

171 561

ALLİL FENİL ETER-MALEİK ANHİDRİT-  
STİREN TERPOLİMERİ VE EPOKSİ  
REÇİNESİ TEMELİNDE HAZIRLANAN  
YAPIŞTIRICILARIN İNCELENMESİ

MELİKE KIROĞLU

121561

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
SİVAS-2002

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ALLİL FENİL ETER-MALEİK ANHİDRİT-STİREN TERPOLİMERİ VE  
EPOKSİ REÇİNESİ TEMELİNDE HAZIRLANAN YAPIŞTIRICILARIN  
İNCELENMESİ

121561

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALLİL FENİL ETER-MALEİK ANHİDRİT-STİREN TERPOLİMERİ VE  
EPOKSİ REÇİNESİ TEMELİNDE HAZIRLANAN YAPIŞTIRICILARIN  
İNCELENMESİ

Melike KIROĞLU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Elçin EKBEROV  
(Danışman Adı)

Kimya Müh. Yrd. Doç. Dr.  
(Bölümü-Ünvanı)

İmzası  


FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Bu çalışma jürimiz tarafından, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hülya Güler

Üye : Doç. Dr. Dursun SARAYDIN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Elçin Ekberov

ONAY


Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2002

FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ  
Prof. Dr. Necati ÇELİK



Bugüne dek yaptıkları değerli katkıları için aileme..



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 05/01/1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30/12/1993 tarihinde C. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora Yazım Kılavuzu" yönergelerine uygun olarak hazırlanmıştır.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ALLİL FENİL ETER-MALEİK ANHİDRİT-STİREN TERPOLİMERİ VE EPOKSİ REÇİNESİ TEMELİNDE HAZIRLANAN YAPIŞTIRICILARIN İNCELENMESİ

Melike KIROĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Elçin EKBEROV

Bu çalışmada, allil fenil eter-maleik anhidrit-stiren terpolimeri sentezlenmiştir ve terpolimerin epoksi reçinesinin yapıştırma özelliğine etkileri incelenmiştir.

Terpolimer, 1 mol allil fenil eter, 2 mol maleik anhidrit ve 1 mol stirenin polimerleşmesiyle sentezlenmiştir. Terpolimerin limit viskozite sayısı ve anhidrit grupları deneysel yöntemlerle belirlenmiştir.

Epoksi reçinesine % 10-30 (m/m) terpolimer eklenmesiyle yapıştırma özelliği artırılmıştır. Hazırlanan yapıştırıcıların dış görünüş, bağıl yoğunluk, ısıl ve mekanik özellikleri farklı deneysel yöntemlerle karakterize edilmiştir. % 10-30 (m/m) terpolimer içeren yapıştırıcılar homojendir. Bu değerler üzerinde ise terpolimer epoksi reçinesinde çözülmemiştir.

Bağıl yoğunluk ölçümlerine göre terpolimer içeriği ile yapıştırıcının bağıl yoğunluğu artmıştır. DTA yöntemiyle, yapıştırıcının camı geçiş sıcaklıklarının da terpolimer içeriği ile arttığı belirlenmiştir. TG termogramlarıyla belirlenen epoksi reçinesinin bozunma sıcaklıkları önce azalmış sonra moleküler yapıda çapraz bağların oluşmasıyla artmıştır.

% 15-30 terpolimer içeren yapıştırıcı şekillenebilmiştir ve kopma uzaması değerleri terpolimer içeriği ile artmıştır. Alüminyum levhalar, terpolimer içeriği, sıcaklık ve zaman gibi farklı koşullarda hazırlanan yapıştırıcılarla yapıştırılmış ve elde edilen maksimum kopma gerilimleri, % 25 terpolimer, 180 °C ve 2 saat olarak belirlenmiştir. Galvanez, sac ve çelik levhalar bu koşullarda yapıştırılmış ve kopma gerilimleri alüminyum levha ile yaklaşık olarak aynı bulunmuştur.

Sonuç olarak, yapıştırıcının ısıl ve mekanik özelliklerinin epoksi reçinesine belirli oranlarda allil fenil eter-maleik anhidrit-stiren terpolimerinin eklenmesiyle iyileştirilebileceği ve bu yapıştırıcının metal levhaları yapıştırmak için kullanılabileceği bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Allil Fenil Eter-Maleik Anhidrit-Stiren terpolimeri, Epoksi Reçinesi ve yapıştırıcı.

## ABSTRACT

M. Sc. Thesis

### THE INVESTIGATION OF ADHESIVES PREPARED ON THE BASIS OF ALLYL PHENYL ETHER-MALEIC ANHYDRIDE-STYRENE TERPOLYMER AND EPOXY RESIN

Melike KIROĞLU

Cumhuriyet University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Chemical Engineering

Supervisor: Assis. Prof. Dr. Elçin EKBEROV

In this study, allyl phenyl ether-maleic anhydride-styrene terpolymer was synthesized and the effects of terpolymer on to adhesive properties of epoxy resin were investigated.

Terpolymer was synthesized by the polymerization of one mole of allyl phenyl ether, two moles of maleic anhydride and one mole of styrene. The number of anhydride groups and the limit viscosity number of terpolymers were determined by experimental methods.

10-30 (w/w) % of terpolymer was added to epoxy resin to increase its adhesion property. External appearance, relative density, thermal and mechanical properties of prepared adhesives were characterized by different experimental methods. Adhesives containing 10-30 (w/w) % terpolymer are homogeneous. Terpolymer could not be dissolved in epoxy resin for the greater values.

According to the relative density measurements, the relative densities of adhesives increased with the terpolymer content. Also the glass transition points of adhesives determined by DTA method increased with the terpolymer content. Disintegration temperatures of epoxy resin determined by TG termograms showed initially a decrease and than an increase due to crosslinking in the molecular structure.

The adhesives containing 15-30 (w/w) % terpolymer could be shaped and their fracture elongation values increased with terpolymer content. Aluminum plates were adhered by different adhesives prepared at different conditions such as terpolymer content, temperature and time and the maximum fracture stresses obtained were determined as 25 % terpolymer, 180 °C and 2 hours. Galvanize, sheet iron and steel plates were adhered at these conditions and their fracture stresses were found as around the aluminum plates'.

As a result, thermal and mechanical properties of adhesives were improved by the addition of allyl phenyl ether-maleic anhydride-styrene terpolymer to epoxy resin at a certain degree and it was found that this adhesive could be used for the adhesion of metal plates.

**Key Words:** Allyl phenyl ether-maleic anhydride-styrene terpolymer, epoxy resin and adhesive.



## TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım sırasında ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Elçin EKBEROV'a, değerli eleŐtiri ve katkıları ile beni yÖnlendiren hocalarım Prof. Dr. HÜlya GÜLER ve Doç. Dr. Dursun SARAYDIN'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalıŐmalarım için, gerekli kimyasal maddelerin bir kısmını sağlayan ve değerli yardımlarını esirgemeyen Bakü Devlet Üniversitesi Kimya Bölüm Başkanı, Prof. Dr. Oktay EKBEROV' a teşekkür etmek benim için bir borçtur.

Laboratuvar çalıŐmalarım sırasında bana her türlü yardımı yapan A. Hakan SEZER ve Özgür GÜLER'e desteklerinden dolayı teŐekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezi destekleyen Araştırma Fonu'na teşekkür ederim.

**Melike KIROğLU**

## İÇNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. POLİMERLER	3
3. YAPIŞTIRICILAR	4
3.1. Yapışma	4
3.2. Yapıştırıcılar	4
3.3. Yapıştırıcıların sınıflandırılması	4
4. YAPIŞTIRICILARIN BİLEŞİMİ	7
4.1. Yapıştırıcı bileşenleri	7
4.1.1. Çözücüler	7
4.1.2. İnceltici ya da seyrelticiler	7
4.1.3. Katalizörler	7
4.1.4. Sertleştiriciler	7
4.1.5. Dolgular	7
4.1.6. Yayıcılar	8
4.1.7. Koruyucular	8
5. POLİMERLERDEN ÜRETİLEN YAPIŞTIRICILARIN GENEL KARAKTERİZASYONU	9
6. KOPOLİMERLERDEN VE TERPOLİMERLERDEN YAPIŞTIRICILARIN ÜRETİLMESİ	16
7. YAPIŞTIRICILARIN KARAKTERİZASYONU	19
7.1. Polimer çözeltilerinin viskozitelerinin bulunması	19
7.2. Anhidrit gruplarının bulunması	20
7.3. Bağıl yoğunluk	20
7.4. Polimerlerin ısısal özellikleri	20

7.5. Germe-uzama eğrileri	22
8. DENEYSEL TEKNİKLER	27
8.1. Deneyin yapıldığı yer ve tarih	27
8.2. Kullanılan maddeler	27
8.3. Terpolimerin üretilmesi	28
8.3.1. Terpolimerin limit viskozite sayısının bulunması	28
8.3.2. Terpolimer içeriğindeki anhidrit gruplarının bulunması	28
8.4. Terpolimer ve epoksi reçinesinden yapıştırıcıların üretilmesi	28
8.4.1. Dış görünüşün bulunması	28
8.4.2. Bağlı yoğunluğun bulunması	28
8.4.3. Isısal analiz	29
8.4.4. Çekmeye karşı dayanıklılık	29
8.4.5. Kaymaya karşı dayanıklılık	29
9. DENEYSEL BULGULAR	31
9.1. Terpolimerin üretilmesi	31
9.1.1. Limit viskozite sayısının bulunması	32
9.1.2. Anhidrit gruplarının bulunması	32
9.2. Yapıştırıcının üretilmesi	33
9.2.1. Dış görünüşün bulunması	33
9.2.2. Bağlı yoğunluğun bulunması	35
9.2.3. Isısal analiz	35
9.2.4. Çekmeye karşı dayanıklılık	39
9.2.5. Kaymaya karşı dayanıklılık	42
10. SONUÇLAR	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	58

## ŞEKİLLER DİZİNİ

7.1. DTA ve DSC termogramları.	22
7.2. Polimerlerde germe-uzama eğrisi.	23
7.3. Germe-uzama eğrilerinden örnekler.	24
7.4. Germe-uzama eğrilerinin çekme hızı ve sıcaklıkla değişimi.	26
8.1. Hounsfield test cihazı.	29
8.2. Levhaların yapıştırılış şekli.	30
9.1. $n_{sp}/C$ oranının derişim ile değişimi.	32
9.2. Epoksi reçinesi ile terpolimerin sertleşme tepkimesi.	34
9.3. Bağıl yoğunluğun terpolimer yüzdesi ile değişimi.	35
9.4. Farklı oranlarda terpolimer içeren yapıştırıcıların DTA termogramları.	36
9.5. Farklı oranlarda terpolimer içeren yapıştırıcıların TG termogramları.	37
9.6. Camsı geçiş sıcaklığının terpolimer yüzdesi ile değişimi.	38
9.7. İlk bozunma sıcaklığının terpolimer yüzdesi ile değişimi.	38
9.8. Kalıplanmış yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.	39
9.9. Kalıplanmış yapıştırıcıda terpolimer yüzdesi ile germe değerleri değişimi.	41
9.10. Kalıplanmış yapıştırıcıda terpolimer yüzdesi ile uzama değerleri değişimi.	41
9.11. Çekme hızı değerleri için germe-uzama eğrileri.	42
9.12. Çekme hızı ile germe değerleri değişimi.	43
9.13. Çekme hızı ile uzama değerlerinin değişimi.	44
9.14. Yapıştırılmış alüminyum levhaların germe-uzama eğrileri.	45
9.15. Terpolimer yüzdesi ile germe değerlerinin değişimi.	46
9.16. Terpolimer yüzdesi ile uzama değerlerinin değişimi	46
9.17. Farklı saatlerde sertleştirilen yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.	47
9.18. Sertleşme süresi ile germe değerleri değişimi.	48
9.19. Sertleşme süresi ile uzama değerleri değişimi.	48
9.20. Farklı sıcaklıklarda sertleştirilen yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.	49
9.21. Sertleşme sıcaklıkları ile germe değerleri değişimi.	50
9.22. Sertleşme sıcaklıkları ile uzama değerleri değişimi.	50
9.23. Yapıştırılmış levhaların germe-uzama eğrileri.	51
9.24. 0.4, 0.8 ve 1.6 mm uzama değerlerinde germe değerleri değişimi.	52
9.25. 100, 200 ve 300 N germe değerlerinde uzama değerleri değişimi.	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

3.1. Yapıştırıcıların sınıflandırılması.	6
8.1. Kullanılan reçine ve monomerler.	27
9.1. Kalıplanmış yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin terpolimer içeriği ile değişimi.	40
9.2. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin çekme hızı ile değişimi.	43
9.3. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin terpolimer içeriği ile değişimi.	45
9.4. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin sertleşme süresi ile değişimi.	47
9.5. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin sertleşme sıcaklığı ile değişimi.	49
9.6. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin levhalar ile değişimi.	51



## 1. GİRİŞ

Günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçası olan polimerler yüksek mol kütleli bileşiklerdir. Bugün yatak süngerinden dış fırçasına, gömlekten otomobillerin iç aksamına kadar yaşantımıza giren sentetik polimerler başlı başına bir endüstri alanı oluşturarak ülke ekonomisinde büyük yer tutarlar. Sentetik polimerlerden başka doğada oluşmakta olan doğal polimerler de vardır. Selülöz, nişasta, doğal kauçuk gibi doğal polimerler insanların giyim, barınma ve yiyecek gibi ihtiyaçlarını çok eskiden beri karşılamaktadır.

Polimerler, monomerlerin kimyasal bağlarla birbirlerine bağlanmaları sonucu oluşan bileşikler olarak tanımlanırlar [1]. Polimerleri oluşturan, fonksiyonlu grupları bulunan basit moleküller ise monomer olarak bilinir. Polimerler, tek tür monomerlerden oluşuyorsa homopolimer, birden fazla tür monomerden oluşuyorsa kopolimer olarak adlandırılır [2].

Yüzey bağlılığıyla bütün materyalleri tutturma yeteneğine sahip kullanışlı maddeler olarak tanımlanan yapıştırıcılar da polimer ürünüdür. Herhangi iki yüzey için sıvı yapıştırıcıya en iyi örnek sudur. Donmuş bir kızak demiri üzerine dilini koyan bir kişinin de doğrulayabileceği gibi su donduğu zaman çok kuvvetli bir yapıştırıcı olmasına rağmen onun uçuculuğu, düşük viskozitesi ve yüksek yüzey gerilimi suyu zayıf bir yapıştırıcı yapar. Plastikleştirilmiş bir kauçuk polimer düşük uçuculuğa, yüksek viskoziteye ve düşük yüzey gerilimine sahiptir. Bu özellikler onu iyi bir yapıştırıcı yapar.

Yapıştırıcılar hazırlanırken genellikle, sertleştiğinde uçucu maddenin ayrılması, yeterli elastisiteye sahip olması, su ve atmosfere karşı dayanıklı olması gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapıştırıcılar; çözücüye cevap veren tipler, eriyik haline getirilen tipler, basınca duyarlı tipler ve kimyasal tepkimeli tipler olarak üretilir. En çok kullanılan kimyasal tepkimeli tiplerde bağlanma, kimyasal tepkimeler ile olur. Bu tip yapıştırıcılar üretilirken: üre, fenol, furan, epoksi ve melamin reçineleri gibi ısı gerektiren reçinelerle polimerler bir katalizör, başlatıcı veya bazı durumlarda ek reaktantlar eşliğinde karıştırılırlar. Hazırlanan yapıştırıcı, yapışma yüzeyine sıvı formda dağıtılır. Kimyasal tepkimeli yapıştırıcılar kullanım için hazırlandığında, kaplarda sıvı olarak saklanır [3].

Epoksi reçinesinin amin ya da anhidritlerle sertleştirilmesiyle hazırlanan yapıştırıcılar kimyasal tepkimeli tip yapıştırıcılara örnek olarak verilebilir. Bu yapıştırıcılar, oda sıcaklığında metalleri yapıştırmak için kullanılmaktadır [4].

Çok yönlü özelliklere sahip olan yapıştırıcılara rağmen gelişen teknolojiye paralel olarak çeşitli yüzeylerin yapıştırılması için yeni içerikli yapıştırıcıların hazırlanması gerekmektedir.

Bu amaçla: allil fenil eter (AFE), maleik anhidrit (MA) ve stiren (St)'in polimerleşmesinden terpolimer sentezlenmiş ve üretilen terpolimerin limit viskozite sayısı ile anhidrit grupları belirlenmiştir. Epoksi reçinesi (ER)'ne kütlece % 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında, üretilen terpolimerin katılması ile yapıştırıcılar hazırlanmıştır. Hazırlanan yapıştırıcılar, dış görünüş, bağıl yoğunluk, ısıl ve mekanik özellikleri ile karakterize edilmişlerdir.



## 2. POLİMERLER

Polimerler, çok sayıda aynı veya farklı atomik grupların kimyasal bağlarla, az veya çok düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli, başka bir anlatımla yüksek mol kütleli bileşiklerdir [5].

Polimer moleküllerini oluşturmak üzere birbirleri ile kimyasal bağlarla bağlanan küçük moleküllere monomer denir. Monomer birimlerinden başlayarak polimer moleküllerinin elde edilmesine yol açan tepkimelere ise polimerizasyon tepkimeleri denir [6].

Polimerler bir çok şekilde sınıflandırılabilir. Polimerler ısıya karşı gösterdikleri davranışlara göre termoplastikler ve termosetler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Termoplastikler: ısı ve basınç altında yumuşar, akar ve böylece çeşitli formlarda şekillendirilebilirler. Bunlar doğrusal yapıdadırlar. Tekrar tekrar eritilip şekillendirilebilirler. Ayrıca uygun çözücülerde çözünebilir ve böylece 'çözücü döküm' gibi yöntemlerle çeşitli şekillere dönüşebilirler [2,5].

Termosetler ise çapraz bağlı, dolayısıyla çözünmez ve erimez polimerlerdir. Bir kere şekillendirildikten sonra tekrar çözmek veya eritmekle şekillendirilemezler.

Polimerler monomerlerine göre de sınıflandırılabilirler. Tek bir monomer biriminin tekrarlanması ile oluşan polimerler 'homopolimer' adını alır. Eğer polimer iki monomerin karışımından oluşuyorsa 'kopolimer' üç monomerin karışımından oluşuyorsa 'terpolimer' adını alır.

Polimerler son kullanım yerine göre de plastikler, kauçuklar, fiberler, kaplayıcılar ve yapıştırıcılar şeklinde sınıflandırılabilirler.



### 3. YAPIŞTIRICILAR

#### 3.1. Yapışma

Bir tabakayı diğer bir tabakaya tutturmaya yapıştırma denir. Yapıştırma, mekanik veya özgün yapışmayla gerçekleşir. Yapışma yüzeyindeki gözeneklere veya boşluklara giren yapıştırıcının yapıştırma yüzeyinin altında kenetlenmesiyle oluşan bağlanmaya mekanik yapışma denir. Gözenekli yüzeylerde oluşan ve yapıştırıcılığı artırıcı etkisi olan mekanik yapışmaya rağmen asıl yapışmanın, kovalent bağlara, iyonik bağlara, polar moleküller arasındaki dipol-dipol etkileşmelerine ve apolar moleküller arasındaki van der Waals kuvvetlerine bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu tip yapışmaya da özgün yapışma denir [3].

