Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi
28(2), 11-14, 2016

Science and Eng. J of Fırat Univ.
28(2), 11-14, 2016

Bainite ve Martensite Yapılarda Elektriksel Özdirenç

Emine ALDIRMAZ
Amasya Üniversitesi Fen- Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Amasya
ealdirmaz@gmail.com

(Geliş/Received: 08.03.2016; Kabul/Accepted: 01.06.2016)

Özet

Literatürde bazı bakır bazlı alaşımlarda, uygulanan ısıl işleme bağlı olarak martensite ve bainite yapılarının birlikte meydana geldiği gözlenmiştir. Martensite yapı ile bainite yapı yapısal olarak birbirine benzerlik gösterirken kristolografileri ve oluşum mekanizmaları birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Yapılan bu çalışmada elektriksel özdirencin sıcaklıkla değişimi bainite ve martensite yapı için A.C. dört nokta kontak yöntemi kullanılarak ölçüldü. Bu ölçümler sonucunda martensite ve bainite fazın özdirençlerinin birbirinden farklılık gösterdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Martensite, Bainite, Çökelti, Elektriksel Özdirenç.

Electrical Resistivity in Bainite and Martensite Structures

Abstract

In literatüre, it was observed that the martensite and bainite structures occur simultaneously depending on heat treatment for some copper-based alloys. While martensite and bainite structures show structurally similarity, their crystallographand formation mechanism show different characteristics. In this study, the electrical resistivity as a function of temperature was measured using a standard four-point probe A.C. method for bainite and martensite structures. Result of these measuraments was shown that the electrical resistivity displays different results for martensite and bainite phases.

Keywords: Martensite, Bainite, Precipitate, Electrical Resistivity.

1. Giriş

Metaller ve alaşımlar bugün günlük yaşamdan ulaşıma, sanayiden tıp bilimine kadar birçok alanda ihtiyaç duyulan temel malzeme grubunu oluştururlar. Günden güne artan gereksinimlerinden dolayı özelliklerinin anlaşılması ve kullanım alanlarının artırılması için pek çok araştırmaya konu olmuştur. Yapılan bu araştırmalarda, çeşitli kimyasal ve fiziksel etkiler uygulanarak metal ve alaşımlarının kalitelerinin artırılması hedeflenmiştir [1, 2].

Alaşımların özellikleri, alaşımları meydana getiren elemanların fazları arasındaki ilgiye bağlıdır. Bakır bazlı alaşımlar, deformasyon ve mağnetik özelliklerinden dolayı ilginçtirler. Bu alaşımlarda; ana faz (β) b.c.c. örgü yapısında meydana gelir. Bakır bazlı şekil hatırlamalı alaşımlarda, ana fazın atomik düzeni uygulanan ısıl işlem ile soğutma işlemine bağlı olarak değişir. Bu alaşım sistemlerinde ana faz (β) yüksek sıcaklıklarda kararlıdır. Fakat daha düşük sıcaklıklara soğutulduğunda yarı kararlı DO_3, B2 veya L21 şeklinde düzenli süper örgülü yapılarda kalabilir [3, 4]. Şekil hatırlama etkilerinden dolayı, şekil hatırlamalı alaşımlar geniş çalışmalara konu olmuştur. Fakat mikroyapılarının detayları ve martensite fazın kristal yapısı hazırlanan alaşımın kompozisyonuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden bu konu üzerine yapılan çalışmalar halen devam etmektedir [5]. Bu çalışmada farklı ısıl işlemler uygulanarak elde edilen faz yapılarının elektriksel özdirençleri fiziksel teknikler kullanılarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada incelenen Cu-Al-Mn alaşımı TÜBİTAK Gebze Araştırma Merkezinde hazırlanmıştır. %99.9 saflık derecesinde toz halinde bulunan Cu, Al ve Mn elementleri farklı oranlarda bir araya getirilip yüksek sıcaklıkta eritilerek 1 cm çapında, 10 cm uzunluğunda

