


Epoksi Reçinelerin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Alaaddin CERİT¹

¹Doç. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Kemal Akman MYO, Konya, Türkiye, acerit@erbakan.edu.tr, 
<https://orcid.org/0000-0003-2414-2313>

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 10.10.2023

Kabul: 04.12.2023

Yayın: 31.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Epoksi,

Vicat,

Sertlik,

Mukavemet.

Genel olarak epoksi reçine malzemeler çok iyi yapışma, kimyasal direnç, ısı direnci, fiziko-mekanik ve elektriksel yalıtım gibi özellikler gösterir. Epoksi reçine malzemeler çoğunlukla endüstriyel kaplamalarda, diş hekimliği uygulamalarında, protez yapımında, fiber destekli plastik malzemelerde, sert tip köpüklerde, çok amaçlı yapışkanlarda, elektriksel izolator malzemelerinde, elektronik aygıt bileşenlerinde, müzik aletleri, otomotiv, uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılmaktadır. Epoksi reçine malzemelerin bahsedilen bu özellikleri yeni yöntemler ile daha da iyileştirilebilir. Bu çalışmada çeşitli molekül kütleli (230, 350, 500 x10³g/mol) polistirenler epiklorhidrin ile modifikasyona tabi tutularak polimere bağlanmış epiklorhidrin sayısına bağlı olarak kopma mukavemeti, vicat yumuşama sıcaklığı ve sertlik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak elde edilen modifiye polistirenlere bağlanmış fonksiyonel grupların özelliklerine uygun olarak kıyaslamalar yapılmıştır. Sonuçta daha düşük molekül kütleli polimere (230 x10³g/mol) daha çok epoksi grup bağlandığı (%7,3) ve daha iyi fiziko-mekanik özellikler gösterdiği, daha yüksek molekül kütleli polimere (500 x10³g/mol) ise daha az epoksi grup bağlandığı (%4,4) ve daha düşük fiziko-mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Evaluation of Physico-Mechanical Properties of Epoxy Resins

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 10.10.2023

Accepted: 04.12.2023

Published: 31.12.2023

Keywords:

Epoxy,

Vicat,

Hardness,

Strength.

In general, epoxy resin materials show some properties such as very good adhesion, chemical resistance, heat resistance, physico-mechanic and electric insulation. Epoxy resin materials are mostly used for industrial coatings, dental applications, prosthesis production, fiber-reinforced plastic materials, rigid type foams, multi-purpose adhesives, electrical insulator materials, electronic device components, music instruments, automotive, space and aviation industries. These properties of epoxy resin materials can be further improved through modification. In this research, polystyrenes with various molecular masses (230, 350, 500 x10³ g/mol). As a result, comparisons were made in accordance with the properties of the functional groups bonded to the modified polystyrenes. As a result, more epoxy groups are attached (7.3%) to the lower molecular mass polymer (230 x10³ g/mol) and show better physico-mechanical properties, while the higher molecular mass polymer (500 x10³ g/mol) has fewer epoxy groups. It was determined that it was bonded (4.4%) and had lower physico-mechanical properties.

Atf/Citation: Cerit, A. (2023). Epoksi reçinelerin fiziko-mekanik özellikleri. *Five Zero*, 3(2), 236-244. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2023.26>

