



İstanbul Teknik Üniversitesi

Süspansiyon Polimerizasyonu Temelleri ve EPS Üretimine Uygulanması

Prof.Dr. Nurseli UYANIK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Ajanda

1-Stirenin Polimerizasyonu

2-Süspansiyon Polimerizasyonu

3-EPS Polimerizasyonu

4-EPS Üretim Prosesi Teknolojileri

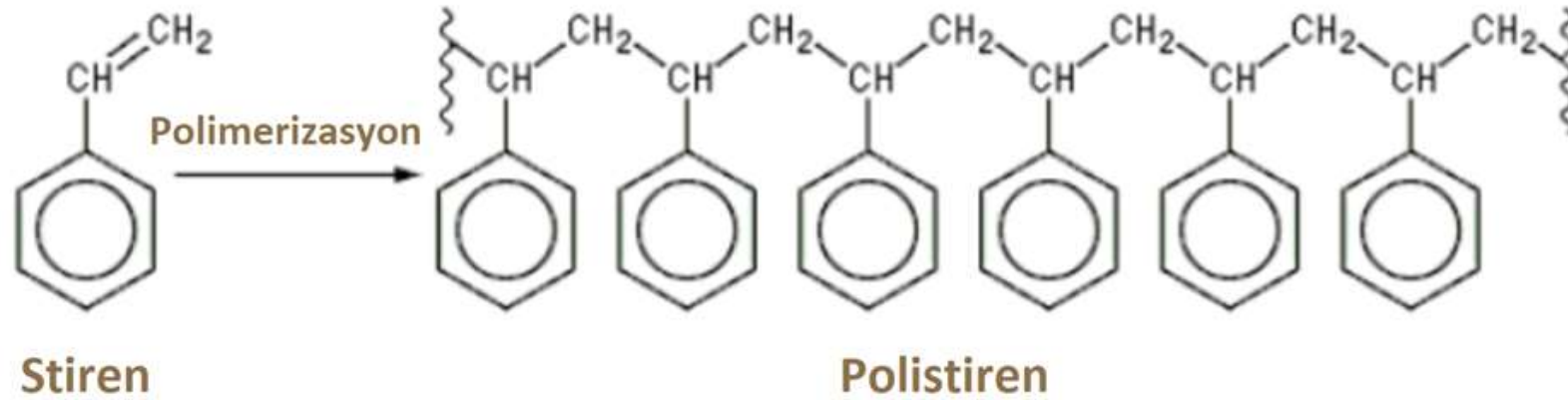
5-EPS, XPS ve X-EPS Arasındaki Farklar

6-EPS Çeşitleri

7-EPS Ürün Özellikleri, Genel ve Özel Kullanım Alanları

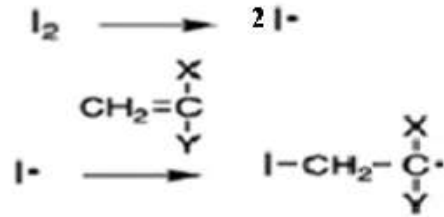
Stirenin Polimerleşmesi

Genleşebilen Polistiren (EPS-Expandable Polystyrene); stiren monomerinin polimerizasyonu ile elde edilen, tipik olarak beyaz renkli ve amorf termoplastik bir malzemedir.