#### 3.2. Yapıştırıcılar

Yapıştırıcılar, yüzey bağlılığıyla bütün materyalleri tutma yeteneğine sahip kullanışlı madde olarak tanımlanır. Yapıştırıcı, iki yapıştırılacak yüzeyin birleştirilmesi ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılmıştır ve buna ek olarak çivi, vida, civata, lehimleme veya kaynak yapma gibi mekanik bağlantılarda bulunamayan bir çok önemli avantajları vardır [7].

#### 3.3. Yapıştırıcıların sınıflandırılması

Yapıştırıcılar kimyasal bileşimlerine göre çizelge 3.1'deki gibi sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma basit yapıştırıcılar için genellikle başarılıdır. Ancak birçok farklı bileşenin birleştirilmesiyle oluşturulan yapıştırıcılarda uygun değildir. Yapısal metal yapıştırıcılarının bazıları, fenol reçinesi, sentetik kauçuk, termoplastik reçineler ya da bunların üçünün kombinasyonlarıyla oluşturulabilir. Diğer kombinasyonlar, protein-lateks veya protein-kan formülasyonlarının sonsuz kombinasyonunu, üre ve melamin reçineleri gibi sentetik reçineleri ya da fenol ve resorsinol reçinelerini içine alır.

Yapıştırıcılar kullanıma göre de sınıflandırılabilirler.

- (a) *Yapısal Yapıştırıcılar*; yapıştırılacak iki nesneyi yapıştırmak onların başlıca amaçlarıdır. Kayma ve gerilime karşı yüksek dayanıklılık sergilerler. Çoğunlukla köprü ya da bina fabrikasyonunda, ağaç ve metal bağlamada kullanılırlar.
- (b) *Tutturucu Yapıştırıcılar*; bir nesneyi diğer bir nesneye tutturmak başlıca amaçlarıdır. Duvar kağıdı döşeme ve tavan kiremitlerini bağlamada kullanılırlar.

(c) *Sızdırmaz Yapıştırıcılar*; önemli fonksiyonlarından biri yapıştırılacak maddeler arasındaki boşlukları kapatmaktır. Böylece neme buhara ve gaza karşı dayanıklılık sağlarlar. Yiyecek ve içecek parçalarını paketleyerek kapatmada kullanılırlar. Bununla beraber, uçakların yakıt tank kolları gibi fabrikasyon ürünlerinde de kullanılabilirler.

Yapıştırıcılar bazen kullanım derecesine göre de sınıflandırılabilirler. *Endüstriyel yapıştırıcılar*; ürün fabrikasyonunda büyük miktarda kullanılırlar. Uzun depolama kararlılığı gerektirmeleri nedeniyle ekonomik olarak imalattan sonra kullanılabilirler. *Küçük paket yapıştırıcıları*; değişik uygulamalarda ara sıra kullanılır. Fakat her tip kullanım farklı özellikler gerektirdiği için özel formülasyonlar geliştirilmiştir. Bu tip yapıştırıcılar iyi depolama kararlılığına sahiptir ve bu yapıştırıcılar elle uygulanabilir [3].

## Çizelge 3.1 Yapıştırıcıların Sınıflandırılması

---

### 1. Doğal Materyaller

-Nişasta dekstrin ve sebze yapıştırıcıları

-Proteinler (sebze ve meyve kökleri)

- Hayvan derisi, postu ve kemikleri
- Balık derisi
- Kan
- Kazein
- Soya fasülyesi (yer fıstığı ve diğer sebze proteinleri)

-Diğerleri

- Maden zifti
- Doğal kauçuk
- Sodyum silikat, magnezyum oksiklorid ve diğer inorganik materyaller

### 2. Sentetik materyaller

-Termoplastik reçineler

- Selüloz esterler ve eterler
- Alkil ve akrilik esterler
- Poliamidler
- Sentetik kauçuklar
- Poli(vinil alkol) ve türevleri

-Termoset reçineler

- Üre ve melamin
  - Fenol
  - Resorsinol
  - Furan
  - Epoksi
  - Poliesterler
-

## 4. YAPIŞTIRICILARIN BİLEŞİMİ

Çizelge 3.1’de listelenen maddelerin bir ya da birkaçı genellikle yapıştırıcıların ana bileşenleridir. Özellikle bazı yapısal yapıştırıcılar gibi pratik yapıştırıcıların gerçek formülasyonları komplekstir.

### 4.1. Yapıştırıcı bileşenleri

Yapıştırıcıların temel tiplerinin içerikleri hemen hemen aynıdır. Fakat yapıştırıcılar, farklı amaçlar için farklı bileşenler içermektedirler. Kullanıma göre sınıflandırılan yapıştırıcılar genellikle tutturucu bileşenin ismiyle adlandırılırlar. Bazı yapıştırıcılarda iki ya da daha fazla temel olabilir. Bu gruba en iyi örnek olan fenolik poli(vinil butinal) temelli yapıştırıcılar, genellikle metalleri yapıştırmak için kullanılırlar.

**4.1.1. Çözücüler:** Püskürtülebilir, sıvı formda yapıştırıcı üretmek için çözücülere ihtiyaç duyulur. Ağaç ve kağıt yapıştırıcıların çözücülere sudur. Sentetik reçine, kauçuk ve doğal reçine temelli bazı yapıştırıcıların farklı organik çözücülerde başarıyla çözünebildiği görülmüştür.

**4.1.2. İnceltici ya da seyrelticiler:** Yapıştırıcıların yoğunluğunu ya da diğer özelliklerini değiştirebilmek için yapıştırıcılara uçucu sıvılar eklenir. Sprey uygulama gerektiren durumlarda inceltici ya da seyrelticiler çok etkilidir.

**4.1.3. Katalizörler:** Katalizörlerin yapıştırıcı bileşenlerine eklenmesiyle yapıştırıcının yapışabilirliği belirgin bir şekilde artar. Yüze sürüldükten sonra sertleştirilen yapıştırıcı tiplerinde katalizör çok etkilidir. Katalizörlere en güzel örnek amonyum klorürdür.

**4.1.4. Sertleştiriciler:** Sertleştiriciler, sertleştirme tepkimesi sırasında ya da sonrasında yapıştırıcıya maddeler ya da maddelerin karışımları halinde eklenir. Sertleştiriciler, gerçek kimyasal tepken olan katalizörlerle karşılaştırıldığında onlar gibi direkt tepkime vermezler. Fakat tepkime hızı kontrollüdür. Sertleştiricilere en iyi örnek olan para formaldehit, genellikle resorsinol formaldehit ağaç yapıştırıcılarında kullanılır.

**4.1.5. Dolgular:** Yapıştırma özelliği yoktur. Çalışmayı geliştirme, süreklilik, dayanıklılık ya da diğer özellikleri düzeltmek için yapıştırıcılara eklenir. Bu bileşenler,

genellikle fiyatı düşürmeyi amaçlarlar. Örneğin ceviz kabuğu tozları genellikle sentetik reçineli ağaç yapıştırıcılara dolgu maddesi olarak eklenir. Bununla birlikte alüminyum tozları, alümina ya da seramik killeri gibi metalik ve inorganik dolgular sık sık epoksi reçineli yapıştırıcılara eklenir. Bu dolgular viskoziteyi ve yayınabilirliği düzenlerler. Dolgular, termal yayılma ve büzülme karakteristiklerinin aşırı farklı olması nedeniyle film ve yapıştırıcı arasındaki stresi düzenli olarak azaltabilirler ve sertleştirilmiş yapıştırıcı filmlerinin termal yayılma katsayısını değiştirebilirler.

**4.1.6. Yayıcılar;** Yapıştırıcı etkisi vardır. Yapıştırıcı fiyatını ve her bir birim başına düşen yapıştırıcı miktarını azaltmak için yapıştırıcılara eklenirler. Örneğin buğday unu yapıştırıcı birim fiyatını düşürmek için üre formaldehit ağaç yapıştırıcısına eklenir. Yayıcı genellikle toz halinde katı temel üzerinden 1:1 oranında yapıştırıcıya fiziksel karıştırma ile eklenebilir.

**4.1.7. Koruyucular:** Yapıştırıcının mikroorganizmalarla bozunmasını engellemek ya da yavaşlatmak ve yapıştırıcının hizmet ya da uygulama süresince saklanabilmesini sağlamak için yapıştırıcılara eklenir. Nişasta, kazein gibi karbonhidratlar ya da proteinler kapsamındaki formülasyonlar küf, mantar ya da bakterilerin saldırısından korunmak için çok önemlidir. Koruyucular bakır civa tuzları, organik civa bileşikleri gibi bir çok organik bileşikler ve klorlanmış fenoller gibi bir çok inorganik bileşikler içine alır [3].

## 5. POLİMERLERDEN ÜRETİLEN YAPIŞTIRICILARIN GENEL KARAKTERİZASYONU

Yapıştırıcılar, genellikle aynı veya farklı özellikteki yüzeylerin yapıştırılmasında geniş uygulama alanı bulur. Yapıştırıcılar doğal veya sentetik polimerlerden üretilirler. Doğal polimerler olarak; kazein, selüloz, nişasta, albümin v.b.'den oluşturulan yapıştırıcılar yaygındır. Günümüzde sentetik polimerlerden üretilen yapıştırıcılar, daha çok önem taşımaktadır [8]. Sentetik yapıştırıcılar, polimer özelliğine bağlı olarak termoplastik ya da termoset olabilir.

*Termoplastik yapıştırıcılar aşağıdaki şekilde üretilir;*

- Organik çözücüler ve monomerlerden elde edilen polimerler,
- İlk polimerleşme ürünü olan oligomerler,
- Yapıştırıcı film ve tabakalar,
- Monomerler.

Termoplastik yapıştırıcı bileşenlerde sertleştiriciler kullanılır. Yapıştırılacak yüzeye çekilen yapıştırıcı soğudukça sertleşerek yüzeyleri yapıştırır. Termoplastik sentetik yapıştırıcılar sınıfına, poliakril ve poliamid yapıştırıcılar ile, polietilen, poli(vinil alkol), poli(vinil klorür), poliizobütülen ve çeşitli elastomerlerden üretilmiş yapıştırıcılar girer.

Termoplastik sentetik yapıştırıcılar, elastiklik ve düşük sıcaklıkta dayanıklılık özelliklerine sahiptir. Dayanıklılığın düşük sıcaklıklarda olması yapıştırıcıların kullanım alanını azaltır. Böyle yapıştırıcılar genellikle düşük sıcaklıklarda metalik olmayan yüzeylerin yapıştırılması için kullanılır. Ancak modifikasyona uğratılmış metilol, poliamid, poliakril ve reçineden oluşan yapıştırıcılar, metalleri birbirleriyle ve çeşitli plastik ve reçinelerle yapıştırmak için kullanılır.

*Termoset sentetik yapıştırıcılar aşağıdaki şekilde üretilir;*

- Organik çözücülerde, suda veya monomerlerde polimer ürünü ve emülsiyonu,
- Sıvı polimerler ve oligomerler.

Yaygın olarak kullanılan termoset sentetik yapıştırıcı, polimerlerin organik çözücülerde çözünmesiyle elde edilir. Bu tür yapıştırıcılar; fenol-formaldehit

yapıştırıcıları, epoksi yapıştırıcıları, polieter yapıştırıcıları, karbamid-formaldehit yapıştırıcıları v.b. Bazı durumlarda sentetik yapıştırıcılarda olduğu gibi, birkaç polimer ürünü kullanılır. Örneğin; fenol-formaldehit reçinesinin poli(vinil asetat)'la poliamidlerle karışımı v.b.

Genellikle polimerler, karıştırıcısı ve gerisoğutucusu (çoğu halde ısıtıcısız) olan paslanmayan çelikten yapılmış aletlerde çözülür. Tam çözünme, ürünün dış görünüşü ile bulunur. Ürünü yan karışımlardan ayırmak için filtre kullanılır. Sertleşme süresince yoğunlaşmayı azaltmak için termoset sentetik yapıştırıcıya doldurucu olarak genellikle metal oksitler (MgO;ZnO) eklenir. Elastikliği artırmak için ise termoplastik polimerlere elastomerler veya plastikleştiriciler eklenir. Bazı doldurucular, termoset sentetik yapıştırıcılar temelinde üretilmiş yapıştırıcı bileşiklerin sıcaklığa dayanıklılığını artırır. Isıtılmadan sertleştirilmiş yapıştırıcılar yüksek sıcaklıklarda düşük dayanıklılığa sahiptir. Isıtma, polimerin tamamen sertleşmesi sonucunda yapışkanlığını artmasını ve sıcaklığa karşı dayanıklılığını sağlar.

*Yapıştırıcılar üretilirken aşağıdaki istekleri dikkate almak gerekir.*

- Yapıştırıcı bileşenin içeriğinin homojen olması,
- Yapıştırıcı bileşenin çevreye dayanıklı olması,
- Metalleri yapıştırırken korozyonun olmaması,
- Bekletme durumunda yüksek dayanıklılık özelliğine sahip olması.

Sertleşme işleminde yüksek tepkime verimiyle oligomerler sert, çözünmeyen, crimeyen çapraz bağlı polimerlere dönüşürler. Sertleşme terimi adeta plastikler, cila, yapıştırıcı v.b. imalatında çapraz polimerlerin üretilmesi için kullanılır.

Sertleşme, oligomerlerin tepkimeye yetenekli gruplarının kendi aralarında karşılıklı etkisi sonucunda veya özel maddelerin (sertleştiriciler) eklenmesiyle ya da sıcaklığın, UV-ışınlarının, yüksek enerjili ışınlamanın, katalizörlerin etkisiyle oluşabilir. Çoğu hallerde molekülünde tepkimeye yetenekli gruplar bulunan oligomerler, sadece sertleşme ortamında oluşan oligomerlerle sertleşebilirler [9].

Sertleşme mekanizması, oligomerde tepkimeye yetenekli grubun doğası, sertleştiricinin tipi ve işlem ortamı ile oluşur.

Sertleşme düşük mol kütleli ürünlerin üretimi ile izleyen polikondenzasyon mekanizması ile veya bu tür ürünlerin ayrılması ile oluşabilir [10].

Epoksi reçineleri için, anhidrit sertleştiricilerin uygulanmasının aromatik diaminlerden pek çok üstünlükleri vardır. Bileşen, düşük viskoziteye sahip olması nedeniyle sıvılaştırıcı ve çözücülerin eklenmesi gerekmez. Bileşenlerin, hızlandırıcılar ve modifikatörlerle birarada bulunması istenilen özellik ve imalat şartlarının oluşumuna şans tanır.

Aromatik mono-, di-, ve poli- anhidritlerle sertleştirilmiş epoksi reçinelerinin özelliklerinin karşılaştırılması için deneyler yapılmıştır. Üretilmiş numuneler yüksek camsı geçiş sıcaklığına ( $T_g$ ), ısıl kararlılığa ve bekletme süresince dayanıklılığa sahiptir [11].

Bazı durumlarda bir işlemde polimerleşmeyle ve polikondenzasyon mekanizmalarıyla sertleştirme mümkündür. Örneğin; katalizör katılımıyla epoksi reçinelerinin asit anhidritleri ile sertleşmesi polikondenzasyon mekanizması üzerinden olur. Epoksi reçinesine, anhidrit sertleştiricisi ve katalizör katılımıyla yüksek viskoziteye sahip sıcaklığa dayanıklı malzemeler üretilir. Anhidrit sertleştiricisi olarak ftal, metil nadikon, klor endikon, maleik, pironelit, benzofenon-tetra karbon asidinin anhidriti kullanılır.

Genel olarak sertleşme,

- Çapraz bağların oluşumu
- Jel oluşum noktası sonrası

olmak üzere 2 basamakta oluşur. Eğer sertleşme polimerleşme mekanizması üzerinden oluyorsa ilk basamak önleme süresi ile takip edilir. Zincir uzaması basamağında ise ürün, kısa sürede çapraz polimere dönüşür. İnhibitör kullanarak önleme süresi uzatılabilir. Jel oluşumundan sonra işlem kendi kendine hızlanır. Jel etkisi ve uzayan zincirin kırılmasıyla sertleşme sona erer.

Sertleşme polikondensasyon mekanizması üzerinden oluyorsa, jel oluşumu gözlenir. Bu olay oligomerin fonksiyonel gruplarının belli basamakta hızlı dönüşümü ile ilgilidir. Jel oluşma noktasından sonra sertleşmenin hızı adeta azalır ve işlem biter.



Sertleşmenin kinetiğini oluşturan faktörler çoktur. Bu faktörlerden birisi de sıcaklıktır. Çoğu zaman herhangi bir sıcaklık aralığından düşük sıcaklıklarda çapraz polimer ve onun istenilen kompleks özellikleri oluşmaz. Sertleşme ortamını belirlerken, işlem sıcaklığı ile oluşan polimerin akıcılık sıcaklığı ( $T_{ak}$ ) oranı göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer sertleşmenin belli bir basamağında  $T_{ak}$ , işlemin sıcaklığından yüksek olursa sertleşme pratik olarak durur. Tam sertleşme olması için işlemin sıcaklığı sertleşen polimerin akıcılık sıcaklığından yüksek olmalıdır. Onun için akıcılık sıcaklığı nispeten yüksek olan oligomerler (örn; fenol-formaldehit veya melamin-formaldehit reçineleri) yüksek sıcaklıkta (180-200 °C) sertleşirler. Daha yüksek sıcaklıklarda ise polimerlerde termooksidasyon bozunma başlayabilir.

Sertleşme sıcaklığı, tepkimenin sıcaklık etkisine bağlıdır. Oligomerlerin ısıtılması ile sertleşme yapılabilir. Sıcaklık nedeniyle sertleşen bileşenler, elektroteknik dalında disklerin ve panellerin üretimi için kullanılırlar.

Bu tip bileşenlere;

- bis- ( 4-hidroksifenil ) alkan ( alkan  $C_{1-4}$  )
- tri- ( 4-hidroksifenil ) alkan
- tetra ( 4- hidroksifenil ) alkan ( alkan  $C_{1-8}$  )
- epiklorhidrin veya onun diğer epoksi reçinesi ile karışımı
- sıvılaştırıcı (bisfenollerin poligliseridil eteri, mono epoksi polioller, bütül-fenil ve allilgliseridil eteri)
- anhidrit sertleştiricilerinden (metil tetrahidroftal, metil nadikon ve maleik anhidrit)

oluşan bileşenler örnek verilebilir.

Doldurucu olarak ise;

- $SiO_2$
- $Mg(OH)_2$
- $Al_2O_3$
- $CaCO_3$
- Cam
- Cam lifi
- $Al(OH)_3$
- Kil

kullanılabilir.

