



## Döküm Yöntemiyle Üretilen Co-28Cr-6Mo Alaşımının Metalurjik Özelliklerinin Araştırılması

Emine ŞAP<sup>1</sup>, Halis ÇELİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, 23169, Elazığ, TÜRKİYE

### Özet

Bu çalışmada Co-28Cr-6Mo alaşımının döküm yöntemiyle üretimi, metalurjik özelliklerine titanyum (Ti) ve mangan (Mn) elementlerinin etkisi incelenmiştir. Co-28Cr-6Mo-0,7Mn-0,5Si-0,5C bileşimindeki alaşım esas alınmış ve daha sonra bu alaşıma % 0,7-% 2,0 Ti ve % 1,3 Mn ilave edilerek üç çeşit yeni alaşım döküm yöntemiyle üretilmiştir. Elektrik indüksiyon ergitme fırını malzemelerin ergitilmesi için kullanılmış ve ergitme işlemi normal atmosfer şartlarında yapılmıştır. Deney numuneleri dökümle elde edilmiştir. Numuneler üzerinde mekanik deneyler, mikroyapı ve X-ışınları incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde alaşımların dendritik bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. X-ışınları çalışmaları malzemelerde  $M_{23}C_6$ ,  $Mn_{15}C_4$ ,  $TiSi_2$  vb. fazların meydana geldiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kobalt, metalik biyomalzemeler, mekanik özellikler, döküm.

## The Investigation of Metallurgical Properties of Co-28Cr-6Mo Alloy Produced by Casting Method

### Abstract

In this study, production of Co-28Cr-6Mo alloy by casting and the effect of titanium (Ti) and manganese (Mn) elements on metallurgical properties was investigated. Co-28Cr-6Mo-0.7Mn-0.5S-0.5C alloy was taken as base alloy and then % 0.7-% 2.0 Ti and % 1.3 Mn was added to produce three different alloys by casting. Electrical induction furnace was used for melting and was done under normal atmospheric conditions. Specimens were produced with casting. Mechanical properties, microstructural analysis and X-ray diffraction were carried out. Microstructural analysis showed that the alloys had dendritic structure. X-ray diffraction studies showed that  $M_{23}C_6$ ,  $Mn_{15}C_4$ ,  $TiSi_2$  etc. phases were occurred in materials.

**Key Words:** Cobalt, metallic biomaterials, mechanical properties, casting.

### 1. Giriş

Biyomalzeme alanında metalik malzemeler hastalıklı ya da hasarlı hale gelmiş kemik dokusunun tamiri veya değiştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Metalik malzemelerin biyouyumluluğu, metal yüzeyinde her zaman var olan ve hasar karşısında hemen yenilenebilen pasif oksit tabakasına dayanır. Bu oksit tabakaları çevre dokulara karşı koruyucu bir davranış gösterir. Bu nedenle, metal implantla doku arasındaki kimyasal bağ mekanik karakterlidir. Paslanmaz çelik ve Co-Cr esaslı alaşımlarda pasif koruyucu oksit tabakası 60 yıl kadar var olabilmektedir (1). Metallerin sağlamlıkları, şekillendirilebilir olmaları ve aşınmaya dayanıklı olmaları bazı uygulamalarda tercih nedeni olmakla birlikte biyouyumluluklarının az olması, korozyona

uğrayabilmeleri, dokulara göre çok sert olmaları, yoğunluklarının yüksekliği ve metal iyonu vererek alerjik doku reaksiyonlarına sebep olmaları da kullanım alanlarını sınırlamaktadır (2).

Metalik biyomalzemeler, ortopedik uygulamalarda eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak, yüz ve çene cerrahisinde, diş implantlarında, yapay kalp parçalarında, kalp kapakçığında, katater, fiksator malzemesi olarak, bel kemiği enstrümantasyonlarında, metal parçalarda, vidalarda, delikli vidalarda, vida pullarında, çivilerde, fiksator tellerinde, kalça plaklarında, anatomik plaklarda, açılı plaklarda ve vücuda yerleştirilebilir cihazlarda v.b. yerlerde kullanılmaktadır (2).

En yaygın olarak kullanılan metalik biyomalzemeler; paslanmaz çelikler, titanyum ve

\* esap@bingol.edu.tr

alaşımaları, kobalt-krom ve alaşımlarıdır. Biyomalzeme olarak kullanılan metallerin önemli olanları Çizelge 1’de görülmektedir.