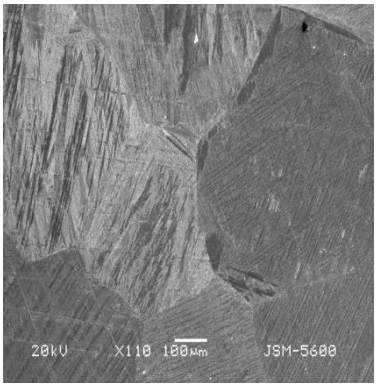
silindirik çubuk halinde dökülmüştür. Çubuklardan kesilen örnek, IXRF (Integrated X-ray Fluorescence Systems) sistemi kullanılarak, EDS tekniği ile alaşımın ağırlıkça yüzdesi Cu-%9.97Al-%4.62Mn (% ağırlık) olarak belirlendi. Çubuk halde hazırlanan Cu-Al-Mn alaşımından, elmas bıçaklı kesicilerle uygun boyutta kesilen ikişer örnek vakumlanmış quartz tüpler içine konularak 850 ˚C' de 1 er saatlik sürelerde homojenleştirme işlemine tabi tutuldular. Daha sonra alaşımdan birer örnek fırın içerisinde 800 ˚C' den oda sıcaklığına kadar yavaş soğutuldu. Diğer iki örnek ise 850 ˚C' den buzlu su içerisine atılarak hızlı soğumaya tabi tutuldu. Bu örnekler sırasıyla örnek 1 ve örnek 2 olarak adlandırıldı. Taramalı Elektron Mikroskop incelemeleri için numunelerin yüzeyleri 10 ml HCI, 48 ml metanol ve 2.5 g ($FeCl_3$-$6H_2O$) karışımından oluşan çözelti içerisinde oda sıcaklığında birkaç dakika bekletilerek dağlandılar. Örneklerin yapısal özellikleri, JEOL-JSM-5600 30 kV hızlandırma gerilimine sahip taramalı elektron mikroskobu ile incelendi. Direnç ölçümleri için standart dört nokta tekniği Keithley 2400 programlanabilir akım kaynağı ve Lakeshore 335 sıcaklık kontrol dijital ünitesi kullanıldı.

3. Sonuçlar

3.1. Örneklerin taramalı elektron mikroskop incelemeleri

Belirli fazlardan oluşan bir denge yapısından değişik fazlardan oluşan bir denge yapısına geçiş olayına *"faz dönüşümü"* denir [1]. Austenite-Martensitik faz dönüşümü; metal ve alaşımlarda gözlenen yapısal bir faz dönüşümü olup austenite (ana) faza dışarıdan uygulanan sıcaklık ve zorun ayrı ayrı veya birlikte etkisi ile ya da ana fazdan sıcaklığın hızla düşürülmesi ile martensite (ürün) fazın elde edilmesi olayıdır. Martensitik faz dönüşümü basitçe şöyle tanımlanabilir: atomların toplu hareketiyle ve kesmeye benzer deformasyonla (düzlemi değiştirmeyen deformasyon) sağlanan bir örgü dönüşümüdür [2, 6, 7].

SEM incelemeleri sonunda Cu-Al-Mn alaşımından hızlı soğutulan örnek' te austenite tane yapısıyla birlikte hiç çökelti oluşmaksızın martensite fazın meydana geldiği görüldü (Şekil 1.a). Martensitik dönüşümün bir özelliği olan martensite plakalarının tane sınırlarında kesildiği ve bu örneğin oda sıcaklığında tamamen martensite fazda olduğu yüzey incelemeleri sonunda gözlendi. Yüzey incelemeleri sonunda; termal yol ile bu örnekte oluşturulan martensitelerin farklı martensite morfolojilerinde ortaya çıktığı bulundu.



(a)



(b)

Şekil 1. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskop Gözlemleri (a) Hızlı Soğutulan Örnek ve, (b) Yavaş Soğutulan Örnek.

Şekil 1.a'dan da görüldüğü gibi bu morfolojiler; V-şekilli, zik-zak şekilli, çubuk ya da iğne şekilli ve birbirleri ile uyumlu martensite plakalardır. SEM incelemelerinden ortaya konulan diğer bir sonuçta alaşımdan yavaş soğutulan örnek'te bainite yapı ile birlikte çökeltiler gözlendi. Pearlite ile martensite yapı arasında kalan bir yapı olan bainite yapı, alt bainite ve üst bainite olarak görülmektedir. Bu sonuçlar, literatürle uyuşmaktadır [8, 9, 10, 11]. Örnek ' te meydana gelen uzun ve çubuksu bölgeler üst bainite (upper bainite) yapı ve tüylü olan kısımlarda alt bainite (lower bainite) yapı olarak belirlendi. Bainite yapı ile birlikte çökelti

yapılarının da meydana geldiği açık olarak görüldü (Şekil 1.b).

3.2. Örneklerin elektriksel özdirenç gözlemleri

Çoğu pratik uygulamalarda malzemelerin mekaniksel davranışından çok elektriksel özellikleri önemlidir. Elektrik ve elektronik uygulamaların malzeme seçiminde ve kullanımında elektrik iletkenliği gibi özelliklerinin nasıl üretildiğinin ve kontrol edildiğinin anlaşılması gerekir. Şekil hatırlamalı alaşımların elektriksel direnç değişimlerinin sıcaklık değişimine karşı eğrisi mevcut fazların tanımlanmasında ve dönüşüm sıcaklıklarının belirlenmesinde etkilidir [12, 13].

