

V ve Mn İlavesinin Kobalt Esaslı Alaşımların İçyapı ve Diğer Bazı Özelliklerine Etkisi

Emine ŞAP¹, Halis ÇELİK²

¹Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Bingöl/TÜRKİYE

²Fırat Üniversitesi Tek. Eğt. Fak. Metal Eğt. Böl., 23119 Elazığ/TÜRKİYE

esap@bingol.edu.tr

(Geliş/Received: 18.10.2012; Kabul/Accepted:22.12.2012)

Özet

Bu çalışmada V ve Mn ilavesinin kobalt esaslı bir alaşımın içyapı ve diğer bazı özelliklerine etkisi incelenmiştir. Co-28Cr-6Mo-0,7Mn-0,5Si-0,5C kobalt esaslı alaşım referans alınmıştır. Referans alaşıma % 1,3 Mn, % 0,7-1,3 V ilave edilerek üç çeşit yeni alaşım üretilmiştir. Kobalt esaslı alaşıma elementler ergitme yöntemi ile ilave edilmiştir. Malzemelerin ergitilmesi için bir elektrik indüksiyon ergitme fırını kullanılmıştır ve ergitme işlemi normal atmosfer şartlarında yapılmıştır. Alaşımlandırma işlemlerinde % 99.9 saflıkta elementler kullanılmıştır. Deney numuneleri döküm yöntemiyle üretilmiştir. Numunelerin çekme deneyi ve sertlik ölçümleri yapıldı. SEM ve EDS ile metalografik özellikleri belirlendi. Deneylerden Mn ve V ilavesinin Co esaslı alaşımın sertliğini düşürdüğü anlaşılmıştır. Yapılan mikroyapı incelemelerinde referans alaşımın dendritik bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Dendrit kollarında ise nano yapıli bölgelerin oluştuğı anlaşılmıştır. Mn ilavesi ile malzemedeki dendritik yapı daha homojen bir dağılıma sahip olmuştur. V ilavesi ile alaşımda nano boyutlu dendritik yapı oluşmuş ve bu nano dendrit kollarının referans alaşımdakinden daha uzun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kobalt esaslı alaşımlar, Biyomalzemeler, İmplantlar

Effects of Addition of V and Mn on Interior Structure and Some other Properties of Cobalt Based Alloys

Abstract

Effects of V and Mn additions on interior structure and some other properties of a cobalt based alloy have been investigated in this study. Co-28Cr-6Mo-0.7Mn-0.5Si-0.5C alloy was taken as reference. % 0,7-1,3 V and %1,3 Mn was added to produce three different alloys. Alloying elements were added to cobalt based alloy by melting. An induction furnace was used for melting the materials and melting process was performed under normal atmospheric conditions. 99.9 % pure elements were used for alloying process. Specimens were produced with casting. Hardness and tensile experiment of specimens were performed. Metallographic features with SEM and EDS were determined. From the mechanical tests, the hardness of cobalt based alloys were seen to have decreased with Mn and V addition. Microstructural analysis showed that reference alloy had a dendritic structure. On dendrite arms nano-sized region was taken from. With Mn edition dendritic structure in reference alloy was dispersed homogenly. These result showed that with Mn edition dendritic structure in reference alloy was dispersed homogenly. With V addition nano sized dendrite structure was formed and it was seen that this nano dendrite arms were longer than reference alloy.

Keywords: Cobalt based alloys, Biomaterials, Implant

1.Giriş

“Biyomalzeme Bilimi” günümüzde büyük gelişmelerin olduğu bir bilim dalıdır. Biyomalzemeler biyoteknoloji alanında ve tıbbi uygulamalarda kullanılmaktadır. Biyoyumlu yani “vücutla uyuşabilir” biyomalzeme, kendisini çevreleyen dokuların normal değişimlerine engel olmayan ve dokuda istenmeyen tepkiler (iltihaplanma, pıhtı oluşumu, vb) meydana getirmeyen malzemedir. Biyomalzemeler sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut akışkanlarıyla (örneğin kan) temas ederler. Bilimsel anlamda yeni bir alan olmasına karşın, uygulama açısından biyomalzeme kullanımı tarihin çok eski zamanlara kadar uzanmaktadır.[1]

İnsan vücudunda kullanılmak üzere geliştirilen ilk metal, “Vanadyum Çeliği”dir. Protez üretiminde kullanılan, demir, krom, kobalt, nikel, titanyum, tantal, molibden, niobyum ve tungsten gibi çok sayıda metal, az miktarda kullanılmak koşuluyla canlı vücuduna uygunluk göstermektedir. Vücut içerisinde fazla miktarda bulunması zararlı olan bu metaller, metabolizmik faaliyetler sırasında da oluşabilmektedir. Örneğin, B12 vitamininin sentezlenmesinde kobaltın, kırmızı kan hücre fonksiyonlarında gerekli olan demirin meydana gelmesi gibi [2,3]

Biyomalzemelerin kullanım yerlerine göre uygun özellikleri taşıması gerekmektedir. Ortopedik uygulamalarda biyomalzemelerin, mekanik dayanımlarının olması, vücut sıvılarını bünyelerine alıp şişmemeleri, deforme olmamaları, korozyona uğramamaları, aşınmamaları, alerjik reaksiyonlara neden olmamaları ve zehirli ürünler salgılamamaları, kolay şekillendirilebilir olmaları ve sterilizasyon işlemlerinde özelliklerini bozmamaları da büyük önem arz etmektedir [1,4,5].

