanarak elektron mikroskop gözlemlerine hazır hale getirildi. (A numunesi) .

Ferrit fazdaki bir başka A numunesinden 2 cm uzunluğında, 2 cm kalınlığında yeni numune alınarak 1000 °C'de 1 saat ısıl işleme maruz bırakıldı. Ve daha sonra suda soğutuldu. Bu numunede de (B numunesi) hangi fazın oluştuğunu görebilmek için, numune yine mekanik yollardan inceltilerek, kalınlığı 100 mm'lik bir boyuta getirildi. Mikroskop incelemelerine hazır hale getirilen B numunesi de, elmas pastalarla parlatılarak % 2 nitalle dağlandı.

Yüzey gözlemlerine hazır hale getirilen tüm numuneler, oda sıcaklığında Üniversitemizin Fizik Bölümü bünyesinde bulunan 30 Kv'luk hızlandırma gerilimine sahip olan JEOL marka JSM-5600 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelendi.

2.1.4. Numunelerin Mössbauer Spektroskopisi İncelemeleri İçin Hazırlanması

Yüzey incelemeleri tamamlanan yaklaşık 100 mm kalınlığındaki A ve B numuneleri tekrar mekanik yollardan 50 mm kalınlığına kadar indirilmiş ve her iki numune de Mössbauer Spektrometresi ölçümlerine hazır hale getirilmişlerdir. Spektroskopi için hazır hale gelen numunelerin ölçümleri Fizik Bölümü bünyesinde bulunan Mössbauer Spektroskopisi kullanılarak alınmıştır. Bu spektrometre, α -demire göre kalibre edilmiş olup Rh (Radyum) içine difüze edilmiştir. 25 mCi'lik radyoaktif bir ⁵⁷Co kaynağı ile kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Malzeme araştırmalarında en çok kullanılan cihazlardan bir tanesi taramalı elektron mikroskobudur (SEM). Bununla en büyük nedeni, numune hazırlama işleminin çok kolay oluşu ve hatta bazı durumlarda numune hazırlama işleminin gerekmeşidir ⁽⁴³⁾. Modern taramalı elektron mikroskoplarında boyutları birkaç cm'ye ulaşan numuneler rahatlıkla incelenebilir. Ayrıca SEM hem parlatılmış hemde pürüzlü yüzeylerden net görüntüler verebilir. SEM ile birlikte enerji – dispersif – x ışınları dedektörü kullanmak suretiyle, numune üzerindeki küçük parçacıkların (fazların) kimyasal analizleri yapılabilir. Sınırlayıcı bir takım faktörlere rağmen, SEM analiz yöntemleri malzemeler hakkında pratik olarak değerli bilgiler vermektedir.

Taramalı elektron mikroskobu elektronları kullanarak görüntü oluşturan güçlü bir mikroskoptur. Yüksek büyütmede iyi olan derinliği ile birlikte bir gri skalalı görüntü oluşturur. Taramalı elektron mikroskobu optik kolon, numune hücresi ve

görüntüleme sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır ⁽⁴⁴⁾ .

Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser mercekleri, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apatürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışınları toplayan dedektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır ⁽⁴⁵⁾ .

Görüntüyü oluşturmak için elektron tabancası ısıtılmış bir karot, tek delikli bir kurşun levha ve anottan ibarettir. Topraklama yapılmış anot; katottan 1 kv pozitifdir. Elektronlar anoda yönlendirilir ve bir SEM kolonuna girer. Elektronlarca oluşturulan ışık demeti elektro manyetik bobinlerce odaklandırılır. Genellikle mercekler kullanılır ve daha sonra hızlı bir şekilde numunenin içinde ileri ve geri incelenir. İnceleme diğer bobinlerce kontrol edilir. Işık demetinin tüm yolu bakım altında tutulur ve böylece elektronlar hava molekülleri ile etkileşmez. Organik numuneler genellikle ince bir altın tabaka ile kaplanır.

Elektron ışık demeti, numuneye çarptığında üç çeşit durum meydana gelir.

