

**POLİMER, METALLER VE KOMPOZİT
MALZEMELERİN YAPIŞKANLARLA
BİRLEŞTİRME TEKNOLOJİLERİNİN
İNCELENMESİ**

DİLEK MARANGOZ ŞAHİN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANOTEKNOLOJİ VE İLERİ MALZEMELER
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
MART – 2014**

**POLİMER, METALLER VE KOMPOZİT
MALZEMELERİN YAPIŞKANLARLA
BİRLEŞTİRME TEKNOLOJİLERİNİN
İNCELENMESİ**

DİLEK MARANGOZ ŞAHİN

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANOTEKNOLOJİ VE İLERİ MALZEMELER
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. Ahmet BALDAN**

**MERSİN
MART – 2014**

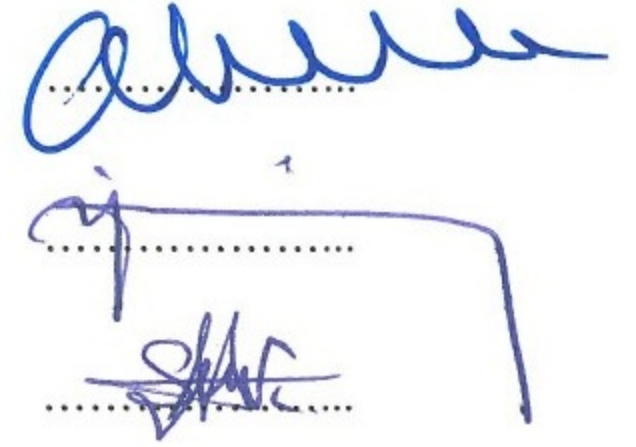
Dilek MARANGOZ ŞAHİN tarafından Prof. Dr. Ahmet BALDAN danışmanlığında hazırlanan “Polimer, Metaller ve Kompozit Malzemelerin Yapışkanlarla Birleştirme Teknolojilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Ahmet BALDAN

Doç. Dr. İbrahim SEVİM

Yrd. Doç.Dr. Hüseyin ŞEVİK



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12/04/2014 tarih ve 2014.09/272 sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

POLİMER, METALLER VE KOMPOZİT MALZEMELERİN YAPIŞKANLARLA BİRLEŞTİRME TEKNOLOJİLERİNİN İNCELENMESİ

Dilek Marangoz ŞAHİN

ÖZ

Yapışkanlarla birleştirme yönteminde en önemli faktörlerden biri çevresel etkilerdir. Sıcaklığın yükselmesiyle yapışkan mukavemetinin azaldığı bilinmektedir. Ayrıca, yapışkan bağlantılarını etkileyen bir diğer faktör de nem derecesinin artmasıdır. Polimer, Metaller ve Kompozit Malzemelerin Yapışkanlarla Birleştirme Teknolojilerinin İncelenmesi konulu bu yüksek lisans tez çalışmasında; yapışma teoremleri, yapıştırıcı çeşitleri ve yapıştırıcı bağlantı çeşitleri teorik olarak çalışılmış, bu yapışma bağlantılarının servis ömrünün daha uzun olabilmesi için bağlantı faktörlerinin mekanik özelliklerini etkileyen sıcaklık ve nem faktörleri detaylı olarak anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapışma Teoremi, Yapıştırıcılar, Yapıştırma Bağlantıları, Yapışma Bağlantılarının Mekanik Özelliklerine Çevresel Faktörlerin Etkisi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet BALDAN, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği, Mersin Üniversitesi

ADHESIVELY-BONDED JOINTS IN METALLIC ALLOYS, POLYMERS AND COMPOSITE MATERIALS

Dilek Marangoz ŞAHİN

ABSTRACT

Environmental effects are one of the most important factors in the design of adhesive joints. It is known that the joint strength significantly decreases as the temperature increases. Also, the joint strength significantly decreases as the humidity increases. Within the master degree thesis themed investigation of adhesively-bonded joints in metallic alloys, polymers and composite materials; a theoretic study was done about adhesion theory, the types of adhesives and the types of adhesive joints and an experimental study was done and the results are given in details about the effect of environmental condition on the mechanical behaviour of bonded joints in order to enhance their service life.

Key Words: Adhesion Theory, Adhesives, Adhesive Joints, The Effect Of Environmental Condition On The Mechanical Behaviour Of Bonded Joints

Advisor: Prof. Dr. Ahmet BALDAN, Department of Metallurgical and Materials Engineering, University of Mersin

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tez çalışmasında “Polimer, Metaller ve Kompozit Malzemelerin Yapışkanlarla Birleştirme Teknolojileri incelenmiştir. Bu kapsamda yapışma teoremleri, yapıştırıcı çeşitleri ve yapıştırıcı bağlantı çeşitleriyle ilgili olarak literatür araştırmaları yapılmış, ayrıca bu yapışma bağlantılarının servis ömrünün daha uzun olabilmesi için bağlantı faktörlerinin mekanik özelliklerini etkileyen sıcaklık ve nem faktörlerinin araştırılması için deneysel çalışma yürütülmüştür.

Tez çalışmam süresince danışmanlığımı yaparak beni yönlendiren Tez Danışmanım Prof. Dr. Ahmet BALDAN’ a ve tezin deneysel kısmını gerçekleştirdiğim Teknik Malzeme fabrikasının Kalite Metot Müdürü Mine ATASOY’a ve deneyin yürütülmesine yardımcı olan tüm fabrika çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	2
2.2. YAPIŞMA TEOREMİ	2
2.1.1. Mekanik Kitleme Metodu	3
2.1.2. Elektrostatik Teorisi	4
2.1.3. Zayıf Sınır Tabakası	4
2.1.4. Adsorpsiyon Teorisi	5
2.1.5. Difüzyon Teorisi	5
2.1.6. Kimyasal Bağ Kuramı	6
2.2. YAPIŞTIRICI ÇEŞİTLERİ	7
2.2.1. Epoksiler	8
2.2.2. Yüksek Sıcaklık Yapıştırıcıları	9
2.2.3. Sıcak Eriyik (Hot-melt) Yapıştırıcıları	9
2.2.4. Akrilikler	9
2.2.5. Siyanoakrilat Yapıştırıcıları	10
2.2.6. Anaerobik Akrilik Yapıştırıcılar	11
2.2.7. Üretan Yapıştırıcıları	11
2.2.8. Silikonlar	11
2.2.9. Basınç Duyarlı Yapışkanlar	11
2.2.10. Lateks Yapıştırıcılar	12
2.2.11. Çözücü Bazlı Yapıştırıcılar	12
2.2.12. Su Bazlı Yapıştırıcılar	13
2.2.13. Yapısal Olmayan Yapıştırıcılar	13
2.3. YAPIŞMA BAĞLANTILARI	14
2.3.1. Yapışma Bağlantı Çeşitleri	15
2.3.1.1. Üst üste koyma metodu	16
2.3.1.2. Çok katlı üst üste koyma metodu	16
2.3.1.3. Birbirine geçirme metodu	16
2.3.1.4. Çok katlı birbirine geçirme metodu	16
2.3.1.5. Kademeli üst üste koyma metodu	16

2.3.1.6. Çift yönlü üst üste koyma metodu	16
2.3.2. Yapışmanın Özellikleri	17
2.3.2.1. Çekme gerilimi.....	18
2.3.2.2. Basma gerilimi	18
2.3.2.3. Kayma gerilimi	18
2.3.2.4. Çatlama gerilimi.....	18
2.3.2.5. Soyulma gerilimi.....	18
2.3.2.6. Yorulma mukavemeti.....	19
2.3.2.7. Akma mukavemeti	19
2.3.2.8. Basma mukavemeti	19
2.3.2.9. Çekme mukavemeti.....	20
2.3.2.10. Darbe mukavemeti	20
2.3.2.11. Statik mukavemet.....	20
2.3. YAPIŞKANLARIN MEKANİK VE ÇEVRESEL DAYANIKLILIK PERFORMANSLARI.....	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1.MATERYALLER	27
3.1.1. Yapıştırıcıya Ait Teknik Bilgiler	28
3.2.YÖNTEM.....	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2. 1. Farklı yapısal yapışkanların karşılaştırmalı özellikleri.....	14
Çizelge 2. 2. Yaşlandırma test sonuçları.....	21
Çizelge 2. 3. Yük gerilimi test sonuçları.....	22
Çizelge 2. 4. XN1244 yapışkanının yük gerilimleri	25
Çizelge 3. 1. Şartlandırmak için kullanılan ortam şartları	35
Çizelge 4. 1. Şartlandırmak sonucu elde edilen sonuçlar.....	39
Çizelge 4. 2. Süngerlerin koptuğu ortalama kuvvetler.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Polimer - metal ara yüzünde elektrostatik birleşme.....	4
Şekil 2. 2a. Yapışkan inter difüzyonu	6
Şekil 2. 2b. Yüzey molekülleri.....	6
Şekil 2. 3. Epoksit grubu	8
Şekil 2. 4. Akrilik ve metakrilat asit	10
Şekil 2. 5. Siyanoakrilatlar	10
Şekil 2. 6. Yaygın birleştirme yöntemleri	17
Şekil 2. 7. Bağlantı noktalarındaki stresler	19
Şekil 2. 8. Uygulanan gerilme kuvvetleri	19
Şekil 2. 9. Sıcaklığa bağlı olarak stres gerilimi.....	23
Şekil 2. 10. Zamana bağlı kayma gerilimi	24
Şekil 2.11. Tek katmanlı yapışkan bağlantısı.....	26
Şekil 2.12a. Karbon nanotüp içermeyen yapıştırıcı	26
Şekil 2.12b. Karbon nanotüp içeren yapıştırıcı.....	27
Şekil 3. 1a. Sprey tabanca modeli	30
Şekil 3. 1b. Yapıştırıcının uygulanması	30
Şekil 3. 2. Sünger boyutları.....	31
Şekil 3. 3. Yapıştırıcı uygulanan süngerler	33
Şekil 3. 4. Üretim için kesilen ve yapıştırılan süngerler	33
Şekil 3. 5. Üretimde şartlandırılan süngerler	33
Şekil 3. 6. Nem kabininde şartlandırılan süngerler	34
Şekil 3. 7. Etüvde şartlandırılan süngerler	34
Şekil 3. 8. Süngerin makinadaki pozisyonu	36
Şekil 3. 9. Süngerin makinaya pozisyonlanması.....	36
Şekil 3. 10. Süngerin uğradığı gerilim	37
Şekil 3. 11. Süngerin koptuğu nokta	37
Şekil 4. 1. Kopan süngerlerin son durumları	40
Şekil 4. 2. Ortalama çekme test sonuçları	41
Şekil 4. 3. Maksimum çekme test sonuçları.....	41
Şekil 4. 4. Çekme test sonuçları	42
Şekil 4. 5. Sıcaklığın çekme kuvvetine etkisi	42
Şekil 4. 6. Nemin çekme kuvvetine etkisi.....	43

1.GİRİŞ

Malzemeleri birleştirmek için kullandığımız çivi, cıvata, perçin, lehim, kaynak gibi geleneksel mekanik bağlantı elemanlarının yerine daha avantajlı polimer yapıştırıcılar çok daha kullanışlıdır. Kolay taşınabilirlik, az yer kaplama, birbirinden farklı bileşenleri bir araya getirme gibi faydalar sağlar. Bundan başka, yapıştırma işlemlerinin kolayca otomatik hale getirilebilir olması, bu metotla birleştirme yöntemlerinin uygun ve düşük maliyetli olmasını da sağlar. Bu nedenle, özellikle otomotiv ve havacılık sektöründe sıkça kullanılmaktadır.[01] Havacılık sektöründe, yapıştırıcılar özellikle uçakların uzun ömürlü olması ve uzun süreli kullanımlarının sağlanabilmesi için yapısal parçaların onarım ve yenileme işlemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Özellikle kompozit malzemelerin avantajlı kullanımı ve gelişmiş yapıştırıcıların kompozit malzemelerle uyumu, yapışkan kullanımını her geçen gün havacılıkta arttırmaktadır. [02] Aynı şekilde otomotiv üretiminde de birçok materyalde kullanılan yapıştırıcılar, arabadaki kritik parçalardan ziyade, daha çok, risk teşkil etmeyen koltuk gibi parçalarda kullanılır. Bu nedenle yapısal malzemelerdeki kullanımı oldukça sınırlıdır. [03] Bunların en önemli nedeni, yapıştırıcıların birçok avantajıyla beraber, çevresel duyarlılıklarının hassas olması gibi yadsınamayacak bir dezavantajı da olmasıdır. Yapıştırıcıların endüstriyel kullanımları sonrasında kullanım ömürlerinin de tahmin ediliyor olması gerekir. [04] Bugüne kadar yapılmış birçok çalışma yapışkanları etkileyen faktörlerin en önemlilerinden birinin sıcaklık değerinin ise nem olduğunu gösterdi. Bu bağlamda, birçok yapıştırıcıyla farklı bileşenler kullanılarak, yaşlandırmalar yapılmış, bu çalışmalarda sıcaklık ve nem faktörünün yapışma direncini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir. [05]

Bu dezavantajların minimize edilmesi için yapıştırıcı cinsleri çeşitlendirilmeye, var olan yapıştırıcıların da performansları iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Ama yapıştırıcı çeşidinin çok fazla olması, laboratuvar şartlarında yapılan çalışmaların endüstride tam karşılığını bulamıyor olmaları ve her geçen gün yeni üretim metotlarının hayatımıza giriyor olması gibi nedenlerle çalışmaların sürekli olması ve yeni deneylerin yapılmaya devam etmesi gerektirmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, yapıştırıcıların oldukça fazla

kullanıldığı otomotiv sektörü ve otomotiv işi yapan bir fabrika seçilerek, üretim hattında rutin olarak kullanılan yapıştırıcı da seçilerek, yapışkanın maruz kalabileceği minimum ve maksimum nem ve sıcaklık aralıklarında deneysel bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmanın sanayi ortamında yapılmış olması, üretim için kullanılan malzemelerle tatbik edilmiş olması, yapıştırıcı bileşenlerinin de yine otomotiv parçaları olması açısından çalışma önem arz etmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. YAPIŞMA TEOREMİ

Yapıştırıcılar, M.Ö. huş ağaçlarının reçineleri kullanılarak mızrak ve balta başlıklarının yapıştırılması amacıyla kullanılmasıyla gündeme gelmiştir. Mısır'da bu eylem bir meslek olarak kabul görmüş olup sonrasında Yunanlılar ve Romalılar tarafından kaynaklı tutkal sanatı olarak yeniden ele alınmıştır. İlk ticari tutkal ise hayvansal kaynaklı olup 1700'lerde Hollanda'da üretimi başlamıştır. İlk patent ise 1750'de İngiltere'de balık tutkalına aittir. 1910'larda ise bakalitin üretiminin bulunmasıyla plastik üretimi başlamış ilk modern ve sentetik yapıştırıcıların gelişimi başlamıştır. II. Dünya savaşında sentetik yapıştırıcılar bolca kullanılmış savaştan sonra ise daha yüksek performanslı yapıştırıcı üretimi hedeflenmiştir. Sıcak eriyik gibi daha gelişmiş yapıştırıcıların üretimi ise 1980-1990'ları bulmuştur. Yapışma teknolojileri diğer birleştirme teknikleriyle ilişkilendirilerek gelişimini halen sürdürmektedir. [06]

Yapıştırıcılar özellikle ince bileşenleri yapıştırma söz konusu olduğunda, geniş yüzey alanına temas söz konusu olması nedeniyle mekanik birleştiricilere tercih edilirler. Bileşenlerin ağırlığını çok fazla değiştirmemesi ve yüksek dayanım performansı nedeniyle tercih edilmektedir.[07] Özellikle uçak ve otomotiv sanayisinde kolay kullanımı nedeniyle dikkat çekmektedir. [08]