Polialkilenglikolmaleinatlar ve oligoeterakrilatların sertleşmesi, epoksi reçinesinin üçlü ve alifatik birli aminlerle sertleşmesi de örnek olarak verilebilir.

Yüksek sıcaklıkta sertleşme ile beraber düşük sıcaklıklarda sertleşen yapıştırıcılar da vardır.

Epoksi reçinesi, dibütilftalat ve maleik anhidritten oluşan yapıştırıcı, düşük sıcaklıkta sertleşme süresince yapıştırılmada yüksek dayanıklılığa sahiptir. Cihaz üretiminde metal malzemelerin yapıştırılmasında kullanılan bu yapıştırıcının dayanıklılığı 2300-2500 saat sürer. 60 ve 100 °C sıcaklıkta sertleştirilerek yapıştırılmış St-3 çelik levhalar için çekmeye karşı dayanıklılık 74-88 MPa olur[12].

Yüksek sıcaklıklarda elektrik tellerinin yalıtılmasında kullanılan çabuk sertleşen bileşen;

- difenilolpropanın diglisidil eteri
- polifenol sertleştiricisi
- Sertleşme hızlandırıcısı (trifenilfosfin) ve %50 den az inorganik dolduruculardan üretilir.

Ayrıca yapıştırıcıya tüm epoksi reçinesi miktarının % 50 sinden fazla miktarda epoksi reçinesi katılabilir ve sonunda, 150 °C'de 210 saniye jel oluşturma süresine, 16 °C camı geçiş sıcaklığına ve 1490 kg mm<sup>-2</sup> çekmeye karşı dayanıklılık modülüne sahip olan ürün üretilir.

Sertleşmede başlatıcılar da kullanılır. Başlatıcılar vasıtasıyla ve radikal polimerleşme mekanizmasıyla oligomerler sertleştirilir. Sertleşme başlatıcıları; sertleşme ortamında dağılarak serbest radikaller oluşturan maddelerdir. Örneğin; dışılıkte yüksek tutkallık yeteneğine sahip yapıştırıcı üretmek için polimerleşen monomerler ;

- Hidroksi alkil ve glisidil metakrilat,
- Polialkilen glikolların polimetakrilatı,
- Çok atomlu alkoller,
- Metakril, itakon ve maleik'in asitleri ve anhidritleri,
- n- metakriloksibenzol asidi,
- N- 2-hidroksi-3-metakriloksipropil-n-fenilglisidil,

- 4-metakriloiloksietoksi karbonilftalasidi ve anhidritidir.

Polimerleşme başlatıcısı olarak;

- $R^1-R^3-H$  alkil, fenil, sikloheksil veya türevleri,
- X- alkilen, vinilen, veya  $C_6H_4-4-COOH$ , anhidrit,
- Fosfat ve borat asit grubu

kullanılır.

Ayrıca indirgen veya fotobaşlatıcı olarak;

- 2,3 – dioksobisiklo[2,2,1] heptan,
- N – fenilglisidil,
- n- dimetilaminobenzaldehit,
- N,N – dimetil ve N,N – dietilaminoetilmetakrilat türevleri

karıştırılır.

Çözeltide dinamik ve mekanik özellikler; dinamik ve statik ışık saçılması metodu ile fialik anhidrit ve bisfenol A'nın diglisidil eterinin canlı anyon polimerleşme mekanizmasıyla oluşan tepkimesinde incelenmiştir. Esas zincir uzunluğunun sabit tutulmasıyla birleşme yoğunluğunun şekli değişmiştir. Birleşmenin sonlanmaya oranında jel oluşmuştur.

Sertleşen maddenin dayanıklılığını artırmak ve gerekli sertleşme hızını sağlamak için “gizli” sertleştiriciler (mikrokapsüller) kullanılır. Sertleşme mikrokapsül perdesinin dağılması ile takip edilir.

20 °C' de kuru ve nemli ortamda bekletme, sertleştirici ve hızlandırıcı olarak kullanılan difenilpropan, metiltetrahidroftalanhidriti ile benzildimetilamine ve difenilpropanın diglisidil eteri temelinde üretilmiş polimerlerin, camsı geçiş sıcaklıkları ile viskozitelerine etki ettiği, polimerlerin dış görünüşlerinin ve viskozitelerinin ölçülmesiyle belirlenmiştir. Kuru ortamda bekletme sertleşmiş epoksi reçinesinin camsı geçiş sıcaklığının 75-80 °C'den 105 °C'ye kadar yükselmesine sebep olmuştur. Nemli ortamda bekletme ise hidroliz sonucunda camsı geçiş sıcaklığının düşmesine sebep olmuştur. Viskozitenin yükselmesi, bekleme süresine düzgün logaritmik oranlarla bağlıdır [13].

Sentetik yapıştırıcı bileşenler için,

- Polimer ürün içerikli yapıştırıcılar için polimerin katılığı veya belli sıcaklıkta kurutulan bileşenin geriye kalan kuru kalıntı içeriği
- Viskozitesi
- Sentetik yapıştırıcının yapıştırıcılık yeteneğini koruma süresi yani dayanıklılığı
- Bağlı yoğunluğu
- İki yapıştırılmış yüzeyin kopma kuvveti yani adhezyon özelliği

göstergeleri belirlenmiştir.



## 6. KOPOLİMERLERDEN VE TERPOLİMERLERDEN YAPIŞTIRICILARIN ÜRETİLMESİ

Çeşitli monomerlerden üretilmiş polimerlere sertleştiricilerin katılmasıyla yapıştırıcılar üretilebilir. Yapıştırıcı üretimi için kullanılan ışığa dayanıklı kopolimer: % 0.5-5 doymamış karboksillerin, onların anhidritlerinin veya eterlerinin etilen kopolimerine alifatik vinil monomerine, karbondioksite, metakrilata, organik peroksit ve organik fenol-fosfitler katılımıyla oluşturulur.

Hidroliz ve esterleşme ürünü olan polimetil vinil eteri ve fenol grupları olan maleik anhidritten üretilen yapıştırıcılar tıp alanında kullanılır. Polietoksillenmiş alifatik alkol, nonilfenol, oktilfenol, polietilen glikol ve suyun 70-95 °C'de sertleştirilmesiyle üretilen yapıştırıcı ürün deri, cam ve kağıt için iyi yapışma özelliği sergiler. Etilen glikol veya propilen glikol, propandiol ve fenol polimerinin tepkime ürünü, gereken şekli alabilen jeldir. Ürün 80 °C'de homojendir. Deriyi, camı ve kağıdı yapıştırabilir [14].

Maleik anhidrit, metakrilik asit ve mol kütlesi  $14 \cdot 10^5$  olan alkil vinil eter kopolimerinin suda çözünmesiyle ya da şişmesiyle oluşan dolgu dış yapımında kullanılır [15].

Poli(vinil alkol) ve hidroksi etil metakrilatın maleik anhidrit ile oluşturdukları kopolimerin, yapıştırma ve su ortamında şişme özellikleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, hidroksietilmetakrilat-maleik anhidrit kopolimeri kullanılarak, dayanıklılığı 6.25 MPa olan yapıştırıcı üretilmiş ve bu yapıştırıcı kemiğin yapıştırılmasında kullanılmıştır [16].

Stiren ve maleik anhidrit kopolimeri,  $\alpha$ -metil-stiren kopolimeri, stiren-maleik anhidrit-akrilonitril terpolimeri, etilen yüksek  $\alpha$ -olefin ve birli amin kopolimerinden üretilen bileşenin sıkışma dayanıklılığı  $10-35 \cdot 10^3 \text{ kg cm}^{-2}$  ve gerilme dayanıklılığı  $419.3 \text{ kg cm}^{-2}$ 'dir [17].

Fosfor organik bileşiği ve halojen içermeyen termoplastik kopolimerlerin ekstrüze edilmesi, dökülmesi ve preslenmesiyle camsı geçiş sıcaklığı 0 °C'den düşük olan elastomerler üretilir. Bu ürün, otomobil sanayisinde veya elektrik malzemelerinin üretiminde kullanılabilir. Stiren, maleik anhidrit ya da maleimid, metilmetakrilat-

butadien kopolimeri ve cam lifinden üretilen bileşen de elektrik malzemelerinin üretimini için kullanılabilir [18].

Stiren, maleik anhidrit ve butil metakrilattan yararlanılarak terpolimer üretilir. Monomer kütlelerinin % 0.1-3'ü kadar dispersleştirici eklenir. Polimerleşme benzen, toluen veya diklormetan çözücülerinde ya da onların karışımlarında başlatıcı katılımı ile oluşur. Başlatıcı olarak peroksitler, azotlu bileşikler ya da aminlerle peroksitlerin bileşikleri kullanılabilir. Polimerleşme, sert madde içeriği % 45 oluncaya kadar sürdürülür. Üretilen terpolimer, ağaç ve deri yüzeylerini kaplamada kullanılır.

Yumuşama sıcaklığı 0 °C olan kauçuk temelli kopolimer, maleik anhidrit-stiren kopolimeri ve stiren-akrilonitril kopolimerinden oluşan bileşen darbeye dayanıklı malzeme üretmek için kullanılır.

Polibutilen ve metal tabakadan oluşan laminat, yapıştırıcı özelliği gösterir. Monoalkenil aromatik hidrokarbon monomerinden ve butadien-stiren içeren blok kopolimeri, doymamış karbon asitleri ve onların türevlerini içeren katı bileşenin hidrojenleşme ve modifikasyon özelliği vardır [19].

Poliolenlerin yapıştırma ve boyama yeteneğini iyileştirmek için, dimetil aminoetilmetakrilat kopolimeri, maleik anhidrit ya da akrilik asit olan poliolenler eklenir [20].

Polipropilene, 150-250 °C sıcaklıkta % 0.01-5 doymamış karbon asidi veya onun anhidriti ve radikal polimerleşme başlatıcısının katılımıyla yapışma yeteneği yüksek bileşen üretilir.

Kopolimerle beraber terpolimer temelinde de yapıştırıcılar üretilir. İnden ve maleik anhidritin akrilonitril veya stiren bileşiği ve N-fenilmaleimid'in polimerleşmesiyle ortalama mol kütlesi  $2-5 \cdot 10^3$  olan yapıştırıcı üretilmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı 30 °C'nin üzerindedir ve terpolimerin içeriği N-fenilmaleimid'in artışı ile artar.

Camsı geçiş sıcaklığı 0 °C'den küçük olan butadien veya butadien-stiren kauçuklarının, vinil aromatik monomerinin ve akrilonitril karışımının birleşmesinden ve aynı zamanda polimerleşmesinden oluşan kauçuk, poliamid ve poliamidin iyi karışmasını sağlayan stiren, akrilonitril ve % 0.1-10 miktarında anhidritlerle ve

elastomerlerle tepkimeye girme yeteneğine sahip monomerlerden darbeye ve çatlamaya dayanıklı ürünler üretilir [21].



## 7. YAPIŞTIRICILARIN KARAKTERİZASYONU

Polimerler, üretimleri ve gündelik hayatta kullanımları sırasında ısı, ışın ve yük gibi çeşitli dış etkiler ile karşı karşıya kalırlar. Bu dış etkilerin her biri polimerin kimyasal ya da fiziksel yapısını bozmaya çalışır. Bu nedenle bir kullanım yerine uygun polimerik malzeme seçebilmek için malzemenin viskozitesi, içeriği ve yoğunluğunun yanında mekanik ve ısıl özelliklerinin de bilinmesi gerekir.

### 7.1. Polimer çözeltilerinin viskozitesinin bulunması

Polimer çözeltilerinin viskozitelerinin ölçülmesi için genellikle viskozimetreler kullanılır. Bu cihazlarda uzunluğu ve yarıçapı belli, ölçeklendirilmiş bir kapiler boru vardır. Viskozitesi ölçülecek polimer çözeltisi, kapiler içinde akıtılarak, sıvının iki işaretli nokta arasında akış süresi ölçülür.

Polimer çözeltilerinin bağıl viskozitelerinin bulunması için: polimer çözeltisinin ve saf çözücünün aynı viskozimetrede, tamamen aynı koşullarda akış süreleri ölçülür. Eşitlik 7.1 yardımıyla  $n_r$  değeri hesaplanır ve eşitlik 7.2'den özgül viskozite değeri bulunur. Eşitlik 7.3'den yararlanılarak  $n_{sp}/C$  oranının derişim ile değişim grafiği çizilir ve oluşan doğrunun dikey eksenini kesim noktasından limit viskozite sayısı bulunur.

$$n_r = \frac{n_o}{n} = \frac{t}{t_o} \quad 7.1$$

$$n_{sp} = n_r - 1 \quad 7.2$$

$$\frac{n_{sp}}{C} = [\eta] + k'[\eta^2]C \quad 7.3$$

$t$  ve  $t_o$ ; sırasıyla polimer çözeltisi ve çözücünün ölçülen akış süreleri,  $\eta_{sp}$ ; polimer çözeltisinin özgül viskozitesi,  $C$ ; g dL<sup>-1</sup> cinsinden çözelti derişimi,  $[\eta]$ ; limit viskozite sayısı,  $k'$ ; Huggins sabitidir.

Polimer çözeltileri, yüksek mol kütlesi nedeniyle, yüksek viskozite gösterirler. Viskozite ölçümlerinde moleküller arası etkileşmeleri azaltmak ve daha doğru ölçüm yapabilmek için 1g dL<sup>-1</sup> ve daha düşük derişimlerde polimer çözeltileriyle çalışılır.



## 7.2. Anhidrit gruplarının bulunması

Polimer içeriğindeki anhidrit grupların bulunması; polimer içeriğinde bulunan anhidrit gruplarının anilin ile monoanilid ve karboksil grupları oluşturması temeline dayanmaktadır. Burada oluşan karboksil grupları da sodyum hidroksit ile titre edilir. Aynı zamanda bir de örnek konulmadan deneme yapılır.

Titrasyonda elde edilen deneysel veriler aşağıdaki eşitlikte yerine konarak polimer örneğindeki karboksil grubunun toplam miktarı % olarak hesaplanır.

$$\%(-COOH) = \left[ \frac{(V_1 - V_2).f.X.100}{m_p} \right] \quad 7.4$$

$V_1$ ; örnekte bulunan çözeltinin titrasyonunda harcanan 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin mL cinsinden hacmi,  $V_2$ ; örnek olmayan denemedeki çözeltinin titrasyonunda harcanan 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin mL cinsinden hacmi,  $f$ ; 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisinin faktörü,  $X$ ; 1 mL 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisine eşdeğer olan karboksil gruplarının miktarı olup değeri 0.0045 gramdır ve  $m_p$  ise polimer örneğinin gram cinsinden kütlesi.

## 7.3. Bağlı yoğunluk

Sıvı örneklerin bağlı yoğunluklarının bulunması için piknometre kullanılır. Ancak yapıştırıcılar gibi viskozitesi yüksek sıvılar için piknometre kullanımı çok zordur. Yüksek viskoziteli sıvılar ve yapıştırıcılar için Mara-Vestfal yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemle bağlı yoğunluk bulunmasında yapıştırıcı, hacmi 15-30 mL olan enjektöre doldurulur. Enjektöre doldurulan yapıştırıcıda bulunan hava kabarcıkları çıkartılır. Enjektöre doldurulan bu yapıştırıcının hacmi ve kütlesi belirlenir. Aynı işlemler damıtık su için de yapılır ve bağlı yoğunluk aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$d = \frac{m_1}{m_2} \quad 7.5$$

$d$ ; bağlı yoğunluk,  $m_1$ ; yapıştırıcının ağırlığı,  $m_2$ ; damıtık suyun ağırlığı.

## 7.4. Polimerlerin ısısal özellikleri

Polimer uzun zincirli moleküllere sahip olmasından ileri gelen kendine has özelliklerinden birisi de hem kristal hem amorf yapıyı birlikte bulundurmasıdır. Bu

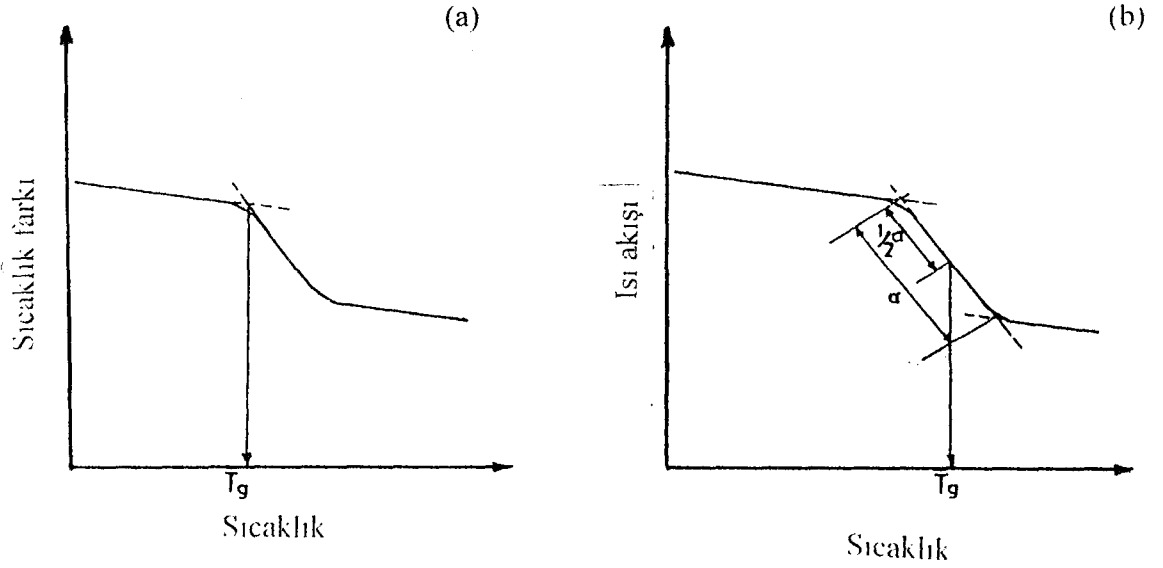
nedenle, küçük moleküllü maddelerden farklı olarak katı haldeki polimerler ısıtıldıkları zaman belli bir sıcaklıkta birden bire sıvı hale geçmezler. Bunun yerine önce belli bir sıcaklık aralığında yumuşarlar. Sonra ya viskoz akış haline ya da eriyik haline geçerler. Diğer bir deyişle, hem yumuşama yani camı geçiş sıcaklığına,  $T_g$  hem de kristal polimer erime sıcaklığına  $T_e$  sahiptirler. Elbette polimer eriyikleri de soğutuldukları zaman bunun tersi bir yol izler. Bunlar nispeten düşük sıcaklıklarda gözlenen fiziksel değişimlerdir.

Polimer eriyikleri daha yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında ise buharlaşamazlar ama yan gruplar ve ana zincirlerde kimyasal kopmalar olur. Bunun sonucu olarak polimerlerde renk değişimi, uçucu ürünlerin oluşması, çift bağ oluşumu gibi çeşitli kimyasal değişimler oluşur. Isı etkisiyle polimerlerde oluşan kimyasal değişimlerin tümüne birden ısısal bozunma tepkimesi denir. Isısal bozunma sırasında polimerlerin mol kütleleri değiştiği için onların ısısal, mekanik ve optik v.b. özellikleri değişebilir.