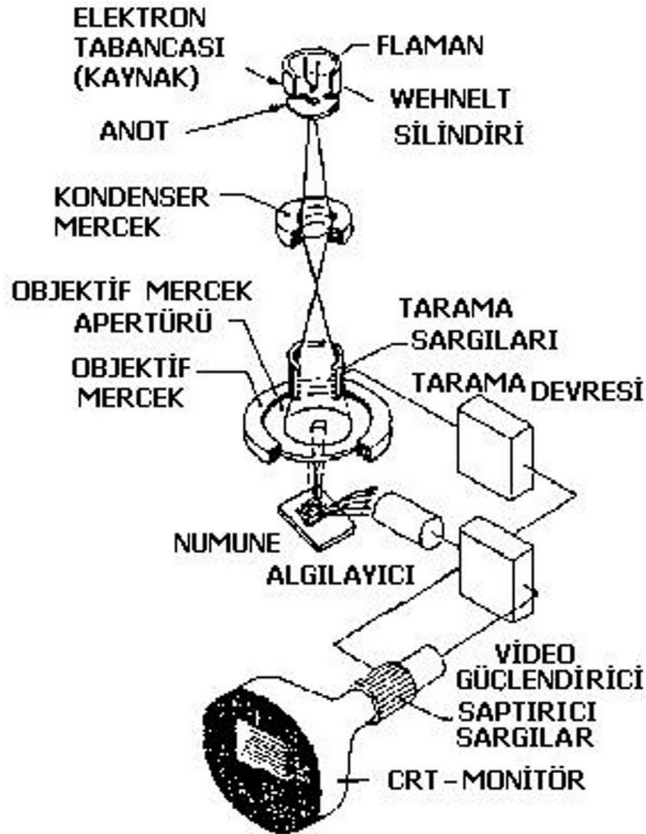
Bunlar;

- Geri dağılım elektronları
- İkincil elektronlar
- X – ışınları

Geri dağılım elektronları, yüzey atomlarının çekirdekleri ile saptırılırlar. İkincil

elektronlar,geri dağılım elektronlarına göre daha düşük enerjidedirler ve elektron ışık demetiyle hedef materyalin atomları arasındaki elastik olmayan çarpışmanın sonucunda ortaya çıkarlar. Bunlar atomların iletme veya birleştirme bantlarından atılan elektronlardır. Elektronların her iki çeşidi de görüntüleme bilgisi sağlar⁽⁴⁵⁾

İkincil bir elektron atıldığında daha yüksek bir yörüngedeki bir elektron boş yeri alır. Bu süreç bir x ışını ışımasının oluşumunu sağlar. Yayılan x ışınları, her element ve kabuk için spesifik, kendine özgün enerjiye ve dalga boyuna sahiptirler. x ışınlarını tanımlamak için kullanılan iki teknik; enerji yayan x ışını analizi (EDX) ve dalga boyu yayan x ışını analizidir (WOX).



Şekil 2.1. SEM in Şematik Yapısı

2.2.2. MÖSSBAUER SPEKTROSKOPİSİ

Mössbauer Spektroskopisi, ilk kez 1958-1959 yılında Rudolf Ludwig Mössbauer tarafından deneysel ve teorik olarak çalışılmaya başlanmıştır. γ Spektroskopisi olarak da anılan Mössbauer Spektroskopisi; kristal örgüsü içindeki bir atom tarafından enerji kaybı olmaksızın gama fotonu salınması olayıdır. ⁽⁴⁶⁾ 1960'lı yıllarda ^{57}Fe 'de Mössbauer olayı'nın gözlenmesi ile birlikte çekirdek fiziğinin ölçüm metodu olarak düşünülen Mössbauer Spektroskopisi daha sonra fizikten kimyaya, biyolojiden jeolojiye, metaruljiden astronomiye kadar geniş bir alana yayılmıştır ⁽⁴⁷⁾ .

