

TALAŞLI İMALATTA MALZEME VE PROSES SEÇİM STRATEJİLERİ

Erdem ÇİLTEPE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2010

ANKARA

Erdem ÇİLTEPE tarafından hazırlanan TALAŞLI İMALATTA MALZEME VE PROSES SEÇİM STRATEJİLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

.....

Tez Danışmanı, Makina Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Faruk MENDİ

.....

Makina Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

.....

Makina Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İhsan KORKUT

.....

Makina Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Adnan AKKURT

.....

Endüstriyel Teknoloji Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Abdullah KURT

.....

Makina Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Tarih:25/02/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Erdem ÇİLTEPE

TALAŞLI İMALATTA MALZEME VE PROSES SEÇİM STRATEJİLERİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Erdem ÇİLTEPE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2010

ÖZET

Malzeme seçimi, tasarımda en önemli ve vazgeçilmez unsurlardan biridir. Uygulamada ihtiyaca cevap verebilecek en uygun malzemenin seçimi oldukça güçtür. Malzemelerin çok çeşitli yapı ve özelliklere sahip olması, tasarımcıyı malzeme seçiminde daha dikkatli ve bilinçli olmaya itmektedir. Dolayısıyla bunun sağlanması için malzemeler hakkında ve malzeme seçimi konusunda belli bir bilgi düzeyine sahip olunması gerekir. Malzemeler hakkında yeterli bilgilerin toplanabilmesi çok geniş kapsamlı kaynaklara bağlıdır. Kullanım yerleri dikkate alındığında hangi malzemenin en uygun olduğu ve malzeme seçiminde hangi yöntemin tercih edileceğinin oldukça önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada tasarımda ihtiyaç duyulan malzemenin internet ortamında “PHP” programlama dili ve “MYSQL” veritabanı yardımıyla girilen verilere göre en uygun şekilde seçilmesi hedeflenmiştir. Uygun malzeme seçimi hem maddi açıdan kazanç hem de zaman ve iş gücü kaybını önleyebilecek bir çözümdür. Bilgisayar ortamında uygun programlama dili yardımıyla yazılmış programlar kullanılarak, isteklere uygun, ideal ve alternatif çözümler ortaya çıkabilmektedir.

Her alanda malzeme üreticisi ve tüketicisi arasında sorunları en aza indirmeyi hedefleyen bu çalışma yeni veri girişlerinin yapılmasına da imkan sağlamaktadır.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : Malzeme seçimi, proses seçimi, mekanik tasarım, talaşlı imalat

Sayfa Adedi : 74

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

MATERIAL AND PROCESS SELECTION STRATEGIES IN MACHINING
(M.Sc. Thesis)

Erdem ÇİLTEPE

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

March 2010

ABSTRACT

Materials selection is the most important and indispensable element in design. In practice, the need to respond to the most appropriate choice of material is quite difficult. To have a very different structure and properties of material, it is forcing the designer in selecting the material to be more careful and conscious. Therefore, to ensure that, we should have a certain level of knowledge about material and materials selection. Collecting sufficient information about a wide range of materials can depend on the extensive resources. Given the locations of using areas which material is best and which method is the preferred choice of materials is arising a very important factor. Therefore, in this study, the needed materials in design, entering data with the help of “PHP” programming language and “MYSQL” database over internet media, for selecting the most appropriate way is aimed. Appropriate material selection is also a financial gain and as well as a solution to prevent loss time and labor earnings. By using computer programs written with the help of the appropriate programming language, comply with the request, ideal and alternative solutions may occur.

This study aims to minimize issues between the material producer and consumer in all areas, and as well as provides the opportunity provides the opportunity to make new data entries.

Science Code : 708.3.028
Key Word : Materials selection, process selection, mechanical design, machining
Page Number : 74
Adviser : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca her türlü maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım sayın Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e ve bu günlere gelmemde maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli ve kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLERİN LİSTESİ	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER KISALTMALAR.....	xii
1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Literatür Araştırmasına Giriş	4
2.2. Yapılan Araştırmalar	4
2.3. Literatür Araştırmasının değerlendirilmesi.....	8
3. TASARIM PROSESİNİN SAFHALARI.....	10
3.1. Tasarım Kavramına Giriş.....	10
3.2. Tasarım Prosesi.....	11
3.3. Tasarımda Karar Kriterleri	14
3.3.1. Elde edilebilirlik	15
3.3.2. İşlenebilirlik	15
3.3.3. Maliyet	15
3.4. İşlev, Malzeme, Şekil ve İşlem Metodunun Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi.....	16
4. MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ VE TEMEL ÖZELLİKLERİ	18
4.1. Mühendislik Malzemelerine Genel Bir Bakış.....	18
4.2. Mühendislik Malzemelerinin Sınıflandırılması.....	19
4.3. Mühendislik Malzemelerinin Özellikleri	21
4.3.1. Kimyasal özellikler	22
4.3.2. Fiziksel özellikler	25

	Sayfa
4.3.3. İşlenebilirlik özellikleri	44
5. MALZEME SEÇİM PROGRAMININ YAPISI.....	48
5.1. PHP (Personal Home Page)	48
5.2. PHP Programlama Dili Kullanılmasının Nedenleri	49
5.3. MySQL Veritabanı Yönetim Sistemi.....	50
5.4. MySQL Veritabanı Kullanım Nedenleri	51
5.5. Program Akışı	52
6. MALZEME SEÇİM PROGRAMININ UYGULANMASI.....	54
6.1. Malzeme Özelliklerine Göre Seçim.....	55
6.2. Malzeme Türlerine Göre Seçim.....	57
6.3. Malzeme İmalat Yöntemlerine Göre Seçim.....	59
6.4. Örnek Uygulamalar	63
6.4.1. Uygulama 1	63
6.4.2. Uygulama 2	65
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. İnsanın işitebileceği ses şiddetleri	42
Çizelge 4.2. Bazı malzemelere ait ses emilme değerleri	43

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Tasarım akış tablosu.....	12
Şekil 3.2. Teknik bir sistemi düzeneklere ayırarak analiz etmektedir	12
Şekil 3.3. Tasarım prosesi aşamaları	13
Şekil 3.4. Mekanik tasarımda malzeme seçiminin ana problemi.....	16
Şekil 4.1. Mühendislik malzemelerin sınıflandırılması.....	20
Şekil 4.2. Çentik-darbe deney seti	33
Şekil 4.3. Talaş kaldırmada akış şeması.....	45
Şekil 5.1. Program akış şeması.....	53
Şekil 6.1. Program ana menüsü	54
Şekil 6.2. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi.....	55
Şekil 6.3. Malzeme özelliklerini görme penceresi.....	56
Şekil 6.4. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi.....	56
Şekil 6.5. Malzeme özelliklerine göre seçim sonuç penceresi.....	57
Şekil 6.6. Malzeme türlerine göre seçim penceresi.....	58
Şekil 6.7. Demir ve çelik malzemeler seçim penceresi.....	58
Şekil 6.8. Demir esaslı süper alaşım çeliklerinin sonuç penceresi.....	59
Şekil 6.9. Malzeme imalat yöntemlerine göre seçim penceresi.....	60
Şekil 6.10. Malzeme imalat özellikleri penceresi.....	60
Şekil 6.11. Malzeme imalat türüne göre seçim penceresi.....	61
Şekil 6.12. Kum döküm imalat türüne göre seçim sonuç penceresi.....	62
Şekil 6.13. Örnek problem	63
Şekil 6.14. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi	64
Şekil 6.15. Malzeme özellikleri girme penceresi	65
Şekil 6.16. Seçim sonuç penceresi	65
Şekil 6.17. Malzeme özellikleri girme penceresi	67

SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simge	Açıklama
σ	Gerilme
F	Yük
A	Kesit alanı
E	Elastiklik modülü
ε	Şekil değiştirme oranı
J	Joule
P	Basınç
l	Boy
dB	Desibel
E _o	Sesin enerjisi
PCE	Pirometrik koni eşdeğerleri
k	Malzemenin ısı iletim katsayısı
Q	Isı iletim hızı
A	Isı geçiş kesit alanı
dθ	Malzemenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı
dx	Malzemenin kalınlığı
E ₁	Ses çarpma enerjisi
E ₂	Ses emilme enerjisi
Kısaltmalar	Açıklama
PHP	Personal Home Page

1.GİRİŞ

Malzeme bilgisi, tasarımcıda bulunması gereken en önemli özelliklerin başında gelir. Kaliteli ve düşük maliyetli üretim gerçekleştirmenin temelinde malzemeyi çok iyi bilmek ve verimli kullanmak yatar. Tasarım sürecinde her zaman karşılaşılabilecek olan problemlerin çözümünde, tasarımcının en büyük yardımcısı malzeme bilgisi olacaktır. Tasarım esnasında kullanılabileceği çok çeşitli malzemeler arasından doğru tercihi yapamaması; tasarımcının, bazen geri dönüşü olmayan çok büyük tasarım hataları yapmasına neden olur. Tasarımcının iyi bir malzeme bilgisi ile destekleyip gerçekleştirdiği tasarımı, ihtiyaca en iyi şekilde cevap verir. Teknolojideki hızla devam eden değişim ve gelişim beraberinde malzeme çeşitliliğini de sürekli artırmaktadır. Malzeme teknolojisindeki gelişmeler yüksek dayanımlı, kaliteli, hafif vb. özelliklere sahip yeni malzemeler ortaya çıkarmaktadır. Bu da tasarımcı için malzeme bilgisinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır [1].

Teknolojik gelişmelerin hızla devam ettiği günümüzde yalnız çelik türü malzeme için en az 2000 çeşit malzeme mevcuttur. Plastik malzemelerin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Diğer malzemeler için de benzer gelişmeler söz konusudur. Bu kadar geniş bir malzeme yelpazesi içinde üretim gerçekleştirmenin temelinde malzemeyi çok iyi bilmek ve verimli kullanmak yatar. Tasarlanan bir makine elemanından beklenen görev ile üretim yöntemi gibi faktörler malzeme seçimini etkilemektedir. Genel olarak en doğru malzeme; beklenen fonksiyonu yerine getiren, istenen şartları tam sağlayan, en ekonomik malzemedir şeklinde değerlendirme yapılabilir [2].

Herhangi bir ürünün tasarımının geliştirilmesi düşünüldüğünde tasarımcılar “tasarımda biyolojik gelişme eğrisi” denilen ve başlangıç, gelişme ve olgunlaşma evresi olmak üzere üç evreden oluşan, gelişme süresinin neresinde olduğunun tespitine bağlı olarak bir takım yenilikler yapabilmektedir. Çünkü bir tasarım ne kadar gelişmişse, kaydedebileceği ilerleme o kadar az olmaktadır. Bu düşünce tarzından hareketle günümüze dek tasarım, hızlı gelişim göstererek bugünkü başarılı ve verimli haline gelmiştir.

Tasarım sırasında malzemelerin yukarıdaki özelliklerinin yanı sıra; maliyet ve kolay bulunabilme özellikleri de dikkate alınmalıdır. Örneğin; yumuşak tavllanmış düşük karbonlu bir çeliğin, aşınma dayanımı yüksek olması gereken yerlerde kullanılması nasıl bir teknik hata ise, piyasada bulunabilirlik ve maliyeti de hesaba katmamak o derece yanlış bir davranıştır.

Mekanik özelliklerinin hangisinin daha önemli olduğu, uygulamanın gerilim türleri, çalışma şekli, uygulanan yükler ve çalışma şartları incelenerek tespit edilir. Uygulamada gerekli olan fiziksel, kimyasal ve boyut özellikleri gözden geçirilerek en önemlileri tespit edilir. Çalışma şartlarına bağlı olarak gerektiğinde mekanik, ısıl veya genleşme özellikleri çok önemli olabilir. Daha önce açıklandığı gibi uygulamada en önemli şart uygulama alanlarına göre tespit edilir. Örneğin; kimya sanayisinde iş yapacak olan bir makine parçası için malzeme seçiminde korozyona karşı yüksek dayanımlı olan paslanmaz çeliklerden kullanılabileceği gibi, uçak motorlarının yapımında malzeme seçimi sürünmeye dayanıklı çelikler olarak tercih edilmelidir [3].

Bu çalışmada tasarımın önemli ve vazgeçilmez bir unsuru olan malzeme seçimine kolay ve hızlı çözüm getirecek bir malzeme seçim programı hazırlanmıştır. Uygulamada ihtiyaca cevap verebilecek en uygun malzemenin seçimi oldukça güçtür. Malzemelerin çok çeşitli yapı ve özelliklere sahip olması, tasarımcıyı seçimlerde daha dikkatli ve bilinçli olmaya itmektedir. Bunun giderilmesi için malzeme seçimi konusunda ve malzemeler hakkında belli bir bilgi düzeyine sahip olunması gerekir. Malzemeler hakkında yeterli bilgilerin toplanabilmesi çok geniş kapsamlı kaynaklara bağlıdır. Kullanım yerleri dikkate alındığında hangi malzemenin en uygun olduğu ve hangi malzemenin kullanılması için uygun seçimin yapılmasının oldukça önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada amaç tasarımda ihtiyaç duyulan malzemenin internet ortamında “PHP” programlama dili ve “MySQL” veritabanı yardımıyla girilen verilere göre en uygun malzemenin seçilmesidir. Uygun malzeme seçimi hem maddi açıdan kazanç hem de zaman ve iş gücü kaybını önleyebilecek bir çözümdür. Bilgisayar ortamında gerekli programlama dili yardımıyla girilen verilere göre, isteklere uygun alternatif çözümler ortaya

çıkabilmektedir. Her alanda malzeme üreticisi ve tüketicisi arasında sorunları en aza indirmeyi hedefleyen bu çalışma yeni veri girişlerinin yapılmasına da imkân sağlanmasını hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Literatür Araştırmasına Giriş

Herhangi bir ürünün yapımı için malzeme seçimi yapılırken, tüm çalışma şartları göz önünde bulundurularak uygun malzemeyi ona göre seçmek gerekir. Hangi şartlar altında ve ne gibi yerlerde daha fazla performans sağlayacağını belirleyebilmek için öncelikle malzemenin özelliklerinin iyi bilinmesine bağlıdır. Hangi malzemenin ne gibi özelliklere sahip olduğunu öğrenebilmek için katalogları tek tek taramaktansa bu işlemi daha pratik ve kolay bir şekilde gerçekleştirmek için bilgisayar destekli veri tabanları oluşturulmuştur. Bu sayede bir malzemenin sahip olduğu kimyasal bileşimi, fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, işlenebilirlik özellikleri hızlı bir şekilde öğrenilebilmektedir.

Bu bölümde, yapılan çalışmaya yön verecek olan literatür sunulmuş ve bir değerlendirme yapılmıştır.

2.2. Yapılan Araştırmalar

Çetinkaya [3] “Malzeme seçimi ile ilgili bilgisayar program yazılımı” isimli çalışmasında, malzemeye ait bilgiler girilerek istenilen özelliklerin tamamını ekranda izlemek suretiyle çalışmaktadır. Yapılan programda çelik malzeme özellikleri değişik kaynaklardan toplanarak bir bütün halinde kullanıcıya hazır hale getirilmeye çalışılmıştır. Program Apricot FI e ve Apple 11 e bilgisayarlarında hazırlanmıştır. Çelikler genel kullanım alanı, sertleştirme ortamı gibi özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır.

Kocabıyık [4] “Malzeme seçiminde bilgi tabanlı sistemler ve alüminyum döküm alaşımlarına uygulanması” isimli çalışmasıyla uygun bir alüminyum döküm alaşımının seçimiyle bu malzemenin arzu edilen şekil ve özellikte faydalı bir ürüne dönüştürülmesi kompleks bir işlem olup problemin çözümü için farklı yöntemlerden yararlanmayı gerekli kılar. “Bilgi tabanlı sistem” kullanımı da bu çözüm yollarından

biridir. Bu sistem kullanıcının uzman bir insana başvurmak yerine bilgisayardan faydalanmasını sağlar. Alüminyum döküm alaşımlarının seçimi için bilgi tabanlı sistem kullanılarak iki uzman sistem geliştirilmiştir. Her iki uzman sistem için de kullanılan uzman soruları alüminyum döküm alaşımları konusunda uzman olan bir kişinin bilgisinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Yüce [5] “Çelik malzeme seçimi için bilgisayar programının hazırlanması” isimli çalışmada kullanım yerleri dikkate alındığında hangi çeliğin en uygun olduğu ve hangi çeliğin kullanılması için uygun seçimin yapılmasının oldukça önemli olduğu fikrinden yola çıkılmıştır. Uygun çelik seçimi hem maddi açıdan kazanç hem de zaman ve iş gücü kaybını önleyebilecek bir çözümdür. Bilgisayar ortamında gerekli programlama dilleri yardımıyla girilen isteklere uygun alternatif çözümler ortaya çıkabilmektedir. Her alanda çelik üreticisi ve tüketicisi arasında sorunları en aza indirmeyi hedefleyen bu program yeni veri girişlerine de açıktır.

Karavacıoğlu [6] “Makine tasarımında kullanılan çeliklerin bilgisayar yardımı ile seçimi” isimli çalışmasıyla makine tasarımında en çok kullanılan 307 adet çeliğin 28 adet özelliğinin listelenmesi, bir tablo şeklinde hazırlanmıştır. Program IBM uyumlu bilgisayarlar için MS-Windows altında çalışan Excel paket programlama dili ile hazırlanmıştır. Kullanımı son derece kolaylaştırmak için makro programlar yapılmıştır.

Pirge [7] ”Yüksek sıcaklık uygulamaları için bilgisayar destekli malzeme seçimi” isimli çalışmasıyla, bir sistemde malzeme seçimi sırasında tasarım mühendisini desteklemek fikrinden yola çıkılmıştır. Bu çalışma, yüksek sıcaklık dayanımına sahip metalik malzemelerinin, örnek bir alanla, bilgisayar ortamında seçimini sağlamıştır.

Yedievli [8] “Bilgisayar yardımıyla plastik malzeme seçimi” isimli çalışma Türkiye’de kullanılan termoplastikleri kapsamaktadır. Malzeme grubu için veri tabanı oluşturulmuş ve malzeme seçim kriterleri ortaya konmuştur. Program geliştirilebilir özelliktedir. Ancak malzeme seçim kriterlerinin incelediği özellikler

termoplastikleri karakterize ettiği için oluşturulacak yeni malzeme kayıtlarının da termoplastiklere ait olması gerekmektedir.

Erbaş [9] “Türk standartlarına göre çelik seçimi yapan bilgisayar programı” isimli çalışmasını Türk standartlarında var olan çelikler üzerine oturtulmuştur. Veritabanı 240’ın üzerinde çelik kaydından oluşmaktadır. Veritabanının yapısı meydana getirilirken tüm çeliklerde olabilecek ortak özellikler üzerinde durulmuştur. Veri tabanı çelik bilgisiyle doldurulurken öncelikle Türk standartlarından faydalanılmıştır. Veritabanının fiziksel özelliklerle ilgili kısmı sadece yüksek sıcaklık malzemeleriyle paslanmaz çelikler için doldurulmuştur.

Öcal [10] “Malzeme seçimi için veritabanı geliştirilmesi” isimli çalışmasında kullanım yerleri dikkate alındığında hangi malzemenin en uygun olduğu ve hangi malzemenin kullanılması için uygun seçimin yapılmasının oldukça önemli olduğu fikrinden yola çıkılmıştır. Uygun malzemenin seçimi hem maddi açıdan kazanç hem de zaman ve iş gücü kaybını önleyebilecek bir çözümdür. Bilgisayar ortamında gerekli programlama dilleri yardımıyla girilen isteklere uygun alternatif çözümler ortaya çıkabilmektedir.

Fayazbakhsh ve arkadaşları [11] “Malzeme özelliklerinin normalizasyonu için kullanılan Z-dönüşüm istatistiğinin, mekanik tasarımda malzeme seçiminde yeni bir metot olarak tanıtılması” isimli çalışmalarında Z-dönüşüm metodunu, MDL yöntemi eksiklerinin gidererek malzeme özelliklerini taramak için önermişlerdir. Sonuçlar, basit tarama fonksiyonu kullanılmasına rağmen, sıralama prosedürü MDL yöntemi kadar güçlü ve hatta Z-dönüşüm metodu, aday bir malzeme listesi arasında daha az önemli malzemelerin varlığına göre sıralandığında MDL’den üstün olduğunu göstermiştir.

