

Maßgeschneiderte Herstellung von expandierbarem Polystyrol

Flexible Schaumstoffproduktion

Expandierbares Polystyrol (EPS) gehört zu den bedeutendsten Kunststoffen weltweit. Seine Eigenschaften lassen sich durch Additive erheblich beeinflussen, was zum Beispiel den Schutz gegen Insekten, die Feuerbeständigkeit oder die Wärmedämmeigenschaften des Materials verbessert. Sulzer Chemtech hat ein flexibles Verfahren entwickelt, das sich besonders für die wirtschaftliche Produktion von maßgeschneiderten EPS-Spezialstoffen eignet.

Die industrielle Polymerisation von Styrol zu Polystyrol (PS) begann Anfang des 20. Jahrhunderts. Bald darauf wurde perlenförmiges expandierbares PS entwickelt. Das Aufblähen der PS-Perlen mit einem Treibmittel (normalerweise Pentan) erzeugt den Partikelschaum EPS. Dabei werden die Perlen zunächst mit Dampf erwärmt und dehnen sich aus. Die vorgeschäumten

Perlen lassen sich dann in Formen füllen und durch weitere Behandlung mit Dampf und Druck in der gewünschten Form ausschäumen. So entstehen EPS-Formteile und -Blöcke, für die es auf dem Markt zahlreiche Anwendungen gibt. Die Herstellung von Formteilen ermöglicht verschiedene Produkte für Verpackungslösungen, Stuckprofile oder Sportausrüstungen. Viele Produkte pro-

fitieren von maßgeschneiderten EPS-Rezepturen, mit denen beispielsweise verschiedene Farben und mechanische Eigenschaften erreicht werden können.

Maßgeschneiderte Produktion dank Schmelzeimprägnierung

Üblicherweise produzieren große Industriebetriebe EPS mit Treibmitteln in Form von imprägnierten Polystyrolgranulaten.

Die EPS-Versuchsanlage von Sulzer bietet Kunden die Möglichkeit zur Prozessoptimierung, Musterproduktion und Machbarkeitsprüfung.



Das Granulat wird dann an Fertigungsbetriebe verkauft, die daraus nach Kundenvorgaben Fertigprodukte wie Verpackungs- und Baumaterialien oder Trinkgefäße herstellen.

Sulzer Chemtech bietet ein kontinuierliches Verfahren an, mit dem EPS-Granulate aus PS im industriellen Maßstab bis 100000 Tonnen im Jahr hergestellt werden können (siehe STR 1/2009, S. 6). Bei diesem Verfahren wird die Schmelze mit dem Treibmittel und den erforderlichen Additiven imprägniert und dann durch einen Unterwasser-Granulierprozess geführt. Die Schmelzeimprägung bietet mehrere Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Suspensionsverfahren. Die Produktqualität ist konsistent und leicht steuerbar, da die Additive und das Treibmittel direkt in die Schmelze injiziert werden.

Ökologische Vorteile und Energieeinsparung

Dazu kommen ökologische Vorteile:

- Niedrigerer Wasserverbrauch
- Recycling von überschüssigem Material

Die Anlagen für diesen industriellen Prozess umfassen unter anderem statische

Mischer und Wärmetauscher von Sulzer Chemtech. Wird der EPS-Prozess von Sulzer direkt an eine Polystyrol-Schmelzanlage angebunden, kann Energie eingespart werden, da der Kunststoff nicht erneut geschmolzen werden muss. So können Hersteller EPS-Anlagen wettbewerbsfähig betreiben und im globalen Maßstab innovative Lösungen, etwa für Isolierungen, anbieten. Als Sulzer Ende der 1990er Jahre diesen auf Schmelze basierenden EPS-Prozess einführte, wurde damit die technologische Grundlage für die Produktion von pigmentiertem, feuerresistentem EPS für die Gebäudedämmung geschaffen. Durch den Einsatz von verschiedenen Additiven entstanden zahlreiche innovative Materialien.

