

**YENİ NESİL 3D TASARIM UYGULAMALARINDA
MALZEME SEÇİM KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YUNUS KILIÇ

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ NESİL 3D TASARIM UYGULAMALARINDA
MALZEME SEÇİM KRİTERLERİNİN
BELİRLENMESİ**

YUNUS KILIÇ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

HAZİRAN 2025

DİYARBAKIR

YENİ NESİL 3D TASARIM UYGULAMALARINDA MALZEME SEÇİM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Yunus KILIÇ tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

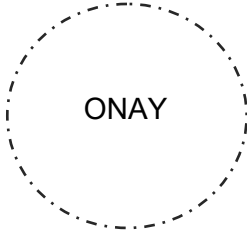
Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI
Danışman, **Makine Mühendisliği Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Uğur ÇALIGÜLÜ (*)
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,
Fırat Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI (**)
Makine Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Erol KILIÇKAP
Makine Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi



Savunma Tarihi: 24/06/2025

(*) Jüri Başkanı.

(**) Tez Danışmanı.



Aileme...

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Yunus KILIÇ

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tez sürecim boyunca bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve desteğiyle bana yol gösteren değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın her aşamasında gösterdiği ilgi, sabır ve katkılar benim için son derece kıymetlidir.

Bu süreçte manevi desteklerini her daim hissettiren, sabırları, anlayışları ve koşulsuz sevgileriyle yanımda olan sevgili aileme de en derin şükranlarımı sunarım. Onların varlığı, karşılaştığım her zorluğun üstesinden gelmemde en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1.GİRİŞ	1
1.1 Tasarım ve Malzemeye Genel Bir Bakış	1
1.1.1 Tasarım kavramı	1
1.1.2 Tasarımda karar kriterleri	1
1.2 Mühendislik Malzemeleri	5
1.2.1 Mühendislik malzemelerine genel bakış	5
1.2.2 Mühendislik malzemelerinin sınıflandırılması	5
1.2.3 Mühendislik malzemelerinin özellikleri.....	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	23
3. MATERYAL VE METOD	25
3.1 Mevcut Tasarım.....	25
3.1.1 Kolların eğilmesi ve yapısal dayanıklılık eksiklikleri.....	27
3.1.2 Millerin kaynak noktasından kopması	27
3.1.3 Miller ile saclar arasındaki temas yüzeyi problemler	28
3.1.4 Malzeme seçiminin etkileri	28
3.1.5 Sarsıntılı çalışma ve dönme merkezi problemleri.....	28
3.1.6 Tasarım ve malzeme iyileştirmelerinin gerekliliği	28
3.2 Mevcut Tasarımın Malzeme Bilgisi	30
3.3 Yeni Tasarıma Genel Bir Bakış	30
3.3.1 Malzeme seçimi	33

3.3.2 Malzeme kalınlıklarının artırılması.....	33
3.3.3 Yeni burç ve mil sistemi.....	33
3.3.4 Yapısal dayanıklılık ve mukavemet iyileştirmeleri	34
3.3.5 Yeni tasarımın genel avantajları	34
3.4 Yeni Tasarımın Malzeme Bilgisi	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	38
4.1 Mukavemet ve Güvenlik Analizi	38
4.2 Yer Değiştirme ve Stabilite Analizi	38
4.3 Yüzdesel İyileştirmeler	38
4.4 Malzeme Ve Yapısal İyileştirmeler	39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	45

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Akma dayanımı, çekme dayanımı, gerilme-kopma uzaması grafik.....	12
Şekil 1.2 Brinel sertlik ölçümü.....	14
Şekil 1.3 Rockwell sertlik ölçümü.....	14
Şekil 1.4 Vickers sertlik ölçümü.....	14
Şekil 1.5 Darbe dayanımı ölçümü.....	15
Şekil 1.6 Ohm yasası.....	17
Şekil 1.7 Korozyona uğramış somun-cıvata.....	22
Şekil 3.1 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım.....	27
Şekil 3.2 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım teknik resim.....	28
Şekil 3.3 Metrobüs vinç gözü mevcut ürün.....	28
Şekil 3.4 Metrobüs vinç gözü mevcut ürün kapalı.....	29
Şekil 3.5 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım von mises gerilmesi.....	31
Şekil 3.6 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım yer değiştirme değerleri.....	31
Şekil 3.7 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım.....	33
Şekil 3.8 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım teknik resim.....	33
Şekil 3.9 Metrobüs vinç gözü yeni yeni ürün.....	34
Şekil 3.10 Metrobüs vinç gözü yeni ürün kapalı.....	34
Şekil 3.11 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım von mises gerilmesi.....	37
Şekil 3.12 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım yer değiştirme değerleri.....	37

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1 ST37 Malzeme Özellikleri.....	32
Çizelge 3.2 AISI1040(C40) Malzeme Özellikleri.....	32
Çizelge 3.3 STREX 700 Malzeme Özellikleri.....	38
Çizelge 3.4 STREX 960 Malzeme Özellikleri.....	38
Çizelge 3.5 AISI 1040(C40) Malzeme Özellikleri.....	39
Çizelge 3.6 CuSn12(12 Kalay Bronz) Malzeme Özellikleri.....	39



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
Fe	Demir
C	Karbon
Ti	Titanyum
PVC	Polivinil klorür
2D	2Boyutlu
3D	3Boyutlu
σ	Çekme dayanımı
Fmaks	Malzemeye uygulanan maksimum kuvvet
A0	Malzemenin ilk kesit alanı
σ_a	Akma dayanımı
Fa	Akma kuvveti
A0	İlk kesit alanı
E	Elastisite modülü
σ	Gerilme
ε	Birim uzama
V	Volt
I	Akım
R	Direnç
ΔL	Boydaki değişim
L0	İlk boy
λ	Boyca uzama katsayısı
ΔT	Sıcaklıktaki değişim
ΔS	Yüzey alanındaki değişim
S0	İlk yüzey alanı
2λ	Yüzeyce genleşme katsayısı
ΔV	Hacimdeki değişim
3λ	Hacimce genleşme katsayısı
Q	Isı akışı (Watt, W)

k	Isıl iletkenlik katsayısı (W/m·K)
A	Isı iletiminin gerçekleştiği yüzey alanı (m ²)
L	Isı akışının gerçekleştiği mesafe veya kalınlık (m)
MPa	Mega pascal
Mm	Milimetre
N	Newton
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
kg	Kilogram
K	Kelvin
e	10 üssü
≈	Yaklaşık olarak
CuSn12	12Kalay

ÖZET

YENİ NESİL 3D TASARIM UYGULAMALARINDA MALZEME SEÇİM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

KILIÇ, Yunus

Yüksek Lisans, Makine Mühendisliği Bölümü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI

Haziran 2025, 59 sayfa

Malzeme seçimi, tasarımda en önemli unsurlardan biridir. Uygulamada ihtiyaca cevap verebilecek en uygun malzemenin seçimi oldukça zordur. Eğer tasarım sürecinde yanlış malzeme seçersek bu ilerleyen zamanlarda nihai ürünlerde çözülmesi oldukça zor ve maliyetli problemlerle neden olur. Tasarımcının iyi malzeme bilgisi, malzeme seçilirken çok büyük bir avantaja dönüşür. Bütün tasarımların geliştirilebilir ya da uyarlanabilir olması ilerleyen süreçlerde, herhangi bir tasarım optimizasyonu durumunda büyük kolaylıklar sağlar. Bu çalışmada yolda kalan metrobüsleri çeken mevcut vinç gözü tasarımı üzerinden gerekli görülen değişiklikler yapılmış ve sistemde kullanılan malzemeler değiştirilmiştir. Değiştirilen malzemeler sonucunda sistem önceki ile kıyaslanmıştır. SolidWorks programı ile sistemin maruz kalacağı yük bindirilmiştir bu sayede yeni tasarımın karşılaştacağı statik ve dinamik yük analizleri simüle edilerek sistemin davranışı gözlemlenmiştir. Hem mevcut tasarım hem de yeni tasarım için karşılaştırmalı analizler yapılmış, elde edilen gerilme, deformasyon ve yer değiştirme değerleri üzerinden güvenlik faktörleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar ve analiz sonuçları, yeni tasarımın dayanıklılık açısından yeterli olduğunu ve çalışma koşullarında herhangi bir yapısal sorun yaşamadan işlevini sürdürebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma sayesinde daha güvenilir, dayanıklı ve uzun ömürlü bir sistem tasarımı ortaya konmuştur. Elde edilen veriler sonucunda yeni tasarımın maruz kalacağı yükler altında sorunsuz bir şekilde çalışacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Solidworks, Güvenlik faktörü, Statik ve dinamik yük analizi, Tasarım optimizasyonu

ABSTRACT

DETERMINING MATERIAL SELECTION CRITERIA IN NEW GENERATION 3D DESIGN APPLICATIONS

KILIÇ, Yunus

Master of Science in Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Haluk KEJANLI

June 2025, 59 pages

Material selection is one of the most critical elements in design; in practice, choosing the most suitable material to meet an application's needs is quite challenging. Selecting the wrong material during the design process can lead to difficult and costly problems in final products later on. A designer's good material knowledge becomes a significant advantage during material selection. The ability of all designs to be improved or adapted provides great convenience for any design optimization in later stages. In this study, necessary modifications were made to the existing crane eye design used for towing broken-down metrobuses, and the materials used in the system were changed. The system was then compared with the previous one based on the altered materials. Loads that the system would be subjected to were applied using SolidWorks software, allowing for the simulation of static and dynamic load analyses that the new design would encounter, and the system's behavior was observed. Comparative analyses were conducted for both the existing and new designs, and safety factors were calculated based on the obtained stress, deformation, and displacement values. The calculations and analysis results indicate that the new design is sufficient in terms of durability and can maintain its function under operating conditions without experiencing any structural problems. As a result, this study has yielded a more reliable, durable, and long-lasting system design. Based on the obtained data, the new design is expected to operate without issues under the loads it will be subjected to.

Keywords: SolidWorks, Safety factor, Static and dynamic load analysis, Design optimization

1. GİRİŞ

Bir ürünü tasarlarken bu ürünün kullanım amacı ve çevresel koşulları göz önünde bulundurarak tasarımı gerçekleştiririz. Tasarımcının eksik malzeme bilgisi, nihai üründe oldukça zor ve maliyetli problemlere neden olabilmektedir. Örneğin; gerilmenin fazla olduğu yere, düşük akma ve çekme dayanımına sahip bir malzeme seçersek, bu tasarımı başarısız kılar. Tasarım sırasında, malzemenin maruz kalacağı maksimum yük ile yükleyip, analizlerini yaparak tasarımın ihtiyaca cevap verip vermeyeceğine karar verebiliriz. Bu çalışma, üç boyutlu mekanik tasarım sürecinde malzeme seçim kriterlerini değerlendirmek üzerine odaklanır. Amaç, mevcut bir tasarımda yaşanan mukavemet sorunlarını çözmek ve geliştirilen yeni tasarımı bilimsel olarak incelemektir. Arızalanan metrobüslerin çekilmesinde kullanılan gözlük sistemi ekipmanı, tasarım ve malzeme kaynaklı mukavemet sorunları nedeniyle sık sık arızalanmaktaydı. Geliştirilen yeni tasarımla, yeni malzemeler seçilerek statik gerilme analizleri yapılmış olup, ürünün hem daha işlevsel hem de daha dayanıklı olması amaçlanmıştır.

1.1 Tasarım ve Malzemeye Genel Bir Bakış

1.1.1 Tasarım kavramı

Tasarım, herhangi bir fikir, ihtiyaç veya sorunu ele alarak çözüm için gereken planlama ve düzenleme sürecidir. Bu süreç, her türlü sistemi, ürünü veya hizmeti; şekli, yapısı, fonksiyonu ve kullanım amacına göre planlanması ve geliştirilmesini içerir. Estetik, işlevsellik ve teknik stresler arasında bir denge kurarak, yaratıcı çözümler geliştirmeyi hedefler. Mühendislikten sanata, mimariden moda ve grafiklere kadar geniş bir alan bulunmaktadır.

Tasarım, yalnızca estetik bir kavram olmayıp, aynı zamanda ticari bir amaç içinde oldukça önemli bir noktaya sahiptir. Başarılı bir tasarım tescillendikten sonra, firmaya birçok fayda sağlar. Firmanın patentlediği tasarımlar, finansal olarak büyük getiriler sağlar (Sözbilen ve Başak, 2022).

1.1.2 Tasarımda karar kriterleri

Her tasarımın karar kriterleri kendine özgüdür. Tasarımın kullanım amacı ve çevresel koşullar bu kriterleri belirler. Bir malzemenin özelliği, malzemenin zorlanmalar

altında verdiği tepkiler olarak kabul edilmelidir. Çünkü tasarımcıyı ilgilendiren kısım da tam olarak budur. Nihai tasarımda seçilecek malzemeye etkiyecek yük, malzemenin yapısında herhangi bir hasara neden olmamalıdır.

Tasarım sürecinde, üründen istenen özelliklere bağı olarak birtakım kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kriterler; güvenirlilik, ısı, aşınma, paslanma, sürtünme, işlenebilirlik, estetiklik, kolay elde edilebilirlik, kolay bakım ve düşük maliyettir. İyi bir tasarımcı bu kriterleri göz önünde bulundurularak özgün bir tasarım ortaya çıkarır. Bu ortaya çıkan özgün tasarımlar, dış ticaret açığının kapanmasını ve ülkemizin gelişmesini sağlar (Günel, 2002).