Yapışkanla birleştirme metodunun en önemli avantajlarından biri birbirinden farklı malzemelerin birleştirilebilmesidir. Örneğin metallerle kompozitler, polimerlerle metaller, plastiklerle metaller gibi. Ayrıca bu farklı malzemelerde meydana gelen hızlı gelişimler beraberinde yapıştırıcıların da gelişmesine sebep olmuştur. [09]

Yapışma temelde iki yüzey arasında atomik ve moleküler etkileşim sonucu meydana gelir. [10] Basit anlamda, doğal veya sentetik olmak üzere yüzey veya kimyasal bağları kullanarak malzemeleri yapıştıran akışkan veya yarı akışkan sıvıdır. [06] Bu nedenle ıslatma özelliklerinin iyi olması güçlü bir yapışma süreci için vazgeçilemez bir faktördür. Hatta bu nedenle yapışma işlemlerinin geliştirilmesi için yapıştırma ajanlarının da çeşitlendirilmesi kaçınılmaz olmuştur. [11]

Son on yılda, özellikle teknolojik uygulamalardaki yapıştırıcı kullanımı her zamankinden daha fazla artmış, yapıştırıcıların teknolojideki bu hızlı artışı önemli gelişmelerden biri olmuştur. [12] Yapışma teknolojisi; kimya, fizik, reoloji, polimer kimyası, malzeme mekaniği, polimer fiziği, kırık analizi gibi çeşitli alanları bir arada içeren çok disiplinli bir konudur. Yapışmayı basit bir mekanizma olarak tanımlamak amaç olsa da birçok mekanik, kimyasal, moleküler ve termodinamik sistemi ilgilendirdiği için ayrıntılı tanım araştırmacıların hala üstünde düşündüğü ve araştırmalar yaptığı bir konudur. [13]

Plastik malzemelerden yapılan yapıştırıcı sistemler üstüne yayınlanmış birçok makale yayınlanmış olsa da hala tüm yapışma sistemlerini açıklayan basit bir küresel teori olmaması ile beraber yaygın 6 temel teori vardır. Bunlar; Mekanik Kilitleme Metodu, Elektrostatik Teorisi, Zayıf Sınır Tabaka Teorisi, Adsorpsiyon Teorisi, Difüzyon Teorisi, Kimyasal Bağ Kuramı

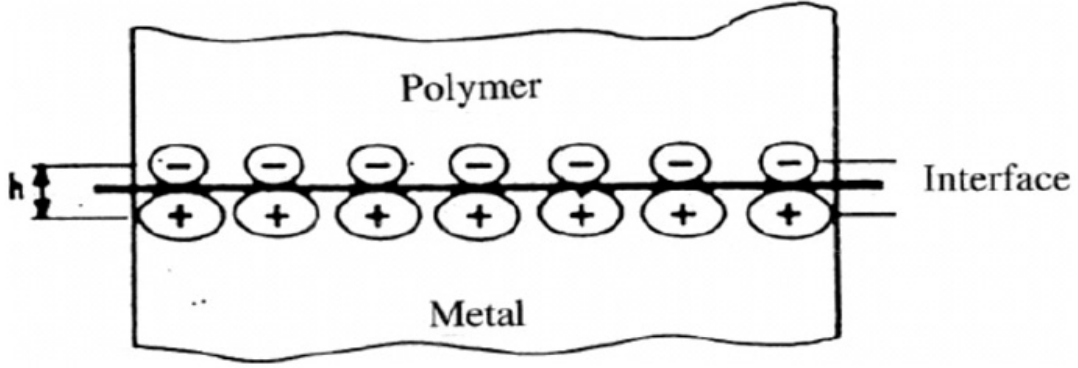
2.1.1. Mekanik Kilitleme Metodu

Mekanik kilitleme metodu 1925 'te Mac Bain tarafından tanıtılmıştır. Yapışma kuramını açıklayan en eski teoridir. Bu model alt tabakada mikroskobik seviyedeki düzensizliklerin yapışkanla doldurularak fiziksel olarak kilitlemesine dayanır. Yeterince pürüzlü ve gözenekli yapı bu metot için avantaj olup, teoriye göre bu yüzeylerin bir yapışkanla ıslatılarak doldurulması yeterlidir. [14] Yüzeyin pürüzlülüğü, dağınıklığı, gözenekli yapısı teorisinin temel faktörleri olsa da bu yüzeylerin yapıştırıcı tarafında düzgün ıslatılamaması teorisinin başarısız olmasına neden olur. Sonuç olarak, bu

teorem evrensel olarak kabul görmemiştir. Çünkü iyi yapışma sadece düzgün ve pürüzsüz yüzeylerde gerçekleşir diye kabul edilir.

2.1.2. Elektrostatik Teorisi

Bu teori, farklı bant yapılarına sahip iki malzemenin ara yüzeyde ortak elektronları paylaşarak birleşmesidir. Bu kuram iki uyumsuz malzemenin bir araya gelmesinde geçerlidir. Örnek. Metal-Polimer (Şekil 2. 1.)



Şekil 2. 1. Polimer - metal ara yüzünde elektrostatik birleşme

Yani bu teoremde; yapışkan ve yapıştırılacak olan malzeme, birbirini çeken iyonlardan oluşan iki tabakalı bir ara yüzey oluşturularak birbirine tutturulur. [13]

2.1.3. Zayıf Sınır Tabakası

Yüzey hazırlığı yapıştırıcı kullanılarak yapılan birleştirme yönteminin en kritik aşamasıdır. Yüzey hazırlamanın amacı sürekli ve yüksek dayanımlı bir yapıştırma bağlantısı sağlayarak, yapıştırılan malzeme yüzeylerinin oluşturulabilmesidir. Pratik olmamasına karşın yapıştırılacak malzemelerin oksit, boya, krom ve fosfor gibi tabakaların araya girmeden yapıştırıcı ile direkt temas etmesi istenir. Bu tabakalar “zayıf sınır tabakaları” 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. [15]

2.1.4. Adsorpsiyon Teorisi

Sharpe ve Schonhorn teoremi olarak da bilinen bu model günümüzde en çok kullanılan teoridir. Termodinamik teorisi olarak da bilinir. Ara yüzeyde oluşan atomlar ve moleküller arası kuvvetlerin çekim gücü nedeniyle yapışma sağlanması prensibine dayanır. Genellikle katı-sıvı arasında oluşan bu etkileşim için iyi ıslatma çok önemli olsa da tek başına yeterli değildir. Termodinamik teorisi aynı zamanda ıslatma ve kimyasal yapışma modellerinin içinde de yer alır.[16]

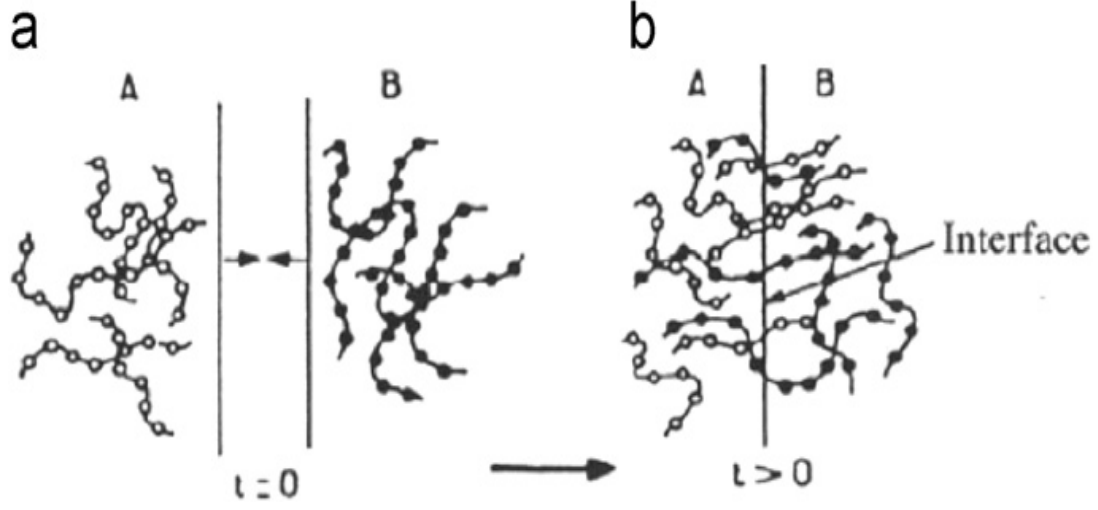
Yapışmayı sağlayan, yapışkan ve substrat arasında oluşan bağlar ise; ikincil bağlar (van der Waals kuvveti, hidrojen bağları), birincil bağlardır. (kovalent, iyonik, metallik) ve donör-akseptör etkileşimleridir.

2.1.5. Difüzyon Teorisi

Bu metot ilk olarak Voyutskii ve diğer Rus işçiler tarafından önerilir. Çalışma ilk olarak saf kauçukta denenmiş olup autohesion olarak adlandırılırken sonrasında, tüm polimerler için genişletilerek özellikle de polimerlerin metallere difüzyonu için incelenmiştir.[14] Difüzyon teorisi, malzeme moleküllerinin birbiri içinde çözünmesine dayanır. Bir polimer zincirinin bir diğer polimer malzeme içine difüzyonu sonrasında tek bir yapı oluşturması söz konusudur. Teoreme göre, kurulan bağın mukavemeti birbiri içine geçen polimerlerin moleküler yapısına bağlı olarak değişir. Ayrıca, bileşenlerdeki çözücü varlığı sayesinde, moleküller daha rahat ederek birbirlerinin yüzeylerine geçişleri kolaylaşır. Metal matrislerde difüzyon yine metallerin her bir bileşeninin birbiri ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. [15] Difüzyon teorisinin parametreleri;

1. Temas Süresi
2. Sıcaklık
3. Polimerin Moleküler Ağırlığı
4. Fiziksel Form (Sıvı-Katı)

İlk olarak Voyutski tarafından önerilen difüzyon teorisi şekil 2. 2.'de gösterilmektedir. [13]



Şekil 2. 2. (a) Yapışkan inter difüzyonu (b) Yüzey molekülleri (difüzyon sonrası)

2.1.6. Kimyasal Bağ Kuramı

Kimyasal bağ kuramı en iyi bilinen ve en eski teorilerden biridir. Malzemenin fiziksel ve kimyasal davranışları için kendi doğal kimyasal yapısını esas alır. İki malzemenin en iyi şekilde temas edebilmelerinin en iyi yolunun malzemelerin moleküler davranışlarına dayandırılmasını konu alır. Yapışkan ve substrat arasındaki moleküller arası etkileşim; dipol-dipol etkileşimleri, Van der Waals kuvvetleri ve kimyasal etkileşimleriyle (iyonik kovalent ve metalik bağ gibi) sağlanır. Kimyasal bağ, substratlar ve yapışkan arasındaki kimyasal bağ grupları arasında olur. Van der Waals ve hidrojen bağları 50 kJ/mol ü geçmezken tipik bir kovalent bağ yaklaşık 100 ve 1000 kJ/mol arasındadır. Bu kimyasal bağların oluşumu yapışkan ve substratın reaktivitelerine bağlıdır. Bu kovalent ve iyonik bağlara birçok örnek literatürde mevcuttur. Bunun en ünlü örneği sülfür ve pirinç kauçuğu arasındaki polisülfid bağlarıdır. Ayrıca bağlama ajanları (coupling agents) olarak bilinen moleküller sayesinde yapışma ara yüzeyinde oluşan kimyasal bağın gücü artırılır. Bu ajanlar hem yapıştırıcı hem de substratla reaksiyona girerek arada bir köprü oluşturup mukavemeti artırırlar. Bu bağlama ajanlarının en bilineni Silan molekülleridir. Genellikle substratın cam veya silika,

yapıştırıcının da polimer esaslı bir kompozit olduğu durumlarda kullanılır. Bu ajanlar, daha mukavim bir bağlantı ile beraber nem gibi çevresel faktörlere karşı da direnç oluşturur. Sonuç olarak yapışma mukavemetinin temelde 3 parametresi var diyebiliriz. Bunlar; moleküler etkileşim, malzemelerin mekanik ve reolojik özellikleri ve ara yüzey karakteristiğidir. [16]

Tüm yapışma teoremlerinin doğru çalışması için geçerli olan doğru yapıştırıcı çeşidinin seçilmesi ve yapışma işlemi öncesinde mutlaka uygun yüzey temizleme işleminin gerçekleştirilmek zorunda olmasıdır. Çünkü yüzey hazırlığı yapmak yapışmanın ve uzun ömürlü ürünler ortaya çıkarmanın en önemli gerekliliklerinden biridir. Bu temizleme işlemi bileşen ve yüzey özelliklerine göre fiziksel veya kimyasal yollarla yapılabilmektedir. Tatmin edici bir yüzey hazırlığı yapılmadığında bağlantı yapıştırıcı yüzey temas bölgesinden kopacaktır. Doğru yüzey hazırlama yapıldığında yapıştırıcı veya ara yüzeyden 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. [11]

2.2. YAPIŞTIRICI ÇEŞİTLERİ

Yapışma teoreminin temel bileşenlerinden biri yüzeye uygulanan, yüzeylerin birbirine yapışmasını sağlayan ve bu yüzeylerin birbirinden ayrılmasına direnç gösteren yapıştırıcılardır. Endüstriyel yapıştırıcılar sıvı, pasta ve katı şeklinde olabilir. Fakat uygulanması oldukça basit olan sıvı ve pasta şekli daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca tek veya iki bileşenli olabilir; iki bileşenli olanlar normal şartlarda sertleşen, tek bileşenli ise ısı ile işlemle gibi dışardan bir uyarıcı ile sertleşen yapıştırıcılardır. Yapıştırıcılar bu özelliklerine veya birleştirilecek malzemenin cinsine göre sınıflandırmak mümkünse de daha çok kimyasal yapılarına göre sınıflandırılmaktadır. Yapıştırıcılar, organik ve sentetik kaynaklı olabilirler. Organik yapıştırıcılar kaynağını hayvan, bitki gibi doğal malzemelerden alırken, sentetik yapıştırıcılar kimyasal bileşiklerden alır. Aşağıda birçok çeşidi verilen yapıştırıcıların mühendislik alanında yaygın olarak kullanılanları;

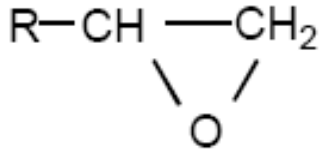
Anaerobikler, reaktif akrilikler, epoksiler, ışınlama sertleşen yapıştırıcılar, poliüretanlar, sıcak eriyikler ve özel formüllü siyanoakrilatlardır. [17]

2.2.1. Epoksiler

Epoksi yapıştırıcılar, geleneksel endüstriyel ve havacılık uygulamalarında metaller için en yaygın olarak kullanılan yapıştırıcılar olmuştur. Epoksiler tarihsel olarak havacılık, endüstriyel, otomotiv sanayi metal, kompozit ve yapısal yapıştırma için kullanılan başlıca yapıştırıcı ailesinden biri olmuştur. Güçlü reçineler, mükemmel ısı ve çevresel dirençleri nedeniyle metalleri yapıştırmada kullanılmıştır. Özellikle, 1940'lardan beri kullanılan ve yapı malzemelerini başarılı bir şekilde yapıştırma konusunda mükemmel bir sicili olmuştur. Bu yapıştırıcıların, iki bileşenli ve tek bileşenli çeşitleri mevcuttur ve çeşitli yıllar içinde yeni formüller de geliştirilmiştir.[18]

Epoksiler, iki bileşenli ısıyla sertleşen reçinelerdir. Birinci bileşen, bir epoksi reçine içerir, ikincisinde ise genellikle sertleştirici olarak adlandırılan epoksi sertleştirme ajanı vardır.

Epoksi reçineler birden fazla epoksit grubu içeren iki işlevli ya da çoğul işlevli reçineleridir. Epoksit grubu, bir oksiran halkası veya glisidil grubu olarak adlandırılır.



Şekil 2. 3. Epoksit grubu

Epoksi reçineler, bir İsviçreli kimyager Dr. Pierre Castan tarafından icat edilmiştir ve 1939 yılında patent almıştır. İsviçreli şirket Ciba Geigy 1940'lardan itibaren epoksi üretimini ticari olarak yürütmektedir.

