



Fe-%9Mn ALAŞIMINDA AUSTENİTE- MARTENSİTE FAZ DÖNÜŞÜMÜNÜN KRİSTALOGRAFİK ÖZELLİKLERİNİN X-IŞINLARI DİFRAKTOMETRE METODU İLE İNCELENMESİ

A. E. ÇALIK* & H. Y. OCAK**

Özet

Bu çalışmada TÜBİTAK MAM'da (Marmara Araştırma Merkezi) hazırlanan Fe-%9Mn alaşımı incelendi. Bu alaşımın kristalografik özelliklerini farklı dış fiziksel etkenlere göre inceleyebilmek için dört ayrı numune hazırlandı. Numunelerin austenite-martensite faz dönüşümünün kristalografik özellikleri X-ışınları difraktometre metodu ile çalışıldı. Dış fiziksel etkilerle meydana gelen austenite-martensite fazlarına ait örgü parametrelerinin fiziksel etkilere göre büyük oranlarda değişmediği görüldü. Numunelerin yüzeyinde Lath türü martensiteler gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Austenite, Martensite, Örgü Parametresi

1.Giriş

Austenite-martensite faz dönüşümü, difzyonsuz oluşabilme özelliğinden dolayı katıhal fiziğinde önemli bir yere sahiptir [1]. Bu dönüşümün metaller ile alaşımların çeşitli fiziksel özelliklerinde meydana getirdikleri değişiklikler üzerinde yıllardır çalışılmaktadır. Austenite-martensite faz dönüşümü belirli fiziksel etkenler altında oluşur. Bu fiziksel etkenler sıcaklık, deformasyon, her ikisinin beraber uygulanması ve manyetik alan uygulanması şeklinde olabilir [2,3]. Faz dönüşümleri ya çok kısa süreli atermal veya çok uzun süreli izotermal özelliktedirler [4]. Austenite-martensite faz dönüşümleri ilk kez Fe alaşımlarında gözlenmiştir [3]. Sanayideki önemi nedeni ile günümüzde araştırmalar bu alaşımlar üzerine

* Araş. Gör., Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kütahya (35. Madde ile Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Görevli)

** Yrd.Doç.Dr., Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Kütahya

yoğunlaştırılmış olup, Au, Cu, Zn, Sn, Al ve Ti gibi metal alaşımlarında [3] ve hatta bazı ametallerde de martensitik faz dönüşümlerinin meydana geldiği gözlenmiştir [5]. Austenite-martensite faz dönüşümü difüzyonsuz faz geçişi olması, austenite ile martensite arasında kristalografik dönme bağıntısı olması ve austenite kristali martensite kristal yapıya dönüştüğünde mutlaka hacim değişikliğinin olması özellikleri ile diğer faz dönüşümlerinden ayrılır [6].

Fe alaşımlarında gözlenen austenite-martensite faz dönüşümü genelde fcc yapıdaki austenite fazın (γ), bcc veya bct yapıdaki martensite faza dönüşümü şeklinde ortaya çıkar [7]. Ancak son yıllarda yapılan kristalografik çalışmalar sonucunda, özellikle Cu-Zn-Al alaşımlarında gözlenen [8] fcc austenite yapının hcp martensite yapıya geçişi şeklinde martensitik dönüşümlerin bazı Fe alaşımlarında ortaya çıkabileceği görülmüştür [9,10].