Herhangi bir tasarım için malzeme seçiminde genelde iki ana faktör vardır. İlk olarak malzemenin benzer tasarımlarda daha önce kullanılmasıdır, ikincisi ise malzemenin tasarım için uygun olmasıdır. Ama tasarımcının uygun malzeme seçimi için aşağıdaki özellikleri göz önünde bulundurması, ortaya çıkacak üründe çok büyük avantaj sağlayacaktır. Bu özellikler;

-Elde Edilebilirlik

-Sürdürebilirlik

-İşlenebilirlik

-Maliyet

-Korozyon direncidir.

1.1.2.1 Elde edilebilirlik

Tasarımda elde edilebilirlik çok önemlidir. Eğer belirlediğimiz malzeme piyasada zor bulunan bir malzeme ise, bu aksama ve düşük kapasiteli üretime sebebiyet verir. O yüzden tasarım safhasında piyasayı iyi bilmek gerekir aynı zamanda kolay ulaşılabilir malzemeler tercih edilmelidir.

Malzemenin nitelikleri değerlendirilmeden önce, malzeme elde edilebilir değilse tasarım yapmak mantıksızdır. Burada vurgulanmak istenen malzemenin maliyeti ve kolay şekillendirilmesidir. Bir tasarım için belirlenen malzeme ithal ediliyorsa bu oldukça risklidir; örneğin savaş zamanlarında herhangi bir ambargo durumunda malzeme temini oldukça güçleşir. Bundan dolayı malzeme seçimi yapılırken mümkün mertebe yurt içinden bir malzeme seçilmelidir. Bu hem ülke ekonomisine katkı sağlar hem de kolay elde edilebilirlik açısından kolaylık sağlar (Fındık, 2009).

1.1.2.2 Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, sürekli olarak kalabilen ürünler, yani istendiği takdirde yeniden kullanılabilir veya dönüştürülebilirlik olarak tanımlanabilir. Bunun sonucunda atıklar tekrar kullanılarak yeryüzündeki sınırlı kaynakları daha verimli kullanmamıza yol açar.

Sürdürülebilirlik kavramı sözlükte “kaynağın tüketilmeyecek veya kaynağa sürekli zarar verilmeyecek şekilde, bir kaynağın değerlendirilmesi veya kullanılmasını ifade eder” şeklinde tanımlanmıştır (Tufan ve Özel, 2012).

1.1.2.3 İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, bir malzemedan talaş kaldırma yatkınlığı olarak tanımlanabilir. İşleme esnasında, aynı iki makinede aynı kesim parametreleriyle imalat yapılırken farklı tür malzemelerin farklı tür özellikler gösterdiği tespit edilir. Malzemenin sünekliği, sertliği, uygulanan ısı işlemler ve yüzey gerilmeleri işlenebilirliği etkileyen unsurlardır. Örneğin; çelikte bulunan karbon yüzdesi, çeliğin mukavemetini belirlediği gibi aynı zamanda işlenebilirliği üzerinde de etkilidir. Karbon yüzdesi arttıkça işlenebilirlik kabiliyeti azalır (Kırcalı, 2006).

Tasarım sırasında malzeme seçerken kolay işlenebilir malzeme seçmek oldukça önemlidir. Kolay işlenebilirlik aynı zamanda üretimi kısa sürede ve daha az enerji harcayarak gerçekleştirmemize olanak sağlar.

1.1.2.4 Maliyet

Tasarımın çalışma koşullarına uygun olarak en uygun malzemeyi seçmek oldukça önemlidir. Maliyet kriteri, ürün geliştirme ve üretim aşamalarında en kritik faktörlerden biridir. Maliyet kriteri, bir ürünün ekonomik açıdan sürdürülebilir olmasını sağlamak ve rekabetçi fiyat avantajı yaratmak için dikkatlice değerlendirilir. Maliyet yalnızca başlangıç maliyetlerini değil, ürün yaşam döngüsü boyunca oluşabilecek tüm maliyetleri içerir.

Yüksek rekabetin, bilginin daha ulaşılabilir, ürün ve üretim sürecinin kolayca taklit edilebildiği bir piyasada müşteri isteklerini karşılayacak ve fiyatı müşterinin kabul edebileceği bir sınırdan tutabilmek oldukça önemlidir. Bundan dolayı süreç, pazar araştırmasıyla başlar. Tasarım ekibiyle ürünün karşılanabilirliği değerlendirilir ve ihtiyaçlar kalite fonksiyon yayılımı ile değerlendirilir. Buradan çıkarılan sonuçlarla müşterinin talepleri, şirketin teknik olarak yetkinliği doğrultusunda yeni ürün kavramı oluşturulur (Yalçın, 2009).

1.1.2.5 Korozyon direnci

Bir malzemenin dış etkenlere karşı dayanma kabiliyetidir. Diğer bir ifadeyle korozyon, malzemelerin çevresel etkiler nedeniyle kimyasal veya elektro-kimyasal olarak bozulmasıdır ve malzeme seçimi sırasında dikkate alınması gereken en önemli kriterlerden biridir (Özçelik, 2007). Yüksek korozyon direnci malzemenin daha güvenilir ve uzun ömürlü olmasını sağlar. Dış ortamda veya kimyasal ortamlarda kullanılacak olan tasarımların korozyon dirençlerinin çok yüksek olması gerekir.

Bir malzeme istenilen çalışma koşullarına bağlı olarak korozyon direnci olabilir ya da korozyon direnci olmayabilir. Bazı tasarımlarda periyodik olarak değişmesi gereken bir malzeme pahalı bir malzeme kullanılmasından çok daha ekonomik olur. Ancak bazı durumlarda bu yaklaşım hayati tehlike ihtimalini artırır. Bundan dolayı malzeme seçilirken bu tür durumlar iyi analiz edilmelidir (Fındık, 2009).

1.2 Mühendislik Malzemeleri

1.2.1 Mühendislik malzemelerine genel bakış

Mühendis bir sorunu veya problemi ortadan kaldırmak için çeşitli tasarımlar yapar. Bu tasarımlar yapılırken 100 binden fazla malzeme arasından en uygun olan malzemeyi seçer (Derviş, 2014). Bu seçim yapılırken malzemelerin genel özellikleri hakkında genel bilgiye sahip olması gerekir ki bu yüz binlerce malzeme arasından en uygun malzemeyi seçmek kolay olsun.

1.2.2 Mühendislik malzemelerinin sınıflandırılması

Mühendislik malzemeleri, çeşitli tasarım ve üretim süreçlerinde kullanılan ve spesifik mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olan malzemelerdir. Mühendislik uygulamalarında, malzemeler genellikle özelliklerine, kullanım alanlarına ve yapısal gereksinimlere göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, doğru malzeme seçimini yaparken kritik bir rol oynar ve tasarım sürecinin temel bir parçasıdır.

Yeryüzündeki malzemelerin her dönemde uygarlıkların gelişimine çok önemli katkıları olmuştur. İnsanlık tarihinin ilk dönemleri olan taş devrinde taş, ahşap ve deri gibi doğal malzemeler kullanılmıştır. İnsan bakırı keşfedip daha sonra alaşımlandırmayı öğrendiğinde M.Ö. 3000 yıllarında Tunç Çağı başladı. Savaşlarda üstünlük sağlayan daha güçlü olan demir ve çeliğin kullanılması M.Ö. 1200 yıllarında başlamıştır. Malzemelerin davranışlarının ve özelliklerinin neden olduğu farklar 1930'lu yıllarda atomları ardından da katıları açıklayan kuantum mekaniği ile daha anlaşılır oldu. Fizik ve kimyanın gelişmesiyle malzemelerin mikro yapısı daha anlaşılır bir hale geldi; bu da malzeme bilimine çok ciddi katkılar sağladı ve mühendislik uygulamaları hızla gelişim sağladı (Balasubramanian, 2017).

Genel olarak mühendislik malzemeleri dört ana grupta sınıflandırılır:

- Metaller
- Seramikler
- Kompozit Malzemeler
- Polimerler

1.2.2.1 Metaller

Metaller yüksek mukavemetli ısı ve elektrik iletkenliği iyi olduğu için en çok tercih edilen malzemelerdir. Metaller genellikle parlak, katı ve işlenebilir malzemelerdir. Metalleri genel olarak iki grupta inceleyebiliriz bunlar; demir esaslı metaller ve demir dışı metallerdir. Demir esaslı metaller; demir (Fe) içeren malzemeleri içerir ve genellikle yüksek mukavemet, yüksek sertlik ve yüksek dayanıma sahiptirler. Çelik; demir (Fe) ve karbon (C) alaşımıdır. Çelik demir elementiyle genelde %0,02 ile %2,1 oranlarında değişkenlik gösteren karbon miktarlarının bileşiminden meydana gelir (Kara, 2014) Çelik malzemesinin genel tanımı demirin karbon ile düşük oranlarda oluşturduğu alaşımdır. Çelik hem dökülebilir hem de dövülebilir bir malzemedir. Bu malzeme ısıtılma işleminden sonra yüksek mekanik özelliklere (sertlik, aşınma direnci, akma ve çekme mukavemeti, darbe dayanımı) sahip olur. Sıcak dövme yöntemiyle üretilen el aletleri de yüksek mekanik özelliklere sahip olurlar (Eren ve Aydın, 2017) Dökme demir; dünya üzerinde yüksek kaliteye sahip gri dökme demirler, hafif olmaları sayesinde gelişen malzeme teknolojilerine ciddi katkılar sağlamış ve imalat yöntemlerini gelişmesini önemli ölçüde hızlandırmıştır. Dökme demir, demirin yüksek sıcaklıkta (1537 °C) eritilip karbonla zenginleştirilmesine denir. İçerisinde %2 den fazla yüksek karbon bulundurur (Tekin, 2006) kırılmandır ancak basınca karşı yüksek direnç gösterir. Demir dışı metaller; genellikle demir içeren metallerden daha maliyetlidir. Çok düşük miktarda demir içeren veya hiç demir içermeyen metallerden oluşur. Bunlara örnek olarak Alüminyum, Bakır ve Titanyum gösterilebilir. Alüminyum; korozyon direnci yüksek, kolay işlenebilen ve hafif bir malzemedir. Bu yüzden uçak, otomotiv ve inşaat sektöründe tercih edilmesini sağlar. Bakır (Cu); yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, yüksek dövülebilirlik özelliği ve korozyon direnci ile de bilinir. Elektrik kabloları ve su boruları için yaygın bir tercihtir. Titanyum (Ti); yüksek mukavemet, düşük yoğunluk ve yüksek korozyon direnci özellikleriyle bilinir. Ayrıca da hafif bir malzemedir. Havacılık ve biyomedikal uygulamalarda tercih edilir.

1.2.2.2 Seramikler

Isı verilerek ve ardından soğutularak hazırlanan organik olmayan ve ametal bir katıdır. Genellikle yüksek sıcaklığa dayanıklı, sert ve gevrek, aşınma direnci yüksek ve elektriksel yalıtkanlığı çok iyi olan malzemelerdir. Yüksek sıcaklığa dayanımı ile de bilinirler. Çok sert ve metallere göre daha hafif (%40'a varan hafiflik) olan malzemelerdir (Çınar, 2015). Hammaddesi oldukça ulaşılabilir, aynı zamanda metallere göre de ucuzdur. Yüksek basma kuvveti ve düşük sürtünme katsayısına sahiptir. Bu özellikler seramikleri kullanmada oldukça avantajlı hale getirir.

Topraktan çıkarılan, farklı özelliklerdeki madenlerin su ile birleşiminden oluşturulan plastik davranışlar kazandırılmış veya çamurun çeşitli işlemler (pres vb.) sonucunda şekillendirilerek çamurun özelliklerine göre belirlenen sıcaklık değerleri arasında fırınlanarak daha dirençli bir hale getirilen malzemeler seramik malzemelere örnek verilebilir (Yıldırım, 2021).

1.2.2.3 Kompozit malzemeler

İki ya da daha fazla malzemeyi fiziksel olarak birleştirip, ortaya çıkan yeni malzemeye kompozit malzeme denir. Kompozit malzemeler alaşım değildir, yani birbirleriyle atomik bağ oluşturmazlar. Kompozit malzemeleri elde etmek istememizin sebebi; farklı malzemelerin mekanik ve fiziksel özellikleri bir araya getirilerek daha dayanıklı (tokluk, sertlik), iletken veya yalıtkan malzemeler elde etmektir. Ağaç ve kemik de kompozit malzemedir.

Tarihte ilk kompozit malzemelere saman takviyeli kerpiç bloklar ile inşa edilen evleri örnek gösterebiliriz. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile kompozit malzemelerin kullanım alanları oldukça geniştir. 1930'larda Amerika'da cam elyafın keşfi ile modern kompozit malzemelerin üretimi başlamıştır. Daha sonrasında cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler dünya pazarında oldukça önemli bir yer almıştır. Kompozit malzemelerin en önemli özellikleri mikro düzeyde de homojen olmasıdır (Kaya, 2016).

