T.C.
TRAKYA ÜNİVERİSTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

METAL PLASTİK BİRLEŞTİRMELERDE ARA YÜZEY İNCELEMESİ

Şener MARANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman:Yrd. Doç. Dr. E. Selçuk ERDOĞAN

2009
EDİRNE

T.C.
TRAKYA ÜNİVERİSTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Metal Plastik Birleştirmelerde
Ara Yüzey İncelenmesi

ŞENER MARANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu tez 28.05.2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mustafa ÖKSÜZ
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Mümin ŞAHİN
Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. E. Selçuk ERDOĞAN
Jüri Üyesi-Tez Danışmanı

Yüksek Lisans Tezi
Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada bir plastik malzeme olan EPDM (Ethylene-Proplylene-Diene terpolimer) kauçuğun metale yapışma mukavemetine, değişik yüzey kalitelerinin ve değişik yapıştırıcı cinslerinin yapışmaya olan etkisi araştırılmıştır. Farklı dolgu oranlarında üretilen birbirinden farklı 5 tip EPDM kauçuğunun içinden belirlenen bir tanesi ile metal ve kauçuk birleştirmenin çekme, kayma ve kopma gerilemeleri hesaplanmıştır. İncelenecek yapıştırma yüzey durumları metalin yüzeyinde yapılan farklı taşlama ve talaş alma yöntemleri ile elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülükleri değiştirilen metal numuneler çeşitli yapıştırıcılarla kauçuğa yapıştırılmış ve yapışma mukavemetleri tespit edilmiştir. Ayrıca mukavemetlerin farklılığının tespit edilebilmesi açısından kauçuk kauçukla, metal metalle ve metal alüminyumla yapıştırılarak aynı cins yapıştırıcıların farklı tip malzemelerdeki etkileri de değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapışma Dayanımı, EPDM, Yüzey Pürüzlülüğü, Metal-Plastik Ara Yüzey.

Master Thesis
Trakya University Graduate School of
Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

The investigation of EPDM was completed including the strength determination of the bond between EPDM and the metal specimen , its behavior agains the roughness of metal surfaces and the interaction with different types of adhesives.Fıve different EPDM have been subjected to the following measurements, compression, hardness and density.The results of these measurements revealed the most appropriate EPDM.The surface roughness of various metal specimens, which were sandblasted within specific time periods, were interacted with EPDM using various type of adhesives .

Key words: EPDM, Adhesive Strength, Surface Roughness, Metal-Plastic Interface

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu yüksek lisans tezinde metal plastik birleştirmelerde kullanılan yapıştırıcıların birleşmeye etkisi ve değişik şartlarda göstermiş oldukları mukavemetleri araştırılmıştır. Bu suretle yapılan deneysel araştırmalar ayrıntılı bir biçimde çalışmanın içinde yer almaktadır. Deneysel çalışmalarda birbirinden faklı üç ayrı yapıştırıcının yapışma mukavemetleri kauçukla metalin yapıştırılmasıyla incelenmiştir. Ayrıca yüzey kalitelerinin yapışmaya etkisi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir

Tez çalışmam süresince danışmanlığımı yaparak beni yönlendiren Tez Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Selçuk ERDOĞAN' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ……...iv

ABSTRACT……..v

ÖNSÖZ……vi

İÇİNDEKİLER……vii

ŞEKİL LİSTESİ……...ix

ÇİZELGE LİSTESİ……...x

GİRİŞ……1

1.PLASTİK MALZEMELER…… ……..1
1.1 Plastiğin tarihçesi…… ……...……..1
1.2 Plastikler. ……...……...….2
1.2.1. Doğal Plastikler ……....……2
1.2.2 Yapay Plastikler..……...……..2
1.2.2.1 Termoplastikler ……...…….2
1.2.2.2 Termosetler…....…….3
1.2.3 Plastiklerin kullanım alanları ……...…….……..3
2.METAL - PLASTİK BİRLEŞTİRME…….....……...……5

3.YAPIŞTIRMA VE YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI……...……..8
3.1 Genel Olarak Yapıştırıcılar……...……...……..8
3.2 Endüstriyel Yapıştırıcılar…….....……..……..9
3.2.1 Endüstriyel yapıştırıcı çeşitleri…....……...……10
3.2.2 Endüstriyel yapıştırıcıların avantaj ve dezavantajları…..…..…….11
3.2.3 Yapıştırma yüzey hazırlığı……..……...……..13
3.3 Yapıştırma Bağlantıları……...……...……14
3.4 Yapıştırıcıların Temel Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi.....…...…....14
3.4.1. Çekme Deneyi……15
3.4.2. Kayma Deneyi……16

4. MALZEME ……...……18
4.1 Malzemeler……...……18
4.1.1. Kauçuk……..……18
4.1.2. Metal……...……19
4.2 Numune Hazırlama Ve Yapıştırma İşlemleri……...……...……...19
4.3 Yapıştırma İşleminin Uygulanışı……...…....……..……..20
4.3.1. Testlerde kullanılan yapıştırıcıların özellikleri…..…….……..20

5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA…….……24

6. SONUÇ……..……35

KAYNAKLAR……...…….36

ÖZGEÇMİŞ…….38

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Termoplastiklerde zincir yapısı……..…….3
Şekil 2: Termosetlerde zincir yapısı……...…….3
Şekil 3: Epoxy yapıştırıcı……20
Şekil 4: Sun-fıx yapıştırıcı……...……..…….21
Şekil 5: Deneylerde kullanılan saf kauçuk……...……..…….24
Şekil 6: Kauçuk-Kauçuk , Yapıştırıcı :Epoxy……..…….....25
Şekil 7: Kauçuk-kauçuk , Yapıştırıcı :Polyester Reçine……...……..……25
Şekil 8: Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı:Polyester Reçine (Çapraz Kanallı Yüzey)....26
Şekil 9: Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı:Polyester Reçine (Düz Yüzey)……...…….26
Şekil 10: Metal(çelik) -Kauçuk, Yapıştırıcı: Epoxy (Düz yüzey)……..27
Şekil 11: Metal(çelik)-Kauçuk, Yapıştırıcı:Polyester Reçine (Düz yüzey)……...27
Şekil 12: Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Epoxy(Düz Yüzey)……..28
Şekil 13: Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Reçine(Düz Yüzey)…….28
Şekil 14: Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix(Düz Kanallı Yüzey)……...29
Şekil 15: Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix (Delikli Yüzey)……..29
Şekil 16: Kauçuk-kauçuk mukavemet grafiği……30
Şekil 17: Alüminyum- kauçuk mukavemet grafiği…….31
Şekil 18: Çelik-kauçuk mukavemet grafiği……...….....32
Şekil 19: Çelik-Çelik, mukavemet grafiği…..……..…33
Şekil 20: Çelik-Alüminyum, mukavemet grafiği…..……..…34

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1 :EPDM Kauçuğun karışım formülasyonu…….……..…...18
Çizelge 2 :Yapıştırma işlem değerleri……..…….…….……...20
Çizelge 3 :Epoxy yapıştırıcının test metotlarındaki özellikleri……..……..…..21
Çizelge 4 :Sun-Fix yapıştırıcının Özellikleri……..……..…….....21

GİRİŞ

1.PLASTİK MALZEMELER

1.1 Plastiğin tarihçesi

Plastikli sanayinin nitroselüloz'un ticari üretimi ile (1868) başladığı kabul edilir. Nitroselülozu takiben, tarihi süreçte ikinci sentetik plastik olan fenol-formaldehit esaslı polimerler gelişmiştir. Bunların üretimleri ise bu tarihten yaklaşık 40 yıl sonra gerçekleştirilmiştir.

Bu ve bunları izleyen diğer plastik malzemelerin temel yapı taşları ve hammaddeleri olan polimerler, 19. asrın ikinci yarısındaki bazı deneme çalışmalar sonunda ve birçoğu tesadüfen ortaya çıkmıştır. Plastiklerin zincir şeklinde makro moleküllerden oluştuğunu ve bu moleküllerin birbiriyle kovalent bağlanan küçük ünitelerden meydana geldiğini göstermiştir. En önemli özellikleri kolay şekil alabilmeleri olan plastikler hızla gelişmiş ve 1927'de selüloz asetat ve polivinil klorür, 1928'de polimetilmetakrilat 1929'da üre-formaldehit reçineleri elde edilmiştir. Bunları daha sonra 1932'de polietilen, 1934'de naylon, poliakrilonitril, stiren-akrilonitril ve polivinil asetat, 1937'de poliüretan, 1939'da teflon ticareti adıyla tanınan poli(tetrafloroetilen) 1941'de polietilentereftalat ve orlon ticari adıyla tanınan poliakrilonitril fiber takip etmiştir.

Plastiklerin gelişiminde önemli bir aşama, bu malzemelerin cam, grafit ve karbon elyafları ile karıştırılarak kuvvetlendirilmiş plastiklerin elde edilmesidir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri, metallerin seviyesine ulaşmakta ve birçok uygulama alanında plastikler metallere rakip olmaktadır.Günümüzde güçlendirilerek metale yakın seviyeye getirilen malzemeye örnek kompozit malzemeler verilebilir.

1.2 PLASTİKLER

1.2.1. Doğal Plastikler

İlk elde edilen plastikler doğal plastiklerdir. İlk plastikler selüloz nitrattan yapılan saf plastiklerdir. Bunlar bitkilerdeki selülozdan yararlanılarak yapılmıştır. Selüloz nitrat kâfur ve kunduz yağı gibi iki bitkisel madde ile birleştiğinde plastik elde edilir. 1868'de selüloz nitrat, kafur ve alkol kullanılarak bunun genleşmiş bir şekli elde edilmiştir.

Buna selüloid adı verildi ve genellikle fotoğraf ve sinema filmi gibi maddelerin yapımında kullanıldı. Fakat selüloid kolaylıkla tutuşabildiğinden yerini selüloz asetat ve etil selüloz gibi selüloz plastiklerine bırakmıştır.

1.2.2 Yapay plastikler

İlk olarak XV. yüzyılın başlarında yapay plastikler laboratuarlarda tamamen kimyasal maddelerden elde edilmiştir. Başta termoplastikler, termosetler gelmektedir. Günümüz sanayi teknolojisinde de fazlası ile kullanılmaktadırlar.

1.2.2.1 Termoplastikler

Termoplastikler mühendislik plastikleri olarak da adlandırılırlar. En önemli özellikleri ise geri kazanılabilmeleridir. Kolay şekil alabilen ve hafif olmaları nedeni ile kolay şekillendirilebilirler. Sertlikleri orta derecededir ve amorf kristal ya da yarı kristal yapıda olabilirler. İşlem sıcaklıkları orta derecededir. Korozyona dayanıklı olmalarına karşılık rutubete karşı hassastırlar.Aşağıda gösterildiği gibi termoplastik zincirlerde bağ

termosetlere göre daha uzundur.Bu nedenle bağlar daha gevşek olduğundan sünekliğe sahiptirler ve birkaç defa ısıtılıp soğutulabilirler.