Fe-Mn alaşımlarında gözlenen ϵ (fcc \rightarrow hcp) ve α' (fcc \rightarrow bcc) türü martensite oluşumu, atermal özellikte olup, diğer Fe alaşımlarında olduğu gibi sıcaklık dışında dış plastik zorlanmalarla da ortaya çıkabilir [11,12]. Oluşum özellikleri bu zorlanmaların büyüklüğüne ve alaşım içerisinde yer alan elementlerin bulunma yüzdelere bağlı olarak da değişim gösterir [13]. Fe-Mn alaşımlarında martensite oluşumunun Mn içeriğine bağımlılığı incelenmiş ve Mn içeriği %10'dan az olunca α' , %10'dan fazla olunca ϵ martensite'nin oluşabileceği, Mn içeriği %10 ile %15 arasında olduğunda ise $\gamma \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha'$ dönüşümünün mümkün olduğu gözlemlenmiştir [11,14,15]. Bu çalışmamızda Mn oranı %10'dan az olduğu için α' martensite oluşmuş ve bu martensitenin kristalografik yapısının dış fiziksel etkenler ile nasıl değiştiği incelenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Fe-%9Mn alaşımı Gebze'deki TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nin (MAM) malzeme bölümündeki alaşım hazırlama laboratuvarlarında hazırlandı. 1100°C de 16 saat süreyle ısıtılarak tutularak homojenleştirme yapıldı. Numuneler İZOMET tipi kesici de elmas çarklar kullanılarak düşük hızda ve değişik büyüklüklerde kesildi. Deformasyon işlemi Instron cihazı ile 2mm/dak. hız ile gerçekleştirildi. Numuneler Çizelge 1'de verilen fiziksel etkilere tabi tutuldu.

Çizelge 1. Fe-%9Mn Alaşımına Ait Numunelerin Özellikleri

Numune	Numunenin Fiziksel Özellikleri
I	Sıvı azotta bekletilen normal numune.
II	Oda sıcaklığında %5 deformasyon uygulanan numune.
III	Oda sıcaklığında %8.5 deformasyon uygulanan numune.
IV	Oda sıcaklığında %27 deformasyon uygulanan numune.

3. BULGULAR

3.1. Optik Mikroskop Gözlemleri

Optik mikroskop çalışmaları için, her bir numune ayrı ayrı, "Metals Research Multipol" tipi parlatma cihazı ile yüzeyler parlatılarak nital karışımında dağlandı. Yüzeydeki değişimler "Olympus PEM" metal mikroskonda gözlemlendi. Bu gözlemlere periyodik olarak devam edildi ve yüzeydeki martensitelerin yapılarında değişimin olmadığı anlaşılınca, yüzeylerin değişik bölgelerinden fotoğraflar alındı. Numunelere ait yüzey fotoğrafları Şekil 1'de görülmektedir.

3.2. Kristal Örgü Parametreleri

Çalışmalarımızda X-ışınları kırınımından toz difraktometre aracılığı ile yararlanıldığı için, numunelerimiz tungsten eğe ile toz haline getirildi. Bir toz numune her yöne yönelmiş kristalografik parçacıklara sahiptir. Bunun sonucu olarak saçılan ışınlar asıl demet ile 2θ kadar açı yapacak şekilde bütün doğrultularda saçılırlar. Burada θ Bragg açısıdır. Böylece düzlemlerin her bir grubundan gelen saçılmalar, asıl demet ile eş eksenli ve 2θ açılı koniler oluştururlar [16,17]. Saçılmanın şiddetini, difraktometre ile elde edilmiş saçılma spektrumunda pikin yüksekliği belirler.

Hazırlanan I, II, III, ve IV numaralı numuneler için difraktometre ölçümleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nin (MAM) X-ışınları laboratuvarlarında CuK_α ($\lambda=1.541\text{Å}$) kaynağına sahip SHIMADZU XRD-6000 X-ray difraktometresi ile, 2°/dakika tarama hızı ile 20°-120° arasında yapıldı. Toz numuneler için ölçülen difraksiyon desenleri Şekil.2-5'te, fcc yapıya ait örgü parametreleri Çizelge 2'de ve bcc yapıya ait örgü parametreleri Çizelge 3'te verildi.

