



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİLİKON MODİFİYE AKRİLİK REÇİNELERİN
ELDE EDİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU**

**Kim.Müh. Erdoğan KÜÇÜKOĞLU
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Kimyasal Teknolojiler Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Saadet PABUCCUOĞLU**

Aralık, 2005

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı İstanbul Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kimyasal Teknolojiler Anabilim Dalı Başkanı, çok değerli hocam, sayın Prof.Dr.Saadet PABUCCUOĞLU'na en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması sırasında değerli katkılarından dolayı sayın Ar.Gör. Dr. Işıl ACAR, sayın Yard.Doç.Dr. Tülin Banu İYİM ve diğer Kimyasal Teknolojiler Anabilim Dalı çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Rotta Kimya A.Ş. imkanlarından faydalanmamı sağlayan fabrika müdürüm sayın Sündüz FIRAT'a teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmamın uygulama kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezin tamamlanma aşamasına kadar geçen süre zarfında, karşılaştığım sıkıntı ve heyecanımı paylaşan eşim Nurten'e sevgilerimle teşekkür ederim.

Aralık, 2005

Erdoğan KÜÇÜKOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ	IV
TABLO LİSTESİ	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. TEZİN AMACI VE İÇERİĞİ	1
1.2. AKRİLİK REÇİNELERİN SİLİKON BİLEŞİKLERİYLE MODİFİYE EDİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.	2
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. AKRİLİK POLİMERLER.....	5
2.1.1. Fiziksel Özellikler	5
2.1.2. Mekanik ve Isıl Özellikler.....	6
2.1.3. Kimyasal Özellikler	6
2.2. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN ÜRETİLMESİ	7
2.3. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN SAĞLIK VE GÜVENLİK FAKTÖRLERİ.....	8
2.4. AKRİLİK ESTERLERİN ÜRETİLMESİ	8
2.5. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN POLİMERİZASYON YÖNTEMLERİ	8
2.5.1. Kütle Polimerizasyonu	9
2.5.2. Çözelti Polimerizasyonu	11
2.5.3. Emülsiyon Polimerizasyonu.....	13
2.6. AKRİLİK ESTERLERİN SAĞLIK VE GÜVENLİK FAKTÖRLERİ	15
2.7. AKRİLİK POLİMERLERİN EKONOMİK YÖNÜ VE KULLANIM ALANLARI	15
2.8. POLİAKRİLAT(POLİAKRİLİK) REÇİNELER	17
2.8.1. Termoplastik Polimetakrilat Reçineler	19
2.8.2. Termoset Polimetakrilat Reçineler.....	20
2.9. SİLİKON POLİMERLERİ.....	21
2.9.1. Silikon ve Silikon Reçinelerin Üretimi	22

2.9.2. Silikonların Kullanım Alanları.....	24
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	28
3.1. KİMYASAL MADDELER.....	28
3.2. DENEYSEL YÖNTEMLER.....	28
3.2.1. Makromer Üretimi	28
3.2.2. Silikon Akrilik Kopolimerlerin Üretimi.....	28
3.3. ANALİZ YÖNTEMLERİ VE CİHAZLAR.....	29
3.3.1. Filmlerin Hazırlanması	29
3.3.2. Filmlere Uygulanan Testler.....	29
3.3.2.1. Kuruma Zamanı	29
3.3.2.2. Sertlik.....	29
3.3.2.3. Yapışma(Adezyon).....	30
3.3.2.4. Parlaklık.....	30
3.3.2.5. Darbe Dayanımı.....	30
3.3.2.6. Su Dayanımı	30
3.3.2.7. Alkali Dayanımı.....	30
3.3.3. Cihazlar	31
3.3.3.1. Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi (FTIR).....	31
3.3.3.2. Differential Scanning Calorimetre (DSC).....	31
3.3.3.3. Termogravimetrik Analiz (TGA).....	31
3.3.3.4. Etüv.....	31
3.3.3.5. Vakum etüvü.....	31
4. BULGULAR.....	32
4.1. MAKROMER ELDE EDİLMESİ.....	32
4.2. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN ELDE EDİLMESİ.....	33
4.3. ÜRÜNLERİN FTIR ANALİZİ DENEMELERİ.....	34
4.4. ÜRÜNLERİN DSC ANALİZİ DENEMELERİ.....	34
4.5. ÜRÜNLERİN TGA DENEMELERİ	35
4.6. ÜRÜNLERİN FİLM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ DENEMELERİ.....	35
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	36
5.1. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN FTIR ANALİZİ.....	36
5.2. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN ISIL ÖZELLİKLERİ.....	40
5.2.1. DSC Analizi Sonuçları.....	40
5.2.2. TGA Sonuçları	41
5.3. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN FİLM ÖZELLİKLERİ	45
SONUÇLAR.....	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 5.1	: 2-HEMA, makromer (MK) ve Z-6018'e ait FTIR spektrumları.....	37
Şekil 5.2	: Ürünlere ait FTIR spektrumları (2000-400 cm ⁻¹ aralığı).....	38
Tablo 5.3	: Ürünlere ait FTIR spektrumları (4000-2000 cm ⁻¹ aralığı).....	39
Tablo 5.4	: Ürünlere ait DSC eğrileri.....	40
Tablo 5.5	: K-3EA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri.....	41
Tablo 5.6	: K-4EA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri.....	42
Tablo 5.7	: K-3MMA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri.....	43
Tablo 5.8	: K-4MMA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri.....	44

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	:Akrilik Polimerlerin Fiziksel Özellikleri	5
Tablo 2.2	:Akrilik Polimerlerin Mekanik Özellikleri.....	6
Tablo 5.1	:Silikon Modifiye Akrilik Kopolimer Filmlerinin Kuruma Testi Sonuçları.....	46
Tablo 5.2	:Silikon Akrilik Kopolimerlerin Sertlik Testi Sonuçları.....	47
Tablo 5.3	:Silikon Akrilik Kopolimerlerin Yapışma Testi Sonuçları	48
Tablo 5.4	:Silikon Akrilik Kopolimerlerin Parlaklık Testi Sonuçları	49
Tablo 5.5	:Silikon Akrilik Kopolimerlerin Darbe Dayanımı Testi Sonuçları	49
Tablo 5.6	:Silikon Akrilik Kopolimerlerin Su Dayanımı Testi Sonuçları	50
Tablo 5.7	:Silikon Akrilik Polimerlerin Alkali Dayanımı Testi Sonuçları.....	51

ÖZET

SİLİKON MODİFİYE AKRİLİK REÇİNELERİN ELDE EDİLMESİ VE KARAKTERİZASYONU

Bu tezde sunulan çalışmada; tekrarlanan birimlerde reaktif serbest hidroksil grubu içeren, ufak moleküllü, fenil siloksan yapısındaki silikon ön polimeri Z-6018 (Dow Corning ürünü) ve 2-Hidroksietilmetakrilat (2-HEMA) kullanılarak bir makromer hazırlanmıştır. Takiben elde edilen makromer, farklı tür ve farklı mol oranlarında akrilik monomerler (etilakrilat ve metilmetakrilat) ile kopolimerize edilerek yeni silikon modifiye akrilik kopolimerler hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin yapıları Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Isıl özellikleri ise DSC (Diferensiyel Taramalı Kalorimetre) ve TGA (Termogravimetrik analiz) yöntemleriyle incelenmiştir. Ayrıca, tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin, yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla; filmlere, sertlik derecesi, kuruma derecesi, parlaklık, darbe dayanımı, yapışma, su dayanımı ve alkali dayanımı testleri uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, sertlikleri yüksek, yapışabilirliği %100, parlak, çabuk kuruyan, alkali ve su dayanımları iyi filmler elde edilebildiği görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen yeni silikon akrilik kopolimerler yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirler.

SUMMARY

SYNTHESES AND CHARACTERISATION OF SILICONE MODIFIED

ACRYLIC RESINS

In this study new silicone modified acrylic resins, which could be employed in surface coatings, were prepared. Firstly, macromer (MK) was prepared from 2-HEMA and reactive siloxane prepolymer (Z-6018), which has hydroxyl groups at repeated units. Then, copolymerization of the MK and various acrylic monomers (ethylacrylate and methylmethacrylate) were attempted in the presence of toluene. The structure and thermal properties of the copolymers were determined with Fourier Transform Infrared Spektroskopy (FTIR), Differential Scanning Calorimetry (DSC) and thermogravimetric analyses (TGA). And also the usage of products were investigated as surface coating materials. The hardness, drying time, gloss, adhesion, water resistance and alkaline resistances tests were applied to the films and the results were compared. It was observed that the prepared films had high hardness degree, %100 adhesive, fast drying time, good water and alkaline resistances. As a result, the new silicon acrylic copolymers that prepared in this study can be used as surface coating materials.

1. GİRİŞ

1.1. TEZİN AMACI VE İÇERİĞİ

Silikon akrilik reçineler; esneklik, düşük yüzey gerilimi, mükemmel elektrik özellikler, iyi hava şartlarına dayanım gibi özelliklerinin yanı sıra radyasyon, ısı, nem ve kimyasal gibi çeşitli çevresel faktörlere karşı da direnç gösterirler. Bu özellikleri sebebiyle, spesifik kaplamalar gibi çok sayıda kullanım alanları mevcuttur. Günümüzde değişen ihtiyaçlar doğrultusunda, bu reçinelerin üretimi ve kullanımı konusunda yapılan çalışmalar hızla artmaktadır.

Bu tezde sunulan çalışmada; tekrarlanan birimlerde reaktif serbest hidroksil grubu içeren, ufak molekülü, fenil siloksan yapısındaki silikon ön polimeri Z-6018 (Dow Corning ürünü) ve 2-Hidroksietilmetakrilat (2-HEMA) kullanılarak bir makromer hazırlanmıştır. Takiben elde edilen makromer, farklı tür ve farklı mol oranlarında akrilik monomerler (etilakrilat ve metilmetakrilat) ile kopolimerize edilerek yeni silikon modifiye akrilik kopolimerler hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin yapıları Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Isıl özellikleri ise DSC (Diferensiyel Taramalı Kalorimetre) ve TGA (Termogravimetrik analiz) yöntemleriyle incelenmiştir. Ayrıca, tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin, yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla; filmlere, sertlik derecesi, kuruma derecesi, parlaklık, darbe dayanımı, yapışma, su dayanımı ve alkali dayanımı testleri uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, sertlikleri yüksek, yapışabilirliği %100, parlak, çabuk kuruyan, alkali ve su dayanımları iyi filmler elde edilebildiği görülmüştür. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen yeni silikon akrilik kopolimerler yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilir.

1.2. AKRİLİK REÇİNELERİN SİLİKON BİLEŞİKLERİYLE MODİFİYE EDİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.

Silikon modifiye akrilik reçinelerin üretimi ve uygulamaları konusu ile ilgili yapılan kaynak araştırması sonucunda elde edilen çalışmalar kısaca aşağıda belirtilmiştir.

Silikonize edilmiş akrilat monomeri içeren iki farklı türde multifonksiyonel kopolimer sentezlenmiştir. Bu amaçla polisiloksan içeren akrilik monomerler ile amin veya karboksilik asid gibi fonksiyonel gruplu akrilik monomerlerin reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen kopolimerlerin yapıları H NMR ile, metal yüzeyindeki adsorbsiyon davranışları ise elektron mikroskopu ile karakterize edilmiştir. Bu kaplamaların, mineral yağ içindeki çözeltileri, yağlayıcı olarak kullanılabilir. Ayrıca bu kopolimerlerin viskozite iyileştirici özellikleri de bulunmaktadır [1].

Silikon akrilik kopolimerler üzerine yapılan çalışmada, polisiloksan içerikli kopolimerler sentezlenmiş ve karakterize edilmiştir. Elde edilen kopolimerler, emülsiyeye edici olarak kullanılmıştır. Bu emülsiyonlar mükemmel köpük kesici özellik sergilemişlerdir. Nötrleştirilmiş kopolimerler, suda yağ emülsiyonları oluşturmak üzere, silikon yağını emülsiyeye etmek için emülsifiyan olarak da kullanılmışlardır [2].

Konuyla ilgili yapılan bir başka çalışmada da, silikon akrilat lateks sentezlenmiş ve film özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, akrilik monomerler olarak; bütül akrilat, metil metakrilat, metakrilik asit, silikon monomerler olarak da; okto metiltetrasiklosiloksan ve metakriloksipropil trimeoksisilan kullanılmıştır. Kopolimerizasyonda, metakriloksipropil trimeoksisilan içeriğinin artması film sertliğinin artmasına sebep olmuştur [3].

Yapı malzemelerinde kullanılmak üzere silikon akrilik reçine sentezlenmiştir. Bu amaçla başlangıç maddeleri olarak; n-butül akrilat, metil metakrilat, n-butül metakrilat ve 3-metakriloksipropiltrimetoksisilan (MPTS) kullanılmıştır. Silikon içeriği arttıkça

ortalama molekül ağırlığının ve viskozitenin arttığı ve yüksek sıcaklıklarda termal stabilite özelliklerinin iyileştiği görülmüştür. Ağırlıkça %30 oranında MPTS içeren silikon akrilik reçineden yapılan kaplama malzemelerin hava geçirgenliklerinin iyi olduğu belirtilmiştir [4].

Yapılan bir diğer çalışmada da, üç reaktif metoksi grubu ve bir epoksi grubu içeren 3-glisidoksipropiltrimetoksisilan yapısındaki Z-6040 ile 2-Hidroksietilmetakrilat (2-HEMA)'nın reaksiyonundan metoksisilan akrilat monomeri hazırlanmıştır. Takiben hazırlanan metoksisilan akrilat monomeri ve metilmetakrilat kullanılarak bir kopolimer sentezlenmiştir. Ürünün yapısal özellikleri FTIR, TGA ve NMR kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca kopolimerden hazırlanan filmlerin UV ile çapraz bağlanma özellikleri incelenmiştir [5].

Silikon poliakrilat kompozit lateks partiküllerin oluşumu ve bu ürünlerin film özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, poli(dimetilsiloksan), oktametil siklo tetrasiloksan ve tetrametil tetravinil siklo tetrasiloksan, metilmetakrilat ve butil akrilat kullanılmıştır. Öncelikle, lateks partiküllerinin çekirdekleri sentezlenmiş, takiben çekirdeklerin büyümesini sağlamak için polimerizasyon gerçekleştirilmiştir. Ürünlerin karakterizasyonu amacıyla da, partikül boyutu ölçümü, yüzey aktif madde adsorpsiyonu ölçümü, film oluşumu ve DSC analizleri gerçekleştirilmiştir [6].

Silikon modifiye susuz akrilik polimer dispersiyonlarının film özelliklerinin incelendiği çalışmada, akrilik ve stiren monomerleri ile γ -metakriloksipropil trimetoksisilan'ın polimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. Takiben ürünlerin çapraz bağlanma karakteristikleri, dinamik viskoelastik davranışı, mekanik özellikleri ve hava şartlarına dayanımı incelenmiştir [7].

Hava şartlarına dayanıklı silikon akrilik yüzey örtü maddelerinin hazırlandığı ve karakterize edildiği çalışmada ise, n-butil akrilat, metil metakrilat, n-butilmetakrilat ve 3-metakriloksitrimetoksisilan gibi monomerlerin katılma polimerizasyonu ile reçine hazırlanmıştır. Takiben sentezlenmiş reçine ve TiO_2 'nin harmanlanması ile havaya karşı dayanıklı silikon akrilik reçine yüzey örtü maddeleri hazırlanmıştır. Bu sentezlenmiş reçinelerde 3-metakriloksitrimetoksisilan içeriği arttıkça; viskozitenin

azaldığı, oysa yüksek sıcaklıklarda termal stabilitenin arttığı görülmüştür. Ayrıca hazırlanmış yüzey örtü maddelerinin çeşitli yüzeylere mükemmel yapışma özelliği gösterdiği ve tatmin edici fiziksel özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir [8].

Yapılan bu çalışmada ise, kaynaklarda bulunan çalışmalardan farklı olarak ilk defa; tekrarlanan birimlerde reaktif serbest hidroksil grubu içeren, ufak moleküllü, fenil siloksan yapısındaki silikon ön polimeri Z-6018 (Dow Corning ürünü) ve 2-Hidroksietilmetakrilat (2-HEMA) kullanılarak bir makromer hazırlanmıştır. Takiben elde edilen makromer farklı tür ve farklı mol oranlarında akrilik monomerler (etilakrilat ve metilmetakrilat) ile kopolimerize edilerek yeni silikon modifiye akrilik kopolimerler hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin yapıları Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) ile aydınlatılmaya çalışılmıştır. Isıl özellikleri ise DSC (Diferensiyel Taramalı Kalorimetre) ve TGA (Termogravimetrik analiz) yöntemiyle incelenmiştir. Ayrıca, tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin, yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla; filmlere, sertlik derecesi, kuruma derecesi, parlaklık, darbe dayanımı, yapışma, su dayanımı ve alkali dayanımı testleri uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. AKRİLİK POLİMERLER

Akrilik polimerler genellikle akrilik asit ve metil akrilik asit esterlerinden elde edilirler. Akrilik ester yapısındaki monomerler, asetilen, karbon monoksit ve metanol veya etanolün nikel katalizörlü reaksiyonuyla elde edilirler. Reaksiyon 30-50°C sıcaklıkta ve atmosferik basınçta yapılır. Reaksiyon verimi %80-90 arasındadır[9]. Akrilik esterlerin kimyasal yapısı $CH_2CHCOOR$ şeklinde gösterilmektedir. R grubu her bir estere ve polimerlere ait formları içerir. Akrilik esaslı polimerler şeffaf açık renktedirler ve kararlılıkları yüksektir. Bu özellikleri ile diğer polimerlerden ayrılırlar. Akrilik monomerler yaygın olarak kullanılan diğer monomere göre daha pahalı olmalarına rağmen, benzersiz karakteristikleri ve verimlerinin iyi olması sebebiyle yüksek kalitedeki ürünlerin imalatında kullanılırlar[10].

2.1.1. Fiziksel Özellikler

Akrilik ester polimerlerin özellikleri alkol yapıdaki radikale ve polimerin molekül ağırlığına bağlıdır. Polimerik sistemlerin tipik özelliğine göre, akrilik polimerlerin mekaniksel özellikleri, molekül ağırlığı arttıkça artar; bunun yanında amorf polimerler için çoğunlukla 100.000-200.000 civarındaki kritik molekül ağırlığı aşıldığında, bu artış azalır[10].