**Çizelge 1.** Metallerin bazı tıbbi uygulamaları (3)

Uygulamalar	Metal Alaşımları
Dişçilik uygulamaları	Co-Cr Alaşımları
Kırık plakları	Paslanmaz çelik (Ostenitik), Co-Cr
Kalp kapakçıkları	Co-Cr Alaşımları
Mafsal parçaları	Co-Cr Alaşımları, Ti alaşımları

Kobalt esaslı alaşımın çoğu özelliği; kobaltın doğal kristalografik yapısını, krom, molibden ve tungsten’in katı çözeltiyi mukavemetlendirme ve sert karbürleri şekillendirmesiyle oluşur (4). Saf kobaltın iki allotropisi vardır. Bulardan biri, ergime sıcaklığının 1495°C üstündeki sıcaklıklarda stabil olan yüzey merkezli kübik (YMK) yüksek sıcaklık allotropisi, diğeri 417°C’nin altındaki sıcaklıklarda stabil olan hegzagonal sıkı paket kristal yapıya düşük sıcaklık allotropisi’dir (5). Kobalt esaslı alaşımlara alaşım elementleri ilave edildiğinde Ms ve As sıcaklıklarının değişimi etkilenir (6). Kobalt esaslı alaşımlarda krom,  $Mn_7C_3$ ,  $M_{23}C_6$  karbürlerini şekillendirerek oksit ve ısı korozyonunun dayanımını artırır. Molibden ve tungsten intermetalik bileşik oluşturan  $Co_3M$  ve  $MC$  karbürlerini ve  $M_6C$  karbürünü şekillendirerek katı çözelti dayanımını artırır. Vücut içi ve vücut dışı yapıları birçok test, alaşımın biyoyumlu olduğunu ve cerrahi implantlar olarak kullanılabileceğini göstermiştir (7). Kobalt esaslı alaşımlar titanyum ve paslanmaz çeliklerle karşılaştırıldığında mükemmel aşınma dayanımına sahiptirler. Bu nedenle yapay kalça protezlerinde eklem başı olarak kullanılırlar. Co-Cr esaslı alaşımlar büyük miktarda Ni içerirler. Bu yüzden alerji riski taşımaktadırlar. Bu nedenle Ni yerine Mo kullanılmaya başlanmıştır. Co-28Cr-6Mo bu amaçla geliştirilmiştir (1). Kobalt esaslı protez malzemelere karşı dokuların savunma mekanizmasının oluşturduğu kapsül, paslanmaz çelik için oluşturulan kapsüle göre daha ince olmaktadır.

Biyomalzeme olarak kullanılan kobalt esaslı alaşımların temelde iki tipi vardır. Bunlar Co-Cr-Mo alaşımı ve Co-Cr-Ni-Mo alaşımıdır. Co-Cr-Mo alaşımları, implantların mekanik ve korozyif özelliklerini mükemmelleştirmek amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (8).

CoCrMo alaşımları, dişçilik ve yeni geliştirilen yapay eklemlerde kullanılmaktadır. CoNiCrMo alaşımı ise CoCrMo alaşımlarına nazaran daha ağır yükler taşıyan, kalça ve diz eklemlerinde protez sapı malzemesi olarak kullanılmaktadırlar (9).

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmadaki alaşımlar, % 99,9 saflıktaki alaşım elementleri (Co, Cr, Mo, Si, Mn, Ti, C) ve indüksiyon ergitme fırını kullanılarak, ergitme yöntemiyle üretilmiştir. Ergitme işlemi için 1800°C sıcaklığa dayanabilen, SiC esaslı ergitme potaları kullanılmıştır. Alaşım elementleri potaya ergitme sıcaklığı düşükten yükseğe doğru sırası ile konulmuştur. Alaşım homojenliğin sağlanması amacıyla, sıvı haldeki alaşım seramik karıştırma çubuğu ile karıştırılmıştır.

Elde edilen homojen alaşım, kokil (metal) kalıba dökülerek 10 mm çapında ve 13 cm uzunluğunda çubuklar halinde üretilmiştir. Döküm sıcaklığı 1450–1475°C civarında tutulmuştur. Dökümden önce metalin geç soğuması ve hemen katılaşmaması için kokil kalıp 400–500°C’ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulmuştur.

Bu çalışmada dental implant olarak kullanımının yaygınlığından dolayı Co-28Cr-5Mo–0,5Si–0,7Mn–0,5C

bileşimindeki alaşım esas alınmıştır. İlk önce bu alaşım üretilmiştir. Daha sonra bu alaşıma % 1,3 Mn, % 0,7-2,0 Ti katılmak suretiyle üç yeni alaşım elde edilmiştir. Üretilen alaşımlara kimyasal analiz testi uygulanmıştır. Test sonuçları Çizelge 2’de görülmektedir. Üretimin başarı ile gerçekleştiği çizelgeden görülmektedir.