Epoksi reçinelerinin, glisidil epoksi ve non-glisidil epoksi reçineleri olmak üzere iki ana kategorisi vardır. Glisidil epoksiler ayrıca glisidil eter, glisidil ester ve glisidil-amin olarak sınıflandırılır. [19]

Farklı kimyasallarla epoksi reçinelerinin birleşimi sonucunda mekanik mukavemeti ve yüksek sıcaklık performanslı iletken yapıştırıcılar üretilir. [20]

2.2.2. Yüksek Sıcaklık Yapıştırıcıları

290 °C üzerindeki sıcaklıklarda mukavemet direnci sabit olan yapıştırıcı cinsidir. Örneğin, epoksi fenolik, modifiye silikonlar, fenoller, poliamidler ve bazı seramikler yüksek sıcaklık yapıştırıcıları olarak sınıflandırılabilir. İlk olarak uçak sanayisinde kullanılmaya başlanmıştır. Reaktif polyamid yapıştırıcılarının yoğunlaştırılması metoduyla 15 yıldan uzun süredir kullanılan yüksek sıcaklık yapıştırıcıları piyasada hem sıvı hem de katı formda bulunabilmektedir. Alüminyum tozla dolgulanmış yapıştırıcılar metal-metal birleştirmeleri için oldukça tercih edilmektedir. Yüksek mukavemetiyle dikkat çeken bu yapıştırıcıların pahalı olması, kurluşme süresinin uzun olması, kurluşmek için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyması ve uçucu içerik bileşenlerinin fazla olması dezavantajlarıdır. [21]

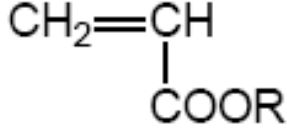
2.2.3. Sıcak Eriyik (Hot melt) Yapışkanları

Bu yapışkan ismini, malzemelerin birleştirmeleri esnasında, yapıştırıcının eritilerek uygulanmasından alır. Bileşenler hazırlanır, yapıştırıcı kendi makinasıyla uygulandıktan sonra parçalar yapıştırılır ve yapıştırıcı soğuduğunda kurluşme gerçekleşir. Özellikle hız faktörünün önemli olduğu işletmelerde sıkça kullanılmaktadır. Özellikle soyulma direnci ve çevresel faktörlere karşı direnci oldukça iyidir.[22] Yapışkanın donmasını engellemek için, yapıştırıcı, özel makinalarında sıcaklık ve basınç değerleri belirli aralıklarla kontrol edilerek muhafaza edilir. [18]

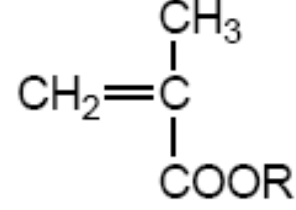
2.2.4. Akrilikler

Akrilik yapıştırıcılar, yüksek esneklik özellikleriyle ön plana çıkarlar.[11] İki akrilik molekülünün kopolimerleştirilmesiyle elde edilir. Bu moleküller, akrilik asit ve metil metakrilattır. Akrilikler akışkandırlar. Yapıştırma işlemi gerçekleştirilirken de akışkan olarak uygulanırlar.[23] Tek ya da çift bileşenli olabilirler. Anaerobik yapıştırıcılar, siyanoakrilatlar ve mor ötesi ışıkla sertleşen yapıştırıcılar da genel olarak

reaktif akrilik olarak anılırlar. İki yüzey arasına uygulanan anaerobik ve siyanoakrilatlar yapıştırıcılar, hızlı kuruma özellikleriyle birbirlerine oldukça benzerler. [19]



Şekil 2. 4. Akrilik asit

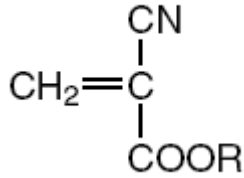


Metil metakrilat

2.2.5. Siyanoakrilatlar Yapıştırıcılar

Bu yapıştırıcı çeşidi, iki yüzey arasına yayıldıktan sonra polimerleşir. Siyanoakrilatlar, birbirinden farklı birçok malzemeyi 2 saniye gibi kısa bir sürede birbirinden farklı malzemeleri oda sıcaklığında birleştirebilmektedir. Bu bize tek bileşenli yapıştırıcıların hiçbir dış ivme olmadan uygulanabilmesi avantajı sağlar. Süper yapıştırıcı olarak adlandırılan bu yapıştırıcılar, sıvı ve jel formda bulunmaktadır. [23] Siyanoakrilatlar, asidik ve bazik bileşenlere karşı çok hassastır ve depolama şartları sürekli kontrol edilmelidir. [18]

Tek bileşenli hemen kuruyan bu yapıştırıcı, akrilik monomerin özel bir çeşidi olan 2-siyanoakrilik asidin bir esteridir.



Şekil 2. 5. Siyanoakrilatlar

where R = Alkil grubu; metil, etil, bütül, oktil, allil, etoksietil gibi.

Siyanoakrilatlar teknolojileri, 1960lardan bu yana hem üretici hem tüketici bazında büyümektedir. [24]

2.2.6. Anaerobik Akrilik Yapışkanları

Anaerobik akrilik yapışkanlar, havasız ortamda oda sıcaklığında bir redoks radikal mekanizması olarak kürlenir. Termoset akrilik polimerler ailesinden biri olan bu yapıştırıcılar özellikle otomotiv, elektronik ve uçak sanayisinde kullanılmak üzere; doldurma (rulmanların içine), kilitleme (örneğin cıvata üzerlerine), contalarda, mil merkezlerine sabitlemek için, birleştirme malzemesi olarak kullanılır. [15] Paslanmaz çelik ve polietilen malzemeler, bu yapışkanların muhafazası için uygun malzemelerdir. [18]

2.2.7. Poliüretan Yapıştırıcılar

Bu yapışkanlar, MDI (difenilmetan - diizosiyanat) ve uzun zincirli bir diolün (polyol) reaksiyona girmesiyle oluşturulur. Polyol ve izosiyanatın birleştirilmesi sonucu oluşan bu bileşen, nispeten daha sert olduğu için bileşen bir hidroksil grubuyla yeniden reaksiyona girer. [18] Poliüretan yapışkanları, yapısında üretan bağı içeren polimerlerdir.

Üretan bağı oluşturabilecek tüm polimerler üretan yapışkanlarının bileşeni olabilir. Uygulamada, polimerler, alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, esterler, eterler, amidler, üre ve alofanat gruplarını ihtiva edebilir.[19]

2.2.8. Silikonlar

Silikon yapıştırıcılar, polimer esaslı, tek ya da iki bileşenli termoset sıvı yapışkanlardır. Plastik katının oda sıcaklığında vulkanizasyonu ile kürlenir. Uygulamaları; otomobil, elektronikler üzerine yapılan mühürlemelerde, yalıtkan malzemeleri, conta ve plastik yapıştırma. [25] Sentetik polimerlerin bu ailesi, kısmen organik ve kısmen inorganiktir. Silikonlar akışkanlar, elastomerler ve reçine olarak sınıflandırılırlar. Bu durumda, silikon polimerler; sıvı, jel, elastomer ya da katı olabilir.[15]

2.2.9. Basınç Duyarlı Yapışkanlar

Basınç duyarlı yapışkanlar, yüzeylere basit bir basınçla uygulanır, kürlendikten ya da uygulandıktan sonra da yapışkandır. Sıvı olarak uygulanabildikleri gibi, filmlerde ve etiketlerde gördüğümüz gibi bitmiş ürün olarak da kullanılabilirler. Bu yapışkanlar, çok hafif bir basınçla çok kısa sürede birleştirilebilirler. Basınç duyarlı yapışkanlar, oda sıcaklığında sıvı değiller ama yumuşak termoplastik olarak değerlendirilirler. Zaman geçtikçe yapışkan mukavemeti artarak daha sağlam bir yapı kazanırlar. [19]

2.2.10. Lateks Yapıştırıcılar

Piyasada kullanılan yapışkanların yaklaşık %20 sini oluşturan sentetik yapıştırıcılardır. Doğal kauçuk esaslı olanlar doğal yapıştırıcı olarak adlandırılırlar. Organik çözücü kullanıldığı durumlarda diğer çözücü esaslı sistemlerden çok daha ucuzdurlar. Stiren-bütadien kopolimerleri, akrilonitril-butadien kopolimerleri, polikloropren, stiren akrilik ve etilen akrilik, vinil asetat polimerler, vinil asetat-etilen kopolimerleri, vinil klorür polimerleri ve kopolimerleri de dâhil olmak üzere akrilik polimerler, polibütadien, sentetik poliizoprenlerden oluşturulur. [19] Pompalama ve püskürtme işlemlerinde ihtiyaç duyulan basınç da oldukça düşüktür. Katı parçacık içeriği yaklaşık 40-50 % olup, yapışkanın mukavemeti içerdiği polimerlerin mukavemetine göre şekil alır. Çok çabuk kururlar ve özellikle polikloropren içeren sürümleri bilinen en güçlü yapıştırıcılar arasında sayılmaktadır. Gözenek içermeyen bileşenlerin de birbirine yapıştırılmasında rahatlıkla kullanılabilir. Yüksek sıcaklık, nem varlığında da kararlılıklarını koruyabilmektedirler. Plastik, odun, kaplama, köpük gibi Metaller dışındaki birçok malzeme için rahatlıkla kullanılabilirler. [11] Polivinil asetat ve çapraz bağlanabilen akrilik büyük yapışkan esastır ve birçok uygulama için yüksek performans gösterip sıcak eriyik yapışkanlarla rekabet etmektedirler. [19]

2.2.11. Çözücü Esaslı Yapıştırıcılar

Güçlü yapışma gerektirmeyen ve yüksek dayanım ihtiyacı olmayan alanlarda kullanılır. Çözücünün buharlaşması ve yapışma gerçekleşir. Yapıştırıcının içinde çözücülerde kolay çözünen kauçuk türleri kullanılır. Örnek: Nitril, neopren, SBR gibi.

Yüzeğe püskürtülerek de uygulanır. Bu özelliği sayesinde plastik, kauçuk gibi malzemeler metallere yapıştırılabilir. Çoğunlukla araçların iç dekorasyonunda kullanılırlar. Burada, yapışkan polimer, eriyik oluşturmak üzere uygun bir çözücü içinde eritilmesi ile akışkan hale getirilir, toplam katı içerik katı bileşenlerin, çözücü tipi ve gerekli olan viskozite ve diğer reolojik özelliklerinin doğasına bağlı olarak 10 ila 70 oranında değişebilir.[15] Çözücü buharlaştıktan sonra eriyik sertleşir. Çözücü esaslı yapışkanlar hem endüstride hem de tüketiciler tarafından çok sık kullanılan, ucuzluğu ve hızlı kurumasıyla dikkat çeken bir yapıştırıcılardan biridir.

2.2.12. Su Esaslı Sistemler

Su esaslı yapışkan sistemleri, aslında çok doğal hayvan veya bitki kaynaklı polimerlere dayalı olarak üretilen bilinen en eski yapışkan sistemlerinden biridir. Su esaslı yapıştırıcıların gelişiminin arkasındaki temel itici güç, tehlikeli ve yanıcı çözücüleri ortadan kaldırmak için çevresel baskıların oluşmasıdır. Fakat teknolojik gelişim olarak, çözücü esaslı sistemlerin gerisindedir. Çözücü sistemlere nazaran daha geç katılaşırlar ve endüstride kullanım zorluğu yaratırlar. Bu dezavantajların giderilmesi ve su esaslı sistemlerin, çözücü esaslı yapıştırıcılarla yarışabilmesi için birçok formül denenmektedir.[19]

2.2.13. Yapısal Olmayan Yapıştırıcılar

Yapısal olmayan yapıştırıcılar olarak sınıflandırılan yapıştırıcıların yük taşıma yetenekleri sınırlıdır. Yapısal olmayan yapıştırıcılar, etiketleme ve paketleme gibi birçok değişik uygulama da kullanılır ama özellikle etiket ve paketleme sektöründe tercih edilirler. Sıcak eriyik yapışkanları, yüksek sıcaklık yapıştırıcıları, iletken yapıştırıcılar, ışınlam ile sertleşen yapıştırıcılar bu kategoride değerlendirilebilirler. [15] Örneğin iletken yapıştırıcılar, polimer esaslı olup, metal bileşenler içerirler. İletim yapıştırıcı içindeki metal içerikler tarafından sağlanır. Bu yoğunlaşmada, tüm iletken parçacıklar birbirleriyle temas ederek, üç boyutlu bir ağ oluşturmaktadır. Metal bileşenler ve polimer beraber bir matris oluşturarak yapışkanı iletken hale getirmektedir. Bu özelliğiyle elektronik cihazlarda kullanımını artmaktadır. [26]

Çizelge 2. 1. Farklı yapısal yapışkanların karşılaştırmalı özellikleri [18]

	Anaerobik	Epoksi	Reaktif akrilik	Poliüretan	Siyanoakrilat
Kürleşme	Orta	Yavaş	Hızlı	Yavaş	Çok hızlı
Boşluk (mm)	0.5	Limit yok	1	Limit yok	0.5
Çekme gerilimi (MPa)	21-28	21-35	21-28	10-14	14-21
Soyulma mukavemeti	Çok düşük	Düşük	Yüksek	Çok yüksek	Düşük
Çarpma direnci	Çok düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük
Yüksek sıcaklık rezistansı (°C)	200	200	150	180	100
Sıvı rezistansı	Mükemmel	Mükemmel	İyi	Ortalama	Ortalama
Fiyat	Yüksek	Düşük	Orta	Orta	Çok yüksek

Yapıştırıcı seçimi yapılırken önce, önce problem tanımı yapılır, sonrasında ekonomik boyutu ele alınır. İstenen uygulama ve birleştirme metodu seçilir. Yapıştırılacak olan bileşenler dikkate alınmalıdır. Çalışma sıcaklığı ve uygulama sonrasında yapıştırıcının maruz kalacağı sıcaklık, nem, UV, yağlar gibi çevresel faktörler öngörülmalıdır. Ayrıca yapıştırıcının kayma gerili, çekme kuvveti gibi mukavemetleri de çok önemlidir. Özel sebeplerle beraber bu ayrıntılar da gözde bulundurularak seçilen bir yapıştırıcı istenen performansı verecektir. [22]

2.3. YAPIŞMA BAĞLANTILARI

Birçok yapıştırıcı, bileşenleri üzerine eşit yük dağılımı sağlar. Bu ister metal, plastik, cam, kauçuk, seramik olsun tüm bileşenler için aynıdır. Bu yapışkan görünür de

olabilir, malzemelerin görünmeyen bölgelerinde de olabilir. [25] Yapışkanlarla birleştirme çalışmalarında karakteristik bazı özellikler vardır. Bunlar; [27]

- Örtüşme uzunluğu
- Bileşenlerin kalınlığı
- Bileşenlerin sertlik ve bükülme dereceleri
- Uygulanan yapıştırıcının kalınlığı
- Yapıştırıcının sertliği
- Bileşenlerin birbirine olan durumları
- Bileşenlerin kat sayısı

Yapışkanlar damlama, kaplama veya püskürtme şeklinde uygulanabilir. Uygulama esnasında kullanılan donanım sprey tabancalarından, şişelere, tüplerden otomatik püskürtme yapan karmaşık robotlara geniş bir yelpaze çizer.