Tablo 2.1: Akrilik Polimerlerin Fiziksel Özellikleri

Polimer	Camsı Geçiş Sıcaklığı T _g (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)	Çözünürlük Parametresi (J/ cm ³) ^{1/2}	Kırılma İndisi (n _D)
metil akrilat	6	1.22	4.7	1.479
etil akrilat	-24	1.12	4.5	1.464
n-butil akrilat	-55	1.08	4.3	1.474
metil metakrilat	105	1.17	4.5	-
etil metakrilat	65	1.12	4.4	-
butil metakrilat	20	1.055	4.3	-

2.1.2. Mekanik ve Isıl Özellikler

Poli(metilakrilat)'ın oda sıcaklığında yapışkanlık özelliği çok azdır veya hiç yoktur. Bu polimer; sıkı, lastiksi, daha yumuşak, daha esnektir. Halbuki poli(bütül akrilat) yumuşaktır ve çok daha fazla yapışkandır. Tablo 2.2'de akrilik polimerlerin mekaniksel özellikleri verilmiştir[10].

Tablo 2.2: Akrilik Polimerlerin Mekanik Özellikleri

Poliakrilat	Uzama %	Gerilme Direnci kPa (psi)
metil	750	6895 (1000)
etil	1800	228 (33)
butil	2000	21 (3)

Akrilik polimerlerin çözünürlüğü; yapısındaki alkol türevi yapıdan etkilenir. Kısa yan zincirler içeren akrilat polimerler nispeten polardır ve ketonlar, esterler veya eter alkoller gibi polar çözücülerde çözünürler. Yan zincir uzadıkça, polimerler daha az polarlaşır ve aromatikler veya alifatik hidrokarbonlar gibi polar olmayan çözücülerde çözünmezler. Çözünürlük parametreleri molokülün kohezif enerjisinin ölçümüdür. Polimer çözeltilisinin viskozitesi, çözeltilinin konsantrasyonuna, polimerin moleküler ağırlığına, çözeltilinin bileşimine ve sıcaklığa bağlıdır[10].

2.1.3. Kimyasal Özellikler

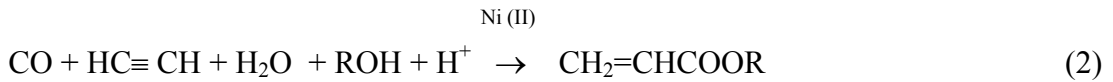
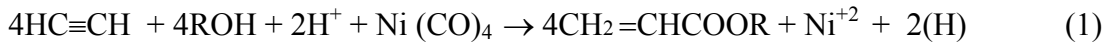
Akrilik polimerler ve kopolimerler; polivinil asetat ve vinil asetat kopolimerlerine göre asidik ve alkali hidrolizlerin her ikisine de daha dirençlidirler. Serideki hidroliz olmaya en yatkın poli(metil akrilat) bile, poli(vinil asetat)'a göre alkaliye daha fazla dirençlidir. Akrilik kopolimer emülsiyonlarının hidrolizlerinin başlangıç hızları, vinil asetat kopolimerlerine göre önemli ölçüde düşüktür. Bütül akrilat kopolimerleri, etil akrilat kopolimerlerine göre daha kararlıdır. Akrilik polimerler; UV bozunmasına karşı dirençlidir. Akriliklerin ilk UV absorpsiyonu 290 nm'de ortaya çıkmaktadır. O-hidroksibenzofenon gibi soğurucu bileşikler, UV kararlılığını artırır. Bu şartlar

altında, akrilik polimerler bozunmaya karşı üstün bir dirence sahip olurlar ve dikkate değer ölçüde kendi orijinal özelliklerini muhafaza ederler[10].

2.2. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN ÜRETİLMESİ

Monomerik akrilik esterlerin üretilmesi için iki temel proses kullanılır: Yarı katalitik Reppe prosesi ve propilen oksidasyon prosesi. Daha yeni olan propilen oksidasyon prosesi ekonomik ve güvenli olması nedeniyle tercih edilir[10].

Reppe prosesi (1) denkleminde tanımlandığı gibi stokiometrik reaksiyon esaslıdır. Uygun şartlar altında reaksiyon, karbonmonoksitin kaynağı olarak nikel karbonilin kullanımı ile başlar. Nikel tuzlarını kullanarak gerçekleştirilen yüksek sıcaklık, yüksek basınç katalitik reaksiyonu da (2) bilinmektedir[10].



Yarı katalitik Reppe prosesinde önce stokiometrik oranlara bağlı kalınarak proses kurulur, sonra katalitik proses, karbonmonoksit, asetilen, su, alkol ve asitin kontrollü olarak beslenmesiyle başlatılır. Karbonmonoksit bir başlatıcı olarak işlem görür. Propilen oksidasyon prosesinde istim ortamında yüksek sıcaklıkta propilen buharının katalitik oksidasyonu ile ilk önce akrolein oluşur (3), akrolein sonra akrilik asite okside olur (4) [10].



2.3. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN SAĞLIK VE GÜVENLİK FAKTÖRLERİ

Akrilik monomerler, eğitimli personelin bilgisi dahilinde, güvenli bir şekilde muhafaza edilmelidirler. Likit metil ve etil akrilat yutulduğunda, göze kaçtığına, deriyle temas ettiğinde orta şiddetli toksik özellik gösterir. Gözle teması en ciddi tehlikedir. Metil ve etil akrilat orta şiddetli göz yaşırtıcıdır ve solunum sistemine zarar verirler. Öldürücü veya öldürücüye yakın konsantrasyonlardaki metil ve etil akrilatın buharına defalarca maruz kalan hayvanların karaciğerinde, böbreklerinde ve kalp kaslarında dejeneratif değişikliklerin meydana geldiği saptanmıştır. Bazı bireyler akrilik monomerlere göz iltihabı, baş ağrısı ve deri döküntüsü gibi alerjik reaksiyonlar gösterirler[10].

Normal uygulamalarda akrilik monomerler ile çalışırken, buhara maruz kalmayı en aza indirmek için iyi bir havalandırma sistemi kurulmalı, dayanıklı gözlükler takılmalı ve deri ile teması önleyen koruyucu kıyafet giyilmelidir. Bu monomerleri kullanmadan önce bu faktörler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır[10].

2.4. AKRİLİK ESTERLERİN ÜRETİLMESİ

Ticari amaçlı hazırlanan akrilik polimerlerin büyük bir bölümü akrilik ester monomerlerin bir veya daha fazla farklı monomerle yaptığı kopolimerler sonucunda oluşur. Kopolimerizasyon; elde edilebilir polimer ürünlerin sayısını önemli ölçüde artırır ve geniş çapta uygulamalar için uygun bazı reçinelerin geliştirilmesini sağlar. Genellikle; akrilik monomerler serbest radikal prosesleriyle birbirleriyle veya diğer pek çok monomerle hemen kopolimerize olurlar[10].

2.5. AKRİLİK ESTER MONOMERLERİN POLİMERİZASYON YÖNTEMLERİ

Akrilik polimerler; akrilik monomerlerinin serbest radikal polimerizasyonu ile elde edilirler. Polimerizasyon genellikle; kütle polimerizasyonu, çözelti polimerizasyonu ve emülsiyon polimerizasyonu ile yapılır. Belirtilen polimerizasyon türlerinin seçimi elde edilecek ürünün cinsine ve uygulanmasına bağlıdır. Elde edilecek olan ürünün fiziksel özellikleri ve ortalama molekül ağırlıkları akrilik monomerin cinsine ve reaksiyon

şartlarına bağlıdır[9]. Akiriklik monomerler, diğer başlatıcı türler olmaksızın ısı uygulandığı zaman çözültide veya katıda hemen polimerize olmazlar. Akiriklik monomerlerin polimerizasyonunu başlatmak için genellikle azo bileşikleri veya peroksitler gibi organik başlatıcılar kullanılır[10].

2.5.1. Kütle Polimerizasyonu

Monomeri, polimere dönüştürmek için uygulanan en basit tekniktir. Yöntemin esası; seyreltilmemiş monomerin doğrudan doğruya veya katalizör ilavesi ile polimerizasyonuna dayanır. Monomer-katalizör karışımı, polimerizasyon kabının şekli tarafından kontrol edilen katı bir şekilde polimerize olabileceğinden, bu teknik doğrudan döküm hazırlanmasını mümkün kılması bakımından kullanışlı bir tekniktir. Kondenzasyon polimerizasyonuna uğratılan monomerler genellikle bu yöntemle polimerleştirilirler. Ancak radikal polimerizasyonlarında, kütle polimerizasyonunu denetlemek güçtür. Bu tür polimerizasyonlar oldukça ekzotermiktir. Düşük dönüşümlerde bile viskozitenin büyümesi karıştırmayı güçleştireceği için, sıcaklık denetimi zordur. Kütle içinde oluşan bölgesel sıcak noktalarda, polimerik ürünün rengi koyulaşarak bozunur. Polimerde zincir transferi nedeniyle molekül ağırlığı dağılımı genişler. Ancak, dikkatli uygulandığında safsızlık, hava kabarcıkları, çatlak ve bozukluklar göstermeyen, optikçe berrak polimerler elde etmek mümkündür.

Akirikliklerin kütle polimerizasyonunda, çözücü kullanılmaz ve monomerin kendisi çözücü olarak hareket eder. Kütle polimerizasyonu ile levha, çubuk ve boru yapımında kullanılan akiriklik polimerleri elde edilir. Ayrıca küçük çapta diş ve biyolojik numunelerin saklanması için kullanılan akiriklik polimerleri de kütle polimerizasyonu ile elde edilir. Akiriklik döküm; yarı polimerize olmuş monomeri kalıplara dökerek yapılı ve polimerizasyon kalıpta tamamlanır. Akiriklik kütle polimerizasyonu ile poli(metil metakrilat) ve metil metakrilat kopolimerleri elde edilir. Farklı monomerlerle yapılan kopolimerizasyon ve plastifiyan katılması ürünün özelliklerini değiştirebilir. N-butil metakrilat veya yüksek metakrilat esterleriyle olan kopolimerizasyon veya dibütül ftalat katılması, ısıyla bozulma sıcaklığını düşürür. Akiriklik levhayı şekillendirirken bu özelliklerinden faydalanarak düşük sıcaklıkta çalışma mümkün olmaktadır. Fakat bu özelliklerden faydalanırken sertlik ve diş etkilere karşı dayanıklılık gibi özelliklerden bir miktar fedakârlık yapmak gerekir. Poli(metilmetakrilat)'ın α -metil stiren ile olan

kopolimerizasyonu ile, daha sert ve bozunma sıcaklığı daha yüksek olan bir polimer elde edilir. Sisteme; etilen dimetakrilat katkısıyla dökümün çözücüye olan direnci arttırılır. Ayrıca bir miktar stearik asit katkısı akriliğin kalıptan kolay çıkmasını sağlar. Polimerizasyon ilerledikçe hacimde bir düşme olur. Bu yüzden kalıp yapılırken bu durum dikkate alınmalıdır. 25°C’de metil metakrilat’ın homopolimer olarak meydana gelmesi esnasında büzülme oranı % 21’dir. Mükemmel kalitedeki dökümler doğrudan doğruya monomerik metil metakrilattan elde edilmesine rağmen, aşağıdaki sebeplerden dolayı döküm şurubu kullanılır:

- Monomerin bir kısmı önceden polimer haline getirildiğinden büzülme oranı azdır.
- Pişme süresi azdır.
- Malzemenin kalıptan kaçma tehlikesi yoktur.
- Monomer içerisinde çözülmüş olarak bulunan oksijenin inhibitör özelliği bertaraf edilir.

Dökümü doğrudan doğruya monomerden elde etmenin en büyük özelliği çok iyi optik özelliğe sahip ürün elde edilmesidir. Fakat monomerde çözülmüş halde bulunan oksijen ve diğer gazların bertaraf edilmesi gerekir. Aksi halde akrilik levha içerisinde kabarcıklar kalır. Akrilik şurubu; polimerin monomer içerisinde çözünmesiyle elde edilir. Ticari şuruplar, monomerin % 0.02-0.1 oranında benzoil peroksit veya azo-bis-izobütironitril ile dikkatlice ısıtılması ve sabit bir hızla karıştırılmasıyla elde edilir. Şurubun dökümü için kalıplar iki parçadan ibarettir. Kalıba, katalizör, plastifiyan ve renk verici maddeler ile şurup katılarak doldurulur. Takiben kalıp yatay duruma getirilir ve fırına pişmek üzere gönderilir. Döküm akrilik levha; sıcak hava dolaştırılan belirli bir programa göre pişirilir. İlk sıcaklık 45°C ve son sıcaklık 90°C civarındadır. Levhalar soğutulduktan sonra ayrılırlar ve kısa bir süre 140-145°C’ de ısıyla muamele edilirler. Pişirme süresi 45-90° sıcaklık aralığında 12-16 saattir. Süre akrilik levhanın kalınlığı ile doğru orantılı olarak artar. Döküm, yağ veya su banyosunda veya otoklavda yapılır. Havada yapılan polimerizasyonda polimerizasyon ısısı, sıcaklığı monomerin kaynama sıcaklığının üzerine çıkartır. Oluşan kabarcıklar dökümün sonuna doğru sistemi tamamen terk eder. Bir sıvı banyosunun kullanılması daha uygundur. Çünkü oluşan ısı sıvı tarafından alınır ve kabarcıklar oluşamaz. Otoklavda yapılan polimerizasyonda basınç 5-7 kg/cm² arasındadır. Sıcaklık monomerin kaynama sıcaklığının altındadır[9].

2.5.2. Çözelti Polimerizasyonu

Çözelti polimerizasyonunda; monomer, reaksiyon sıcaklığını kontrol eden inert bir sıvı tarafından seyreltilir. Üretim; monomer, çözücü ve katalizör veya başlatıcının reaktöre yüklenip istenilen dönüşüme kadar ısıtılması ve reaksiyona girmemiş çözücünün vakum veya su buharı destilasyonu ile uzaklaştırılması şeklinde uygulanmaktadır. Çözücü, polimerizasyon ortamını seyrelttiği için vizkozite düşer, karıştırma kolaylaşır ve daha etkin bir ısı transferi sağlanabilir. Reaksiyon ısı, çözücünün buharlaştırılıp, soğutulup ortama tekrar geri döndürülmesi ile daha iyi kontrol edilebilmektedir. Bu teknik; eğer çözücü uygun olarak seçilirse, döküm veya elyaf çekmek için uygun bir polimer çözeltisi verir. Ortama katılan çözücü, avantajları yanında bazı sorunlar da meydana getirebilir. Zira birçok çözücü, zincir transfer vasıtası olarak etki yaptığı ve böylece polimerin molekül ağırlığını düşürdüğü için polimerizasyon derecesini etkiler. Bu etki; polimerin molekül ağırlığını kontrol etmek amacıyla olumlu yönde kullanılabilirse de genellikle yüksek molekül ağırlıklı polimerlerin üretiminde bir problem olarak ortaya çıkabilir. Bu durumda, çözücü olarak zincir transfer sabiti küçük olan maddeler seçilmelidir. Çözücülü ortamın kaynama noktası, sistemin yükselebileceği en yüksek sıcaklık olduğundan, reaksiyon hızı bir miktar azalır. Dolayısıyla çözücünün cinsi ve monomer konsantrasyonu çok önemlidir. Ürünün genellikle düşük molekül ağırlığına sahip olması ve saf polimerin elde edilmesinde çözücünün tamamının uzaklaştırılmasındaki güçlükler bu yöntemin dezavantajlarıdır. Akrilik polimer ve kopolimerlerin çözeltileri, termoplastik yüzey kaplama, yapıştırıcı, laminasyon malzemesi olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Termosetlere dönüşebilir akrilik çözeltileri, sisteme reaktif fonksiyonel grup taşıyan monomerlerin ilavesi ile elde edilirler. Bu polimer sistemleri otomobil boyası ve ev aletleri boyası, kâğıt, tekstil ve cam için bağlayıcı olarak kullanılırlar[9].

Çözeltiler, kütle halindeki polimerden elde edilebileceği gibi çözelti polimerizasyonu ile de elde edilebilirler. Kütle halindeki polimerin çözünmesi pek kolay değildir. Çözelti polimerizasyonu ile elde edilen çözeltinin ortalama molekül ağırlığı düşük olmasına karşın, yukarıda bahsedilen kullanım alanları için böyle bir çözeltiliye ihtiyaç vardır.

Akrilik esterlerinin çözelti polimerizasyonu, 3-4 kg/cm² basınca dayanan paslanmaz çelik veya cam kaplı silindirik kaplarda yapılır. Reaktör çeşitli viskozitedeki çözeltileri karıştırabilen bir karıştırıcı içermektedir. Polimerizasyon reaksiyonunda açığa çıkan ısı reaksiyona giren maddelerin yavaş yavaş ilavesi ile kontrol edilir. Akrilik monomerlerin çözelti polimerizasyonlarıyla çözünebilen akrilik polimerleri oluşturmaları önemli bir ticari prosestir. Genellikle düşük alkollerin poliakrilat esterleri aromatik hidrokarbonlarda, esterlerde, ketonlarda ve klorohidrokarbonlarda çözünürler. Alifatik hidrokarbonlarda eterlerde ve alkollerde ya az çözünür ya da hiç çözünmezler. Yüksek polialkilakrilatlar genellikle oksitlenmiş organik çözeltilerde çözünmezler, fakat alifatik aromatik hidrokarbonlarla klorohidrokarbonlarda çözünürler[10].