Isısal analiz, ısıtılan bir maddenin fiziksel bir özelliğini sıcaklığın veya zamanın bir fonksiyonu olarak ölçen bir grup tekniği içine alan geniş kapsamlı bir terimdir. Programlı bir şekilde sıcaklığın artırılması ile maddede oluşan değişikliklere ya da o değişikliklerin ölçüm tekniklerine göre ısısal analiz yöntemleri çok çeşitli adlar alır. Örneğin maddede ısı etkisi ile kütle kaybı oluyorsa, bu özelliğin ölçümüne dayanan ısısal analiz tekniğine termogravimetri (TG) denir. Diferansiyel termal analiz (DTA), denetimli olarak ısıtılan bir madde ile referans madde arasındaki sıcaklık farkını sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçen bir tekniktir. Diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) ise denetimli olarak ısıtılan bir madde ile referans madde arasında oluşan sıcaklık farkını sıfırlamak için gerekli enerjiyi ölçen bir tekniktir [22].

Isısal bozunma tepkimesi sırasında polimerlerde genellikle kütle kaybı ve ısı alışverişleri olur. Isısal bozunma sırasında oluşan uçucu ürünler nedeniyle olan kütle kayıpları TG ile, polimerlerin ısıtılması veya soğutulması sırasında gözlenen camı geçiş, erime ve kristallenme gibi fiziksel olaylar ise DTA ve DSC ile izlenir.

DTA ya da DSC tekniğiyle alınan termogramlardan  $T_g$ 'nin bulunması şekil 7.1'de gösterilmiştir [23,24 ].

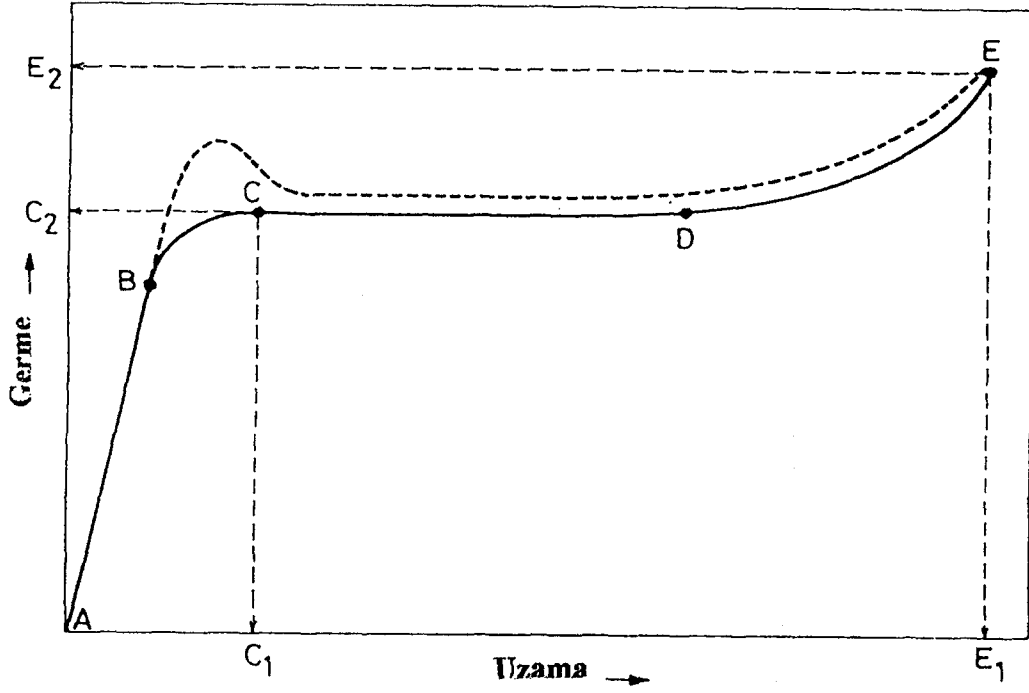


Şekil 7.1. (a) DTA ve (b) DSC eğrileri.

Bu değerler polimerlerin ısıl kararlılıklarının karşılaştırılmasında kullanılan en önemli kriterlerdir. Polimerik malzemenin sık sık ısı ile karşı karşıya kaldığı düşünülürse, bu değerlerin önceden bilinmesinin önemi kolayca anlaşılır.

### 7.5. Germe-uzama eğrileri

Polimerlerin mekanik özelliklerini ve plastik deformasyonun oluşumunu incelemek için en iyi yöntem germe-uzama değişimini izlemektir. Polimerlerde germe-uzama davranışı basınç, sıcaklık ve germe hızıyla değişme göstermektedir [25]. Yapıştırıcıların mekanik özellikleri de germe-uzama eğrileriyle incelenebilir. Polimerlerde camı geçiş sıcaklığının altında çalışılarak, değişmez bir hızda çekme denemesi yapıldığında şekil 7.2’de verilen eğri elde edilir [26,27].



Şekil 7.2. Polimerlerde germe-uzama eğrisi.

Şekil 7.2’de sunulan eğrinin değerlendirilmesinden şu sonuçlar çıkarılabilir.

AB bölgesi doğrusaldır ve polimerik malzemede elastik deformasyonu temsil eder. AB eğrisinin eğimi polimerik malzemenin sertliğini gösteren Young modülünü, doğrunun altında kalan alan da polimerik malzemenin kalıcı deformasyona uğramadan (boyut değiştirmeden) absorblayabileceği enerji miktarını verir.

BC bölgesinde viskoelastik deformasyon görülür.  $C_2$  noktasından okunan değer polimerik malzemenin önemli bir kalıcı deformasyon olmadan taşıyacağı yük miktarını gösterir.  $C_1$  noktasından bulunan değer de polimerik malzemede önemli bir kalıcı deformasyon olmadan uzayabileceği değeri, ‘akma veriminde uzamayı’ verir. Bu değer malzemenin elastikiyetini gösterir, başka bir ifade ile elastik sınırı belirler.

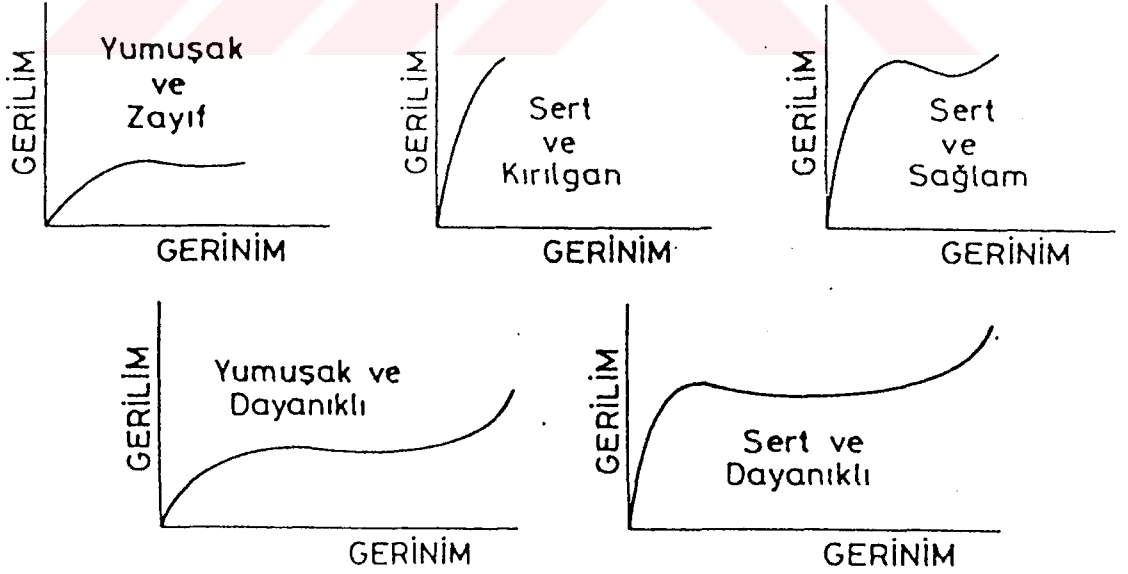
CD bölgesinde dikkat edileceği gibi uygulanan gerilim değişmeden malzeme önemli oranda uzamaktadır. ‘Plastik akma’ olarak tanımlanan bir çok plastik malzemede gözlenen bu durum polimerik yapıda grift halde bulunan polimer zincirlerinin ayrılarak birbiri üzerinden kaydığı, aktığı, bu nedenle şiddetli viskoz deformasyonun olduğu söylenebilir. Plastik akma plastik malzemelerde gözlenen bir deformasyondur. Fiberler ve elastomerlerde akma veriminde, akma olmaksızın kopma

gözlenir. Genellikle yapı kristalin polimerlerde  $T_g$ 'nin üzerinde ve amorf polimerlerde  $T_g$ 'nin altında yapılan çekme deneylerinde, incelenen örnekte plastik akma başlamadan önce boyun oluşumu gözlenmektedir. Boyun oluşumu germe-uzama eğrilerinde şekil 7.2'de kesikli çizgilerle belirtilen eğride görüldüğü gibi, akma verimi civarında bir tepe noktası ile kendini belli eder.

DE bölgesinde gerilimde önemli bir artış gözlenir. Bu artış polimer zincirinin yapı içinde aşırı yönlendirilmesi sonucu sertliğin artmasını ifade eder. E noktasında kopma gözlenir.  $E_1$  noktasından okunan değer 'kopmada uzama' olarak adlandırılır ve ne kadar büyükse malzeme o kadar dayanıklıdır.  $E_2$  noktasından bulunan gerilim değeri, polimerik malzemenin kopmadan taşıyabileceği yükü gösterir ve 'kopma gerilimi' olarak adlandırılır.

Eğrinin altında kalan alan malzemenin sağlamlığının bir ölçüsüdür. Bu değer küçülmesi, polimerin kırılma eğilimini gösterir[28].

Polimerlerde yapılan germe-uzama deneyleri Şekil 7.3'de sunulduğu gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 7.3. Germe-uzama eğrilerinden örnekler.

Çekme işlemi, metalden yapılmış iki çene arasında sıkıştırılan polimerin bir yönde sabit hızla çekilmesi ile yapılır. Çekme sırasında polimerin üzerine binen yük elektronik olarak ölçülür. Gerilim direnci ( $\sigma$ ); polimerin üzerine binen yükün örneğin kesit alanına bölümü ile bulunur.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad 7.6$$

$A_0$ ; çekme denemesi öncesi kesit alanı,  $F$ ; polimer üzerine binen yüküdür. Uzama ise kayıt edilen ya da polimer üzerinde önceden işaret edilen iki noktanın arasının açılmasından hesaplanır. Uzama;

$$\gamma = \frac{(L - L_0)}{L_0} \quad 7.7$$

eşitliği ile verilir.  $L_0$ ; polimerin başlangıç uzunluğu,  $L$ ; polimerin son uzunluğudur.

Elastiklik (Young) modülü polimerin elastikliğinin bir ölçüsüdür ve aşağıdaki bağıntıyla verilir.

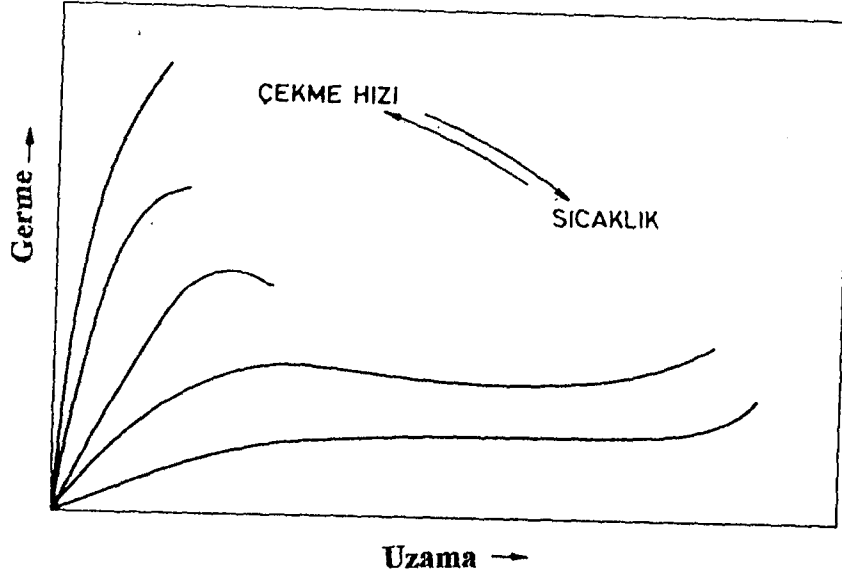
$$E = \frac{\sigma}{\gamma} \quad 7.8$$

Elastiklik modülü germe uzama eğrisinin doğrusal kısmının eğiminden hesaplanır. Ayrıca germe-uzama eğrisinin doğrusal kısmının altındaki alandan polimerin soğurduğu enerji bulunur.

Birim hacim ( $A_0L_0$ ) başına soğurulan enerji BSE ise aşağıdaki bağıntıdan bulunur [5].

$$BSE = \left(\frac{1}{2}\right)\sigma\gamma \quad 7.9$$

Çekme hızı ve sıcaklık gerilim-uzama eğrilerini önemli oranda değiştirir. Poli(vinil klorür) örnekleri ile farklı çekme hızları ve sıcaklıklarda yapılan testlerin sonucunu bir şekilde ifade etmektedir. Hızlı çekmede kırılmalı ve sert görülen PVC, yavaş çekmede daha yumuşak fakat kırılmaz malzeme cevabı vermektedir. Aynı şekilde, düşük sıcaklıkta yapılan çekmede sert ve sağlam görünümdeki malzeme yüksek sıcaklıkta yumuşak ve kırılmaz davranmaktadır.



Şekil 7.4. Germe-uzama eğrilerinin çekme hızı ve sıcaklıkla değişimi.

## 8. DENEYSEL TEKNİKLER

### 8.1. Deneyin yapıldığı yer ve tarih:

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü Polimer Araştırma Laboratuvarı (PAL)'nda Ekim 2000-Haziran 2001 tarihleri arasında yapılmıştır.

### 8.2. Kullanılan maddeler:

Bu çalışmada, terpolimerin üretiminde kullanılan monomerler allil fenil eter, maleik anhidrit ve stirendir. Yapıştırıcı üretiminde kullanılan reçine ise, epoksi reçinesidir.

Çizelge 8.1. Kullanılan reçine ve monomerler.

Adı	Kimyasal formülü
Epoksi Reçinesi	$\sim \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{R} - \text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{R} \sim$ $\text{R} = \left[ \text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{O} \right]$
Allil Fenil Eter	$\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_2\text{O}}{\text{CH}} - \text{C}_6\text{H}_5$
Maleik Anhidrit	$\begin{array}{c} \text{CH} = \text{CH} \\   \quad   \\ \text{C} \quad \text{C} \\ // \quad \backslash \\ \text{O} \quad \text{O} \end{array}$
Stiren	$\text{CH}_2 = \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$



### **8.3 Terpolimerin üretilmesi**

Bu çalışmada kullanılan terpolimerin üretilmesi için, behere 1 mol AFE, 1 mol St, 2 mol MA ve  $6.2 \cdot 10^{-3}$  mol  $L^{-1}$  AZBN konulmuş karışım 10 mL bütil asetat'ta çözülmüştür. Çözelti, sıcaklığı 80 °C olan termostatta 50 dakika bekletilmiştir. Çöken terpolimer dekantasyon ile çözücüsünden ayrılmış ve hekzan ile yıkanmıştır. Elde edilen terpolimer süzölmüş ve 40 °C'de termostatta kurutulmuştur.

#### **8.3.1. Terpolimerin limit viskozite sayısının bulunması**

Öğütülerek toz haline getirilen polimerin belli derişimlerdeki çözeltisi aseton ile hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiden 10 mL alınarak viskozimetreye konulmuş ve akış süresi ölçölmüştür. Çözelti seyreltilmiş oluşturulan yeni çözeltilerin ve çözücünün de akış süreleri viskozimetre yardımıyla ölçölmüştür.

#### **8.3.2. Terpolimerin içeriğindeki anhidrit grupların bulunması**

Erlene 0.1 g polimer, 4 mL aseton ve 5 mL anilin konulmuş ve 2 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda erlene 20 mL aseton-su (1:1) karışımı ve fenol ftalein eklenmiş 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Bir de polimer örneği konulmadan analiz yapılmıştır.

### **8.4. Terpolimer ve epoksi reçinesinden yapıştırıcının üretilmesi**

Kütlece % 10, 15, 20, 25 ve 30 terpolimer içeren yapıştırıcıları üretmek için bahsedilen oranlarda terpolimer ve epoksi reçinesi krozede karıştırılmıştır. Macun şekline gelen karışım sıcaklığı 80 °C olan termostatta ara sıra karıştırılarak 30 dakika tutulmuştur.

#### **8.4.1. Dış görünüşün bulunması**

Üretilen yapıştırıcı, 50 mL hacmindeki beherde karıştırılarak bagetle beherden 10-20 cm yukarıya kaldırılmıştır. Yapıştırıcının homojenliğiyle dış görünüş saptanmıştır.

#### **8.4.2. Bağıl yoğunluğun bulunması**

% 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında terpolimer içeren yapıştırıcılar hacmi 15 mL olan enjektörlere doldurulmuş ve hava kabarcıkları çıkartılmıştır. Bu yapıştırıcıların hacimleri ve kütleleri belirlenmiştir. Aynı işlemler damıtık su için de yapılmıştır.

#### 8.4.3. Isısal analiz

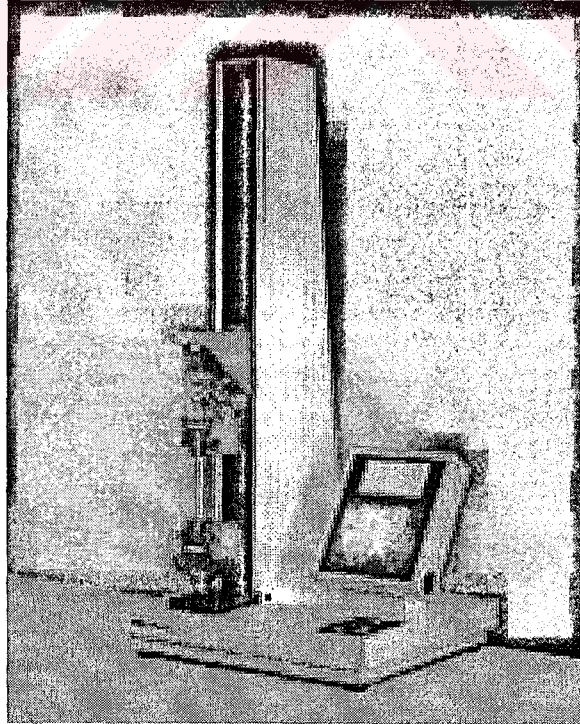
% 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında terpolimer içeren yapıştırıcılar asetonda çözülmüş ve filmleri dökülmüştür. Yapıştırıcıların ısısal davranışlarını saptamak için Shimadzu marka termal gravimetri ve diferansiyel termal analiz kullanılmıştır. Örnekler, azot atmosferinde  $10\text{ }^{\circ}\text{C}\text{ dak}^{-1}$  ısıtma hızıyla ısıtılmıştır. Bu denemelerle ilgili sonuçlar bilgisayar yardımıyla alınmıştır.

