



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

dergi web sayfası: <http://dergipark.gov.tr/nevbiltek>

Makale Doi: **10.17100/nevbiltek.556835**

Geliş tarihi: 11.10.2018 Kabul tarihi: 03.11.2019



Polistiren üretimi için kesikli reaktör tasarımı

Nihayet Koçyiğit¹

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Ankara
ORCID ID:0000-0002-3472-1127

Necati Yalçın²

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Ankara
ORCID ID:0000-0002-1878-0979

Öz

Kimya proseslerde sıvı akışı, kütle transferi ve ayırma işlemleri gibi fiziksel işlemler çok büyük bir rol oynar. Bununla birlikte, kimyasal bir değişimin meydana geldiği herhangi bir üretim işleminde, kimyasal reaktör üretimin kalbini oluşturur. Bu çalışmada, polistiren(PS) üretimi için kullanılacak kesikli reaktör tasarımı açıklanmaktadır. Süspansiyon polimerizasyonu, PS üretimi için en çok tercih edilen metottur. Süspansiyon polimerizasyonunda, reaksiyondan elde edilen parçacık boyutu çok önemlidir. Karıştırma hızı, karıştırıcı şekli, reaktör boyutu ve reaktör geometrisi, reaksiyon sıcaklığı ve basıncı gibi parametreler parçacık boyutunu etkilemektedir. Ayrıca, süspansiyon reaksiyonu ekzotermik bir reaksiyon olduğu için, reaksiyon sırasında sıcaklık ve basınç zamanla artar. Bu durum reaksiyonu olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, reaksiyon sabit bir basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir. Bu durum ve gerekli parametreler dikkate alınarak bir kesikli reaktör tasarımı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genişleyebilen Polistiren, Polistiren, Reaktör Dizayn, Polimerizasyon

Batch reactor design for polystyrene production

Abstract

Physical processes such as liquid flow, mass transfer and separation processes play a major role in chemical processes. However, in any production process where a chemical change occurs, the chemical reactor forms the heart of production. In this study, the design of batch reactor for polystyrene production is explained. Suspension polymerization is the most preferred method for PS production. In suspension polymerization, the particle size obtained from the reaction is very important. Parameters such as mixing speed, agitator shape, reactor size and reactor geometry, reaction temperature and pressure affect particle size. Furthermore, since the suspension reaction is an exothermic reaction, the temperature and pressure increase during the reaction over time. This adversely affects the reaction. Therefore, the reaction should be carried out at a constant pressure and temperature. A batch reactor was designed considering this situation and the required parameters.

Key words: Expandable Polystyrene, Polystyrene, Reactor Design, Polymerization

Bu makale, tez veya proje çalışmasının bir kısmıdır ve tamamı yayınlanmamış olmak kaydıyla 3-5 Mayıs 2018 tarihleri arasında düzenlenen Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumunda bildiri olarak sunulmuş bir çalışmadır.

Sorumlu yazar e-mail: nihayet.kocyyigit@batman.edu.tr

1.Introduction

The expandable polystyrene (EPS) is one of the industrial polymer foams and is also known as Strofoil in our country. EPS is increasingly becoming attractive in practical use day by day due to its lightness and economy in the plastics sector [1]. Isolation and packaging are the most preferred areas where it is utilized, but it is also used in automotive industry, agriculture sector, marine sector, visual arts and advertising sector, health sector, refrigeration sector. EPS is produced from porous polystyrene (PS) granules by a series of processes such as aging, molding, cooling, re-aging. PS granules used in EPS production are produced from styrene (C_8H_8) monomers by polymerisation reactions. The size distribution of polystyrene (PS) beads used in EPS production is one of the significant parameters determining the quality of the product [2]. Therefore, in order for the size distribution to be uniform and all the beads to be the same size, the parameters such as the suspending agents, the reaction initiator, the mixing speed and the mixer shape, the reaction temperature and the reaction pressure as well as the parameters such as the reactor size and the geometry must be selected accurately and the reactor design must be made correctly. If these parameters are not set correctly, PS beads of different sizes or unwanted size are obtained [3]. Therefore, before starting work to make the correct reactor design, we must seek answers for the following questions [3];

- What kind of reaction should be done?
- Which type and size of reactor is required according to reaction type?
- What are the reaction conditions (temperature, pressure, viscosity, density, etc.)?
- Is the reaction endothermic or exothermic? What should be provided for the heating?
- How must cooling be provided?
- If it is necessary to heat and then cool before the reaction takes place, can an arrangement be established to provide both heating and cooling?
- What are the physical states (solid, liquid or gas) and properties (porosity, particle size) of the substances used in the reactor?
- Is the reaction medium homogeneous or heterogeneous?
- Do we need to add catalyst to the reaction?
- Is the process continuous or not?
- Do we need to return to reach the desired turnaround?
- Are the used chemicals corrosive?
- How much does the reactor cost?

