

DOI: <https://doi.org/10.36719/2663-4619/118/133-137>

İradə Qarayeva

Sumqayıt Dövlət Universiteti

<https://orcid.org/0000-0002-8014-7090>

iradeqarayeva71@gmail.com

Mahal Muradov

Sumqayıt Dövlət Universiteti

<https://orcid.org/0000-0002-3026-386X>

mailoglu@mail.ru

Müşkünəz Nəzərova

Sumqayıt Dövlət Universiteti

<https://orcid.org/0000-0002-4096-9858>

musgunaznazarova@mail.ru

Şəbnəm Qarayeva

Sumqayıt Dövlət Universiteti

<https://orcid.org/0009-0000-8312-9587>

shabnam-1983@mail.ru

Tullantı polistirolun termiki utilləşdirilməsi

Xülasə

Hər il 300 milyon tondan çox plastik kütlə istehsal olunur ki, bundan da müxtəlif çeşiddə plastik məhsullar alınır. Məlumdur ki, tullantı plastik məhsullar ətraf mühiti çirkləndirir, onların cəmi 9-10%-ə qədəri mexaniki üsulla təkrar emala verilir. Bu göstəricinin ekoloji davamlılıq baxımından aşağı olduğunu qeyd etmək olar. Qalan hissəsi ya yandırılır, ya da təbiətdə qalır – dənizlərdə, meşələrdə, torpaqda. Beləliklə, deyə bilərik ki, plastik kütlədən olan materiallar həyatımızın ayrılmaz hissəsinə çevrilib – qablaşdırmadan tekstilə, elektronikadan tibbi vasitələrə qədər hər sahədə onlara rast gəlirik. Qeyd etmək lazımdır ki, plastik tullantılar toplandıqca kimyəvi təkrar emala maraq artır ki, bu da təkcə materialın təkrar istifadəsinə deyil, həm də onu ilkin molekulyar formasına qaytarmağa imkan verir. Bu sıradan olan məhsullardan biri də polistroidur. Polistirol, termoplastik bir polimer olmaqla, müəyyən şərtlər altında depolimerləşmə üçün uygundur.

Ekoloji davamlılıq baxımından bu tullantıların təkrar emalı vacibdir. Polistirolun depolimerləşməsi zamanı stirolun monomerinə çevrilməsi, onun yenidən xammal kimi istifadəsinə imkan yaradır. Bu məqalədə polistirolun stirola çevrilməsi üsulları, əsasən termiki depolimerləşmə prosesi araşdırılır və bu prosesin mexanizmi, şərtləri, həmçinin praktik əhəmiyyəti izah olunur.

Polistirolun təkrar emalı həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan olduqca əhəmiyyətlidir.

Açar sözlər: polistirol, stirol, temperatur, plastik tullantı, depolimerləşmə

İrada Garayeva

Sumgayit State University

<https://orcid.org/0000-0002-8014-7090>

iradegarayeva71@gmail.com

Mahal Muradov

Sumgayit State University

<https://orcid.org/0000-0002-3026-386X>

mailoglu@mail.ru

Mushkunaz Nazarova

Sumgayit State University

<https://orcid.org/0000-0002-4096-9858>

musgunaznazarova@mail.ru

Shabnam Garayeva

Sumgayit State University

<https://orcid.org/0009-0000-8312-9587>

shabnam-1983@mail.ru

Thermal Utilization of Waste Polystyrene

Abstract

Every year, more than 300 million tons of plastic are produced, which is used to create various types of plastic products. It is known that waste plastic products pollute the environment, and only 9-10% of them are mechanically recycled. It can be noted that this indicator is low in terms of environmental sustainability. The rest is either burned or left in nature – in the seas, forests, and soil. Thus, we can say that plastic materials have become an inseparable part of our lives – from packaging to textiles, electronics, and medical tools, we encounter them everywhere. It is also worth noting that as plastic waste accumulates, the interest in chemical recycling increases, allowing not only the reuse of the material but also its return to its original molecular form. One such product is polystyrene. Polystyrene, a thermoplastic polymer, is suitable for depolymerization under certain conditions.

