



INVESTIGATION OF THE CORROSION RESISTANCE OF CASTABLE AND FABRICATION DENTAL MAGNETIC ATTACHMENTS

Fabrikasyon ve Döküm Manyetik Ataşmanların Korozyon Dirençlerinin İncelenmesi

Mehmet Emre COŞKUN¹, Ali Kemal ÖZDEMİR²

Makale Kodu/Article Code : 394767

Makale Gönderilme Tarihi : 14.02.2018

Kabul Tarihi : 19.03.2018

ABSTRACT

Objectives: The aim of this study was to compare the corrosion resistance of castable and fabrication magnetic attachments systems used in prosthetic rehabilitation.

Material and Methods: For corrosion test, castable magnetic attachments containing 39.5% platinum, 59.75% iron and 0.75% niobyum by weight and fabricated magnetic attachment system, Hilop, with neodymium, iron and boron content were immersed in 1% lactic acid and 0,9% NaCl for 14 days (n:8). The released iron, platinum, neodimyum, boron and niobyum ions in the solutions from the samples were examined by inductively coupled plasma mass spectroscopy (ICP-MS) methods.

Results: Iron was found the highest released element into the both solutions for all attachment systems and causing corrosion. In addition, castable magnetic attachment system was found to be the most resistant to corrosion in both environments.

Conclusion: Coating with stainless steel makes the fabricated magnetic attachment system resistant to corrosion, but the high platinum content made the castable magnets more resistant to corrosion.

Key words: magnetic attachment, magnetic flux density, attractive force, corrosion resistance, ICP-MS

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, protetik tedavilerde kullanılan döküm ve fabrikasyon manyetik ataşman sistemlerinin, korozyona karşı dirençlerinin incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Korozyon testi için, ağırlıkça %39,5 platin, %59,75 demir ve %0,75 niobyum içeren döküm manyetik ataşmanlar ile neodimyum, demir ve boron içeriğe sahip fabrikasyon Hilop manyetik ataşman sistemleri, %1' lik laktik asit ve %0,9' luk NaCl solüsyon içerisinde 14 gün boyunca bekletilmiş (n:8). Örneklerden solüsyonlar içerisinde salınan demir, platin, neodimyum, bor ve niobyum iyonlarının miktarı indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) yöntemiyle tayin edilmiştir.

Bulgular: Her iki manyetik ataşman sisteminde de en fazla solüsyon içerisinde salınan ve korozyona neden olan element demir olarak tespit edilmiştir. Ayrıca her iki ortamda da döküm manyetik ataşman sistemi korozyona karşı en dirençli sistem olarak tespit edilmiştir.

Sonuç: Paslanmaz çelik ile kaplama fabrikasyon manyetik ataşman sistemlerini korozyona karşı korusada döküm miktatsızların içeriğindeki yüksek orandaki platin malzemeyi korozyona karşı daha dirençli hale getirmiştir.

Anahtar kelimeler: manyetik ataşman, manyetik alan, çekim kuvveti, korozyon direnci, ICP-MS

GİRİŞ

Samaryum-kobalt sonrasında da demir-neodmiyum-boron mıknatıslarının geliştirilmesi ile birlikte küçülen mıknatıs boyutları ve artan çekim kuvvetleri sayesinde manyetik ataşmanların protetik restorasyonlardaki kullanımında artış görülmektedir.^{1,2} Manyetik ataşman sistemleri overdenture protezler³, çene yüz protezleri⁴, ve implant üzeri hareketli protezlerin⁵ retansiyonunun sağlanmasında kullanılmaktadır. Manyetik ataşman sistemleri, protez içerisine yerleştirilen ‘hard manyetik materyal’ ile ağız içerisinde bulunan dişe veya implanta yerleştirilen ‘soft manyetik materyal’ çiftinden oluşur.

Son dönemde kullanılan fabrikasyon manyetik ataşman sistemleri samaryum-kobalt (Sm-Co) ve en yaygın olanı neodmiyum-demir-boron (Nd-Fe-B) olarak ön plana çıkmaktadır. Her iki materyal de oldukça sert oldukları için kırılmalı bir yapıya sahiptir ve tükürük gibi klorid içeren ortamda korozyona maruz kalırlar.⁶ Kullanılan fabrikasyon manyetik ataşman sistemlerinde protez içerisnde yer alan mıknatısı korozyona karşı koruma amacıyla farklı materyallerle kaplamak gerekirken kök içerisine yerleştirilen keper ise soft manyetik özellik gösteren paslanmaz çelikten imal edilmektedir.⁷

