



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TİCARİ ARAÇ KAPI MENTEŞELERİNİN ALÜMİNYUM
ALAŞIMLARI İLE HAFİFLETİLMESİ VE TEST EDİLMESİ**

ERHAN AKARÇAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. FUAT KARA**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TİCARİ ARAÇ KAPI MENTEŞELERİNİN ALÜMİNYUM
ALAŞIMLARI İLE HAFİFLETİLMESİ VE TEST EDİLMESİ

ERHAN AKARÇAY tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Fuat KARA

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr.
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr.
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: .../.../2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

14 Haziran 2019

Erhan AKARÇAY

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu Yüksek Lisans tezinin hazırlanma sürecinde tarafıma sağladığı her türlü destek ve yardımlarından ötürü çok kıymetli hocam Doç. Dr. Fuat KARA'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Deney numunelerinin hazırlanmasında ve deneylerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ROLLMECH AUTOMOTIVE A.Ő. çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

14 Haziran 2019

ERHAN AKARÇAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	i
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ii
KISALTMALAR.....	iii
SİMGELER	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI	6
3.1. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ DİĞER METALLERDEN FARKI.....	6
3.2. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ALÜMİNYUM	8
3.3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ KULLANIM POTANSİYELİ	9
3.4. ALÜMİNYUM TURLERİ	11
4. DÖVME TEKNİĞİ.....	12
5. MENTEŞE SİSTEMLERİ	14
6. KOROZYON.....	17
6.1. KİMYASAL KOROZYON.....	18
6.2. ELEKTRO KİMYASAL KOROZYON	18
6.3. KOROZYONUN MEYDANA GELME NEDENLERİ	19
6.4. KOROZYON TEPKİMELERİ	19
6.5. KOROZYON SÜRAT BİRİMLERİ	20
6.6. KOROZYONUN ÖNEMİ VE KOROZYON KAYIPLARI.....	21
6.7. GALVANİK KOROZYON.....	23
6.8. ÇATLAK KOROZYONU.....	23

6.9. FİLİFORM KOROZYONU	24
6.10. ÇUKUR KOROZYONU (PİTTİNG).....	25
6.11. TANELER ARASI KOROZYON	26
6.12. AŞINMALI KOROZYON	27
6.13. STRES KOROZYONU	28
6.14. YORULMALI KOROZYON	29
7. ÇEKME TESTİ.....	31
8. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
8.1. KOROZYON TESTİ.....	35
8.1.1. Alüminyum Menteşe Korozyon Testi	35
8.2. TEST ÖNCESİ MENTEŞELERİN MONTAJ PROSESİ	38
8.3. ÇEKME TESTİ.....	39
8.4. MENTEŞE EFOR TESTİ.....	41
8.5. WIND GUST TESTİ (TAM ACIK POZİSYONDA YATAY AŞIRI YÜKLEME)	45
8.6. SLAM OPEN TESTİ (ARKA KAPI ÇARPARAK AÇMA/KAPAMA MENTEŞE ÖMÜR TESTİ).....	48
9. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	51
9.1. KOROZYON TESTİ SONUÇLARI.....	51
9.2. ÇEKME TESTİ SONUÇLARI.....	52
9.3. ALÜMİNYUM MENTEŞE EFOR TESTİ SONUÇLARI.....	55
9.4. ALÜMİNYUM MENTEŞE YATAY AŞIRI YÜKLEME TESTİ SONUÇLARI	56
9.5. ALÜMİNYUM MENTEŞE ÇARPARAK HIZLI AÇMA KAPAMA ÖMÜR TESTİ SONUÇLARI.....	57
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
11. KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Firmaların yıllara göre yayınlanmış patent dağılımları	12
Şekil 7.1. Çekme uzama eğrisi.....	32
Şekil 8.1. Eloksoal ile kaplanan 7XXX serisi alüminyum menteşeler	36
Şekil 8.2. Montajı yapılacak menteşenin cad data parçaları görseli	39
Şekil 8.3. Montaj öncesi alüminyum menteşe parçaları	40
Şekil 8.4. Araç eksenine göre menteşe üzerine gelen kuvvetler.....	41
Şekil 8.5. Araç eksen gösterimi	42
Şekil 8.6. Çekme test cihazında çekilen menteşeler	42
Şekil 8.7. Dikey boşluk değişkenliği kuvvet uygulaması.....	43
Şekil 8.8. Radyal Boşluk Değişkenliği Kuvvet Uygulaması	44
Şekil 8.9. Menteşe efor ölçüm uygulaması.....	45
Şekil 8.10. Menteşe efor ölçüm için bankoya bağlantısı	45
Şekil 8.11. Efor ölçümü yapılan çelik menteşeler	46
Şekil 8.12. Tam açık pozisyonda yatay aşırı yükleme testi.....	48
Şekil 8.13. Arka kapı çarparak hızlı açma kapama menteşe ömür testi	51
Şekil 9.1. 2XXX-6XXX-7XXX serisi tuz testi sonuçları	52
Şekil 9.2. Çekme testi eğrisi	54
Şekil 9.3. Menteşe demontaj için sağlanacak şartlar	59
Şekil 9.4. Menteşe demontaj basma grafiği.....	60
Şekil 9.5. Menteşe demontajı.....	61
Şekil 9.6. Menteşe demontajı.....	62
Şekil 9.7. Menteşe demontajı.....	63

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. 6013 alüminyum kimyasal bileşenleri	11
Çizelge 8.1. Menteşe tasarımında kullanılan parçaları mekanik özellikleri	46
Çizelge 8.2. Çelik menteşe tasarımlarının test sonuçları	47
Çizelge 8.3. Test sonuçları.....	50
Çizelge 9.1. Tuz sisi kabini – Günlük izleme raporu.....	52
Çizelge 9.2. 6013 T6 Alüminyum menteşe çekme testi sonuçları.....	54
Çizelge 9.3. S355J0 Çelik menteşe çekme testi sonuçları	55
Çizelge 9.4. Alüminyum menteşe efor testi sonuçları	56
Çizelge 9.5. S355J0 çelik menteşe efor testi sonuçları.....	56
Çizelge 9.6. Test sonuçları.....	57

KISALTMALAR

A.B.D.
IAI
PNGV
YMK

Amerika Birleşik Devletleri
International Aluminum Institute
The Partnership for a New Generation of Vehicles
Yüzey Merkezli Kristal



SİMGELER

Al	Alüminyum
mm	Milimetre
°C	Santigrat derece
Cu	Bakır
Ω	Ohm



ÖZET

TİCARİ ARAÇ KAPI MENTEŞELERİNİN ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI İLE HAFİFLETİLMESİ VE TEST EDİLMESİ

Erhan AKARÇAY

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç.Dr. Üyesi Fuat KARA

Haziran 2019, 64 sayfa

Günümüz otomotiv sanayinde araç tasarımında en önemli hususlardan biri ağırlık olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü ağırlığın artışı paralelinde yakıt tüketimini de artırmaktadır. Bu nedenle tasarımlar daha çok otomotiv parçalarının hafifletilmesi üzerine gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, ticari araçların arka kapılarında kullanılan çelik sıcak dövme prosesi ile yapılan menteşelerin uygun alüminyum alaşımı seçilerek hafifletilmesi amaçlanmaktadır. Mevcut modellerde yaygın olarak S355J0 ve S355J2 çelik malzemeleri kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında belirlenen ve imal edilen alüminyum alaşımı menteşeler ile mevcut modeller korozyon, çekme davranışları ve otomotiv test gereksinimleri açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ticari araçlarda kullanılan menteşeler için geçerli olan kriterleri sağlamak koşuluyla yeni bir menteşe malzemesi ile uyarlanması menteşenin hafifletilmesini sağlamıştır.

Anahtar sözcükler: Alüminyum araç menteşesi, Araç kapı menteşe, Hafifletme

ABSTRACT

LIGHTENING AND TESTING OF COMMERCIAL VEHICLE DOOR HINGES WITH ALUMINUM ALLOYS

Erhan AKARÇAY

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fuat KARA

June 2019, 64 pages

In today's automotive industry, one of the most important issues in the design of vehicles comes out as weight. Increase in weight results in increasing of fuel consumption. For this reason, designs are mostly carried out on the weight reduction of automotive parts. In this study, hinges made with steel hot forging process used in the back doors of commercial vehicles are aimed to be lightened by selecting the appropriate aluminum alloy. S355J0 and S355J2 steel products are commonly used in existing models. Aluminum alloy hinges determined and manufactured within the scope of the thesis study will be compared with existing models in terms of corrosion and tensile behavior. As result, the hinges are lightened by adapting a new hinge material provided that the criteria for hinges used in commercial vehicles are met.

Keywords: Aluminum vehicle hinge, Vehicle door hinge, Lightweight

1. GİRİŞ

Periyodik tablonun III A gurubunda yer alan Alüminyum elementinin atom numarası 13, atom ağırlığı 26,89, oda sıcaklığındaki yoğunluğu $2,7 \text{ gr/cm}^3$, ergime noktası $659,8 \text{ }^\circ\text{C}$, kaynama noktası $2450 \text{ }^\circ\text{C}$, ısınma ısısı $0,224 \text{ Cal/gr}$ ($1000 \text{ }^\circ\text{C}$), erime ısısı 400 Cal/gr 'dır. Bununla birlikte, oda sıcaklığındaki elektrik iletkenliği bakırın %65'i, ısı iletkenliği 0,5, ışık yansıtılabilirliği %90 olup, bu özellikler alaşım elementlerine ilave edilerek büyük miktarda değiştirilebilmektedir.

Bu element dünyada bileşikler halinde bulunmaktadır. Yerkabuğunda oksijen ve silisyumdan sonra en fazla bulunan üçüncü elementtir. Yerkabuğunun %8'ini oluşturmaktadır. Bu kadar yüksek miktarda olmasına rağmen alüminyumun varlığı İngiliz Sir Humphry Davy tarafından ilk olarak 1808 yılında tespit edilmiştir. Bu metalin üretim yöntemi Fransız Paul Louis Toussaint Héroult ve Amerikan Charles Martin Hall tarafından birbirlerinden habersiz şekilde ayrı ayrı çalışarak geliştirilmiştir. Günümüzde Hall-Héroult metodu olarak halen kullanılmaktadır. Bu metoda göre, alüminyum oksit ergimiş kriyolit içinde çözündürülerek üzerinden güçlü bir elektrik akımı geçirilir ve alüminyum elektrolitin altında sıvı olarak birikir. 1888'de İsviçre'nin Neuhausen kentinde Schweizerische Metallurgische Gesellschaft tarafından Hall-Héroult patentiyle, yine aynı yıl Amerika Birleşik Devletleri'nin Pittsburgh kentinde Pittsburgh Reduction Company tarafından Hall patentiyle ilk alüminyum elektrolizhaneleri kurulmuştur [1].

Elektrolizhanelerin kurulmasından sonra ekonomik ve teknik açıdan bu alanda çok ani gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. 1900'lü yıllara gelindiğinde İsviçre ve A.B.D.'nin yanı sıra Fransa (1889), İngiltere (1896), Almanya (1898) ve Avusturya'da (1899) alüminyum üreten ve geliştiren ülkeler olarak sıralanmıştır. Bu gelişmeler alüminyum üretiminin hızla artmasını sağlamıştır. 1900 yılında dünyadaki toplam yıllık alüminyum üretimi 8000 ton iken, bu miktar 1913 yılında 65000 tona, 1920 yılında 128000 tona, 1938 yılında 537000 tona, 1946 yılında 681000 tona, 2002 yılında 22-23 milyon tona ve 2003 yılında ise 25-27 milyon ton seviyelerine yükselmiştir. Yaklaşık 110 yıl önce ticari olarak üretilen alüminyum, insanoğlunun yüz yıllardır kullandığı bakır, kalay ve kurşunun şimdiki toplam üretimlerinden çok daha fazla miktarda üretilmektedir.

Otomotiv üreticileri için karbon emisyonunun azaltılması sürekli zorlayıcı bir konu olmuştur. Bu konudaki düzenlemelerin her geçen gün daha katı hale gelmesi küresel ısınma ve azalan enerji kaynakları gibi etkenlerin artması ile orantılı olarak artmaktadır. Otomotiv üreticileri bu düzenlemeleri sağlamak için araç hafifletme konusuna önem göstermekte ve çeşitli çözümler üretmektedirler.

Araç gövde komponentlerinde alüminyum gibi hafif malzemelerin kullanılması istenen emisyon azaltma ve yakıt tasarrufu hedeflerini direkt etkileyen bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Uluslararası Alüminyum Enstitüsü yayınladığı raporda, taşıt için kullanılan çelik yerine yarı ağırlığında alüminyumla yer değiştirmesi aracın bütün kullanım ömrü için toplam 10 kg daha az emisyon sağlayacağından bahsetmektedir. Aynı raporda, 2025 yılına kadar ise otomotiv üreticilerinin karbondioksit salınımını mevcut seviyenin üçte ikisinden aşağıya çekmeleri gerektiği vurgulanmaktadır. Hafifletilmiş tasarım sadece emisyon azaltma ve yakıt tüketimi için değil, aynı zamanda sürüş dinamiklerini geliştirmede önemli etkiye sahiptir [1].

Bu tez çalışmasının en temel amacı, Türkiye’de ilk kez araç kapılarında kullanılacak alüminyum alaşımı ile üretilcek yeni menteşe sistemlerinin tasarlanması ve prototip imalatının gerçekleştirilmesidir. Bu çalışma kapsamında genel amaca ulaşmak için öncelikli olarak %35-40 hafifletilmiş menteşe tasarımı yapılması ve otomotiv sektöründe kullanılan malzemelere alternatif malzemeler ile üretim yapılabilirliği hedeflenmiştir. Bu çalışmanın yenilikçi yönü, demir dövme metodu ile üretilen araç menteşelerinin, alüminyum dövme tekniği ile üretilip doğru mekanik özelliklerle birlikte hafif olması, korozyon durumlarına karşı dayanımı, parlama ve alev almazlık, kolay işlenebilir ve biçimlendirilmesi, %90-95 geri dönüştürülebilir olmasıdır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde birçok araştırmacı çeşitli malzemelerin dövme parametrelerini incelemiş ve ortaya çıkan ürünün içyapısı, mekanik özellikleri hakkında araştırmalar yapmışlardır. Pessard ve ark. dövme anizotropisi üzerinde çalışmış ve metalik olmayan kalıntıların yorulma dayanımı üzerine etkilerini modellemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında metalik olmayan kalıntı olarak mangan-sülfür bileşiğinin etkilerini gözlemlemişlerdir. En iyi dayanımın haddeleme yönünde yönlenmiş mangan sülfür numunesinde olduğu belirtilmiştir [9].

Liu ve ark. magnezyum alaşımlarının sıcak dövme prosesinin ve işlem parametrelerinin belirlenmesi üzerinde çalışmışlardır. Deneysel ve nümerik olarak yürütülen çalışma sonucunda sıcaklık ve şekillendirme hızının dövme işlemindeki en önemli parametre olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca sıcaklığın magnezyum alaşımlarının şekillendirilebilirliğini arttırdığını belirtmişlerdir [10].

Keul ve ark. Pessard ve ark. beynitik çeliklerin dövme yöntemi ile şekillendirilebilirliğini incelemişlerdir. Ortaya çıkan ürünün mikro yapısı ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmalarında yorulma dayanımının yöne bağlı olduğunu ve en iyi dayanımın haddeleme yönünde yönlenmiş mangan sülfür numunesinde olduğu gözlemlemişlerdir [11,12].

McKelvey ve ark. dövme yöntemi ile imal edilmiş çeşitli sertliklerdeki parçaların yüzey durumunun yorulma dayanımlarına etkisini araştırmışlardır. Cantilever bending ve rotating bending yorulma dayanımı arasında çok küçük bir fark olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca malzeme sertliğinin artması ile parçalarda yorulma dayanımlarının da arttığını belirtmişlerdir [13].

Babakhani ve ark. sıcak dövme işleminin parametrelerinden olan işlem sıcaklığı, gerinme ve soğutma hızını vanadyum esaslı dövme çelikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Soğuma hızının arttıkça malzemenin akma ve çekme gerilmesi ile sertliğinin arttığını, çentik darbe enerjisinin ise hızlı bir biçimde azaldığını açıklamışlardır. Ayrıca deformasyon sıcaklığının artması ile östenit tane büyüklüğünün arttığını ve deformasyon sıcaklığı ile soğuma hızının da gerinmeyi arttırarak malzemenin çekme ve akma gerilmesini de arttırdığını belirtmişlerdir [14].

Öztürk bir parçanın alüminyum dövme tasarım parametrelerine göre tasarlanmış olan dövme prosesi ve dövme kalıplarında iki farklı alaşımda (Al 7075 ve Al 6061) alüminyum dövme uygulamalarını analiz etmiştir. Önerdiği uygulamanın Sonlu Hacim Metodu kullanılarak benzetimini yapmış ve ihtiyacı olan dövme kuvveti, sıcaklık dağılımı ve parçadaki etkin gerilim dağılımını incelemiştir [16].

Tanner ve ark. 2014 serisi alüminyum alaşımlarında dövme işlemi sonucunda oluşan artık gerilmeleri azaltacak metotları araştırmışlardır. İki farklı sıcaklıkta su verme işlemini denemişler ve hangisinin daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Kalıntı gerilmeleri parçanın içerisine yerleştirdikleri strain gaugeler yardımıyla tespit etmişlerdir [17].

Wanga ve ark. geniş alüminyum flanşların üretilmesinde pres kapasitesinin ve maliyetlerin azaltılması için optimum tasarım parametrelerini incelemişlerdir. Optimum dövme şartlarını belirlemek için sıcak basma deneyini yapmışlardır. Ayrıca çeşitli testler ile gerilmelerin mekanik özelliklere olan etkisini araştırmışlardır [18].

Araştırmacılar sonlu elemanlar analizlerini bu üretim yöntemlerinin parametrelerini belirlemek için de kullanmışlardır. Jang ve ark. yaptıkları çalışmada üç boyutlu, doğrusal olmayan sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak radyal dövme ile işlenen asimetrik ürünlerde gerilme geliştirme çalışması yapmıştır. Sonuçlar yayınlamış deneysel sonuçlar ile karşılaştırılarak geliştirilen modelin gerçekliği doğrulanmıştır [19].

Kim ve ark. yüksek sıcaklıkta alüminyum alaşım jantların metal şekillendirme proseslerini sonlu elemanlar metodu ile analiz etmişlerdir. Çalışmalarında plastik deformasyon ve ısı transferi için termo-mekanik bir formülasyon geliştirmişlerdir. 6xxx serisi alüminyum alaşımları için farklı prosesleri de çalışmalarında incelemişlerdir [20].

Otomotiv endüstrisinde kullanılan parçalarının belirlenen kullanım ömürleri boyunca işlevlerini güvenli bir şekilde yapmaları istenmektedir. Bunun yanı sıra sektördeki ana sanayiler sürekli olarak ürünlerin garanti sürelerinin arttırılmasını talep etmektedirler.

Tekrarlı gerilmeler altında çalışan metalik parçalarda, gerilmeler parçanın statik dayanımından daha az olmalarına rağmen, belirli bir tekrarlanma sayısı sonunda özellikle yüzeyde bir çatlama ve bunu takiben kopmasına neden olurlar. Yorulma olarak adlandırılan bu hasar türünde dayanımını etkileyen pek çok parametre vardır. Bunlar, yüzey durumu, sıcaklık, çevre, frekans, yük ve gerilme koşulları, parçanın geometrisi ve özellikleridir [21].

Parçalara uygulanacak olan plastik şekil verme yöntemleri (dövme, roll forming, haddeleme vb.) sonucunda malzemelerin içyapılarında büyük değişimler ortaya çıkmaktadır. Bu içyapı değişikliği parçanın yorulma ömrünü etkilemektedir. Özellikle

dövme prosesinde metalik malzemelerin içyapılarında tane büyümesi oldukça sık rastlanan bir durumdur. Malzemelerde farklı deformasyonların oluşması sonucunda heterojen tane akışı görülmektedir.