1.2.2.4 Polimerler

Basit moleküllerin (monomerler) kimyasal bağlar ile bağlanması sonucunda oluşan yüksek moleküllü malzemelerdir. Çok geniş kullanım alanına sahiptirler. İnşaat, otomotiv, havacılık, teflon, naylon ve PVC polimer malzemelere verilebileceğimiz basit örneklerdir. Plastik ve kauçuk malzemelerin tümü polimer esastır. Polimer malzemelerin başlıca kullanım amaçları: hafif olmaları, kolay şekillendirilebilir olmaları, korozyon dirençlerinin yüksek olması, yüksek dayanım ve yüksek yalıtkanlık özelliğine sahip olmaları ve düşük maliyetli olmalarıdır.

Polimer malzemeler geçtiğimiz otuz sene içerisinde çok önemli bir noktaya gelmiştir. Metal malzemeler yerine kullanılan polimer malzemeler farklı özelliklere sahip olduğu için kullanılacağı yere göre mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle hafif, kolay işlenebilirlik ve yüksek korozyon direnci olması sebebiyle birçok endüstri ve sanayi alanında tercih edilir (Uzuner ve Uçar, 2001).

1.2.3 Mühendislik malzemelerinin özellikleri

Malzemeler birçok özelliğe sahiptirler. Bu özellikleri iyi bilmek tasarım sırasında büyük avantajlara dönüşür. Bunlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde tasarım için en uygun ve avantajlı malzeme belirlenmiş olur. Bu özellikler;

- Fiziksel özellikler
- Kimyasal özellikler
- İşlenebilirlik özellikleri şeklinde sıralanabilir.

1.2.3.1 Fiziksel özellikler

Heterojen malzemelerin fiziksel özellikleri genel olarak uzaydaki faz dağılımının morfolojisi ile bağlantılıdır. Böyle mikroyapısal etkiler, maddenin özelliklerindeki kontrast yüksek olunca daha büyük önem teşkil eder. Faz özelliklerindeki kontrast çok yüksek olmadığı sürece, genel özellikler hakkında bir tahminde bulunmak mümkündür. Daha yüksek kontrasta sahip olan gözenekli malzemelerin fiziksel özelliklerini belirlemek için modern deneysel yöntemler kullanılabilir. Bunlar, elektron ve ışık mikroskobu yardımıyla elde edilen 2D görüntüler, X-ışını mikrotomografisi yöntemiyle elde edilen 3D görüntüler, seri kesitlemeyi ve eş odaklı görüntülemeyi veya manyetik rezonans görüntüleme gibi yöntemlerdir (Kanit,2006)

Fiziksel özellikler, malzemenin deney yöntemi ile ölçülebilen özelliklerini kapsamaktadır. Bir malzemenin fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimleri veya mekanik bileşenleri hariç olmak üzere malzemelerin fiziksel durumunu belirtir. Bu özellikleri aşağıdaki sıralama ile açıklayabiliriz. Bunlar;

- Mekanik özellikler
- Elektriksel özellikler
- Isıl özellikler

Mekanik özellikler

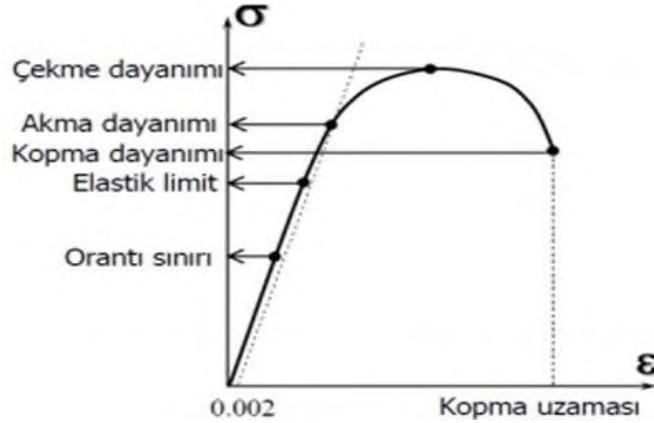
Bir cisme uygulanan kuvvetlerin oluşturduğu etkilere karşı, cismin göstermiş olduğu tepkilere mekanik özellikler denir. Mekanik özellikler, farklı zorlanmalar altında oluşan gerilmelerin meydana getirdiği şekil değiştirmeleri ölçerek ve gözlemleyerek belirler. Cisimler, dış etkiler ve zorlamalar altında önce şekil değiştirirler, sonra dayanımlarını yitirirler. Malzemelerin kullanım aralıkları ve uygulama göstergeleri

belirlenir. Mühendisler ve tasarımcılar, malzeme özelliklerini dikkate alarak doğru malzeme seçimlerini yapar ve böylece sistemlerin daha güvenli ve uzun ömürlü olmasını sağlarlar. Mekanik özellikler aşağıdaki başlıklar altında incelenebilirler. Bunlar;

- Çekme Dayanımı
- Akma Dayanımı
- Elastisite Modülü
- Sertlik
- Darbe Dayanımı
- Mukavemet

Çekme dayanımı (Çekilme mukavemeti)

Bir malzeme iki ucundan da çekildiğinde, kalıcı bir şekil değişikliğinin başladığı andaki çekme gerilmesi o malzemenin çekme dayanımıdır. Çekme dayanımı çekme deneyi ile tespit edilir. Sünek malzemelerde bu değer akma noktasına yakınken gevrek malzemelerde ise daha fazladır.



Şekil 1.1 Akma dayanımı, çekme dayanımı, gerilme-kopma uzaması grafik

Çekme dayanımını aşağıdaki denklem ile hesaplayabiliriz.

$$\sigma_{\text{Ç}} = \frac{F_{\text{maks}}}{A_0} \quad (1.1)$$

Burada; “ $\sigma_{\text{Ç}}$ ” akma dayanımı, “ F_{maks} ” malzemeye uygulanan maksimum kuvvet, “ A_0 ” malzemenin ilk kesit alanı değeridir (makina.deu.edu.tr, 2017).

Akma dayanımı (Akma dayanımı)

Akma dayanımı bir malzemede deformasyon oluşturan en küçük yüküdür (Çekiç ve Çavdar,2022) Diğer bir deyişle akma dayanımı bir malzemenin belirli miktardaki bir yük altında plastik şekil değiştirme yatkınlığı veya akma direnci olarak tanımlanabilir. Örneğin; bir metalin veya plastik malzemenin akma dayanımı; kristal yapıya, molekül ağırlığına ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir. Bir malzemenin ne kadar dayanımlı olduğunu ve belirli bir kuvvet altında ne kadar deformasyona uğrayacağını akma dayanımını hesaplayarak tespit edebiliriz. Akma dayanımını aşağıdaki denklem ile hesaplamak mümkündür.

$$\sigma_a = \frac{Fa}{A_0} \quad (1.2)$$

Burada; “ σ_a ” akma dayanımı, “ Fa ” akma kuvveti, “ A_0 ” ilk kesit alanı değeridir. (makina.deu.edu.tr, 2017)

Elastisite modülü (Young modülü)

Elastisite Modülü, bir malzeme, belirli bir yük altında ne kadar şekil değiştirileceğini gösteren bir parametredir. Yüksek elastisite modülüne sahip bir malzeme, küçük bir gerilimle bile çok az uzar veya sıkışır (yani, çok serttir). Düşük elastik modüle sahip bir malzeme ise daha büyük bir deformasyona uğrar.

Mekanik özelliklerden biri sayılan elastisite modülü bir rijitlik birimidir. Elastisite modülü değeri yükseldikçe malzemenin rijitlik değeri yükselir (Erbayrak, 2018)

Elastisite formülü aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1.3)$$

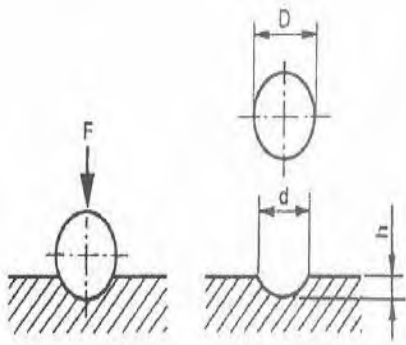
Burada; “ E ” Elastisite modülü, “ σ ” gerilme, “ ϵ ” birim uzama değeridir. (makina.deu.edu.tr, 2017)

Sertlik

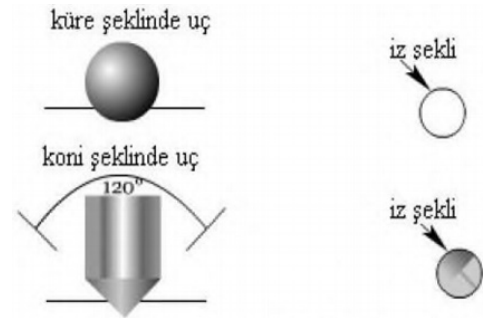
Sertlik göreceli bir ölçü olup, mekanik olarak (kesme, sürtünme, batma ve çizme) malzeme yüzeyinde meydana gelen iz ya da aşınmanın neden olduğu bölgesel plastik deformasyona karşı direnç ölçüsüdür. Malzemenin batmaya ve çizilmeye karşı gösterdiği direnç olarak da tanımlanabilir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, katı cisimlerin mikrosertlikleri ile katının maruz bırakıldığı test yükü arasında bir bağlantının olduğu saptanmıştır. Bu ilişkiyi literatürde Indentation Size Effect (ISE) batırma iz büyüklüğünün etkisi olarak tanımlanmıştır. Malzemelerin sertliklerini belirlerken birkaç yöntem kullanırız. Bu yöntemler; Brinel, Rockwell, Vickers uzun yıllardır kullanılmış olup ve bir standart oluşturmuşlardır (Argıncıklıgil, 2019)

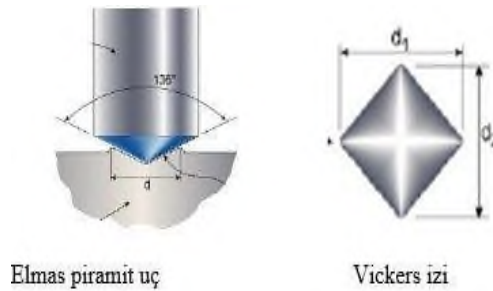
Sertlik bazı durumlarda istenen bazısında ise istenmeyen bir özelliktir. Bir malzemenin sertlik değerini çeşitli ölçümlerle bulabiliriz Bu ölçüm yöntemlerinde temel mantık aynıdır. Bir uç ile malzeme üzerinde meydana gelen tahribattan sonra, kalıcı şekil değişikliği ölçülerek malzemenin sertliği hesaplanır.



Şekil 1.2 Brinel sertlik ölçümü



Şekil 1.3 Rockwell sertlik ölçümü

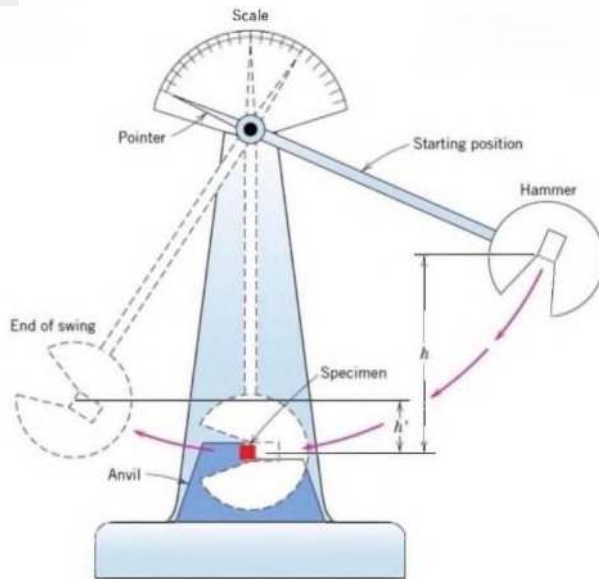


Şekil 1.4 Vickers sertlik ölçümü

Darbe dayanımı

Metal, kırılmamak ya da çatlamamak için direnç gösterirken darbe sonucunda oluşan çarpışma enerjisini emme yeteneği olarak tanımlanabilir. Darbe dayanımını ölçmek için şu yöntemi kullanırız; Belirli bir uzunluk ve ağırlıkta olan çekiç, belirlenen bir yükseklikten, belirlenen bir açıyla numunenin üzerine bırakılır. Çekiç numuneye çarptıktan sonra geldiği yöne doğru tekrar bir yükseklik kazanır. Çekicinin ilk yüksekliği ile numuneye çarptıktan sonra kazandığı yükseklik arasındaki potansiyel enerji farkı darbe dayanımı değerini vermektedir.

Malzemelerin darbe dayanımı ve kırılma tokluğu tasarımda çok önemli bir kriterdir. Darbe dayanımının ölçümü sonucunda elde edilen veriler tasarımcıya oldukça kolaylıklar sağlayacaktır. Charpy Darbe Deneyi ile malzemenin dinamik zorlanmalara karşı gösterdiği direnci ve sünek ya da gevrek davranışı hakkında gerekli bilgiler elde edilir (Albayrak ve Kaman, 2019)



Şekil 1.5 Darbe dayanımı ölçümü

Mukavemet

Mukavemet her çeşit malzemelere etkiyen dış kuvvetler ya da zorlanmalar altında, rijitlik, dayanıklılık ve burkulmaya göre hesap yapılması ve boyutlarının belirlenmesi ile ilgili temel bir mühendislik bilimidir. Şekil değiştiren cisimler mekaniği olarak da tanımlanabilir. Mukavemet en basit tanımıyla dayanıklılık ve dayanma gücü

anlamına gelmektedir. Herhangi bir varlığın ya da nesnenin onun fitratına ters düşecek ya da onun yapısına uygun olmayan durumlara karşı dayanma gücü anlamına gelmektedir.

