

CrMnFeCoNiAl Yüksek Entropili Alaşımın Vakum Arc Melting Yöntemi ile Üretimi

Yusuf Karaca*, Cemal ÇARBOĞA*, Bülent KURT*

* Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik/Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
yusufkaraca50@gmail.com

Özet— Bu çalışmada, Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Al elementleri kullanılarak Vakum Arc Melting üretim yöntemi ile yüksek entropili (CrMnFeCoNiAl) alaşım (YEA) üretilmiştir. Üretilen yüksek entropili alaşımın Valans Elektron Konsantrasyonu (VEC Değeri) 7.67 olarak hesaplanmıştır. Yüksek entropili alaşımın mikroyapılarında dentritik ve interdendritik yapı gözlenmiştir. SEM mapping incelemelerinde ise elementlerin dağılımının homojen olduğu görülmüştür. Sertlik değeri 46.95 HRA olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatürle yer yer karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler---YEA, Mikroyapı, Sertlik, VEC

Abstract---In this study, Cr, Mn, Fe, Co, Ni and Al elements using vacuum arc Melting production method with high entropy (CrMnFeCoNiAl) alloy (YEA) was produced. Valence Electron Concentration (VEC Value) of the high entropy alloy produced was calculated as 7.67. The dendritic and interdendritic structures of high entropy alloy microstructures were observed. In the SEM mapping studies, it was observed that the distribution of the elements was homogeneous. The hardness value was measured as 46.95 HRA. The results are discussed by comparing.

Keywords— HEA, Microstructure, Hardness, VEC

I. GİRİŞ

Yüksek entropi alaşımlar(YEA); farklı kompozisyonları, farklı mikroyapıları ve çarpıcı fonksiyonel özellikleri ile son yıllarda yoğun olarak çalışılmakta ve dikkatleri üzerine çekmektedir [1-3]. Alışagelmiş alaşım türleri, ana alaşım elementinin yanına göreceli olarak ana elementten daha az miktardaki diğer alaşım elementlerinin, alaşımdan beklenen özellikleri geliştirmek amacıyla eklenmesi ile elde edilirken, YEA'ları birçok birincil elementin eşit veya eşite yakın bir atomik yüzdelerde bir araya gelerek oluşturdukları alaşımlar olarak ifade edilmektedirler[2-4]. YEA'larda en az 5 alaşım element ve her bir alaşım elementinden %5-35 oranlarında ilave edilmektedir[3]. YEA'nın konfigürasyon entropileri genellikle 1,61R değerinden daha yüksektir (R=Gaz Sabiti) ve bu durum Boltzman eşitliği ile de desteklenmektedir[3-6]. Ayrıca, YEA'lar öncelikli olarak mikroyapı ve mekanik özelliklere etkisi üzere yüksek termal, kimyasal kararlılık, yüksek korozyon ve aşınma direnci, sürtünme dayanımı, manyetiklik özellikler göstererek günümüzde dikkatleri üzerine çekmeyi

başarmıştır. YEA'larda genel anlamda kullanılan alaşımlar Al, Fe, Ni, Co, Cr, Ti ve Cu olarak bilinmektedir. Sistem olarak ise, Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni, Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-B, Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-Ti, Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-V, Co-Cr-Cu-Fe-Ni-Ti ve Al-Co-Cr-Fe-Ni-Ti'dur[2]. Yüksek entropili alaşımlar yüzey merkezli kübik (YMK), hacim merkezli kübik (HMK) ve hegzagonal sıkı paket (HSP) kristal yapılarına sahiptirler. YEA'ların kullanım alanları havacılık, nükleer gibi alanlarda teknolojilerin geliştirilmesi ile paralel olarak ihtiyaçları giderebilmek amacı ile aşınma, korozyon direnci ve mukavemetlerinin yüksek olması bu tür alaşımlı malzemelere çalışmayı yönlendirmiştir[7].

YEA'ların üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemler; vakum arc melting, vakum indüksiyon melting ve melt spinning[8]. Bu üretim yöntemleri arasından vakum arc melting üretim yöntemi tercih edilmiştir.