●------●------●------●------ Gevşek bağ } Isıt-Soğut-Isıt-Soğut…

Şekil 1: Termoplastiklerde zincir yapısı

1.2.2.2 Termosetler

Termosetlerin en önemli özelliği geri kazanılamaz olmalarıdır. Kolay şekil alabilen ve hafif olmaları nedeni ile kolay işlenebilirler. Serttirler ama amorf yapıdadırlar bu nedenle kırılganlığa sahiptirler. İşlem sıcaklıkları yüksektir. Korozyona dayanıklı olmalarına karşılık rutubete karşı daha az hassastırlar. Aşağıda şekil x te gösterildiği gibi termoset zincirlerde bağ termoplastiklere göre daha kısadır.Bu nedenle bağlar daha sıkı olduğundan sünekliğe sahip değildirler.Bunun yanında sıkı düzeydeki yapıları nedeni ile yüksek dayanıma sahiptirler ve bir defa ısıtılıp soğutulabilirler. Termoseti katılaştırma işlemine ‘curing’ adı verilir.

●-●-●-●-●-●-●-●-●-●-●- Sıkı bağ } Isıt-Soğut-Isıt=Kömürleşme

Şekil 2: Termosetlerde zincir yapısı

1.2.3 Plastiklerin kullanım alanları

Dişliler, tekne gövdeleri, rulmanlar, borular, plakalar, uçak gövdeleri ve kanatları, tekerlekler, ev aletleri, motorlu taşıt parçalarıdır.

En büyük dezavantajları ise düşük ergime sıcaklığına sahip olmalarıdır. Plastikleri avantajlı hale getirmek için takviye ve bağlayıcılar kullanılarak kompozit malzemeler elde edilir. “www.bilgiustam.com/plastik-nedir-plastikler”

2. METAL - PLASTİK BİRLEŞTİRME

Polimerik malzemelerin termosetler grubuna giren kauçuklar doğal ve yapay olarak sınıflandırılırlar. Çoğunlukla tropikal bölgelerde yetişen belirli ağaçların salgısını(Latex) asitle pıhtılaştırmak ve kurutmak suretiyle doğal kauçuklar elde edilir. Yapılan bitki geliştirme çalıştırmaları sonucunda kauçuk ağacından (Cauochu) 6 kat daha verimli guayule isimli bir ağaç üretilmiştir. Doğal kauçuk neredeyse hiç çapraz bağ içermediğinden ısıtıldığında yapışkanlaşmakta, soğutulduğunda ise sertleşmektedir. 1839 yılında Charles Goodyear 'ın bulduğu kükürt vulkanizasyonu ile çapraz bağlama sağlanarak bu olumsuzluk giderilmiştir. Kauçuk konusunda dışa bağımlı olmama isteği sonucunda polimerizasyon ve vulkanizasyon teknikleri kullanılarak çeşitli sentetik kauçuklar üretilmiştir. Bu kauçukların bazıları SBR (styrene-butadienerubber), BR(polybutadiene rubber), NBR(nitrile rubber), EPR(ethlene-propylene rubber), CR(choloprene rubber), IIR(butyl rubber), SI(silicone rubber) olarak sınıflandırılabilirler. Yakın tarihte yapılan bir araştırmada 2003 yılı için 19.310 milyon ton olan kauçuk tüketiminin 7.930 milyon tonu doğal kauçuk, 11.380 milyon tonu ise sentetik kauçuk olarak belirlenmiştir. Son yıllardaki oranlar da göz önünde bulundurulduğunda sentetik kauçukların daha fazla (%55) olduğu tespit edilmiştir. En fazla tüketilen sentetik kauçukların ise SBR(%41,8), BR(%25,3), EPR(10,9) olduğu söylenebilir.

EPR; ethylene ve propylene 'nin bir katalizör etkisinde kopolimerizasyonu ile elde edilen EPM, kopolimerizasyon sırasında ethylene ve propylene 'ne üçüncü bir monomer olarak bir diene ilave edilmek sureti ile elde edilen EPDM olmak üzere iki farklı kauçuğu ifade etmektedir. Polimer zincirinde çift bağ bulunmadığından tamamen doymuş bir yapıda olan EPM 'in diğer polimerle karışabilme imkânı yoktur ve peroksit dışında vulkanize edilemezler. Doymamış yapıdaki EPDM ise diğer polimerlerle karışabilmekte ve peroksit dışında kükürt ve kükürt verici sistemlerle vulkanize edilebilmektedir.[Savran,1997]

EPM ve EPDM kauçuğundan üretilen mamullerin hava, ozon ve polar sıvılara karşı dayanımı yüksek, mukavemet ve elastikiyetlerinin korunduğu sıcaklık aralığı geniş (-40°C…150°C) ve yalıtkanlık özellikleri iyidir. Bundan dolayıdır ki otomotiv

endüstrisi bu kauçukların önemli bir pazar payını oluşturmaktadır (%41).[Savran 2001, Otnar Ü.K.]

Kauçuk malzemeler diğer mühendislik malzemeleriyle kıyaslandığında mekanik özellikler yükleme hızı ve sıcaklıktan daha çok etkilenir. Zaman faktörünün göz önünde bulundurulduğu sürtünme ve gerilme gevşemesi özelliklerinin belirlenmesi ön plana çıkar.[Ginic-Markovic 2000]

Bergstrom ve Boyce farklı oranlarda karbon siyahı ilave edilmiş choloprene kauçuğu ve karbon siyahı eklenmemiş Nitrile kauçuğuna farklı gerinim hızlarında tekrarlı yükleme şeklinde bası testleri yaparak Mullins etkiside denilen yumuşama mekanizmasını incelemişlerdir. [Osanaiye ve Adevale–2001] Kayma zorlaması altında EPDM kauçuğun çekme dayanımı, uzama, sertlik değerleri ve yırtılma dayanımına etkileri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. [Hazma, 1998]

Çeşitli kauçukların, özellikle vulkanizasyon işlemi sonrasında metale yapıştırıldığı işlemler mevcuttur. EPM ve EPDM kauçukların metale yapışma mukavemetlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar bu kauçukların kullanım yer ve amaçlarından (paspas, kapı ve pencere profilleri, silecek lastikleri, fren sistemi elemanları, ısıtma ve emici hortumlar, kablo yalıtım malzemesi vb.) dolayı sınırlı olduğu için araştırma sayısının arttırılması gerekmektedir. EPDM kauçuğun tabakalı zırhlarda seramik ve kompozit yapılara yapıştırıldığı araştırmalar yer almaktadır.[Mahfuz ve diğ., 2000, Vaidya ve diğ, 2001]. Yapıştırıcı cinsi, yapıştırma basıncı ve farklı ortamlarda yaşlandırma işleminin lif takviyeli plastik EPDM yapışma dayanımına etkisini incelemişlerdir .

Metal yüzeyinin pürüzlendirilmesi ile yüzeyin temizlenmesi ve yapışma yüzey alanının arttırılması sonucu kauçuğun metale yapışma dayanımı artmaktadır. Bu etki en iyi olarak Chemosil yapıştırıcının kullanıldığı vulkanizasyon işlemi sırasında uygulanan yapıştırmada görülmüştür . Bunun sebebi kauçuğun press altında pişirilmesi sırasında (vulkanizasyon) yüzeydeki kraterleri daha iyi doldurmasıdır. Vulkanizasyon sonrası yapıştırma işlemlerinde en iyi sonuç 3 dk. kumlama süresi ile elde edilmiştir. [Otnar, Güden, 2005] Daha fazla kumlama sürelerinde yüzey profilinin sivrilik aralıkları azaldığı için mamul kauçuğun, oluşan daha küçük boyuttaki krater yüzeylerine teması zorlaşmaktadır .

Bu çalışmada ise EPDM kauçuğunun farklı yüzey pürüzlülüklerine sahip metal ve alüminyum numunelere yapışması farklı yapıştırıcılar kullanılarak ve vulkanizasyon işlemi yapılmadan uygulanmıştır.

3. YAPIŞTIRMA VE YAPIŞTIRMA BAĞLANTILARI

Mühendisliğin genel olarak her dalındaki amacı insanlığın ihtiyaçlarına cevap verebilecek araç gereçleri tasarımlamak üretmek ve geliştirmektir. Bu üretimin gerçekleşmesi için birçok parçayı bir araya getirmek ve birleştirmek gerekmektedir. Makine mühendisliği dalında parçaların birleştirilmesinde genel itibariyle mekanik bağlama elemanları kullanılır. Bu elemanlar kaynak, lehim, perçin, civata, vida gibi parçalar olup alışılmış birleştirme yöntemleri olarak bilinir. Bu tekniklerin yanında geliştirilen malzeme teknolojisi ve üretilen farklı malzemelerin birleştirilmesinde değişik yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Farklı malzemelerde meydana gelen bu hızlı gelişim (metal, plastik, kompozit vb.) yapısal elemanların birleştirme yöntemlerinde etkili ve güvenilir yöntemlerin ortaya çıkmasını ve dolayısıyla mekanik birleştirme yöntemlerinden farklı birleştirme yöntemlerine ihtiyaç duyurmuştur. Bu yöntemlerin başında gelen yapıştırma teknolojisidir.

Yakın geçmişte ve günümüzde geliştirilen ve mekanik özellikleri iyileştirilen yapıştırıcılar bağlama ve birleştirme teknikleri arasında yer almışlar ve endüstrileşmiş ülkelerde metal ve metal olmayan birbirine benzeyen veya benzemeyen malzemelerin birleştirilmesinde geniş bir uygulama alanına sahip olmuşlardır. Kullanım oranları 1970’ li yıllarda % 2 iken günümüzde bu oran oldukça yüksektir. [Kılık, 1987]

3.1 Genel Olarak Yapıştırıcılar

Yapıştırıcı, malzemeleri bir arada tutan madde olarak tanımlanır. Yapışma iki yüzeyin, moleküller, iyonlar ve atomlar arası etkileşimden dolayı oluşan çekim kuvvetleriyle bir arada tutturulması olarak tanımlanır. Yapıştırıcılar sıvı, katı, macun, bant gibi birçok fiziksel şekilde olabilir. Yapısal ve yapısal olmayan yapıştırma işlemi olarak iki temel birleştirme işlemi vardır. Yapısal yapıştırma, tasarım sınırları içinde yapının sürekliliğini kaybetmeden yük taşıyabilen yapıştırıcı ile birleştirme sistemidir. Yapısal birleştirmede yapısal yapıştırıcılar kullanılır. Yapısal yapıştırıcılar yük

taşıyabilen yapıştırıcılardır. Yapısal yapıştırıcılar uzay sanayi, otomotiv endüstrisi, gemicilik vb. birçok alanda kullanılmaktadır.

