



T.C.
Niğde Üniversitesi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANA BİLİM DALI

Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si ALAŞIMLARIN YAPISAL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BURAK BOZKURT

Temmuz 2013

T. C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si ALAŞIMLARIN YAPISAL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BURAK BOZKURT

Yüksek Lisans Tezi

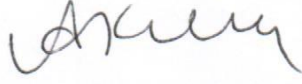
Danışman

Yrd. Doç. Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ

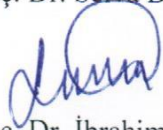
Temmuz 2013

Burak BOZKURT tarafından **Yrd. Doç. Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ** danışmanlığında hazırlanan “**Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si ALAŞIMLARIN YAPISAL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **FİZİK** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ahmet KILIÇ, Ankara Üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ, Niğde üniversitesi



Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim KARACA, Niğde Üniversitesi



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Osman SİVRİKAYA

MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel 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.



Burak BOZKURT

ÖZET

Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si ALAŞIMLARIN YAPISAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BOZKURT, Burak
Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ

Temmuz 2013, 32 Sayfa

Bu çalışmada, Fe-Mn ve Co-Mn alaşımlarına ağırlıkça % Si katkısının yapısal ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırıldı. Malzemeler 1200 °C sıcaklıkta 16 saat ısıtılma işlemine tabi tutularak Fe-%40Mn ve Co-%40Mn örnekleri hazırlandı ve numunelerin yapısal ve mekanik özellikleri Vickers mikro sertlik yöntemi yardımıyla belirlendi. Vickers mikro sertlik ölçümleri Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si alaşımlarının sertlik değerlerinin Si katkı oranlarının artmasıyla olumlu şekilde değiştiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Fe-Mn-Si, Co-Mn-Si, Vicker Mikro Sertlik,

SUMMARY

INVESTIGATION OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si ALLOYS

BOZKURT, Burak

Niğde University

Gruduate School of Natural and Applied Sciense

Department of Physics

Supervisor : Assistant Professor Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ

July 2013, 32 Pages

In this study, It have been invastigated that effect of doped with different rations of wt % silicon for Fe-Mn and Co-Mn alloys. The materials have been prepared by sintering at 1200 °C temperature and for 16 hours and to determination of their structural and mechanical properties used have been determined by means of the Vickers micro-hardness method.

From Vickers micro-hardness measurements, it has been seen that the hardness values of the Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si alloys are change while the doping ratio of Si is changing.

Keywords: Fe-Mn-Si, Co-Mn-Si, Vicker Micro Hardness,

ÖN SÖZ

Bu çalışmada, Fe-Mn ve Co-Mn alaşımlarına ağırlıkça % Si katkısının yapısal ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri araştırıldı. Malzemeler 1200 0C sıcaklıkta 16 saat ısıtıl işleme tabi tutularak Fe-%40Mn ve Co-%40Mn örnekleri hazırlandı ve numunelerin yapısal ve mekaniksel özellikleri Vickers mikro sertlik yöntemi yardımıyla beleirlendi. Vickers mikro sertlik ölçümleri Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si alaşımlarının sertlik değerlerinin Si katkı oranlarının artmasıyla olumlu şekilde değiştiği gözlemlenmiştir.

Tez çalışması boyunca araştırmalarımın her aşamasında ilgi, bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Selva BÜYÜKAKKAŞ'a teşekkür ederim. Çalışmalarım esnasında tecrübelerini esirgemeyen Doç. Dr. Ahmet KILIÇ' a, Yrd. Doç. Dr. Mevlüt ŞAHİN'e, Yrd. Doç. Dr. İbrahim KARACA'ya, Kırıkkale Üniversitesi'ndeki Ümit ERDEM'e ve Özgül KARATAŞ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca hayatım boyunca her türlü desteği ve sabrı gösteren aileme ve Saliha KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
FOTOĞRAF DİZİNİ.....	x
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xi
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
BÖLÜM II ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
BÖLÜM III TEORİ	6
3.1 Kristal Yapı Kusurlar.....	6
3.1.1 Noktasal yapı kusurları.....	6
3.1.2 Çizgisel kusurlar veya dislokasyonlar.....	8
3.1.3 Düzlemsel (Yüzeysel) kusurlar	8
3.1.4 Hacimsel kusurlar.....	10
3.2 Metallerin Mekanik Özellikleri.....	10
3.2.1 Vickers mikro sertlik yöntemi.....	11
3.3 Malzemelerin Yüzeysel Özellikleri.....	13
3.3.1 Optik mikroskop.....	13
3.4 Martensite ve Austenite Faz dönüşümleri.....	14
BÖLÜM IV DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	15
4.1 Giriş.....	15
4.2 Materyal ve Metot.....	15
4.2.1 Numunelerin zımparalanması.....	16
4.2.2 Numunelerin parlatılması.....	18
4.2.3 Numunelerin dağlanması.....	18
BÖLÜM V ARAŞTIRMALAR VE BULGULAR.....	20

5.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Yapısal Özellikleri.....	20
5.1.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Optik Mikroskop Görüntüleri.....	20
5.2 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Mekanik Özellikleri.....	25
5.2.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si alaşımlarında vickers mikro sertlik ölçümleri.....	25
BÖLÜM IV SONUÇ.....	28
KAYNAKLAR.....	29
ÖZ GEÇMİŞ.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si alaşım örneklerinde alaşım elementlerinin bileşim yüzdeleri.....	15
Çizelge 5.1. Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının Vickers sertlik değerleri	26
Çizelge 5.2. Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si,Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının ortalama Vickers sertlik değerleri değerleri.....	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. (a) Sshottky kusuru, (b) Frenkel kusuru, (c) ve (d) ara yer hataları, (e) ve (f) kimyasal kusurlar.....	7
Şekil 3.2. (a) kenar dislokasyonu, (b) vida dislokasyonu.....	8
Şekil 3.3. Bir kenar dislokasyonunun hareketi sonucu oluşan kayma.....	9
Şekil 3.4. (a) Biri diğerinin ayna görüntüsü olan iki kristal bölgesini ayıran ikiz sınırı ve (b) ikizlenmiş taneler.....	9
Şekil 3.5. Tane sınırları yapı kusurları.....	10
Şekil 3.6. Vicker sertlik deneyi prensip şeması.....	12
Şekil 3.7. Optik mikroskop fotoğrafı.....	13
Şekil 4.1. Epoksi ile kalıplanan numuneler	16
Şekil 4.2. Numuneleri zımparalamada kullanılan bazı zımpara kağıtları	17
Şekil 4.3. Otomatik parlatma cihazının fotoğrafı	17
Şekil 4.4. Parlatma kumaşları.....	18
Şekil 4.5. Optik mikroskopun fotoğrafı	19
Şekil 5.1. Numunelerin % Si oranına göre grafiği.....	27

FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 3.1. Vickers mikro sertlik deneyi esnasında malzeme üzerinde oluşan izler	12
Fotoğraf 5.1. Co-%40Mn-%5Si alaşımında oda sıcaklığında 90 ml metanol ve 10 ml HNO ₃ dağlayıcı kullanılarak bulunan yapı.....	21
Fotoğraf 5.2. Co-%40Mn-%2Si alaşımında oda sıcaklığında 90 ml metanol ve 10 ml HNO ₃ dağlayıcı kullanılarak bulunan yapı.....	22
Fotoğraf 5.3. Fe-%40Mn-%2Si alaşımında oda sıcaklığında %2 Nitrik asit, %98 etanol dağlayıcı kullanılarak bulunan yapı.....	23
Fotoğraf 5.4. Fe-%40Mn-%5Si alaşımında oda sıcaklığında %2 Nitrik asit, %98 etanol dağlayıcı kullanılarak bulunan yapı.....	24

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler

	Açıklama
M_s	Martensite başlama sıcaklığı
A_s	Austenite başlama sıcaklığı
T_N	Neel sıcaklığı
γ	Yüzey merkezli kübik yapı
ε	Hacim merkezli kübik yapı

Kısaltmalar

	Açıklama
Bcc	Basit kübik yapı
Fcc	Yüzey merkezli kübik yapı
Hcp	Hacim merkezli kübik yapı

BÖLÜM I

GİRİŞ

İlk çağlardan günümüze kadar insanlar yaşamlarını kolaylaştırmak için demiri ısıtmış, şekil vermiş ve işlemişlerdir. Böylece insanlar demirden nasılsın yararlanacaklarını öğrenmişlerdir. 19. yy. sonlarında ise yapılan laboratuvar çalışmalarında demirin kristal yapısında önemli ölçüde değişikliklerin meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bazı fiziksel etkenlere bağlı olarak yumuşak demirin neden sertleştiğini, aynı zamanda sertleşmenin nedeninin malzemenin içindeki fazlardan meydana geldiğini ortaya çıkarmışlardır (Büyükakkaş, 2004).

