

**Cu-%24,2Mn ALAŞIMINDA MEYDANA GELEN FAZ DÖNÜŞÜMLERİNİN
MAGNETİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Sultan Cansel CÜCÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2017

AMASYA

Sultan Cansel CÜCÜ tarafından hazırlanan “**Cu-%24,2Mn Alaşımında Meydana Gelen Faz Dönüşümlerinin Magnetik Özelliklerinin İncelenmesi**” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Emine ALDIRMAZ

Tez Danışmanı, Fizik Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Emre GÜLER

Fizik Anabilim Dalı, Hitit Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Emine ALDIRMAZ

Fizik Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan TANAK

Fizik Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Tarih: 25/05/2017

Bu tez ile A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Mehmet KARA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)

Sultan Cansel CÜCÜ

**Cu-%24,2Mn ALAŞIMINDA MEYDANA GELEN FAZ DÖNÜŞÜMLERİNİN
MAGNETİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Sultan Cansel CÜCÜ

AMASYA

ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2017

ÖZET

Bu çalışmada, Cu-Mn alaşımına farklı ısıl işlemler uygulanarak, alaşımda oluşan numuneler üzerindeki termal etkiyle oluşturulan faz dönüşümlerinin yapısal ve manyetik özellikleri çeşitli fiziksel yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemesi sonucunda yavaş ve hızlı soğutulan numunelerde austenite faz elde edilmiştir. Ayrıca hızlı soğutulan numunede oluşturulan tane boyutunun, yavaş soğutmaya elde edilen numunenin tane boyutundan daha küçük olduğu gözlenmiştir. X-ışını kırınım yöntemi kullanılarak, alaşımların kristal yapıları ve oluşan fazların örgü parametreleri tespit edilmiştir. Cu-Mn alaşımından elde edilen numunelerin magnetik ölçümleri titreşimli örnek magnetometresi (vibrating sample magnetometre, VSM) kullanılarak alındı. Alaşımların M-H ölçümleri -10 ile +10 Tesla manyetik alan değerleri arasında 300 K' de yapıldı. Sıcaklığa bağlı mıknatıslanma (M-T) ölçümleri 0.499 kOe sabit manyetik

alanda alındı. Manyetik ölçüm sonuçlarından; alaşımın paramanyetik bir davranış sergilediği bulunmuştur. Cu-Mn alaşımından farklı ısıtma işlemleri uygulanarak elde edilen numunelerin manyetik alınganlık ölçümlerinde de sıcaklığın artması ile manyetik alınganlık değerlerinde doğrusal bir azalma meydana geldiği bulundu.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Cu-Mn alaşımları, ısıtma işlemleri, faz dönüşümleri, manyetiklik

Sayfa Adedi : 69

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Emine ALDIRMAZ

INVESTIGATION OF THE MAGNETIC CHARACTERISTICS OF PHASE TRANSFORMATION IN Cu -% 24,2Mn ALLOY

Sultan Cansel CÜCÜ

AMASYA

UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE

May 2017

ABSTRACT

In this study, Cu-Mn alloy by applying different heat treatment, consisting of samples of the thermal impact Pro file is created with the use of the structural and magnetic phase back-features a variety of physical methods. Scanning electron microscope (SEM) review as a result of slow and fast annealing austenite phase samples have been obtained is cooled. In addition, the size of the one created in the sample is cooled faster, slow cooling of the specimen obtained with particle size smaller than observed. X-ray diffraction method, consisting of crystal structures and phase of the alloy mesh parameters have been identified. Cu-Mn alloy magnetic measurements of samples obtained by vibrating sample magnetometresi (vibrating sample magnetometre, VSM) retrieved using Alloy M-H measurements -10 to + 10 Tesla magnetic field values between 300 K. Temperature dependent magnetization (M-T) retrieved fixed magnetic field measurements to 0,499 kOe. From magnetic measuring results; alloy exhibits Paramagnetic behavior. Cu-Mn alloy obtained by applying different heat treatment processes of magnetic susceptibility measurement of the sample temperature with increasing magnetic susceptibility value found in a linear fall off occurs.

ScienceCode:

Keywords: Cu-Mn alloys, heat treatment, phase transformations of the magnetic

PageNumber: 69

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Emine ALDIRMAZ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Emine ALDIRMAZ' a, araştırmalarım sırasında bana destek olan başta ailem ve abim olan Bayram YAZAR' a, ayrıca görüş ve düşünceleri ile yanımda olan Amasya Üniversitesi fizik bölümü öğretim üyesi tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2.FAZ DÖNÜŞÜMLERİ	4
2.1. Austenite- Martensite Faz Dönüşümleri.....	4
2.2. Bakır Bazlı Alaşımlar.....	8
2.2.1. Bakır bazlı alaşımların genel özellikleri.....	8
2.2.2.Bakır bazlı alaşımlarda gözlenen ana faz ve süper örgü tipleri	9
2.2.3. B2 beta (β) pirinç tipi süper örgüler	11
2.2.4.Fe ₃ Al yapı ve DO ₃ tipi süper örgüler.....	12
2.2.5.Cu ₂ MnAl yapı veya L2 ₁ tipi süper örgüler	12
2.3. Martensite Yapılar	13
2.4. Bakır Bazlı Alaşımların Kullanım Alanları	16
2.5. Manyetik Malzemeler	16
2.6. Manyetik Maddelerin Sınıflandırılması	17
2.6.1. Diamanyetizma	17
2.6.2. Paramanyetizma	18
2.6.3.Ferromanyetizma	20
2.6.4.Antiferromanyetizma	22
2.6.5.Ferrimanyetizma	24
3. YÖNTEM.....	26
3.1. Alaşımların Yapısal Karakterizasyonu	26
3.2. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)	26

3.3. SEM ve EDS İncelemeleri İçin Örneklerin Hazırlanması	26
3.4. Elektron Dağınım Spektroskopisi (EDS) Tekniği.....	27
3.5. X-Işınları Toz Difraktometresi(XRD)	27
3.6. XRD İncelemeleri İçin Örneklerin Hazırlanması	28
3.7. Titreşimli Örnek Magnetometresi (VSM).....	28
3.8 Titreşimli Örnek Magnetometresi (VSM) Ölçümleri için örneklerin Hazırlanması	29
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....	30
4.1. Isıl Etkili Faz Dönüşümlerinin SEM İncelemesi.....	30
4.2. Isıl Etki İle Oluşturulan Faz Dönüşümlerinin XRD İle İncelenmesi	32
4.3. Isıl Etki ile Oluşturulan Faz Dönüşümlerinin Manyetik Özellikleri	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	42
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Şekil hatırlama olayı gösteren bakır bazlı alaşımlar.....	15
Çizelge 4.1. Cu-%24,2Mn alaşımının 850 °C' deki ısıtma işlemi zamanı ve soğutma işlemine bağlı olarak elde edilen örnekleri.....	29
Çizelge 4.2. A numunesinde gözlenen 2 θ paralel düzlemler arası mesafe ve fazlara ait Miller indisleri.....	33
Çizelge 4.3. B numunesinin kırınım deseninden hesaplanan 2 θ paralel düzlemler arası mesafe ve fazlara ait Miller indisleri.....	34

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Diamanyetik malzemenin M-H grafiği.....	18
Şekil 2.2. Paramanyetik bir malzemenin M-H grafiği.....	20
Şekil 2.3. Ferromanyetik bir malzemenin M-H grafiği.....	22
Şekil 2.4. Antiferromanyetik malzemenin M-H grafiği.....	23
Şekil 2.5. Ferrimanyetik malzemenin M-H grafiği.....	25
Şekil 4.1. A numunesine ait X-ışını kırınımı deseni.....	32
Şekil 4.2. B numunesine ait X-ışını kırınım deseni.....	34
Şekil 4.3. Uygulanan alanın bir fonksiyonu olarak A numunesinin M-H grafiği.....	35
Şekil 4.4. Uygulanan alanın bir fonksiyonu olarak A numunesinin M-H grafiği.....	36
Şekil 4.5. Cu-Mn alaşımından elde edilen A numunesine ait M-T grafiği.....	37
Şekil 4.6. Cu-Mn alaşımından elde edilen B numunesine ait M-T grafiği.....	38
Şekil 4.7. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Cu-Mn alaşımından elde edilen A numunesine ait magnetik alınganlık eğrisi.....	39
Şekil 4.8. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Cu-Mn alaşımından elde edilen B numunesine ait magnetik alınganlık eğrisi.....	40

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Martensitik dönüşüme etki eden bozulma çizgisinin kırılması ve yüzey kabartısının şekli.....	5
Resim 2.2. Martensitik dönüşümde referans çizgileri ve kristalin şekil değişimi.....	6
Resim 2.3. Serbest enerji eğrilerinin ana faz ve martensite faz için şematik olarak gösterimi, M_s ve A_s sıcaklıklarıyla ilişkisi.....	8
Resim 2.4. Şekil hatırlama olayının mekanizması.....	11
Resim 2.5. A_2 , $B_2(\text{CsCl})$, $\text{DO}_3(\text{Fe}_3\text{Al})$, $L2_1(\text{Cu}_2\text{MnAl})$ tipi düzenli kristal yapıların birim hücreleri.....	13
Resim 2.6. Diamanyetik malzemenin atomları.....	17
Resim 2.7. Paramanyetik bir malzemenin dış alan yokken manyetik düzeni.....	19
Resim 2.8. Dış manyetik alan altında paramanyetik bir malzemenin alabileceği en düzenli hal.....	19
Resim 2.9. Ferromanyetik bir malzemenin en düzenli manyetik dizilişi...	21
Resim 2.10. Dış manyetik alan altında ferromanyetik bir malzemenin manyetik dizilimi.....	21
Resim 2.11. Antiferromanyetik bir malzemenin manyetik dizilimi.....	22
Resim 2.12. Kuvvetli bir dış manyetik alan altında antiferromanyetik malzemenin dizilimi.....	23

Resim 2.13.Ferrimanyetik malzemenin manyetik dizilimi.....	24
Resim 2.14. Dış manyetik alan altında ferrimanyetik malzemenin dizilimi...25	
Resim 4.1. Cu-Mn alaşımında fırın içerisinde soğutmada elde edilen A numunesinin SEM görüntüsü.....	30
Resim 4.2. Cu-Mn alaşımlarının oda sıcaklığındaki suya atılarak hızlı soğutma B numunesinin SEM görüntüsü.....	31



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A_f	Austenite faz dönüşümünde bitiş sıcaklığı
A_s	Austenite faz dönüşümünde başlama sıcaklığı
M_f	Martensite faz dönüşümünde bitiş sıcaklığı
M_s	Martensite faz dönüşümünde başlama sıcaklığı
M	Mıknatıslanma
d	Kristal yapıda düzlemler arası mesafe
H	Magnetik Alan
ΔE	Enerji değişimi
ΔQ	Isı enerji değişimi
V	Hacim
T	Sıcaklık
T_0	Denge sıcaklığı
α	Çökelti fazı (f.c.c.)
β	e / a oranı 1,5 civarındaki kübik austenite faz
β_1	DO ₃ türü ana faz yapısı (b.c.c.)
β_2	B2 türü ana faz yapısı (b.c.c.)

β'_1	18R tipindeki martensite yapı
β'_2	9R tipindeki martensite yapı
γ	Çökelti fazı
λ	Dalga boyu



Kısaltmalar	Açıklama
hkl	Kristal düzlemlerini belirleyen Miller indisi
f.c.c.	Yüzey merkezli kübik yapı
b.c.c.	Hacim merkezli kübik yapı
h.c.p.	Sıkı paketlenmiş hekzagonal yapı
EDS	Enerji Dağılımlı X-Işını Spektrometresi
DSC	Diferansiyel Tarama Kalorimetresi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
IXRF	Integrated X-Işını Fluorescence sistem
VSM	Titreşimli Örnek Magnetometresi
XRD	X-Işınları Toz Difraktometresi

1. GİRİŞ

Uygulanan bir elektrik alanının etkisi altında elektriği iyi ileten katıya “*metal*”, en az biri metal olmak üzere iki veya daha fazla elementten oluşan ve metal özelliği gösteren maddeye ise “*alaşım*” denir [1,2]. Metaller çok değişik türlerde üstün özelliklere sahiptirler ve bu özellikler alaşımlandırma yolu ile daha da geliştirilebilir. Bu sebeple metaller ve alaşımlar günümüzde, endüstride, ulaşımda, sanayide ve tıp biliminde kullanılan temel malzeme grubunu oluşturmuşlardır. Katı içindeki tek bir atomun özelliği, katının özelliğini belirlemede önemlidir. Bu yüzden, bir kristal örgü içindeki atom ele alınırsa, atomun sahip olduğu özellikleri, çevresindeki fiziksel koşullar tarafından etkilendiği görülür. Örneğin; elektriksel iletkenlik, faz dönüşümleri bir katı için düşünülebilir ama tek bir atom için düşünülemez [1,3]. Metaller katı durumda kristal yapıdadırlar. Metallerin birçoğu düşük sıcaklıklarda düzenli yapılar meydana getirirler. Bu yapıların oluşumunda atomlar örgü noktalarına rastgele değil belirli bir düzen içinde yerleşir. Yani, metaller katı durumda kristal yapıdadırlar. Kristal örgü; üç boyutlu bir düzene göre, dizilen ve denge konumunda bulunan atomların merkezlerinin birleştirilmesi ile ortaya çıkan görünümdür. Düzensiz yapı içerisinde birinci komşuluk, ikinci komşuluk ve hatta üçüncü komşuluk sıralamasında bir düzen olabilir. Alaşımlarda ise uzun ve kısa mesafeli düzenliliğin olup olmadığı mekanik, ısısal ve fiziksel özellikler; X-ışınları, elektron ve nötron kırınımından tespit edilebilir [4]. Mangan doğada öteki elementlerle oluşturduğu bileşikler halinde bulunur. Manganın sertlik ve dayanımı artıran özelliği, karbon miktarına bağlıdır. Kimyasal açıdan demire benzer davranışlar gösterir. Demire benzer bir şekilde yüksek sıcaklıklarda havayla ya da oksijenle yanar, soğukken suyu yavaşça, ısıtıldığında ise hızla ayrıştırır. Endüstriyel bir malzeme olarak bakır ise plastik şekil verme yeteneğinin yüksekliği yanında elektrik ve ısı iletkenliğinin yüksekliği ile daima ön plandaki yerini korumuştur. Bakır işlenebilme özelliğinden dolayı hediyeelik eşya üretiminde, elektrik iletkenliğinden dolayı kablo üretiminde, ısı iletkenliğinden dolayı da ısıtma-soğutma sistemlerinde geniş olarak kullanılmaktadır. Alaşımların ilginç

manyetik özelliklere sahip olması, soğuk işlenebilmesi, yüksek elektrik dirence sahip olması ve maliyetinin ucuz olması, teknolojik kullanım alanlarında ilgi çekmektedir. Bu nedenle son yıllarda alaşımlarda meydana gelen faz dönüşümleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır [5]. İçinde bulunduğumuz teknoloji çağı; malzeme alanındaki ilerlemelere bağlı olarak gelişmektedir. β -faz alaşımları üzerindeki faz geçişleri, uzun zamandır geniş kapsamda incelenmiş ve günümüzde şekil hatırlamalı bakır alaşımlarının kullanımı hızla birçok alana yayılmıştır. Çeşitli uygulama ve kullanım alanları için malzeme seçmek ve bu malzemeleri kullanmak istediğimizde malzemelerin manyetik özelliklerini bilmek ve kontrol edebilmek önemlidir. Manyetik malzemenin manyetikliği, malzemenin yapısını oluşturan atomların elektronlarının çekirdek ve kendi eksenini etrafında dönme hareketi sonucu meydana gelen manyetik momentlerden kaynaklanmaktadır. Yüklü bir parçacığın r yarıçaplı dairesel yörüngede hareket etmesiyle bir manyetik moment oluşmaktadır. Bir elektron çekirdek etrafında dolarken yörünge hareketi yaparak atomun çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Ancak bu iki elektron olarak aynı enerji düzeyinde yörünge hareketi yaparak dönme yönleri zıt olduğundan birbirlerini yok ettikleri için bir manyetik alan oluşmaz [6]. Malzemelerin manyetik özellikleri mıknatıslanmayla belirlenebilir. Aynı zamanda malzemenin ne kadar alanına uygulandığı ile değişir. Manyetik özellikler, uygulanan manyetik alanı kaldırıldıktan sonra bile manyetik alan uygulandığında malzeme duyarlı bir yanıt içinde olabilir. Aynı zamanda geçirgenliği ile toplam akı yoğunluğu tarafından üretilen, bir manyetik alan geçirgenliği olur. Manyetik malzemeler iki gruptur. Bunlar manyetik olarak, yumuşak (geçici) ve sabit (kalıcı) mıknatıslardır [7].