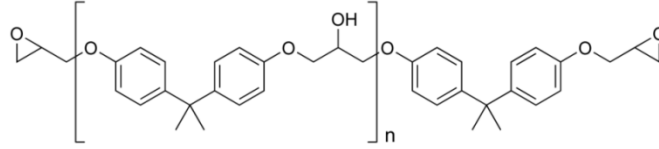


"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

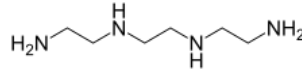
GİRİŞ

Fonksiyonel özelliklere sahip polimerik materyaller, polimer ve plastik endüstrisi için çok önemlidir. Bu tip materyaller monomerlerin polimerizasyonu ve kimyasal modifikasyonu ile elde edilebilirler (Özgün vd., 2023). Son yıllarda yapılan çalışmalarda, fonksiyonel polimerlerin eldesi ve modifikasyonu ile fiziko-mekanik özelliklerinin geliştirilmesi konusunda yapılan çalışmaların önemi artmaktadır. Yaygın olarak üretilen çeşitli polimerlerin yüksek optik, ısı, dielektrik, özelliklerinin yanında, çeşitli fiziko-mekanik özelliklerinin istenen düzeyde olmaması kullanımlarının kısıtlanmasına sebep olmaktadır (Madenci, 2023). Bu yüzden, polimerlere çeşitli fonksiyonel grupların bağlanması bu yetersiz özelliklerinin artırılmasına ve daha üstün özellikler kazanmasına olanak sağlamaktadır (Ahmetli vd., 2005; Crawford vd., 2001).

Epoksi bileşikleri iki farklı komponentten oluşan kopolimerlerdir. Bu komponentler reçine ve sertleştirici olarak adlandırılır (Şekil 1 ve 2). Epoksi olarak adlandırılan malzemeler bir epoksi reçinesinin bir sertleştirici ile tepkimesi sonucu oluşan ve ısı etkisiyle sertleşebilen polimerlerdir. Epoksiler, öncelikle plastikler ve çok güçlü yapıştırıcılar olmak üzere çok yaygın kullanım alanlarına sahiptir (O'Brien vd., 2001; Chikhi vd., 2002; Gibson, 2017).



Şekil 1. Epoksi reçine.



Şekil 2. Sertleştirici Trietilentetramin (TETA)

Reçinenin epoksitleri aminler (NH) ile reaksiyona girer. Reçine, her iki uça birer epoksi grup bulduran monomer ya da kısa zincirli polimer içermelidir. Yaygın şekilde kullanılan epoksi reçineler, epiklorhidrin ile bisfenol-A'nın reaksiyonu yoluyla üretilir. Sertleştiriciler, trietilentetramin (TETA) gibi poliamin monomerine sahiptir. Bu bileşikler birbiri ile karıştırıldığında, amin gruplar epoksi gruplarla reaksiyona girmek suretiyle kimyasal bağ meydana getirir. Her bir amin grup, bir epoksi grup ile reaksiyona girer ve elde edilen polimer, çok sayıda çapraz bağa sahiptir ve bundan dolayı sert ve sağlamdır. Polimerizasyon işlemi kürlenme olarak da bilinir. Kürlenme işlemi sıcaklık, reçine, bileşiklerin seçimi ve bileşiklerin oranı ile ayarlanabilir. Bazı yöntemler kürlenme süresi boyunca sıcaklıktan faydalanırken bazıları farklı zaman ve sıcaklık gerektirir (Ramos vd., 2005; Capricho vd., 2020).

Epoksi esaslı polimerlerin uygulama alanı geniştir ve kaplama, yapıştırıcı, karbon fiber gibi kompozit malzemeleri içerir (Uyaner ve Yar, 2019). Genel olarak, epoksiler çok iyi yapışma, ısı direnci, kimyasal direnç, çok yüksek mekanik özellikler ve elektrik yalıtım özelliklere sahiptir. Epoksi kompozit reçinelerin diş hekimliği uygulamalarında kullanıldığını gösteren çok sayıda çalışma da literatürde yer almaktadır (Özden ve Demir, 2020; Gönder ve Öz, 2020; Ünlü ve Ülkü, 2020; Keçeci vd, 2020; Fidan vd, 2021).

Bu makalede, farklı moleküler kütlelerde çeşitli polistirenler epiklorhidrin ile modifikasyona tabi tutulmuş, modifikasyon ile polistirene bağlanmış epiklorhidrin miktarının fiziko-mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır.

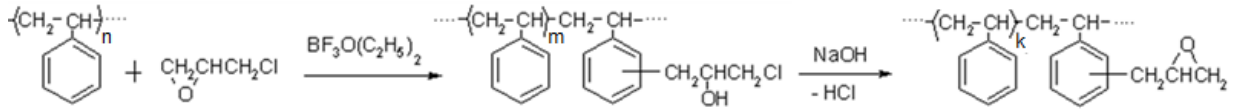
MATERYAL VE METOT

Kullanılan Kimyasal Maddeler (Used Chemicals)

Deneylerde, ortalama molekül kütlesi 230.000, 350.000 ve 500.000 gr/mol olan polistirenler; epiklorhidrin, katalizör $BF_3O(C_2H_5)_2$ kullanılmıştır. Çözücüler; dikloretoan, kloroform, çöktürücü; metanol ve analizler için HCl, NaOH, KOH, NaCl Merck ve Fluka firmalarından satın alınmıştır.