Yapıştırıcıların kullanımı çok eski tarihlere dayanır. Yapıştırıcı olarak kullanılan ilk malzemenin tarihi MÖ 4000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Arkeolojik çalışmalar ilkel kabilelerin çömlekleri ağaç özsuyundan elde ettikleri yapıştırıcı reçine ile birleştirdikleri ortaya çıkmıştır. 1700'lü yıllarda yapıştırıcılar yaygın kullanılmaya başlanmıştır.[Edwards, 1998]

Yapıştırıcılar başlangıçta doğadan elde edilen düşük mukavemetli malzemelerdi. Düşük mukavemetleri nedeni ile bugünkü anlamda yük taşıyan makine ve yapı elemanlarının birleştirilmesinde kullanılmamışlardır. Bu nedenle zamanla geliştirilen ve mukavemeti iyileştirilen sentetik yapıştırıcılar endüstriyel amaçla kullanılmaya başlanmış ve ilk endüstriyel amaçlı metali metale birleştirme II. Dünya savaşında uçak endüstrisinde uygulanmıştır. O zamandan günümüze kadar endüstriyel yapıştırıcıların (structural adhesive) mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinden (kayma mukavemeti, çekme mukavemeti, soyulma mukavemeti, kopma mukavemeti darbe ve şok direnci, vs.) ve sahip oldukları özelliklerin mühendisler tarafından daha iyi anlaşılmaya başlamasından yapıştırma, mekanik bağlama elemanlarının yerine kullanılmaya başlanmıştır.

Endüstriyel yapıştırıcıların fiziksel ve mekanik özelliklerindeki iyileşmeden ve alışılmış bağlama ve birleştirme tekniklerine karşı sahip oldukları özelliklerden dolayı kullanma alanları dental uygulamalardan köprü uzay ve uçak endüstrisine kadar geniş bir alana sahip olmuşlardır. Yapıştırıcılardan beklenilen mukavemet değerlerini elde etmek için en önemli şart kullanılacak ortamda istenilen özellikleri gerçekleştirebilecek uygun yapıştırıcının seçimidir.[Kılık, 1987]

3.2 Endüstriyel Yapıştırıcılar

Genel olarak yapışma bir yüzey olaydır ve günümüzde yapışmanın mekanizmasını açıklayan birçok teoriler vardır. Teorilerden elde edilen değerlerle uygulamadan elde edilen yapıştırma gücü arasında bir açıklık vardır. Bundan dolayı da daha çok

deneylerden elde edilen mukavemet değerleri tercih edilmektedir ve birbirlerine yapıştırılacak benzer veya farklı malzemelerin özelliklerini değiştirmeden servis ömrü içinde onları bir arada tutacak fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması istenir. Bu nedenle endüstriyel yapıştırıcılar için önemli özellikler şunlardır:

a) Yapıştırma bağlantıları, yapıştırıcı ve yüzeyler arasında tam temas olmasına dikkat edilmelidir.

b) Başarılı bir yapıştırma için tasarımda, uygun bir yüzey hazırlama yöntemi ve uygun yapıştırıcı belirlenmelidir.

c) Birleştirilecek iki malzemenin yüzeyleri arasını dolduracak şekilde akıcı olmalı, akarken birleştirilen malzemelerin yüzeylerini tamamen ıslatmalı, istenilen yükleri taşıyacak kuvvete katı veya viskoz jel yapıştırma bağını oluşturmalı.

3.2.1 Endüstriyel yapıştırıcı çeşitleri

Endüstriyel yapıştırıcılar sıvı, pasta ve katı şeklinde olabilir. Fakat uygulanması oldukça basit olan sıvı ve pasta şekli daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca tek veya iki komponentli olabilir; iki komponentli olanlar normal şartlarda sertleşen, tek komponentliler ise ısıl işlemle sertleşen yapıştırıcılardır. Yapıştırıcılar bu özelliklerine veya birleştirilecek malzemenin cinsine göre sınıflandırmak mümkünse de daha çok kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmaktadır.

Yapıştırıcılar en genel olarak iki gruba ayrılabilirler:

1) İnorganik yapıştırıcılar

2) Organik yapıştırıcılar

- **a)** Doğal yapıştırıcılar
- **b)** Sentetik yapıştırıcılar

Yapı elemanlarının birleştirilmesinde endüstriyel yapıştırıcılar dediğimiz sentetik yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Termoplastikler, elastomerler ve termosetler başta olup çeşitli kombinasyonları ile yaklaşık 13 tür endüstriyel yapıştırıcı geliştirilmiştir. Her tür kendisine has özelliklere sahiptir, seçim yapılırken bunlar dikkate alınmalıdır:

Anaerobikler: Anaerobik yapıştırıcılar akrilik rezin esaslarıdır, genelde sızdırmazlık ve kilitleme elemanı olarak kullanılır. Zor şartlar altında sıvı conta malzemesi olarak ta kullanılmaktadır. Çok eksenli malzemelerin birleştirilmesi için uygun değildir. Formüllerine bağlı olarak değişik mukavemet değerlerine sahiptirler.

Syanoakrilikler: Syanoakrilikler yapıştırıcılar akrilik rezin esaslıdır fakat anaerobiklere benzemez. Hızlı yapıştırıcıdır, sertleşmesi birkaç saniye içerisinde olur. Genelde küçük plastik malzemelerin yapıştırılmasında kullanılır. Metali metale yapıştırmada ortamın nem ve sıcaklığı dikkate alınmalıdır.

Epoxyler: Epoxy yapıştırıcılar epoxy rezin esaslıdır. Özel ihtiyaçlar için formüle edilebilirler. İki ve tek komponentli olabilir. Metal ile metali, metal ile metal olmayan malzemelerin yapıştırılmasında geniş bir uygulama alanına sahiptirler.

Poliüretan: Poliüretan yapıştırıcılar epoksiye benzer. Çok geniş ihtiyaçları karşılayacak şekilde formüle edilebilirler. Genelde biri sertleştirici olan iki komponentli yapıştırıcılardır ve uygun karışım oranını sağlamak için pahalı donanıma ihtiyaç gösterebilirler, neme karşıda hassastırlar.

Toklaştırılmış Yapıştırıcılar: Toklaştırılmış yapıştırıcılar tokluğu arttıran elastik (lastik) çok küçük ikinci fazın katılmasıyla elde dilmişlerdir. Akrilik ve epoxy esaslı yapıştırıcılara başarıyla uygulanmış, kayma mukavemetlerinde çok fazla olmaksızın, darbe dirençlerinde ve soyulma mukavemetlerinde iyileşme sağlanmıştır. Çeşitli yapısal uygulamalarda epoxy esaslılar oldukça iyi performans göstermektedirler.[Kılık, 1987]

3.2.2. Endüstriyel yapıştırıcıların avantaj ve dezavantajları

Endüstriyel yapıştırıcıların kullanımı yetmişli yılardan günümüze göstermiş olduğu gelişme ve özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Gelecekte mühendisler tarafından özelliklerinin daha iyi anlaşılmasından, elektriği ve ısıyı iletme veya iletmeme gibi özelliklerin kolayca kazandırılabilmesinden dolayı uygulama alanları daha da genişleyecektir.

Endüstriyel yapıştırıcıların makine mühendislerine sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

1- Geniş birleşme yüzeyi ve kesit boyunca gerilme dağılımının daha homojen olmasını sağlar.

2- Farklı malzemeler birbirine kolayca bağlanabilir.

3- Yorulma, şok ve titreşim dirençleri oldukça iyidir.

4- Kaynak ve lehimlemedeki gibi yüksek sıcaklık kullanılmadığı için distorsiyon ve kalıcı gerilme yoktur.

5- Metallerin birleşmesinde galvenik korozyonu önlerler.

6- Ağırlıktan ve maliyetten tasarruf sağlarlar.

7- Birleştirme tekniği daha basittir ve yalıtkandır.

8- Dizayn esnekliği sağlarlar, kolay ve ucuzdurlar.

9- Tekrar işleme problemi yoktur.

10- İhtiyaç gösterdikleri aletler daha basittir.

11- Birleştirme kadar sızdırmazlığı da gerçekleştirirler.

12- Birçok teknolojiye uygulanabilir.

13- Titreşim sönümleme kabiliyeti iyidir.

Endüstriyel yapıştırıcıların sınırlamaları ve dezavantajları:

1- Düşük soyulma mukavemetine sahiptirler.

2- Parçaların birleştirmesi zordur.

3- Yüzey hazırlığı ve detaylı temizlik gerektirir.

4- Yapıştırıcının mekanik özellikleri zaman ve sıcaklığa karşı bağımlılık gösterir.

5- Bağlantı ya da yapıştırıcının performansıyla ilgili verilerdeki eksiklikler

6- Yapıştırma bağlantısının ömrü maruz kaldığı çevresel etkenlere bağlıdır.

Avantajlar dikkate alındığında kullanma alanlarının genişlemesinin nedeni açıkça ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde bu konu oldukça yavaş gelişmektedir. Bunun başlıca nedeni endüstriyel yapıştırıcıların gücü tam olarak anlaşılamadığından ve kullanıcılara sunulanların sayısının sınırlı olmasındandır. Çünkü istenilen yapışma mukavemetini gerçekleştirmek için gerekli tek koşul şartlara uygun yapıştırıcı seçimidir. [Kılık , 1987]

Endüstriyel yapıştırıcıları çeşitleri çok fazla ve her birinin de kendine has bir takım özelliklere sahip olması nedeni ile kullanılacak ortamın şartlarına uygun seçmek çok önemlidir. “http://www.makinateknik.org/makaleler/otomotiv1.php”

3.2.3 Yapıştırma yüzey hazırlığı

Yüzey hazırlığı yapıştırıcı kullanılarak yapılan birleştirme yöntemini en kritik aşamasıdır. Yüzey hazırlamanın amacı sürekli ve yüksek dayanımlı bir yapıştırma bağlantısı sağlayacak, yapıştırılan malzeme yüzeylerinin oluşturulabilmesidir. Pratik olmamasına karşın yapıştırılacak malzemelerin oksit, boya, krom ve fosfor gibi tabakaların araya girmeden yapıştırıcı ile direk temas etmesi istenir. Bu tabakalar "zayıf sınır tabakalar" olarak adlandırılır. Böyle tabakalar ihtiva eden malzemeleri yapıştırma yöntemi ile bir araya getirme çabası tozlu bir yüzeye hassas bant uygulamasına benzer. Bu şartlar altında yapıştırıcı yapıştırılacak malzeme yüzeyleri ile asla temas içinde olmayacaktır.