Elektriksel özellikler

Malzeme bilimi sadece malzeme ile ilgilenen bilimlerin değil aynı zamanda mühendislerin, fizikçilerin ve kimyagerlerin de ilgisini çekmektedir bundan dolayı tüm mühendislik dallarında önemli bir yere sahiptir. Malzemelerinin özelliklerini kavramak oldukça güçtür. Yapılan araştırmalar neticesinde malzemelerin yalıtkanlık ve iletkenlik özellikleri de gösterdiği saptanmış olup bu da büyük bir devrim yaratmıştır (Alam, 2019)

Malzemelerin elektriksel özellikleri de oldukça önemlidir. Elektromekanik tasarımlarda sistemin çoğu, elektriksel özellikler göz önünde bulundurularak tasarlanır. Uzun mesafe yük taşıyacak bir kablo seçimi yapılırken kalın ve yüksek iletkenliğe sahip bir malzeme seçilmelidir. Bazı durumlarda ise(örneğin; savunma sanayide) kablonun üzerindeki kablo örtüsü bile yüksek sıcaklığa karşı dayanımlı olmalıdır. Malzemelerin elektriksel özellikleri genel olarak şu başlıklar altında incelenebilir.

- İletkenlik
- Yarı İletkenlik
- Yalıtkanlık
- Manyetik Özellikler

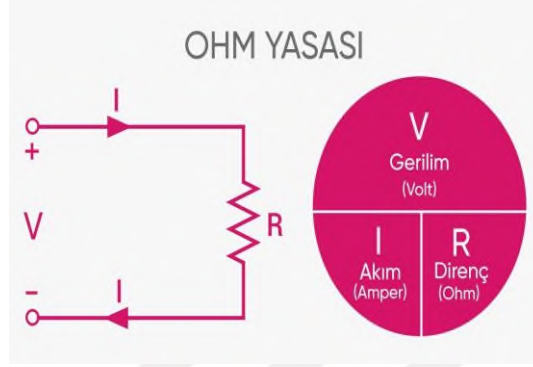
İletkenlik

Malzemenin bir enerji olan elektrik akımını ne kadar iyi ilettiğinin özelliğidir (Er, 2024) Artı eksi yük taşıyan parçacıkların bir enerji kaynağının yönlendirilmesi ile bir akım oluşur. İletkenlik malzemenin bu akımı ne kadar aktardığı ile ilgilidir. Atomların dış yörüngedeki elektronları zayıf bir bağ ile bağlıdır. Bu bağın zayıflığından dolayı elektronun hareket etme isteği yüksektir.

Elektriksel özellikler Ohm Yasası'ndan yola çıkılarak hesaplanır. Basit olarak aşağıdaki formül kullanılabilir.

$$V=I.R \quad (1.4)$$

Burada; “ V ” volt, “ I ” akım, “ R ” direnç değeridir (Wikipedia, 2024).



Şekil 1.6 Ohm yasası

Yarı iletkenlik

Bazı durumlarda iletkenlik bazı durumlarda ise yalıtkan özellikler gösteren malzemelere denir. Belirli koşullar altında iletkenlik özelliği gösterebilirler bile, iletken bir malzeme kadar iletken değildirler. Genellikle kovalent bağlıdır (ametal atomlarının arasında oluşturduğu bağ)

Yarıiletken malzemeler; elektrik akımına karşı ne iletken ne de yalıtkan özelliği gösterirler. Elektronik endüstrisinde temel olarak kullanılan germanyum (ge) silisyum (si), ve karbon (ca) elementlerini örnek gösterebiliriz.

Elektronik endüstrisinde kullanılan transistör de yarı iletken bir malzemedir

Yalıtkanlık

Elektrik akımını iletmeyen malzemelere yalıtkan malzemeler denir. Yalıtkan malzemeler, elektriksel akımın geçişine karşı büyük direnç gösterirler. Elektriksel güvenlik ve enerji verimliliği için önemli bir özelliktir. Elektronları atomlara sıkı olarak bağlıdır. Bu tür malzemeler elektriği iletme yerine tutarlar.

Manyetik özellikler

Maddelerin manyetik özelliklerini içerisindeki atomun yapısındaki elektron hareketleri belirler. Hareket eden elektron bir manyetik alan oluşturur. Bu

elektrondan her birisi aynı zamanda bir mıknatıs özelliği taşır. Manyetik özelliklere sahip malzemeler jeneratör, mıknatıs, sabit disk ve trafo gibi ürünlerin yapımında kullanılır. Sadece demir, nikel ve kobalt oda sıcaklığında ferromanyetiktir. Bu malzemeleri içeren alaşımların çoğu da ferromanyetik özellik gösterirler.

Isıl özellikler

“Isıl özellik”, ısı değişimine karşı malzemenin gösterdiği tepkidir. Katı cisimler ısıtılınca bünye sıcaklıkları yükselir, genişler ve ısıyı enerji halinde depolarlar. Sıcaklık farkı oluştuğunda ısı enerjisi malzeme içinde soğuk bölgelere doğru taşınır. Isıl kapasite, ısıl genleşme ve ısıl iletkenlik cisimlerin uygulamada karşılaşılan en önemli özelliklerdir.

Isıl kapasite (Özgül ısı)

Isıl Kapasite, Isınan katı bir cisimde sıcaklığın yükselmesi katı cisim bünyesinde enerjinin depolanması anlamına gelir. “Isıl kapasite” herhangi bir cismin ısı depolama kapasitesinin bir göstergesidir. Isıl kapasite bir cismin sıcaklığını 1°C yükseltmek için gerekli ısı enerjisini ifade etmektedir. Başka bir deyişle, ısıl kapasite bir mol malzemenin sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli enerji miktarıdır (Uyan,2015)

Isıl genleşme

Malzemenin sıcaklığı arttırılıp ya da azaltıldığında meydana gelen boyut değişimidir. Malzemenin yapısındaki molekül veya atomların sıcaklığa bağlı hareketleri sonucu ortaya çıkar. Sıcaklık arttırıldığında atomların arasındaki uzaklık artar bu da malzemenin hacminin büyümesine veya uzamasına neden olur.

Bir katının boyutsal ve örgüsel anlamda yapısını belirleyen parametrelerin, sıcaklık ile meydana gelen değişimi ifade eder. Basit olarak genleşme ya da büzüşme, klistografik yapıda meydana gelen değişimler ve atomların birim hücredeki konumlarını ortaya çıkaran parametredeki değişimler olarak da tanımlanabilir (Özkaya, 2003)

Her malzemenin ısıya karşı gösterdiği davranış farklıdır bundan dolayı her

malzemenin kendine özel bir ısı genleşme katsayısı vardır. Boyca, yüzeyce ve hacimce genleşme katsayısını hesaplamak için aşağıdaki formüller kullanılır;

Boyca uzama

Bir katının sıcaklığı 1°C değiştirildiğinde, boyunda meydana gelen değişime Boyca genleşme katsayısı denir.

T1 1C deki L0 boyuna sahip bir çubuğun sıcaklığı T2 C yapılırsa;
Boydaki değişim miktarı,

$$\Delta L = L - L_0 = L_0 \cdot \lambda \cdot \Delta t \quad (1.5)$$

Burada; “ ΔL ” boydaki değişim, “ L_0 ” İlk boy, “ λ ” boyca uzama katsayısı, “ ΔT ” sıcaklıktaki değişim değeridir (Wikipedia, 2025).

Yüzeyce genleşme

Bir katının sıcaklığı 1°C değiştirildiğinde, yüzey alanında meydana gelen değişime yüzeyce genleşme katsayısı denir.

$$\Delta S = S_0 \cdot 2\lambda \cdot \Delta T \quad (1.6)$$

Burada; “ ΔS ” yüzey alanındaki değişim, “ S_0 ” İlk yüzey alanı, “ 2λ ” Yüzeyce genleşme katsayısı, “ ΔT ” sıcaklıktaki değişim değeridir (Wikipedia, 2025)

Hacimce genleşme

Bir katının sıcaklığı 1°C değiştirildiğinde, hacminde meydana gelen değişime hacimce genleşme katsayısı denir.

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\lambda \cdot \Delta T \quad (1.7)$$

Burada; “ ΔV ” hacimdeki değişim, “ V_0 ” İlk hacim, “ 3λ ” hacimce genleşme katsayısı, “ ΔT ” sıcaklıktaki değişim değeridir (Wikipedia, 2025)

Isıl iletkenlik

Isıl iletkenlik, Bir malzeme üzerinde ısının iletim hızıdır ya da ısının malzeme üzerinde bir noktadan herhangi bir noktaya ne kadar hızlı iletildiğini belirleyen bir özelliktir. Bu özellik malzemenin molekül yapısına ve atomik yapılarına bağlıdır. Isı iletkenliği, bir malzemenin ısıyı aktarma veya iletme konusundaki içsel yeteneğini ifade eder. Bir malzemenin ısı iletkenliğinin birçok anlamı vardır. Isı transferinin kritik bir faktör olduğu ortamlarda malzemelerin tasarımı, mühendisliği ve uygulamasında temeldir, örneğin:

- Enerji Verimliliği ve Isı Yönetimi Malzeme Seçimi ve Uygulaması Güvenlik ve Koruma
- Endüstriyel Prosesler
- Malzeme Biliminde Yenilik Bina ve İnşaat

Isıl iletkenliği; ısı yönetim sistemlerini optimize etmek, enerji verimliliğini artırmak, güvenliği sağlamak, malzeme seçimini yönlendirmek, yeniliği teşvik etmek ve ürün ve süreçlerin performansını ve sürdürülebilirliğini iyileştirmek için önemlidir. Isıl iletkenlik, Fourier'in ısı iletim yasası ile hesaplanır (Özkaya, 2003) Bu yasa;

$$Q = \frac{k.A.\Delta T}{L} \quad (1.8)$$

Burada; “ Q ” ısı akışı, “ k ” ısı iletkenlik katsayısı, “ A ” Isı iletiminin gerçekleştiği yüzey alanı, “ ΔT ” sıcaklık farkı, “ L ” ısı akışının gerçekleştiği mesafe veya kalınlık değeridir (Wikipedia, 2025).

1.2.3.2 Kimyasal özellikler

Malzemelerin yapılarında meydana gelen değişimler sonucu oluşan yeni özelliklere malzemelerin kimyasal özelliği denir. Malzemelerin kimyasal özellikleri, bir malzemenin çevresel koşullara ve diğer kimyasallara karşı gösterdiği dayanıklılığı ve tepkileri belirleyen özelliklerdir. Kimyasal özellikler, özellikle mühendislik ve tasarım uygulamalarında malzemenin nerede ve nasıl kullanılabileceğini belirlemek, aynı zamanda güvenlik ve maliyet verimliliği gibi önemli çözümler açısından kritik bir rol oynar. Kimyasal özellikler, elementlerin diğer maddelerle nasıl tepkimeye

girdiğini gösterir. Bu tepkimeler öncelikle bir atomun en dış enerji seviyesindeki veya kabuğundaki elektronların sayısı ve düzeni tarafından belirlenir. Malzemelerin kimyasal özelliklerini bilmek için atomun yapısının da bilinmesi gerekir.

Atomun Yapısı

Maddenin en küçük yapıtaşına atom denir. Atom, çekirdek ve çekirdek etrafında bulunan elektron bulutlarından meydana gelir. Modern atom teorisine göre atomun üç temel yapı taşı vardır;

Protonlar

Pozitif yüklü parçacıklar olup atom çekirdeğinde bulunurlar. Bu protonlar atom numarasını belirler diğer bir ifadeyle o atomun kimliğini belirler (örneğin; hidrojenin 1 atomu, karbonun 6 atomu vardır). Kütleleri yaklaşık olarak 1 atomik kütle birimine eşdeğerdir.

Nötronlar

Protonlarla beraber atom çekirdeğinde bulunan yüksüz yani nötr parçacıkları ifade eder. Kütleleri yaklaşık olarak 1 atomik kütle birimine eşdeğerdir.

Elektronlar

Atomun çevresindeki yörüngelerde bulunan ve oldukça hafif parçalardır. Hafif oldukları için atom ağırlığını pek etkilemeyen parçalardır ancak elektronların dizilimi atomun kimyasal özelliklerini ve reaktivitesinin belirler. Bir elektronun kütlesi yaklaşık olarak 1/1836 atomik kütle birimine eş değerdir.

Malzemelerin birçok kimyasal özelliği bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları;

- Korozyon
- Reaktivite
- Çözünürlük
- Stabilite

Korozyon

Metaller oksijen ve su ile tepkimeye girerek paslanırlar. Paslanma sonucunda metalde meydana gelen tepkimeler metalin yapısını bozarak zayıflatır. Bu yüzden korozyon istemediğimiz bir kimyasal olaydır. Tasarım sırasında malzeme seçimi yapılırken çevresel koşullar göz önünde bulundurularak uygun malzemeyi seçmek oldukça kritiktir.