Yapıştırıcıyı seçerken dikkat edilmesi gereken hususlar olduğu gibi yapıştırıcıyı uygulamak için seçilen sistemi de etkileyen faktörler vardır. Bunlar; [24]

- Yapıştırıcının tek ya da çift bileşenli olup olmadığı
- Yapıştırıcının viskozitesi
- Uygulanması gereken yapışkanın miktarı
- Üretim için gereken çevrim süresine
- Kürleşme metodu
- Kürleşme süresi
- Yapışkanın açıkta kalma süresi
- Sağlık ve güvenlik koşulları
- Fiyat
- Temin kolaylığı

2.3.1.Yapışma Bağlantı Çeşitleri

Birçok çeşit yapıştırıcı bağlantı çeşidi vardır. Buradaki en önemli faktör ihtiyaç doğrultusunda seçim yapabilmektir. Ayrıca, bileşenlerin de kullanılmak istenen metotla uyumlu olması gerekmektedir. Bugüne kadar önerilmiş çok fazla bağlantı metodu vardır. Çok daha fazla yapıştırıcı çeşidi olmakla beraber başlıca bağlantı çeşitleri şunlardır;

Üst üste koyma (single lap joints), çok katlı üst üste koymak (double lap joints), birbirine geçirme metodu (scarf joints),çok katlı birbirine geçirme metodu (double scarf joints), kademeli üst üste koyma metodu (stepped lap joints), çift yönlü üst üste koyma metodu (double stepped lap joints) [28]

2.3.1.1. Üst üste koyma metodu

Bu yapışma bağlantıları içinde standart ve en yaygın kullanılan yapışma bağlantısıdır. Stres genelde uçlarda gözlenir. Düzlemsel iki plaka arasında yapıştırıcı tatbiki ile uygulanır.

2.3.1.2. Çok katlı üst üste koyma metodu

Tek eklemlili yapıştırıcının çift katlı halidir. Üstte, ortada ve altta substrat aralarda ise yapıştırıcı bulunur. Yapışkan, plakaların iç yüzeylerine uygulanır. Şekil 2. 6.

2.3.1.3. Birbirine geçirme metodu

Substratların birbirine geçirilerek aralarda yapıştırıcının substratın iç yüzeylerine uygulanarak birleştirildiği sistemdir. Şekil 2. 6.

2.3.1.4. Çok katlı birbirine geçirme metodu

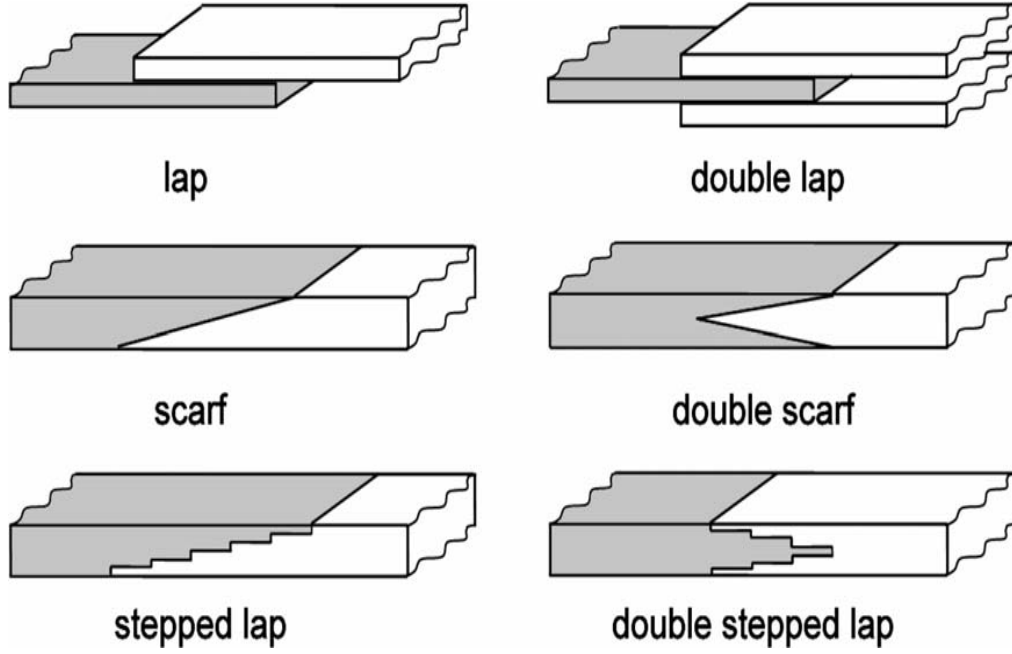
Substratların çift katlı olarak birbirine geçirilerek uygulandığı sistemdir. Birbirine geçme metodu prensibi ile çalışır. Şekil 2. 6.

2.3.1.5. Kademeli üst üste koyma metodu

Üst üste koyma metoduna benzemekle beraber, bu sistemde birleştirme basamaklı olarak gerçekleştirilir. Şekil 2. 6.

2.3.1.6. Çift yönlü üst üste koyma metodu

Çift yönlü üst üste koyma metoduna benzemekle beraber, bu sistemde birleştirme basamaklı olarak gerçekleştirilir. Şekil 2. 6.



Şekil 2. 6. Yaygın birleştirme yöntemleri

2.3.2. Yapışmanın Özellikleri

Bu özellikler birbiriyle ve genellikle belirli bir yapışkan teknolojisi ile ilişkili anahtar özelliklerdir. Kâğıt gibi bir bileşeni yapıştırırken çok önemli olmamakla beraber, mukavemetin çok daha önemli olduğu metal bileşenlerinde bu özellikler önem kazanır. Bu nedenle birçok yapıştırıcı yük, kayma gibi gerilimler dikkate alınarak tasarlanır. Epoksiler, siyanoakrilatlar, reaktif akrilatlar ve poliüretanlar yapışkanların 20-35 MPa aralığında kayma gerilimleri vardır. Darbe direnci genellikle dinamik yük altında çalışan bileşenler için önemli bir gerekliliktir.[19]

Bu nedenle, efektif bir tasarım için bağlantıyı etkileyen stres çeşitleri doğru anlaşılmalıdır. Kuvvetin uygulandığı yön doğrultusuna göre 5 temel stres çeşidi vardır. Bunlar; çekme gerilimi (tensile stress), basma gerilimi (compressive stress) kayma gerilimi (shear stress), çatlama gerilimi (cleavage stress) ve soyulma (peel stress) dir. Bunlara göre bağlantılar tasarlanır.[29] Aynı şekilde yapışkanlara özgü mukavemet

özelliklerini de gösteren 6 özellik vardır. Bunlar ise; yorulma mukavemeti (fatigue strength), akma mukavemeti (yield strength), basma mukavemeti (compressive strength), çekme mukavemeti (tensile strength), darbe mukavemeti (impact strength), statik mukavemettir. (static strength)

2.3.2.1 . Çekme gerilimi

Bağlantı eşit kuvvetlerde yüzeye dikey olarak uygulanır. Numunelere çekme kuvveti aynı anda hem x hem de y doğrultusunda uygulanır ve yapışkanın deformasyona uğradığı maksimum kuvvet kaydedilir.

2.3.2.2. Basma gerilimi

Kuvvetler yüzeye aynı anda dikey olarak uygulanarak substratlar yapışkan doğrultusunda sıkıştırılır, sıkışmanın durduğu noktadaki maksimum değer ölçülür. Esneme kuvvetinin ölçümü için numunelere uygulanan kuvvetin tam tersi doğrultusunda işlem gerçekleştirilir. [29]

2.3.2.3. Kayma gerilimi

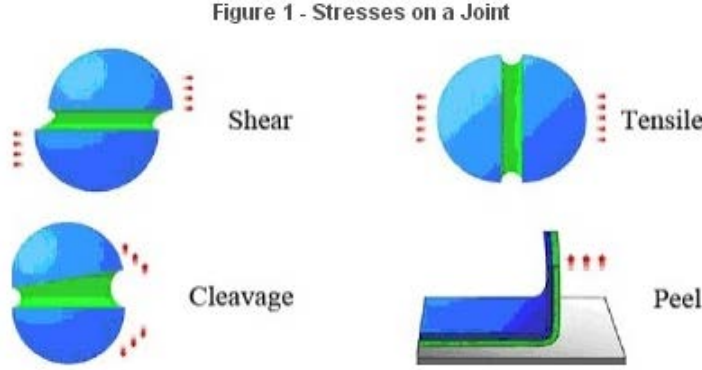
Bileşenler, yapıştırıcıya paralel doğrultuda kuvvet uygulanarak çekilir. Yapışkanın esnekliğiyle de etkili olan bu kontrol metodunda bileşenler birbiri üstünde kayarak, yapışkanın koptuğu yerdeki maksimum değer kaydedilir. [30]

2.3.2.4. Çatlama gerilimi

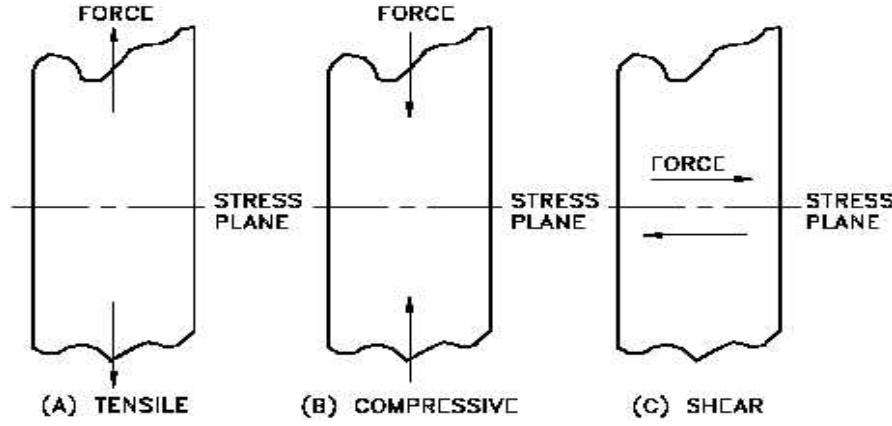
Çatlama gerilimini ölçülmesi için bileşenlerden bir tarafı yapışkana dik olarak çekilirken, diğer yüzeydeki stres sıfırdır. Tek yönlü kuvvet uygulandıktan sonra bileşenlerin birbirinden ayrıldıkları maksimum değer kaydedilir.

2.3.2.5. Soyulma gerilimi

Soyulma gerilimi de çatlama gerilimine benzemektedir fakat bileşenlerden bir tanesi ya da her ikisi de esnektir.[31] Soyulma gerilimi ölçülürken esnek bileşen 90 °C ya da 180 °C çekilir. Örneğin, yapısal yapıştırıcıların soyulma gerilimleri genelde zayıftır. Bu tür yapıştırıcılar özellikle, otomotiv sanayisinde yapıştırıcılar perçinlenerek kuvvetlendirilirler. Reaktif akrilikler, poliüretanların ya da kauçuk esaslı yapıştırıcıların soyulma dirençleri çok iyidir. Bunlara nazaran, siyanoakrilatların ya da epoksilerin değerleri daha düşüktür. [19]



Şekil 2. 7. Bağlantı noktalarındaki stresler [32]



Şekil 2. 8. Uygulanan gerilme kuvvetleri [29]

2.3.2.6. Yorulma mukavemeti

Yapışkan ve bileşenlerine laboratuvar ya da özel olarak şartlandırılmış ortamda belirli çevrim süreleriyle stres uygulanır. Bozulmanın başladığı ilk andaki çevrim süresi ve uygulanan kuvvet kaydedilir. Malzemelere belirli aralıklarla stres uygulanmasıdır.

2.3.2.7. Akma mukavemeti

Malzemelerin belirlenen stres karşısında kalıcı deformasyona uğradığı maksimum mukavemettir.

2.3.2.7. Basma mukavemeti

Sıkıştırma gerilimi uygulanan numunelerin, uygulanan strese gösterdiği dirençtir.

2.3.2.8. Çekme mukavemeti

Çekme gerilimi uygulanan malzemelerin, uygulanan kuvvete karşı malzemenin gösterdiği dirençtir.

2.3.2.9. Darbe mukavemeti

Malzemelere belirli aralıklarla darbe şeklinde uygulanan enerjiye karşı yapışkanın gösterdiği dirençtir.

2.3.2.10. Statik mukavemet

Herhangi bir kuvvet uygulanmadan malzemelerin statik ortam koşullarında gösterdiği dirençtir.[26]

2.4. YAPIŞKANLARIN MEKANİK VE ÇEVRESEL DAYANIKLILIK PERFORMANSLARI

Yapışkanlarla birleştirme metotları hızla artsa da henüz bağlantıların tasarımı, dayanıklılığı gelişime açık alanlardır. Bu nedenle yapışkanlarla ilgili yapılan çalışmalar; bağlantı geometrileri, yapışkanların ve bileşenlerin özellikleri, uygulanan yükler, sistemin dezavantajları, sıcaklık ve nem faktörleri incelenmektedir. Elde edilen sonuçlar, numerik analizlerle, sonlu eleman analizleri, çeşitli mekanik testlerle kontrol edilir. [06]

Yapışkanlarla ilgili olarak birçok çalışma yapılarak yapışkan mukavemeti, yaşlandırma testleri, uzun süreli dayanıklılık testleri yapılmıştır. Özellikle su, hem yapışkan çözeltisini hem de yapışma sonrasında yapışkan bileşen ara yüzeyini bozar.[18]

Bu çevre duyarlılığıyla ilgili yapılan testlerin genel problemi, teorik olarak yapılan çalışmaların gerçeği yansıtmamasıdır. [06] Yapışkan performansını etkileyen diğer bir faktör olan sıcaklıkla ilgili de birçok çalışma yapılmış olup, yapışkanların kendi erime sıcaklıklarının üstündeki değerlerde olumsuz etkilendiği yargılarına ulaşılmıştır.

Courta, R.S. ve arkadaşları 2001’de yapışkan bağlantılarının dayanıklılığının test etmek amacıyla bir çalışma yapılmışlardır. Polimetilmetakrilat (PMMA) yüzeylerde tek kat birleştirme metodu ile iki parça akrilik yapıştırıcı ile bağlanır. Eklemler 4000

saate kadar sıcak ve nemli bir ortamda (40°C ve %95 nem) yaşlandırılır. 500 saat sonrasında sonuç almaya başladıkları yaşlandırma yapılan numunelere kayma gerilim testi yaparlar. Başlangıçta 3.84 MPa ölçülen ortalama kayma gerilimi, 500 saat sonra 2.11 MPa, 1000 saat sonra 1.34 MPa, 2000 saat sonra 1.08 MPa, 4000 saat sonra 1.59 MPa olarak ölçülmüştür. (Çizelge 2. 2.) Ayrıca yaşlanma dereceleri videoyla da görüntülenerek bu süre içinde eskime ve gerginlik dereceleri ilişkilendirilir. Ayrıca, normal ortam şartlarında bekleyen numuneler de test edilerek, diğer numunelerle olan farklılıklar tespit edilir. Yaşlandırma süresi arttıkça yapışkan dayanımının azaldığı gözlenir. Deneysel izlek için hazırlanan numuneler aşağıda gösterilmiştir. [04]

Malzemeler ve Yapıştırma Hazırlığı

1. Substrat: Polimetilmetakrilat (PMMA) levha, 1.5mm kalınlığında
2. Yapıştırıcı: Akrilik Yapıştırıcı
3. Yüzey hazırlama: Kimyasalla yüzeyden yağ temizliği
4. Substrat detayları: 100mm×25mm×1.5mm Tek Katlı Birleştirme Malzemeleri
5. Yaşlandırma Ortamı: Sıcak/ Nemli Ortam: 40 °C ve 95% nem, uygulanan bir gerilme yok
6. Yaşlandırma süresi: 0, 500, 1000, 2000 ve 4000s
7. Malzeme sayısı: 4 er adet
8. Mekanik test metodu: 1mm/dk. yük gerilimi

