

ORGAN PROTEZLERİ VE DİŞ DOLGULARI İÇİN MALZEME SEÇİMİ

Fehim Fındık¹, Kemal Turan²

¹ffindik@ius.edu.ba International University of Sarajevo, Faculty of Engineering and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering, Sarajevo, Bosnia-Herzegovina

²kturan@ius.edu.ba International University of Sarajevo, Faculty of Engineering and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering, Sarajevo, Bosnia-Herzegovina

ÖZET

Malzeme seçimi önemli bir konudur. Günümüzde kullanılan 160 bin malzeme arasından seçim yapmak çok önemli ve fakat kolay bir iş değildir. İlgili teknik personelin (makina, metalurji müh vb gibi) istenen şartlarda çalışabilecek uygun malzemeyi seçebilmesi için mutlaka sözkonusu malzemelerin yapı ve özellikleri hakkında yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir. Aksi halde, yanlış malzeme seçimi sonucu istenmeyen kötü sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu makalede, malzeme seçimi ile ilgili temel prensipler açıklandıktan sonra, organ protezleri ve diş dolguları için malzeme seçimi yapılmıştır. Seçimde yöntem olarak Ashby diyagramlarının kullanımı temel alınmış ve istenen özellikleri en iyi taşıyan aday malzeme seçilmiştir. Sonuç olarak, organ protezleri için paslanmaz çelikler ve diş dolgu malzemeleri için de amalgamlar en fazla puanı aldığı için seçilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Malzeme seçimi, biyomedikal malzemeler, organ protezleri, diş dolguları

ABSTRACT

Selection of materials is an important issue. It is so vital to select the suitable material within the 160 thousands materials spectrum and not easy procedure. A technical person (a mechanical or metallurgical engineer or technologist) cannot select the suitable materials for an application area without having the sufficient knowledge about the structure and properties of materials. Otherwise, errors can reach to enormous extents; this situation makes difficult for the selector of materials and other related units. In this article, first fundamentals of materials` selection are explained and then selection for implants and tooth filling materials are done. In the materials selection, Ashby diagrams are used and then the successful material is selected within the candidates having maximum points after all. As a result, stainless steel and amalgams are selected for implants and tooth filling materials, respectively due to better performance comparing to the other candidate materials.

Keywords: Materials selection, biomedical materials, implants, tooth fillings

1. GİRİŞ

Her malzemenin kullanımı, bazı seçim elemanlarını gerektirir. Araştırma, deney veya kullanım sayesinde herhangi bir özelliğin iyileştirilmesi mümkündür; ancak bu gereğinden fazla abartılmamalıdır. Günümüzde kullanıldığı ifade edilen yüz altmış binden fazla farklı malzemenin her birisi, aslında hem problemleri

çözmek ve hem de temel olarak insanlığa hizmet etmek için günden güne bir evrim süreci geçirmektedir. Alexander Graham Bell'in yirminci yüzyılın başlarında icat ederek insanların kullanımına sunduğu telefonun gelişimini malzeme açısından inceleyecek olursak: 1900 yılında dış yüzeyi tahtadan ve elektrik nakleden kısımların ise metalden yapıldığı telefonun dış yüzeyi, 1930'lu yıllarda ise dökme demir ve piring ile değiştirilmiştir. Daha sonra, 1970'li yıllarda telefonun dış yüzeyinde polimer malzemeler kullanılmıştır. Benzer şekilde günlük hayatta çokça kullanılan saç kurutma makinesi de; 1925'li yıllarda gücü 100 watt olan makinenin gövdesi ağır birer malzeme olan çelik veya çinkodan yapılmıştır. Bu makine hem ağır hem de büyüktür. 1970'li yıllarda ise saç kurutma makinesinin gövdesinde polimer malzemeler kullanılarak, makine hem hafif ve hem de estetik hale getirilmiştir [1].

2. MALZEME SEÇİMİNİN ÖNEMİ

Malzeme seçimi önemli bir konudur. Günümüzde yetmiş bin demir esaslı malzeme (özellikle çelik) olmak üzere yüz altmış binden fazla kullanılan geniş bir malzeme spektrumu vardır. Ayrıca günlük hayatta karşılaştığımız ve sık sık kullanılan araçlarda çok sayıda malzeme kullanılabilir. Kullanılan her bir malzemeyi ayrı ayrı saydığımızda bir traktörde 15-20 bin, bir otomobilde 20-25 bin, bir tankta 40 bin, bir denizaltıda 120 bin adet ve bir uçakta 1 milyon malzeme bulunmaktadır. Çok sayıda malzemenin bir araya getirildiği bu karmaşık sistemlerin her biri önemli görevleri yerine getirmektedir. Dolayısı ile bu malzemelerin doğru seçilmesi, buldukları yerdeki şartlara uygun seçilmesi çok önemlidir. Eğer böyle yapılmaz ise, hem çalışma sırasında sistemin söz konusu parçası kırılıp can ve mal kaybına sebep olabilir. Örneğin, bir gıda sektörünü ele alalım. Bir milyon konserve siparişi alan bir firma konserveleri kutulara doldurup kapağı kapatıyor ve deniz aşırı bir ülkeye ihracat için yola çıkarıyor. Fakat alıcı firma konserveleri açınca konserve kapaklarının denizdeki yolculuğundan sonra küflendiğini görüyor. Tabii ki malları geri gönderiyor ve firma milyonlarca lira zarara uğruyor. Bu küflenmenin sebebi muhtemelen kullanılan düşük karbonlu çelik kutuların deniz atmosferine karşı kaplanmamasıdır. Sonuç olarak konserve fabrikası müşterisini kaybettiği gibi, olayı öğrenen potansiyel müşteriler de alımdan vazgeçiyorlar. Çünkü bir gayri memnun müşteri 100 adet diğer potansiyel müşteriyi olumsuz yönde etkileyecektir. Onun için malzemeler kullanılacakları şartlara ve zorlamalara uygun olacak şekilde seçilmesinde büyük yarar vardır [2].