Going through the literature on the reactor, we can come across with F. Langner, HU Moritz, KH Reichert, Masocha Tanaka et al.. They found that mixing speed, particle size affect

- distribution of polystyrene particles with respect to reactor diameter, the effect on the height and size of reactors allowing the reactors to take into account the polymerisation parameters for EPS production, Vakili et al. investigated the turbulent flow field in an industrial suspension polymerization reactor. Aziz et al. performed a temperature control on a control engineering criterion problem of a

polymerization reactor controlled by Chylla and friend Chylla and Haase, which determined the optimum operating conditions in the mixing reactors.

- We designed a 5 liter cut off reactor from stainless steel and determined the optimum reaction parameters.

2.Reactor Design

Different types of reactors are used in industry for different purposes. These reactors are produced in different sizes and geometries taking into account the characteristics and reaction conditions of the product to be produced. The classification of these reactors used in industry is as in Figure 1.

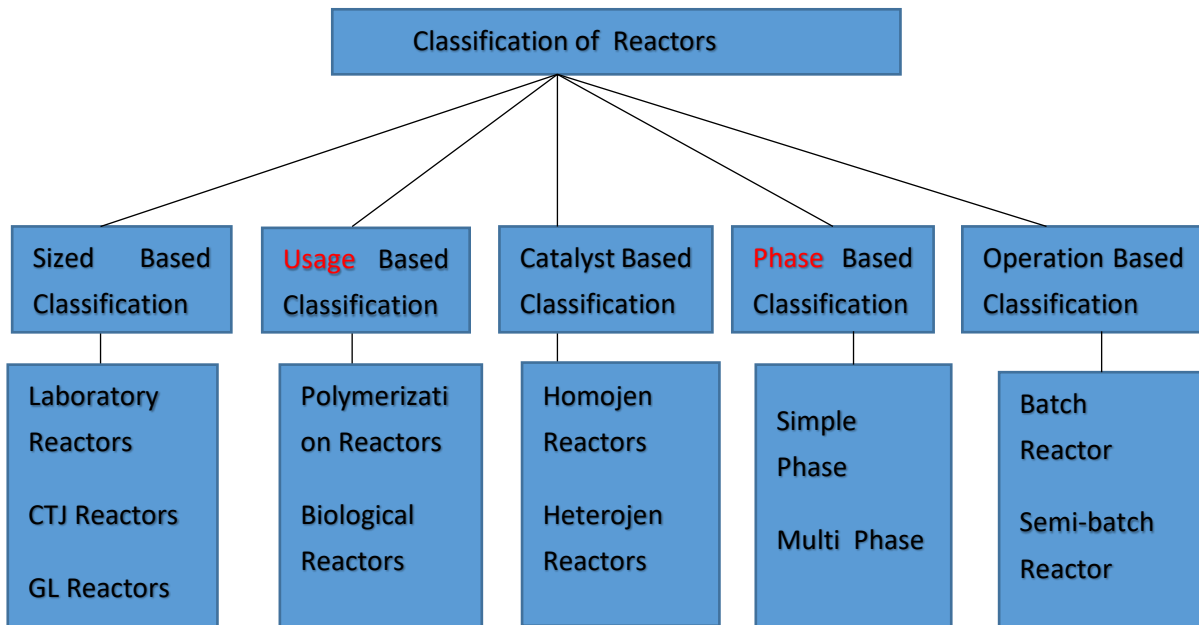


Figure1: Classification of Reactors

Although there are many reactors for different purposes in the industry, the batch reactor was decided to be the most suitable reactor at the end of the literature research, considering the parameters of the suspension polymerization reaction and the properties of the product to be produced because batch reactors are used in a wide range of applications such as product mixing, chemical reactions, distillation, crystallization, liquid-liquid extraction, polymerization, etc., which are widely used in industrial applications. A typical batch reactor structure includes a tank, mixer, internal heating and cooling systems. These containers can range from 15000 liters to less than 1 liter. They can be produced from stainless steel, glass and composite materials. In the batch reactor, excellent homogeneity occurs throughout the reaction. The process stops when the desired conversion rate is reached. In small-scale pilot plants, batch reactors can be used to obtain preliminary information. Besides, batch reactors are preferred in production of new products in small quantities, which are developed with higher efficiency. Industrial reactors are widely used in pharmaceutical, biochemical and paint industries [4-6].