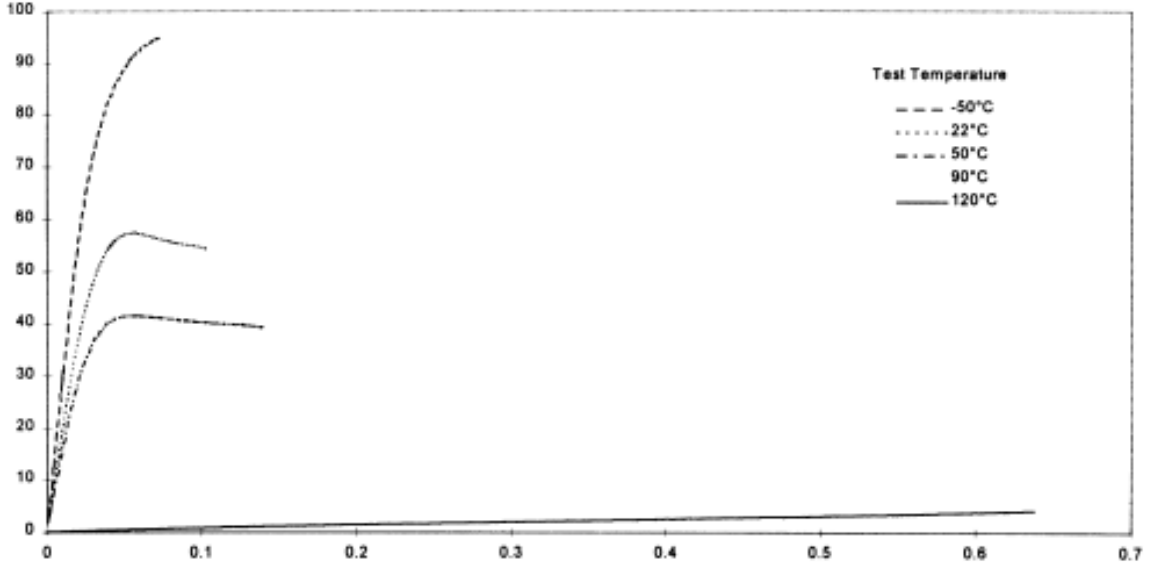
Çizelge 2. 2. Yaşlandırma test sonuçları [04]

Yaşlandırma Zamanı (s)	% Etkilenen yüzey	Ortalama Kayma Gerilimi (MPa)
0	0	3.84
500	29	2.11
1000	56	1.34
2000	100	1.08
4000	100	1.59

Yine 2001’de Abdel Wahab, M.M. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, yine tek katlı birleştirme metodu kullanmışlar, levhalar kompozit, yapıştırıcı da epoksi olarak belirlenmiştir. Birleştirilen malzemeler sonra; -50°C, 22°C /kuru, 22°C / 85% RH, 90 °C /kuru olmak üzere 4 farklı şartlandırılmış ortamda yapıştırıcının bozulmaya başladığı ana kadar bekletilmişlerdir. Ayrıca, bu farklı sıcaklık ve nem derecelerinde numunelere lineer olmayan bir kuvvet uygulanmıştır. Yaşlandırma sonrası numuneler mekanik olarak da test edilmiştir. Yaşlandırılan numuneler, mekanik test öncesinde iki farklı ortamda dinlendirilmişlerdir. Kuru ortamda yaşlandırılan numunelerin nemsiz bir ortamda depolanırken, ıslak ortamda yaşlandırılan numuneler, 45°C, 85% neme ayarlanmış bir ortamda dinlendirilmişlerdir. Düşük ve normal sıcaklıkta numunelerin mukavemeti 11 kN ölçülürken, 90°C deki numunenin mukavemeti 9 kN dur. Normal sıcaklıkta yaşlandırılan ama sıcak ve nemli ortamda bekleyen numuneler de 9 kN luk bir mukavemet gösterirken 90°C ‘de yaşlandırılıp, sıcak ve nemli ortamda bekleyen numuneler, 4,5 kN ölçülmüştür. Deney sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir. Ayrıca, sonuçlar Şekil 2. 9.da grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2. 3. Yük gerilimi test sonuçları[05]

DEPOLAMA	YAŞLANDIRMA	YÜK (kN)
Kuru	-50°C	11±1
Kuru	22°C /kuru	11±1
Kuru	90°C /kuru	9±1
45°C, 85% RH	22°C /ıslak	9±1
45°C, 85% RH	90°C /kuru	4.5±0,5
45°C, 85% RH	90°C /ıslak	4.5±0,5

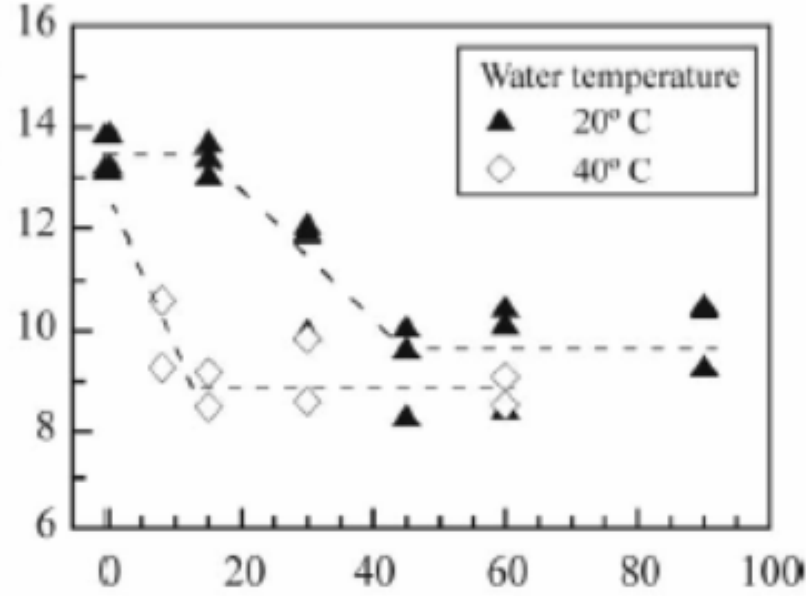


Şekil 2. 9. Sıcaklığa bağlı olarak stres gerilimi (Stres (MPa) & uzama (mm)) [05]

Bu çalışma sonuçlarına göre numuneler, sıcaklık yapışkanın erime sıcaklığını geçene kadar çok etkili olmamakta fakat erime sıcaklığını geçen bir sıcaklık ya da nemle beraber uygulanan düşük bir sıcaklık da dahi etkilenerek sonucu etkilemektedir. [05]

2002’de yine yapışkanın sıcaklık ve nemden etkilenme oranını belirlemek için Ferreira, J.A.M. ve arkadaşları yine benzer bir çalışmayı, polipropen levhalar ve siyanoakrilat bir yapışkan kullanarak yapmıştır. Levhalar, siyanoakrilatla birbirine tek katlı birleştirme metodu kullanılarak yapıştırılmış, malzemeler su banyosuna yerleştirilmiştir. Su banyoları 3 ayrı sıcaklığa sabitlenmiş ve numuneler içinde yaklaşık 90 gün bekletilmiştir. 20°C, 40°C ve 70°C bekletilmiş olan numunelerin 90 günün sonunda yapışkanın bozulma dereceleri gözlenmiştir. 20°C bekleyen yapışkanın 15-45 günlük süre içindeki bozulma oranı ile 40°C deki numunenin 15 günlük süre içindeki bozulma oranıyla yaklaşık olarak aynıdır. 70°C bekleyen numune ise çok daha kısa süreler içinde kullanılamaz duruma gelmiştir. [33] 70°C’de bekleyen numune ölçülemezken, 20°C, 40°C lik su banyolarında bekleyen numunelere kayma gerilimi yapılmıştır. İlk 15 gün içinde iki numune arasındaki farkın gittikçe açıldığı gözlenmiştir. Şekil 2. 10. ‘da gösterildiği üzere deneyin başlangıcında numunelerin kayma gerilimleri

aynıdır. Fakat ilk 15 günde 20°C lik su banyosunda bekleyen numunelerde bir değişim olmamışken, 40°C’de bekleyen numunelerin kayma gerilimleri ciddi oranda azalmıştır. 15 günden sonraki süreçte her iki banyodaki numune de giderek bozularak 45 günden sonra kayma gerilim değerleri sabitlenmiştir.



Şekil 2. 10. Zamana bağlı kayma gerilimi (Kayma Gerilimi & Gün Sayısı)[34]

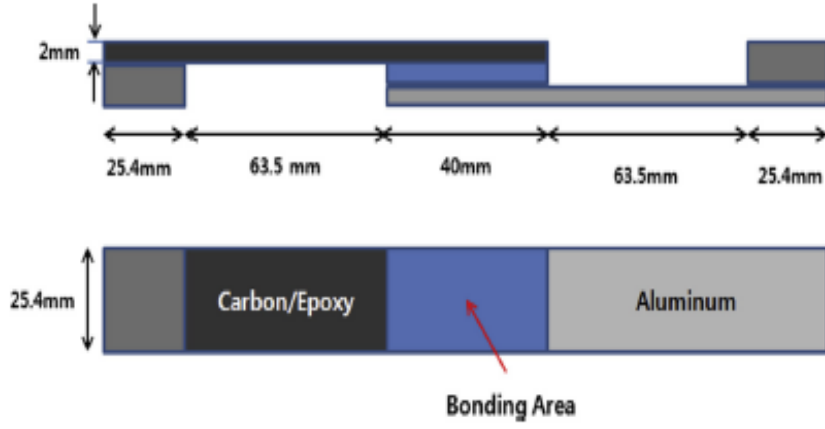
2011’de Banea, M. D. ve arkadaşları tarafından yapılan başka bir çalışmada ise aynı oranda düşük hızlarda çekme kuvveti farklı sıcaklıklarda aynı şekilde hazırlanmış numunelere uygulanır. Bu deneyde bileşenler epoksi kullanılarak yapıştırılmış, bozulmanın başladığı ilk anda numuneler bekletildiği sıcaklıklardan alınarak yük gerilim ölçümü yapılmıştır. Deney oda sıcaklığında, 100, 125 ve 150°C gerçekleştirilmiştir. Epoksinin erime sıcaklığı yaklaşık 155°C dir. Oda sıcaklığında 60.50 MPa olan yük gerilimi; 100°C ‘de 37.71 MPa, 125°C’de 18.44 MPa, 150°C’de 5.25 MPa olarak ölçülmüştür. Sıcaklığa bağlı olarak, artan sıcaklıklarda yapışkanın çekim kuvvetinin zayıfladığı, yük geriliminin logaritmik olarak azaldığı gözlenmiştir. Nemsiz ortamda gerçekleştirilen bu deneyde, nemin uygulanmadığı durumlarda da sıcaklığın yapışma performansını etkilediği yargısına varılmıştır. [34]

Çizelge 2. 4. XN1244 yapışkanının Yük Gerilimleri

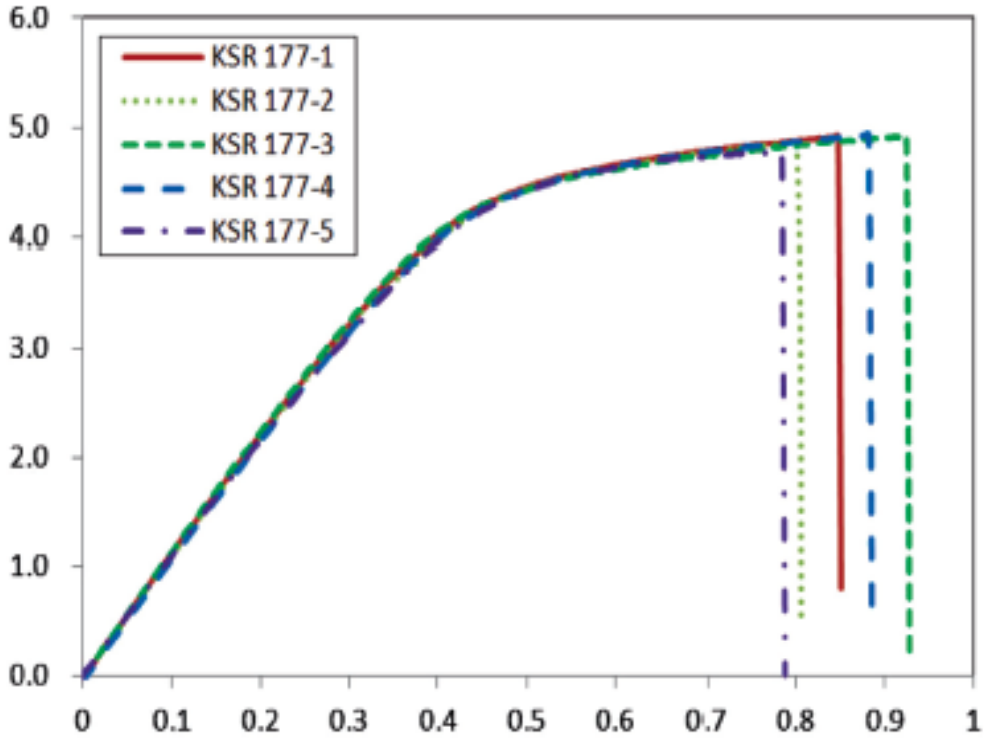
Ortam	Yük Gerilimi (MPa)
Oda Sıcaklığı	60.50±3.51
100°C	37.71±4.92
125°C	18.44±1,5
150°C	5.25±0,5

Nanotüp ve yapıştırıcı birleşimlerinin malzemelerin mukavemetini arttırdığına dair yapılan çalışmalar vardır. [22] 2014'te Kang M.K ve arkadaşları, yine yapışkanların mukavemetini ölçmek için yapılan bir çalışmada karbon nanotüp kullanılmışlardır. Bu çalışmada, yapışkanların endüstriyel kullanımlarında dayanıklılık performanslarını arttırmak için kimyasal içeriği uygun bir epoksi yapışkan seçilerek yapışkanın bir kısmına 2wt% oranında karbon nanotüp eklemiştir. Yapışkanın diğer kısmına ise herhangi ek kimyasal uygulanmamıştır. Deneme için kompozit bir malzeme ve alüminyum seçilmiş, birleşimleri için yapısal bir yapıştırıcı kullanılmıştır. Yapıştırma metodu tek katmanlı yapıştırma bağlantısıdır. Şekil 2. 11. Her iki yapıştırıcı ile de yapıştırma işlemleri yapılmış ve yaşlandırma uygulanmıştır. Mekanik mukavemet testi yapılan Karbon nanotüp içermeyen yapışkanın mukavemeti 3.08 MPa ölçülürken, karbon nanotüp içeren yapıştırıcı 4.86 MPa olarak ölçülmüştür.

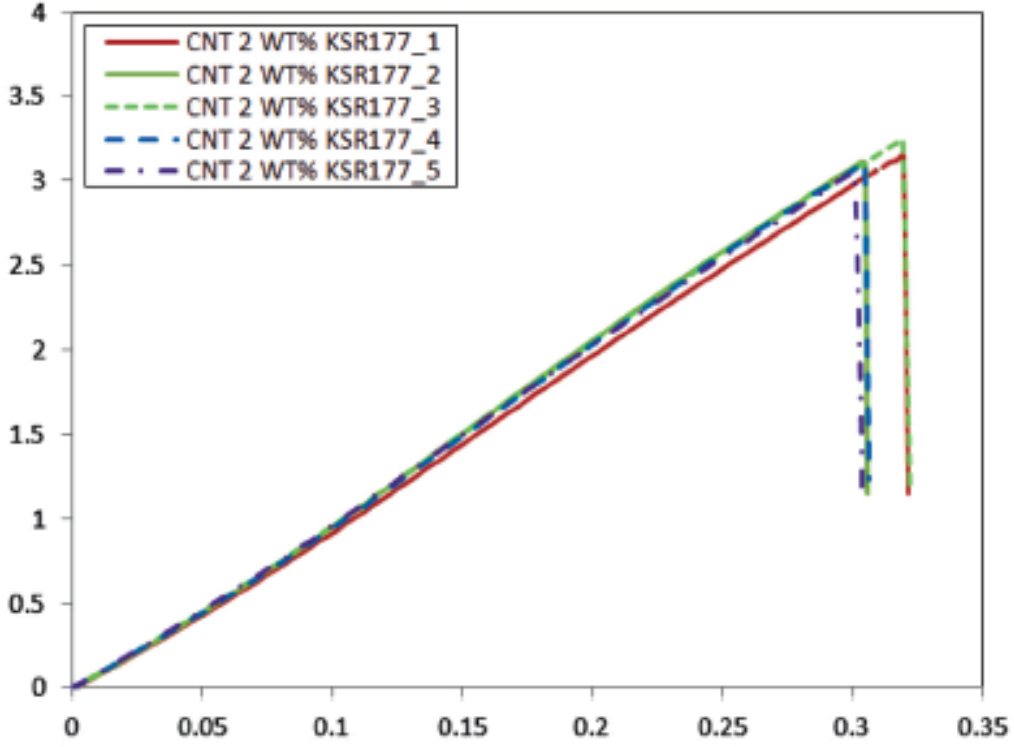
Sonuçlara baktığımız zaman Nanotüp içermeyen yapıştırıcınının 36.62% daha düşük mukavemet gösterdiği gözlemlenir. Şekil 2. 12a.ve Şekil 2. 12b. 'de yük karşısında yapıştırıcınının mm cinsinden uzaması grafikte gösterilmiştir. [35]



Şekil 2. 11. Tek katmanlı yapışkan bağlantısı



Şekil 2. 12a. Karbon nanotüp içermeyen yapıştırıcı (Yük (kN) & Yer değiştirme (mm))



Şekil 2. 12b. Karbon nanotüp içeren yapıştııcı (Yük (kN) & Yer değiştirme (mm))

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYALLER

1. 100×25×10 mm boyutlarında kesilmiş poliüretan sünger (Teknik Malzeme retim-Bursa) – 20 adet
2. Sentetik reçine esaslı sıvı yapıştııcı (Unitek 87-Universal-İstanbul) – 0.1gram / 1 ift
3. Nem kabini (Sanyo) – 1 adet
4. Etüv (Heraeus) – 2 adet
5. Sprey tabancası – 1 adet
6. Çekme Test Cihazı (ZWICK Z010) – 1 adet

Teknik Malzeme, Bursa'da yer alan Teknik Malzeme A.Ş.' ye bağlı ana sanayiye arabaların i tasarımında yer alan koltuklarda kullanılmak üzere poliüretan

sünger üreten otomotiv yan sanayi fabrikasıdır. Yapıştırıcıların çevresel dayanımlarının gözlemlenebilmesi için yapılan bu deneysel çalışmada kullanılan malzemeler yukarıda belirtilmiştir.