Bu tez çalışmasında incelenecek olan Cu-Mn alaşımına farklı ısıl işlemler uygulanarak; bu etki ile oluşabilecek yapısal dönüşümlerin kristalografik, morfolojik, ve magnetik özellikleri çeşitli fiziksel yöntemler kullanılarak araştırıldı. Cu-Mn alaşımında oluşacak yapısal değişimleri incelemek için JEOL-JSM-5600 30 kV hızlandırma gerilimine sahip taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscope -SEM) faz bölgelerindeki kütle

oranlarının belirlenmesi için enerji dağıtım spektrometresi (Energy-Dispersive X-ray Spectrometry -EDS), kristalografik özelliklerinin incelenmesi için X-Işınları Toz Difraktometresi (X-Ray Diffraction -XRD), Alaşımın dış manyetik alanla değişen mıknatıslanmasını ölçmek için titreşimli örnek magnetometresi (VSM) teknikleri kullanılarak belirlendi.

Elektrooptik prensipler çerçevesinde tasarlanmış taramalı elektron mikroskobu (SEM), birçok dalda araştırma-geliştirme çalışmalarının kullanımı yanında; sanayi, temel bilimler ve tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. SEM, Katot Işınları Tüpü mantığı ile çalışmaktadır. Numuneler havası boşaltılmış (vakum yapılarak) bir kolona yerleştirilir. Numune yerleştirildikten sonra, çalıştırma potansiyeli ile flaman elektronlar kopartılır. Elektron demeti uygun potansiyeller altında hızlandırılıp, numune üzerine düşürülür. Elektron demeti-numune etkileşiminden ortaya çıkan sinyallerin uygun algılayıcılar tarafından algılandıktan sonra çeviriciler tarafından görüntüye düşürülmesi yolu ile yüzey incelemesi yapılacak numunenin yüzey görüntüsü elde edilir.

Elde edilen yüzey fotoğraflarının çeşitli bölgelerindeki kütle oranlarının belirlenmesi EDS tekniği ile yapılır. EDS tekniği X-ışınları mantığı ile çalışır. Elektron demetinin numune üzerine düşürülmesiyle karakteristik X-ışınları spektrumu meydana getirilir. Bu spektrumdaki her pik alaşım elementlerinin hangisine ait olduğunu ve alaşım içerisindeki elementlerin kütlece oranlarını gösterir. Böylelikle alaşımın farklı bölgelerindeki element yüzdeleri bulunmuş olur.

Her bir kristal madde için X-ışınları toz difraksiyonu tekniği kullanılarak bir difraksiyon deseni oluşturulur ve böylelikle farklı kristal yapılarını tanımlayan parametreler X-ışını difraksiyonu deseni yardımı ile bulunur. X-ışınları toz kırınımı deneyinde; kristal halindeki bir madde gayet ince bir toz haline getirilerek, çok sayıda küçük kristallerden meydana gelmiş gibi kabul edilir. Toz haline getirilen numuneler üzerine λ dalga boyunda gayet ince bir monokromatik dalga düşürülür. Toz kristal belli bir tarama hızı ile

döndürüldüğünde Bragg kanununa uygun olarak gördüğü düzlemlerde yansıma yapar.

2. FAZ DÖNÜŞÜMLERİ

Malzemeler üzerinde homojen ve fiziksel sınırlarla ayrılmış özellikleri farklı olan bölgelere faz denir [8]. Malzemedeki basınç, bileşim ve sıcaklıktaki herhangi bir değişim faz dönüşümüne neden olabilmektedir. Malzeme içindeki sıcaklık değişimleri, faz dönüşümünün en önemli nedenidir. Bu etkilerle atomlar başka bir denge konumuna geçip değişik biçimde dizilerek yeni bir faz oluştururlar [9,10]. Bir katı tek fazda olabildiği gibi birden fazla fazda da olabilir. Böyle sistemlere çok fazlı sistemler denir [11].

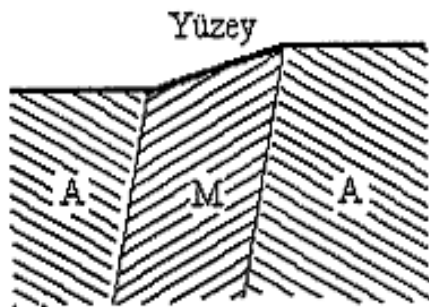
Belirli fazlardan oluşan bir denge yapısından değişik fazlardan oluşan bir denge yapısına geçiş olayına “faz dönüşümü” denir [1]. Faz dönüşümleri atomların dönüşüm anındaki hareketlerine, yani oluşum mekanizmalarına göre difüzyonlu ve difüzyonsuz faz dönüşümleri olmak üzere ikiye ayrılır. Difüzyonlu faz dönüşümleri: faz dönüşümü esnasında kristal yapıyı oluşturan atomların birbirlerine göre konumları ya da komşulukları değişiyorsa bu tür dönüşümler “difüzyonlu dönüşümler” olarak adlandırılır. Saf metallerin katılaşması ve ötektoid dönüşümler bu tür dönüşümlere örnektir. Difüzyonsuz faz dönüşümleri: Dönüşüm sonunda yapıyı oluşturan atomlar önceki komşuluklarını koruyor ve atomların birbirlerine göre konumları ya da komşulukları değişmiyorsa bu tür dönüşümler “difüzyonsuz dönüşümler” denir. Austenite-martensitik faz dönüşümleri bu tip dönüşümlerdir [12].

2.1. Austenite- Martensite Faz Dönüşümleri

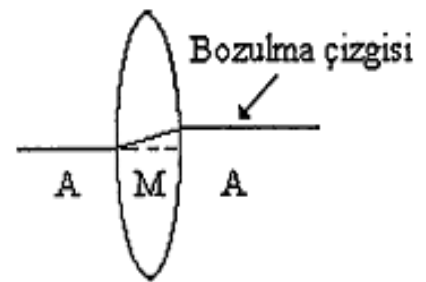
Metallerde en sık rastlanan örgü türleri; yüzey merkezli kübik (f.c.c.), hacim merkezli kübik (b.c.c.) ve sıkı paketlenmiş hekzagonal (h.c.p.) örgü tipleridir. Alaşımlar; farklı özelliklere sahip metallerin ve elementlerin bir araya getirilmesi ile üstün özelliklerin tek bir malzemede toplanması için uygulanan bir işlemdir. İki elementin yüksek konsantrasyonlarda katı eriyik oluşturabilmesi için örgü sisteminin aynı veya benzer olması gerekir.

Austenite-Martensite faz dönüşümleri difüzyonsuz faz dönüşümleri olarak tanımlanırlar ve bir kristal yapıdan yeni bir kristal yapıya dönüşümle karakterize edilirler. Dışarıdan uygulanan fiziksel etkiler austenite (ana faz) ve martensite (ürün faz) fazlar arasındaki serbest enerji farkını ortaya çıkarır. Ana faz ve ürün faz arasındaki bu enerji farkı ise martensite dönüşümün meydana gelmesine neden olur [13,14]. Martensite dönüşüm basitçe, kesme deformasyonunu ve atomların birlikte hareketini içine alan bir örgü dönüşümü denir.

Martensite dönüşümlerin genel karakteristikleri şu şekilde özetlenebilir; Martensite faz, bir yer değiştirme veya ara yer katı eriyiktir. Dönüşüm difüzyonsuzdur. Martensite fazdaki dağılmış katı atomların konsantrasyonu ana fazdakine eşittir. Ötektoid dönüşümündeki gibi uzun mesafeli difüzyon yoktur. Dönüşüm, sınırlı bir şekil değişikliğiyle meydana gelir. Eğer oda sıcaklığının altında dönüşüme başlayan bir malzemenin yüzeyi ana faz durumunda, düzeltilip parlatıldıktan sonra sıcaklığı düşürülürse, yüzey üzerinde meydana gelen martensite fazlı bazı bölgeler, kabartı şeklinde görülür, Resim 2.2.a' da Ana faz durumundaki yüzey üzerine bir çizgi çekildiğinde Resim 2.2.b' de görüldüğü gibi austenite yapı ile martensite yapı arasındaki sınırdaki bozulma çizgisi ortaya çıkar.



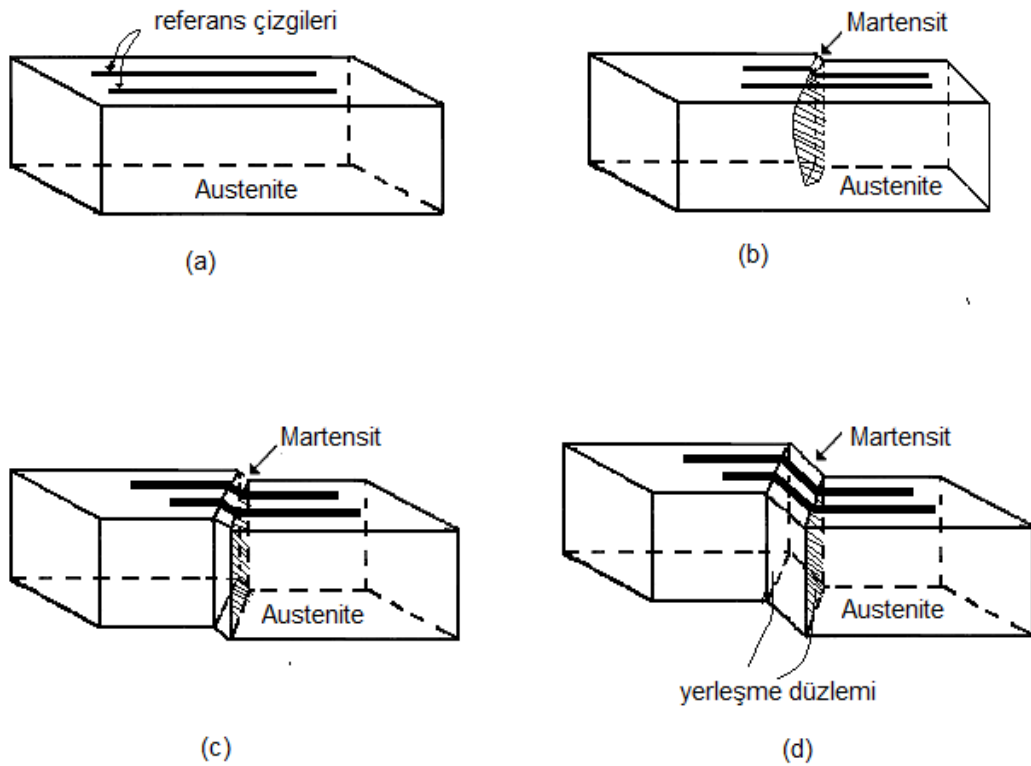
- a -



- b -

Resim 2.1. Martensitik dönüşüme etki eden bozulma çizgisinin kırılması ve yüzey kabartmasının şekli, a) yüzey kabartması, b) bozulma çizgisinin kırılması [8].

Martensite bir kristalin belirli bir yerleşme düzlemi vardır. Bu düzlem ana faz ile ürün fazı birbirinden ayıran ve martensite dönüşümde bozulmamış olarak kalan düzlemlerdir. Resim 2.2.c ve 2.2.d' de görüldüğü gibi yerleşme düzlemi değişmez bir düzlem ve düzlem üzerindeki doğrular bozulmamıştır. Austenite-martensite fazların örgüleri arasında sınırlı bir dönme bağıntısı vardır. Dönüşümde kristal örgü kusurları da oluşur. Martensite dönüşüm için örgü kusurları gereklidir. Martensite faz dönüşümü; atomların toplu hareketiyle olduğundan; dislokasyonlar, yığın hataları ve ikizler gibi örgü kusurları kaçınılmazdır. Bu nedenle ürün martensite faz; ikizler, yığılma kusurları ve dislokasyonlar gibi birçok örgü kusurları ihtiva eder.



Resim 2.2. Martensitik dönüşümde referans çizgileri ve kristalin şekil değişimi [15].

Martensite faz dönüşümü numune sıcaklığının hızla düşürülmesi veya austenite yapıya dıştan uygulanan bir zor ya da ikisinin de aynı anda uygulanmasıyla oluşur. T_0 denge sıcaklığında austenite ve martensite fazın serbest enerjileri eşittir. T_0 sıcaklığında termodinamik dengede austenite yapı aniden soğutulursa M_s sıcaklığından sonra austenite kristal yapı içinde martensite yapı oluşmaya başlar. Dönüşüm, alaşım içindeki kimyasal serbest enerjinin en düşük noktalarda başlar ve M_f değeri ile tamamlanır. Dönüşüm öncesi ana fazın düzenli bir yapı göstermesi durumunda oluşacak ürün fazda düzenli bir yapıya sahip olacaktır [16]. Denge sıcaklığı olan T_0 ile M_s sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı, fazlar arasındaki kimyasal serbest enerjiyi sağlar. Austenite-martensite dönüşümünün başlaması için, martensite fazın kimyasal serbest enerjisi, austenite fazın kimyasal serbest enerjisinden düşük olmalıdır. Bununla birlikte, dönüşümün gerçekleşmesi için kimyasal olmayan serbest enerjiye ihtiyaç vardır. Örnek olarak; dönüşüm zorlanma enerjisi ve ara yüzey enerjisidir. Eğer iki faz arasında kimyasal serbest enerji farkı, kimyasal olmayan serbest enerjiden küçükse dönüşüm gerçekleşmez [12].

Denge sıcaklığı olan T_0 'ın altındaki ve üstündeki sıcaklıklarda austenite faz ile martensite faz arasındaki enerji farkı sıfırdan farklıdır. Resim 2.3' de T_0 'ın altındaki sıcaklıklarda martensite fazın enerjisi daha küçüktür bu yüzden martensite faz daha karardır. T_0 'ın üstündeki sıcaklıklarda ise austenite fazın enerjisi daha düşüktür ve bu durumda austenite faz daha karardır. Martensite yapıdaki bir malzeme tekrar ısıtılırsa ana faz olan austenite yapıya dönüşür. Bu yüzden martensite dönüşümler tersinirdir. Bu şekilde austenite faza dönüşüm de belli bir sıcaklıkta başlayıp belli bir aralıkta devam eder ve sonra tamamlanır. Bu sıcaklıklar austenite başlama (A_s) ve austenite bitiş (A_f) sıcaklıklarıdır [15]. Austenite-martensite faz dönüşümlerinde kristal yapıda meydana gelen değişim hacimsel bir değişikliğe neden olur. Bu

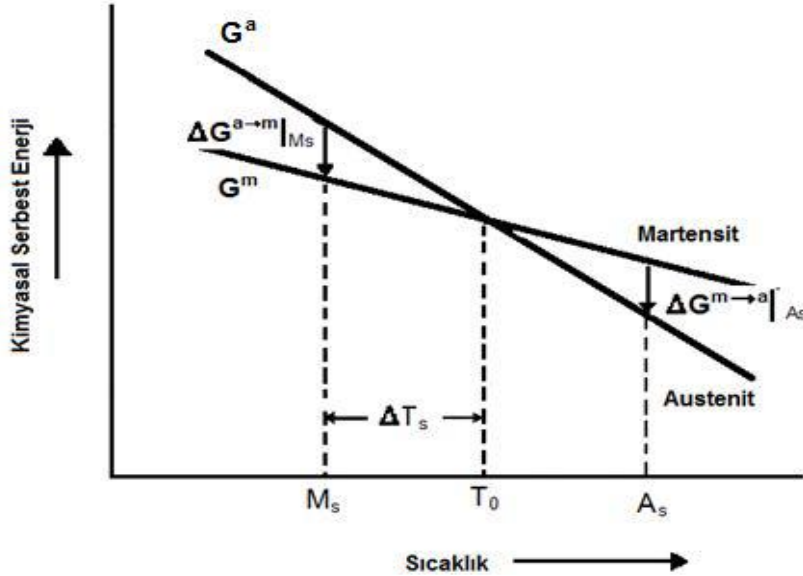
durumda termodinamiğin birinci yasasına göre, kapalı bir sistemin hacminin V_1 değerinden V_2 'ye değiştirilmesi (sabit bir P basıncına karşı) sistemin enerjisi de E_1 'den E_2 'ye bir değişime yol açar. Bu durumda ΔE enerji değişimi;

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta Q - P(V_2 - V_1)$$

olur. Bu değişim esnasında sistemin ısı enerjisi değişimi ΔQ ,

$$\Delta Q = (E_2 + PV_2) - (E_1 + PV_1)$$

ifade edilir [12].



Resim 2.3. Serbest enerji eğrilerinin ana faz ve martensite faz için şematik olarak gösterimi ve M_s ve A_s sıcaklıklarıyla ilişkisi [17,18].

2.2. Bakır Bazlı Alaşımlar

2.2.1. Bakır bazlı alaşımların genel özellikleri

Bakır bazlı alaşımların, diğer alaşımlara göre daha ucuz olmalarının yanı sıra, daha iyi elektriksel ve termal iletkenliklerinin olması Ni-Ti alaşımlarına

alternatif olmalarını sağlamıştır [19]. Bazı bakır bazlı alaşımlar, hızlı soğutmada şekil hatırlama olayının etkisi olan martensite faz gösterebilir. Bu faz, stentler, gözlükler, ortodonti ve endüstrinin birçok alanında ve ayrıca medikal uygulamalarda da kullanılmaktadır [20,21].