Bu çalışmada, Fe-Mn alaşımına %2 Si ve %5 Si ve Co-Mn alaşımına %2 Si ve %5 Si eklemek koşuluyla elde edilen alaşımlar 1200°C sıcaklığında 16 saat ısıtıl işlem uygulandıktan sonra yapısal ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu alaşımlar hem kendi aralarında hem de önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Fe-Mn, Fe-Mn-Si-Cr-Ni ve Fe-Mn-Si gibi alaşımların ilginç manyetik özelliklere sahip olması, soğuk işlenebilmesi, yüksek elektrik direncine sahip olması ve maliyetinin ucuz olması, teknolojik kullanım alanlarında ilgi çekmektedir. Bu nedenlerle son yıllarda bu alaşımlarda görülen martensitik dönüşümler üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Aydın, 2010).

19. yüzyılın sonlarında, malzeme bilimi ile uğraşan araştırmacılar, uygulanan fiziksel etkenler sonucu malzemenin kristal yapısında önemli değişiklikler meydana geldiğini ve bu değişikliklerin yumuşak demirin sertlik kazanmasına neden olduğunu göstermişlerdir. Soğutulan ve dövülen yumuşak demirde çeşitli mikro yapıların oluştuğunu, ilk defa 1895 yılında Alman bilim adamı Adolf Martens bulmuş ve bulunan mikro yapıları O'nun adı kullanılarak, **martensite kristalleri** adı verilmiştir (Aydın, 2010).

BÖLÜM II

2.1. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Li ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe-Mn-Si bazlı şekil hafızalı alaşımların şekil hafıza kapasitelerinin ısıtılma işlem sıcaklığı ile farklılık gösterdiğini göstermişlerdir ve aynı zamanda bu etkinin $\gamma \rightarrow \epsilon$ dönüşümündeki ısıtılma işleminin terimi olarak açıklanabileceğini göstermişlerdir.

Li ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada 873 K'de ısıtılma işlemi uygulamak suretiyle oluşan martensitik dönüşüme uyumlu dislokasyon yapılarını oluşturmak için optimal sonuçları vermiştir (Li, Dunne and Kennon, 1999).

Arruda ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe-Mn-Si-Cr-Ni ve aynı zamanda Co ihtiva eden alaşımlarda martensitik dönüşümün özelliklerini deformasyon tipi ve miktarı açısından incelemiştir.

Arruda ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada alaşımların mikro yapılarını X-ışını kırınımı, taramalı elektro mikroskop, atomik kuvvet mikroskobu ve magnetik kuvvet mikroskobu ile karakterize edilmiştir.

Arruda ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada soğutmanın deformasyonu nasıl etkilediğini incelemiştir.

Fe-Mn-Si alaşımları mükemmel bir şekil hafıza olayı sergiledikleri bilinmektedir ve düşük maliyetli hafıza materyalleri geliştirmek için birçok gayret sarf edilmiştir.

Argon gazı atmosferinde eriyen yüksek saflıktaki materyaller ile hazırlanan bu iki Fe-Mn-Si-Cr-Ni alaşımları incelendi (Arruda, Buono and Andrade, 1999).

Stanford ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada çok sayıda Fe-Mn-Si bazlı şekil hafızalı alaşımlarda austenite'in kararlılığını incelemiştir. BCC yapıdaki tane sınırının geniş aralıkta alaşım bileşikleri ve ısıtılma işlem sıcaklıkları üzerinde oluştuğunu bulmuşlardır.

Stanford ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada 500 ile 800 °C aralığında ısıtılma işlemi diğer fazların içindeki austenite'in kısmen çürümeye maruz kaldığını bulmuşlardır (Stanford, Dunne and Monaghan, 2007).

Tsakiris ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada geniş sıcaklık aralığında yüksek alaşımlı austenitlerin içindeki mikro yapıların deformasyonunu incelemiştir ve aynı zamanda mekanik özellikleri ve bulguları kıyaslamışlardır.

Austenitik çelikler özelliklerinden dolayı endüstriyel alaşımların önemli bir grubunu oluşturmaktadır. Deformasyon için bu kararlı ve yarı kararlı austenitin tepkisi endüstriyel uygulamaların çeşitliliğindeki kullanışlılığını katkı sağlayan özelliklerin bir sonucu olabilir. Fakat bu özellikler yarılmalar arasındaki etkileşimi içeren mekanizmalar tarafından başarıldı ve yüksek alaşımlı austenitlerde mekaniksel çiftlenim için potansiyel deformasyon ile martensitik dönüşüme neden olur (Tsakiris and Edmonds, 1999).

Zhao yapmış olduğu deneysel çalışmalar sonucunda düşük sıcaklıklarda deforme ederek ve bir dizi ısıtılma işlemi uygulayarak Ce,Ti,N sahip alaşımlama ile şekil hafıza olayının kayda değer bir şekilde gelişebileceğini göstermişlerdir.

Fe-Mn-Si-Cr-Ni şekil hafıza alaşımları iyi korozyon direncine sahip olması, mekanik özelliklerinin bulunması ve düşük maliyetli olmalarından dolayı son zamanlarda araştırmacıların ilgisini büyük ölçüde çekmiştir. Bilindiği gibi Fe bazlı şekil hafızalı olaylar zorla oluşan fcc austenite yapının (γ) $\rightarrow$ hcp (ϵ) martensitik yapıya dönüşümleri ile ilgilidir (Zhao, 1998).

Otsuka ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe-Mn-Si alaşımlarının şekil hafıza olayı üzerine alaşımlama elementlerinin etkilerini incelemişlerdir.

Otsuka ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada M_s sıcaklığını, Neel sıcaklığını (T_N) ve zor uygulanması sonucu oluşan martensitin hacminin şekil hafıza olayını etkilediğini bulmuşlardır.

Otsuka ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada şekil hafıza olayını ortadan kaldırmaksızın yüksek korezyon direncine neden olan alaşım bileşiklerini düzenleyen ve Fe-Mn-Si bazlı sistemlerde şekil hafıza olayını açıklayan faktörleri incelemişlerdir. Çoğu uygulamalarda oda sıcaklığında bozunma olayı olduğu için bu çalışmada Otsuka ve arkadaşları bozunma sıcaklığını oda sıcaklığına sabitlemişlerdir.

Otsuka ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe-Mn alaşımlarına az miktarda Si ekleyerek şekil hafızalı olayların geliştiğini bulmuştur (Otsuka, Yamada, Maruyama, Tanahashi, Matsuda and Murakami, 1990).

Maji ve arkadaşları yapmış oldukları bu çalışmada bir Fe-15Mn-7Si-9Cr-5Ni paslanmaz çelik şekil hafızalı alaşımın şekil hafıza özelliklerinde bulunan mikroyapılardaki değişme nedenlerini basit bir testi kullanarak değerlendirdiler. Yapılan bu çalışmada en iyi şekil dönüşümü tek bir faz için elde edilmiştir.

Fe-Mn-Si-Cr-Ni paslanmaz çeliklerin içindeki şekil hafıza etkileri gerilmeye sebep olan ϵ martensiteye dönüşmesine sebep olmaktadır. Deformasyon sıcaklığı, ısıtılma işlem sıcaklığı gibi geri dönüşümü etkileyen temel faktörler çalışılmıştır. Fakat bu çalışmalar austenitik tek faz mikro yapıların çözümlerindeki davranışları ele almaktadır. Mevcut olan bu çalışmada Maji Fe-Mn-Si-Cr-Ni paslanmaz çelik şekil hafıza alaşımının mikro yapısını ve denge fazlarını belirlemiştir. Kristal yapıları belirlemek için ve bu mikro yapıların özelliklerini belirlemek için optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskopu kullanılmıştır (Maji and Krishman, 2003).

Fe-Mn-Si bazlı şekil hafıza alaşımlarındaki şekil hafıza etkileri $\gamma \rightarrow \epsilon$ martensitik dönüşümler ile ve onların geri dönüşümleri ile alakalıdır ve bu dönüşümler ve şekil hafızalı etkileri γ fazının, T_N , Neel sıcaklığından etkilenirler (Wu and Hsu, 2001).

N. Van Caenegem ve arkadaşları Fe-Mn-Si bazlı şekil hafızalı alaşım üzerine yapmış oldukları çalışmada; zor uygulamanın alaşımlar üzerindeki şekil hafıza etkisi incelemişlerdir.

Yapmış oldukları çalışmada Fe-%29Mn-%7Si ve Fe-%29Mn-%7Si-%5Cr ikili bileşim alaşımlarındaki şekil hafıza etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada X-ışını kırınım metodu

ve optik mikroskop kullanılarak martensite dönüşümü ve oluşan yapılar gözlenmiştir (Yüksel, 2011).

Tanaka ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe bazlı şekil hafızalı alaşımda termomekanik süreçte dönüşüm koşullarını ve alt döngüleri incelenmişlerdir (Tanaka, Nishimura and Tobushi, 1995) .