3. MALZEME SEÇİMİ ADIMLARI

Birçok mühendislik çalışmaları gibi malzeme seçimi de problem çözme işidir. Problem çözme üzerine pek çok şey yazılmıştır, konu ile ilgili ana basamaklar ifade edilmiş ve pek çok farklı şekilde tanımlanmıştır. Bununla birlikte, esas adımların şöyle olduğu genel kabuldür:

- 1- Problem analizi
- 2- Alternatif çözümlerin formülasyonu
- 3- Alternatiflerin geliştirilmesi
- 4- Karar

Malzeme seçilme işlemine uygulanan bu adımlar şu hale dönüşürler [3]:

- 1- Malzemelerin gerekli özelliklerinin analizi
- 2- Aday malzemelerin seçimi
- 3- Adayların geliştirilmesi
- 4- Gerekli özelliklere en iyi uyan malzemenin seçimi

Bir deney yalnızca malzemenin çevresinin koşullarını değiştirmek ve bu değişime karşı tepkilerini tanımlamak mümkündür. Testlerin sonuçları malzemenin önemli bir tanımlamasıdır. Bir özelliğin yalnızca

gerçek tanımlaması, tamamen elde edildiği deneyin de tanımlanmasını kapsar. Burada belirten dört prosedür şu şekilde gözden geçirilebilir:

- 1) malzeme mühendisi çalışma ve ürünün üretildiği çevre şartlarının dikkatle listeler:
- 2) koşullara ve koşulların servis süresinde değişimlerine dayanabilmesi için gerekli cevapları listeler:
- 3) aranılan özellikleri bugünün malzeme spektrumu içinde 100 binden fazla mühendislik özellikleriyle karşılaştırılır:
- 4) en iyi sonucu veya olası en iyi uzlaşmayı sezginin, deneyimin ve yargının ışığı altında, veren malzemeyi seçer.

4. MALZEME SEÇİMİNDE DİKKATE ALINAN FAKTÖRLER

Malzeme seçiminde göz önüne alınacak genel karakteristikler vardır (Tablo 1.2). Tablodan görüldüğü gibi, birçok uygulama bütün bu faktörleri gerektirmez. Bazı uygulamalarda ek faktörlerin de göz önüne alınması gereken durumlar olabilir.

Malzemelerin davranışı, bileşim, yapı, çalışma koşulları ve bunların kendi aralarında etkileşimleri tarafından tanımlanmaktadır. Bütün malzemelerin iyi performans gösterdikleri ancak tatmin edici kullanılmadıkları limitleri vardır. Standart deney prosedürleri sadece aykırı durumların çalışma davranışlarını ölçerler, öyle ki malzemelerin davranışı birçok karakteristiğin, özelliğin ve çalışma koşullarının birleşik etkileşimdir.

Tablo 1. Malzeme Seçimi İçin Genel Yaklaşım [4].

Mekanik mukavemeti
Süneklik
Stabilite
İmal edilebilirlik
Elde edilebilirlik
Korozyon mukavemeti
Isı transfer özellikleri
Özel özellikler
Maliyet

Belirli bir uygulama için malzeme seçiminde birinci basamak çalışma koşullarının gelişimidir. En gerekli malzemeleri seçmek için değişik malzemelerin karakteristikleri geliştirilmiştir.

Bunlar bazen iyi tahminler için gerçeğe benzetilmiş çeşitli servis deneylerine ihtiyaç duyar. Esas deney tabii ki gerçek çalışma koşullarındadır. Malzemenin diğer uygulamalardaki davranışlarının bilinmesi, performansı bilinen bir durumun benzeri veya daha değişikliği olan yeni bir uygulama için emniyetli muhakeme uygulamasına yardım etmelidir.

Sıcaklık, çevresel koşullar, uygulanan gerilmenin derecesi ve diğer faktörleri de içine alan imalat ve çalışma koşullarını bilmedikçe ve anlamadıkça uygun malzemeyi seçmek için çok ufak bir umut vardır. Eğer değişik malzemelerin çalışma koşulları ve özellikleri hakkında anlaşılır derecede bilgimiz varsa, geçmiş deneyimler bize tatmin edici bir çalışma ömrü elde etmek için zorluklar ve tehlikeler arasında çalışılacağını gösterir.