Sabit şartlar altında hazırlanmış polimer çözeltisinin viskozitesi, çözücünün yapısına göre değişkenlik gösterir. Bu çeşitli derecelerdeki zincir transfer aktivitesinin sonucudur. Bu durum çeşitli miktarlarda zincir transfer reaktifinin kullanılmasından ileri gelmektedir. Çözelti polimerizasyonu ile hazırlanan polimerlerin ortalama molekül ağırlıkları monomer-çözücü oranından etkilenir; yüksek oran demek yüksek molekül ağırlıklı polimer demektir. Çözelti polimerizasyonu için kullanılan başlatıcıların tipi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörler; kullanılan çözeltideki inhibitörün çözünürlüğü, başlatıcının ayrışma hızı ve polimerin kullanım alanıdır. Başlatıcı farklı miktarlarda kullanılabilir. Başlatıcı miktarı azaltıldığında, monomerin birim ağırlığında daha az polimer zincirin başlatıcısı olması sonucunda polimerin ortalama molekül ağırlığı artar. Organik peroksitler, hidroperoksitler ve azo bileşikleri akrilik polimerlerin hazırlanması için en çok kullanılan başlatıcılardır. Bir polimerin ortalama molekül ağırlığı, büyüyen radikal zincirlerin aktivitesini sona erdiren zincir transfer reaktifi ile de kontrol edilebilir. Klorlu alifatik bileşikler ve tioller akrilik polimerlerin ortalama molekül ağırlığının kontrol edilmesinde zincir transfer reaktifleridir. Akrilik esterlerin çözelti polimerizasyonları genellikle geniş paslanmaz çelik, nikel veya basınca dayanıklı (en az 446 kPa) cam astarlı silindirik reaksiyon sistemlerinde yapılır. 10 Pa.s kadar viskozitedeki çözeltiler için çapa tipi karıştırıcılar, daha yüksek viskozitedeki çözeltiler için düşük hızda şerit karıştırıcılar kullanılır. Büyük hacimli kazan tipi reaktörlerde bıçak ağızlı türbin karıştırıcılar kullanılır. Reaktörler genel olarak buhar, sıcak su ısıtma ve soğutma, ceket, soğutucu sistemi, kapak, gözetleme camı, sıcaklık ölçer ve emniyet ventili, reaktörün alt kısmında ise reaksiyon karışımlarının boşaltılması için kullanılan

vana sistemi içermektedir. Genellikle monomerler kazana yakın konumdaki tartım ve ölçüm tanklarından ilave edilir. Monomerin ilave edilme hızı geri soğutucuda suyla ve soğutma ceketinde kısmi akışla ısının uzaklaştırılmasına olanak sağlayacak şekilde ayarlanır. Ceketteki akış yanlış besleme oranlarında veya beklenmedik durumlarda polimerizasyonu kontrol etmek için arttırılabilir. Eğer soğutma yetersiz gelirse sürekli olarak inhibitör eklenerek polimerizasyon durdurulur. Organik peroksitlerin veya azo bileşiklerinin monomerlerinin ağırlıkça % 0.02-2.0'si olan başlatıcılar reaksiyon çözeltisinde çözünürler ve ayrı olarak kazana beslenirler. Oksijen, akrilik polimerizasyonların inhibitörü olduğundan ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Bu nedenle polimerizasyon N_2 veya CO_2 gibi inert bir gaz ortamında gerçekleştirilir. Polimerizasyon süresi genellikle 8-24 saattir[10].

2.5.3. Emülsiyon Polimerizasyonu

Emülsiyon polimerizasyonu akrilik polimerlerin hazırlanmasında kullanılan en önemli endüstriyel yöntemdir. Emülsiyon polimerizasyonu için reaksiyon karışımında olması gerekenler; su, suda çözünebilir başlatıcı ve yüzey aktif maddedir. Bu sistemde su bir taşıyıcı olarak rol oynamaktadır. Ortama ilave edilen yüzey aktif madde (emülsiyon vasıtası, emülgatör); suda monomer damlacığı emülsiyonu oluşturmaya yardımcı olmak ve miselleri oluşturmak gibi iki önemli rol oynar. Emülgatörler; misel adı verilen küçük kolloidal tanecikler oluşturmak üzere toplanırlar. Monomerlerin küçük bir kısmı, bu misellein içine difüzenir, büyük bir kısmı da damlacıklar halinde disperse olur. Suda çözünen başlatıcı sitemin termal bozunması sonucu oluşan radikaller, monomere zengin misellerin içine difüzenerek, polimerizasyonu başlatırlar. Misellerin içindeki monomerler tükendikçe, depo görevi yapan monomer damlacıklarından misellere doğru bir difüzyon gerçekleşir. Miseller, polimer partikülleri büyüdükçe parçalanırlar. Emülgatörler, polimer taneciklerinin yüzeyine adsorplanırlar ve çok ince taneli stabil bir lateks meydana gelir. Akrilik dispersiyon polimerlerin partikül büyüklüğü yaklaşık $0.10\mu m - 1\mu m$ 'dir[10].

Emülsiyon polimerizasyonu iki farklı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu yöntemler; "Redoks yöntemi" ve "Geri akış yöntemi"dir. Redoks yönteminde, su emülgatör ve monomerden oluşan şarj reaktöre yüklenir. Azot atmosferi sağlandıktan sonra, başlatıcı

(persülfatlar), başlatıcı yardımcı maddeleri (sodyum bisüfit, tiyosülfat) ve aktivatör (demir amonyum sülfat) katılır. Reaksiyon kısa bir süre sonra tamamlanır. Geri akış yönteminde ise; emülgatör ve başlatıcı içeren suyun yarısı reaktöre konur ve reaksiyon karışımı reaksiyon sıcaklığına kadar ısıtılır. Takiben suyun diğer yarısı içinde emülsiyon haline getirilmiş olan monomer reaktöre ilave edilir[9].

Diğer polimerizasyon yöntemlerine göre emülsiyon polimerizasyonun pek çok avantajı vardır. Polimerizasyonlar genelde hızlıdır ve düşük viskoziteli sistemlerde yüksek molekül ağırlıklı polimerler verirler. Viskoz polimer çözeltilerinde karşılaşılan karıştırma güçlüğü, kütle iletimi ve ısı iletimi gibi zorluklar sıvı sistemlerde büyük oranda azalmaktadır. Ayrıca güvenlik tehlikeleri ve yanıcı çözücülerin kullanımı bertaraf edilmiş olur. Emülsiyon polimerizasyonunda kullanılan yüzey aktif maddeler, sadece polimerizasyonu ilerletmek için değil aynı zamanda dispersiyonu daha stabil hale getirmek amacıyla da kullanılırlar. Akrilik emülsiyon polimerizasyonlar için genellikle alkil sülfatlar, alkilarensülfatlar ve fosfatlar gibi non-iyonik yüzey aktif maddeler kullanılır. Anyonik ve non-iyonik yüzey aktif maddeler de çokça kullanılmaktadır. Akrilatlar'ın emülsiyon polimerizasyonları için başlatıcı olarak amonyum veya sodyum persülfat gibi suda çözünebilen peroksit tuzları kullanılır. Başlatıcı maddeler persülfat anyondan termal veya redoks bölünmeler sonucunda oluşan radikal sülfat anyonlardır. Redoks başlatıcılı sistemler ile termal başlatıcılı sistemlerden (75-90°C) çok daha düşük sıcaklıklarda (20-60°C) hızlı polimerizasyon yapmak mümkündür. Endüstriyel emülsiyon polimerizasyonları genellikle en az 446 kPa iç basınca dayanıklı şekilde tasarlanmış olan ceketli paslanmaz çelik veya cam astarlı kazan tipi reaktörlerde gerçekleştirilirler. Temizliği daha kolay olduğundan cam astarlı sistemler tercih edilir. Karıştırıcılar reaktörle aynı malzemedendir yapılmıştır. Karıştırma kontrolü, karıştırma devirleri ayarlanılabilen sistemlerle sağlanır. Reaktanların sıcaklığı buhar dolaşımı ve ceketteki soğuk suyla kontrol altına alınır. Emülsiyon monomerler için besleme akışı reaktörün üstünden olur. Besleme akışları ayrıca sulu çözeltiler, başlatıcı veya aktivatörler eklemek için reaktörün tabanından da sağlanır. Reaktörlere ilave kontrol cihazları olarak sıcaklık ölçer, manometre, gözetleme camı ve emniyet ventili eklenebilir. Basit bir paslanmaz çelikten yapılmış tank, oluşan polimerize emülsiyonu almak için kullanılır ve emülsiyonu ambalajlanana kadar muhafaza eder. Bu tank aynı zamanda koruyucular, kalınlaştırıcılar eklendiğinde ve karıştırma operasyonu

uygulandığında katı madde içeriğini ve pH'ı ayarlamak için kullanılır. Tanklardaki soğutma ceketini sıcak dispersiyonun boşaltılmasını sağlayarak kazanın verimini artırır. Soğutulan dispersiyon ambalajlanmadan önce kaba bir filtreden geçirilir. Emülsiyon akrilik polimer ve kopolimerlerinin çok geniş bir kullanım alanı vardır. Tekstil sanayi için bağlayıcı, kağıt ve deri sanayileri için kaplama, yüzey örtü maddeleri sanayiinde ise termoplastik ve termoset koruyucu kaplama, döşeme cilası, yapıştırıcı ve contalar için elastomer olarak kullanılır[10].

2.6. AKRİLİK ESTERLERİN SAĞLIK VE GÜVENLİK FAKTÖRLERİ

Akrilik polimerlerin toksik olmadığı düşünülerek ambalajlamada ve gıda muhafazasında kullanılmasına müsaade edilmiştir. Akrilik çözelti polimerleri yanıcı karışımlar gibi davranırlar. Dispersiyon polimerleri ise yanıcı değildir. Bu yüzden akrilikleri depolarken veya akriliklerle çalışırken dikkat etmek gerekir. Akrilikler, alkaliler, oksitleyici olmayan asitler, tuzlu su, fotoğraf banyoları ve suyun sertliğini gidermede kullanılan kimyasal maddelerce etkilenmez[10].

2.7. AKRİLİK POLİMERLERİN EKONOMİK YÖNÜ VE KULLANIM ALANLARI

A.B.D.'nin akrilik monomer üretimi 350.000 ton olmuştur. Dünya çapında yapılan üretim ise bunun yaklaşık 2 katıdır. Batı Avrupa ve Japonya en büyük akrilik monomer üreticilerdendir. A.B.D. başta olmak üzere, Batı Avrupa 20.000 ton monomer ihraç etmektedir. A.B.D.'nin akrilik monomer üretiminin %47'si etil akrilat, %22'si bütül akrilatdır. Akrilik monomerlerin % 45'i yüzey kaplamada, %25'i tekstilde, %6'sı akrilik asit olarak, %5'i elyaf sanayiinde, %5'i parlaticılarda, %5'i kağıt sanayiinde, %3'ü dericilikte kullanılmaktadır[10].

Akrilik polimerler çok dayanıklı, çok yönlü olmaları nedeniyle çok sayıda ve değişik uygulamalarda öncelikli olarak tercih edilirler. Akrilik ester monomerlerin saklanma kolaylıkları ve metakrilatlar, stiren, akrilonitril, vinil asetat ile polimerizasyon kolaylıkları sayesinde yumuşak lastiklerden sert film olmayan yapıdaki polimerlerin üretimine kadar geniş bir sahada üretim yapmak mümkündür. Akrilik esaslı

malzemeler uzun seneler korozif atmosferde, tuzlu ortamlarda ve ağır atmosferik şartlarda kullanılabilirler ve kullanım süreleri boyunca fiziksel dayanıklılığını ve ışık geçirgenliğini korurlar. Beş yıl boyunca dış ortamda kullanılan bir akrilik malzeme ışık geçirgenliğinin ancak % 1'ini kaybeder. Akrilik polimerler kullanım sıcaklığı aralıklarında iyi derecede boyutsal direnç gösterirler. Yumuşama sıcaklığının hemen altında uzun süre kullanılması halinde, şekilli parçalarda şeklin çok az bozulduğu dikkati çeker. Nem absorpsiyonu % 1.5'ten azdır[10].

Yüzey Örtü Maddeleri Sanayii: Tokluk, ışık direnci stabilite gibi özelliklere sahip olmaları ve kimyasal içerikleri dolayısıyla en çok kullanıldığı alan yüzey örtü maddeleri sanayisidir. Her çeşit iç ve dış boya formülasyonlarında kullanılırlar.

Tekstil Sanayi: Akrilik ester polimerlerin tekstil alanında çok sayıda kullanım alanı vardır. Geçici koruyucu kaplama olarak kullanılırlar. Yumuşaktan sert, gevrekten lastiksi veya deri malzemelere kadar her tip malzeme bileşimine girmektedirler. Akrilik polimerler yünlerin büzülmesini azaltmak için, tekstillerin aşınma direncini arttırmak için, dokumasız ürünleri bağlamak için, pigmentleri bağlamak için kullanılırlar. Seyreltik amonyak çözeltisinde çözünebilen akrilik asitin emülsiyon kopolimeri tekstil tutkalı olarak kullanılır. Akrilik asidin glisidil esterleri, yünün büzülmesini önlemek için kullanılır. Polimerler kumaşlarda, cam elyaflarda ve dokumasız kumaşlarda bağlayıcı olarak kullanılırlar.

Kâğıt Sanayi: Akrilik ester polimerleri doğal kauçuk, bütadien akrilonitril ve bütadien stiren gibi kağıt doyurucusu olarak kullanılırlar. Akrilik emülsiyon ve kilin, nişasta-lateks pigmentli kaplayıcılarda etkileşimi, akrilik emülsiyonları için tutkal baskı uygulamaları ve formülasyonları üzerinde çalışmalar bulunmaktadır.

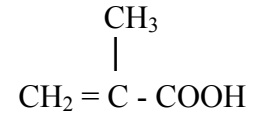
Diğer Uygulamalar: Deri için akrilik ester emülsiyonları, çimento için modifiye akrilikler kullanılır. Suda çözünebilen ve akrilik emülsiyon polimerler seramik endüstrisinde bağlayıcı ve katkı malzemesi olarak kullanılırlar. Ayrıca yer cilalarında da kullanılırlar.

2.8. POLİAKRİLAT (POLİAKRİLİK) REÇİNELER

Akrilik asidi ve metakril asidi esterlerinin polimerizasyonu ile ele geçen ürünler farklı şekilde isimlendirilerek, “akrilik reçine” ve “akril reçine” olarak adlandırılmaktadır. Fenol, melamin, keton reçineler göz önüne alınca “akrilik reçine” adı doğru olarak kabul edilebilirse de; bir polimerizasyon ürünü olan akril ve metakril asidi polimerleri, diğerlerine oranla çok daha yüksek bir moleküler yapı göstermeleri nedeniyle “poliakrilik veya poliakrilat” adının daha doğru olacağı kabul edilmektedir [11].



akrilik asit



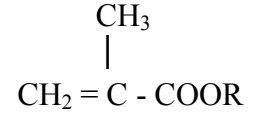
metakrilik asit



ESTER

Akrilik asit esteri

R:alkil grubu



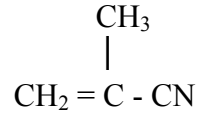
Metakrilik asit esteri

R:alkil grubu



NİTRİL

Akrilo nitril

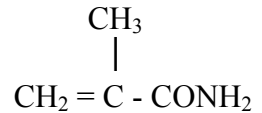


Metakrilik asidin nitril bileşiği



AMİD

Akril amid



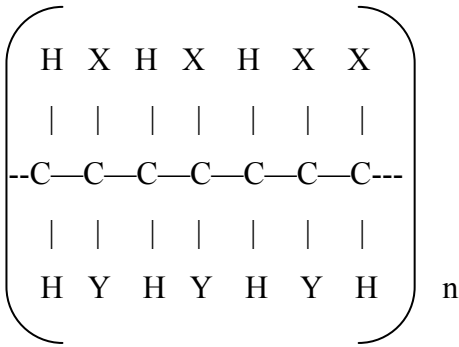
Metakrilik asidin amid bileşiği

Boya sanayinde reçine olarak kullanılan poliakrilatlar, plastik endüstrisinde kullanılan poliakrilat plastiklere göre çok daha küçük bir molekül yapısına sahiptir. Bu nedenle her ne kadar poli ve reçine yüksek moleküler yapıyı çağrıştırıyorsa da, boyada kullanılanları “poliakrilat reçineler”, plastikte kullanılanları ise “poliakrilatlar” olarak adlandırmak daha doğru olur. Diğer taraftan boya teknolojisinde kullanılan poliakrilat reçinelerin poliakrilat veya poliakrilik reçineler, keza polimetakrilat reçinelerinde; polimetakrilat veya polimetakrilik reçineler olarak da adlandırılmaktadır. Genel anlamda bu reçineler, polimetakrilik veya polimetakrilat reçineler olarak adlandırılabilir.

Boya teknolojisi açısından polimetakrilik reçineler iki ana gruba ayrılır;

- Fonksiyonel gruplar içermeyen ve dolayısıyla çapraz bağlanma yapmayan termoplastik, fiziksel kurumalı polimetakrilik reçineler.
- Fonksiyonel gruplar olarak örneğin, $-\text{COOH}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{CONH}$, $-\text{CH}_2\text{OH}$, $-\text{CONHCH}_2\text{OR}$ içeren, çapraz bağlanma yapabilen termoset polimetakrilik reçineler.

Polimer zinciri genelde aşağıda belirtildiği şekildedir.



$\text{X} = \{ \text{H} \rightarrow \text{Akrilik serisi}, \text{CH}_3 \rightarrow \text{Metakrilik serisi} \}$ Termoplastik reçinelerin içerdiği gruplar

$\text{Y} = \{ \text{COOH}, \text{COOR}, \text{CN}, \text{CNH}_2, \text{CONH}, \text{CH}_2\text{OH}, \text{CONHCH}_2\text{OR} \}$ Isıyla sertleşen reçinelerin içerdiği fonksiyonel gruplar

X ve Y grupları, polimer zincirinde çeşitli tiplerde ve oranlarda bulunabilir.

Polimetakrilatlar; Bu polimer grubundakiler başta kütle polimerizasyonu olmak üzere, emülsiyon polimerizasyonu, damla veya süspansiyon polimerizasyonu ile elde edilebilirler. Polimerizasyon yalnız bir tür monomerle yapılmışsa, elde edilen

polimerizasyon ürünü, homopolimer, farklı monomerlerden yapılmışsa, elde edilen polimerizasyon ürünü kopolimer olarak adlandırılır.

Bunlar boya teknolojisinde tek başlarına ya da birbirleriyle kombine edilerek kullanılırlar. Hidrofob olanları reçine olarak kullanılırken, hidrofil olanları boya katkıları, örneğin dispersiyon reaktifi şeklinde kullanım alanı bulur. Ancak hidrofil olanlar genelde tekstil yardımcıları olarak kullanılır. Boya kimyası açısından önemli iki grup poliakrilat reçine vardır: Termoplastik polimetakrilat reçineler ve termoset polimetakrilat reçineler.

