

Fe-%31,5Ni-%10Mn Alaşımında Austenite-Martensite Faz Dönüşümünde A.C. Manyetik Alınganlık

Hamza Yaşar OCAK^{1*}, Gencer SARIOĞLU²

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kütahya

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Gediz Meslek Yüksekokulu, Kütahya

¹<https://orcid.org/0000-0003-3094-3459>

²<https://orcid.org/0000-0002-7753-7813>

*Sorumlu yazar: hyasar.ocak@dpu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 25.10.2021

Kabul tarihi: 16.02.2022

Online Yayınlanma:03.06.2022

Anahtar Kelimeler

Manyetik alınganlık

Manyetik faz geçişi

Alaşım

ÖZ

Difüzyonsuz bir faz dönüşümü gözlenen Fe-%31,5Ni-%10Mn alaşımından farklı deformasyonlarla hazırlanan örneklerin A.C. (Alternatif Akım) manyetik alınganlıkları düşük manyetik alan altında ölçüldü. Numunelerin sabit frekanstaki reel ve imajinar A.C. manyetik alınganlıkları ile Curie sıcaklıkları belirlenmiştir. Manyetik faz geçişlerinde martensite fazın etkisi araştırıldı. Alaşımın manyetik faz geçişinin P.M (Paramanyetik) → F.M (Ferromanyetik) + R.S.G (Yeniden Oluşan Spin Glass) → A.F.M (Antiferromanyetik) + S.G (Spin Glass) şeklinde olduğu ve fiziksel etkiler ile değişmediği anlaşıldı.

Austenite-Martensite Phase Transformation in Fe-31.5%Ni-10%Mn Alloy A.C. Magnetic Susceptibility

Research Article

Article History:

Received: 25.10.2021

Accepted: 16.02.2022

Available online:03.06.2022

Keywords:

Magnetic susceptibility

Magnetic phase transition

Alloys

ABSTRACT

A.C. of the samples prepared with different deformations from Fe - 31.5%Ni-10%Mn alloy, in which a diffusionless phase transformation was observed. magnetic susceptibility was measured under low magnetic field. Real and imaginary A.C. (Alternative current) of the samples at fixed frequency. Curie temperatures and magnetic susceptibility were determined. The effect of martensite phase on magnetic phase transitions was investigated. It was understood that the magnetic phase transition of the alloy was in the form of P.M (Paramagnetic) →F.M (Ferromagnetic) +R.S.G (Reentrant Spin Glass) →A.F.M (Antiferromagnetic) + S.G (Spin Glass) and did not change with physical effects.

To Cite: Ocak HY, Sarioğlu G., 2022. Fe-%31,5Ni-%10Mn alaşımında austenite-martensite faz dönüşümünde A.C. manyetik alınganlık. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(1): 39-44.

Giriş

Fe-bazlı alaşımlarda ve onların austenite-martensite faz dönüşümlerinin manyetik faz geçişleri arasında güçlü bir ilişki olduğu bilinmektedir (Nishiyama, 1978). Bu alaşımlarda genellikle austenite yapı paramanyetik iken martensite yapı ferromanyetik veya antiferromanyetikdir (Wakasa ve Wayman, 1981). Austenite-martensite faz dönüşümleri atermal ve izotermal olarak, sıcaklık ve zamana bağlı olarak meydana gelir. Bu tür

dönüşümlerin termal ve deformasyon ile oluştukları bilinmektedir (Yang ve ark., 1984). Manyetik alan etkisi ile de aynı martensite dönüşümlerin meydana geldiği bilinmektedir (Wakasa ve ark., 1981). Manyetik alan etkileri de diğer fiziksel etkiler gibi iki faz arasında bir serbest enerji farkı meydana getirir (Kakashita, 1995).