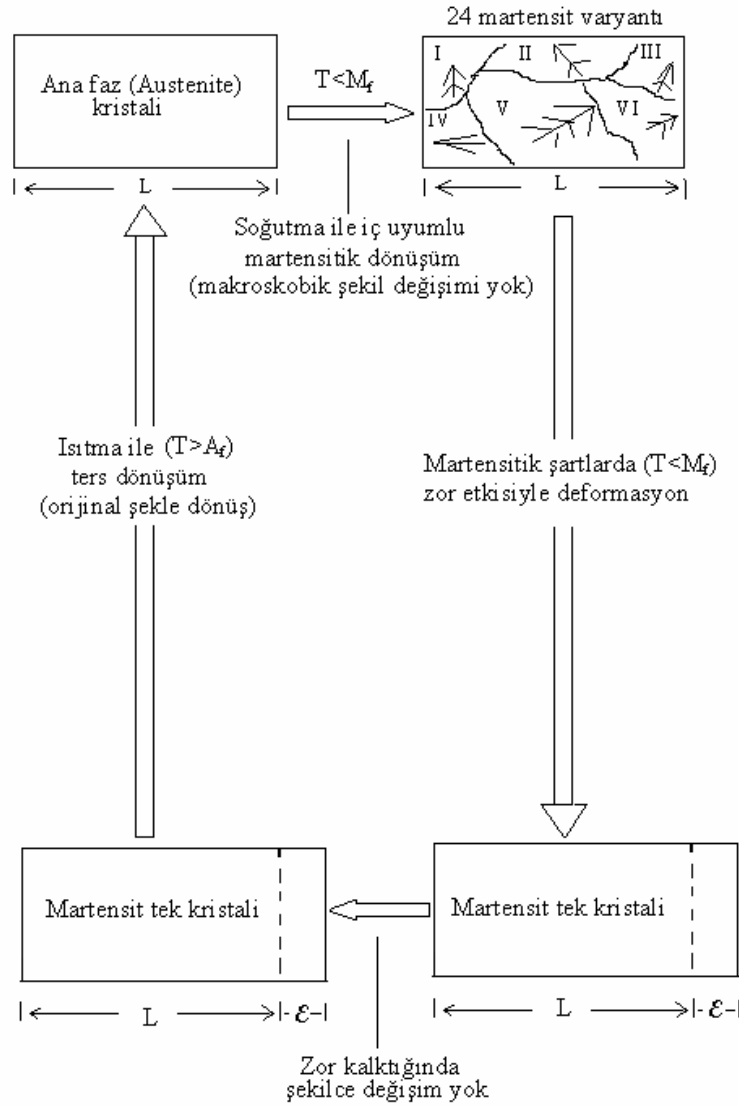
Cu-Zn-Al sistemleri, Cu-Zn ikili alaşımları kolayca şekil alabilen alaşımlar olup martensite dönüşüm sıcaklıkları oda sıcaklığının altındadır. Bu alaşıma alüminyum katılırsa dönüşüm sıcaklıklarını artırır [18]. Cu-Zn bazlı üçlü alaşımlar Al, Si, Sn, Ga ve Mn, Cu-Al bazlı üçlü alaşımlar Ni, Be, Zn ve Mn alaşım elementlerini içinde bulundurur [22]. Cu-Al-Ni, Cu-Al-Mn, Cu-Al-Zn, Cu-Al-Be alaşımları en çok çalışılan Cu bazlı şekil hatırlamalı alaşımlardır ve bu alaşımlar Cu-Al yapısı üzerine kuruludur. Cu-Al alaşımlarının şekil hatırlama etkisi göstermesi için β fazda martensite dönüşüm gereklidir. Bu uygulamalar için martensite dönüşüm başlama sıcaklığı M_s çok yüksektir ve üçüncü element katkısı Ni, Mn ve Be gibi β fazın kararlılığını etkiler ve M_s sıcaklığını düşürür [23].

2.2.2. Bakır bazlı alaşımlarda gözlenen ana faz ve süper örgü tipleri

Bakır bazlı şekil hatırlamalı alaşımlarda, ana fazın atomik düzeni uygulanan ısı işlem ile soğutmaya bağlı olarak değişir. Bu alaşım sistemlerinde ana faz (β) yüksek sıcaklıklarda kararlıdır. Yapı alaşım kompozisyonuna ve soğutma hızına bağlı olarak yarı kararlı $B2$, DO_3 veya $L2_1$ şeklinde düzenli süper örgü yapılarında kalabilir. Süper örgülü yapılar genellikle düşük sıcaklıklarda uzun periyotlu olabilir. Düzenli yapılarında, atomlar yerleşebileceği yerlere belli bir düzen halinde yerleşirler. Alaşımlarda süper örgü gözlenmesi için şekil hatırlama olayı gerçekleşmesi gerekir. Şekil hatırlama olayı gösteren çoğu materyal, yüksek sıcaklıkta düzensiz yapıdayken, düşük sıcaklıklarda düzenli yapıya geçer. Sıcaklık düştükçe düzen kurulur ve düzen derecesi artar. Düzenli yapılarında atomlar yerleşebileceği yerlere bir şekilde yerleşirler [24]. Şekil hatırlama mekanizması Resim 2.4' de verilmiştir. $T < M_f < M_s$ sıcaklığında tamamen martensite fazda olan bir numuneye dışarıdan uygulanan zor ile onun şekli değişir. Burada M_s ve M_f sıcaklıkları sırasıyla martensite başlama

ve bitiş sıcaklıklarıdır. Yapılan plastik deformasyon sonucunda zor ortadan kaldırılınca numune deforme edilmiş şeklini korur. Plastik deformasyonu ortadan kaldırmak için deforme edilmiş numunenin sıcaklığı $T < A_f < A_s$ olacak şekilde artırılır. Burada A_s austenite başlama sıcaklığı, A_f ise austenite bitiş sıcaklığıdır. Uygulanan bu ısıtma sonucu numune deformasyondan önceki eski (orijinal) faza, yani austenite yapıya ulaşır ve austenite durumdaki şeklini alır. Numunenin bu şekilde bir dönüşüm mekanizması ile eski (orijinal) şeklini alması olayına “*şekil hatırlama olayı*” denir.

Süper örgülü yapılar genelde düşük sıcaklıkta uzun periyotlu olabildiği için, AB ve AB₃ tipindeki kompozisyonlar uzun periyotluluğa yatkındır. Şekil hatırlama özelliğine sahip alaşımlarda süper örgülerin temeli (b.c.c) örgülerdir [25].



Resim 2.4. Şekil hatırlama olayının mekanizması

2.2.3. B2 beta (β) pirinç tipi süper örgüler

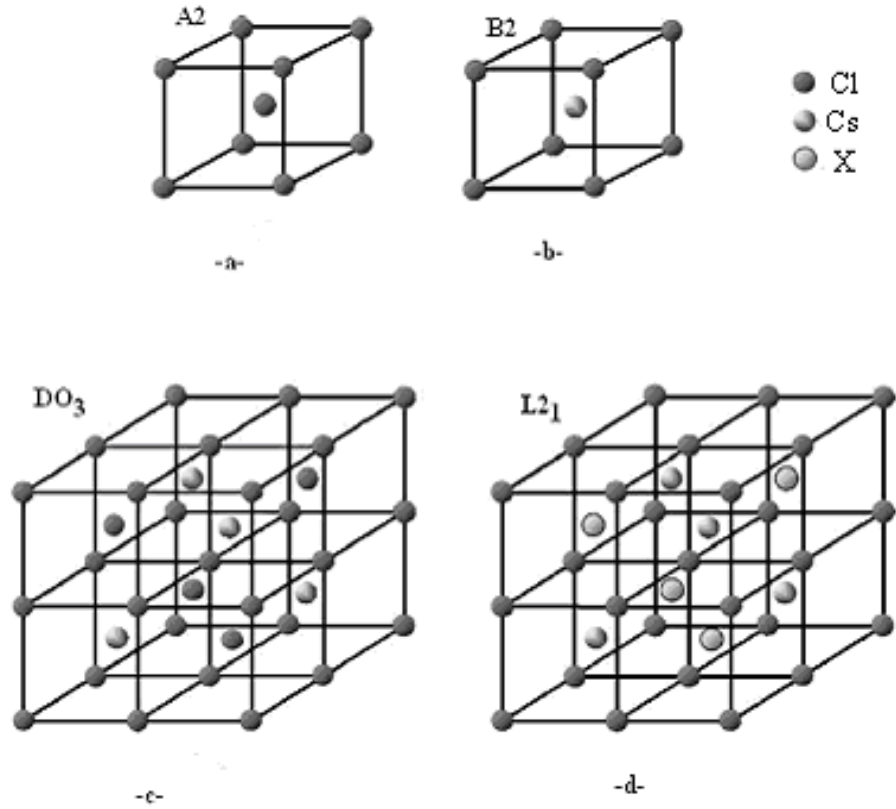
Bu yapı iç içe girmiş iki tane basit kübik yapı olarak görülebilir. Başka bir ifadeyle, bu yapının bazı iki atomlu olarak ifade edilir ve bu örgüye CsCl yapıda denir. Resim 2.5.b' de görüldüğü gibi Cl atomları kübün köşelerine, Cs atomu merkeze yerleşecek şekilde dağılır. Şekil hatırlamalı alaşımlarda bu tür süper örgülere çok rastlanır. CsCl tipi B2 süper örgüsü 50:50 kompozisyon oranıyla sağlanır ve β_2 fazıyla ifade edilir. ZnCu, AuCd, AlNi, LiTi alaşımları örnek olarak gösterilebilir [15,26].

2.2.4. Fe₃Al yapı ve DO₃ tipi süper örgüler

Bu tip süper örgüler normal (b.c.c) tipinde birim hücrelerle CsCl tipi hücrelerin periyodik olarak yan yana gelmeleriyle oluşan bir yapıdır. Bu yapıda, (b.c.c) alt yapının bütün örgü noktaları ile CsCl tipi alt yapının köşelerinde Fe türü atomlar ve CsCl yapısının cisim merkezinde ise Al türü atomlar bulunur. DO₃ birim hücrelerini tanımlamak için (b.c.c) tipinde birim hücrelerle ve CsCl tipi dört hücreye ihtiyaç vardır. DO₃ tipi süper örgü 75:25 kompozisyon oranına sahip β_1 fazı ile temsil edilirler. Bu örgünün birim hücresi Resim 2.5.c' de görülmektedir. DO₃ tipi süper örgülerin en tanınan özelliği her bir atom maksimum sayıda benzemeyen atom tarafından çevrilmiş olmasıdır. Örneğin; Cu₃Al, BiLi₃, Fe₃Si [15,24].

2.2.5. Cu₂MnAl yapı veya L2₁ tipi süper örgüler

Köşelerinde Cu türü atomlar ve cisim merkezinde sırasıyla periyodik olarak Mn ve Al türü atomlar bulunan CsCl tipi birim hücreler yan yana gelmesiyle oluşan düzenli bir yapıdır. Birim hücrenin tanımı için sekiz tane CsCl tipi hücreye ihtiyaç vardır. Bu hücre Resim 2.5' de görülmektedir. Bu yapıya sahip alaşımlar genelde "*Heusler alaşımı*" olarak isimlendirilirler. Cu₂NiAl, Zn₂CuAu, Cu₂MnSn alaşımları bu yapıya örnektir [24].



Resim 2.5. a) A2, b) B2(CsCl), c) DO₃(Fe₃Al), d) L2₁(Cu₂MnAl) tipi düzenli kristal yapıların birim hücreleri [27].

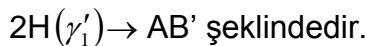
2.3. Martensite Yapılar

Katılarda austenite faz dönüşümüyle difüzyonsuz olarak meydana gelen martensite faz olarak adlandırılan kristal yeni bir yapı kazanır. Austenite fazdaki B2 ve DO₃ tipi kristal yapılar martensite dönüşüm sonrası (f.c.c) hegzagonal veya ortorombik yapılara dönüşür [28]. Ortorombik (martensite) yapının temel düzlemi, (b.c.c) (austenite) yapının {110} düzlemlerinden biri üzerine konmuştur. Austenite yapının {110} düzlemlerinden biri martensite yapı düzlemi olan {001} düzlemdir. Oluşan martensite yapının birbirini takip eden her bir düzleminde bazı yer değiştirmeler olursa 2H, 3R, 6H, 9R, 18R tipi martensite yapılar meydana gelir [29].

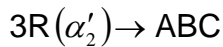
Bazı alaşımlarda; alaşımın kompozisyonuna ve uygulanan etkiye bağlı olarak β'_1 (18R) ve γ'_1 (2H) martensiteleri birlikte meydana gelebilir. Bu iki fazın karışımından meydana gelen martensite faz β''_1 sembolü ile gösterilir. Cu-Al-Mn alaşımlarında mangan ve alüminyumun farklı miktarlarına bağlı olarak martensite fazın üç farklı tipi α'_1 (3R), β'_1 (18R), ve γ'_1 (2H) alaşımın farklı kompozisyonlarında olduğu yapılan çalışmalarda gözlenmiştir. Yine yapılan çalışmalarda Cu-Al-Mn alaşımlarında düzenli (ordered) DO₃ (b.c.c.) ana fazından bir M18R martensite dönüşüm sergilendiği de bulunmuştur [30-36].

Farklı martensite fazların periyodik yığılan düzenli yapılarına ait yığılma sırası;

Fe₃Al (DO₃) süper örgü düzenli (ordered) β_1 ana fazdan;



CsCl (B2) süper örgü düzenli (ordered) β_2 ana fazdan;



Şekil hatırlama olayı gösteren bakır bazlı alaşımlar, süper örgü yapıları ve düzen durumu Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1.Şekil hatırlama olayı gösteren bakır bazlı alaşımlar [39].

Alaşım	Kompozisyon (% atomik)	Yapı değişimi	Sıcaklık histeresisi (°C)	Düzen
Ag-Cd	(44 - 49) Cd	B2 2H	15	Düzenli
Au-Cd	(46,5 - 50) Cd	B2 2H	15	Düzenli
Cu-Zn	(38,5 – 41,5) Zn	B2 9R Rombohedral M9R	10	Düzenli
Cu-Zn-X (X=Si,Sn,Al,Ga)	Birkaç % de	B2(D0 ₃) 9R, M9R (18R,M18R)	10	Düzenli
Cu-Al-Ni	(28 - 29) Al (3 – 4,5) Ni	DO ₃ 2H	35	Düzenli
Cu-Sn	15 Sn	DO ₃ 2H, 18R	----	Düzenli
Cu-Au-Zn	(23 - 28) Au (45 - 47) Zn	Heusler 18R	6	Düzenli
Ni-Al	(36 - 38) Al	B2 3R	10	Düzenli
Ti-Ni	(49 – 51) Ni	B2 Monoklinik B2 Rombohedral	20≈100 1≈2	Düzenli
tn-Tl	(18 - 23) Tl	FCC FCT	4	Düzensiz
In-Cd	(4 – 5) Cd	FCC FCT	3	Düzensiz
Mn-Cu	(5 – 35) Cu	FCC FCT	----	Düzensiz

2.4. Bakır Bazlı Alaşımların Kullanım Alanları

Bakırın kullanılması insanlık tarihinde çok eski çağlarda başlamıştır. İnsanlar, bakırı günlük yaşamlarında silah, süs eşyası ve el sanatlarında kullanmışlardır. Yumuşak, levha ve tel haline getirilebilen bir metaldir. Saf bakırın, süneklığı çok iyidir ve elektrik direnci çok azdır. Gümüş ve altından sonra, en iyi ısı ve elektrik iletkeni bakırdır [3,40]. Saf bakır, 19. yüzyılın yarısına kadar para üretiminde de kullanılan bir metaldir. Günümüzde, sanayinin temel hammaddeleri arasında yer alır, üstün fiziksel ve kimyasal özelliğinden dolayı endüstride de yaygın olarak kullanılır [41]. Bakırın diğer bir kullanım yeri de nakil araçlarıdır. Nakil araçlarında çok miktarda bakır ve bakırdan yapılmış malzemeler kullanılır [42]. Evlerimizdeki aydınlatma gereçleri, çamaşır ve bulaşık makineleri, radyo ve televizyon cihazları, buzdolabı ve mutfak robotları gibi yaşamın gerektirdiği tüm donanımlar bakır sayesinde insanların hizmetindedir. Bakır uzun ömürlü çatı kaplaması olarak bakır levha ve mobilya malzemesi olarak kullanılır [43]. Bakır, gümüş ve altın üçlüsü olarak değişik oranlarda üretilen alaşımlar, madeni hatıra para üretiminde kullanılır. Cu-Mn alaşımları da, madeni para basımında kullanılmaktadır. Bakırın diğer alaşımları da, kuyumculukta ve bronz heykelciliğinde kullanılır [44].