#### 8.4.4. Çekmeye karşı dayanıklılık

% 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında terpolimer içeren yapıştırıcılar, 5 cm uzunluğunda, 1 cm eninde ve 1 cm kalınlığındaki kalıplara dökülerek  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'da 2 saat termostatda bekletilmişlerdir. Hazırlanan numuneler şekil 8.1'de sunulan Hounsfield test cihazının iki çenesi arasına sıkıştırılmış ve  $100\text{ mm}\text{ dak}^{-1}$  çekme hızında tek yönde çekilmişlerdir. Bu denemelerin sonuçları da bilgisayar yardımıyla alınmıştır.

#### 8.4.5. Kaymaya karşı dayanıklılık

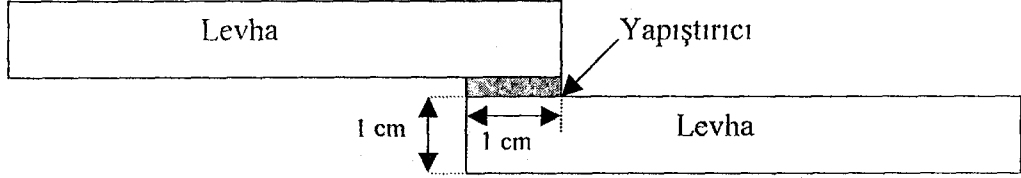
Üretilen yapıştırıcıların kaymaya karşı dayanıklılığının saptanması için germe-uzama deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler Hounsfield marka bilgisayar bağlantılı



Şekil 8.1. Hounsfield test cihazı.

elektronik mekanik deneme cihazı ile yapılmıştır:

Yapıştırılacak metal levhalar önce alkolle temizlenmiştir. Levhalardan birincisinin 1 cm<sup>2</sup>'lik alanına spatül yardımıyla yapıştırıcı çekilmiş diğer levha şekil 8.2'de gösterildiği gibi ilk levhanın üzerine kapatılmıştır. Hazırlanan levhalar mengenede sıkıştırılmıştır.



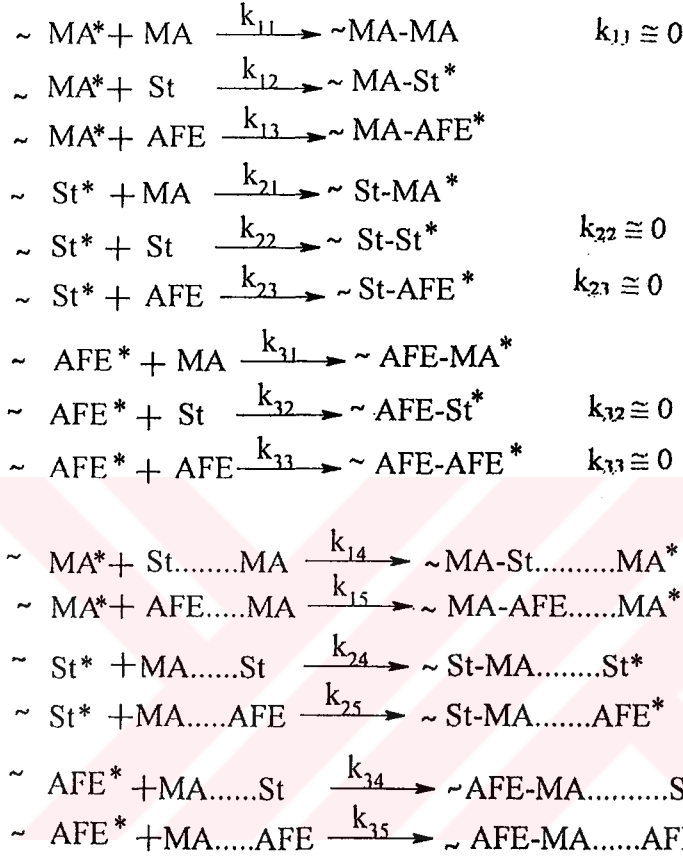
Şekil 8.2. Levhaların yapıştırılış şekli.

Levhalar termostatda 160, 180, 200 ve 220 °C'da bekletilmişlerdir. Hazırlanan levhalar, aygıtın iki çenesi arasına yerleştirilmiş ve tek yönde çekilmişlerdir. Çekme sonucunda belirli bir uzama gösteren yapıştırıcılar kopmuştur. Bu denemelerle ilgili sonuçlar bilgisayar yardımıyla alınmıştır.

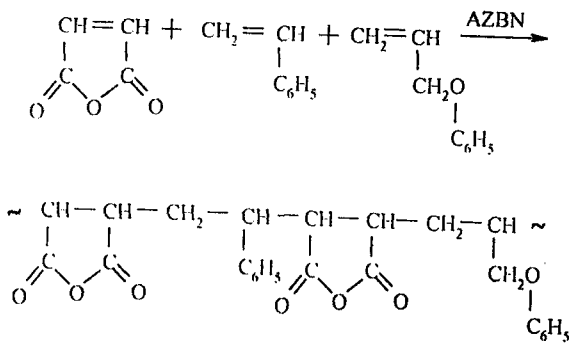
## 9. DENEYSEL BULGULAR

### 9.1. Terpolimerin üretilmesi

AFE-MA-St terpolimeri radikal zincir polimerleşmesi ile üretilmiştir. Polimerleşme sırasında gerçekleşmesi beklenen basamaklar,



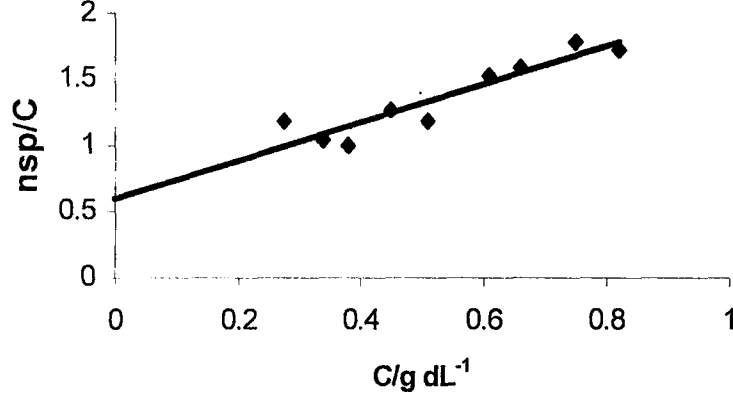
şeklinde dir. MA ve AFE'in polimerleşme ortamında homopolimerleşmesi çok zordur[6]. Bu nedenle zincir, iki monomerin ardışık birleşmesi ve St'in zincire katılması ile uzadığı düşünülmektedir. AFE-MA-St terpolimer üretim tepkimesi,



şeklinde gösterilebilir.

### 9.1.1. Limit viskozite sayısının bulunması

Ostwald viskozimetresi kullanılarak yapılan deneyin sonucunda  $n_{sp}/C$  oranının derişim ile değişimi grafiğe geçirilmiştir.

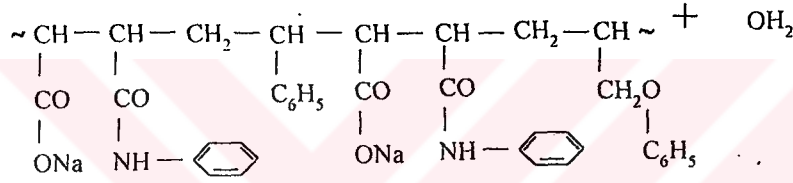
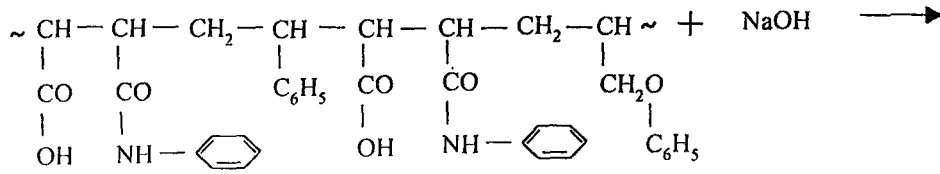
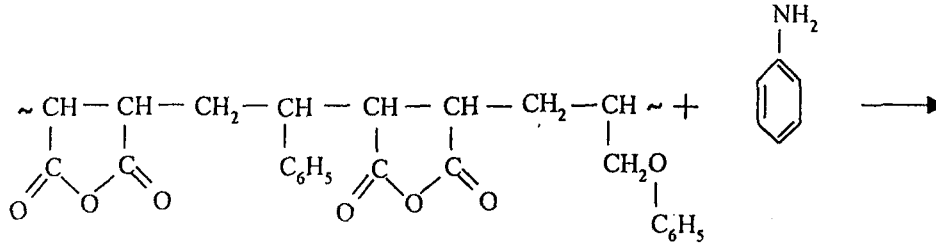


Şekil 9.1.  $n_{sp}/C$  oranının derişim ile değişimi.

Bu grafikten yararlanılarak limit viskozite sayısı  $0.64 \text{ dL g}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

### 9.1.2. Anhidrit gruplarının bulunması

Terpolimerin içeriğinde bulunan anhidrit gruplarının tayini maleik anhidrit gruplarının anilin ile monoanilid ve karboksil grupları oluşturması temeline dayanmaktadır. Terpolimerin anilinle verdiği tepkime,



şeklinde. Yapılan deneyin sonucunda, terpolimer içeriğinde bulunan anhidrit grup miktarı eşitlik 7.4. yardımıyla % 22.5 olarak hesaplanmıştır.

## 9.2. Yapıştırıcının üretilmesi

Epoksi reçinesinin yapıştırabilirliğini artırmak için, epoksi reçinesine kütlece % 10-30 oranlarında terpolimer eklenmiştir. Elde edilen karışımın, yarım saat sıcaklığı 80 °C'de olan termostatda bekletilmesiyle yapıştırıcı üretilmiştir. Üretilen yapıştırıcının sertleşme tepkimesi şekil 9.2'de sunulmuştur.

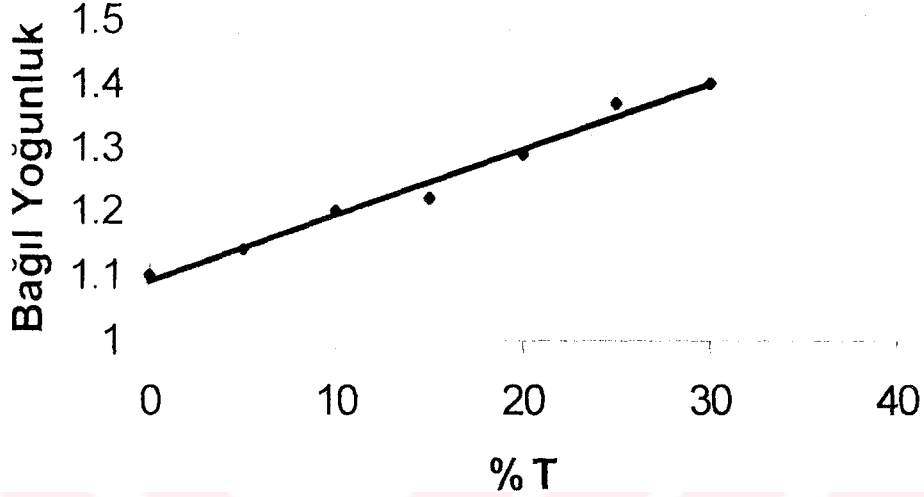
### 9.2.1. Dış görünüşün bulunması

Üretilen yapıştırıcılarda terpolimer oranı % 30'un üzerine çıkılamamıştır. Bunun nedeni, bu oranın üzerinde epoksi reçinesinin terpolimeri çözmemesidir. Hazırlanan bu yapıştırıcıların hepsinin homojen olduğu sonucuna varılmıştır.



### 9.2.2. Bağıl yoğunluğun bulunması

Eşitlik 7.5 yardımıyla içeriğinde kütlece % 10-30 terpolimer bulunan yapıştırıcıların bağıl yoğunlukları hesaplanmış ve sonuçlar terpolimer yüzdesine



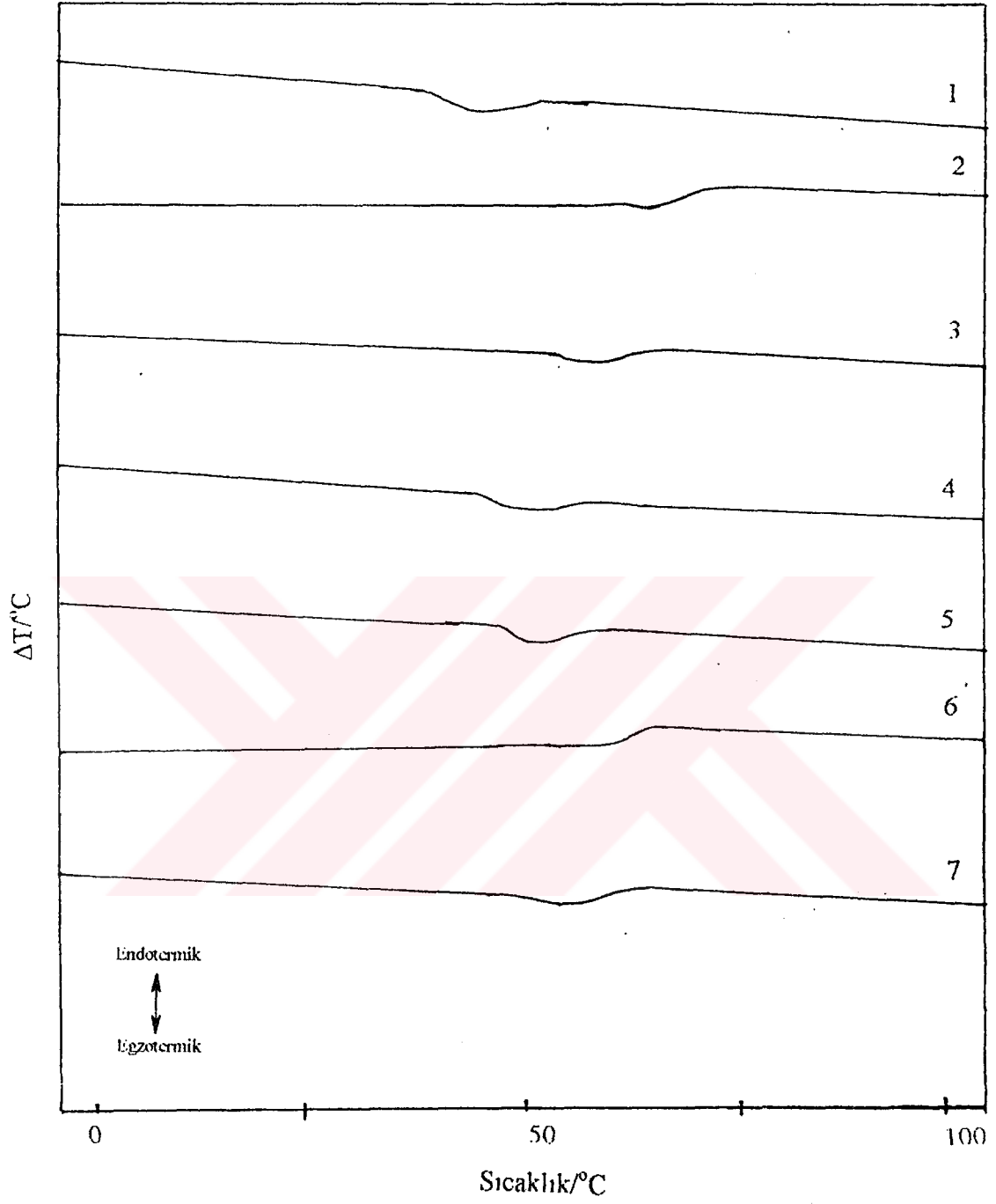
Şekil 9.3. Bağıl yoğunluğun terpolimer yüzdesinin ile değişimi.

$\left( \%T = \frac{m_{\text{terpolimer}}}{m_{\text{toplam}}} \right)$  karşı grafiğe geçirilerek şekil 9.3'de sunulmuştur. Şekil 9.3 incelendiğinde terpolimer yüzdesi ile bağıl yoğunluğun doğrusal olarak değiştiği görülmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda bağıl yoğunluk ile terpolimer yüzdesinin değişimi  $d = 1.09 + 0.01\%T$  ( $r = 0.992$ ) bağıntısı ile verilebilir.