Dövme prosesi esnasında, malzemenin döküm halindeki büyük kristalize tane yapısı kırılarak daha küçük ve ince bir yapıya dönüşür. Döküm yapı içindeki az yoğunluklu, mikro çekintili ve gaz boşluklu kısımlar, dövme sonucu ezilme ve kesitin küçülmesi ile orantılı olarak çok küçülürler ve döküm malzemedeki hatalı kısımlar dövme işlemi sonucunda kaybolurlar. Bu sayede mekanik özellikler artar ve homojen bölgeler elde edilir. Bu gibi özelliklerin tasarım ve üretim esnasında kullanılması gerekmektedir [22]. Chastel ve ark. sonlu elemanlar yardımı ile dövme prosesini modellemiş ve anizotrop dövme sonucunda içyapıdaki tane uzamalarının yorulma dayanımına olan etkisini araştırmıştır. Dövme işleminden sonra parça yüzeyinde kalan artık gerilmelerin malzemenin yorulma dayanımına olan etkisinin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir [22].

Mallapur ve ark. dövme ile üretilmiş A356 alaşımının mikro yapısını iyileştirmeye çalışmışlardır. Tane iyileştiricilerle yorulma dayanımının arttığı görülmüştür. Kimyasal kompozisyon optimum hale getirilmiştir [15].

Puertas ve ark. alüminyum alaşımlar ile izotermal dövme metodu ve ekstrüzyon metodu kullanılarak üretilmiş olan bir parçanın mekanik özelliklerini, içyapılarını ve yorulma dayanımlarını incelemişlerdir. Geleneksel yöntemlerle üretilen bir parçaya göre oldukça yüksek mekanik özelliklerin bu yöntemler ile kazandırılabilceğine değinmişlerdir [23].

Ren ve ark. dövme ile alüminyum malzemedan üretilmiş aks kutusunun yorulma özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında gerilme dayanımının dövme işlemi sonucunda L şeklindeki parçaların T şeklindeki parçalardan daha fazla olduğunu açıklamışlardır. Aynı zamanda yorulma dayanımının da L şeklinde üretilen parçada daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum dövme prosesine tabi tutulacak parçanın tasarımının artık gerilmeler nedeniyle yorulma dayanımına olan etkisinin büyük olduğunu göstermektedir [24].

Literatürde metalik malzemelerde dövme işleminin yorulma dayanımlarına olan etkisini inceleyen numerik ve deneysel birçok çalışma mevcuttur. Tüm makine elemanlarında olduğu gibi taşıtı oluşturan parçalarda da ömür faktörü sürekli göz önünde bulundurulmuştur. Bu nedenle kullanılan parçaların yorulma dayanımlarına tasarım ve üretim aşamalarında dikkat edilmelidir.

3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

3.1. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ DİĞER METALLERDEN FARKI

Alüminyum diğer metallere göre birçok alanda avantajlı kılan en önemli ana özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Hafifliğine karşın alaşımlandırıldığında yeterli mukavemet,
- Hafiflik,
- Tekrar kullanılabilirlik,
- Yüksek korozyon direnci,
- İyi işlenebilirlik,
- Dövülebilirlik,
- Şekillendirilebilirlik,
- Işık ve Isı yansıtıcılığı,
- Yüksek ısı ve Elektrik iletkenliği.

Alüminyum alaşımlandırılması suretiyle demirden üç kat daha hafif ve demire yakın mukavemette bir malzemeye dönüşebilmektedir. Bu özellikler sayesinde alüminyum otomotiv sanayinde kullanıldığında, aracın ağırlığını azaltarak yakıt tüketimini düşürmekte ve buna karşılık yük kapasitesini de arttırmaktadır. Bu özelliklerinin yanı sıra alüminyum normal atmosfer koşullarında oksijen ile reaksiyona girerek kendi yüzeyinde doğal bir koruyucu film tabakası oluşturur [1].

Mükemmel elektrik iletkenliğinden ötürü alüminyum, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım hatlarındaki hava hattı ve yeraltı güç kablolarında bakırın yerine kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyumun bir başka önemli özelliği de iyi ısı ve ışık yansıtıcısı olmasıdır. Bu özelliği nedeni ile ısı yataklarında ve aydınlatma aksamalarında yaygın olarak alüminyum kullanılmaktadır. Gıda ve ilaç ambalaj uygulamaları, toksit ve bulaşıcı özelliği olmamasından dolayı alüminyumun hemen hemen alternatifsiz olduğu farklı bir kullanım yeridir. Alüminyum folyo 0,007 mm kalınlığında dahi tam olarak aroma, gaz ve ışık geçirgensizliği sağlamaktadır. Alüminyum mikro parçacıklara dönüştürüldüğünde, som halde yanmaz özelliğe sahip olduğu için bu şekliyle büyük ısı

meydana getirerek yanabilmektedir. Bu özelliği sebebi ile roket yakıtı olarak kullanılabilir. Diğer metallere nazaran neredeyse %100 geri dönüşüm sağlayan alüminyumun geleceğin metali olmasını sağlayacağı düşünülen en önemli temel özelliklerinden biri de çevre dostu olma özelliğidir. 1980'li yıllarda gelişmiş ülkelerin çevre korumacılığı konusundaki halkın baskıcı tavrı sonucunda ve bu yıllarda başlayan petrol krizlerinin etkisiyle ekonomik, çevreyi az kirleten ve az enerji tüketen alüminyum kullanımı ön plana çıkmaya başlamıştır. Alüminyumun ilk üretiminde fazla enerji kullanılmasına rağmen geri dönüşümü için ilk üretimde harcanan enerjinin sadece %5'i seviyesinde enerjiye ihtiyaç olmaktadır. Uzun vadede diğer malzemelere göre tasarrufun yanında çevre atıklarının azalması yönüyle de daha ekonomik ve çevre dostu olduğunu göstermektedir. Alüminyum ön plana çıkaran yukarıda bahsedilen özelliklerin yanı sıra doğada neredeyse sınırsız miktarda bulunması bu malzemeyi yine vazgeçilmez kılmaktadır [1].

Otomotiv endüstrisinde yakıt tasarrufunu sağlayabilmek için son zamanlarda üzerinde durulan en önemli konu daha hafif otomobillerin üretilmesi olmuştur. Bu açıdan mükemmel dayanım/ağırlık oranına sahip olan alüminyum yine rakipsiz bir mazeleme olarak ilk sırada yerini almıştır. Alüminyum yaklaşık olarak çelikten %69 daha hafiftir. Buna rağmen aynı dayanımı ve güç faktörünü sergileyebilmektedir. Bu özellikler alüminyumun kullanım ağırlığını genişlemesinde ve tüketiminin artmasında büyük rol oynamaktadır. Bu sebeplerden ötürü, A.B.D. gibi gelişmiş ülkeler her sene yayınladığı sanayi raporlarında, alüminyum her zaman stratejik metaller içerisinde üst sıralara koymaktadır.

Çeliğin üçte biri ağırlığında olan saf alüminyum alaşımlandırma sonrasında demire yakın dayanıma sahip olmaktadır. Bu sayede bu malzemenin otomotiv araçlarının imalatında kullanımı, taşıtların ağırlığını azaltarak yakıt tüketimini düşürmekte ve ayrıca yük kapasitesini de arttırmaktadır. Endüstrideki birçok mühendislik uygulamalarında daha düşük yoğunluklu, rijit ve yüksek dayanımlı malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Toplam alüminyum kullanımının %24'ü otomotiv sektörüne yapılmaktadır. Günümüzde otomotiv sektörünün başında gelen otobüs ve kamyon gibi büyük kara taşıtlarının imalatında alüminyum kullanılması ile ciddi yakıt tasarrufu sağlanmaktadır [1].

Alüminyum alaşımları ısıtıl işlem uygulanan ve uygulanmayan şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Bu alaşımlardan 1XXX, 3XXX, 4XXX ve 5XXX serisine ısıtıl işlem uygulanmaz, bu alaşımlar yalnızca şekil değiştirme prosesi ile sertleştirilebilirler. Diğer grupta yer alan 2XXX, 6XXX, 7XXX ve 8XXX serisi alaşımlar ise ısıtıl işlem

uygulanenler olup ısıt ışlem ile setlik kazandırılabilir. Özgöl ağırlığının düşük olması, iyi elektrik ve ısı iletme kabiliyeti, yeterli derecedeki mekanik dayanımı ve plastik ıekillendirme kabiliyetinin yüksek olması sebebiyle alüminyum, farklı korozi ortamlarda sıkça tercih edilmektedir [2,3].

3.2. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ALÜMİNYUM

Güvenlik ve konfordan vazgeçmeyen otomotiv endüstrisi, yakıt tüketimini düşük tutabilmek için hem hafif hem de mukavemeti yüksek olan alüminyum kullanımını her zaman gündemde tutmuştur. Çünkü her koşulda bu amaçları karşılayan tek malzeme alüminyumdur. Binek araçlarda toplam ağırlığa oranla alüminyum kullanılabilirliği %25 olmasına rağmen günümüzde bu araçların sadece %6'sı alüminyum parçalardan imal edilmektedir. Bu oranın yükseltilmesi için sürekli olarak AR-Ge çalışmaları yapılmaya devam etmektedir. Yeni alüminyum alaşımlarının geliştirilmesi sonucu, bu malzemeler daha çok motor ve aksamı, hareket sistemleri, radyatörler ve aktarım organlarında kullanılmaktadır. Alman AUDİ firmasının yaptığı çalışmalarda, saf alüminyum üretmek için gereken enerji miktarının bir otomobilin 55000 ile 79000 km yol alması sonucu sağlayacağı yakıt tasarrufuna karşılık geldiği belirtilmiştir. Yani alüminyum üretimi için gereken enerji miktarını amorti edebilmek için bir aracın yaklaşık 80000 km yol alması gerekmektedir. Bu km'den sonra kara geçileceği düşünülmektedir. Günümüzde kullanılan araçların eskiye göre çok fazla km yapması bu sürenin yıllar geçtikçe daha da kısılacığı anlamına gelmektedir. Ayrıca geri dönüştürülen alüminyum sayesinde bu amortisman süresinin daha da azalacağı aşıkardır. Öyle ki, daha ilk kilometrelerde enerji tablosu geleneksel çelik malzemelere göre çok daha ekonomik olmaktadır. Araç konforunun artması ve yolcu güvenliğinin dikkat edilmesi ile yeni aksam eklenmekte ve bu da taşıt ağırlığında yükselişe neden olmaktadır. Araçların temel bileşenlerinin ağırlığı azaltılmaktadır. Fakat, bahsedilen nedenler sonucu ile toplam ağırlık aynı kalmaktadır. Yakıt tasarrufu için çözüm araçlardaki alüminyum ekipman miktarını arttırmaktır [2-4].

Jaguar, Audi, Lotus, Porsche ve Toyota gibi büyük otomobil üreticileri alüminyumun otomotiv sektöründeki kullanımına ilişkin olarak kapsamlı araştırmalara devam etmektedirler. Audi, karoseri tamamen alüminyumdan yapılan A8 modelini piyasaya sürmüştür. Bugün Japon ve Amerikan otomobillerinde 90 kg, Avrupa otomobillerinde 70 kg civarında alüminyum kullanılmaktadır. Bunun sonucunda, 100-130 kg civarında demir

elik ve bakır malzeme tasarrufu yapılmaktadır. 1960 model tipik bir Amerikan aracında bu oran 19 kg yakınlarındaydı [5-7].

3.3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDEKİ KULLANIM POTANSİYELİ

Bir otomobilde yaklaşık 50 kg civarında alüminyum kullanımı, yaklaşık 100 kg demir elik ve bakır malzeme tasarrufu demektir. Alüminyum kullanılan bir otomobil ile alüminyum kullanılmamış bir otomobil arasında kullanım ömrü boyunca 1500 litre daha az yakıt harcadacağı öngörülmektedir. Alcoa firmasının yaptığı bir araştırmaya göre alüminyum kaporta ve şasiye sahip otomobiller elik otomobillere göre %25 daha az yakıt tüketecektir. Kullanım ömrü süresince bir otomobilin 500.000 km yapacağı öngörüldüğünde, alüminyumdan üretilen otomobilin 10.000 litre daha az yakıt harcadacağı, CO₂ emisyonunun da 3 ton daha az olduğu hesaplanmıştır. Günümüzde 100 km’de 3 litre yakıt tüketen binek otomobiller üretmek artık bir hayal olmaktan çıkmıştır. Demiryolu, deniz ve özellikle hava ulaştırma sektörünün ürünlerinde de aynı avantajlar söz konusudur [8]-[9]. Yetmişli yıllardan başlayarak döküm parçalar ağırlıklı olmak üzere araçlarda yüksek miktarda alüminyum kullanılmaya başlamıştır. Binek araçlarda döküm, ekstrüzyon ve levha ürünü alüminyum alaşımlarının 2050 yılına kadar 250 kg’a ulaşması hedeflenmektedir. Geçmişte ve gelecekteki 2050 yılına kadar ki dönemde döküm parçalarının oranı azalırken toplam alüminyum oranının artması beklenmektedir. Bu da levha ve ekstrüzyon parçalarının miktarının artacağı anlamına gelmektedir.

Bilhassa araçlarda alüminyum levha ürünlerinin kullanılması geleneksel imalat yöntemlerinin de daha farklı ve gelişmiş teknolojiler kullanılmasını gerektirmektedir. Alüminyumun sunduğu ileri teknoloji çözümleri sayesinde güvenlik unsurlarından ödün verilmeksizin bir araçta 2 kg’lık geleneksel malzemenin 1 kg alüminyumun yerini alması önemli oranda araç ağırlığının azalmasına, toplam kullanım süresi boyunca çok önemli yakıt arttırımı elde edilmesini sağlayacaktır. Ford Motor Co.’nın 1994 yılında benzer model orta boy kırk araçta yaptığı toplam 310 kg’lık bir hafifletme, bütün araçlar için %8’e yakın yakıt tasarrufu sağlamıştır [1]. Bu çalışmanın daha kapsamlı sonuçları inceleyecek olursa, ortalama 1 lt benzinle 12 km yol giden bu araçlar için ekonomik kullanım ömürleri süresince kat edilen 160.000 km mesafe için 2100 lt yakıt arttırımı anlamına gelmektedir [2].

A.B.D. tarihinin en büyük otomotiv endüstrisi-hükümet ortak araştırma programlarından bir tanesinin kilit malzemelerinden biri alüminyumdur. Bu sebeple hükümet-endüstri-akademik grupların ortak amaçlarda bir araya gelmesini sağlayacak uzun vadeli planları hazırlanmıştır. Bu planları birincil alüminyum üreticilerinden başlayarak son kullanıcıların da olduğu bir kapsamda endüstrinin her alanında yoğun kullanımı, performans geliştirmeyi, maliyet düşürme, kalite artırma isteklerini içermektedir. Daimler-Chrysler, Ford Motor, GM ve Federal hükümet arasında geliştirilmiş bu araştırma-geliştirme çalışması, kısaca PNGV (The Partnership for a New Generation of Vehicles), alüminyum ve alaşımlarını yakıt tasarrufu geliştirme çalışması için vazgeçilmez bir hedef olarak özümsemiştir. PNGV tarafından, 2004 yılı sonu anı ile, hedeflenen amaç; ki bu AMAÇ 3 olarak da isimlendirilmektedir, prototip, orta boy sedan araçlarda güvenlik, boyut, maliyet ve kullanım etkinliğinden ödün vermeksizin 1 lt benzinle yol alabilecek mesafe 26 km'dir.

Alüminyum gibi hafif metallerin otomobillerde kullanılması hedeflenen emisyon azaltma/yakıt tasarrufu amacına direkt etki eden çözümlerdendir. IAI (International Aluminum Institute) raporlarında açıklanması, bir otomobil için kullanılan her 1 kg çeliğin yerine 500 gr alüminyum kullanılması aracın tüm kullanım ömrü için toplam 10 kg daha az emisyonu neden olacağı şeklindedir. Ortalama olarak bir araçta 125 kg alüminyumun karşılığı olan çeliğin aracın ağırlığından azalması sebebiyle, 1999 yılında A.B.D.'de üretilen 15.000.000 araç için toplam ömürleri boyunca 18.750.000.000 kg'lık daha az emisyon gerçekleşecektir. Bunun dünya boyutunda uygulanması ise kuşkusuz çok önemli gelişmeler anlamına gelmektedir. Otomotiv üreticileri artık araçlarının çevre üzerindeki şiddetlerini daha doğrulukla ölçebilmek amacıyla yeni analitik çözümler kullanmaktadırlar. "Yaşam döngüsü analizi" olarak adlandırılan bu metottaki yaklaşım, aracın imal edilmesinde ihtiyaç duyulan alüminyumun üretim sürecinin çevre üzerindeki tesirlerinden başlayarak, aracın kullanımı ve sonunda hurda olarak çevreyi etkilemesine kadar oluşan süreçte çevreye etkilerinin nicel olarak tarif etmektedir. Alüminyumun boksit cevherinden yüksek saflıkta hazırlanması aşamasında önemli miktarda Karbon-Flor temelli gazlar atmosfere bırakılmaktadır. Bilindiği gibi sadece CO₂ değil kloroflorokarbon gazlarında global ısınmada olumsuz etkiye sahiptir. Bu durumda alüminyumun geri kazanımı önemli hale gelmektedir. Çünkü geri kazanımla üretilen alüminyum, birincil üretimden alüminyumun eldesinin ihtiyaç gösterdiği enerjinin sadece %5'lik kısmı ile elde edilebilmektedir. 1968-1987 yılları arasında A.B.D. alüminyum

üretiminde CO₂ emisyonu %33 civarında azalmıştır. Bunun en temel nedeni ise yeniden dönüşümden gelen alüminyum ve alaşımlarının kullanılıyor olmasıdır [4].

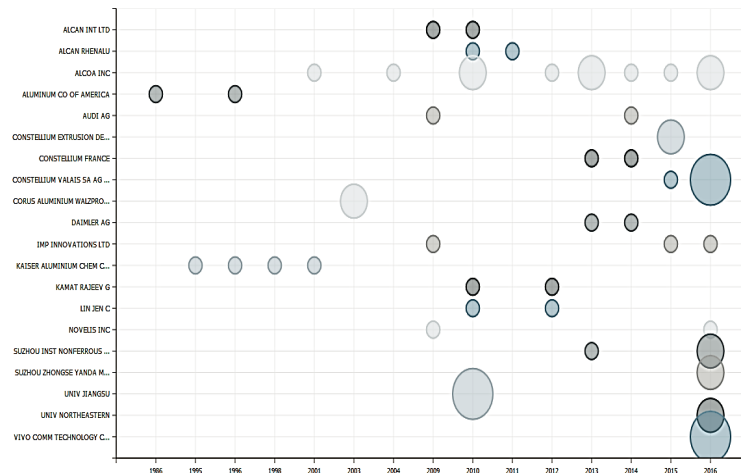
3.4. ALÜMİNYUM TÜRLERİ

Alüminyum, demir-çelik malzemelere kıyasla yaklaşık üç kat daha hafif olması ve mekanik özelliklerinin üstünlüğü sebebi ile günümüzün en fazla kullanılan ikinci metal türüdür. 6xxx ve 7xxx serisi alüminyum alaşımlar en yaygın kullanılan ve geniş bir uygulama alanına sahip alaşımlardır. 6xxx serisi alüminyum alaşımları 7xxx serisi kadar mukavemet özelliği göstermemelerine rağmen iyi şekillendirilebilirlik, işlenebilirlik ve iyi korozyon direnci gösterdiklerinden dolayı tercih edilen bir alaşım türüdür. Çizelge 3.1’de menteşe malzemesi olarak seçilen 6013 serisi alüminyum alaşımının bileşen dağılımı gösterilmiştir [6].