Bugün için, metalik biyomalzemeler olarak en fazla uygulama alanı bulan metal ve alaşımları, paslanmaz çelikler (316L), titanyum ve titanyum alaşımları, kobalt krom alaşımları, kobalt-nikel-krom-molibden alaşımı, tantal alaşımları, nikel-titanyum alaşımları, amalgam ve altındır. Platin, tantal ve zirkon gibi elementlerin mekanik dayanımlarının düşük

olması nedeniyle implant olarak kullanım alanları sınırlıdır. Yük taşıyıcı olarak en yaygın olarak kullanılan metalik malzemeler; paslanmaz çelikler (316L), Co-Cr-Mo alaşımları ile titanyum ve titanyum alaşımlarıdır [1,6]. Metalik implantların dayanımı ve elastisite modülü, kemiğin dayanımından daha yüksektir. Bugün cerrahi uygulamalarda kobalt esaslı alaşımlar kırık bağlantı elamanlarının yanı sıra diz, omuz ve kalça gibi ortopedik protezler olarak da kullanımı göze çarpmaktadır[7].

Co-Cr-Mo alaşımları üstün mekanik özellikleri, mükemmel korozyon direnci, biyoyumluluk ve aşınma direnci nedeniyle tıp ve mühendislik uygulamaları gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır [8,9].

Modern kobalt esaslı alaşımların mikroyapısını kimyasal bileşim, kristallografik fazlar ve termomekanik işlemler etkiler. Alaşımın yapısı içerisinde çökelmiş fazların doğası ve morfolojisi, mekanik özelliklerin kuvvetli bir belirleyicisidir ve gerçek servis koşullarında alaşım sisteminin yapısal kararlılığını sağlarlar. Bu nedenle, alaşımın mikroyapısının araştırılması ve ısı işlem gibi mikroyapıyı değiştiren işlemlerin özelliklerinin belirlenmesi gerekir [10].

Temel alaşım elementlerinin kobalt esaslı alaşımlardaki etkileri Tablo 1’de özetlenmiştir. Bu alaşım elementlerinden yalnızca tungstenin ergime sıcaklığını arttırıcı bir özelliği vardır [10].

Döküm alaşımları %0,5 oranında C içerdiğinden dökülebilirlik geliştirilmiş ve erime sıcaklığı 1350°C’ye düşürülmüştür. Vakutma ergitme ve döküm prosesi ile oksidasyondan kaçınılarak kaliteli döküm sağlanmıştır. Alaşım elementlerinin erime sıcaklığını düşürmesi ile ince tane boyutu ve kalıp sıcaklığının 1000°C’den 900°C’ye inmesi ile sonuçlanmıştır. Döküm sıcaklığı alaşımın cinsine bağlı olarak 1350-1450°C arasında değişir. Döküm mikroyapısı dentritik matris ile dağılmış karbürlerden (M₂₃C₆, M₇C₃, M₆C M= Co, Cr yada Mo) ve diğer inermetalik bileşenlerden oluşur. Döküm şartları alaşımın dayanımını ve sünekliğini etkiler.

Tablo 1. Kobalt esaslı alaşımlarda alaşım elementlerinin etkisi [10].

Etkisi	Ni Ostenitin kararlılığını arttırır	Cr Yüzey kararlılığını arttırır	W Katı eriyik sertleştirme	Ti,Zr,Cb,Ta Karbür yapısı	C Karbür yapıcı
Örnekler (%)					
Problem	Korozyon direncini düşürür	TSP fazlarını meydana getirir		Yüzey kararlılığını düşürür	Sünekliği düşürür
X-4x	10	25	7.5		0.45
MM-509	10	24	7.0	3.5 Ta, 0.5 Zr, 0.2 Ti	0.60
L-605	10	20	15.0	-	0.10
HS-188	22	22	14.0	-	0.08

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada dört eşit alaşım indüksiyon ergitme yöntemiyle üretildi. Ergitme işlemi için indüksiyon ergitme fırını kullanıldı. Ergitme işlemi sırasında 1800°C sıcaklığa dayanabilen SiC esaslı ergitme potaları kullanıldı. Ergitme işlemine, ilk önce ergime sıcaklığı en düşük olması nedeniyle, kobalt elementinin ergitilmesiyle başlanmıştır. Daha sonra sırasıyla Cr, Mo, Si, Mn ve C elementleri dışarıdan ergimiş haldeki Co' a ilave edilmiştir. Ergitme işlemleri normal hava şartlarında yapılmıştır ve bu esnada alaşımın oksitlenmesini önlemek amacıyla potanın üzeri mümkün olduğu oranda kapalı tutulmaya çalışılmıştır. Ergimiş metal, kokil (metal) kalıba dökülerek 10 mm çapında ve 13 cm uzunluğunda çubuklar halinde üretildi. Döküm sıcaklığı 1450–1475 °C civarında tutuldu.

Co-28Cr-5Mo-0,5Si-0,7Mn-0,5C bileşimindeki piyasada dental alanda en çok kullanılan alaşım, referans malzeme olarak kullanıldı. İlk önce referans alaşımın üretildi. Sonra bu alaşıma % 1.3 Mn, % 0.7-1,3 V katılarak üç yeni alaşım elde edildi. Üretilen alaşımların analiz sonuçları Tablo 2'de

görülmektedir. Tablodan da görülebileceği gibi, dört adet kobalt esaslı alaşım dökülerek başarı ile üretilmiştir.

Referans alaşımın sertlik değerine katkı elementleri V ve Mn'in etkisini anlayabilmek amacıyla bir dizi sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Rockwell ve Vickers yöntemleri ile alaşımın en az üç farklı bölgesi kullanılarak yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır.