Tatmin edici bir yüzey hazırlığı yapılmadığı takdirde bağlantı yapıştırıcı-yüzey temas bölgesinden kopacaktır. Doğru yüzey hazırlama yapıldığında yapıştırıcı veya astardan beklenen kuvvet elde edilebilecek ve kopmalar yapıştırıcının kohezyon kuvvetinin aşılması ve yapıştırıcı tabakasının ikiye ayrılması şeklinde olacaktır. Yüzey hazırlama yalnızca yapıştırıcı bağlantısının başlangıçtaki dayanımı için değil aynı zamanda uzun süreli dayanımı için çok önemlidir.

Yüzey hazırlanırken en azından, yağı, gresi yüzeye tutunma kuvveti yapıştırıcınınkinden az olabilecek kaplamalar temizlenmelidir. Birçok plastik ve metal malzemede, basit zımparalama veya çözeltiyle temizleme yöntemi kullanılır. Ancak bazı basit yüzey hazırlama yöntemleri yeterli olmayabilir. Yapıştırılacak malzemelerin yüzeylerindeki, oksit tabakası ve yağ, boya tabakaları gibi kirletici unsurların kaldırılması bağlantı dayanımını dikkate değer bir şekilde artırır.

Genel olarak organik ve inorganik doğal yapıştırıcılar düşük mukavemetli yapışma bağına sahiptirler. Bundan dolayı yük taşıyan yapı elemanlarının birleştirilmesinde plastik esaslı sentetik yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Çünkü sentetik yapıştırıcılar yukarıda belirtilen üç şartı yerine getirdiklerinden yapışma bağı daha kuvvetli olmaktadır. [Edwards, 1998]

3.3 Yapıştırma Bağlantıları

Yapıştırıcıların en büyük fonksiyonu parçaları bir araya getirerek birleştirmektir. Geleneksel mekanik birleştirme yöntemlerinden daha uygun bir gerilme dağılımı sağlayarak yük iletimi sağlamak mümkündür. Bununla birlikte yapıştırıcılar daha düşük maliyet ve ağırlıkta bağlantının oluşturulmasına ek olarak mekanik birleştirme yöntemlerine eşdeğer veya daha fazla bağlantı dayanımı sağlayabilmektedir.

Pürüzsüz ve uygun bir yüzey yapıştırıcılarla birleştirme yönteminin avantajlarından biridir. Diğer birleştirme tekniklerindeki düzensizlikler söz konusu değildir. Bu hem görünüş hem işlevsellik açısından önemli bir özelliktir.

Uzay sanayi, dış süreksizliklerin minimize edilmesi ve mümkün olduğu kadar sıcaklıktan korunmak için böyle yapıları gerektirir. Bu tür yapılara helikopter rotor bıçakları örnek olarak verilebilir. Metal, seramik, plastik, cam ve odun gibi farklı tipteki malzemeler çeşitli kombinasyonlarla uygun yüzey işlemi kullanılarak kolaylıkla birçok yapıştırıcıyla birleştirilebilir. Esnek bir yapıştırıcı kullanarak termal genleşme özellikleri farklı malzemeler birleştirilebilir ve bununla birlikte daha rijit bir birleştirme sistemi kullanılıyorsa oluşacak hasar önlenir. Mekanik sönümleme yapıştırıcıların kullanımıyla bir yapı da gerçekleştirilebilir. Darbe ve tekrarlı yüklemelere karşı olan dayanımlarından dolayı yapıştırıcıların kullanımıyla yorulma dayanımı arttırılabilir. Uygun bir şekilde dizayn edilmiş bağlantıda genellikle yapıştırılan malzemeler, yapıştırıcıdan önce yorulma gösterir. [Edwards, 1998]

3.4 Yapıştırıcıların Temel Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Bir yapıştırıcının mekanik özellikleri tespit edilirken bağlantı formunda numuneler kullanılır. Bağlantı formundaki numunelerin kullanılması uygulama yerindeki orijinal yükleme tipini tam temsil etmesine karşın önemli iki dezavantajı da beraberinde getirir.

- Bu tipteki numunelerle yapıştırıcının herhangi bir mekanik özelliğinden çok yapıştırılan malzemenin yapışabilmesi test edilir

● Yapıştırılan malzeme yapıştırıcı tabakasının sebep olduğu gerçek gerilme durumundan etkilenir ve yapıştırma bağlantı numunesi sadece kayma yüküne maruz kalsa bile çekme yükü veya çekme –kayma yüklerinin kombinasyonundan dolayı hasar oluşabilir.

Test numuneleri hazırlanırken dikkat edilmesi gereken hususlar:

1) İki bileşenli yapıştırıcılarda uniform karışım temin edilmeli,

2) Hava boşlukları ve yabancı maddelerin oluşturduğu etkiler minimize edilmeli,

3) Yapıştırıcının normalde kürleşmesi için gerekenin ötesinde sıcaklık artışı minimize edilmelidir. Genellikle mekanik davranış yük altında malzemelerin bünyesinde meydana gelen gerilme-şekil değiştirme arasındaki ilişkiyi açıklayan en genel kavramdır.

Yapıştırıcıların mekanik özellikleri temelde iki farklı yükleme (çekme – kayma)şartında tespit edilir. .[Dean, G.D,1996]

3.4.1. Çekme Deneyi

Çekme deneyinden elde edilecek yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin güvenilirliği, uygulanan kuvvet altında oluşan yer değiştirmelerin doğru tespitini gerektirir. Bu seçilen ölçüm sistemi kadar yapıştırıcının özelliğine de bağlıdır. Genelde uygulanan kuvvetin ölçülmesinde nadiren problemlerle karşılaşılmasına rağmen, yer değiştirmelerin ölçülmesinde çok büyük güçlüklerle karşılaşılır. Bu nedenle çekme deneylerinde şekil değişiminin belirlendiği ölçüm tekniği deneylerde kullanılan şekil değiştirme oranı ve miktarı numunelerin kalınlığı dikkate alınması gereken önemli noktalardır. Yapıştırıcı numunelerin üzerinden şekil değişimlerinin ölçülmesinde kullanıldığında strain-gauge lerin önemli hatalar verdiği görülür.

Numuneyle temas halindeki extensometreler %10'un altındaki şekil değişimlerinin tespitinde tekrarlanabilir sonuçlar üretir ve oldukça doğru ve uygun sistemlerdir. Bununla birlikte yüksek doğruluk oranının sağlanabilmesi için numunenin her iki yüzeyine de extensometre yerleştirilerek şekil değiştirmelerinin ortalaması alınmalıdır.

Hasar anına kadar yüksek şekil değişimine uğrayan (esnek) yapıştırıcılar için temas halinde olmayan ölçüm sistemlerinin kullanılması daha doğru sonuç vermektedir. Bunun ana nedeni esnek materyallerin visko-elastik davranış sergilemeleri ve extensometre ağırlığının burkulmaya neden oluşudur.

Bu nedenle temas halinde olmayan extensometrelerin esnek yapıştırıcı numunelerinde kullanılması büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak % 2'nin altındaki şekil değiştirmelerin tespitinde bu cihazlar doğru sonuç vermezler. [Aydın, 2003]

3.4.2. Kayma Deneyi

Plastikler için kayma deneyleri çekme deneyleri kadar gelişmemiş ve yapıştırıcıların kayma deneyleri için sınırlı gayret sarf edilmiştir. Kayma özelliklerinin tespit edildiği standart bir deney yöntemi bulunmamaktadır.

Aşağıda belirtilen bazı yöntemler yapıştırıcıların kayam yükü altındaki mekanik davranışlarının belirlenmesinde kullanılabilir.[Dean, G.D,1996]

Bağlantı numunelerinden yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin belirlenmesi:

Bu durumda, yapıştırıcının ayırt edici mekanik özelliklerini belirleyebilmek için, yapıştırıcı tabakasına eşit ve tek eksenli gerilme ile hasar oluşturacak numunelerin kullanılması gerekmektedir. Ayrıca değişik bağlantı numunelerinin kullanıldığı tüm deneysel yöntemlerden elde edilen mekanik özelliklerin yapıştırıcı tabakasındaki şekil değişim oranına bağımlılık göstermesi potansiyel problem olarak karşımıza çıkar ve yapıştırıcının akma dayanımı civarındaki gerilme seviyelerinde son derece artar. [Aydın, 2003]

Sonuç olarak herhangi bir materyalle yapılacak tasarım için en önemli gereksinmelerden biri tek eksenli çeki yükü altında hasar anına kadar malzemenin göstereceği gerilme-şekil değiştirme davranışının belirlenebilmesidir. Yapıştırma numuneleri hazırlanırken iki bileşenli yapıştırıcılarda uniform karışım temin edilmeli hava boşluğu ve yabancı maddelerden oluşturduğu kalıntılar minimize edilmeli ve yapıştırıcının normalde kürleşmesi için gerekenden fazla sıcaklık artışı engellenmelidir.

Diğer taraftan, çekme deneyinden elde edilecek yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin güvenilirliği ve uygulanan kuvvet altında oluşan yer değiştirmelerin doğru tespiti gerekir. Bu seçilen ölçüm sistemi kadar yapıştırıcının özelliğine de bağlıdır. Genelde uygulanan kuvvetin ölçülmesinde nadiren problemlerle karşılaşılmasına rağmen yer değiştirmelerin ölçülmesinde çok büyük güçlüklerle karşılaşılır. Bu nedenle çekme deneylerinde şekil değişiminin belirlendiği ölçüm tekniği, deneylerde kullanılan şekil değiştirme oranı ve miktarı, numunelerin kalınlığı dikkate alınması gereken önemli noktalardır. Çekme deneyleri verilerinin belirlenmesinde önemli bir basamak olmasına karşın, farklı gerilme durumları altında ek verilerin tespit edilmesi gereklidir. Yapıştırıcılar için kayma deneyleri bu ek verilerin belirlenmesinde oldukça önemli yer teşkil eder. Uygun numuneler üzerinde yapılan burulma deneyleri ile silindirik alın bağlantı numuneleri üzerinde burulma deneyi ve test yöntemlerinin her biri kayma gerilmesi şekil değişimi verilerinin ölçülmesinde oldukça doğru sonuçlar verebilmektedir. Sonuç olarak bir yapıştırıcının kayma verileri tespit edilirken uygun yöntemin seçimi o yapıştırıcının şekil değiştirme oranı, uygun numunelerin elde edilebilirliğine ve ölçümde kullanılan aparatlara bağımlıdır. .[Dean, G.D,1996]

Bu bilgi ve sonuçların ışığında metal ve plastiklerin ara yüzey incelemesinde bu güne kadar yapılmış olan testlere paralel olarak yapmış olduğumuz deney numuneleri ve bu numunelerin çekme, kopma ve kayma gerilmelerinin hesapları çıkarılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Buna göre yapılan deneylerde birbirinden farklı birkaç yapıştırıcı ve EPDM kauçukla metal ve alüminyum un birleşme değerleri hesaplanmıştır. Bu deneylerde ağırlıklı olarak sun-fix, epoxy ve reçine kullanılmıştır. En detaylı ölçümler ise reçineli birleştirmelerde yapılmıştır.Ölçümler instrom cihazında hassas olarak yapılmıştır.