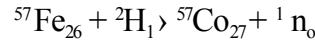
Mössbauer Spektroskopisi, kimyada organik metallerin yapı çalışmalarından metal yüzeylerinin aşınmalarındaki yüzey çalışmalarına, fizikte metal ve metal alaşımlarının faz dönüşümlerinin incelenmesinde, austenite yapı içerisinde soğuma ve defermasyon sonucu oluşan martensite kristallerin hacim oranlarının belirlenmesinde, yapı faktörlerinin belirlenmesinde kullanılır⁽⁴⁶⁾ . Bunun yanında sanayide ve teknolojik ürünlerde kullanılan cam, amorf kristaller, süper iletkenler ve çok küçük kristaller gibi malzemelerin incelenmesinde de kullanılabilir ⁽⁴⁸⁾ . Ve bunlara ek olarak metallerin lazere karşı davranışının ölçümünde yaygın olarak kullanılır.

Genel bir Mössbauer deneyi yapmak için, radyoaktif bir kaynak, bir soğurucu, bir γ sayıcısı tek bir kanal diskriminatörü ve bir çok kanal analizatörü gereklidir. Ayrıca kaynak ile soğurucu arasında bağıl hızı sağlamak için bir düzenek kurulmalıdır. Bir radyoaktif kaynaktan yayınlanan belirli bir γ ışınımının önüne bir soğurucu konulur. Soğurucudan geçen γ ışınları sayaca gelir. Sayaçtan gelen atımlar bir çizgisel şiddetlendirici ile çift kutuplu hale gelerek çok kanal analizatörüne gider.

Bu analizetör, her biri farklı enerjilere karşılık gelen atmaları farklı kanallara yerleştirir. Maksimum kanal sayısı 512 olup, çift kutuplu atmalar, 1 - 256 ile 256 - 512 kanalları arasında simetrik olarak gözlenir .

Mössbauer Spektroskopisinde, gama kaynağı olarak genellikle uyarılmış durumdaki kararlı izotoplar kullanılır ⁽⁴⁹⁾. Bu izotoplardan ⁵⁷Fe₂₆ ve ¹¹⁹Sn₅₀'de Mössbauer olayının gözlenebilmesi diğerlerine oranla daha kolaydır.

Tüm Mössbauer deneylerinde radyasyon kaynağı olarak; radyoaktif bir izotop olan ⁵⁷Co₂₇ izotopu ⁵⁷Fe₂₆ izotopunun döteronlarla (²₁H) bombardıman edilmesi ile elde edilir. ⁵⁷Co izotopu da bir elektron yakalaması ile uyarılmış durumdaki ⁵⁷Fe çekirdeğini meydana getirir ⁽⁵⁰⁾ .



Uyarılmış durumdaki ⁵⁷Fe çekirdeği taban durumuna geçerken, enerjileri 14.4 keV, 123 keV, 137 keV olan üç tane gama ışını yayınlar ⁽⁴⁷⁾ (Şekil 3.1) .

Uyarılmış bir çekirdek, E_u uyarılmış enerji durumundan E_t taban enerji durumuna geçerken $h\nu = E_u - E_t$ bağıntısına göre, ν frekansı bir γ fotonu yayınlar. Bu fotonun aynı çekirdeğin taban durumu tarafından soğurulması olayına **rezonans** adı verilir.

Mössbauer olayı, uyarılmış çekirdekten yayınlanan γ ışınlarının taban durumundaki aynı tip bir çekirdeği uyarması olayını inceler. Bu rezonans gerçekleşebilmesi için γ ışını enerjisinin tam olarak taban durumundaki aynı tip çekirdeği uyarabilecek kadar olması gerekir ⁽⁴⁸⁾ . Bunun içinde en uygun çekirdek

taban durumundaki ^{57}Fe çekirdeğidir.