Manyetik ataşmanların, bazı çalışmalarda neme karşı direncinin tam olmadığı ve korozyonu engelleyemediği tespit edilen proplast⁸ veya parilen⁹ kullanılarak kaplanması tercih edilirken kimi çalışmalarda ise paslanmaz çelik ve titanyum³ ile kaplama yoluna gidilmiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte korozyonun önüne geçmek adına mıknatısların kaplanmasında kullanılan paslanmaz çelik veya titanyumun kaplanmasında lazer kaynak kullanılmaya başlamıştır. Bu sayede kaplamanın en zayıf bölgesi olan birleşim yerinin korozyona karşı direncinin artırılması amaçlanmıştır. Akın ve arkadaşlarının¹⁰ yaptığı çalışmada her ne kadar lazer kaynak korozyon için güvenilir bir yöntem olarak belirtilse de sonuçlar açısından değerlendirildiğinde

korozyon oluşumunu tam olarak engelleyemediği belirtilmiştir.

Son dönemde ise istenilen şekilde ve boyutta döküm yöntemiyle üretilen hem soft hem hard manyetik özellik gösterebilen demir-platin (Fe-Pt) alaşımlar diş hekimliğinde kullanıma sunulmuştur.¹¹ İçeriğinde bulunan yüksek orandaki Pt sayesinde bu alaşımların ağız içinde korozyona karşı mükemmel bir direnç göstermesi beklenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Fe-Pt ile paslanmaz çelikte kaplanmış fabrikasyon (Nd-Fe-B) manyetik ataşman sistemlerinin farklı pH değerlerine sahip ortamlarda korozyona karşı gösterdikleri direnci tespit etmektir. Ayrıca yapılan bu çalışmada ‘dökülebilir manyetik ataşman sisteminin korozyona olan direncinin fabrikasyon manyetik ataşman sistemine oranla daha azdır’ hipotezi test edilmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Korozyon testleri için dökülebilir Fe-Pt içerikli mıknatıs numuneler hazırlanırken, fabrikasyon manyetik ataşman sistemi olarak neodmiyum-demir-boron içerikli Hilop 5513 (Hitachi Metals, Japonya) sistemi tercih edilmiştir.

Döküm Mıknatısların hazırlanması

Döküm mıknatısların üretiminde argon gazlı bir ortama sahip, tamamıyla özel olarak üretilmiş iki grafit elektrot arasında yüksek akım uygulanarak açığa çıkan ısıyla metallerin ergitmesinde kullanılan ark ergitme sistemi kullanıldı. Sert manyetik mıknatıs elde etmek için %99.9 yüksek saflıkta Fe ve Pt, %99.85 oranında bir saflığa sahip Niobyum (Nb) ağırlıkça yüzde olarak Tablo 1’de belirtilen oranlarda kullanıldı. Ark ergitme sistemi vasıtasıyla hazırlanan numuneler silika tüplerinin içerisine yerleştirilip sonrasında uygulanacak yüksek dereceli ısısal işlemlerde ortamda bulunan oksijenle mıknatısların reaksiyona girmemesi için argon gazı ile üç kez gaz sirkülasyonu yapıp sonrasında vakumlanarak ağızları kapatıldı. Homojen yapının elde edilebilmesi için numuneler 1325 °C’de 45 dk olacak şekilde programlanan fırında

(Protherm Kamara Fırını, Alserteknik, Ankara, Türkiye) yüksek ısı işleme tabii tutuldu.

Tablo 1. Döküm miktatlarında kullanılan elementler ve kütlece yüzdesi

Element	Kütlece Yüzdesi
Demir (Fe)	59.75
Platin (Pt)	39.5
Niobyum (Nb)	0.75

Uygulanan yüksek ısı işlem sonrasında homojenizasyonu sağlanan silika tüpler içerisindeki numuneler fırından çıkarılıp elde edilen homojen yapının sabitlenmesi amacıyla buzlu su içerisine (sıvı muamelesi) daldırılarak hızlı soğumaları sağlandı. Bu aşamada kırılan silika tüpler numunelerin suyla teması gerçekleştiği için test dışına çıkarıldı. Yüksek ısı işlem sonrasında numunelerin koersivitelerini artırmak amacıyla 625°C'lik düşük ısıda 43 saatlik bir tavlama işlemi gerçekleştirildi. Tavlama işlemi sonrasında silika tüplerden çıkarılan numunelerin polisaj işlemleri gerçekleştirildi. Numuneler ilk olarak 50 µm'luk alüminyum oksit (Al₂O₃) (Metoxide, Germany) kullanılarak kumlandı sonrasında yüzeyleri lastik frez (Special Red Rubber Wheels, Dentorium, USA) yardımıyla pürüzsüz hale getirildi ve ardından aseton içerisinde ultrasonik olarak temizlendi.