Çizelge 3.1. 6013 alüminyum kimyasal bileşenleri

Element Adı	Al	Mg	Si	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ti
İçerik Oranı (%)	94.8-97.8	0.80-1.2	0.60-1.0	0.60-1.1	0.20-0.80	0.50	0.25	0.10	0.1

Global Patent Index veri tabanı kullanılarak dünya çapında yapılan araştırmada 6xxx serisinde ve özellikle 6013 serisi alüminyum üzerine yayınlanmış 81 adet patent dokümanına ulaşılmıştır. Şekil 3.1’de firmaların yıllara göre patent dokümanlarının dağılımı gösterilmektedir. Son yıllarda patent sayılarındaki artış endüstriyel olarak alüminyuma olan talebin bir göstergesi olduğu anlaşılmaktadır [7].



Şekil 3.1. Firmaların yıllara göre yayınlanmış patent dağılımları

4. DÖVME TEKNIĞİ

Metallere Şekil vermek için günümüzde birçok teknik kullanılmaktadır. Üretilmek istenen parçanın üstün mekanik özelliklere sahip olması istenildiğinde dövme yöntemi ön plana çıkmaktadır. Dövme prosesi, darbe veya basınç altında kontrollü bir plastik Şekil değiştirme sağlanarak, metale istenen Őekli verme, tane boyutunu küçültme ve mekanik özelliklerini iyileŐtirme amacıyla uygulanan bir plastik Şekil verme yöntemi olarak tanımlanabilir. Sadece basma kuvvetlerinin Şiddeti altında genellikle sıcak, yarı sıcak veya soğuk olarak gerçekleştirilir. Birçok parça yüksek mukavemet istendiğinde dövme yoluyla Şekillendirilmektedir [8].

Sıcak dövme prosesinde daha az kuvvet ihtiyacı bulunurken parça ölçüleri istenilen hassaslıkta elde edilemez. Büyük ebatlı parçalar bu Şekilde daha kolay dövülür. Yüzey pürüzlülüğü de uygun değildir. Çünkü yüzeyde oksit içerirler. Soğuk dvmede ise daha büyük kuvvete ihtiyaç duyulur bu nedenle malzemenin sünek olması istenir. Parça boyutları fazla iyi çıkar. Orta ve kk ebatlı parçalar soğuk olarak dövülür. Yüzey pürüzlülüğü iyidir. Dövme ile, yüksek mukavemet, tokluk elde edilir. Kontrollü bir tane akışı elde edilir. Dvlen parçaların çoğu sonradan iŐlenir veya ısıl işleme tabi tutulur [8]. Dövme işleminin birinci adımı sıcak Şekillendirme ile külçe malzemeyi kütük haline dönüŐtürme işlemidir. Böylelikle bünye içerisindeki döküm yapısında bulunan boŐluklar kapatılır ve ilgili ürünün dövme işlemi ile üretilmesi öncesi ihtiyacı olan başlangıç ölçüleri elde edilir. Elde edilen malzeme bazı tekrardan kristalleŐme adımlarından sonra son özelliklerine kavuŐur. Daha sonraki homojenizasyon işleminde sonra malzeme dövme işlemine hazır hale gelir.

Dövme işlemi malzemeye plastik deformasyon verecek ve son Őekilin elde edilmesini sağlayacak önce kaba daha sonra hassas Şekillendirme işlemleri içerir. Bütün bu Şekillendirme işlemleri yüksek hacimli preslerin kullanımını zorunlu kılar. Bu iŐlemlerde Őahmerdan, vidalı pres ve hidrolik pres kullanılmaktadır. Őahmerdan en eski ve en ekonomik deformasyon uygulamasıdır. Hemen hemen 32 Ton kapasitede Őahmerdanlar mevcuttur ve yüksek deformasyon oranları elde edilir. Vidalı Preslerdeki deformasyon oranları Őahmerdana göre daha az olmakla birlikte hala yüksek seviyelerdedir. 35.000 tona kadar kuvvet uygulayabilen presler bulunmaktadır. Hidrolik preslerde kafa hızı

kontrollüdür, 70.000 tona kadar kuvvet uygulanabilmektedir. Teknolojideki değişimler sayesinde bu ekipmanların deformasyon kontrolü ve form yetenekleri arttıkça malzemelerin özellikleri de daha iyiye gitmektedir. Isıl işlem, kimyasal yüzey temizlikleri sonrası son işlemler olarak teknik resim/malzeme standardında belirtilen kontrol teknikleri (tahribatsız muayene, boyutsal ölçüm, mekanik testler) gerçekleştirilir. Dövme işleminde kısa ve orta vadede sonraki işleme maliyetlerinin azaltımı için son parça şekline yakın parça imalatına yönelik hassas dövme, izotermal ve sıcak kalıp dövme tekniklerinin artacağı öngörülmektedir [8].



5. MENTEŞE SİSTEMLERİ

Taşıtların hafifletilmesinde aracı oluşturan her bir parçanın hafifletme potansiyeli göz önüne alınmalıdır. Kapıyı araç gövdesine bağlayan menteşe sistemleri de hafifletme bakımından potansiyele sahip parçalardır. Kapı, yük veya yolcu taşıma amacıyla üretilmiş olan bütün taşıtlarda bulunan önemli bir komponenttir. Aracın içerisine girişi ve çıkışı sağlayan bu parçanın tasarlanıp üretilmesinde firmalar güvenlik, konfor ve ergonomi konularında detaylı araştırma ve geliştirme faaliyetleri yapmaktadırlar.

Kapılar, taşıtta giriş çıkışın yapılabilmesi için hareketli menteşeler yardımıyla gövdeye bağlanırlar. Ayrıca güvenlik gerekçesi ile uluslararası regülasyonlar çerçevesinde kapının ve araca bağlantısını sağlayan elemanların herhangi bir çarpışma etkisi altında içerideki yolcu güvenliğini koruyabilecek yapıda olması istenmektedir.

Menteşeler sistemleri kapıların araç gövdesine bağlanmasını sağlayan en temel mekanizmalardır. Birincil fonksiyonları araç içinden dışına ya da dışından içine ulaşım imkânı sağlamaktır. İkincil fonksiyonları ise araç seyir halindeyken kapının kapalı konumunu korumak suretiyle araç içindeki yolcunun, yükün vb. güvenliğini sağlamaktır. Menteşeler bu iki fonksiyonunu araç ömrü boyunca kaybetmemelidir. Aksi takdirde kapı gövde bütünlüğü bozularak insan hayatını tehlikeye atan ciddi kazaların meydana gelmesine sebep olacaktır. Standart bir binek araç üzerinde dört adet yolcu kapı menteşesi ile iki adet kaput menteşesi (Bagaj kapısı, Motor kaputu) bulunur. Ticari araçlarda ise kargo kapısı denilen arka kapılarında kapı tasarımı ve üreticisine bağlı olarak değişim göstermekle birlikte en az dört adet farklı açılma açılara sahip menteşe sistemi bulunur. Menteşeler araç kapılarının açılma kapanma kinematiklerinin temelini oluştururlar. Kapıyı tüm aksesuarı ve ağırlığıyla üzerinde taşıyan dinamik parçalardır. Açılma kapanma hareketinin temelinde kapı ağırlığı, açılma açısı bulunmaktadır. Ayrıca menteşenin kullanılacağı aracın dizayn temeline göre menteşenin farklı yönlerde taşıyacağı yükler göz önünde bulundurularak tasarım ve üretimi gerçekleştirilmelidir.

Menteşeyi oluşturan parçalar, soğuk veya sıcak şekillendirme prosesleri ile pres kullanılarak şekillendirilmektedir. Menteşe gövdesi St-52 çelik malzemeden imal edilip dövme işlemi ile şekillendirilir. Daha sonra istenilen boyutlara getirmek için talaş kaldırma işlemlerine tabii tutulur. Birleştirme işlemleri ise perçinleme, çakma, ezme,

kaynak operasyon ya da operasyonları ile gerçekleştirilmektedir.

Literatürde birçok araştırmacı otomotiv kapıları ve onları taşıta bağlayan menteşe mekanizmalarının üretim tekniklerini, kullanılan malzemeleri ve üzerine gelen kuvvetler ile ortaya çıkan durumları incelemişlerdir.

Toan ve ark. kapı menteşelerinin pres ile şekillendirilebilme özelliğinin iyileştirilmesi için sonlu elemanlar analizi ve taguchi metodlarını kullanarak kod oluşturmışlar ve menteşe üzerindeki köşe radüsleri ve çıkıntı yükseklikleri optimize edilerek araç kapı menteşelerinin pres ile şekillendirilebilme özelliğini iyileştirmişlerdir [25].

Zhu ve ark. yaptıkları çalışmada MIG Kaynağı ile araca bağlanmış olan kapı menteşelerinin sonlu elemanlar analizini yapmışlar ve menteşelerin hem termal hem yapısal olarak maruz kaldıkları olumsuz durumları incelemişlerdir. Kaynak prosesinde ortaya çıkan ısı nedeniyle meydana gelen deformasyonların yol açtığı fonksiyon problemlerin giderilmesine yönelik araştırma yapmışlardır. Ayrıca bu çalışmada sonlu elemanlar analizleri ile elde edilen sonuçlar deneysel veriler ile doğrulanmıştır [26].

Darwish ve ark. çalışmalarında otomobil kapılarını incelemişlerdir. Kapı üzerinde oluşan yüklemeleri ve gerilmeleri statik ve modal analizler ile ortaya çıkarmışlardır. Çalışmada kapı üzerinde oluşan maksimum gerilmelerin menteşeler üzerinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kapıyı araca bağlayan menteşe sayısının artırılması ile de kapının rijitliğinin arttığı ve doğal frekansının yüksek değerlere çıktığı modal analizler sonucunda ortaya çıktığı görülmüştür [27].

Jianhui Zhou ve ark. menteşelerin kapı üzerindeki konfigürasyonlarını incelemişlerdir. Sonlu elemanlar analizleri ile farklı yerleşim düzenlerini ve uç mesafe oranlarını inceleyerek optimum düzen ve uç mesafesini belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca uç mesafesinin menteşenin deformasyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Uç mesafesi oranı azaldıkça maksimum deformasyonun da azaldığını ve bu oranın iki menteşe arasında 1/8 den fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Menteşe sayısına bağlı olarak da maksimum deformasyon miktarı değişimi incelenmişler ve maksimum deformasyonun menteşe sayısı ikiden fazla olduğunda azaldığını göstermişlerdir [28].

Yapılan literatür araştırması sonucunda taşıtların enerji verimliliğini arttırmak ve yakıt tüketimini azaltmak için inovatif tasarımlar eşliğinde geleneksel malzemelerin yerine alüminyum, yüksek alaşımlı çelik ve magnezyum malzemelerinden üretilmiş parçalar ile taşıt ağırlığında hafifletmenin oldukça yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. Bu malzemelerin doğru tasarım ve üretim tekniği ile birlikte kullanılması sonucu performans ve güvenlikten ödün vermeden yüksek mekanik özelliklerin sağlanabildiği görülmüştür.

Bu çalışmada ayrıca otomotiv sektöründeki parçaların üretilmesinde sıklıkla kullanılan dövme yönteminin önemi, işlem parametreleri ve literatürde bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalardan bahsedilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda dövme prosesindeki iyileştirmeler ile mekanik özellikleri yüksek, düşük maliyetli parçaların üretiminin mümkün olduğu görülmüştür.

Araç kapılarını gövdeye bağlayan menteşe mekanizmalarının üzerinde oluşan gerilme dağılımlarının, kapı ve çevre tarafından maruz bırakıldığı yüklemelerin sonlu elemanlar metodu yardımıyla literatürde incelendiği görülmüştür. Menteşelerin tasarım aşamasında bu yüklerin göz önünde bulundurulması, doğru malzeme ve üretim yöntemi seçimi ile düşük maliyetli daha hafif ve istenilen mekanik özelliklerde menteşelerin üretiminin mümkün olduğu görülmüştür.



6. KOROZYON

Korozyon; malzeme yüzeyinden başlayan ve malzeme derinliklerine doğru kimyasal ve elektrokimyasal bir tepki ile etki oluşturarak bir malzemenin değişikliğe uğraması ya da aşınması işlemidir.

Korozyon işlemi, metal alaşımlarının prosesinin zıt şekilde çalışmasıdır. Doğada soy metaller hariç, gelişen tekolojide önemli bir yer tutan metal alaşımların birçoğu doğada “bileşik” şeklinde bulunur. Başka bir söyleyişle metal alaşımların doğanın farklı hallerine maruz kalabilecek durumu “bileşik” durumu olup oksit, sülfür veya karbonat şeklindeki bir maden özü biçimindedirler. Üretilen metal ve alaşımların ise yeniden kararlı durumları olan “bileşik” şekline gelme durumları fazladır. Bu durumda metal alaşımlı malzemeler, aynı oluşum içinde oldukları ürünler ile tepkime oluşturarak 1. durumda iyonik hale ve 2. durumda ise ortamdaki farklı elementlerle “bileşik” halini oluşturmaya çalışırlar. Bunun sonucunda kimyasal farklılık gösterirler ve bozunma olayı yaşanır. Sonuç olarak metal alaşımlarının belli özellikleri (kimyasal-fiziksel-mekanik vb.) farklı değişikliklere yani ürün üzerinde yıkım oluşturur. Korozyonun metal alaşımlarındaki bozunma tepkisine (oksidlenmesine), hem de bu tepkimenin neden olduğu deformasyona verilen isimdir. Bilinen şekilde korozyon metal alaşımlarının ortamları ile kimyasal ve elektrokimyasal tepkimelerinin oluşumunu tariflemek adına kullandığımız tabirdir. Fakat yeni sonuçlar metal alaşım içermeyen ürünlerin ve ortam durumlarından aynı şekilde etkilendiklerini görülmektedir. Örneğin, metal alaşımlarının gerilimli korozyonla reaksiyonlarını tariflemek adına oluşturulan mekanizmalar cam, seramik malzemeler, polimerler ve teknolojik çağın yapı malzemeleri olarak oluşmaya başlayan bileşik malzemelere başarı uygulanmaya başlanmaktadır. Bu sebeple, korozyon söylemi yapı malzemesi özelliği taşıyan bütün malzemelerin ortamın etkisi ile oluşan reaksiyonlarını içerecek şekilde kullanılabilir. Türçemizde tam anlamıyla yer etmiş olan paslanma tabirini demir ve demir türevi içeren ürünlerin (çelik ve dökme demirler) korozyonu, pas tanımını da benzer tipte malzemelerden meydana gelen durumu korozyon olayı şeklinde açıklayabiliriz [29].

6.1. KİMYASAL KOROZYON

Metal alaşımlarının gaz mekanizmaları içerisindeki prosesi oksitlenme olayıdır. (kuru korozyon). Korozyonun bir ürünü olarak meydana gelen ve metal dış bölümünü kaplayan oksit tabakası iyonik ve elektronik iletkenliğe sahip elektrolittir. Fakat etrafımızı saran rutubetli ortamın meydana getirmiş olduğu bu korozyon olayı kapsam dışındadır [29].

6.2. ELEKTRO KİMYASAL KOROZYON

Metal alaşımların ıslak mekanizmalar içinde reaksiyon oluşturmaları elektrokimyasal korozyon olarak adlandırılır (ıslak korozyon). Elektrokimyasal durumu elektrik yükü ayırım durumunu akla getirir. Elektrolitle anot ve katot ismi ile adlandırılan iki elektrot mekanizmasından meydana gelir. Elektrolit iyonik iletim yetisine sahiptir. Katot elektrokimyasal durumda daha soy olan metaldir. Bu tip mekanizmalarda ortaya çıkan durum, elektrik ayrıştırılması ile meydana gelen anyon ve katyonların tepkimesidir. Bu durumun sonucu yeni korozyon oluşumdur. Kimyasal korozyonunda elektrokimyasal bir sistemle meydana geldiği aşıkardır.

Mevcut sistemlerde bu iki korozyon tipinin de elektrokimyasal sistem ile meydana geldiği bilinmektedir. Fakat en baştaki ayrımsızlığa rağmen kimyasal ve elektrokimyasal korozyon farklılığı oluşması bulunmaktadır.

Birbiri ile temas durumu ayrı olan, farklı iki metal arasında nemli bir ortam olduğu takdirde oluşan elektroliz durumundan ortaya çıkan aşırı hızlı bir aşınma (korozyon) tipi, elektrokimyasal korozyondur. Korozyonun önüne geçmek Demir-Bakır, Alüminyum-Bakır, Alüminyum-Paslanmaz Çelik gibi malzemeler için mümkün olamayabilir.

Mesela demir, malzeme üzerindeki su filmi içerisinde bulunan çözünmüş havanın oksijeni ile tepkiye girerek reaksiyon oluşturur. Bu sistemlerde oluşan demir iyonları ise su ve oksijenin reaksiyonu ile demir hidroksiti meydana getirirler. Demir hidroksitin tekrardan oksitlenmesi (üç değerlikli demire) ise alışa gelinmiş kahverengi pası, hidrate demir oksidi, verir: $Fe_2O_3 \cdot H_2O$. Oksitleyici madde yani oksijen, sınırlı seviyede ise siyah magnetit, Fe_3O_4 oluşur. [29].

6.3. KOROZYONUN MEYDANA GELME NEDENLERİ

Tüm metaller, doğada mevcut haldeki minarel şekline gelme çabasındadırlar. Doğadaki metallerin en kararlı hali en az enerji taşıyan bileşiklerdir. Bu bileşikler özel sistemler ve yöntemler kullanılarak metal haline getirilebilir. Fakat metallerin çoğu element iken kararlı değildir. Ortamın uygun duruma gelmesi koşulu ile üstünde bulunan enerjiyi geri vermesi ile istemsiz olarak tabiatta oluşmuş olduğu önceki bileşik haline geri gelme eğilimi gösterir. Bunun sonucunda korozyon tepkilerinde sürekli bir serbest enerji azalması durumu oluşur. Bu serbest enerji değişimi metallerin korozyona uğrama yakınlığı ile doğrudan ilgilidir.

Mesela, hematit (Fe_2O_3) demirin doğada en fazla rastlanan mineralidir. Metalik demir elde edebilmek için yüksek fırında kok kömürü ile indirgenmesi gerekmektedir. Oluşan demir, sulu çözeltiler içinde veya nemli atmosferde kolaylıkla korozyona uğrayarak “pas” diye tabir edilen korozyon ürünlerini oluşturur. Bu nedenle metal almış olduğu enerjiyi geri vererek tabiattaki hâline geri gelir. [29].

6.4. KOROZYON TEPKİMELERİ

Korozyon oluşumu esnasında elektron veren-yükseltgenme tepkimeleri ile elektron alan-indirgenme tepkimeleri ile beraber meydana gelirler. Demir metalinin bulunduğu ortamdaki elektron veren-yükseltgenme ve elektron alan-indirgenme tepkimeleri aşağıdaki gibidir:

- Elektron alan-indirgenme tepkimeleri, Metalik iletken den iyonik iletkene olan pozitif yük transferini gerçekleştiren elektron reaksiyonudur. Anodik reaksiyon daima bir oksitlenme reaksiyonudur.
- Elektron alan-indirgenme tepkimeleri, Metalden elektrolite negatif yükün transfer olduğu elektrot reaksiyonudur. Katodik reaksiyon daima indirgenme reaksiyonudur.
- Elektrot Reaksiyonu, Elektrolit ve metal ara yüzeyinde yük transferine neden olan kimyasal reaksiyondur. [29].

6.5. KOROZYON SÜRAT BİRİMLERİ

Prensip olarak metallerin korozyon hızları iki ayrı şekilde ifade edilir:

- Birim zamanda, birim yüzeyde oluşan kütle kaybı.
- Birim zamanda metal yüzeyinde oluşan kalınlık azalması.