Döküm yöntemiyle çubuk şeklinde üretilen numunelerin her birinden en az iki adet çekme çubuğu üretildi. Katkı elementlerinin referans alaşımının çekme dayanımı ve sünekliğini ne miktarda etkilediğini anlamak amacıyla bir dizi çekme deneyleri yapıldı. Referans alaşımın sertliğinin yüksek olması nedeniyle çekme numuneleri hazırlanırken talaşlı işlemede zorluk çekilmiştir. Bunun sonucu olarak üretilen çekme numunelerinin yüzeyleri pürüzlü ve tam düzgün olarak çıkmamıştır. Bu sebepten dolayı üretilen çekme deney numunelerinin yüzeyleri bir defa da taşlama işlemine tabi tutularak tam düzgün hale getirilmiştir. Bu işlemlerden sonra çekme deneyleri yapılmıştır.

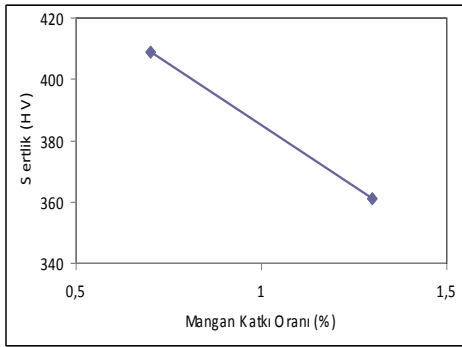
Tablo 2. Üretilen deney numunelerinin kimyasal bileşimleri.

Numune No	Numune Adı	Alaşım elementleri (% ağı)							
		Co	Cr	Mo	Si	C	Mn	V	Ti
A1	Co-Cr-Mo-0,7Mn	63,92	28,61	5,76	0,48	0,49	0,73	0,03	-
A2	Co-Cr-Mo-1,3Mn	62,57	27,78	5,73	0,50	0,49	1,33	0,02	0,01
B1	Co-Cr-Mo-0,7V	63,61	28,89	5,52	0,51	0,46	0,74	0,69	0,01
B2	Co-Cr-Mo-1,3V	62,28	29,06	5,68	0,52	0,48	0,72	1,26	0,05

3. Deney Sonuçları

3.1. Sertlik sonuçları

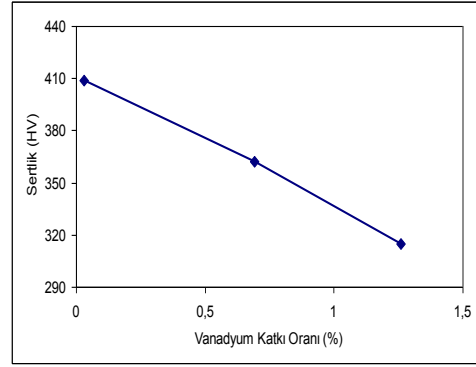
Kimyasal bileşimi Co-Cr-Mo-0,5Si-0,5C,-0,7Mn olan ve dental alanda en çok kullanılan A1 numunesine ait alaşım referans numune olarak seçilmiştir. Bu alaşımın sertlik değerine katkı elementleri V ve Mn'in etkisini anlayabilmek amacıyla bir dizi sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler Rockwell ve Vickers yöntemleri ile alaşımın en az üç farklı bölgesi kullanılarak yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır. Sertlik ölçüm sonuçları Şekil 3.1'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.1. Mangan katkı oranının sertliğe etkisi

Grafikten anlaşılabileceği gibi % 0,7 Mn içerikli numune orijinal numune (Co-Cr-Mo-0,5Si-0,5C,-0,7Mn) olup bu alaşımın sertliği ortalama 409 HV değerindedir. Bu alaşıma % 1,3 Mn ilavesi sertliğin bir miktar düşmesine sebep olmuştur. Bu düşüş ortalama 50 HV değerindedir.

Şekil 3.2'de vanadyum katkılı alaşımın sertlik ölçüm grafiği görülmektedir. Bu grafikte grafik çizgisinin başlangıç noktası orijinal alaşımın yani A1 numunesinin sertlik değeri olup, devam eden kısımları ise alaşıma % 0,7-1,3 oranlarında vanadyum katılarak üretilen alaşımın sertlik değerleridir. Grafikten anlaşılabileceği gibi alaşıma katılan vanadyum, alaşımın sertliğini önemli bir miktar düşürmüştür. Bu sertlik düşüşü 0,7 V katkılı numunede 47 HV değerinde iken; 1,3 V katkılı numunede 94 HV değerindedir. 0,7 V katkısı ile alaşımın sertliği 362 HV olarak ölçülmüşken; vanadyum katkı oranının % 1,3'e yükselmesi ile sertlik değeri 315 HV olmuştur. Vanadyum katkı oranının artışı ile alaşımın sertliğinde de düzgün bir düşüş gözlenmiştir.

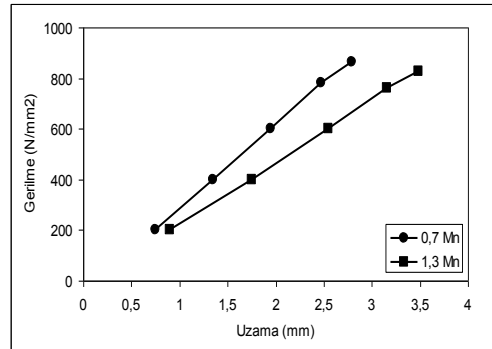


Şekil 3.2. Vanadyum katkı oranının sertliğe etkisi

3.2 Çekme deney sonuçları

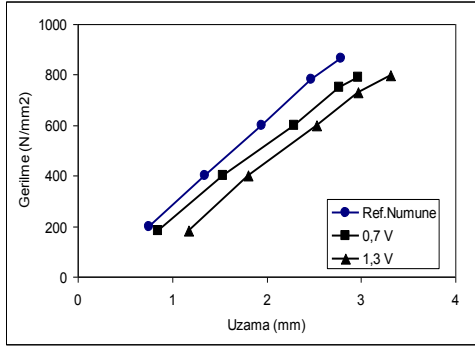
Şekil 3.3'te alaşıma ilave edilen %1,3 Mn oranının % 0,7 Mn ilavesine göre çekme dayanımını düşürerek uzamayı artırdığı görülmektedir.