2.8.1. Termoplastik Polimetakrilat Reçineler

Termoplastik polimetakrilat reçineler boya bağlayıcısı olarak kullanılır. Bu gruba polimer zincirinde akril ve metakrilasidi esterlerini, metakril nitril ve az miktarda akril ve metakril asidini içeren polimerizasyon ürünleri dahildir. Bünyede bulunan az miktardaki akril ve/veya metakril asidi, polariteyi ve yüzeye çok iyi yapışmayı (özellikle metaller üzerinde) sağlar, pigmentleri ıslatma özelliğini artırır. Polimerizasyon süspansiyon tekniğine göre yapıldıysa ortalama molekül ağırlığı 20.000-200.000 arasındadır. Emülsiyon polimerizasyonlarında polimerlerin ortalama molekül ağırlığı daha da yüksek olabilir. Termoplastik polimetakrilat reçineler, genellikle çözeltileri halinde uygulanır, çözücünün buharlaşmasıyla yüzeyde film oluştururlar. Tüm bilinen boya bağlayıcıları içinde polimetakrilik reçineler ışık haslığı en iyi olanlarıdır. Bu hem termoplastik olanlar, hem de termoset tipleri için geçerlidir. Stiren ilavesi ışık haslığını düşürür. Polimetakrilat reçinelerin diğer bir özelliği, kimyasal dayanıklılıklarının mükemmel olmasıdır. Genelde metal yüzeye yapışma isteniyorsa, asit içeriği artırılır. Alkalilere karşı mükemmel bir dayanıklılıkları vardır. Organik asitlere karşı aynı dayanıklılığı göstermezler. Sıcaklığa karşı dayanımları ise Polimetakrilat için 120°C, Polietilakrilat için 120°C, Poli n-butilakrilat için 140°C, Polimetilmetakrilat için 190°C, Polietilmetakrilat için 135°C ve Poli n-butilmetakrilat için 160°C şeklindedir[11].

Çeşitli termoplastik reçinelerin uygulandıkları yüzeye yapışma özelliği birbirinden farklıdır. Bu durum başlangıç monomerlerine, polimerizasyon derecesine, sertliğine ve mevcut fonksiyonel gruplara bağlıdır. Kopolimerizasyonla kazandırılan ikincil plastifiyan özellik ve keza sonradan ilave edilen plastikleştiricilerle sağlanan elastikiyet

özelliik yapışmayı arttırır. Kaynaklarda belirtildiği gibi yapışmayı arttırıcı monomer olarak, 2-dimetilaminoetil grupları veya aziridin grupları içeren monomerler kullanılmaktadır. Ancak yapışmayı arttırıcı bu grupların moleküldeki miktarının artmasıyla, boya filminin suya ve asitlere karşı dayanımı azalır. Yapışmayı arttırıcı diğer bir yöntem de vinil kopolimer ve/veya vinilasetat kopolimerlerle kombine edilerek kullanmaktır. Genelde termoplastik poliakrilik reçinelerin pigment ıslatma ve dağıtma (dispersiyon sağlama) özelliği orta derecede olup, sıcaklıkla sertleşen poliakriliklere nazaran daha düşüktür. Az miktarda plastifiyan ve/veya başka reçine ilavesiyle ıslatma özelliği arttırılır. Polimetakrilat reçineler genelde alkid reçineleriyle uyuşmaz. Ancak belli şartlara uyulmak kaydıyla PMA kuruyan ve kurumayan alkidlerle kombine edilebilir. Alkidle kombinasyona, poli-n veya izobutilmetakrilat veya bunların reçinelerle MMA ile olan kopolimerleri uygundur. Bunlar alkid reçinelerine hızlı kuruma özelliği kazandırır. Termoplastik polimetakrilatlar, özellikle poli-n-butilmetakrilatlar gıda sanayi ambalaj sektöründe, laklarda ve mürekkeplerde kullanılır. Termoplastik poliakrilatlar hergün artan bir miktarda matbaa mürekkeplerinde, yapıştırıcılarda, oto tamir boylarında, sanayi ve deniz boylarında, inşaat sektöründe büyük bir kullanım alanı bulmaktadır. Sıva ve betonla mükemmel bir uyum sağlar. Diğer reçinelerle örneğin nitrosellüloz ve alkid reçinelerle olan kombinasyonları büyük bir kullanım alanına sahiptir[11].

2.8.2. Termoset Polimetakrilat Reçineler

Fiziksel kurumalı termoplastik polimetakrilat reçinelerin aksine, termoset polimetakrilat reçineler, artan sıcaklıkla ve polikondenzasyon reaksiyonuyla ağ yapısı oluşturlar ve sertleşirler. Ağ yapısı, sisteme mükemmel bir film sertliği, çok iyi bir atmosferik ve kimyasal direnç kazandırır. Termoset tipleri ayrıca, termoplastik polimetakrilat reçinelerle oranla çok daha iyi bir yapışma gösterir. Polimetakrilat reçinelerde ağ yapısı oluşumu, ya reçinenin kendi molekülleri arasında, ya da reçinenin molekülleriyle reaksiyon ortağının molekülleri arasında meydana gelir. Bunun için her şeyden önce melamin formaldehit reçineler kullanılır. Akriklik asidin glisidil esterinin, polimetakrilat molekülüne polimerizasyonla bağlanması sonucu, fonksiyonel epoksi grupları içeren polimetakrilatlar ele geçer. Epoksi, amin, amid, anhidrit, hidroksil, metilol, izosiyanat gibi fonksiyonel grupların polimetakrilat molekülüne bağlanmasıyla, farklı fonksiyonlarda polimetakrilat reçineleri elde edilir. Termoset yapıdaki polimetakrilat

reçineler otomotiv sanayinde son kat boyalarında kullanılır. Ayrıca mükemmel kimyasal direnç ve yüksek pigment bağlama özelliğinden dolayı, termoset polimetakrilat reçineler, özellikle beyaz eşyalarda lak olarak kullanılırlar[11].

2.9. SİLİKON POLİMERLERİ

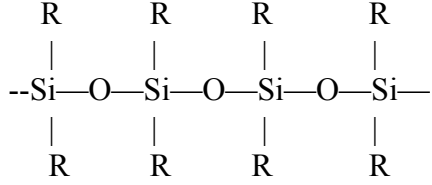
1824’de silisyum elementinin keşfinden sonra silisyum ve klorun reaksiyonundan SiCl_4 ve 1844’de ilk defa etil alkolle SiCl_4 den etil silikat elde edildi. 20. yüzyılın başlarında F.S.Kipping tarafından siliko-organik keton homologlarına, silikon adı verilmiştir[12].

Silikonlarla ilgili bilimsel çalışmalar 19.yüzyıla kadar uzanmaktadır fakat endüstriyel gelişmeler 1930’ların başlarına kadar başlayamamıştır. A.B.D’de “Corning Glass Works” şirketi; organosilikon polimerler üzerinde araştırmalar yapmış ve silikonların hem mobilyalarda hem de ısı elektrik kullanımında cam yünleri için yardımcı olarak kullanılacaklarını ortaya koymuştur. Aynı yıllarda “General Electric Company” de benzer çalışma içerisinde olmuştur. Fakat daha çok silikat esterleri ile çalışmışlardır. Bir zaman sonra da Union Carbide Corporation, organo silikon bileşikler üzerinde araştırmalar başlatmıştır. Rusya’da da organosilikon kimyası üzerindeki çalışmalar 1930’ların başlarında başlamıştır. Corning ve General Electric tarafından pilot üretimlerden sonra 1943’de Dow Corning firması doğmuştur[13].

Silikonlar bünyesinde silisyum ve oksijeni, molekülleri birbirine bağlayıcı elementler olarak içeren kısmen organik kısmen inorganik olan yüksek moleküllü gruplardır. Kimyasal yapıları itibarıyla kuars ve silikatlardan, bağları ve hacimsel dokularıyla ayrılırlar. Kuars kafesine oksijen atomlarının, kısmi substitusyonu sonucu, kuars modifikasyonla silikona dönüşür. Silikonların organik polimer olarak kullanımı, sürekli şekilde artmaktadır. Silikonlar, mükemmel atmosferik ve yüksek ısı direnci gösterir, sıcaklığa bağlı fiziksel parametrelere çok az bağımlılık duyarlar[14].

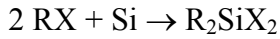
Silikonlar, bünyelerinde karbon zinciri veya karbon halkasını bulunduran suni reçinelerden tamamen ayrı bir grup oluşturur. Diğer taraftan silikonlar dar bir çerçevede, Si-O-Si ve Si-C bağlarını içeren silisyum organik polimerlerdir. Silikonların yapısında substituent olarak bulunan, karbon atomlarının miktarı da, karaktere tesir

eden diğ er önemli parametredir. Bilimsel yönden silikonlar “organo polisiloksan” olarak tanımlanır. Temel yapı, silisyum ve oksijenin de ğ işimli olarak sıralandığı zincirdir.



Organik radikal (R), genelde alkil veya aril gruplar veya türevlerdir.

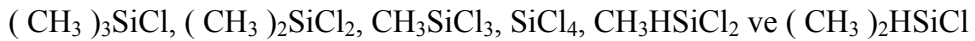
Silanlar (SiH₄), polimer silikonların başlangıç maddeleridir. Silikonların üretimi, Rochow tarafından bulunan “Rochow Sentezi”ne göre alkilhalojenürlerin, katalize edilmiş silisyumla birlikte, yüksek sıcaklıkta reaksiyona sokulmasıyla yapılır.



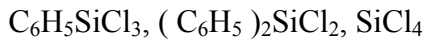
R= organik grup, genelde metil veya fenil

X= halojen, genelde klor

Burada birçok reaksiyon sonucu, diorgano dihalojen silanlar yanında, organo halojen silanların karışımı da ele geçer. 300°C’de seyreden Rochow senteziyle aşağıdaki metil klorür silikonlar ve klorlu silikonlar elde edilir.

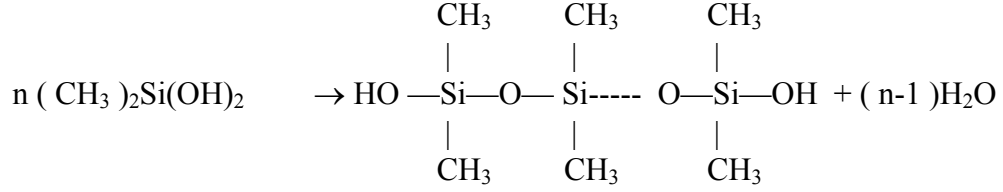
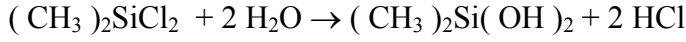


500°C’de klorbenzenle silikonun meydana getirdiği direkt sentezle de şu ana ürünler ele geçer [11].

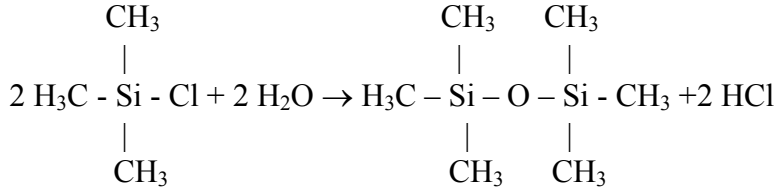


2.9.1. Silikon ve Silikon Reçinelerin Üretimi

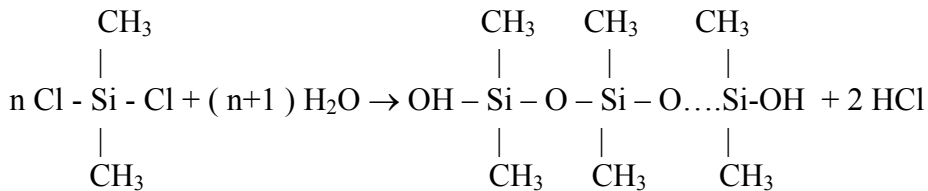
Silikon üretiminde kullanılan klorsilanlar, suyla şiddetli bir reaksiyona girerek HCl ayrılmasıyla silanollerini oluştururlar. Bunlar dayanıksız olup, su ayrılmasıyla polimer ürünler olan polisiloksanları ve silikonları meydana getirirler. İlk kademesi su ile başlayan bu reaksiyon “hidroliz” olarak adlandırılır.



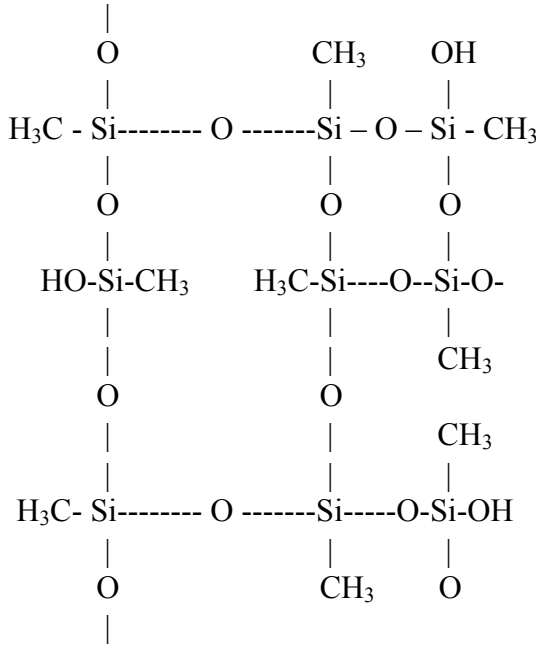
Klorsilanlardan silanoller ele geçer ve bunlar, başlangıç ürünleri silan atomlarındaki klor sayısına bağlı olarak; bir, iki veya üç diğer silanolla reaksiyona girerek su ayrılmasıyla polisiloksanları meydana getirir. Buna göre silanlar, mono-di- veya tri fonksiyonel silan veya siloksan birimi olarak adlandırılır. Örneğin, mono fonksiyonel trimetil klor silanla başlanan reaksiyonda;



elde edilen heksametildisiloksan hidrolizle sentezlenen en küçük molekülü teşkil eder. Eğer difonksiyonel silanlar hidroliz edilirse, iki ucunda hidroksil grupları içeren ve çok geniş bir moleküler yük dağılımının hakim olduğu lineer yapılu bir molekül ele geçer.



Veya halka şeklindeki molekül örneğın; Hekzametiltrisiloksan, siloksan yağları ve silikon kauçuğunun başlangıç maddesini teşkil eder. Trifonksiyonel silan, örneğın metiltriklorsilanın hidroliziyle, üç boyutlu, çok dallanmış bir ağ yapısı gösteren silikon reçineler ele geçer. Bu molekül, serbest OH gruplarını içerir. Bu hidroksil grupları uygulama esnasında, son çapraz bağlanma anında, yüksek ısı etkisiyle reaksiyona katılır.



Silikon reçinelerde, üç boyutlu hacimsel yapıya, çeşitli silikonların karışımı ile ulaşılır. Difonksiyonel silanların kullanılmasıyla, sık ağ yapısı biraz gevşer ve böylece dahili yumuşatıcı (plastifiyan) etki elde edilir. Trimetilklorosiloksan az miktarda kullanılırsa, serbest hidroksil gruplarının bir kısmı bloke edilir[14].

2.9.2. Silikonların Kullanım Alanları

Silikon yağları: Silikon yağları, zincir şeklindeki moleküllerden ibaret olup, fevkalade düşük yüzey gerilimleri vardır ve diğer maddelerle çok az bir uyuma gösterir. Bu özelliklerinden dolayı silikon yağları boya tekniğinde yüzey gerilim düşürücü olarak çok yaygın bir şekilde ve çok az miktarlarda kullanılır. Suni reçine pişirilmesi esnasında reaktöre ilave edilerek köpük kesici olarak kullanılır. Yüzey gerilimini

düşürmeleri sonucu, özellikle kalın filmlerde (poliüretan, epoksi, poliester) gaz çıkışını kolaylaştırırlar. Uygun silikon yağları boyalarda iyi bir yayılmayı (özellikle fırınlama tipi boyalarda) sağlar, düz bir film yüzeyi oluşmasını temin eder. Ayrıca boyanın kutu içindeki muhafazası esnasında, pigment ayrışmasını önler, bazı silikon yağları boya filminin aşınmamasına yardım eder. Silikon yağları binde bir oranında olacak şekilde az miktarda boyalara ilave edildiğinde, iki kat uygulamalarda, son kat boyanın yapışma özelliğinde bir azalma görülmez. Diğer taraftan silikon yağları (metil siloksanlar) kalıp ayırıcı olarak da kullanılmaktadır.

Silikon emülsiyonlar: Silikon emülsiyonlar, silikon yağlarının sudaki emülsiyonları olup, bunlar hidrofob karakterde olduklarından, genelde su itici olarak tekstil ve deride kullanılır.

Silikon kauçuk: Lastik elastik gibi bir yapıya sahip olan silikon kauçuklar, -60°C hatta -100° C'den, 250°C'ye kadar bir sıcaklık aralığına hitap eder. Bunların sürekli olarak yük altındaki çalışma sıcaklığı, 180°C olarak belirlenebilir. Silikon kauçuklar boyada bir kullanım alanı bulmaz.

Silikon reçineleri: Silikon reçineleri, kısmen çapraz bağlanmaya uğramış polisiloksanlar olup, bünyelerinde tercihen metil veya metilfenil gruplarını substitüye grup olarak içerirler.

Metil silikon reçineleri: Metil silikon reçineleri sert ve kırılğan olup, termoplastik özelliği düşüktür. Ayrıca ısı dayanıklılığı, fenil silikon reçineler kadar yüksek değildir. Başlangıç maddesi olarak metiltriklorsilan, ana komponenti teşkil eder. Dimetildiklorsilan filme elastikiyet kazandırır. Bunların reçine çözeltileri, çözücünün uzaklaşmasından sonra (fiziksel kuruma) kısa süre içinde yapışkan olmayan sert filmler verir. Ancak optimum bir sertliğe 180-250° C'deki ısıtma ile ulaşılır. Çapraz bağlanma az miktarda metal sabun ve komplekslerin ilavesiyle hızlandırılır. Metilsilikon reçinelerinin, karbon içeriği en az olan silikon bağlayıcılar olarak, diğer reçinelerle ve pigmentlerle uyuşma sorunu vardır. Diğer taraftan bunlar, yüksek ısı direncine sahip, metalik pigmentle kullanılan, korozyon boyları için, uygun bir bağlayıcıdır. Metil silikon reçineleri, sıva ve/veya betonun içine çok iyi nüfuz etme yetekleri nedeniyle,

duvarların dış yüzeylerinin emprenye edilmelerinde kullanılır. Bu amaçla özellikle su bazlı sistemler alınır ve bunlar, metilklor silanın alkalilerle sulu ortamdaki reaksiyonuyla ele geçer. Bu metilsilikonlar duvara sürüldükten sonra havanın karbondioksitiyle polimerizasyona uğrayarak, metilsilikat asidi polimerini teşkil eder. Bunun sonucu yüzeyde oluşan film toz tutmaz hidrofob karakteriyle duvarın içine suyun girmesini önler, ama diğer taraftan sıvanın tüm gözeneklerini tıkamadığı için, içeriden dışarıya su buharı geçişine imkan tanır ve dolayısıyla bina içindeki nem kolayca dışarıya çıkabilir.