Korozyon hızı aşağıdaki birimlerle ifade edilir:

- Korozyon Penetrasyonu: Korozyon oluşumu neticesinde meydana gelen metal kalınlığında bir senede oluşan azalma, mm/yıl (MPY).
- Ağırlık Kaybı: Korozyon oluşumu neticesinde meydana gelen metal yüzeyinin 1 m²'sinde 1 günde meydana gelen ağırlık kaybı, g/m² gün (GMD).

Korozyona Etki Eden Durumlar

- Ortamın Etkisi: Metallerin bulunukları ortam korozyon olma hızlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Bulunulan platformdaki nem oranı, asitlik–baziklik seviyesi, oksijeninin, suyun veya havanın çevre tarafından geçirilebilme özelliği, kaçak akımlar ve çeşitli mikroorganizmalar korozyonun başlaması takiben hızlanmasına etki bir sebep olarak sonuçlanır.
- Sıcaklığın Etkisi: Çevre sıcaklığının artması iyon hareketlerini hızlandırarak korozyon oluşumunu biçimlendirir ve oluşuma yön verir. Çevre sıcaklığı -50 ile +50°C aralığında olan toprak 0°C derecede donma eğilimi gösterir ve iyon hareket hızı en az düzeye gelir. Sıcaklığın artmasının oksijen konsantrasyonunu düşürücü bir etkisi olduğu söz konusudur. Ama bu etki iyon hareket durumunun artmasından dolayı tepkilerin bu durum yanında çok fazla etkisiz kaldığı gözlemlenmiştir.
- Malzeme Seçimini Etkisi: Malezemelerin potansiyel farkları durumu ile metallerin birlikte kullanılmasından dolayı korozyona sebep olan meydana gelmiş olur. Bu durum korozyon olayını tetikleyici bu süreci hızlandıran bir nedendir. Mesela, en çok yapılan hatalardan biri ise çelik sacdan üretilen malzemelerin üzerine montaj edilen paslanmaz çelik civata ve contalar o kısımda galvanik korozyona sebep olma eğilimlerine açıktırlar. Bu durumda yüzeye cıvatalar ya da contalar plastik bir malzeme ile ayırıcı olarak kullanılmalı ve izole edilmelidir.
- Taneler Arası Özellik Farkları: Korozyon başlangıcı için uygun bir durum oluşturan sebeplerden biride metallerin parça boyutları arasındaki farklar ve iki parçadaki farklı yoğunluklar neticesinde iki parçanın sınıridir. Bu durumda en çok yapılan bir hata da paslanmaz çelik malzemelerden üretilen tanklar ve aynı yapılarıdaki kaynak bölgeleri

malzemenin farklılaşmasına sebep olarak üretici tarafından hiç beklenmedik şekilde korozyona uğratmaktadır. Bu kötü durumu ortadan kaldırmanın yolu ise elektrotlu kaynak kullanmak veya koruyucu olarak galvanik anotlu katodik koruma mekanizması oluşturmaktır.

- Sistem Tasarımı: Korozi ürünlerin çalışmasının yapıldığı mekanizmalarda korozi çevrenin etkilerini durdurmaya yönelik tasarımlar ön görülmeli ve geliştirilmelidir. Özellikle arasında sıvı oluşumlarına ve toplanmasına neden olabilecek çok ince aralıklardan ve bu durumları yaratabilecek tasarımlardan çekinmelidir.
- Sistemin Bulunduğu Platformun Oksijen Yoğunluğu: Benzer çeşit toprak içinde çözünmüş hava yoğunluğu her koşulda aynı olmayabilir. Fakat çeşitli havalandırma durumlarındaki mekanizmalarda birbiri ardına gelen mekanizmalarda tek bir alanda anot iken yakın bir alanda katot görevi görerek elektrokimyasal korozyona neden olabilir.
- Zemin Elektriksel Özgül Direncinin Etkisi: Düşük elektriksel özgül dirençli alanlarda iletkenliğin yüksek olma durumu iyonik ortamda daha fazla aktif olmasına neden olma durumunu meydana getirmektedir. Bu sebepten oluşan korozyon hareketi fazlasıyla etkili bir şekilde oluşma eğilimi göstermektedir [29].

6.6. KOROZYONUN ÖNEMİ VE KOROZYON KAYIPLARI

Endüstrinin her alanında korozyon oluşum problemleri ve durumu boy göstermektedir. Ortam koşullarına açık bulunan direkler, tanklar, korkuluklar depolar, taşıt araçları, yeraltı boru hatları, betonarme demirleri, iskele ayakları, gemiler, fabrikalarda kimyasal madde doldurulan kaplar, borular, depolar ve birçok proses parçası korozyon durumu ile karşılaşmaktadır. Bahsi geçen ilgili sistemler korozyon nedeni ile beklenen mekaniksel özelliklerini yerine getiremeyip daha az sürede devre dışı kalmakta olup çevresel ve ekonomik kayıplar oluşmaktadır.

Korozyon metal alaşım içeren tüm malzemelerin aldığı ağır bir hasar ve kayıptır. Ekonomik yönden tüm ülkelerde fazlaca kayıplar oluşturmalarına sebep olur. Ayrıca korozyon sebebi ile oluşan zararlar aşağıdaki gibi açıklanabilir:

1- Korozyon öncelikli olarak insan yaşamını ve sağlığını olumsuz etkileyen bir durumdur. Bakır elementinin korozyon oluşmasında büyük etken olması ürünlerin insan sağlığı için çok zararlı olması sebeptir. Bu nedenle bakır ürünler yüz yıllardır kalayla kapatarak

kullanılmışlardır. Havacılık sektöründe birtakım kritik ürünlerin korozyon sebebi ile parçalanması veya çatlaması uçağın arızalanmasına ve can kaybına sebep olabilir.

2- Korozyon tüm dünyada sınırlı sayıda bulunan metal alaşımların yok olma ve kaynaklarının azalma sebeplerinden biridir. Her sene üretilen metalik malzemelerin yıl bitimine yaklaşık 1/3'ü korozyon sebebi ile kullanılmaz duruma gelmektedir. Kullanılmayan metalik malzemeler hurda olarak kısmen değerlendirilebilirse de 1/3'ü bir daha geri dönüşütürülemez üzere kaybedilir, yani doğaya geri döner. Bu durum ise senelik metalik malzeme üretiminin 1/10'unun, korozyon sebebi nedeniyle, bir daha geri kazanılamamak şartı ile kaybı anlamına gelmektedir.

3- Korozyon sebebi nedeniyle sadece malzeme kaybı oluşmamaktadır. Bunun yanı sıra “özsermaye- emek- enerji ve bilgi” de yok olur.

Metalik malzemelerin imal edilişi “özsermaye- emek- enerji ve bilgi” gerektirir. Korozyon sebebi ile kullanılamaz duruma gelmeleri bu sebep ile ekstra kayıplara sebep olur.

4- Korozyon çevreyi kirletir ve ayrıca kirli ortam metal korozyonunu hızlandırır.

Metal alaşımlı malzemelerin zararlı olan bölümleri eğer doğaya geri döner ise bu kısmı çevreyi kirletir. Bu kötü ortam ise korozyonu daha çok etkiler ve hızlandırır. Mesela, metalik safsızlıklarla kirli iletkenlik ve sebebi ile korozyon çoğalır. Bakır iyonu bulunduran sular dökme demir veya alüminyum yüzeyle temasta bulununca bakır metalik bir duruma döner ve metali (dökme demir veya alüminyum) çözer; ayrıca açığa çıktığı kısımlarda korozyonu hızlandırır, delikler çukurların oluşumuna sebep olur.

Atmosfer ve su kirliliğini çoğaltan bir sebep ise metal kaybı yeni metal üretimini ve sonucunda ilave bir kötü ortam koşulu oluşturur. Kirli çevrede ise metaller daha hızla korozyon oluşumuna sebep olurlar.

5- Gelişen teknoloji ile korozyon olarak nitelendirilebilecek problemler daha aşağı seviyelere çeklebilmektedir.

Örneğin, ilaç endüstrisi veya atom santrallerinde “korozyon” olarak adlandırılabilen metal çözünmesi ile atmosferik durumlarda bir çelik yapının “korozyon”u arasında çok fazla farklar vardır. Atmosferik durumlarda korozyon sebebi ile oluşan kalınlık azalmaları normal olduğu varsayılırken bir atom santralında soğutma suyunun içinden geçtiği borularda korozyon olayının hiç olmaması beklenir.

Korozyon nedeniyle oluşan mali kayıpların hesaplanması çok güçtür. Bu durum nedeniyle korozyondan dolayı oluşan malzeme ve işçilik kaybı yanında, gözle görülmeyen bazı ikincil eksikliklerin gözlenmesinden kaynaklanır. Korozyonun direkt

oluştugu ürün ve işçilik kaybına, korozyon nedeni ile oluşan diğer kayıpların da eklenmesi gerekmektedir. [29].

6.7. GALVANİK KOROZYON

Birbirinden farklı iki metal alaşım bir korozyon durumu teşkil edecek ortama daldırılır ve elektriksel bir bağ ile birbirine bağlanırsa, bir pil meydana gelir. Bu metal alaşımlardan elektrod potansiyeli daha elektronegatif olan metal anot olarak korozyona mağruz kalır. İki metal arasında meydana gelen potansiyel fark korozyonun hızı bağlıdır.

Bu durum metal alaşımlarından hangisinin anot olacağı elektrot potansiyeli göz önüne alınarak anlaşılabilir. Bu çalışmaya bilinen Standard Elektromotor Kuvveti Serisi güzel bir örnektir ve iyi bir fikir verir.

Galvanik korozyon için şu önlemler alınabilir:

- Metallerin temasını önlenmek için galvanik seride birbirinden uzak tutulması gerekmektedir.
- Bu iki metaller birlikte kullanılacak ise, büyük katot-küçük anot yüzeyinden uzak durulmalıdır.
- Birbirine bağlanan iki metal arasındaki bağlantılar izole flanşlarla elektriksel bir şekilde izole edilmelidir.
- Metal yüzeyler bir başka madde ile yani boya veya kaplama yapılarak izolasyon oluşturularak önlem alınmalıdır.
- Eğer kapalı bir sistem durumu varsa inhibitör kullanılmalıdır.
- Dizayn esnasında anot olan parçanın daha kolayca yenisi ile değiştirilebilmesi için önlem alınmalıdır. Bu parça daha kalın olarak imal edilmelidir. Veya sisteme her iki metalden de daha anodik karakterde olan üçüncü bir metal bağlanmalıdır. [29].

6.8. ÇATLAK KOROZYONU

Bu korozyon tipinde metal üzerinde oluşan bir kısım ince çatlak, dar bir aralık, cep veya iki levha arasında kalan boşluk içine ortamda bulunan elektrolitin girmesi oluşmaktadır. Bu dar alanlar içerisinde durağan bir kısım oluşturur ve bu durağan kısımlarda korozyonun ilerleme hızı diğer yüzeylere göre daha etkili ilerlemektedir. Bu tür korozyon oluşumu çatlak korozyonu diye nitelendirilir.

İlk etapta bu tepkiler çatlak içerisinde ve dışında benzer bir şekilde hızlanarak ortaya çıkar. Demir iyon haline dönüşürken mevcut elektronlarını oksijene verir ve OH iyonu oluşturmaya başlar. Bu durumda çözeltiye giren her metal iyonuna karşılık iki hidroksit iyonu meydana gelir. Bahsedilen tepkimeler bir zaman, yürüdükten sonra çatlak içinde bulunan oksijen bitmeye başlar. Çatlak içi hareketsiz bir ortam olduğundan tükenen oksijen yerine yenilerinin oluşması mümkün değildir. Halbuki çatlak dışındaki yüzeylerde tükenen oksijen yerine yenileri geleceğinden bu kısımlarda korozyon hızında değişme olmaz. İlk etapta çatlak içinde hem de çatlak yüzeyinde anot ve katot kısımları meydana geldiği halde, çatlak içinde oksijen bitmesinden sonra, dış yüzeylerde oksijen tepkimesinin, çatlak içinde ise metal çözünme reaksiyonunun yürüdüğü gözlemlenir.

Çatlak korozyonuna karşı aşağıda belirtilen tedbirler alınabilir:

- Civata ve perçin yerine kaynak işlemi seçilmelidir.
- İki levhanın üst üste geldiği kısımlar kaynak veya lehim yapılarak kapatılmalıdır.
- Sıvı taşıyan kaplar projelendirilirken, kabın tam olarak boşaltılabilmemesine önem gösterilmelidir. Kap içinde temizlenemeyen veya yıkanamayan nokta kalmamalıdır.
- Kap içinde çökelti veya kalıntı kalıp kalmadığı ara sıra kontrol edilmelidir.

6.9. FİLİFORM KOROZYONU

Bu tip korozyon olayında ise metal üzerinde bulunan kataforez, toz boya veya herhangi bir kaplama tabakası altında ilerleyen bir korozyon hadisesidir. Aslında filiform korozyon olayı çatlak korozyonda olduğu gibi bazı benzer özellikler göstermektedir. Bu tip korozyon diğer bir tabir ile kabuk altı korozyonu diye de bilinmektedir. Korozyon olayı kabuk altında silindirik zig-zag hareketleri ile benzer bir biçimde hareket eder. Filiform yüzeyler diğer bir filiform ile kesişmez. Kesişme durumunda yansıma yaparak yoluna devam eder. Kaplamanın en zayıf kısımlarında filiform korozyonu başlar. En basit anlamı ile kaplama altına su ve hava girişi olur. Eğer boya tabakası su geçirmez ise, korozyon durumu da başlamaz. Korozyonun yürüdüğü kısımda oksijen konsantrasyonu çok yüksektir bu nedenle korozyon gittikçe bu doğrultuda artar. Korozyon sonucu metal hidroksiti ve hidrojen iyonları meydana gelir. Bu nedenle başlangıç bölümünde korozyonun sürekliliği için elverişli bir ortam (düşük oksijen konsantrasyonu ve düşük pH) sağlanmış olur. Korozyon olayı belirtilen nedenlerden dolayı her zaman malzemenin köşe ve uç kısımlarında oratalara doğru ilerler ve bu şekilde yol alır [29].

6.10. ÇUKUR KOROZYONU (PITTING)

Genel itibarıyla metal üzerinde irili ufaklı çukur oluşturarak meydana gelen korozyon olayıdır. Genellikle meydana gelen çukur oluşumları gözle görülemeyecek kadar az yapıdadır. Genellikle çukurların derinliği oluşturdukların çap büyüklüğündedir.

En tehlikeli korozyon tipi çukur korozyondur. Bu korozyon oluşumunda çok az bir korozyon görüntüsü oluşmasına rağmen ekipmanların işlevselliği büyük ölçüde tehlike altındadır. Meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşan çukurların için genellikle korozyon ile doludur. Bu korozyon olayında çukur sayısının fazlalığı ve derinliğinin ölçülmesi oldukça zor bir olaydır.

Çukur korozyonu, metal alaşımlarının üzerinde herhangi bir bölgesinde oluşan bir anodik tepki ile başlamaya eğilim gösterir. Eğer metal alaşımları ve çevre şartları uygun ise, bu anodik tepkime birbirini doğuran bir seri otokatalitik reaksiyonlarla şiddetle devam ederek o kısımda bir çukur oluşmasına sebep olur. Çukur korozyonunun belirli bir hız ve derinliğe ulaştıktan sonra yavaşlaması şöyle açıklanmaktadır: Korozyon sonucu meydana gelen metal hidroksitler belirli bir zaman sonra fazlasıyla çoğalarak artık daha fazla oluşuma yer kalmadığından çukurun ağzını kapatmaktadır. Böylece klorür iyonlarının çukurun içerisinde daha fazla metale kadar gitmesi güçleşmektedir. Bu sebep ile çukur belli bir derinliğe ulaştıktan sonra korozyon şiddeti artık yavaşlamaktadır. Bu sonuçlara göre, elektrolitin hızlı ilerlediği sistemlerde çukur korozyonu oluşmaz. Çukur korozyonu çalışan sistemlerde değil ancak durgun çözeltiler içinde oluşabilir. Çukur korozyonu özellikle, borularda, tanklarda akış hızının az olduğu bölgelerde kendini gösterir.

Metal alaşım tipi çukur korozyonu oluşumunda önemli rol oynar. Pasifleşme özelliği olan metal alaşımlar çukur korozyonuna karşı daha duyarlı bir sistemlerdir. Genellikle bazı çeliklerde özellikle de paslanmaz çeliklerde çukur korozyonu görülmesi çok bilindik bir olaydır. Yumuşak çelik çukur korozyonuna paslanmaz çeliklerden daha dayanıklı bir yapıdadır. Çukur korozyonunun ağırlık kaybı durumunun değerlendirilmesi doğru olmaz. Çukur korozyonu, istatistiksel tekniklerle, çukur sayısı ve derinliği ölçülerek beraber değerlendirilir. Burada sistemin çukur derinliği sisteme vereceği korozyon zararı konusunda tek başına bir fikir vermez, önemli olan malzeme üzerindeki en yüksek çukur derinliğidir. Bu durum ise ancak özel teknikler uygulanarak belirlenebilir. Bu korozyon tipinde en belirgin görünüm ise belirli bir yüzey üzerinde oluşan çukur sayısının oluşan derinliklere göre düzgün bir dizilim gösterir. Olası teknikler ile en yüksek çukur derinliği veya belli bir derinlikteki çukur sayısı hesaplanabilir. [29].

6.11. TANELER ARASI KOROZYON

Bilinen özellikleri ile metaller katı kristal şeklinde olurlar. Metal atomları bu kristal yapısı içinde homojen olarak dağılmışlardır. Demir ve çelik kübik merkezli kristal yapısındadır. Östenitik paslanmaz çelikler yüzey merkezli kristal (YMK) yapıdadır. Kristal yapıları metallerin taneler arası korozyonunda etkili olur.

Metaller eritilerek soğumağa bırakıldığında birbirine bitişik kristaller şeklinde katılaşır. Taneler fazla sayıda kristalden meydana gelirler ve sınır çizgileri ile birbirinden ayrılırlar. Taneler arasındaki dar kısımlarda kristal yapısı düzensiz şekildedir. Metalin korozyona en dayanıksız olduğu yerlerdir.

Taneler arası korozyon, taneler arasında bulunan herhangi bir safsızlıktan meydana gelir. Örneğin alüminyum içerisinde birçok alaşım bulunmaktadır fakat küçük miktarda demir taneler arası korozyona sebep olabilir. Çünkü alüminyum içerisindeki alaşımlardan demir çok az çözünür, bu sebep ile taneler arasında bir etkileşim ile toplanır. Buna benzer bir olay yine paslanmaz çeliklerde de, taneler arası sınır kısımlarında krom miktarı çok azdır. Bu olayın meydana gelme durumlarında birisi krom azlığından taneler arası korozyona dayanıksızlığının oluşmasıdır.

Taneler arası korozyon bakımından 18/8 paslanmaz çelik çok özel bir durum belirtir. Bu çelik normal durumlarda korozyona çok dayanıklı olduğu halde, 500-800°C'e ısıtıldığında korozyona duyarlı duruma gelir. En şiddetli sıcaklık etkisi 650°C'de bir saat bekletildiğinde kendini gösterir. Bunun sebebi, bu sıcaklıkta taneler arası kısımda kromun fazlaca azalmasıdır. Paslanmaz çelik içinde en az %12 oranında krom olması gerekir. Eğer paslanmaz çelik yukarıda belirtilmiş olan sıcaklıklar arasında ısıtılırsa, bileşiminde bulunan krom, karbonla tepkimeye girerek krom karbür ($Cr_{23}C_6$) bileşiği oluşturmaktadır. Krom karbür çelik içinde çözünmeyen bir bileşiktir. Taneler arasında sınır çizgisi süresince toplanır. Eğer çelik içinde %0,02'den fazla karbon varsa, bu durum etkili olur. Krom karbürün kendisi korozyona uğramaz. Fakat, taneler arasındaki kısımda krom az olması sebebi ile bu kısım korozyona dayanıksız hale gelir. 304 paslanmaz çelik içinde %0,06- 0,08 arasında Karbon bulunur. Bu sebep ile taneler arasında önemli oranda krom karbür çökeltisi birikir. [29].