Venkata [12] “Model malzeme seçiminde kullanılan grafik teorisi ve matris yaklaşımı” isimli çalışmasında, mühendislik malzemesi veren malzeme seçimi için grafik teorisi ve matris yaklaşımı kullanarak bir yöntem bilim sunmuştur. Bir malzemenin uygunluk indeksi, belirli bir mühendislik parçasını vermek için

malzemeler değerlendirilerek ve derecelendirilerek önerilmiştir. İndeks, bir malzeme seçim faktörleri fonksiyonundan, malzeme seçim faktörleri fonksiyonu ise malzeme seçimi faktörleri grafiğinden elde edilmiştir. Grafik, malzeme seçimi faktörleri ve uygulamaları için birbirleriyle olan önemi göz önünde bulundurarak geliştirilmiştir.

Chang ve arkadaşları [13] “Sürdürülebilir ürünler için malzeme seçiminin çoklu nesnelerle optimizasyonu: Genetik algoritma (GAS) ile yapay sinir ağları (YSA) yaklaşımı” isimli çalışmalarında çevresel etkileri ömür çevrimli değerlendirmesi (LCA) yöntemi tarafından hesaplamışlardır. Genetik algoritmalar (GAS) ile yapay sinir ağlarını (YSA) bir bütünlük içinde, malzeme seçimini çoklu nesnelerle optimize etmek için önermişlerdir. Sistem, sürdürülebilir ürünleri geliştirmek için uygun malzemeler seçimini bir örnek tarafından doğrulamıştır.

Spauan [14] “Tasarım mühendisliğinde malzeme seçimi için bilgi tabanlı sistem” isimli çalışmasında bilgisayarlı malzeme seçimi sisteminin geliştirilmesi üzerinde çeşitli çalışmalar yapmıştır. Eşzamanlı mühendisliği bağlamı içinde bilgi tabanlı sistemin (KBS) önemini açıklamıştır. Bir mühendislik tasarım sürecinde malzeme seçimi içinde KBS nin çalışması tanımlanmıştır. Bazen malzeme seçim paketleri olarak hizmet veren malzemelerin veritabanlarındaki gelişmeler tartışılmıştır. Malzeme seçiminde KBS kullanımı ve polimer esaslı kompozitin alanında uygulama tipik örnek olarak seçilmiştir

Josep ve arkadaşları [15] “Çok kriterli malzeme seçimleri ve ömrünü tamamlamış ürün stratejisi: Grey ilişkili analiz yaklaşımı” isimli çalışmalarında, malzeme seçimi amacı için ömrünü tamamlamış ürün stratejisi ve bir sipariş çifti malzemesini gerçekleştirecek tümleşik bir yöntem (metodoloji) sunmuşlardır. Yöntem gereksinimlerini sadece teknik ve ekonomik faktörler değil, aynı zamanda çevresel faktörler olarak da belirlemişlerdir. Ancak kısıtlamalar ve belirsizlikler düzgün olmayan nesnelerin uyum problemini ortaya koyar. Ayrıca birden fazla ve çelişen nesneleri dikkate almışlardır. Grey teorisindeki ilişkisel analizi kullanarak, çok kriterli ağırlıklı ortalama, malzemelerin bir kaç kritik açıdan sıralanışında karar verme süreci içinde önerilmişlerdir. Karar verme süreci, seçilen probleme çözüm

üretecek karara yardım edecek ve seçilen sürece yol gösterecektir. Metodu bir örnek ile göstermişlerdir. Çeşitli malzeme seçenekleri, gelişmiş çoklu kriterler yöntemi kullanarak değerlendirilmiştir

Deng ve arkadaşı [16] “Mühendislik tasarımında malzeme tanımlaması ve malzeme seçiminin rolü” isimli çalışmalarında, mühendislik tasarım sırasının ilk ve sonraki aşamalarında malzeme desteğini sağlamak için malzemelerin tanımlanması ve seçimindeki son araştırmalar gözden geçirerek bu çalışmayı hazırlamışlardır. Bu çalışmanın amacı, bu alandaki en son araştırma çabalarını derleyen bir veri hazırlamaktır. Ayrıca bu çalışma sayesinde mühendislik problemini çözmek için malzemelerin tanımlama ve seçiminin önemini bilmek, gelecekteki araştırmalar yön verecektir. Böylece daha fazla harcanan çaba bu eksik malzemeler ile ilgili araştırmalar için olabilir

2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatür araştırmasında, yapılacak olan çalışmanın konusu esas alınarak bakıldığında malzeme seçiminin, tasarımın en önemli ve değişmez bir unsuru olduğu görülmektedir. Uygulamada istenilene cevap verebilecek en uygun malzemenin hangisi olduğuna karar vermek oldukça zordur. Tasarımda kullanılan malzemelerin, çok değişik özelliklere sahip olması, tasarımcıyı malzeme seçimi konusunda daha çok bilgi sahibi olmaya itmektedir. Malzemeler hakkında gerekli bilgilerin toplanabilmesi, çok geniş kapsamlı kaynakların taranması ve her gün ortaya çıkan yeni malzemelerin bilinmesine bağlıdır. Kullanım yerleri dikkate alındığında hangi malzemenin tasarıma en uygun olduğuna karar vermek oldukça zor ve önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. “Bilgi tabanlı sistem” kullanımı tasarımcıya bu kararı vermekte kolaylık gösteren çözüm yollarından biridir. Bu sistem kullanıcının uzman birisine başvurmak yerine bilgisayardan faydalanmasını sağlar. Bilgisayar ortamında gerekli programlama dilleri yardımıyla girilen verilere uygun alternatif çözümler ortaya çıkabilmektedir. Bu da tasarımcıya kullanacağı malzemeye ait kimyasal, fiziksel, mekanik özellikler gibi bir çok bilgiye çok kısa bir zamanda ulaşmasını sağlamaktadır. Her alanda tasarımcıyı malzeme seçimi konusundaki sorunlarını en

aza indirmeyi hedefleyen bu çalışma bundan sonraki çalışmalar için de ışık tutacaktır.

3. TASARIM PROSESİNİN SAFHALARI

3.1. Tasarım Kavramına Giriş

Tasarım, imal edilebilecek bir üründen, yeni bir fikre veya piyasanın ihtiyaç duyduğu detaylı bilgiye dönüştürme işlemidir. Her bir basamak, malzemelerle ilgili ürünün elde edilmesinde ve elde etmek için hangi işlemin kullanılacağı kararlar gerektirmektedir. Normalde, malzeme tercihi tasarımcı tarafından belirlenmektedir. Ama bazen diğer bir yolda; yeni bir ürün, var olan bir gelişim, yeni malzeme tarafından elde edilmektedir veya önerilmektedir. Mühendisler için kullanışlı malzeme sayısı 40000 ila 80000 arasındadır ve her ne kadar standartlaştırma bu sayıyı azaltsa da kullanılabilir, özellikli yeni malzemelerin oluşumunun devam etmesi daha fazla tercih hakkı sunmaktadır.

Tasarımcı bu geniş menüden nasıl tercih yapmaktadır? Amacına en uygun malzeme hangisidir? Deneyde kullanacağı malzeme güvenli mi? Rasyonel bir tercih yapmak için sistematik bir prosedür formüle edilebilir mi? Tasarım ulaştığı basamağın yerini tutan seviyedeki her soruya cevap verebilmek zorundadır. Tasarımın başlangıcı akıcıdır ve tercihler geniştir, bütün malzemeler mukayese edilmelidir. Tasarım daha belirli bir noktada şekil alırken, seçim kriteri kesinliği ve malzemelerin kısa listesi zorluk içinde de olsa yeterli olabilmektedir. Daha sonra tam bilgi gerektirir ve tercih analizinin farklı bir yolu kullanılmalıdır. Tasarımın son basamağında açık bir şekilde ifade edilmiş bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Süreç, baştaki tercih zenginleştirmeyi, küçük bir alt hesaplamayı kabul etmelidir, kesinlik sağlamalıdır ve son basamak hesaplamalarını gerçekleştirebilmede detaylandırılmalıdır [17].

Tasarımda amaç, istenene yönelik en doğru kararı verebilmektir. Tasarım aşamasına gelinceye kadar büyüklükle ilgili sınırlar, kapasite ve üretim hızı gibi değerlerle mekanizmaların biçimi, bağlantı parçaları saptanır. Bütün bunlar maliyet göz önünde bulundurularak yapılır. Örneğin; yumuşak tavlanmış düşük karbonlu bir çeliğin, aşınma dayanımı yüksek olması gereken yerlerde kullanılması nasıl bir teknik hata

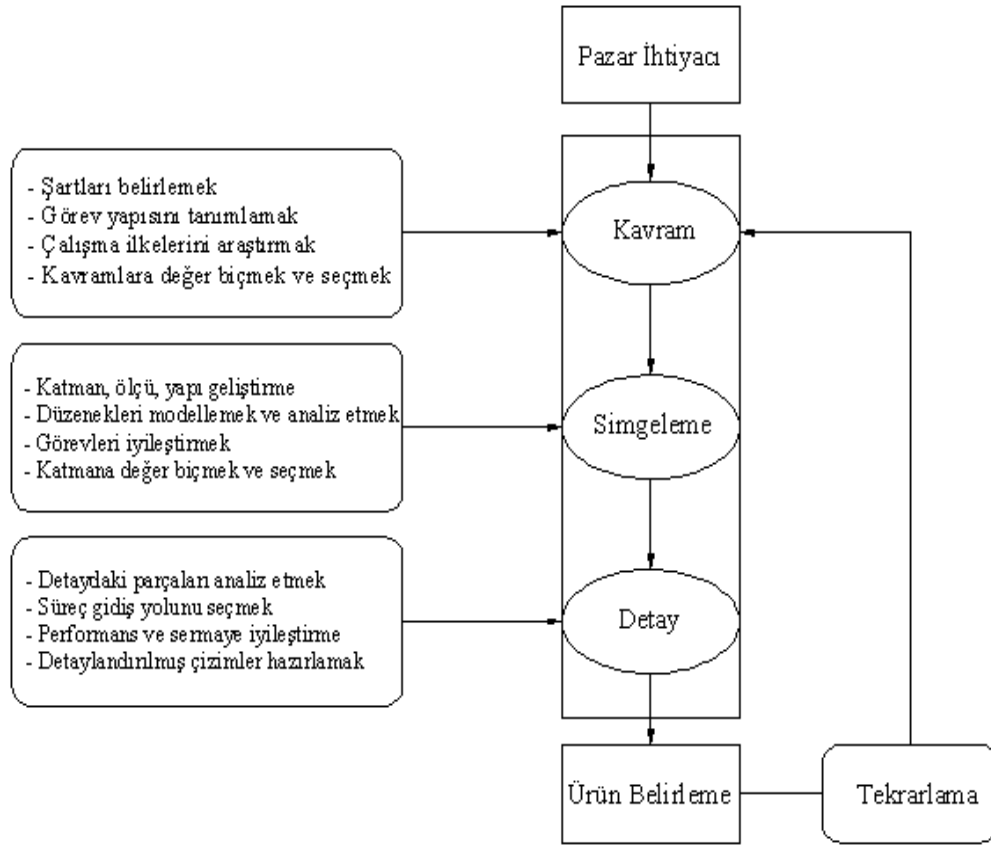
ise, piyasada bulunabilirlik ve maliyeti de hesaba katmamak o derece yanlış bir davranıştır. Sistem oluşturulduktan sonra, gerilme, titreşim, hız, güç gibi hesapları yapılır. Tasarımı yapılan parçanın çalışma koşullarına göre sert veya yumuşak olmasına, yüzey kalitesi, aşınma ve maliyet gibi durumlar belirler. Bütün bu bilgiler toplandıktan sonra parçaların detay resimlerine geçilir. Burada önemli olan amaca en uygun malzemeyi seçmektir. Bu seçim yapılırken, kullanılan malzemenin özellikleri, bulunabilirliği ve maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.

Tasarımda, belirli bir işlemi görece makine parçası için, belirlenen koşullar altında çalışacak en uygun ve olabildiğince ucuz malzeme seçmek amaçlanır. Bu seçimi en uygun ve en iyi şekilde yapabilmek için bir yandan yapılacak parçanın çalışma koşulları ile ilgili tüm gereksinimlerini belirlemek, diğer yandan da bu gereksinimlere en uygun özellikleri sağlayacak malzemeyi saptamak gerekir [18].

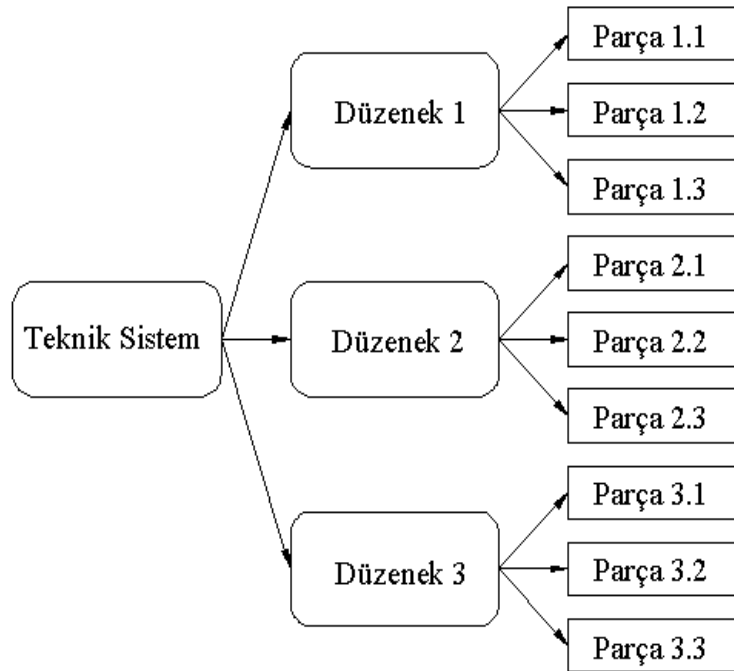
3.2. Tasarım Prosesi

Tasarım tekrarlı iş prosesidir. Başlangıç noktası pazar ihtiyacı veya yeni bir düşüncedir. Bitiş noktası ihtiyacı karşılayan veya düşüncüyü simgeleyen ürünün tam tahsisidir. İhtiyaç durumunu formülize etmek için özetle ihtiyacı belirlemek esastır. Tasarımın önemini vurgulamadaki tasarımcıların düşünceleri, ön yargılar tarafından sınırlandırılmış dış düşüncelerden kaçınmak için çözüm tarafsız olmalıdır. İhtiyaç listesi ve ürünün belirlenmesi arasındaki durum basamakları hesabı Şekil 3.1’de gösterilmektedir; kavramsal tasarımın basamakları, tasarımın simgelenmesi basamakları ve tasarım detaylandırma basamaklarıdır.

Ürünün kendisi teknik bir sistem olarak değerlendirilir. Teknik bir sistem düzenekler, alt düzenekler ve parçalardan oluşmaktadır. Şekil 3.2’nin analizinde olduğu gibi gerekli görev çalışmaları bir yöntemde bir araya getirilmektedir. Kedi tanımında olduğu gibi; kedi(sistem), kafa, gövde, kuyruk, dört bacak vb. (düzenekler)’den oluşmaktadır. Bu arayışın var olan tasarımı analiz etmek için yararlı bir yoldur ama yeni tasarımların birleştirilmesinde tasarım sürecinin çoğunda yardımcı olamaz [17].

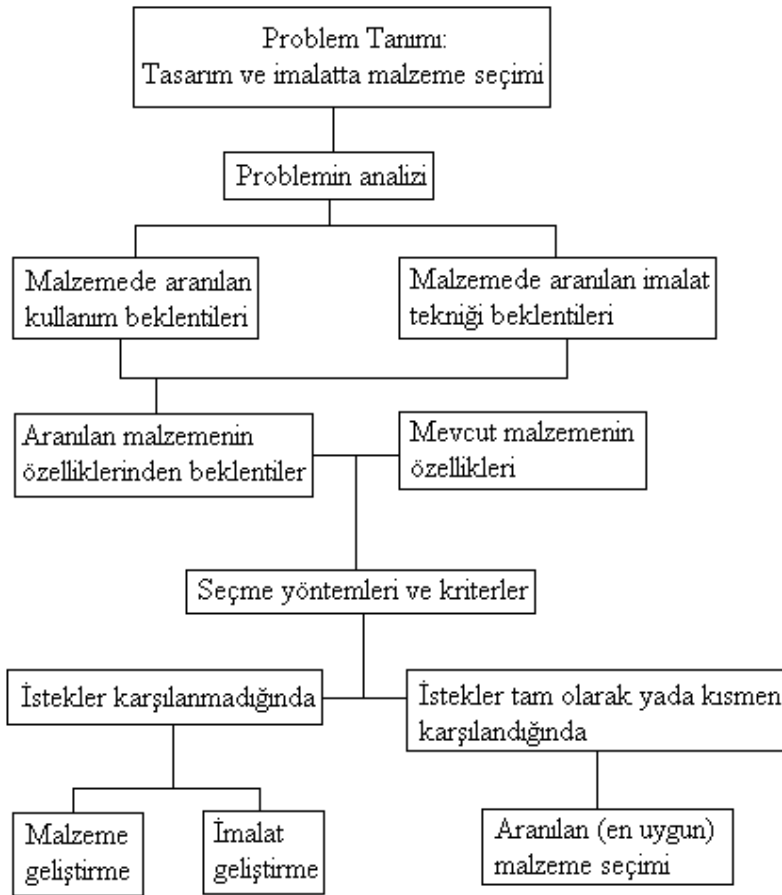


Şekil 3.1. Tasarım akış şeması [17].



Şekil 3.2. Teknik bir sistemi düzeneklere ve parçalara ayırarak analiz etmek [17].

Malzeme seçimindeki temel amaç, tasarımı yapılan ürünün istenilen işlevi yapabilmesi için, belirlenen çalışma şartları altında çalışabilen, maliyeti ucuz ve en uzun ömürlü malzemeyi seçmektir. Bu amaca ulaşabilmek için Şekil 3.3'te görüldüğü gibi tasarım prosesi aşamalarını iyi bilmek gerekir. Tasarım prosesi aşamaları ise ihtiyacın belirlenmesi, ihtiyacın net tanımı, ihtiyaç hakkında bilgi toplama, çözüm önerisi belirleme, tasarımın gerçekleşmesine yönelik araştırma, sistemin tasarlanması, kalite kontrol ve ürünün imalatıdır. Bu süreçte aktif olarak rol alan tasarımcı, ihtiyaca, üründen beklenen özelliklere, çalışma ve üretim şartlarını göz önünde bulundurarak en uygun malzemeyi seçmelidir.



Şekil 3.3. Tasarım prosesi aşamaları [19].

İsteklerin çok yönlülüğü ve karmaşıklığı göz önünde bulundurularak tasarımda sistematığı ortaya koymada, malzeme tekniği, tasarım ve imalat tekniği ile ilgili faktörlere ve bunların birbirini karşılıklı etkilemelerine mutlaka dikkat edilmelidir.

Kapsamlı ve belirli bir sıraya uygun olarak ön görülecek tasarım için sistem önerisi Şekil 3.3'te görülmektedir. Bunun için tün malzemelerin kullanım ve imalat karakteristikleri listeler halinde düzenlenmelidir. Bu çalışma ne kadar temele iner ve kapsamlı olursa, yanılma oranı ve daha sonra düzeltme gereği o ölçüde azalır [19].

3.3. Tasarımda Karar Kriterleri

Belirli bir uygulama için belli bir malzemenin seçilmesinin sık karşılaşılan iki nedeni vardır; bunlardan ilki malzemenin sürekli olarak bu uygulamada kullanılıyor olmasıdır. Diğer neden ise malzemenin doğru özelliklere sahip olmasıdır. Her iki nedenin de orijinal bir düşüncenin veya uygulamanın dikkatli bir analizinin delili olamaz. Bir malzemenin, belirli bir uygulamada yaygın kullanımından edinilen toplam tecrübe yararlı bir bilgidir ama bu tek başına, bir malzemenin seçilmesini haklı çıkarmaz. Her uygulamanın belirli ve tercih edilen bir malzemesinin olduğu dönemler geride kaldı. Sık olarak söylendiği şekliyle özellik kelimesi malzemenin yapısından dolayı sahip olduğu bir olgu olarak belirtilir. Aksine özellik kelimesi, malzemenin zorlandığı koşullarda verdiği tepkiler olarak kabul edilmelidir. Bu aynı zamanda elimizdeki malzemenin en son şekillendirilmiş halinin özellikleri olarak kabul edilmelidir. Tablolaşmış özellik bilgileri yararlıdır ama böyle bir bilgi akıllıca kullanılmalı ve belirli bir uygulama için uygun olmalıdır. Uzmanlık alanı ne olursa olsun her tasarımcı, kendi tasarımı için hangi malzemenin seçileceği ile daima ilgili olmalıdır. Bir kısım uygulamalar hariç bu tasarımı için gerekli olan malzemenin çelik, alüminyum veya plastik olmasını belirlemek için kesinlikle yeterli değildir. Tasarımcı dikkatini, bilgisini ve yeteneğini malzeme seçimindeki genel faktörler üzerine yoğunlaştırmalıdır.