Polistirenin Epiklorhidrin ile Alkilenmesi (Alkylation of Polystyrene with Epichlorohydrin)

Polistiren ve epiklorhidrinin reaksiyonu sonucunda epoksi gruplu modifiye polistiren elde etmek için alkillemeye reaksiyonun kullanılabileceği daha önce çeşitli araştırmalarda vurgulanmıştır (Cerit, 2005; Mirzaoglu vd., 1997; Kurbanova vd., 1997; Biswas ve Chatterjee, 1983).



Şekil 3. Polistirenin $BF_3O(C_2H_5)_2$ katalizörlüğünde Epiklorohidrin ile Kimyasal Modifikasyonu

Çalışma kapsamında polistiren öncelikle epiklorhidrin ile katalizör ortamında alkilenmiştir. Bu yöntemle göre, alkillemeye, Şekil 3'te görüldüğü gibi polistirendeki aromatik halkanın alkilenmesi ve epiklorhidrin eldesiyle sağlanmıştır (Ellis, 1993; Mohan, 2013; Tian vd., 2009, Crawford vd., 2001; Kurbanova vd., 1996; Cerit, 2023).

Epoksi Grupların Belirlenmesi (Determination of Epoxy Groups)

Polistirene bağlanan epoksi grupların sayısını belirlemek için 250 ml'lik kaba 0,5 g modifiye polistiren ve 25 ml çözünen karışım (60 ml aseton + 1,5 ml HCl) eklenmiş ve oda şartlarında 2 saatlik sürede karıştırılmıştır (Cerit, 2023).

Polimerde bulunan epoksi grupların sayısı HCl ile işlemden sonra kalan HCl, 0,1N KOH ile titre edilerek belirlenmiştir. Epoksi grupların sayısı Eş.1'e göre bulunmuştur:

$$\text{Epoksi grup sayısı, \%} = (V_1 - V_2) \times 0.0043 \times F \times 100 / m \quad (\text{Eş.1})$$

Burada, V_1 , kontrol titrasyonu için harcanan 0,1N KOH (ml)'dir, V_2 , numunenin titrasyonunda sarf edilen 0,1N KOH'dir (ml), F, 0,1N KOH çözeltisi için titrasyon sabitidir, m, analiz edilen numunenin kütlesidir (g) 0.0043, 1 ml 0,1N KOH'a karşılık bulunan epoksi grupların sayısıdır. Sonuçlar Tablo 1'de sunulmuştur.

Vicat Yumuşama Sıcaklıkları Tayini (Determination of Vicat Softening Temperature)

Epoksi gruplara sahip modifiye polistirenler yüksek basınçlı ısı enjeksiyon aletinde tablet şeklinde elde edilip vicat cihazında $1^\circ\text{C}/\text{dk}$ hızla ısıtıldıktan sonra cihaz iğnesinin numuneye 1 mm derinlikte girdiği anda kaydedilen sıcaklık yumuşama sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerler Tablo 2'de görülmektedir.

Kopma Mukavemeti Tayini (Determination of Tensile Strength)

Epoksi gruplara sahip modifiye polistirenler yüksek basınçlı ısı enjeksiyon aletinde tablet şeklinde elde edilip çekme-basma test cihazı ile çekme testi uygulanarak kopma mukavemet değerleri belirlenmiştir. Elde edilen kopma mukavemeti değerleri Tablo 3'de görülmektedir.

Sertlik Tayini (Determination of Hardness)

Epoksi gruplara sahip modifiye polistirenler yüksek basınçlı ısı enjeksiyon aletinde tablet şeklinde elde edilip shore sertlik değerleri sertlik tayin cihazında tesbit edilmiştir. Elde edilen shore sertlik değerleri Tablo 4'de görülmektedir.