2.5. Manyetik Malzemeler

Tüm maddelerin, manyetik alana bir tepki gösterdiği ve bu tepki sonucunda karşılıklı bir etkileşimin olmasından dolayı maddelerin üç grupta toplanabilir. Bunlar; diamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik maddelerdir. Diamanyetik ve paramanyetik maddelerde her bir atomun manyetik momentinin yönü diğer atomların manyetik momentlerinin yönünden bağımsızdır. Bu yüzden dış manyetik alan olmadığı için manyetik moment sıfırdır. Paramanyetik maddelere bir dış manyetik alan uygulandığında, her bir atomun sahip olduğu manyetik moment, dış manyetik alanla aynı yöne yönelir ve büyüklüğü de dış alanın büyüklüğü ile orantılıdır. Diamanyetik maddeler ise bir dış manyetik alan uygulandığında, dış alanın yönüne ters bir manyetik moment oluşturur. Ferromanyetik maddeler bir dış manyetik alan

içinde bile birbirine paralel olarak yönelen atomik manyetik momentleri vardır. Eğer momentler paralel hale getirildikten sonra, dış manyetik alan kaldırılırsa ferromanyetik madde mıknatıslanmış olarak kalır. Bu şekilde yönelme, komşu alan manyetik momentler arasındaki kuvvetli etkileşimden oluşmaktadır [45,46].

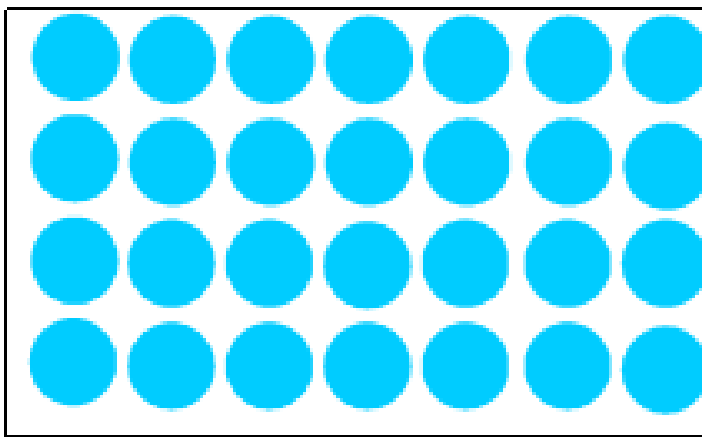
2.6. Manyetik Maddelerin Sınıflandırılması

Manyetik maddelerin sınıflandırılması genellikle manyetik alınganlıklarına göre sınıflandırılır. Bunlar; diamanyetizma, paramanyetizma, ferromanyetizma, antiferromanyetizma ve ferrimanyetizmadır [47].

2.6.1. Diamanyetizma

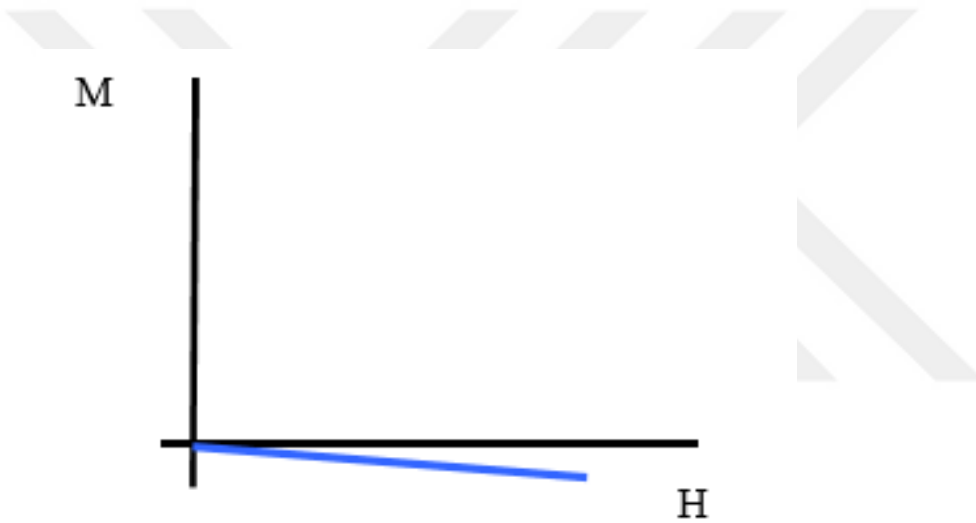
Bir maddenin oda sıcaklığındaki manyetik alınganlığı negatif ve çok küçük ise madde diamanyetik maddedir. Diamanyetik maddeler, negatif alınganlığından dolayı manyetik alana ters yönde manyetizasyon gösterir. Buda maddelerin manyetik alanı itmelerine yol açar. Bu yüzden diamanyetik maddelerin manyetik özelliklerine bağlı olarak yaygın bir kullanım alanları yoktur. Diamanyetik maddelere örnek olarak Cu, Ag, Si elementler ile elmas ve plastik maddeler verilir [48,49].

Resim 2.6' da görüldüğü gibi her bir mavi daireleri atom olarak kabul edersek, bu atomların hiç birinin net manyetik momentleri yoktur. Sadece bir manyetik alanla karşılaştıklarında tepki verirler [50].



Resim 2.6. Diamanyetik malzemenin atomları [50].

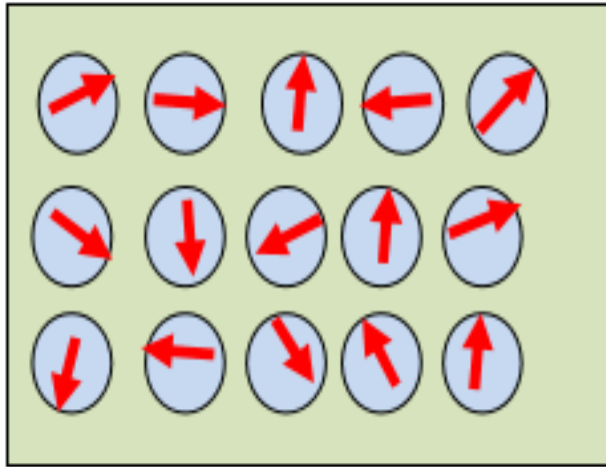
Şekil 2.1' de ise diamanyetik bir malzemeye dışarıdan uygulanan bir manyetik alana (H), nasıl bir tepki verdiği görülmektedir. Bu tepki görüldüğü gibi, malzemenin uygulanan alana zıt yönlü bir manyetik alan, yani mıknatıslanma (M) meydana getirmesidir. Ayrıca grafikten de anlaşılacağı gibi dış manyetik alan arttıkça, malzemenin de meydana getirdiği manyetik alanın arttığı görülür [50].



Şekil 2.1. Diamanyetik malzemenin M-H grafiği [50].

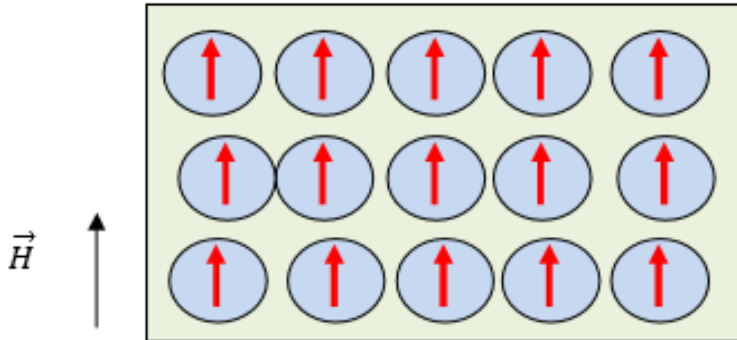
2.6.2. Paramanyetizma

Maddelerin manyetik alınganlığı pozitif ve çok küçük ise paramanyetik olarak sınıflandırılır. Pozitif alınganlıklarından dolayı uygulanan manyetik alanla aynı yönde manyetizasyon oluşturur. Paramanyetik maddeler çiftlenmemiş elektron bulundurur. Bu çiftlenmemiş elektron, uygulanan dış manyetik alana bağlı olarak manyetik momentler aynı yönde yönelerek manyetik alanı arttırıcı etki oluşturur. Dış manyetik alan olmadığında, manyetik momentler rastgele yönelirler ve net bir manyetik moment oluşturmazlar [47].



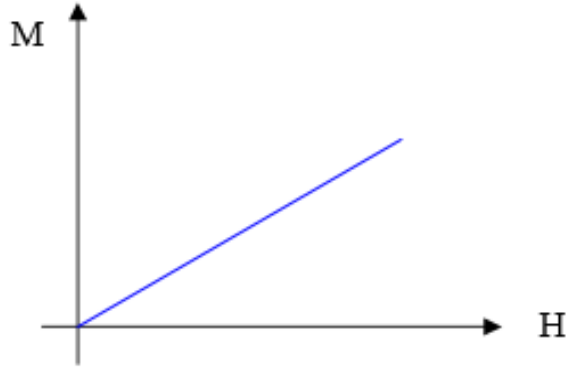
Resim 2.7. Paramanyetik bir malzemenin dış alan yokken manyetik düzeni [50].

Resim 2.7' de görüldüğü gibi dışarıdan bir manyetik alan uygulanmıyorken örgü içerisindeki atomların manyetik momentlerinin rastgele yönelimleri görülmektedir.



Resim 2.8. Dış manyetik alan altında paramanyetik bir malzemenin alabileceği en düzenli hal [50].

Resim 2.8' de malzemenin üzerine dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında atomların manyetik momentlerinin nasıl dizildikleri görülmektedir.

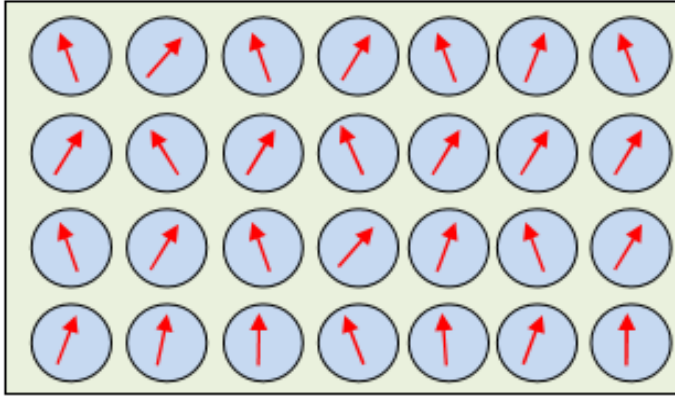


Şekil2.2. Paramanyetik bir malzemenin M-H grafiği [50].

Şekil 2.2' de ise paramanyetik bir malzemenin üzerine dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında gösterdiği tepki verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi dış manyetik alan (H) uygulanmaya başlandığında malzeme içindeki düzensiz olan atomik manyetik momentler H arttıkça alanla aynı yönde dizilmeye başlamış ve dış manyetik alanla aynı yönde bir mıknatıslanma değeri oluşturmaya başlamıştır. Ayrıca şekilden, dış manyetik alan arttıkça, malzemenin toplam mıknatıslanmasının da orantılı olarak arttığı görülür [48,50].

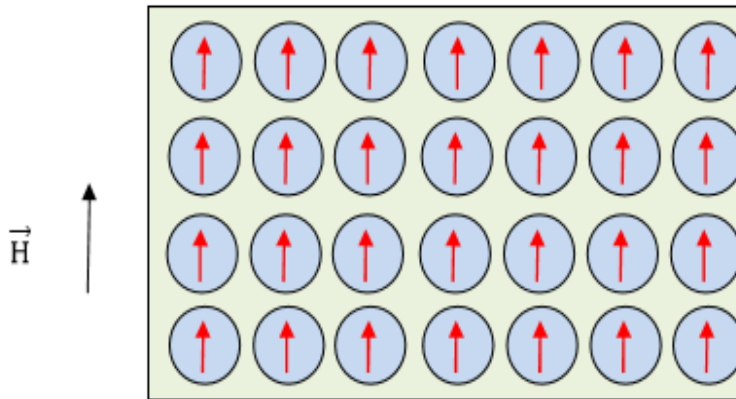
2.6.3. Ferromanyetizma

Yüksek pozitif alınganlığa sahip olan maddeler ferromanyetik maddelerdir. Manyetik maddelerin en önemlisidir. Fe (Demir), Ni (Nikel), Co (Kobalt) ve Gd (Gadolinium) ferromanyetik maddelerdir. Paramanyetik maddeler gibi manyetik moment oluşturan çiftlenmemiş elektron bulundurur. Ferromanyetik maddeler sadece dış manyetik alanla değil, kendi aralarında da minimum enerjiyi sağlamak için aynı yöne yönelme eğilimindedirler. Bu yüzden dış manyetik alan kaldırılrsa bile manyetik moment devam eder [48]. Bu özelliğinden dolayı ferromanyetik madde mühendislik ve bilişim sektöründe kullanılmaktadır [47].



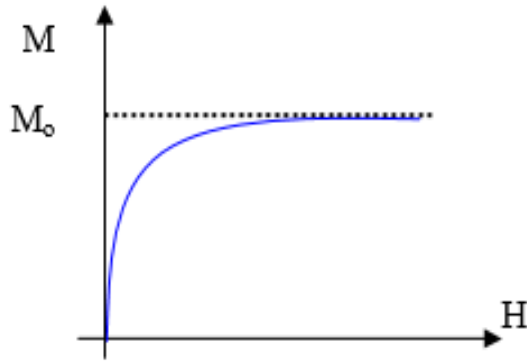
Resim 2.9. Ferromanyetik bir malzemenin en düzenli manyetik dizilişi [50].

Resim 2.9' de ferromanyetik malzemenin atomlarının manyetik momentlerinin dizilimleri verilmiştir.



Resim 2.10. Dış manyetik alan altında ferromanyetik bir malzemenin manyetik dizilimi [50].

Resim 2.10' da ise manyetik alan altındaki ferromanyetik bir malzemenin atomlarının manyetik momentlerinin düzenli dizilimleri verilmiştir.

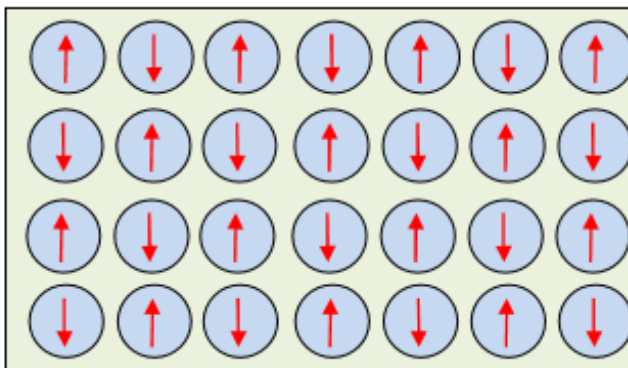


Şekil 2.3. Ferromanyetik bir malzemenin M-H grafiği [50].

Şekil 2.3'de ferromanyetik bir malzemenin üzerine dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında gösterdiği tepki verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi dış manyetik alan (H) uygulanmaya başlandığında malzeme içerisindeki atomlar daha fazla düzenlenir ve malzemenin toplam mıknatıslanmasını artırır. Dış manyetik alan daha da arttırıldığında malzemede artık düzenlenecek atom kalmadığında toplam mıknatıslanma bir doyuma M_0 ulaşır [48,50].

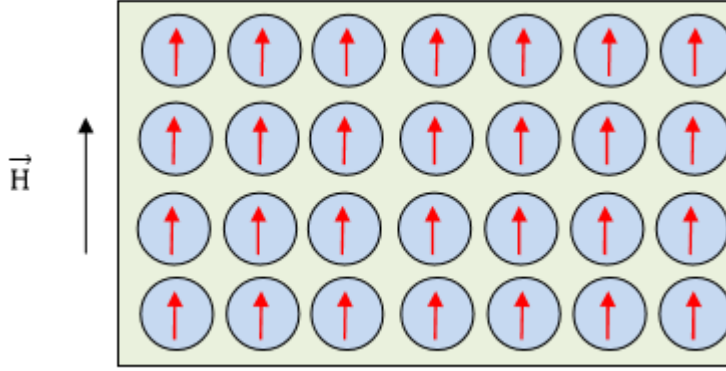
2.6.4. Antiferromanyetizma

Antiferromanyetizma eşit büyüklükte ve zıt yönde alınganlığa sahip kristal bir madde olarak sınıflandırılır. Eşit ve zıt yöndeki manyetizasyonlar birbirlerini yok ederek manyetizasyonun sıfır olmasına yol açar [51].



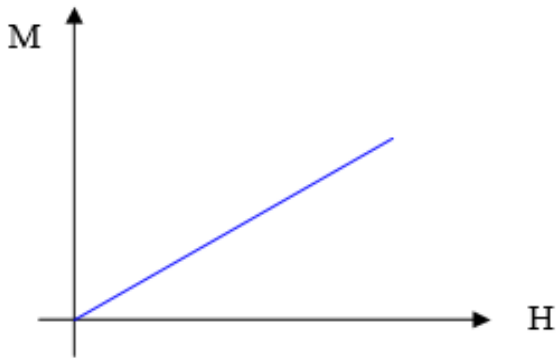
Resim 2.11. Antiferromanyetik bir malzemenin manyetik dizilimi [50].

Resim 2.11'de antiferromanyetik bir malzemenin atomlarının manyetik momentlerinin nasıl dizildikleri görülmektedir.



Resim 2.12. Kuvvetli bir dış manyetik alan altında antiferromanyetik malzemenin dizilimi [50].