6.12. AŞINMALI KOROZYON

Birbiri ile sürtünen veya yük altında titreşime maruz kalan metallerde aşınma görülür. Bu durum, söz konusu ortamda meydana gelen korozyon hızını artırıcı rol oynar. Sürtünme hareketinin veya titreşimin çok az boyutlarda bile aşınmalı korozyon söz konusu olabilir. Aşınma, üstünde fazla çalışma yapılmamış bir konudur. Aşınma ayrı olarak veya yorulma ile beraber gözlemlenebilir. Korozyon ürünlerinin aşınarak uzaklaşması durumuna da sıkça rastlanır. Yağlanmamış yüzeylerin titreşimi veya sürtünmesi işlemlerinde aşınma oluşur. Birbirine temas eden iki yüzeyin sürtünmesi sonucu yüzeyde oyulmalar hatta kırılmalar olabilir. Bu yüzeylerde oksitlenme hızı artar. Ara yüzeyde normalden farklı korozyon ürünleri birikir. Bunun önüne geçmek için, ya yüzeyler yağlanır, ya da iyice birbirine tutturularak sürtünme hareketinin önüne geçilir.

Özellikle alüminyum alaşımlar aşınmaya çok yatkındır. Bu sebeple alüminyum levhalar yağlanarak kutulanır ve gemilere böyle yüklenir. Alüminyumdan yapılmış malzemelerin depolanması esnasında da bu sorun ile karşılaşılır. Gemilerde taşınan birçok yükte sarsıntılar sonucu hasar meydana gelebilir. Kompresörlerde, otomobillerde, demiryolu taşımalarında sürtünme sonucu birçok sorun ortaya çıkar. Bunlar ancak yağlama yapılarak korunabilir. Galvaniz malzemenin taşınması esnasında da aşınma önemli sorun oluşturur. Bu durumda yüzeyde meydana gelen oksit tabakası beyaz bir toz halinde görülür. İlk etapta sürtünme ile aşınmış olan galvaniz malzeme, depoda durduğu süre içinde daha hızlı korozyona uğrar. Bu tip malzemeler depolanırken plakalar ayrı ayrı hava alacak halde depolanmalıdır. Galvaniz plakaların taşınması esnasında yağlanması ve hareket etmeyecek durumda sıkıca tutturulması gerekir. Aşınma ve yorulmalı aşınma olayı tıbbi olarak canlı vücuduna yerleştirilen metal parçalar için de söz konusu olur. Bu metaller aşınma ile beraber korozyona da uğrayabilir.

Yorulmalı aşınma basitçe gözlenemeyen karmaşık bir durumdur. Aşınma ve yorulma etkileri birbirine yardımcı olarak malzemenin dayanma sınırını aşabilirler. Bu konuda lokomotif tekerlerinin aksları benzer bir örnek oluşturur. İşletme sırasında şaftta oluşan hafif bir eğilme tekerlek göbeğinde şiddetli aşınma olayına sebep olur. Bu gibi olaylarda malzemenin yorulma dayanımı on kat azalabilir. Buhar türbinleri paletlerinde böyle bir durumla karşılaşılabilir. Parçanın kendi ağırlığı ile oluşan eğilme gerilimi yorulmalı aşınmayı başlatmak için yeterli olabilir. [29].

6.13. STRES KOROZYONU

Korozif ortamda bulunan bir metal aynı zamanda statik bir gerilmeye maruz ise, metalin çatlayarak kırılması hızlanır. Metal yüzeyinde oluşan herhangi bir çukur veya hendek gerilim altında duyarlı hale gelerek korozyonun başlaması için uygun bir ortam oluşturur. Normal şekilde korozyon ürünleri metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturduğunda bile, stres altında iken kabuk oluşturamaz. Bunun sonucu olarak korozyon etkili bir şekilde devam ederek metalin o bölgede çatlamasına sebep olur. Stres korozyonu tehlikeli bir korozyon tipidir. İlk etapta önemsiz seviyede olan bir yerel korozyon, çekme gerilimi etkisi ile ani olarak tehlikeli bir kırılma oluşturabilir.

Gerek çukur tipi korozyon, gerekse taneler arası korozyon gerilmenin şiddetini artırıcı bir rol oynar. Çekme gerilmesi sonucu bu kısımlar çatlar. Çatlamanın sonuçları direkt kırılma mekaniği ilkeleri doğrultusunda değerlendirilir. Özellikle kritik gelişim periyodu altında bulunan çatlaklar önemsizdir. Çatlak gelişme hızı ve kırılmaya sebep olan kritik çatlak uzunluğu hesapla bulunabilir. İşletme sırasında çatlakların bulunup bulunmadığı kırılmasız (non destructive) deneyler yardımı ile belirlenebilir. Aynı şekilde yorulmalı korozyonda olduğu gibi çatlakların önceden belirlenmesi hem ekonomik kayıpları, hem de olası personel yaralanmalarının önüne geçer. Burada da sistemli bir halde kayıt yapılması ve bunların gelecekte kullanılmak üzere saklanması çok önemlidir.

Stres korozyonu bir sistematik olay sonucu ortaya çıkar. Burada baş etken streştir. Çatlaklar kopmaya yardımcı olur. Tipik durumlarda korozyon da etkin rol oynayabilir. Stresin kaynağı her zaman kolay şekilde belirlenemez. Stres korozyonu her ortam ve her metal için özel bir durum gösterir. Belli bir metal için çatlama yapan ortam diğer bir metal için şiddeti aynı olmayabilir. Farklı alaşımların stres korozyonuna etkili olduğu ortamlar toplanarak liste şeklinde verilmiştir.

Stres korozyonu, ya taneler arası veya taneler üstü şekilde olabilir. Bu korozyonu önlemek için ya stres korozyonuna duyarsız bir malzeme kullanılmalı veya çevre zararsız şekile getirilmelidir. Bu yolla stres korozyonu etkilerini tamamen yok etmek mümkün olmaz. Çünkü malzemenin gerçek gerilim değerini bulmak oldukça güçtür. Genellikle üç eksenli gerilmenin analizini yapmak ve malzeme üzerine etkisini belirlemek zorluk yaratır.

Yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarının deniz suyu ile temas eden ortamlarda bulunması durumunda de stres çatlak korozyonu olayına rastlanır. Gemi inşasında geminin mümkün olduğunca hafif olması beklenir. Bu sebeple yüksek mukavemetli

alüminyum silisyum alaşımları bot ve yat yapımında kullanılır. Bunun için yüksek dayanımlı alaşımlar tercih edilir. Oysa bu alaşımlar stres korozyonu yönünden uygun değildir. Özellikle buzlu ve soğuk sularda korozyona karşı etkisizlerdir. Gemi ve bot imalatı için orta derecede dayanıma sahip alaşımlar korozyon yönünden daha uygundur. Buna benzer bir çalışmada da endüstride farklı yapıların iskeletlerinde ve bağlantılarda yüksek dayanımlı döküm alaşımların kullanılmasıdır. Bunlar deniz atmosferinden uzak olduğu süre herhangi bir problem yaratmaz.

Stres korozyonu konusunda, tecrübeli ve korozyon çalışmalarında bilgili tasarım ekipleri ile mücadele etmek mümkündür. Özellikle malzeme seçiminde mekanik dayanım yönünden en doğru malzemenin seçimi yoluna gidilmelidir. Eğer stres korozyonu söz konusu olursa, malzeme beklenen dayanımı gösteremez. Birçok kez ortamın ne derece koroziv etki oluşturacağı başlangıçtan tahmin edilemez.

Stres korozyonu etkisini en aza indirmek üzere pratik olarak birçok önlem alınabilir. Bu önlemler şu şekilde özetlenebilir:

- Metal üzerindeki gerilme etkisi ısıtım işlemleri uygulanarak belli bir değerin altına düşürülür.
- Metalin içinde bulunduğu çevredeki koroziv etkenler giderilir veya azaltılır.
- Eğer yukarıda konu edilen önlemler alınamıyorsa, stres korozyonuna daha az duyarlı bir metal kullanılması yoluna gidilir. Örneğin 304 paslanmaz çelik stres korozyonuna çok duyarlıdır. Bunun yerine inconel alaşımı kullanılabilir. Çok daha uygun maliyetli olan karbon çeliği, stres korozyonuna paslanmaz çeliklerden daha dayanıklıdır. Örneğin deniz suyu kullanılan ısı değiştiricilerinde paslanmaz çelik yerine adi çelik kullanılmalıdır.
- Katodik koruma kullanılarak stres korozyonu hızı azaltılabilir.
- İnhibitör uygulanarak da stres korozyon hızı yavaşlatılabilir [29].

6.14. YORULMALI KOROZYON

Sistematik olarak yükleme- boşaltma halinde etkiyen dinamik bir stres altında bulunan bir metal zamanla yorulur. Yorulmuş halde bulunan metal, gerçekten daha küçük gerilmelerin etkisi ile çatlayabilir. Yorulma ve korozyonun beraber etkisi metalin kısa zamanda çatlamasına sebep olur. Korozyon olayı yorulma etkisi ile beraber yürürse, parçalanma olayı yalnız başına yorulma, veya yalnız başına korozyon sebebiyle meydana

gelen parçalanmadan daha kısa zamanda gerçekleşir. Bu olay korozyonu destekleyen etkenlere iyi bir örnek temsil eder. Yorulmalı korozyon, bir koroziif çevrede çekme veya basınç gerilmelerinin sistematik olarak değışmesi sonucu ortaya çıkar. Bunun sonucu olarak malzemenin çekme gerilmesi özelliğinde zayıflama olur.

Korozyon söz konusu olmadan, sadece yorulma etkisi ile bir çok çeliğin çekme dayanımı gerçek dayanım değerinin yarısına kadar düşebilir. En büyük düşüş, tatlı su, tuzlu su hatta rutubetli hava etkilerinin beraber olması durumunda görülür. Tuzlu su içinde çekme dayanımı sınırı, normal haldeki çekme dayanımından %6-7 daha düşüktür. Düşük alaşımlı birçok süper kalite çelikler yorulmalı korozyona adi karbon çeliğinden daha dayanıksız olabilir.

Yorulmalı korozyon için belli bir dayanma sınır değeri olmadığı net olarak söylenebilir. Buna rağmen bir gerilme değeriinde oluşacak arıza ihtimali önceden tahmin edilebilir. Yorulmalı korozyonun muhtemel olması durumunda, ya ortam koşulları düzeltilmeli, ya da korozyona daha dayanıklı bir malzeme kullanılmalıdır [10].

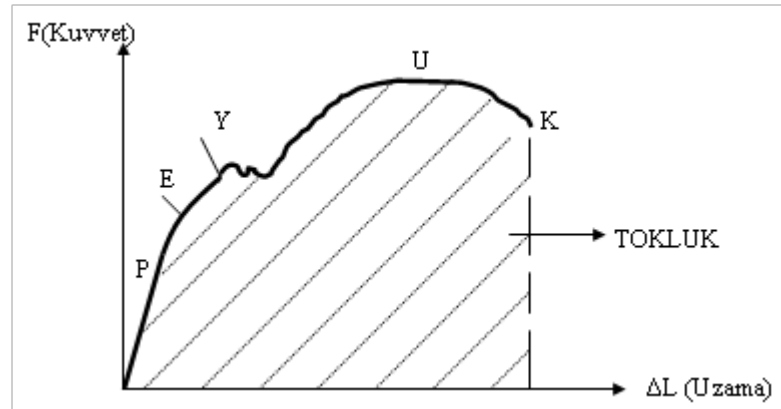
Alüminyumun birçok koroziif ortama karşı gösterdiği direnç, mevcut koşullara bağılı olarak yüzeyinde meydana gelen, amorf veya kristalin alüminyum oksit tabakasından dolaydır. Genellikle korozyon dayanımının arandığı durumlarda, alüminyumun saflığının % 99,5'un altında olmaması gereklidir. Ancak genellikle alüminyumun mekanik özelliklerini geliştirebilmek için alaşımlama yapıldığından dolayı, alüminyum alaşımlarının korozyon dayanımı, saf alüminyumdan daha düşüktür [29].

7. ÇEKME TESTİ

Malzemede belirli bir şekil değiştirme oluşturmak için uygulanması gereken kuvvetin hesaplanması ya da cisme belirli bir kuvvet uygulandığında meydana gelecek şekil değişiminin belirlenmesi mühendislikte çok fazla önem taşır. Şekil değiştirme ve bu şekil değiştirmeyi veren kuvvet arasındaki durum, malzemenin hangi koşullarda çalışabileceğini ya da hangi koşullarda şekillendirilebileceğini belirlemektedir.

Kuvvet ve şekil değiştirme arasındaki bağıntıların incelenmesi bakımından en kolay deney çekme deneyidir. Çekme deneyi; malzemelerin statik yük altındaki elastik ve plastik davranışlarının (mekanik özelliklerinin) belirlenmesi, mekanik davranışlarına göre sınıflandırılması ve malzeme seçimi amacıyla yapılır. Bu deneyde standart çekme numunelerinin mukavemet değerleri ölçülür. Elde edilen değerler karşılaştırılarak, malzemelerin mekanik özellikleri değerlendirilir. Metal malzemelerin çoğunda bazı mekanik özellikleri ölçebilmek için standartlarda belirlenmiş kurallar içinde çekme deneyleri yapılır.

Çekme cihazı esas olarak; birbirine göre aşağı ve yukarı hareket edebilen, deney parçasının bağlandığı iki çene ve bunlara hareket veya kuvvet veren, bu iki büyüklüğü ölçen ünitelerden oluşur. Çenelerden birisi sabit hızda hareket ettirilerek deney parçasına değişken miktarlarda çekme kuvveti uygulanır ve bu kuvvete karşılık gelen uzama kaydedilir.



Şekil 7.1. Çekme uzama eğrisi

Küçük kuvvet seviyelerinde uzama miktarı kuvvet ile doğru orantılıdır. Malzeme elastik davranış içindedir; yani kuvvet kaldırılınca uzama sıfırlanır. Bu karakter P noktasına kadar devam eder. Orantı limiti P den sonra lineer fonksiyon eğimini değiştirir. Ancak elastik davranış devam eder. Elastik davranış E “Elastik Limiti” noktasında sona erer. E den sonra kalıcı; yani plastik deformasyonlar başlar. Kuvvet azaltıldığında lineer fonksiyona paralel bir yol izler. Ancak kuvvetin sıfır olduğu yerde deformasyon artık sıfır olmaz, belirli bir plastik deformasyon kalır.

Malzeme yüklenmeye devam edilirse Y noktasında akar. Akma noktasında kuvvet aynı iken büyük miktarda plastik deformasyon oluşur. Akan malzeme “çalışma sertleşmesi”ne uğrar ve daha mukavim hale gelerek daha fazla kuvvet alabilir hale gelir.

Bu malzeme üzerindeki kuvvet daha da arttırılarak U noktasına ulaşılır. U noktası “maksimum gerilme” noktası olup, burada malzeme kesitinde lokal daralmalar başlar. Buna malzemenin “boyun vermesi” denir. Boyun verme de malzemenin çalışma sertleşmesine uğramasına sebep olur ve malzeme daha fazla gerilimler alabilir; ancak boyun bölgesinde kesit alanı daraldığından taşıdığı net kuvvet azalır. Numune genellikle kontrolsüz bir şekilde K noktasına ilerler ve orada kopar.

Kuvvet-uzama eğrisinin altında kalan alan o numuneyi bozunuma uğratmak için gereken enerjiyi eşit olup; tokluk adı verilir.

Kuvvet-uzama eğrisi daha sonra yeniden ölçeklendirilir. Uzamalar malzemenin ilk uzunluğuna bölünerek “birim-uzama” ‘ya çevrilir. Aynı şekilde kuvvet numunenin ilk kesit alanına bölünerek “gerilim” hesaplanır ve dikey eksen tekrar ölçeklendirilir.

Malzeme kopana kadar önemli miktarda deformasyona uğradıysa “sünek”, az deforme olmuşsa “gevrek” yapıya sahiptir.

Çekme deneyi için önce test edilecek malzemeden standartlara uygun bir çekme numunesi hazırlanır. Bu numune üzerine işaretler konur. Çekme deney makinesinin çeneleri arasına düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırılan bu numune gittikçe artan bir yük ile kopuncaya kadar çekilir. Bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzamalar (ΔL) cihaz ve video ekstensometre ile ölçülür. Deney sonucu elde edilen yük (F) ve uzama (ΔL) değerlerinden yararlanarak (F – ΔL) diyagramı elde edilir. Bu diyagrama çekme diyagramı da denir. Şekil 2.6.’da yumuşak bir çeliğin çekme deneyi sonucu elde edilecek çekme diyagramı görülmektedir.

Çekme deneyi sırasında deney cihazından elde edilen ilk veri (yük-uzama) eğrisidir. Bu eğri kullanılan numunenin boyutlarına bağlı değerler verir. Çekme deneyi sırasında parça,

önce “ELASTİK” şekil değişimine daha sonrada “PLASTİK” şekil değişimine maruz kalır. Son olarak parça kırılarak kopar.

Çekme deneyinde numunenin kopuncaya kadar ki deformasyonu iki kademede gerçekleşir:

Elastik Şekil Değişimi: σ - ϵ diyagramının doğrusal olarak değiştiği ilk bölümünde gerçekleşmektedir ($\sigma \leq \sigma_a$). Elastik deformasyon; yük ile uzama miktarının başlangıçta doğrusal olarak değiştiği bölge olup bu süreç içerisinde yükün kaldırılması halinde deney çubuğunun uzunluğu ve kesit alanı başlangıçtaki değerlere dönüşür. Bu bölgede mühendislik eğrisi (gerilme%uzama) diyagramında doğrusaldır ve bu doğrunun eğimi malzemenin elastiklik modülünü verir. [30-32] Elastik şekil değişiminde etkin olan malzeme özelliği (parametresi), Elastiklik Modülü (E) dır.

Plastik Şekil Değişimi: Elastik deformasyonu, plastik deformasyon izler. Malzemelerin akma dayanım değerinin üzerinde gerilme uygulanması durumunda plastik yani kalıcı (geri dönüşümsüz) şekil değişimi başlamış olur. Plastik deformasyon kalıcıdır ve kopma noktasınakadar devam eder. Plastik deformasyon bölgesinde artan uzama miktarı ile yük belli bir maksimum değere kadar artar daha sonra azalır. Yükün maksimum olduğu noktada numunenin herhangi bir bölgesinde yerel büzülme meydana gelir, buna boyun verme denir. Maksimum yük noktasından kopma anına kadar plastik deformasyon sadece boyun bölgesinde meydana gelir. Bu nedenle yük-uzama eğrisinde veya mühendislik (gerilme - %uzama) eğrisinde plastik deformasyon bölgesini, maksimum noktaya kadar “Homojen plastik deformasyon bölgesi”, maksimum ile kopma noktaları arasını ise “Homojen olmayan plastik deformasyon bölgesi” olarak iki bölgeye ayırmak mümkündür. Ortam sıcaklık değerinin, plastik şekil değişimi mekanizmaları üzerinde çok büyük etkisi vardır [33-35].

Malzemelerin elastiklik modülü, iki parametreden çok etkilenir:

- Kimyasal bileşim
- Ortam sıcaklığı
- Atomsal arası bağları etkileyen etmenler elastiklik modülünü de etkiler.
- Aynı malzeme için malzeme dayanımı diğer bir değişle ısıtma işlemi elastiklik modülünü etkilemez. Örneğin, sertleştirilmiş aynı bileşime sahip çeliğin sert ve yumuşak halleri aynı elastiklik modülü değerini gösterir.
- Modül, malzemenin rijitlik ölçüsüdür.