Watanabe ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Fe-Mn-Si şekil hafızalı alaşımında şekil hafıza etkisini; boy değişimi ve elektriksel öz direnç ölçümleriyle incelemişlerdir. 30 K civarına kadar soğutularak iyileşme meydana geldiğini bulunmuştur (Watanabe, Mori and Sato, 1993).

Zhang Jihua ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, üç farklı bileşime sahip Fe-Mn-Si alaşımlarının X ışını kırınım karakter analizleri ile alaşımların öğelerinin konsantrasyonunu tanımlanmışlardır. Sabit olmayan Fe-Mn-Si şekil hafızalı alaşımlarda ise fcc(γ) $\leftrightarrow$ hcp(ϵ) martensitik dönüşümünün yapısını incelenmişlerdir (Jihua, Xuejun and Zuyao, 1999).

S. Cotes ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmanın birinci kısmında Fe-Mn-Si sistemde fcc-hcp martensitik dönüşümü ve fcc/hcp ilişkili faz sabitinin termodinamik ve deneysel çalışmasına yer vermişlerdir. %15-35 Mn ve %6,5'un üzerinde Si ile hazırlanmış Fe-Mn-Si alaşımlar fcc-hcp (M_s) ve hcp-fcc (A_s) sıcaklıkları dilatometre yöntemi ile incelenmiştir. Bu bilgilere göre, M_s ve A_s sıcaklıklarının bileşim bağımlılıkları tayin edilmiştir.

S. Cotes ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmanın ikinci kısmında ise; Fe-Mn-Si alaşımlarının fcc / hcp martensite dönüşümünü incelemişlerdir (Cotesa, Guillermeta and Sadea, 1998).

BÖLÜM III

TEORİ

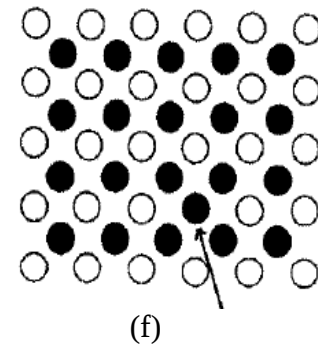
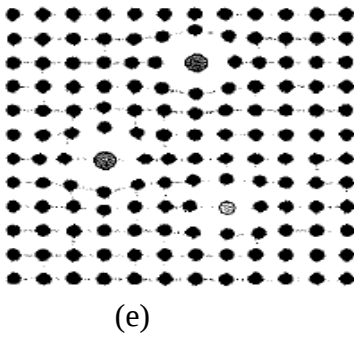
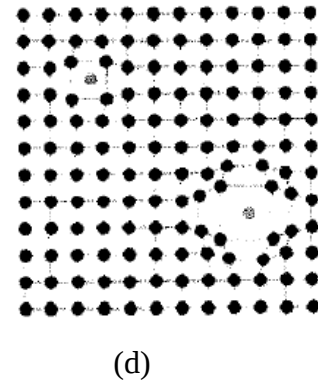
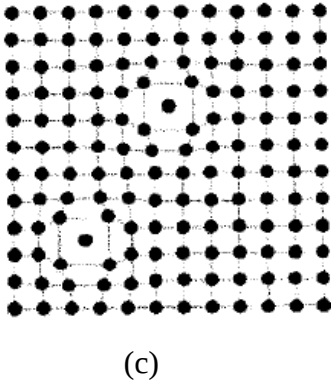
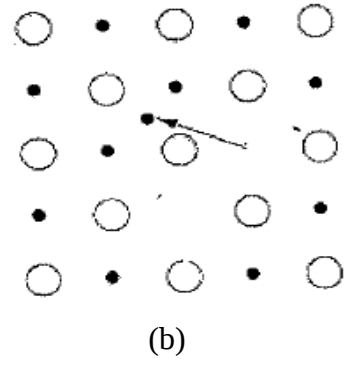
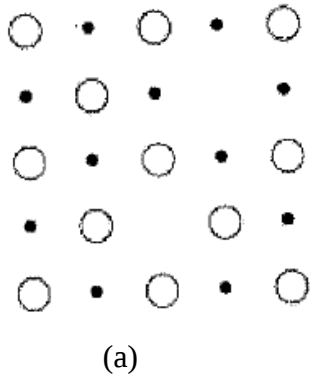
3.1. Kristal Yapı Kusurları

Gerçek kristaller hiçbir zaman tam olarak ideal(mükemmel) tanımına uymazlar. Atom dizilişlerinde bölgesel düzensizlikler ve hatalar vardır. Her şeyden önce, kristal atomları yerlerinde durgun değildir. Sıcaklığın etkisiyle, bulunmaları gereken nokta etrafında küçük genlikli titreşim hareketi yaparlar ve dolayısıyla atomlar arası uzaklıklarda anlık küçük değişimler vardır. Bu durum bile tek başına kristalin ideallik durumunu bozmaya yeter. Kristal yapı kusurları 4 kategoride sınıflandırılır:

3.1.1. Noktasal Yapı Kusurları

Nokta kusurlar kristale ait atomların veya yabancı atomların kristalde hatalı konumlarda bulunmalarından kaynaklanır ve birkaç atomik uzaklıkla sınırlıdır. Normal olarak ideal bir kristal yapıda bir atom veya bir iyon tarafından durdurulması gereken bir yerde bir atom veya bir iyon yoksa bir boşluk kusuru oluşmuş demektir. Uyulması gereken bir yük nötrallığı şartı için, bir anyonla bir katyonun ikisinin birlikte bir boşluğu olduğu zaman bu kusur Schottky kusuru (şekil 3.1.a) olarak bilinir. Bir kristalde bir atom veya bir iyon geride bir boşluk bırakarak kendi yerlerinden ayrılabilir ve yapıdaki bir ara yere girebilir. Bir boşluk kusuruna bir arayer kusurunun eşlik etmesi Frenkel kusuru veya Frenkel çifti (şekil 3.1.b) olarak adlandırılır. Düzenli bir şekilde doldurulan yerler arasındaki boşluklara girebilen bir atom veya iyon olduğundaki kusura ara yer nokta kusuru denir. Birinci tip ara yerde kristale ait olmayan yabancı bir atom bulunur (şekil 3.1.c), ikinci tip ara yerde ise kristal yapıya ait bir atom bulunur (şekil 3.1.d).

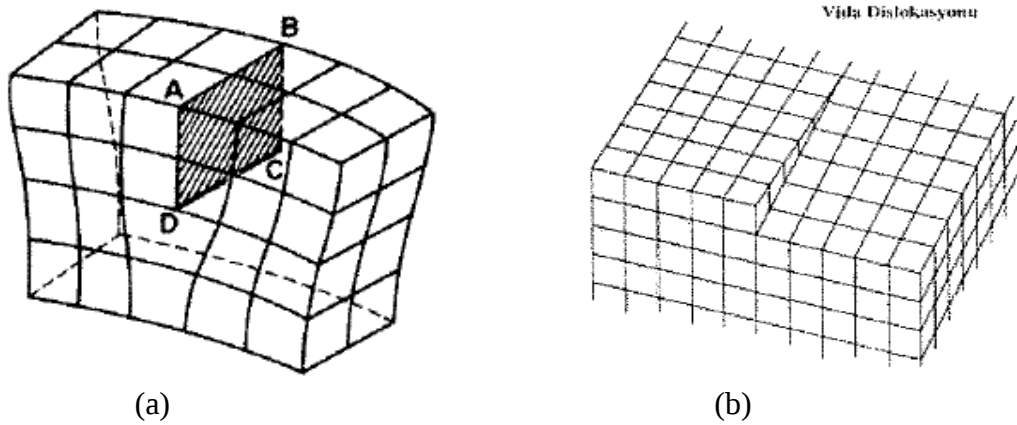
Kristal yapı içinde bir yerde yanlış atomların bulunmasıyla oluşan kusurlara kimyasal kusurlar denir. Kimyasal kusurların iki tipi vardır. Birincisinde kristal yapıya ait olmayan yabancı bir atom kristal yapıya ait olan bir atomun bulunması gereken yerde bulunur (şekil 3.1.e), ikincisinde ise kristal yapıya ait olan bir atom bazda yanlış yerde bulunur(şekil 3.1.f).