Belirli bir uygulama için hangi malzemenin daha uygun olduğuna karar verirken göz önünde bulundurulması gereken çeşitli kriterler vardır. Bunlar [20]:

- Elde edilebilirlik
- İşlenebilirlik
- Maliyet'dir.

3.3.1. Elde edilebilirlik

Tasarımda kullanılmasına karar verilecek olan bir malzeme, şekil, miktar ve ölçü bakımından her istendiğinde bulunabilmelidir. Bir malzemenin tedarik edilebilirliğine dikkat edilmeden yapılan tasarımda, her şey belki en başa dönebilir ve bu da büyük bir zaman ve maliyet kaybına neden olur. Malzemenin tedarik edilmesindeki aksama, üretimin durmasına veya üretimin düşük kapasite de devam etmesine neden olur. Sanayi kuruluşları ancak tam kapasite ile ekonomik çalışabilirler ve yaşamlarını sürdürebilirler. Zaman zaman malzeme bulmakta zorlanan bir işletmenin zarara uğraması kaçınılmazdır. Bir işletme kuruluşunda malzeme etüdünü tamamlamış ve üretimde hangi malzemeleri kullanacağını ve bu malzemeleri nasıl tedarik edileceğini belirlemiş olmalıdır. Bu çalışmalar sadece bugünü düşünerek değil geleceğe yönelik de yapılmalıdır [18].

3.3.2. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, tasarımcı tarafından dikkate alınması gereken en önemli malzeme seçim karar kriterlerinden birisidir. Malzeme seçimi, imalat maliyetinin önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Tasarım da hangi malzemenin en uygun olduğuna karar verirken, malzemenin çalışma koşullarına uygunluğunun yanında, malzemenin üretim yöntemlerine uygunluğu dikkate alınmalıdır. Yüksek performanslı alaşımların işlenebilirlikleri düşük olduğundan bunların imalat maliyeti karbonlu çeliklerinkine göre nispeten daha yüksektir. Bu yüzden işlenebilirlik malzeme seçiminde önemli bir kriterdir [19].

3.3.3. Maliyet

Malzeme seçiminde çalışma koşullarına uygun olan, en ucuz malzemeyi seçmek önemlidir. Tasarım için bir malzeme seçerken fiyat kullanılabilirliği zamanı ile birlikte düşünülmelidir. Ucuz olduğu düşünülerek seçilen bir malzeme, pahalı bir malzemeye göre kısa sürede kullanılamaz hale gelirse daha büyük ekonomik zarara neden olur. Tasarımınızın sağlam olmasını düşünerek, düşük kalitede bir malzeme kullanmak

yeterli olurken daha yüksek kaliteli bir malzeme kullanılırsa bu da tasarımın maliyetini artırır. Tasarımı yapılan bir makine parçasının belirli bir ömre sahip olması istenir. Seçilen malzeme belirlenen ömrünü tamamlamadan kullanılamaz hale gelmişse ekonomik değildir. Bunun yanında başlangıçta pahalı olsa bile uzun süre kullanılabilen malzeme ekonomiktir [19].

3.4. İşlev, Malzeme, Şekil ve İşlem Metodunun Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi

Bir malzeme ve işlemin seçimi şekil tercihindan ayrı tutulamaz. Şekil kelimesini dış şekli ve gerektiğinde, peteğimsi veya hücreli yapılarda olduğu gibi, iç şekli içermesi için kullanılmaktadır. Şekil kazandırma ilk olarak işlem yapılandırmayı, malzeme, taşıma işlemi, bitirme işlemi ve birleştirme işlemini içermektedir. Bu işlemlere malzeme dahil edilmektedir. İşlev, malzeme, şekil ve işlem birbiri ile etkileşmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Tasarımda malzeme seçiminin ana problemi: İşlev, malzeme, işlem ve şekil arasındaki etkileşim [17].

İşlev, malzeme ve şeklin her ikisinin tercihinin onaylamaktadır. İşlem malzeme tarafından etkilenmekte ve şekille etkileşmektedir. İşlem; şekli, ölçüyü ve net değeri belirlemektedir. Etkileşim iki yolludur. Şeklin tayini, malzeme ve işlem tercihinin kısıtlamaktadır ama aynı derecede işlemin tayini kullanabileceğimiz ve şekil

alabilecek malzemeleri sınırlamaktadır. Daha karmaşık tasarım, daha zor tayinler ve daha büyük etkileşimler, söz konusu olmaktadır. Malzeme, şekil, işlem ve işlev arasındaki etkileşim malzeme seçim işleminin de özünü oluşturmaktadır [17].

4. MÜHENDİSLİK MALZEMELERİ VE TEMEL ÖZELLİKLERİ

4.1. Mühendislik Malzemelerine Genel Bir Bakış

En genel anlamda mühendis, bir fonksiyonu yerine getirmek için uygun bir sistem, proses vb. tasarlayan ve üretimi gerçekleştiren kişidir. Mühendisliğin ilgi alanı ne olursa olsun daima bir malzeme sorunu ile karşılaşır. Malzeme yapı ve özellikleri hakkında yeterli bilgisi olmayan bir mühendisten amacına en uygun malzemeyi seçip etkin bir şekilde kullanması beklenemez.

Genel olarak ihtiyaç duyulan maddelere malzeme denilmektedir. Teknik anlamda ise yararlı özellikleri nedeni ile mühendislik uygulamalarında kullanılan katı maddelere veya cisimlere malzeme adı verilir. Mühendis malzeme seçimi yaparken mukavemet, elektrik ve ısı iletkenliği, yoğunluk, vb. özellikleri dikkate almak zorundadır. Buna ek olarak yapım ve kullanma süresince dış zorlamaları, malzemenin durumunu, şekillendirme, talaş kaldırma, kimyasal dayanıklılık ve radyasyon özellikleri ile fiyat ve tasarlanan malzemenin özellikleri ve karakteristikleri konusunda yeterli bilgiye sahip olunmalıdır. Belirli bir eleman/parça için hangi esasa göre malzeme seçimi yapılacağını bilmek zorundadır [2].

Malzeme bilgisi, tasarımcıda bulunması gereken en önemli özelliklerin başında gelir. Kaliteli ve düşük maliyetli üretim gerçekleştirmenin temelinde malzemeyi çok iyi bilmek ve verimli kullanmak yatar. Tasarım süresince her zaman karşılaşılabilecek olan problemlerin çözümünde, tasarımcının en büyük yardımcısı malzeme bilgisi olacaktır. Tasarım esnasında kullanabileceği çeşitli malzemeler arasından doğru tercihi yapamaması; tasarımcının bazen geri dönüşü olmayan çok büyük tasarım hataları yapmasına neden olur. Tasarımcı iyi bir malzeme bilgisi ile destekleyip gerçekleştirdiği tasarımın, ihtiyaca en iyi şekilde cevap vereceğini bilir. Teknolojideki hızla devam eden değişim ve gelişim beraberinde malzeme ihtiyacını da sürekli artırmaktadır. Teknolojideki bu gelişmeler sürekli, birçok yönden daha dayanıklı, kaliteli, hafif gibi özelliklere sahip yeni malzemeler ortaya çıkarmaktadır.

Bu da tasarımcı için malzeme bilgisinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır [1].

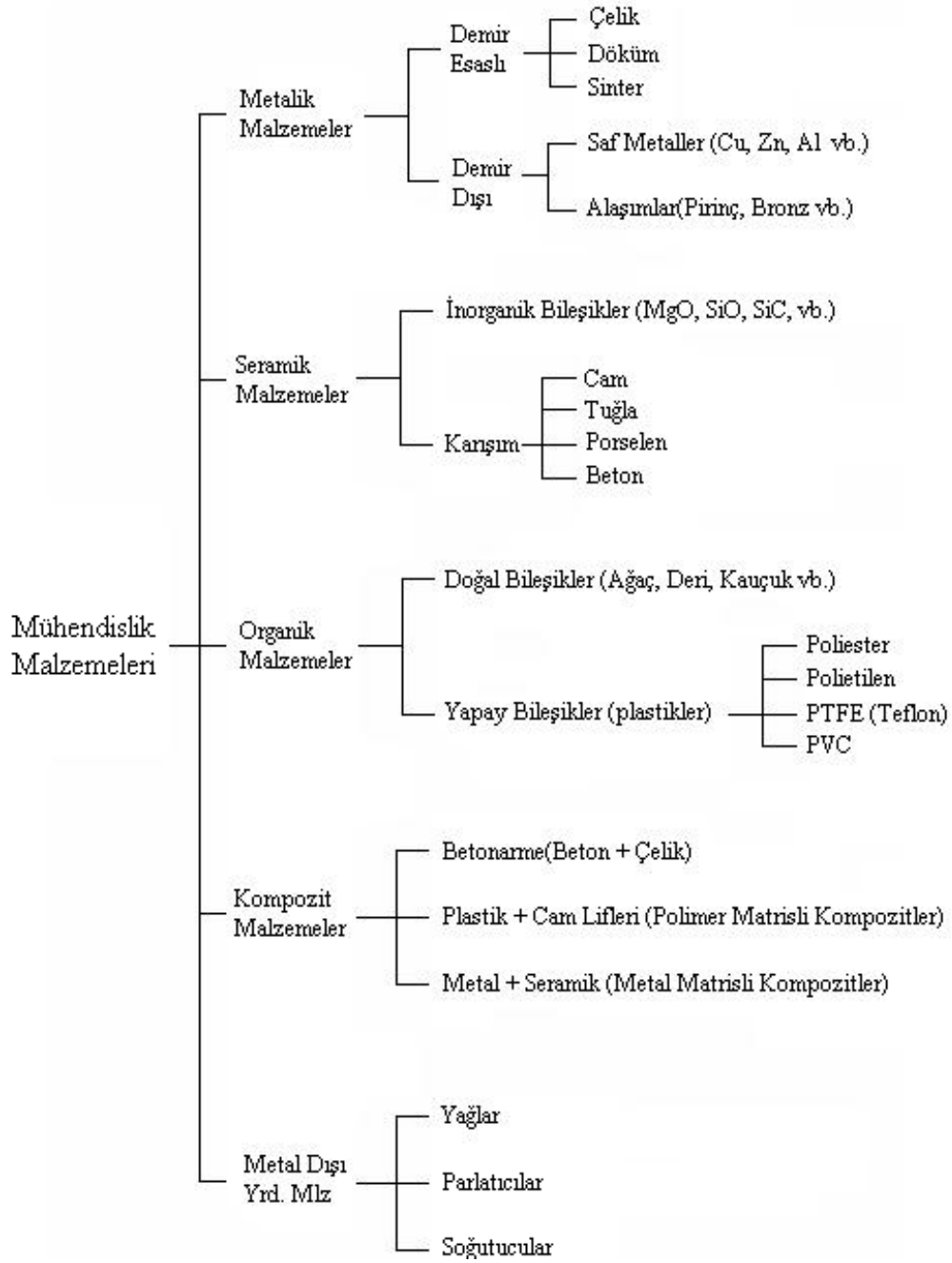
4.2. Mühendislik Malzemelerinin Sınıflandırılması

Mühendislik malzemeleri geleneksel olarak Şekil 4.1’de gösterildiği gibi beş ana gruba ayrılır. Bunlar; metalik malzemeler, seramik malzemeler, organik malzemeler, kompozit malzemeler ve metal dışı yardımcı malzemelerdir. Bir sınıfın üyesi genelde; benzer özellikler, benzer işlem yolları ve sık sık benzer uygulamalara sahiptir [2].

Metaller, bir yada daha fazla metalik elementten meydana gelen veya bazı metalik olmayan elementleri de içeren organik olmayan maddelerdir. Metalik elementlere örnek olarak; demir, bakır, alüminyum, nikel ve titanyumu gösterilebilir. Metalik malzemeler içinde karbon, azot ve oksijen de bulunur. Metaller; atomların düzenli bir şekilde yer aldığı kristal bir yapıdadır. Metaller genellikle iyi ısı ve elektrik iletirler; çoğu oda sıcaklığında dayanımlı ve sünek olup yüksek sıcaklıklarda bile nispeten dayanımlarını korurular.

Metaller genel olarak iki sınıfa ayrılırlar; çelik ve dökme demir gibi büyük oranda demir içeren demir esaslı metaller ile demir içermeyen veya nispeten çok az miktarda demir içeren demir dışı metallerdir.

Seramik malzemeler kimyasal olarak birbirine bağlı metalik ve metalik olmayan elementlerden oluşan, organik olmayan malzemelerdir. Seramik malzemeler kristalli veya kristalsiz yada bu ikisinin karışımı olabilirler. Seramik malzemelerin çoğu yüksek sertliğe ve yüksek sıcaklık dayanımına sahip olmakla birlikte, mekanik olarak kırılgandır. Son zamanlarda, içten yanmalı motorlarda kullanılmak üzere yeni seramik malzemeler geliştirilmiştir. Motorlarda kullanılan seramik malzemelerin üstün tarafları hafiflikleri, yüksek dayanım ve sertlikleri, iyi ısı ve aşınma dirençleri, düşük sürtünmeleri ve yalıtkanlıklarıdır [21].



Şekil 4.1. Mühendislik malzemelerin sınıflandırılması [2].

Yalıtkan özellikleri, ısı ve aşınmaya dirençleri nedeniyle yüksek sıcaklık sıvı metal fırınlarında astar olarak kullanılırlar. Seramiklerin uzay çalışmalarında önemli bir uygulama alanı olan, uzay taşıtlarının kaplanması kullanılan, seramik fayanslardır. Seramik fayanslar, alüminyum iç gövdeyi dünya atmosferine giriş ve çıkışlarda oluşan yüksek sıcaklıktan korumaktadır [21].

Organik malzemeler, karbonun başta hidrojen olmak üzere O, N, S, Si ve hidrojenlerle çeşitli oranlarda oluşturduğu bileşiklerdir. Moleküler yapıya sahiptirler. Mukavemetleri daha fazla olduğu için, mühendislik açısından özellikle büyük molekülü organik malzemeler önem taşır. Doğada var olan bu malzemeler yapay olarak da elde edilebilir. Başlıcaları; kömür, ham petrol, su, hava ve kireç olan bu maddelerden katran, asetilen, amonyak gibi ara ürünler ve bu ürünlerden de organik malzemeler üretilir [22].

Kompozitler; iki malzemenin, orijinal malzemelerle elde edilemeyen bir özellik kombinasyonunu elde etmek için birleştirilmesinden oluşurlar. Kompozit malzemeler alışılmışın dışındaki mukavemet, ağırlık, yüksek sıcaklık performansı, korozyon direnci, sertlik ve iletkenlikten oluşan kombinasyonları elde etmek için seçilebilmektedir. Kompozitler, metal-metal, metal-seramik, metal-polimer, seramik-polimer, seramik-seramik veya polimer-polimer olabilmektedir. Metal-seramik kompozitler örneğin; sementit karbür kesici takımları, silisyum karbür fiber (elyaf) takviyeli titanyum ve kaplanmış çelik kompozitleri içermektedir.

Kompozitler takviye malzemelerinin şekline göre parçacık, fiber ve katmanlı olmak üzere üç sınıfa ayrılabilir. Çimento ve çakılın bir karışımı olan beton bir parçacık takviyeli kompozit, polimer matris içerisine gömülmüş olan cam fiberler içeren cam elyafı (fiberglass) bir fiber takviyeli kompozit, ağaç kaplama katmanlarının dönüşümlü olarak yapıştırıldığı kontrplak ise bir katmanlı kompozittir [23] .

4.3. Mühendislik Malzemelerinin Özellikleri

Malzemeler çok çeşitli yapı ve özelliklere sahiptirler. Tasarımcı, tasarımı esnasında kullanabileceği çeşitli malzemeler arasından doğru tercihin hangisi olduğuna karar verebilmesi için malzeme özelliklerini iyi bilmesi gerekir. Tasarımcının bilmesi gereken malzeme özellikleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

- Kimyasal özellikler
- Fiziksel özellikler

- İşlenebilirlik özellikleri'dir.

4.3.1. Kimyasal özellikler

Kimyasal özellikler, malzemenin kimyasal bileşimi temel alınarak incelenir. Malzemenin kimyasal bileşimi, malzemeyi oluşturan elementlerin oransal değerlerinin tümüdür. Her bir elementin malzeme özelliklerini belli yönde azaltma veya artırma eğilimi vardır. Bir malzemenin özelliklerini incelerken, bileşimindeki elementleri teker teker ele alıp her birinin etkisini belirlemek gerekir. Örneğin; karbon, sertlik ve çekme dayanımını, mangan ve nikel; tokluğu, bor; sertleşebilirliği, krom; ısı ve aşınma direncini, molibden vanadyum ve volfram; kızıl sertliği ve aşınma direncini artırmada kullanılan etkin elementlerdir.

Mühendislik malzemelerinin kimyasal özellikleri şu üç başlıkta incelenebilir [21]:

- Atomik yapı
- Atom ağırlığı
- Korozyon

Atomik yapı

Malzemelerin özelliklerini öğrenmek için atomik yapıyı bilmek gerekir. Doğada bulunan bütün elementler atomlardan meydana gelmiştir. Atom, çekirdekteki nötron ve protonla ile çevredeki elektronlardan oluşur. Bir atomun elektron ve proton sayıları eşittir. Eşitlik bozulup, atomun elektron ve proton sayıları farklı olursa iyon adı verilir. Atomda, protonlar (+) yüklü ve nötronlar yüksüz (nötr) olup merkezde, elektronlar ise (-) elektrik yüklü olup çekirdek etrafında bir yörüngede sonsuz hızla hareket ederler. Çekirdek merkezdeki güneş, elektronlarsa güneşin etrafında dönen gezegenlere benzetilebilir. Elektronlar çekirdek etrafında yörünge olarak adlandırılan yerlerinde sonsuz hızla dönerler. Bir atomda en dış yörünge de bulunan elektronlara valans elektronları adı verilir. Elektronların dizilişi malzemenin kimyasal

özelliklerini, atomlar arası bağ kuvvetini, atom büyüklüğünü, elektrik ve ısı iletkenliğini, optik özelliklerini ve daha başka özelliklerini etkilemektedir.

Cisimler doğada gaz, sıvı ve katı halde bulunurlar. Gazlarda atomlar arası mesafe çok fazla, atomlar arası bağ kuvveti zayıf olduğundan atomlar serbestçe hareket edebilir ve bu nedenle sıkıştırılarak hacimleri küçültülebilir. Sıvılarda atomlar arası mesafe yok denecek kadar azdır, ancak aralarındaki bağ zayıf olduğundan birbirleri ile temas halindeki atomlar serbestçe hareket ederler ve bir şekle sahip olamazlar ve sıkıştırılamazlar. Katı cisimlerde ise durum farklıdır. Katıların atomları arasında kuvvetli bir bağ vardır ve atomlar birbirlerine sıkıca bağlıdır. Bu nedenle katılar belirli bir şekle sahiptir ve bu şekli bozmak için (biçim değişikliği sağlayabilmek için) büyük kuvvetler gereklidir [18].

Atom ağırlığı

Bir elementin, doğal izotoplarının kütlelerinin yüzdeleri oranında ortalamasına atom ağırlığı denir. Atom veya moleküllerin gerçek kütleleri (mutlak tartı) o kadar küçüktür ki, bunları terazi ile tesbit edip gram birimi ile ifade etmek söz konusu olamaz. Dalton ve Berzelius kimyasal reaksiyonlarda mutlak tartıların önemli olmadığını belirterek, mutlak kütlelere karşılık bağıl kütlelerin yararını savundular. Atom kütle birimi olarak Dalton, hidrojen atomunu aldı ve hidrojenin kütlelerini bir kabul etmiştir. Berzelius ise oksijen atomunun kütlelerini yüz olarak kabul etmiştir. Fakat bu değerler genel kabul görmemiştir. Kimyacılar daha sonra oksijenin kütlelerini on altı kabul ederek, diğer elementlerin bağıl değerlerini 1961 yılına kadar, oksijen on altıya dayanarak hesap etmişlerdir. 1961 yılında tüm elementlerin atom kütleleri karbon on iki atomuna protonuna göre yeniden belirlenmiştir. Bir atomik kütle birimi (akb) tek bir karbonun iki atomundaki protonunun gerçek kütlelerinin bir bölü on ikisi kadardır.