Malzeme çevresinde, kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonların sonucunda malzemede meydana gelen kayıplardır. Malzemeler dolaylı ya da direkt olarak korozyona uğrayabilirler. Korozyon özellikle metal malzemeleri etkileyen ve yavaş ilerleyen bir hasardır. Malzemelerde oluşan korozyon ortamdaki koşullara, malzeme türüne, kimyasal ve elektrokimyasal özelliklere bağlı olarak değişebilir. Dünya üzerindeki metallerin korozyona uğramasının maliyeti 2,5 trilyon dolar olduğu öngörülmektedir. Korozyonun kontrol altına alınması ile bu maliyetin %15-35 arasında aşağı çekilebileceği uzmanlar tarafından tahmin edilmiştir. Bu bilgilerden anlaşılacağı üzere korozyondan kaynaklanan malzeme kayıplarının dolayısıyla maddi kayıpların önlemler alınarak azaltılabileceği görülür (Özer, 2021).

Şekil 1.7’de de görüldüğü üzere korozyonun malzeme üzerinde meydana getirdiği tahribat görülmektedir.



Şekil 1.7 Korozyona uğramış somun-cıvata

Reaktivite

Reaktivite kimyasal tepkimeye girme isteği veya Herhangi bir dış uyarıya yanıt verme kabiliyeti olarak da tanımlanabilir. Bu tepkimeler Asit-Baz Tepkimesi ve Oksidasyon tepkimeleridir.

Asit-baz tepkimesi

Bazı malzemeler asitlerle veya bazlarla tepkimeye girerek yeni bileşenler oluşturur. Örneğin, metal ve asit tepkimesi. Aktif metaller asitlerle etkileşerek H₂ gazı çıkarır.

Oksidasyon

Malzemenin oksijenle tepkimeye girerek meydana getirdiği olaya oksidasyon denir. Oksidasyon ya da karartma kullanılan metalin aşınma dayanımını arttıran bir işlemdir. Kimyasal maddeler yardımıyla düşük sıcaklığı olan bir banyoda elik malzemelerde parlak ve siyah bir görünüm oluşturan oksitleme işlemi olarak bilinir. İşlem sonucunda hem korozyon direnci artar hem de estetik olarak daha iyi bir görüntü elde edilir.

Çözünürlük

Çözünürlük, özünen bir maddenin çözücü bir madde yardımıyla homojen bir karışım elde edilmesine denir. Çözünürlük kavramı maksimum miktar olarak da tanımlanabilir (Singh, 2021). Bir malzemenin bir miktarının başka bir malzemede ikincil faz oluşmadan tamamen erimesidir.

Stabilite

Stabilite sözlükte 'kararlılık' anlamına gelmektedir. Bir ürünün kalitesinin çeşitli evre koşullarında zamana bağlı olarak nasıl değiştiği saptanır bu da çeşitli testlerle yapılır. bir ürünün normal şartlarda uzun süreler boyunca maruz kalacağı çevresel etkilere hızlandırılmış bir şekilde maruz bırakılarak yapılır. Savunma Sanayi'sinde bu testler neredeyse her ürün için yapılır (örneğin; sıcaklık, nem, titreşim ve tuzsisi)

1.2.3.3 İşlenebilirlik özellikleri

İşlenebilirlik özelliğinin belirli bir standardı yoktur. Bu özellik malzemeye uygulanan işlemlere ve takıma bağlı olarak değişebilir. Örneğin orta karbonlu bir çelik alaşımı, gri dökme demire göre daha kolay işlenebilir. İşlenebilirlik özellikleri gelişen teknoloji ile üretilen yeni kesici takımlara bağlı olarak da değiştiği için bu kavram değişkendir.

Malzeme üretiminde yapı ve özellik olarak iki ana faktör vardır. Bunlar hem malzemenin performansını hem de işlenebilirliğini etkilemektedir. İmalatta ekonomik, hızlı ve kaliteli işlenebilirlik önem arz etmektedir. Üretim süreci planlanırken işlenebilirlik çok önemlidir. Malzemenin iyi işlenebilir olması, takım aşınmasını da oldukça minimize eder (Barış, 2019).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çiltepe yaptığı çalışmada, işleme operasyonları için malzeme ve proses seçimlerini optimize etmek için sistematik yaklaşımları araştırmıştır. Tasarım için ihtiyaca cevap verecek malzemenin “PHP” programlama dili ve “MYSQL” veri tabanı yardımıyla girilen verilerin bize en uygun malzemeyi seçmesi hedeflemiştir. Bilgisayar ortamında en uygun programlama dili ile ihtiyacımıza cevap verecek en uygun malzemeyi belirlemek oldukça kolay olduğu görülmüştür (Çiltepe, 2010).

Yüksel, Sürdürülebilir araç tasarımı için malzeme seçimini optimize etmek amacıyla çok ölçülü karar verme yöntemlerini incelemiştir. Çalışma, açıklık, ekonomik ve performans kriterlerini göz önünde bulundurarak ve uygun malzeme özelliklerini belirlemeyi hedefleyen malzeme seçim süreci, geri dönüştürülebilirlik, enerji verimliliği, maliyet verimliliği ve dayanıklılık gibi sürdürülebilirlik unsurları ön planda tutulmuştur. Otomotiv sektöründe belirli standartlar (emisyon, atık yönetimi vb.) içerisinde malzeme seçilebilmektedir. Bu da malzeme seçimini sınırlı ve karmaşık bir hale getirmektedir. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metodolojisinden faydalanarak en uygun malzeme seçimi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda içten yanmalı motorlar için Alüminyum, Elektrikli araçlar için Çelik malzeme ve hibrit araçlar için yine Alüminyum malzemenin uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sürdürülebilirlik açısından önemli bilgiler ortaya koymuştur (Yüksel, 2024)

Yıldırım, Asansörler için yeni bir kayar fren sistemi tasarımı yapmıştır. Kayar fren tasarımı, gelişmiş malzemeler ve yenilikçi mühendislik prensiplerini birleştirerek asansör verimliliğini ve güvenilirliğini artırmayı hedefliyor. Kayma etkili fren sistemi kabinin düşme anında bulunduğu konumunda kilitlenerek durmasını hedeflenmiştir. Kilitleme sistemi çanak ve tırtıldan oluşmaktadır. Çanak 1040 imalat malzemesinden, tırtıl 4140 malzemesinden üretilmiştir. Bu iki malzeme de çelik malzemedir. Beraber çalışan bu parçalar, fren anında tırtılın kırılmasına veya tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu durum da sürekli periyodik bakım gerektirmektedir. Bu da zaman kaybı ve maliyete neden olmaktadır. Bu çalışmada çanağın malzemesi olan çelik, pirinç ile değiştirilmiş olup yapılan kontroller sonucunda frenleme sisteminde olumsuz bir durum olmadığı ve tırtılın ömrünün uzadığı gözlemlenmiştir (Yıldırım, 2024).

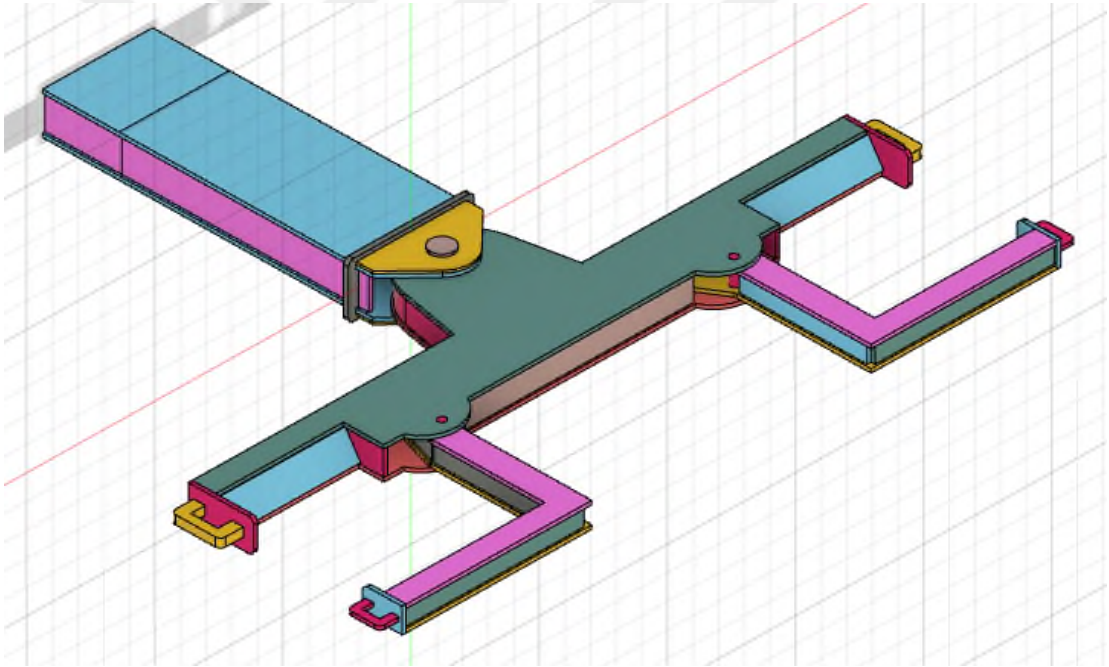
Karşı, Kompozit malzemelerin, mukavemet açısından yüksek, üretim maliyeti açısından düşük, hafif, hızlı ve kolay üretilbilir olmasının bu tür malzemeleri oldukça avantajlı hale getirdiğini belirtmiştir. Bu avantaj da gerek savunma sanayi gerekse diğer sanayi alanlarında büyük kolaylık sağlamaktadır. Hafif silahlara uygun malzeme seçimi için enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş %15-40 cam elyaf, karbon içeren takviyeli PA66(Poliamid66) ve PC(Polikarbonat) kompozitli malzemelerinin tribolojik (sürtünme, aşınma ve yağlama), mekanik ve fiziksel özellikleri irdelenmiştir. Yapılan ölçüm ve deneyler sonucunda kompozit malzemelerde mukavemet ve sertliğin elyaf malzemesinin takviyesi ile arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda sıcaklığın, ihmal edilir derecede sertliğe olumsuz bir etkisi olmadığı görülmüştür. Yapılan korozyon deneylerinde de kompozit malzemelerinin korozyon direncinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Aşınma deneylerinde de benzer sonuçlar çıkmıştır. Bu çalışmalar sonucunda hafif silahlar için en uygun malzemenin %40 oranında karbon elyaf içeren PA66 olduğu tespit edilmiştir (Karşı ve Küçükömeroğlu, 2016).

Sun ve arkadaşları bu çalışmada, ürün tasarımında sürdürülebilirlik bilincinin erken aşamalarda geliştirilmesinin kritik önemini vurgulamaktadır. Bu makale, ürün tasarımcılarının materyal seçimi süreçlerinde çevresel etkileri daha fazla göz önünde bulundurmalarını sağlamak ve "yeşil benlik" kimliklerini güçlendirmek amacıyla yeni bir kavramsal model sunmaktadır; bu model, tasarımcıların bilgi, tutum ve davranışları arasında bir bağlantı kurarak sürdürülebilir tasarım uygulamalarını teşvik etmeyi hedeflemekte olup, özellikle erken tasarım aşamasında doğru materyal seçimi ve çevresel etkileri en aza indirme konularında rehberlik sağlamaktadır. Bu çalışma, sürdürülebilir ürün geliştirme ve tasarım süreçlerinde insan faktörünün önemini vurgulaması, sunduğu kavramsal model ve materyal seçimine yönelik yaklaşımlar sayesinde, tezimizin ürün tasarımı süreçlerinde sürdürülebilirlik ilkelerinin entegrasyonu ve tasarımcı bilincinin geliştirilmesi konusundaki argümanlarını destekleyici nitelikte değerli bir kaynak teşkil etmektedir (Sun ve arkadaşları 2023).

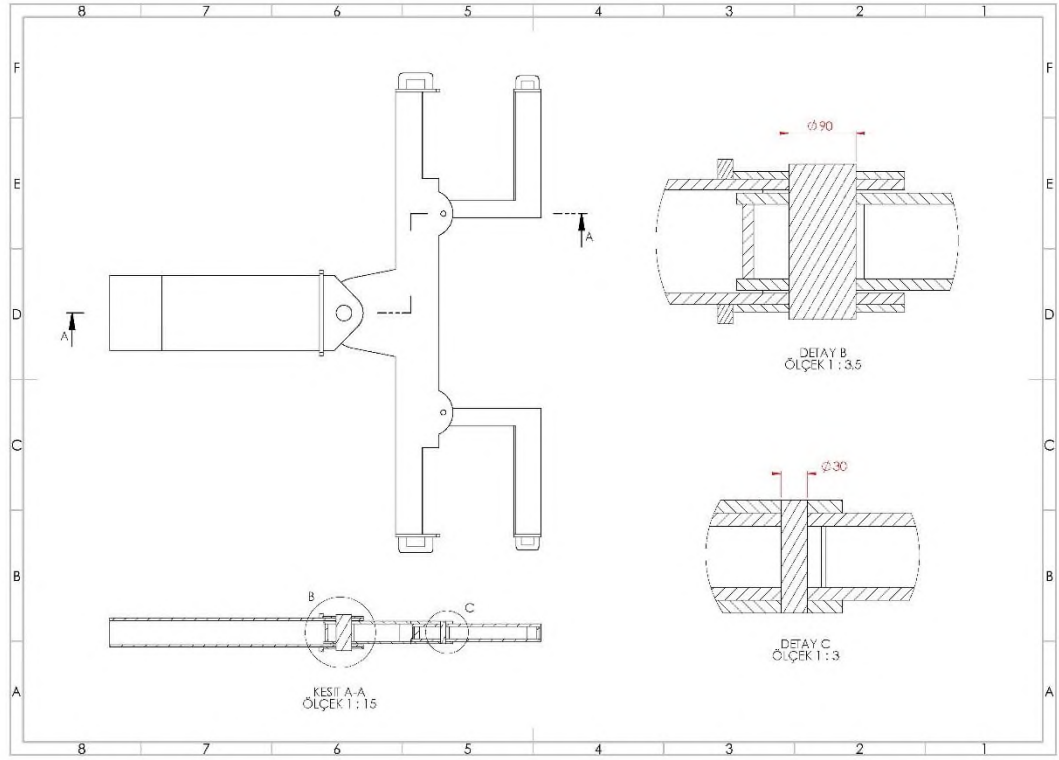
3. MATERYAL VE METOD

3.1 Mevcut Tasarım

Arızalanan metrobüslerin çekilmesinde kullanılan gözlük sistemi ekipmanı, tasarım ve malzeme kaynaklı mukavemet sorunları nedeniyle sık sık arızalanmaktadır. Bu yüzden hem zaman hem de maliyet açısından ciddi sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu arızaların başlıca sebepleri tasarımda yapılan hatalar ve yanlış malzeme kullanılmış olduğu düşünülmektedir. Bir parçayı ya da sistemi tasarlarken göz önünde bulundurulması gereken kriterler malzemenin elde edilebilir olması aynı zamanda da uygun maliyetli olması gerekmektedir. Bu çalışmadaki amacımız var olan tasarım üzerinden gerekli iyileştirmeler yapıp uygun malzeme seçilerek mevcut sorunları ortadan kaldırmaktır. Aşağıda ürünün ilk tasarımı mevcuttur.