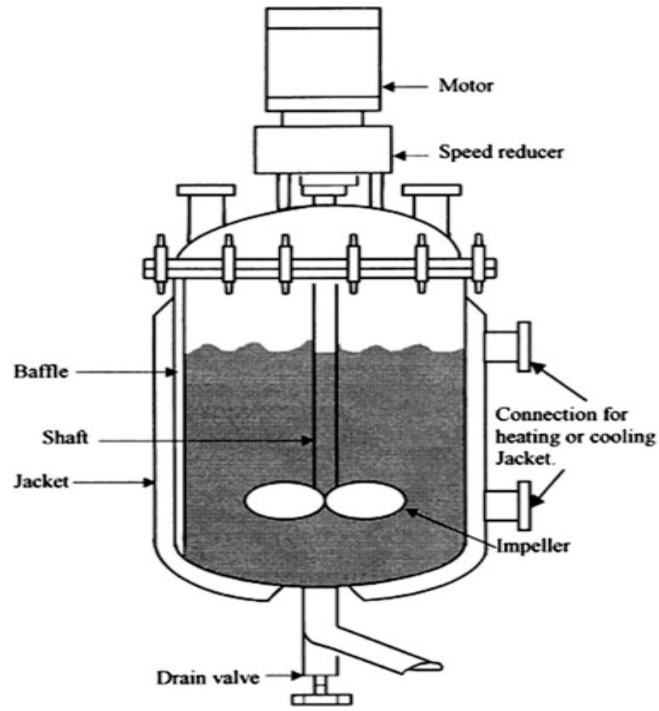


Figure 2: Chemical batch reactor [4].

Batch reactors have advantages such as easy installation, small cost, comfortable application conditions. The biggest disadvantage of batch reactors is the operating cost. Loss of time in the process of evacuating the reactor and cleaning the reactor before putting the product back are two major operating cost problems. It is also necessary to heat up to a certain temperature in the event of a reaction. When the reaction is completed, the product must be cooled. Significant energy and time are needed to provide them. Another disadvantage is the difficulty in controlling heat transfer and ensuring continuity of product quality. Chemical reaction rate usually increases with increase in temperature. The mechanical stirrers attempt to reduce the occurrence of film resistance in the container walls by providing mass transfer with heat flow propulsion. In addition, the stirrer also prevents small solid particles from becoming agglomerated. The purpose of mixing is to make the substances come into contact with mixture in a homogeneous way. Temperature, viscosity, physical states and density of the products and pressure are the factors affecting the operation of the reactor [7].

As the batch reactor, it was designed because it was a pilot work in laboratory conditions. The reactor was from stainless steel.

- Stirring speed: The size of drops was significantly affected by the agitation speed. If the mixing speed is high, small beads are obtained, but if the mixing speed is low, there is accumulation between the beads. Therefore, the speed of the mixer must be set correctly. The mixer types that can be used in the reactors are shown in Figure 3.



Figure 3: Stirrer types used in reactors [8]

The most suitable stirrer for the batch reactor that will carry out the polymerization reaction is spiral propeller bladed (Fig.4)



Figure 4: Designed Agitator

- Temperature control: The suspension polymerization reaction which will take place in the reactor is an exothermic reaction in which temperature control is very important [9,10]. The suspension polymerization

will be carried out at 70 °C. However, because the reaction is exothermic and the reactor is heated, the temperature does not remain constant at 70 °C; thus it can rise up to 100 °C . This situation causes the resulting product to deteriorate. In order to control the temperature of the reaction medium, the jacket is made for heating and cooling out of the reactor tank. With the help of hot water inlet and cold water inlet and outlet, temperatures of the reaction medium were kept constant at 70 °C. A thermometer was installed in the reactor cap to monitor the temperature fluctuations during the reaction.