Resim 2.12'de ise bu malzemeye dışarıdan çok kuvvetli bir manyetik alan uygulandığında atomik manyetik momentlerinin nasıl düzenli bir hal aldığı görülmektedir.



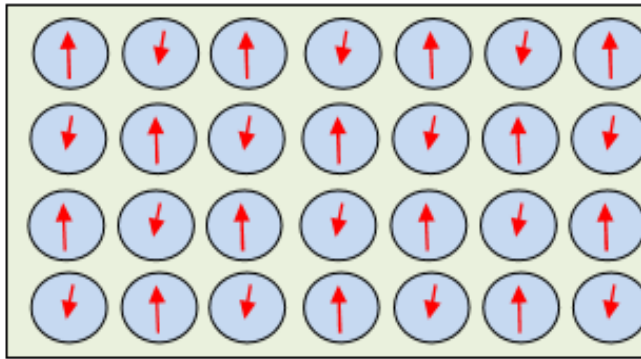
Şekil 2.4. Antiferromanyetik malzemenin M-H grafiği [50].

Şekil 2.4' de ise antiferromanyetik bir malzemenin üzerine dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında gösterdiği tepki görülmektedir. Grafikte görüldüğü gibi dış manyetik alan(H) uygulanmaya başladığında malzeme içerisindeki dış manyetik alana ters yönelimli olan atomik manyetik momentler alanla aynı yönde dizilmeye başlamış ve dış manyetik alanla aynı

yönde mıknatıslanma değeri oluşturmaya başlamıştır. Yine şekilden de görüldüğü gibi dış manyetik alan arttıkça, malzemenin de toplam mıknatıslanması artmıştır [50,51].

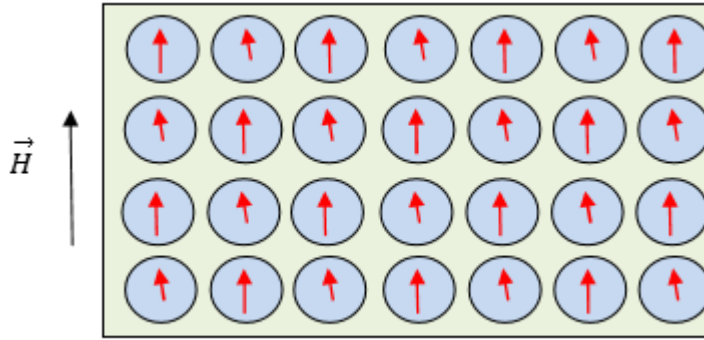
2.6.5. Ferrimanyetizma

Antiferromanyetik maddelere benzerliklerinden dolayı, eşit olmayan zıt manyetizasyon vektörlerine sahip maddeler ferrimanyetik maddelerdir. Ferrimanyetik maddeler küçük manyetik alınganlığa sahiptirler. Ferrimanyetik maddelerin çoğunluğu Fe_3O_4 (manyetit), Mn (manganez), Zn (çinko) ve Ni (nikel) karışımıdır [49,52].



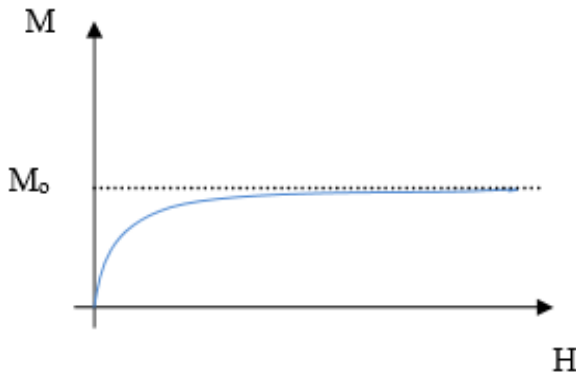
Resim 2.13. Ferrimanyetik malzemenin manyetik dizilimi [50].

Resim 2.13'de ferrimanyetik bir malzemenin atomlarının manyetik momentlerinin dizilimleri verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi manyetik momentler birbirine paraleldir. Fakat yönelimleri farklı olan atomların, manyetik kuvvetleri de birbirinden farklıdır.



Resim 2.14. Dış manyetik alan altında ferrimanyetik malzemenin dizilimi [50].

Resim 2.14'deki malzemeye dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında, atomların manyetik momentlerinin nasıl dizildiği verilmiştir.



Şekil 2.5. Ferrimanyetik malzemenin M-H grafiği [50].

Şekil 2.5'de ferrimanyetik bir malzemenin üzerine dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında gösterdiği tepki verilmiştir. Bu tepki ferromanyetik bir malzemenin verdiği tepkiye benzemektedir. Ama bu malzemelerin doyma mıknatıslanma değeri ferromanyetik malzemelere göre düşüktür. Grafikte görüldüğü gibi dış manyetik alan(H) uygulanmaya başlandığında malzeme içindeki atomlar manyetik alanla aynı yönde dizilmeye başlar. Manyetik alan arttıkça diziliş daha düzenli olur ve malzemenin toplam mıknatıslanmasını artırır. Dış manyetik alan daha da arttığında malzemede artık düzenlenecek atom kalmadığından toplam mıknatıslanma doyum noktasına ulaşır[50,51].

3. YÖNTEM

3.1. Alaşımların Yapısal Karakterizasyonu

Bakırca zengin Cu-Mn alaşımı Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde indüksiyon fırınında argon atmosferinde %99,9 derecesinde saf Cu ve Mn elementleri kullanılarak çubuk halinde hazırlanmıştır. Bu çubuklardan kesilerek elde edilen örneklerin ağırlıkça yüzdesi, enerji dağıtım spektrometresi EDS (Energy- Dispersi ve Spectrometry) tekniği kullanılarak bulundu. Uygun şekillerde kesilen iki örnek vakumlanmış quartz tüplerin içine konularak 850° C'de 1 saat süre ile ısıl işlem uygulandı. Homojen hale getirdiğimiz bu numunelerden; birincisini fırın içerisinde yavaş soğumaya diğer parça oda sıcaklığındaki suya atılarak hızlı soğumaya bırakıldı.

3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Metal malzemelerin katı yüzeylerinin ince tabakasının incelenmesi için kullanılan önemli cihazlardan biriside taramalı elektron mikroskobu (SEM)'dur. SEM' de görüntü elde edebilmek için katı yüzeyi yüksek enerjili elektron demetiyle taranır. Bu taramada katının tüm yüzeyi taranana kadar işlem devam eder. Tarama sırasında alınan sinyaller, bilgisayar sistemine bağlanır ve görüntüye dönüştürülerek fotoğraf elde edilir. Fotoğrafa bakılarak malzemenin yapısal özellikleri ile ilgili yorum yapılır [47]. SEM' de bulunması gerekenler, numune odası, elektron tabancası kaynağı, elektron odaklama sistemi ve elektron dedektörleridir [53].

3.3. SEM ve EDS İncelemeleri İçin Örneklerin Hazırlanması

SEM ve EDS ile yapılacak yüzey incelemeleri için ısıl işlem uygulanarak homojen hale getirildikten sonra farklı biçimde soğutulmuş, Cu-Mn alaşımından elmas bıçaklı kesici kullanılarak (350µm) kalınlığında kesilen numunelerin, yüzeylerindeki pürüzler 800 ve 1200'lük su zımparaları ile ortadan kaldırıldı. Yüzeyler 9,6,3 ve 1µm'lik elmas pastalar kullanılarak parlatıldı. Ardından numunelerin yüzeyleri metanol ile temizlenip kurumaya bırakıldı. Daha sonra mekanik olarak parlatılan yüzeyler 10 ml HCl, 48 ml

metanol ve 2,5 g ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) karışımından oluşan çözelti içerisinde oda sıcaklığında birkaç dakika bekletilerek dağıldılar. Örneklerin yapısal özellikleri, JEOL-JSM-5600 30 kV hızlandırma gerilimine sahip taramalı elektron mikroskobu ile incelendi.

3.4. Elektron Dağılım Spektroskopisi (EDS) Tekniği

EDS, bir elementin karakteristik yönünü X-ışını spektrumlarıyla tanıyarak, bu elementlerin içindeki atomların oranlarını yüzde olarak belirleyen bir cihazdır. Bu yüzden numunelerin üstüne elektron ışınları gönderilir. Bu ışınlar numune içine girerek atomlarla etkileşir ve her bir element için farklı $K\alpha$, $L\alpha$, $M\alpha$ enerji seviyelerinden geri yansır. Her yansıma elementlerin numune içindeki miktarlarına bağlı olarak şiddetleri farklıdır. Geri doğru yansıyan bu enerjileri EDS yüzdeye çevirerek elementlerin numune içindeki miktarlarının yüzdesini gösterir [54]. Yüzey fotoğraflarının çeşitli bölgelerindeki kütle oranlarının belirlenmesi EDS tekniği ile yapılır ve X-ışınları tekniği ile çalışır. Elektronların numune üzerine düşürülmesiyle karakteristik X-ışınları spektrumu meydana getirir. Bu spektrumdaki her pik, alaşım içerisindeki elementlerin kütlece oranlarını ve elementlerin hangisine ait olduğunu gösterir. Böylece alaşımların farklı bölgelerdeki elementlerin yüzdeleri bulunur [55].

3.5. X-ışınları Toz Difraktometresi (XRD)

X-ışını kırınımı, kristal yapıların analizinde kullanılmaktadır. Böylece bir malzemenin kristal yapısı incelenebilmektedir. İngiliz fizikçi W.H.Bragg tarafından 1913 yılında ortaya atılan kurama göre, malzemeye gönderilen X-ışını, yapıdaki atomlardan kırınıma uğramaktadır. Yani malzemeye gelen X-ışını, kristal düzlemlerde bulunan atomlar tarafından saçılmaktadır. Bu yüzden, paralel örgü düzlemleri arasındaki uzaklık d , gelen ve yansıyan ışının düzlemlerle yaptığı açı θ ise, iki düzlemden saçılan ışınlar arasında yol farkı oluşur. Yapıcı bir girişim olması için, bu düzlemden saçılan ışınlar arasındaki yol farkının, dalga boyunun (λ) tam katı olması gereklidir. Buda Bragg yasası

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

şeklinde yazılır.

Kristaller, belirli bir yerleşim düzeni içerisinde bir araya gelen atomların oluşturduğu düzenin üç boyutlu uzayda tekrarı ile oluşur. Bu yüzden gaz ve sıvılardan farklıdır. Bunun nedeni ise gaz ve sıvılarda atomik düzenlenme periyodik değildir. Bunun için kristal olan katılarda numunenin özelliğini belirleyen pikler gözlenir. Difraksiyon desenindeki bu pikler indislenerek örgü parametreleri ve kristal yapılar tespit edilir [56]. Kristalin yapısına ve kristalle etkileşen ışının dalga boyuna bağlı olarak değişik kırınım desenleri meydana gelir. Kristale gönderilen ışının dalga boyu, kristalin örgü sabitine eşit yada küçükse gelen ışın kırınıma uğrar [57]. Belli yönlerdeki ışıklardan bazıları birbirini yok ederken (yıkıcı girişim), bazı ışınlar birbirini kuvvetlendirerek yapıcı girişim (difraksiyon) oluştururlar. Difraksiyon yalnızca Bragg denklemini sağlayan geliş açılarında meydana gelir [58].

3.6. XRD İncelemeleri İçin Örneklerin Hazırlanması

Alaşımlardan elde edilen örneklerin X-ışınları toz difraktometresi (XRD) analizlerinin alınabilmesi için ısıtma işlemi uygulanan örneklerden ince dişli törpü (eğge) yardımı ile yaklaşık 2 gr kadar toz elde edildi. Daha sonra toz örnekleri, asetonla yıkanıp kurutuldu. Elde edilen toz örnekler XRD spektrumunun alınmasında kullanıldı.

Bu çalışmada örneklerin kırınım desenleri "Bruker D8 Advance" toz difraktometresinde dalga boyu 1,5418 Å olan CuK_α X-ışını kaynağı ile 2 derece/dak. tarama hızı ile alındı.

3.7. Titreşen Örnek Magnetometresi (VSM)

Titreşimli Örnek Magnetometresi (VSM) ile mıknatıslanma ölçme metodu ve çalışma prensibi titreştirilen örnek yanındaki sarımlarda meydana gelen akı değişimlerinin ölçülmesine dayanır [59]. VSM ile incelenen malzemenin manyetik karakterini ortaya koyan Histerisis elde edilir. VSM sisteminin güç kaynağı, kontrol panelleri gibi elektronik kısımlar ile örnek titreştirici,

elektromagnet ölçüm kısımlarından ve bunlara bağlanmış bir bilgisayardan oluşur. Yani VSM' nin çalışma prensibi elektromanyetik indüksiyon olayına dayanır. Örneğin dc manyetik alanı içerisinde titreşim yaptığında meydana gelen örneğin titreşim manyetik alanı ile bobinden değişken bir voltaj indüklenir. Emk' nın büyüklüğünün bobin içerisindeki manyetik akının zamanla değişim hızı ile orantılı olduğunu gösterir [60].

3.8. Titreşimli Örnek Magnetometresi (VSM) Ölçümleri için örneklerin Hazırlanması

Cu-Mn Alaşımından elde edilen numunelerin magnetik ölçümleri Quantum Design PPMS-9T titreşimli örnek magnetometresi (vibrating sample magnetometre, VSM) kullanılarak alındı. Alaşımların M-H ölçümleri -10 ile +10 Tesla manyetik alan değerleri arasında 300 K' de yapıldı. Sıcaklığa bağlı mıknatıslanma (M-T) ölçümleri 0,499 kOe sabit manyetik alanda yapıldı.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

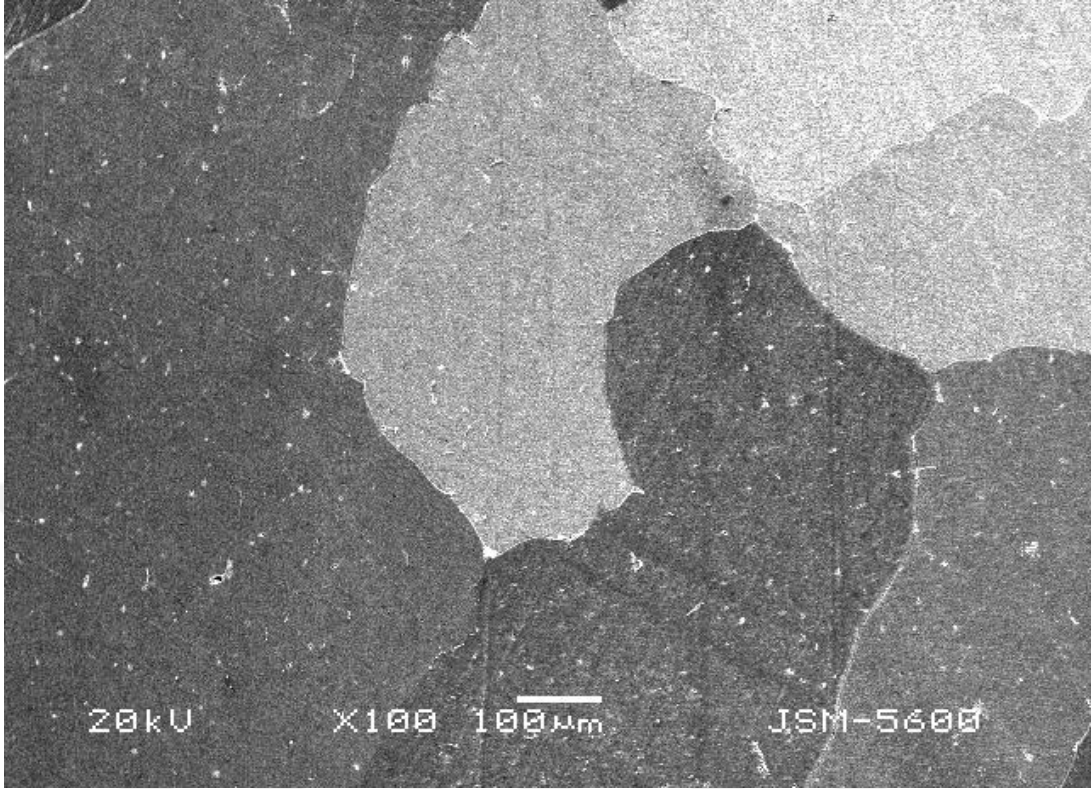
Cu-%24,2Mn alaşımından ısıl işlemler uygulanarak elde edilen örnekler numara verilerek isimlendirildi. Bu şekilde hazırlanan örneklerin tümü Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Cu-%24,2Mn alaşımının 850 °C' deki ısıl işlem zamanı ve soğutma işlemine bağlı olarak elde edilen örnekleri