SONUÇLAR

Tablo 1'e göre, farklı molekül kütleyle sahip çeşitli polistirenlerin kimyasal modifikasyonu sonucunda polimerde bulunan aromatik halkaya bağlanmış fonksiyonel grup sayısı, polimerin molekül kütlelerine bağlıdır ve daha düşük molekül kütleli polimere daha çok sayıda fonksiyonel grup bağlanmıştır.

Tablo 1. Polistirenlere bağlanmış epiklorhidrin sayıları

Polistiren	Molekül Kütle (g/mol)	$\begin{array}{c} CH - CH_2 \\ \quad \backslash / \\ O \quad \quad \quad \end{array}$ mol %
1	230.000	7,3
2	350.000	6,2
3	500.000	4,4

(Amounts of epichlorohydrin bonded to polystyrenes)

Modifiye polistirenlerin fiziko-mekanik özellikleri, polimerin yapısına ve polimere bağlanan fonksiyonel grupların sayısına bağlı olarak değişmiştir. Polimere bağlanmış fonksiyonel grup sayısının vicat yumuşama sıcaklığı, kopma dayanımı ve sertlik değerleri üzerindeki etkisini anlamak için düşük molekül kütleyle sahip polistirenlerin modifikasyon reaksiyonlarının incelenmesinin gerekli olduğu tesbit edilmiştir. Polimere bağlanmış fonksiyonel grup sayısına göre farklı fiziko-mekanik değerleri elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 2, 3 ve 4'te sunulmuştur.

Tablo 2. Epoksi Gruplu Polistirenlerin Vicat Yumuşama Sıcaklıkları

Modifikatör	Molekül Kütle (g/mol)	Vicat Yumuşama Sıcaklığı (°C)
Epiklorhidrin	230.000	75,8
	350.000	72,6
	500.000	70,1

(Vicat softening points of modified polystyrenes)

Tablo 3. Epoksi Gruplu Polistirenlerin Kopma Mukavemetleri

Modifikatör	Molekül Kütle (g/mol)	Kopma mukavemeti (kg/mm ²)
Epiklorhidrin	230.000	4,81
	350.000	3,96
	500.000	3,47

(Tensile strengths of modified polystyrenes)

Tablo 4. Epoksi Gruplu Polistirenlerin Sertlik Sonuçları

Modifikatör	Molekül Kütle (g/mol)	Sertlik (Shore D)
Epiklorhidrin	230.000	85,33
	350.000	83,72
	500.000	80,21

(Hardness results of modified polystyrenes)

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Molekül kütleleri 230.000, 350.000 ve 500.000 g/mol olan polistirenlerin (BF₃·O(C₂H₅)₂) katalizörü ortamında modifikatör epiklorhidrin ile daha önceden bulunmuş en uygun reaksiyon ortamında kimyasal modifikasyonu yapılmış ve aromatik halkasına epoksi gruplar bağlanmış modifiye polistirenler elde edilmiştir. Düşük molekül kütleyle sahip polistirenlerin yapısına daha çok fonksiyonel grup bağlandığı belirlenmiştir (Tablo 1). Bu durumun sebebi düşük molekül kütleli polimerlerin polimer zincirlerinin daha kısa olmasından dolayı bu polimerlerin daha fazla zincir ve zincir ucuna sahip olması, zincir uçların sayısının daha çok olması sebebiyle fonksiyonel grupların bu noktalar üzerinden daha fazla bağlanma imkanı bulabilmesidir. Daha çok fonksiyonel gruba sahip polistirenler ise daha üstün fiziko-

mekanik özellikler göstermektedir. Sonuçta, düşük molekül kütleli polistirenler yapısına daha çok fonksiyonel grup bağladığından Vicat yumuşama sıcaklıkları, kopma mukavemetleri ve sertlik değerleri diğer polistirenlere kıyasla daha yüksek değerlerde elde edilmiştir (Tablo 2, 3 ve 4). Elde edilen sonuçlar literatürde yer alan çalışmalarla uyum göstermektedir.