**Çizelge 2.** Numunelerinin kimyasal bileşimleri

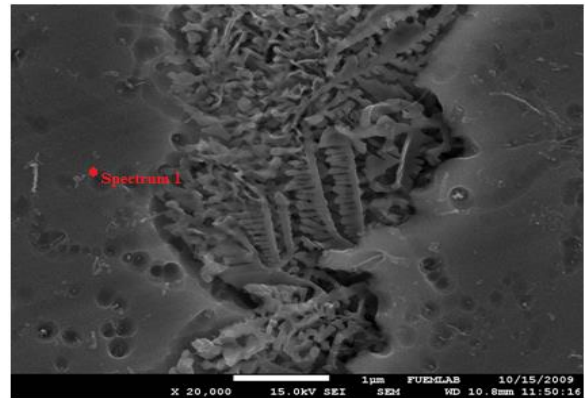
Kod	Numune Adı	Alaşım elementleri (% ağı)							
		Co	Cr	Mo	Si	C	Mn	V	Ti
E	Co-Cr-Mo-0,7Mn	63,92	28,61	5,76	0,48	0,49	0,73	0,03	-
F	Co-Cr-Mo-1,3Mn	62,57	27,78	5,73	0,50	0,49	1,33	0,02	0,01
G	Co-Cr-Mo-0,7Ti	62,49	29,53	5,56	0,49	0,48	0,73	0,03	0,77
H	Co-Cr-Mo-2,0Ti	63,07	27,22	5,12	0,48	0,51	0,72	0,02	2,07

Üretilen alaşımların sertlik ölçümü için Rockwell ve Vickers sertlik ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Alaşımların farklı bölgelerinden ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Mikroskobik çalışmalarda elektron mikroskop (SEM) ve noktasal analiz (EDS) cihazları kullanılarak mikroyapı detaylı bir şekilde incelenmiş ve gözlemlenen sonuçlar fotoğraflarla tespit edilmiştir. XRD çalışmaları ilave edilen elementlerin alaşımın faz yapısında meydana getirdiği değişiklikleri anlayabilmek amacıyla yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda alaşıma ilave edilen her elementin malzeme yapısında bir takım değişikliklere sebep olduğu tespit edilmiştir.

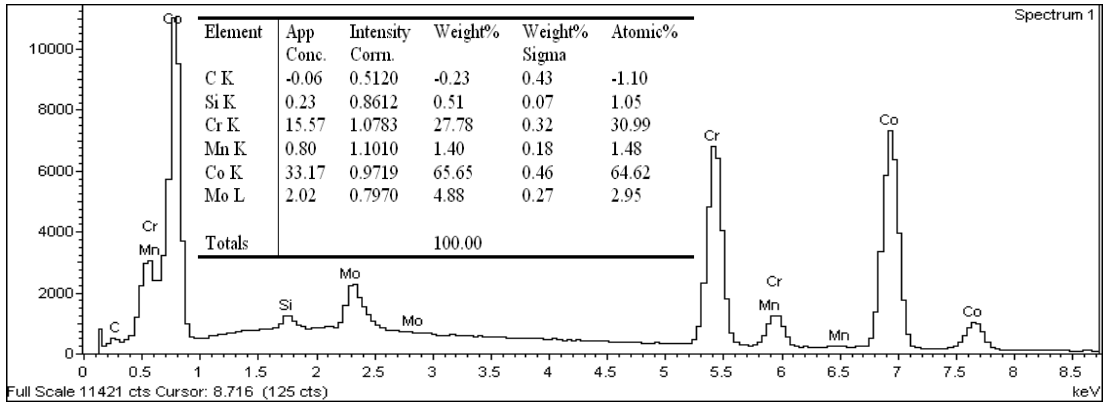
## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Mikroyapı

Çalışmada esas alınan E numunesinin 20000 büyütmedeki mikroyapı fotoğrafı Şekil 1’de verilmiştir. Fotoğraftan alaşımın dendritik bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu dendritik yapı nano mertebesinde ve açık renkli bölgeler boyunca çok sık bir şekilde dizilmiştir. Dendrit kolları arasındaki mesafe çok azdır ve dendrit kolları arasında oluşmuş başka bir faz yoktur. Dendrit kollarının kalınlığının yaklaşık olarak 83 nm olarak ölçülmüştür. EDS analiz sonuç ve grafiği Şekil 2’de verilmiştir. 1 no’lu EDS analizi, bölgenin Co ve Cr bakımından zengin bir bölge olduğunu göstermektedir.