From an environmental sustainability perspective, recycling this waste is crucial.

The conversion of styrene into monomer during depolymerization of polystyrene allows it to be reused as a raw material. This article investigates the methods of transforming polystyrene into styrene, focusing mainly on the thermal depolymerization process. It explains the mechanism, conditions, and practical significance of this process.

Recycling of polystyrene is extremely important both ecologically and economically.

Keywords: polystyrene, styrene, temperature, plastic waste, depolymerization

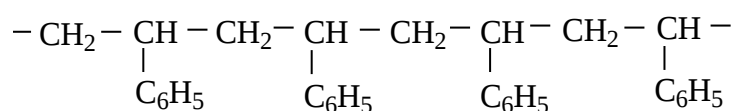
Giriş

Polimerlərin pirolizi — yüksək temperaturda (adətən 300–800 °C arası), oksigensiz və ya az oksigenli mühitdə polimerlərin termal degradasiyası prosesi olub, onların daha kiçik molekullar və ya monomerlərə parçalanmasıdır. Bu proses həm elmi, həm də sənaye baxımından əhəmiyyətlidir, çünki tullantı plastik kütlələri faydalı məhsullara çevirmək mümkündür.

Stirol (C₈H₈) — aromatik vinil birləşməsidir, polistirolun monomeridir. Stirol (C₆H₅CH=CH₂) rəngsiz, özünəməxsus qoxulu, uçucu maye şəklində olur. Stirol aromatik və doymamış quruluşa malikdir, olimerləşmə qabiliyyəti yüksəkdir, termoplastik polimerlər üçün monomer rolunu oynayır, yüngül, şəffaf və nisbətən ucuz materialların alınmasında əsas xammaldır. Əsasən polistirolun alınmasında xammal kimi istifadə olunur (Agayev, Ramazanov, Bayramov, 2015, s. 33).

Polistirolun müxtəlif elektroizolyasiya məmulatları, maşın hissələri, məişət məmulatları və s. hazırlanmasında istifadə olunur. Stirol bir çox monomerlərlə akrilnitril, metilstirol, metimetakrilat, vinilkarbozol, viniltoluol, butadien, divinilbenzol və s. birgə polimerləşmə (sopolimerləşmə) reaksiyasına girir. Stirolun fiziki-mexaniki xassələrini yüksəltmək məqsədi ilə bumonomerlərlə onun sopolimerləşməsi nəticəsində istiyədavamlı, yüksək dielektrik xassəli, suya, benzinə davamlı sopolimerlər alınır (Əmirov, 2006, s. 193).

Polistirol doymamış karbohidrogenlərin polimer-homoloqlarının qarışığıdır və aşağıdakı quruluşa malikdir:



Adi şəraitdə polistirol şüşəyə bənzər, bərk, şəffaf materialdır. O, rəngsiz, iysiz, dadsız, fizioloji cəhətdən zərərsiz, digər plastik kütlələrə nisbətən yüngül polimerdir.

Polistirol aşağıdakı fiziki-mexaniki xassələrə malikdir: sıxlığı $1,04-1,06 \text{ q/sm}^3$, T_g $78-85^\circ\text{C}$, istiliyə davamlılığı – $75-85^\circ\text{C}$, bərkliyi $14-16 \text{ kq/mm}^2$ təşkil edir.

Polistirolu yüksək temperaturda ($250-300^\circ\text{C}$) qızdırdıqda onun depolimerləşməsi baş verir və monomer və digər maddələr məs. di- və trifenilbenzol ayrılır.

Polistirolun tətbiq sahəsi çox geniş və rəngarəngdir. Ondan cihazqayırma sənayesində elektrik və radioelektron cihazlarının hissələrinin hazırlanmasında, kabellərin izole edilməsində, tikintidə üzlük lövhələrin hazırlanmasında, oyuncaqların, məişət qablarının istehsalında istifadə olunur (Agayev, Bayramov, Şahtaxtinskaya, Qarayeva, 2019, s. 29).