- Pressure control: The safety valve was installed for safety against pressure build up. A thermometer and a barometer were fitted to the reactor lid so as to measure the temperature of the reactor and see the pressure of the reactor, respectively. A safety valve was installed in the reactor to prevent the reactor from explosion due to inside pressure rise. In addition, a barometer was installed on the reactor cover to monitor the pressure during the reaction.
- One of the biggest problems in the suspension reaction is clustering. In order to prevent agglomeration of the beads, two wave breakers are placed in the reactor (Fig.5)

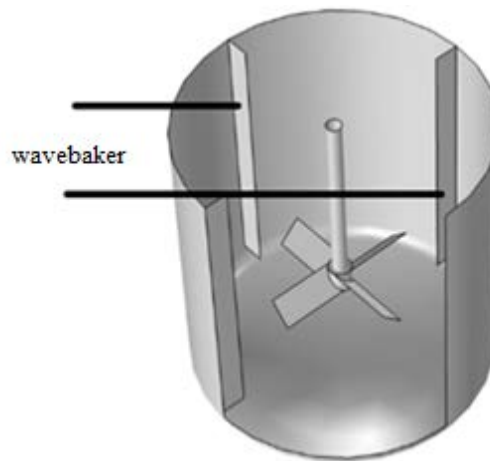


Figure 6: Produced Batch Reactor

4. Conclusion

After determining the parameters required for the suspension polymerization and the design of the batch reactor for the pilot application, the reactor was produced. In order to check whether the reactor was working, a small amount of water was put into the reactor; and then the reactor was operated. During operation, a leakage was detected at the point where the mixer is connected to the motor. In order to solve this problem, the connection point was compressed. Apart from this problem, there appeared no problem with the reactor. The produced batch reactor was ready for polymerization production.

5.References

- [1] Yalçın N., Kocatepe K.,“Genişleyebilen polistiren üretiminde Kalıplama Yoğunluğunun Tane Kaynaması ve Ağırığa Etkisi”, Journal of advanced Tech.Sci.,3(2):131- 137, 2014.
- [2] Vakili, M. H.,Esfahany, M.N.,“CFD Investigation of Hydrodynamics in an Industrial Suspension Polymerization Mixing Reactor”Iranian Journal of Chemical Eng., 9(2), 2012. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2007.09.011
- [3] Uzi M.,“Principles of chemical reactor analysis and design: New tools for industrial chemical reactor Operation (Second Edition)” , John Wiley & Sons, Inc. Publication, 2009. DOI:10.1002/9780470385821
- [4] <https://www.google.com.tr/search?q=Reactor+Types&source> Erişim Tarihi:2018
- [5] Aziz, N., Mujtaba, I.M.,“Optimal operation policies in batch reactors”,Chemical Eng. J., 85:313–325,2002. DOI:10.1016/S0959-1524(98)00010-9
- [6] Vasanthi, D.,Pranavamoorthy, B.,Pappa, N.,“Design of a self-tuning regulator for temperature control of a polymerization reactor”,ISA Transactions, 51:22–29,2012. DOI:10.1016/j.isatra.2011.07.009
- [7] Richards, J.R., Congalidis, J.P., “Measurement and control of polymerization reactors”, Computers and Chemical Eng.,30:1447–1463,2006. DOI:10.1016/j.compchemeng.2006.05.021
- [8] <https://www.mixmachinery.com/news/paddle-stirrer-types-reactor-choose.html> Erişim Tarihi:2019
- [9] Bonvin, D., “Optimal operation of batch reactors—a personal view”, Chemical Engineering Science, 60 : 5574–5589,2005.
- [10] Kotoulas, C.,Kiparissides, C.,“Ageneralized population balance model for the prediction of particle size distribution in suspension polymerization reactors”, Chemical Engineering Science, 61:332–346, 2006.
- [11] Jahanzad, F.,Sajjadi, S.,Brook, B.W., “Characteristic intervals suspension polymerization reactors:An experimental and modelling study”,Chemical Engineering Science, 60(20): 5574-5589,2005.
- [12] <http://pediaa.com/difference-between-styrene-and-polystyrene>. Erişim tarihi:2018
- [13] Kılıçaslan, H., “Endüstriyel boyutta Kesikli süspansiyon polimerleştirme reaktörü Tasarımı Ve Sıcaklık Kontrolü”,Gazi Academic Publishers,Turkey,2008.
- [14] <https://www.tts-group.co.uk/polystyrene-balls-and-eggs/1004322.html> Erişim Tarihi:2018
- [15] Kichadi, B.V., Korshunov, A.M., Assorova, P.V., “Particle Size Distribution of the Product of Suspension Polymerization”, Theoretical Foundations of Chemical Eng.,37,(3):306– 309, 2003. DOI: 10.1021/ie50497a031
- [16] Dowding, P.J., Vincent, B., “Suspension Polymerisation to Form Polymer Beads”, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 161:259–269, 2000. DOI: 10.1016/S0927-7757(99)00375-1