Elektriksel özdirenci etkileyen faktörler artan sıcaklık ve kristal yapı kusurlarıdır. Sıcaklığın artması ile özdirenç artar. Herhangi bir anda atom denge konumunda olmayabilir. Bu nedenle atomlar elektronla etkileşir ve elektronları dağıtır. Ortalama serbest yol ve elektronların hareketliliği azalır ve özdirenç artar [1, 10, 14].

Sıcaklıkla özdirençteki artış;

$$\rho = \rho_t(1 + a\Delta T) \quad (1)$$

denklemi ile verilir.

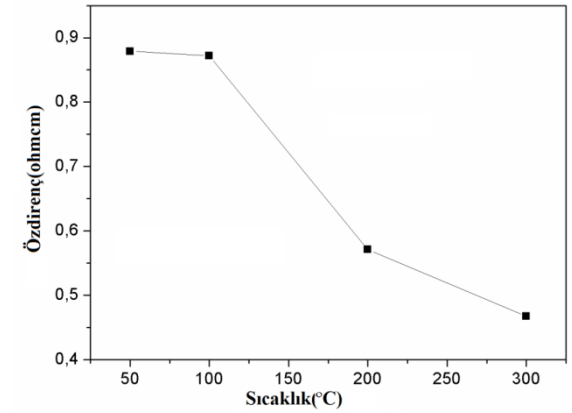
Burada ρ oda sıcaklığındaki direnç, ΔT sıcaklık farkı, a sıcaklık direnç katsayısı ve ρ_t yalnızca atomların ısıl titreşimlerinden dolayı metal direncidir. Kristal yapıda kusur yoğunluğu artarsa elektron dalgalarının saptırılma olasılığı artar, ortalama serbest yol kısalır ve direnç değeri yükselir [1, 10, 15]. Örgü kusurları özdirenç te artışa sebep olur.

Özdirençteki bu artış;

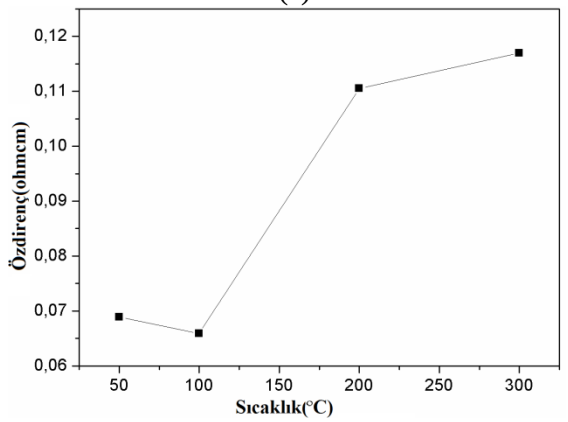
$$\rho = \rho_T + \rho_d \quad (2)$$

ile verilir.

Şekil 2.a'da görüldüğü gibi hızlı soğutulan örneğin özdirenç-sıcaklık eğrisinde 50-100 °C sıcaklık aralığında özdirenç te bir değişim gözlenmemiştir. Fakat 100 °C'den sonra özdirençte keskin bir düşüş meydana gelmiştir.



(a)



(b)

Şekil 2. Örneklerin özdirenç-sıcaklık eğrileri (a) Hızlı Soğutulan Örnek. ve, (b) Yavaş soğutulan Örnek.

Şekil 2.b'de görüldüğü gibi yavaş soğutulan örneğin özdirenç-sıcaklık eğrisinde 50-100 °C sıcaklık aralığında özdirenç te bir düşüş gözlenmiştir. Bu aşamada yavaş soğutulan örneğin dengede olmayan uzun mesafe atomik düzeni denge durumuna ulaşmaya çalışır. Fakat sıcaklığın artması ile (100 °C'den sonra) bainite oluşumundan dolayı özdirençte bir artış meydana gelmiştir. Bakır bazlı alaşımlarda¸ bainite oluşumu; tersinmez bir dönüşüm olduğundan dönüşüm histerisisinde bir artış ve şekil hatırlama etkisinde bir azalışa neden olur [16]. Örneklerin özdirenç-sıcaklık eğrilerinden de görüldüğü gibi martensite ve bainite fazın özdirenç değerleri farklılık göstermiştir (Şekil 2.a.b). Bu ise alaşımda gözlenen farklı faz yapılarında atomik düzenleniminin elektriksel direnç üzerindeki etkisini göstermektedir.