Polistirol yüngül və istilik izolyasiyalı material kimi istifadə olunsa da, onun düzgün emal edilməməsi ətraf mühit üçün təhlükəlidir. Bu cür təkrar emal texnologiyaları ətraf mühitin qorunmasına töhfə verir (İbrahimov, Abbasova, 2008).

Polistirolun stirolun alınması prosesi piroliz yolu ilə tədqiqat laboratoriyasında həyata keçirilmişdir (Şıxəliyev, 2002). Prosesdə polistirol yüksək temperaturda oksigensiz mühitdə parçalanır və əsas məhsul kimi stirol monomeri alınır. Bu, plastik tullantıların təkrar emalı və kimyəvi xammalın bərpası baxımından da maraqlı bir üsuldur.

ABŞ-da tullantı plastiklərin təkrar emal nisbəti 35 % həddindədir. Ölkədə polietilen qablardan geniş istifadə olunur ki, bu da plastik butulkaların təkrar emalı üzrə milli proqramın qəbul edilməsinə və həyata keçirilməsinə səbəb olub. Bu gün ölkə hökuməti yeni qanunlar qəbul edir və köhnə təkrar emal proqramlarının nəticələrini yekunlaşdırır, amerikalıları zibillərini çeşidləməyə hər cür həvəsləndirməyə çalışır. Yaponiyada tullantıların təkrar emalına xüsusi diqqət yetirilir. Ərazi zibillik üçün istifadə oluna bilməyəcək qədər kiçikdir. Bu gün Yaponiyada bütün tullantıların təxminən 45 %-i təkrar emal olunur. Onlar təkrar emal oluna bilən hər şeyi təkrar emal edirlər (Stolypin Institute. 2019). Tullantıların təkrar emalı üzrə dünya lideri İsveçdir. Ölkədə bütün məişət tullantılarının 90 %-dən çoxu təkrar emala yönəldilir. Bu da ekoloji baxımdan əhəmiyyətli hesab olunur. Tullantıların yalnız 2%-i utilizasiya üçün poliqonlara aparılır (Sato, Murakata, Baba et al., 1990).

Depolimerləşmə polimer materiallar üçün istifadə edilən kimyəvi emal növüdür (Wang, Y. et al. 2020). Metod uzun polimer zəncirlərinin qısa molekulalara (monomer-lərə) parçalanmasını nəzərdə tutur. Proses yüksək temperaturda reaktorda yerinə yetirilir. Ayrıldıqdan və təmizləndikdən sonra polimerlər ilkin xammal kimi istehsal tsiklində təkrar istifadə olunur.

Polistirol (PS) gündəlik həyatda geniş istifadə olunan sintetik polimerlərdən biridir. Qablaşdırma, birdəfəlik qablarda və izolyasiya materiallarında istifadəsi nəticəsində əhəmiyyətli miqdarda plastik tullantıya səbəb olur (Əhmədova, Qasımova 2018, s. 287).

Dünyada inkişaf artdıqca plastik məhsullara tələbat artır və bu da plastik bərk tullantıların global problemə çevrilməsinə səbəb olur. Plastik bioloji parçalanmayan təbiəti səbəbindən ətraf mühitə zərərli təsirlər yaranır. Bu, plastik tullantıların atılması ilə nəticələnir və ağır ekoloji problemlərə səbəb olur (Hirayama et al., 2018). Plastik tullantıların pigmenti çoxsaylı zəhərli elementlərdən ibarətdir. Qrunt suları plastik tullantılara zəhərli kimyəvi maddələrin atılması nəticəsində çirklənmişdir.