Wärmedämmung mit Pigmenten verbessern

Parameter wie die Schaumdichte, das verwendete Treibmittel und die Zellgrößenverteilung beeinflussen die Wärmedämmeigenschaften von EPS-Schaumstoff. Durch die geringe Dichte und den relativ niedrigen Preis bietet

EPS-Schaumstoff als Isoliermaterial Vorteile gegenüber anderen Dämmstoffen wie Polyurethan, Mineralwolle oder extrudiertem Polystyrol (XPS). Allerdings sinken die Dämmeigenschaften mit abnehmender Dichte erheblich. Folgende Mechanismen tragen zur Wärmeleitfähigkeit von EPS bei (mehr Infos in Box):

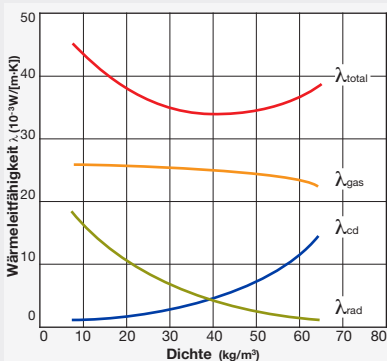
- Wärmeleitung
- Wärmeströmung
- Wärmestrahlung (hauptsächlich Infrarot)

Mit abnehmender EPS-Dichte steigt der Anteil der Infrarotstrahlung stark an.

Die Schmelzeimprägung von Sulzer bildet die technologische Grundlage für die Produktion von pigmentiertem EPS.

Eine Pigmentierung kann das verhindern. Dem EPS beigefügte Pigmente, wie Graphit-, Kohlenstoff- oder Aluminiumteilchen, können die Infrarotstrahlung absorbieren bzw. reflektieren und somit die Wärmedämmung verbessern [1]. Auf diese Weise erreichen EPS geringer Dichte die gleichen Isoliereigenschaften wie zwei- bis dreimal dichteres EPS. Beim Sulzer-Prozess ermöglichen die optimierte Mischtechnik und die richtige Kombi-

«Niedrig-Lambda»-Entwicklung



Die Wärmeleitfähigkeit κ bzw. λ (gemessen in Watt pro Meter Kelvin (W/[m·K]) ist das Vermögen eines Stoffes, Wärme zu leiten. Materialien mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit transportieren Wärme besser als Materialien mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit. Daher werden Materialien mit einer niedrigen Wärmeleitfähigkeit zur Wärmedämmung eingesetzt.

Die Wärmeleitfähigkeit von EPS setzt sich wie folgt zusammen:

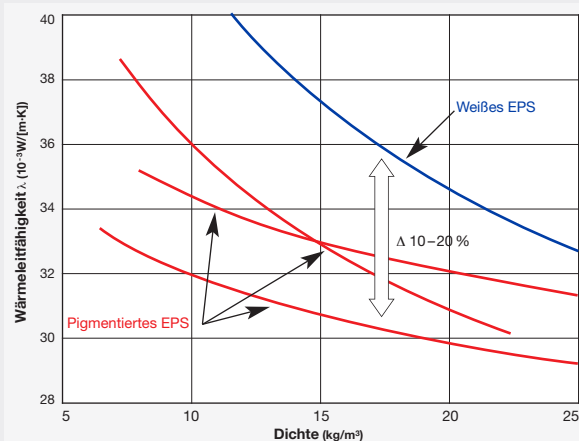
- Wärmeleitung in den Polystyrol-Zellwänden und dem Polystyrolgerüst (λ_{cd})
- Wärmeströmung durch das in den Zellen enthaltene Gas (λ_{gas})
- Wärmestrahlung, hauptsächlich Infrarot (λ_{rad})