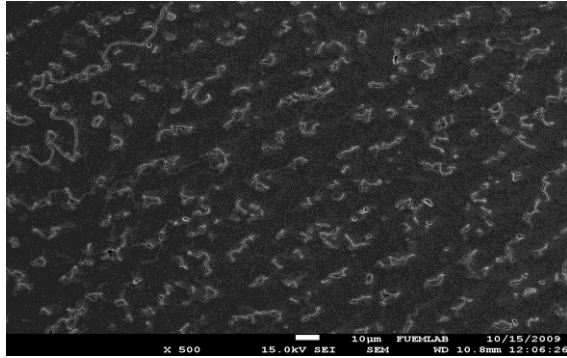


**Şekil 1.** E numunesinin mikroyapı fotoğrafı ve EDS analizinin alındığı nokta

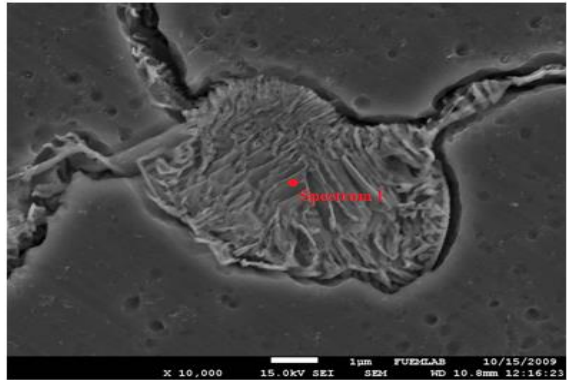


Şekil 2. E numunesinin EDS analiz grafik ve sonucu

Şekil 3 ve Şekil 4'te % 1,3 Mn ilaveli F numunesinin farklı büyütme oranlarındaki mikroyapı fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 3. F numunesinin mikroyapı fotoğrafı

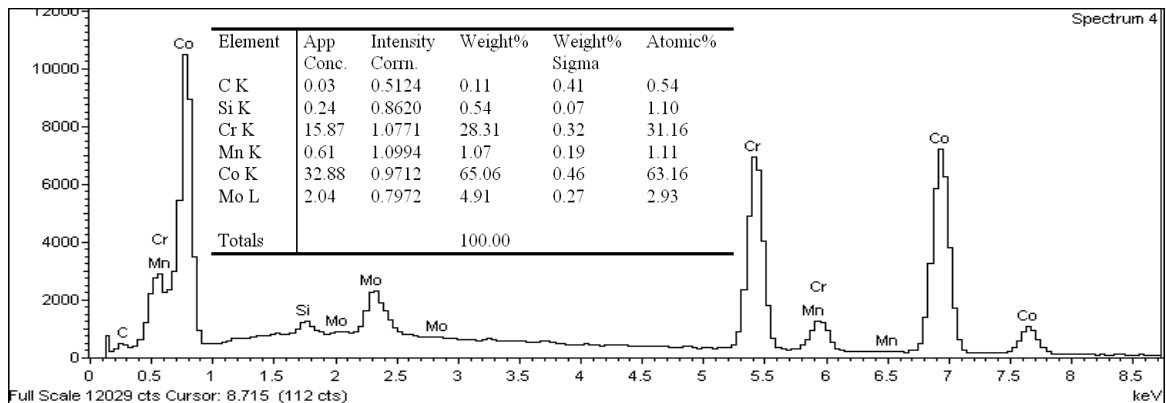


Şekil 4. F numunesinin mikroyapı fotoğrafı ve EDS analizinin alındığı nokta

500 büyültmeli Şekil 3'teki fotoğrafta ikinci faz bölgesi olarak adlandırılan açık renkli yapının % 1,3 Mn ilavesi nedeni ile tüm yapıya dağıldığı görülmektedir. Yine bu ikinci faz bölgeleri olarak adlandırdığımız fotoğraftaki açık renkli bölgelerin yapısını daha iyi anlamak amacıyla 10000 büyültmeli Şekil 4'teki fotoğraf elde edilmiştir. Şekil 4'teki bu fotoğraftan açık renkli bölgelerin nano boyutlu dendritik bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. İkinci faz bölgelerinin numune boyunca çok ince hatlarla birbirine bağlı oldukları bu fotoğraftan görülmektedir. Bu alaşımın da iki fazdan oluştuğu görülmektedir.

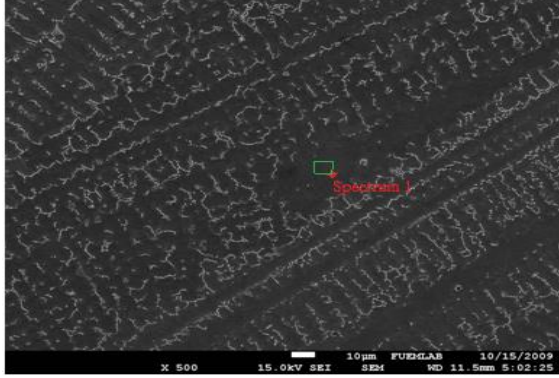
Şekil 4'te gösterilen kısımdan alınmış EDS analiz sonuç ve grafiği Şekil 5'te verilmiştir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırılan bölgeden alınan analizden bu kısmın Cr ve Co içeriği bakımından zengin kısımlar olduğu görülmektedir. Molibden oranının da yine bu bölgelerde biraz yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bölge Ti ve V içermemektedir.