UZUN ÖZET

Kimyasal proseslerde, sıvı akışı, kütle transferi ve ayırma işlemleri gibi fiziksel işlemler çok önemli rol oynar. Bunun yanısıra, kimyasal bir değişimin meydana geldiği herhangi bir üretim işleminde, kimyasal reaktör ise üretimin kalbini oluşturur ve başarılı bir sonuç için reaktörün türü, kapasitesi ve geometrisi doğru belirlenmelidir. Süspansiyon polimerizasyonu, PS üretimi için endüstride en çok tercih edilen metottür. Başarılı bir süspansiyon polimerizasyonu için en ideal reaktörse kesikli reaktördür. Reaksiyon koşullarını etkileyen diğer parametrelerse karıştırıcının karıştırma hızı, karıştırıcı şekli, sıcaklık ve reaksiyonun yapılacağı maddelerin türü ve oranıdır. Başarılı bir süspansiyon reaksiyonunda, EPS tanecikleri eşit boyda olmalıdır, onun için parametreler doğru ayarlanmalı ve reaksiyon sabit bir basınç ve sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir. Bu durum ve diğer parametreler dikkate alınarak polistiren (PS) üretimi için kullanılacak kesikli reaktör tasarımı yapılmıştır.

Giriş

Bir reaktör, boyut ve geometri olarak, genellikle EPS boncuk üretim prosesini en az etkileyen parametrelerden biri gibi görünebilir, ancak üretimi, performansı, geometrisi ve büyüklüğü genellikle EPS boncuk boyutunu etkileyen önemli parametrelerdendir. EPS boncuk üretimi ile ilgili yeni bir kimyasal proses geliştirilirken ve projenin bir bütün olarak ekonomik değerlendirmesi yapılırken öncelikle reaktörün performansının nasıl olacağı konusunda bir ön değerlendirme yapılmalıdır. Bunun için, ideal bir reaktör tasarımı yapmak için çalışmaya başlamadan önce ne tür bir reaksiyon yapılmalıdır?, reaksiyon tipine göre hangi tip reaktör gereklidir?, reaksiyon koşulları (sıcaklık, basınç, viskozite, yoğunluk vb.) nelerdir?, reaksiyon endotermik veya ekzotermik mi?, ısıtma ve soğutma nasıl sağlanmalıdır?, reaksiyon gerçekleşmeden önce ısıtmak ve reaksiyondan sonra soğutmak gerekirse hem ısıtma hem de soğutma sağlayacak bir düzenek yapılabilir mi?, reaktörde kullanılan maddelerin fiziksel durumları (katı, sıvı veya gaz) ve özellikleri (gözeneklilik, parçacık boyutu) nelerdir?, reaksiyon ortamı homojen mi yoksa heterojen mi?, reaksiyona katalizör eklemek gerekiyor mu?, sürekli mi yoksa kesikli bir işlem mi uygulanacak?, kullanılan kimyasallar korrozif mi?, reaktörün maliyeti nedir? vb. sorularına yanıt aramak gerekir. Reaktörün detaylı olarak tasarlanması reaksiyona başladıktan sonra reaksiyon gereksinimlerine göre zamanla kesinlik kazanacaktır.