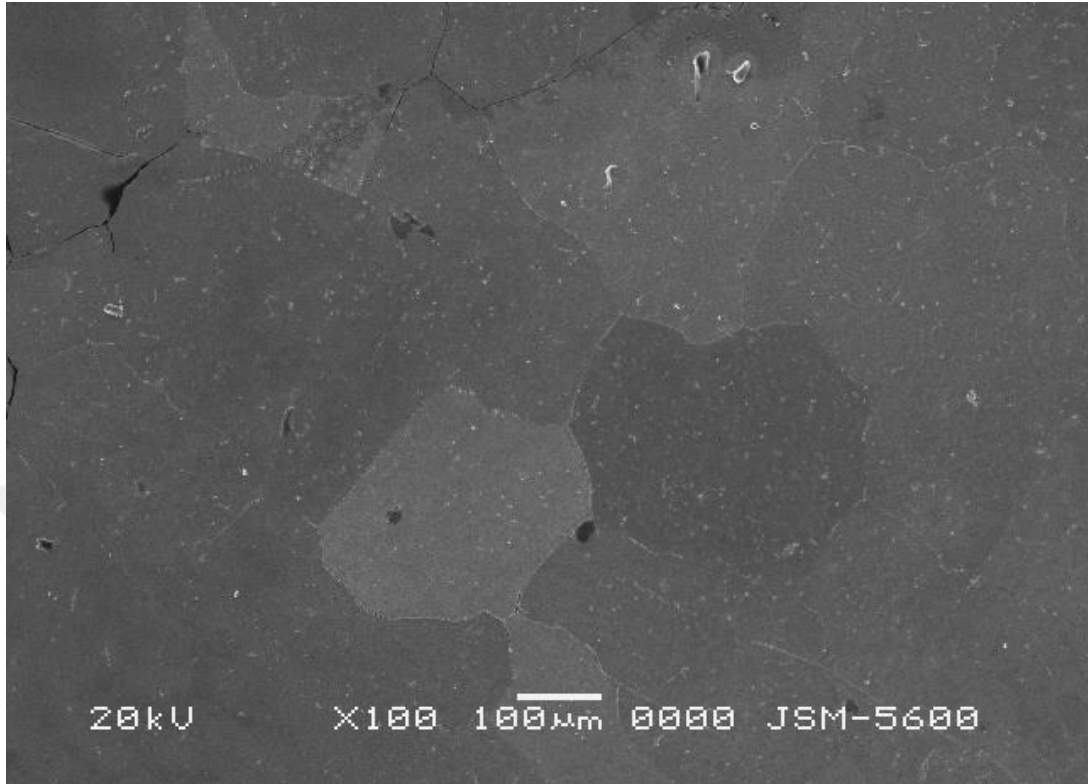
Alaşım	Isıl İşlem (°C)	Isıl İşlem (Saat)	Soğutma İşlemi	Numune Numarası
Cu-%24,2 Mn	850	1	Fırın içerisinde (kontrollü) yavaş soğutma	A
	850	1	Oda sıcaklığındaki su içine atılarak hızlı soğutma	B

4.1. Isıl Etkili Faz Dönüşümlerinin SEM İncelemesi

Bu çalışmada Cu-%24,2Mn alaşımlarında meydana gelen faz dönüşümleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlendi. Yavaş soğutulan A numunesinin Resim 4.1 oda sıcaklığında tamamen austenite yapıda olduğu bulundu. Hızlı soğutulan B numunesinin Resim 4.2 soğutma hızının artmasıyla austenite tanelerin sayısında artışın ve tane boyutlarının küçüldüğü gözlemlendi [61]. Bunun sonucunda soğutmaya bağlı olarak, alaşımlar daha büyük veya daha küçük kristal tanelerini meydana getirirler. Genelde, yavaş soğutma büyük kristal tanelerinin oluşmasına, hızlı soğutma ise küçük kristal tanelerinin oluşmasına neden olur [62].



Resim 4.1. Cu-Mn alaşımında fırın içerisinde soğutulan A numunesinin SEM görüntüsü



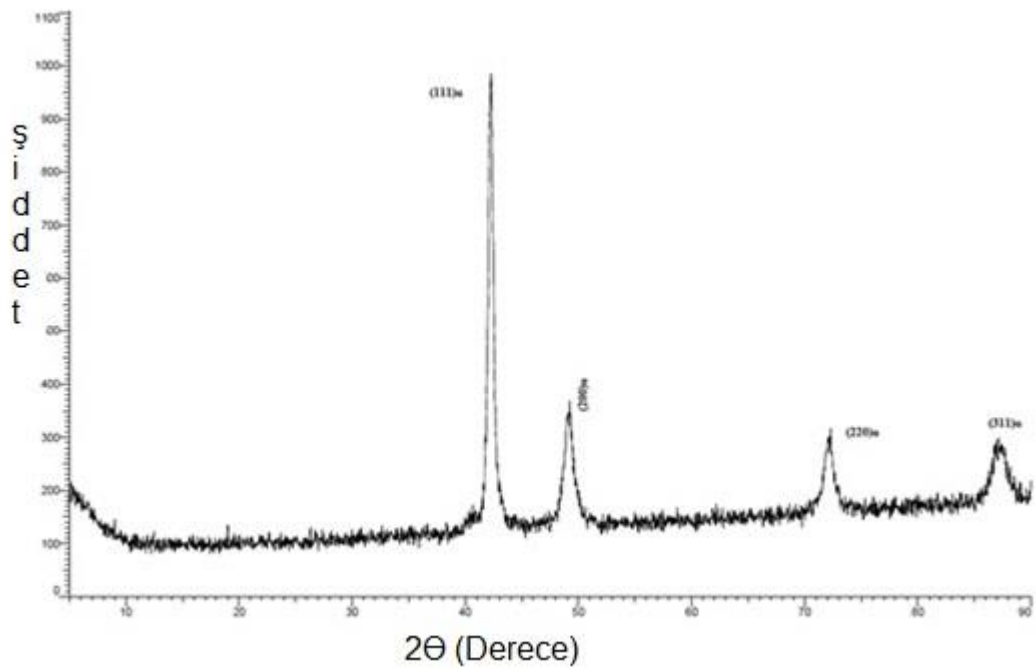
Resim 4.2. Cu-Mn alaşımlarının oda sıcaklığındaki suya atılarak hızlı soğutulan B numunesinin SEM goruntüsü

Soğutma hızına bağlı olarak farklı ısıl işlem uygulanan iki numune arasında tane büyüklüklerinin farklı oluşu bu çalışma ile ortaya konuldu. Yani hızlı soğutmada B numunesinin tane büyüklüğünün yavaş soğutulan A numunesinden daha küçük olduğu bulundu. Ayrıca taneler arasındaki renk farklılıkları atomların yönelimlerinin farklı olmasına bağlandı [61].

4.2. Isıl Etki İle Oluşturulan Faz Dönüşümlerinin XRD İle İncelenmesi

Alaşımlar, değişik fiziksel şartlar altında farklı kristalografik özellikler gösterirler. Bu yüzden farklı fazlarda bulunabilirler [2]. Bu nedenle bu tez çalışmasında, alaşımların kristal yapısını incelemek için X-ışınları toz difraktometresi (XRD) lmleri alındı. Bu lmler, literatür bilgisi ile karşılaştırıldı ve bunun sonunda EVA bilgisayar programı ile bu fazların örgü parametreleri hesaplandı [53].

Cu-Mn alaşımından elde edilen A numunesine ait kırınım deseni Şekil 4.1' de ve kırınım deseninden elde edilen paralel d¼zlemler arası mesafe (d), hkl d¼zlemi, 2θ değerleri Çizelge 4.2' de verilmiştir. Bu numunenin kırınım deseni incelendiğinde A numunesinin de yansıma veren pikler (111), (200), (220) ve (311) d¼zlemleridir. Şekil4.1'de g¼r¼ld¼ę¼ gibi en zayıf yansıma veren d¼zlem (311) d¼zlemdir. En şiddetli yansıma veren d¼zlem ise (111) d¼zlemdir [63]. Numune A' ya ait ¼rg¼ parametresi $a=3,6961\text{Å}$ olarak hesaplandı [66].



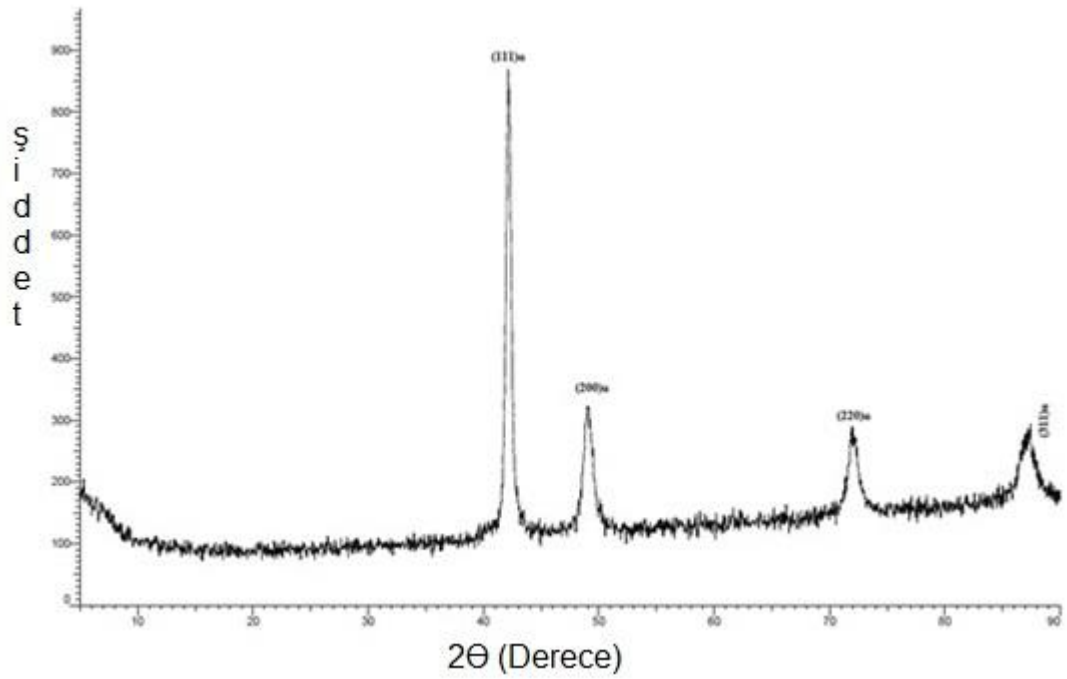
Şekil 4.1. A numunesine ait X-ışını kırınımı deseni

Bakır bazlı Şekil hatırlamalı alaşımların ana fazları, hacim merkezli k¼bik yapıya bağlı s¼per ¼rg¼l¼d¼r. Bu alaşımlarda e/a 1,38 için fcc yapı (α -faz), $\sim 1,5$ olan alaşımlar bcc yapı (β -faz), $\sim 1,62$ olan ise kompleks yapı (γ -faz) ve hcp yapı ise $>1,65$ olan alaşımlardır. Alaşımların faz durumlarını belirleyen e/a oranı elektron konsantrasyonudur [64,65].

Çizelge 4.2. A numunesinde gözlenen 2θ , paralel düzlemler arası mesafe ve fazlara ait Miller indisleri

2θ (°)	hkl	d (Å)
42,325	(111) α	2,133
49,275	(200) α	1,847
72,245	(220) α	1,306
87,455	(311) α	1,114

850°C' de 1 saat ısıtılma tabii tutulan Cu-Mn alaşımdan elde edilen B numunesinin kırınım deseni Şekil 4.2' de kırınım deseninden elde edilen bilgiler yardımı ile hesaplanan veriler Çizelge 4.3' de verilmiştir. Kırınım deseninde yansıma veren düzlemler (111), (200), (220) ve (311) düzlemleridir. En şiddetli yansıma veren düzlem (111) düzlemidir. En zayıf yansıma veren düzlem ise (311) düzlemidir. Numune B' ye ait örgü parametresi $a=3,6869$ Å olarak hesaplandı [66].



Şekil 4.2. B numunesine ait X-ışını kırınım deseni

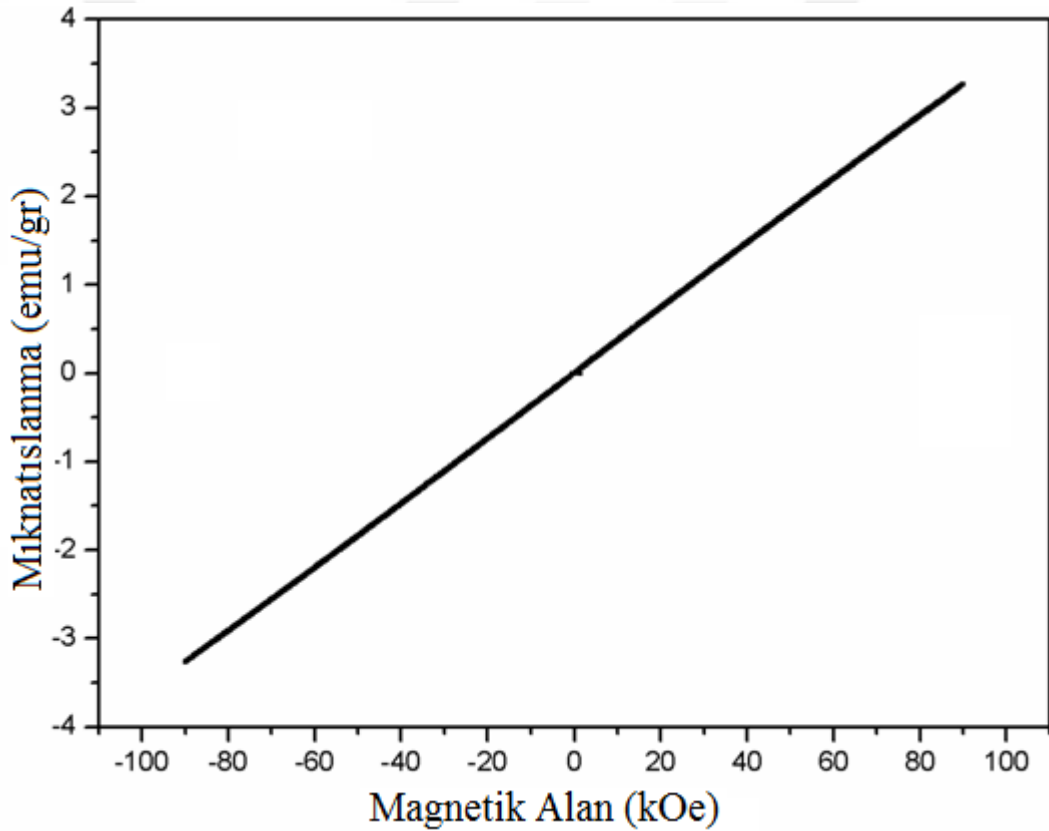
Çizelge 4.3. B numunesinin kırınım deseninden hesaplanan 2θ , paralel düzlemler arası mesafe ve fazlara ait Miller indisleri

2θ (°)	hkl	d (Å)
42,273	(111) α	2,136
49,212	(200) α	1,850
72,150	(220) α	1,308
87,337	(311) α	1,115

X-ışınları toz kırınımı incelemeleri; alaşımdan elde edilen her iki numune için hesaplanan örgü parametrelerinin α -fazı ile uyumlu olduğunu gösterdi. α -fazı fcc (yüzey merkezli kübik) yapıli bakırca zengin fazdır [67].