Atom ağırlığı ile atom kütlesi arasındaki ilişki ise şöyledir;

Doğada bulunan elementlerin çoğunun izotoplar karışımı halinde bulunduğu herkesçe bilinir. Bundan dolayı herhangi bir elementin atomik kütlesi, her elementin doğal olarak bulunan izotoplarının her birine ilişkin atom kütlesine ve bu izotopların doğadaki bulunma yüzdelerine bağlıdır. Bir elementin doğal izotoplarının kütlelerinin yüzdeleri oranında ortalamasına atom ağırlığı denilmiştir. Dolayısıyla eğer bir element tek bir izotoptan oluşuyor ise ve bu elementin atom ağırlığı ile atom kütlesi aynı olacaktır. Örneğin; fosfor elementinin doğada sadece bir izotopu vardır. Bu durumda fosfor elementinin hem atom ağırlığı hem de atom kütlesi aynıdır. Eğer element doğada birden fazla izotoptan oluşmuş ise, bu elementin atom ağırlığı, bu elemente ilişkin izotopların atom kütlelerinden farklı olacaktır [24].

Korozyon

Korozyon, metallerin çevresi ile yaptığı kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu metalik özelliklerini kaybetmesi olayıdır. Metaller doğada genellikle oksit ve sülfür mineralleri halinde bulunur. Bu bileşikler metallerin en kararlı halidir. Metaller bu bileşikler halinde iken serbest enerjileri en düşük durumdadır. Mineralleri metal haline dönüştürmek için enerji harcanması gerekir. Ancak metaller üretilirken almış oldukları bu enerjiyi geri vererek kendiliğinden doğada bulundukları hale dönme eğilimindedirler. Örneğin; demir doğada genellikle oksit mineralleri halinde bulunur. Bu minerallerden yüksek fırınlarda enerji harcanarak üretilen demir metali, zamanla korozyona uğrayarak doğada bulunan demir oksit mineraline benzeyen pası oluşturur.

Yüksek sıcaklıkta yürüyen oksitlenme reaksiyonları dışındaki bütün korozyon olayları, elektrokimyasal reaksiyonlar ile gerçekleşir. Bu reaksiyonlar metal/elektrolit ara yüzeyinde elektron alış verişini ile meydana gelir. İyonik iletken olan bütün çözeltiler, doğal sular, zeminler ve beton elektrolit olarak korozyona neden olabilir. Rutubetli hava içinde bulunan su buharı da metal yüzeyinde yoğunlaşarak korozyon için uygun bir ortam oluşturur. Bu nedenle atmosfer içinde gerçekleşen korozyon olayları da elektrokimyasal olarak kabul edilir.

Çeşitli metallerin aynı ortam içinde korozyon hızları birbirinden farklıdır. Bir metal ne derece aktif ise yani iyon haline geçme isteği ne derece yüksek ise, o metalin korozyona uğraması da o derece kolay olur [25].

4.3.2. Fiziksel özellikler

Malzemelerin fiziksel davranışları aşağıda yapılan sıralamadaki özelliklere göre açıklanabilir. Bunlar;

- Genel fiziksel özellikler
- Mekanik özellikler
- Elektriksel özellikler
- Isıl özellikler
- Akustik özellikler'dir.

Genel fiziksel özellikler

Mühendislik malzemelerinin genel fiziksel özellikleri şu üç ana başlık altında incelenebilir.

- Özgül ağırlık
- Birim ağırlık
- Geçirgenlik

Özgül ağırlık

Bir cismin belli bir hacimdeki ağırlığının, 4 °C sıcaklıkta aynı hacimdeki suyun ağırlığına olan oranına özgül ağırlık denir. Özgül ağırlık sadece rakamla, yoğunluk ise gr/cm^3 gibi bir birimle gösterilir. Bir kristal maddenin özgül ağırlığı, kendisini meydana getiren atomların türüne ve atomların paketlenme tarzına bağlıdır. Aynı

kristal iç yapısına sahip minerallerden atom ağırlıkları daha yüksek olan atomlardan meydana gelenlerin özgül ağırlıkları daha büyüktür.

Atomların paketlenme tarzının özgül ağırlığa olan etkisi, polimorfik bileşiklerde açıkça görülür. Bu bileşiklerin kimyasal bileşimleri aynı fakat atomlarının paketlenme tarzları farklıdır. Buna tipik bir örnek, ikisi de karbon bileşimli olan elmas ve grafit'tir. Bu minerallerden elmasta karbon atomları yakın paketlenmiş olup özgül ağırlık 3.5'tir. Grafitin ise karbon atom katmanları gevşek paketlenmiştir ve özgül ağırlığı 2.23'tür.

Bir mineralin özgül ağırlığını hassas olarak ölçülebilmesi için; mineralin homojen ve saf, hava filmi veya kabarcıkların yer alabileceği kırıkları ve boşlukları içermeyen bir sıklıkta olması gerekir. Normal mineralojik amaçlı bir özgül ağırlık ölçümü için yaklaşık olarak 1 cm³ hacminde numune yeterlidir [26].

Birim ağırlık

Bir cisme etki eden yer çekimi kuvvetine ağırlık denir. Ağırlık "G" ile gösterilir. Birimi Newton veya dyn'dir. Ağırlık birimi ile kuvvet birimleri aynıdır. Ağırlık vektörel veya yönlü bir büyüklüktür. Kütle ise skaler veya yönsüz bir büyüklüktür. Bir cismin ağırlığı bulunduğu yere göre değişir. Ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe ağırlık artar. Yeryüzünden yükseklerle doğru çıkıldıkça yerin çekim kuvveti azalır. Ağırlık dinamometre ile ölçülür. Kütle ve ağırlık birbirinden farklıdır. Bir cismin kütlesi yeryüzünde Ay'da yada başka bir gezegende tartılırsa hep aynı sonuç bulunur. Aynı cismin ağırlığı farklı yerlerde ölçüldüğünde farklı sonuçlar bulunur.

Genellikle seramikler sınıfına giren taş yapılı malzemeler, beton, kompozit malzemeler ve hafif yapı malzemeleri değişik tür ve büyüklükte boşluklar içerirler. Bu boşluklar malzemenin birim ağırlığını, su emmeyi, geçirimsizliği, dona dayanıklılığı, mukavemeti, ısı ve ses yalıtımını önemli derecede etkiler

Bir boşluğun büyüklüğü, içine sığabilen en büyük kürenin çapı ile belirtilir.

Büyükliklerine göre boşluklar, aşağıdaki gibi sıralanabilirler:

- Moleküller arası boşluklar, büyüklükleri birkaç angström mertebesindedir. Cismin iç yapısı ile ilgilidir. Dışarıdan etkilenmezler.
- Mikro boşluklar, 0,1 mikrondan küçüktür.
- Kılcal boşluklar, 0,1 mikron ile 2,5 mm arasındır.
- Makro boşluklar, 2,5 mm'den büyüktür.

Bu boşlukların bazıları dışa açık, bazıları ise kapalıdır. Açık ve kılcal boşluklar su emme ve geçirimsizlik yönünden önemlidir.

Özgül ağırlık dolu hacme göre hesaplandığından daima birim ağırlıktan büyüktür. Eğer malzemede boşluk yoksa metallerde olduğu gibi özgül ağırlıkla birim ağırlık eşit olur. Özgül ağırlığı ölçmek için boşluklu cisim kuru halde öğütülerek ince toz haline getirilir. Sonra yetmiş dört mikron göz açıklıklı elekten elenir. Elekten geçen ince tozların bir kısmı tartılarak kütlenin ağırlığı bulunur. Sonra aynı kütle içinde inert sıvı bulunan bir dereceli kaba (piknometre) konarak hacmi ölçülür. Ağırlık bu şekilde bulunan hacme bölünerek özgül ağırlık hesaplanır [27].

Geçirgenlik

Basınç altında akışkanların boşluklu malzemelerin içinden geçmesi doğaldır. Ayrıca basınç olmaksızın doğal koşullarda kılcal etki nedeni ile boşluklu malzemelerde akışkan geçirgenliği oluşabilir. Uygulamada en sık rastlanan gaz halindeki akışkan su buharı, sıvı halde akışkan da sudur. Bu akışkanlara karşı malzemelerin geçirgenliği yapı mühendisliğinde önemli sorun sayılır. Örneğin genellikle yapılarda yağmur suyunun içeriye geçmemesi, buna karşılık su buharının içeriden dışarıya geçmesi istenir. Bu nedenle kullanılacak boya ve sıva malzemelerinin su ve buhar geçirgenliklerinin deneylerle saptanması gerekir.

Basınçlı su geçirgenliği, su depolarında, beton borularda ve barajlarda kullanılan malzemeler için önemlidir. Bir malzemenin su geçirgenliği ölçmek için /

boyundaki numune iki ucu açık bir silindirik kaba sıkıca yerleştirilir. Bir ucundan P basıncında su uygulanır diğer ucundan zamanla geçen su miktarı ölçülür. Rejim halinde 1m^2 alandan 1 saniyede geçen $Q\text{m}^3$ su, birim boydaki basınç farkı P / l ile orantılıdır [27].

Mekanik özellikler

Malzemelerin yük altındaki davranışlarına mekanik özellikler denir. Mekanik özellikler genel olarak şöyle sıralanabilir:

- Sertlik
- Aşınma
- Mukavemet
- Süneklik
- Kırılganlık
- Dövülebilirlik
- Yorulma
- Çentik tokluğu
- Elastiklik
- Elastiklik modülü
- Plastiklik

Sertlik

Sertlik, bir metalin kalıcı biçim değiştirmeye karşı direncinin bir ölçüsüdür. Sertlik ölçümü genel olarak üç grupta incelenebilir. Bunlar; statik, dinamik ve mikro sertlik ölçme yöntemleridir. Statik sertlik ölçmede sertlik, bir malzemenin kendisine batmaya çalışan ve kendisinden daha sert olan cisme göstermiş olduğu direnç şeklinde ifade edilir. Statik sertlik testleri: Rockwell, Brinell ve Vickers testleridir.

Dinamik sertlik, elastik sertlik olarak da bilinir ve özel uca sahip bilye belli bir yükseklikten metal üzerine bırakılır ve sıçrama yüksekliği sertlik olarak esas alınır. Bu test sonunda parçanın kesilmesi veya reddedilmesi hakkında bir karar verebilir.

Malzemenin çok ince kesitlerinin veya tabaka sertliğinin ölçülmesinde, mikrosertlik ölçme kullanılır. Mikrosertlik ölçmenin özellikleri aşağıda sıralanmıştır [28].

- Mikroskopla muayene yapılır.
- Test daha duyarlıdır. Daha ince ve daha küçük kısımların sertliği ölçülür.
- Bir fotoğraf makinesi ilave edildiği için mikro yapı fotoğrafı çekilebilir.

Aşınma

Aşınma, sürtünen yüzeylerden malzeme kaybı olarak tanımlanır. Aşınma miktarı malzemenin türüne, sürtünen yüzeylerin biçimine, sürtünme koşullarına ve çevrenin kimyasal etkilerine bağlıdır. Büyük ekonomik kayıplara neden olduğundan üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Ancak çok çeşitli etkenlerin rol aldığı bir olay olduğundan, laboratuvar koşullarından elde edilen sonuçlara dayanarak uygulamadaki aşınma miktarını tahmin edecek bir bağıntı henüz geliştirilememiştir. Aşınmayı tamamen önlemek olanaksızdır. Ancak bu olayı yakından tanımanın, etkiyen etkenleri iyi bir şekilde saptamanın, aşınmayı en düşük düzeyde tutma yönünden çok yararlı olacağı açık bir gerçektir [27].

Mukavemet

Mukavemet, bir malzemeye bir kuvvet uygulandığında, malzemenin şekli veya ölçülerinin değişimine karşı gösterdiği dirence denir. Gerilme, mukavemet için esas alınan ölçüdür ve gerilme, birim alana düşen kuvvettir. Gerilme, birim kesit alanına düşen kuvvet olarak da tanımlanır ve $N/mm^2(MPa)$, N/cm^2 , kgf/mm^2 , kgf/cm^2 veya psi (lb/in^2 , pound/ in^2) birimi ile gösterilir. Gerilme, yükün kesit alanına bölünmesiyle bulunur (Eş. 4.1).

Gerilme = Yük / Kesit alanı

$$\sigma = F / A \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.1)$$

İki temel mukavemet ya da dayanım kavramı vardır. Bunlar, normal (çekme, basma) ve kayma (kesme, burulma) dayanımlarıdır. Malzemenin mukavemeti, malzemenin ne çeşit bir kuvvete maruz bırakıldığına bağlıdır. Çeliklerin basma ve çekme dayanımları birbirlerine eşit iken, dökme demirlerin basma dayanımı, çekme dayanımından daha yüksektir. Kayma dayanımı ise hemen hemen bütün çeliklerde çekme dayanımından daha düşüktür.

Malzemeye kuvvet uygulandığında malzemenin şekli değişir. Örnek, çekmeye çalışıldığında boy uzar, kesit daralır, basmada ise boyu kısalır ve kesit büyür. Boyutlardaki bu değişme, % uzama veya % kesit daralması olarak tanımlanır. % uzama, malzemenin uzama miktarının ilk boy oranı (mm/mm cinsinden) (Eş. 4.2), kesit daralması ise, kesit farkının orijinal kesite oranıdır (Eş. 4.3) [28].

$$\% \text{ Uzama} = (\text{Son Boy} - \text{İlk Boy}) / \text{İlk Boy} \quad (4.2)$$

$$\% \text{ Kesit Daralması} = (\text{İlk Kesit} - \text{Son Kesit}) / \text{İlk Kesit} \quad (4.3)$$

Süneklik

Süneklik, kuvvet uygulanan malzemenin kuvvet doğrultusunda, şekil değişimine mücadele etmesine verilen addır. Herhangi bir metalin tel halinde çekilebilmesi bu özelliğindendir. Çelik, alüminyum, altın, gümüş ve nikel sünek malzemelerdir.

Malzemenin sünekliğini ölçmek için çekme testi kullanılır. Çekilecek malzemenin başlangıçtaki boyu ve kesit alanı ölçülür. Çekme deneyi işleminden sonra boy ve kesit alanı tekrar ölçülerek boy ve kesit alanındaki değişiminin, ilk boyun ve kesit alanına oranı hesaplanır. Kesit değişimi için parçanın koptuğu andaki en dar kesit ölçüsü esas alınır. Boy ve kesit değişim oranları, süneklik değerinin ölçüsü kabul

edilir. Kesit değişim oranları ne kadar büyükse, süneklik o kadar yüksektir. Yüksek süneklik, yaklaşık % oranındaki şekil değişimi ile tanımlanır [28].

Kırılma

Kırılma, genel olarak kuvvet karşısında malzemenin çok az yada hiç şekil değiştirmeden malzemenin kopmasıdır ve sünekliğin karşıtıdır. Çeşitli dış etkilere karşın, ancak pek az malzemede bir tek kırılma türü görülebilir. Kırılma türlerini sınıflamak için çeşitli yöntemler vardır. Bunların en önemlisi, kırılma mekaniği ile ilgili olan ve uygulanan yükler ile bu yüklerin kırılma sırasında iç yapıdaki etkilerini önemseyerek yapılan sınıflamadır. Bu yöntem örneğ olarak, gevrek kırılma, sünek kırılma, sürünme kırılması ve yorulma kırılmaları gösterilebilir.

Bir makine elemanın üzerine gelen zorlama şekli, yani gerilme ve şekil değişimi ile ortam koşulları, oluşacak kırılmanın türünü belirler. Çeşitli dış etkilere karşın, ancak pek az malzemede bir tek kırılma türü görülebilir. Aynı malzemede birden fazla kırılma türünü görmek mümkündür. Özellikle endüstriyel uygulamalarda kırılma türü, kırılma mekaniği yönünden, kırılma sırasında iç yapıda olan değişiklerden, çatlağın yapıda ilerleyiş şeklinden ve kırılan kesit görünümünden ayrı ayrı değerlendirilebilir. Bu durumda yukarıda verilen kırılma türlerinin birkaçı aynı anda kırılmayı karakterize eder. Ancak malzemenin kırılma öncesi durumu ve kırılmaya neden olan yükleme koşullarına göre kırılma türleri gevrek ve sünek kırılma olarak iki şekilde incelenebilir.

Gevrek kırılma, yok sayılabilecek kadar az ya da hiç kalıcı şekil değişikliği oluşturmada malzemenin kırılmasıdır. Çatlak ilerlemesi çok hızlı olup, bu ilerleme çevre yüzey enerjisi ile oluşmaktadır. Diğer bir deyimle, çatlak oluşuktan sonra, ilerlemesi için sürekli dış gerilime ihtiyaç yoktur. Birçok durumda gevrek olarak kırılan malzemelerde, sadece kırılmış yüzey civarında çok az oranda kalıcı şekil değişikliği oluştuğundan, kırılan yüzeyin görünümü parlak ve düzgündür.

Kırılmadan önce malzemede kalıcı şekil değişikliği oluşursa, bu tür kırılma sünek kırılmadır. Kalıcı şekil değişikliklerinin miktarı, kırılma sonrasında malzemedeki kesit azalması veya gerilme yönünde oluşan boy uzaması ölçülerek saptanabilir. Kırılma kalıcı şekil değişikliği oluşturabilecek gerilme ile doğru orantılı olup, yavaş oluşmaktadır. Kırılma sonucu kırılma yüzeylerinin görünümü liflidir [29].

Dövülebilirlik

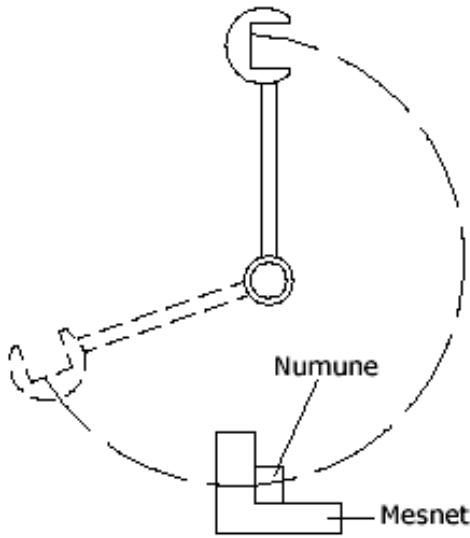
Dövülebilirlik, malzemenin basma gerilmeleri yüklenilmesiyle sürekli şekil değiştiren yeteneğine verilen addır. Dövme, haddeleme, sac çekme, dövülebilirlik özelliğinden faydalanılarak gerçekleştirilir. Çoğu dövülebilir malzemeler aynı zamanda sünektirler. Fakat bazı malzemeler, dövülebilmelerine karşın sünek değildirler. Örneğin, kurşun dövülebilirliği yüksek; fakat sünek olmayan bir malzemedir ve tel olarak çekilemez. Kurşun gibi düşük süneklığe sahip bir metal kalıp içinde veya ekstrüzyonla çekilebilir ve aynı yolla şekillendirilebilir. Kurşun, kalay, altın, gümüş, demir ve bakır dövülebilirlikleri yüksek malzemelerdir [28].

Yorulma

Uygulamada tekrar eden veya çevrimli yüklere maruz kalan parçalar, tek bir statik gerilme uygulanması halinde dayanabilecekleri gerilmenin çok daha altındaki bir gerilmede koparlar. Tekrar eden veya çevrimli gerilmeler altında meydana gelen bu kopmalar veya hasarlara yorulma kopması adı verilir. Yorulma kopmasına uğrayan parçalara örnek olarak miller, bağlantı çubukları ve dişliler gibi hareketli parçalar gösterebilir. Makinelerdeki hasarların yaklaşık yüzde sekseninin yorulma kopmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir [21].

Çentik tokluğu

Çentik tokluğu, malzemenin çarpma veya darbeli yüklenmesi sonunda, çentikteki gerilme yığılması etkisiyle, kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Çentik tokluğunu tespit etmede kullanılan çentik-darbe deney seti Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2. Çentik-darbe deney seti

Charpy darbe metotları, kullanılan malzeme boyutları ve yükleri farklı olmasına rağmen, sonuçları uygulamada aynıdır. Charpy darbe deneyi yatay ve basit kiriş halinde iki mesnete yaslanan bir numunenin çentik tabanına bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilmeler etkisi ile numunenin kırılması için gerekli enerjiyi belirleme işlemidir. Tok metaller, kırılğan metallere göre daha fazla enerji absorbe eder. Bu nedenle tok metaller, çoğu zaman kırılmaz, şekil değiştirir veya eğilirler [30].