Mn ilavesiyle alaşımın hem çekme dayanımı hem de uzama değerlerinde lineer bir değişim gözlenmiştir. Dolayısıyla bu sonuçlardan alaşımın tokluğunun yükseldiğini söylemek de mümkündür.



Şekil 3.3. Mangan katkı oranının çekme dayanımı ve uzamaya etkisi

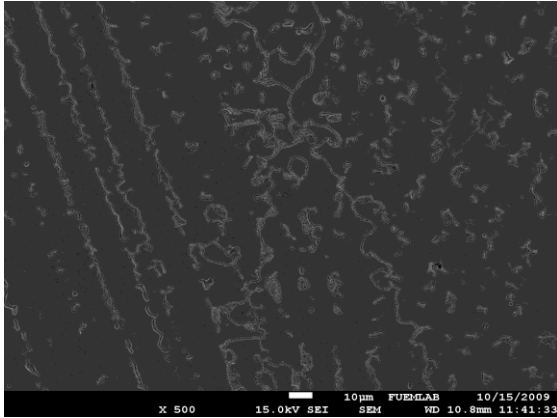
Referans alaşıma katılan % 0,7-1,3 V ilavesi alaşımın çekme dayanımında ve uzama değerlerinde bazı değişmelere sebep olmuştur. Şekil 3.4'deki grafikten de anlaşılabileceği üzere vanadyum oranının % 0,7-1,3 ilavesi alaşımın çekme dayanımını düşürüp uzamasını artırmıştır. % 0,7 vanadyum ilavesi ile çekme dayanımı bir miktar düşerken; % 1,3 vanadyum ilavesi sonucunda çekme dayanımı tekrar artmıştır. Fakat referans numunenin çekme dayanımı değerine ulaşamamıştır.



Şekil 3.4. Vanadyum katkı oranının çekme dayanımı ve uzamaya etkisi

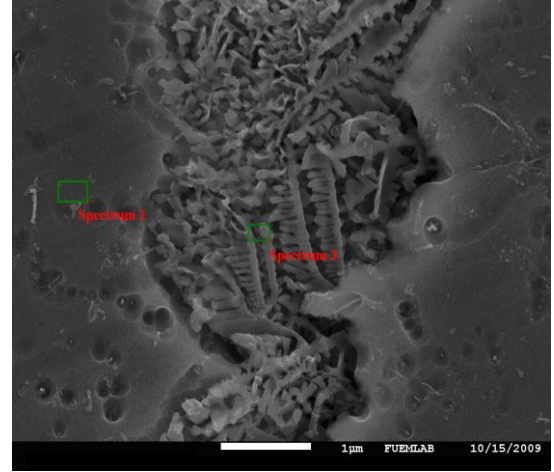
3.3. Mikroyapı incelemesi

A1 referans numunesinin 500 büyütmedeki mikroyapı fotoğrafı Şekil 3.5'te görüldüğü gibidir. Mikroyapı fotoğrafından da anlaşılabileceği gibi alaşım dendritik bir yapıya benzeyen uzun hat şeklinde ve yer yer bölgesel olan açık renkli ikinci faz bölgelerine sahiptir. Bu bölgelerin varlığı mevcut olan ana fazın miktarına oranla daha küçük olduğu söylenebilir.



Şekil 3.5. A1 numunesinin mikroyapı görüntüsü

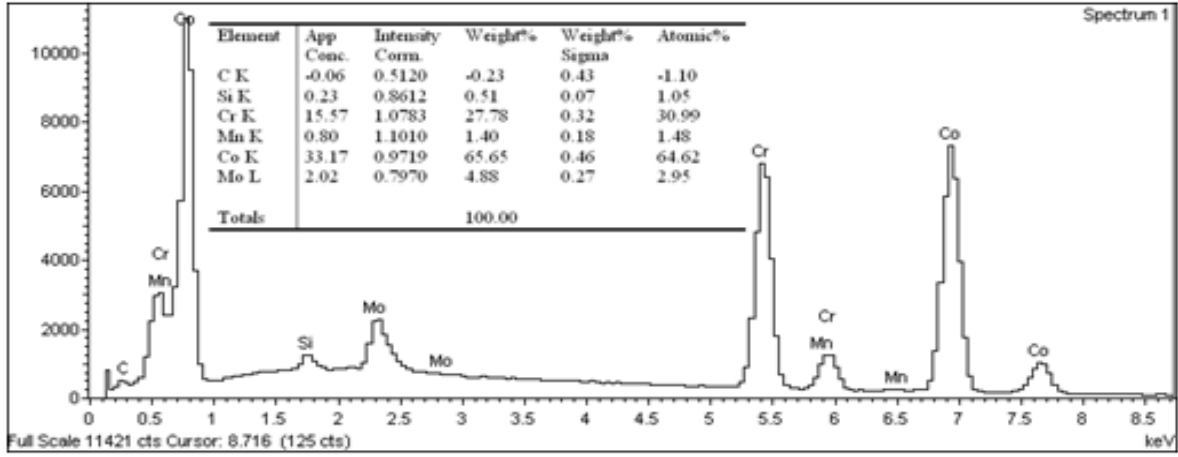
Fotoğraftaki ikinci faz bölgeleri olarak adlandırılan açık renkli bölgelerin yapısını daha iyi anlamak amacıyla çok yüksek büyütmeyle çıkılarak (20000X) Şekil 3.6'daki fotoğraf elde edilmiştir. Şekil 3.6'daki bu fotoğraf incelendiğinde açık renkli bölgelerin nano mertebesinde dendritik bir yapıya sahip olduğu fark edilmektedir. Bu dendritlerin tarak şeklinde olduğu ve açık renkli bölgeler boyunca çok sık bir şekilde dizildiği ve ayrıca ikincil dendrit kolları arasındaki mesafenin çok az olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu dendrit kollarının kalınlığının yaklaşık olarak 83 nm olduğu ve dendrit kolları arasında başka bir faz bulunmadığı da anlaşılmıştır.