2.2.2.1. Mössbauer Spektroskopisinden Elde Edilebilecek Bilgiler

Mössbauer Spektroskopisi, γ ışınının yüksek enerji çözünürlüğü, çekirdek ve elektronlar arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi gibi parametreler hakkında bilgi verir ⁽⁴⁶⁾. Aşırı ince yapı etkileşimleri olarak adlandırılan bu etkileşimlerden biri olan izomer kayma; çekirdeğin bir nokta kaynak olmasına rağmen, çevresindeki s elektronları gibi elektronik yüklerle etkileşmesi faktöründen kaynaklanır. Atomun elektronik seviyelerindeki herhangi bir düzensizlik, çekirdeğin etkin yükünü değiştiren uygun bir etkiye sebep olabilir. İzomer kayma değeri; değerlik elektronlarının durumu ve bu bileşiklerdeki atomlar arası kimyasal bağlanmaların türleri hakkında bilgiler verir ⁽⁴⁷⁾. Mössbauer Spektroskopisinden elde edilen bir diğer sonuç ise kuadropal yarılmalarıdır⁽⁴⁷⁾. Kuadropal yarıлма, bir çekirdekte elektronik konfigürasyonun çalışmasında önemli rol oynadığı gibi; kimyasal bağların türü ve kristal örgü yapısı hakkında da bilgiler verir.

Aşırı ince yapı etkileşiminin diğer bir türü de, çekirdek düzeylerin bir magnetik alanda yarıılmasıdır⁽⁴⁷⁾. Taban ve uyarılmış durumun magnetik momentleri farklıdır. Taban durum kararlı ve magnetik momenti tam olarak bilinirse; Mössbauer spektrumu uyarılmış durumun magnetik momentini büyük bir hassasiyetle verebilir ⁽⁴⁹⁾.

2.2.2.2. Mössbauer Olayının Diğer Uygulama Alanları

Mössbauer Olayından yararlanılarak özellikle kimyada geniş araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalar; kimyasal bağların özelliklerinin araştırılması, molekül yapılarının incelenmesi, reaksiyon mekanizmaları ve kimyasal kinetik konularının incelenmesi, maddenin katı durumuyla ilgili bazı özelliklerinin araştırılması, nükleer dönüşümlerin kimyasal nedenlerinin incelenmesi gibi ⁽⁴⁸⁾.

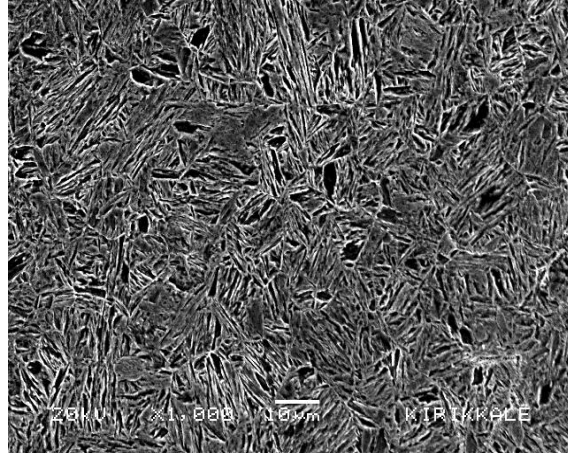
Bunun yanı sıra nükleer fizikte özellikle atomik çekirdeğin fiziksel ve kimyasal evre ortamlarının özelliklerini belirtmede, uzun ömürlü nükleer durumların kuadropol momentlerini ölçmekte, katı hal fiziğinde, antiferromagnetik değişim etkileşimine sahip olan metallerdeki magnetik kirliliğin düşük sıcaklık özelliklerinde yaygın olarak kullanılmaktadır ^(46,49).

Ayrıca Mössbauer olayı; astronomi, mineroloji, jeoloji, v.b gibi diğer bilim dallarında da çeşitli uygulama alanına sahiptir. Örneğin; astronomi için çok önemli konulardan biri olan göktaşlarının incelenmesinde Mössbauer olayından yararlanılmaktadır ⁽⁴⁹⁾.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

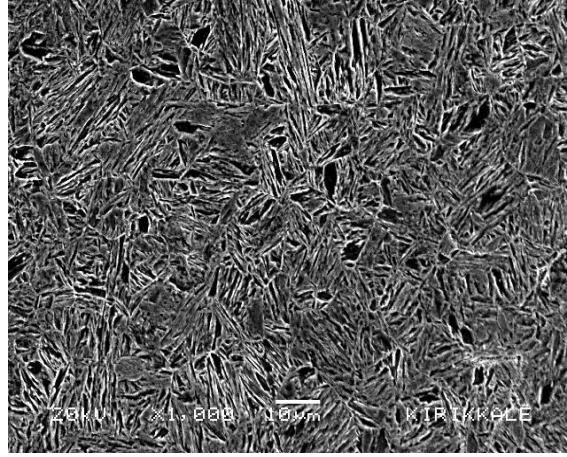
3.1. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) Bulguları