Şekil 3.1 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım



Şekil 3.2 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım teknik resim



Şekil 3.3 Metrobüs vinç gözü mevcut ürün



Şekil 3.4 Metrobüs vinç gözü mevcut ürün kapalı

Sistemin temel işlevi, metrobüsün lastiklerini kavrayarak güvenli bir şekilde çekilmesini sağlamak olsa da kullanılan malzeme ve tasarım yetersizlikleri ciddi problemlere yol açmıştır. Bu sorunlar aşağıdaki başlıklar altında detaylandırılmıştır:

3.1.1 Kolların eğilmesi ve yapısal dayanıklılık eksiklikleri

Hidrolik piston yardımıyla hareket eden kollar, zamanla yük altında eğilme eğilimi göstermiş ve orijinal formunu kaybetmiştir. Sistemde kullanılan sacların yalnızca 10 mm gibi ince bir kalınlığa sahip olması ve tüm sacların ST37 malzemesinden üretilmiş olması, mukavemet problemlerini daha da artırmıştır. İnce saclar, yüksek yük altında deformasyonlara açık hale gelmiş ve bu durum kolların eğilmesini hızlandırmıştır.

3.1.2 Millerin kaynak noktasından kopması

Millerin kaynak noktalarında mukavemetin düşük olması, bu bölgelerde kopmalara neden olmuştur. Millerin kopması, sacları sabitleyen mekanizmanın devre dışı kalmasına yol açmış ve saclarda açılmalar meydana getirmiştir. Sacların açılması,

kollar üzerindeki yükü artırarak eğilme ve deformasyon sorunlarını daha da büyötmüştür.

3.1.3 Miller ile saclar arasındaki temas yüzeyi problemler

Sistemdeki tasarımın yetersizliğı nedeniyle, miller ile saclar arasındaki temas yüzeyi oldukça sınırlı kalmıştır. Temas yüzeyinin az olması, yüklerin küçük bir alana yoğunlaşmasına yol açarak gerilme seviyelerini artırmıştır. Yüksek gerilme bölgelerinde, malzeme aşınması ve deformasyon daha hızlı gerçekleşmiş, bu durum sistemin çalışma hassasiyetini olumsuz etkilemiştir.

3.1.4 Malzeme seçiminin etkileri

ST37 ve AISI 1040 (C40) malzemelerinin sürtünmeli yüzeylerde kullanılması, hızla aşınma problemlerine neden olmuştur. Düşük aşınma direncine sahip bu malzemeler, millerin sürtünme yüzeylerinde tolerans dışı boşlukların oluşmasına yol açmıştır. Bu boşluklar, sistemdeki bağlantıların hassasiyetini kaybetmesine ve sarsıntılı bir çalışma düzenine geçilmesine neden olmuştur.

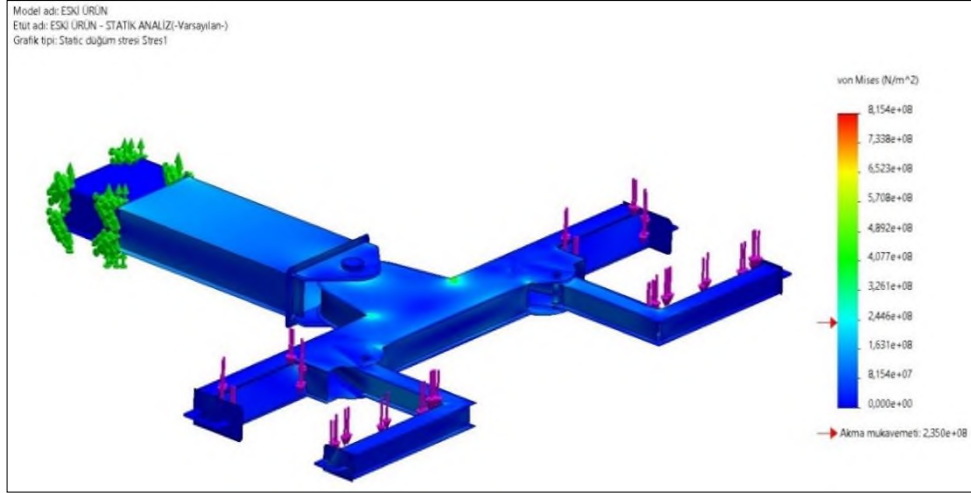
3.1.5 Sarsıntılı çalışma ve dönme merkezi problemleri

Millerdeki aşınma ve boşluklar, sistemin dönme merkezindeki hassasiyeti önemli ölçüde azaltmıştır. Bu durum, kolların ve gözlüğün sarsıntılı bir şekilde çalışmasına yol açmış, titreşim ve dengesiz yük dağılımına neden olmuştur. Titreşim, yalnızca sistemin ömrünü kısaltmakla kalmamış, aynı zamanda kullanıcı güvenliğini tehdit eden ciddi riskler yaratmıştır.

3.1.6 Tasarım ve malzeme iyileştirmelerinin gerekliliğı

Bu sorunlar, sistemdeki malzeme ve tasarımın değiştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu sorunları ortadan kaldırarak hem zaman hem de maliyet açısından tasarımı daha verimli bir hale getirmeye çalışacağız.

Aşağıdaki resimde mevcut tasarımın stres altında analizleri yapılmış olup sorunlar somut bir şekilde ortaya konmuştur.



Şekil 3.5 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım von mises gerilmesi

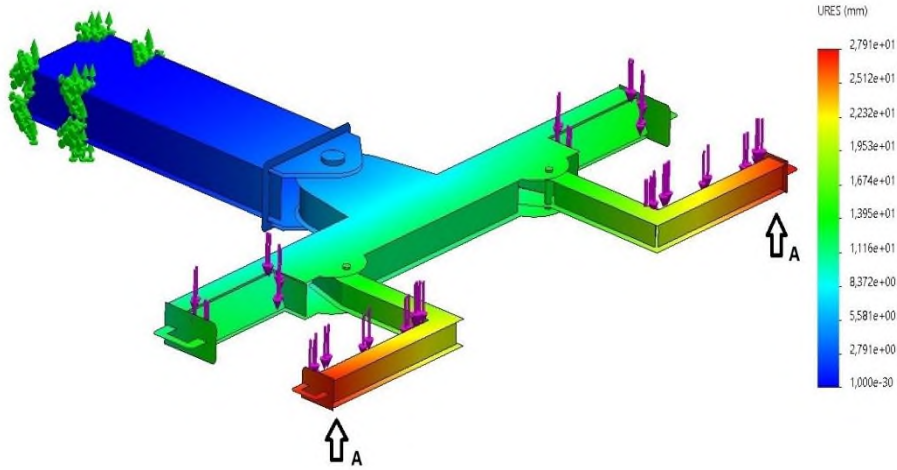
-Maksimum Von Mises Gerilmesi: **815.4 MPa**

-Akma mukavemeti: **235 MPa**

-Güvenlik faktörü: **235 / 815.4 $\approx$ 0.29** (Sistem güvenli değil.)

Bu verilerden yola çıkarak sistemin yeterince güvenli olmadığı düşünülmektedir.

Model adı: ESKİ ÜRÜN
Etüt adı: ESKİ ÜRÜN - STATİK ANALİZ(-Varsayılan-)
Grafik tipi: Statik yer değiştirme Yer değiştirme1



Şekil 3.6 Metrobüs vinç gözü ilk tasarım yer değiştirme değerleri

-Maksimum yer değiştirme: **27.91 mm** (Yer değiştirme A ile belirtilen yerlerde olur)

3.2 Mevcut Tasarımın Malzeme Bilgisi

Mevcut tasarımda ST37 malzemesi tercih edilmiştir. Bu düşük karbon içerikli çelik, sınırlı mukavemet özellikleriyle bilinir ve genellikle standart yapısal uygulamalarda kullanılır. Ayrıca, miller için AISI 1040 (C40) malzemesi seçilmiştir. Bu orta karbonlu çelik, daha yüksek sertlik ve dayanım sağlamakla birlikte, sürtünme ve aşınmaya karşı direnç açısından sınırlı bir performans sunar. Aşağıdaki çizelgelerde malzemelerin özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 ST37 malzeme özellikleri

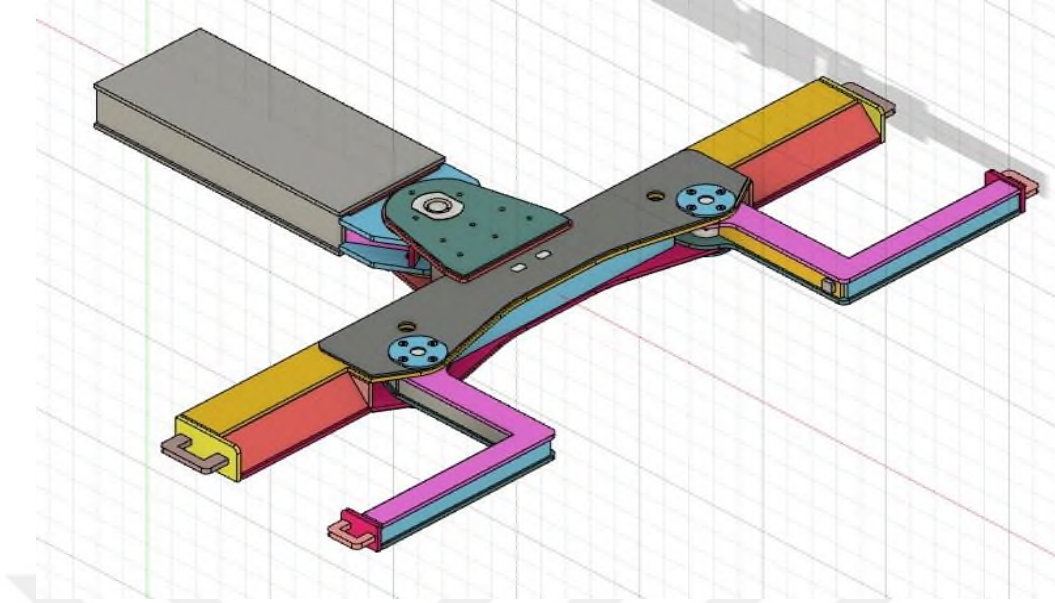
Malzeme Adı:	ST37
Akma mukavemeti:	2,35e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	3,6e+08 N/ m²
Elastik modül:	2,1e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,28
Kütle yoğunluğu:	8.000 kg/ m³
Yırtılma modülü:	7,9e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,1e-05 /K

Çizelge.3.2 AISI1040(C40) malzeme özellikleri

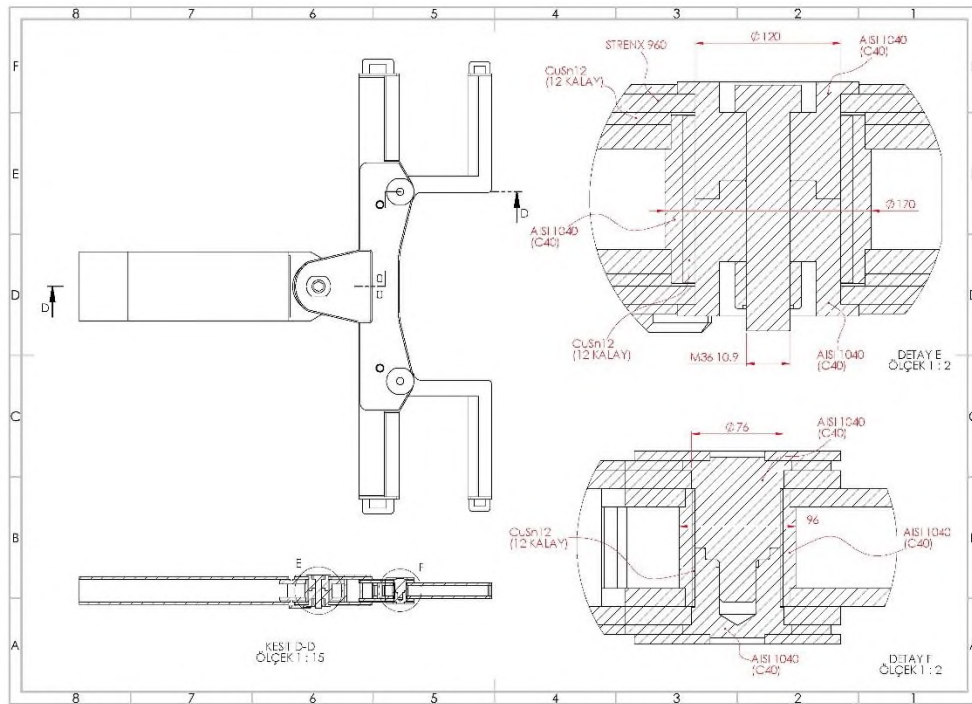
Malzeme Adı:	AISI 1040 (C40)
Akma mukavemeti:	2,75e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	6,2e+08 N/ m²
Elastik modül:	2e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,29
Kütle yoğunluğu:	8.000 kg/ m³
Yırtılma modülü:	7,9e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,1e-05 /K