- Yüksek elastiklik modülü rijit malzeme, elastik yükleme altında boyut ve şeklini korur.
- Eğer mil ve yatak yapımı tasarlanıyorsa çok küçük toleranslar gerekli olabilir.
- Mil elastik olarak şekil değiştirirse, küçük toleranslar çok yoğun sürtünme, aşınma veya sarmaya neden olabilir.
- Elastiklik modülü dizaynı önemli bir mekanik özelliktir.
- Elastiklik modülü atomlar arası bağ kuvvetlerine bağlıdır, malzemenin metalürjik yapısından bakımsız olarak değerlendirilebilir.
- Alaşım elementi katkısı, ısıtılma işlem ve plastik şekillendirmeye çok az değişiklik gösterir, malzeme sıcaklığına oldukça hassastır.
- Artan sıcaklıkla elastiklik modülü azalır.
- Elastisite modülünün birimi gerilme birimindedir [36-39].

8. MATERYAL VE YÖNTEM

8.1. KOROZYON TESTİ

8.1.1. Alüminyum Menteşe Korozyon Testi

Alüminyum malzemelerin korozyon şartları, anodik olarak oksidasyonla (anoksitleme, eloksal yapma ile) doğal korumadaki oksit tabakasının kalınlığı 10 µm ila 30 µm değerine artırılarak iyileştirilebilir. Bunun için eloksal yapılacak parçalar, daha çok sülfürik asitli elektrolitik içerisinde doğru akım altında işlem görürler. Anot olarak bağlanan parçalarda meydana gelen oksijen, alüminyumla reaksiyon yapar ve oksit tabakası teşekkül ettirilir. Anoksitleme işlemi, yalnızca kimyasal dayanımı iyileştirmez, ayrıca oksit tabakasının yüksek sertliğinden dolayı, aşınma direncini de yükseltir.

Burada eloksal ile yapılan çalışmalarda istenilen korozyon dayanımını göstermediği ve sonrasında otomotiv üretimi için boya prosesine uygun olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 8.1). Deformasyon sertleşmesi ve yaşlanma karakterini olumlu etkileyen Cu ilavesi ile özellikler daha da iyileştirilebilir. Ancak Cu'nun korozyon dayanıklılığı üzerindeki olumsuz etkisi vardır.



Şekil 8.1. Elokmal ile kaplanan 7XXX serisi alüminyum menteşeler

Üzerinde araştırmalar ve çalışmalar yürüttüğümüz eloksal ile kaplanan alüminyum ürün, montaja olan sreye kadar korozyon dayanımı gösterememiş ve aracın boya işlemine uygun değildir. Bu sebepten dolayı çalışmalar alüminyum ürünler yüzeyinde boyaya izin veren kimyasal pasivasyonlar üzerine odaklanılmıştır.

Birinci ncelik olarak Sur-Tec 133 geri dönüştürülebilir daldırma ve ultrasonik temizleme pasivasyonu kullanılmıştır. Sur-Tec 133 daldırma ve ultrasonik olarak alüminyumun temizlenmesi için uygundur. Polisaj pastaları ve kesme yağları alt metal üzerinden zarar vermeden tamamen uzaklaştırılır. İkinci aşamada Sur-Tec 495 alüminyum aşındırma pasivasyonu kullanılmıştır. Bu aşamada aşırı yeme kalıntıları ve oksitler yüzeyden giderilmiştir. nc aşamada ise Sur-tec 498 oksit alma katkısı uygulanmıştır. Oksit alma banyolarına verim arttırmak için ilave edilir. Metal yüzeyinde derin çukurlarda, ince deliklerde ve köşelerde iyi ıslatma sağlar. Son olarak Sur-Tec 650 alüminyum için altı değerlikli krom içermeyen pasivasyon anodik kaplamaların üzerine son işlem olarak uygulanmıştır.

Surtec 133 geri dönüştürülebilir daldırma ve ultrasonik temizleme özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Toz apraz akış filtrasyonu veya seperatör ile geri dönüştürülebilir.
- Zayıf alkali.
- Silikat içermez.
- Alüminyuma ve demir dışı metallere atak yapmaz.
- Ultrasonik uygulamalar için uygundur.
- elik, alüminyum, prinç gibi birçok metal için uygundur.

SurTec 495 alüminyum için aşındırma özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Toz rn Yüksek konsantrasyonda aşırı yeme kalıntılarını ve oksitleri yüzeyden alır.
- Yüksek alaşımlı ve bakır içerikli alüminyum alaşımları için uygundur.

SurTec 498 oksit alma katkısı özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Asidik, sıvı Sülfürik asit ile veya eski eloksal banyosu ile beraber kullanılır.
- Oksit alma banyolarına oksit alma verimini arttırmak için ilave edilir.
- Metal yüzeyinde derin çukurlarda, ince deliklerde ve köşelerde iyi ıslatma sağlar.
- Düşük harcamalıdır.
- Geleneksel nitrik asit veya nitrik asit florür oksit alma banyolarına emisyonu olmayan bir alternatiftir.

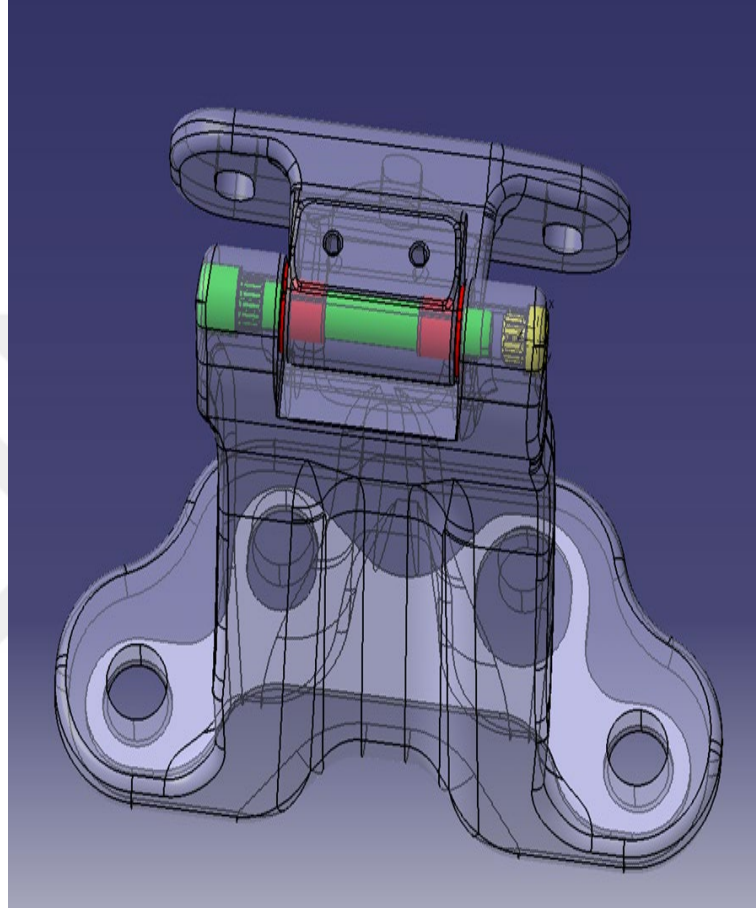
- Alkali aşındırmadan sonra, alkali ortamda çözünürlüğü olmayan yüzeyde kalmış oksit ve intermetalik parçacıkları almak için kullanılır.

SurTec 650 kromitAL TCP özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

- Alüminyum için altı değerlikli krom içermeyen pasivasyon anodik kaplamaların üzerine son işlem olarak uygulanabilir.
- Magnezyumun dönüşüm kaplaması için uygulanabilir.
- Üç değerlikli krom bazlı sıvı konsantre altı değerlikli pasivasyonlara kıyaslanabilir mükemmel baz metal korozyon koruması alaşımlı ve döküm alüminyum üzerine de uygulanabilir.
- Laklama, toz boyama, tutkal uygulamaları öncesinde ön işlem olarak kullanılabilir ve GSB ve QUALICOAT onaylıdır.
- Uygulaması kolaydır; daldırma, püskürtme ve sürme ile uygulanabilir.
- Alacalı, açık maviden tan rengine ve görünebilir bir tabaka oluşturur.
- Ardından tavsiye edilen işlem sıralaması uygulandığında (Uygulama bölümüne bakın) oluşan tabaka ELV, RoHS ve WEEE taleplerini karşılar.
- LN 9368-3 ID-numarası 1108 ile uyumludur.
- Baz metal korozyonu açısından MIL-DTL-81706B ve MIL-DTL-5541F'i karşılar ve geçer (ASTM B-117 veya DIN EN ISO 9227 nötral tuz püskürtme testinde 336 saat).
- Temas direnci düşüktür: <5000 μ Ohm/inç (MIL-DTL-81706B).
- Sıcaklık dayanımı olan inorganik pasivasyon tabakasıdır.

8.2. TEST ÖNCESİ MENTEŞELERİN MONTAJ PROSESİ

Test öncesi menteşe parçalarının montajı gerçekleştirilmektedir. Montaj olacak parçalar sabit alt menteşe, hareketli üst menteşe, kısa pim, uzun pim ve burçlardır (Şekil 8.2).



Şekil 8.2. Montajı yapılacak menteşenin cad data parçaları görseli.

Burada her iki menteşeyi birbirine bağlayan pimler hidrolik pistonların yardımıyla fiksür üzerinde referans noktalarına yerleştirilerek yaklaşık 220 bar ile birleştirme işlemine tabi tutulmaktadır.

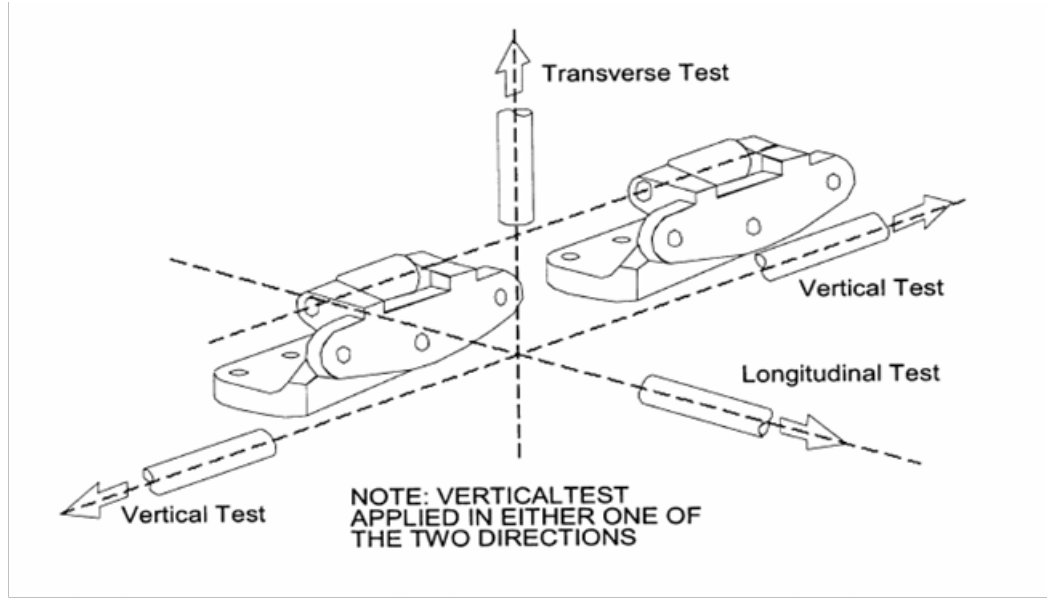


Şekil 8.3. Montaj öncesi alüminyum menteşe parçaları.

8.3. ÇEKME TESTİ

Her bir menteşe 11 kN'luk yatay bir yük ile 9 kN'luk enine yük altında ayrılmamalıdır (Şekil 8.4). Sur-Tec pasivasyon kimyasalları ile kaplanmış üç adet alüminyum menteşe yatay ve enine çekme testlerine tabi tutulmuştur.

Test aparatı çekme cihazına çekme yönüne göre sabitlenir. Test aparatına menteşeler belirlenen torklarında sıkılır. Menteşeler 5mm/dak'lık sabit hız ile belirlenen kuvvetlerde çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Belirlenen kuvvete ulaşıldığında menteşeler üzerindeki yük kaldırılır ve aparat üzerinden sökülüp parçalar görsel olarak kontrol edilir.



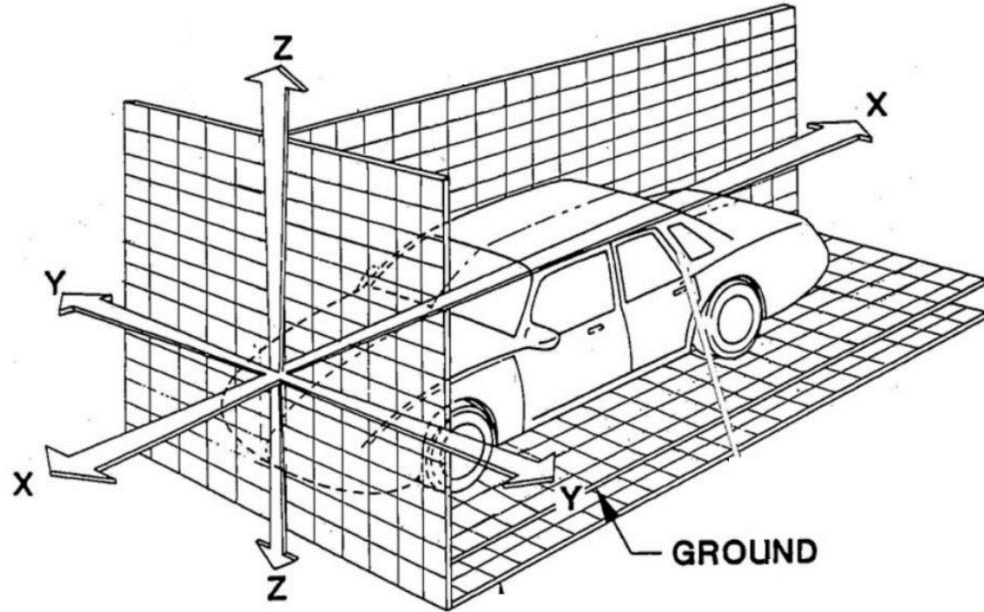
Şekil 8.4. Araç eksenine göre menteşe üzerine gelen kuvvetler.

Longitudinal Load; araç eksenine göre X ekseninde uygulanan kuvvet.

Transverse Load; araç eksenine göre Y ekseninde uygulanan kuvvet.

Vertical Load; araç eksenine göre Z ekseninde uygulanan kuvvet.

Rollmech Tasarım Gerekliği müşteri aksini belirtmediği sürece Euro ve Amerika normlarının %20 fazlasını minimum geçer şart olarak kabul eder.



Şekil 8.5. Araç eksen gösterimi.

Rollmech tasarım kriterlerine göre kuvvet değerleri;

1. $F_x = 13200 \text{ N}$
2. $F_y = 10800 \text{ N}$
3. $F_z = 10800 \text{ N}^*$



Şekil 8.6. Çekme test cihazında çekilen menteşeler.

8.4. MENTEŞE EFOR TESTİ

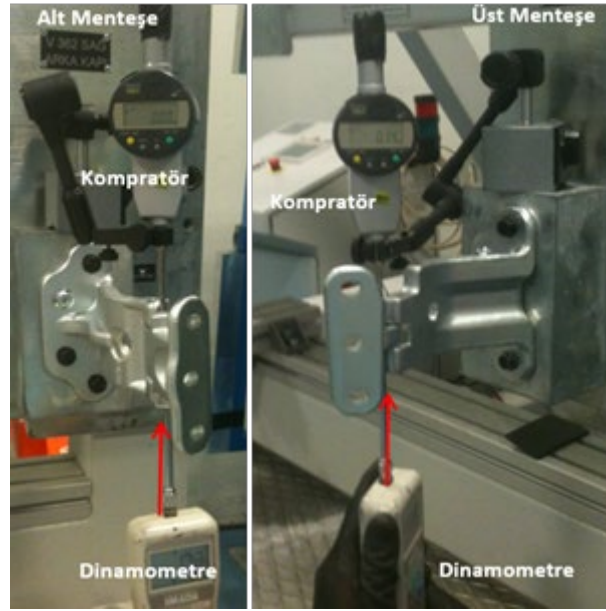
Efor testinden önce menteşe boşluk değişkenliği kontrol edilir. Bu kontrol için bazı adımların tamamlanması gerekmektedir.

Dikey boşluk: Menteşe dönme eksenine paralel olan boşluktur.

Radyal Boşluk: Menteşe dönme eksenine dik olan boşluktur.

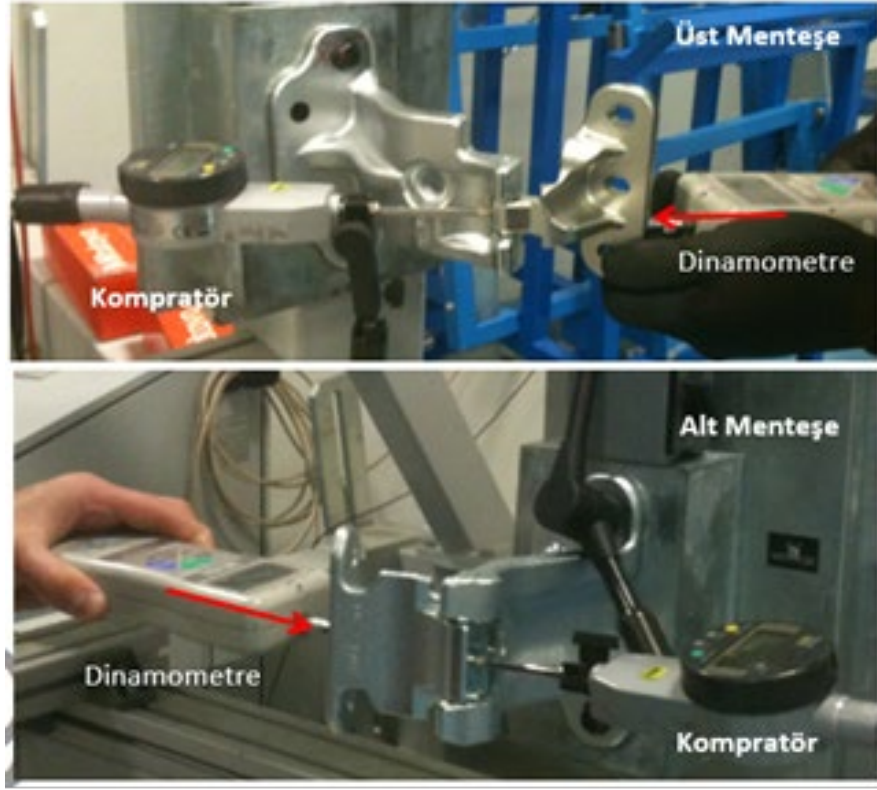
Sabit menteşe belirlenen tork ile test bankosu üzerine bağlanır.

Dikey boşluk değişkenliğini ölçmek için kompratör Şekil 8.5’da görüldüğü gibi hareketli menteşe üzerine menteşe eksenine en yakın noktaya paralel olacak şekilde konumlandırılır. Dinamometre ile kompratör eksenine paralel şekilde kapı ağırlığının yarısını temsil eden kuvvet yukarı yönde uygulanır. Kompratör sıfırlanır. Dinamometre ile kapı ağırlığının yarısını temsil eden kuvvet ile aşağı yönde yük uygulanır. Kuvvet kaldırılır ve kompratörden okunan değer kaydedilir.



Şekil 8.7. Dikey boşluk değişkenliği kuvvet uygulaması.

Radyal boşluk değişkenliğini ölçmek için kompratör Şekil 8.6’de görüldüğü gibi hareketli menteşe üzerine menteşe eksenine dik olacak şekilde konumlandırılır. Dinamometre, kompratör eksenine paralel şekilde kapı ağırlığının yarısını temsil eden kuvvet uygulanır. Kompratör sıfırlanır. Dinamometre ile kapı ağırlığının yarısını temsil eden kuvvet ile uygulanmış olan kuvvetin tersi yönünde yük uygulanır. Kuvvet kaldırılır ve kompratörden okunan değer kaydedilir.