Deney için kullanılan sünger seri üretim esnasında, kalite onayından geçen süngerlerden 1 adet seçilerek alınmıştır. Kullanmak üzere seçtiğimiz yapıştırıcı ise bu süngerlerin üretimi sırasında, süngere son şeklini vermek üzere yapıştırılması gereken kısımların birleştirilmesi için seri üretimde kullanılır. Uni-tek 87 alevlenmeyen bir çözücü içeren, büro koltuk, yatak ve mobilya sektörlerinde kullanılan ve tabancayla tatbik edilen bir yapıştırıcıdır. Poliüretan ve latex köpüğü, keçe, strafor, suni deri, mukavva, kauçuklaştırılmış püskül kısımlar ve diğer döşeme malzemelerinin birbirine, ağaca suntaya ya da diğer benzer ürünlere yapıştırılmasını sağlar. Yapıştırıcının teknik detayları aşağıdaki gibidir.

3.2. Yapıştırıcıya Ait Teknik Bilgiler

Esası: Sentetik kauçuk

Renk: İsteğe bağlı olarak bal rengi veya kırmızı

Viskozite: 375 (± 25) MPa (25°C)

Yoğunluk: 1.05($\pm 0,02$) gr/cm³

İnceltici/Temizleyici: Uni-tek 700

Uygulama: Sprey tabancası ile

Kuruma zamanı: Tek taraflı uygulamada ~10saniye-2dakika arası

Çift taraflı uygulamada ~10saniye-4dakika arası

Katılma Zamanı: Yaklaşık 24 saat

Erime noktası: Ölçülemedi

Kaynama noktası: 40°C

Tutuşma ısısı: 605°C

Depolama Süresi: Açılmamış orijinal ambalajında ~ 12 ay

Depolama Sartları: Orijinal ambalajında 15-25°C arasında

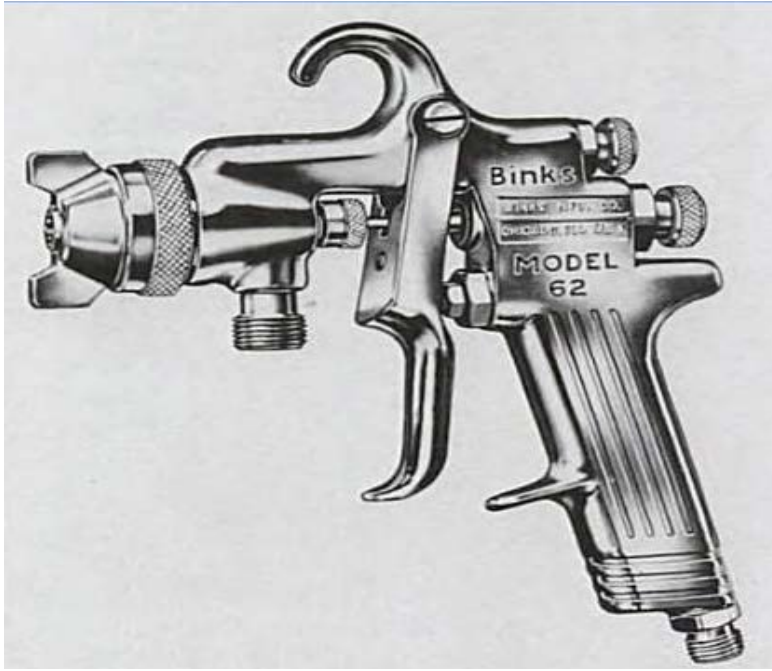
Donmaya Duyarlılık: Yok

Parlama Özelliği: Yok

Deneysel çalışma yapıştırıcının teknik detayları dikkate alınarak yapılmıştır. Yapıştırma işlemi çift taraflı yapılmış olup, katılma süresi teknik detayda önerilen 24 saat olarak belirlenmiştir. Yapıştırma işleminde kullanılan püskürtme tabancası da yerli üretim olup, saniyede belirli miktarda malzeme püskürtmektedir. Malzemelerin şartlandırılması için yine fabrikanın rutinde, ürünlerin kalitesi ve ürün geliştirme çalışmalarında kullandığı nem kabini ve etüv kullanılmıştır. Numunelerin şartlandırılma sonrasında mukavemetlerinin ölçüldüğü cihaz ise ZWICK Z010 olup süngerlerin sıkışma ve yırtılma dirençlerini ölçmek için kullanılmaktadır. Teknik malzeme bünyesinde süngerlerin sıkışma direncinin ölçülmesi için kullanılan bu cihaz makine ucundaki çenelerin değiştirilmesi ile elastik malzemelerin kopma mukavemetini ölçmek için de kullanılır.

3.3. YÖNTEM

Teknik Malzeme üretimden alınan bir adet koltuk süngeri ilk olarak dinlendirilmek üzere laboratuvara bırakılır, buradaki amaç süngerin şartlandırılmış ortamda soğutulmuş sabit duruma getirilmesidir. Laboratuvarda 24 saat boyunca bir müdahale olmadan bekletilen süngerler, 24 saat geçtikten sonra 20 adet 100×25×12,5 mm boyutlarında dikdörtgen parçalar süngerden kesilir. Sonrasında yapıştırıcının uygulanacağı kısmı diğer kısımdan ayırmak için süngerler işaretlenir. Yapıştırma işlemi sprey tabancasıyla gerçekleştirilip tüm süngerlere yaklaşık 0,1 gram yapıştırıcı uygulanmıştır. Bu işlem için kesilen süngerlerin tek yüzeylerine eşit miktarda yapıştırıcı sprey tabancası kullanılarak her tarafa eşit miktarda püskürtülür. (Şekil 3.1a- Şekil 3.1b.)



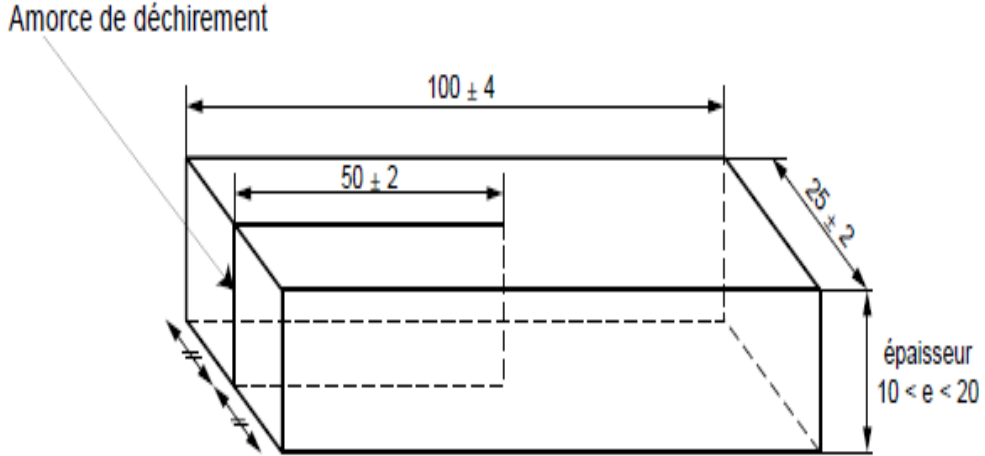
Şekil 3.1a. Sprey tabanca modeli [11]



Şekil 3. 1b. Yapıştırıcının uygulanması

Mekanik soyulma testinin yapılabilmesi için, kesilen süngerlerin yüzeylerine yapıştırıcı, süngerlerin yarısını kaplayacak şekilde püskürtülür.(Şekil 3. 2. – Şekil 3. 3.)

Her sünger yapıştırıcı uygulandıktan sonraki ilk 3 saniye içinde birbirine yapıştırılarak iki parça tek parça haline getirilir. Yapıştırma işlemi için süngerlere çok hafif bir basınç uygulanması yeterlidir. Bu işlemle beraber sıvı yapıştırıcı süngerin gözeneklerine nüfus ederek, kısa bir süre içinde katılaştır. Yapıştırıcı uygulanan süngerler birbirlerine yapıştırılarak toplam 30 adet olan sünger parçası 15 çift olarak hazırlanır. Hazırlanan bu 15 çift sünger sonrasında katılma işleminin kararlı hale gelebilmesi için, 24 saat bekletilmek üzere laboratuvara bırakılır. Yapıştırıcıya katılmanın tamamlanması için zaman tanınması, sonrasında süngerlere uygulanan nem ve sıcaklığın yapışkanla etkileşimini etkilemesi açısından çok önemlidir. Seçilen bu süre yapıştırıcının teknik detayında da önerilen minimum süredir.



Şekil 3. 2. Sünger boyutları



Şekil 3. 3. Yapıştırıcı uygulan süngerler

Laboratuvarda 24 saat bekleyen tüm süngerler, ikişer adet olmak üzere farklı ortamlarda bekletilmek üzere isimlendirilir. İsimlendirilen süngerlerden 1 çift laboratuvarda bırakılır, laboratuvar için sabitlenen sıcaklık 25°C, nem ise %45' tir. Hazırlanmış olan bir diğer sünger çifti de üretim sahasına bırakılır, üretim sahasının sıcaklığı 24°C, nemi ise yine %45 tir. Birbirine yakın olmasına rağmen her iki sahada da deney yapmamızın nedeni, laboratuvar ortamındaki kararlı şartlandırmanın üretim sahasında yakalanamama ihtimalini değerlendirmektir. Üretim sahasının sıcaklık ve neminin sabit kalması için güçlü endüstriyel klimalar kullanılıyor olsa da, üretim sahasında yer alan makine ve robotlardan yayılan ısı ortam ısını zaman zaman yükselterek sıcaklığı 2-3 °C yükseltmektedir. Üretime ve laboratuvara bırakılan sünger çifti aşağıdadır. (Şekil 3. 4. -Şekil 3. 5.)



Şekil 3. 4. Üretim için kesilen ve yapıştırılan süngerler



Şekil 3. 5. Üretimde şartlandırılan süngerler

Başka bir çift sünger 38°C ve %98 nem derecesine şartlandırılmış nem kabinine (Şekil 3. 6.) , diğer 2 çift sünger ise 70°C sıcaklık ve kuru sıcaklığa ayarlanmış etüvlere yerleştirilir.(Şekil 3. 7.)



Şekil 3. 6. Nem kabini içinde şartlandırılan süngerler



Şekil 3. 7. Etüvde şartlandırılan süngerler

Süngerlerin yerleştirildiği ortam şartları Çizelge 3. 1. 'de gösterilmiştir. Seçilen sıcaklıklar yapıştırıcının maruz kalabileceği maksimum sıcaklık ve nem değerleri seçilerek belirlenmiştir. Bu deneydeki temel amaç; işlem sonrasında değişen sıcaklık ve nemle birlikte yapışkanın kararlılığının mekanik testlerle incelenmesidir. Bu nedenle yapışkana 5 farklı sıcaklık (24 – 25 – 38 – 50 – 70°C) ve 3 farklı nem (0 – 45 – 98 %) uygulanmıştır.

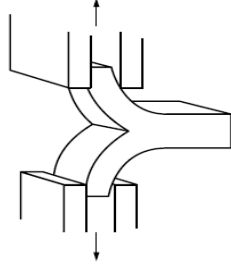
Çizelge 3. 1. Şartlandırmak için kullanılan ortam şartları

NUMARA	SICAKLIK	NEM	ORTAM
	T °C	%	
1 A	25	45	Laboratuvar
1 B	25	45	
2 A	24	45	Üretim
2 B	24	45	
3 A	50	0	Etüv
3 B	50	0	
4 A	38	98	Nem Kabini
4 B	38	98	
5 A	70	0	Etüv
5 B	70	0	

24 saat boyunca farklı ortam şartlarında bekleyen süngerler dinlendirilmek üzere yeniden laboratuvara yerleştirilir ve burada da 24 saat bekler. Buradaki amaç da yine süngerlerin kararlı duruma gelmesini sağlayarak direnç testi öncesinde süngerlerin durumlarını eşitlemektir. Farklı nem ve sıcaklığa maruz kalan süngerlerin son

durumdaki performanslarını değerlendirmek için yapışma dirençleri çekme test cihazı ile kontrol edilir. Bunun için Zwick010 cihazı kullanılmıştır. Kararlı duruma getirilen süngerler, yatay pozisyonda makinaya yerleştirilerek her iki ucu çenelere tutturulmuştur. (Şekil 3. 8.)

FIGURE N° 2
POSITION DE L'ÉPROUVETTE DANS LES MACHOIRES



Şekil 3. 8. Süngerin makinadaki pozisyonu

Makinanın alt çenesi sabit olup, üst çene 0,01 N/mm kuvvetle +y doğrultusunda çekilir.(Şekil 3. 9. – Şekil 3. 10) Süngerlere uygulanan kuvvet sonucunda süngerlerin birbirinden sıyrılma sırasındaki süngerlere uygulanan maksimum kuvvet makine tarafından kaydedilir. (Şekil 3. 11.)



Şekil 3. 9. Süngerin makinaya pozisyonlanması



Şekil 3. 10. Süngerin uğradığı gerilim



Şekil 3. 11. Süngerin koptuğu nokta

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Otomotiv sektöründe yoğun olarak kullanılan kauçuk esaslı bu yapıştırıcının çevresel faktörlere karşı dayanıklılığının ölçüldüğü bu çalışma sonucunda elde edilmiş sonuçlar aşağıdaki tablo ve grafiklerle gösterilmiştir. İlk olarak Çizelge 4. 1. 'de numaralandırılmış ve farklı ortamlarda şartlandırılmış süngerlere uygulanan minimum ve yırtılma anında uygulanan maksimum kuvvetler gösterilmektedir. Deneysel çalışma tutarlılığının gözlenebilmesi için deneyler 2 şer adet numuneye yapılmıştır. Süngerlerin soyulma kuvvetinin ölçüldüğü çekme test cihazında, cihazın alt ve üst çenelerine tutturulan süngerlerin gerilmeye başladığı noktadan sonra, süngerlerin koptuğu maksimum kuvvet kaydedilmiştir.