Şekil 3.1. (a) Sshotky kusuru, (b) Frenkel kusuru, (c) ve (d) ara yer hataları, (e) ve (f) kimyasal kusurlar

3.1.2. Çizgisel Kusurlar veya Dislokasyonlar

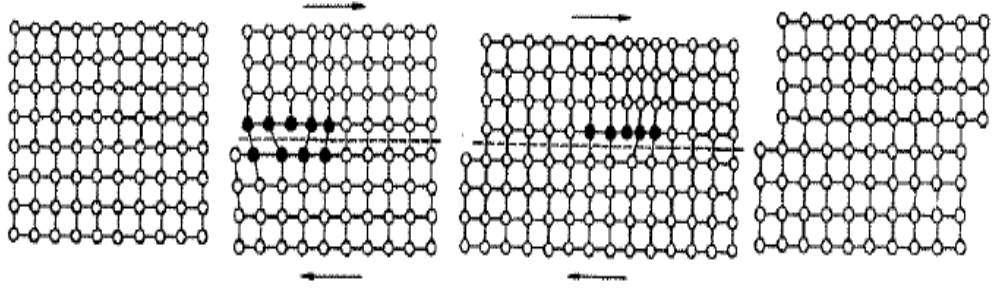
Kristal katılardaki çizgisel kusurlar, dislokasyonlar olarak adlandırılır. Dislokasyonlar bir çizgi etrafında merkezlenen örgü kusurundan meydana gelir. Dislokasyonlar, termal veya dış zorlar, faz dönüşümleri, büyüme hataları vb. nin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Dislokasyonlar, kenar dislokasyonu ve vida dislokasyonu olmak üzere iki kategoride sınıflandırılır. Kenar dislokasyon kusursuz bir kristalin ortasına sokulmuş fazladan bir atomik düzlem gibi görülebilir veya mükemmel bir kristalden bir veya iki sıra atom tabakasının çıkarılması ile oluşabilir (şekil 3.2.a). Vida dislokasyon ise her bir eşit sayıda koordinasyona sahip olan, fakat koordinasyon çok yüzölçümü bozulmuş olan, atomların bir çizgisinden ibarettir (şekil 3.2.b).



Şekil 3.2. (a) kenar dislokasyonu, (b) vida dislokasyonu

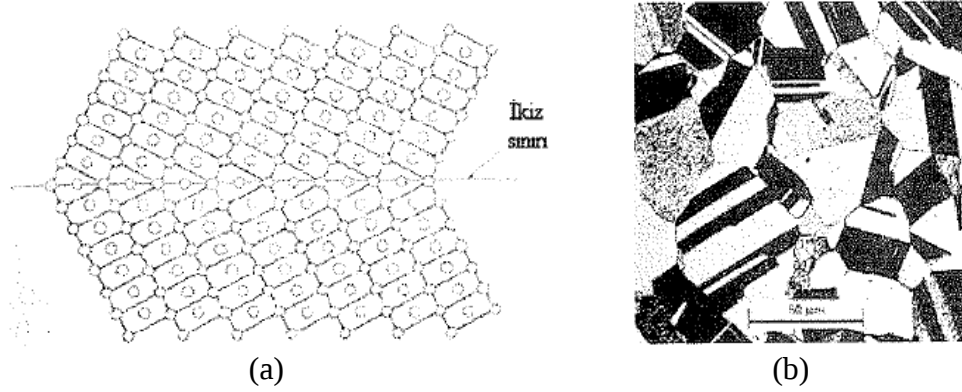
3.1.3. Düzlemsel (Yüzeyel) Kusurlar

Kristalin homojen bölgeleri arasındaki ara yüzeylerdir. Bir kristaldeki yüzey veya yüzey kusurları bir sınırı karşıdan karşıya geçen atomik düzlemlerin yığılmasındaki bir değişmeden ortaya çıkarlar. Düzlemsel kusurlar, yığılma hatası, tane sınırı, ikiz sınırı, soy sınırı, kayma vb. örnek verilebilir. Kayma türü yapı bozuklukları, kristali oluşturan atomik düzen bozulmaksızın kristalin iki bölümünün kayma düzlemi olarak adlandırılan bir düzlem üzerinde atomik uzaklıklar düzeyinde birbirine göre kaymaları şeklinde ortaya çıkarlar (şekil 3.3).



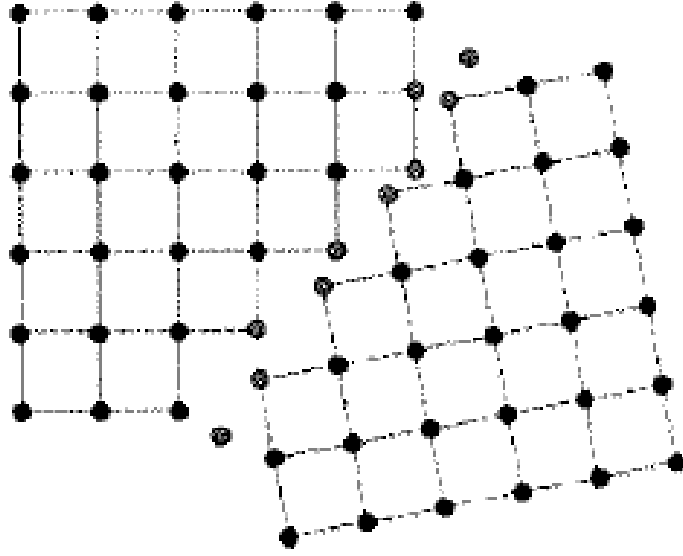
Şekil 3.3. Bir kenar dislokasyonunun hareketi sonucu oluşan kayma

İkiz sınırı kusurları sınır düzlemine göre birbirinin ayna görüntüsü olan, iki bölgesini birbirinden ayıran bir yüzey kusuru ikiz sınırı olarak bilinir. İkizlenmeler genellikle deformasyon sonucu oluşur ve daha çok şekil hatırlamalı alaşımlarda görülür (şekil 3.4).



Şekil 3.4. (a) Biri diğerinin ayna görüntüsü olan iki kristal bölgesini ayıran ikiz sınırı ve (b) ikizlenmiş taneler

Tane sınırları bir poli kristal katıda farklı yönelimlere sahip kristalleri yani örgü yapıları aynı fakat yönelimleri farklı taneleri birbirinden ayıran yüzeyler olup içerisindeki atom dizilişleri düzgün olmayan dar bölgeciklerden oluşur ve bu bölgedeki atomlar kararlı bir düzene sahip değildir.



Şekil 3.5. Tane sınırları yapı kusurları

3.1.4. Hacimsel Kusurlar

Hacimsel kusurlar inklüzonlar, poroziteler, çatlaklar, çökelti vb. dir. Poroziteler; kristal yapıda oluşan boşluklardan meydana gelen gözeneklerdir. Optik, termal ve mekanik özellikleri büyük ölçüde etkileyebilirler. Çatlaklar; kristal yapıda meydana gelen çatlaklar mekanik özellikleri önemli ölçüde etkiler. Yabancı inklüzyonlar; yabancı atomları kristal yapı içinde topaklanması. Yabancı inklüzyonlar kristalin elektrik, mekanik ve optik özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilirler. Çökelti; bir veya birden fazla cins atomun kristal yapı içerisinde bir başka fazın çökelti fazını oluşturmasıdır ve kristallerin birçok özelliklerini etkileyebilirler (Kuzucu, 2008).

3.2. Metallerin Mekanik Özellikleri

Bir malzemenin uygulanan kuvvetlere karşı gösterdiği tepki o malzemenin mekanik davranışdır. Bu davranışlar değişik tür zorlamalar altında oluşan gerilme ve şekil değiştirmeleri ölçerek ve gözleyerek saptanır. Cisimler artan dış zorlamalar altında önce şekil değiştirir, sonra dayanımını yitirerek kırılır.

Cisimlerin mekanik özellikleri incelenirken iki ayrı aşamada incelenirler. Birinci aşamada bunların birer sürekli ortam olduğu varsayılır. Bu sürekli ortamların uygulanan

dış kuvvetlere karşı tepkisi, uygula-gözle yöntemi ile deneysel olarak saptanır. İkinci aşamada ise şekil değiştirme ve kırılma süreçlerinde atomların nasıl davrandığı, içyapıda mikro düzeyde ne tür değişikliklerin olduğu, içyapılarla mekanik özellikler arasında ne gibi ilişkilerin bulunduğu, diğer bir deyimle şekil değiştirme ve kırılmanın mekanizmaları ele alınır.

Malzemelerin mekanik davranışı incelenirken homojen ve sürekli ortam oldukları varsayılır. Dış kuvvetlerin denge halinde malzeme içinde oluşturduğu iç kuvvetlerin büyüklüğü denge kuralları yardımı ile bulunur (Onaran, 2000).

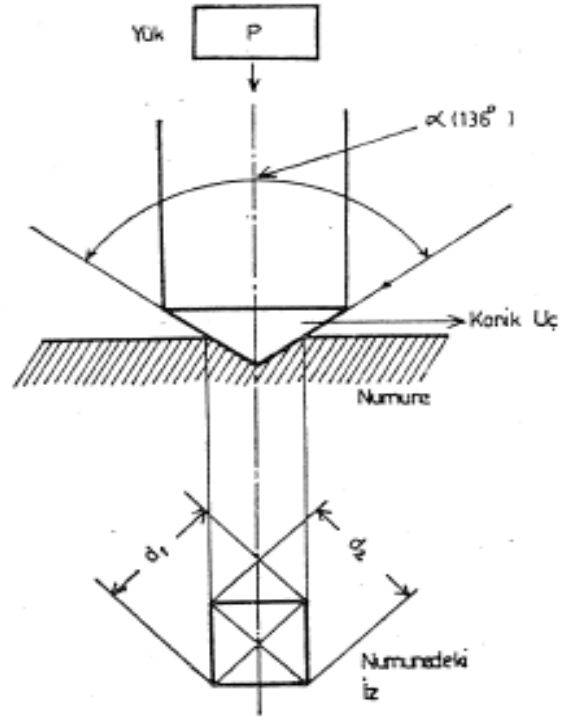
Bu tezde mekanik özelliklerinden sadece Vickers sertlik yöntemi kullanıldığından dolayı bu konu hakkında bilgi verilecektir.