Fenilmetilsilikon reçineler: Fenilmetilsilikon reçinelerde fenil grubu, diğer organik bağlayıcılarla daha iyi uyuşmayı ve çok daha yüksek bir sıcaklık mukavemetini getirir. Aynı zamanda termoplastikliği artırır. Bu reçinelerde fiziksel kuruma çoğunlukla meydana gelmez ve optimum film sertliğine termal kondenzasyonla ulaşılır. Boya filmleri uzun sürede 250-280°C'a dayanır. Silikon reçineleri boya sistemlerinin yüksek sıcaklığa olan dayanımlarını, reçinenin cinsinin yanında, kullanılan pigmentlere, katalizörlere ve diğer katkılara da büyük ölçüde bağlıdır. Fenilmetilsilikon reçineleri ve metalik pigmentle hazırlanmış boya filmleri, 700°C'a kadar dayanır ve ısı değişikliklerine iyi bir şekilde cevap verir.

Silikon reçinelerinin ürün çeşitliliği yüksektir. Dolayısıyla çeşitli molekül büyüklüğü ve çapraz bağlanma derecesinde ve farklı organik substituentleri içeren silikon reçineleri üretilerek satışa sunulur. Böylece kullanıcı, amacına en uygununu alma ve/veya kombinasyonunu yapma fırsatına sahip olur.

Silikon reçinelerin özellikle diğer organik reçinelerden farklı özelliği, yüksek sıcaklık gerektiren alanlarda kullanılan ürünlerde yer almalarıdır. Silikon reçinelerin yüksek sıcaklık dayanımları yalnız anorganik karakterlerinden ileri gelmeyip, aynı zamanda Si-O bağlarının 89,3 cal/mol'lük çok yüksek bağ enerjisine sahip olmalarından da kaynaklanmaktadır. Buna karşılık C-C atom bağının enerjisi 58,6 cal/mol'dür.

W. Kraus ve R. Kubens'e göre silikon reçinelerin sertleşmeleri sırasında iki reaksiyon aynı zamanda gerçekleştirilmektedir. Bir taraftan yüksek sıcaklıkta su çıkışıyla birbiri ardına kondenzasyon olur ve böylece hidroksil grubu içermeyen ve çözünmeyen çapraz bağlanmış maddeler meydana gelir. Diğer taraftan iki komşu siloksan zincirindeki iki

metil grubu oksidasyonla etilen grupları üzerinden birbirleriyle bağlanmaktadır. Silikon reçineleri tek başlarına 6-8 saatte tam sertleşmeye ulaşır. Katalizörle fırınlama süresi $\frac{1}{4}$ 'üne kadar düşürülür. Kullanılan katalizör fırınlama süresini süratle azaltmalı, ama silikon filminin yaşlanması yönünde olumsuz etki meydana getirmemeli, depolama süresini etkilememeli ve sararma gibi etkileri olmamalıdır. Bunları Co, Zn, Mn ve özellikle Ti tuzları yerine getirir. Özellikle monomer ve polimer butil titanatların karışımı uygundur, zira bunlar aynı zamanda silikon reçinelerin termoplastik özelliğini de geriletir. Tetra butil titanat'ın, polisiloksan'ın serbest hidroksil gruplarıyla reaksiyona girmesiyle yüksek sıcaklıkta 4 değerli titan ile de çapraz bağlanma olmalıdır ve bu sayede bir sertlik elde edilir.

Silikon reçineler yüksek sıcaklıklara dayanıklı boyalarda kullanılır. Bunun yanında fırınlamadan sonra su ve kimyasallara karşı mükemmel dayanıklılık gösterir ve su itici karakterini, boyaya kazandırır. Birlikte kullanılacak pigmentler de tabiatıyla yüksek sıcaklığa dayanıklı olmalıdır.

Diğer bir kullanım yeri elektro teknikte izolasyon laklarıdır. Silikon reçineler alkid, akrilik, poliüretan gibi reçinelerle kombine edilebilir. Örneğin polisiloksanlar yeterli hidroksil grupları sayesinde izosiyanatla soğukta serleşen iki komponentli PU/silikon sistemlerini verir. Si-OH grupları izosiyanatla reaksiyona girer, su ayrılır, Si-O-Si grupları ve poliüreler meydana gelir[14].

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. KİMYASAL MADDELER

Denemelerde kullanılan ufak molekülü, reaktif silikon ön polimeri Z-6018 Dow Corning ürünüdür. 2-Hidroksietilmetakrilat (2-HEMA), etil akrilat (EA), metil metakrilat (MMA), 2,2'-azobisisobutironitril (AIBN), toluen ve hekzan Merck ürünü, "pure" veya "extra pure" saflığındadır.

3.2. DENEYSEL YÖNTEMLER

3.2.1. Makromer Üretimi

Makromer üretimi; termometre, karıştırıcı, geri soğutucu ve Dean-Stark parçası içeren 4 boyunlu 1 litrelik cam reaktör sisteminde gerçekleştirilmiştir. Isıtma işlemi ceketli ısıtıcı ile sağlanmıştır. Başlangıç maddeleri olan; silikon ön polimeri Z-6018 ile 2-HEMA (silikon ön polimerinin OH grubu ekivaleni kadar) ve hidrokinon (2-HEMA'nın %0,2'si oranında) reaktöre yüklendikten sonra, üzerine ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak şekilde toluen ilave edilmiş ve reaksiyona $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de, su çıkışı gözlenmeyinceye kadar 4 saat devam edilmiştir. Reaksiyon sonunda elde edilen ürün vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutulmuş ve öğütülmüştür.

3.2.2. Silikon Akrilik Kopolimerlerin Üretimi

Kopolimerizasyon reaksiyonu; termometre, karıştırıcı, geri soğutucu ve gaz geçirme borusu içeren 4 boyunlu 1 litrelik cam reaktörde gerçekleştirilmiştir. Farklı molar oranlarda (1/3 ve 1/4) makromer (MK) ile akrilik monomer (EA ve MMA) ve başlatıcı olarak AIBN (toplam madde miktarının ağırlıkça %2,5'i oranında) reaktöre yüklendikten sonra reaksiyona toluen (ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak şekilde) ortamında, N_2 gazı altında $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de, 3 saat devam edilmiştir. Reaksiyon

sonunda elde edilen ürün, 4°C'deki soğuk hekzan üzerine damla damla ilave edilerek çöktürülmüştür. Takiben süzülerek ayrılan polimer, vakum etüvünde 40°C'de 24 saat kurutulmuş ve öğütülmüştür.

3.3. ANALİZ YÖNTEMLERİ VE CİHAZLAR

3.3.1. Filmlerin Hazırlanması

Yüzey örtü maddesi özelliklerini incelemek için, elde edilen silikon akrilik kopolimer örnekleri, ağırlıkça % 30 katı madde içerecek şekilde toluenle seyreltilerek, 50µ'luk aplikatörle 10x15 cm boyutlarındaki cam ve metal levhalara tatbik edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan filmlerin bir kısmı ise fırınlama sonundaki özelliklerini incelemek için, 110°C'de 1 saat fırınlanmıştır.

3.3.2 Filmlere Uygulanan Testler

3.3.2.1 Kuruma Zamanı [15]

DIN 53 150'ye uygun sonuçlar veren Ericsen firmasının tip 415/E kuruma derecesi tayin sistemi kullanılmıştır. 50µ'luk aplikatör ile cam levhalar üzerine film çekildikten sonra, levhalar oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve ölçümler 5., 10., ve 15. dakikalarda, 15. dakikadan sonra 4. saate kadar 15 dakikada bir, 4. saatten sonra her 30 dakikada bir olmak üzere 8., 24., 48., 72. saat ve 1 hafta sonunda gerçekleştirilmiştir.

3.3.2.2 Sertlik [16]

DIN 53 157'ye uygun sonuçlar veren König sarkacı kullanılmıştır. Sarkacın, iki parlatılmış tungsten karbür bilyası film üzerinde 6° açı ile salınımına bırakılıp, 3° lik açığı aşmadığı ana kadar geçen süre saniye olarak belirlenmiştir. Sertlik tayini için 10x15 cm cam levhalar üzerine 50µ'luk aplikatörle film çekildikten sonra oda sıcaklığında bekletilerek 72 saat kurutulmuş ve ölçümler alınmıştır. Sonuçlar König saniyesi cinsinden verilmiştir.

3.3.2.3 Yapışma(Adezyon) [17]

Boyutu 10x15 cm olan cam levhalar üzerine 50 μ 'luk aplikatörle film çekildikten sonra oda sıcaklığında bekletilerek 72 saat kurutulmuştur. Yapışma Testi ASTM D 3359-76'ya uygun olarak GS 10 tipi şebeke kesicisiyle cam levha üzerindeki filmde kareler oluşturulmuş ve fırça ile süpürülmüştür. Kalan kareler sayılarak sonuçlar % yapışma olarak verilmiştir.

3.3.2.4 Parlaklık [18]

Boyutu 10x15 cm olan metal levhalar üzerine 50 μ 'luk aplikatörle film çekildikten sonra oda sıcaklığında bekletilerek 72 saat kurutulmuştur. Takiben Gardner multiangle glossmeter (GG-9095) kullanılarak, levhaların üzerine 45° açı ile ışık gönderilmiş ve parlaklık ölçülmüştür. Parlak yüzey örtü maddelerinde en az 80, yarı mat boyalarda en çok 70, mat boyalarda en çok 10 değeri görülmelidir.

3.3.2.5 Darbe Dayanımı [19]

Darbe dayanımı tayininde 10x15 cm boyutundaki metal levhalar üzerine 50 μ 'luk aplikatörle film çekildikten sonra oda sıcaklığında bekletilerek 72 saat kurutulmuştur. Daha sonra FTMS 6226 Impact Flexibility cihazıyla, ASTM D 2794-69'a uygun olarak darbe dayanımı tayin edilmiştir. Test % 1/2'den % 60'a kadar film uzaması cinsinden darbe dayanımını vermektedir.

3.3.2.6 Su Dayanımı [20]

Suya dayanıklılık testi ASTM 1647-59'a göre yapılmıştır. Daha önce %30 katı madde olacak şekilde seyreltilmiş örnekler 12,5x7,5 cm boyutlarında teneke plakalar üzerine düzgün bir film oluşturacak şekilde akıtılmıştır. Takiben plakalar yatay konum ile 80° açı yapacak şekilde yerleştirilerek oda sıcaklığında 48 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş filmlerin bir kısmı da 110°C'de 1 saat fırınlanmıştır. Havada kurutulmuş ve fırınlanmış olan tüm plakalar, destile su içerisinde 18 saat bekletildikten sonra, sudan çıkarılarak kurulanmıştır. Plakaların kontrolü, sudan çıkınca, 20 dak., 1 saat, 2 saat ve 24 saat sonra yapılmıştır. Filmlerde meydana gelen değişiklikler, şeffaf, beyaz, yarı şeffaf ve bulanık ifadeleri kullanılarak verilmiştir.

3.3.2.7 Alkali Dayanımı [20]

Alkali dayanımı testi ASTM D 1647 metoduna göre yapılmıştır. 2,5 cm dış çapında ve 15 cm boyunda cam tüpler, örnek çözeltilerine üçte ikisine kadar daldırılarak, ters çevrilip dik açıda, oda sıcaklığında, 72 saat kendi halinde akmaya bırakılmışlardır. Bu

şekilde hazırlanan tüplerin bir kısmı da 110°C'de 1 saat fırınlanmıştır. Takiben kurutulmuş ve fırınlanmış tüm cam tüpler, % 0.3'lük NaOH çözeltisi içerisine, dipten 5 cm yüksekliğe kadar, 30 dak., 1 saat, 2 saat, 3 saat, 4 saat, 5 saat, 6 saat, 7 saat, 8 saat, 16 saat ve 24 saat daldırıldıktan sonra, alkaliden çıkarılarak destile su ile yıkanmış ve 30 dak. havada kurutulmuştur. Bu süre sonunda, cam tüplerin yüzeyinde yer alan filmlerin görünüşleri gözlenmiştir. Filmlerin görünüşleri; değişiklik yok, dökülme, hafif dökülme ve dayanıksız terimleri kullanılarak belirtilmiştir.

3.3.3. Cihazlar

3.3.3.1. Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi (FTIR)

Elde edilen ürünlerin FTIR analizleri, "Digilab marka, Excalibur - FTS 3000MX model Fourier Transform Infrared Spektroskopisi ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.3.2. Differential Scanning Calorimetre (DSC)

DSC analizleri, "Setaram 131 marka" DSC cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz -150°C - +600°C sıcaklık aralığında izotermal ve izotermal olmayan şartlarda ısı analiz yapabilmektedir.

3.3.3.3. Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA analizleri Shimadzu TGA-50 cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz 20-1550°C sıcaklık aralığında ısı analiz yapabilmektedir.

3.3.3.4. Etüv

Hazırlanan filmlerinin fırınlanması için 200°C'a kadar ısıtma yapabilen Heraeus marka etüv kullanıldı.

3.3.3.5. Vakum etüvü

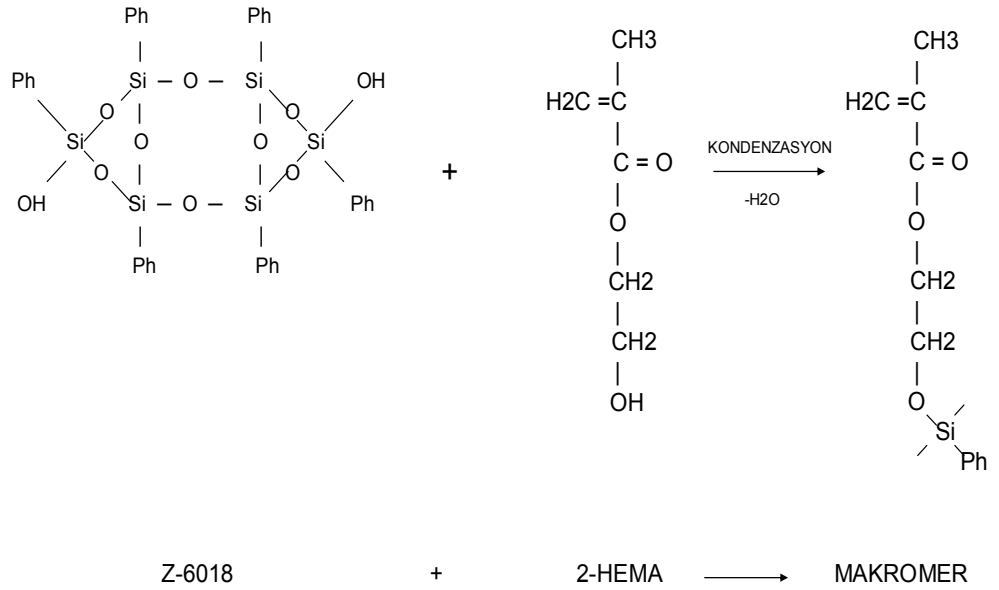
Denemelerde elde edilen ürünlerin kurutulması için "Gallenkamp marka" vakum eüvü kullanılmıştır. Cihazın çalışma aralığı 30-210°C'dir.

4. BULGULAR

4.1. MAKROMER ELDE EDİLMESİ

Deneme 1

Reaktöre, 1 mol silikon ön polimeri Z-6018, 1 mol 2-HEMA (Z-6018'in OH grubu ekivaleni cinsinden) ve hidrokinon (2-HEMA'nın ağırlıkça %0,2'si oranında) yüklendi. Üzerine, ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak miktarda toluen ilave edildi. Reaksiyona $110\pm 5^\circ\text{C}$ 'de 4 saat (su çıkışı gözlenmeyinceye kadar) devam edildi. Reaksiyon sonunda elde edilen ürün (MK) vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutuldu ve öğütüldü. Reaksiyon verimi %79'dur.



Makromer elde edilmesine ait reaksiyon.

Ph:Fenil grubu

4.2. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN ELDE EDİLMESİ

Deneme 2

Reaktöre, 1 mol makromer (MK), 3 mol etil akrilat (EA) ve başlangıç maddelerinin ağırlıkça %2,5'i oranında başlatıcı (AIBN) yüklendi. Üzerine ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak miktarda toluen ilave edildi. Reaksiyona, azot akımı altında, $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 3 saat devam edildi. Ürün (K-3EA) vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutuldu ve öğütüldü.

Deneme 3

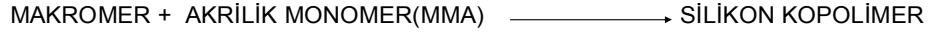
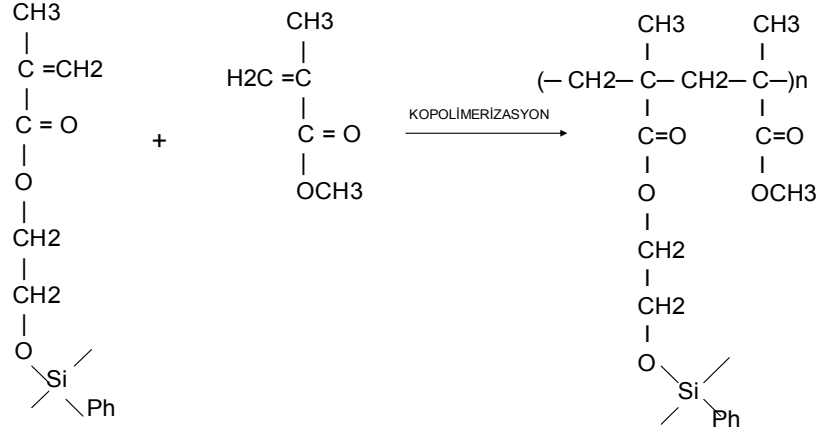
Reaktöre, 1 mol makromer (MK), 4 mol etil akrilat (EA) ve başlangıç maddelerinin ağırlıkça %2,5'i oranında başlatıcı (AIBN) yüklendi. Üzerine ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak miktarda toluen ilave edildi. Reaksiyona, azot akımı altında, $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 3 saat devam edildi. Ürün (K-4EA) vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutuldu ve öğütüldü.