Tüm numunelerin, SEM incelemeleri oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Geldiği gibi incelenen, (A numunesi) 1137 tipi çeliğin oda sıcaklığında ferrit fazda olduğu yapılan yüzey gözlemleri sonucunda netlik kazandı. Şekil 3.1. küçüklü büyüklü tanelere sahip olan eş eksenli bir ferrit faz görülmektedir.



Şekil 3.1. A Numunesinin Ferit Yapısı (X 150)

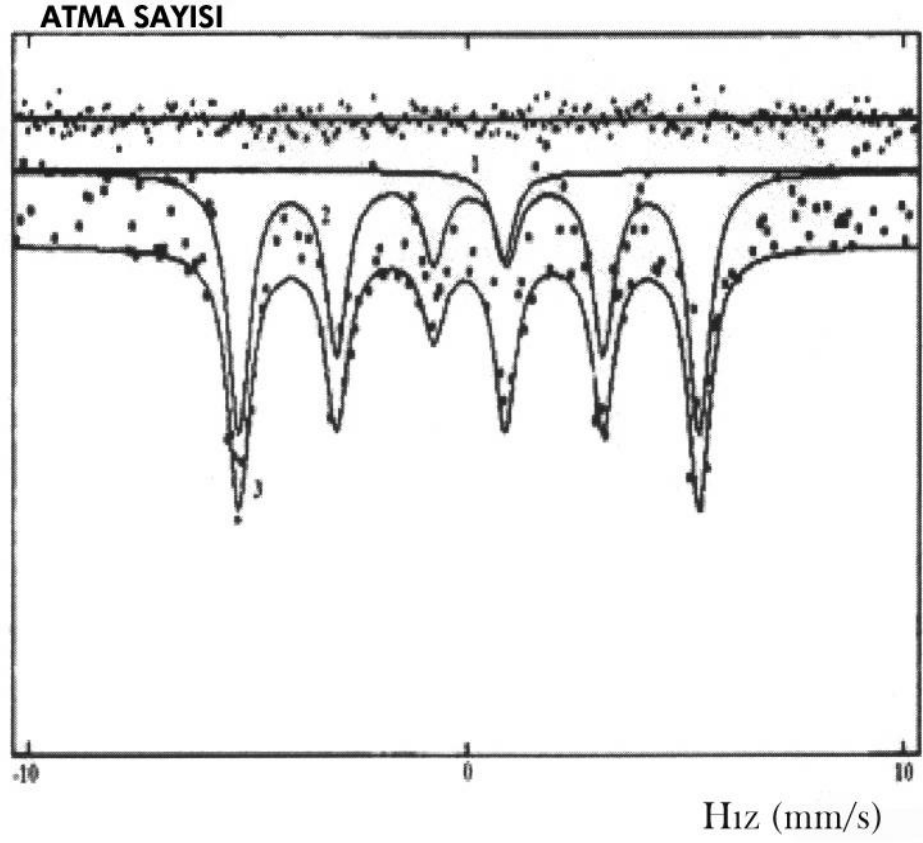
Ferrit fazın ısıt işlemleri sonucu, incelenen B numunesinde ise iğne şekilde alt bainite faza rastlandı. Çalışılan numunelerin 1000 °C’ de 1 saat ısıt işlem görmesi ve suda soğutulması sonucu oluşan iğne şekilli alt bainite yapı üst bainite fazdan morfoloji bakımından rahatça ayırt edilir. Üst bainite tüy şeklindeki yapıya sahipken; alt bainite daha sıkı ve karmaşıktır.