Korozyon testleri

Korozyon testleri için iki farklı, asidik ve bazik, solüsyon hazırlandı. İlk solüsyon 2.3 pH değerine sahip 10 ml hacminde %1'lik laktik asit iken ikinci solüsyon ise 7.3 pH değerine sahip 10 ml hacminde %0,9'luk NaCl'dür. 16 adet kapaklı plastik kap (Fıratmed, İstanbul, Türkiye) içerisine eşit sayıda olacak şekilde iki farklı solüsyon konuldu ve fabrikasyon ve döküm manyetik ataşman sistemlerinden rastgele seçilen 8'er adet numune bu kutular içerisine konuldu (n:8). Numuneler 14 gün süresince 37 °C de sirkülasyonlu su banyosu cihazında (BM 302, Nüve, Ankara, Türkiye) bu solüsyon içerisinde bekletildi. 14. günün sonunda manyetik ataşmanlar solüsyon içerisinden çıkartıldı ve plastik kap içerisindeki

solüsyonlar indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometre (ICP-MS) cihazı (Agilent 7500A, Agilent Technologies Inc, California, Amerika) kullanılarak platin, demir, neodmiyum, bor ve niobyum tayinine tabii tutuldu. Aynı zamanda içerisine numune konulmamış 10 ml'lik laktik asit ve NaCl solüsyonları da kontrol amacıyla incelendi. Elde edilen sonuçların ortalamaları hesaplanarak istatistiksel değerlendirmeler gerçekleştirildi. Elde edilen verilerin analizinde Kruskal–Wallis ve posthoc Tukey–Kramer çoklu karşılaştırma testleri uygulandı (p<0.05).

BULGULAR

ICP-MS sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Fe, analiz edilen maddeler içerisinde her iki solüsyon içerisine en fazla çözünüm gösteren ve korozyonun oluşmasını sağlayan ana madde olarak tespit edilmiş, bütün gruplar arasında çözünen Fe miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı tespit edilmiştir (p<0.05).

Tablo 2. ICP-MS element analiz verileri (mg/kg)

Numune	Pt	Fe	Nb	B	Nd
NaCl Döküm	0.008	0.0375	<LOD*		
NaCl Hilop		10.97		1.409	0.2456
Laktik Asit Döküm	0.001	1.420	<LOD*		
Laktik Asit Hilop		7.919		0.2718	0.3101

* <LOD, tespit edilebilme seviyesinin altında anlamı taşımaktadır.

Solüsyon içerisine en az salınan maddenin ise Nb olduğu ve cihazın tespit etme sınırlarının altında olduğu belirtilmiştir. En fazla korozyona maruz kalan sistem Hilop manyetik ataşman sistemi olarak bulunmuştur. Hilop manyetik ataşman sistemi, en fazla korozyona NaCl solüsyonun da uğrarken, döküm manyetik ataşman sistemi ise laktik asit solüsyonunda daha fazla korozyona uğramıştır.

TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre fabrikasyon miktatlarının korozyona karşı dirençlerinin döküm miktatlarından daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden başlangıçtaki hipotezimiz reddedilmiştir.

Çalışmamızda ağzın farklı bölgelerinde farklı şekillerde planlanması ve üretimi mümkün olan döküm manyetik ataşman sistemiyle günümüz marketlerinde bulunan ve üreticiler tarafından en yüksek çekim gücüne sahip olduğu belirtilen Hilop manyetik ataşman sistemlerinin korozyona karşı dirençleri karşılaştırılmıştır. Hilop manyetik ataşman sistemi neodmiyum-demir-bor' dan oluşmakta iken döküm manyetik ataşman sistemi ise demir-platin-niobyum'dan oluşmaktadır. Hazır manyetik ataşman sistemleri paslanmaz çelik ile kaplanıp lazer kaynak uygulamasıyla kapaması yapılarak korozyona karşı dirençli hale getirilmesi amaçlanırken döküm manyetik ataşmanlar kitlesel olarak içerdikleri platin sayesinde korozyona karşı dirençli hale gelmektedir.

Korozyon miktarı tayininde, mıknatısların çekim güçlerindeki değişimde kullanılabilir. Bu konuda literatürde sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Yiu¹² korozyona maruz kalan mıknatısların çekim güçlerindeki azalma miktarına göre korozyon tespitini yapmıştır. Bu çalışmada ise uygulama kolaylığı, daha düşük gözlenebilir sınıra sahip olması ve kuşkusuz daha hızlı ve kesin bir sonuç vermesinden ötürü korozyon testi için ICP-MS yöntemiyle koroziv ortam analizi edilmiştir.