Fe-Ni-Mn alaşımların martensite faz geçişlerinin izotermal olduğu, termal (Kakashita ve ark., 1993), deformasyon (Kakashita ve ark.,1993) ve manyetik alan etkisi (Durlu, 1979) ile yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. İzotermal dönüşümlerde martensite çekirdekleri zamanla büyüme gösterdiklerinden, manyetik fazda da zamanla değişim gösterir (Nishiyama, 1978). Çünkü manyetizasyon enerjisi serbest Gibbs enerji değişimine bağlıdır (Kakashita, 1995). Bu alaşımların manyetik faz geçişleri Hesse ve ark. (1993) tarafından araştırılmış olup, ayrıca elektronik ve manyetik yapıları (Jepsen ve Herman, 1990) ile Ni ve Mn'in manyetik özellikler üzerine etkileri (Hesse ve ark., 1993)'de incelenmiştir. Fe, Ni, Mn bazlı alaşımların manyetik alınganlıkları da birçok araştırmacıya konu olmuştur (Ananth ve Parthasaradhy, 1990; Schnerder ve ark., 1994). Yapılan çalışmalarda manyetik faz geçişine bağlı olarak alaşımların kristalografik (Hesse, 1989), Mn oranına göre de alaşımların manyetik yapısının değişebildiği belirtilmiştir (Wakasa ve ark., 1981). Bu alaşımlarda bazen F.M. ve A.F.M. özellik aynı anda gözlenir ki, bu faza manyetik faz geçişlerinde "spin glass" olarak adlandırılır (Durlu, 1979; Ohtsuka ve ark., 1996). Yüksek deformasyon etkisinde ferromanyetik faz düzensiz olup, grainler içinde ($\alpha+\gamma$) fazı birlikte oluşmaktadır (Barton, 1980). Bazen Fe-bazlı alaşımlarda kendiliğinden bir dönüşüm görülür ki bu "latent A.F.M." faz olarak bilinir (Kakashita ve ark.,1993).

Bu çalışmada yeni hazırlanan Fe-%31,5Ni-%10Mn alaşımlarının bazı manyetik özellikleri dış fiziksel etkenlere bağlı olarak A.C. manyetik alınganlıkları incelendi. Deneysel ölçümlerin analizleri sonucunda reel ve imajinar manyetik alınganlıklar ile Curie sıcaklıkları tespit edildi.

Materyal ve Metot

Fe-%31,5Ni-%10Mn alaşımı Gebze'deki TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM)'da hazırlanarak, 1150 °C de 16 saat süre ile argon gazı atmosferinde homojenleştirildi. Oda sıcaklığına soğutulan alaşımlar farklı fiziksel etkiler için İZOMET tipi kesicide elmas bıçaklar kullanılarak düşük hızda kesildi. Deformasyon işlemi, instrom cihazı ile 10 ton kuvvet uygulanarak 2 mm/dak. hızla gerçekleştirilip deneysel işlemler aşağıdaki şartlar altında yapıldı. Fe-%31,5Ni-%10 Mn alaşımına ait örneklerin fiziksel özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

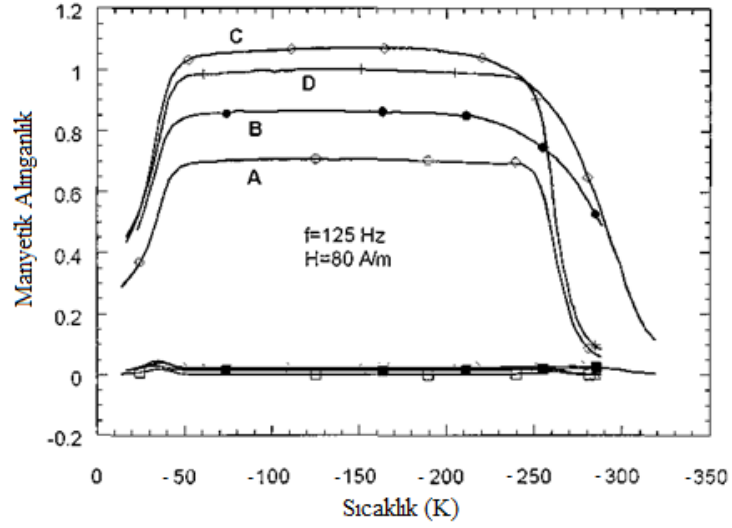
Tablo 1. Fe-%31,5Ni-%10 Mn alaşımına ait örneklerin fiziksel özellikleri