3.2.1. Vickers Mikro Sertlik Yöntemi

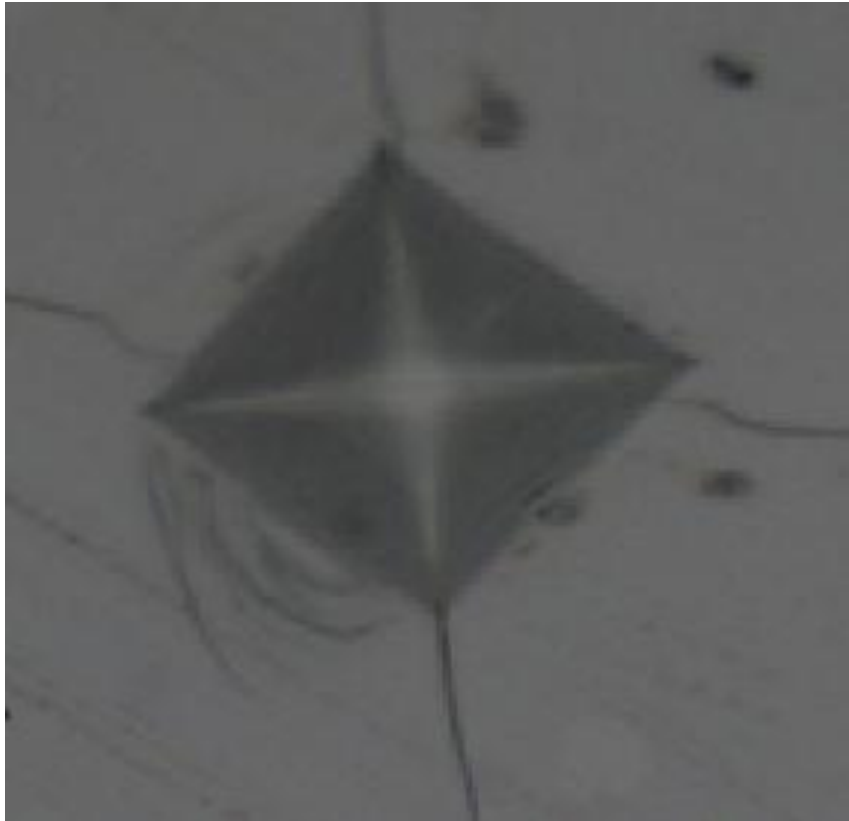
Vickers sertlik değeri, piramit şeklindeki dalıcı ucun belirli bir yük altında ve belirli bir süre uygulanması ile malzeme yüzeyinde meydana getirdiği izin büyüklüğü ile ilgili bir değerdir. Meydana gelen iz taban köşegeni (d) olan kare bir piramittir ve tepe açısı 136 ° dir. Köşegenlerin uzunlukları hassas bir şekilde ayrı ayrı ölçülüp ortalaması alınır. Bu hesaplamadan sonra ise Vickers sertlik değeri bulunur (Kayalı, Ensari ve Dikeç, 1990).

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (3.1)$$

$$Hv = \frac{1,854 P}{d^2} \quad (3.2)$$



Şekil 3.6. Vicker sertlik deneyi prensip şeması



Fotoğraf 3.1. Vickers Mikro Sertlik Deneyi Esnasında Malzeme Üzerinde Oluşan İzler

3.3. Malzemelerin Yüzeysel Özellikleri

Katı malzeme yüzeyleri, dış ortamdan veya çevreden kaynaklanan bozulmalara maruz kalırlar. Bu bozulma şekillerine örnek verecek olursak; kimyasal, ısı, atmosferik ve mekanik gibi süreçlerin aşınmaya, çatlamaya veya tabakalar halinde kalkması şeklinde ortaya çıkarlar. Tez aşamasında Optik Mikroskoptan yararlandığımız için bu mikroskop hakkında bilgi verilecektir (Yüksel, 2011).

3.3.2. Optik Mikroskop

Optik mikroskopta; mikroskop lambasından çıkan ışık, ışık toplayıcı boyunca ve numune boyunca geçtiği zaman; sabit bir yolda numune içerisinde ilerlemektedir. Bu ışığın bir miktarı da numune tarafından yansıtılmakta ve numunenin içerisindeki parçalarla karşı karşıya gelip yine sapmaya uğramaktadır. Geriye kalan ışın demeti numune içerisinde hiçbir engelle karşılaşmadan ilerleyip numunenin diğer tarafına geçerek objektife düşmektedir. Objektif ise bu görüntüyü fotoğraflamaktadır (Davidson and Abramowitz, 2002).



Şekil 3.7. Optik mikroskop fotoğrafı

3.4. Martensite ve Austenite Faz dönüşümleri

Katı yapıdaki faz dönüşümleri esnasında atomlar yeni faz yapısını oluştururken yer değiştirirler. Faz dönüşümü, atomların komşuluklarının değişip değişmemesine göre iki gruba ayrılır. Atomların komşuluklarını değiştirecek şekilde meydana gelen faz dönüşümlerine yayılmalı (difüzyonlu) faz dönüşümleri, atomların komşuluklarını değiştirmeden meydana gelen faz dönüşümlerine de yayılmasız (difüzyonsuz) faz dönüşümleri denir (Durlu, 2001, Dikici, 1980).

Metalik sistemlerdeki faz dönüşümleri çekirdeklenme ve büyüme dönüşümleri ve martensitik dönüşümler olmak üzere iki gruba ayrılır. Çekirdeklenme ve büyüme dönüşümlerinde termal uyarma ve yayılma çok önemlidir ve bunlar sabit bir sıcaklıkta meydana geldikleri için izotermal özellik gösterirler (Christian, 1975).

Metal ve metal alaşımları, atomların yayılmalı bir oluşumla yer değiştiremeyecekleri kadar hızlı soğutulduklarında (veya ısıtıldıklarında) yayılmasız faz dönüşümü gösterir ve bu tür bir dönüşüm de martensitik dönüşüm olarak adlandırılır. Büyüklüğü materyalin kristalografik özelliklerine göre değişen belirli fiziksel etkiler, materyale uygulanırsa faz dönüşümü meydana gelir. Dışardan uygulanan fiziksel etkiler austenite (anafaz) ve martensite (ürünfaz) fazlar arasındaki serbest enerji farkını ortaya çıkarır. Ana faz ve ürün faz arasındaki bu enerji farkı ise martensitik dönüşümün meydana gelmesine sebep olur (Christian, 1975, Dikici, 1980)

Martensitik dönüşümler yayılmasız dönüşümlerdir ve yalnız katı fazdaki maddelerde gözlenir. Martensitik faz dönüşümlerinde aktivasyon enerjisi uygulanabilir değildir. Çünkü aktivasyon enerjisi yalnız yayılmalı faz dönüşümü olan çekirdeklenme ve büyüme için gerekli olan enerjidir (Christian, 1975).

Austenite ana kristal yapının martensite ürün faza difüzyonsuz olarak dönüşmesi şeklinde gerçekleşen martensitik dönüşümler başlangıçta çeliğin su vererek sertleştirilmesi sonucu ortaya çıkan bir olay iken, daha sonra yapısal, kristalografik, termodinamik, kinetik ve mekanik özellikleri nedeniyle akademik açıdan ilgi çekici bir araştırma konusu haline gelmiştir (Nishiyama, 1978, Durlu, 2001).

BÖLÜM IV

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Giriş

Bu bölümde, Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının hazırlanması, alaşım yüzdelere ve uygulanan ısıt işlemlerle birlikte mekanik ve yapısal özelliklerin tayini için malzemelerin hazırlanışına yer verilmiştir.

4.2. Materyal ve Metot

Bu tez çalışmasında incelenen Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşımları, %99,99 saflıkta toz halinde bulunan Fe, Co, Mn, Si elementlerinin Çizelge 4.1’ de verilen oranlarda karıştırıldıktan sonra Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği Laboratuvarında ark fırınında argon atmosferinde 5’er gramlık külçeler halinde hazırlanmıştır.

Çizelge 4.1. Fe-Mn-Si ve Co-Mn-Si alaşım örneklerinde alaşım elementlerinin bileşim yüzdeleri

	Fe(%)	Mn(%)	Co(%)	Si(%)
Fe-Mn-Si	58	40	-	2
	55	40	-	5
Co-Mn-Si	-	40	58	2
	-	40	55	5

Numuneler sertleşme kabiliyetini iyileştirmek, sertlik, mukavemet ve tokluğu artırmak, düşük ve yüksek sıcaklıklarda mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla alaşım haline getirilmiştir. Hazırlanan bu alaşımlar homojen hale getirilmesi amacıyla Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Laboratuvarı'nda 1200°C' de 16 saatlik ısıtma işlemine tabii tutulmuştur. Sonra numunelerin hepsi su içerisine atılarak hızlı soğutulmuştur. Numunelerin ara yüzeylerinin yerini tespit etmek için, kaba zımparalama ve parlatma yapıp uygun dağılayıcı ile dağıldı.