4.3. Isıl Etki ile Oluşturulan Faz Dönüşümlerinin Manyetik Özellikleri

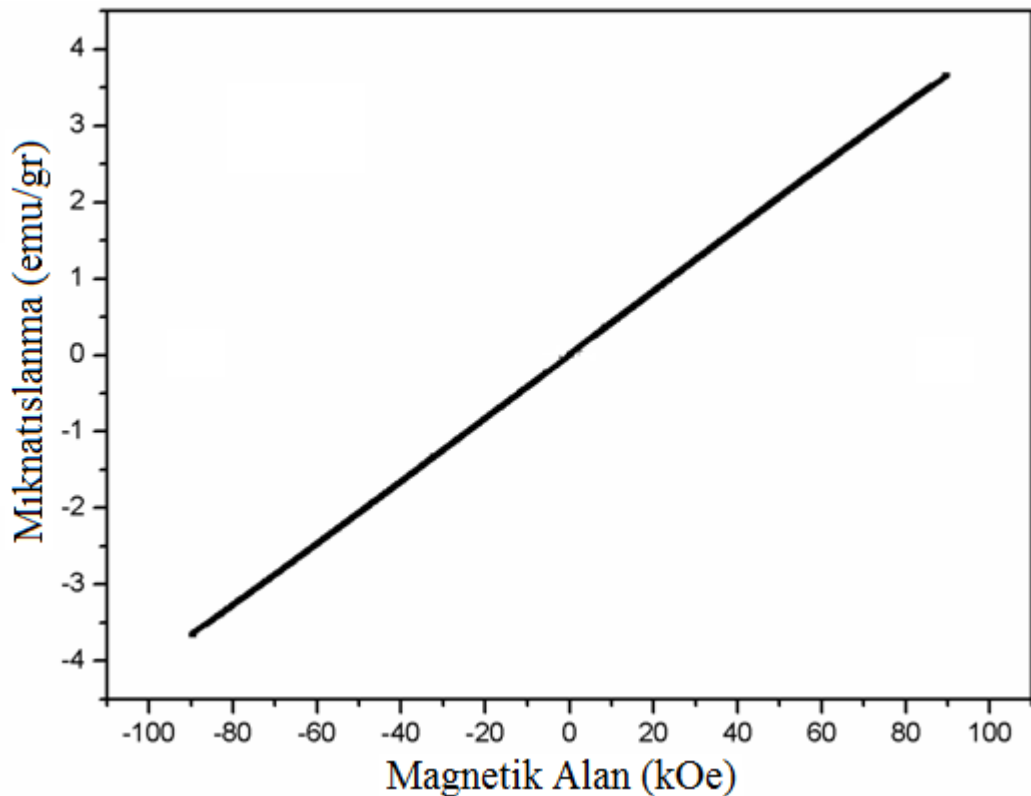
Cu-Mn Alaşımından elde edilen numunelerin Mıknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) ölçümleri Quantum Design PPMS-9T titreşimli örnek magnetometresi (vibrating sample magnetometre) VSM kullanılarak alındı. Mıknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) ölçümleri -10 ile 10 T alan değerleri arasında 300 K' de alındı. A numunesinin Mıknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) grafiği Şekil 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.3. Uygulanan alanın bir fonksiyonu olarak A numunesinin Mıknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) grafiği

A numunesinde Mıknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) değerinde doğrusal bir artış meydana gelmiştir. A numunesinin mıknatıslanma değeri yaklaşık 3.22 emu/g' a kadar yükselmiştir. A numunesinin (M-H) grafiğinden görüldüğü gibi uygulanan dış manyetik alanla numunenin toplam mıknatıslanma değeri

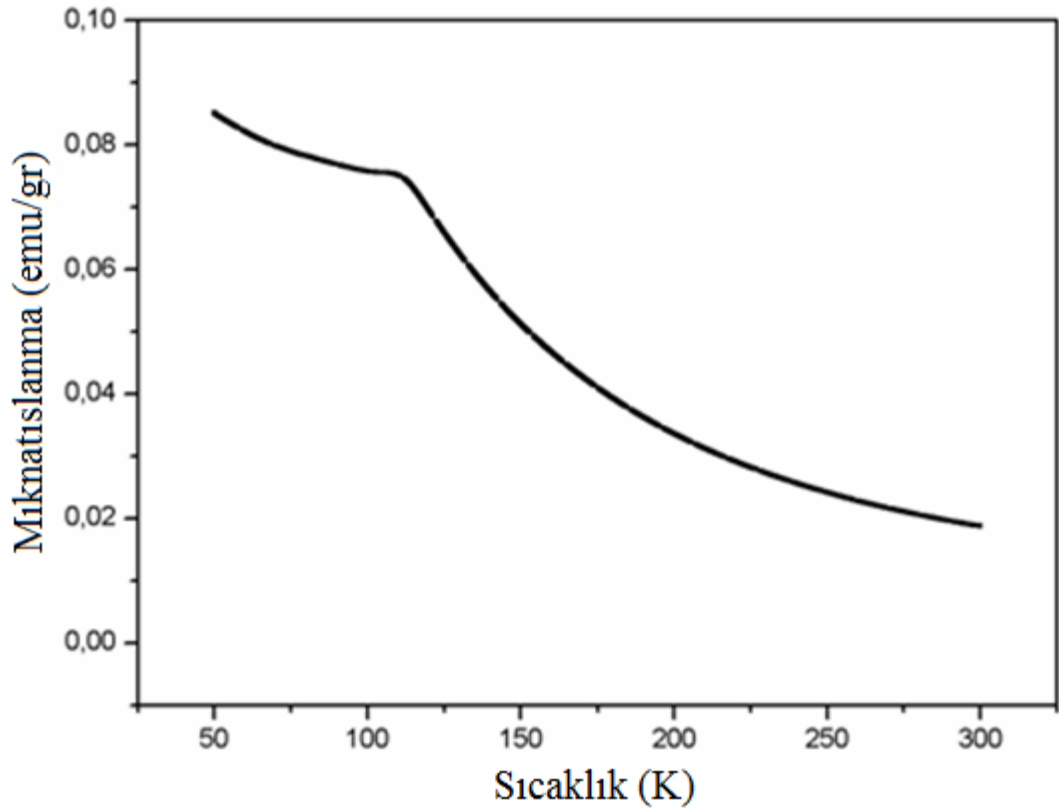
artmıştır. Bu sonuç, dış alanın daha fazla atomik manyetik momenti düzenlemesinden kaynaklanır. Yani A numunesinin (M-H) grafiğinden de görüldüğü gibi bu numune tipik bir paramanyetik davranış sergilemiştir. Manyetik malzemelerinin manyetikliği, malzemelerin yapısını oluşturan atomların elektronlarının çekirdek ve kendi eksenini etrafında dönme hareketi sonucu meydana gelen manyetik momentlerden kaynaklanmaktadır. Yüklü bir parçacığın r yarıçaplı dairesel yörüngede hareket etmesiyle bir manyetik moment oluşmaktadır. Bir elektron çekirdek etrafında dolarken yörünge hareketi yaparak atomun çevresinde bir manyetik alan oluşturur. Ancak bu iki elektron olarak aynı enerji düzeyinde yörünge hareketi yaparak dönme yönleri zıt olduğundan birbirlerini yok ettikleri için bir manyetik alan oluşmaz [7]. B numunesine ait Miknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) değişimi Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Uygulanan alanın bir fonksiyonu olarak B numunesinin Miknatıslanma-Uygulanan Alan (M-H) grafiği

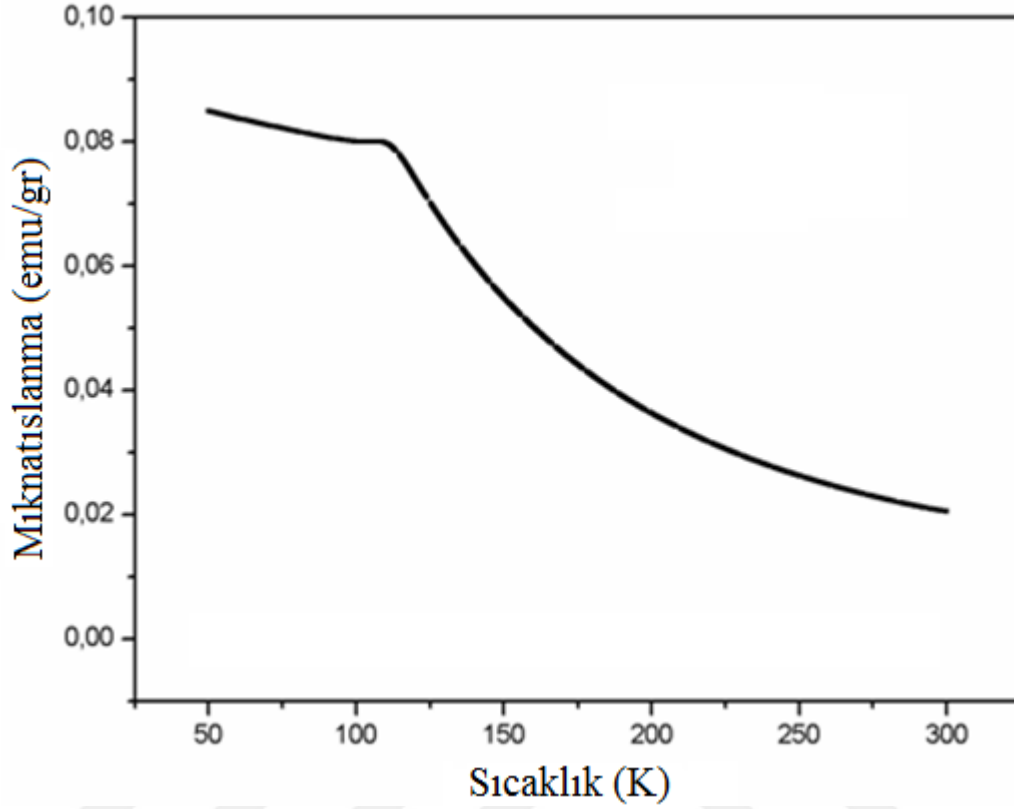
Bu numune de tipik bir paramanyetik davranış sergilemiştir. B numunesinin mıknatıslanma değeri yaklaşık 3,63 emu/g değerine kadar yükselmiştir. B numunesinin M-H grafiğinden görüldüğü gibi uygulanan dış manyetik alanla numunenin toplam mıknatıslanma değeri artmıştır. M-H grafik sonuçlarından; hızlı soğutulan B numunesinin mıknatıslanma değerinin yavaş soğutulan A numunesinin mıknatıslanma değerinden daha yüksek olduğunu göstermiştir [68,69].

Bakır bazlı alaşımların manyetik özelliklerini, uygulanan dış zor, tane büyüklüğü, kristal yapı kusurları ve ısıl işlemler etkiler. Özellikle yüksek sıcaklıklardan yapılan hızlı soğutma; kristal yapı kusurlarından olan boşluk kusur yoğunluğunu artırır ve hatta örgü yapısını değiştirir. Boşluk kusur yoğunluğunun artması Mn atomlarının difüzyon oranını artırır. Bundan dolayı tane duvarlarının ve spin rotasyonunun kolayca hareket eder ve mıknatıslanma değeri artar. Yani hızlı soğutulan B numunesinin tane sınırı arttığı için domenler rahat hareket eder ve manyetik moment artar [70,71].



Şekil 4.5. Cu-Mn alaşıımından elde edilen A numunesine ait M-T grafiği

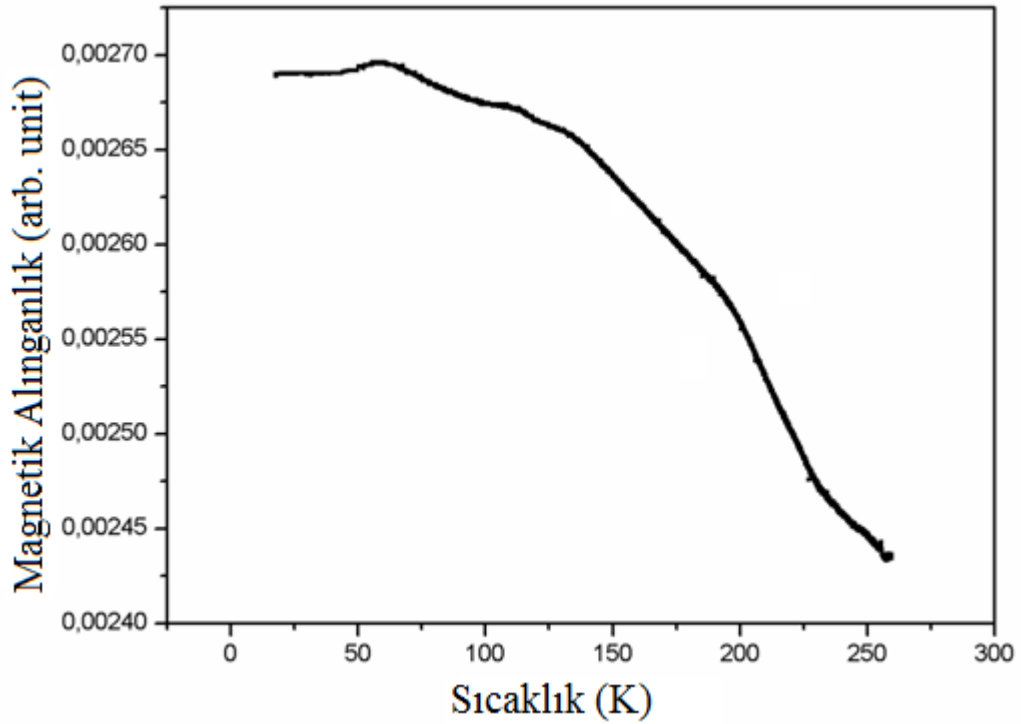
Şekil 4.5' de A numunesinin sabit manyetik alan 0.499 kOe' de alınan sıcaklığa bağlı grafiğini göstermektedir. Grafik incelendiğinde; artan sıcaklık ile miknatıslanma değeri de bir azalma gözlemlendi. Bu azalmanın yaklaşık 100 K' de meydana geldiği bulundu [71].



Şekil 4.6. Cu-Mn alaşımından elde edilen B numunesine ait M-T grafiği

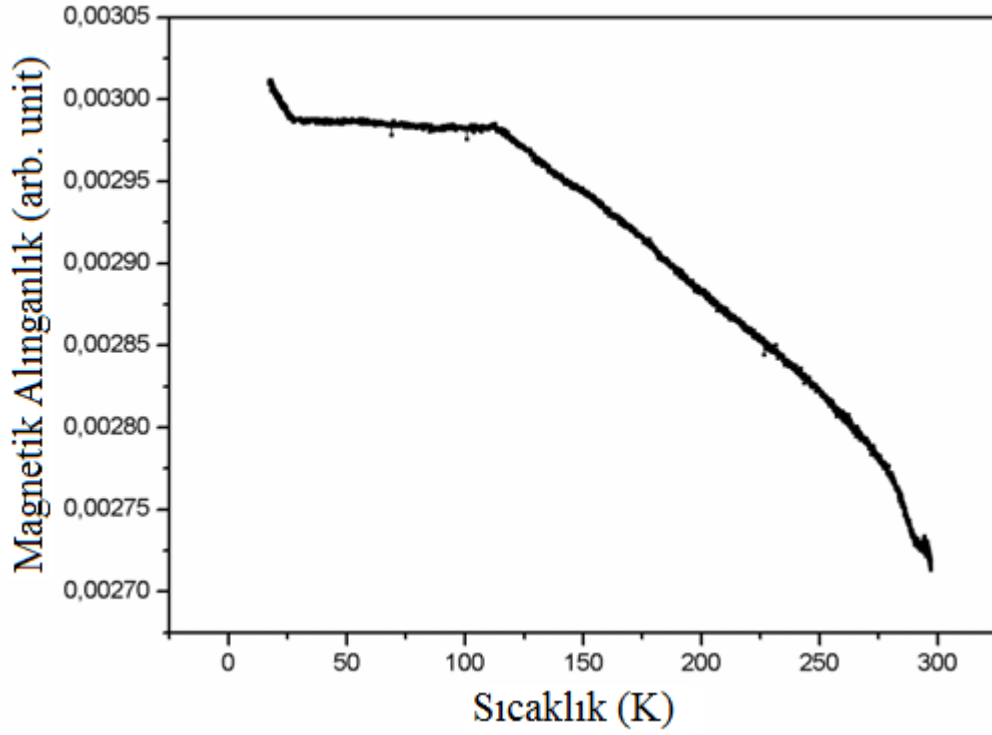
Şekil 4.6' da B numunesinin sabit manyetik alanda alınan sıcaklığa bağlı grafiğini göstermektedir. Grafik incelendiğinde; artan sıcaklık ile mıknatıslanma değerlerinde de bir azalma gözlemlendi. Bu azalmanın yaklaşık 120 K' de meydana geldiği tespit edildi. A ve B numunelerinde, artan sıcaklıkla mıknatıslanma değerinde meydana gelen azalma Mn-Mn çiftleri arasındaki uzaklığa bağlandı [72,73].

Cu-Mn alaşımından farklı ısı işlemleri uygulanarak elde edilen A numunesi için 0-300 K' de alınan sıcaklığa bağlı manyetik alınganlık ölçümleri Şekil 4.7'de verildi. Grafik incelendiğinde, artan sıcaklık ile manyetik alınganlık değerlerinde doğrusal olarak bir azalma meydana geldiği bulundu [74].



Şekil 4.7. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Cu-Mn alaşımından elde edilen A numunesine ait manyetik alınganlık eğrisi

B numunesine ait sıcaklığa bağlı olarak ölçülen manyetik alınganlık eğrisi Şekil 4.8' de verildi. Eğri sonuçlarından; B numunesi için artan sıcaklıkla manyetik alınganlık değerlerinde bir azalma meydana geldiği gözlemlendi. Artan sıcaklık ile manyetik alınganlık değerlerinde meydana gelen azalma daha fazla magnetik atomun eklenmesi bir diğer atomun magnetik momentini yok etmesi ve böylece bu atomların kendi aralarında antiferromagnetik yönelim göstermeleri ile açıklandı [74,75]. Yani ısı arttırıldığında; ısıl titreşimler yüzünden atom hareket etmeye başlar ve bu atomun manyetik momentinin de yön değiştirmesine neden olur. Buda toplam mıknatıslanmanın azalmasına neden olur.



Şekil 4.8. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Cu-Mn alaşımından elde edilen B numunesine ait manyetik alınganlık eğrisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında ağırlıkça Cu-%24,2 Mn alaşımına farklı ısıl işlemler uygulanarak oluşturulan faz dönüşümlerinin; yapısal, kristolografik ve manyetik özellikleri çeşitli fiziksel yöntemler kullanılarak incelendi.

Çubuk halinde bulunan Cu-%24,2 Mn alaşımını iki eşit parçaya bölündü ve malzemeleri homojen hale getirebilmek için; önce alaşımın iki parçasına 850 °C'de 1 saat süre ile ısıtılma işlemi uygulandı. Homojen hale getirdiğimiz bu numunelerden; birincisini fırın içerisinde (kontrollü) yavaş soğumaya diğer parçası oda sıcaklığındaki suya atılarak hızlı soğumaya maruz bırakıldı.