4. MALZEME

4.1 Malzemeler

Bu çalışmada metal (çelik,alüminyum) ve kauçuğun birbirleri arasındaki yapışma mukavemetleri değerlendirilmiştir.5 tip EPDM kauçuğun içerisinden deneylere en uygun formdaki A3 formundaki kauçuk kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır .

Deney numuneleri hazırlandıktan sonra değişik hava şartlarında(-5°C,+80°C) bekletilmiştir.

4.1.1. Kauçuk

Farklı kompozisyonlarda üretilen 5 tip EPDM kauçuğunun karışım formülasyonu Çizelge 1' de verilmiştir. Kullanılan karbon siyahı fef (N550 dir).

	KARIŞIM NUMARASI				
İÇERİK	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**
EPDM (ENB tipi)-	100	100	100	100	100
Karbon siyahı (FEF N550)	147.1	70.0	163.2	183.3	128.8
Çinko asit	6.0	5.0	8.5	9.2	5.5
Stearik asit	1.2	1.0	1.1	1.1	1.2
Beyaz dolgu (kalsiyum karbonat)	0.0	0.0	71.1	88.9	212.1
Parafinik yağ	92.2	26.7	102.6	125.0	121.2
Premix ilaç (bağlayıcı)	3.5	4.0	5.1	8.3	4.8
Kükürt	1.5	0.8	1.8	1.8	1.4

*Değerlerin birimi phr (**parts per hundred rubber**)'dir.[**Otnar, Güden,2005]**

Çizelge 1: EPDM Kauçuğun karışım formülasyonu

*Deneylerde kullanılan kauçuk **A3** formundaki değerlere göre üretilen kauçuktur

*A3 formundaki kauçuğun sertlik değeri 64(shoreA)yoğunluk 1,286g/cm3(Şekil ,3).

4.1.2. Metal

Yapılan bu çalışmada metal ve alüminyum kullanılmış ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Kauçuğun yapıştırılacağı metal 4 mm. kalınlığında, Erdemir tarafından 7132 kalite numarası ile üretilmiş sac çelik malzemedir. Aynı esaslarla kullanılan alüminyum malzeme 3 mm. kalınlığında tabaka alüminyumdan elde edilen malzemedir. Standart ve 20 mm. X 200 mm. boyutlarında hazırlanan parçaların yüzeyine 10 mm aralıklarla ve genişliği 1mm , derinliği 0,3 mm (300 mikron) olan 45 derecelik ve düz kanallar açılmıştır.Yüzeylerde eğeleme yapılarak yüzey pürüzlülükleri değişik alternatif deney parçaları haline getirilmiştir.Metal ve alüminyum delikli numuneler ise delikler merkezleri 20 mm aralıkla ve 3 mm çapında matkapla delinerek hazırlanmıştır. Deneylerde düz , kanallı ve delikli numunelerin yapışma ara yüzey dayanımları incelenmiştir. Bulunan değerlerin ışığında karşılaştırmalı sonuçlar değerlendirilmiştir. Değişik yüzey şekilleri metal ve alüminyum üzerine işlenerek yapılmıştır. Bu yüzey hazırlığında üç ayrı yüzey kalitesi oluşturulmuştur. Bunlar , düz yüzey, çapraz kanallı yüzey ve delikli yüzeylerdir.Ölçümler hassas mikrometre,kumpas ve diğer ölçü aletleri ile yapılmıştır.

4.2 Numune Hazırlama Ve Yapıştırma İşlemleri

Standart deney numuneleri ISO 527–2, 1993 e göre uygun olarak hazırlanmıştır 4 mm. x 25 mm. x 200mm. olan kauçuklar metalin tüm yüzeyine yapıştırılmıştır. Metalin kauçuğa yapışması esnasında yapışkanların akmasını engellemek için kenarlarına bant yapıştırılmıştır. EPDM kauçuğun yüzeyine 0 °C derece zımpara uygulanmıştır. Metal ve kauçuğun yüzeyi aseton ve orarenov-s yüzey temizleyicilerle temizlenmiştir.

Yüzeylerin temiz ve oda sıcaklığı ortamında kuruması beklendikten sonra yapıştırma işlemi yapılmıştır. Yapıştırma işleminde metal ve alüminyum malzeme değişik yüzey kalitesi şekilleriyle hazırlanarak yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yapıştırma işleminde Reçine, Epoxy, Sun-Fix yapıştırıcılar kullanılmıştır. Ağırlıklı olarak deneyler reçine yapıştırıcı kullanılan numuneler üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Her bir yapıştırma şekli uygulanan sıcaklık ve basınç altında tutma süreleri resimler ve tablolar şeklinde çıkarılmıştır.

4.3 Yapıştırma İşleminin Uygulanışı

Yapıştırma bütün numunelere oda sıcaklığında uygulanmıştır.Yapıştırma işlemi uygulanan numunelerin hepsi yapışma ve kuruma işlemlerinden sonra değişik sıcaklıklardaki ortamlarda bekletilmiştir. -5 °C derece ile + 80 °C dereceye kadar olan sıcaklık aralığında 24 saat süre ile bekletilen numuneler , nemli ortamda tutulup ayrıca suya sokulup bir dakika bekletilmiştir.Yapıştırma işlemi sırasında uygulanan basınca dikkat edilerek bütün yapıştırıcılarda en uygun yapışmayı sağlayacak basınç değerlendirilerek uygulanmıştır.(Çizelge ,2)

Yapıştırıcı	Ortam	Basınç (kg.)	Sıcaklık	Süre (dk.)
Reçine	Pres altında	10	Oda Sıcaklığı 25°C	120
Epoxy	Pres altında	10	Oda Sıcaklığı 25°C	20
Sun-Fix	Pres altında	80	Oda Sıcaklığı 25°C	200

Çizelge 2 :Yapıştırma işlem değerleri

4.3.1 Testlerde kullanılan yapıştırıcıların özellikleri

Epoxy: Çok Çabuk işleyen ve yapıştırıcı ve katalizörü olarak iki bileşenli(A-B) bir malzemedir. Birçok farklı malzemenin yapıştırılmasında kullanılır. Sertlik Shore D' dir. A ve B karışım kimyasalları aynı oranda katılarak karışım sağlanır ve uygulanır.



Şekil 3: Epoxy

Özellikleri	Test Metotları	Limit
Viskozite A	Plaka ve Koni	10–15
Viskozite B	Vizkolmetre	13–18
Yoğunluk A	ASTDM-D–792	1.10–1.20 g/cm³
Yoğunluk B	ASTDM-D–792	1.10–1.20 g/cm³
Kullanma Sıcaklığı	ASTDM-D–704	100 °C

Çizelge 3: Epoxy yapıştırıcının çeşitli test metotlarındaki özellikleri

Sun-Fix: Çok çabuk işlemeyen ve ortalama 180–200 dk. süresinde oda sıcaklığında işleyen bir kimyasal yapıştırıcıdır. Mavi ve sarı iki macun bileşen in karıştırılmasıyla elde edilir. Karışım yeşil renge dönüştüğünde uygulanmaya hazır hale gelir. Kuruduktan sonra asit, yağ ve sudan etkilenmez.



Şekil 4: Sun-Fix

Özellikleri	Birim değerleri
Isı dayanımı	+200 °C
Baskıya dayanımı	800 kg/cm²
Çekme dayanımı	300 kg/cm²

Çizelge 4: Sun-Fix yapıştırıcının özellikleri

Reçine: Tanım olarak belirsiz ve genellikle yüksek moleküler ağırlığı olan, gerilim altında akmaya meyilli, genellikle yumuşama veya erime sıcaklığı olan ve konkoidal çatlama gösteren katı, yarı-katı veya katımsı organik madde.

Sentetik Reçineler:

Polivinil Asetat Esaslı Yapıştırıcılar: Emülsiyon, polivinil asetat ve kopolimer esaslıdır. PVA esaslı yapıştırıcılar suyun buharlaşması ya da yapıştırılan malzeme tarafından emilmesiyle katılaşır. Katılaşma zamanı oldukça kısa olup 45 saniye civarındadır. Sulu yapıştırıcılar içinde en çabuk

katılaşanıdır. PVA yapıştırıcıların ortam ısısı 20 ^{o}C derece civarında en iyi sonucu verir. Soğuk saklanacak ambalajlar için modifiye edilmeleri gerekir. Daha uzun süre kullanılması için sulandırılır. Beyaz renkli çok ince ve sıvıdan koyudur. Emülsiyon ile filmler dayanıklı, genellikle su geçirmez, çabuk uygulanır, koku yapmaz, tadı değiştirmez. Makine kullanımlı, dayanıklı, çabuk yıpranmaz yağ geçirmez. Karton, yapıştırmada, biçim vermede, tüp yapımında, tepsi kap ve torba kapamada, mukavva pencerelerde kullanılır.

Latex (Termoplastik) : Doğal ya da sentetik kauçuk esaslıdır. Renkleri beyazdan bronza kadar değişir. Bazıları amonyak kokar. Yine bazılarında kendi kendini kapama (self-sealing) özelliği varılır, geniş yüzeyleri tutturabilir, makine kullanımı ve dayanıklılığı zayıftır. Self-seal torbalı, zarf ve sargılarda, tek katlı torbaları birleştirmede, mumlu torbaların dibinde ve kapatılmasında, folyo - kâğıt laminasyonunda kullanılır.

Sodyum Silikatlar (Cam Suyu) : İnorganik bir yapışkan olup katılaştığında cama benzer bir bağ oluşturur. Mikro organizmalara karşı dirençlidir. Özellikleri onu oluşturan bileşiklerin miktarına göre değişir. Silikatlı yapıştırıcılar, neme karşı oldukça dirençlidir. Birkaç dakika içinde katılaşmaya başlar ancak optimum dayanıklılığa, uygulandıktan birkaç saat sonra erişir. Silikatlı yapıştırıcılar, hareketli parça üzerinde bir tortu bırakacağından makineyle uygulanamaz. Silikatlı yapıştırıcılar asit ile temas halinde bozulurlar. Kullanılmadığı suretle ağzı sıkı sıkıya kapatılmış bir kutuda saklanır.