Deneme 4

Reaktöre, 1 mol makromer (MK), 3 mol metilmetakrilat (MMA) ve başlangıç maddelerinin ağırlıkça %2,5'i oranında başlatıcı (AIBN) yüklendi. Üzerine ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak miktarda toluen ilave edildi. Reaksiyona, azot akımı altında, $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 3 saat devam edildi. Ürün (K-3MMA) vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutuldu ve öğütüldü.

Deneme 5

Reaktöre, 1 mol makromer (MK), 4 mol metilmetakrilat (MMA) ve başlangıç maddelerinin ağırlıkça %2,5'i oranında başlatıcı (AIBN) yüklendi. Üzerine ortamdaki toplam konsantrasyon 4 M olacak miktarda toluen ilave edildi. Reaksiyona, azot akımı altında, $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 3 saat devam edildi. Ürün (K-4MMA) vakum etüvünde 40°C 'de 24 saat kurutuldu ve öğütüldü.



Silikon kopolimer elde edilmesine ait reaksiyon.

4.3. ÜRÜNLERİN FTIR ANALİZİ DENEMELERİ

Ürünlerin ATR tekniği ile $650\text{-}4400\text{ cm}^{-1}$ aralığında FTIR spektrumları alınmıştır. FTIR analizi sonuçları ve değerlendirmeleri Tartışma ve Sonuç bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.4. ÜRÜNLERİN DSC ANALİZİ DENEMELERİ

Ürünler, Setaram 131 marka DSC sisteminde ısıl analize tabi tutuldu. Bunun için; DSC krozesi içine 25 mg örnek tartıldı. Takiben kroze, 0,1 l/dak. azot akımı altında, 10°C/dak. ısıtma hızında 25°C den 350°C ye ısıtıldı. DSC analizi sonuçları ve değerlendirmeler Tartışma ve Sonuç bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.5. ÜRÜNLERİN TGA DENEMELERİ

Ürünlerin termogravimetrik analizleri SHIMADZU TGA-50 cihazında gerçekleştirilmiştir. Bunun için; 18 mg örnek 50ml/dak. hava akımı altında, 10°C/dak. sabit ısıtma hızında oda sıcaklığından 800°C ye ısıtıldı. TG analizi sonuçları ve değerlendirmeler Tartışma ve Sonuç bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.6. ÜRÜNLERİN FİLM ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ DENEMELERİ

Bölüm 3.3.1.'de belirtildiği şekilde hazırlanan filmlere, bölüm 3.3.2'de belirtilen testler uygulanmıştır. Sonuçlar, Tartışma ve Sonuç bölümünde ayrıntılı olarak verilmiştir.

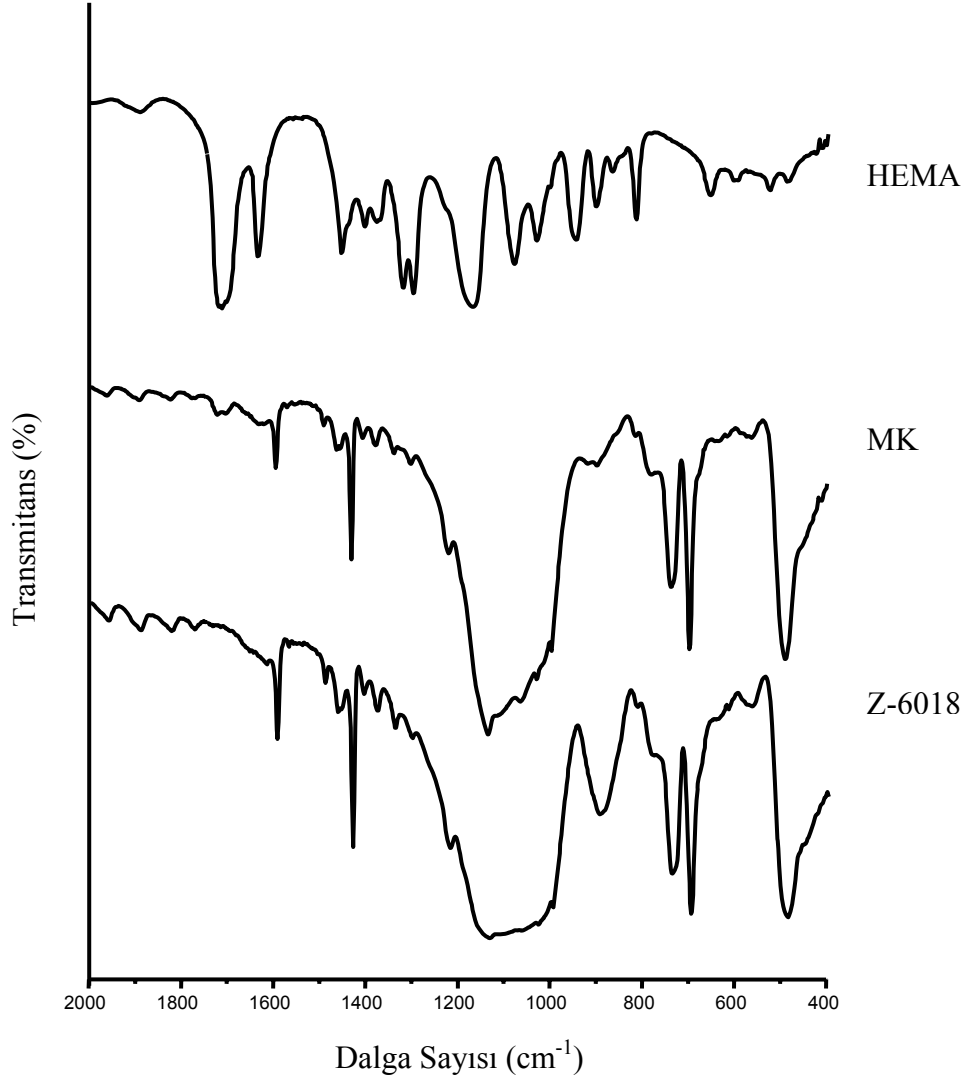
5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda yeni silikon modifiye akrilik kopolimerlerin üretilmesi, karakterizasyonu ve yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliği amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle tekrarlanan birimlerde reaktif serbest hidroksil grubu içeren ufak moleküllü fenil siloksan yapısındaki silikon ön polimeri Z-6018'in, 2-HEMA ile reaksiyonundan makromer (MK) elde edilmiştir. Elde edilen MK'in; etil akrilat (EA) ve metil metakrilat (MMA) monomerleri ile farklı mol oranlarında kopolimerizasyon reaksiyonu sonucunda yeni silikon akrilik kopolimerler üretilmiştir. Öncelikle bu ürünlerin FTIR spektroskopik analizi ile yapıları aydınlatılmaya çalışılmıştır. Isıl özellikleri DSC ve TGA teknikleriyle incelenmiştir. Takiben bu kopolimerlerden filmler hazırlanarak yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak aşağıda sunulmuştur.

5.1. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN FTIR ANALİZİ

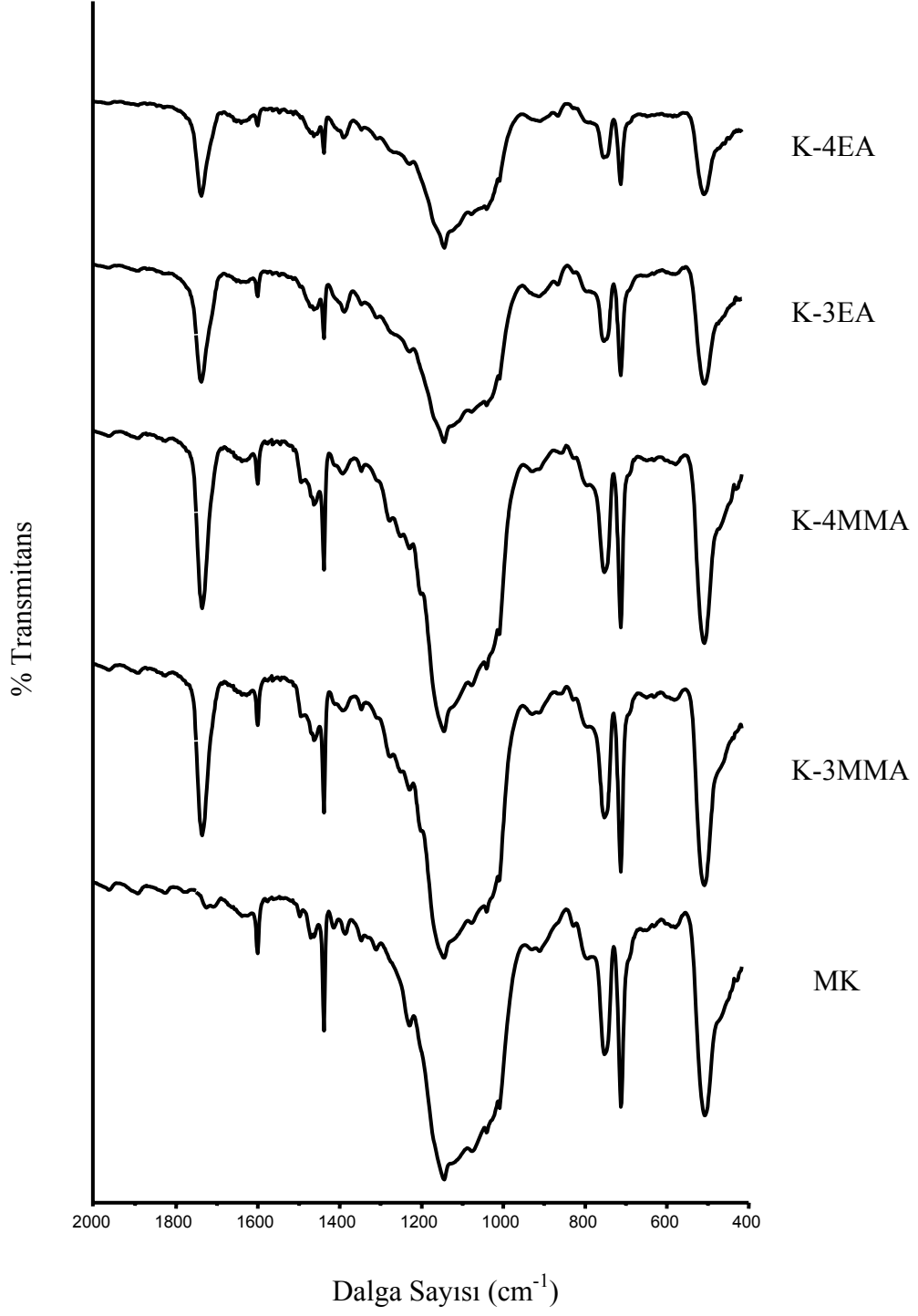
Silikon akrilik kopolimerlerin elde edilmesinde kullanılan makromer (MK)'in ve bunun üretiminde kullanılan başlangıç maddeleri Z-6018 ile 2-HEMA'nın FTIR spektrumları Şekil 5.1'de görülmektedir.

Bu spektrumlar birbirleri ile karşılaştırıldığında; makromerin spektrumunun, başlangıç maddelerine göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Z-6018'e ait spektrumda; 895 cm^{-1} 'de gözlenen Si-O bağına ait [21] keskin tepenin şiddeti, makromere ait spektrumda belirgin ölçüde azalarak yaygın omuz halinde görülmektedir. 2-HEMA'da gözlenen ve 1715 cm^{-1} 'de yer alan C=O grubuna ait [21] keskin tepenin de, makromerde 1702 ve 1719 cm^{-1} 'de ikili adsorpsiyon tepesi olarak gözlemlendiği görülmektedir. MK ile Z-6018 ve 2-HEMA'nın FTIR spektrumları arasındaki bu farklılıklar makromerin oluşumunun gerçekleştiğine işaret etmektedir.

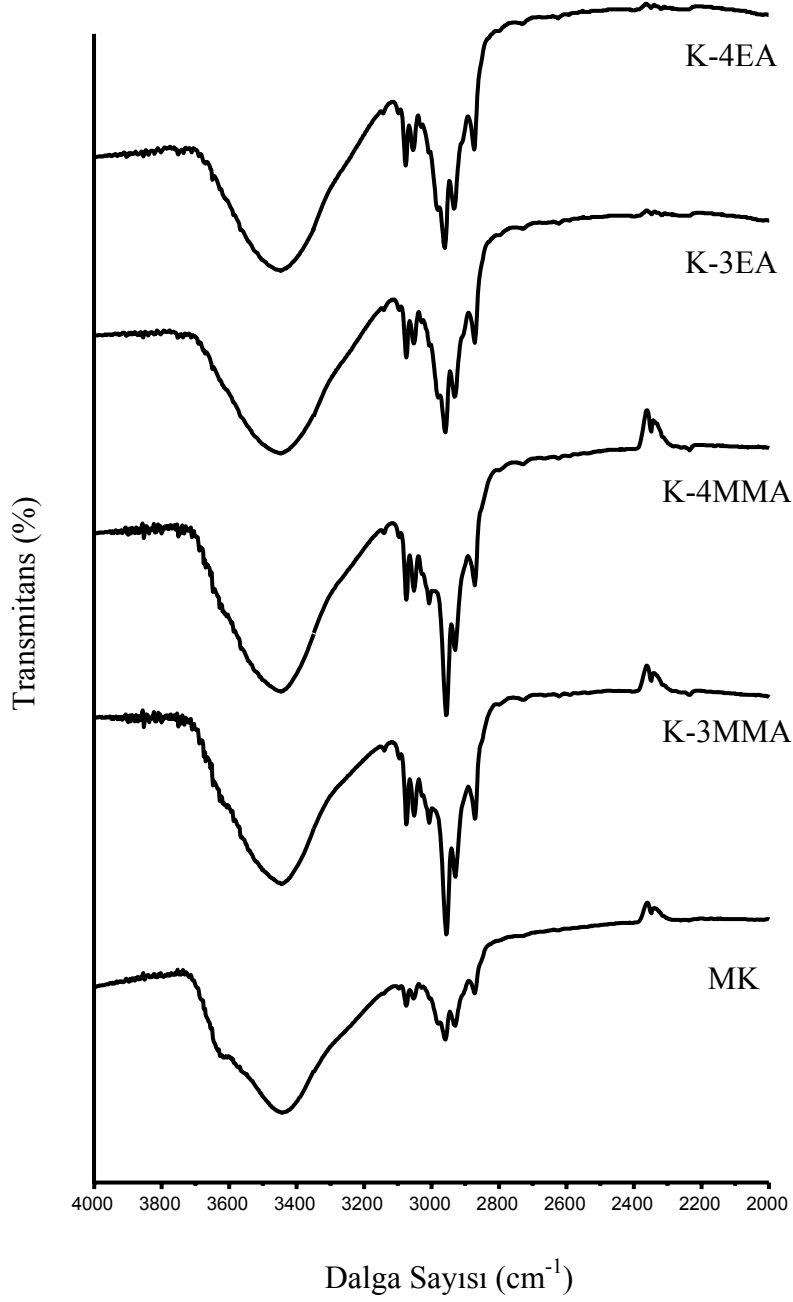


Şekil 5.1: 2-HEMA, makromer (MK) ve Z-6018'e ait FTIR spektrumları

Silikon akrilik kopolimer yapısındaki ürünlere ait FTIR spektrumları da şekil 5.2 ve 5.3'de verilmiştir. Şekil 5.2'de görülen spektrumlar incelendiğinde; en belirgin farklılıklar, makromerde 1717 cm^{-1} 'de gözlenen ve C=O grubundan ileri gelen çift tepenin yerinin kayarak, etilakrilat içeren ürünlere (K-3EA ve K-4EA) 1734 cm^{-1} 'de, metilmetakrilat içeren ürünlere de (K-3MMA ve K-4MMA) 1732 cm^{-1} 'de keskin bir tepe şeklinde gözlenmesidir.



Şekil 5.2: Ürünlere ait FTIR spektrumları (2000-400 cm⁻¹ aralığı)



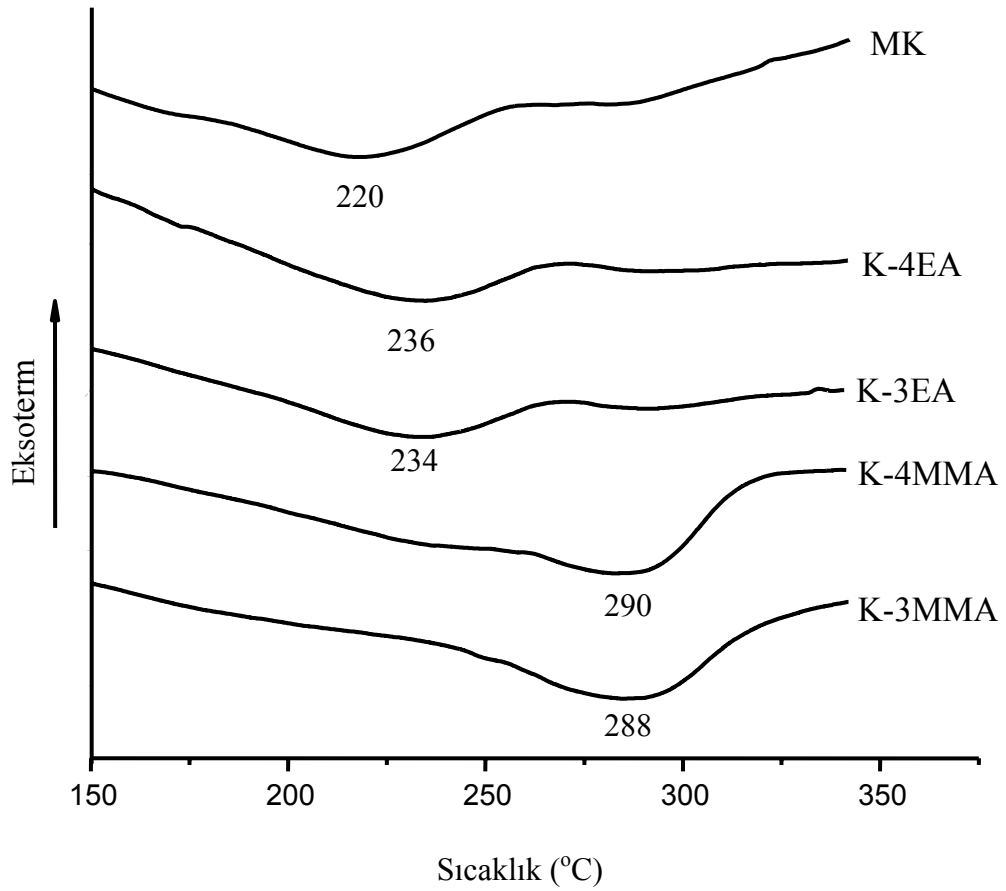
Şekil 5.3: Ürünlere ait FTIR spektrumları (4000-2000 cm⁻¹aralığı)

Şekil 5.3'de yer alan spektrumlara bakıldığında ise; 2000 cm⁻¹ üzerindeki dalga boylarında yer alan 2854 ve 3009 cm⁻¹'de metilen grubun ait tepeler görülmektedir[22]. Makromerde de yer alan bu tepelerin şiddeti, etilakrilat ve metilmetakrilat içeren ürünlerde artarak daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Makromer ve ürünlerin FTIR spektrumları arasındaki bu farklılıklar; akrilat monomerinin yapıya katıldığına işaret etmektedir.