3.3 Yeni Tasarıma Genel Bir Bakış

Yukarıdaki veriler baz alınarak tasarımdaki noksanlar belirlenmiş olup gerekli revizyonlar yapılmıştır. Eski sistemdeki temel problemleri çözmek ve sistemin güvenilirliğini artırmak amacıyla birçok yapısal ve malzeme iyileştirmesiyle geliştirilmiştir. Bu iyileştirmeler detaylı şekilde aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 3.7 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım



Şekil 3.8 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım teknik resim



Şekil 3.9 Metrobüs vinç gözü yeni ürün



Şekil 3.10 Metrobüs vinç gözü yeni ürün kapalı

3.3.1 Malzeme seçimi

Yeni tasarımda, sacların tamamı Strenx 700 malzemesinden üretilmiştir. Özellikle kritik bölgelerde Strenx 960 malzemesi tercih edilmiştir. Bu malzeme kombinasyonu, yüksek mukavemet ve rijitlik sunarak sistemin daha dayanıklı hale gelmesini sağlamıştır. Strenx 700; Yüksek dayanım/ağırlık oranıyla ideal bir yapı malzemesi. Strenx 960; Daha yüksek mukavemete sahip olması nedeniyle kritik bölgelerde daha uzun ömür ve güvenlik sunar.

3.3.2 Malzeme kalınlıklarının artırılması

Eski tasarımda kullanılan 10 mm kalınlığındaki sacların tamamı, yeni tasarımda 15 mm kalınlığa çıkarılmıştır. Bu değişiklik, yük taşıma kapasitesini artırmış ve sistemin eğilme ve burkulma dirençlerini yükseltmiştir.

3.3.3 Yeni burç ve mil sistemi

Temas Yüzeyinin Artırılması:

Eski sistemde miller ile saclar arasındaki temas yüzeyi oldukça sınırlıydı. Bu durum, gerilme yoğunluğunu artırarak kopmalara ve deformasyonlara neden oluyordu. Yeni tasarımda burç ve mil sisteminin boyutları büyütülmüş, temas yüzeyleri optimize edilmiştir.

Sökülebilir Sistem:

Yeni tasarımda burç ve miller, sökülüp takılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu özellik, bakım ve değişim işlemlerini kolaylaştırırken uzun vadede maliyet avantajı sağlar.

12 Kalay Malzemesi:

Burç ve miller arasında sürtünmeyi azaltmak amacıyla, 12 kalay alaşımı kullanılmıştır.

Sürtünme Azaltıcı Özellik: 12 kalay, sürtünme katsayısını düşürerek aşınmayı önemli ölçüde azaltır.

Mekanik Avantajlar: Kalay alaşımı, düşük sertlik ve yüksek sürtünme direnci sunarak metal yüzeyler arasındaki doğrudan teması önler.

Kolay Değiştirilebilirlik:

Sökülebilir bir yapı olarak tasarlanması sayesinde, aşındığında kolaylıkla değiştirilebilir. Bu, sistemin ömrünü uzatır ve bakım maliyetlerini düşürür.

3.3.4 Yapısal dayanıklılık ve mukavemet iyileştirmeleri**Kaynaklı Sistemden Vazgeçilmesi:**

Eski sistemdeki kaynaklı bağlantılar, millerin kopma eğilimini artırıyordu. Yeni tasarımda, burç ve mil bağlantıları tamamen mekanik yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Bu, kaynak çatlakları ve kopmaları gibi problemleri ortadan kaldırır.

Eğilme Direncinin Arttırılması:

Kalınlaştırılmış saclar ve Strenx 960 malzemesi kullanımı, kolların eğilme direncini artırmıştır. Ayrıca, bağlantı noktalarındaki yeni geometri tasarımları, yüklerin daha homojen dağıtılmasını sağlar.

3.3.5 Yeni tasarımın genel avantajları**Daha Yüksek Güvenlik Faktörü:**

Yeni malzeme ve yapısal tasarım kombinasyonu, sistemin güvenlik faktörünü önemli ölçüde artırmıştır.

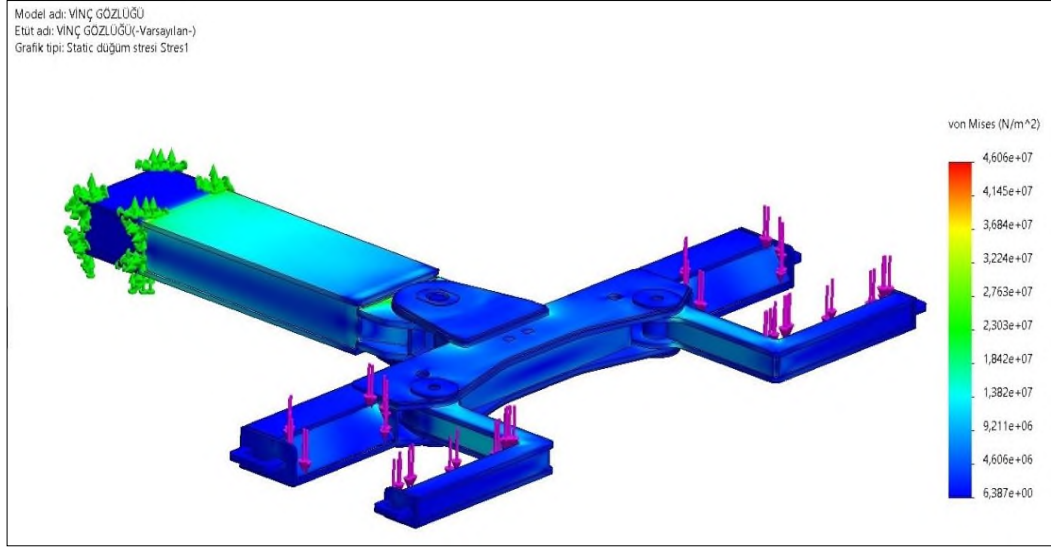
Aşınma Sorunlarının Azaltılması:

Sürtünmeyi azaltan 12 kalay malzemesi sayesinde, burç ve millerdeki aşınma problemleri minimize edilmiştir. Bu, dönme merkezindeki hareket hassasiyetini ve sistem dengesini artırır.

Bakım ve Değişim Kolaylığı:

Sökülebilir burç ve mil sistemi, bakım süreçlerini hızlandırır ve parça değişimlerini kolaylaştırır.

Aşağıdaki resimlerde yeni tasarımın gerilme analizleri mevcuttur. Bu tasarımda yukarıda belirtilen kriterler baz alınarak sistemin daha iyi hale getirildiği analizlerle kanıtlanmıştır.



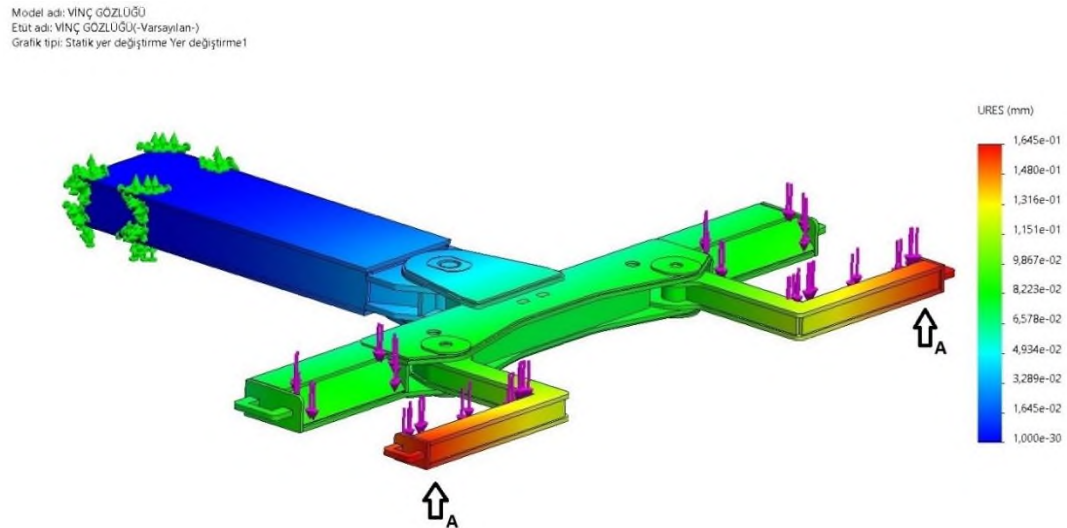
Şekil 3.11 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım von mises gerilmesi

-Maksimum Von Mises gerilmesi: **46.06 MPa**

-Strenx 700 akma mukavemeti: **700 MPa**. (Maksimum gerilme strenx 700 malzemesinde görülmüştür.)

-Güvenlik faktörü: $700 / 46.06 \approx 15.19$ (Sistem oldukça güvenli.)

Bu verilerden yola çıkılarak sistemin oldukça güvenli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.12 Metrobüs vinç gözü yeni tasarım yer değiştirme değerleri

-Maksimum yer değiştirme: **1.645 mm** (Yer değiştirme A ile belirtilen yerlerde olur)

3.4 Yeni Tasarımın Malzeme Bilgisi

Yeni tasarımın yapısında Strenx 700 ve Strenx 960 malzemeleri kullanılmıştır. Bu yüksek mukavemetli çelikler, dayanıklılık ve uzun ömürlü olması açısından üstün performans sağlar. Ayrıca, burç ve miller için AISI 1040 (C40) ve CuSn12 (bakır-kalay alaşımı) malzemeleri tercih edilmiştir. AISI 1040 orta karbonlu çelik, mekanik dayanım sunarken; CuSn12, düşük sürtünme ve yüksek aşınma direnci ile sistemin performansını ve uzun vadeli güvenilirliğini artırır. Aşağıdaki tablolarda kullanılan malzemelerin özellikleri belirtilmiştir.

Çizelge 3.3 STRENX 700 Malzeme özellikleri

Malzeme Adı:	STRENX 700
Akma mukavemeti:	7e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	8,2e+08 N/ m²
Elastik modül:	2,1e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,3
Kütle yoğunluğu:	8.000 kg/ m³
Yırtılma modülü:	8,1e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,2e-05 /K

Çizelge 3.4 STRENX 960 Malzeme özellikleri

Malzeme Adı:	STRENX 960
Akma mukavemeti:	9,6e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	1,1e+09 N/ m²
Elastik modül:	2,1e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,3
Kütle yoğunluğu:	8.000 kg/ m³
Yırtılma modülü:	8,1e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,2e-05 /K

Çizelge 3.5 AISI 1040(C40) Malzeme özellikleri

Malzeme Adı:	AISI 1040 (C40)
Akma mukavemeti:	2,75e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	6,2e+08 N/ m²
Elastik modül:	2e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,29
Kütle yoğunluğu:	8.000 kg/ m³
Yırtılma modülü:	7,9e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,1e-05 /Kelvin

Çizelge 3.6 CuSn12(12 Kalay bronz) Malzeme özellikleri

Malzeme Adı:	CuSn12 (12 Kalay Bronz)
Akma mukavemeti:	1,5e+08 N/ m²
Gerilme mukavemeti:	3e+08 N/ m²
Elastik modül:	1,1e+11 N/ m²
Poisson oranı:	0,34
Kütle yoğunluğu:	8.800 kg/ m³
Yırtılma modülü:	4,1e+10 N/ m²
Termal genleşme katsayısı:	1,7e-05 /Kelvin

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan analizler ve tasarım iyileştirmeleri, yeni gözlük sisteminin mevcut tasarıma kıyasla güvenlik, dayanıklılık ve performans açısından önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir.

4.1 Mukavemet ve Güvenlik Analizi

Mevcut Tasarım:

Maksimum Von Mises gerilmesi 815.4 MPa olup, kullanılan ST37 malzemesinin akma mukavemeti olan 235 MPa değerini ciddi şekilde aşmıştır. Bu durum, mevcut sistemin güvenlik faktörünün 0.29 gibi çok düşük bir seviyede olduğunu göstermekte ve sistemin güvensiz olduğunu doğrulamaktadır.

Yeni Tasarım:

Maksimum Von Mises Gerilmesi 46.06 MPa olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Strenx 700 malzemesinin akma mukavemeti olan 700 MPa sınırlarının çok altındadır. Güvenlik faktörü 15.19 seviyesine çıkarılarak sistemin oldukça güvenli hale geldiği görülmüştür.