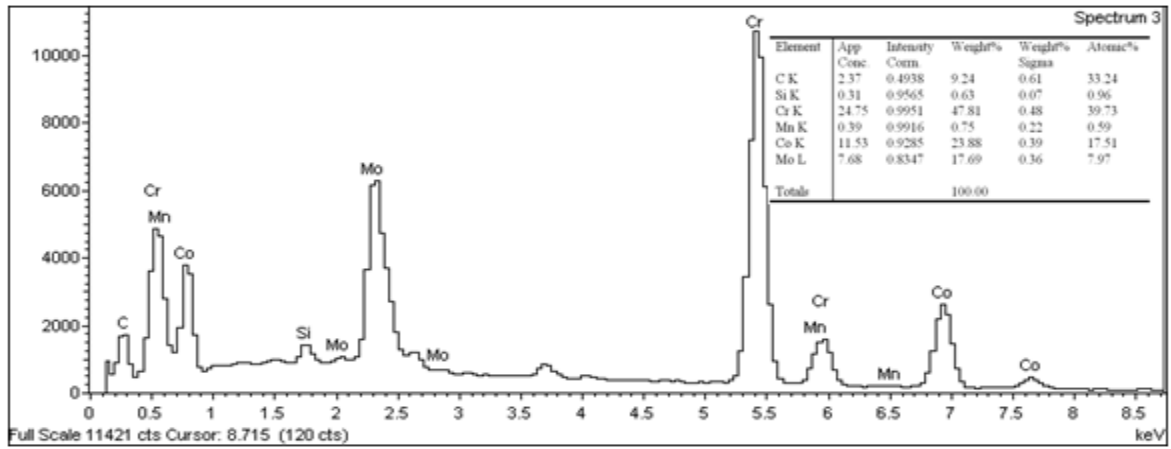
Şekil 3.6. A1 numunesinin mikroyapı görüntüsü ve EDS analizinin alındığı nokta

Dendrit kollarının kimyasal yapısını anlamak amacıyla EDS analizleri yapılmıştır (Şekil 3.7 ve 3.8). Analizler farklı faz yapılarının bulunduğu iki yerden alınmıştır.

İki bölgeye ait analiz sonuç grafiği ve bu grafiğe ait analiz değerleri Şekil 3.7 ve 3.8'de görüldüğü gibidir. 1 no'lu Spectrum bölgesinden alınan EDS analizlerinden (Şekil 3.7) alaşımın yaklaşık olarak kimyasal bileşiminin buradaki teşekkül ettiği anlaşılmaktadır. Alaşımın kimyasal yapısında önemli bir yere sahip olan Co, dendrit bölgesi içerisinde diğer bölgeye göre daha az miktarda bulunmaktadır (Şekil 3.8). Ayrıca dendritik bölgeden alınan analizden Cr 'un bu bölgede daha fazla miktarda bulunduğu sonucuna da varılmıştır. Şekil 3.9'da referans alaşıma % 1,3 Mn ilave edilerek üretilmiş A2 numunesinin mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. A1 numunesindeki daha çok bir hat boyunca uzanan (çizgi şeklinde) açık renkli yapı (ikinci faz bölgesi) % 1,3 Mn ilavesi nedeniyle bu çizgisel şeklini kaybederek küçük bölgeler halinde tüm yapıya dağılmıştır. Şekil 3.9'daki bu fotoğraf incelendiğinde açık renkli bölgelerin yine nano boyutlu dendritik bir yapıya sahip olduğu fark edilmektedir. Fakat bu alaşımda referans alaşımda oluşmuş olan tarak şeklindeki nano boyutlu dendritik yapının oluşmadığı sonucuna varılmıştır. İkinci faz bölgelerinin numune boyunca çok ince hatlarla birbirine bağlı (ilişkili) oldukları yüksek büyütmedeki bu fotoğraftan açıkça görülmektedir. Tane sınırları olarak görülen bu kısımların aslında tane sınırları olmayıp farklı bir faz olduğu da açıktır.