Günümüzde yaygın olarak üretilen polistirenlerin optik, ısı, dielektrik, özelliklerinin yanında, çeşitli fiziko-mekanik özelliklerinin istenen düzeyde olmaması kullanımlarının kısıtlanmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın en önemli avantajlarından birisi çalışmada kullanılan polistirenlerin kimyasal modifikasyon ile daha yüksek fiziko-mekanik özelliklere sahip olması ve buna bağlı olarak yeni ve çeşitli kullanım alanlarının ortaya çıkmasıdır. Kimyasal modifikasyon ile polimerlerin fiziko-mekanik özelliklerinin daha da geliştirilmesi hususunda yeni yöntemlerin geliştirilmesi, yeni modifikatörlerin denenmesi ve geliştirilmesi, yeni ve farklı polimerlerin özellikleri üzerine yeni çalışmalar yapılması, günlük hayatta giderek önemi artan polimer malzemeler ve polimer sektörü, ileri imalat teknolojileri ve kimya sektörü açısından güncel ve hayati öneme sahip konulardan birisi olarak araştırılmaya devam edecektir.

KAYNAKÇA

- M. İ. Özgün, A. B. Batıbay, B. Ünal, Y. R. Eker, A. Terlemez. (2023). Investigation of the Use of TiO₂ Obtained from Endodontic NiTi Files in Dye-Sensitized Solar Cells. *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, 5(1), 1-8.
- E. Madenci. (2023). Fonksiyonel Derecelendirilmiş Malzeme Plakların Statik Analizinde Mikro-Mekanik Modellerin Katkısı. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 23-37.
- G. Ahmetli, Z. Yazıcıgil, A. Koçak, R. Kurbanlı. (2005). Effects of different molecular weights polystyrene on the acylation reaction and on the reaction kinetic. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(1), 253-259.
- D.M. Crawford, E. Napadensky, N. Beck Tan, D.A. Reuschle, D.A. Mountz, K.A. Mauritz, K.S. Laverdure, S.P. Gido, W. Liu, B. Hsiao. (2001). Structure/Property Relationships in Polystyrene-Polyisobutylene-Polystyrene Block Copolymers. *Thermochimica Acta*, 367-368, 125-134
- D.J. O'Brien, P.T. Mather, S.R. White. (2001). Viscoelastic properties of an epoxyresin during cure. *Journal of composite materials*, 35(10), 883-904.
- N. Chikhi, S. Fellahi, M. Bakar. (2002). Modification of epoxyresin using reactive liquid (ATBN) rubber. *European Polymer Journal*, 38(2), 251-264.
- G. Gibson. Epoxyresins. (2017). In *Brydson's Plastics Materials* (pp. 773-797). Butterworth-Heinemann. Oxford. UK.
- V.D. Ramos, H.M. Da Costa, V.L. Soares, R.S. (2005). Modification of epoxyresin: a comparison of different types of elastomer. *Polymer Testing*, 24(3), 387-394.
- J.C. Capricho, B. Fox, N. Hameed, N. (2020). Multifunctionality in epoxyresins. *Polymer Reviews*, 60(1), 1-41.
- M. Uyaner, A. Yar. (2019). Nano Elyaf Takviyeli Nanokompozit Üretimi ve Karakterizasyonu. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 10-19.
- S. Özden, H. Demir. (2020). Polieter eter keton (peek) diş hekimliğinde yükselen materyal. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi* 2(2), 76-85.
- H.Y. Gönder, C. Öz. (2020). Bulk-Fill Kompozit Rezinler. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 2(3), 117-123.