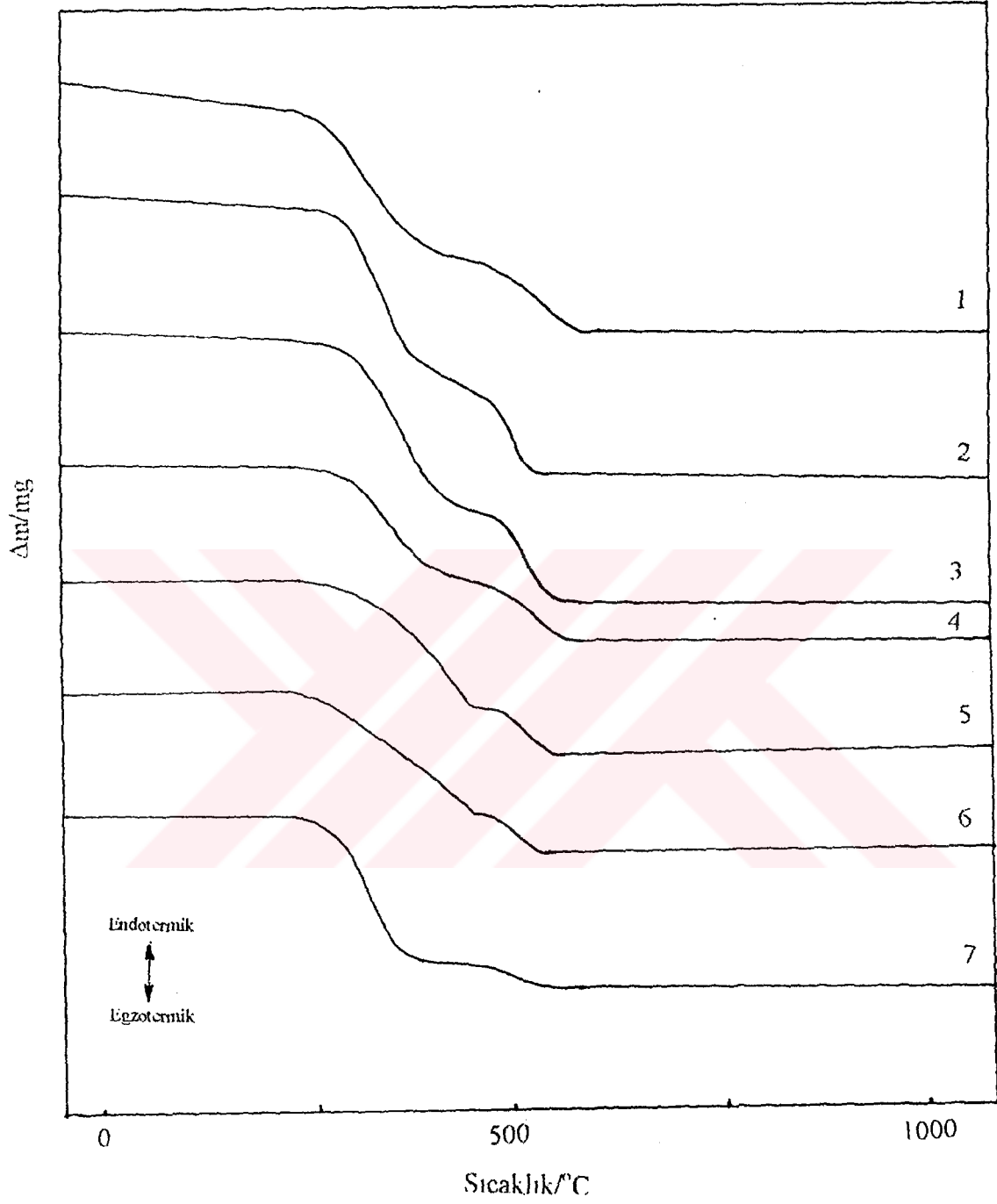
### 9.2.3. Isısal Analiz

Hazırlanan yapıştırıcıların ısısal davranışları diferansiyel termal analiz (DTA) ve termogravimetri (TG) ile yapılan analizlerle açıklanmaya çalışılmıştır. Yapıştırıcıların  $T_g$ , camsı geçiş sıcaklıklarını bulmak için kullanılan DTA tekniği ile şekil 9.4'de sunulan eğriler alınmıştır. TG ile yapılan analizler sonucu elde edilen termogramlar ise şekil 9.5'de sunulmuştur.  $T_g$ 'nin terpolimer içeriği ile değişimi şekil 9.6'da, ilk bozunma sıcaklıklarının terpolimer içeriği ile değişimi ise şekil 9.7' de sunulmuştur.

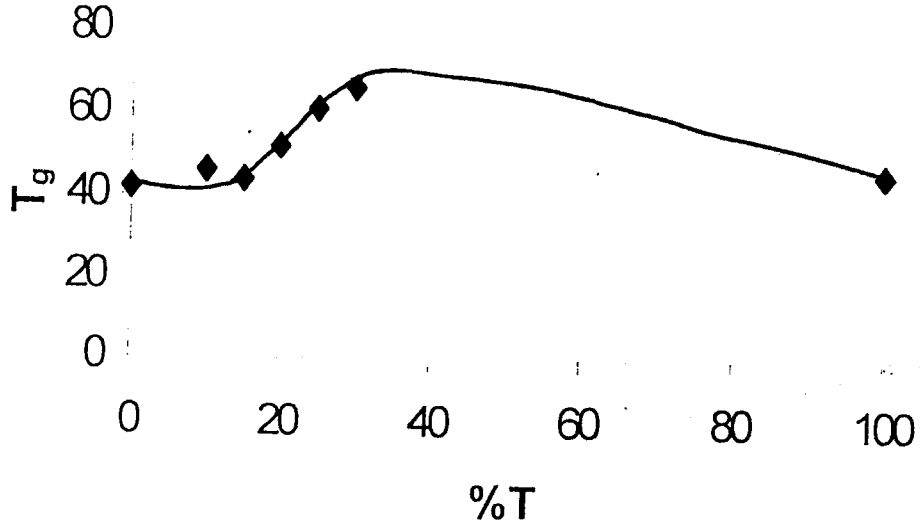




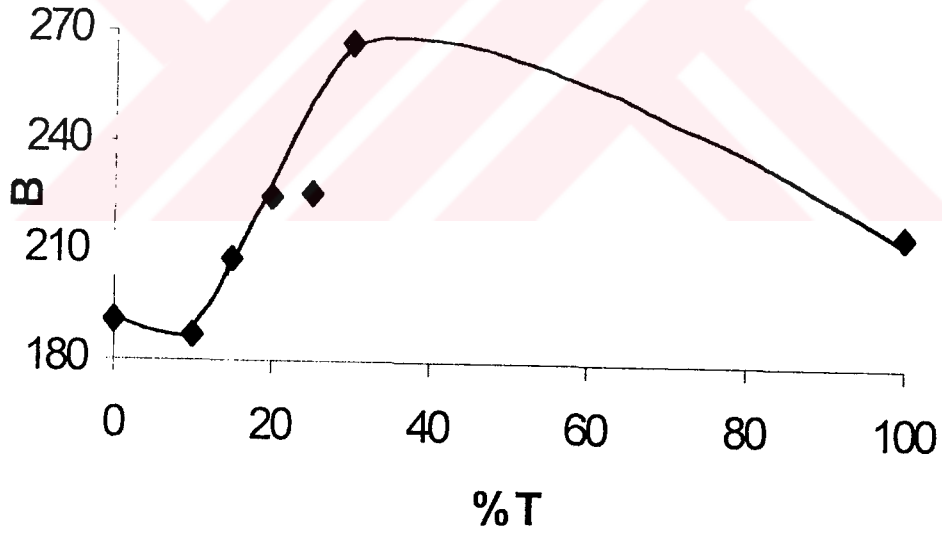
Şekil 9.4. Farklı oranlarda terpolimer içeren yapıştırıcıların DTA termogramları  
1% 100, 2. % 30, 3. %25, 4. % 20, 5. % 15, 6. % 10, 7. %0, terpolimer içeren yapıştırıcılar.



Şekil 9.5. Farklı oranlarda terpolimer içeren yapıştırıcıların TG termogramları  
1% 100, 2. % 30, 3. %25, 4. % 20, 5. % 15, 6. % 10, 7. %0, terpolimer içeren yapıştırıcılar.



Şekil 9.6. Camlı geçiş sıcaklığının terpolimer yüzdesi ile değişimi.



Şekil 9.7. İlk bozunma sıcaklığının terpolimer yüzdesi ile değişimi.

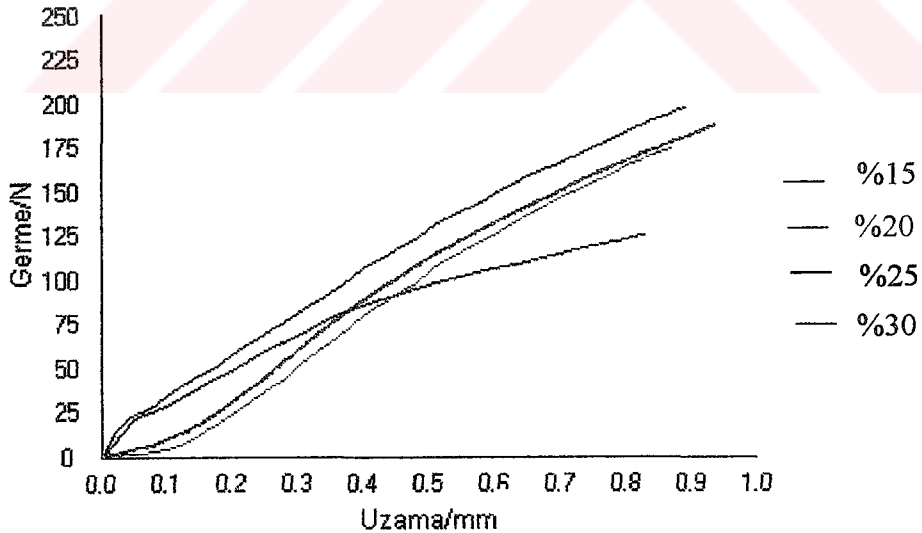
Şekil 9.6 incelendiğinde epoksi reçinesinin camlı geçiş sıcaklığının, içerisine terpolimer eklenerek hazırlanan yapıştırıcıların camlı geçiş sıcaklıklarından çok daha düşük olduğu görülmektedir. Epoksi reçinesine terpolimerin eklenmesiyle  $T_g$ , camlı geçiş sıcaklığı değerlerinde artış görülmüştür. Bu artışın nedeni olarak, terpolimerde bulunan anhidrit grupları ile epoksi reçinesi arasındaki etkileşimin terpolimer oranının

artması ile artması gösterilebilir. Saf terpolimerin  $T_g$  değeri de yapıştırıcının  $T_g$  değerinden düşük çıkmıştır. Bu verilerden epoksiye eklenen terpolimer ile epoksi reçinesinin ve terpolimerin camsı geçiş sıcaklıklarının artırılacağı söylenebilir.

Şekil 9.7'de sunulan TG'ye ait termogramlar incelendiğinde, terpolimer oranının artmasıyla ilk bozunma sıcaklığında önce bir azalış sonra bir artış gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak, epoksiye eklenen terpolimerin önce bir plastikleştirici gibi davranıp ilk bozunma sıcaklığını düşürmesi, sonra terpolimer içeriğinde bulunan anhidrit grupları ile epoksi reçinesi arasında meydana gelen çapraz bağlanmanın terpolimer içeriği ile artması sonucu sıcaklığın yükselmesi gösterilebilir. Bu verilerden epoksi reçinesine terpolimerin eklenmesiyle ilk bozunma sıcaklığının artırılacağı söylenebilir.

#### 9.2.4. Çekmeye karşı dayanıklılık

Farklı oranlarda terpolimer içeren yapıştırıcıların mekanik özelliklerini araştırmak için, 50 mm uzunluğunda 10 mm eninde ve 10 mm kalınlığındaki kalıplara dökülerek 2 saat 180 °C'de sertleştirilen yapıştırıcılara çekme denemeleri uygulanmıştır. Çekme denemeleri sonucu elde edilen germe-uzama eğrileri şekil 9.8'de sunulmuştur.



Şekil 9.8. Kalıplanmış yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.

Bu denemeler ile elde edilen bazı mekanik özellikler ise çizelge 9.1 ile şekil 9.9 ve 9.10'da verilmiştir.

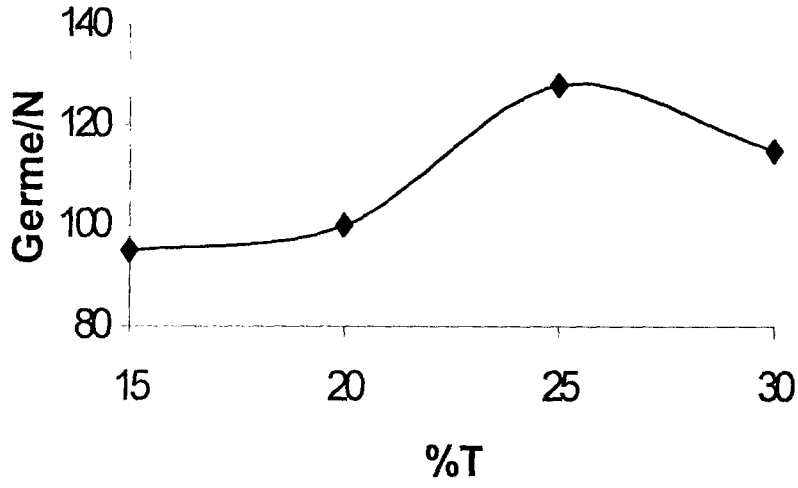
Çizelge 9.1. Kalıplanmış yapıştırıcılarda bazı mekanik özelliklerin terpolimer içeriği ile değişimi.

Terpolimer Yüzdesi	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
%15	124	0.82	158	51
%20	164	0.85	257	70
%25	185	0.88	260	81
%30	175	0.96	290	84

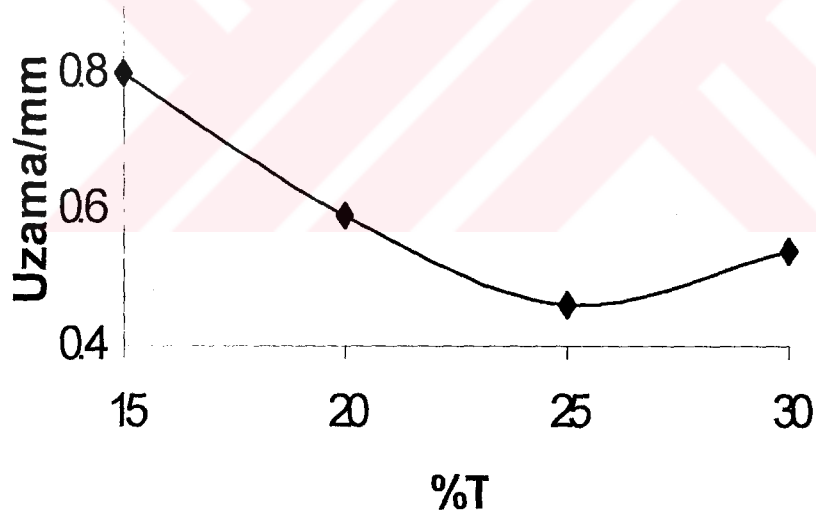
Her şeyden önce kalıplanamayan epoksi reçinesine kütlece %15 ve üzerindeki oranlarda terpolimerin eklenmesiyle yapıştırıcının kalıplanması sağlanmıştır. Şekil 9.8 ve çizelge 9.1 birlikte incelendiğinde yapıştırıcının içeriğindeki terpolimer oranının artmasıyla kopmadaki uzama değerlerinde artış gözlenmektedir. Epoksi reçinesine terpolimerin eklenmesiyle, daha uzun zincirler elde edildiği ve bu zincirlerin birbirleri üzerinden akma gösterdikleri için kopmanın daha büyük uzama değerlerine kaydığı söylenebilir.

Young modülü, terpolimer içeriği ile uyumlu bir artış göstermektedir. Enerji değeri ise kopmadaki uzamaya benzer bir davranış göstermektedir. Enerji ile uzama doğru orantılı olduğu için bu beklenen bir sonuçtur.

Kopmadaki gerilim değerinde, terpolimer içeriğinin artmasıyla önce bir artış sonra bir azalış gözlenmektedir. 0.5 mm uzama değerine karşılık gelen germe-% T grafiği şekil 9.9'da ve 120 N germe değerine karşılık gelen uzama-%T grafiği ise şekil 9.10'da sunulmuştur.



Şekil 9.9. Kalıplanmış yapıştırıcıda terpolimer yüzdesi ile germe değerleri değişimi.



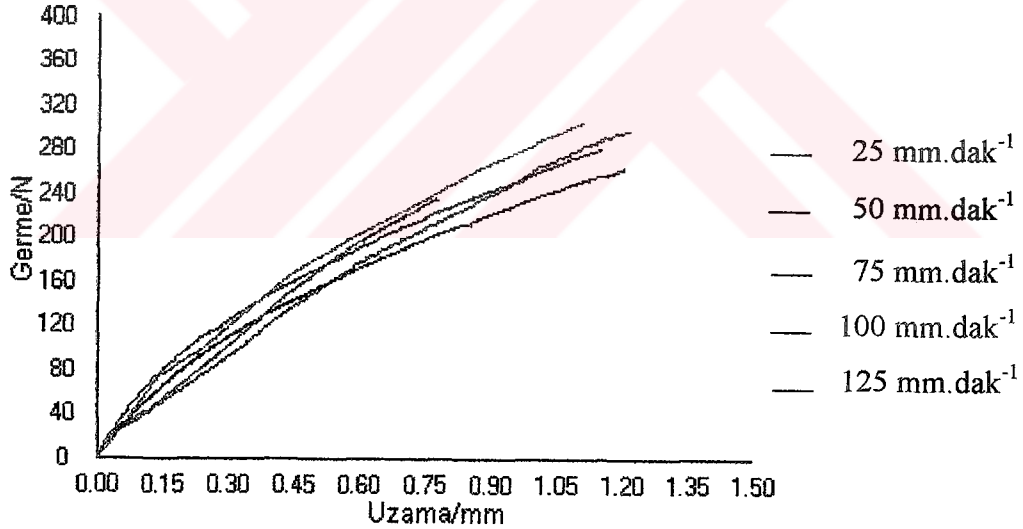
Şekil 9.10. Kalıplanmış yapıştırıcıda terpolimer yüzdesi ile uzama değerleri değişimi.

Şekil 9.8’de sunulan germe-uzama eğrileri incelendiğinde kütlece % 15 oranında terpolimer içeren yapıştırıcının yumuşak ve zayıf davranış[5] gösterdiği bununla beraber, terpolimer içeriğinin artmasıyla davranışın sert ve kırılman olduğu germe-uzama eğrilerinin biçimlerinden anlaşılmaktadır.

Şekil 9.9 ve 9.10 birlikte incelendiğinde en az uzama göstererek en fazla germe sergileyen yapıştırıcının % 25 oranında terpolimer içeren yapıştırıcıda olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise, yapıştırıcı içeriğindeki terpolimer oranının artmasıyla epoksi ile terpolimer arasında gerçekleşen sertleşmenin arttığı ve buna bağlı olarak da daha az uzama ile daha fazla germe değerine ulaşılabileceği şeklinde açıklanabilir.

### 9.2.5. Kaymaya karşı dayanıklılık

Hazırlanan yapıştırıcılar ile yapıştırılan alüminyum levhalar, en uygun hız parametresinin saptanması için şekil 8.1’de gösterilen Hounsfield test cihazının iki çenesi arasına yerleştirilmiş ve 25, 50, 75, 100 ve 125 mm dak<sup>-1</sup> hızlarında tek yönde çekilmişlerdir. Elde edilen sonuçlar şekil 9.11’de sunulmuştur. Bu denemeler ile elde edilen bazı mekanik özellikler ise çizelge 9.2 ile şekil 9.12 ve 9.13’de verilmiştir.



Şekil 9.11. Çekme hız değerleri için germe-uzama eğrileri.

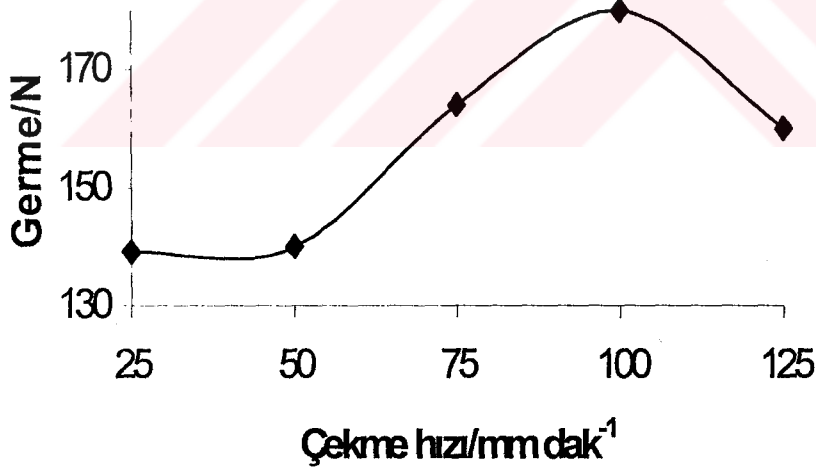
Şekil 9.11 incelendiğinde, çekme hızı ile kopmadaki uzama değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni, polimer zincirlerinin düşük çekme hız değerlerinde birbirleri üzerinden yavaş bir şekilde akması olabilir. Çekme hızının artmasıyla polimer zincirlerinin birbirleri üzerinden daha hızlı akması sonucu kopmadaki uzama değerleri azalmıştır.