Fe-Pt mıknatısına ilave edilen Nb sertlik ve koersiviteyi (artık mıknatıslanım) artırmak amacıyla kullanılmaktadır. Watanabe¹³ yaptığı çalışmada hazırlanan Fe-Pt alaşıma %0.75 oranında Nb ilave ederek koersiviteyi ve sertliği artırma yoluna gitmiş, Tanaka'da¹⁴ bu bulguları desteklemiştir. Brück¹⁵ ise zirkonyum, alüminyum, titanyum, krom, kobalt gibi birçok element ilave etmiş ve Fe-Pt içerikli mıknatıslar için en iyi koersivite ve sertliğin alüminyum ile sağlandığını, ayrıca kullanılan miktarının %0.25 gibi çok düşük oranda olduğunu belirtmiştir. Yaptığımız bu çalışma korozyona karşı direnci değerlendirmeyi amaçladığı için mıknatıs üretiminde Watanabe referans alındı.

Uygulanan ilk ısıl işlem (1345 °C'de 45 dk) elde edilen numunelerin homojen bir yapıya

ulaşması amacıyla yapılırken literatürde^{13,16,17} bu konuda fikir birliği bulunmaktadır. Sonrasında uygulanan tavlama sürecinde ise fikir birliği bulunmamaktadır. Watanabe¹³ yaptığı çalışmada tavlama ısısını uygulamamıştır fakat daha kapsamlı bir şekilde bir araştırma ortaya koyan Brück¹⁷ üretimin son aşamasında numunelerden aldığı XRD sonuçlarına dayandırarak faz geçişinin tamamlana bilmesi için tavlamanın gerekliliğini ortaya koymuştur. Ayrıca en ideal ısı ve süreyi 625 °C'de 43 saat olarak belirtmiştir, aksi durumda ise elde edilecek malzemenin soft manyetik özellik göstereceğini belirtmiştir. Bu çalışmada ise kanıta dayalı verilerin daha net olarak ortaya konulması nedeniyle Brück ve arkadaşlarının yaptığı gibi tavlama işlemi uygulanmıştır.

Normal koşullar altında insan tükürük pH'sı 6.2 ile 7.6 arasında değişim gösterdiği belirtilmektedir.¹⁸ Bu çalışmada kullanılan solüsyonlar farklı pH değerlerinde hazırlanarak doğal şartların taklit edilmesi amaçlanmıştır. Literatürde farklı pH değerleri kullanılarak protetik tedavilerde kullanılan metallerin korozyona karşı dirençlerinin araştırıldığı çalışmalarda metal iyonlarının salınımının genel olarak asidik ortamda arttığı yönünde bilgiler sunulmasına karşın¹⁹, yaptığımız çalışmada ise bu durum farklı olarak bazik ortamın daha koroziv etki oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu farklılığın diğer çalışmalarda kullanılan metaller ile mıknatısların sahip olduğu farklı içerikten dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki döküm yoluyla elde edilen mıknatısların korozyona karşı gösterdikleri direnç hazır ataşman sistemlerine göre daha fazladır. Hazır ataşman sistemleri paslanmaz çelikle kaplanmakta ve son olarak lazer ergitme metoduyla paslanmaz çelik kenarları kapatılmaktadır. Bu sayede hazır mıknatısların tamamen ortamla teması kesilmekte ve korozyona dirençli hale getirilmektedir. Fakat elde edilen test sonuçları

göstermiştir ki lazer kaynak yöntemiyle korozyona karşı %100'lük bir dirençten söz etmek mümkün değildir. Solüsyonda bekletilen süreç sonunda, koroziv solüsyon lazer bağlantısını geçip içerisinde bulunan mıknaatısa ulaşmaktadır. Bu sonuçlar daha öncesinde Akın ve arkadaşları¹⁰ tarafından da yaptıkları çalışmada vurgulanmış olup yaptığımız bu çalışmayla da örtüşmektedir.