Taramalı elektron mikroskop gözlemleri sonucunda yavaş soğumaya maruz bırakılan A numunesinin, tanelerinin büyük boyutlu olduğu sonucu ortaya konuldu. Bu numunede tane boyutlarının büyük olması; tanelerin oluşmasında kristallerin ilk oluşum hızı, oluşmaya başladığı yerlerin sayısı ve büyüme hızının etkili olmasına bağlandı. Hızlı soğutulan B numunesinin, austenite tane boyutlarının küçük olduğu ve tanelerin sayısının arttığı tespit edildi.

X-ışınları toz difraktometresi ile yapılan deneysel çalışmalardan şu sonuçlar elde edilmiştir. X-ışınları toz difraktometresi (XRD) ölçümleri sonucunda, alaşımların kristal yapısı incelendi ve örgü parametreleri hesaplandı. Cu-%24,2 Mn alaşımından elde edilen numunelerin kırınım desenleri incelendiğinde, yansıma veren piklerin şiddet değerleri belirlendi. XRD gözlemlerinde, ısıtılma işlemlerinin etkisiyle pik değerlerinin değişimi gözlemlendi. Numunelerin soğutma oranının artmasıyla pik şiddetlerinin azaldığı gözlemlendi. Bakır bazlı alaşımların manyetik özelliklerini, uygulanan dış zor tane büyüklüğü, kristal yapı kusurları ve ısıtılma işlemler etkiler. Yüksek sıcaklıklarda yapılan hızlı soğutma, kristal yapı kusurlarından boşluk kusur yoğunluğunu arttırarak, Mn atomlarının difüzyon oranının artmasına sebep olur. Buradan da tane ve spin rotasyonunu hareket ettirir ve mıknatıslanma değerini arttırır. Manyetik ölçümler sonucunda, hızlı soğutulan örneğin toplam mıknatıslanmasının yavaş soğutulan örneğe göre daha yüksek olduğu bulundu. Bu sonuç hızlı soğutulan örnekte, tane sınırlarını arttırdığı için domenler rahat hareket eder ve böylece manyetik momentin arttırmasına bağlandı. Ortaya çıkan diğer bir sonuçta hızlı ve yavaş soğutulan örnekler için sıcaklığın artmasıyla toplam mıknatıslanma değerinin azalmasıdır. Artan

sıcaklıkla mıknatıslanma değerinde meydana gelen azalma Mn-Mn çiftleri arasındaki uzaklığa bağlandı. Manyetik ölçüm sonuçlarından; alaşımın paramanyetik bir davranış sergilediği bulunmuştur.

Cu-Mn alaşımından farklı ısı işlemler uygulanarak elde edilen numunelerin manyetik alınganlık ölçümlerinde de sıcaklığın artması ile manyetik alınganlık değerlerinde doğrusal bir azalma meydana geldiği bulundu. Artan sıcaklık ile manyetik alınganlık değerlerinde meydana gelen azalma daha fazla manyetik atomun eklenmesi ile bir diğer atomun magnetik momentini yok etmesi ve böylece bu atomların kendi aralarında antiferromagnetik yönelim göstermeleri ile açıklandı.

Cu-%24,2 Mn alaşımının göstermiş olduğu yapsal ve manyetik özellikler geliştirilerek daha iyi malzemeler tasarlanıp, teknolojiye katkı sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. Askeland, D.R., **The Science and Engineering of Materials**, Second S.I. Editio Chapman and Hall, London, (1990).
2. Nishiyama, Z., "Martensitic Transformation", **Academic Press**, New York, (1978).
3. Allison Butts, "The Science and Technology of The Metal, Its Alloys and Compounds", **Reinhold Publishing Corporation**, New York, (1954).
4. Porter, D.A., Easterling, K.E. Phase transformations in metals and alloys, Second edition, Chapman and Hall, T.J., **Pergamon Press**, London, (1982).
5. Aydın, N., "Fe-%16,34Mn-%4,06Si alaşımında difüzyonsuz faz dönüşümünün incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, (2010).
6. Onaran, K., "Malzeme bilimi", **Bilim Teknik Yayınevi**, İstanbul, (2006).
7. Ersoy, F.Ö., "Fe-Ni-Al alaşımlarının manyetik ve yapısal özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2011).
8. Soğuksu, A.K., "Şekil hatırlamalı Cu-Al-Ni ve Cu-Zn-Al alaşımların üretilmesi ve özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kahramanmaraş, 49-50 (2006).
9. Verhoeven, J.D., "Fundamentals of physical metallurgy", **Wiley ve Sons**, New York, (1975).

10. Robert, E and Reed, H., "Physical metallurgy principles. d. Vannostr and company", **LTD**, London, (1964).
11. Porter, D.A. ve Easterling, K.E. "Phase transformations in metal and alloys 2nded", **Chapman and Hall**, London, (1991).
12. Özcan, G., "Şekil hafızalı alaşımların farklı sıcaklıklarda (5-300 K) magnetik ve elektriksel özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Malatya, (2010).
13. Christian, J.W., "The theory of transformation in metal and alloys", **Pergamon Press**, London, (1975).
14. Dikici, M., "Fe alaşımlarının austenite-martensite dönüşümlerinde çekirdeklenme olayı", Yüksek Lisans Tezi, **Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, (1980).
15. Funakubo, H., "Shape memory alloys(Japonyadan İngilizceye çeviri), J.B., Kennedy, **Gordon and Breach Science**, London, (1987).
16. Christian, J.M., "The theory of transformations in metals and alloys, part 1, 3rded", **Pergamon Press**, Oxford, (2002).
17. Stanley, G., Eugene, H., "Introduction to phase transitions and critical phenomena", **Clarendon Press**, Oxford, (1971).
18. Otsuka, K. And Wayman, C.M., "Shape memory materials", **Cambridge University Press**, Cambridge, (1998).
19. Lagoudas, D.C., "Shape memory alloys modelling ana engineering applications", **Springer**, New York, (2008).

20. Segers, D., Hurtado, I., Dorikens-Vanpraet, L., Van Humbeck, J., "Positron doppler broadening measurements in Cu-Al-Ni based shape memory alloys", *Journal De Physique IV*, Volume, 5: 163-169 (1995).
21. Silva, R.A.G., Cuniberti, A., Stipcich, M. and Adorno, A.T., "Effect of Ag addition on the martensitic phase of the Cu-10 wt % Al alloy", *Materials Science and Engineering*, 456: 5-10 (2007).
22. Balo, Ş.N., "Cu-Al-Be ve Cu-Al-Ni alaşımlarının mekanik etkilerle şekil hatırlama özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi, Doktora Tezi, *Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (1999).
23. Montecinos, S., Cuniberti, A., Costo, M.L., Boeri, R., "Phase transformation during continuous cooling of polycrystalline β -CuAlBe alloys", *Journal of Alloys and Compounds*, 467: 278-283 (2009).
24. Aydoğdu, A., "Şekil hatırlamalı CuAlNi alaşımlarındaki martensitik dönüşümler üzerinde termal yaşlandırma etkileri", Doktora Tezi, *Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 21-22 (1995).
25. Aksu Canbay, C., "Bakır bazlı şekil hatırlamalı alaşım üretimi ve alaşımların yapısal, termal ve elektriksel özelliklerinin incelenmesi", Doktora Tezi, *Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2010).
26. Barrett, C.S., Massalski, T.B., "Structure of metals", *Pergamon Press*, Oxford, (1980).
27. Lara-Rodriguez, G.A., Gonzalez, G., Hores-Zuniga, H., Cortes-Perez, J., "The effect of rapid solidification and grain size on the transformation temperatures of Cu-Al-Be melt-spun alloys", *Materials Characterization*, 57, 154-159 (2006).

28. Crone, W.C., Ellis, A.B., Bentley, A., Smith, N., ve Trehewey, J., "Nano structured shape memory alloy constituents, SEM annual conference on experimental mechanics", **Charlotte**, NC, (2003).
29. Delaey, L., Krishan, R.V., Tas, H., Warlimont, H., "Thermoelasticity, pseudo elasticity and The memory effect associated with martensitic transformations part 1", **Journal of Materials Science**, 9, 1521-1535 (1974).
30. Mallik, U.S. and Sampath, V. "Journal of alloys and compounds, 459", **Iss: 1-2**, 142, (2008).
31. Mallik, U.S. and Sampath, V. "Materials science and engineering A, 478", **Iss: 1-2**, 48, (2008).
32. Aydoğdu, A. Aydoğdu, Y. and Adıgüzel, O. "13. Ulusal elektron mikroskop kongresi, 676", **Odtü**, Ankara, (1997).
33. Aydoğdu, Y. Aydoğdu, A. Atıcı, Y. and Adıgüzel, O. "Paper presented at ICEM, 14", **Cancun**, Mexico, (1998).
34. Wert, J.A. "Laboratory manual chapters, Ch-4, University of Virginia", **Department of Materials Science and Engineering**, (1998).
35. Wang, R. Gui, J. Chen, X. and Tan, S. "**Acta Materialia**", 50, 1835, (2002).
36. Balandraud, X. and Zanzotto, G. "**Journal of The Mechanics and Physics of Solids**", 55, 194, (2007).
37. Miguel Oscar Prado, "**Scripta Mater**", 44, 2431, (2001).

38. Obrado, E. Vives, E. Manosa, L. Planes, A. And Martinez, B. “**Journal of Magnetism ana Magnetic Materials**”,196-197,634, (1999).
39. Miyazaki, S. and Otsuka, K. “International, 29, No:5”, **ISIJ**, 353, (1989).
40. Rawlings, R. “**Practical Physical Metallurgy**”, London, (1961).
41. Cairns, J.H. Clough, J. “Deweyand J. Nutting”, **M.A.P.**111-115, (1970).
42. Kokorin, V.V. Kozlova, L.E. Titenko, A.N. **Scripta Materialia**, 47, 499-502, (2002).
43. Firstov, G.S. Van Humbeeck, J. Koval, Y.N. **Materials Science ana Engineering A**, 378, 2-10, (2004).
44. Pan, Z.Lİ, Z.Y. Tang, N. Jiang, Y.B. Fang, N.Liu, M. Zheng, E. **Materials Science and Engineering A**, 417, 225-229, (2006).
45. Tacer, E., “Ders notları”, **İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi**, İstanbul, (2004).
46. Akdoğan, N., “İnce filmlerde manyeto-optik ölçümler”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi**, İstanbul, (2004).
47. Karaağaç, Ö., “CoCu alaşım filmlerin elektrodepozisyonu, yapısal ve manyetik özellikleri üzerine depozisyon parametrelerin etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, (2007).
48. Das, A., “Prodding magnetic properties of electro deposited Co-Cu and Ni-Cu alloy films byscannin gprobes”, Yüksek Lisans Tezi, **Department of Metallurgical and Materials Engineering**, National Institute of Technology, (2010).

49. Hook, J.R., Hal, H.E., "Katıhal fiziği", **Literatür Yayıncılık**, İstanbul, (1999).
50. Bulun, G., "3d Geçiş metali Ni katkılı $Zn_{1-x}Ni_xO$ ve 4f-lantanit Gd katkılı $Zn_{1-x}Gd_xO$ bileşiklerinin yapısal ve manyetik özellikleri", Doktora Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana, (2010).
51. Dunn, J.H., "Magneto elastic characterization ana domein analysis of magnetic thin films and multilayers", Yüksek Lisans Tezi, **Texas State University**, (2006).
52. Coşkun, M.İ., "DC manyetik alan sıçratma tekniği ile üretilen $Co_{90}Fe_{10}$ nano filmlerin yapısal ve manyetik özelliklerinin incelenmesi", **Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kilis, (2011).
53. Şahin, T., "Elektrodepozisyon tekniğiyle üretilen Co ve CoFe filmlerin yapısal ve manyetodirenç özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, (2006).
54. Tekelioğlu, A., "Cu-%24,2Mn alaşımının termal ve mekanik özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, 36 (2009).
55. Aldırmaz, E., "Cu-%9,97Al-%4,62Mn ve Cu-%13,81Mn-%3,78Al alaşımlarında termal ve mekanik etkiler ile oluşan yapısal değişimlerin incelenmesi", Doktora Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, 39,42,55 (2009).
56. Gökdemir, N., "Şekil hatırlamalı Cu-%14,70Al-%4,72Ni alaşımında martensitik dönüşümün kristalografik ve kinetik özellikleri", Yüksek

- Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2006).
57. Cullity, B.D., Stock, S.R., "Elements of X-ray diffraction(thirdedication)", **Pearson Prentice Hall**, New Jersey, (2001).
58. Özergin, E., "Elektrodepozisyon tekniği ile büyütülen CoFeCu filmlerin yapısal, manyetik ve manyetodirenç özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, (2008).
59. Cullity, B.D. **Introduction to Magnetic Materials**, 67-68, (1972).
60. Jiles, D., "Introduction to magnetism ana magnetic materials", **Chapman and Hall**, London, (1996).
61. Kawasaki, M., Yamaji, K. And Izumi, O., "There searchins titutenforiron, stell and other metals", **Physics, Chemistry ana Metalurgy**, 7: 66-77 (1950).
62. Rawlings, R., "Practical physical metallurgy", **University of South Wales**, London, 9-31 (1961).
63. Czigany, Z., Misjak, F., Geszti, O. And Radnozci, G., "Structure and formation in Cu-Mn alloy thin films deposited atroom temperature", **Sciverse Sciencedirect**, 60:3-4 (2012).
64. Aygahoğlu, A., "Şekil bellekli alaşımlar ve uygulama alanları", Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, 98-99 (1996).

65. Pal, P., Majumda, A.K., and Nigam, A.K., "Electrical resistivity in disordered NiMn alloys around the multicritical point", ***Journal of Magnetism and Magnetic Materials***, 341: 65-71 (2013).
66. Pan, Y.Z., Li, Z., Wang, P.M., Deng, P.C., Zheng, F. and Li, S.H., "Thermal effect of non-isothermal aging on the β phase of Cu-Al-Mn alloy", ***Materials Science and Engineering***, A 467: 104-107 (2007).
67. Aydoğdu, A. and Adıgüzel, O., "**13. Ulusal Elektron Mikroskop Kongresi**", Ankara, 674 (1997).
68. Peruman, V.K., Chokkalingam, R. and Mahedran, M., "Annealing effect on phase transformation in nanostructured Ni-Mn-Ga ferromagnetic shape memory alloy", ***Phase Transition***, 83, 7, 509-517 (2010).
69. Kayalı, N., Zengin, R. and Adıgüzel, O., "Influence of aging on transformation characteristics in shape memory CuZnAl alloys", ***Metallurgical and Materials Transactions***, A 31(2): 349-354 (2000).
70. Porter, D.A. and Easterling, K.E., "Phase transformations in metals and alloys", ***Pergamon Press***, London, (1989).
71. Mukhopadhyay, A.K., Shull, R.D., Beck, P.A., Less, J., ***Common Metals***, 43, 69-82 (1975).
72. Sasmaz, M., Bayri, A., Aydogdu, Y.J., ***Supercond Nov. Magn.*** 24, 757-762 (2011).
73. Konoplyuk, S.M., Kokorin, V.V., Levchuk, Y.S., Kozlova, L.E., ***Ukr J. Phys***, 53, 172-176 (2008).
74. Banerjee, A., Majumdar, A.K., ***PhysRev***, B 46, 8958-8973 (1992).

75. Owen, J., Browne, M.E., Arp, V., Kip, A.F.J., *Phys Chem Solids*, 2, 85-99 (1957).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CÜCÜ, Sultan Cansel

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 16.11.1987 Erdemli

Medeni hali : Bekar

Telefon : 0 (538) 586 78 39

Faks :

e-mail : sultancansel@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	:Fizik Bölümü	2013
Lise	:Kocahasanlı Anadolu Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-----	-----	-------

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Cucu, S.C. and Aldırmaz, E. "Effect of heat treatment on THA magnetic properties of a CuMn alloy", *J Supercond Nov Magn* 30:197–201, (2017).
2. Aldırmaz, E., Karakaya, N., Cucu, S. C., Koyuncuoğlu, E., "Kinetic calculations of phase transformation in magnetic Cu-based alloy", *International TURCMOS (Turkish Congress on Molecular Spectroscopy)*, Antalya, (2015).
3. Aldırmaz, E., Çelik, H., Karakaya, N., Cucu, S. C., Koyuncuoğlu, E., "Investigation on microstructures in shapememory Cu-based alloys", *International Nanoscience and Nanotechnology for Next Generation (NaNONG)*, (2015).

4. Karakaya, N., Cucu, S. C., Koyuncuoğlu, E., Dağ, E. Aldırmaz, "Investigation by X-Ray diffraction of phase transformation in Al-Based alloys", **20. Yoğun Madde Fiziği Toplantısı**, Ankara, (2014).

Hobiler

Müzık dinlemek, Kitap okumak, Yürüyüş yapmak

