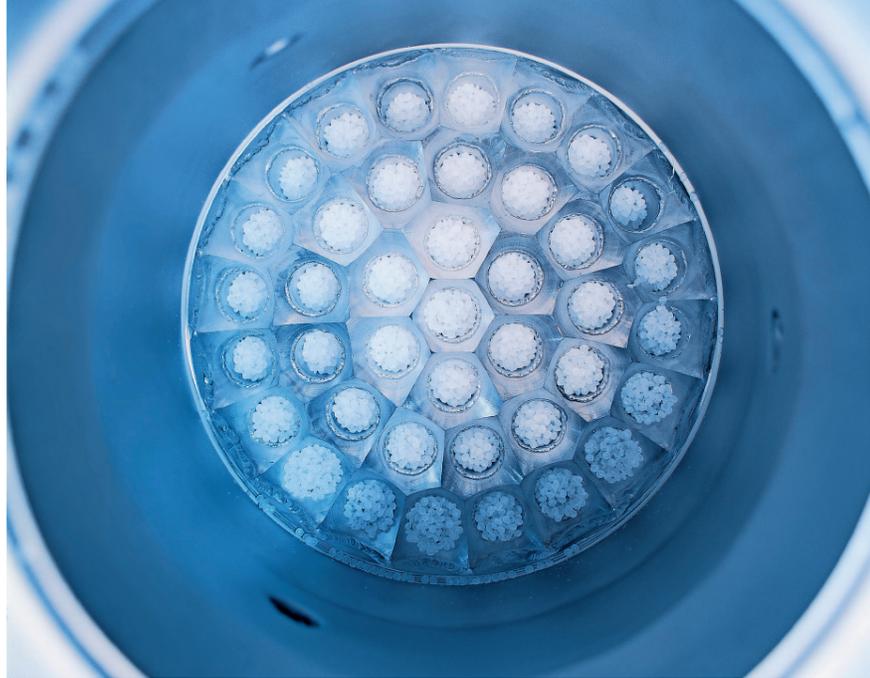


Der Coperion Schüttgutwärmetauscher Bulk-X-Change ist eine bewährte Technologie. In vielen Aufbereitungsprozessen für Schüttgüter ist es notwendig, pulverförmige oder granuläre Produkte thermisch zu behandeln, das heißt, sie zu kühlen oder zu erhitzen.

Foto: Coperion



Das Potenzial der Energieeffizienz

Wie und an welchen Stellen einer Compoundieranlage lassen sich Energieverbrauch und -kosten senken?

FRANK LECHNER, COPERION

Beim Compoundieren von Kunststoffen betragen die Energiekosten im Mittel bis zu 10 % der gesamten Produktionskosten. Besonders mit der steigenden Anzahl an Maschinen eines Compoundeurs oder auch der Größe der Compoundieranlagen bzw. den in Summe produzierten Tonnagen an Polymer bzw. Compound gewinnt das Thema Energieeinsparung an Bedeutung.

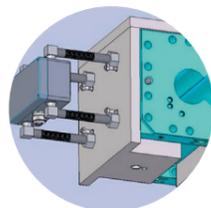
Mit innovativen Technologien können sowohl bei der Anlagenplanung und der damit verbundenen Auswahl an Bauteilen sowie auch durch ein optimales Betreiben der Anlagen erhebliche Energieeinsparungen erzielt werden. Dieser Artikel beleuchtet verschiedene anlagen- und verfahrenstechnische Lösungen, die sich positiv auf den energieeffizienten Betrieb einer Compoundieranlage auswirken.

Gesamtbetrachtung der Energieströme

Die wichtigste Kenngröße bei der Compoundierung ist der spezifische Energieeintrag (SEI). Pro Kilogramm aufbereitetes bzw. compoundiertes Produkt wird diese spezifische Energie für Folgendes benötigt:

- Feststoffförderung

Foto: Coperion



Isolierung

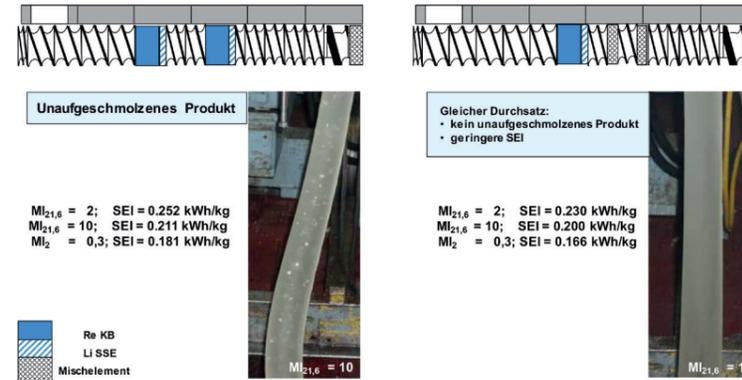
EINE weitere Verbesserung wird durch die Isolierung des Verfahrensteils erzielt. Das Bild zeigt die Isolierung der ZSK Mc¹⁸-Baureihe von Coperion. Hier sind alle Gehäuse rundum isoliert.