Çizelge 9.2. Yapıştırıcıda bazı mekanik özelliklerin çekme hızı ile değişimi.

Çekme Hızı (mm dak <sup>-1</sup> )	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
25	289	1.21	190	175
50	254	1.20	143	153
75	278	1.16	200	162
100	302	1.07	300	161
125	205	0.75	307	76

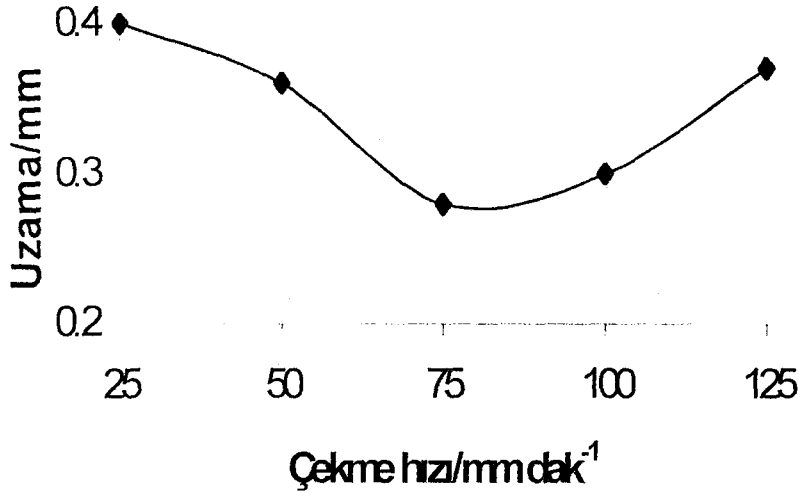
Çizelge 9.2 incelendiğinde, Young modülünün çekme hızı ile arttığı görülmektedir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü çekme hızı ile Young modülü orantılı olarak artmaktadır[5].

0.5 mm uzama değerindeki çekme hızlarına karşı germe ve 120 N germe değerindeki çekme hızlarına karşı uzama grafikleri şekil 9.12 ve 9.13'de sunulmuştur.



Şekil 9.12. Çekme hızı ile germe değerleri değişimi.

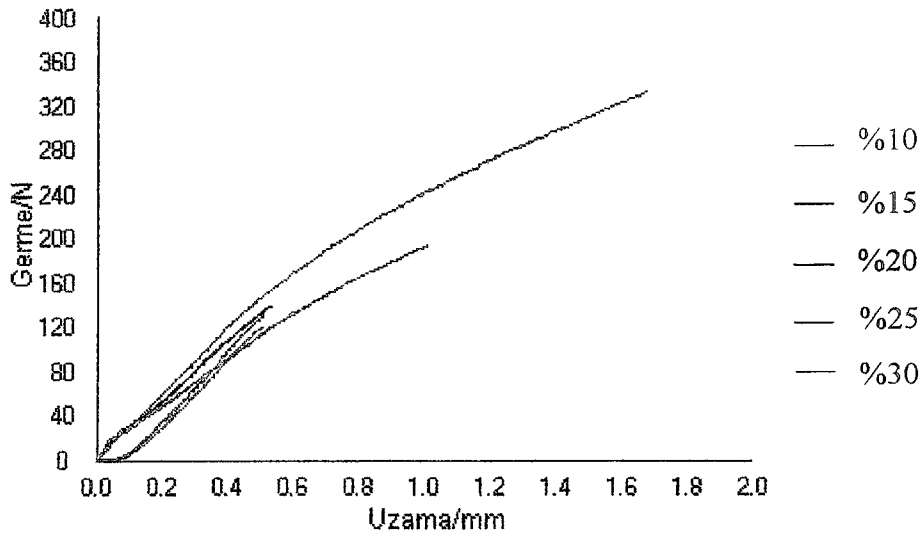




Şekil 9.13. Çekme hız ile uzama değerlerinin değişimi.

Şekil 9.12 ve 9.13 incelendiğinde çekme hızının 100 mm dak<sup>-1</sup>'e kadar artmasıyla germe değerinde bir artış görülmektedir. Bu değer üzerinde ise bir azalma söz konusudur. Bununla beraber, çekme hızının artmasıyla uzama değerlerinde önce bir azalış sonrada bir artış görülmektedir. Buradan, 100 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızına kadar polimer zincirlerinin birbirleri üzerinden akması olası iken hızın artırılması ile zincirlerin birbirleri üzerinden çok hızlı kayması sonucu germe değerlerinin azalmış olabileceği sonucu çıkartılabilir.

Terpolimer yüzdesinin mekanik özelliklere etkisinin belirlenmesi için kütlece % 10-30 oranları arasında terpolimer içeren yapıştırıcılar ile alüminyum levhalar yapıştırılmış ve Hounsfield test cihazı ile 100 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızında çekilmişlerdir. Çekme denemeleri sonucu elde edilen germe-uzama eğrileri şekil 9.14'de sunulmuştur. Bu denemeler ile elde edilen bazı mekanik özellikler ise çizelge 9.3 ile şekil 9.15 ve 9.16'da verilmiştir.



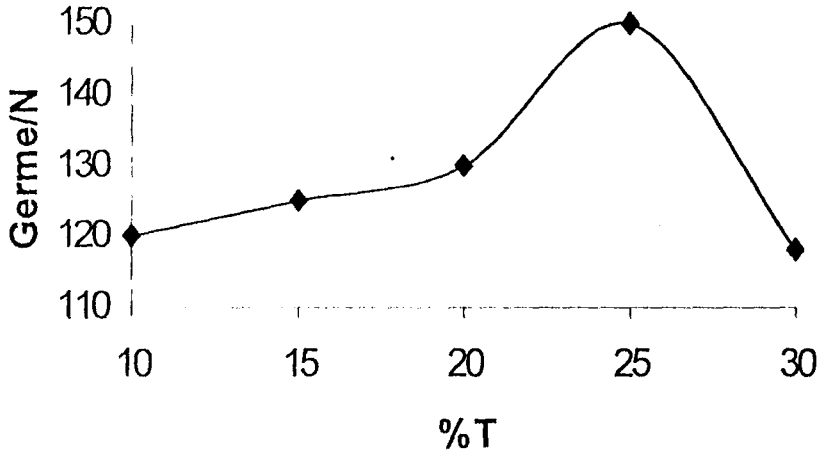
Şekil 9.14. Yapıştırılmış alüminyum levhaların germe-uzama eğrileri.

Çizelge 9.3. Yapıştırıcının bazı mekanik özelliklerin terpolimer içeriği ile değişimi.

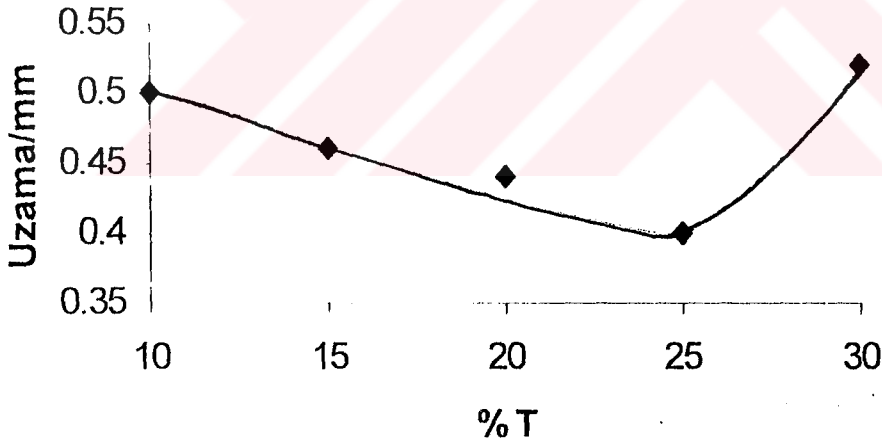
Terpolimer Yüzdesi	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
10	120	0.50	240	30
15	130	0.53	245	35
20	140	0.57	246	40
25	330	1.64	300	270
30	185	1.02	129	94

Şekil 9.14 ve çizelge 9.3 birlikte incelendiğinde yapıştırıcı içeriğindeki terpolimer oranının artmasıyla kopmadaki germe ve uzama değerlerinde bir artış görülmektedir. Bu davranış, epoksiye eklenen terpolimerin zinciri uzatması ile açıklanabilir. Terpolimer yüzdesi ile Young modülünde de bir artış görülmektedir. Bunun nedeni olarak ise yapıya katılan terpolimer ile epoksi reçinesinin sertleşmesi gösterilebilir.

0.5 mm uzama değerine karşılık gelen germe-% T grafiği şekil 9.15’de ve 120 N germe değerine karşılık gelen uzama-%T grafiği şekil 9.16’da sunulmuştur.



Şekil 9.15. Terpolimer yüzdesi ile germe değerlerinin değişimi.

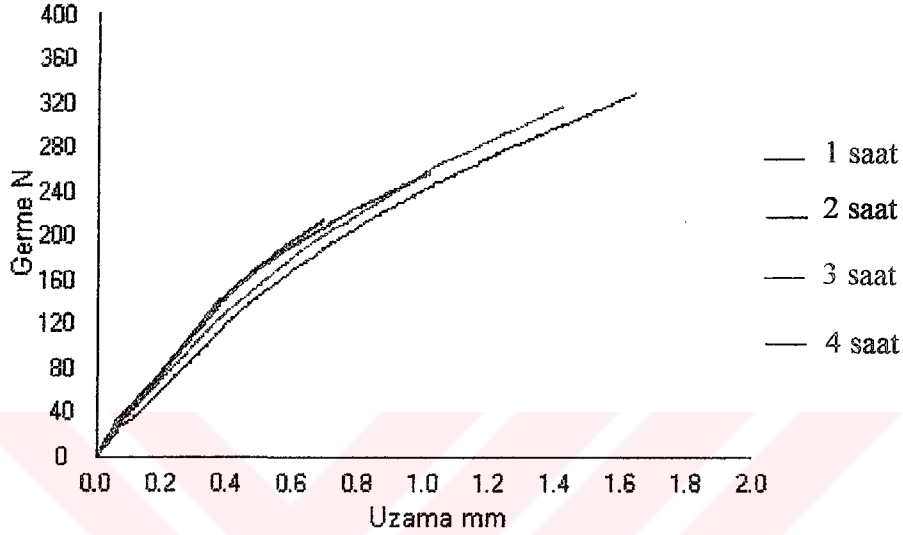


Şekil 9.16. Terpolimer yüzdesi ile uzama değerleri değişimi.

Şekil 9.15 ve 9.16 birlikte incelendiğinde kütlece % 25 oranında terpolimer içeren yapıştırıcının 0.5 mm uzama değerinde en fazla gerilim, 120 N germe değerinde ise en az uzama gösterdiği görülmektedir. Buna karşılık en fazla kopma gerilimi ve kopma uzaması değerlerine % 25 oranında terpolimer içeren yapıştırıcı sahiptir. Bu

verilerden en fazla kaymaya karşı dayanıklılık değerini % 25 terpolimer içeren yapıştırıcının sağladığı sonucu çıkartılabilir.

Uygun sertleşme süresinin belirlenmesi için, kütlece % 25 terpolimer içeren yapıştırıcı ile alüminyum levhalar yapıştırılmıştır. Bu şekilde hazırlanan levhalar 1, 2, 3, ve 4 saat termostatta bekletilmiş ve 100 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızında çekilmişlerdir. Elde edilen sonuçlar şekil 9.17’de sunulmuştur.



Şekil 9.17. Farklı saatlerde sertleştirilen yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.

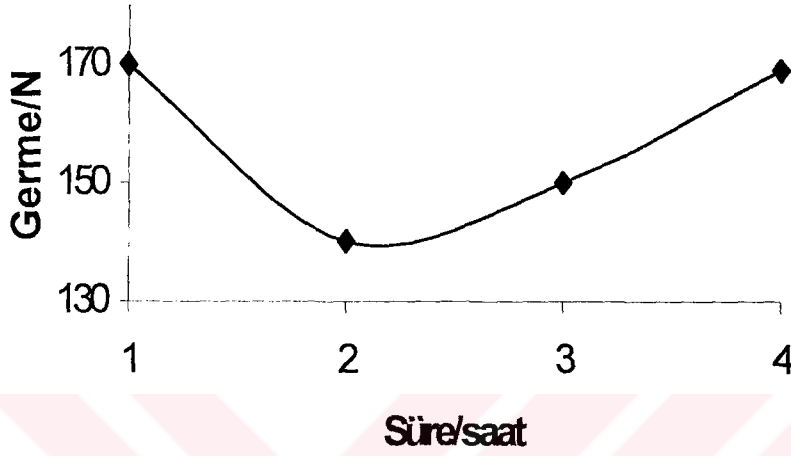
Çizelge 9.4. Yapıştırıcının bazı mekanik özelliklerinin sertleşme süresi ile değişimi.

Sertleşme Süresi (saat)	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
1	210	0.70	280	74
2	330	1.64	233	270
3	322	1.45	250	234
4	245	1.01	280	124

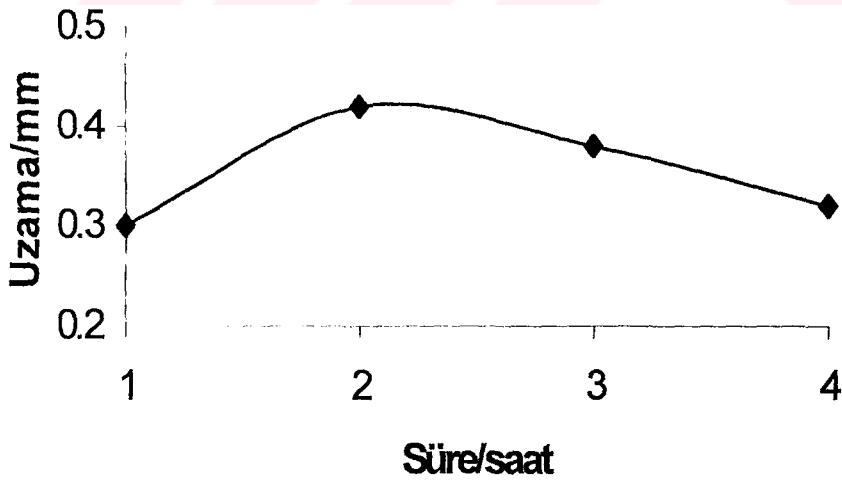
Şekil 9.17 ve çizelge 9.4 birlikte incelendiğinde kopma gerilimi değerlerinin sertleşme süresi ile önce bir artış sonra bir azalış sergilediği görülmektedir. Bu verilerden yapıştırıcının termostatta 1 saat sertleştirilmesi ile kısa zincirli polimerler elde edildiği sertleşme süresinin 2 saate çıkartılması ile sertleşmenin tam olarak gerçekleştiği ve buna bağlı olarak da zincirlerin uzadığı bu sürenin üzerinde ise oluşan

zincirlerin ısınmada etkisiyle kırıldığı söylenebilir. Aynı nedenlerden dolayı kopmadaki uzama değerlerinde de önce bir artış sonra bir azalış görülmektedir.

0.5 mm uzama değerine karşılık gelen germe-süre grafiği şekil 9.18’de ve 120 N germe değerine karşılık gelen uzama-süre grafiği ise şekil 9.19’da sunulmuştur.



Şekil 9.18. Sertleşme süresi ile germe değerleri değişimi.

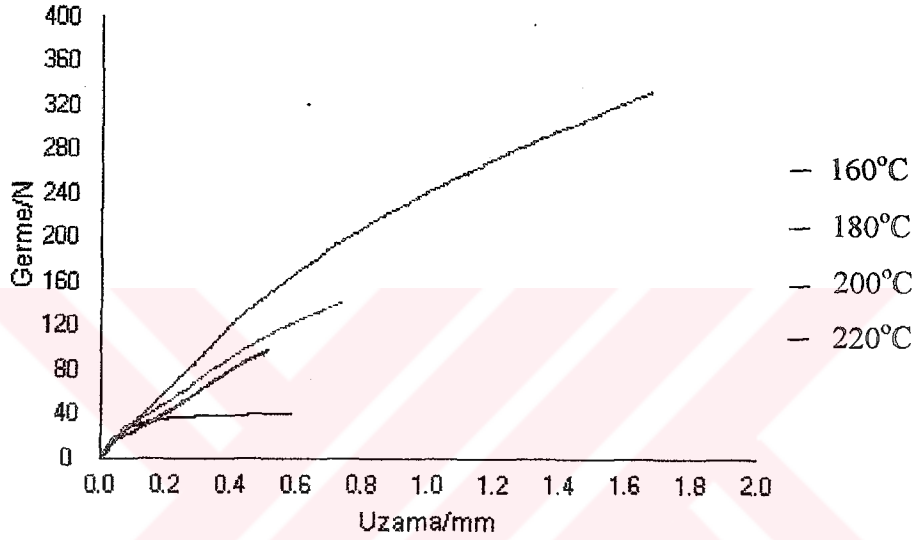


Şekil 9.19. Sertleşme süresi ile uzama değerlerinin değişimi.

Şekil 9.18 ve 9.19 birlikte incelendiğinde 0.5 mm uzama değerinde en az germe ve 120 N germe değerinde en fazla uzama sertleşme süresinin 2 saat olduğu durumda

görülmektedir. Grafiklerden 2 saat sertleşme süresi ile sertleşmenin tam olarak gerçekleştirilebildiği ve oluşan uzun zincirler nedeniyle düşük germe değerlerinde bile uzama değerinin artırdığı söylenebilir.

Sertleşme sıcaklığının etkisinin incelenmesi için %25 terpolimer içeren yapıştırıcı ile alüminyum levhalar yapıştırılmış ve levhalar 160, 180, 200 ve 220 °C’de 2 saat bekletilmişlerdir. Bu şekilde hazırlanan levhalar 100 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızında çekilmiş ve elde edilen sonuçlar şekil 9.20’de sunulmuştur. Bu denemeler ile elde edilen bazı mekanik özellikler ise çizelge 9.5 ile şekil 9.21 ve 9.22’de verilmiştir.



Şekil 9.20. Farklı sıcaklıklarda sertleştirilen yapıştırıcıların germe-uzama eğrileri.