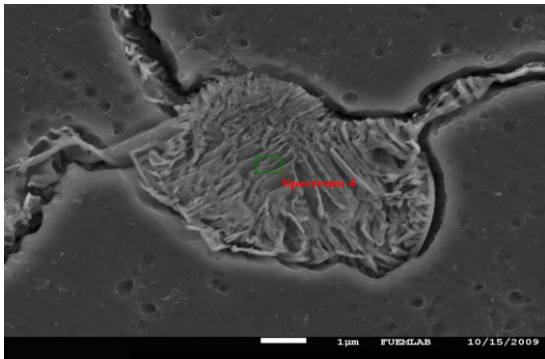


Şekil 3.7. A1 numunesinde 1no'lu spektrumunun EDS analiz grafiği



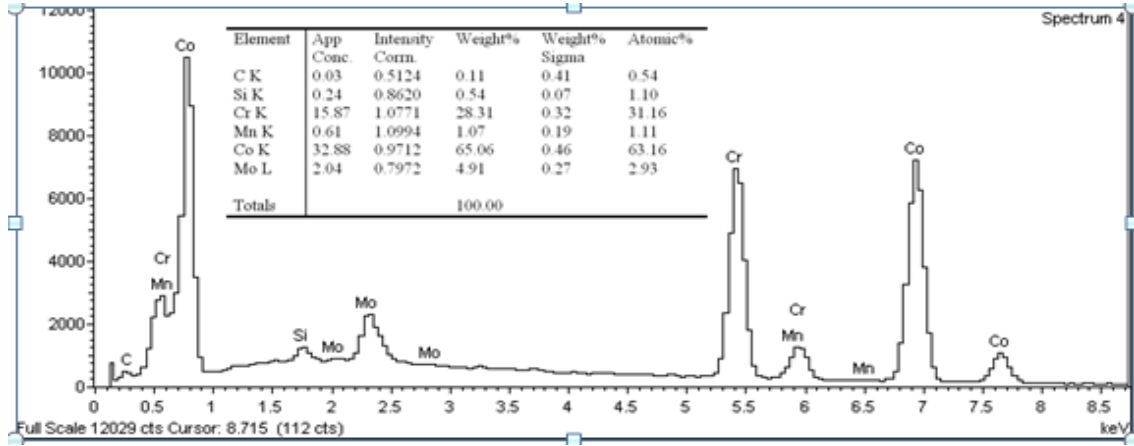
Şekil 3.8. A1 numunesinde 3no'lu spektrumunun EDS analiz grafiği

Dolayısıyla % 1,3 Mn içerikli bu alaşımın da iki fazdan oluştuğu sonucuna varılmıştır. Ancak bu yapıda Co-Cr ötektik fazının, α fazı içerisinde daha homojen ve ince olarak dağıldığı görülmüştür. Bu yapı istenilen bir durumdur. Çünkü homojen yapıli alaşımlar üstün mekanik ve mikroyapı özelliklerine sahiptir.



Şekil 3.9. A2 numunesinin mikroyapı görüntüsü ve EDS analizinin alındığı nokta

Tane sınırı görünümünde olan kısmın kimyasal yapısının anlaşılması amacıyla EDS analizleri yapılmıştır. Bu analizler Şekil 3.9'da gösterilen kısımlardan alınmıştır. Fotoğraf üzerindeki noktaların analiz grafiği ve analiz değerleri Şekil 3.10'da görülmektedir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırılan bölgeden alınan analizden bu kısmın Cr ve Co içeriği bakımından zengin kısımlar olduğu görülmektedir. Molibden oranının da yine bu bölgelerde biraz y'üksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.10). Bu bölge genel yapıdaki tüm bileşenleri kapsamamaktadır. Şekil 3.11'de A1 numunesine % 0,7 V ilave edilen B1 alaşımının mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Bu alaşım yapısının da iki fazlı dentritik bir yapıda olduğu görülmektedir. Açık renkli bölgelerinin nano mertebesinde dendritik bir yapıya sahip olduğu fark edilmektedir. Bu dendrit kollarının kalınlığı ölçülmüş ve yaklaşık olarak 83 nm olarak ölçülmüştür.

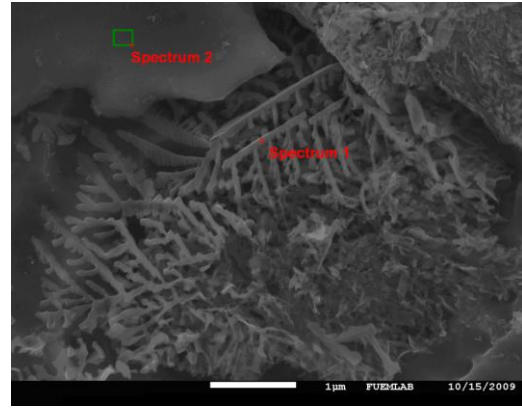


Şekil 3.10. A2 numunesinin EDS analiz grafiği

Ayrıca bu numunede ikincil dendrit kollarının daha belirgin bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Orijinal alaşıma vanadyum ilavesi ile nano boyutlu dendritik yapının ve ikincil dendrit kolları arasındaki mesafenin artmıştır. Fotoğraflardan dendrit kolları arasında başka bir fazın oluşmadığı sonucuna da varılmıştır. Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13’de B1 numunesinin EDS analiz sonuçları verilmiştir. Şekil 3.11’deki bölgelerden alınan EDS analizlerinin grafik ve tabloları Şekil 3.12 ve 3.13’te verilmiştir. Buna göre Şekil 3.11’de dendrit kolu olarak görülen 1 numaralı noktanın bileşimi Şekil 3.12’ verilmiştir. Bu nokta veya dendrit kolu Co içeriği bakımından 2 numaralı noktadan daha zengin çıkmakla beraber aradaki fark çok büyük değildir. Diğer dikkat çekici sonuçlardan biri de dendrit kolundan alınan 1 numaralı spectrumda vanadyum içeriğinin 2 numaralı noktaya göre daha fazla çıkmış olmasıdır. Şekil 3.14’de Alalaşımına % 1,3 V ilave edilerek elde edilmiş B2 numunesinin mikroyapı görüntüsünde nano boyutlu dendrit yapısı yer almaktadır. Bu yapıya, diğer numunelerde olduğu gibi yine bu numunede de ikinci faz bölgeleri olarak adlandırdığımız, açık renkli bölgelerde rastlanılmıştır. Ayrıca vanadyum ilavesinin %1,3’e çıkmasıyla ikincil dendrit kollarının hem uzunluğunun ve hem de yoğunluğunun azaldığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 3.14, 3.15 ve 3.16’da görüldüğü gibi, fazların kimyasal bileşimini anlamak amacıyla belirli noktalardan EDS analizleri alınmıştır. Dendrit kollarından yani 1 numaralı noktadan alınan analizlerden Co içeriği bakımından düşük olduğu ancak diğer elementler yani Cr, Mo, Mn, V bakımından yüksek değerler içerdiği görülmüştür.