Polistirolun hazırlanan qablar yalnız soyuq qida məhsulları və sərinləşdirici içkilər üçün yararlıdır, çünki qızdırıldıqda özündən yüksək zəhərli maddə olan stirol buraxır. Ona görə də polistirolun hazırlanan qablar isti məhsullar, isti içkilər, mikrodalğalı sobada yeməyin qızdırılması üçün, həmçinin alkoqollu içkilərin saxlanması üçün istifadə oluna bilməz.

Təkrar emal ətraf mühitə və iqtisadiyyata fayda gətirir. Yeni xammala tələbatın azalması enerji istehlakının və ehtiyatların tükənməsinə gətirib çıxarır. Həmçinin sənaye tullantıları ilə çirklənməni azaldır və poliqona göndərilən tullantıların miqdarını məhdudlaşdırır (Mütəllibov, Aliyeva, Rəsullu 2018, s. 24).

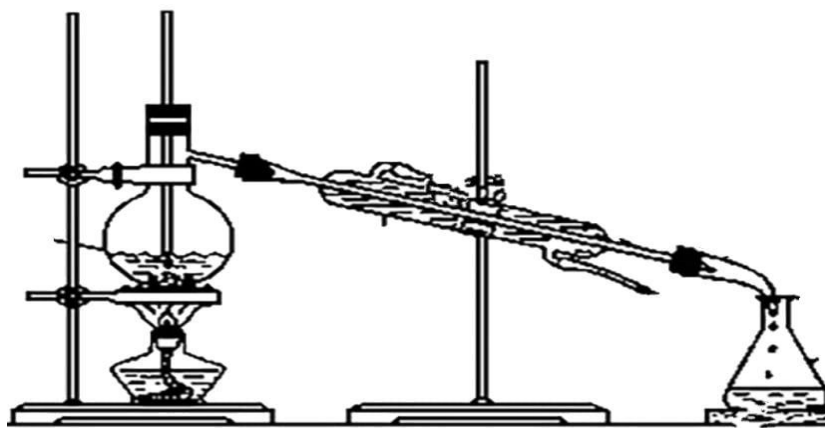
Polistirolun depolimerləşməsi yüksək temperaturda katalizatorsuz mühitdə yerinə yetirilir. Bu üsul çox sadə, lakin effektiv utilləşmə üsuludur (Madorskiy, 1967).

Tədqiqat

Polistirolun termiki destruksiyası zamanı 320°C -də temperaturda stirolu almaq olar. Bu məqsədlə polistirol tərkibli plastik tullantılar götürülərək təkrar emal olunmalıdır.

Məlumdur ki, stirol çox asan polimerləşir. Bu səbəbdən termiki destruksiya zamanı stabilizatorlar əlavə etmək lazım gəlir. Prosesin sürətli getməsi məqsədlə qarışıq qızdırılmazdan əvvəl istifadə olunan kolbanı isitmək lazımdır. Proses laboratoriya şəraitində termiki parçalanma qurğusunda yerinə yetirilmişdir. Prosesin temperaturu 320°C - 340°C -yə qədər artır. Qızdırılma prosesinin daha sürətli yerinə yetirilməsi məqsədlə qızdırıcıdan istifadə edilir.

Temperatur yüksəldikcə polistirol əriməyə başlayır və monomer qarışığı qovulmağa başlayır.



Alınan stirolun rəngi ilkin olaraq qəhvəyi olur, bu da qarışıqda stirolla yanaşı əlavə qarışıqların alınmasını göstərir. Alınmış stirolu əlavə qarışıqlardan təmizləmək üçün sintez olunmuş stirola stabilizator əlavə edərək yenidən qovuruq.

Bu zaman kolba qum hamamına yerləşdirilir. Proses zamanı temperatur 150°C -dən 250°C - 300°C -yə qədər yüksəlir. Qovulma nəticəsində qarışıqlar mono-merdən ayrılır. Sonda təmizlənmiş stirol almış oluruq.

İstifadə olunan qum vannası 150°C – 160°C həddə qədər qızdırılır. Əgər proses zamanı qaynama sonlanırsa stirolun tam şəkildə qovulduğunu müşahidə etmiş oluruq.