Örnek	Örneğın Fiziksel Özelliği
A	oda sıcaklığında normal numune
B	oda sıcaklığında %30 deformasyonlu numune
C	sıvı azot içinde 15 gün bekletilen normal numune
D	%30 deformasyondan sonra 15 gün sıvı azotta bekletilen numune

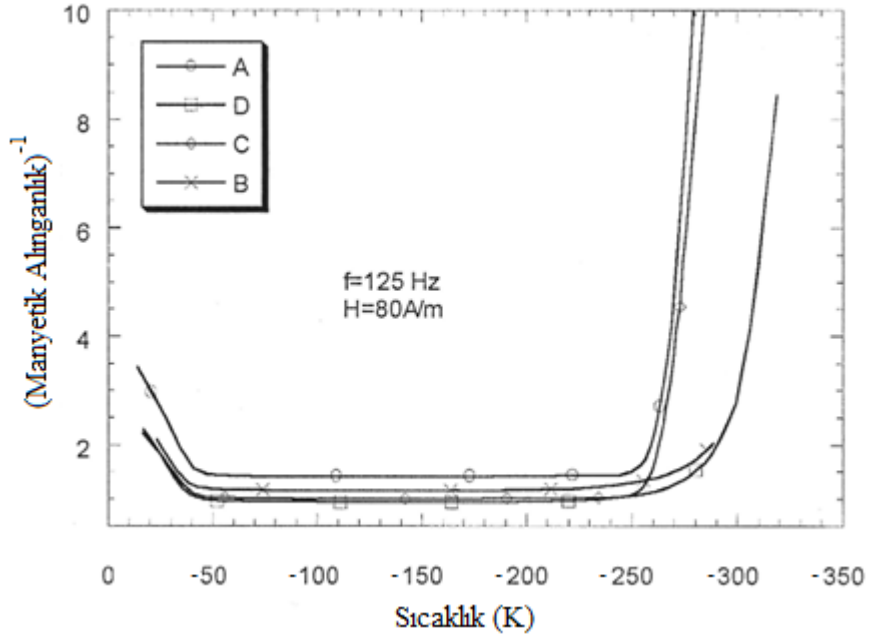
Numuneler manyetik alınganlık ölçümleri için bulk olarak silindir şeklinde ayrı ayrı hazırlandı. Deneyle “Lake Shore Model 7130” sistemi ile 10mK hassasiyetinde ölçüldü. Ayrıca bu örneklerin geçirmeli elektron mikroskop (T.E.M.) yardımı ile morfolojik yapıları incelendi. Differential scanning calorimetry (D.S.C.) ölçümleri sonucunda ise çok düşük bir aktivasyon enerjisine sahip oldukları görüldü. Numunelerin elektron spin rezonans (E.S.R.) ölçümlerinde mıknatıslıklarının düşük olduğu ve dış etkiler ile düzensiz bir ferromanyetik (süper paramanyetik) yapıda oldukları belirlendi.