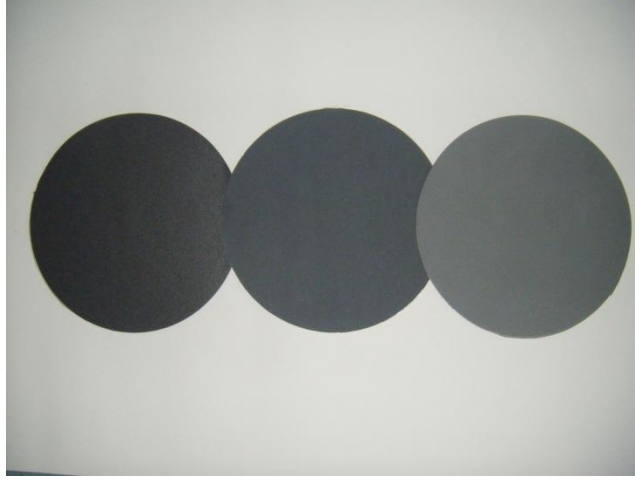
Numuneler soğuk kalıplama yöntemi kullanılarak epoksi-resin ile kalıplandı. Bu işlemde 7 birim resin 1 birim hardener kullanılarak 8 saat bekletildi. Epoksi-resin ile kalıplanan alaşımların mikroyapılarını açığa çıkarmak için zımparalama, parlatma ve dağılama gibi bir takım metalografik işlemler yapıldı. Örnek bir kalıp resmi şeki 4.1.'de görülmektedir.



Şekil4.1. Epoksi ile kalıplanan numuneler

4.2.1. Numunelerin zımparalanması

Numunelerin zımparalanması silisyum karbür (SiC) taneleri ve magnetit tozu içeren zımpara kâğıtlarıyla yapıldı. Numuneler 1200 µm, 2400 µm ve 4000 µm gride kadar kabadan inceye doğru kademeli olarak zımparalandı.



Şekil 4.2. Numuneleri zımparalamada kullanılan bazı zımpara kağıtları

Numunelerin zımparalanmasında ve parlatılmasında kullanılan **Struers Labopol-5** marka otomatik parlatma cihazının fotoğrafı Şekil 3.20’de verilmektedir. Numuneler zımparalanırken cihazın su modu açılarak numunelere sulu zımparalama yapılması sağlandı. Böylelikle numunenin hem ısınması engellendi hem de homojen bir temas sağlandı.



Şekil 4.3. Otomatik parlatma cihazının fotoğrafı

4.2.2. Numunelerin parlatılması

Numuneleri parlatmak için, dönüş hızı ve basınç değeri ayarlanabilen parlatma cihazının disklerine uygun parlatma kumaşları yerleştirdi. Parlatma için, fotoğrafı Şekil 4.3.'de görülen farklı tane büyüklüğüne sahip elmas süspansiyonlar kullanıldı. Parlatma sırasında disk dönerken nem azaldıkça, numune yüzeyine parlaticı çözeltiler yapışabilmekte ve yüzeyde leke oluşabilmektedir (Şahin, 2012).

Disk üzerindeki kumaşın kurumaması için zaman zaman yağlayıcı ilave edildi. Parlatma işleminde numunenin yüzeyinde iz kalmamasına dikkat edildi. Numunelerin parlatılmasında kullanılan parlatma kumaşlarının fotoğrafı Şekil 4.3.'de verilmektedir.



Şekil 4.4. Parlatma kumaşları

4.2.3. Numunelerin dağlanması

Parlatılmış numunelere mikroskopta bakıldığında, yapıları hakkında bilgi sahibi olmak zordur. Parlatılmış numunenin yüzeyi ışığı eşit bir şekilde dağıttığından yapıdaki ayrıntılar ayırt edilemez. Bu nedenle yapıda kontrast oluşturulması gerekir. Bunun için uygulanan yöntemle dağlama denilmektedir. Malzemelerde gerçek içyapı özelliklerini ortaya çıkarmak için metalografide çoğu kez, parlatılmış numune yüzeyine uygun bir reaktif uygulanır. Bu işleme kimyasal dağlama denilmektedir (Şahin, 2012).

Parlatma işlemi tamamlanan numunelerin mikroyapılarının optik mikroskopta açığa çıkarılması için uygun dağlayıcılar ile dağlandı.

Numunelerin dağlanmasında uygun dağlayıcının belirlenmesinin yanı sıra dağlama süresi de çok önemlidir. Numune çözeltiye az süreli daldırılırsa yapı tamamen ortaya çıkmamakta, fazla süreli dağlandığında ise yapıda kararma meydana gelmektedir. Uygun dağlayıcının ve uygun dağlama süresinin belirlenmesi esastır (Şahin, 2012).

Mekanik olarak parlatılan yüzeyler 90 ml metanol, 10 ml HNO₃ ve %2 Nitrik asit, %98 etanol asit karışımından oluşan iki çözelti içinde oda sıcaklığında, 30sn ve 5-10 dk arasında bekletilerek dağlanmıştır. Numunelerin yüzeyinde oluşan mikro yapı özellikleri Olympus BX-51 marka optik mikroskop ile incelenmiştir. Daha sonra Future-Tech FM-700 marka ve modeldeki teçhizat ile Vickers mikro sertlik testi yapılmak suretiyle sertlik değerleri elde edilmiş ve bunlar optik mikroskop altında incelenmiştir.



Şekil 4.5. Optik mikroskopun fotoğrafı

BÖLÜM V

ARAŞTIRMA, BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşım numuneleri üzerine yapılan deneysel çalışmalar, bu çalışmalar ile bulunan sonuçlar ve sonuçların değerlendirmelerine yer verilmiştir.

5.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Yapısal Özellikleri

5.1.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Optik Mikroskop Görüntüleri

1200°C’ de 16 saat ısıtıl işlem gören dört numunede ortaya çıkan fazların yapısal özellikleri Niğde Üniversitesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği-1 Laboratuvarlarında oda sıcaklığında yapılan optik mikroskop incelemeleri sonucunda açığa çıkarılmıştır. Fotoğraf 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 bu incelemelere ait optik mikroskop görüntülerini göstermektedir.

Austenitik paslanmaz çelikler genellikle Fe ve Cr’ a Ni eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu durum oda sıcaklığında yüzey merkezli austenite yapıyı kararlı hale getirmektedir. Ayrıca Ni, Mn gibi austenite yapıyı kararlı hale getiren diğer elementlerle yer değiştirmesi sonucunda bu yapılar elde edilebilmektedir (Nygren, Molin and Ljungberg 1970).

Alaşım elementlerine eklenen C, Ni, Cu ve Mn gibi elementler oda sıcaklığında en güçlü austenite yapıyı kararlı hale getiren elementlerdir. Ayrıca Cr, Si, Nb, Ti ve Mb elementlerinin eklenmesi ise ferrite yapıyı kararlı hale getirmektedir (Yüksel, 2011)