Şekil 3.14 B2 numunesinin mikroyapı görüntüsü ve EDS analizinin alındığı noktalar.

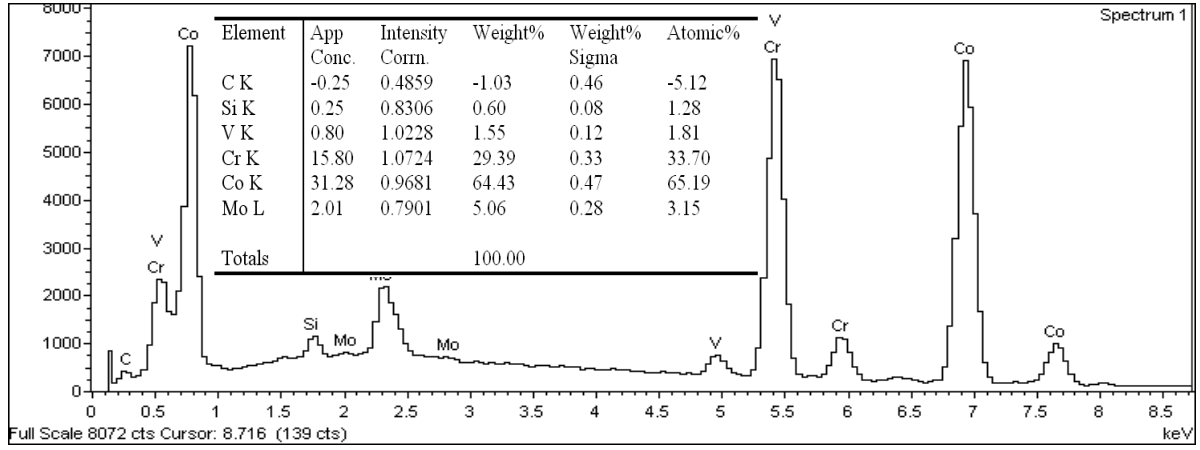


Şekil 3.11. B1 numunesinin mikroyapı görüntüsü ve EDS analizinin alındığı noktalar

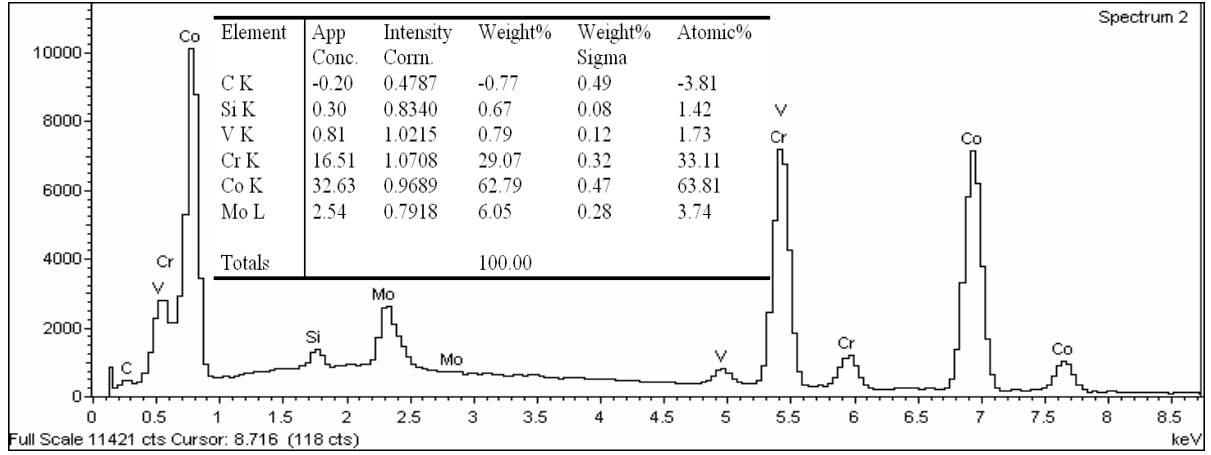
4. Sonuçlar

Çalışmada, indüksiyon ergitme fırınında, döküm yöntemi kullanılarak elde edilen kobalt esaslı Co-28Cr-6Mo-0,7Mn-0,5Si-0,5C bileşimindeki referans alaşımın mikroyapı ve mekanik özelliklerine mangan (Mn) ve vanadyum (V) elementlerinin etkisi incelendi ve aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı.

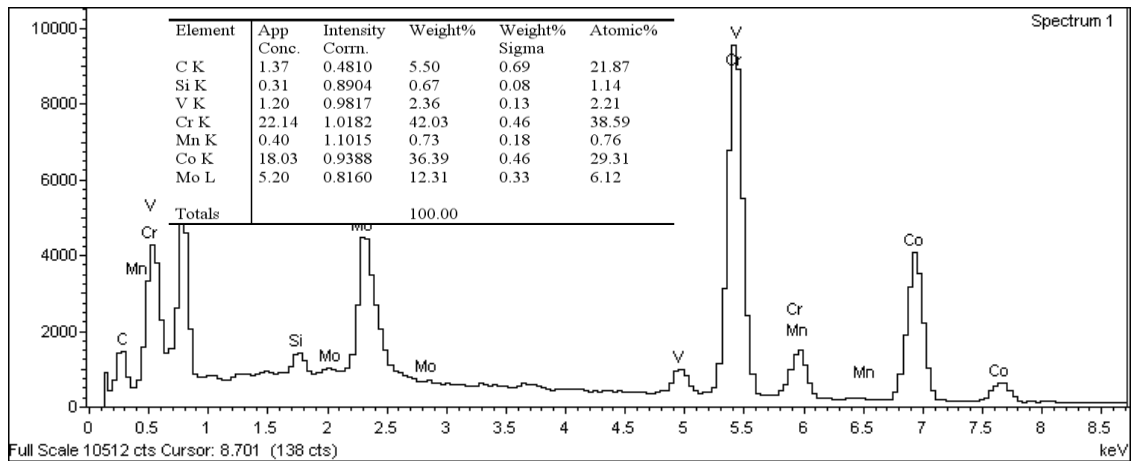
Referans alaşım olarak kabul edilen Co-28Cr-6Mo-0,7Mn-0,5Si-0,5C bileşimindeki alaşımın sertliği 409 HV olup, ilave edilen % 1,3 oranındaki Mn alaşımın sertliğini azaltarak 361 HV değerine düşürmüştür. Referans alaşıma % 0,7 ve 1,3 oranında vanadyum ilavesiyle alaşımın sertliğini düşürmüştür. % 0,7 vanadyum ilavesi ile 362 HV değerlerine ve % 1,3 vanadyum ilavesi ile de 315 HV değerlerine düşmüştür.