Fe-Mn alaşımlarında austenite fazın fcc yapıda olduğu, Mn oranının %10'dan küçük olması durumunda martensite fazın da bcc yapıda olduğu bilinmektedir [8]. Düzlemler arası uzaklık d_{hkl} , saçılmayı veren düzlemin Miller indisleri hkl ve örgü parametresi a olmak üzere;

$$d_{hkl} = \frac{a}{(h^2 + k^2 + l^2)^{1/2}}$$

şeklindedir. Bragg yasasından faydalanarak;

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2)$$

elde edilir. Burada $K = \frac{\lambda^2}{4a^2}$ ve $S = (h^2 + k^2 + l^2)$ tanımlaması ile

$$S = \frac{\sin^2 \theta}{K}$$

olur. Her θ açılı saçılma öyle bir düzlemden olmalıdır ki, kübik yapı için $\sin^2 \theta / (h^2 + k^2 + l^2)$ oranı aynı K sabitini vermelidir. $(h^2 + k^2 + l^2)$ 'nin fcc yapı için alabileceği değerler 3, 4, 8, 11, 12, 16, 19, 20, 24, 27, 32 ... olup, hkl 'nin ya hepsi çift ya da hepsinin tek olması gerekir. Benzer şekilde $(h^2 + k^2 + l^2)$ 'nin bcc yapı için alabileceği değerler 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 ... olup, $(h + k + l)$ 'nin hep çift olması gerekir [16].

Çizelge 2. I, II, III ve IV Numaralı Numunelerin Austenite Fazına Ait Örgü Parametreleri.

Numune	2θ	hkl	a_{fcc} (Å)
I	44.62	111	3.7253
	64.82	220	
	82.16	311	
	98.70	222	
	116.02	400	
II	44.75	111	3.7164
	65.07	220	
	82.29	311	
	98.84	222	
	116.28	400	
III	44.69	111	3.7257
	64.84	220	
	82.16	311	
	98.64	222	
	115.76	400	
IV	44.66	111	3.7235
	64.93	220	
	82.19	311	
	98.65	222	
	115.96	400	

Fe-%9Mn alaşımının austenite yapısı için örgü sabiti, numunelerin hesaplanan a_{fcc} değerlerinin ortalaması alınarak $a_{fcc} = 3.7227$ Å olarak bulundu.

Çizelge 3. I, II, III ve IV Numaralı Numunelerin Martensite Fazına Ait Örgü Parametreleri.

Numune	2θ	hkl	a_{bcc} (Å)
I	43.68	110	2.8962
	81.70	211	
	115.80	310	
II	45.28	110	2.8520
	115.96	310	
III	65.14	200	2.8671
	82.70	211	
	98.82	220	
	115.50	310	
IV	45.12	110	2.8605
	64.52	200	
	82.80	211	

Fe-%9Mn alaşımının martensite yapısı için örgü sabiti, numunelerin hesaplanan a_{bcc} değerlerinin ortalaması alınarak $a_{bcc}=2.8690$ Å olarak bulundu.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

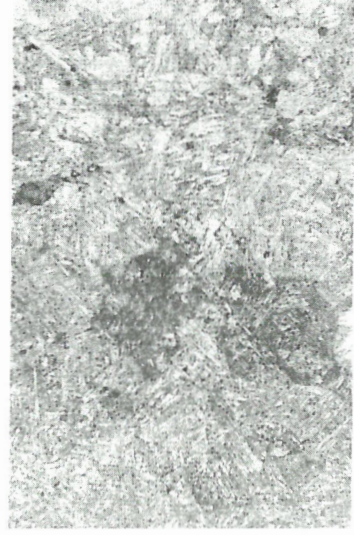
Fe-Mn alaşımlarında Mn oranına bağlı olarak α' ve ϵ tipi martensiteler oluşmaktadır. Bu çalışmada alaşımdaki Mn oranı %10 olduğu için α' türü martensiteler tüm yüzeye yayılmış olarak "Lath" lar şeklinde optik mikroskop gözlemleri sonucunda görüldü. Dış fiziksel etkenlerin martensite türünde değil, martensitelerin dağılımında etkili olduğu anlaşıldı. Bir bölgede oluşan martensitelerin diğer bölgelere geçmediği ve farklı doğrultularda meydana geldiği görüldü. Ayrıca bu martensiteler; Fe-Ni-Mn, Fe-Mn-C ve Fe-Ni-C alaşımlarında ki martensitelerin özelliğini de yansıtmaktadır [8,18,19,20].