Şekil 3.2. B Numunesinin Alt Beynit Yapısı (X 1000)

3.2. Mössbauer Spektroskopisi Bulguları

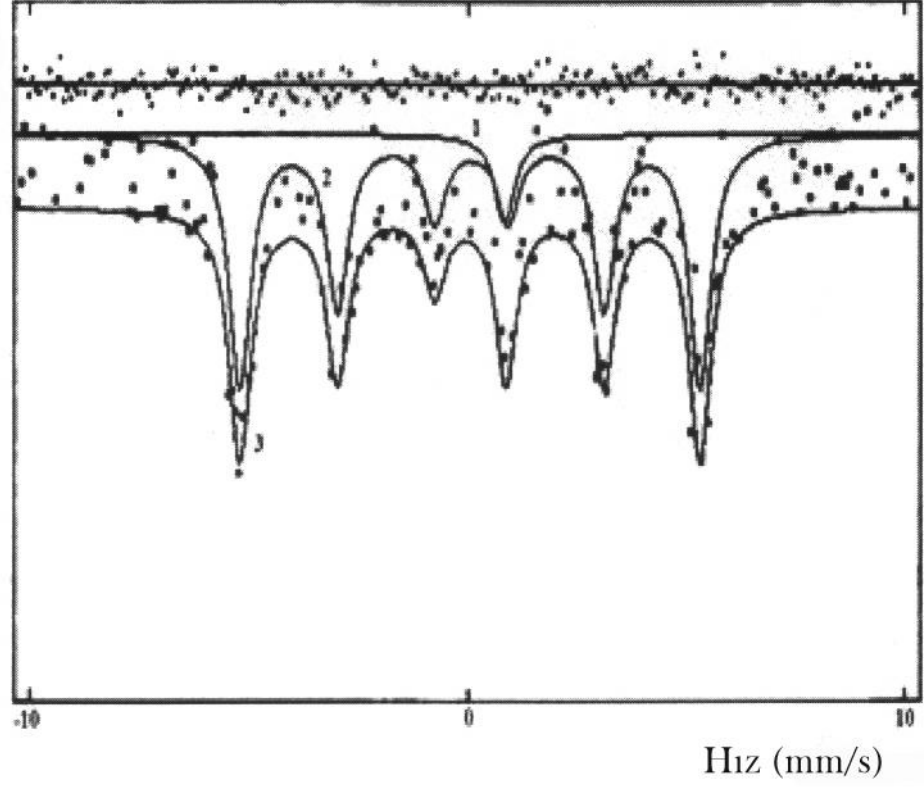
Yüzey incelemeleri tamamlanan A ve B numunelerinin ölçümleri oda sıcaklığındaki spektrometresi yardımıyla alındı. Ferrit fazdaki A numunesinin tipik bir ferromanyetik oluşumu belirleyen 6'lı pik verdiği Mössbauer spektroskopisinden ulaşılan bir bulgudur.



Şekil 3.3. A numunesi Mössbauer Spektroskopisi Sonucu

Öte yandan yüzey göslemlerinde iğne yapılı alt bainite oluşumu sergileyen B numunesi ise bainite faz için yine tipik bir 6'lı ferromanyetik pik sergilerken; bainite faza geçtiği austenite fazda paramanyetik bir tekli pik sergilemiştir.

Atma Sayısı



Şekil 3.4. B numunesinin Mössbauer Spektroskopisi Sonucu

Öte yandan A numunesi ve B numunesi için Mössbauer Spektrometresinden alınan bazı sonuçlar çizelge 3.1 ile aşağıda verilmiştir.

AISI	İzomer kayma (mm/s) Ana Faz ± 0.01	İzomer kayma (mm/s) Ürün Faz ± 0.01	Hacimce % Dönüşüm Ana Faz	Hacimce % Dönüşüm Ürün Faz	İç Manyetik Alan (Tesla)
A	0.14	_____	100	_____	33.5
B	0.81	0.83	7.2	92.8	32.60

Çizelge 3.1. Mössbauer Spektroskopisinden alınan bazı sonuçlar

4. SONUÇ

Günümüz teknolojisinin ve sanayisinin en sık kullandığı malzeme hiç şüphesiz bir Fe-C alaşımı olan çeliklerdir. İçerdikleri C miktarına göre; az karbonlu, orta karbonlu ve yüksek karbonlu olan çelikler bu farklı türleri doğrultusunda çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır.