- Aufschmelzen des Polymers (Enthalpie)
- Einmischen von Füll- oder Verstärkungstoffen, Additiven
- Dispergieren von Pigmenten
- Homogenisieren des Polymers
- Förderung der Schmelze
- Einbringen der Verdampfungswärme
- Druckaufbau

Der größte Anteil an Energie wird für die Plastifizierung des Polymers benötigt. Der hierfür notwendige Anteil kann der Enthalpiekurve (siehe Grafik auf Seite 16) entnommen werden. Der Energieeintrag wird idealerweise an die physikalisch erforderliche Energie herangeführt durch zum Beispiel:

- die Auswahl des geeigneten Extrudersystems
- den Einsatz verfahrensspezifischer Schneckenelemente
- optimierte Extruderfahrweise (Drehzahl, Durchsatz, Temperaturführung)

Die Grafik zeigt exemplarisch die Enthalpie einiger Polymere in Abhängigkeit von der Temperatur. Für die Plastifizierung von PA6 wird entsprechend eine minimale spezifische Energieeinleitung von etwa 0,14 kWh/kg benötigt. Besteht beispielsweise die Verfahrensaufgabe darin, das Polymer mit 30 % Glasfasern zu verstärken, werden für die Einarbeitung



Optimierung der Plastifizierung und Energieeinleitung
Foto: Coperion

und den Druckaufbau für die Formgebung weitere 0,06 bis 0,08 kWh/kg benötigt.

Anlagentechnische Betrachtung

Beim Compoundieren von Kunststoffen werden heutzutage ausschließlich Drehstrom-Asynchronmotoren eingesetzt. Die Antriebseinheit eines gleichläufigen Doppelschneckenextruders ist nach dem Verfahrensteil die wichtigste Komponente einer Compoundieranlage. Sie ist letztlich ausschlaggebend für einen zuverlässigen Betrieb. Ein Getriebe reduziert die Drehzahl und treibt die beiden Schnecken an. Die Antriebseinheit wurde in den letzten Jahrzehnten konstruktiv und in ihrer Qualität stark verbessert, was den Wirkungsgrad und damit die energieeffiziente Arbeitsweise positiv beeinflusst hat. Motor und Getriebe erreichen heute einen Wirkungsgrad von circa 90 bis 95 %.

Die Beheizung des Verfahrensteils erfolgt überwiegend elektrisch, wobei Heizplatten bzw. Schalen durch Heizpatronen ersetzt wurden. Die an die Umgebung abgegebene Wärme wird durch den Einsatz von Heizpatronen deutlich reduziert. Dies gilt für das Aufheizen wie auch für den stationären Betrieb.

10

PROZENT der Energiekosten lassen sich sowohl anlagenseitig als auch verfahrensteilig bei Kunststoffcompoundieranlagen einsparen. Grundsätzlich ist das Potenzial jedoch begrenzt, da die Energiekosten im Mittel lediglich 10 % der gesamten Produktionskosten ausmachen.

Eine weitere Verbesserung wird durch die Isolierung des Verfahrensteils erzielt. Um die Gehäuse von Compoundierextrudern wie beispielsweise die ZSK Mc¹⁸-Baureihe von Coperion zu kühlen, wird in zeitlichen Taktabständen Wasser eingespritzt und die Verdampfung des Wassers genutzt, um das Gehäuse auf eine vorgegebene Temperatur zu kühlen. Die Nutzung der Abwärme gestaltet sich, insbesondere wenn Wasser eingespritzt wird, als schwierig, da beim Verdampfen des Wassers zunächst ein heißer Wasserdampf entsteht, der nicht unmittelbar genutzt werden kann. Es besteht hierbei die Gefahr, dass bei der Nutzung dieses Dampfes das vorzuwärmende Material überhitzt wird. Einen wesentlichen Einfluss auf die Energieeffizienz hat die Konfiguration des Verfahrensteils und der Schnecke. Die Auslegung soll an die physikalisch erforderliche Energie herangeführt werden. Für die Plastifizierung und auch den Druckaufbau sowie die reine Schmelzeförderung kann die erforderliche Energie sehr genau quantifiziert werden. Für das Einmischen von Füll- oder Verstärkungstoffen, Additiven oder das Dispergieren von Pigmenten ist eine Vorhersage jedoch nur bedingt möglich. Oftmals werden Erfahrungswerte herangezogen, die dann mit den aktuellen Prozessdaten verglichen werden.