Ağız içerisinde kullanılan ataşman sistemleri zamanla kullanıma bağlı olarak aşınmaktadır bu durum paslanmaz çelik ile kapsülize edilmiş olan fabrikasyon manyetik ataşman sistemlerinin zamanla ortamla temas etmesine ve ilerleyen süreçte korozyonun mıknaatısa ulaşmasına ve çekim kuvvetinin azalmasına neden olabilmektedir. Fe-Pt mıknaatıslar içeriğinde bulunan yüksek orandaki platin nedeniyle korozyona yapısal olarak direnç göstermektedir ayrıca yapısal olarak tek bir formda oldukları için zaman içerisinde oluşacak aşınmanın korozyon üzerinde herhangi bir artıcı etki oluşturmayacağı düşünülmektedir. Bu durum döküm yoluyla elde edilen manyetik ataşman sistemini daha avantajlı bir hale getirmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, üretimi her ne kadar daha komplike olsa da Fe-Pt mıknaatısların ağız içerisinde korozyona göstermiş olduğu dirençten ötürü uzun vadede sahip olduğu klinik performansını ağız içi ortamda daha uzun süre koruyabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Heckmann SM, Winter W, Meyer M, Weber HP, Wichmann MG. Overdenture attachment selection and the loading of implant and denture-bearing area. Part 2: A methodical study using five types of attachment. Clin Oral Implants Res. 2001;12(6):640–647.
2. Assad AS, Abd El-Dayem MA, Badawy MM. Comparison between mainly mucosa-supported and combined mucosa-implant-

supported mandibular overdentures. Implant Dent. 2004;13(4):386–394.

3. Ahmad KA, Drummond JL, Graber T, BeGole E. Magnetic strength and corrosion of rare earth magnets. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2006;130(3):11–15.
4. Gillings BRD. Magnetic retention for complete and partial overdentures. Part I. J Prosthet Dent. 1981;45(5):484–491.
5. Sato D, Kanazawa M, Kim Y kyoung, u. a. Immediate loading of two freestanding implants placed by computer-guided flapless surgery supporting a mandibular overdenture with magnetic attachments. J Prosthodont Res. 2016;60(1):54–62.
6. Riley MA, Walmsley AD, Harris IR. Magnets in prosthetic dentistry. J Prosthet Dent. 2001;86(2):137–142.
7. Okuno O, Ishikawa S, Imuro FT, et al. Development of sealed cup yoke type dental magnetic attachment. Dent Mater J. 1991;10(2):172–174.
8. Jiles D. Introduction to magnetism and magnetic materials.: Chapman and Hall:2nd ed. London; 1991. 363-93
9. Wilson M, Patel H, Kpendema H, Noar JH, Hunt NP, Mordan NJ. Corrosion of intra-oral magnets by multi-species biofilms in the presence and absence of sucrose. Biomaterials. 1997;18(1):53–57.
10. Akin H, Emre Coskun M, Topcuoglu T, Kemal Ozdemir A. Can laser welding stop corrosion of new generation magnetic attachment systems? Mater Res Innov. 2011;15(1):66.
11. Kawamoto SI, Hamamura S, Kawahara H, et al. Tensile properties and hardness of cast Fe-Pt magnetic alloys. J Prosthet Dent. 2011;105(3):54–62.
12. Yiu EYL, Fang DTS, Chu FCS, Chow TW. Corrosion resistance of iron-platinum magnets. J Dent. 2004;32(6):423–429.
13. Watanabe I, Tanaka Y, Watanabe E, Hisatsune K. Tensile properties and hardness of cast Fe-Pt magnetic alloys. J Prosthet Dent. 2004;92(3):278–282.

14. Tanaka Y, Udoh K, Hisatsune K, Sakurai T. Distribution of niobium in an Fe-Pt-Nb magnet. *Mater Sci Eng A*. 1998;250(1):164–168.
15. Brück E, Xiao QF, Thang PD, Toonen MJ, De Boer FR, Buschow KHJ. Influence of phase transformation on the permanent-magnetic properties of Fe-Pt based alloys. *Phys B Condens Matter*. 2001;300(1–4):215–229.
16. Tanaka Y, Kimura N, Hono K, Yasuda K, Sakurai T. Microstructures and magnetic properties of Fe-Pt permanent magnets. *J Magn Mater*. 1997;170(3):289–297.
17. Xiao QF, Brück E, Zhang ZD, De Boer FR, Buschow KHJ. Effect of ordering transformation rate on the magnetic properties of Fe-Pt-based bulk alloys. *J Magn Mater*. 2004;280(2–3):381–390.
18. Akin H, Ozdemir AK. Effect of corrosive environments and thermocycling on the attractive force of four types of dental magnetic

attachments. *J Dent Sci*. 2013;8(2):184–188.

19. Jayaprakash K, Harish Kumar Shetty K, Nityananda Shetty A, Nandish BT. Effect of recasting on element release from base metal dental casting alloys in artificial saliva and saline solution. *J Conserv Dent*. 2017;20(3):199–203.

Yazışma Adresi

Mehmet Emre Coşkun
Cumhuriyet Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD,
Sivas, Türkiye

Telefon: +903462191010 Dahili: 2758

Faks numarası: +903462191237

E-posta: dtcoskun@hotmail.com