X-ışınları metodunu kullanarak yapılan kristalografik özellik incelemesinde, fcc ve bcc fazlara ait örgü parametrelerinin literatürlerde tanımlı [8] değerler ile yakın olduğu görüldü. Dış fiziksel etkilerin fcc fazının örgü parametreleri üzerinde küçük de olsa bir etki meydana getirdiği, bununla beraber bcc fazında meydana gelen etkinin ise daha büyük olduğu belirlendi. Bunun nedeni martensitelerin çekirdekleşmeleri esnasında farklı sürücü kuvvetin etkisinde kalmalarıdır. Dış fiziksel etkilerde dikkati çeken bir durum da deformasyon oranlarıdır. Deformasyon oranları büyük tutularak sürücü kuvvet artırılmaya çalışılmıştır. Ancak belli oranın üzerindeki deformasyonun kristal yapıda daha farklı değişimler meydana getirmedeği hem optik mikroskop hem de örgü parametrelerinin büyüklüklerinden

anlaşmıştır. Buna göre, yüksek deformasyonların bu alışımda yapısal ve kristalografik özelliklerde farklılık meydana getirmediği sonucuna ulaşıldı.



(a)



(b)



(c)

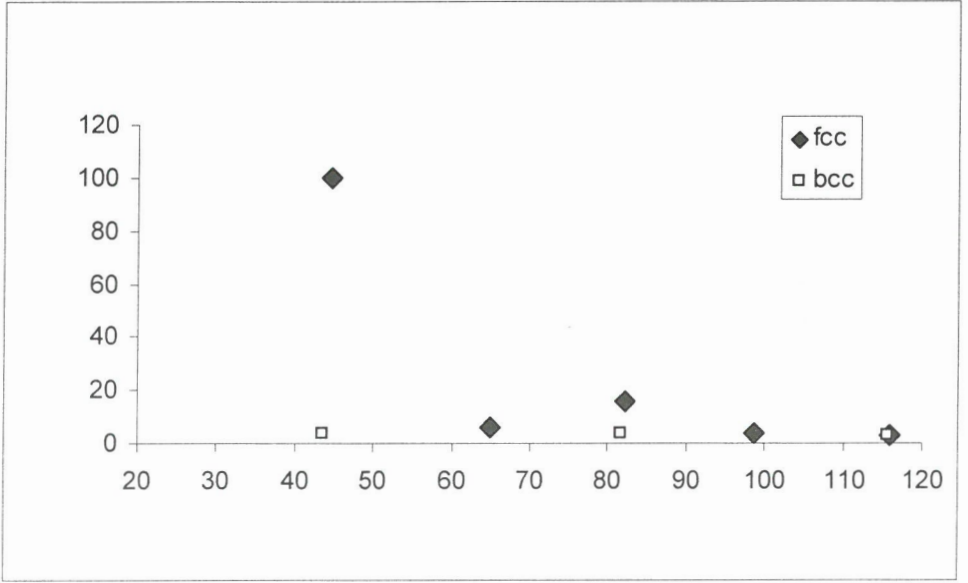


(d)