Pigmentierung

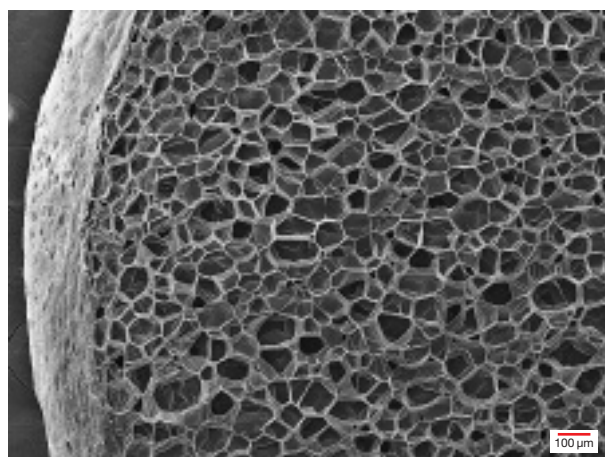
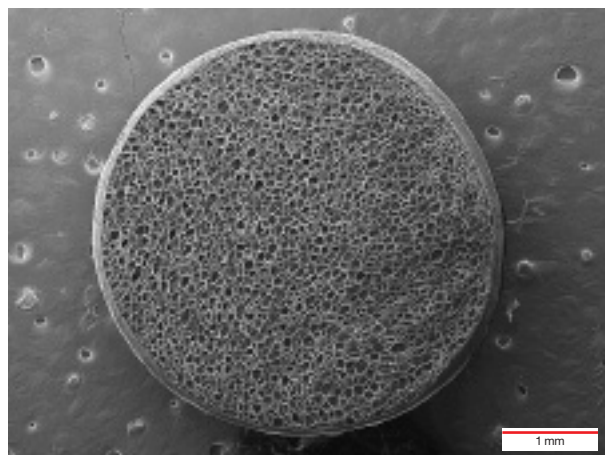
Zusätzliche Pigmente im EPS-Material absorbieren bzw. reflektieren die Wärmestrahlung, was den Wert von λ_{rad} reduziert und die Wärmedämmung verbessert.

Vergleich von Dämmstoffen (Wärmeleitfähigkeit in W/[m·K]):

Beton	Weißes EPS	Pigmentiertes EPS
0,8–1,28	0,032–0,044	0,029–0,033
	(je nach Dichte)	(je nach Dichte)



[1] Der Zusatz von Pigmenten senkt die Wärmeleitfähigkeit λ und verbessert die Dämmeigenschaften des EPS. Diese Art der «Niedrig-Lambda»-Entwicklung ermöglicht den Zugang zu Märkten für Hochleistungsdämmstoffe.



2 Vorgeschäumte EPS-Perlen aus dem EPS-Prozess von Sulzer weisen eine hervorragende Sphärizität und Zellengrößenverteilung auf.

nation von Additiven eine verbesserte Dispersion der Pigmente im Endprodukt und einen reduzierten Additivverbrauch gegenüber anderen Verfahren.

Umweltauflagen erfüllen mit alternativen Flammenschutzmitteln

Kunststoffe sind entflammbar und haben dadurch Nachteile beim Einsatz im Bauwesen. Da Polystyrol leicht brennt, erfüllt EPS-Schaumstoff ohne Flammenschutzmittel die gängigen Bauvorschriften hinsichtlich der Flammenausbreitung und Rauchentwicklung nicht. Daher muss das Material entweder in Kombination mit einer zusätzlichen bauseitigen Flam-

mensperre eingesetzt oder mit geeigneten Flammenschutzmitteln imprägniert werden. Das hierfür am weitesten verbreitete Additiv ist Hexabromcyclododecan (HBCD), ein hoch bromiertes Flammenschutzmittel mit einem Bromanteil von über 70 Gewichtsprozent pro Molekül. HBCD ist aufgrund seiner Effizienz seit mehreren Jahrzehnten das bevorzugte Flammenschutzmittel für EPS. Typischerweise sind je nach verwendetem Synergisten und Verfahren HBCD-Anteile zwischen 0,7 und 3% erforderlich, um den gewünschten Flammenschutz für Baudämmstoffe zu erreichen. Die Verwendung von Synergisten erfordert eine besonders wirksame Steuerung der Temperatur und der Scherung innerhalb des Produktionsprozesses. Da sich die weit verbreiteten Peroxid-Synergisten bei niedrigen Temperaturen um 150 °C zersetzen, sind für die Schmelzeimprägnierung die Kühlung und Erhaltung einer niedrigen Temperatur und eines niedrigen Scherungsprofils wichtig. Das muss bei der Konstruktion von Mixern, Extrudern und Granulatoren berücksichtigt werden.