Təcrübə zamanı alınan 12 qr polistirolun təqribən 10 ml stirol qovularaq alınır. Nəticə etibarilə sonda 90 % çıxımla stirol monomerinin alındığını müşahidə etmiş oluruq. Prosesi 3 dəfə təkrar etmək olar. Alınan stirolun sıxlığı 0,900 q/ml.

Beləliklə plastik tullantıların ,o cümlədən polistirolun təkrar emalı ətraf mühitin qorunması, təbii resursların səmərəli istifadəsi və iqtisadi dəyərin artırılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticə

Polistirolun depolimerləşdirilməsi polimerlərin kimyəvi emalı sahəsində perspektivli istiqamətdir. Müasir texnologiyalar ətraf mühitə olan yükü azaltmaqla və resurs kimi plastikdən təkrar istifadəni təmin etməklə yüksək təmizliyə malik stirolun səmərəli istehsalına imkan verir. Polistirol tullantılarının utilləşdirilməsi stirolun yüksək selektivliklə və ən aşağı xərclərlə alınması, eləcə də ekoloji vəziyyətin eyni vaxtda yaxşılaşdırılmasını həll etməyə imkan verəcəkdir.

Ədəbiyyat

1. Ağayev, Ə. Ə., Bayramov, Q. K., Şahtaxtinskaya, P. T., & Qarayeva, İ. E. (2019). *Yüksəkmolekullu birləşmələr əsasında kompozisiya materialları*. Sumqayıt: SDU-nin nəşri.

2. Ağayev, Ə. Ə., Ramazanov, Q. Ə., & Bayramov, Q. K. (2015). *Yüksəkmolekullu birləşmələrin kimyəvi texnologiyası*. Sumqayıt: SDU-nin nəşri.
3. Əhmədova, S. Z., & Qasımova, G. Q. (2018). *Tullantısız istehsal prosesləri və tullantıların təkrar emalı*.
4. Əmirov, F. Ə. (2006). *Plastik kütlələrin və elastomerlərin emalının nəzəri əsasları*. Bakı: ADNA.
5. Hirayama, D., Okamoto, M., Kato, K., & Takahashi, M. (2018). Morphologic and mechanical properties of blends from recycled acrylonitrile-butadiene-styrene and high-impact polystyrene. *Polymer*, 140, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2018.02.034>
6. İbrahimov, A. C., & Abbasova, L. M. (2008). *Plastik kütlələrin kimyəvi texnologiyası*. Bakı.
7. Madorskiy, S. L. (1967). *Termicheskoye razlozheniye organicheskikh polimerov*. Moskva: Mir.
8. Mütəllibov, F., Aliyeva, A., & Rəsullu, K. (2018). *Plastik – Qlobal problemlə mübarizə*. Bakı.
9. Sato, S., Murakata, T., Baba, S., & Kinoshita, Y. (1990). Solvent effect on thermal degradation of polystyrene. *Journal of Applied Polymer Science*, 40, 2065–2071. <https://doi.org/10.1002/app.1990.070400615>
10. Şıxəliyev, K. S. (2002). Polimerlərin parçalanma, köhnəlmə və yorulmasında mexaniki-kimyəvi proseslər. *ATU Fundamental Elmlər*, (2), 24–28.
11. Stolypin Institute. (2019). *Sistemy utilizatsii otkhodov raznykh stran*. <https://stolypin.institute/wp-content/uploads/2019/10/sistemyutilizatsii-othodov-raznyh-stran-25-09-2019.pdf>
12. Wang, Y., Zhu, Y., Ruan, R., Ding, W., Yu, D., Liu, X., & Wang, X. (2020). Chemical recycling of polystyrene to styrene monomer. *Green Chemistry*, 22, 6011–6021. <https://doi.org/10.1039/D0GC02207J>

Daxil oldu: 14.02.2025

Qəbul edildi: 29.05.2025