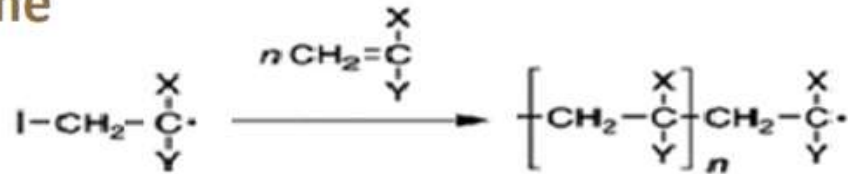


Polistirenin Oluşumu

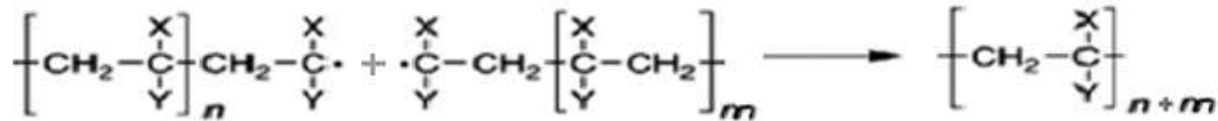
Başlama



Büyüme



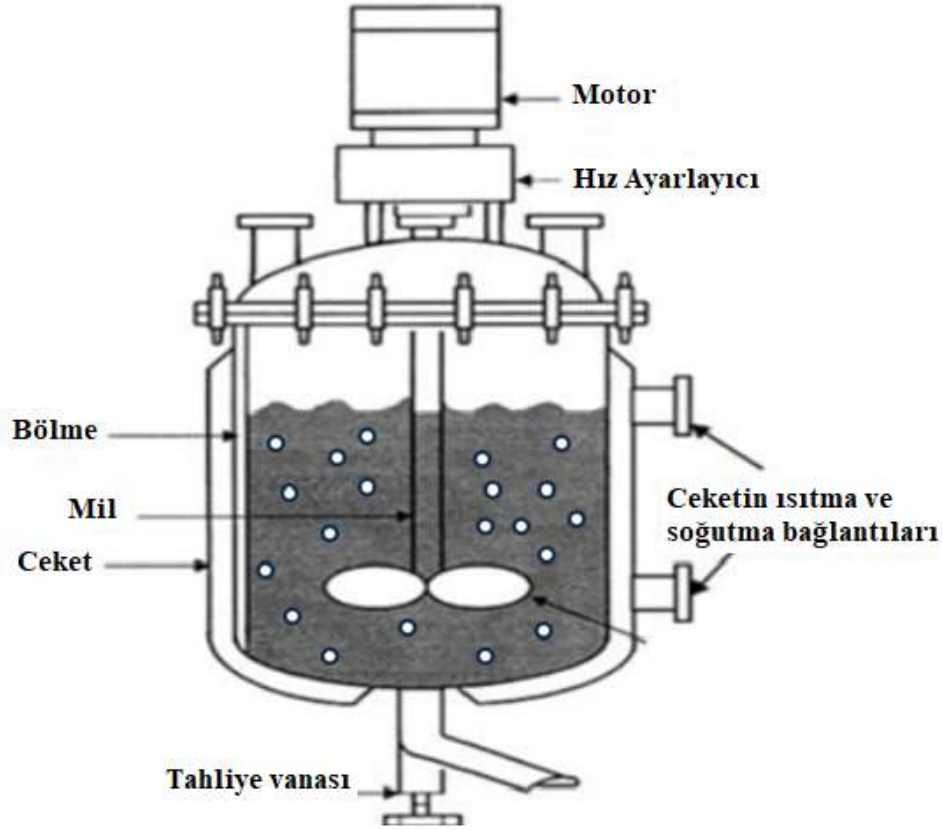
Sonlanma



Başlama, başlatıcı ajanın serbest radikal haline gelmesi ile olur.

Polistiren polimerizasyonun da sonlanma basamağı sadece birleşme ile sonlanmadır.

Süspansiyon Polimerizasyonu Reaktörü



Süspansiyon Polimerizasyonu Etkileyen Parametreler

Reaktörün geometrisi

Karıştırıcı tipi

Karıştırma hızı

Reaksiyona giren maddelerin oranı

Reaksiyon süresi

Reaktörün ısı transferi

Reaktördeki basınç

Reaktördeki kütle transferi

Reaktörün Özellikleri

Reaktörler genellikle iç yüzeyi çok iyi parlatılmış, paslanmaz çelik veya cam kaplı paslanmaz çeliktir. Reaktör içindeki çok küçük bir pürüz yığılmaya neden olur. Reaktörde yığılma ve bloklaşmayı ve bir ölçüde de tanecik boyutunu ayarlamak ve polimerizasyon derecesini kontrol etmek için ortama stabilizatörler ve benzeri katkı maddeleri ilave edilir. Süspansiyon polimerizasyon prosesinde değişik dağıtıcı ve stabilizatörler kullanılmaktadır.

Süspansiyon Polimerizasyonun Esasları I

Süspansiyon polimerizasyonu, bir polimerin üretimi için kullanılan bir polimerizasyon yöntemidir. Bu yöntem, monomerlerin bir sıvı içinde çözülmüş halde bulunmadığı, bunun yerine bir çözelti içinde dağılmış veya süspansiyon halinde bulunduğu bir süreçtir. Süspansiyon polimerizasyonu, özellikle yüksek viskoziteli veya düşük çözünürlüklü monomerlerle çalışmak için yaygın olarak kullanılır.

Bu polimerizasyon yönteminde, monomerler, bir sıvı içinde dispersiyon oluşturacak şekilde dağıtılır. Bu sıvı genellikle bir çözücü, monomerin çözünmediği bir ortamdır. Ayrıca, dispersiyonu stabilize etmek için çeşitli katkı maddeleri veya emülgatörler de kullanılabilir.

Süspansiyon Polimerizasyonun Esasları II

Süspansiyon polimerizasyonu genellikle bir başlatıcı içerir. Başlatıcı, polimerizasyon reaksiyonunu başlatan bir madde olarak işlev görür.