Şekil 6'da esas alınan E alaşımına % 0,7 Ti katılarak elde edilen G numunesinin mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Görüldüğü gibi alaşım dendritik bir yapıdadır ve iki fazlı bir görünüme sahiptir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırdığımız bu açık renkli kısımlar titanyum ilavesi ile daha ince yapı bir hal almış ve numune boyunca dizilmiştir. Alaşımın bu görünümünün sebebi titanyumun tane inceltici özelliğindedir. Şekil 7'de % 2,0 Ti ilaveli H numunesinin mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Alaşım yine iki fazlı bir görünüme sahiptir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırdığımız açık renkli kısımlar numune boyunca çizgisel bir biçimde dizilmiştir. Fakat ikinci faz bölgelerinin yoğunluğunun arttığı ve çizgisel yapısını kaybettiği görülmektedir.



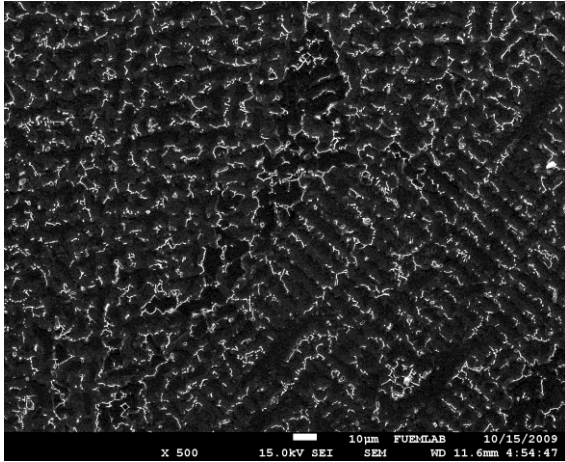
Şekil 5. F numunesinin EDS analiz grafik ve sonucu

Şekil 6'da esas alınan E alaşımına % 0,7 Ti katılarak elde edilen G numunesinin mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Görüldüğü gibi alaşım dendritik bir yapıdadır ve iki fazlı bir görünüme sahiptir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırdığımız bu açık renkli kısımlar titanyum ilavesi ile daha ince yapıya bir hal almış ve numune boyunca dizilmiştir. Alaşımın bu görünümünün sebebi titanyumun tane inceltici özelliğindedir.



Şekil 6. G numunesinin mikroyapı görüntüsü ve EDS analizinin alındığı nokta

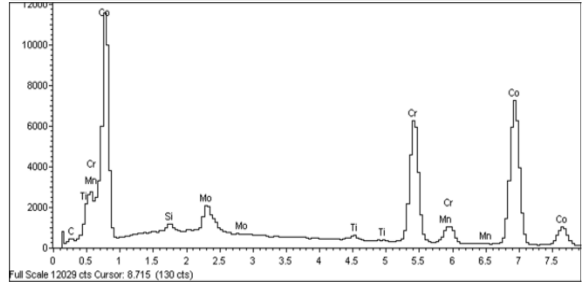
Şekil 7'de % 2,0 Ti ilaveli H numunesinin mikroyapı fotoğrafı görülmektedir. Alaşım yine iki fazlı bir görünüme sahiptir. İkinci faz bölgesi olarak adlandırdığımız açık renkli kısımlar numune boyunca çizgisel bir biçimde dizilmiştir. Fakat ikinci faz bölgesinin yoğunluğunun arttığı ve çizgisel yapısını kaybettiği görülmektedir.



Şekil 7. H numunesinin mikroyapı görüntüsü

Titanyum ilave edilmiş alaşımların mikroyapı fotoğrafları benzerlik göstermektedir ve yapılan EDS analizlerinde çok az farklılıklar bulunmaktadır. Bu sebepten sadece % 0,7 Ti içerikli alaşımın analiz grafiği ve tablosu verilmiştir (Şekil 6, 8). Şekil 8'den EDS analiz bölgesinin kobaltça zengin olduğu görülmektedir. Yapıda Cr, Mo, Ti, Mn, Si ve C bileşiklerinin olduğu görülmektedir.  $\alpha$ -Co fazı içerisinde ince olarak dağılmış bir Co-Cr ötektiği olduğu anlaşılır.