Holmelt (Eriyik) : Polimer, reçine ve balmumunun karışımlarıdır. Yani çeşitli termoplastik malzemelerin çok çeşitli maddeler karışımından oluşur. %100 katıdır. Sıvılaştırmak için ısıtılmalı ve akışkanlaştırılır. En çabuk katılaşan, uygulanan yapıştırıcıdır. Katılaşma süresi 6 – 8 saniye kadardır. Eriyik haldeki yapıştırıcı, yüzeye temas eder etmez katılaşmaya başladığından ayırma zamanları oldukça kısadır. Uygulama ısısı genellikle 140^{o}C–180^{o}C derece arasında holmeltler el ile ya da otomatik kapatma makinelerinde el tabancası ile uygulanabilir. En çok görülen şekilleri, çıta, küre, çubuk, külçedir. Beyazdan kahverengiye kadar değişen renkleri mevcuttur. Kutu,

karton kapamada, tepsilerde, torba dikiş ve kapamada, kutu ve şişeleri etiketlemede, basınca duyarlı ambalajları kaplamada, kâğıt şerit ve laminasyonlarda kullanılır.

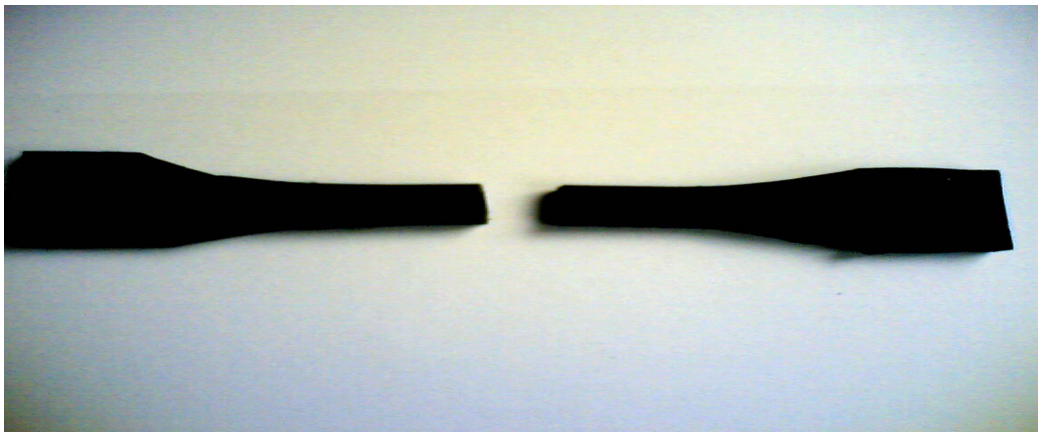
Solvent Borne (Çözelti): Solüsyon ya da lak yapıştırıcılar olarak adlandırılır, geniş bir polimer dizi mevcuttur. Çeşitli organik çözeltilerde erir. Genellikle hareketli sıvılardır. Saydam, beyaz, kahverengiye kadar değişebilir. **“**www.ambalajrehberi.com.tr”

5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerde kullanılan EPDM kauçuğu standart deney numunesi halinde iken yapılan çekme deneyinde 6.70 MPa değerindeki kuvvette kopmaktadır.Kullanılan yapıştırıcıların sıyrılma değerleri kauçuğun kendi kopma değerlerinden düşük olması nedeni ile kauçuk yapışma deneyleri sırasında kopmamıştır.Kauçuğun kopma değeri formülize edilerek açıklanmıştır (Şekil ,5).



(a)Deney öncesi



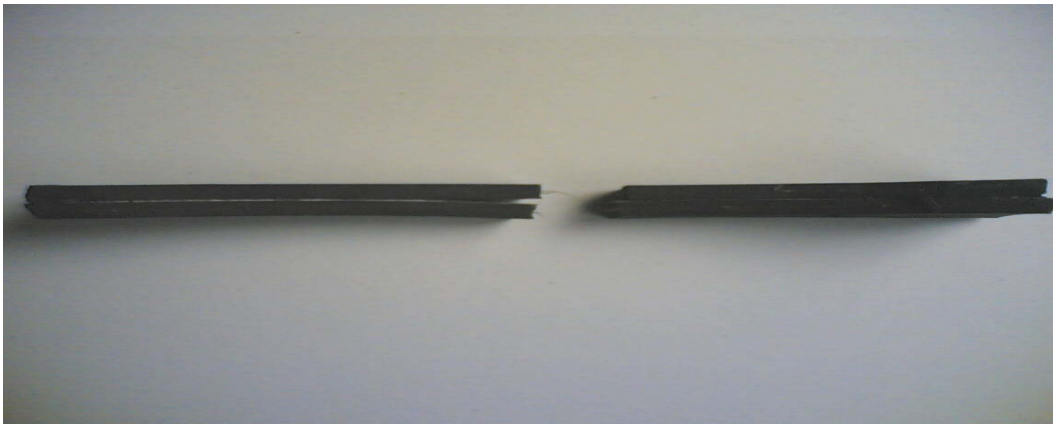
(b)Deney sonrası

● Saf Kauçuk kopma mukavemet değeri: A3 formundaki kauçuk

$F_{max} = 268$ N
$W = 10$ mm.
$t = 4$ mm.

$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 268 / (10 . 4) = 6{,}70$ N/mm² = 6,70 MPa

Şekil 5: Deneylerde Kullanılan Saf Kauçuk



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 607 / (10 . 8) = 7,59 \text{ N/mm}^2 = 7,59 \text{ MPa}$

Şekil 6 : Kauçuk-Kauçuk, Yapıştırıcı: Epoxy



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 607 / (10 . 8) = 11,2 \text{ N/mm}^2 = 11,2 \text{ MPa}$

Şekil 7 : Kauçuk-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine

Kauçukla-kauçuğun **epoxy** ile yapıştırılmasından sonra uygulanan çekme kuvveti sonucu deney numunesi orta noktasından koparak ikiye ayrılmıştır.Kopma sonucu yapışma yüzeylerinin kopan uç kısımlarından yaklaşık 1 cm lik ayrılma yaparak koptuğu ve kauçuğun sünekliğinden dolayı yapışmada çatlamalar ve zayıflama meydana gelmiştir (Şekil ,6). Aynı deneyin **polyester reçine** ile yapıştırılmasında ise yine kopma orta noktada olmuştur.Kopma sonucu kopma noktasının uç kısımlarından tek tarafta yaklaşık 3 mm lik ayrılma meydana gelmiştir.Yapıştırcının kauçuğun sünekliğine daha uygun olduğu ve yapışmada zayıflamanın epoxy e göre daha az olduğu görülmüştür (Şekil ,7).



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 296 / (20 . 8) = 1,85 \text{ N/mm}^2 = 1,85 \text{ MPa}$

Şekil 8: Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine (Çapraz Kanallı Yüzey)



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 147 / (20 . 7) = 1,05 \text{ N/mm}^2 = 1,05 \text{ MPa}$

Şekil 9: Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine (Düz Yüzey)

Alüminyum ve kauçuğun **polyester reçine** ile yapıştırılmasında yapıştırcının her iki yüzeyede işleyerek yapışmanın geçekleştiği görülmüştür.Çapraz kanallı yüzey ve düz yüzey arasında karşılaştırma yapılarak yapılan deneyde çapraz kanallı yüzeyE yapıştırıcının daha iyi tutunduğu tesbit edilmiştir (Şekil ,8). Düz yüzeyde yapışma daha zayıf tutunma mukavemeti göstermiştir.Yapışma sonucu her iki malzemeninde yüzeyinde yapıştırıcı olduğu ve yapıştırıcının çekme sonucu yumuşak bir sıyrılmayla ayrılma gerçekleştiği görülmüştür (Şekil ,9). Ayrıca alüminyumun genel itibariyle yapışması çeliğe göre daha zayıftır.



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 312 / (20 . 8) = 1,95 \text{ N/mm}^2 = 1,95 \text{ MPa}$

Şekil 10: Metal(çelik)-Kauçuk, Yapıştırıcı: Epoxy(Düz yüzey)



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 419 / (20 . 4) = 5,24 \text{ N/mm}^2 = 5,24 \text{ MPa}$

Şekil 11:Metal(çelik)-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine(Düz yüzey)

Metal ile kauçuğun **epoxy** ile yapıştırılmasında deney numunesine çekme kuvvetinin uygulanması ile kauçuğun çok az bir sünme ile yapıştırıcı yüzeyinden komple ayrılarak koptuğu görülmüştür (Şekil ,10).Yapıştırıcının tamamen metale tutunduğu ve kauçuğun yüzeyinde yapıştırıcı artıklarının olmadığı ve kauçukta yüzeysel sıyrılmaların olmadığı tespit edilmiştir. Aynı malzemelerin **polyester reçine** ile yapıştırılmasında ise ayrılmanın daha yumuşak olduğu ve yapıştırıcının her iki yüzeye de işlediği ve metale tamamen tutunmasına karşılık kauçuğun kenar kısımlarında kopmalar meydana geldiği ve metalin yüzeyine yapıştığı gözlenmiştir (Şekil ,11).



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 619 / (10 . 8) = 7,74 \text{ N/mm}^2 = 7,74 \text{ MPa}$

Şekil 12: Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Epoxy (Düz Yüzey)



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 509 / (10 . 8) = 6,36 \text{ N/mm}^2 = 6,36 \text{ MPa}$

Şekil 13: Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Polyester Reçine (Düz Yüzey)

Çelikle çeliğin **epoxy** ile yapıştırılması sonucunda ise yapıştırıcının her iki yüzeye de işleyerek ve sert bir kopma ile ayrıldığı tespit edilmiştir.Ayrılma sonucu yapıştırıcının malzemenin her ikisinede aynı oranda tutunmadığı görülmüştür.Bunu sebebinin ise numunenin yapışma sırasında tam düz yapıştırılamamasıdır.Ayrıca yapıştırıcının ayrılma sırasında çatlamalara uğradığı gözlenmiştir (Şekil ,12). Aynı yapıştırma işleminin **polyester reçine** ile uygulanması sonucu yapıştırıcının her iki yüzeye de homojen olarak işlediği ve yumuşak bir kopma ile ayrılma gözlenmiştir. Yapıştırıcı eşit oranda dağılarak tutunmasına karşılık daha zayıf kalmıştır (Şekil ,13)



$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 2070 / (20 . 12) = 8,63 \text{ N/mm}^2 = 8,63 \text{ MPa}$

Şekil 14: Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix(Düz kanallı yüzey)