Bu yöntem genellikle polistiren, polivinil klorür (PVC) gibi polimerlerin üretiminde kullanılır. Süspansiyon polimerizasyonu, büyük partiküllerin oluşturulmasına ve bu partiküllerin bir çözelti içinde asılı kalmasına dayandığı için süspansiyon polimerizasyonunda elde edilen polimer ürün, küresel tanecikler halindedir.

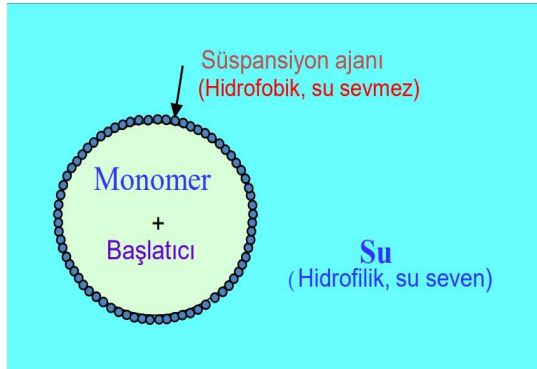
Reaksiyonun Özellikleri

Süspansiyon polimerizasyon prosesi ile EPS üretiminde istenilen özelliklerle ürün elde edilmesi için, sıcaklık kontrolünün çok iyi yapılması gerekir. Optimizasyon için gerekli bir konu monomer/su oranıdır. Bu oran, genellikle 1/2, 1/1 arasında değerlerden seçilir. Bu oran tane büyüklüğü ve dağılımını etkiler. Ayrıca suyun fazla oluşu verimi düşürür.

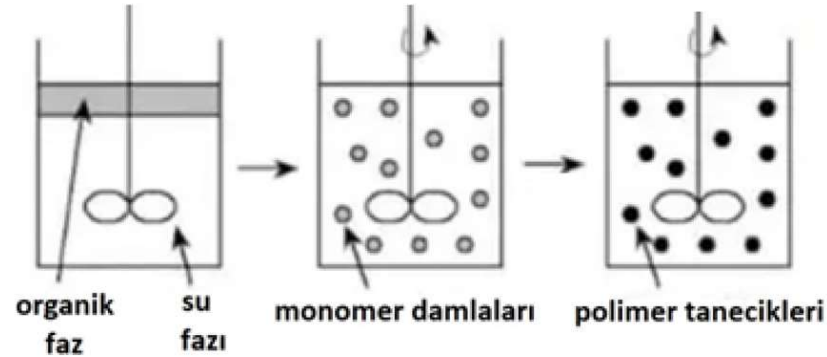
Reaktörde istenilen dönüşüme ulaşıp ulaşılmadığını şu yöntemlerden biri ile anlaşılır:

- Viskozite değişiminin ölçülmesi (Karıştırıcı gücü değişimi ile dolaylı)
- Soğutma için gerekli suyun değişimi (Azalması)
- Reaksiyonun tamamlanması için gerekli süre önceden saptanabilir.

Süspansiyon Polimerizasyon Prosesi



- Proses, monomer damlacıklarının uyumlu olmadığı (çözünmeyen) bir sıvıda (genellikle H₂O) süspansiyon ajanları yardımıyla dağıtılması ile başlar. (Monomer başlangıçta karıştırma hızına da bağlı olmak üzere 0,01-0,5 mm çapında damlacıklar halinde dağıtılır.)
- Monomerde çözünen, ortam sıvısında çözünmeyen bir başlatıcı eklenerek, monomer polimerleştirilir.
- Karıştırma ile stabilizatörle dağılmanın sürekliliğinin sağlanması gereklidir.
- Isı aktarımı reaksiyon süresince kontrol edilir.
- Reaksiyon sonunda bir filtrasyon veya kurutma ile granül ürünler ayrılır.



Süspansiyon Polimerizasyonunun Avantajları

Avantajları:

- Ortam viskozitesinin düşük olması,
- İyi karışmadan dolayı ısı uzaklaştırma ve sıcaklık kontrolünün iyi olması,
- Ürünün ayrılmasının çok kolay olup doğrudan kullanılacak formda polimer elde edilmesi,
- Çözücü olarak su kullanıldığından metod ekonomiktir.

Süspansiyon Polimerizasyonunun Dezavantajları

Dezavantajları:

- Sürekli karıştırma gerektirmesi,
- Partikül yüzeylerinde eser miktarda süspansiyon ajanlarının kalabilmesi,
- Sürekli üretim yapılamaması,
- Sadece suda çözünemeyen monomerler ile yapılabilmesi,
- Süzme, yıkama, kurutma gibi fabrikasyonu pahalı hale getirecek yardımcı işletmeler içermesi,
- Tanecik büyüklüğünün kontrolünün zor olması.