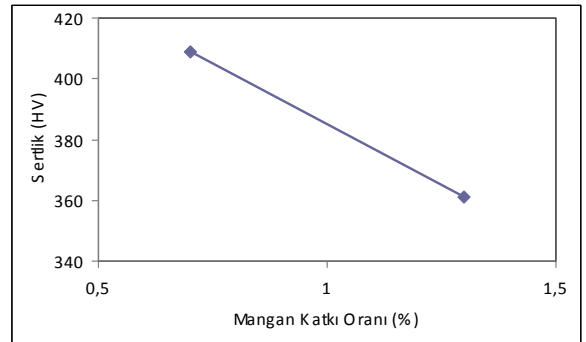
Element	App Conc.	Intensity Corr.	Weight%	Weight% Sigma	Atomic%
C K	0.02	0.4861	0.06	0.48	0.30
Si K	0.18	0.8237	0.43	0.08	0.89
Ti K	0.33	1.0613	0.61	0.09	0.73
Cr K	14.41	1.0771	26.54	0.32	29.28
Mn K	0.40	1.1015	0.73	0.18	0.76
Co K	32.89	0.9706	67.20	0.50	65.40
Mo L	1.76	0.7870	4.43	0.28	2.65
Totals			100.00		



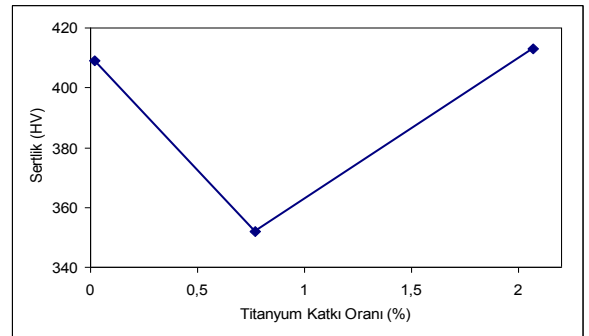
Şekil 8. H numunesinin EDS analizi grafik ve sonucu

### 3.2. Sertlik ölçümleri

Şekil 9 ve Şekil 10'da Co-28Cr-5Mo-0,5Si-0,7Mn-0,5C bileşimindeki esas alaşımın sertlik değerine Mn ve Ti ilavesinin etkisi görülmektedir. % 0,7 Mn içerikli numune esas alaşım olup sertliği ortalama 409 HV değerindedir. Bu alaşıma % 1,3 Mn ilavesi sertliğin 361 HV değerine düşmesine sebep olmuştur (Şekil 9). Esas alaşıma katılan % 0,7 oranındaki titanyum alaşımın sertliğini 57 HV kadar düşürmüştür. Titanyum katkı oranının % 2,0'ye çıkmasıyla sertlikte devam eden bir düşme olmamış, hatta çok az bir miktar artış göstererek 413 HV değerine ulaşmıştır. Şekil 10'da görülen grafik çizgisinin seyrine bakarak % 0,7 titanyum katkı oranında kararlı bir düşüş gösteren sertlik değerleri bu katkı oranından sonra yükselmiştir.