4.1 Mukavemet

Malzeme seçiminde genellikle sorulan bir soru da malzemenin çalışma sırasında uygulanan gerilmelere dayanıp dayanamayacağı sorusudur. Genellikle birinci seçim kriteri mukavemet iken, sertlik, korozyon dayanımı, elektriksel iletkenlik, manyetik karakteristikler, ısı iletkenlik, özgül ağırlık mukavemet-ağırlık oranı veya başka özellikler olabilir. Örneğin evlerde düşük su basınçlı kullanımda daha dayanıksız ve pahalı olan bakır borular, çok daha dayanıklı çelik borulardan daha iyi bir seçim olabilir. En büyük farklardan biri tesisattır, çelik borular parçalar halinde gelir ve köşelerde sızdırmaz dirsek ve köşelerde kıvrılabilir. Bakırın düşük tesisat masrafı yüksek malzeme masrafını telafi eder. Üstelik bakır yeterli mukavemete sahip olduğundan, çeliğin yüksek mukavemeti gerekli değildir. Ayrıca donma olayı sırasında bakır çatlama yerine esneme eğilimindedir. Genellikle, malzeme seçiminde kullanılan kriter sadece bir tek özellik değil bazı kimyasal, fiziksel, mekanik özelliklerin kombinasyonu ve ekonomik faktörlerdir.

4.2 Süneklik

Süneklik problemi mukavemet problemine bağlıdır. Yeterli süneklik genellikle mukavemetten fedakârlık yaparak elde edilir. Örneğin soğuk şekil vermede mukavemetten kazanç ve süneklikten kayıp vardır. Görüldüğü gibi bir miktar süneklik her zaman istenir ve büyük mukavemet kayıpları olmaksızın ne kadar çok süneklik elde edilebilirse o kadar iyidir. Bu genellikle doğrudur, ancak aynı zamanda birçok metal ve alaşımın sünekliliği düşüktür ve daha fazlasına ihtiyaçta yoktur. Tren yolu rayları, sert çalışma koşullarına rağmen düşük sünekliktedir.

4.3 Tasarım

Tasarım malzeme seçiminde mukavemet ve sünekliliğe sıkı sıkıya bağlıdır. Aynı zamanda çalışma sırasındaki bozulmaların büyük bir çoğunluğunun yorulma yüzünden oluştuğu anlaşılmıştır. Önde gelen bir otomotiv mühendisi J.O Almen [5] şöyle söylemiştir: "Çalışma sırasında veya laboratuvar ve yol testindeyken oluşan yorulmanın %90'ı dizayn ve üretim hatalarından oluşur ve yalnızca geri kalan % 10 malzeme hatası, malzeme özelliği ve ısı işlem hataları olarak metalurjistlerin sorumluluğudur."

"Malzemelerin yorulması" ile ilgili çalışmalar Metalurji mühendisliği ve üretim bölümünün ortak işidir. Yorulma olayına katkıda bulunan metalurji ve mekanik faktörleri birbirinden ayıran kesrin bir çizgi yoktur. Bu çalışan sorumluluk yeterince anlaşılmamıştır.

4.4 Kararlılık (Süreklilik)

Çalışma halindeki bir malzemenin kararlılığı doğrudan doğruya sıcaklığa, sıcaklıktaki dalgalanmalara ve sıcaklıkta zaman uzunluğuna bağlıdır. Bazı uygulamalarda, radyasyona maruz bırakma da önemli bir koşul olabilir. Sıcaklık sadece mukavemeti doğrudan etkileyip sürünmeye neden olmaz, aynı zamanda malzemenin mikro yapısında da değişiklikler meydana getirir. Örneğin martenzitik çeliklerin temperlenmesi ve alaşımların çökeltme sertleştirilmesinde yaşanmaya uğratılması. Anlaşılabileceği gibi zaman bu olayın oluşma sürecinin tanımlanmasında ve sonuç olarak kararlılığın sıklığında önemlidir. Örneğin bir roket motorun kısa bir süre için çalışması arzu edilebilir, oysa bir buhar türbininin yıllarca çalışması beklenir. Bir çok bileşimin, tamirat için çalışmayı durdurmaya meydan vermeyen karakteristiklere sahip olması arzu edilir. Diğer bileşenlerden de özellikle mekanik bakım ve düzenli aralıklarla yenileme istenilmeyen bir durumdur ve bu parça kolayca ayrılabilir yapılmıştır. Örneğin nükleer reaktörlerde stabilite problemi, tasarım fizibilitesini test etmek üzere çalıştırılan bir reaktörde, merkez güç istasyonu olarak senelerce çalıştırılacak bir reaktörden çok daha az şiddetlidir. Kararlılığın diğer bir yönü, hatanın ciddiyeti sorusudur. Örneğin bir çaydanlıktaki çatlak sadece bir derttir, ancak yanıcı veya radyoaktif akışkanla dolu bir kaptaki çatlak çok daha farklı bir olaydır. Şunu bilmemiz gerekir ki uzun süre için yapılmış olan bir tasarım, iyi bir

tahmin olabilir, zira en iyi elde edilebilen bilgi süresi, uzun süreli bir operasyonda beklenenden daha kısadır. Tecrübeye dayalı tahmin yapmanın zararlı olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

4.5 Elde Edilebilirlik

Malzemenin nitelikleri göz önüne alınmadan, eğer malzeme kolay elde edilebilir değilse bir tasarım yapmak mantıksızdır. Burada sözü edilen elde edilebilirlik malzemenin fiyatı ve istenilen şekli alabilmesidir. Sadece dökümlerle elde edilebilen bir malzeme kesinlikle haddeleme, tel çekme veya değişik imalat biçimlerinde kullanılamaz.