Elastiklik

Bir malzemeye yük uygulandığında, boyutları az veya çok değişir (uzar veya kısılır). Yük ortadan kaldırıldığında malzeme önceki boyutlarına tam olarak dönüyorsa buna elastiklik denir. Kristalli yapıya sahip malzemelerin elastik şekil değiştirmelerinde atomlar yerlerinden ancak bir atom çaprazından daha az mesafelere kadar ayrılabilirler. Bu nedenle böyle şekil değişikliklerinin miktarı, sınırlıdır. Yük kalktığında şekil değişikliği de kalkar. Metallerde şekil değişimi genelde yük ile doğru orantılı olarak değişir. Bazı malzemelerde örneğin PVC, PE vb. gibi termoplastlarda elastik şekil değişikliği gerilme-uzama bağlamında doğrusal olmayabilir.

Elastik uzamanın karakteristiği malzemenin atom veya molekül yapısına bağlı olduğu gibi sıcaklıkla da son derece ilgilidir. Atom türü, kristal yapısı, alaşım durumu, tane büyüklüğü, tane biçimi malzemenin elastik ve plastik özelliklerini etkiler. Hatta kuvvetin kristal kafes sistemini hangi yönde yüklediği de önemlidir [31].

Elastiklik modülü

Çekme testinde gerilme-gerinme ile belli bir sınıra kadar doğru orantılı olarak değişir. Bu doğru orantının eğimi veya doğrunun tanjantı elastiklik modülü olarak tanımlanır. Elastiklik modülü, Young modülü olarak da bilinir. Elastik bölgedeki, gerilme-gerinme oranına bölünürse, bulunan değer sabittir ve malzemenin elastiklik modülünü verir (Eş. 4.4) [29].

Elastiklik modülü = Gerilme / Gerinme oranı

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (4.4)$$

Plastiklik

Malzemeler, elastik sınır üzerinde yüklemeye maruz bırakıldığında, yük kaldırılrsa bile ilk boyutlarına dönmez. Bu plastikliğin başladığı değerdir ve elastiklik sınırının bittiği noktadır. Gerilme-gerinme eğrisinde, bu sınırdan sonraki kısım plastik şekil değiştirme bölgesi olarak tanımlanır. Bu özellik oldukça önemlidir ve plastik şekillendirmede esas teşkil eder. Örneğin, haddeleme, demir çekme, sıcak veya soğuk şekillendirme ve çeşitli pres işlemlerinde önemli bir değerdir. Şekillendirme yükü, plastik bölge içerisinde olmalıdır. Metallerin çoğunun şekillendirme sonunda sertleşme eğilimi vardır. Yeniden plastik sınırlarına getirip tekrar şekillendirmek için tavlamaya tabi tutmak gerekir [28].

Elektriksel özellikler

Bazı uygulamalarda malzemelerin elektriksel davranışları, mekanik davranışlarından

daha önemli olabilmektedir. Örneğin; uzun mesafelere akım ileten metal tel, ısınma sonucu oluşan güç kaybını azaltmak için yüksek bir elektrik iletkenliğine sahip olmalıdır. Elektrik ve elektronik uygulamalar için malzeme seçmek ve kullanmak, elektrik iletkenliği gibi özelliklerin nasıl üretildiğinin ve kontrol edildiğinin anlaşılmasını gerektirir. Ayrıca elektriksel davranışın, malzeme yapısından, malzemenin işlenişinden ve malzemenin maruz kaldığı çevreden, etkilendiği bilinmektedir. Bir malzemenin sahip olabileceği elektriksel özellikleri şu şekilde sıralanabilir [23];

- İletkenlik
- Yarı iletkenlik
- Dielektriklik
- Manyetik özellikler
- Optik özellikler

İletkenlik

Cisimlerin elektrik akımını iletme yeteneğine iletkenlik denir. Artı ve eksi yük taşıyan elektronların veya iyonların yönlendirilmiş hareketleri bir elektrik akımı doğurur. Yük taşıyan parçacıklar elektronlar ise elektron iletkenliği, iyonlar ise iyon iletkenliği, söz konusudur. Prensip olarak tüm malzemeler az da olsa iletkenler. Yalnız iletme kabiliyeti, o malzemenin iç yapısına yani elektron düzenine bağlıdır. Bazı malzemelerin yalıtkan olarak nitelendirilmesi, onların iletkenliğinin çok az olmasından yani dirençlerinin çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin iyi bir iletken olan bakırın özgül elektrik iletkenliği $k=58 \text{ m/qmm}^2$ iken, iyi bir yalıtkan olan polietilenin özgül elektrik iletkenliği $k < 10 \text{ m/qmm}^2$ olmakla beraber sıfır değildir [31].

Yarı iletkenlik

Yarı iletkenler, iyi bir iletkenliğe sahip olan metallerle, iyi bir iletkenliğe sahip olmayan yalıtkan metaller arasında olan metallerdir. Elektronik teknolojisinde çığır

açan transistörler yarı iletken malzemelerden üretilir. Bunlar ancak 1954 yılından sonra geliştirilerek kısa sürede büyük boyutlu ve üretimi zor elektron tüplerinin yerini aldılar. Bu sayede elektronik aletleri çok kompakt ve basit hale getirildi. Yarı iletkenler günlük yaşamda geniş uygulama alanı bulunmaktadır.

Yarı iletkenler has yarı iletken ve katkılı yarı iletken olmak üzere iki gruba ayrılır. Has yarı iletkenlerden bazıları malzemelerin kendi bünyesel özelliğidir. Has yarı iletkenlere bazı yardımcı atomlar ilave edilerek iletkenliği çok daha artırabilmesine de katkılı yarı iletken denir.

Has yarı iletkenlerin uygulamada en çok kullanılanları, periyodik cetvelin IV. grup elemanlarından arı silisyum ve germanyumdur. Bunlar kovalent bağlı olup kompleks kübik kristallere sahiptirler ve birim hücrelerinde sekiz atom bulunur. Bu elemanlara yeterli elektriksel alan uygulandığı zaman bir miktar valans elektronu enerji aralığını atlayarak boş iletim bandına geçer. Dolu banttan boş banda geçen elektron ilk bantta bir boş enerji düzeyi bırakır ve yapıdaki kovalent bağlardan birinde bir elektron eksilir.

Has yarı iletkenlere değişik türde yabancı atomlar katılırsa yarı iletkenlik karakteristikleri değişir. Katılan yabancı atomların oluşturduğu elektron fazlalığı ve elektron boşluğu, enerji aralığında ek enerji düzeyleri meydana getirirler. Bu durumda yüksek enerjili yük taşıyıcılar daha az bir enerji ile iletkenlik sağlar. Bu nedenle katkılı iletkenlik daima has iletkenliklerden daha yüksek olur. Elektron fazlalığı içeren katkılı yarı iletkenlere, eksi elektron eksikliği veya boşluğu içerenlere artı yarı iletken denir [31].

Dielektriklik

Bir malzemenin elektrik alanına tepkisi, yük transferi olmadığında bile bir avantaj olarak kullanılabilir. Bu etkiler malzemenin dielektrik özellikleri ile açıklanır. Dielektriklik malzemeler, valans ve iletim bandları arasında geniş bir enerji aralığına sahiptir. Bu nedenle malzemeler yüksek bir özdeşence sahiptirler. Dielektrik

malzemelerin iki önemli uygulama alanı yalıtkanlar ve kondansatörlerdir. Yalıtkanlar bir elektrik devresinde yükün transferini önlemek için kullanılır, elektrik telleri üzerinde plastik kaplamayı ve yüksek gerilim hatlarında kullanılan seramikleri içerir. Kondansatörler, elektrik yükünü depolamada kullanılırlar [23].

Manyetik özellikler

Cisimlerin manyetik özellikleri elektronların gerek kendi eksenleri etrafında dönmeleri ve gerekse atom çekirdeği çevresinde yörünge hareketi yapmaları sonucu oluşur. Hareket eden her elektriksel yük bir manyetik alan oluşturur, bundan dolayı her elektron çok küçük bir mıknatıs sayılır. Atomdaki bir enerji düzeyinde en fazla iki elektron bulunur, bunlarda kendi eksenleri etrafında bağlı olarak ters yönde döndüklerinde birbirlerinin manyetik alanını yok ederler. Bir atomun enerji bandları tam dolu ise çift sayıda elektronu vardır, dolayısıyla net manyetiklik yoktur. Eğer bir atomda dolmamış enerji düzeyi varsa ve toplam elektron sayısı tekse bireysel atomda manyetik alan duvar ve bu alanın bir çift kutbu (dipol) vardır. Bu şekildeki bireysel atom manyetik kutupları rasgele yönlenmişse kütlenin net alanı sıfır olur. Ancak bireysel atomların manyetik kutupları paralel olacak şekilde yönlenirse kütlede net bir manyetik alan doğar bu şekilde oluşan manyetik alan çok yararlı yetkilere sahiptir. Endüstride kullanılan elektrik motorları, transformatörler, elektronik hesap makineleri haberleşmede kullanılan telefon, radyo ve televizyon alıcıları müzik aletleri ve manyetik tutucular manyetik özelliklere dayanarak geliştirilmiştir [31].

Optik özellikler

Işık elektro manyetik dalgalar halinde yayıldığından optik özelliklerle dielektrik özellikler yakından ilgilidir. Cisimlerin elektron yapıları ile ışık dalgaları arasındaki etkileşimler optik özellikleri belirler. Bu özellikler saydamlık, opaklık, yansıtma, kırılma, yutma, renklilik ve fotoiletkenlik olarak sıralanabilir. Endüstride geniş uygulama alanı olan lazerler, optik özelliklerden yararlanılarak geliştirilmiştir.

Bilindiği gibi atomların çevresindeki elektronlar ancak belirli enerji düzeylerinde kararlı yörünge hareketi yaparlar. Elektron bir alt enerji düzeyine geçerken belirli miktarda enerji yayar. Bu enerjinin foton denen küçük parçacıkların dalga hareketi ile yayıldığı varsayılır. Bu yolla oluşan radyasyon veya elektromanyetik dalgaların frekansı, fotonların sahip olduğu enerji ile orantılıdır ve orantı katsayısına Planck sayısı denir. Frekansla dalga boyu ters yönde değiştiğinden frekans arttıkça dalga boyu küçülür, dolayısıyla enerjide artar [27].

Isıl özellikler

Isıl enerji emen malzemelerin iç enerjisi artar ve sıcaklığı yükselir. Bu enerjinin bir kısım atomsal titreşimlerle kinetik enerjiye, bir kısmı da genleşme yolu ile potansiyel enerjiye dönüşür. Emilen ısı enerjinin büyüklüğü (özellik ısı), iletme hızı (ısı iletkenlik) ve boyutlardaki değişmeler (ısı genleşme) malzeme türüne, içyapıya ve çevre koşullarına bağlı birer ısı özelliğidir. Üzerine kaynar su dökülen camın çatlaması, genleşmesi kısıtlanmış gevrek malzemenin sıcaklık etkisinde kırılması, porselen kap yerine alüminyum kapla içilen çayın dudağı yakması gibi uygulamada görülen birçok olay ısı özellikleriyle ilgilidir. Özellikle metallerde ısı iletimi büyük ölçüde elektron hareketleri ile sağlanır. Bu tür olayların nedenini açıklamak, bağlı oldukları kuralları bilmek, bunları önlemek veya yararlanmak için ısı özellikleri yakından tanımak gerekir. Bu nedenle ısı özellikler şu beş madde altında toplanmaya çalışılmaktadır [21].

- Isıl kapasite (özellik ısı)
- Isıl iletkenlik
- Isıl yalıtkanlık
- Isıl genleşme
- Isıl çatlaklar

Isıl kapasite (özellik ısı)

Bir maddenin ısı kapasitesi, birim kütledeki maddenin sıcaklığını 1°C yükseltmek

için verilmesi gereken ısı miktarı olarak tanımlanır. Isıl kapasitesi sıcaklıkla değişir. Bu nedenle malzemelerin ısıl kapasitesi ancak belli sıcaklık aralığında sabit kabul edilebilir. Metallerin ısıl kapasitesi çok düşüktür. Örneğin bakırın ısıl kapasitesi 0,4 kJ/kg., demirin ısıl kapasitesi 0,5 kJ/kg'dir. Seramik malzemelerin ısıl kapasitesi yaklaşık olarak 0,8 kJ/kg olarak alınabilir: Önemli miktarda hidrojen ihtiva eden organik maddelerin ısıl kapasitesi ise 1-2 kJ/kg arasındadır [25].

Isıl iletkenlik

Isıl iletkenlik, ısının bir malzeme boyunca transfer hızıdır. Isıl enerji serbest elektron hareketi ve atomların ısıl titreşimleri ile iletilir. Serbest elektronlar ısıl titreşime göre 10-100 kat daha fazla ısı enerjisi iletirler. Bu nedenle metallerin ısı iletimi diğer malzemelere göre daha yüksektir. İyonsal ve kovalent bağlarda ısıl enerjiyi yalnız atomların ısıl titreşimleri ile iletilir. Bu tür malzemelerin ısıl iletkenliği çok düşüktür. Uygulamada bu tür malzemeler ısıl yönden yalıtkan sayılırlar.

Malzemelerin ısıl iletkenliği deneysel olarak ölçülebilir. Bir katı maddenin paralel iki yüzeyi arasından ısı geçiş hızı, Fourier yasasına göre aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır (Eş. 4.5) .

$$dQ / dt = k \cdot A \cdot (d\theta / dx) \quad (4.5)$$

Burada;

k = Malzemenin ısı iletim katsayısı

dQ / dt = Isı iletim hızı

A = Isı geçiş kesit alanı

$d\theta$ = Malzemenin iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı

dx = Malzemenin kalınlığı'dır.

Bu bağıntıya göre bir malzemenin ısı iletim katsayısı, birim kalınlıkta ve birim yüzeyden, 1°C sıcaklık farkında birim zamanda geçen ısı miktarı olarak tanımlanır.

Malzemelerin ısı iletkenliği de sıcaklık ile değişir fakat küçük sıcaklık aralıklarında iletkenlik katsayısı sabit kabul edilebilir.

Isı iletkenliği pratikte büyük önem taşır. Isı izolasyon malzemelerinin en önemli özelliği ısı iletim katsayılarının düşük olmasıdır. Bu malzemelerin ısı iletkenliğinin düşük oluşu, bunların gözenekli yapılarından ileri gelir. Görünür yoğunluğu düşük, yani hafif malzemelerin ısı iletim katsayıları genellikle düşüktür [25].

Isıl yalıtkanlık

Isıl yalıtkanlık, ısı iletiminin olmaması durumudur. En iyi ısıl yalıtkanlar, yüksek boşluk oranı olan veya gözenekli malzemelerdir. Gözenekler içinde hareketsiz havanın iletkenliği çok küçüktür. Gözenek çapı büyürse, içinde doğacak hava akımı etkili olur ve iletkenliği biraz artırır. Bu nedenle yalıtım malzemelerinin çok sayıda küçük boşluklar içermesi tercih edilir. Özellikle yüksek sıcaklıkta çalışan fırınlarda bu tür boşluklu malzemeler veya sinterlenmiş seramik tozlarından yapılmış tuğlalar kullanılır. Yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılan yalıtkan malzemelere refrakter malzemeler denir. Eğer bu tür malzemeler uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalırlarsa, sinterleme etkisi ilerler, boşluklar azalır ve yoğunluk artar dolayısıyla yalıtkanlık özelliği düşer. İnce karbon tozlarında bu tür değişme olmaz, bu nedenle grafitten yapılmış refrakterler yüksek sıcaklıkta daha iyi sonuç verir [31].

Isıl genleşme

Bütün şartlarda, katılar ısıtıldığında hacimsel olarak büyürken, soğutulduğunda küçülürler. Her bir malzeme farklı oranda uzar. Termal genleşme, sıcaklığın bir derece değişmesine karşılık gelen malzemedeki uzama olarak tarif edilir.

Çelik konstrüksiyonlarda, köprü gibi yapılarda, boyutlar hesaplanırken, ısıl genleşme katsayıları bilinmeli ve dikkate alınmalıdır. Isıl işlemlerde, genleşme katsayısı, ısıtma ve soğutma hızlarının ve bekleme sürelerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Eğer çelik parça hızlı ısıtılırsa iç genleşme katsayısı, dış genleşme katsayısından

genellikle daha küçük olması nedeniyle, sünekliği düşük malzemelerde çatlamalara neden olur.

Isıl genleşme farklılığı birçok işlem için son derece önemlidir. Örneğin, bronz yatakların sökülmesinde olduğu gibi, bronzun ısı genleşme katsayısı, çeliğin iki katı olduğu bilinmektedir. Hem çelik hem de bronz aynı ısıya maruz bırakıldığında bronz, çeliğin iki katı kadar genleşme yapar. Böyle durumlarda, bronz elastik sınırı üzerinde gerilmeye maruz kalır ve plastik şekil değiştirir. Bu durumda, çelikle bronz soğutulsa bile bronz çelikten daha fazla şekil değiştireceği için bronzun çapı daha büyük olur ve kolayca çıkarılır [28].

Isıl çatlaklar

Malzemeleri ısıtma veya soğutma sırasında malzeme yüzeyi ile iç kısmı arasında oluşan sıcaklık farkı nedeniyle termal kalıntı gerilmeler oluşabilir. Isıtma sırasında yüzeyde (yani çabuk ısınan yerlerde) basma gerilmesi ve iç kısımlarda (yavaş ısınan yerlerde) çekme gerilmesi oluşur. Soğuma sırasında bunun aksi olur.

Malzemenin çekme dayanımı yeterli değilse, kalıntı gerilmeler malzemenin elastik ve plastik deformasyonlarına neden olur. Eğer malzemede oluşan kalıntı gerilmeler, çalışma gerilimi ile aynı yönde ise malzemenin hasar görmesine neden olabilir. Örneğin 250 N/mm^2 çekme dayanımı olan bir malzemede zaten 50 N/mm^2 'lık bir kalıntı/artık gerilmesi varsa, malzemenin dayanabileceği çalışma gerilimi 200 N/mm^2 ye iner. Bu nedenle kalıntı gerilmeler genellikle istenilmez. Fakat kalıntı gerilmeler çalışma gerilmesi ile aksi yönde ise malzemeyi kuvvetlendirici etki yapar. Eğer ısı gerilmeler malzemenin dayanımını aşarsa malzeme çatlar. Bir katı malzemenin yüzeyinde ani sıcaklık değişimleri nedeni ile meydana gelecek ısı gerilmelere çatlamadan dayanabilme kabiliyetine ısı şok dayanımı denir. Şok dayanımının değeri malzemenin çatlamadan dayanabildiği minimum sıcaklık değişimi ile ifade edilir.

Isıl geçirgenliği fazla, çekme dayanımı yüksek, esneklik modülü düşük yani belirli bir uzama için az bir gerilme meydana getiren ve ısı genleşme katsayıları düşük olan malzemelerde ısı çatlama görülmez. Kırılgan olanlar hariç, metaller nadiren ısı olarak çatlar. Çünkü metallerin ısı geçirgenliği fazla olduğundan, metallerin yüzeyleri ile iç kısımları arasında büyük bir sıcaklık farkı oluşmaz [25].

Akustik özellikler

İnsanların yaşadığı yapılarda akustik yönden konfor sağlamak için malzeme ve yapı düzeni ile ilgili iki önemli etken vardır. Bunlardan biri sesin yansıması veya yankı, diğeri ise ses iletimi veya bunu tersi ses yalıtımıdır.

Ses insanların algılayabileceği frekansta, basınç dalgası halinde yayılır ve rastlandığı cisme basınç dalgası olarak etkir. Bu basınç dalgasının enerjisi, sesin şiddetini, frekansı da tonunu belirler. Ses enerjisi, çok küçüktür ve uygulamada desibel(dB) denen bir birimle ölçülür. Çizelge 4.1’de insanın işitebileceği ses şiddetleri verilmiştir.

Sesin şiddetinden başka frekansı da önemli bir etkidir. İnsan kulağı 30 Hz ile 20.000 Hz arasında kalan frekansları duyabilir. 250 Hz den aşağısı düşük, 250-1000 Hz arası orta, 1000 Hz’den yukarı olanlar yüksek frekans sayılır. Genellikle akustik özellikler 1000 Hz civarında ölçülür.