EPS Üretimi I

- 1. Monomer Hazırlığı:** EPS'nin ana monomeri stirendir. Stiren, genellikle petrol türevi olan stiren monomeri şeklinde temin edilir.
- 2. Stirenin Süspansiyon Polimerizasyonu:** İlk aşama, süspansiyon polimerizasyonudur. Stiren monomerleri, bir çözelti içinde dispersiyon oluşturacak şekilde dağıtılır. Emülgatörler ve stabilizatörler kullanılarak bu dispersiyon stabilize edilir. Başlatıcılar yardımıyla başlatılan reaksiyon sonucunda polimer tanecikler oluşur. Oluşan tanecikler için reaksiyona belli bir noktaya gelince reaktöre şişirici ajan gönderilir.
- 3. EPS Boncuk (EPS Bead) Üretimi:** Polimerizasyon sürecinin ardından elde edilen polimer boncuklara "EPS boncukları" denir. Bu boncuklar, genellikle su içinde yıkanarak, polimerizasyon sürecinde kullanılan çeşitli katkı maddeleri ve yan ürünlerden arındırılır, kurutulur, elenir, fraksiyonlarına ayrılır. Bir karıştırıcıda gerekli katkılarla kaplanarak paketlenir.

EPS Üretimi II

4. Genleştirme (Ekspansiyon): EPS boncukları, genleştirme adı verilen bir süreçle hava veya buhar kullanılarak genişletilir, şişirici ajan uzaklaştırılır. Genleştirme işlemi, boncukların hacminin artmasına ve küçük kapalı hücrelerin oluşmasına neden olur. Bu hücreler, EPS'nin düşük yoğunluğunu ve yüksek izolasyon yeteneklerini sağlar. Bu basamakta genleştirme koşulları EPS boncuklarının yoğunluğunun ayarlanmasına imkan verir.

5. Kesim ve Şekillendirme: Genleştirilmiş EPS tanecikleri ya enjeksiyon veya blok kalıplama ile şekillendirilir. Bu bloklar, belirli kalınlıklarda kesilir ve istenen şekillerde form verilir. Bu aşama, EPS'nin sonuç ürüne dönüşmesini sağlar.

6. Ürün Uygulamaları: Kesilmiş ve şekillendirilmiş EPS, inşaat sektöründe yalıtım malzemesi, ambalaj sektöründe koruyucu ambalaj malzemesi, dekoratif malzeme, oyuncaklar ve daha birçok uygulama için kullanılır.

EPS üretimi, endüstriyel ölçekte kontrolünün yüksek olması gereken ve ürünün istenen özelliklere sahip olmasını sağlamak için çeşitli kalite kontrol aşamalarını içeren bir süreçtir.

Süspansiyon Polimerizasyonu ile EPS Üretimi Reaksiyonunun Bileşenleri I

Temel Bileşenler

Tanım	Örnek
Dağıtıcı ortam	Su
Monomer	Stiren
Süspansiyon ajanı	Polivinil alkol, aktif kalsiyum fosfat, kalsiyum karbonat, trikalsiyum fosfat, sodyum polimetakrilat, magnezyum pirofosfat
Başlatıcılar	Bis (4-metilbenzoyl) peroksit, benzoil peroksit, tert-butil peroksiasetat, tert-bütil peroksi etilheksanoat, tert-bütil 5 peroksibenzoat, tert-bütil peroksi izononanoat, dibenzoil peroksit, dikünil peroksit