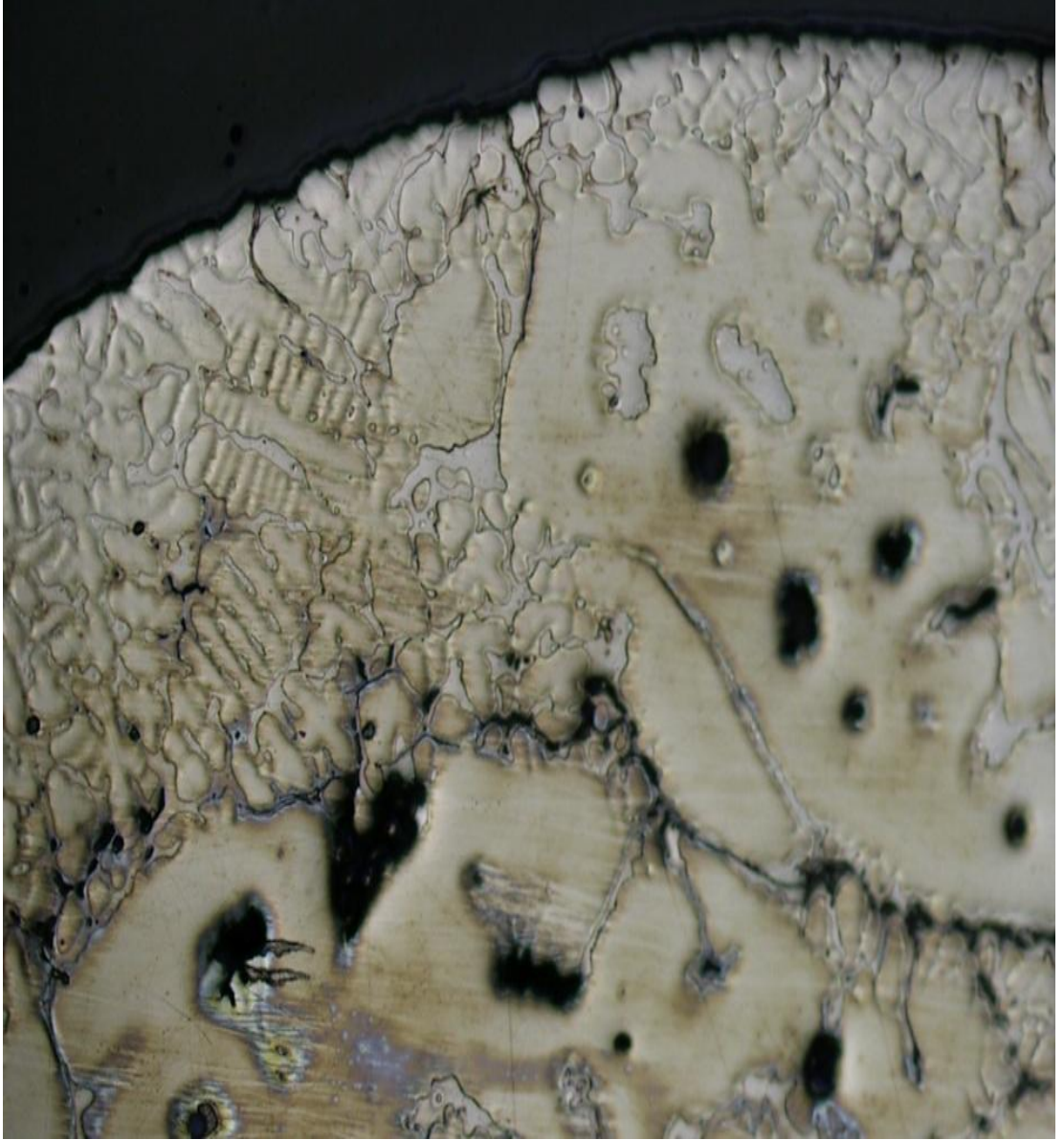
Fe ve Fe bazlı alaşımlara Ni, Mn, Si, Cr gibi elementlerin eklenmesi malzemenin fiziksel yapısını büyük ölçüde etkilemektedir. Ni, Al, Si, Cu ve Co gibi elementlerin ferrite içerisindeki çözünürlükleri oldukça yüksektir (Savaşkan, 2007).

Bizim bu çalışmadaki asıl amacımız ısıl işlem süresi ve sıcaklığını sabit tutmak suretiyle farklı Si değerlerine sahip numunelerde oda sıcaklığında ve diğer sıcaklıklarda oluşacak fazların gözlemlenmesidir.

Araştırmalar ve gözlemlerden de anlaşıldığı gibi Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının yüzeysel yapıları Si miktarı ile değişiklik göstermiştir. Si oranının düşük olduğu numunenin tane sınırları küçük olduğu, Si oranının yüksek olduğu numune de ise tane sınırlarının oldukça büyük olduğu gözlemlenmiştir (Yüksel, 2011).



Fotoğraf 5.1. Co-%40Mn-%5Si alaşımında oda sıcaklığında 90 ml metanol ve 10 ml HNO₃ dağlayıcı kullanılarak bulunan interdentrit yapı



Fotoğraf 5.2. Co-%40Mn-%2Si alaşımında oda sıcaklığında 90 ml metanol ve 10 ml HNO_3 dağlayıcı kullanılarak bulunan dentrit yapı



Fotoğraf 5.3. Fe-%40Mn-%2Si alaşımında oda sıcaklığında %2 Nitrik asit, %98 etanol dağlayıcı kullanılarak bulunan austenit yapı



Fotoğraf 5.4. Fe-%40Mn-%5Si alaşımında oda sıcaklığında %2 Nitrik asit, %98 etanol dağlayıcı kullanılarak bulunan austenit yapı

5.2 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarının Mekanik Özellikleri

5.2.1 Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si Alaşımlarında Vickers Mikro Sertlik Ölçümleri

1200°C de 16 saat ısıt ışlem gören numuneler sertlik ölçümleri sonucunda ortaya çıkan veriler Niğde Üniversitesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziğı-1 Laboratuvarında oda sıcaklığında yapılan Vickers mikro sertlik deneyi sonucunda açığa çıkarılmıştır. Vickers mikro sertlik deneyi sırasında numuneler 100gr, 300gr ve 500 gr lık yük altında 7sn bekletilerek ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler esnasında Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si, Co-%40Mn-%5Si 15 ölçüm alınmıştır.

Çizelge 5.1 de numuneler için alınmış sertlik değeri gösterilmiştir. Bu 15 ölçümün ortalaması alınarak Çizelge 5.2 deki veriler elde edildi. Bu verilere dayanarak numunenin elementlerinden Si' un oranının düşük olmasından dolayı alaşımın sertliğı Si oranının değıştirilmesinden dolayı etkilendiğı gözlemlenmiştir. Şekil 5.1.'de numunelerin %Si oranına göre sertlik grafiğı verilmiştir.

Bu tez çalışmasında 1200°C'de 16 saat ısıt ışlem görmüş Fe-%40Mn-%2Si alaşımında gözlenen sertlik değeri 122,34VSD olarak bulunmuştur.

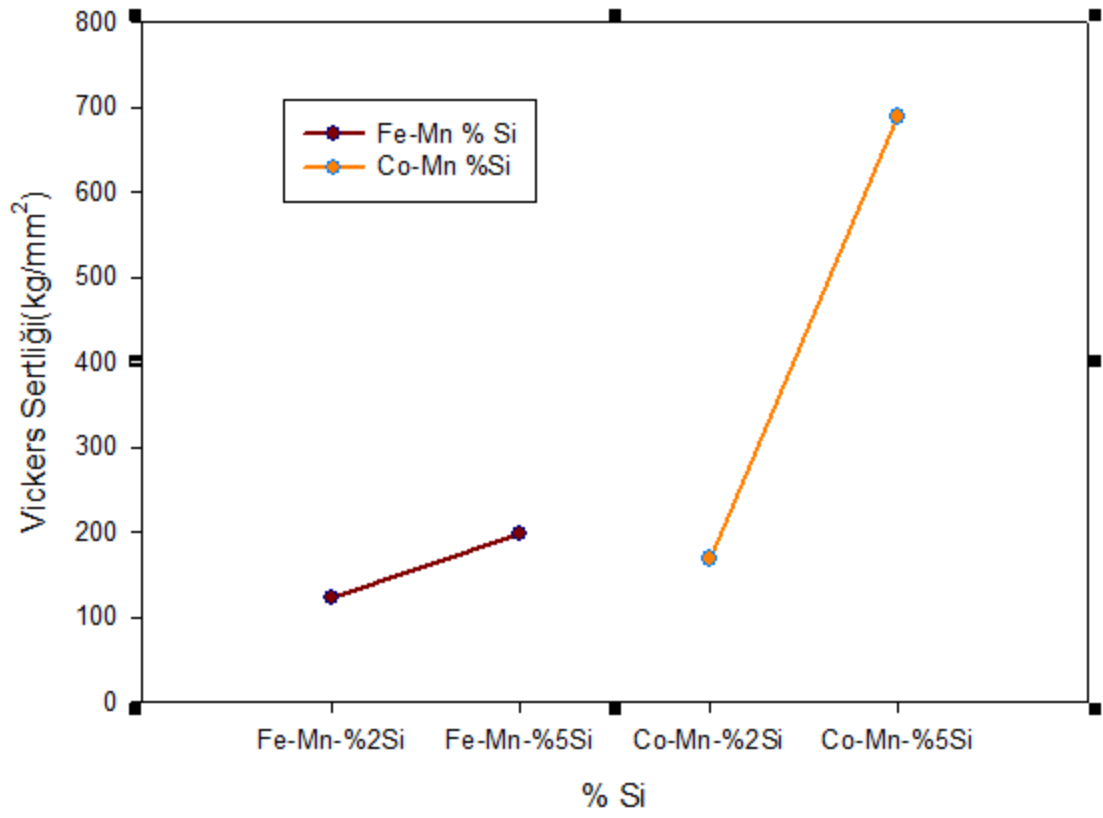
Aynı zamanda ısıt ışlem süresi ve sıcaklığının numune sertliğı üzerinde etkisi bulunmaktadır. Fe-%40Ni-%2Mn alaşımı 800°C ve 1150°C'de farklı ısıt ışlem sürelerinde tutularak gerçekleştirilen çalışmada numunelere uygulanan ısıt ışlem süresi ve sıcaklığının arttırılmasıyla sertlik değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Mikro sertlik ölçümlerinde etkili olan bir diğ er unsur da dislokasyon yoğunluğudur. Dislokasyon oranı çok olan numunenin sertliğı daha fazladır (Büyükakkaş, 2004).