- N. Ünlü, S.G. Ülkü. (2020). Son 10 Yılda Kompozit Rezin Restorasyonlar: İn Vivo ve İn Vitro Çalışmalarla Bir Derleme. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 2(3), 124-145.
- M. Keçeci, M.G. Demirel, K. Karakaya (2020). Ağartma Ajanlarının Farklı Rezin Kompozitlerin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*.2(2), 40-45.
- M. Fidan, N. Yeşilirmak, M.T. Tunçdemir. (2021). Kahve ile Renklendirmenin Kompozit Rezinlerde Renk Stabilitesi ve Translusensi Parametresi Üzerindeki Etkisinin Değerlendirilmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 3(1), 26-32.
- Cerit A. (2005). *Research Of Derivatographic Thermal Destruction of Polyfunctional Polystyrenes*. Master Thesis. SelcukUniversityInstitute of Science. ChemicalEngineering. Konya.
- R. Mirzaoğlu, R. Kurbanova, M. Ersöz. (1997). ChemicalModification of Polystyrenes in Presence of CationicCatalysisandTheir Applications, Handbook of EngineeringPolymericMaterials, USA.
- R. Kurbanova, R. Mirzaoğlu, S. Kurbanov, I. Karatas, V. Pamuk, E. Özcan, A. Okudan, E. Güler. (1997). Functionalization of polystyreneandadhesionstudies, *Journal Of AdhesionScienceandTechnology*, 11(1), 105-112.
- M. Biswas, S. Chatterjee. (1983). Chemical modification of polystyrene-IV. Electrophilicsubstitution of polystyrenewith *cis*-1,2,3,6 tetrahydrophthalicanhydride, *EuropeanPolymerJournal*, 19, 317-320.
- R. Kurbanova, R. Mirzaoğlu, G. Akovalı, Z. Rzayev, I. Karatas, A. Okudan. (1996). Side-ChainFunctionalization of PolystyrenewithMaleicAnhydride in the Presence of Lewis Acids, *Journal of AppliedPolymerScience*,59. 235-241.
- A. Cerit. (2023). Epoksi Reçinelerin Kaplama Özelliklerinin İncelenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Five Zero Dergisi*, 3(1), 192-201.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Generally, epoxy resins have excellent adhesion, thermal and chemical resistance, better physico-mechanical and electrical insulation properties. Epoxy resins are widely used in industrial coatings, dentistry, prosthetic manufacture, fiber-reinforced plastics, non-slip coatings, rigid foams, general purpose adhesives, electrical insulators, electronic components, musical instruments, aerospace and automotive industries. Many properties of epoxies such as insulation, conductivity and coating can be improved.

Applications of epoxy-based materials are coatings, adhesives, and composite materials. The chemistry of epoxies and the range of commercially available variations allow curing polymers to be produced with a wide range of properties. In general, epoxies are known for their good adhesion, chemical and heat resistance, mechanical properties, electrical insulating properties. Composite resins are also used in dentistry. Many properties of epoxies can be modified (for example, silver-filled epoxies with good electrical conductivity exist, but epoxies are typically electrically insulating). Variations are available that offer high thermal insulation or high electrical resistance combined with thermal conductivity for electronic applications.

Many physico-mechanical properties of epoxies such as tensile strengths, softening temperatures and hardness values can be improved. In this study, polystyrenes with different molecular masses were modified with epichlorohydrin and their physico-mechanical properties were compared according to the amount of epichlorohydrin bonded to the polystyrene as a result of the modification.

Materials and Methods:**Used Chemicals**

For the experiments, block polystyrene with an average molecular mass of 230,000, 350,000 and 500,000; epichlorohydrin as a modifier and $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$ as a cationic catalyst for the modification reaction were used. Dichloroethane, chloroform as solvent, methanol as precipitator, as well as HCl, NaOH, KOH, NaCl and other chemicals used in the analyzes were obtained from Merck and Fluka companies.

Alkylation of Polystyrene with Epichlorohydrin

It has been shown that the alkylation reaction can be used for the chemical modification of PS to obtain epoxylated and propylchlorhydrinated PS.

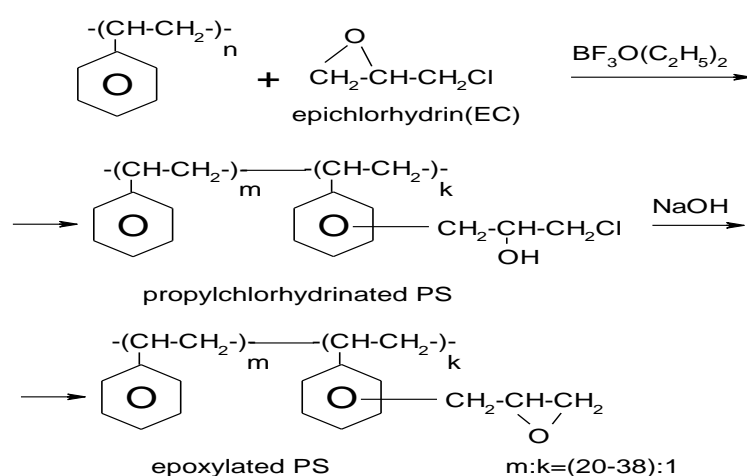


Figure 3. Chemical Modification of Polystyrene with Epichlorohydrin (EC) in the presence of $\text{BF}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$