Ayrıca bir sistemin parçası olarak seçilen bir malzeme için materyal yurt dışından geliyor ise bu her zaman risklidir. Özellikle savaş zamanlarında yurt dışından malzeme gelmeyip ambargo konabilir ve bu şekilde malzemenin kullanımı aksayabilir. Onun için her zaman kullanılan malzemenin yurt içinden temini konusunda çalışma yapılmalıdır. Bu hem yurt ekonomisine katkı sağlar ve hem de barış ve savaş zamanında sürekli elde edilebilir emniyetli bir üretim ortaya çıkarır.

4.6 İmalata uygunluk (üretilebilirlik)

Üretilebilirlik, elde edilebilirlik ile sıkı sıkıya bağlantılıdır. Bir malzeme ticari olarak, istenilen imalat türünde elde edilemeyebilir, ancak küçük boyutlarda sıralı geliştirme tipli işlemlerden geçirilecek istenilen form kazandırılabilir. Bu da tabii ki hatırı sayılır bir harcamayı gerekli kılar. Berilyum ve zirkonyumun nükleer reaktörde kullanımında üretim geliştirilmesi ve imalat prosedürleri iki özel örneği verir. Yine de genellikle şekil verme, birleştirme vb. özel önlemler gerektirmeyen Standard yöntemlerle imalat yapılabilecek malzemeleri tercih ederiz. İmalat işlemlerinin dış şartlardan da iyi performans göstermesi arzu edilen bir durumdur. İstenilen parça sayısı doğrudan üretilebilirliğine bağlıdır. Eğer gereken birkaç bin benzer parça ise kalıp veya özel takımların yüksek masrafı büyük miktarda imalatta ekonomik olabilir. Eğer istenilen parça sayısı az ise, stokta bulunan nispeten daha pahalı malzeme ile el imalatı yapmak, daha özenilmiş ucuz malzeme kullanarak yapılan imalattan toplamda daha ucuz olabilir.

4.7 Korozyon Direnci

Bir malzeme arzu edilen çalışma koşullarına bağlı olarak korozyona dirençli veya dirençsiz olabilir. Korozyon direnci için kriter üç derecede göz önüne alınabilir:

- 1- Kirlenmeden sakınma
- 2- Kapalı kaplarda ve kanallarda çatlakları engellemek
- 3- Korozyon saldırı sırasında mukavemetin ve diğer özelliklerin etkilenmesi.

Bazı durumlarda, periyodik değiştirmeler gerektiren daha kötü bir malzeme kullanmak daha elverişli olabilir, çünkü bu durum pahalı bir malzeme kullanılmasından daha ekonomiktir. Bununla birlikte başka durumlarda bu yaklaşım hayati tehlike ihtimali veya başka sebeplerle kabul edilir olmayabilir. Korozyon ortamla ilgili gözden kaçırılmaması gereken faktörler vardır, çünkü bunların ihmali korozyon testleri ve el kitabı verilerinin hatalı yorumlanmasına sebebiyet verir.

- 1- Belirli bir sıcaklıkta basit statik daldırma deneyinde numune, solüsyona ısıyı transfer ederken uğrayacağı korozyondan önemli oranda değişik bir biçimde korozyona uğrar;
- 2- Test solüsyonunun kirlenme sebebi ile korozyon özelliği değişebilir;
- 3- Laboratuvar testleri ve çalışma koşulları arasındaki korelasyon eksikliği, solüsyon içine zorla indirgenmesi veya içinden ayrıştırılması şeklinde korozyonu etkiler;
- 4- Korozyon bir sıvıdaki buhar veya gaz basıncı, oksijen veya diğer gazların bu solüsyon içine zorla indirgenmesi veya içinden ayrıştırılması şeklinde korozyonu etkiler;
- 5- Korozyon dirençlerini pasif tabakalara borçlu olan alaşımlar özellikle yoğunluk hücrelerinin geliştirilmesine karşı hassastır.

Her tasarımda korozyon ihtimali göz önünde bulundurulmalıdır. Özel bir takım şartlar altındaki korozyif saldırıya karşı kabul edilebilir direncin bu şartlardaki birkaç değişikle yeni bir probleme veya aynı problemin biraz değişikliğe uğramış bir haline dönüştüğünü görürüz.