Çizelge 5.1. Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si,Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının Vickers sertlik değerleri

Fe-%40Mn-%2Si kg/mm ²	Fe-%40Mn-%5Si kg/mm ²	Co-%40Mn-%2Si kg/mm ²	Co-%40Mn-%5Si kg/mm ²
123,6	206,6	167,2	671,3
127,4	201,4	157	652
130,3	189,7	166,1	665,5
136,6	196,1	166,5	747,9
99,8	211,3	193,8	706,6
122,4	195,1	159,4	672,9
134,9	194,8	178,7	630,1
128,3	214,4	160,2	677,1
132,8	183,1	163,8	747,3
140,3	180,5	161,1	812,1
134,4	194,8	173,2	576
128,2	205,3	163	831,4
129,6	195,9	173,4	724,5
130,3	195	162,1	564,6
136,2	203,1	181,5	652,8

Çizelge 5.2. Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si,Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının ortalama Vickers sertlik değerleri

Numune	H _v VSD
Fe-%40Mn-%2Si	122,34
Fe-%40Mn-%5Si	197,80
Co-%40Mn-%2Si	168,46
Co-%40Mn-%5Si	688,87



Şekil 5.1. Numunelerin % Si oranına göre grafiği

BÖLÜM VI

SONUÇ

Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşımları aynı ısıtım işlem sıcaklıklarına ve aynı ısıtım işlem sürelerine tabi tutulmuştur. Si oranını değiştirmek suretiyle alaşımda meydana gelen değişikliklerin malzemenin yapısal ve mekanik özelliklerini nasıl değiştirdiği Vickers Sertlik ve optik mikroskop yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

Fe bazlı alaşımlarda ısıtım işlem sıcaklığının ergime sıcaklığının altında bir sıcaklık olması gerektiği için numune 1200 °C sıcaklıkta 16 saat tutulmuş ve oda sıcaklığına suyla hızlı soğutulmuştur.

Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının yapısal özellikleri oda sıcaklığında optik mikroskop incelemeleri sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Numuneler kendi aralarında karşılaştırıldıklarında silisyum miktarının artmasıyla tane sınırlarının büyüdüğü gözlemlenmiştir.

Fe-%40Mn-%2Si, Fe-%40Mn-%5Si, Co-%40Mn-%2Si ve Co-%40Mn-%5Si alaşımlarının mekanik özellikleri Vickers mikro sertlik yöntemi ile incelenmiştir. Bu alaşımlar arasındaki mikro sertlik değerleri karşılaştırıldığında, silisyum oranının alaşımların sertlik değeri üzerine etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Si değeri arttıkça sertlik değerinin de arttığı Şekil 5.1.'de gözlemlenmiştir.

Fe-%40Mn-% Si sertlik değerleri karşılaştırıldığında artan silisyum miktarı ile sertliğin arttığı ve benzer durum -% Si sertlik değerleri karşılaştırıldığında da artan silisyum miktarı ile sertliğin arttığı sonucu bulunmuştur. Ancak Silisyum ilavesinin Co-%40Mn alaşım üzerinde dah belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Arruda, G.J., Buono, V.T.L. and Andrade, M.S., “The influence of detormation on the microstructure and transformation temperatures of Fe-Mn-Si-Cr-Ni shape memory alloys”, **Materials Science and Engineering** A273-275, 528-532, 1999.

Aydın, N., Fe-%16,34Mn-%4,06Si alaşımda difüzyonsuz faz dönüşümünün incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, s. 2- 3 , 2010.

Büyükakkaş, S., Fe-%40Ni-%2Mn alaşımda ısıtıl işlem süresi ve sıcaklık değişiminin austenite yapıda meydana getireceği değişiklikler ve bunların fiziksel özellikleri, Doktora Tezi, **A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, s. 1, 2004.

Caenegema, N.V., Duprez, L., Verbeken, K., Segers, D. and Houbaert, Y., “Stresses Related to The Shape Memory Effect in Fe–Mn–Si Based Shape Memory Alloys”, **Materials Science and Engineering** A 481–482, 183–189, 2008.

Christian, J. W., “The Theory of Transformation in Metal and Alloys”, **Pergamon Pres**, London, 1975.

Cotesa, S., Guillermeta, A.F. and Sadea, M., “Phase Stability and fcc /hcp Martensitic Transformation in Fe–Mn–Si Alloys Part I. Experimental Study and Systematics of the M and A Temperatures”, **Journal of Alloys and Compounds**, 278, 231–238, 1998.

Cotesa, S., Guillermeta, A.F. and Sadea, M., “Phase Stability and Fcc /Hcp Martensitic Transformation in Fe–Mn–Si Alloys: Part II. Thermodynamic Modelling of The Driving Forces and The M_s and A_s Temperatures”, **Journal of Alloys and Compounds** 280, 168–177, 1998.

Davidson, M.W. and Abramowitz, M., “Optical Microscopy”, <https://imf.ucmerced.edu/downloads/optical-microscopy.pdf>, 2002.

Dikici, M., Fe Alaşımlarının Austenite-Martensite Dönüşümlerinde Çekirdeklenme Olayı, Yüksek Lisans Tezi, **F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 1980.

Durlu T. N., **F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi**, 13(1), 1(2001).

Jihua, Z., J. Xuejun, I. and Zuyao, X., “ Thermodynamic Prediction of M_s in Fe-Mn-Si Shape Memory Alloys Associated with fcc (γ) -hcp (δ) Martensitic Transformation”, **Science In China**, E, 42- 6, 1999.

Kayalı, E.S., Ensari, C. ve Dikeç, F., Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri, **İ.T.Ü. Kimya – Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi**, İstanbul, 1990.

Kuzucu, V., Katihal Fiziği, **P. Ü. Ders Notu**, Denizli, s. 52-66, 2008.

Li, H., Dunne, D. and Kennon, N., “Factors influencing shape memory effect and phase transformation behaviour of Fe-Mn-Si based shape memory alloys”, **Materials Science and Engineering** A273-275, 517-523, 1999

Maji, B.C. and Krishnan, M., “The effect of microstructure on the shape recovery of a Fe-Mn-Si-Cr-Ni stainless steel shape memory alloy”, **Scripta Materialia** 48, 71-77, 2003.

Nishiyama Z., “Martensitic Transformation”, **Academic Pres**, London, 1978.

Nygren, E., Folke, G., Molin, S., Ljungberg, L., Sandvikens Handbok: Järnets och stålets metalografi, **Esselte Tryck**, Stockholm, Sweden, 1970.

Onaran K., Malzeme Bilimi, **Bilim Teknik Yayınevi**, İstanbul, 2000.

Otsuka, H., Yamada, H., Maruyama, T., Tanahashi, H. Matsuda, S. and Murakami, M., “Effect of alloying additions on Fe-Mn-Si shape memory alloys”, **ISIJ International** 30, 8, 674-679, 1990.

Savaşkan, T., Malzeme Bilgisi Ve Muayenesi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi**, Trabzon, 2007.

Stanford, N., Dunne, D.P. and Monaghan, B.J., “Austenite stability in Fe-Mn-Si based shape memory alloys”, **Journal of Alloys and Compounds** 430, 107-115, 2007.

Şahin, M., ikili ve üçlü metalik alaşımların doğrusal katılaştırılması ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi, Doktora tezi, **N.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, s. 85-88, 2012.

Tanaka, K., Nishimura, F. and Tobushi, H., “Transformation Conditions and Subloops in an Fe-Based Shape Memory Alloy Under Thermomechanical Loading”, **Journal De Physique IV, Colloque C2, supplément au Journal de Physique** 111-5,1995.

Tsakiris, V. and Edmonds, D.V., “Martensite and deformation twinning in austenite steels”, **Materials Science and Engineering** A273-275, 430-436, 1999.

Yüksel, E., Fe Bazlı Alaşımların Yapısal ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **N.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, s. 16, 2011.

Watanabe, Y., Mori, Y. and Sato, A., “Training Effect in Fe-Mn-Si Shape-Memory Alloys”, *Journal Of Materials Science* 28, 1509- 1514, 1993.

Wu, X. And Hsu, T.Y., “Effect of the Neel temperature, T_N , on martensitic transformation in Fe-Mn-Si based shape memory alloys”, *ScienceDirect – Materials Characterization*, 1-9, 2001.

Zhao, C., “Improvement of shape memory effect in Fe-Mn-Si-Cr-Ni alloys”, *Metallurgical and Materials Transactions A* 30A, 2599-2604, 1999.

ÖZ GEÇMİŞ

Burak BOZKURT, 02.03.1988 tarihinde Erzincan'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzincan'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden Haziran 2011'de bölüm ikincisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Niğde Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Temmuz 2013'te yüksek lisans öğrenimini ve aynı yılda girdiği Nevşehir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Pedagojik Formasyon Sertifikası Programı'nı başarı ile tamamladı.