Süspansiyon Polimerizasyonu ile EPS Üretimi Reaksiyonununun Bileşenleri II

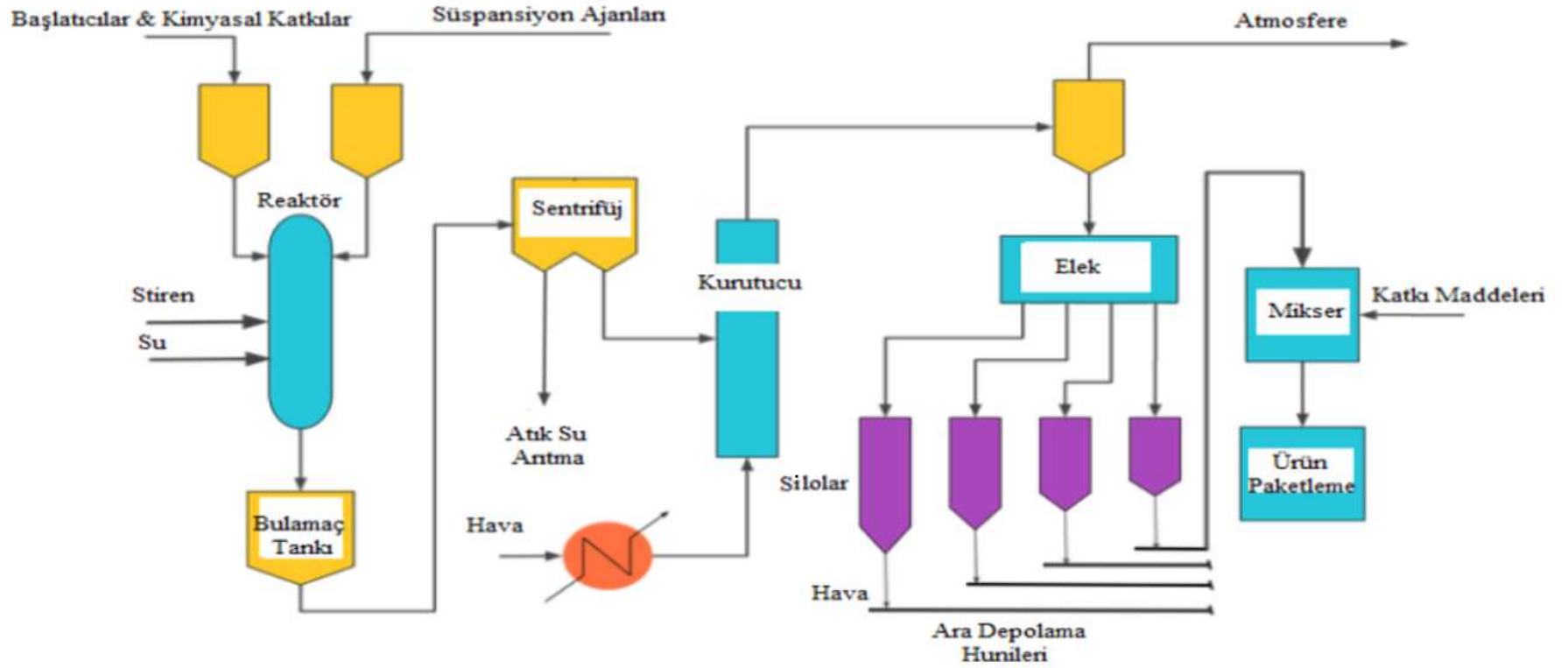
Yardımcı Bileşenler	
Tanım	Örnek
Çekirdekletme ajanı	Polietilen balmumu veya fenolik reçine
Yüzey aktif madde	Sodyum abiyat, setil trimetil amonyum bromür, amonyum persülfat, sodyum dodesil sülfat, sodyum dodesil benzen sülfonat, sodyum oktadesil benzen sülfonat, sodyum hekzadesil benzen sülfonat
Şişirici ajan	n-pentan, izopentan, neopentan, siklopentan veya karışımları

Tipik EPS Üretim Reçetesi

Reçete	Aralıklar miktar g (phm*)
Stiren	100
Deiyonize su	90-125
Süspansiyon ajanı	0,01-0,55
Alev geciktirici	0,9-5,0
Başlatıcılar	0,01-0,40
Çekirdekletirme ajanı	0,01-0,25
Yüzey aktif madde	0,0002-0,001
Şişirici ajan	2,5-8,5