Şekil 8.8. Radyal boşluk değişkenliği kuvvet uygulaması .

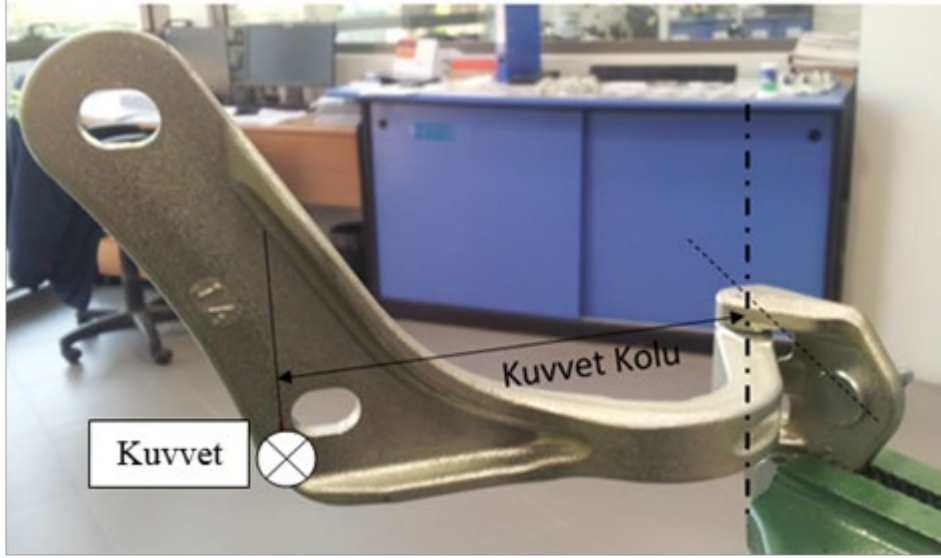
Test sonucu beklenti, menteşeye uygulanan kuvvetler altında menteşedeki boşluk değerinin belirlenen maksimum menteşe boşluk değerini aşmamasıdır.

Menteşe boşluk değişkenliği değerleri kabul şartları:

- 1-Maksimum dikey menteşe boşluk değeri: 0,5mm
- 2-Maksimum radyal menteşe boşluk değeri: 0,1mm

Menteşe eforu: Menteşenin çalıştığı kuvveti tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmektedir.

- Sabit menteşe sabit bir yere hareket etmeyecek şekilde montajlanır.
- Menteşe kapalı pozisyona getirilir.
- Dinamometre ile hareketli menteşeye, menteşe açma yönünde belirlenen noktadan menteşeyi tam açık pozisyona getirecek en küçük kuvvet uygulanır.
- Kuvvet kolu ölçülür.
- $Tork = Kuvvet \times Kuvvet\ Kolu$ formülü ile tork hesabı yapılır.
- Ön, arka, yan kapı menteşelerinde ve arka kapı kargo menteşelerinde ise 0,5-3,5 Nm arasında olmalıdır.



Şekil 8.9. Mentşe efor ölçüm uygulaması.



Şekil 8.1. Mentşe efor ölçüm için bankoya bağlantısı.



Şekil 8.2. Efor ölçümü yapılan çelik menteşeler.

8.5. WIND GUST TESTİ (TAM ACIK POZİSYONDA YATAY AŞIRI YÜKLEME)

Menteşe tasarımında kullanılan komponentlerin malzemeleri ve bu malzemelerin mekanik özellikleri Çizelge 8.1’de gösterilmektedir. Alüminyum alaşım için 6013 serisi tercih edilmiştir ve alüminyum alaşımının mekanik özellikleri Rollmech Automotive San. ve Tic. A.Ş. metalurji laboratuvarı çekme cihazında test edilerek elde edilen gerilme - birim şekil değişimi verilerinden hesaplanmıştır. Analiz verilerinin gerçeği yansıtması için model oluştururken, malzeme karakteristikleri hesaplanan değerler kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 8.1. Menteşe tasarımında kullanılan parçaları mekanik özellikleri.

Parça Adı	Malzeme	Elastik Modül [MPa]	Akma Gerilmesi [MPa]	Kopma Gerilmesi [MPa]	Kopmadaki Uzama [mm/mm]
Menteşe	Al 6013	50000	390	471	0,09
Pim	20MnB4 (Class 8,8)	210000	640	800	0,14

- Menteşelerin, test öncesinde uygunluğu kontrol edilmelidir (fikstür kontrolü, fonksiyonellik kontrolü v.s.).
- Menteşeler, minimum tork ile bağlanmalıdır.
- Menteşeler minimum tork ile bağlanır. Kapı ful açık pozisyona getirilir.
- Kapı ful açık pozisyonda iken, dinamometre ile kapı iç paneline dik olarak, kapı kilidi hizasında 22N ön yük uygulanır ve kapı açılma mesafesi ölçülür. Bu işlem boşluk almak için yapılır.
- Boşluk alma işleminden sonra, belirtilen yük değeri kadar kuvvet bir önceki maddede belirtilen noktadan uygulanır ve kapı açılma mesafesi ölçülür.
- Kapı açılma mesafesi ölçümü şu şekilde yapılır: Kapı alt kısmına kilit hizasında tutturulan bir lazer ile kapının durduğu noktalar marker yardımıyla zemine işaretlenir. Kapının 22 N luk yük altında iken bulunduğu nokta (ilk nokta) ile belirtilen yük altında ulaştığı nokta (son nokta) arasındaki mesafe kumpas ile ölçülür.
- Lazer yerinin resmi.
- Menteşe eksenini ile lazerin bağlandığı nokta arasındaki mesafe ölçüldükten sonra, kapının taradığı açı cosinüs teoremi ile hesaplanır.

Tam açık pozisyonda yatay aşırı yükleme testi, araç menteşe tasarımları için bir gerekliliktir. Bu test araç kapısı açık olduğu konumda şiddetli bir rüzgar kuvvetinin menteşeler üzerindeki etkisini incelemektedir. Bu test uygulanırken 333 N luk bir kuvvet kapı üzerine dik gelecek doğrultuda kapı kilit noktasına etki ettirilir ve menteşelerin esneme açıları kontrol edilir. Bu açının 5 dereceden küçük olması test kabul şartı olarak belirlenmiştir. Şekil 8.12’de test koşulları gösterilmektedir.



Şekil 8.3. Tam açık pozisyonda yatay aşırı yükleme testi.

Mevcut sektörde yaygın olarak S355J0 veya S355J2 çelik malzemeleri menteşe tasarımında kullanılmaktadır. Bu malzemeler ile üretimi gerçekleştirilmiş farklı tasarımlara sahip menteşelerin test sonuçları Çizelge 8.2’de gösterilmiştir. Esneme açısının 5 dereceden daha az olduğu ve gereksinimleri karşıladığı görülmektedir.

Çizelge 8.2. Çelik menteşe tasarımlarının test sonuçları.

Test	Kapı yer değiştime mesafesi (mm)	Açı (°)
Numune-1	56	4,72
Numune-2	50	4,21
Numune-3	47,2	3,98

8.6. SLAM OPEN TESTİ (ARKA KAPI ÇARPARAK AÇMA/KAPAMA MENTEŞE ÖMÜR TESTİ)

Menteşeler belirlenen tork değerleri ile montaj yapılır. Montaj sonrasında efor ve çarpma enerjisi ölçümü yapılır. Araç tam açık pozisyonda, kapı dış tutacağı bölgesinden iç panele statik bir yük uygulanır. Kapının uzunluğuna bağlı olarak bu yük, menteşe merkez piminde müşteri şartnamesinde belirtilen tork değerini oluşturacak şekilde hesaplanır. Test araç gövdesi üzerinde gerçekleştiriliyorsa gap&flushness ölçülür. Test bankosunun ayarlanması, test için gerekli ölçümlerin yapılmasının ardından test başlatılır. Belirlenen



aralıklarla test kontrol edilir ve gerekli ölçümler yapılır. Bu aralıklar müşteri tarafından belirlenir.

Efor: Minimum açma kapama kuvvetleridir.

Gap&Flushness: kapı ve gövde arası boşluk ve gövde ve kapı arası kot farkı

Tork: Bağlantı elemanlarının kuvvet momentidir.

Açma enerjisi: Yan/arka kapıların belirlenen enerji ile durdurucu yüzeye çarpma enerjisidir.

Genel olarak yapılması gereken ölçümler şu şekildedir:

- Kapının minimum kapanma ve açılma kuvvetleri.
- Menteşe torkları
- Ölçüsel kontroller
- Ses kontrolü
- Görsel kontroller

Kontroller esnasında parçalarda, kırılma, efor ölçümlerinde belirtilen değerlerden yüksek çıkması durumunda test durdurulur ve raporlanır.

Test sonucu beklentiler;

- Menteşe'nin torku izin verilen değer dışında olmamalıdır.
- Menteşe yüzeylerin de görsel bozulmalar olmamalıdır.
- Menteşe'nin komponentlerinde kırılma/çatlama olmamalıdır.
- Menteşe komponent bağlantı noktalarında gevşeme olmamalıdır.
- Menteşe de rahatsız edici bir ses olmamalıdır.

Hızlı Kapı Açma – Kapama Testi: Menteşenin dönme merkezinde 160 Nm'lik tork ile kapının 84.000 kere çalıştırılması sonucu sistem üzerinde herhangi bir fonksiyonel kayıp beklenmemektedir.



Şekil 8.13. Arka kapı çarparak hızlı açma kapama menteşe ömür testi.

Çizelge 8.3. Test sonuçları.

Slam Open Efor	İlk çevrim	86k çevrim	150k çevrim
Açılma	166 Nm	164 Nm	159 Nm
Kapanma	125 Nm	131 Nm	133 Nm

9. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

9.1. KOROZYON TESTİ SONUÇLARI

2XXX-6XXX ve 7XXX serisi alüminyum numuneleri pasivasyon kimyasalları ile kaplanmış olup başlangıç, 96 saat ve 240 saat görüntüleri Şekil 9.1’de gösterilmiştir. Burada tüm parçalarda korozyon oluşabilmesi için kontak oluşturulmuştur. 96 saat sonucunda 2XXX ve 7XXX hem beyaz pas hemde kırmızı pas başlangıcı gözlemlenmiştir. Fakat 6XXX serisinde korozyon gözlemlenmemiştir. 240 saat sonunda 2XXX ve 7XXX serilerinde korozyon artmıştır fakat 6XXX serisinde korozyon olmamıştır (Çizelge 9.1).



Şekil 9.1. 2XXX-6XXX-7XXX serisi tuz testi sonuçları.

Kaplama yapılan alüminyum numunelerin tuz sisi kabininde Ford ASTM B117 normuna göre testleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 9.1).

Bu testin amacı genel olarak ürünün müşteriye ulaşınca kadarki geçecek olan zamanda beyaz pas ve kırmızı pas olayına maruz kalmamasıdır. Bu sebepten dolayı alüminyum menteşeler sırasıyla önce temizleme, aşındırma, oksit alma ve kaplama işlemleri sırasıyla

uygulanmıştır.Çalışmada üç ayrı alüminyum serileri sonucunda malzemelerde beklenen tepkiler ortaya çıkmıştır. Menteşelerdeki en büyük sorunlardan bir tanesi farklı malzemeler ile birlikte çalışırken çizilmesi ve deformasyon oluşumu ile korozyona uğramasıdır. Çizilen ürünler üzerinde yapılan testlerde alüminyum alaşımların içersinde bulunan alaşım oranlarına göre korozyon ömürlerini görmüş olduk. Alüminyum alaşımlarında korozyon oluşumunun en büyük etkisi bakır alaşımının oranıdır. Bakır oranının % 0,5- 0,6 civarında olması en uygun koşulu sağlamaya etkin bir orandır. Uyguladığımız korozyon testinde 2XXX serisi alüminyumda bakır oranı yaklaşık %5 civarında olduğu için ilk kırmızı pas oluşumu gözlenen malzeme olmuştur. Diğer 7XXX serisi alüminyum malzemede bu oran %2 civarında olduğundan süre biraz daha uzadı fakat beklenen süre içerisinde kendisini kırmızı pastan koruyamamıştır. 6XXX serisi alüminyum malzemede bu oran %0,6 ile %1 arasında olduğu için testi başarı ile tamamlamıştır.

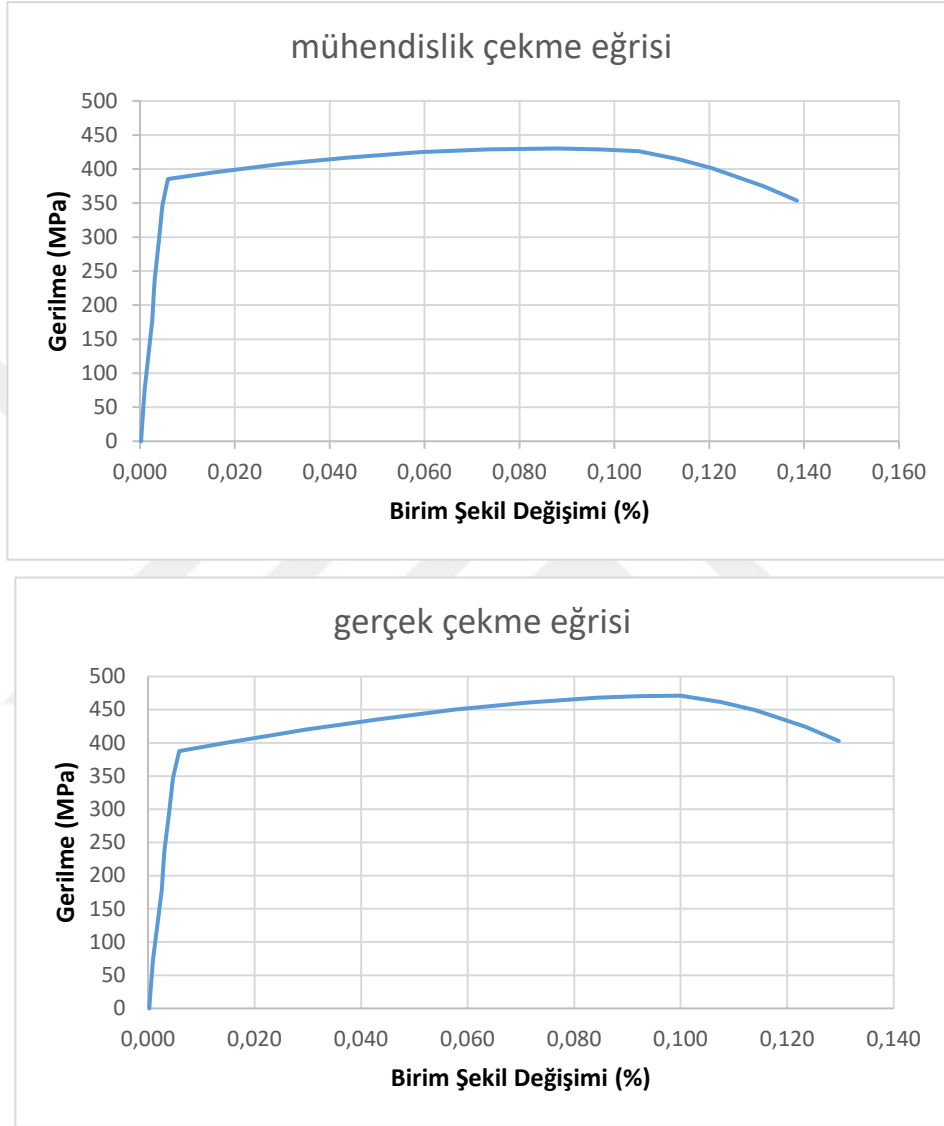
Çizelge 9.1. Tuz sisi kabini – Günlük izleme raporu.

Tarih (Gün)	ATOMİZER BASINÇ	SAF SU	Hazırlanan Tuz Çözeltilisinde		Test Kabini						
	Basınç 0,7 - 1,7 Bar	İletkenlik Max. 0,5-20µS	pH 6,0 - 7,5	Yoğunluk 1,025- 1,040 1050±0,005 g/lit	Isı 33 - 37 °C	Biriken Tuzlu Su 1 - 2 ml/saat Collector 1	Biriken Tuzlu Su 1 - 2 ml/saat Collector 2	Biriken Tuzlu Su 1 - 2 ml/saat Collector 3	Birikme suyu pH 6,0 - 7,5	Doyma kabin sıcaklığı (°C) 45- 60°C	Bağıl Nem RH >%95
1	1,3	4,65	6,97	1049	34	1,47	1,42	1,42	7,04	55	%98
2	1,3	4,65	6,84	1053	34	1,53	1,49	1,51	6,93	55	%98
3	1,3	4,65	6,89	1047	35	1,45	1,46	1,5	7,02	55	%98
4	1,3	4,65	6,92	1049	34	1,47	1,53	1,48	6,87	55	%98
5	1,3	4,65	6,94	1046	35	1,44	1,49	1,52	6,93	55	%98
6	1,3	4,65	6,89	1048	34	1,47	1,53	1,48	7,06	55	%98
7	1,2	4,65	6,84	1047	35	1,48	1,51	1,54	6,83	55	%98
8	1,2	4,65	6,97	1049	35	1,52	1,47	1,5	6,96	58	%98
9	1,2	4,65	6,81	1045	34	1,5	1,48	1,51	6,92	57	%98
10	1,2	4,65	6,84	1047	34	1,47	1,49	1,5	6,87	56	%98

9.2. ÇEKME TESTİ SONUÇLARI

Al 6013 T6 malzemesinden üretilen menteşelerin mekanik özelliklerini belirlemek için numunelere çekme testi uygulanmıştır. Şekil 9.2’de alüminyum menteşelerden çekme testi sonrasında elde edilen çekme eğrileri verilmiştir. Burada üstteki birinci şekil

mühendislik eğrisini, alttaki ikinci grafikte gerçek çekme eğrisini göstermektedir. Çekme testi üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiş ve bu üç deneyin ortalaması alınarak mekanik özellikler belirlenmiştir. Çekme testi sonucunda, akma gerilmesi 390 MPa, çekme mukavemeti 430 MPa ve kopma mukavemeti ise 350 MPa olarak bulunmuştur.



Şekil 9.2. Çekme testi eğrisi.

Çizelge 9.2’de Al 6013 T6 malzemesinden üretilen menteşelere ait çekme testi sonuçları verilmiştir. Çekme testi üç tekrar olarak gerçekleştirilmiştir. Çizelgeyi incelediğimizde alüminyum menteşelerin standartlarda belirtilen hedef kuvvetlerinden daha yüksek kuvvet değerleri sergilediği görülmektedir. Menteşeler ortalama 15 kN yatay ve enine çekme kuvvetine maruz bırakılmıştır. Yatay yükleme şartlarında hedef kuvvet değeri 11 kN iken çekme testi sonuçlarının 15,96 kN ile 16,24 kN arasında değiştiği görülmektedir. Enine yükleme koşullarında ise hedef kuvvet 9 kN iken sonuçların 14,89 kN ile 15,38 kN

arasında ölçüldüğü görülmüştür. Bu sonuçlar ışığında, Al 6013 T6 menteşeler için hem yatay hem de enine yükleme şartlarında gerçekleştirilen çekme testi sonuçlarının standart değerlerin üzerinde elde edildiği görülmüştür. Bu durum elde edilen sonuçların kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Yine alüminyum malzeme için gerçekleştirilen çekme testleri sonrasında hiçbir numunede ayrılma olmadığı görülmüştür. Çizelge 9.3'te yaygın olarak menteşe imalatında kullanılan S355J0 çeliğinden üretilen menteşelere ait çekme testi sonuçları verilmiştir. Yatay yükleme şartlarında hedef kuvvet değeri 11 kN iken çekme testi sonuçlarının 12,60 kN ile 16,46 kN arasında değiştiği görülmektedir. Enine yükleme koşullarında ise hedef kuvvet 9 kN iken sonuçların 10,90 kN ile 11,52 kN arasında ölçüldüğü görülmüştür. Bu iki çizelge karşılaştırıldığında Al 6013 T6 menteşelerin S355J0 çelik menteşelerden daha iyi sonuçlar sağladığı görülmektedir. Dolayısıyla alüminyum menteşe, çekme testlerinde S355J0 çelik menteşelerin gösterdiği dayanımı sağlayabilmiş hatta üzerine çıkmıştır. Bu sonuçlar geliştirilen yeni alüminyum menteşelerin çekme testinde standart değerleri fazlasıyla sağladığını göstermektedir.