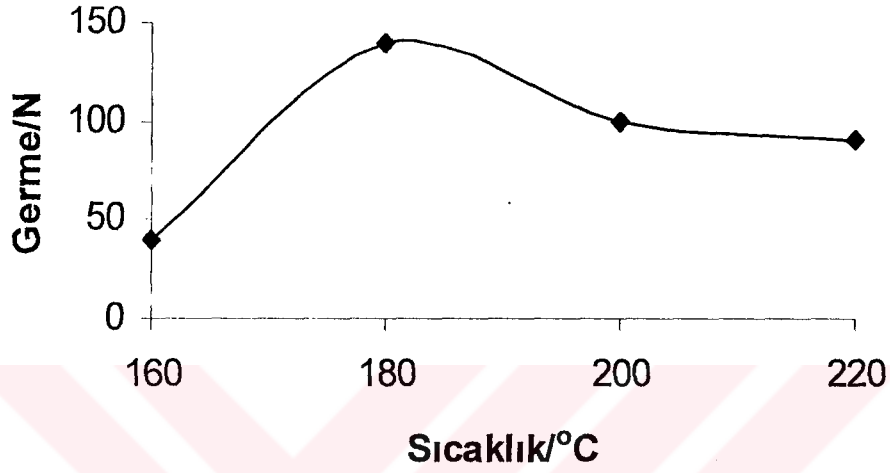
Çizelge 9.5. Yapıştırıcının bazı mekanik özelliklerin sertleşme sıcaklığı ile değişimi.

Sertleşme Sıcaklığı (°C)	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
160	40	0.60	300	12
180	330	1.64	325	270
200	142	0.80	250	56
220	95	0.55	200	26

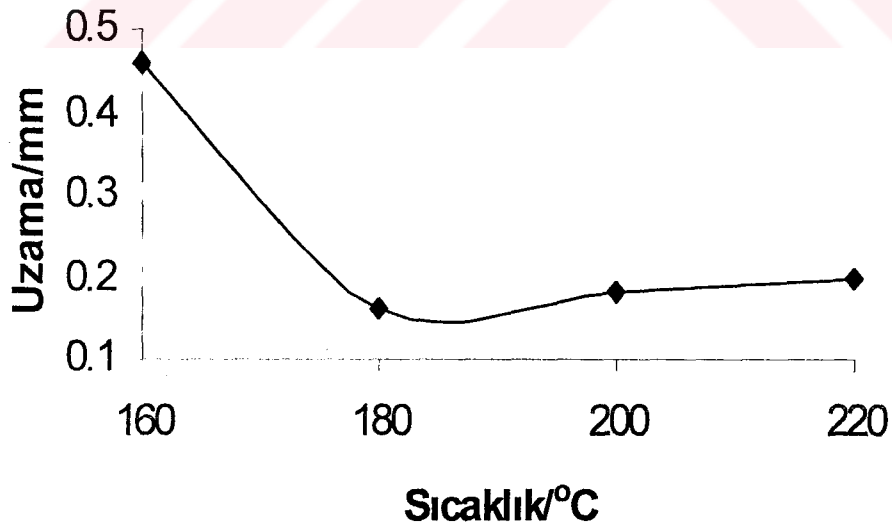
Şekil 9.20 ve çizelge 9.5 birlikte incelendiğinde sıcaklığın artmasıyla kopma gerilim değerlerinde önce bir artış sonra bir azalış görülmektedir. Bu verilerden, 160 °C’nin epoksi ile terpolimerin sertleşmesi için yeterli olmadığı, 180 °C’de sertleşmenin tam olarak gerçekleştiği ve bu sıcaklığın üzerinde ise ısıl analiz sonuçlarının da

doğrulamaya başlanacağı gibi zincirde kırılmaların başladığı ısıl olarak bozunmanın gerçekleştiği sonuçlarına varılabilir.

0.5 mm uzama değerine karşılık gelen germe ve 40 N germe değerine karşılık gelen uzama değerlerine karşı çizilen sıcaklık grafikleri şekil 9.21 ve 9.22'de sunulmuştur.



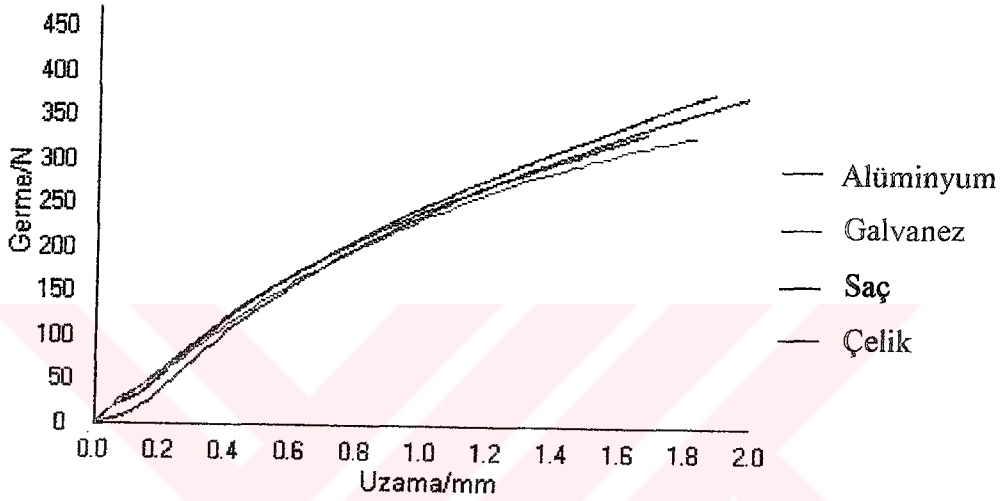
Şekil 9.21. Sertleme sıcaklıkları ile germe değerleri değişimi.



Şekil 9.22. Sertleşme sıcaklıkları ile uzama değerleri değişimi.

Şekil 9.21 ve 9.22 birlikte incelendiğinde, epoksi ile terpolimer arasında oluşan çapraz bağlar nedeni ile en büyük gerilim değerlerine yapıştırıcının 180 °C’de sertleştirilmesi ile ulaşılabileceği görülmektedir.

Yapıştırıcının farklı levhaları yapıştırma yeteneğinin incelenmesi için % 25 terpolimer içeren yapıştırıcı ile alüminyum, galvaniz, sac ve çelik levhalar yapıştırılmıştır. Levhalar, 180 °C’de 2 saat sertleştirilmişler ve 100 mm dak<sup>-1</sup> çekme hızında test cihazıyla çekilmişlerdir. Elde edilen sonuçlar şekil 9.23’de sunulmuştur.



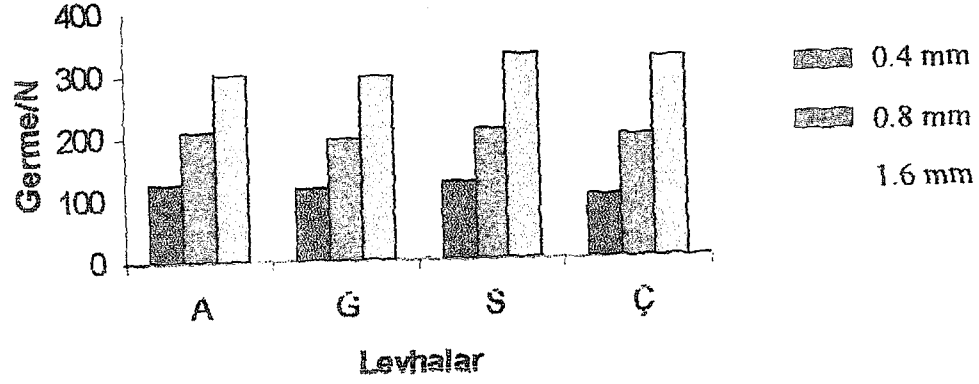
Şekil 9.23. Yapıştırılmış levhaların germe-uzama eğrileri.

Çizelge 9.6. Yapıştırıcının bazı mekanik özelliklerin levhalar ile değişimi.

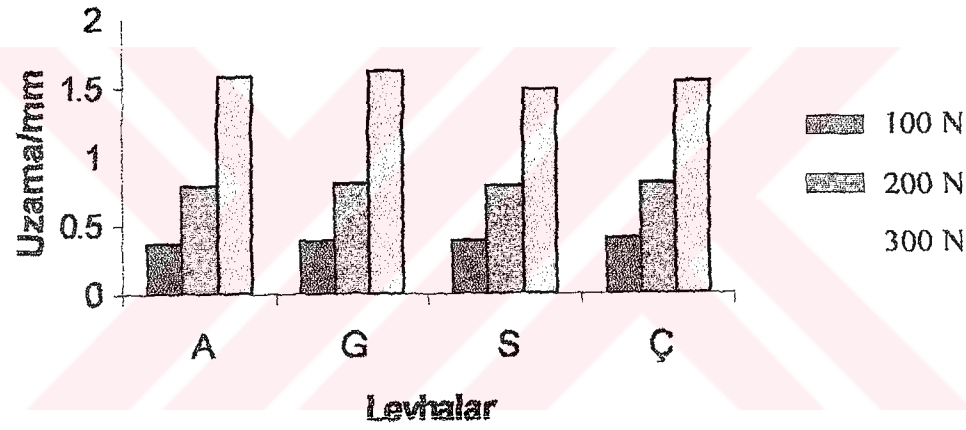
Levhalar	Kopma Gerilimi (N)	Kopmadaki Uzama (mm)	Young Modülü (N/mm)	Soğurulan Enerji (mJ)
Alüminyum	330	1.64	300	271
Galvaniz	325	1.80	250	293
Sac	398	1.86	300	370
Çelik	400	1.98	167	396

Şekil 9.23 ve çizelge 9.6 birlikte incelendiğinde en büyük kopma gerilimi ve kopma uzaması değerlerine çelik levha ile ulaşılabileceği görülmektedir. Alüminyum, galvaniz, sac ve çelik levhaların 0.4, 0.8 ve 1.6 mm uzama değerlerinde germe değerleri değişimi şekil 9.24’de, 100, 200, ve 300 N germe değerlerinde uzama değerleri değişimi ise şekil 9.25’de sunulmuştur.





Şekil 9.24. 0.4, 0.8 ve 1.6 mm uzama değerlerinde germe değerleri değişimi.



Şekil 9.25. 100, 200 ve 300 N germe değerlerinde uzama değerleri değişimi.

Şekil 9.24. ve 9.25. birlikte incelendiğinde tüm uzama değerlerinde germe değişimlerinin ve tüm germe değerlerinde uzama değişimlerinin ihmal edilebilecek kadar az olduğu görülmektedir. Kütlece % 25 terpolimer içeren yapıştırıcının levha ayırt etmeksizin tüm levhaları yapıştırabildiği sonucuna ulaşılmıştır.

## 10. SONUÇLAR

- 1 mol AFE, 1 mol St ve 2 mol MA'in polimerleşmesi ile sentezlenen terpolimerin limit viskozite sayısı  $0.64 \text{ dL g}^{-1}$ , anhidrit grup içeriği % 25 olarak hesaplanmıştır.
- Epoksi reçinesinin yapıştırabilirliğinin artırılması için, epoksi reçinesine kütlece % 10-30 oranları arasında terpolimer eklenmiştir. Hazırlanan yapıştırıcıların homojen olduğu fakat bu oranın üzerinde epoksi reçinesinin terpolimeri çözemediği gözlenmiştir.
- Yapıştırıcı içeriğindeki terpolimer oranının artırılması ile bağıl yoğunluğun arttığı sonucuna ulaşılmıştır.
- DTA eğrilerinin değerlendirilmesi sonucu, epoksiye eklenen terpolimer ile çapraz bağların olduğu, terpolimer oranının artırılması ile çapraz bağların dolayısıyla camsı geçiş sıcaklığının arttığı söylenebilir.
- TG termogramlarından, epoksi reçinesine eklenen terpolimer ile ilk bozunma sıcaklıklarının arttığı yaklaşık  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ısıl parçalanmaların başladığı gözlenmiştir.
- Kalıplanamayan epoksi reçinesine % 15-30 oranları arasında eklenen terpolimer ile epoksi reçinesinin kalıplanması sağlanmıştır. Hazırlanan kalıplara uygulanan çekme denemeleri sonucunda, yapıştırıcının içeriğindeki terpolimerin oranının artırılması ile kopma gerilimi ve kopma uzaması değerlerinde % 25 terpolimer içeren yapıştırıcıya kadar artış gözlenmiştir. Elde edilen germe-uzama grafiklerinden yapıştırıcının sert-kırılgan davranış sergilediği söylenebilir.
- Hazırlanan yapıştırıcılarla yapıştırılan alüminyum levhaların farklı çekme hızlarında çekilmesiyle kopmadaki uzama değerlerinin  $100 \text{ mm dak}^{-1}$  çekme hızına kadar arttığı gözlenmiştir.
- Farklı sürelerde sertleştirilen yapıştırıcıların 1 saat sonunda tam olarak sertleşmediği sürenin iki saate çıkartılması ile sertleşmenin tamamlandığı ve bu sürenin üzerinde ise polimer zincirinde parçalanmaların olduğu elde edilen çekme-uzama eğrileri ile belirlenmiştir.
- Yapıştırıcının  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sertleştirilmesi ile sertleşmenin gerçekleşmediği,  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de sertleşmenin tamamlandığı ve bu sıcaklığın üzerinde ise polimer zincirinde

parçalanmaların başladığı hem germe-uzama eğrileri ile hem de TG termogramları ile belirlenmiştir.

- Kütlece % 25 oranında terpolimer içeren yapıştırıcı ile yapıştırılarak 180 °C'de 2 saat sertleştirilen alüminyum, galvaniz, sac ve çelik levhaların, kopma gerilimleri ile kopma uzaması değerlerinin yaklaşık olarak birbirleri ile aynı olduğu gözlenmiştir.
- Epoksi reçinesine eklenen AFE-MA-St terpolimeri ile epoksi reçinesinin ısıl ve mekanik özelliklerinin iyileştirilebileceği ve hazırlanan bu yapıştırıcı ile levhaların yapıştırılabileceği anlaşılmıştır.



## KAYNAKLAR

1. Compbell, I.M., 1994, Introduction to Synthetic Polymers, Oxford University Press, New York.
2. Baysal. B., 1994, Polimer Kimyası, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
3. Eley, D.D., 1961, Adhesion, Oxford University Press, London.
4. Perry, H.A., 1959, Adhesive Bonding of Reinforced Plastics, Mc Graw-Hill Book Com., New York.
5. Pişkin, E., 1987, Polimer Teknolojisine Giriş, İnkılap Kitapevi, Ankara.
6. Tsuruta, T., 2001, Polimer Kimyası, çev; Mustafaev, M., Seç Yayın Dağıtım, İstanbul.
7. Bikerman. J.J., 1960. The Science of Adhesive Joints, Academic Press Inc., New York.
8. Shull, K.R., 2001, Bulk and Interfacial Contributions to the Debonding Mechanisms of Soft Adhesive: Extension to Large Strains, Amer. Chem. Soc., 17, 4948-4954.
9. Bruyne. N.A., Houwink, R., 1947, Adhesion and Adhesives, Elsevier Pub. Co., New York.
10. Guttman, W.H., 1961, Concise Guide to Structural Adhesives, Reinhold Pub. Co., New York.
11. Muhammedova, M.A., 1991, The Selectivity of the Epoxy Compound According to do Anhidrit Hardener, Adv. Mater., 61, 13-23.
12. Trappe, V., Richtering, W., Burchard W., 1992, Critical Behavior of Anhydride Cured Epoxy, J. Phys. Sec., 2, 1453-1463.
13. Zukas. W.X., Ghiozse. S.R., 1990, Staging of Epoxy/Anhydride Formulations, Amer. Chem. Soc., 31. 265-266.
14. Gao, J., Lei. J.X., Su, Z.J., Zhang, B.S., Wang, J., 2001, Photografting of Maleic Anhydride on Low Density Polyethylene Powder in the Vapor Phase, Poly. Jour., 33, 147-149.

15. Moszner, N., Zeuner, F., Rheinberg, V., 1997, Monomers for Adhesive Polymers 1. Synthesis and Radical Polymerization of Bicyclic Monomers, *Poly. Bull.*, 39, 669-676.
16. Wang J., Liou, F.J., Niu, G.G., 1992, Applications of PVA-MA and PVA-AA in the Construction of Hema-Based Dentin Bonding Agent, *Polym. Prepr., Amer. Chem. Soc.*, 33, 514-515.
17. Dana. M., Villenave, J.J., Montaudan, E., 1998, Correction Between Molecular Architecture and Thermodynamic Adhesion: Modified (Maleic Anhydride-co-Styrene), *Euro. Poly. Jour.*, 34, 1309-1313.
18. Hong S.G., Cheng, F., 1998, Adhesion Properties of a Thermoplastic Olefin Elastomer Grafted with Maleic Anhydride, *Ang. Macro. Chem.*, 259, 25-31.
19. Funasaka, T., Ashihara, T., Maekawa, S., Ohno, S., Meguro, M., Nihino, T., Nakamae V., 1999, Adhesive Ability and Solvent Solubility of Propylene-Butene Copolymers Modified with Maleic Anhydride, *Inter. Journ.* 19, 367-371.
20. Nihon, S., 1993, Modification of Polyolefine, *J. Adhes. Soc. Jap.*, 29, 4-8.
21. Helton. D.E., Mang, M.N., 1990, Rubber Modified Blend of Nylon and Styrene/Acrylonitrile/Maleic Anhydride Terpolymer. *Chem. Pub. Co.. New York.*
22. Brown, M.E., 1998, Introduction to Thermal Analysisi Techniques and Applications. *Chapman and Hall, New York.*
23. Akovalı, G., 1984, Temel ve Uygulamalı Polimer, Akovalı, G., ed., Giriş ve Genel Tanımı, Ankara.
24. Wendland, W.W.M., 1984, Thermal Methods of Analysis, 2. ed., *Wiley-Interscience, New York.*
25. Chui, C., Boyce, M.C., 1999, Carlo Modeling of Amorphous Polymer Deformation: Evolution of Stress with Strain, *Amer. Chem. Soc.*, 32, 3795-3808.
26. Tinçer. T., Aras. L.. 1984. Temel ve Uygulamalı Polimer. Akovalı. G.. ed.. Polimerlerde Mekanik Özellikler ve Karakterizasyon. Ankara.

27. Richards, S.A., Sears, F.N., Wehr, M.R., Zemansky, M.W., 1974, Modern Üniversite Fiziği, çev.; Domaniç, F., Erdik, E., Zengin, N., cilt:1, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
28. Luzinov, I., Julthongpiput, D., Vinson, A.L., Cregger, T., Foster, M.D., Tsukruk, V.V., 2000, Epoxy-Terminated Self-Assembled Monolayers: Molecular Glues for Polymer Layers, Amer. Chem. Soc., 16, 504-516.



## ÖZGEÇMİŞ

16.06.1979 yılında Ordu'nun Ünye ilçesinde doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı ilçede tamamladı. 1995 yılında kazandığı Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl Cumhuriyet Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı. 2000 yılında aynı üniversitenin Kimya Mühendisliği Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen aynı bölümde görevini sürdürmektedir.



**T.C. YÜSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**