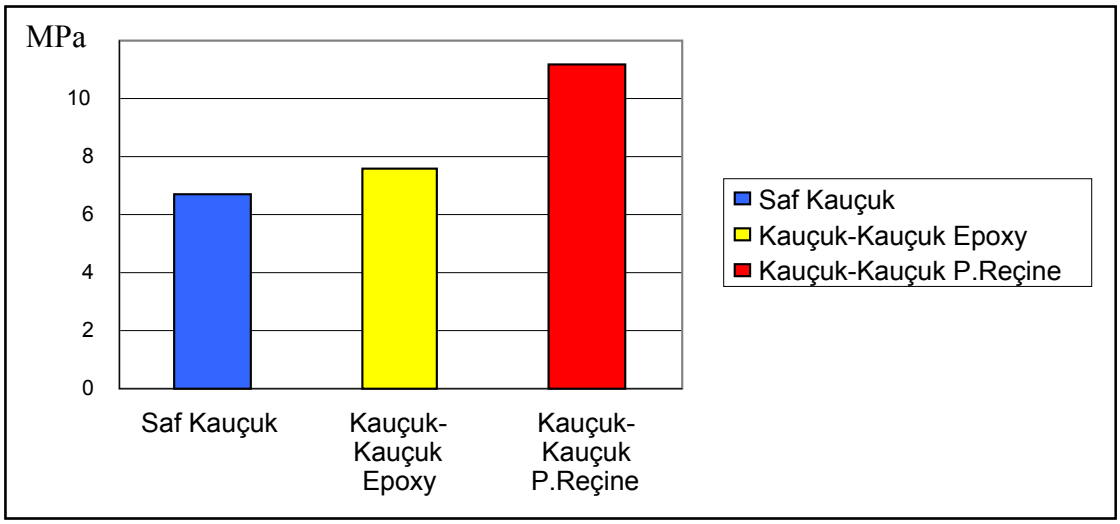
$\sigma_{max} = F_{max} / (W.t) = 2646 / (20 . 12) = 11,03 \text{N/mm}^2 = 11,03 \text{MPa}$

Şekil 15: Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix (Delikli Yüzey)

Alüminyum ve çeliğin **sun-fıx** yapıştırıcı ile yapıştırılması sonucu çekme kuvveti uygulandığında sert kopma ile malzemeler ayrılmıştır.Yapıştırıcının çeliğe daha iyi tutunduğu ve alüminyumun kanallarına iyi işlediği tespit edilmiştir.Kopma sonucu malzemelerin yüzeylerinde artık kalmamış olup yapıştırıcı kırılarak kopmuştur.Bütün halinde parçalara tutunmuş kalıntılarda çatlama ve zayıflama olmamıştır (Şekil ,14)

Alüminyum ve çeliğin delikli yüzeylerle yapıştırılması sonucu ise yapıştırıcının yüzeye tutunmasının yanında ayrıca deliklere de işlediği için yapışma mukavemetinin yanında , yapıştırıcının kendi kopma mukavemetinin de yapışma kalitesine ve mukavemetine daha olumlu etki etmiştir.Çeliğe sağlam tutunmasından dolayı kopma alüminyum yüzeyden ayrılarak gerçekleşmiştir ve yapıştırıcı çelik tarafında kalmıştır (Şekil ,15).

Aynı basınç altında aynı yüzey kalitesinde yapıştırılan kauçukla kauçuğun çekme deneyi sonucunda polyester reçine yapıştırıcının epoxy yapıştırıcıya oranla daha dayanıklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil ,16).



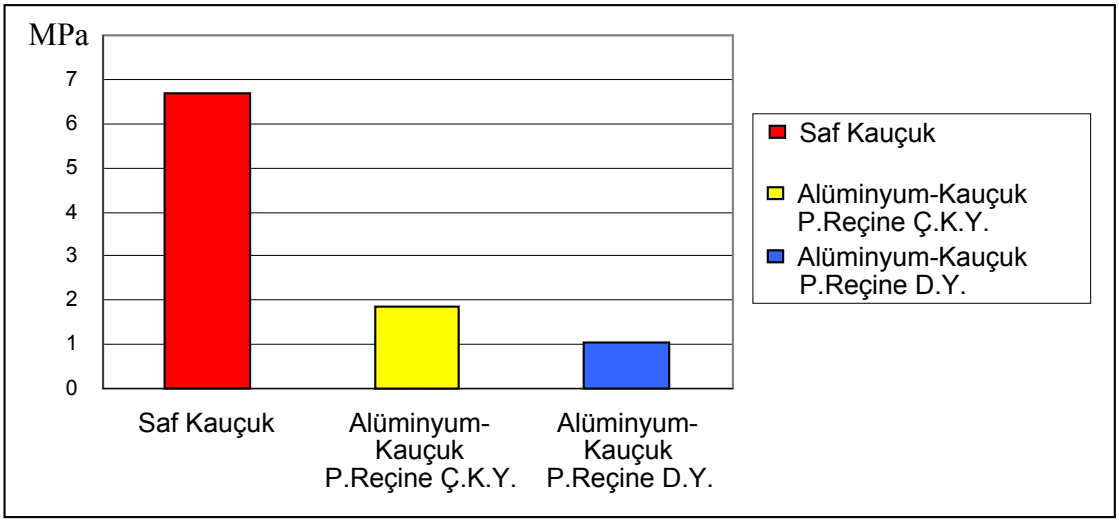
-Saf Kauçuk kopma mukavemet değeri: A3 formu kauçuk= **6,70 MPa**

-Kauçuk-Kauçuk, Yapıştırıcı: Epoxy= **7,59 MPa**

-Kauçuk-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine= **11,2 MPa**

Şekil 16: Kauçuk-Kauçuk mukavemet grafiği

Alüminyum ve kauçuğun aynı basınç altında farklı yüzey kalitesinde aynı yapıştırıcıyla yapıştırıldığında ise çapraz kanallı yüzeyin , düz yüzeye oranla daha yüksek dayanım gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil ,17).

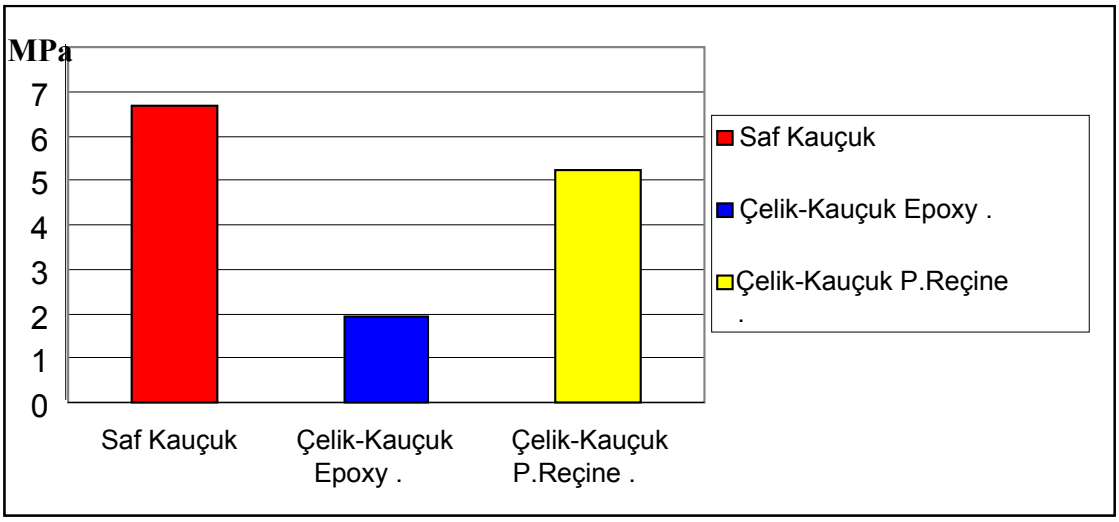


-Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine(Çapraz Kanallı Yüzey) = **1,85 MPa**

-Alüminyum-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine (Düz Yüzey) = **1,05 MPa**

Şekil 17: Alüminyum-Kauçuk mukavemet grafiği

Çelikle kauçuğun aynı basınç altında aynı yüzey kalitesiyle farklı yapıştırıcılarla yapıtırıldığında polyester reçine yapıştırıcının ,epoxy yapıştırıcıya oranla daha mukavemetli olduğu tespit edilmiştir (Şekil ,18).

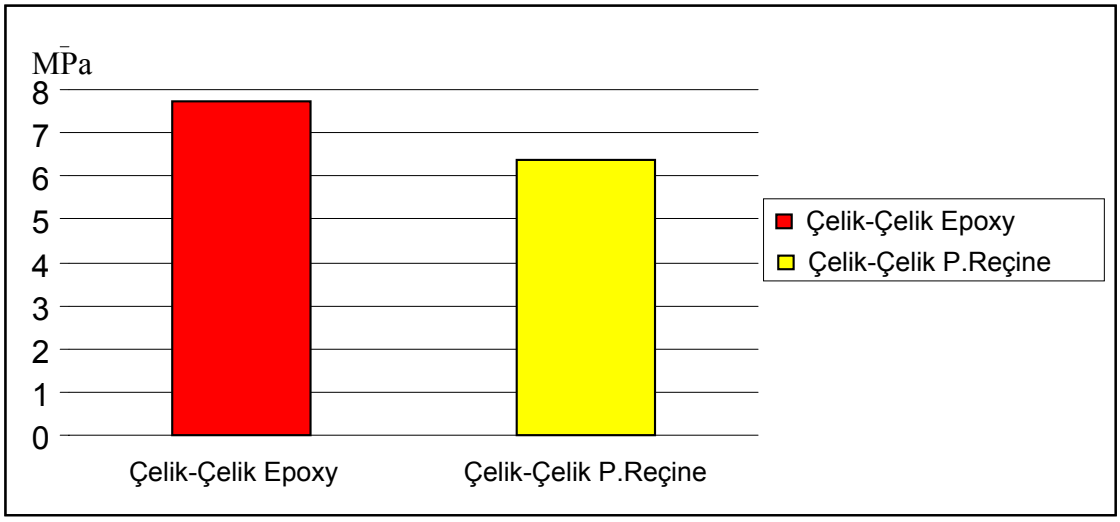


-Metal(çelik)-Kauçuk, Yapıştırıcı: Epoxy(Düz yüzey) = **1,95 MPa**

-Metal(çelik)-Kauçuk, Yapıştırıcı: Polyester Reçine(Düz yüzey) = **5,24 MPa**

Şekil 18: **Çelik-Kauçuk mukavemet grafiği**

Çelikle çeliğin aynı basınç altında aynı yüzey kalitesinde farklı yapıştırıcılarla yapıştırıldığında ise epoxy yapıştırıcının polyester reçineye oranla daha verimli bir mukavemete sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil ,19)