Bulgular ve Tartıřma

Bu deneysel çalışmada ise numunelerin manyetik alınganlıkları serbest olarak (a.u.) ölçüldü. Ölçümler sabit frekans (125 Hz) ile düşük ve sabit bir manyetik alan şiddet altında (80 A/m) yapıldı. Manyetik alınganlık (χ) ve manyetik alınganlığın tersi ($1/\chi$) sıcaklığa bağlı olarak şekil 1-2’de ve bu grafiklerden elde edilen sonuçlar ise Tablo 2’de verildi. şekil 1’de normal şartlardaki A numunesinin manyetik alınganlığının B, C ve D numunelerinden daha düşük olduğu, deformasyon etkilerinin manyetik alınganlığı artırdığı bununla beraber sıvı azot etkisiyle manyetik alınganlığın azaldığı ve her dört numune için manyetik faz geçişinin aynı olduğu belirtildi. şekil 2 Curie sıcaklıkları için bilgi vermekte olup; deformasyonla Curie sıcaklığının azaldığını ifade eder. Bu da deformasyonun mıknatıslık özelliğini azaltmasının bir sonucudur. Sıvı azot etkisinde Curie sıcaklığının artması, atomik boyutta örgülerin daha sıklaşarak manyetik özelliklere katkı sağlaması olarak açıklanabilir. Deformasyonlu ve sıvı azot etkisi altında ise her iki durumun ortalaması şeklinde düşünülebilir. Elde edilen bu sonuçlar daha önce yapılmış yakın çalışmalarıyla örtüşmektedir (Shiga, 1967; Hesse, 1989).



Şekil 1. A,B,C ve D numunelerinin manyetik alınganlıkları.



Şekil 2. A,B,C ve D numuneleri için Curie sıcaklıkları.

Tablo 2. A,B,C ve D örneklerine ait bazı manyetik parametreler

Örnek	X^{reel} (a.u)	X^{im} (a.u)	T_C (K)
A(0,10 gr)	0,700	0,023	-260
B(0,14 gr)	0,865	0,032	-245
C(0,10 gr)	1,068	0,048	-290
D(0,14 gr)	1,002	0,040	-270

Sonuç ve Öneriler

Manyetik özellik gösterebilen bir madde manyetik alan etkisinde soğutulduğunda manyetik alınganlık sıcaklık ile değişim gösterir. Manyetik alınganlığın ani değişim gösterdiği sıcaklıklarda farklı manyetik fazlar oluşmaktadır (Aktürk ve ark., 1997). Bu çalışmadaki sonuçlar, sıcaklık-alınganlık değişimlerin iki kez ani değişime neden olduğunu belirtmiştir. Buna göre soğutulma esnasında görülen ilk değişme noktası yaklaşık olarak Curie sıcaklığı olup, bu sıcaklıktan büyük olan bölge paramanyetik özellik gösterebilmektedir. Çünkü alınganlığın sıcaklığa göre doğru bir değişimi görülmektedir. Ayrıca bu bölgedeki değişimin izotermal martensite dönüşüm özelliği gösteren numuneler için düşük oranda martensite yapıya bağlı olduğu düşünülebilir. Manyetik alınganlığın sabit kaldığı sıcaklık aralığı ferromanyetik ve reentrant spin glass olup, düşük sıcaklıklarda ise antiferromanyetik ve spin glass yapı baskındır. Bu martensite oluşumunun yanı sıra, farklı oluşumlardan da kaynaklanabilir. Düşük sıcaklıklardaki manyetik alınganlığın ani değişimi Fe-Ni-Mn alaşımlarında Mn oranına bağlıdır. Düşük Mn (% 4) oranında bu bölge A.F.M. (Durlu, 1979; Ohtsuka, 1996) olup, yüksek Mn oranlarında ise bu bölgenin detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir. Bu örnekler için manyetik faz geçişi $PM \rightarrow F.M + R.S.G. \rightarrow A.F.M + S.G$ şeklinde olabilir.