4.8 Maliyet

Her durumda, özel bir uygulama için malzeme seçiminde son karar ödün vermeyi gerektirir. Bazı uygulamalarda bizi nispeten daha az malzeme içinden seçim yapmaya sınırlayan özel koşullar vardır. O halde daha önce tartışılan birbiri ile çelişen faktörler arasında bile ödün mevcuttur. Hemen hemen bütün örneklerde verilen ödün ve seçimde son karar ekonomik nedenleri göz önüne almayı gerektirir. Donanımın bir parçasının ilk maliyeti, hammadde, üretim ve taşıma maliyetlerini de kapsar. Bununla birlikte işlem başladıktan sonra ihmal sebebi ile yerine doldurma, tamirat veya değiştirme sırasındaki kapanma masraflar ortaya çıkabilir. Tablo 2'deki değer biçme testleri, Amerikan Deniz Kuvvetleri tarafından ekonomik nedenlere uygun olarak geliştirilmiştir. Bu tablodaki sorulardan (ve belki başka benzer sorulardan) herhangi birinin cevabı 'evet' olursa seçme işlemi bitmemiş demektir.

Her bir endüstri malzemelerin daha etkili kullanımı sayesinde tasarrufa gidilir. En azından, maliyetin daha iyi kullanım sayesinde düşürülmesi için üç büyük yaklaşımda bulunabilir:

- 1-Seçilen malzemeyi yeniden gözden geçirmek;
- 2-Malzemenin formunun yeniden gözden geçirilmesi;
- 3-Niteliklerinden daha iyi yararlanmak için yeniden tasarlamak.

Üretim hattı kısmında uygulandığında bu düşünce sisteminin genelde ismarlama kısmında olduğundan daha uygun olduğu görülür. Bazı durumlarda burada söylenen tasarruf asıl şekilde veya üretim prosedüründe değişiklik yapmadan basit bir malzeme değişimi ile gerçekleştirilebilir. İki veya daha çok malzemenin alternatif olarak, istenildiği anda o anki pazar fiyatlarından seçim yapılarak göz önüne alındığı uygulamalar da vardır. Bu da karşılığında arz-talepteki değişimlere bağlıdır.

Tablo 2 Değer biçme testi [3]

Her malzeme, her parça, her işlem bu testlerden geçmelidir	
1-	Bu olmadan yapabilir miyiz?
2-	İstenilenden daha fazla özellikleri var mı?
3-	Değerinden daha pahalı mı?
4-	İşi yapmak için daha iyi bir olasılık var mı?
5-	Daha ucuz bir metodla yapılabilir mi?
6-	Standart bir madde kullanılabilir mi?
7-	Kullanılan miktar göz önüne alınarak, daha düşük maliyetli bir işleme metodu kullanılabilir mi?
8-	Maliyeti makul işçilik, sabit masraflar, malzeme ve karın toplamından daha fazla mı?
9-	Bir başkası aynı malzemeyi güvenilebilirliğe zarar vermeden daha ucuza temin edebilir mi?
10-	Eğer sizin paranız olsaydı, çok pahalı olduğu için söz konusu maddeyi almayı reddeder miydiniz?

Büyük tasarruflar genellikle imalat prosedüründen veya malzemenin kullanıldığı şekilde değişiklikler yaparak gerçekleştirirler. Örneğin bazı özel kompleks şekiller, doğrudan pahalı işlemlerle elde edilebilecekken; levha, plaka, döküm veya dövme yöntemlerinden biriyle hazır imal edilmiş basit parçaların birleştirilmesinden de yapılabilirler. Diğer taraftan birleştirme masrafı döküm veya ekstrüzyon yöntemleri kullanılarak minimize edilebilir. Buna belirgin bir örnek otomobil motorlarındaki krank milleridir.

Mukavemet ve sertlik özelliklerine az çok sahip olması gereken dövme çelik uzun yıllar krank mili yapımında kullanıldı. Neticede kıvrık bir krank milinin kırık bir krank mili kadar faydasız olduğu ve darbe çok sert olmadığı için yüksek sertlik derecesine ihtiyaç olmadığı anlaşılmıştır. Bugün yeterli eğmede gayet iyi çalışır, milyonlarca döküm ve işlenmiş bir krank mili vardır. Dökümle elde edilmiş ve işlenmiş bir krank milinin maliyeti, dövme yöntemiyle imal edilmiş ve işlenmiş olandan gözle görülür miktarda düşüktür.

4.9 Malzeme Seçimindeki Sorumluluk

Düşünüldüğünde, tasarımcı malzeme seçiminden sorumludur. Bu seçimi yaparken, yalnızca el kitabı bilgilerine güvenmemeli, bununla beraber malzeme uzmanlarına danışmalıdır. Bu uzman da, karşılığında elde etme kaynakları, üretim şartları ve fiyatlarla ilgili her şeyi bilmelidir. Böylece yerinde malzeme seçiminin yalnızca malzeme tasarım mühendislerini değil aynı zamanda üretim mühendislerini ve alım satım bölümünü de ilgilendirdiği görülür.