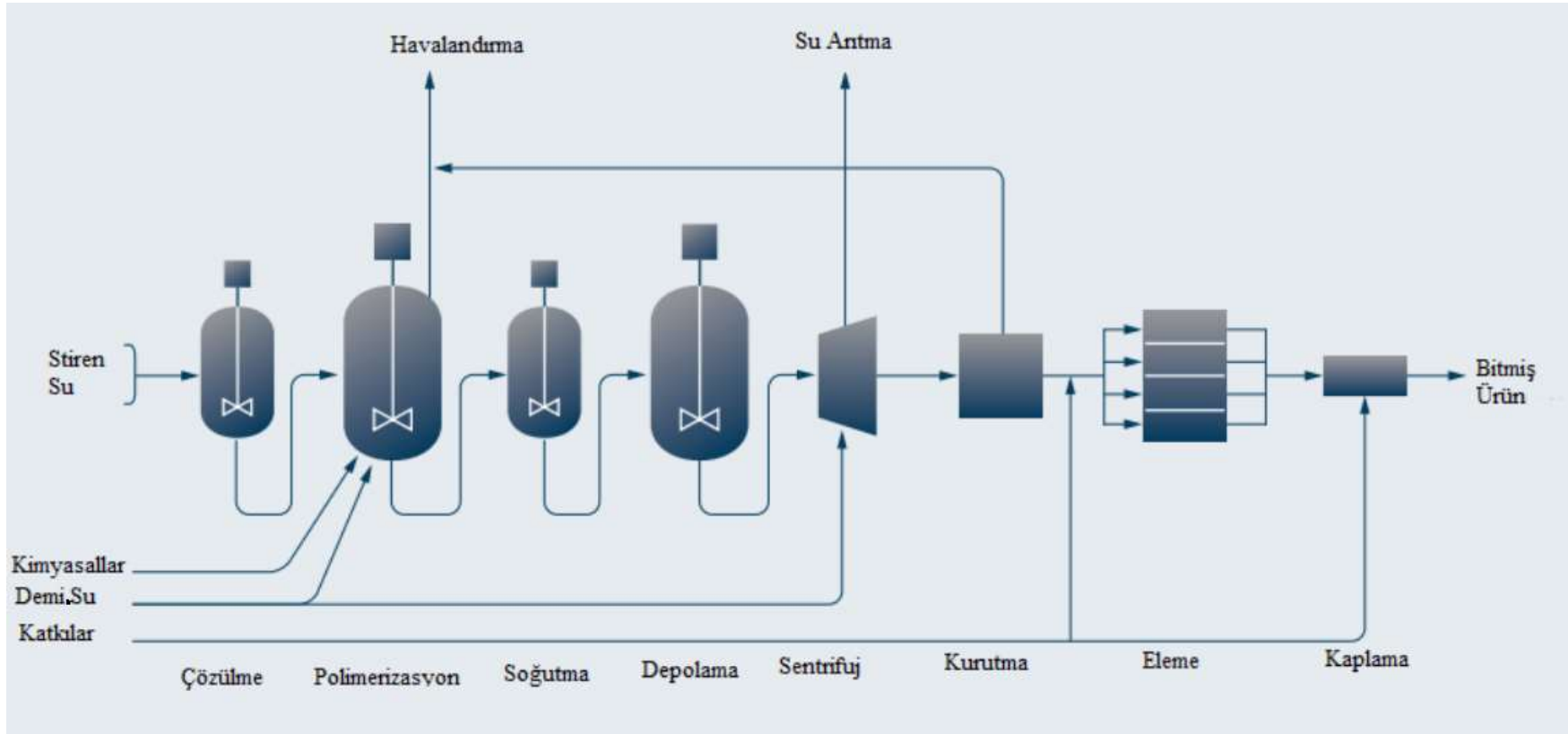
*phm: Per hundred monomer (100 g monomer için kullanılan miktar)

EPS Üretim Prosesi Teknolojileri I



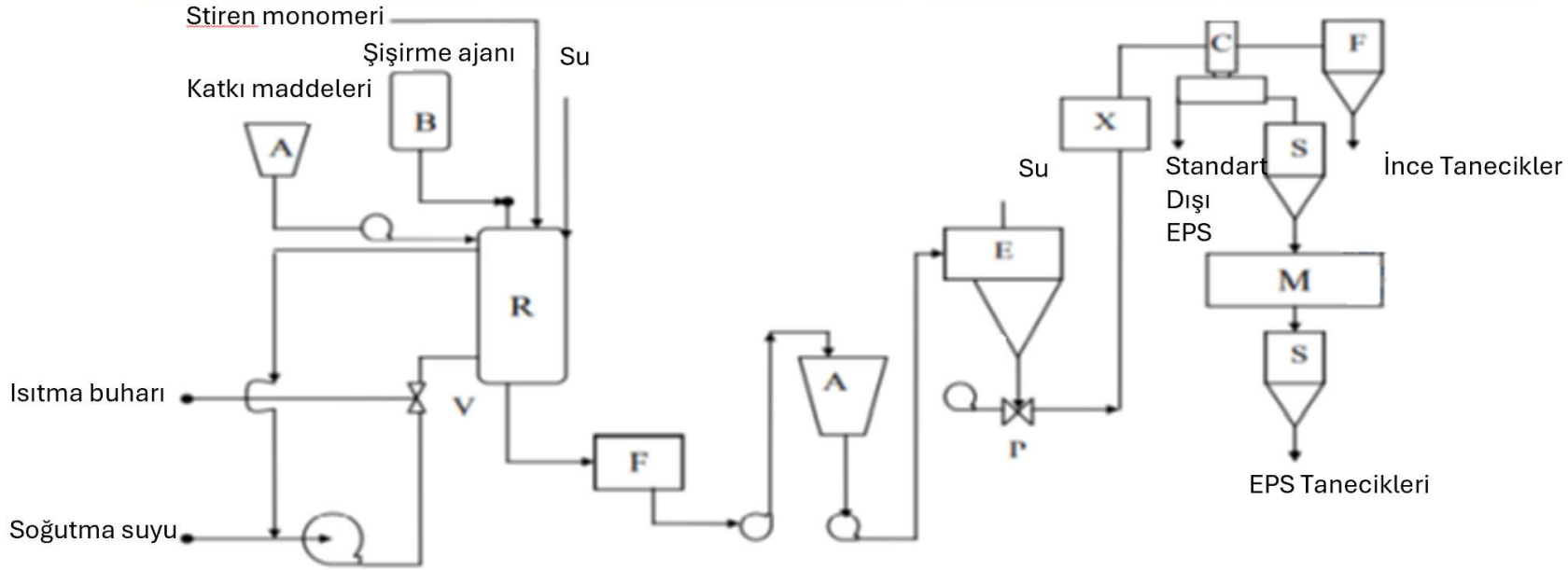
(EPS süspansiyon teknolojisi lisansör: ABB Lummus Global/BP Chemicals)