Çizelge 4.1. İnsanın işitebileceği ses şiddetleri

<i>Ses kaynağının türü</i>	<i>Şiddeti (desibel)</i>
Fısıltı	10
Normal konuşma	50
Gürültüler	60-70
Kulakta acıma hissi veren patlama	100-120

Akustik özellikler sesin emilmesi ve ses yalıtımı olmak üzere iki alt başlık altında

incelenebilir [27].

Sesin emilmesi

Ses dalgası havada ilerlerken bir cisme çarptığı andaki enerjisi E_1 ise bunun E_2 kadarı cismin yüzeye tarafından emilir veya yutulur. Buna göre cismin yüzeyinin ses emilme sayısı aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir (Eş. 4.6).

$$\alpha = (E_1 - E_2) / E_1 \quad (4.6)$$

Yansıma fazla olursa yankı yaparak işitme koşullarını bozar. Yansımanın az olması için E_2 'nin küçük, dolayısıyla α 'nın büyük olması gerekir. Çizelge 4.2'de bazı malzemelere ait ses emilme değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Bazı malzemelere ait ses emilme değerleri

<i>Malzeme</i>	<i>Ses emilmesi (α)</i>
Beton, sıvı, cam	0,02
Ahşap	0.10
Kumaş, halı	0.30
Cam lifi şilte	0.70
Açık pencere, boşluk	1.00

Ses emilme yeteneği, frekansa da bağlıdır. Halı kumaş, sünger elyafı gibi yumuşak malzemeler orta ve yüksek frekansları, delikli rijit levhalar (alçı blokları) alçak ve orta frekansları emer. [27]

Ses yalıtımı

Ses dalgalarının yansdıktan sonra geri kalan kısmı malzeme içinden geçerken bir kısmı yutulur ve diğer tarafa zayıflamış olarak çıkar. Bir duvarın ses yalıtım özelliği,

duvara gelen ses şiddeti E_g ve malzemeden çıkarak iletilen ses şiddeti E_i 'ye bağlı olarak aşağıdaki bağıntı da olduğu gibi tanımlanır. Burada D ses yalıtım sayısı ve birimi desibel'dir (Eş. 4.7).

$$D = 10 \log_{10} (E_g / E_i) \quad (4.7)$$

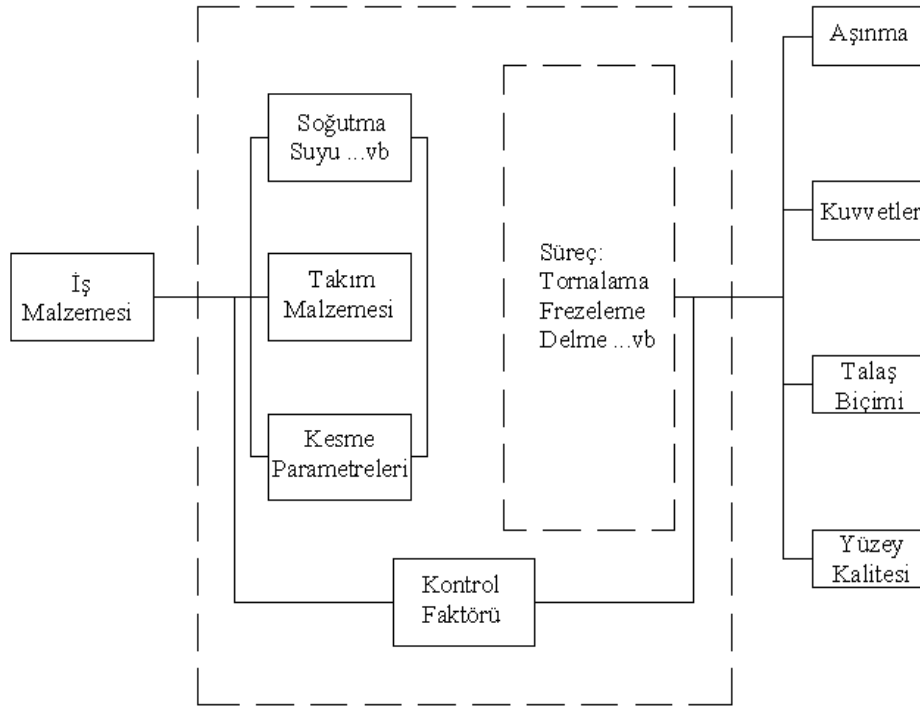
Giren ve çıkan ses şiddetleri W/cm^2 cinsinden ölçülür. Normal konuşma sesi 40 dB olduğuna göre bir duvarın ses yalıtım sayısı en az 40 dB üstünde olursa ses diğer tarafa geçmez [27].

4.3.3. İşlenebilirlik özellikleri

İşlenebilirlik evrensel olarak tanımlanmış, standart bir özellik değildir. Genellikle iş parçasının işlenebilme kabiliyeti, bir başka deyişle iş parçasının kesici bir takım ile şekillendirilmesinin ne kadar kolay veya zor olduğu işlenebilirlik olarak adlandırılır. Orta karbonlu bir çelik ısıl dirençli bir alaşıma göre, gri dökme demir, kır dökme demire göre daha kolay işlenir. Sıvanma özelliğine sahip düşük karbonlu bir çeliğin işlenmesi ise bazı alaşımlı çeliklere göre çok daha zordur. Kesici takımlardaki gelişmeler, değişen koşullar ve metotlar nedeniyle işlenebilirlik kavramı karşılaştırmalı değerler cinsinden ifade edilmesi zor olan bir kavramdır [32].

İşlenebilirlik, bir malzemenin istenilen biçimde, boyutta ve yüzey kalitesinde işlenmesinin kolaylığını veya zorluğunu gösteren bir kavramdır. Başka bir deyişle işlenebilirlik, bir malzemenin talaş kaldırma işlemini etkileyen özelliklerin tamamı ve talaş kaldırma yöntemleri ile üretimin kolaylığı veya zorluğudur. Şekil 4.3'te işlenebilirlik bir şema şeklinde gösterilmektedir.

İş parçasının kimyasal bileşimi, mikro yapısı, ısıl işlem, saflık vb. gibi bütün değişkenler işlenebilirliği etkiler. Talaş oluşunu, takım aşınması, yüzey kalitesi ve kesme kuvvetleri gibi işlenebilirlik karakteristikleri ile iş parçasının işlenebilirliği belirlenebilir. Fakat bu karakteristiklerin işleme parametrelerine olan bağlılığı önemlidir [33].



Şekil 4.3. Talaş kaldırmada akış şeması [33].

Malzemeler, talaşlı imalatla, talaşsız imalatla, dökme ve dövme yolu ile şekillendirilirler. Her bir şekillendirme yöntemi malzemenin yapısı ve mekanik özelliklerini farklı biçimde etkiler. Talaşlı imalat diğer imalat yöntemleri gibi malzemenin tane yapısını etkiler, özellikle yüzey kalitesinde belirleyicidir. Yüzeyde tanelerin deformasyonu ve kesmede açığa çıkan ısının tavlama etkisi, metalin mekanik özellikleri üzerinde son derece etkilidir. Kesme şartları, kesme hızı, ilerleme, talaş kalınlığı, kesici takım ile soğutma durumu önemli etkenlerdir [28].

Malzeme şekillendirme yöntemleri

Malzemenin geometrisinde bir değişiklik yapmak için çoğu şekillendirme işlemlerinde ısıl veya mekanik kuvvet veya bunların bileşimi uygulanır. Malzeme şekillendirme işlemleri şu şekilde sıralanabilir.

- Talaşlı imalat

- Talaşsız imalat
- Dökme
- Dövme

Talaşlı imalat

Talaşlı imalat işlemleri şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların takım tezgahlarında talaş kaldırmak suretiyle şekillendirilmelerini kapsar. Bu işlem, iş malzemesinden daha sert ve dayanımlı olan kesici takımlar kullanılarak gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle talaşlı imalat, kesici takım tarafından uygulanan kesme kuvvetleri ile iş parçası üzerinden talaş kaldırma olayıdır. Talaşlı imalat yöntemleri şu şekilde sıralanabilir [32].

- Tornalama
- Frezeleme
- Vargelleme ve planyalama
- Delme
- Taşlama
- Raybalama
- Broşlama
- Testere ile kesme

Talaşsız imalat

Talaşsız imalat, metal toz parçacıklarının sıkıştırılmasıyla, istenilen ürünü elde etme yöntemidir. Talaşsız imalatla başlama maddesi olarak metal tozları ve seramik tozları kullanılır. Bu iki madde çok farklı olmasına rağmen bunları şekillendirmede işlemler çok benzerdir. Burada tozlar yüksek basınç altında, daha önceden istenilen parçanın

şekline göre hazırlanmış dişi bir kalıbın içinde öncelikle sıkıştırılır. Bu sıkıştırma tozların kalıbın şeklini almasına sebep olur fakat bu sıkışmış iş parçası her hangi bir uygulama için yeterli dayanıma sahip değildir. Dayanımı artırmak için daha sonra parça erime sıcaklığının altındaki bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Bu da ferdi parçacıkların birbirine bağ yapmasına neden olur ve bu ısıtma işlemi de sinterleme olarak adlandırılır [34].

Dökme

Dökme işleminde, ilk olarak dökülecek olan malzeme sıvı veya yarı akışkan haline dönüştürmek için yeterli dereceye kadar ısıtılır. Sıvı veya yarı akışkan haldeki malzeme, dişi kalıp içerisine basınçla birlikte dökülür ve malzeme kalıbın şeklini alarak soğumaya başlar. Bu usulle yapılan işlemler döküm veya kalıplama olarak adlandırılır. Döküm ve kalıbın en önemli avantajı, tek bir aşamada malzemenin ham halden istenilen şekle dönüştürülebilir olmasıdır. Döküm, metaller için kullanılan isim iken kalıplama ise plastik malzemeler için kullanılan isimdir. Çoğu durumda bu işlemin ikinci avantajı ise artık veya hurda malzemenin zamanla tekrar kullanılabilmesidir [34].

Dövme

Dövme işlemi, iş parçasına uygulanan kuvvetin, malzemenin akma dayanımını aşarak iş parçasının şekillendirilmesi işlemidir. Bu şekilde oluşan malzemenin şekil değiştirme esnasında kırılmasını önlemek için yeteri derecede sünek olması gerekir. Sünekliği artırmak içinde malzemeyi her zaman erime sıcaklığının altında bir sıcaklıkta ısıtılır. Malzemeye döverek şekil verme işlemleri şu şekilde sıralanabilir [28].

- Dövme
- Haddeleme
- Ekstrüzyon
- Çekme

5. MALZEME SEÇİM PROGRAMININ YAPISI

Tüm kullanıcıların zaman ve mekandan bağımsız bir şekilde ulaşabilecekleri bir platform düşünüldüğünde ilk akla gelen web programcılığıdır. Bu sebeple herkesin kolayca ulaşabilmesi için malzeme seçim programı web ortamında hazırlanmıştır. Bu bölümde programın oluşturulmasında tercih edilen programlama dili ve veri tabanının hangileri olduğu, bunların çalışma mantıkları, neden bu programlama dili ve veri tabanının tercih edildiği ve bu programlama dilinin ve veri tabanının avantajları anlatılmıştır.

5.1. PHP (Personal Home Page)

PHP, ilk olarak 1990'lı yılların ortalarında Rasmus Lerdorf tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Lerdorf'un amacı kişisel bilgilerini internet üzerinden yayınlamaktır. O tarihteki teknolojide, günümüzdeki gibi gelişmiş web tasarım yazılımlarının bulunmamasından dolayı, kişisel web sayfası yapmak çok daha zordu. Buradan yola çıkarak, kişisel web sayfası yapmak için bir yazılım hazırlayarak adına Personal Home Page (PHP) adını vermiştir. PHP, Perl dili üzerine kurulu bir dil olarak geliştirilmeye başlanmıştır. PHP'nin çok tutulması üzerine web tasarımcılarının çok ihtiyacı olan, yani form yoluyla ziyaretçiden gelen bilgileri işlemeyi sağlayan eklemeler yapılarak PHP/FI (Form Interpreter) adını almıştır. Kimileri tarafından programın bu versiyonu PHP2 olarak adlandırılmıştır. 1995 yılının ortalarında PHP Lerdorf'un kurmuş olduğu bir grup tarafından daha da geliştirilerek, Perl dilindeki fonksiyonlardan tamamen arındırılmış ve "Nesneye Dayalı" bir dil haline getirilmiştir.

Personel Home Page'in kısaltmasından oluşan PHP bir web işaretleme dilidir. PHP aslında ASP'nin alternatifi olarak görünse de, ilerleyen zamanlarda PHP kendine rakip kabul etmez hale gelmiştir [35].

PHP bir kod parçası dilidir ve PHP ile yazılan kodlar bir editörde yazılıp PHP veya (kullanılan sürüme göre) PHP, PHP3 gibi uzantılı dosya olarak kaydedilir. PHP ile

yazılan dosyalar derlenmezler. Sadece Web Server’da bu dilde yazılmış kod parçası yorumlayabilecek bir PHP yorumlayıcı program mevcuttur. Bu yorumlayıcı yazılmış PHP kod parçalarını Web Server’ın anlayabileceği bir biçime dönüştürür ve yollar. PHP ile yazılmış bir web sayfasına bağlandığınızda temel olarak aşağıdaki işlemler yapılmaktadır [36].

- İstemci tarafından PHP dosyası bir tarayıcı ile çağrılır.
- Web Sunucu dosya uzantısından bu isteğin bir PHP dosyası olduğunu algılar ve PHP yorumlayıcıya yollar.
- PHP yorumlayıcısı ilgili dosya içindeki kod parçalarını çalıştırarak geriye döndürdüğü sonucu Web Sunucuya tekrar gönderir.
- Web Sunucuya ulaştırılan sonuç İstemci tarafına HTML dosya olarak yollanır

5.2. PHP Programlama Dili Kullanılmasının Nedenleri

Tüm kullanıcıların zaman ve mekandan bağımsız bir şekilde ulaşabilecekleri bir platform düşünüldüğünde ilk akla gelen web programcılığı olduğunu belirtmiştik. Bu konuda ihtiyaçlara cevap verebilecek birkaç farklı program içerisinde PHP’nin kolay kullanımı ve esnek bir yapıya sahip olması bu programda tercih sebebi olmuştur. Web programcılığı denilince ilk akla gelen en temel yapı HTML’dir. Bilindiği gibi HTML sayfaları statik yapıya sahiptir. Yani HTML’de ne yapılırsa, sadece yapılanlar görülür. Daha doğrusu HTML’de kullanıcıdan gelecek olan veriler kullanılamaz, yani sadece kullanıcılar burada yapılanları görür ve kullanır. Bundan dolayı kullanıcılar burada pasiftir. Oysa PHP kullanarak dinamik sayfalar oluşturabilir ve kullanıcılar aktif hale getirilebilir. Bu bakımdan PHP’nin kullanıcıya sağladığı faydalar şunlardır [37]:

- Çok hızlı çalışan bir dildir.

- Öğrenilmesi kolay bir dildir. Kod yazımı Perl, C, C# gibi yaygın kullanılan programlama dillerine benzer. Böylece bu dillerden herhangi birini bilen bir kişi kolayca PHP kodu yazabilir.
- Rahat ve hızlı kodlanabilir. Ayrıca derlenmesine gerek yoktur. HTML kodları arasına kolayca yerleştirilebilir.
- İnternette büyük bir geliştirici topluluğuna sahiptir ve PHP ile yazılmış birçok kod veya program, ücretsiz olarak internet üzerinden elde edilebilir.
- Web sunucusu olarak, PHP yorumlayıcı web sunucusu kullanıldığında yüksek performans gösterir. Bunun yanında IIS, PWS (yorumlayıcılar) gibi diğer web sunucularıyla da çalışabilmektedir.
- Veritabanı olarak MSSQL, MYSQL, ORACLE ve buna benzer veritabanlarına bağlanabilir. Kayıt ekleme, kayıt silme, kayıt güncelleme, sorgulama vb. işlemler kolay ve güvenli bir şekilde yapılabilir. Özellikle PHP ile MYSQL veritabanı birlikte yüksek performansla çalıştığı için günümüzde ayrılmaz bir ikili oluşturmuşlardır.
- PHP Windows, Unix, Linux gibi bir çok farklı işletim sistemleri üzerinde çalıştırılabilir. Böylece ev sahibi işletim sistemi seçiminde birden fazla alternatif bulunmaktadır

5.3. MySQL Veritabanı Yönetim Sistemi

MySQL, altı milyondan fazla sistemde yüklü bulunan çoklu iş parçacıklı, çok kullanıcı, hızlı ve sağlam bir veritabanı yönetim sistemidir. Veritabanı içinde bilgiler tablo adı verilen gruplar halinde bulunur. Benzetmek gerekirse Microsoft Excel sayfasındaki tablolar gibi düşünülebilir, fakat MySQL içinde görünebilir bir satır çizgisi olmaz, bilgiler yığın halindedir. Verilen komuta göre MySQL uygulaması tarafından yine grup halinde bilgiler alınabilir. MySQL, tuttuğu tablolarla çok kullanıcı sistemlerde söz konusu olan erişim hakları sorununu başarılı

bir şekilde çözmektedir. UNIX, OS/2 ve Windows platformları için ücretsiz dağıtılmakla birlikte ticari lisans kullanmak isteyenler için de ücretli bir lisans seçeneği de mevcuttur. Kaynak kodu açık olan MySQL pek çok platform için çalıştırılabilir ikilik kod halindeki indirilebilir sürümleri de mevcuttur. Ayrıca veri tutarlılığını sağlama işinin programcıya bırakılması tercih edilmiştir, ancak bu bir dezavantaj olarak görülmeyebilir. Çünkü pek çok veritabanı programcısı VTYS'lerdeki veri tutarlılığının esnek olmayan, zorlayıcı bir özellik olduğunu düşünmektedir[38].

5.4. MySQL Veritabanı Kullanım Nedenleri

Belki de tüm web tasarımcılarının kabul edeceği konu, MySQL veritabanının PHP ile mükemmel sonuç verdiğidir. Bütünleşikmiş izlenimi veren bu birliktelik, performansı çok fazla etkilemektedir. İnternet üzerinde MySQL yönetimi ve ayarlaması için PHP ile hazırlanmış birçok kaynak bulmak hiç de zor değildir. Ayrıca MySQL bir çok veritabanında bulunmayan fonksiyonlara sahiptir. Bunlara ilaveten MySQL in diğer özellikleri aşağıda sıralanmıştır [38].

- Çok hızlı, güvenilir ve kullanımı kolaydır.
- MySQL en eski programlama dilinden en yeni programlama diline kadar birçok programlama dili ile bağlantı kurabilir.
- Apache ve PHP ile beraber web-veritabanı uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılır.
- PHP yorumlayıcı - PHP - MySQL üçlüsü için hazırlanmış çok geniş bir yazılım yelpazesi bulunmaktadır.
- Özellikle internet ortamında önem kazanan, çok esnek ve güçlü bir kullanıcı erişim kısıtlama/yetkilendirme sistemine sahiptir.
- Unix türevlerinden Amiga'ya kadar birçok farklı platformda çalışabilmektedir.