Malzemenin yapı ve özelliklerini kontrol etmede kullanılan mekanizmalardan birisi olan faz dönüşümleri bir orta karbon çeliği için incelendi. Difüzyonlu ve difüzyonsuz karakterleri bakımından iki ana grupta incelenen faz dönüşümlerinin difüzyonlu dönüşüm grubuna giren bainite dönüşümün çalışılan çelik içinde gerçekleştiği görüldü.

Söz konusu bu orta karbonlu çeliğin oda sıcaklığında saf hali (A numunesi) için yapılan yüzey gözlemleri çeliğin ferrit fazda olduğunu gösterdi. Ferrite fazdaki başka bir numune 1000 °C sıcaklıkta 1 saat ısıtılma maruz bırakılıp suda hızlıca soğutuldu. (B numunesi). Hızlı soğutulan bu numunenin austenite fazı görüp iğne yapısıyla tanınan ve difüzyonlu bir şekilde oluşan alt bainite yapıya geçtiği yine yüzey gözlemlerinden anlaşıldı.

Mössbauer spektrometresinden gerek A numunesi gerekse B numunesi için oda sıcaklığında ölçümler alındı ve A numunesinin tamamen ferromanyetik fazda olup 33.05 Teslalık bir iç manyetik alan değerine sahip olduğu sonucuna varıldı. B numunesinden alınan spektrometre sonuçlarında ise numunenin %7.2 sinin austenite fazda kaldığı, % 92.8'inin ise iğne yapılu alt bainite faza dönüştüğü sonucuna ulaşıldı. Ayrıca bu %7.2 ' lik austenite fazın manyetikliği Mössbauer spektrumunda tek çizgi ile karakterize edilen paramanyetik manyetik türdür. Gerek A numunesindeki ferrit

fazın gerekse B numunesindeki bainite fazın manyetikliği ise Mössbauer spektrumunda 6 lı pike karşılık gelen ferromanyetik düzenlenim göstermiştir. Ferrit, austenite ve bainite fazların incelendiği çalışmada bu üç faz dışında başka bir bulguya rastlanmamıştır.

Kaynaklar

1. Kaşif Onaran, Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, 2003
2. William Smith, Structure and Properties of Engineering, McGraw – Hill Inc, USA, 1993
3. H. J. Bargel, G. Schulze, Malzeme Bilgisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1993
4. William F. Smith, Materials Science and Engineering, McGraw- Hill, 1996
5. Hüseyin Çimenoglu, Malzemelerin Yapısı ve Mekanik Davranışları, İTÜ Ofset Atölyesi, İstanbul, 1991
6. Alan R. Rosenfield, Dislocation Dynamics, New York, Mc Graw Hill, 1968
7. M. Erdoğan, Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri (Çeviri), Nobel Yayınları
8. U. Sarı, İzotropik Elastisite Teorisine Göre Faz Yüzeylerinde Bağlı Yerleştirme ve Elastik Enerji, Y.L.T., O.M.Ü., Fen Bil.Enst., Samsun, 1999
9. Johannes Weertman, Dislokation Based Fracture Mechanics, N.J. World Scientific, 1996
10. D.A. Parter and K.E. Easterling, Phase Transformation in metals and Alloys, Chapman Hall, London, 1981
11. E. Gündüz, Modern Fiziğe Giriş, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, 2. Baskı, 1992
12. Metals Handbook, Vol.IV Properties and Selection of metals ASM, Metals Park, Ohio, 1976
13. Kittel, Katı Hal Fiziğine Giriş, Güven Kitapevi, 1996