EPS Üretim Prosesi Teknolojileri II



(EPS süspansiyon teknolojisi lisansör: Versalis)

EPS Üretim Prosesi Teknolojileri III



(EPS
Huntsman
Prosesi)

A: Depolama Tankı (Basıncsız), B: Basıncılı Tank, C:Siklon Ayırıcı, E:Hidro Ekstraktör, F: Filtreler
M:Mikser, P:Pnömatik Taşıma, R: Polimerizasyon Reaktörü, S: Silo, T: Elek, V: Mikser, X: Kurutucu

EPS ve XPS Karşılaştırılması I

EPS	XPS
Isı iletkenliği düşük ve sabittir. Şişirici gazı ve zamana bağlı olarak değişmez.	Isı iletkenliği düşüktür, ancak şişirici gazı ve zamana bağlı olarak değişebilir.
EPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için kullanılan şişirici gaz (pentan) ozon tabakasına zarar vermez, iklim değişikliklerine sebep olmaz.	XPS ısı yalıtım levhalarında köpük oluşturmak için iklim üzerinde istenmeyen etkileri olabilecek gazların kullanılması yerine günümüzde Avrupadaki tesislerde şişirici gaz olarak CO₂ kullanımına geçilmiştir. XPS üretiminde kullanılan şişirici gazların çevreye verdikleri zarar azaldıkça ısı yalıtım levhalarının ısı iletkenlikleri artmaktadır.

EPS ve XPS Karşılaştırılması II

EPS	XPS
<p>EPS üretiminde şişirici gaz olarak kullanılan gazın hava ile yer değiştirme hızı yüksektir. Üretimi takiben birkaç gün içerisinde ısı iletkenliği sabit değere ulaşır ve zamanla kötüleşmez.</p>	<p>XPS üretiminde kullanılan şişirici gazın hava ile yer değiştirmesi aylar sürer. Şişirici gazın yerini hava aldıkça levhaların ısı iletkenliği artar.</p>
<p>EPS üretim maliyeti ve dolayısı ile fiyatı daha düşüktür. Aynı ısı yalıtım düzeyi daha düşük maliyetle sağlanır.</p>	<p>Üretim teknolojisinden dolayı maliyet ve dolayısı ile fiyatı daha yüksektir. Aynı ısı yalıtım düzeyi için daha yüksek fiyat ödenmesi gerekir.</p>
<p>EPS geniş bir yoğunluk arasında üretilebilir. Uygulamaya en uygun seçeneği sunar, kaynak israfına sebep olmaz.</p>	<p>XPS ancak yüksek yoğunluklarda üretilebilir (20 kg/m³ den yukarı). Uygulamanın gerektirdiğinden daha yüksek yoğunluklarda kullanmak zorunda kalınabilir. Bu da maliyetin artması demektir.</p>

EPS ve XPS Karşılaştırılması III

EPS	XPS
EPS kapalı gözeneklidir. Su emme değeri düşüktür. Yüksek yoğunluklarda çok düşük değerlere çekilebilir.	XPS kapalı gözeneklidir. Su emme oranı çok düşüktür.
Buhar direnci geniş bir alanda değiştirilebilir. Uygulamaya uygun ürün seçilebilir. Dış cephe uygulamalarında avantajlıdır.	Buhar direnci yüksektir. Dışarıdan yapılan uygulamalarda gereksiz bir direnç oluşturur, içeriden uygulamalarda avantajlıdır.
Eğilme dayanımı vardır.	Eğilme dayanımı yoktur.
Esnek hale getirilerek ses yalıtımı amacı ile kullanılabilir.	Esnek kabiliyeti yoktur, ses yalıtımı amaçlı kullanılamaz.
Uzun ömürlüdür.	Uzun ömürlüdür.
Yanmazlıkta B1 sınıfı malzemedir.	Yanmazlıkta B1 sınıfı malzemedir.