5.2. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN ISIL ÖZELLİKLERİ

5.2.1. DSC Analizi Sonuçları

Ürünlerin DSC analizleri, Bölüm 4.4 de belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen DSC eğrileri toplu olarak şekil 5.4’de görülmektedir.



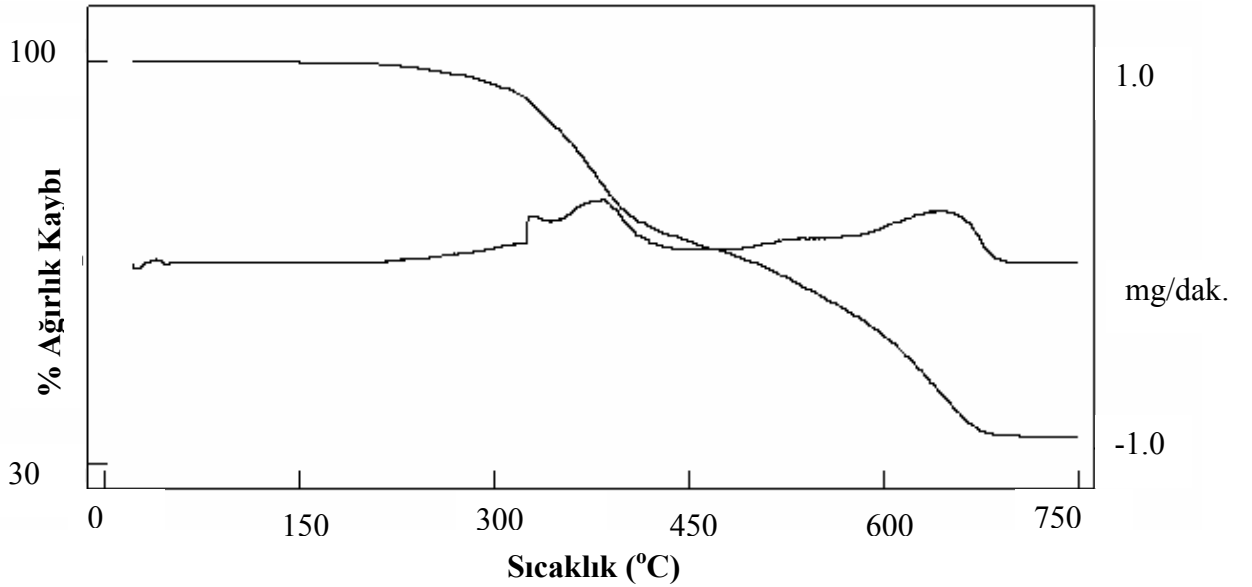
Şekil 5.4: Ürünlere ait DSC eğrileri

DSC eğrileri incelendiğinde, makromerin 220°C’de bir erime tepesi verdiği görülmektedir. K-3EA, K-4EA, K-3MMA ve K-4MMA ürünlerinin ise sırasıyla; 234, 236, 288 ve 290°C’de birer erime tepesi bulunmaktadır. Tüm ürünlerin, makromere göre farklı ve daha yüksek sıcaklıklarda erimesi, reaksiyon ortamına ilave edilen etilakrilat ve metilmetakrilatın yapıya katılarak kopolimerizasyonun meydana geldiğini

göstermektedir. Başka bir deyişle, makromerin EA ve MMA ile kopolimerizasyonu sonunda, daha yüksek molekül ağırlıklı, buna bağlı olarak da daha yüksek erime noktasına sahip yeni kopolimer ürünler meydana gelmiştir. Makromere etilakrilat ilavesinin erime noktasını 15°C, metilmetakrilat ilavesinin de 70°C kadar yükselttiği görülmektedir. EA ve MMA miktarının artırılması ise erime noktası üzerinde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır.

5.2.2. TGA Sonuçları

Ürünlerin TG analizleri, Bölüm 4.5’de belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen TGA eğrileri şekil 5.5-5.8’de görülmektedir. Ürünlerin TGA eğrileri incelendiğinde, hemen hemen tüm ürünlerin benzer bozunma özelliği gösterdiği ve bozunmanın 2 ile 3 aşamalı olduğu görülmüştür.

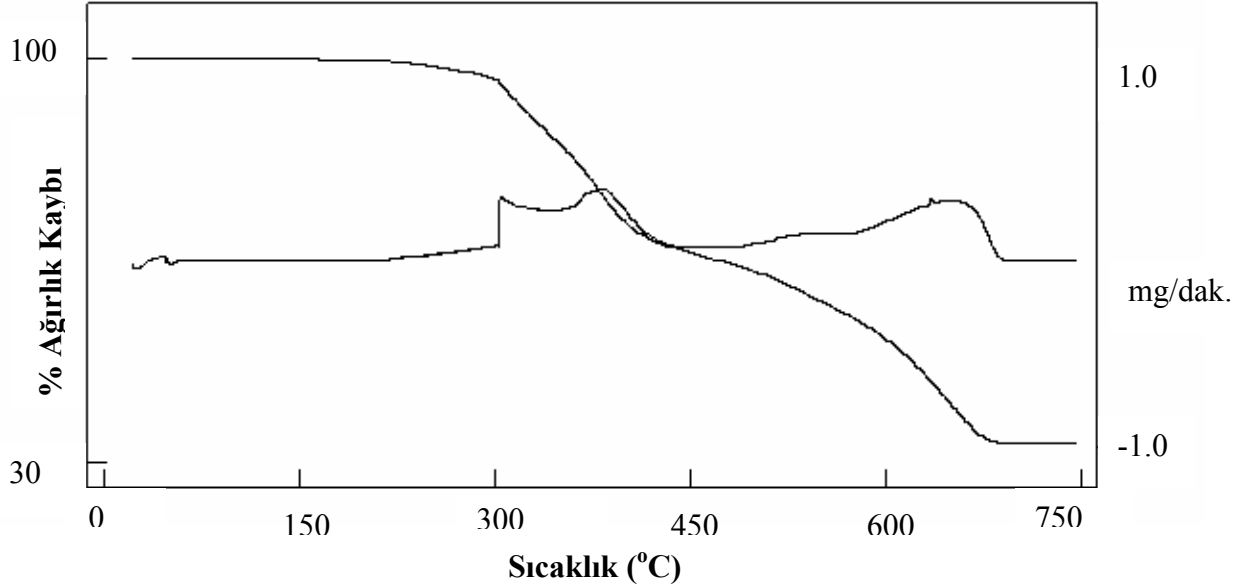


Şekil 5.5: K-3EA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri

K-3EA ürününün bozunması sırasında; 212°C’den 428°C’ye kadar gözlenen 1.bozunma bölgesinde gözlenen ağırlık kaybı %28.83’tür. 428°C’den 750°C’ye kadar gözlenen 2.bölgede ise %35.80’lik bir ağırlık kaybı gözlenmiştir. 25°C’den başlayan ve 750°C’de sonuçlanan analiz süresince gözlenen toplam ağırlık kaybı ise %65.19’dur.

Bu ürüne ait DTG verileri incelendiğinde gözlenen tepe maksimum sıcaklıkları da aşağıda görülmektedir.

K-3EA	Tepe başlangıcı sıcaklığı (°C)	Tepe maksimumu sıcaklığı (°C)	Tepe sonu sıcaklığı (°C)
1.tepe	325	331	348
2.tepe	348	383	436
3.tepe	570	648	700

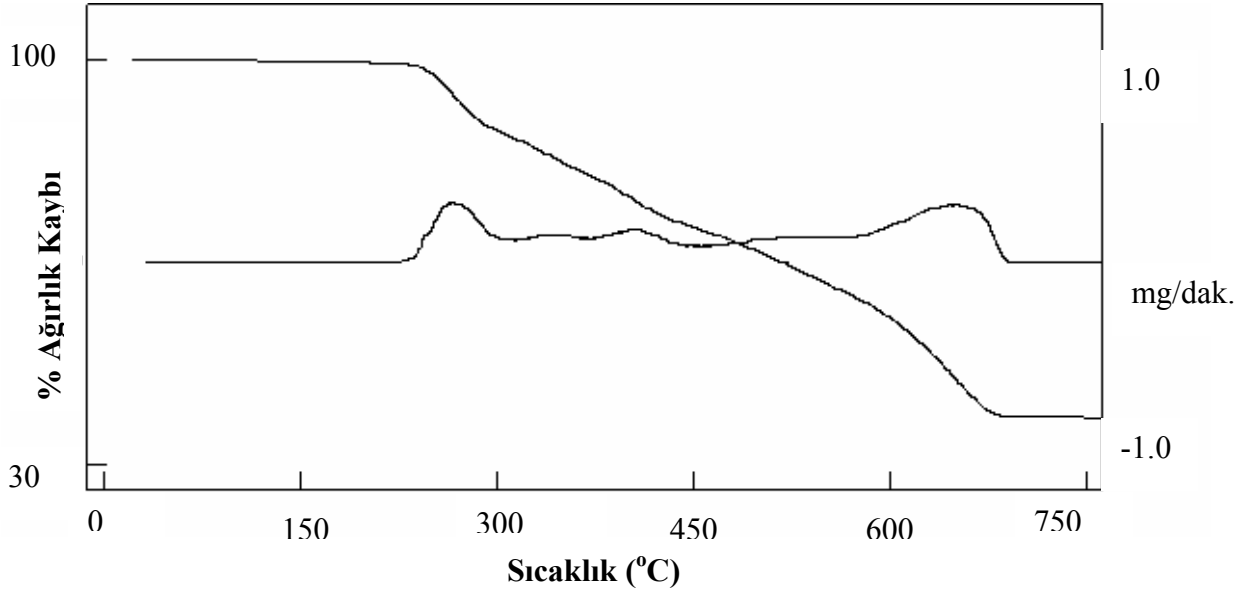


Şekil 5.6: K-4EA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri

K-4EA ürününün bozunması sırasında; 242°C'den 475°C'e kadar gözlenen 1.bozunma bölgesinde gözlenen ağırlık kaybı %34.16'dır. 475°C'den 691°C'ye kadar gözlenen 2.bölgede ise %31.45'lik bir ağırlık kaybı gözlenmiştir. 25°C'den başlayan ve 750°C'de sonuçlanan analiz süresince gözlenen toplam ağırlık kaybı ise %66.65'dir.

Bu ürüne ait DTG verileri incelendiğinde gözlenen tepe maksimum sıcaklıkları da aşağıda görülmektedir.

K-4EA	Tepe başlangıcı sıcaklığı (°C)	Tepe maksimumu sıcaklığı (°C)	Tepe sonu sıcaklığı (°C)
1.tepe	303	306	343
2.tepe	343	385	443
3.tepe	577	651	695

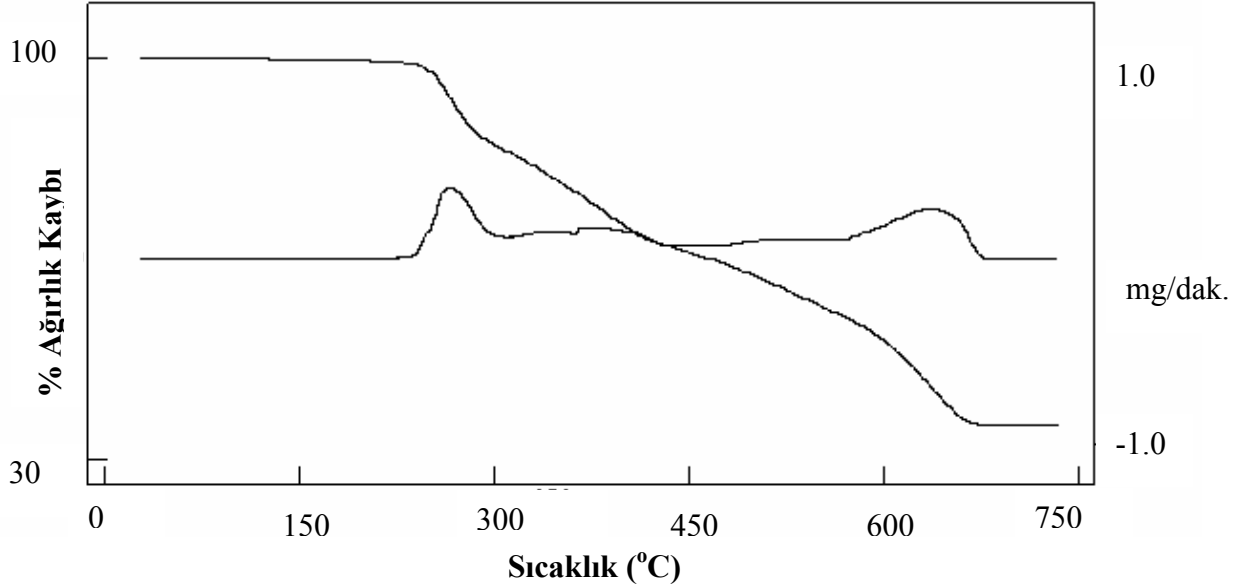


Şekil 5.7: K-3MMA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri

K-3MMA ürününün bozunması sırasında; 226°C'den 308°C'e kadar gözlenen 1.bozunma bölgesinde gözlenen ağırlık kaybı %12.10'dur. 308°C'den 693°C'ye kadar gözlenen 2.bölgede ise %48.82'lik bir ağırlık kaybı gözlenmiştir. 25°C'den başlayan ve 750°C'de sonuçlanan analiz süresince gözlenen toplam ağırlık kaybı ise %61.81'dir.

Bu ürüne ait DTG verileri incelendiğinde gözlenen tepe maksimum sıcaklıkları da aşağıda görülmektedir.

K-3MMA	Tepe başlangıcı sıcaklığı (°C)	Tepe maksimumu sıcaklığı (°C)	Tepe sonu sıcaklığı (°C)
1.tepe	226	271	309
2.tepe	365	406	443
3.tepe	577	655	694



Şekil 5.8: K-4MMA ürününe ait TGA ve DTG eğrileri

K-4MMA ürününün bozunması sırasında; 230°C'den 311°C'e kadar gözlenen 1.bozunma bölgesinde gözlenen ağırlık kaybı %15.26 ve 311°C'den 428°C'e kadar gözlenen 2.bölgede gözlenen ağırlık kaybı %16.05'dir. 428°C'den 678°C'ye kadar gözlenen 3.bölgede ise %31.81'lik bir ağırlık kaybı gözlenmiştir. 25°C'den başlayan ve 750°C'de sonuçlanan analiz süresince gözlenen toplam ağırlık kaybı ise %64.17'dir.

Bu ürüne ait DTG verileri incelendiğinde gözlenen tepe maksimum sıcaklıkları da aşağıda görülmektedir.

K-4MMA	Tepe başlangıcı sıcaklığı (°C)	Tepe maksimumu sıcaklığı (°C)	Tepe sonu sıcaklığı (°C)
1.tepe	230	268	308
2.tepe	308	-	432
3.tepe	570	638	680

EA ile hazırlanan kopolimerler K-3EA, K-4EA ve MMA ile hazırlanan kopolimer K-3MMA 2 aşamalı bozunma özelliği göstermektedir. MMA ile hazırlanan K-4MMA ürünü ise daha bariz bir şekilde 3 aşamada bozunmaktadır. 428°C civarında son bulan 2. bozunma bölgesi sonucunda ulaştığı ağırlık kaybı %16 gibi düşük bir değerdir. K-3MMA kopolimerinde ise 308°C'a kadar olan 1.bozunma bölgesinde %12 gibi düşük miktarda ağırlık kaybı bulunmaktadır. Tüm kopolimerlerin ısıl oksidatif bozunma özelliklerinin incelenmesi sonucunda, gözlenen toplam ağırlık kayıpları; K-3EA, K-4EA, K-3MMA ve K-4MMA için sırasıyla; %65.19, 66.65, 61.81 ve 64.17'dir. Genel olarak ürünlerin son bozunmaları arasında çok büyük farklılıklar görülmemekle birlikte, K-3MMA ürününün toplam ağırlık kaybının diğerlerine nazaran bir miktar daha düşük olduğu gözlenmektedir. Isıl kararlılığı en yüksek kopolimer ise K-4MMA'dır.