4. Sonuçlar

Bu makalede ağırlık oranlarına göre Cu-%9.97Al-%4.62Mn alaşımına farklı ısıl işlemler uygulanarak elde edilen, termal etkili faz dönüşümleri ve bu dönüşümler üzerine elektriksel özellikler incelendi. Saf metallere katılan alaşımlama elementleri iletim elektronlarının daha fazla saçılmasına ve saf metallerin elektrik özdirençlerinde bir artışa sebep olur. Bu çalışmada kullanılan Cu-%9.97Al-%4.62Mn (% ağırlık) alaşımı yüksek sıcaklıklardan fırın içerisinde yavaş ve buzlu suya atılarak hızlı, iki farklı yöntemle soğutulmuştur. Şekil hatırlamalı alaşımların sergiledikleri özelliklere göre uygulama alanları değişir. Şekil hatırlamalı alaşımlar; uzay araştırmalarında, tıpta, otomotiv endüstrisinde ve çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada hızlı soğutma ile elde edilen martensite fazın daha yüksek özdirenç değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Bu nedenle yüksek direnç ve düşük iletkenlik gerektiren uygulamalar için Cu-%9.97Al-%4.62Mn (% ağırlık) alaşımı idealdir.

5. Kaynaklar

1. Askeland, D.R., (1990) "The Science and Engineering of Materials", Second S.I. Editio Chapman and Hall, London.

2. Nishiyama, Z., (1978) "Martensitic Transformation", Academic Pres, New York.

3. Perez-Reche, F.J., Stipcich, M., Vives, E., Manosa, L., Planes, A., (2004). Kinetics of martensitic transitions in Cu-Al-Mn under thermal cycling: Analysis at multiple length scales. Physic. Review B, **69**:1-7.

4. Kato, H., Ozu, T., Hashimoto, S., Miura, S., (1999). Cyclic stress-strain response of superelastic Cu-Al-Mn alloy single crystals. Mat. Sci. Eng. A, **264** (1-2): 245-253.

5. Sutou, Y., Omori, T., Wang, J.J., Kainuma, R., Ishida, K., (2003). Effect of grain size and texture on superelasticity of Cu-AI-Mn-based shape memory alloys. J. Phys. IV France, **112:** 511-514.

6. Olson, G.B., Cohen, M., (1975). Thermoelastic behavior in martensitic transformation. Scripta Metall., **9**:1247-1254.

7. Funakubo, H., (1987). Shape Memory Alloys", Translated from the Japanese by Kennedy, J.B., Gordon and Breach Science Publishers, London.

8. Sutou, Y., Omori, T., Furukawa, A., Takahashi, Y., Kainuma, R., Yamauchi, K., Yamashita, S., Ishida, K., (2004). Wiley Periodicals. Inc, 64.

9. Bhadeshia, H.K.D.H., (2001). Worked Examples in the Geometry of Crystals. London.

10. Smith, W.F., (1994). Structure and Properties of Enginering Alloys. 2th ed., Mc-Graw-Hill.

11. Marcos, J., Manosa, L., Planes, A., Romero, R., Castro, M.L., (2004). Kinetics of the phase separation in Cu-Al-Mn alloys and the influence on martensitic transformations. Philosop. Magaz., **84**:45-68.

12. Gori, F., Carnevale, D., Doro Altan, A., Nicosia, S. ve Pennestri, E., (2006). A New Hysteretic Behavior in the Electrical Resistivity of Flexinol Shape Memory Alloys Vesus Temperature. Inter. J. Thermophys., **27:** 866-879.

13. Novak, V., Sittner, P., Dayananda, G.N., Braz-Fernandes, F.M., Mahesh, K.K., **(**2008). Electric Resistance Variation of NiTi Shape Mmeory Alloy Wires in Thermomachanical Tests:Experiments and Simulation. Mater. Sci. Eng. A, **481-482**:127-133.

14. Chan, F.S., Yao, Y.D., Wang, S.H., (2006). Low-temperature electrical resistivity study of deformed Inconel alloy 600. J. Magnet. Magnetic Mater. **304 (1)**: 464-466.

15. Negm, S.E., (2012). Influence of silver additions on electrical, mechanical and structures properties of rapidly solidified Sn–0.7%Cu alloy from melt. J. Mater. Sci.: Mater. Electr. **23:**94-99.

16. Wei, Z.G., Peng, H.Y., Zou, W.H., Yang, D.Z., (1997). Aging Effects in a Cu-12Al-5Ni-2Mn-1Ti Shape Memory Alloy. Met. Trans. A, **28A**:955-967.