Endüstride çeşitli reaktör tasarımları kullanılır, ancak hepsi belirli sınıflara veya bunların kombinasyonlarına aittir. Bu sınıflar: 1. kesikli reaktörler, 2. sürekli reaktörler, 3. yarı kesikli reaktörlerdir. Belirli akış ve termal koşullar göz önüne alındığında, bu reaktörlere "ideal" reaktörler de denir. Akış koşullarına göre ideal kesikli reaktör, mikroskopik ve makroskopik ölçekler üzerinden tam karıştırma ile karakterize edilir. Termal olarak ideal çalışma durumları izotermal ve adyabatik durumlardır, yani, çevre ile çok yoğun ısı değişiminin olduğu veya hiç ısı değişiminin olmadığı varsayılmaktadır. Kesikli reaktörlerin karıştırma tanklarında yapılan başlıca işlemler: sıvı faz reaksiyonları ve sıvı - katı reaksiyonlardır. Kesikli reaktörün avantajları ise hızlı üretim değişiminin mümkün olması, küçük çapta üretilen maddeler için kullanılabilmesi, reaksiyonun akış yukarı veya akış aşağısında proses adımlarının reaktörde de gerçekleştirilebilir olması, katı veya yüksek viskoziteli fazlar oluştuğunda sürekli işlemden daha iyi proses kontrolü yapılabilmesidir. Dezavantajları ise, uzun çalışma süreleri ve yüksek insan gücü gereksinimleri nedeniyle nispeten yüksek işletim maliyetinin yüksek olması, özellikle yüksek endotermik veya ekzotermik reaksiyonlarda sınırlı sıcaklık kontrolü yapılabilmesidir.

Yöntem

EPS üretimine başlamadan önce yapılan literatür araştırmalarına dayanarak EPS üretimi için en ideal reaksiyonun süspansiyon polimerizasyonu olduğu ve reaksiyonu yapabilmek için en ideal reaktörün paslanmaz çelikten yapılmış, 5 ml'lik ceketli bir kesikli reaktör olduğuna karar verilmiştir. İdeal bir ceketli kesikli reaktör tasarımı için gereken parçaların, sıcaklık kontrolü için bir adet termometre, basınç kontrolü için bir adet barometre, reaktör içindeki maddeleri karıştırmak için bir adet karıştırıcı ve karıştırıcının çalışabilmesi için 12DC gücünde bir servo motor, reaktör içerisinde süspansiyon polimerizasyonu gerçekleşirken taneciklerin birbirine yapışmasını engellemek amacıyla iki adet dalgakıran, reaksiyon sıcaklığını sağlamak için su buharıyla ısıtma yapılmasına karar verilmiş ve bunun için reaktörün ceketine buhar giriş ve çıkış yeri, reaksiyon esnasında sıcaklık artışının önüne geçmek için soğutma yapılmasına, bunun için de su giriş ve çıkış noktaları yapılmasına karar verilmiştir.

Sonuçlar ve tartışma

Laboratuvar ortamında yapılacak pilot çalışma için en uygun reaksiyon koşulları belirlendikten sonra EPS üretimi için süspansiyon reaksiyonu yapabilmek için en uygun reaktörün kesikli reaktör olduğuna karar verilmiştir. İdeal bir kesikli reaktör tasarımı için gereken parçalar belirlendikten sonra reaktör imal edilmiştir. Reaktör imal edildikten sonra, öncelikle reaktör içerisine su konularak çalıştırılmış ve herhangi bir problem görülmemiştir. EPS üretimi için süspansiyon polimerizasyonunu yapabilmek için reaktör içerisine hacminin %40'ı kadar madde konularak reaksiyon başlatılmıştır. Reaksiyon başladıktan bir saat sonra reaktör içinde kaynama başlamış ve reaktör kapağının kapandığı kısımda köpükler oluştuğu görülmüştür. Sızdırmazlığı sağlamak için, reaktör kapağının kapandığı kısma sıvı conta sürülmüştür. Reaksiyon devam ederken, basınç ve sıcaklık yükseldikçe reaktör içindeki karıştırıcının motora bağlandığı kısımda madde çıkışı olduğu gözlemlenmiş ve bunun önüne geçebilmek için bağlantı noktasına yağ keçesi takılmıştır. Reaksiyon sıcaklığına ulaşabilmek için su buharı ile ısıtma yapabilmek için buhar akümülatörü kullanılmıştır. Buhar akümülatörü ile reaktör arasındaki bağlantı ise plastik hortumlarla sağlanmış fakat sıcaklık yükseldikçe plastik hortumlar yüksek sıcaklığa dayanamayarak parçalanmıştır. Bunların yerine akümülatörle reaktör arasındaki bağlantı metal hortumlarla sağlanmıştır. Bu problemler çözüldükten sonra reaksiyon yeniden başlatılmış, herhangi bir problemle karşılaşılmamış ve reaksiyon başarıyla tamamlanmıştır.