5.3. SİLİKON AKRİLİK KOPOLİMERLERİN FİLM ÖZELLİKLERİ

Silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanan filmlerin yüzey örtü maddesi olarak kullanılabilirliğini incelemek için, ürünlerden bölüm 3.3.1'de belirtildiği şekilde filmler hazırlanmış ve bölüm 3.3.2'de belirtilen; kuruma derecesi, sertlik, yapışma, parlaklık, darbe dayanımı, su dayanımı ve alkali dayanımı testleri uygulanmıştır. Sonuçlar; Tablo 5.1-5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Silikon Modifiye Akrilik Kopolimer Filmlerinin Kuruma Testi Sonuçları

SÜRE	KURUMA DERECELERİ				
	<i>MK</i>	<i>K-3EA</i>	<i>K-4EA</i>	<i>K-3MMA</i>	<i>K-4MMA</i>
5 dak.	4	3	3	4	4
10 dak.	4	3	3	4	6
15 dak.	4	3	3	6	6
30 dak.	4	4	3	6	6
45 dak.	4	4	3	6	6
60 dak.	4	4	4	6	6
1 saat 15 dak.	4	4	4	6	6
1 saat 30 dak.	4	6	4	6	6
1 saat 45 dak.	4	6	4	6	6
2 saat	4	6	4	6	6
2 saat 15 dak.	4	6	4	6	6
2 saat 30 dak.	4	6	4	6	6
2 saat 45 dak.	4	6	6	6	6
3 saat	4	6	6	6	6
3 saat 15 dak.	4	6	6	6	6
3 saat 30 dak.	4	6	6	6	6
3 saat 45 dak.	4	6	6	7	6
4 saat	4	6	6		7
4 saat 30 dak.	4	6	6		
5 saat	4	6	6		
5 saat 30 dak.	6	6	6		
6 saat	6	6	6		
6 saat 30 dak.	6	6	6		
7 saat	6	6	6		
7 saat 30 dak.	6	6	6		
8 saat	6	6	6		
24 saat	7	6	6		
48 saat		6	6		
72 saat		6	6		
1 hafta		7	7		

Tablo 5.1’de silikon akrilik kopolimerlerin kuruma derecesi tayini sonuçları görülmektedir. Kuruma testi ile ilgili ilk kontroller silikon akrilik filmlerin ele yapışıp yapışmamasının tespit edilmesiyle başlamıştır. Tüm filmlerin; ele yapışma aşamasını çok hızlı bir şekilde geçtiği ve filmler levhalara uygulandıktan 5 dakika sonra 3. ve 4.

kuruma derecelerine ulaştıkları görölmüştür. Kuruma tüm filmlerde hızlı başlamasına rağmen, filmlerin istenilen 7. kuruma derecesine ulaşmaları farklılık göstermiştir. Genel olarak tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin 4. kuruma derecesine kısa sürelerde ulaştığı görölmüştür. MK, K-3MMA ve K-4MMA 4.kuruma derecesine ilk 5 dakikada ulaşırken, K-3EA ve K-4EA sırasıyla 30 ve 60. dakikalarda bu seviyeye ulaşmıştır. Tüm filmlerin 6. kuruma derecesine ulaşması için geöen süreler de birbirinden oldukça farklıdır. K-3MMA ve K-4MMA, bu seviyeye sırasıyla, 15. ve 10. dakikalarda ulaşırken, EA iöeren ürünlerde bu süre artmaktadır. K-3EA ve K-4EA sırasıyla 1 saat 30 dak. ve 2 saat 45 dak. gibi sürelerde 6. kuruma derecesine ulaşmıştır. MK ise 6. kuruma derecesine ancak 5 saat sonunda ulaşabilmiştir. Ancak tüm filmlerin bu aşamada uzun süre kaldığı görölmüştür. 7. kuruma derecesine ulaşmak için geöen süreler de K-3MMA ve K-4MMA, MK, K-3EA ve K-4EA için sırasıyla 3 saat 45 dak., 4 saat, 24 saat, 1 hafta ve 1 hafta'dır. Sonuçlardan da göröldüğü gibi makromerden hazırlanan filmlerin başlangıöta hızlı kuruduğu ancak 7. kuruma derecesine 24 saat sonunda ulaşabildiğı görölmektedir. Kopolimerde EA yapısının bulunmasının, bu süreleri uzattığı ve bu ürünlerden hazırlanan filmlerin 1 hafta içinde 7. kuruma derecesine ulaştıkları da gözlenmiştir. Kopolimer yapısında MMA ünitelerinin bulunması ise hem kuruma hızını ve hem de kuruma derecesini oldukça arttırmıştır. MMA üniteleri iöeren her iki kopolimerden hazırlanan filmlerin öok hızlı bir şekilde kuruyarak 4 saat içinde 7. kuruma derecesine ulaştıkları görölmektedir. Sonuç olarak, kopolimer yapısında MMA ünitelerinin yer almasının, EA ünitelerinin bulunmasına göre, filmlerin kuruma hızı ve derecesi üzerine olumlu bir katkı yaptığı görölmüştür.

Tablo 5.2: Silikon Akrilik Kopolimer Filmlerinin Sertlik Testi Sonuçları

ÜRÜN	SERTLİK (König Saniyesi)
<i>MK</i>	137
<i>K-3EA</i>	199
<i>K-4EA</i>	198
<i>K-3MMA</i>	199
<i>K-4MMA</i>	192

Tablo 5.2’de silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin sertlik testi sonuçları görülmektedir. Yüzey örtü testleri kısımda da anlatıldığı gibi, filmlerin sertlik testi, König sarkacı kullanılarak yapılmış ve sonuçlar König saniyesi cinsinden verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi makromerin sertliği 137 könig saniyesidir. Kopolimer yapısında EA ve MMA ünitelerinin bulunmasının her iki durumda da sertlik derecesini arttırdığı görülmektedir. Zira tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin sertlik değerleri hemen hemen aynı mertebededir. K-3EA, K-4EA, K-3MMA ve K-4MMA için sırasıyla bu değerler, 199, 198, 199 ve 192 könig saniyesidir. Standart cam plaka kullanıldığında elde edilen değer ise 255 könig saniyesidir. Sonuç olarak, standart cam plaka ile karşılaştırıldığında, silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin sertliklerinin oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir.

Tablo 5.3: Silikon Akrilik Kopolimer Filmlerinin Yapışma Testi Sonuçları

ÜRÜN	Yapışma %
<i>MK</i>	100
<i>K-3EA</i>	100
<i>K-4EA</i>	100
<i>K-3MMA</i>	100
<i>K-4MMA</i>	100

Tablo 5.3 silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin yüzeye yapışma özellikleri görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi tüm ürünlerden hazırlanan filmler mükemmel yapışma özelliği göstermektedir.

Tablo 5.4: Silikon Akrilik Kopolimer Filmlerinin Parlaklık Testi Sonuçları

ÜRÜN	PARLAKLIK
<i>MK</i>	74
<i>K-3EA</i>	60
<i>K-4EA</i>	87
<i>K-3MMA</i>	70
<i>K-4MMA</i>	90

Tablo 5.4’de silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin parlaklıklarına ait sonuçlar görülmektedir. Parlaklık, yüzey örtü testleri kısmında da anlatıldığı gibi, Gardner marka multiangle glossmeter (GG-9095) ile ölçülmüştür.

Tablodan da görüldüğü gibi, MK, K-3EA, K-4EA, K-3MMA ve K-4MMA için bu parlaklık değerleri sırasıyla; 74, 60, 87, 70 ve 90 olarak ölçülmüştür. Makromere etil akrilat ve metil akrilat ilavesinin miktarı molar olarak 3 den 4’e arttırıldığında, parlaklık değerinin de bir miktar arttığı görülmektedir. İlavelerin 3 mol civarında kalması makromerin parlaklık değeri üzerine fazla bir etki yapmamıştır. K-4EA ve K-4MMA den hazırlanan filmler parlak, K-3EA ve K-3MMA den hazırlanan filmler ise yarı mat özellik göstermektedir.

Tablo 5.5: Silikon Akrilik Kopolimer Filmlerinin Darbe Dayanımı Testi Sonuçları

ÜRÜN	Darbe Dayanımı (%)
<i>MK</i>	2
<i>K-3EA</i>	5
<i>K-4EA</i>	5
<i>K-3MMA</i>	2
<i>K-4MMA</i>	2

Tablo 5.5’de silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin darbe dayanımı test sonuçları görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin darbe dayanımlarının düşük olduğu görülmektedir. Makromerin %2 olan darbe dayanımı, EA ilavesi ile bir miktar yükselmiş ancak MMA ilavesinin darbe dayanımı değerini değiştirmedeği gözlenmiştir.

Tablo 5.6: Silikon Akrilik Kopolimer Filmlerinin Su Dayanımı Testi Sonuçları

SÜRE	ÜRÜN									
	MK		K-3EA		K-4EA		K-3MMA		K-4MMA	
	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.
Sudan çıkınca	Ş	Ş	B	Ş	B	Ş	B	Ş	B	Ş
20 dakika	Ş	Ş	YŞ	Ş	YŞ	Ş	B	Ş	B	Ş
1 saat	Ş	Ş	Ş	Ş	YŞ	Ş	B	Ş	B	Ş
2 saat	Ş	Ş	Ş	Ş	YŞ	Ş	B	Ş	B	Ş
24 saat	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş	Ş

Ş:Şeffaf, B:Beyaz, YŞ:Yarı şeffaf, B:Bulanık

F.Ö:Fırınlamadan Önce, F.S:Fırınlamadan Sonra

Tablo 5.6’da silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin su dayanımı test sonuçları görülmektedir. Bu test yönteminde kurutulmuş ve fırınlanmış silikon akrilik filmlere, 18 saat suda bekletmenin etkileri incelenmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi; fırınlamadan önce, sadece MK’dan hazırlanmış film sudan çıkarıldığında şeffaf, diğer tüm filmler ise bulanıktır. K-3EA ve K-4EA’den hazırlanan filmler sudan çıktıktan 1 saat sonra yarı şeffaf hale gelmişlerdir. K-3MMA ve K-4MMA’dan hazırlanan filmler ise ancak 24 saat sonunda şeffaf hale gelebilmişlerdir.

Fırınlamadan sonra ise, tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin, sudan çıkarıldıklarında şeffaf oldukları görülmektedir. Fırınlamanın su dayanımı üzerine olumlu bir katkısı olduğu görülmektedir.

Tablo 5.7: Silikon Akrilik Kopolimerler Filmlerinin Alkali Dayanımı Testi Sonuçları

SÜRE	ÜRÜN									
	MK		K-3EA		K-4EA		K-3MMA		K-4MMA	
	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.	F.Ö.	F.S.
15 dak.	DY	DY	DY	DY	DY	DY	DV	DY	DV	DY
30 dak.	DY	DY	DY	DY	DY	DY	D	DY	D	DY
1 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
2 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
3 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
4 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
5 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
6 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
7 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		DY		DY
8 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		HD		HD
16 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		HD		HD
24 saat	DY	DY	DY	DY	DY	DY		D		D

DY : Değişiklik yok, DV: Dökülme var, HD: Hafif dökülme var, D: Dayanıksız,

F.Ö.:Fırınlamadan Önce, F.S.:Fırınlamadan Sonra

Tablo 5.7’de silikon akrilik kopolimerlerden hazırlanmış filmlerin fırınlamadan önce ve fırınlamadan sonraki alkali dayanımları sonuçları görülmektedir. Alkali dayanımı testi, filmlerin; %0,3’lük NaOH çözeltisi içinde farklı sürelerde bekletilmesi sonucunda alkali çözeltisinin filmler üzerine etkisi incelenerek gerçekleştirilmiştir. MK, K-3EA ve K-4EA ürünlerinden hazırlanan filmlerin tümü, hem fırınlamadan önce ve hem de fırınlamadan sonra yüksek alkali dayanımı göstermiştir. Yapısında MMA üniteleri içeren K-3MMA ve K-4MMA ürünlerinden hazırlanan filmlerin ise, fırınlamadan önce alkali dayanımları çok düşüktür. Bu filmler, ilk 30 dakika içerisinde alkali çözeltisinden etkilenmişlerdir. Fırınlama sonrasında ise bu filmlerin alkali dayanımları bir miktar artmış ve fırınlanmış filmler ilk 7 saat boyunca alkali çözeltisinden etkilenmemişlerdir. Ancak 8. saat itibarıyla filmlerde hafif bir dökülme başlamış ve 24 saat sonunda ise filmler tümüyle dökülmüştür.

SONUÇLAR

1. İlk defa bu çalışmada, tekrarlanan birimlerde reaktif serbest hidroksil grubu içeren ufak moleküllü fenil siloksan yapısındaki silikon ön polimeri (Z-6018) ve 2-hidroksietilmetakrilat (2-HEMA) arasında gerçekleştirilen kondenzasyon reaksiyonu ile makromer (MK) elde edilmiştir.
2. MK ve farklı mol oranlarında etilakrilat (EA) ve metilmetakrilat (MMA) arasında gerçekleştirilen serbest radikal katılma polimerizasyonları ile yeni silikon akrilik kopolimerler sentezlenmiştir.
3. Genelde kopolimer ürünlerin ısıl kararlılığının yüksek olduğu, bilhassa kopolimer yapısında MMA ünitelerinin bulunmasıyla ısıl dayanımın daha yüksek olduğu görülmüştür.
4. Tüm ürünlerden hazırlanan filmlerde kuruma, hızlı başlamasına rağmen, filmlerin 7. kuruma derecesine ulaşmaları farklılık göstermiştir. Sonuç olarak, kopolimer yapısında MMA ünitelerinin bulunmasının, EA ünitelerinin bulunmasına göre, kuruma hızı ve derecesi üzerine olumlu bir katkı yaptığı gözlenmiştir.
5. Çalışmada elde edilen, yapısında MMA ve EA ünitelerini içeren silikon akrilik kopolimerlerden sertlikleri yüksek ve yüzeye yapışabilirliği üstün olan yüzey örtü maddelerinin elde edilebileceği görülmüştür.
6. Ürünlerin parlaklık özellikleri ise, kopolimerdeki EA ve MMA ünitelerinin miktarlarının artmasıyla artış göstermektedir.
7. Tüm ürünlerden hazırlanan filmlerin darbe dayanımlarının dolayısıyla elastikiyetlerinin düşük olduğu görülmüştür. Uygun bir plastifiyan kullanılarak bu özelliklerin iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

8. Fırlamanın tüm ürünlerden hazırlanan filmlerde, su dayanımı ve alkali dayanımı üzerine olumlu bir katkısı olduğu görülmüştür.
9. Sonuç olarak, sentezlenen ürünlerin yüzey örtü maddesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. KUO, P.L., CHEN, K.C., WANG, T.L., 1997, “*Function and Performance of Silicone Copolymers (I): Syntheses of Polysiloxan – Containing Copolymers and Their Absorption Phenomena Under Extreme Pressure*” Vol.38, No.20, 5203-5209.
2. KUO, P.L, CHENG, V., CHENN, C.L., 1998, “*Function and Performance of Silicone Copolymers (II): Syntheses and Interfacial Behaviour of Siliconized Copolymers*”, Journal of Applied Polymer Science, Vol.71, 805-811.
3. KAN, C., YUAN, Q., WANG, M., KONG, X., 1994, “*Syntheses of Silicone-Acrylic Copolymer Latexes and Their Film Properties*”, Polymers for Advanced Technologies , Vol.7, 95-97.
4. PARK, H.S., YANG, I.M., WU, J.P., KIM, M.S., NAHM, H.S., RHEE, H.W., 2000, “*Syntheses of Silicone-Acrylic Resins Their Applications to Superweatherable Coatings*”, Journal of Applied Polymer Science, Vol.81, 1614-1623.
5. HOU, S.S., KUO, P.L, 1999, “*Function and Performance of Silicone Copolymers (III): Syntheses and Properties of a Novel Siliconized Acrylic Monomer Containing Three Reactive Sites*”, Macromol.Chem.Phys., 200, 2501-2507.
6. LIN, M., CHU, F., Guyot, A., PUTAUX, J.L., LAMI, E.B., 2004, “*Silicone-Polyacrylate Composite Latex Particles. Particles Formation and Film Properties*”, Polymer, 46, 1331-1337.
7. MAMIYA, T., KATSURAHARA, T., OSHIKUBO, H., 2001, “*Film Properties of Silicone Non-aqueous Acrylic Polymer Dispersion*”, Progress in Organic Coatings, 45, 219-224.

8. PARK, H.S., HAHM, H.S., KIM, S.K., Im, W.B., 2003, "*Preparation and Characterization of Weather Resistant Silicone/Acrylic Resin Coatings*", The Journal of Coatings Technology, Jan.01., 1-14.
9. KAYA F.,1983, "*Plastikler, Katkı Maddeleri ve İşletme Metodları*", Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.
10. MARK, H.S., McKETTA, J. R., OTMER, J.J., 1957, "*Encyclopa of Chemical Technologies*", John Wiley&Sons Inc., Second Ed.,Vol.1, p.386-402.
11. PAKSOY, A.S., 1999, "*Boya El Kitabı*", KMO, ISBN.975-395, 314-3, p.175-182.
12. HAZER, B., 1993, "*Polimer Teknolojisi*", Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Karadeniz Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Genel Yayın No.161 - Fakülte Yayın No.46, p.118.
13. MARK, H.S., McKETTA, J. R., OTMER, J.J., 1957, "*Encyclopa of Chemical Technologies*", John Wiley&Sons Inc, Second Ed., Vol.18, p.221-225.
14. PAKSOY, A.S.,1999, "*Boya El Kitabı*", KMO, ISBN.975-395, 314-3 p.183-189.
15. SWARD, G.G., 1972, "*Paint Testing Manual*", ASTM Special Technical Publication, 500, 268.
16. SWARD, G.G., 1972, "*Paint Testing Manual*", ASTM Special Technical Publication, 500, 286.
17. SWARD, G.G., 1972, "*Paint Testing Manual*", ASTM Special Technical Publication, 500, 319.

18. SWARD, G.G., 1972, "*Paint Testing Manual*", ASTM Special Technical Publication, 500.
19. SWARD, G.G., 1972, "*Paint Testing Manual*", ASTM Special Technical Publication , 335.
20. ASTM Test Method D 1647-59, 1977, "*Annual Book of ASTM Standards*", Part 27.
21. ERDİK, E., 1993, "*Organik Kimyada Spektroskopik Yöntemler*", Gazi Büro Kitabevi, Ankara.
22. Silverstein., R.M., Bassler G. C., "*Spectrometric Identification of Organic Compounds*", Jhon Wiley&Sons, Inc. New York.

ÖZGEÇMİŞ

24.06.1975 yılında Samsun'da doğdum. Lise öğrenimimi 1994 yılında Samsun Anadolu Lisesi'nde tamamladım. Yüksek Öğrenimimi; İstanbul Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü'nde 1999 yılında bitirdikten sonra, 2000 yılında İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Kimyasal Teknolojiler Programı'nda Yüksek Lisans çalışmalarına başladım. 2001-2002 yılları arasında askerlik görevimi tamamlamak için yüksek öğrenimime ara verdim. 2002-2004 yılları arasında Samet Kalıp A.Ş'de görev yaptıktan sonra, 2004 yılında Rotta Kimya A.Ş'de Üretim Müdürü olarak göreve başladım. Halen bu görevimi sürdürmekteyim.