Flexibler Prozess erlaubt HBCD-Ersatz

In jüngster Zeit sind die Toxizität und die Umweltauswirkung von HBCD verstärkt in die Kritik geraten. Messungen haben ergeben, dass sich der Stoff durch Bioakkumulation in Organismen anreichert, woraufhin mehrere Umweltschutzbehörden die Chemikalie in ihre Listen der besorgniserregenden Stoffe aufgenommen haben. Die EPS-Industrie sucht nun nach einem geeigneten Ersatz für HBCD. Der EPS-Prozess von Sulzer ist aufgrund seines ausgeklügelten Designs und seiner effizienten Temperaturregelung wesentlich flexibler als klassische Suspensionstechnik, da neue Flammenschutzmittel, die zurzeit entwickelt werden, verwendet werden können.

Definierte Verteilung von Partikelgrößen

Neben der Zusammensetzung des Materials bestimmt auch die Geometrie der geformten Perlen die Qualität von EPS. Eine gleichmäßige runde Form der Perlen erzeugt eine optimale Verschmelzung. Der erforderliche Durchmesser der EPS-Partikel hängt von der vorgesehenen Verwendung des Endprodukts ab. Für Isolierungen, Verpackungen, Nahrungsmittelbehälter oder Trinkgefäße sind verschiedene Größenklassen definiert. Eine optimale Füllung der Form wird durch eine enge, gleichmäßige Perlgrößenverteilung gewährleistet.

In Zusammenarbeit mit Automatik Pelletizing Systems, einem Unternehmen der MAAG Group, welche kürzlich von Dover Corporation übernommen wurde, hat Sulzer Chemtech die vorhandene Unterwasser-Granulierttechnologie für eine stabile Produktion von gleichförmigen

Eine gleichmäßige runde Form der Perlen erzeugt eine optimale Verschmelzung.

gem EPS, insbesondere EPS mit Pigmenten und Flammenschutzmitteln, weiterentwickelt. Aufgrund seiner hervorragenden Sphärizität und gleichmäßigen Granulgrößenverteilung 2 lässt sich das Produkt ohne vorheriges Sieben wie ein Suspensionsprodukt verarbeiten. Das einzigartige Lochplattendesign und die effiziente Erwärmung minimieren ein Einfrieren der Löcher auch bei kleinen Perlgrößen von unter 1 mm. Eine Druck- und Temperaturregelung innerhalb des geschlossenen Wasserkreislaufs verhindert, dass die Perlen vorzeitig aufschäumen.

Ökonomische Produktion im kleinen Maßstab

Die Schmelzeimprägnierung bietet ein riesiges Potenzial für Produktinnovationen im Bereich der PS-Schaumstoffe – nicht nur für die Produktion im großen Maßstab, sondern auch für die Her-

stellung von Spezialprodukten im kleineren Umfang. Die Hersteller von EPS-Spezialprodukten, sogenannte Converter, stehen in der Regel in enger Verbindung mit den Endkunden und besitzen umfangreiche Kenntnisse über die Produkthanforderungen und die Grenzen vorhandener EPS-Produkte für bestimmte Anwendungen. Im Gegensatz zu den großen Herstellern von Standard-EPS-Produkten möchten Converter zunehmend Nischenprodukte mit besonderen Eigenschaften entwickeln und sich so von ihren Mitbewerbern abheben. Eine eigene EPS-Produktion mit einer Schmelzeimprägnieranlage wird zur interessanten Möglichkeit, da der Jahresverbrauch leicht 10 000 Tonnen erreicht und darüber hinaus PS zu relativ niedrigen Preisen verfügbar ist.