5 ORGAN PROTEZLERİ İÇİN MALZEME SEÇİMİ ADIMLARI

Protez, eksik olan vücut uzuvlarını taklit edecek şekilde yapılmış aygıtların genel adıdır. Yaralanmalar, tümör cerrahileri, kangren, iltihap ve benzeri organ hasarları sonucu vücudun geri kalanının sağlığını korumak amacı ile hasar gören organ çıkartılır. Bu organ fonksiyonunu ve şeklini taklit eden protezler bu organdan geriye kalan vücut boşluğuna yardımcı materyaller kullanarak takılır. Burada organ protezleri için malzeme seçimi adımlarından söz edilecektir. Birinci bölümünde belirtilen malzeme seçim adımlarını organ protezlerine uygun malzeme seçmek için uygulayalım [1, 2]:

1- Malzemelerin gerekli özelliklerin analizi:

Organ protezinden istenen özellikler, ya da organın insan vücudunda kullanıldığı zaman ondan icra etmesi gereken özellikler şöyle sıralanabilir:

- dayanımı yüksek olmalı
- kolay şekil verilebilmeli
- korozyon dayanımı yüksek olmalı (paslanmamalı)
- biyo uyumlu olmalı
- ucuz olmalı

2- Aday malzemelerin seçimi:

Yukarıda belirtilen özellikleri de göz önünde bulundurarak organ protezleri için şu malzemeleri aday olarak gösterebiliriz:

- plastik (PVC, PMMA, PE)
- metal (paslanmaz çelikler, Ti-alaşımları, Co-alaşımları)

3- Adayların geliştirilmesi

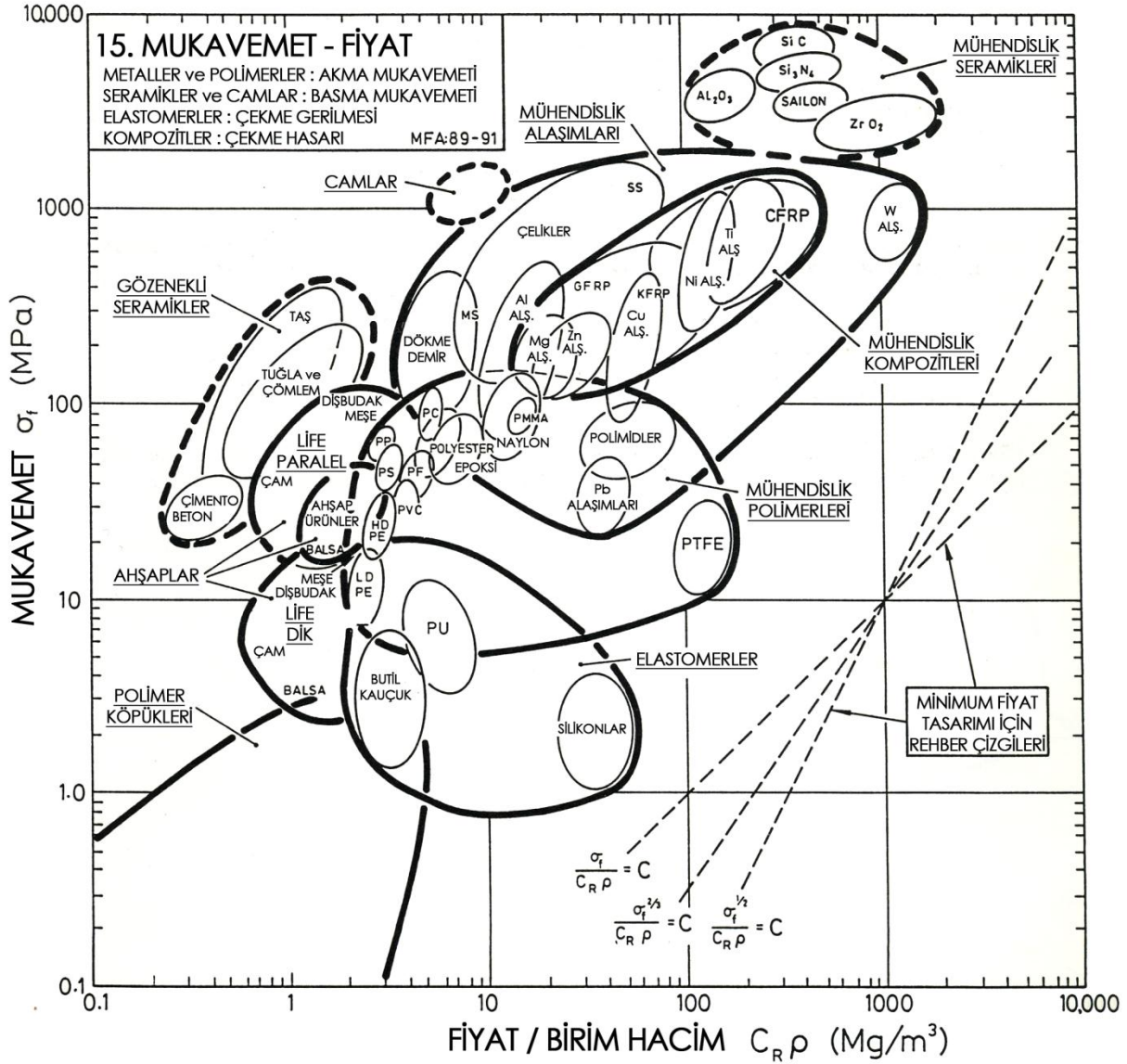
Şimdi aday olarak gösterilen bu malzemeleri organ protezinden istenen özelliklerin ışığı altında puanlama yaparak değerlendirelim. Aday malzemeleri sütunlara ve istenen özellikleri de satırlara yazdıktan sonra, malzeme seçim diyagramlarını kullanarak aday malzemelerin değerlerini bulalım. Sonuçlar Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3 Organ protezleri aday malzemeleri ve puanlaması