Austenite fazda bulunan bir numune oda sıcaklığında deformasyona uğratarak A.C. alınganlık ölçümü yapılırsa normal numuneden ölçülen sonuçlardan daha farklı sonuçlar elde edildi. Soğutulan örneklerin manyetik alınganlıkları normal durumlarına göre daha büyüktür. Buna göre manyetik alınganlığın dış fiziksel etkenlere bağlı olarak değiştiği görüldü. Daha önce yapılan çalışmalar numuneler soğutulduğunda alınganlıklarının arttığını fakat deformasyona uğratan numunelerin alınganlıklarının soğutma etkisine göre daha düşük olduğunu göstermektedir (Hesse, 1989). Bu düşük alınganlığın nedeni; plastik deformasyonun numunede bozukluklar oluşturarak manyetik bölgelerin büyümesini engellemesidir. Diğer bir ifade ile ferromanyetik etki oluşturan bölgelerdeki manyetik bölgelerin uygulanan manyetik alanı takip etmeleri zorlaşır, bu da alınganlığın değerini azaltır. Buna göre Fe-31,5Ni-10Mn alaşımının manyetik alınganlığın dış fiziksel etkilere göre değiştiği ve manyetik fazın Paramanyetik olduğu anlaşıldı. Manyetik alınganlık ölçümlerin kütle alınganlık değerleri nicel olarak incelendiğinde yukarıda ifade edilen değişimlerin mevcut olduğu anlaşıldı.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Acet M, Schneider T, Zähres H, Wassermann EF, Pepperhoff W., 1994. Anti-invar in Fe-Ni. *Journal of Applied Physics*, 75(10): 7015–7017.

Akturk S, Gencer A, Durlu TN., 1997. Studies on the magnetic properties of martensitic phase in an Fe–Cr–C alloy. *Journal of Materials Science Letters*, 16(5): 389-391.

Ananth MV, Parthasaradhy NV., 1990. Magnetic susceptibility of the electrodeposited Fe-Mn system. *Materials Science and Engineering B*, 7(1-2): 103-106.

Barton A., 1980. Influence of Mn and Ni on the magnetic properties of Fe-Ni-Mn alloys. *Physica Status Solidi (A)*, 62: 407.

Durlu NT., 1979. Formation and strength of strain-induced martensite in single crystals of an Fe-Ni-C alloy. *Scripta Metallurgica*, 13(7): 519-521.

Gencer A, Ercan İ., 1998. AC magnetic response of an Ni₈₁Mn₁₉ alloy. *Journal of Modern Phys. B*, 12(2): 143.

Hesse J., 1989. From FeNi-Invar to FeNiMn reentrant spin-glasses. *Hyperfine Interactions*, 48(4): 357–378.

Hesse J, Böttger C, Wulfes A., 1993. Magnetic phase diagram of the reentrant spin glass system (Fe_{0.65}Ni_{0.35})_{1-x}Mn_x in external magnetic fields. *Phys. Stat. Sol. (A)*, 135: 343.

Jepsen O, Herman F., 1990. Electronic and magnetic structure of the ternary fcc Mn-Fe-Ni system. I. Ordered compounds *Phys. Rev. B*, 41: 6810

Kakashita T., 1995. *Materials transactions. JIM*, 36: 1018.

Kakashita T, Kuroima K, Shimizu K., 1993. A new model explainable for both the athermal and isothermal natures of martensitic transformations in Fe-Ni-Mn Alloys. *Materials Transactions. JIM*, 34: 423.

Nishiyama Z., 1978. *Martensitic transformation. Academic Press, London*

Ohtsuka H, Nasai K, Kajiwara S., 1996. *Materials transactions. JIM*, 37: 1044.

Shiga M., 1967. Magnetic properties of Fe₆₅(Ni_{1-x}Mn_x)₃₅ ternary alloys. *Journal of the Physical Society of Japan*, 22(2): 539-546.

Wakasa K, Wayman CM., 1981. Isothermal martensite formation in an Fe-20%Ni-5%Mn alloy. *Metallography*, 14(1): 37-48.

Wakasa K, Wayman CM., 1981. Crystallography and morphology of ferrous lath martensite. *Acta Metali*, 29: 973.

Yang DZ, Sandvik BPJ, Wayman CM., 1984. On the substructure of athermal and isothermal martensites formed in an Fe-21%Ni- 4%Mn alloy. *Metallurgical Transactions A*, 15: 1555.