Determination of Epoxy Groups

To find the amount of attached epoxy groups to PS, 0.25 g of modified PS was brought in a 125 ml bottle and 12 ml of solved mix (30 ml of acetone + 0,75 ml of HCl) was brought to it. It was stirred at room temperature for 2 hours [18]. Obtained experimental results are given in Table 1.

Determination of Vicat Softening Temperature

Modified polystyrene with epoxy groups in its structure was tableted in a pressure injection device and heated at 1°C/min in a vicat device, and the temperature when the needle of the device passed through the 1 mm sample was accepted as the softening temperature.

Determination of Tensile Strength

The tensile strength of modified polystyrene containing epoxy groups in its structure was determined by tableting in a pressure injection device and subjected to a tensile test in a tensile-compression test device. The tensile strength values obtained are shown below.

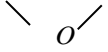
Determination of Hardness

Modified polystyrene with epoxy groups in its structure was formed into tablets in a pressure injection device and their hardness was determined in a hardness tester. The obtained hardness values are shown below.

Findings:

As seen on Table 1, the amount of functional group attached to the aromatic ring of the polymer as a result of chemical modification of polystyrenes with different molecular weights depends on the molecular weight of the polymer, and more functional groups are attached to the lower molecular weight PS.

Table 1. Amount of bounded epichlorohydrin to polystyrenes

No	Molecular Mass (g/mol)	$CH - CH_2$  mol %
1	230.000	7,3
2	350.000	6,2
3	500.000	4,4

The amount of functional groups attached to the aromatic ring of the polymer as a result of chemical modification of PS depends on the molecular mass of the polymer, so more functional groups were attached to PS of lower molecular mass. The results are given in Table 2,3 and 4.

Table 2. Vicat softening points of modified polystyrenes

Modifier	Molecular Mass (g/mol)	Vicat Softening Point (°C)
Epichlorohydrin	230.000	75,8
	350.000	72,6
	500.000	70,1

Table 3. Tensile strengths of modified polystyrenes

Modifier	Molecular Mass (g/mol)	Tensile Strengths (kg/mm ²)
Epichlorohydrin	230.000	4,81
	350.000	3,96
	500.000	3,47

Table 4. Hardness measurement results of modified polystyrenes

Modifier	Molecular Mass (g/mol)	Hardness (Shore D)
Epichlorohydrin	230.000	85,33
	350.000	83,72
	500.000	80,21

Discussion and Conclusion: Modified polystyrenes containing epoxy groups in the aromatic ring were synthesized from chemical modification with epichlorohydrin under the catalysis of polystyrenes

(BF₃·O(C₂H₅)₂) with molecular weights of 230,000 g/mol, 350,000 g/mol and 500,000 g/mol. It is seen that low molecular weight polystyrene binds more functional groups to its structure (Table 1). The reason for this is that there are more chain and chain ends in the polymer due to the shorter polymer chains of low molecular weight polymers, and functional groups can be attached at these points more due to the higher number of chain ends. Modified polystyrene with more functional groups can show higher physico-mechanical properties. As a result, since low molecular weight modified polystyrene binds more functional groups to its structure, Vicat softening temperatures, tensile strengths and hardness values were higher (Tables 2, 3 and 4).

The most important advantage of this study is that the polystyrene used in the study has higher physico-mechanical properties with chemical modification and the emergence of new areas of use. The development of new methods for the improvement of the physico-mechanical properties of polymers by chemical modification will continue to be one of the most important issues in terms of advanced manufacturing technologies and the chemical industry.