Tüm süngerlere başlangıç olarak 0.01 N uygulanmış olup kuvvet aralığı tüm süngerler için 0.01 N/mm'dir. 25°C ve 45% nemde bekleyen 1. set süngerlerin 4.18 N ve 3.49 N gibi birbirine yakın 2 kuvvette süngerden yırtılmış ve yapıştırıcının bozulmadığı kanıtlanmıştır.

24 °C ve 45% nemde laboratuvardaki kararlılığına nazaran nem ve sıcaklıktaki değişikliğin +3 birim oynayabileceği üretim hattında bekleyen süngerler ise 2.90 N ve 4.18 N da yine süngerden yırtılıp yapıştırıcının bozulmadığı gözlenmiştir.

Seçilen yapıştırıcının kaynama sıcaklığı olan 40°C' nin üstünde 50 °C 0% nemde bekleyen 3. set sünger çifti ise 4.45 N ve 3.88 N gibi yaklaşık 2 değer de yine süngerden yırtılıp yapıştırıcının yine bozulmadığı gözlenmiştir.

Sıcaklığı yaklaşık tutup nemi yükselttiğimiz 38°C ve 98% neme ayarlanmış kabinde bekleyen diğer sünger çifti ise 4.91 N ve 4.85 N da yine süngerden yırtılıp 98% lik bir neme maruz kalmış yapıştırıcının da nemden olumsuz etkilenmediği görülmüştür.

Son olarak nemsiz 70 °C lik ortamdan çıkan son çift süngerlerin de 4.71 N ve 5.25 N da yine süngerlerden yırtılarak yüksek sıcaklığında bozulmaya neden olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. 1.Şartlandırma sonucu elde edilen sonuçlar

	Fmak.	Fmin.	Fmaksimum değer ortalamaları
Nr	N	N/mm	N
1 A	4,18	0,01	3,23
1 B	3,49	0,01	3,06
2 A	2,90	0,02	2,82
2 B	4,18	0,01	3,23
3 A	4,45	0,02	3,64
3 B	3,88	0,03	2,86
4 A	4,91	0,02	3,45
4 B	4,85	0,04	3,29
5 A	4,71	0,03	3,54
5 B	5,25	0,04	3,25

Deneyin tekrarlana bilirliliğinin ölçümü için ikişer adet numuneyle yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak tek bir değer elde edilmiştir. Çizelge 4. 2. Değerleri incelediğimizde ortalama kuvvetin 3.145 N ve 3.395 N Aralığında olup süngerin yaklaşık yırtılma direncine eşittir. Yukarıdaki tabloda ikinci sütunda makinanın ölçümünü aldığı süngere kuvvet uygularken kaydedilen maksimum kuvveti gösterir. Sonrasında sünger kopma esnasında cihazdaki gerilme sünger tamamıyla kopana kadar azalacak bu durumda son durumda kaydedilen kuvvet düşecektir. 3. Sütunda gösterilen değerler de bunları gösterir. Bütün kopuşlar sünger yapışkan ara yüzeyindeki soyulmadan değil de süngerden gerçekleştiği için herhangi bir ilişim söz konusu değildir. Şekil 4. 1. 24 saatlik bir sıcaklık ve nem uygulamasının yapışkan performansını etkilememiştir.

Çizelge 4. 2. Süngerlerin koptuğu ortalama kuvvetler

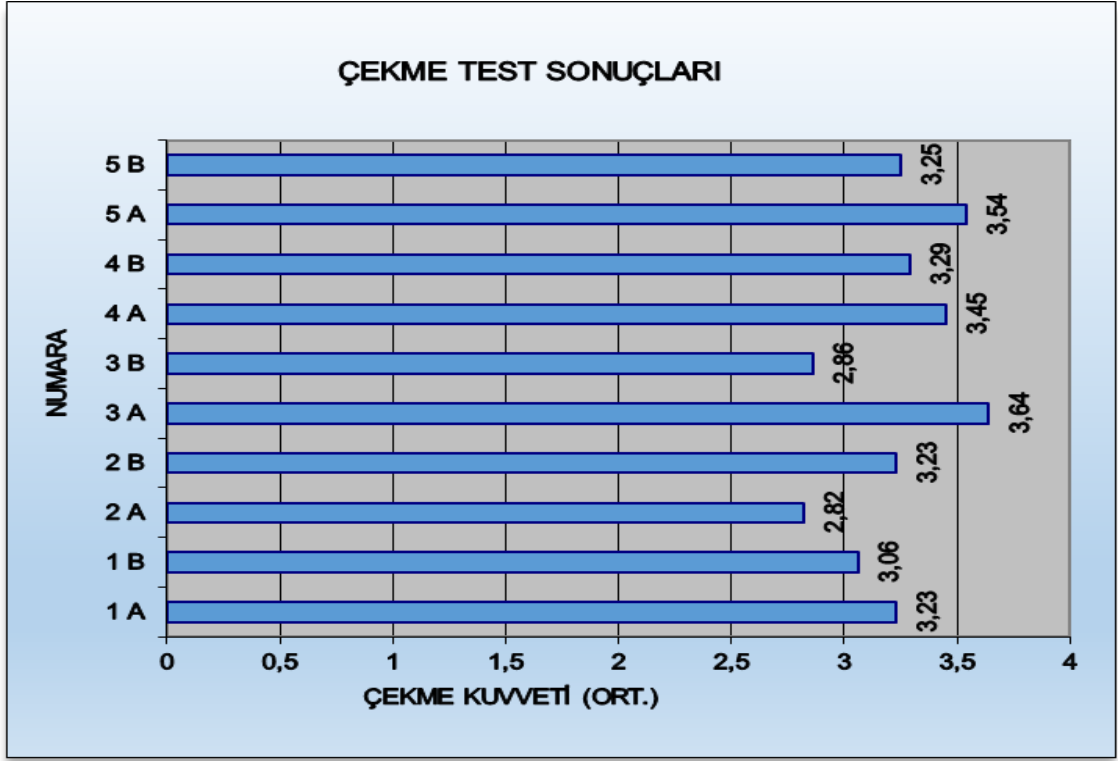
Numara	Fmax. N (ort.)
1	3,145
2	3,025
3	3,250
4	3,370
5	3,395

(Şekil 4. 1.)

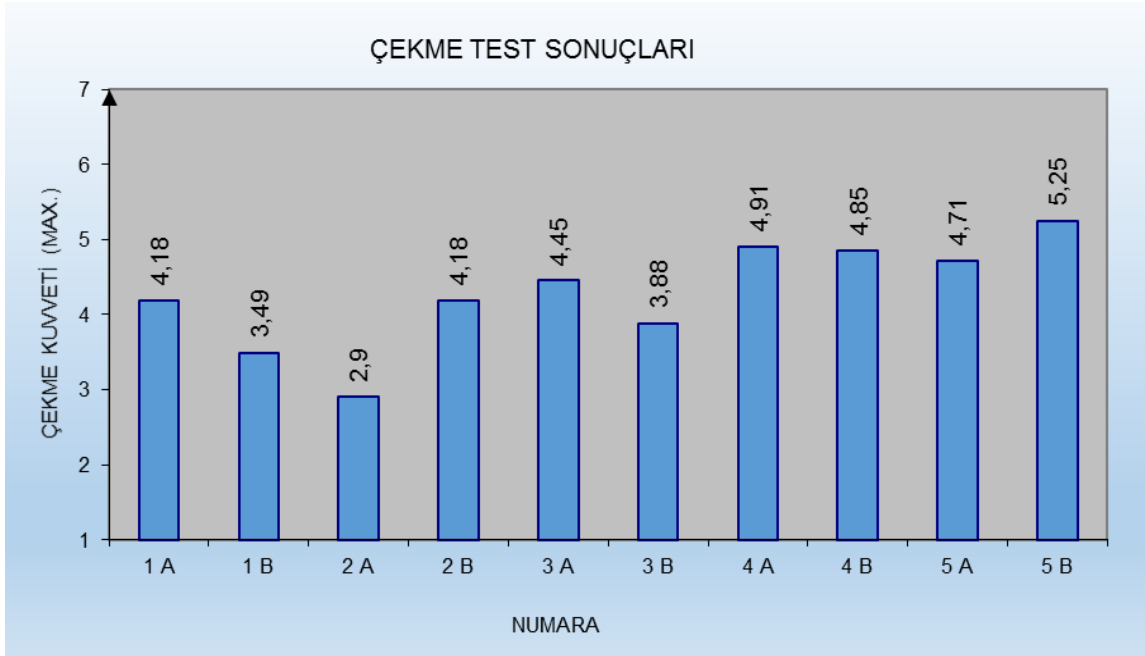


Şekil 4. 1. Kopan süngerlerin son durumları

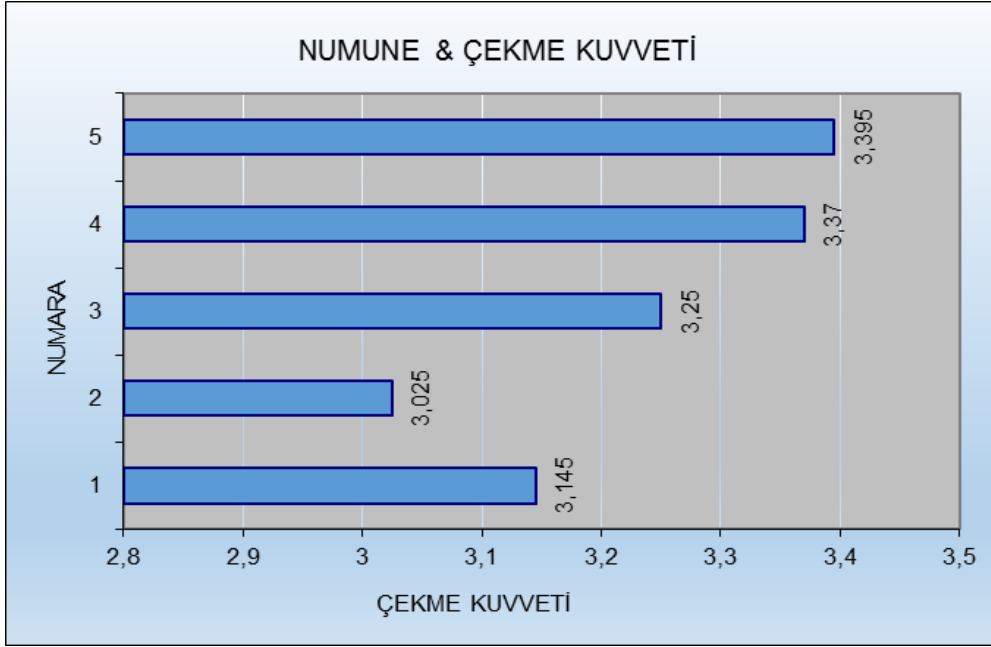
DeneySEL çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar grafik ile de gösterilmiştir. Şekil 4. 2 'de yüksek değerlerin ortalaması, Şekil 4. 3.' de yırtılmanın ilk gerçekleştiği an uygulanan kuvvet gösterilmiştir. Şekil 4. 4.' te her set için kullanılan ikişer çift süngerin ortalamaları alınarak yapılmıştır.



Şekil 4. 2. Ortalama çekme test sonuçları

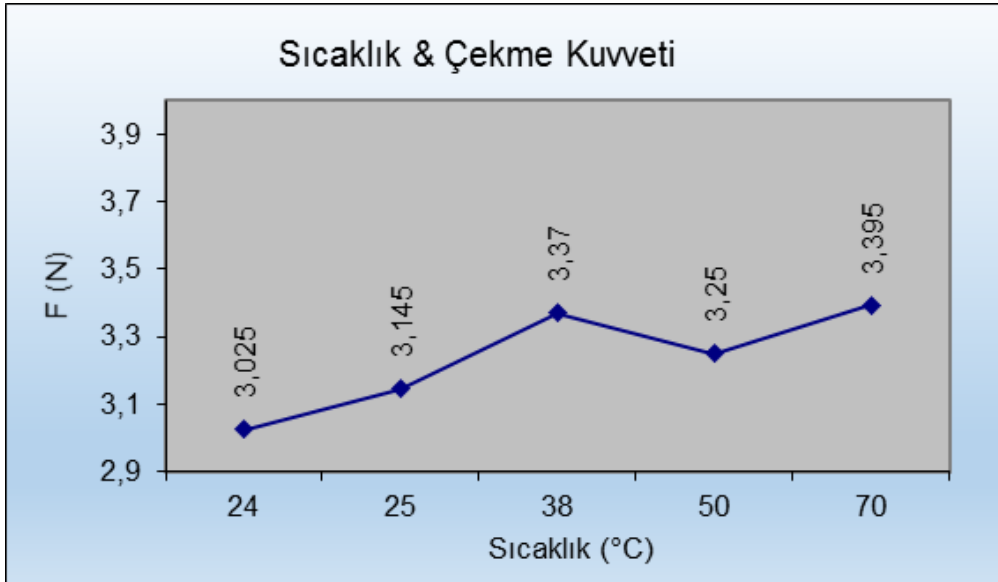


Şekil 4. 3. Maksimum çekme test sonuçları



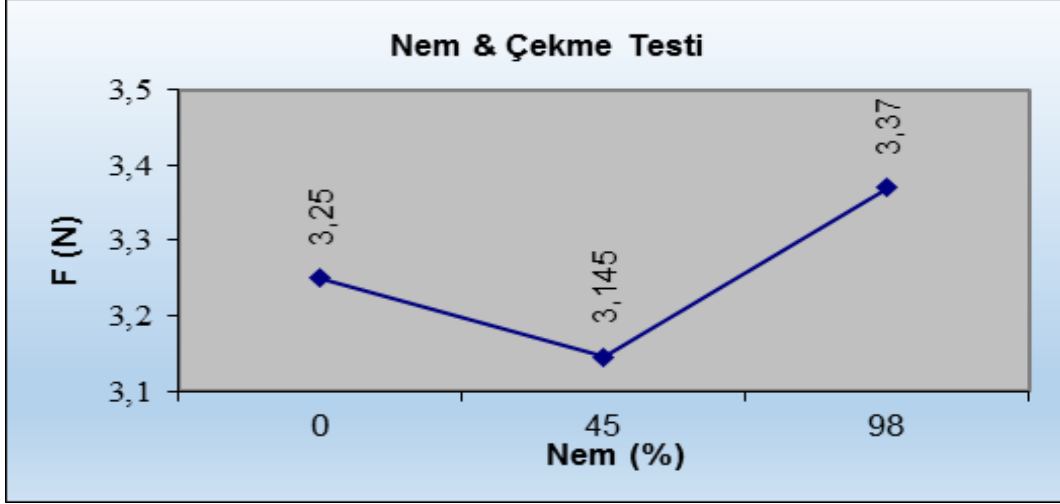
Şekil 4. 4. Çekme test sonuçları

Şekil 4. 5. sıcaklığın yapışkanın sıyrılma kuvvetine olan etkisini göstermek amacıyla yerleştirilmiştir. Giderek artan sıcaklığa rağmen seçilen sıcaklıklarda yapışkanın kopması için gereken kuvvette azalma gözlemlenmemiştir.



Şekil 4. 5. Sıcaklığın Çekme Kuvvetine Etkisi

Şekil 4. 6.'da nemin yapışkanın sıyrılma kuvvetine olan etkisini göstermek amacıyla yerleştirilmiştir. Giderek neme rağmen seçilen nem aralığında yapışkanın kopması için gereken kuvvette düzenli bir azalma gözlemlenmemiştir.