EPS ve XPS Karşılaştırılması IV

EPS	XPS
Avantajlı olduğu uygulamalar: Dış duvar yalıtımı, klasik teras çatı yalıtımı, yüzer döşeme.	Avantajlı olduğu uygulamalar: Özellikle soğuk iklimlerde içeriden ısı yalıtımı, klasik ve ters çatı uygulamaları, ağır trafik yükü olan döşemeler, basınçlı su etkisinde dışarıdan bodrum duvarı yalıtımı.
Mümkün olan uygulamalar: Kiremit örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı, yüzer döşeme.	Mümkün olan uygulamalar: Kiremit örtülü çatılarda kiremit üstü veya altı, yüzer döşeme.
Ters çatı uygulamalarında kullanılmaması uygundur. Basınçlı su etkisinden bodrum duvar uygulamalarında kullanılmaması uygun olacaktır.	Yüzer döşeme uygulamalarında kullanılamaz. Dış yalıtım uygulamalarında kullanılmaması daha uygundur.

EPS, XPS ve X-EPS Arasındaki Farklar

Tanımlar	EPS	XPS	X-EPS
Üretim metodu	Süspansiyon polimerizasyonu	Ekstrüzyon	Ekstrüzyon
Hammadde	Stiren Monomer	Polistiren (GPPS)	Polistiren (GPPS)
Hücresel yapı	Kapalı	Kapalı	Kapalı
Isı iletkenliği	Daha düşük	Daha yüksek	Daha düşük
Basınç dayanımı	Düşük	Yüksek	Düşük
Renklendirme	Beyaz, gri, siyah	Renkli	Beyaz, gri, siyah
Uygulamadaki yoğunluk aralığı (kg/m ³)	12-35	22-40	12-35
Son ürün (B2B)	Granül/Tanecik	Levha/Panel (B2C)	Granül/Tanecik
Uygulama çeşitliliği	Kısıtlama yok	Panel üretimi	Kısıtlama yok

EPS Çeşitleri



**Alev Geciktiricili
veya
Alev Geciktiricisiz**

EPS Çeşitleri

Beyaz EPS

Gri EPS

Düşük Pentanlı EPS

Özel türler;

- **Hızlı döngü (Fast cycle)**
- **Düşük nem emilimli**
- **Düşük ısı iletkenli**
- **Düşük antistatik**

EPS Ürün Özellikleri



EPS Ürün Özellikleri

Enerji verimliliği ve tasarrufunun sağlanması

Isı yalıtımının sağlanması

Ses yalıtımının sağlanması

Bakterilere karşı direnç

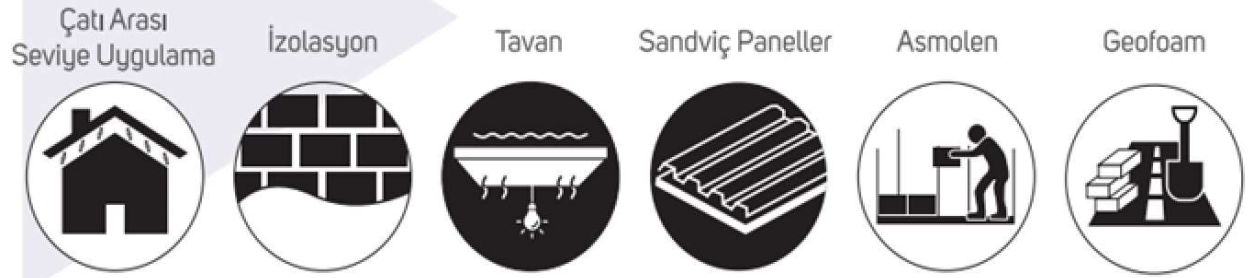
Fiyat verimliliği

Geri dönüştürülebilirlik

Dayanıklılık

EPS'nin Genel Kullanım Alanları

Yanmaz Özellikteki EPS Ürünler



Gıda Temasına Uygun Özellikteki EPS Ürünler



EPS'in Özel Kullanım Alanları I



Özel Mühendislik Yapıları

Yüzen marina yapımı

Soğuk bölgelerdeki karayolu yapımı

Gevşek zeminlerde dolgu yapımı (Zemin mukavemetini arttırmak amacıyla)

Köprülerde dilatasyon derzleri

EPS'in Özel Kullanım Alanları II



Diğer İşlerde

Gemiler için can yeleği ve can simidi yapımında

Rüzgar sörfü tahtası üretiminde

Küçük deniz tekneleri yapımı

Mimari ve dekorasyon işleri

Sanat (Heykel vb.)



İstanbul Teknik Üniversitesi

Dinlediğiniz için teşekkür ederim.

uyanik@itu.edu.tr