Şekil 9. Mn katkı oranının sertliğe etkisi



Şekil 10. Ti katkı oranının sertliğe etkisi

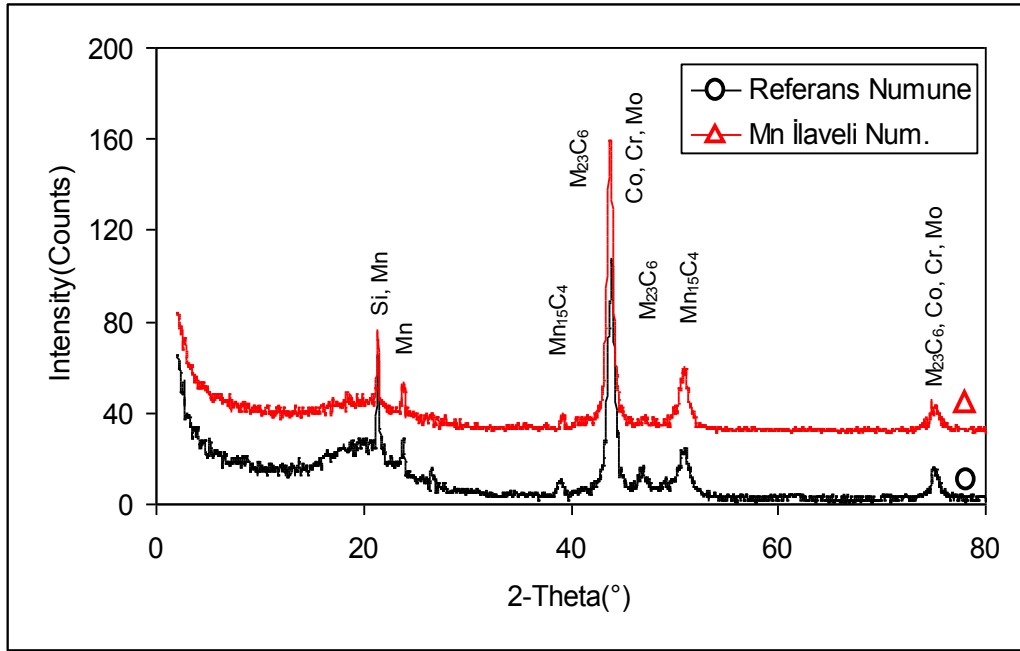
### 3.3. XRD analizi

Şekil 11 Mn ilave edilerek döküm yöntemiyle elde edilen alaşımın XRD analiz sonucunu göstermektedir. Analiz sonuçları ana yapının Co, Cr ve Mo elementlerinden teşekkül ettiğini göstermektedir. Ana kütle içerisinde diğer fazlar teşekkül etmiştir. Alaşımda metal karbürler de bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi ana yapısı (CoCr Mo)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> kimyasal bileşiminde olan ve her alaşımda bulunan M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> tarzındaki karbürdür. Alaşıma ilave edilen Mn ana kütle içerisinde katı çözeltili halinde bulunmaktadır ve Mn<sub>15</sub>C<sub>4</sub> bileşiminde mangan karbür oluşmasına sebep olmuştur. Ana kütle içerisinde katı çözeltili halinde Si elementinin var olduğu da görülmektedir.

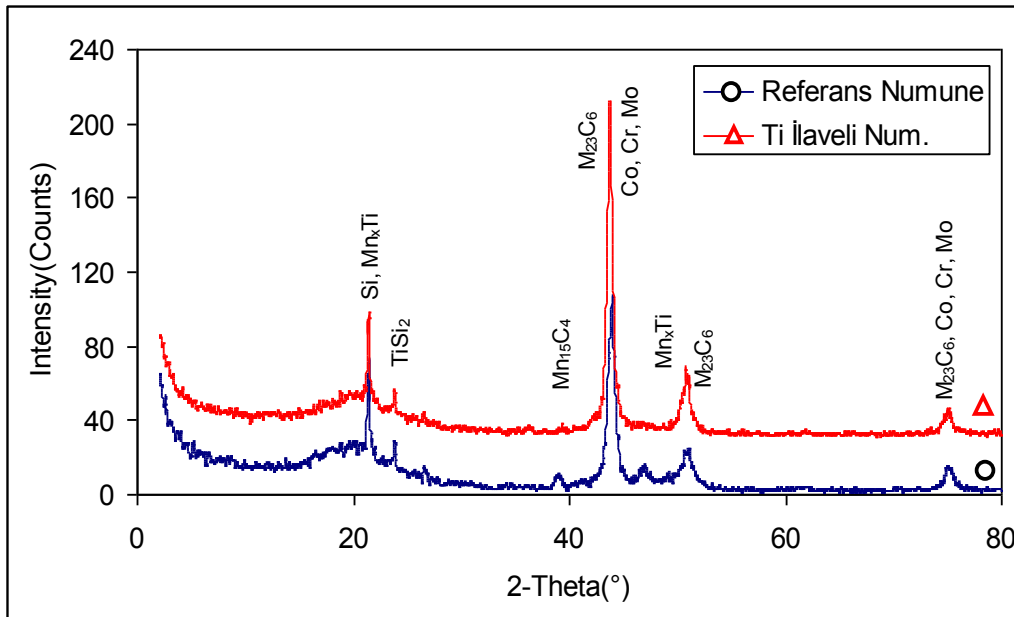
İlave edilen Mn oranının % 0,7'den % 1,3'e çıkması alaşımdaki Mn<sub>15</sub>C<sub>4</sub> formundaki mangan karbür oranının ve ayrıca ana kütlede serbest haldeki Mn oranının

yükselmesine sebep olmuştur. Alaşımdaki bu değişim yukarıda anlatılan sertlik ve mikroyapıda bazı değişikliklere sebep olarak gösterilebilir. Ti ilaveli alaşımın XRD analizinde, ana yapının Co, Cr, Mo elementlerinden oluşan Cr<sub>0,549</sub>Co<sub>1,539</sub>Mo<sub>0,912</sub> bileşiminden teşekkül ettiği anlaşılmıştır (Şekil 12). Bu ana kütle içerisinde yapıda görülen diğer fazlar teşekkül etmiştir. Alaşımda M<sub>23</sub>C<sub>6</sub> tarzında karbür oluşmuştur. Bu karbürün ana yapısı (Cr<sub>0,77</sub>Co<sub>0,15</sub>Mo<sub>0,08</sub>)<sub>23</sub>C<sub>6</sub> bileşiği şeklinde teşekkül etmiştir.

Grafikten de anlaşılacağı üzere ana kütle içerisinde ayrıca serbest halde Si elementi bulunmakla beraber alaşıma ilave edilen Ti elementi, Si elementi ile birleşerek titanyum silisid (TiSi<sub>2</sub>) oluşturmuştur. Alaşıma ilave edilen Mn ana kütle içerisinde Mn<sub>15</sub>C<sub>4</sub> bileşiminde mangan karbür oluşması yanında yine ana kütle içinde bulunan Ti elementi ile birleşerek Mn<sub>x</sub>Ti bileşiğini meydana getirmiştir.