Çizelge 9.2. 6013 T6 Alüminyum menteşe çekme testi sonuçları.

Numune	Yükleme	Hedef Kuvvet (kN)	Ölçülen Kuvvet (kN)	Parça Durumu	Test Sonuçları
1	Yatay Yükleme	11,00	16,24	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	15,14	Ayrılma yok	Uygun
2	Yatay Yükleme	11,00	16,11	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	14,89	Ayrılma yok	Uygun
3	Yatay Yükleme	11,00	15,96	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	15,38	Ayrılma yok	Uygun

Çizelge 9.3. S355J0 Çelik menteşe çekme testi sonuçları.

Numune	Yükleme	Hedef Kuvvet (kN)	Ölçülen Kuvvet (kN)	Parça Durumu	Test Sonuçları
1	Yatay Yükleme	11,00	16,46	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	11,52	Ayrılma yok	Uygun
2	Yatay Yükleme	11,00	13,26	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	11,02	Ayrılma yok	Uygun
3	Yatay Yükleme	11,00	12,60	Ayrılma yok	Uygun
	Enine Yükleme	9,00	10,90	Ayrılma yok	Uygun

Bu çalışmada görülen alüminyum menteşelerde ölçülen kuvvetler 15 kN civarındadır. 6013 T6 alüminyum serisi menteşeler alaşım yapısı itibarı ile belli aralık içinde kalmayı başarmışlardır. Eğer 7XXX serisi bir alüminyum bu test için tercih edilmiş olsaydı çinko oranlarının yüksek olması sebebiyle menteşelerde çatlamlar ve kopmalar görölme olasılığını arttıracaktı. Bunun en büyük sebepleri yüksek çinko alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesi göstermeleridir.

S355J0 çelik menteşe çekme testinde ise değerler 10 kN ile 16 kN arasında büyük değişiklikler göstermektedir. Bu çalışmada malzemenin proseslere etkisini net bir şekilde görüyoruz. 7XXX serisi alüminyum ve S355J0 çelik malzemenin içersindeki alaşımlar sebebiyle dövme prosesi yetkinliği her zaman zordur. Fakat alüminyum malzeme alaşımları tam tersi hareket göstermektedir. Bu durumun prosese katkısı hem kalıp maliyetlerini düşürür hemde proses akışını hızlandırmaktadır.

9.3. ALÜMİNYUM MENTEŞE EFOR TESTİ SONUÇLARI

Çizelge 9.4 ve Çizelge 9.5'te sırasıyla Al 6013 T6 ve S355J0 çelik menteşelere uygulanan efor testi sonuçları verilmiştir. Çizelge 9.4'te dikkati çeken husus, menteşelerde başlangıçtaki açılma ve diğer çevrimlerdeki eforlar arası farklılıklar hiç yok denecek kadar az miktarda olmasıdır. Bu durum, malzemenin sisteme etkisini net bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 9.4. Alüminyum menteşe efor testi sonuçları.

Efor	İlk çevrim	86k çevrim	150k çevrim
Açılma	16,6 N	16,4 N	15,9 N
Kapanma	12,5N	13,1N	13,3N

Çizelge 9.5. S355J0 çelik menteşe efor testi sonuçları.

Efor	İlk çevrim	86k çevrim	150k çevrim
Açılma	13,4N	13,2N	8,3N
Kapanma	13,2N	13N	9N

Çelik menteşeler de ise alüminyum menteşelere göre durum biraz daha farklıdır. Test gözlemlerimize göre 150k çevrim sonunda dinamometre ile yapılan ölçümlerde efor

sonuçlarının çok düşük olmasıdır. Bu da menteşenin veriminin düşmesine sebeptir. Menteşenin banko üzerindeki kapının hiç durmadan kapının açılıp kapanması sağladığı süre zarfı içerisinde her 10bin çevrim aralıklarında ekstra kontrolleri yapılmaktadır. Burada yapılan tüm ölçümlerde alüminyum menteşelerdeki açılma eforları 16kn, kapanma eforları ise ortalama 13kn ortalaması ile ölçülmüştür. Fakat S355J0 çelik malzemede 150 bin çevrim sonunda fazlasıyla efor düşüşleri gözlemlenmiş ve ölçülmüştür. Efor düşüşlerin en büyük sebeplerinden biride malzeme yorulmaları ve aşınmalarıdır. Her bir aşınma dikey ve radyal boşlukları arttırmaktadır.

9.4. ALÜMİNYUM MENTEŞE YATAY AŞIRI YÜKLEME TESTİ SONUÇLARI

Malzeme hafifletme amacıyla çelik komponentler yerine alüminyum alaşım komponentlerinin kullanılmasının tam açık pozisyonda yatay aşırı yükleme testi için sonuçları Çizelge 8.3'te verilmiştir. Menteşe üretim sırasındaki dövme kalitesinin yeterli olmadığı Prototip-1 serisi için, oluşan açı 5 dereceden büyük olduğu ölçülmüştür. Dövme prosesi sonrasında parça yüzey kalitesinin bu test koşulları için önem derecesinin yüksek olduğu anlaşılmıştır. Benzer şekilde Prototip-2 serisinin dövme kalitesinin yeterli olması, serinin test gereksinimini karşılar seviyede çıkmasını sağlamıştır.

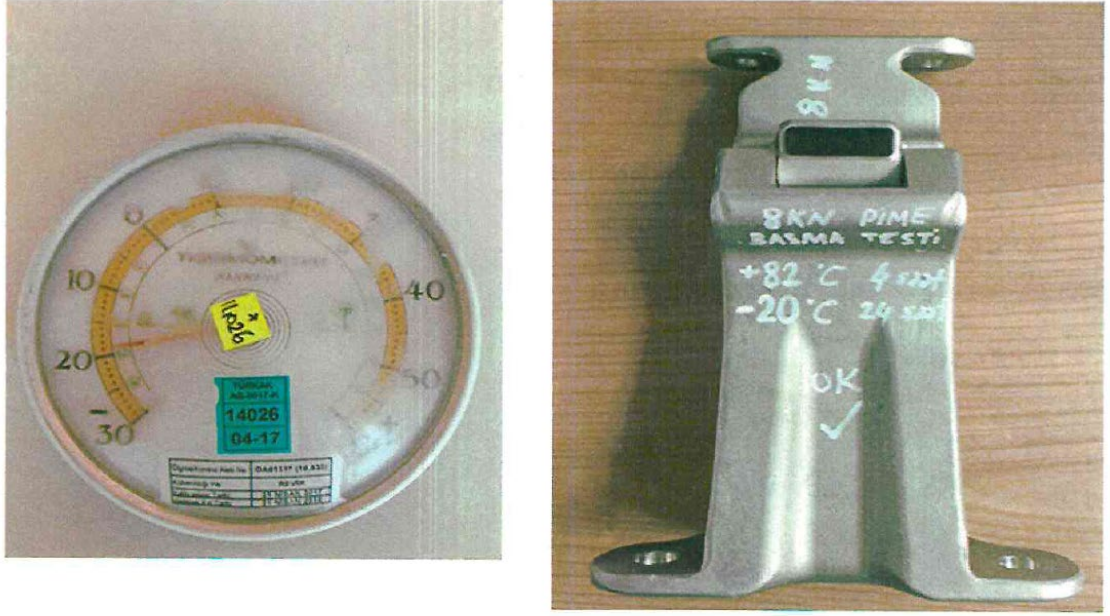
Çizelge 9.6. Test sonuçları.

Numune seri adı	Kapı yer değiştime mesafesi (mm)	Açı (°)
Prototip-1	71,11	5,86
Ptototip-2	60,25	4,97

Ayrıca prototip montajı sırasında kullanılan bumper kalitesinin artırılması da tasarımın gereksinimlerin sağlamasına katkı yapmaktadır. Bu test en büyük etken malzemenin 5 derece zorlanak açılmaya maruz bırakılmasıdır. Çekme testinde olduğu gibi malzeme seçimi ve dövme prosesi bu test için çok büyük bir faktördür. Alüminyum alaşımı olarak 7XXX serisi bir alüminyum ile test edilmiş olsaydı çinko oranının yüksek olması sebebiyle çatlama riski çok yüksek ihtimal olacaktır. Ayrıca malzeme maliyeti ve proses zorluğunuda beraberinde getirecektir.

9.5. ALÜMİNYUM MENTEŞE ÇARPARAK HIZLI AÇMA KAPAMA ÖMÜR TESTİ SONUÇLARI

Slam open test sonucunda açılma eforları istenilen düzeydedir. Fakat kapanma eforlarında küçük bir düşüş olmasına rağmen eşit düzeyde ölçülmüştür.



Şekil 9.3. Menteşe demontaj için sağlanacak şartlar.



Şekil 9.4. Menteşe demontaj basma grafiği.

Slam open testi bittikten sonra menteşenin ilk önce $+82^{\circ}\text{C}$ sıcakta 4 saat hemen sonrasında -20°C soğukta 24 saat beklettikten sonra 8Kn ile basma testi gerçekleştirildi. Bu test sonucunda 8Kn'un altında demontaj olmaması gerekiyordu. Yapılan testte grafikte de görüldüğü gibi 9 kN'un üzerinde bir değer ölçülmüştür (Şekil 9.5).



Şekil 9.5. Menteşe demontajı.

Demontaj işlemi sonrasında alüminyum malzemeler üzerinde hiçbir kırılma, çatlak, deformasyon görülmemiştir (Şekil 9.6).



Şekil 9.6. Menteşe demontajı.

Aynı şekilde menteşeleri birbirine bağlayan pimlerde de kırılma ve çatlak problem oluşmamıştır. (Şekil 9.7)



Şekil 9.7. Menteşe demontajı.

Menteşe ve pimlerin hareketini sağlayan en önemli parçalarda her iki taraftaki burçlarında üzerlerinde hiçbir aşınma belirtisi gözlemlenmemiştir (Şekil 9.7).

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bilindiği gibi sanayileşme ile birlikte yaşanan çevre sorunları dünyamızdaki yaşamı tehdit eder boyutlara erişmiştir. Dünya enerji kaynaklarının ve ekolojik dengenin korunması için en sağlıklı yol enerji tasarrufuna yönelmektir. Bu amaca yönelik en etkili yöntemlerden birisi hafif ve geri dönüşümlü malzeme kullanımıdır. Özellikle otomobillerde hafif metal kullanımının artmasıyla yüksek mühendislik özellikleri taşıyan alüminyum alaşımları otomotiv endüstrisinde vazgeçilmez bir malzeme olmuştur. Hem taşıt ağırlığını azaltmak hem de güvenlik önlemlerini iyileştirmek için alüminyum alaşımların kullanımı giderek artmaktadır.

Yaptığımız bu testler sonucunda kullandığımız 6013 T6 alüminyum alaşım ile %63 oranlarında bir hafifletme sağlanmıştır. Bu hafifletme çalışmalarının yanı sıra alüminyumun her ne kadar korozyona dayanıklı bir alaşım olmasına rağmen otomotiv üreticilerinin istediği şartları her zaman karşılayamadığı görülmüştür. Buna istinaden normal kaplama türleri ile alüminyum kaplanamayacağı kanısına varılmıştır. Elokso kaplama yapılan menteşenin, araç boya işlemine uygun olmadığı ve istenilen koroziyon şartlarına uymadığı yaptığımız testler ile ispatlanmıştır. Ayrıca seçilen alüminyum alaşım 6013 T6 ile yapılan menteşe ve S355J0 malzeme ile yapılan çelik menteşe çekme testi sonuçlarıyla istenilen mukavemet değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Burada alüminyum alaşımlar arasında bakır oranının yüksek olmasının mukavemet değerlerine etkisinin olumlu olmasının yanı sıra korozyon değerlerine tam tersi etki ettiği veriler ile görülmüştür.

11. KAYNAKLAR

- [1] H. Uchida and H. Yoshida, “Aluminum and Magnesium for Automotive Applications,” *The Minerals, Metals & Materials Society*, s. 97,1996.
- [2] M. Dünder, G. Güngör. “Otomotiv Sektöründe Alüminyum Uygulamaları ve Sürekli Döküm Tekniği ile Üretilmiş Alüminyum Levha Alaşımları,” 2002.
- [3] E. Hagen, “The Aluminum Market at the Beginning of a New Century,” *6th International Secondary Aluminum Congress of the OEA*, 2001.
- [4] B. Özer, V. Güven, ve M. Mustafaoğlu, “Dünya ve Türkiye’de Alüminyum Pazarı ve Ticareti,” *Alüminyum Sempozyumu ve Sergisi*, Seydişehir, 2003.
- [5] İ. Duman, “Sempozyum Açılış Sunusu,” *Alüminyum Sempozyumu ve Sergisi*, Seydişehir, 2003.
- [6] T. Tümen, “Dünya ve Türkiye’de Birincil Alüminyum Üretiminde Hammadde Rezervleri,” *Alüminyum Sempozyumu ve Sergisi*, Seydişehir, 2003.
- [7] H. Şahin, “Birincil Alüminyum Üretiminde Enerji Kullanım ve Sorunları,” *Alüminyum Sempozyumu ve Sergisi*, Seydişehir, 2003.
- [8] M. P. Groover, “Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems,” 3th Edition, *Wiley Global Education*.
- [9] E. Pessard, F. Morel, D. Bellett, and A. Morel, “A new approach to model the fatigue anisotropy due to non-metallic inclusions in forged steels,” *International Journal of Fatigue*, s 41, ss. 168–178, 2012.
- [10] J. Liu, and Z. Cui, “Hot forging process design and parameters determination of magnesium alloy AZ31B spur bevel gear,” *Journal of Materials Processing Technology*, s. 209, ss. 5871–5880, 2009.
- [11] E. Pessard, F. Morel, D. Bellett, and A. Morel, “Microstructural heterogeneities and fatigue anisotropy of forged steels,” *Materials Science and Engineering* s. 529, ss. 289– 299, 2011.
- [12] C. Keul, V. Wirth, and W. Bleck, “New bainitic steels for forgings,” *Archives Of Civil and Mechanical Engineering*, s. 12, ss. 119 – 125, 2012.
- [13] S. A. McKelvey, and A. Fatemi, “Surface finish effect on fatigue behavior of forged steel,” *International Journal of Fatigue*, s.36, ss. 130–145, 2012.
- [14] A. Babakhani, A. R. Kiani-Rashid, and S. M. R. Ziaei, “The microstructure and mechanical properties of hot forged vanadium microalloyed steel,” *Materials and Manufacturing Processes*, s.27, ss. 135–139, 2012.
- [15] D. G. Mallapura, K. Rajendra Udupaa, and S. A. Korib, “Studies on the influence of grain refining and modification on microstructure and mechanical properties of forged A356 alloy,” *Materials Science and Engineering*, s. 528, ss. 4747–4752. (2011).
- [16] H. Öztürk, “Analysis and Design For Aluminum Forging Process,” Msc Thesis, The Graduate School of Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University. Ankara, 2008

- [17] D. A. Tanner, ve J. S. Robinson, “Reducing Residual Stress in 2014 Aluminium Alloy Die Forgings,” *Journal of Material Design*, 2007.
- [18] S. I. Wanga, M. K. Seoa, J. R. Chob, and W. B. Baea, “A study on the development of large aluminum flange using the casting/forging process,” *Journal of Materials Processing Technology*, s.130, ss. 294–298, 2002.
- [19] D. Y. Jang, and J. H. Liou, “Study of stress development in axi-symmetric products processed by radial forging using a 3-D non-linear finite-element method,” *Journal of Materials Processing Technology*, s. 74, ss. 74–82, 1998.
- [20] Y. H. Kim, T. K. Ryou, H. J. Choi, and B. B. Hwang, “An analysis of the forging processes for 6061 aluminum-alloy wheels,” *Journal of Materials Processing Technology*, s.123, ss. 270–276, 2002.
- [21] J. Schijve, “Fatigue of Structures and Materials,” Springer, 2008.
- [22] Y. V. Chastel, N. Caillet, and P. O. Bouchard, “Quantitative analysis of the impact of forging operations on fatigue properties of steel components,” *Journal of Materials Processing Technology*, s.177, ss. 202–205, 2006.
- [23] I. Puertas, C. J. Pérez, D. Salcedo, J. León, and R. Luri, “Design and mechanical property analysis of AA1050 turbine blades manufactured by equal channel angular extrusion and isothermal forging,” *Materials and Design*, s. 52, ss. 774–784, 2013.
- [24] X. Ren, L. Zhang, Y. Chen, and F. Sun, “Tensile and fatigue properties of 7050 aluminum alloy axle box used for high speed train,” *Procedia Engineering*, s. 27, ss. 914 – 922, 2012.
- [25] N. D. Toan, C. Seogou, P. Junyoung, S. Yeongsung, and K. Youngsuk, “Finite element ethod simulations to improve press formability of door hinge,” *JMEPEG*, s. 18, ss. 1005–1011, 2008.
- [26] W. Zhu, C. Xu, and L. Zeng, “Coupled finite element analysis of MIG welding assembly on auto-body high-strength steel panel and door hinge,” *Int J Adv Manuf Technology*, s. 51, ss. 51–559, 2010.
- [27] S. Darwish, H. M. Hussein, and A. Gemeal, “A Numerical study of automotive doors,” *International Journal of Engineering & Technology*, s.12, ss.04, 2012.
- [28] J. Zhou, C. Hu, S. Hu, H. Yun, and G. Jiang, “Optimization of hinge configuration of furniture doors using finite element analysis,” *Bio Resources*, s. 7(4), ss. 5809-5816, 2012.
- [29] A. Onat, “Sakarya meslek yüksekokulu makina ve metal teknolojileri bölümü,” Sakarya, 2015.
- [30] G. E. Dieter, “Mechanical Metallurgy SI Metric Editions,” *McGraw-Hill Book Company*, Singapur, 1988.
- [31] E. S. Kayalı, C. Ensari, ve F. Dikeç, “Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri,” *İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi*, İstanbul, 1996.
- [32] E. S. Kayalı, ve H. Çimenoglu, “Malzemelerin Yapısı ve Mekanik Davranışları,” *İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi*, İstanbul, 1986.
- [33] “Mechanical testing”, ASM Handbook, TenthEd., ASM, Ohio, 1998.

- [34] Z. D. Jastrzebski, “The nature and properties of engineering materials,” *John Wiley& Sons*, Singapur, 1987.
- [35] M. L. Bernstein, and V.A. Zaimovski, “Mechanical properties of metals,” *MIR Publishers*, Moscov, 1983.
- [36] ASTM E 8M-98, “Test methods for tension testing of metallic materials,” *Annual Book of ASTM Standards*, s. 03.01, ASTM, 1998.
- [37] TS EN ISO 6892-1, “Metalik malzemeler–çekme deneyi-ortam sıcaklığında deney metodu,” *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, 2011.
- [38] H. E. Davis, G. E. Troxell, and C.T. Wiskocil, “The testing and inspection of engineering materials,” Third Edition, *McGraw-Hill Book Company*, Tokyo, 1964.
- [39] R. T. Liddicoat, P. O. Potts, “Laboratory manual of materials testing,” *The Macmillan Company*, New York, 1958.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : ERHAN AKARÇAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.05.1983 / BURSA
Yabancı Dili : TÜRKÇE / İNGİLİZCE
E-posta : erhan.akarcay@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2018
Lisans	Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği	Düzce Üniversitesi	2010
Lise	Makine Ressamlığı	Tophane Teknik Lisesi	2001