14. T. Savaşkan Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Derya Kitapevi Trabzon, 1999
15. M. Dikici, Katı Hal Fizikine Giriş, 19 Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun, 1993
16. Doç. Dr. Adnan Tekin, Çeliklerin Metalurjik Dizayını, İstanbul, 1981
17. Yasin Güngör, Malzeme Bilgisi, Beta Basım A.Ş. , İstanbul, 2001
18. Doç. Dr. Sakin Zeytin, Metallerin Isıl İşlemi, Ders Notları, Sakarya, 2000
19. K. E. Thelning; Çeviri; Adnan Tekin, Çelik ve Isıl İşlemi, İstanbul, 1984
20. Doç. Dr. Haluk Atala, Çeliklerde Isıl İşlemlerin Temel Prensipleri
Seminer Notları, Kardemir, 1985
21. Harmer E. Davis, George Earl Troxell, George F. W. Hauck, The Testing of
Engineering Materials, Mc-Graw-Hill Publishing, Coma, 1982
21. H. Eugene Stanley, Introduction to Phase Transitions, Oxford Clarendon
Pres,
1971
23. Robert Brout, Phase Transitions, New York, W. A. Benjamin, 1965
24. Phase Transitions, Cargese (1980); New York Plenum Pres, (1982)
25. K. A. Müller and H. Thomas, Structural Phase Transitions, New York,
Springer – Verlag, 1991
26. A. Topbaş, Isıl İşlemler, Yıldız Teknik Üniversitesi, Prestij Yayınevi,
İstanbul, 1993
27. Prof. Dr. Hayri Yalçın, Doç. Dr. Metin Gürü, Malzeme Bilgisi, Palme
Yayıncılık, Ankara, 2002
28. H. K. D. H. Bhadesia, Bainite in Steels; Transformations, Microstructure And
Properties, The University Pres, Cambridge, 2001
29. D. R. Askelond, Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Nobel Yayın,

1998

30. Metals Handbook Vol. 4 Heat Teating, American Society For Metals, Metals Park, Ohio 44073, 1981
31. Doç. Dr. H. Akbulut, Metarulji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, SA. Ü. Müh. Fak., 1998
32. C. S. Barret & T. B. Massalski, Structure of Metals, Pergaman Press, Oxford, 1980
33. J. M. Oblok, R. H. Goodenow R. F. Itehemann, Trans. AIME, 230, 258, 1964
34. J. K. Christian, The Theory of Transformation in Metals and Allays Part 1, Pergaman Pres, Hungary, 1975
35. H. Güngüneş, Fe, Mn, Cr Alaşımında Austenite Martensite Faz Dönüşümlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2001
36. Şule Ocak, Fe - % 2 Mn - % 5 Cr Alaşımında Austenite – Beynit – Martensite – Faz Dönüşümlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, 2003
37. Nishiyama, Martensitic Transformation, Academic Press, London, 1978
38. K. E. Easterling & A.R. Tholen, On The Growth Of Martensite İn Steel, Pergaman Pres, Oxford 1974
39. H. Ohtsuka And H. Woda, J. Phys. IV France, 112, 2003
40. S. Bhargova, Vijay Kaushik, 9910620, 2002
41. W. F. Smith, ASM 60 : 651, 1983
42. K. A. Padmanabhon, Vivek Stivastova, 9820606, 2000
43. R. A. Grange, V. E. Lambert ve J. J. Harrington, Trans. ASM, 51 : 377, 1959

44. M. A. Hayat, Principles and Techniques of Scanning Elektron Microscopy, New York, Van Nostrand Reinhold CO. , 1974
45. J. S. M. Hearle, J. T. Sparrow and P. M. Cross, The Use Of Scanning Elektron Microscope, Oxford New York, Pergamon Pres, 1972
46. Joseph I. Goldstein, Scanning Elektron Microscopy and X- Ray Microanalysis, New York, Plenum Press, 1981
47. Leopord May. An Introduction to Mössbauer Spectroscopy, New York Plenum Press, 1971
48. G. M. Bancroft, Mössbauer Spectroscopy, Mc Graw – Hill Book Company, (UK) Limited, Maidenhead – Berkshire England, 1973
49. U. Gonser, Topics In Applied Physics, Springer, Verlag Berlin Heidelberg, New York, 1975
50. John G. Stevens, Mössbauer Spectroscopy And its Chemical Applications, Washington D. C. , American Chemical Society, 1981