- Birden fazla CPU ile kolaylıkla çalışabilmektedir
- 60000'in üzerinde tablo, 5 milyarın üzerinde satır ile çalıştığı söylenen MySQL sistemler mevcuttur.
- Tabloların kontrolü, optimizasyonu ve tamiri hızlı bir biçimde yapılabilir.
- Farklı karakter setlerini ve onlara göre sıralama yapılmasını destekler, farklı dillerde hata mesajları verebilir

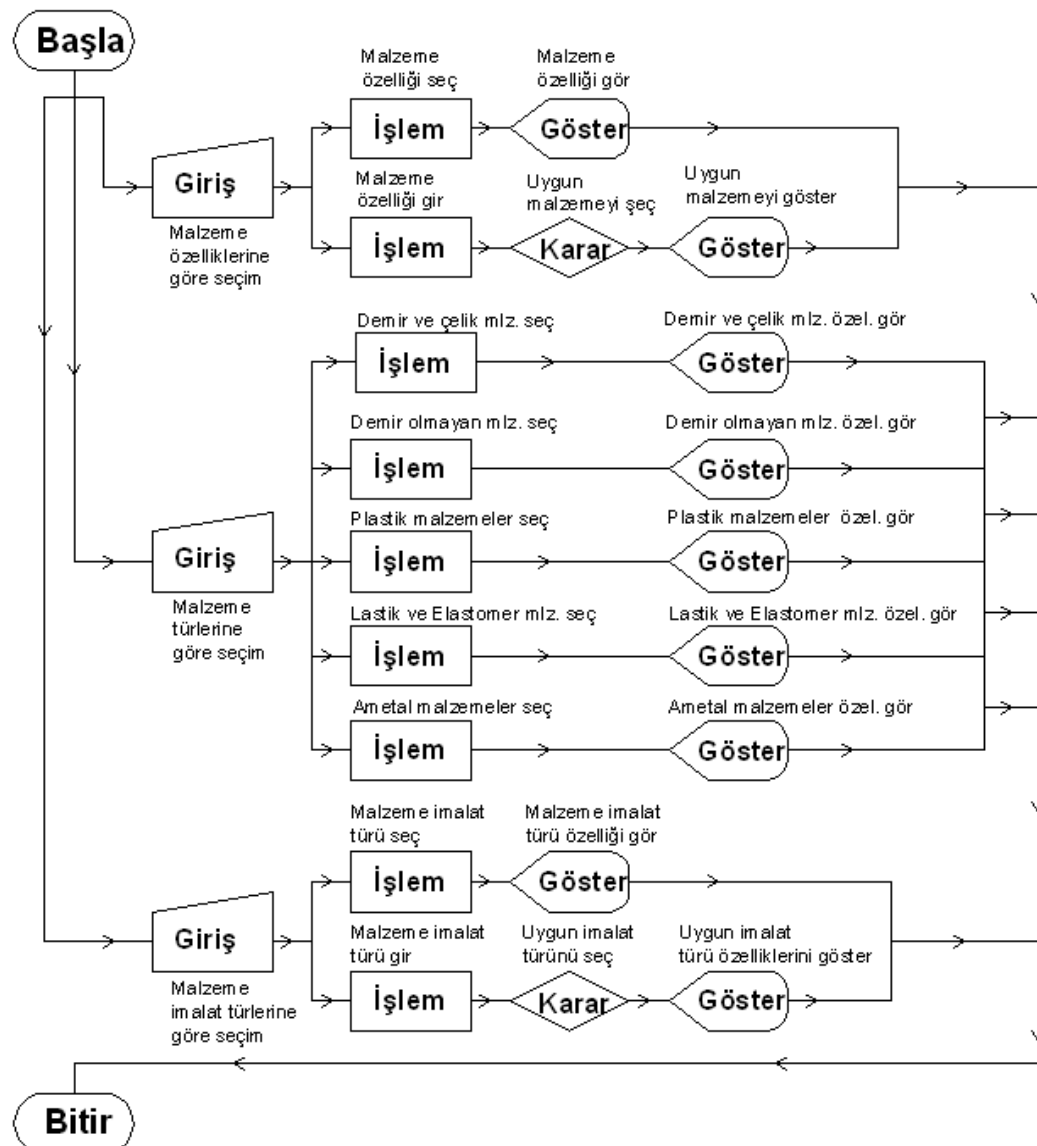
5.5. Program Akışı

Programın yapısına genel olarak bakıldığında hazırlanacak programın amacı doğrultusunda tüm ihtiyaçları karşılayacak en iyi web programlama dili PHP, en iyi veritabanı yönetim sisteminin de MySQL olduğu görülmektedir. Kullanıcının malzeme özellikleri, malzeme türleri ve malzeme imalat yöntemlerine göre yaptığı bir seçimde PHP programı, veritabanından seçilen özellikteki malzemeyi kullanıcı ekranına döndürmektedir. Bu veri tabanındaki malzemelere ait özellikler “Malzeme El Kitabı” isimli, geniş kapsamlı bilgileri içeren kaynak referans alınarak hazırlanmıştır [39].

Programın akışına bakıldığında;

- 1) Kullanıcı gereksinim duyduğu malzemeye ait özellikleri programa girer.
- 2) PHP girilen değerleri MySQL veritabanına gönderir.
- 3) MySQL veritabanı da girilen değerlere göre en uygun malzemeleri özellikleriyle birlikte PHP programına geri gönderir.
- 4) PHP programı kullanıcının girdiği verilere göre en uygun malzemeleri ekrana yansıtır.

Hazırlanan malzeme seçim programının sahip olduğu akış şeması Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Program akış şeması

6. MALZEME SEÇİM PROGRAMININ UYGULANMASI

İmalatı düşünülen herhangi bir ürünün malzeme seçimi yapılırken, ürünün maruz kalacağı tüm çalışma şartları göz önünde bulundurularak en uygun malzemeyi ona göre seçmek gerekir. Malzemenin hangi çalışma şartları altında ve ne gibi yerlerde daha iyi verim sağlayacağını belirleyebilmek için öncelikle malzemenin özelliklerinin iyi bilinmesine bağlıdır. Bu yüzden tasarımcıların istedikleri malzeme özelliklerine kolay bir şekilde ulaşabilmeleri için, internet ortamında çalışan, herkesin kolaylıkla ulaşabileceği bir malzeme seçim programı hazırlanmıştır. Kullanımı gayet basit ve kolay olan malzeme seçim programında yüzlerce malzemenin binlerce özelliği bulunmaktadır.

Programın ana sayfası Şekil 6.1’de görüldüğü gibi üç ayrı seçim menüsünden oluşmaktadır. Bunlar tasarımcıya malzeme özelliği ararken bir çok kolaylık sağlamaktadır. Birinci bölümde malzeme özelliklerine göre seçim menüsü bulunmaktadır. Kullanıcı tarafından seçilen bir özelliğin (örneğin: özgül ağırlık) hangi malzemelerde ne gibi değişiklik gösterdiği maksimum ve minimum değerlerine göre kullanıcıya sunulmaktadır.

TASARIM ve İMALATTA MALZEME SEÇİMİ



Şekil 6.1. Program ana menüsü

İkinci bölümde ise malzeme türlerine göre bir seçim menüsü vardır. Burada da türüne göre seçilen malzemenin tüm özellikleri kullanıcıya sunulmaktadır. Son bölüm olan üçüncü bölümde ise malzeme imalat yöntemlerine göre bir seçim menüsü

bulunmaktadır. Burada ise malzemenin nasıl imal edileceğine bakılarak bu imalat yöntemine en uygun malzemeler kullanıcıya sunulur.

6.1. Malzeme Özelliklerine Göre Seçim

“Malzeme özelliklerine göre seçim” butonuna basıldığında karşınıza Şekil 6.2’de gösterilen pencere açılmaktadır. Bu pencerede “malzeme özellikleri” ve “malzeme özelliklerine göre seçim” butonu bulunmaktadır. “Malzeme özellikleri” kısmında kullanıcının seçtiği bir malzeme özelliğine sahip tüm malzemeler maksimum ve minumum değerleri gösterilmektedir. “Malzeme özelliğine göre seçim” butonu ise kullanıcının girmiş olduğu bir veya birkaç malzeme özelliğine ait maksimum, minumum veya her ikisine göre en uygun malzemeyi seçerek ekran da gösterir.

TASARIM ve İMALATTA MALZEME SEÇİMİ



Şekil 6.2. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi

Şekil 6.3’te çek menüden seçilen bir malzeme özelliğine sahip tüm malzemeler maksimum ve minumum değerlerine göre kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcı bu sayede kullanmayı düşündüğü malzeme özelliği hakkında genel bir fikir edinmektedir

Kullanıcı imal edeceği ürüne dair yapmış olduğu hesaplar sonrası elde ettiği sonuçlara göre hangi malzemeyi kullanacağına karar vermesi için elde ettiği verileri Şekil 6.4’te görülen pencereye girmek suretiyle istediği malzemeye ulaşabilir.

Malzeme Özellikleri : Özgül Ağırlık

Özgül Ağırlık	Maximum Değer	Minimum Değer
Osmiyum	22,697	-
İridyum	22,504	-
paltin	21,452	-
Renyum	21,037	-
Tungsten ve alaşımları	19,653	13,369
Altın	19,32	-
Uranyum	18,905	-
Tungsten ve karbür	17,162	15,778
Tantal ve alaşımları	16,968	16,608

Şekil 6.3. Malzeme özelliklerini görme penceresi

Burada kullanıcı herhangi bir özelliğin maksimum, minumum veya her ikisini de girmek suretiyle seçim yapabilir. Program kullanıcının girmiş olduğu değerlere göre en uygun malzemeyi seçerek ekran da gösterir

Malzeme Özellikleri	Maximum Değer	Minimum Değer
Özgül Ağırlık (gm/cm ³) (max:22,697 min:0,097)		
Maksimum Gerilim Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:52,725 min:0,001)		
Çekme Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:21,090 min:0,001)		
Uzama (5 cm de % uzama) (max:850 min:0,09)		
Özgül Dayanıklılık (10 ⁸ m) (max:92 min:0,065)		
Gerilmede Elastik Modül (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:6680 min:0,028)		
Metallerin Sertliği (Brinell) (max:700 min:0.9)		
Seramiklerin Sertliği (moh) (max:18 min: 2)		
Ametallerin Maksimum Kullanma Sıcaklığı (°C) (max:2700 min: 46)		
Plastiklerin Isı Sapma Sıcaklığı (°C) (max: 482 min: 32)		
Isınma Isısı (J/kg °K) (max: 2301 min:117.9)		
Metal ve Seramiklerin Ergime Noktaları (°C) (max:3960 min: 200)		
Isı İletkenliği (K Cal/Sa/m ² /°C/m) (max:713 min: 0.001)		
Genleşme Katsayısı (cm/cm/°C x 10-6) (max:301 min:0,099)		
Ametallerin Dielektrik gücü (106 V/cm) (max:78,74 min:5,512)		
Amettelerin Dielektrik Sabitesi (max:10 min: 1.1)		

Şekil 6.4. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi

Program kullanıcının girmiş olduğu birkaç farklı özelliği aynı andaslaştıran en uygun malzemelerden beş tanesini gösterir ve her özelliğe göre de ayrı ayrı sonuç gösterebilmektedir. Şekil 6.5'te ısı iletkenlik ve genleşme katsayısı kısmına girilen maksimum değere göre seçim sonuç penceresi gösterilmektedir.

Seçim Sonucu		
paslanmaz celikler standard ferritik		

Alternatif Sonuçlar		
---------------------	--	--

Isı İletkenliği	Maximum Değer	Minimum Değer
bakır nikelleri işlenmiş	46	25
kır dökme demir	44,6	37
cok yüksek dayanıklı celikler	43	25
alüminyum bronz	40,9	32,7
nikel esaslı süper alaşımlar	40	7,81
bakır nikel cinkolar işlenmiş	38,7	25

Genleşme Katsayısı	Maximum Değer	Minimum Değer
paslanmaz celikler standard ferritik	11,9	9,4
titanyum ve aqlaşımaları	11,5	10,2
paslanmaz celikler standard	11,2	9,9
toryum oksit	9,05	7,8
polyesterler termoplastik PBT %30 karbon dolgulu	9	5,4
vanadyum	8,94	8,67

Şekil 6.5. Malzeme özelliklerine göre seçim sonuç penceresi

6.2. Malzeme Türlerine Göre Seçim

Programımızın ikinci bölümünü oluşturan malzeme türlerine göre seçim menüsü içerisinde en fazla malzeme özelliği bulunduran kısımdır. Bu bölümde malzemeler beş ayrı kategoride toplanmaya çalışılmıştır. Bunlar demir ve çelik malzemeler, demir olmayan malzemeler, plastik malzemeler, lastik ve elastomer malzemeler ve ametal malzemeler olmak üzere kullanıcının ihtiyaç duyabileceği bir çok malzemeyi

içerisinde barındırmaktadır. Şekil 6.6’da malzeme türlerine göre seçim penceresi görülmektedir.

TASARIM ve İMALATTA MALZEME SEÇİMİ

Malzeme Özelliklerine Göre Seçim	Demir ve Çelik Malzemeler
Malzeme Türlerine Göre Seçim	Demir Olmayan Malzemeler
Malzeme İmalat Yöntemlerine Göre Seçim	Plastik Malzemeler
Çıkış	Lastik ve Elastomer Malzemeler
	Ametal Malzemeler

Şekil 6.6. Malzeme türlerine göre seçim penceresi

Şekil 6.7’de görüldüğü gibi kullanıcı “demir ve çelik malzemeler” butonuna bastığı zaman karşısına piyasada en çok bulunan ve kullanılan demir ve çelik türleri gelmektedir.

Demir ve Çelikler
Kır Dökme Demirler
Temper Dökme Demirler
Demir Esaslı Süper Alaşımlar
Döküm Alaşım Çelikleri
Döküm Karbon Çelikleri
İngot ve İşlenmiş Demirler
Alçak Karbonlu Çelikler
Orta Karbonlu Çelikler
Yüksek Karbonlu Çelikler
Manganlı Çelikler
Nikel Çelikleri

Şekil 6.7. Demir ve çelik malzemeler seçim penceresi

Kullanıcı istediği demir ve çelik malzemeler içerisinde herhangi bir malzemenin özelliklerini görmek için sadece o malzeme üzerine tıklaması yeterli olacaktır. Kullanıcı seçtiği malzemeye ait görmek istediği tüm özellikleri burada bulabilecektir. Şekil 6.8’de demir esaslı süper alaşımlar malzemesine ait özellik sayfası gösterilmektedir.

DEMİR ESASLI SÜPER ALAŞIMLAR			
MALZEME TİPİ	A-286	V-57	16-25-6
KOMPOZİSYON, (%)	C:0,08 (maks) Mn:1,35 Si:0,70 Cr:15,0;Ni:26,0 Mo:1,25; Ti:1,15 V:0,30;Al:0,20 B:0,003	C:0,06, Mn:0,25 Si:0,55 Cr:15,0 Ni:25,5;Mo:1,25 Ti:3,0;Al:0,25 V:0,025;B:0,08	C:0,10 (maks) Mn:2,0 (maks) Si:1,0 (maks) Cr:16,25 Ni:25,5 Mo:6,0
FİZİKSEL ÖZELLİKLER			
Özgül ağırlık, (Gm/Cm)	7,92	7,9	8,05
Ergime sıcaklığı, C	1371-1427	-	-
Isı iletkenliği (595c),(Kcal/Sa/Cm/c)	20,4	-	22,3
Genleşme kat sayısı (27-760 c), (C-1)x10	18,54	18,9	16,92
Isınma ısısı, (Kcal/Kg/c)	0,10-0,11	-	-
MEKANİK ÖZELLİKLER			
Gerilmede elastik modül, (Kg/Cm)x10			
Oda sıcaklığı	1485	-	1985
540c	1650	-	-
650c	1560	-	1260
815c	1390	-	703
Gerilim dayanıklılığı, (Kg/Cm)			
Oda sıcaklığı	1025	1210	100
650c	730	905	635
760c	450	670	420
815c	260	420	330
Akma dayanıklılığı, (Kg/Cm)			
Oda sıcaklığı	705	835	785
650c	620	760	525
760c	435	625 (730c)	350
815c	-	345	260
Uzama (5 Cm.de),(%)			
Oda sıcaklığı	25	24	23
650c	13	22	12
760c	19	23 (730c)	11
815c	69	40	9

Şekil 6.8. Demir esaslı süper alaşım çeliklerinin genel özellikleri sonuç penceresi

6.3. Malzeme İmalat Yöntemlerine Göre Seçim

Programın son bölümünü oluşturan seçim yöntemi ise Şekil 6.9’da gösterilen “malzeme imalat yöntemlerine göre seçim” menüsüdür. Bu seçim menüsünün oluşturulmak istenmesindeki amaç malzemelerin özelliklerinin ve türlerinin yanında bu malzemenin nasıl imal edildiği de malzeme seçimini etkileyen önemli faktörlerden biri olmasındandır. Bu nedenle bu bölümde malzeme üretim

yöntemlerine dair işlem, avantajlar ve kısıtlamalarla ilgili geniş bir bilgi sunulmuştur. Kullanıcı bu bilgileri aldıktan sonra, tasarımına en uygun malzemeyi seçmek için bir yada birkaç malzeme imalat yöntemi seçer. Programda yapılan bu seçim sonrası kullanıcıya en uygun malzemeleri gösterir.

TASARIM ve İMALATTA MALZEME SEÇİMİ

Şekil 6.9. Malzeme imalat yöntemlerine göre seçim penceresi

Kullanıcı “malzeme imalat yöntemlerine göre seçim” butonuna bastığında karşısına “malzeme imalat özellikleri” ve “malzeme imalat türüne göre seçim” butonu gelmektedir. Kullanıcının buradan “malzeme imalat özellikleri” butonuna tıkladığında ekrana Şekil 6.10’daki “Malzeme imalat özellikleri” penceresi açılacaktır. Buradan hangi imalat yönteminin nasıl bir işleme tabi tutulduğu, bu yöntemin avantajlarını ve kısıtlamalarını detaylı olarak görebilmektedir.

İmalat Yöntemi	İşlem	Avantajları	Kısıtlamaları
KUM DÖKÜM	YEŞİL KUM - Islak, yapışkan kum, ahşap veya metal bir kalıbın çevresine doldurulur. Kalıp çıkarılır ve ergimiş metal geride kalan boşluğa dökülür. Metal katılaştığında kalıp kırılır ve döküm parça çıkarılır.	Hemen her metale uygulanabilir. Parçanın şekil ve büyüklüğü önemsizdir. Çok karmaşık şekillere uygulanabilir. Takım maliyeti ucuzdur.	Her zaman bir miktar talaşlı işlemeyi gerektirir. Büyük parçaların yüzeyi kaba çıkar. İnce tolerans elde edilemez. Uzun, ince parçalar çok zordur.
KUM DÖKÜM	KURU KUM - Kalıp yerine maça kutusu kullanılır. Bunun dışında yukardakinin aynı kum ile birlikte bir bağlayıcı kullanılır ve maça bir fırında pişirilir.	Yukardakinin aynısı ancak uzun ve ince parçalar da dökülebilir.	Genellikle küçük parçalarla sınırlıdır.

Şekil 6.10. Malzeme imalat özellikleri penceresi

“Malzeme imalat türüne göre seçim” butonuna basıldığında ekrana Şekil 6.11’deki pencere gelmektedir. Bir önceki kısımda malzeme imalat özelliklerini gören kullanıcı buradan da tasarımına uygun yöntemlerden bir veya birkaç tanesini seçmek suretiyle kendisine en uygun malzeme gösterilmektedir. Bu malzeme üzerine tıklandığında malzemeye ait tüm bilgiler kullanıcıya sunulmaktadır. Şekil 6.12’de ise imalat yöntemi olarak kum döküm ve dolu kalıp döküm düşünülen bir parça için seçim yapılmış ve program kullanıcıya her iki imalat yönteminde de kullanılabilirlik sağlayan en uygun malzemeleri gösterdiği gibi alternatif olarak her bir imalat yöntemine göre de ayrı ayrı malzemeler sunmuştur.

Seç	İmalat Yöntemi
☒	KUM DÖKÜM
☐	KABUK KALIP DÖKÜM
☒	DOLU KALIP DÖKÜM
☐	SABİT KALIP DÖKÜM
☐	PRES DÖKÜM
☐	ALÇI KALIP DÖKÜM
☐	SERAMİK KALIP DÖKÜM
☐	INVESTMENT DÖKÜM
☐	SAVURMA (SANTRİFÜJ) DÖKÜM
☐	AÇIK KALIP DÖVME
☐	KAPALI KALIP DÖVME BLOCKER TİPİ
☐	KAPALI KALIP DÖVME NORMAL TİP
☐	ŞİŞİRME DÖVME
☐	SOĞUK DÖVME
☐	ISTAMPA ÇEKME PARÇALAR
☐	SIVAMA
☐	OTOMAT PARÇALAR
☐	SİNER (TOZ) PARÇALAR
☐	ELEKTROFORM PARÇALAR
☐	KESME EKSTRUZYON
☐	PROFİL BORULAR

Şekil 6.11. Malzeme imalat türüne göre seçim penceresi

Seçim Sonucu
DEMİRLER
CELİKLER (Karbon-alçak alaşımlı)
NİKEL ALAŞIMLARI

Alternatif Sonuçlar

KUM DÖKÜM
DEMİRLER
CELİKLER (Karbon-alçak alaşımlı)
ISI ve KOROZYONA DAYANIKLI ALAŞIMLAR
ALUMİNYUM ALAŞIMLARI
BAKIR ALAŞIMLARI
MAGNEZYUM ALAŞIMLARI
NİKEL ALAŞIMLARI

DOLU KALIP DÖKÜM
DEMİRLER
CELİKLER (Karbon-alçak alaşımlı)
NİKEL ALAŞIMLARI

Şekil 6.12. Kum ve dolu kalıp döküm imalat türüne göre seçim sonuç penceresi

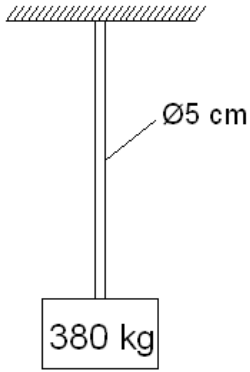
Genel olarak bakıldığında hazırlanan bu program kullanıcıya malzeme seçim konusunda çok büyük kolaylıklar sağlamakla beraber belki de tasarımın en önemli yönünü oluşturan malzeme seçme işine sadece birkaç tuşa basmak suretiyle, kolayca karar verebilmektedir. Böylece malzeme seçimine harcanan zaman minimuma indirilmeye çalışılmıştır. Programın “malzeme özelliklerine göre seçim”, “malzeme türlerine göre seçim” ve “malzeme imalat yöntemlerine göre seçim” olarak üç ayrı seçenek sunması seçimi daha da kolaylaştırmakla birlikte hedefe ulaşmakta farklı yollar sunmaktadır. Böylece tasarımcının doğru malzemeye en kısa zaman da ulaşmasının sağlamaktadır. Ayrıca malzeme seçim programına kullanıcı her nerede

olursa olsun internet ortamından programa kolayca ulaşp ihtiyaç duyduğu malzemeyi seçebilmektedir.