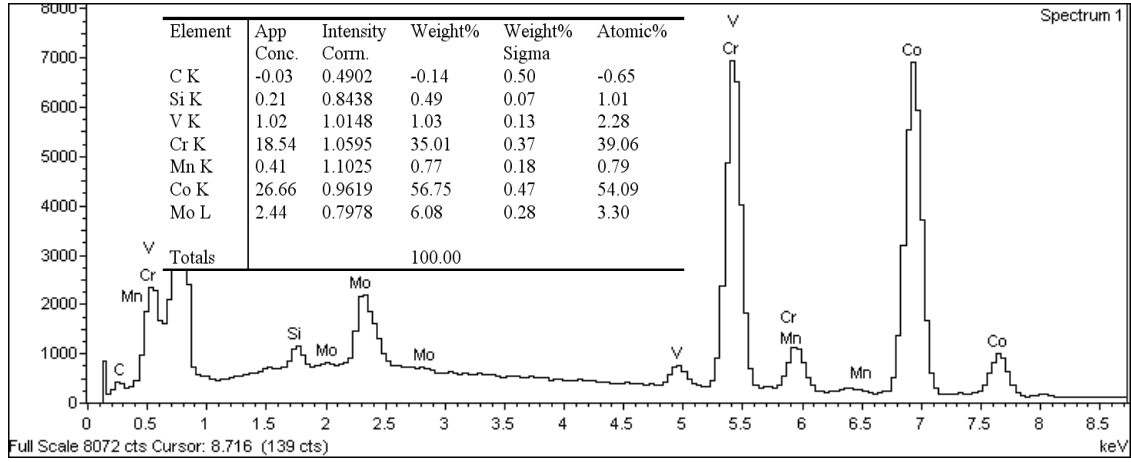
Şekil 3.12 B1 numunesinde 1no'lu Spektrumun EDS analizi grafiği



Şekil 3.13. B1 numunesinde 2no'lu Spektrumun EDS analizi grafiği



Şekil 3.15 B2 numunesinde 1no'lu Spektrumun EDS analizi grafiği



Şekil 3.16. B2 numunesinde 1no'lu Spektrumun EDS analizi grafiği

Referans alaşımların çekme dayanımı 863 N/mm² olarak ölçülmüştür. % 1,3 Mn ilavesi çekme dayanımını düşürerek 820 N/mm² seviyelerine gerilemesine sebep olmuştur. % 0,7 vanadyum ilavesi ile alaşımların çekme dayanımını bir miktar düşmüş, %1,3 vanadyum ilavesi ile de çekme dayanımı tekrar yükselerek 800 N/mm² değerlerine ulaşmıştır.

Mikroyapı özelliklerini anlamak amacıyla yapılan elektron mikroskobu çalışmalarında referans alaşımların nano boyutlu dendritik bir yapıya sahip olduğu, bu nano boyutlu dendritik yapının sadece belirli bölgelerde görüldüğü ve bu bölgelerin de numune boyunca düzgün bir şekilde dağıldığı sonucuna varılmıştır. Mn ile nano boyutlu dendritik yapının görüldüğü bölgelerin numune üzerinde dağılımı değişmiş ve bu nano boyutlu dendritlerin morfolojisi de değişmiştir. Vanadyum ilavesinin artışı ile nano boyutlu dendritik yapının morfolojisinin değiştiği sonucuna varılmıştır.

5. Kaynaklar

1. Gümüşderelioglu, M. (2002). Geleceği Biyomalzemeler .Bilim ve Teknik Dergisi, 2-4
2. Black, J. (1992). Biological Performance of Materials, 2nd ed. New York: M. Dekker, Inc.,
3. Ayhan, H. (2002) *Biyomalzemeler*, Hacettepe Üniversitesi, Bilim Teknik Dergisi, 17 s.
4. Pasinli, A. (2004) Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (4), 25-34
5. Biehl, V., Breme, J. (2001), "Metallic Biomaterials", Mat.-iss.u. Werkstofftech. 32, 137-141, Çakır, A. (1995). İnsan vücudunda kullanılan metalik implantların dünü ve

bugünü, 8th International Metallurgy and Materials Congress.

6. Somunkıran, İ. (2006). Kobalt Esaslı Alaşımların Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretimi, Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 68-72.
7. Kumagai, N., Nomura, S., Miyakawa et al. (2007) Acta Metal 55, 1309.
8. Chiba, A., Nomura, N., Ono, Y. (2007). Acta Metall, 55 , 2119.
9. Sims, C., Stoloff, T., (1987). N.50,H/Gel,W.C., Superalloys II John Tiilely And Sbns, USP.