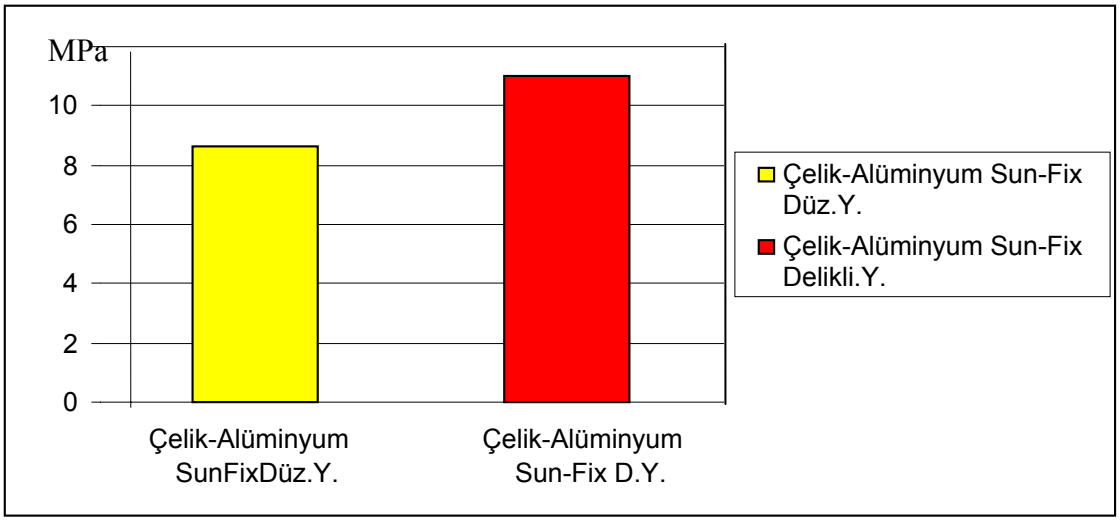


Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Epoxy (Düz Yüzey) = **7,74 MPa**

Metal(çelik)-Metal, Yapıştırıcı: Polyester Reçine (Düz Yüzey) = **6,36 MPa**

Şekil 19: Çelik-Çelik mukavemet grafiği

Çelikle alüminyumun aynı basınç altında aynı yapıştırıcıyla farklı yüzey kalitesinde yapıştırılmasında ise düz kanallı yüzeye göre delikli yüzeyin daha mukavemetli bir dayanım gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil ,20)



Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix(Düz kanallı yüzey) = **8,63 MPa**

Metal(çelik)-Alüminyum, Yapıştırıcı: Sunfix (Delikli Yüzey) =**11,03MPa**

Şekil 20:Çelik-Alüminyum mukavemet grafiği

Daha önce yapılan metal kauçuk yapışma mukavemeti çalışmasında yüzey kalitesinin yapışmaya etkisi araştırılmış ve vulkanize edilmiş kauçukla kumlama yapılmış yüzeye yapıştırma işlemi test edilmiştir.A4 formundaki EPDM kauçukla yapılan testlerde en iyi sonucun chemosil yapıştırıcıyla elde edildiği tesPit edilmiştir.[Otnar ,Güden ve diğ.2005]

Gerçekleştirilen bu çalışmada ise yüzey kalitesinin yapışma mukavemetine etkisi görülmüş farklı yapıştırıcılarla karşılaştırmalı olarak deneyler yapılmıştır.Deneylerde A3 Formuna uygun kauçuk kullanılarak vulkanize işlemi uygulanmadan testler yapılmış olup ,metal ,alüminyum ve kauçuğun birbirleri arasında farklı yüzey ve yapıştırıcı kombinasyonları içersinde yapılan deneyler sonucu en iyi verim ve çalışma alanının polyester reçine yapıştırıcı ile mümkün olduğu tespit edilmiştir.

6. SONUÇ

Yapıştırıcıların ,gerilme dağılımlarının gayet homojen olduğu, titreşim kabiliyetinin iyi olduğu; yorulma, şok ve titreşim dirençlerinin gayet yüksek olduğu, bunun yanı sıra düşük soyulma ve düşük klivaj mukavemetine sahip olduğu gözlenmiştir.

Yapıştırma yüzey hazırlığında yüzeyde çentik, kir, pas ve çeşitli kimyasalların bulunması yapışma faktörünü ve yapışma mukavemetini olumsuz etkilemektedir. Yapıştırıcının oksit, boya, krom ve fosfor gibi tabakaların araya girmeden yapıştırıcı ile direk temas etmesi istendiğinden yüzey hazırlama işleminin büyük bir titizlikle yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

Deneylerde kullanılan yapıştırıcıların hepsinde düz yüzeye göre kanallı, delikli ve pürüzlendirilmiş yüzeyler daha verimli yapışma mukavemeti oluşturmaktadır. Ayrıca kanallar yapıştırıcının kayma gerilmesine karşılık daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Bu etki, deneylerde kullanılan bütün yapıştırıcılarda görülmüştür.

Aynı zamanda yapıştırılacak malzemelerin yapıştırma esnasında uygulanacak basınca dikkat edilmelidir.Fazla uygulanan basınç nedeni ile yapıştırıcı yapışma yüzeylerinin birleşim aralığından akarak malzemelerin neredeyse birbirine değmesi sebebiyle zayıf yapışmaya neden olur.Basıncın yetersiz olması halinde ise yapıştırıcının yüzeye tam teması ve hava boşluklarının kalması nedeni ile verimli yapışması sağlanamayacağından;yapışma basıncı da dikkate alınmalıdır.Yapıştırılan yüzeylerin paralel olmasına özen gösterilmelidir.

Metal-Alüminyum ve Metal yapıştırmalarda sun-fix yapıştırıcı, reçine ve epoxy' ye oranla daha güçlü mukavemetlidir. En zayıf olan yapıştırıcı ise reçinedir. Alüminyum-Kauçuk ve Metal-Kauçuk yapıştırmalarda reçine diğer yapıştırıcılara oranla daha güçlü bir yapıştırıcıdır. Metal-Metal birleştirmede epoxy reçineden daha mukavemetlidir. Kauçuk-Kauçuk birleştirmede reçine daha verimli olmuştur.

Sonuç olarak sun-fix yapıştırıcıların; metal birleştirmelerde, epoxy-nin ;Metal-Metal ve Metal- Kauçuk birleştirmelerde, reçinelerin; Metal-Metal ve Metal-Kauçuk birleştirmelerde kullanılmasının uygun olacağı ve en geniş kullanım alanına sahip olduğu görülmüştür.Ayrıca reçineli yapıştırmalar yumuşak kopma göstermektedirler.

KAYNAKLAR

1. Edwarsd, K.L., 1998. A brief insight into the selection and use of engineering adhesives for preliminary joint desing. Materials and Design, 19,121–123.
2. Kılık, R. 1987. Yapıştırma ve Yapıştırma Bağlantıları, Erc.Ünv.Fen Bil.Derg.,3.1 526-531, Kayseri
3. Aydın, A. 2001. Yapıştırma Bağlantıları. Mühendis ve Makine –Cilt:45 Sayı:536, İstanbul
4. Tomblin, J.S., Yang, C. AND, Hatter, P., 2001. Investigation of thick bond line adhesive joint. Final Report, DOT/FAA/AR-/, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
5. Semerdjiev, S., 1970. Metal to Metal Adhesive Bonding. Business Book Limited. Londra
6. Rouse, N.E., 1982. Making Joints in Compositen. Machine Desing, 7, pp. 79-82
7. Shackelford, J. F. , Alexander W. ,2001 , Materials Science and Engineering, CRC Press LLC,İngiltere
8. Mead L. J. , Baker A. M. , 2002, Copmposit Technologies, The McGraw
9. Hill Companies, Amerika
10. www.obitet.gazi.tr/malzeme_bilgisi/kompozit %20
11. http://www.makinateknik.org/makaleler/otomotiv1.php
12. www.ambalajrehberi.com.tr
13. Bergström, J.S., Boyce. M.C. (1998) Constitutive modeling of the large strain time dependent behavior ofelastomers, J. Mech. Phys. Solids, 46 (5), 931-954.
14. Datta, S., De, S.K., Kontos, E.G., Wefer, J.M., Wagner, P., Vidal, A. (1996) Dynamic mechanical and infra-redspectroscopic studies on interaction between carbon black and ionic thermoplastic elastomer based on maleatedEPDM rubber, Polymer, 37, 34313435.
15. Ginic-Markovic, M., Dutta, N.K., Dimopoulos, M., Choudhury, N.R., Matisons, J.G. (2000) Viscoelastic behaviour of filled, and unfilled, EPDM elastomer, Thermochimica Acta 357-358, 211-216.
16. Gül, A., Savran, H. (2001) Kauçuk Sanayinde Son Gelişmeler ve Hidrojene Nitril Kauçuklar, Kauçuk (Kauçuk Derneği Yayın Organı), Ekim 2001(14), s. 08.

17. Hamza, S.S. (1998) Effect of aging and carbon black on the mechanical properties of EPDM rubber, Polymer Testing, 17, 131–137
18. IRSG (The International Rubber Study Group), http://www.rubberstudy.com
19. Jang, J., Lim, B. (2001) Investigation of a fiber-reinforced plastic/rubber adhesive system using statistical experimental design, Polymer Testing, 20, 117-123.
20. Mahfuz, H., Zhu, Y., Haque, A., Abutalib, A., Vaidya, U., Jeelani, S., Gama, B., Gillespie, J., Fink, B. (2000) Investigation of high-velocity impact on integral armor using finite element method, International Journal of Impact Engineering, 24, 203-217.
21. Osanaiye, G.J., Adewale, K.P. (2001) Creep and recovery of EPDM elastomer using a modified sandwich rheometer, Polymer Testing, 20, 363-370.
22. Otnar Ürün Kataloğu, (1998) Otnar Kauçuk San. Tic. Ltd. Şti.
23. Savran, H. (1997) Etilen Propilen Kauçuklar, Kauçuk (Kauçuk Derneği Yayın Organı), Eylül 1997(11), s. 24.
24. Savran, H.Ö. (2001) Elastomer Teknolojisi-II (Temel Elastomerler), Kauçuk Derneği Yayınları, 178–186.
25. Vaidya, U.K., Abraham, A., Bhide, S. (2001) Affordable processing of thick section and integral multi-functional composites, Composites, Part A (32), 1133

ÖZGEÇMİŞ

Şener MARANCI 21.04.1977 tarihinde Ankara' da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara' da tamamladı.1991 yılında girmiş olduğu Balıkesir Teknik Astsubay Hazırlama Okulundan 1994 yılında mezun oldu, Balıkesir Ordudonatım Okulu ve Eğitim Merkez Komutanlığından 1995 yılında Teknisyen Astsubay olarak mezun olup görevine başladı. 2004 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesinden mezun oldu. 1995 yılından itibaren sırasıyla Edirne, Ağrı, Kıbrıs, İstanbul, Şırnak ta görev yaptı. 2006 yılında tekrar tayin olduğu Edirne'de, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Makine Mühendisliği bölümünde 2007 yılında yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Edirne de Astsubaylık görevine devam eden Şener MARANCI İngilizce bilmektedir.