6.4. Örnek Uygulamalar

6.4.1. Uygulama 1

Şekil 6.13’de 380 kg ağırlığındaki bir yük 5 cm çapındaki bir malzeme ile asılı tutulmak istenmektedir. Asılı tutulmak istenen yükü taşıyabilecek olan malzeme türü ne olmalıdır?



Şekil 6.13. Örnek problem

Çözüm 1

Şekil 6.13’teki örnek problemde yükü taşıyacak olan malzemenin çekmeye maruz kaldığı için malzemenin çekme dayanımı hesaplanır ve ortaya çıkan sonuca göre malzeme seçim programından en uygun malzeme seçilir.

Malzemelerin çekme dayanımı hesaplanırken aşağıdaki eşitliklerden faydalanır(Eş. 6.1, Eş 6.2).

Çekme dayanımı = yük / kesit alan

$$\sigma = F / A \text{ kg/cm}^2 \quad (6.1)$$

$$A = \pi * d^2 / 4 \quad \text{silindirik parçalar için kesit alan hesabı} \quad (6.2)$$

$$\sigma = 380 / \pi * (5^2 / 4)$$

$$\sigma = 19.363 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan hesaplar sonucunda malzemenin çekme dayanımı bulunur. Şekil 6.14'te görüldüğü gibi malzeme seçim programının birinci kısmını oluşturan “malzeme özelliklerine göre seçim” kısmına girilir. Buradan “malzeme özelliklerine göre seçim” butonuna basılır. Şekil 6.15'te gösterilen “malzeme özelliği girme” penceresinden bulunan çekme dayanımı değeri girilir ve seçim yapılır. Yapılan seçim sonucu tasarıma en uygun malzeme Şekil 6.16'da gösterildiği gibi “paslanmaz çelikler (standart martenzitik kalite)” ve alternatif malzemeler olarak “renyum”, “çok yüksek mukavemetli çelikler”, “paslanmaz çelikler (yaşlandırılmış)”, “nikel ve alaşımları” ve “mangan-silikon çelikleri” kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcı ayrıca bu malzemeye ait daha detaylı bir bilgi almak içinse programın ikinci kısmını oluşturan “malzeme türlerine göre seçim” bölümüne girip buradan paslanmaz çeliklere ve diğer malzemelere ait birçok malzeme türü ve özellikleri görebilir.

TASARIM ve İMALATTA MALZEME SEÇİMİ



Şekil 6.14. Malzeme özelliklerine göre seçim penceresi

Malzeme Özellikleri	Maximum Değer	Minimum Değer
Özgül Ağırlık (gm/cm ³) (max:22,697 min:0,097)		
Maksimum Gerilim Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:52,725 min:0,001)		
Çekme Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:21,090 min:0,001)	19,363	
Uzama (5 cm de % uzama) (max:850 min:0,09)		
Özgül Dayanıklılık (10 ⁸ m) (max:92 min:0,065)		
Gerilmede Elastik Modül (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:6680 min:0,028)		
Metallerin Sertliği (Brinell) (max:700 min:0.9)		
Seramiklerin Sertliği (moh) (max:18 min: 2)		
Ametallerin Maksimum Kullanma Sıcaklığı (°C) (max:2700 min: 46)		
Plastiklerin Isı Sapma Sıcaklığı (°C) (max: 482 min: 32)		
Isınma Isısı (J/kg °K) (max: 2301 min:117.9)		
Metal ve Seramiklerin Ergime Noktaları (°C) (max:3960 min: 200)		
Isı İletkenliği (K Cal/Sa/m ² °C/m) (max:713 min: 0.001)		
Genleşme Katsayısı (cm/cm/°C x 10-6) (max:301 min:0,099)		
Ametallerin Dielektrik gücü (106 V/cm) (max:78,74 min:5,512)		
Amettelerin Dielektrik Sabitesi (max:10 min: 1.1)		

SEÇ

Şekil 6.15. Malzeme özellikleri girme penceresi

Çekme Dayanıklılığı	Maximum Değer	Minimum Değer
paslanmaz celikler standard martensitik kalite işlenmiş	19,335	4,22
renyum	18,985	-
cok yüksek mukavemetli çelikler işlenmiş ısılişlem görmüş	18,925	11,95
paslanmaz çelikler işlenmiş yaşlandırılmış	16,665	7,525
nikel ve alaşımları	16,17	0,703
Mangan_silikon çelikleri sertleştirilmiş ve menevişlenmiş (425C)	15,82	13,5

Şekil 6.16. Seçim sonuç penceresi

6.4.2. Uygulama 2

Tasarımda yapılan hesaplar sonucu tasarımcının imalini düşündüğü ürüne ait elde edilen verileri (çekme dayanımı, ısı iletkenliği, uzama, genleşme katsayısı, özgül dayanıklılık, özgül ağırlık gibi) malzeme seçim programına girmek suretiyle malzeme seçimi yapılabilir. Tasarımcı yaptığı hesaplar sonucu birkaç farklı özelliği aynı anda sağlayan en uygun malzemeyi seçmek istiyorsa şunları yapmalıdır.

Öncelikle malzeme seçimi için gereksinim duyduğu malzeme özelliklerini belirler. Bu özellikler aşağıdakiler gibi olsun.

- Özgül ağırlık
- Max. gerilim dayanıklılığı
- Metallerin sertliği

Bu özellikleri dair sayısal veriler de şöyle olsun.

Maksimum değerler:

- Özgül ağırlık = 9.245 Gm/cm^3
- Max. gerilim dayanıklılığı = 20.389 kg/cm^2
- Metallerin sertliği = 534 brinell

Minumum değerler:

- Özgül ağırlık = 7.806 Gm/cm^3
- Max. gerilim dayanıklılığı = 3.515 kg/cm^2
- Malzeme sertliği = 75 brinell

Belirlenen değerler Şekil 6.17’de görüldüğü gibi programın birinci bölümünü oluşturan “malzeme özelliklerine göre seçim” bölümündeki kutucuklara girilir. Yapılan seçim sonucunda program tasarımcıya Şekil 6.18’de görülen seçim sonuç penceresi ekrana getirir. Burada girilen değerlere göre en uygun malzemelerin “nikel ve alaşımları” ve ”kobalt ve alaşımları” olduğu görülür. Ayrıca program özgül ağırlık, maksimum gerilim dayanıklılığı ve metallerin sertliğine göre her özelliğe has ayrı ayrı malzemeler sunmuştur. Kullanıcı sonuç penceresinde sunulan malzemelere ait kimyasal kompozisyon, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, işlenebilirlik özellikleri, bulunduğu şekiller ve korozyon özelliği gibi bir çok bilgiyi programın ikinci bölümünü olan “malzeme türlerine göre seçim” kısmına girerek görebilir.

Malzeme Özellikleri	Maximum Değer	Minimum Değer
Özgül Ağırlık (gm/cm ³) (max:22,697 min:0,097)	9,245	7,806
Maksimum Gerilim Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:52,725 min:0,001)	20,389	3,515
Çekme Dayanıklılığı (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:21,090 min:0,001)		
Uzama (5 cm de % uzama) (max:850 min:0,09)		
Özgül Dayanıklılık (10 ⁸ m) (max:92 min:0,065)		
Gerilmede Elastik Modül (kg/cm ² x 10 ⁸) (max:6680 min:0,028)		
Metallerin Sertliği (Brinell) (max:700 min:0,9)	534	75
Seramiklerin Sertliği (moh) (max:18 min: 2)		
Ametallerin Maksimum Kullanma Sıcaklığı (°C) (max:2700 min: 46)		
Plastiklerin Isı Sapma Sıcaklığı (°C) (max: 482 min: 32)		
Isınma Isısı (J/kg °K) (max: 2301 min:117,9)		
Metal ve Seramiklerin Ergime Noktaları (°C) (max:3960 min: 200)		
Isı İletkenliği (K Cal/Sa/m ² °C/m) (max:713 min: 0,001)		
Genleşme Katsayısı (cm/cm/°C x 10-6) (max:301 min:0,099)		
Ametallerin Dielektrik gücü (106 V/cm) (max:78,74 min:5,512)		
Ametallerin Dielektrik Sabitesi (max:10 min: 1.1)		
SEÇ		

Şekil 6.17. Malzeme özellikleri girme penceresi

Seçim Sonucu
nikel ve alaşımları
kobalt ve alaşımları

Alternatif Sonuçlar

Özgül Ağırlık	Maximum Değer	Minimum Değer
Nikel ve alaşımları	9,219	8,125
kobalt esaslı süper alaşım	9,217	8,304
Kobalt ve alaşımları	9,134	8,055
Bakır nikelleri işlenmiş	8,941	8,885
Bakır, işlenmiş	8,941	8,885
Yüksek bakır alaşımı, işlenmiş	8,941	8,249

Şekil 6.18. Seçim sonuç penceresi

Maksimum Gerilim Dayanıklılığı	Maximum Değer	Minimum Değer
iridyum	20,389	5,625
nikel ve alaşımları	20,360	4,155
paslanmaz celik yaşılandırılabilir işlenmiş	20,389	9,491
paslanmaz celikler standard marten sitik kalite işlenmiş	20,037	6,328
kabron celikleri işlenmiş su verilmiş ve menevişlenmiş	19,194	5,273
paslanmaz celikler özel kalite %60 soguk işlenmiş	18,631	8,156

Metallerin Sertliği	Maximum Değer	Minimum Değer
nikel ve alaşımları	533	76
paslanmaz celikler döküm	470	130
mangan silikon celikler sertleştirilmiş	450	387
mangan nikel krom molibden celikleri sertleştirilmiş (427 C)	450	387
tungsten	443	330
nikel krom molibden celikleri	440	435

Şekil 6.18. (Devam) Seçim sonuç penceresi

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, ilk olarak 1970’li yıllardan başlayarak günümüze kadar gelen bilgisayar tabanlı sistemlerle tasarımda malzeme seçimi problemine bir nebze de olsa katkı sağlayacak bir malzeme seçim programı tasarlanmıştır. Hazırlanan bu programın içerisinde birçok malzemeye ait çok detaylı özellikleri bulundurması sebebiyle tasarımcının malzeme seçimindeki kararını büyük ölçüde kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Yapılan çalışma değerlendirildiğinde, aşağıda maddeler halinde özetlenen sonuçlar görülmüştür.

- Ülkemizde bu konuda bu güne kadar yapılan çalışmalarda genellikle tek tür malzeme seçim programları (örneğin: çelik seçim programı, plastik seçim programı, alüminyum alaşımları seçim program vb.) hazırlanmıştır. Bu çalışmada ise bütün mühendislik malzemelerini içine alan (demirler, çelikler, plastikler, lastikler, seramikler, ametaller vb.) geniş bir malzeme yelpazesine sahip ve tasarımcının istediği tüm malzemeleri bulabileceği bir malzeme seçim programı oluşturulmuştur.
- Tasarlanan malzeme seçim programının veritabanında birçok malzemeye ait kimyasal kompozisyon, fiziksel özellik, mekanik özellik, işlenebilirlik özellikleri ve korozyon özelliklerinin bulunmasından dolayı tasarımcıyı geniş bir katalog tarama sorunundan kurtardığı gibi büyük bir zaman kazancı da sağlamaktadır.
- Kullanım yerleri dikkate alındığında hangi malzemenin en uygun olduğu ve hangi malzemenin kullanılması için uygun seçimin yapılmasının oldukça önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada mekanik tasarımda ihtiyaç duyulan malzemenin internet ortamında “PHP” programlama dili ve “MySQL” veritabanı yardımıyla en uygun malzemeyi seçen bir program tasarlanmıştır.
- Malzeme seçimine ihtiyaç duyan tüm tasarımcıların malzeme seçim programına kolay bir şekilde ulaşabilmeleri için web ortamı tercih edilmiştir.

- Tasarımın önemli ve vazgeçilmez bir unsuru olan malzeme seçimine hızlı ve uygulamada ihtiyaca cevap verebilecek en uygun malzemenin seçimine çözüm getirecek bir malzeme seçim programı hazırlanmıştır. Bu programla tasarımcıya, malzemelerin çok çeşitli yapı ve özelliklere sahip olmasından dolayı ortaya çıkan doğru karar verme endişesi minimuma indirilmiştir.

Yukarıda yapılan değerlendirme ışığında bundan sonra yapılabilecek çalışmalar için aşağıdaki şu öneriler getirilebilir.

- Bu programda kullanılan “malzeme özelliklerine göre seçim”, “malzeme türlerine göre seçim” ve “malzeme imalat yöntemlerine göre seçim” menülerine ilave olarak “malzeme standartlarına göre seçim” menüsü ilave edilebilir.
- Seçilen malzemeye ait tedarik bilgilerini, girilen adrese göre gösteren bir menü ilave edilebilir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Çınar, E., "Malzeme Bilgisi", <http://www.gençbilim.com.tr> (2009).
2. Koç, E., "Makine Elemanları Cilt 1", *Nobel Yayınevi*, Adana, 50-51 (2003).
3. Çetinkaya, C., "Malzeme seçimi ile ilgili bilgisayar programı yazılımı", Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5 (1988).
4. Kocabıyık, G., "Malzeme seçiminde bilgi tabanlı sistemler ve alüminyumun döküm alaşımlarına uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-5 (1996).
5. Yüce, H., "Çelik malzeme seçimi için bilgisayar programının hazırlanması", Yüksek Lisans Tezi, *M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-5 (2000).
6. Karavacıoğlu, E., "Makine tasarımında kullanılan çeliklerin bilgisayar yardımı ile seçimi", Yüksek Lisans Tezi, *D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 1-5 (1994).
7. Pirge, G., "Yüksek alaşımlı uygulamalar için bilgisayar destekli malzeme seçimi", *O.D.T.Ü. Makine Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara, 1-5 (1997).
8. Yedievli, S., "Bilgisayar yardımı ile plastik malzeme seçimi", Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-5 (1992).
9. Erbaş, A., "Türk standartlarına göre çelik seçimi yapan bilgisayar programı", Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-5 (1991).
10. Öcal, O., "Malzeme seçimi için veritabanı geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi *O.D.T.Ü. Makine Mühendisliği*, Ankara, 1-5 (1996).
11. K. Fayazbakhsh, A. Abedian, B. Dehghan Manshadi, R. Sarfaraz Khabbaz, "Introducing a novel method for materials selection in mechanical design using Z-transformation in statistics for normalization of material properties", *Materials and Design*, 4396–4404 (2009).
12. R. Venkata Rao, "A material selection model using graph theory and matrix approach", *Materials Science and Engineering*, 248–255 (2006).
13. Chang-Chun Zhou, Guo-Fu Yin, Xiao-Bing Hu, "Multi-objective optimization of material selection for sustainable products: Artificial neural Networks and genetic algorithm approach", *Materials and Design*, 1209–1215 (2009).

14. S.M. Sapuan, “A knowledge-based system for materials selection in mechanical engineering design”, *Materials and Design*, 687-695 (2001).
15. Joseph W.K. Chan , Thomas K.L. Tong, “Multi-criteria material selections and end-of-life product strategy: Grey relational analysis approach”, *Materials and Design*, 1539–1546 (2007).
16. M. Deng, K.L. Edwards, “The role of materials identification and selection in engineering design”, *Materials and Design*, 131–139 (2007).
17. Ashby. M.F., “Materials Selection İn Mechanical Design”, *Oxford UK*, Butterworth Heinemann, 225-240 (1999).
18. Karagöz, S., “Malzeme Bilgisi Ders Notları”, *Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksekokulu*, Aydın, 20-38 (2008).
19. Topbaş, M.A., “Endüstri Malzemeleri Cilt I”, *Prestij Yayınevi*, İstanbul, 80-95 (1993).
20. İnternet: ”Malzeme Tasarım ve Seçimi”, <http://www.muhendisim.com.tr> (2009).
21. Kınıkoğlu, N.G., “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği”, *Literatür Yayınları*, İstanbul, 547-548 (2001).
22. Güleç, Ş., “Malzeme Ders Notları”, *İTÜ Makine Mühendisliği*, İstanbul, 25-28 (2000).
23. Erdoğan, M., “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri”, *Nobel Yayınevi*, Ankara, 457-458 (2000).
24. Zor, L., “Temel Kimya”, *Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları*, Eskişehir, 240-245 (1996).
25. Gürü, M., Yalçın, H., “Malzeme Bilgisi”, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 65-66 (2006).
26. İnternet: Yenişol, M., “Genel Mineraloji”, <http://www.gençbilim.com.tr> (2009).
27. Onaran, K., “Malzeme Bilimi”, *Bilim Teknik Yayınevi*, Eskişehir, 141-151,153-160,168-175 (2000).
28. İpek, R., “Pratik Malzeme Bilgisi”, *Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları*, Sivas, 29-40,172-175 (1999).
29. Özbek, T., “Mukavemet”, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 85-88 (1965).

30. Ünaldı, Y., “Darbe Deneyi”, *Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği*, Sakarya, 25-28 (2005).
31. Yüksel, M., “Malzeme Bilimleri Serisi Cilt I”, *Makine Mühendisler Odası Yayın No: MMO/2003/271/2* (2003).
32. Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalat Esasları”, *Vipaş A.Ş.*, Bursa, 205-207 (1999).
33. Özçatalbaş, Y., “Mühendislik Malzemelerin İşlenebilirliği Ders Notları”, *Gazi Üniversitesi TEF Makine Eğitimi Bölümü*, Ankara, 1-15 (2000).
34. Şahin, Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt I”, *Nobel Yayınevi*, Ankara, 10-15 (2000).
35. Şamlı, M., “PHP 5”, *Pusula Yayıncılık ve İletişim*, İstanbul, 1-15 (2008).
36. Welling, L., Thomson, L., “PHP ve MySQL”, *Alfa Yayınları*, İstanbul, 22-35 (2009).
37. Çelik, R., “A’ dan Z’ ye PHP”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 10-22 (2008).
38. Çaycı, Ö., “PHP ve MySQL ile Web Yazılımcılığı”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 8-25 (2003).
39. Keskin, İ., “ Malzeme El Kitabı ”, *Onarsan Yayın ve Dağıtım*, Ankara, 1-50 (1991).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇİLTEPE, Erdem
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10.08.1982 Konya
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 267 55 43
 Yabancı Dil : İngilizce
 e-mail : erdemciltepe@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Tek. Eğt. Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü	2004
Lise	Kadınhanı Çok Programlı Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2005	Has Yıldız Savunma Sanayi	CAD-CAM
2005-2006	Gazi Üniversitesi Gazi Meslek Yüksekokulu	Öğr. Görevlisi (Görevlendirme)
2006-2007	Türkiye Teknik Eleman Vakfı	Eğitmen
2007-2008	Sincan Organize Sanayi Çıraklık Eğitim Merkezi	Eğitmen
2006-2009	Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek Yüksekokulu	Öğr. Görevlisi (Görevlendirme)
2006-2010	Gürmak Makine Model	Tasarım ve İmalat Sorumlusu

Hobiler

Yüzme, Futbol, Doğa Gezisi, Bilgisayar ve İnternet