Şekil 11. Referans numune ve Mn ilaveli numunenin XRD analizi



Şekil 12. Referans numune ve Ti ilaveli numunenin XRD analizi

#### 4. Sonuçlar

Co-28Cr-6Mo-0.7Mn-0.5Si-0.5C bileşimindeki esas alaşıma % 1,3 Mn, % 0,7-% 2,0 Ti ilave edilerek indüksiyon ergitme fırınında döküm yoluyla yeni alaşımların üretimi başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Mikroyapı incelemeleri % 0,7 Mn ilaveli esas alaşımın nano boyutlu dendritik bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu dendritik yapı sadece belirli bölgelerde görülmekte ve bu bölgelerde de düzgün bir şekilde dağılmaktadır. İlave edilen % 1,3 Mn ile dendritik yapının dağılımının homojen bir hal aldığı görülmüştür. Bu yapıda Co-Cr ötektik fazının  $\alpha$  fazı içerisinde daha homojen ve ince olarak dağıldığı görülmüştür. Bu yapı istenilen bir durumdur. Titanyumun tane inceltici özelliğinden dolayı Ti ilavesi ile dendritik yapının kaybolduğu görülmüştür.

Esas alaşımın sertliği ortalama 409 HV olarak ölçülmüştür. % 1,3 Mn ilavesi ile alaşımın sertliği yaklaşık 50 HV kadar düşmüştür. %0,7 Ti ilavesi ile alaşımın sertliği düşmüş ancak % 2,0 Ti ilavesi sertliğin 413 HV değerine çıkmasına sebep olmuştur.

Esas alaşıma farklı elementler katılarak üretilen tüm alaşımların XRD incelemelerine tabi tutulması sonucunda, faz çeşitliliği bakımından en zengin alaşımın % 0,7 Mn içerikli esas alaşım olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan tüm alaşımların genel yapısının Co, Cr, Mo elementlerinden ve  $Cr_{0,549}Co_{1,539}Mo_{0,912}$  yapısındaki bileşikten meydana geldiği anlaşılmıştır. Diğer fazlar bu yapı içerisinde yer almışlardır. Katkı elementlerinden Mn, alaşımda  $Mn_{15}C_4$  tipinde bir karbür oluşturmuştur. Esas malzemede bulunan % 0,7 oranındaki Mn elementinin artırılarak % 1,3 olması alaşımdaki  $Mn_{15}C_4$  formundaki mangan karbür oranının ve ayrıca ana kütlede serbest haldeki Mn oranının da yükselmesine sebep olmuştur. Titanyum  $M_{23}C_6$  tipinde ve ana yapısı  $(CoCrMo)_{23}C_6$  olan bir karbürü meydana getirmiştir.

İncelemelerden sonra tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda referans alaşımın sertliğini bir miktar düşürerek malzemeye süneklik ve tokluk kazandırabilmek için % 1,3 Mn, ve % 0,7 titanyum ilave edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak bu yüzde değerlerden sonra söz konusu elementlerin ilavesi esas alaşımın sertliğini artırarak önemli sayılabilecek avantajlı bir durum ortaya çıkarmamaktadır.

#### Kaynaklar

1. Niomi, M., Okabe, T., Taleff, E.M., Lesuer, D.R., Lippard, H.E., "Structural Biomaterials For The 21st Century", TMS, February, p:3-13, 2001.
2. Gümüşderelioglu, M., "Tıbbın geleceği biyomalzemeler", Bilim ve Teknik Dergisi, 2-4, 2002.
3. Sarsılmaz, F., Polimer- hidroksiapatit kompozitlerinin ortopedik biyomalzeme olarak kullanılmasının araştırılması, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Yüksek Lisans Tezi, s:5-6, 2003.
4. Schwarz, W., Warlimont, H., A New Series of Co-Based Amorphous Alloys and Their Application as Cladding Materials, Mater. Sci. Eng. A 226-228, 1098-1101, 1997.
5. Çelik, H., Kaplan, M., Effects of silicon on the wear behaviour of cobalt-based alloys at elevated temperature, Wear, 257, p:606-611, 2004.

6. Çelik, H., High temperature abrasive wear behaviours of weldable cobalt and iron-based alloys, Phd Thesis, Istanbul Technical University, 1991.
7. Robert, M., Cobalt-Base Alloys Used in Bone Surgery, Injury, Int. J. Care Injured 31 S-D18-21, 2000.
8. Black, J., Corrosion, Degradation. Orthopedic Biomaterials in Research, Practice, New York, Churchill, Livingstone, p:235-66, 1988.
9. Jonn, B.P., Young, K.K., Biomedical Engineering Handbook, Unit:37 Metallic Biomaterials, 2000.