Özellik/Malzeme	PVC	PMMA	PE	Ti-alaşimleri	Co-alaşimleri	Paslanmaz çelik
Dayanım (MPa)	50 (2p)	80 (2p)	20 (1p)	700 (8p)	600 (7p)	1000 (10p)
Şekil verilebilme	+++ (10p)	+++ (10p)	+++ (10p)	+(3p)	++ (6p)	++ (6p)
Korozyon direnç	Pekiyi (10p)	İyi (7p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	İyi (7p)	Pekiyi (10p)
Biyo-uyumluluk	İyi (7p)	İyi (7p)	İyi (7p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)
Fiyat/Birim hacim (Mg/m³)	2 (10p)	15 (8p)	2.5 (10p)	200 (1p)	150 (4p)	30 (7p)
Toplam Puan	39p	34p	38p	32p	34p	43p

4- Gerekli özelliklere en iyi uyan malzemenin seçimi

Tablo 3'den görüldüğü gibi, organ protezleri için beklenen performansı en iyi sağlayan ve böylece en çok puanı (43p) alan paslanmaz çelikler en uygun malzemelerdir. Paslanmaz çelikler yüksek dayanımları (Şekil 1), kolay şekil verilebilme ve yüksek korozyon dirençlerinden dolayı en fazla puanı toplamışlardır. İkinci sırada ise PVC (polivinil klorür) ve PE (poli etilen) gibi polimer malzemeler gelmektedir. Ayrıca, metalik malzemelerden Co-alaşimleri Ti-alaşimleri da organ protezlerinde malzeme seçimi olarak düşünülebilir. Ancak, bu malzemelerin pahalı olması ve şekil verilebilmelerinin diğerlerine göre zor olması bunların dezavantajıdır. İlave olarak, başta polimer malzemeler olmak üzere bütün malzemelerin insan vücuduna uyumlulukları da kesinlikle dikkate alınmalıdır. Özet olarak, organ protezleri için en uygun malzeme olarak paslanmaz çelik seçilebilir.



Şekil 1. Mukavemet ile fiyat ilişkisini gösteren diyagram (6,7)

6 DIŞ DOLGUSU İÇİN MALZEME SEÇİMİ ADIMLARI

Diş dolgusu, **çürük** nedeniyle zarar görmüş bir dişe, normal fonksiyonunu ve görünümünü kazandırmanın bir yöntemidir. Diş hekimi dolgu yaparken, önce çürümüş diş dokusunu uzaklaştırır. Etkilenen alanı temizler ve boşluğu dolgu malzemesi ile doldurur.

Bakterilerin girebilecekleri boşlukları dolgu ile kapatarak çürüğün ilerlemesini de engellenmeye çalışır (Şekil 2) ve burada aday malzemeleri arasından malzeme seçimi adımları irdelenecektir. Yedinci bölümünde belirtilen malzeme seçim adımlarını diş dolgusu için uygun malzeme seçmek için uygulayalım [3,6,7]:



Şekil 2. Çeşitli diş dolgularının görünümü.

1- Malzemelerin gerekli özelliklerin analizi:

Diş dolgusu malzemelerinden istenen özellikler, ya da diş dolgularının ağızda kullanıldığı zaman ondan icra etmesi gereken özellikler şöyle sıralanabilir:

- orta dayanımlı olmalı
- orta ısı mukavemetli olmalı
- kolay şekil verilebilmeli
- korozyon dayanımı yüksek olmalı (paslanmamalı)
- biyo-uyumlu olmalı
- ucuz olmalı

2- Aday malzemelerin seçimi:

Yukarıda belirtilen özellikleri de göz önünde bulundurarak diş dolguları için şu malzemeleri aday olarak gösterebiliriz:

- Ag-Sn (Ag-Pd, amalgamlar)
- Ni-Cr alaşımları
- Co-Cr alaşımları
- Au-Pt alaşımları
- kompozit reçine (plastik-SiO₂)

3- Adayların geliştirilmesi

Şimdi aday olarak gösterilen bu malzemeleri diş dolgularından istenen özelliklerin ışığı altında puanlama yaparak değerlendirelim. Aday malzemeleri sütunlara ve istenen özellikleri de satırlara yazdıktan sonra, bu bölümde incelenen malzeme seçim diyagramlarını kullanarak aday malzemelerin değerlerini bulalım. Sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4 Diş dolguları aday malzemeleri ve puanlaması.