4.2 Yer Değiştirme ve Stabilité Analizi

Mevcut Gözlük:

Maksimum yer değiştirme değeri 27.91 mm ile kritik bir seviyededir. Bu değer, sistemin yük altında ciddi deformasyonlar yaşadığını ve stabilitesinin düşük olduğunu göstermektedir.

Yeni Gözlük:

Maksimum yer değiştirme değeri 1.645 mm ile %94,11 oranında azaltılmıştır. Bu durum, tasarımın mekanik stabilitesini artırmış ve daha uzun ömürlü bir yapı sunmuştur.

4.3 Yüzdesel İyileştirmeler

Gerilme seviyelerinde %94,35 azalma sağlanmıştır. Yer değiştirme değerlerinde %94,11 azalma gözlemlenmiştir.

4.4 Malzeme ve Yapısal İyileştirmeler

Malzeme Seçimi:

Yeni tasarımda Strenx 700 ve Strenx 960 gibi yüksek mukavemetli çelikler kullanılmış, bu malzemelerin mekanik dayanıklılığı eski tasarımdaki ST37'ye kıyasla çok daha üstün sonuçlar vermiştir. Ayrıca burç ve mil sistemlerinde AISI 1040 (C40) ve CuSn12 gibi uygun malzemeler tercih edilerek aşınma, sürtünme ve stabilite sorunları önemli ölçüde azaltılmıştır.

Yapısal Tasarım:

Yeni tasarımda sac kalınlıkları artırılmış ve kritik bölgelerde daha dayanıklı malzemeler kullanılmıştır. Burç ve mil sistemi optimize edilerek temas yüzeyi artırılmış ve sökülebilir bir yapı geliştirilmiştir. Bu iyileştirme, bakım ve değiştirme işlemlerini kolaylaştırmış, maliyet etkinliğini artırmıştır. CuSn12 malzemesi kullanılarak burçlar ile miller arasındaki sürtünme azaltılmış ve aşınma problemi minimum seviyeye indirilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, malzeme seçimi, tasarım optimizasyonu ve mühendislik yaklaşımlarına yönelik önemli bilimsel ve pratik katkılar sunmaktadır. Aşağıda bu katkılar daha detaylı şekilde ele alınmıştır.

Malzeme Teknolojilerinin Verimli Kullanımı ve Ağırlık Değişimi:

Çalışmada, yüksek mukavemetli çelikler (Strenx 700 ve Strenx 960) ve özel alaşımlar (CuSn12) kullanılarak tasarım dayanıklılığı artırılmıştır. Malzeme seçimi ve sac kalınlıklarının artırılmasıyla sistemin toplam ağırlığı artmıştır. Ancak bu ağırlık artışı, yük taşıma kapasitesindeki ciddi iyileştirme ve güvenlik faktörlerindeki yükselme ile dengelenmiştir. Daha kalın ve mukavemetli sacların kullanımı, özellikle yük altında sistemin deformasyonunu ve uzun vadeli aşınmayı azaltmıştır. Bu da ürünün uzun ömürlü ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlamıştır.

Ağırlık artışı, ürünün taşınabilirliği ve montajında bir miktar zorluk yaratabilecek olsa da bu dezavantaj malzeme performansı ve dayanıklılık açısından getirilen ciddi kazanımlarla dengelenmiştir. Ayrıca, modern taşıma ve kaldırma ekipmanlarıyla uyumlu tasarımı, operasyonel süreci destekler niteliktedir. Bu değişiklikler, malzeme teknolojilerinin yalnızca verimlilik değil, aynı zamanda uzun vadeli performans açısından da etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Mukavemet Sorunlarına İnovatif Çözümler:

Geleneksel tasarımda karşılaşılan kaynak kopmaları, aşınmalar ve sistem dengesizlikleri gibi sorunlar, yeni burç ve mil sistemiyle etkili bir şekilde çözülmüştür. Burç ve miller arasına eklenen CuSn12 malzemesi sayesinde, sürtünme kaynaklı aşınmalar minimum seviyeye indirilmiş ve sistemin daha uzun ömürlü olması sağlanmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, mekanik sistemlerde aşınmaya bağlı sorunların çözümünde önemli bir model sunmaktadır.

Maliyet Etkin ve Dayanıklı Tasarımların Geliştirilmesi:

Sökülebilir ve değiştirilebilir burç ve mil sistemleri, bakım ve onarım süreçlerini kolaylaştırarak uzun vadede maliyet etkin bir çözüm sunmuştur. CuSn12 malzemesinin modüler yapıda tasarlanması, parçaların değiştirilmesini kolaylaştırmış

ve malzeme kullanım verimliliğini artırmıştır. Ayrıca, tüm sac kalınlıklarının artırılması ve yüksek mukavemetli malzemelerin seçimi, sistemin ömrünü uzatarak maliyet-performans dengesini optimize etmiştir.

Üç Boyutlu Mekanik Tasarımda Malzeme Seçimi Kriterleri:

Çalışma, üç boyutlu mekanik tasarım süreçlerinde malzeme seçiminin tasarım performansını ne kadar etkileyebileceğini açıkça ortaya koymaktadır. Yük analizi, yer değiştirme değerleri ve güvenlik faktörü gibi mühendislik kriterleri, malzeme seçiminde belirleyici olarak kullanılmıştır. Bu da tasarım sürecinde bilimsel bir yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermektedir.

Verimli ve Dayanıklı Ürün Tasarımı:

Bu çalışma, mühendislik tasarımında sistematik bir yaklaşım benimseyerek, geleneksel sistemlere kıyasla daha güvenli, dayanıklı ve verimli bir ürün geliştirme sürecini mümkün kılmıştır. Özellikle, kritik yük bölgelerinin malzeme ve tasarım optimizasyonu sayesinde daha dayanıklı hale getirilmesi, ürünün endüstriyel uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma malzeme bilimi, mekanik tasarım ve mühendislik uygulamaları alanında hem teorik hem de pratik katkılar sunmaktadır. Yeni geliştirilen tasarım, sürdürülebilir, dayanıklı ve maliyet etkin ürünlerin geliştirilmesine ışık tutmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alam, M. K. (Ed.). (2019). *Electrical and Electronic Properties of Materials*. BoD–Books on Demand.
- Albayrak, M., & Kaman, M. O. (2019). Charpy darbe testinin deneysel ve sayısal analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(3), 945-957.
- Argıncıklıgil, A. (2019). *Çeliklerde Vickers Sertlik Değerlerine Uygulanan Yük Etkisinin İncelenmesi* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Balasubramanian, Classification Of Metarials, ,MYSORE Universty, ReaserchGate
- Barış, M., Şimşek, T., & Akkurt, A. (2019). Co2B nanopartikülleri ile kaplanmış S235JRC karbon çelik malzemelerin farklı kesme yöntemleri ile işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 22(1), 169-177.
- Cekic, I., & Cavdar, K. (2022). Detection of the cracks in metal sheets using v convolutional neural network (CNN). *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(1).
- Çiltepe, E. (2010). Talaşlı imalatla malzeme ve proses seçim stratejileri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çınar, O. (2015). *Seramik Malzemelerin Mekanik Davranışlar Açısından İncelenmesi* (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey)).
- Derviş, B. (2014). *Türkiye'De Endüstriyel Tasarım Lisans Eğitiminde Malzeme Dersinin Uygulanması Üzerine Bir Araştırma ve Malzeme Stüdyosu Önerisi* (Master's thesis, Anadolu University (Turkey)).
- Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü. (2017). *Çekme deneyi*. <https://makina.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2017/09/2Cekme.pdf>
- Er, N. (2024). Nanopartikül katkılı polimer yüzeylerin iletkenlik özelliklerinin optimizasyonu.
- Erbayrak, E., Asmaz, K., & Solak, A. (2018). Düşük Karbonlu Çelik Malzemenin Rijitlik Değerinin Deneysel ve Teorik Yaklaşım ile Belirlenmesi. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-7.
- Eren, A., & Aydın, İ. (2017). DEMİR DIŞI METAL MALZEMELERDEN DÖVME YÖNTEMİ İLE EL ALETİ ÜRETİMİ. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 1(23), 11-26.
- Findik, F. (2009). MALZEME SEÇİMİNE GENEL BAKIŞ. *Engineer & the Machinery Magazine*, (591).
- Genleşme. (2025, Ocak 31). Vikipedi. Erişim adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Genleşme>
- Gümüş, H., Başbuğ, S., Tekelioğlu, S., & Dilmeç, M. (2024). Yeni Nesil Küresel Grafitli Dökme Demir Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ordu*

Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 14(1), 1-8.

Günel, (2022) Genç Mühendisler İçin Tasarım Bilgileri, Makine Mühendisleri Odası,,Mühendis Ve Makina Dergisi

Kanit, T., N'Guyen, F., Forest, S., Jeulin, D., Reed, M., & Singleton, S. (2006). Apparent and effective physical properties of heterogeneous materials: Representativity of samples of two materials from food industry. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 195(33-36), 3960-3982.

Kara, M. (2014). Sürekli tavlama yöntemi ile yeni kalite bir emaye çeliği üretimi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*

Karsli, M., & KÜÇÜKÖMEROĞLU, T. (2016). *Hafif silahlar için polimer kompozit malzeme seçimi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 17-25).

Kaya, Kaya, A. İ. (2016). Kompozit malzemeler ve özellikleri. *Putech & Composite Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi*, 29, 38-45.

Kırcalı, K. K. (2006). *Farklı matriks yapılarına sahip küresel grafitli dökme demirlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması* (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey)).

Ohm kanunu. (2024, Kasım 3). Vikipedi. Erişim adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Ohm_kanunu

Özçelik, S. (2007). Cu ve Fe esaslı t/m yatak malzemelerinin aşınma özelliklerinin deneysel incelenmesi.

Özkaya, M. G. (2003). ISI İLETİM KATSAYISININ PLAKA METODU İLE ÖLÇLMESİ. *Teknoloji*, 6.

Özer, N. (2021). YAPI MALZEMELERİNDE KOROZYON VE KOROZYONDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(3), 1159-1178.

Singh, N., Singh, N., & Singh, A. P. (2021). Solubility: an overview. *International Journal of Pharmaceutical Chemistry and Analysis*, 7(4), 166-171.

Sözbilen, R. P., & Başak, H. (2022). Tasarım Kavramı ve Tasarım Değerleme. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 10(3), 627-640.

Sun, Z., Doiro, M., Sá, J. C., & Santos, G. (2023). Shaping the conscious behaviors of product designers in the early stages of projects: Promoting correct material selection and green self-identity through a new conceptual model. *Sustainability*, 15(19), 14463.

Tekin, N. (2006). *Paslanmaz Çelik Malzeme Ile Düşük Karbonlu Alaşımsız Çelik Malzemelerin Tozaltı Kaynak Metodu Ile Birleştirilmesi* (Master's thesis, Marmara Üniversitesi (Turkey))

- Thermal conduction. (n.d.). In *Wikipedia*. Retrieved June 30, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conduction
- Tufan, M. Z., & Özel, C. (2012). Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kriterleri. *Uluslararası sürdürülebilir mühendislik ve teknoloji dergisi*, 2(1), 6-13.
- Uyan, P. (2015). *Yüksek ısı iletkenliğe sahip silisyum nitrit üretimi ve karakterizasyonu* (Doctoral dissertation, Anadolu University (Turkey)).
- Uzuner, H., & Uçar, V. (2001). Investigation of the Wear Properties of Polymer Materials. *Sakarya University Journal of Science*, 5(2), 72-77.
- Wikipedia. (2024, Haziran 21). *Isı iletkenliği*. Vikipedi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Isı_iletkenliği
- Yalçın, S. (2009). Ürün tasarım ve ürün hayat seyrinde maliyetlerin stratejik yönetimi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (23).
- Yıldırım , Asansörler İçin Yeni Kayma Etkili Fren Tasarımı Ve Malzeme Seçimi Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2024.
- Yıldırım, B. (2021). Seramik malzemenin kullanım alanları ve ülkemizde “seramik üniversitesi” kurulması önerisi. *Yeni Fikir Dergisi*, 13(26), 18-34.
- Yüksel B.(2024),Sürdürülebilir Araç Tasarımı İçin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi İle İlgili Malzeme Seçimi, Yüksek Lisans Tezi,Gazi Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

KILIÇ, Yunus

Web sayfası
(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2025
Lisans	Dicle Üniversitesi	2017
Lise	Namık Kemal Lisesi	2011

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Özel İlgiler

Belgesel, Müzik ve Teknoloji

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Yunus KILIÇ		
Öğrenci No	22818007		
Ana Bilim Dalı	Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Yeni Nesil 3D Mekanik Tasarımda Malzeme Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	59		
Raporlama Tarihi	23.06.2025		
Benzerlik Oranı (%)	22		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 59 sayfalık kısmına ilişkin, 23/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %22 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
Kaynaklar hariç
☐Alıntılar hariç/dâhil
Diğer (Herşey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Tez benzerlik oranı üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Yunus KILIÇ

Tarih:23.06.2025

İmza:

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Haluk KEJANLI

İmza:

Tarih:23.06.2025

Ana Bilim Dalı Başkanı: Prof. Dr. Sedat BİNGÖL

İmza:

Tarih:23.06.2025