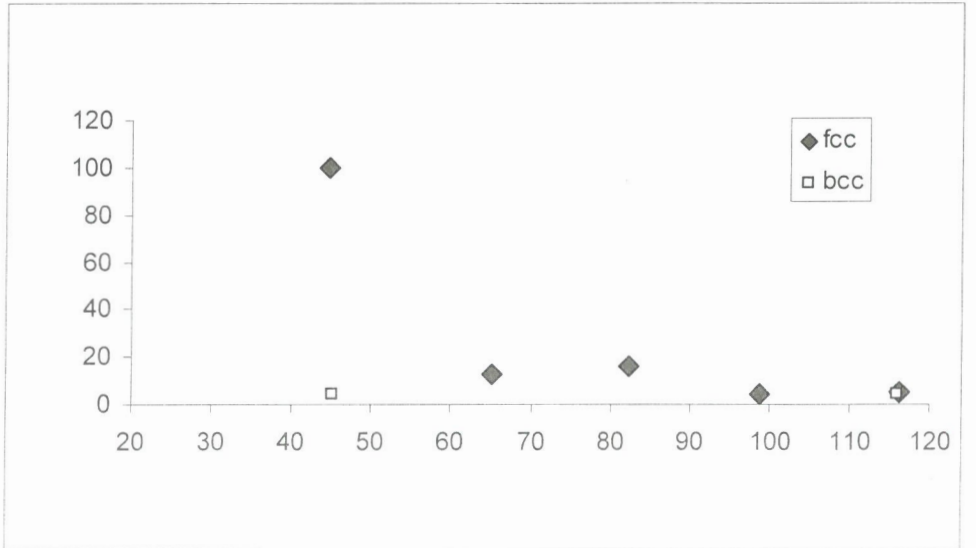
Şekil 1. Numunelerin Yüzey Fotoğrafları

a-) I Numaralı Numune
c-) III Numaralı Numune

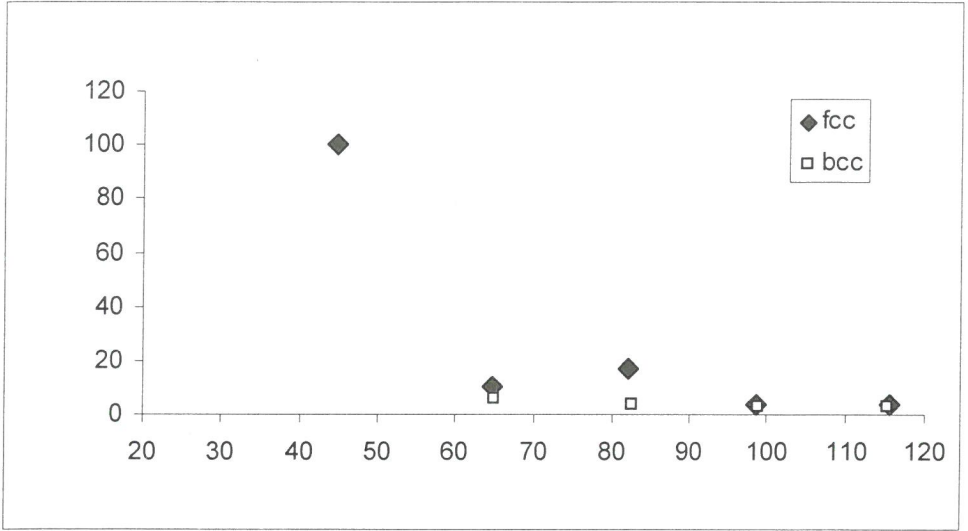
b-) II Numaralı Numune
d-) IV Numaralı Numune



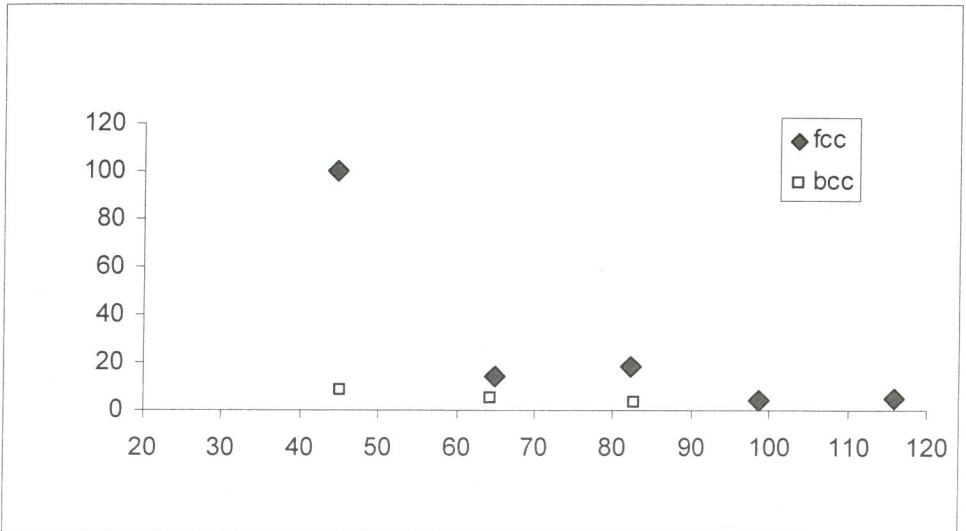
Şekil 2. I Numaralı Numuneye Ait Difraksiyon Deseni