Özellik/Malzeme	Ag-Sn (amalgam)	Ni-Cr alaşimleri	Co-Cr- alaşimleri	Au-Pt alaşimleri	Kompozit reçine
Orta dayanım (MPa)	200 (10p)	500 (7p)	500 (7p)	400 (8p)	400 (8p)
Isıl mukavemet (MPa)	200 (10p)	500 (7p)	500 (7p)	400 (8p)	200 (10p)
Şekil verilebilme	+++ (10p)	+++ (10p)	++ (8p)	++ (8p)	++ (8p)
Korozyon direnc	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)
Biyo-uyumluluk	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	Pekiyi (10p)	İyi (7p)
Fiyat/Birim hacim (Mg/m ³)	800 (5p)	150 (9p)	300 (8p)	1200 (1p)	30 (10p)
Toplam Puan	55p	53p	50p	45p	53p

4- Gerekli özelliklere en iyi uyan malzemenin seçimi

Tablo 4'den görüldüğü gibi, diş dolguları için aday malzemeler belirtilmiştir. Aslında, sözü edilen bu aday malzemelerinin her biri seçim için kullanılabilir. Ancak, diş dolgularından istenen özellikleri en çok sağlayan ve böylece 55 puanla en yüksek puanı toplayan amalgamlar (Ag-Sn alaşımları) en iyi seçimdir. Çünkü amalgamların fiyatı orta derecede olmasına karşın, bütün diğer özellikler son derece tatminkârdır. Sıralamada, ikinci olarak 53 puanla Ni-Cr alaşımları ve plastik esaslı kompozit malzemeleri görmekteyiz. Bunlardan Ni-Cr alaşımlarının şekil verme, korozyon direnci ve biyo-uyumluluğu çok iyidir. Plastik esaslı kompozitlerin ise ısıl mukavemeti, korozyon direnci ve fiyatı çok uygundur. Son sırada da Co-Cr alaşımları ile Au-Pt alaşımları yer almaktadır. Bunlardan Au-Pt'nin çok pahalı olması nedeni ile 45 puan ile son sırada yer almaktadır. Sonuç olarak, diş dolguları için en uygun malzeme olarak amalgam (Ag-Sn alaşımları) malzemeleri seçilebilir.

Amalgam, çok dayanıklı ve ekonomik bir dolgu maddesidir; fakat görünümü estetik değildir. İçinde % 70 gümüş, % 23 kalay, az miktarda bakır ve çinkodan oluşan tozun cıva ile karıştırılmasıyla hazırlanır. Karışım diş hekimi tarafından hazırlanan oyuğa yığılır ve dolgu birkaç saatte sertleşir. Özellikle azı dişleri için günümüzde kullanılan en iyi dolgu maddesidir. Amalgam dolgudaki cıva zehirli değildir. Cıva diğer metallerle birleştiğinde kimyasal yapısı değişir ve zararsız hale geçer. Çiğneme ve öğütme sonucunda ağızda açığa çıkan cıva miktarı su, hava ve yiyeceklerde alınan miktardan çok daha küçüktür. Bütün bilimsel araştırmalarla cıvanın zararsız olduğu sonucuna varılmıştır. Amalgamlar söküldüğünde cıvanın oluşturduğu düşünülen bazı hastalıkların iyileştiği iddia edildiği halde bilimsel olarak ispatlanamamıştır. Amalgam hala en zararsız, en uzun ömürlü ve en ucuz dolgu maddesidir. Yılda, bir milyardan fazla amalgam dolgu yapıldığı hesaplanmıştır. Diğer dolgu maddelerine oranla çok daha kısa zamanda ve kolay uygulanabilirler. Porselen, altın ve beyaz dolgular gibi dolgu malzemeleri hem daha pahalıdır hem de daha çok zaman ve dikkat isterler. Ayrıca altının dışındakiler amalgam kadar uzun ömürlü değildir. Amalgam ancak cıvaya alerjisi kesin olarak tespit edilenlerde kullanılmamalıdır ki, bu da yüzde birden çok daha düşük bir olasılıktır [8,9].

7. KAYNAKÇA

- [1] ASHBY M.F. and JONES O.R.H., Engineering Materials I: An Introduction to Their Properties and Applications, Pergamon Pres Ltd., Oxford, 1987 pp:239-248;121-156.

- [2] FINDIK F. , Malzeme Bilgisi Notları, Sakarya Üniversitesi, 2007.
- [3] CRANE F. A. A. and CHARLES J. A., Selection and Use of Engineering Materials, The Garden City Press Ltd. 1984.
- [4] SMITH O. O., The Science of Engineering Materials, Prentice Hall Inc., London, 1969.
- [5] ALMEN J. O., Probe Failures by Fatigue to Unmask Mechanical Causes, SAE Journal vol. 51 May 1943.
- [6] ASHBY M.F., Materials Selection in Mechanical Design, Pergamon Pres Ltd., Oxford, 1992.
- [7] FINDIK F., Malzeme Seçimi ve Uygulamaları, Sakarya Yayıncılık, 2008.
- [8] Metals Handbook, ASM Handbook, v. 20, ASM International, 1992.
- [9] FINDIK F., Malzeme ve Tasarım Bilgisi, Seçkin Yayınevi, 2010.