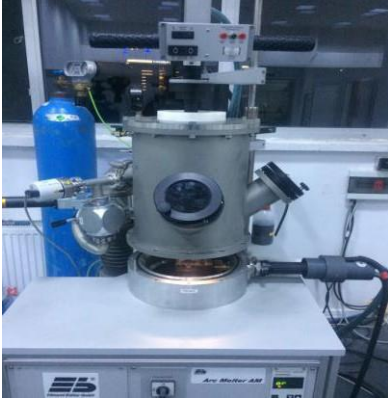
Bu çalışmada, vakum arc melting üretim yöntemi ile CrMnFeCoNiAl bileşimlerinden oluşan yüksek entropili alaşım üretilmiştir. Elde edilen yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın optik mikroyapı, SEM ve Rockwell sertlik analizi gerçekleştirilmiştir.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın üretimi, BOREN'de bulunan Arc Melter AM 500 markalı cihazda gerçekleştirilmiştir(Şekil 1). Vakum Arc Melting üretim yöntemi ile elde edilen yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın kimyasal bileşimi Tablo 1. de verilmektedir.

Tablo 1. Kimyasal Bileşim (%)

Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Al
27,10	17,10	18,70	18,40	16,00	1



Şekil 1. Arc Melter AM 500 Cihazı.

Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın üretimi esnasında 400 Amper'de argon gazı beslemesi ile gerçekleştirilmiştir. YEA'nın homojenliği sağlamak amacı ile en az 3 defa ergitme işlemi yapılmıştır.



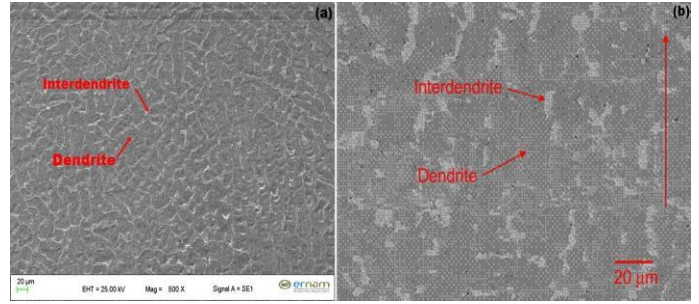
Şekil 2. Ergime işlemi öncesi ve sonrası

Yüksek entropi oluşturmak için gerekli Valans Elektron Konsantrasyonu (VEC) her element için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Vakum Arc Melting cihazında bulunan bakır potanın içerisine ergitme için rasgele yüksek entropi oluşturacak VEC değerleri hesaplanmış elementler yerleştirilmiştir(Şekil 2.a). YEA'nın homojenliğini sağlamak amacı ile aynı potada üç defa ergitme işlemi yapılmıştır(Şekil 2.b) ve Şekil 2.c.d'de resmi görülen yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımı üretilmiştir. Yer yer malzeme üzerinde oksitlenmeler meydana geldiği görülmüştür(Şekil 2.c.d) ve zımparalama işlemi ile bu oksitlenmeler numune yüzeyinden uzaklaştırılmıştır. Üretim öncesi toplam element 25 gr şarj edilmiştir. Fakat döküm sonrası 24,70 gr ölçülmüştür. 0,30 gr elementin buharlaştığı düşünülmektedir.

Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşım numuneleri zımparalama ve parlatma işlemleri için Metkon Forcipol 2V cihazı kullanılmıştır. SiC içeriğine sahip olan 120, 400, 800 ve 1200 zımpara ile sırasıyla zımparalanmıştır. 1 mikron çuha ile su bazlı süspansiyonlar kullanarak parlatma işlemi yapılmıştır. Yağlayıcı olarak ise su bazlı elmas suları tercih edilmiştir. Optik mikroyapı incelemeleri için numunelerin yüzeyleri Nitrik Asit (HNO_3), Ethanol (C_2H_6O) ve saf su çözeltisini 60 sn. daldırarak 12 voltluk elektrik akımı ile elektrolitik dağlama yapılmıştır. Optik mikroyapılar Nikon Eclipse MA 100 tipi ışık mikroskopunda incelenmiştir. Erciyes Üniversitesi'nde bulunan ZEISS LS-10 Life Science markalı cihazda SEM incelemeleri yapılmıştır. Sertlik için Durajet G5 markalı Rockwell sertlik testi yapılmıştır.