Şekil 3. II Numaralı Numuneye Ait Difraksiyon Deseni



Şekil 4. III Numaralı Numuneye Ait Diffraksiyon Deseni



Şekil 5. IV Numaralı Numuneye Ait Diffraksiyon Deseni

KAYNAKLAR

- [1] T.N. Durlu, *Doçentlik Tezi*, Ankara Üniversitesi (1974), 60s.
- [2] H.Y. Ocak, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi (1999), 120s.
- [3] C.M. Wayman, *Advanced in Materials Research*, John Willey and Sons 3 (1968)
- [4] A. Borngenstam and M. Hillert, *Activation Energy For Isothermal Martensite in Ferrous Alloy*, Act. Metal, 45 (1997), 651p.
- [5] M.J. Bilby and J.G. Parr, J. Iron Stell Inst., 202 (1964), 100p.
- [6] İ. Akgün, *Doktora Tezi*, Fırat Üniversitesi (1981), 71s.
- [7] İ. Akgün and T.N. Durlu, *Observations on the Formation of ϵ Martensite in Fe-%23.2Mn Alloy*, Scripta Metallurgica et Materialia 31 (1994), 1361-1363.
- [8] Z. Nishiyama, *Martensitic Transformation*, Academic Press. (1978) London,467p.
- [9] E. Hornbogen, *On Martensitic Transformation Cycles*, Z. Metallkd, 86 (1995), 656p.
- [10] Y. Tomato and K. Yamaguchi, *Influence of α Martensite on Shape Memory in Fe-Mn Based Alloys*, Journal de Physique IV, 5 (1995), 421p.
- [11] N. Navruz, *Bazı Demir Alaşımalarında ϵ Martensite'in Oluşumu ve Diğer Martensite Türleri ile Etkileşmesi*, Doktora Tezi (1996), Ankara Üniversitesi, 108s.
- [12] K. Tsuzaki, S. Fukasaku, Y. Tomato and T. Maki, *Effect of Pripr Deformations of Austenite on the $\gamma \rightarrow \epsilon$ Martensitic Transformation in Fe-Mn Alloys*, Materials Transactions, JIM 32 (1991), 22-28.
- [13] J.H. Yang and C.M. Wayman, *Self-Accomondation and Shape Memory Mechanizim of ϵ -Martensite*, II. Theoreticals Considerations, 28 (1992), 37-47p.
- [14] H. Schuman, Arc. Eisenhöttenwes., 40 (1969), 1027p.
- [15] Y. Tomato, M. Strum, J.W. Morris, Metallurgical Transactions A, 17A (1986), 537-547.

- [16] B.D. Cullity, *Elements of X-Ray Diffraction*, Addison-Wesley Publishing Company Inc. (1967), London.
- [17] M.M. Woolfson, *An Introduction to X-Ray Crystallography*, Cambridge Univ. Press. (1997)
- [18] T. Kakashita, K. Kuroima and K. Shimizu, *A New Model Explainable for Both the Athermal and Isothermal Natures of Martensitic Transformations in Fe-Ni-Mn Alloys*, Materials Transactions, JIM 34 (1993), 423
- [19] T. Durlu, *The Effect of Plastic Deformation Upon Martensite Burst Transformation in Fe-24%Ni-0.45%C Alloy Single Crystals*, Scripta Metallurgical 12 (1978) 865
- [20] H.Y. Ocak, *Fe-%31.5Ni-%10Mn Alaşımında Austenite-Martensite Faz Dönüşümünün Kristalografik ve Yapısal Özelliklerinin X-Işınları Laue Metodu ile İncelenmesi*, DPÜ FenBilimleri Enstitüsü Dergisi 2 (2001), 44.

Not: "Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir. Proje No: 18"