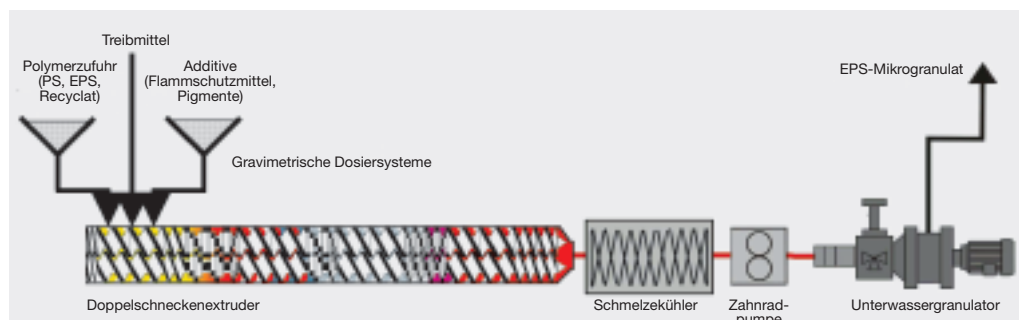
Vereinfachter Extruderprozess

Basierend auf dem umfangreichen Wissen aus zehn Jahren EPS-Prozessentwicklung hat Sulzer Chemtech ein EPS-Verfahren der zweiten Generation entwickelt, das sich besonders für die Produktion von EPS im kleineren Maßstab eignet [3]. Die vereinfachte Fertigungseinheit besteht aus einem von Sulzer entwickelten Schmelzekühler und einem Doppelschneckenextruder,

in dem das PS oder EPS, das Treibmittel und alle er-

forderlichen Additive vermischt werden. Dieses System eignet sich besonders für kleinere Produktionsmengen von etwa 500–3000 kg pro Stunde. Der Extruderprozess ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit mit dem renommierten deutschen Extruderhersteller Coperion. Es ermöglicht die wirtschaftliche Herstellung von EPS-Spezialprodukten in Maßstäben, die auch den Anforderungen größerer Converter genügen.

Sulzer unterstützt EPS-Converter, die ihre eigenen Schaumstoffrezepturen entwickeln möchten. Ihnen bietet Sulzer die Möglichkeit, maßgeschneiderte EPS-



[3] Der EPS-Prozess von Sulzer eignet sich für die EPS-Produktion im kleinen Maßstab (500–3000 kg/h).

Sorten mit verschiedenen Additiven in Versuchsanlagen herzustellen und zu testen. So profitieren die Kunden von der umfangreichen Erfahrung, die Sulzer Chemtech und seine Partner im Bereich der Schmelzeimprägnierung gesammelt haben.

Prozessinnovation für die Umwelt

Seit Beginn der Prozessentwicklung für die EPS-Herstellung konzentriert sich Sulzer auf umweltfreundliche Lösungen. Die zwei Hauptansätze sind das Recycling und die Verwendung alternativer Treibmittel. Dass EPS ein Einwegprodukt ist und sich erst nach mehreren Tausend

Jahren zersetzt, wird kritisch diskutiert und belastet das Produktimage. Gleichzeitig besitzt das Treibmittel Pentan, das zum Aufschäumen von EPS verwendet wird, ein hohes Treibhauspotenzial und ist in vielen Ländern mit strengen Auflagen und Vorschriften verbunden. Während die Suspensionspolymerisation hinsichtlich einer Verbesserung dieser Aspekte eher unflexibel ist, bietet die Schmelzeimprägnierung viel Raum für Prozessinnovationen.

Sulzer Chemtech entwickelt Technologien für das Recycling sowohl von ungeschäumtem, imprägniertem EPS

aus der Produktion (nicht spezifikationsgerechtes Material, nicht verkaufte Lagerbestände usw.) als auch von komprimierten Schaumstoffen aus dem Verbraucherrecycling oder aus produktionsinternen Quellen (Verschnitt, Blöcke usw.). Das aufbereitete EPS kann als Einsatzmaterial genutzt und zu 100 % für die Herstellung von neuem EPS wiederverwendet werden. Sulzer erforscht auch die Verwendung von alternativen Treibmitteln, die nicht unter die Vorschriften für flüchtige organische Verbindungen (VOC) fallen und dennoch ähnliche Eigenschaften haben wie Pentan. Damit können die Converter ihre Kosten erheblich reduzieren, da Systeme zur Minderung der Pentanemissionen nicht nötig sind und VOC-Abgaben entfallen, die in manchen Ländern gelten. Sulzer Chemtech treibt die Entwicklung dieser Prozessinnovationen engagiert voran.

Philip Nising
Sulzer Chemtech Ltd
Sulzer-Allee 48
8404 Winterthur
Schweiz
Telefon +41 52 262 50 22
philip.nising@sulzer.com