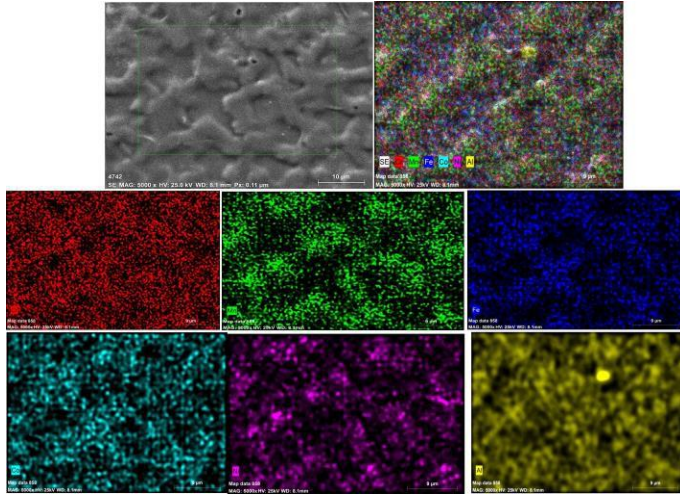
III. MİKROYAPILAR, SERTLİK VE TARTIŞMA

Yüksek entropili alaşımın mikroyapı görüntüleri literatürle karşılaştırdığımızda uyumlu gözükmemektedir. Örneğin, üretilen yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşım ile 2012 yılında Hemphill M.A ve arkadaşları[9] tarafından üretilen yüksek entropili ($Al_{10.5}CoCrCuFeNi$) alaşım mikroyapı görüntülerinde dentritik ve interdentritik yapılar görülmektedir(Şekil 3)



Şekil 3. (a) Üretilen yüksek entropili (CrMnFeCoNiAl) alaşım, (b) Hemphill M.A ve arkadaşları[9] tarafından üretilen yüksek entropili ($Al_{10.5}CoCrCuFeNi$) alaşım

IV. SONUÇLAR



Şekil 4. Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın SEM elementel dağılım haritası

Şekil 4. de SEM elementel dağılım haritası sırasıyla Cr, Mn, Fe, Co, Ni ve Al olarak dağılımlar görülmektedir. Yapılan elementel dağılım haritasında elementlerin homojen olarak dağıldığı görülmektedir.

Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın sertlik değeri Rockwell cinsinden ölçülmüş ve sertlik değeri 46.95 HRA olarak ölçülmüştür.

- ✓ Yüksek entropili (CrMnFeCoNiAl) alaşımın Valans Elektron Konsantrasyonu (VEC Değeri) 7.67 olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Yüksek entropili CrMnFeCoNiAl alaşımın mikroyapı görüntülerinde dentritik ve interdentritik yapılar görülmüştür.
- ✓ SEM elementel dağılım haritası ile elementlerin homojen olarak dağıldığı görülmüştür.
- ✓ Sertlik değeri Rockwell cinsinden 46.95 HRA olarak ölçülmüştür.

REFERENCES

- [1] Yang, X. Zhang, Y. (2012). Prediction of highentropy stabilized solid-solution in multi-component alloys, *Materials Chemistry and Physics*, 132, 233-238.
- [2] <https://mme.iitm.ac.in/murty/hea> Son Erişim Tarihi: 30.12.2018
- [3] Zhang, Y., Zuo, T. T., Tang, Z., Gao, M. C., Dahmen, K. A., Liaw, P. K. ve Lu, Z. P. (2014). Microstructures and properties of high-entropy alloys. *Progress in Materials Science*, 61(October 2013), 1-93. doi:10.1016/j.pmatsci.2013.10.001.
- [4] Miracle D. B., Senkov, O. N. (2017). A critical review of high entropy alloys and related concepts, *Acta Materialia*, 122, 448-511.
- [5] Tsai M., Yeh, J.W. (2014). Hig h-Entropy Alloys : A Critical Review, *Materials Research Letters*, 2, 107- 123.
- [6] Gao, M. C., Yeh, J.W., Liaw, P. K., Zhang, Y. (2016). Hig h-Entropy Alloys : Fundamentals and Applications., Springer.
- [7] Yeh, J.W. "Recent Progress in High Entropy Alloys", *Ann. Chim. Sci. Mat.*, 2006, 31, 633-648.
- [8] Murty B.S., Yeh J.W., Ranganathan S.,(2014), High Entropy Alloys
- [9] Hemphill M.A., Yuan T., Wang G.Y., Yeh J.W., Tsai C.W., Chuang A., vd., 2012, Fatigue behaviour of Al0.5CoCrCuFeNi high entropy alloys, *Acta Mater.*, 60, 5723_5734.