Şekil 4. 6. Nemin çekme kuvvetine etkisi

Courta, R.S. ve arkadaşları 2001'de akrilik yapıştırıcı ile birleştirdikleri plastik camları 4000 saat 40°C ve 95%lik nemli ortamda şartlandırıp sonrasında numunelerin mukavemetlerini ölçmüş, yaptıkları deneye göre 500 saat sonrasında yapıştırıcı mukavemetinin düzenli olarak düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Yine 2001'de Abdel Wahab, M.M. ve arkadaşları da kompozit iki malzemeyi epoksi yapıştırıcı kullanarak yapıştırmış, sonrasında birleştirilen malzemeler -50°C, 22 °C /kuru, 22°C / 85% RH, 90°C /kuru olmak üzere 4 farklı ortamda şartlandırmış, yapıştırıcının bozulmaya başladığı ana kadar belirtilen ortamlarda bekletmişlerdir. Sonrasında kompozitlerin kayma gerilmelerini ölçmüş, düşük sıcaklık tek başına kayma gerilmesini etkilemezken, erime sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa maruz kalan yapıştırıcı ve nemin sıcaklıkla beraber uygulandığı yaşlandırmada yapıştırıcının mukavemeti düşmüştür. [05]

2002' de ise Ferreira, J.A.M. ve arkadaşları polypropen iki malzemeyi akrilik bir yapıştırıcı kullanarak yapıştırmış ve malzemeleri su banyosunda 20, 40 ve 70 °C'de

bekletmişler, Tüm derecelerde 15 gün sonrasında malzemelerin statik dayanımları farklı oranlarda azalmıştır.[33]

2011’de Banea, M. D. ve arkadaşları epoksi bir yapıştırıcı kullanarak birleştirdikleri malzemeleri, 100,125 ve 150 °C kuru sıcaklıkta bekletmişler, sıcaklığın artışıyla yapıştırıcı dayanımlarının azaldığını gözlemlemişlerdir.[34]

2014’de Kang M.K ve arkadaşları, kompozit bir malzeme ve alüminyumu yapısal yapıştırıcı kullanarak yapıştırmış ayrıca aynı yapıştırıcıya 2wt% karbon nanotüp ekleyerek aynı malzemeleri yeniden yapıştırmış ve her ikisinin de yapışma dirençlerini ölçmüşlerdir. Bozulma gözleneneye kadar işlem devam etmiş, Karbon nanotüp içermeyen yapışkanın mukavemetini 3.08 MPa ölçerken, karbon nanotüp içeren yapıştırıcı 4.86 MPa olarak ölçülmüştür. Nanotüp içermeyen yapıştırıcı 36.62% daha düşük mukavemet göstermiştir. Ayrıca, karbon nanotüp içeren yapışkan daha geç yaşlanmıştır.[35]

Daha önce yapılmış çalışmaları incelediğimizde yapıştırılan malzemelerin çevresel faktörlere karşı direnci laboratuvar ortamlarında incelenmiş olup, deformasyon oluşumunun olup olmadığı deformasyonun ne derecede gözlendiğinin tespiti için uzun süreler uygulanmıştır. Bunun yanında bazı numunelere ise kısa süreli küçük darbelerle yaşlandırma yapılmıştır. Bu uygulanan çalışmalarda yükselen nem ve sıcaklık derecelerinde uygulanan yapıştırıcı deforme olmuş, belirli oranlarda mukavemet kaybı yaşamıştır. Yapılan son araştırma ve çalışmalarda ise son yıllarda sıklıkla kullanılan nano malzemelerin yapıştırıcı dayanımlarını ciddi oranda arttırdıkları gözlenmiştir.

Bu tez çalışmasında ise uygulanan deney üretim hattında gerçekleştirilmiştir. Burada gözlenmek istenen ani yükselen sıcaklık ve nem aralıklarında, mekanik olmayan polimer yapıştırıcıların kimyasal kararlılığının olup olmadığının incelenmesidir. Çalışma sonunda yapılan deneyler bize, literatürde yer alan uzun süreli yaşlandırmada uygulanan yüksek sıcaklık ve nemin yapıştırıcı performansını bozduğu bilgisine karşın, daha kısa süreli yüksek sıcaklık ve neme maruz kalan yapıştırıcının laboratuvar ortamında bekletilen yapıştırıcıdan farklı olmadığını göstermiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Laboratuvar ortamında, 25°C ve 45% nemde şartlandırılan 1 ve 2 numaralı süngerlere kopana kadar 0,01 N/mm hızında çekme kuvveti uygulanmıştır. Test sonucunda ilk numune 3,23 N; ikinci numune 3,06 N' da kopmuştur. Kopma yapıştırılmış bölgeden değil süngerden oluşmuştur. 25°C sıcaklık ve 45% nemde bekleyen süngerlerin yapışma performansında bozulma olmadığını gösterir.

24 °C sıcaklık ve 45% nemde bekleyen 3 ve 4 numaralı süngerler de aynı şekilde çekme kuvvetine maruz bırakılmıştır. İlk numune 2,82 N; ikinci numune ise 3,23 N' da kopmuştur. Üretimde bekleyen süngerler de yapışkandan değil süngerden kopmuştur. Üretimde bekleyen süngerler de ortam şartlarından etkilenmemiştir. Birbirine yakın sıcaklık ve nem değerlerine sahip fakat farklı iki ortamda bekleyen yapışkan bozulmamıştır.

3. set süngerleri ise nemsiz ortamda sıcaklık 50°C'ye yükseltilerek, sıcaklığın uygulanan yapışkanın performansına etkisi gözlemlenmiştir. Yapılan çekme test sonucunda ilk numune 3,64 N; ikinci numune ise 2,86 N' da kopmuştur. Yine kopma yapıştırılmış bölümden değil süngerden gerçekleşmiştir. 50°C'ye yükseltilen sıcaklık yapışma etkinliğini bozmamıştır.

4. set süngerleri ise 38 °C'de nem kabininde bekletilmiş, 98%'lik bir neme maruz bırakılmıştır. Yüksek neme maruz kalan süngerlere yapılan çekme test sonucunda ise ilk sünger 3,45 N; ikinci sünger ise 3,29 N da yine süngerden kopmuştur. 98%'lik bir nemin yapıştırıcının performansını etkilemediği gözlemlenmiştir.

Son sette ise süngerler sıcaklık daha da yükseltilerek 70°C de kuru ortamda şartlandırılmış, 24 saatlik şartlandırma ve 24 saatlik dinlendirme sonunda uygulanan çekme test sonucunda yine süngerler yapışkandan değil, süngerden gerçekleşmiştir. 70 ° C lik sıcaklığın da yapışkanın yapısını bozmamıştır. Sonuç olarak süngerlere uygulana yapışkanın 70°C lik bir sıcaklık 98%'lik nem aralığında bozulmadığı gözlemlenmiştir. Uygulanan bu deneydeki temel amaç farklı sıcaklık ve neme maruz kalan yapıştırıcının bozulma derecesini test etmektir.

Aynı üretim serisinden alınan ve laboratuvarında 24 saat dinlendirilen süngerden kesilen sünger parçaları aynı anda üretimde yapıştırılıp aynı anda farklı sıcaklık ve neme 24 saat maruz bırakılıp tekrar laboratuvar ortamında dinlendirildikten sonra yine arka arkaya çekme testi yapılan süngerlere uygulanan yapıştırıcının uygulanan sıcaklık ve nem de bozulma yaşamadığı gözlemlenmiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan bu sentetik kauçuk esaslı yapıştırıcının 24 – 25 – 38 – 50 – 70°C lik sıcaklık aralığında ve 0% – 45% – 98% nem aralığında yapışkanın performansında bozulma yaşanmamıştır.

Yapışkanlarla ilgili en büyük sıkıntılardan biri olan literatürde yer alan, teorik çalışmaların öngördüğü yüksek mukavemet, sıcaklık ve nem direncinin deneysel çalışmalarda ya da endüstriyel kullanımlarında sağlanamamasıdır.

Tez kapsamında, sentetik reçineli bir yapıştırıcı seçilerek, kullanıldığı alanlarda maruz kalabileceği sıcaklık ve nem değerleri seçilerek çalışma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar seçilen yapıştırıcı için uygulanan sıcaklık ve nem aralığında teorik bilgileri doğrulamıştır fakat yapılan çalışmadan bir tüme varım söz konusu olmadığı için; yapışma ve yapıştırıcılarla ilgili teorik olarak yapılmış çalışmaların paralelliğinin analiz edilebilmesi için, benzer çalışmaların diğer yapıştırıcı türlerine de yapılması gerekmektedir. Diğer yapıştırıcı türlerinin de ortam şartlarının değişkenliği karşısında verdikleri tepki analiz edilerek, bir genelleme yapılabilir. Ayrıca, yapışma teoremlerini, yapıştırıcıların, yapıştırma bağlantılarının ve yapıştırıcıların çevresel dayanıklılıklarının incelendiği bu yüksek lisans çalışması sonrasında, bir doktora çalışması olarak, bu bilgiler ışığında, yapıştırıcı çeşitleri, nano parçacıklarla birleşim denemeleri yapılarak, performans incelemeleri denenebilir.

KAYNAKLAR

- [01] Kinloch A.J., Little M.S.G., ve Watts J.F., “The role of the interphase in the environmental failure of adhesive joints”, *Acta Mater.* 48: 4543 (2000).
- [02] Johnsan, W. S. ve Butkus L.M, “ Considering environmental conditions in the design of bonded structures: A fracture mechanics approach” *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures* , 21: 465–478 (1998).
- [03] Curley, A. J., Jethwa, J.K., Kinloch, A.J., “ The Fatigue and Durability Behaviour of Automotive Adhesives. Part III: Predicting the Service Life” *J. Adhesion.* Vol 66, pp. 39-59 (1998).
- [04] Courta, R.S. , Sutcliffea, M.P.F., Tavakolib, S.M. , “Ageing of adhesively bonded joints Fracture and failure analysis using video imaging techniques” , *International Journal of Adhesion & Adhesives* 21 : 455–463, (2001).
- [05] Abdel Wahab, M.M., Ashcroftb, I.A., Crocombe, A.D. , Hughes, D.J., Shaw, S.J. “The effect of environment on the fatigue of bonded composite joints. Part 1: testing and fractograph.” , *Composites: Part A* 32: 45–58, (2001).
- [06] Henkel, 3M and Beiersdorf, “Adhesives are Attractive, Adhesives: An Industry Overview”, Ankara, (2008).
- [07] Kim, J. K. and Lee, D.G., ”Effects of applied pressure and temperature during curing operation on the strength of tubular single-lap adhesive joints”, *Journal of Adhesion Science and Technology* Volume 18, Issue 1, (2004).
- [08] Chadegani, A. , Romesh ,C. B., “Analysis of adhesive-bonded single-lap joint with an interfacial crack and a void”, *International Journal of Adhesion & Adhesives* 31: 455–465, (2011).
- [09] Silva L. and Adams R.D. , “Techniques to reduce the peel stresses in adhesive joints with composites”, *International Journal of Adhesion & Adhesives* 27: 227–235, (2007).

- [10] Pukanszky, B, Fekete, E. “Adv Polym. Sci.” ; 139:109–53 (1999).
- [11] Schneberger, G., “Adhesives in Manufacturing”, Marcel Dekker, Taylor & Francis Inc, USA (1983).
- [12] Kinloch, A.J., “Adhesion and Adhesives”, Science and Technology, Chapman and Hall, London, 441s. (1987).
- [13] Baldan, A., “Adhesion phenomena in bonded joints”, International Journal of Adhesion & Adhesives 38:95–116, (2012).
- [14] Packham, D. E., “Some Contributions of Surface Analysis to the Development of Adhesion Theories”, Centre for Materials Research, University of Bath, Claverton Down, Bath, UK, The Journal of Adhesion, (2008).
- [15] Baldan, A., “Adhesively-bonded joints and repairs in metallic alloys, polymers and composite materials: Adhesives, adhesion theories and surface pretreatment, Journal of Materail Science”, 39:1– 49 (2004).
- [16] Schultz, J. and Nardin, M., “Theories and Mechanisms of Adhesion”, Taylor & Francis Group, LLC (2003).
- [17] Dunn, D. J , "Update on Engineering and Structural Adhesives", iSmithers RAPRA Publishing, 188 s. (2010).
- [18] Dunn, D. J., “Engineering and Structural Adhesives”, Rapra Rewiev Reports,138 s. (2004) .
- [19] Dunn, D. J., “Adhesives and Sealants : Technology, Applications and Markets”, iSmithers RAPRA Publishing, 3-162, (2003).
- [20] Dreezen, G., “High Temperature Performance of Low Stress Electrically Conductive Adhesives in Electronic Applications”, Portable Information Devices, 2008 and the 2008 7th IEEE Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics, Garmish-Partenkirchen, (2008).
- [21] Schwartz, M., “Composite Materials Handbook,” 2nd ed. Mc Graw-Hill, (1992).

- [22] Çelebi, N., Değim, T., Değim Z., “Yüzeyler Arası Özellikler” Modern Farmasötik Teknoloji, 243-262, (2009).
- [23] Degarmo, Paul, J . Black, T. and Kohser R. A., “Materials and Processes in Manufacturing,” 8th ed. Prentice Hall Chapt. 38., (1997).
- [24] Goss, Bob, “Practical Guide to Adhesive Bonding of Small Engineering Plastic and Rubber Parts”, iSmithers Rapra Publishing 181.s, (2010).
- [25] Campbell, F. C., “Joining : Understanding the Basics” ASM International, 260s. (2011).
- [26] Falat, T. ” Numerical Approach to Characterization of Thermally Conductive Adhesives” Thermal, Mechanical and Multiphysics Simulation and Experiments in Micro-Electronics and Micro-Systems, 7th International Conference, Como, (2006).
- [27] Mortensen, F. , Ole Thybo, T., “Coupling effects in adhesive bonded joints”, Composite Structures 56: 165–174, (2002).
- [28] Gunnion, A.J., Herszberg I., “Parametric study of scarf joints in composite structures”, Composite Structures 75: 364–376, (2002).
- [29] Haghani , R.. and Emrani M., “A new design model for adhesive joints used to bond FRP laminates to steel beams – Part A: Background and theory”, Construction and Building Materials 34: 486–493, (2012).
- [30] Duong, C.N., “A unified approach to geometrically nonlinear analysis of tapered bonded joints and doublers” , International Journal of Solids and Structures 43: 3498–3526, (2006).
- [31] Singh V., Saxene, S., Sarabh Agarwal “Adhesively Bonded Joints: Adhesives, Adhesion Theories, Failures and surface Pretreatments”, Indian Institute of Technology Gwahati, (2010).
- [32] Adhesive and Sealant Council (ASC) , <http://www.adhesives.org/>

[33] Ferreira, J.A.M., Reis, P.N., Costa, J.D.M., Richardson, M.O.W., “Fatigue behaviour of composite adhesive lap joints”, *Composites Science and Technology* 62: 1373–1379, (2002).

[34] Banea, M. D., Sousa, F. S. M., Silva, L. F. M., Campilho, R. D. S. G. and Bastos Pereira, A. M., “Effects of Temperature and Loading Rate on the Mechanical Properties of a High Temperature Epoxy Adhesive”, *Journal of Adhesion Science and Technology* 25:2461–2474, (2011).

[35] Kang M.K., Choi J.H., Kweon J.H. “Fatigue life and crack detection of the adhesive joint with carbon nanotubes “, *Composite Structures* 108 : 417 - 427 (2014).

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Dilek MARANGOZ ŞAHİN

Doğum Tarihi: 01.01.1985

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Karadeniz Ereğli Anadolu Lisesi	1995-2002
Lisans	Kimya Mühendisliği (İng.)	Ege Üniversitesi	2002-2007
Yüksek Lisans	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	Mersin Üniversitesi	2012-2014

(Varsa) Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Öğrenci Temsilcisi	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	2012-2014

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Evaluation of Agro-Industrial Residues for New Trends in Application of Lignocellulosic Materials (*30th Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals, New Orleans LA/USA, May 7 to 10, 2008*).
2. Hemicelluloses Fractions Extraction of Corn Residue (*35th Conference of Slovak Society of Chemical Engineering SSChE 2008, May 26 to 30, 2008*).
3. Corn Cob Autohydrolysis Process and Hemicelluloses Extraction (*10th International Chemical and Biological Engineering Conference CHEMPOR 2008, Braga/Portugal, September 4 to 6, 2008*).
4. Biodizel ve Gelecekteki Önemi (*Announcement Book about Energy Plant and Green Fuel Symposium, Bornova/İzmir, 2007*).