Verfahrenstechnische Betrachtung

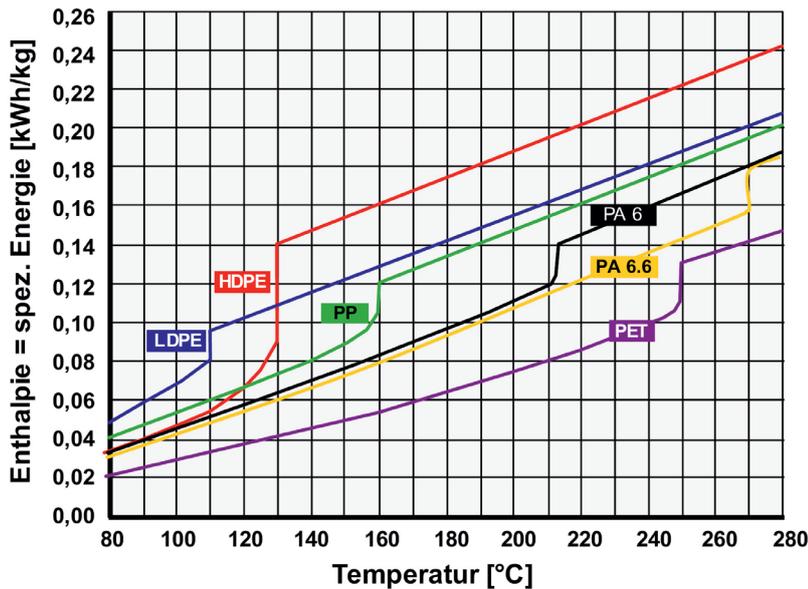
Bei der Compoundierung gilt es, die zentrale Größe, den sogenannten spezifischen Energieeintrag, zu minimieren. Neben der Energieeinsparung hat dies für eine Vielzahl von Compounds auch einen positiven Effekt auf die Produktqualität wie zum Beispiel die Viskosität oder die Geruchsminimierung. ▶



Mehr über Kunststoffe finden Sie **hier**



Hintergrund



Das größte Potenzial zur Energieeinsparung besteht in der Nutzung der momentan zur Verfügung gestellten hohen Drehmomente. Unglücklicherweise lassen sich die hohen Drehmomente nicht bei allen Produkten voll ausschöpfen. Einige sind limitiert durch das Einzugsverhalten von Produkten oder schlichtweg durch die Qualität der Endprodukte. Somit gilt es durch innovative Technologien diesen Beschränkungen entgegenzuwirken.

Dosiergenauigkeit

Viele Anlagen werden aufgrund von Schwankungen bzw. Instabilitäten bei der Produktzuführung nicht bei hohen Drehmomenten betrieben. Dies liegt oftmals an der Gesamtkonzeption (Fallrohre, Trichter, Entlüftungen usw.) oder am Dosiersystem selbst. Häufig werden lediglich zwischen 70 und 85 % des möglichen Drehmoments ausgeschöpft. Mit hochpräziser Dosier-technologie und Steuerungslösungen, die Schwankungen herausfiltern, lassen sich 85 bis 90 % der installierten Motorleistung ausschöpfen.

Einzugsbegrenzung

Insbesondere Füllstoffe mit geringem Schüttgewicht oder kleinen bis mittleren Partikeldurchmessern sind oftmals durch die Zwischenkornluft bzw. deren Volumen einzugsbegrenzt, so dass auch hier das zur Verfügung stehende Drehmoment bzw. die Antriebsleistung nicht vollends genutzt werden kann.

Bei der patentierten Feed Enhancement Technology FET von Coperion wird die Einzugszone eines Extruders mit einer porösen, gasdurchlässigen Wand ausgestattet, an die von außen ein Vakuum angelegt wird. Die dadurch erreichte Gasabsaugung steigert das Materialaufnahmevermögen bei der Verarbeitung einzugsbegrenzter Produkte um das bis zu Dreifache. Das Ergebnis ist eine Reduzierung des Energieeintrags, da die Schneckendrehzahl reduziert wird, oder auch eine Erhöhung des Durchsatzes bei gleichbleibender Schneckendrehzahl und somit eine erhöhte Wirtschaftlichkeit der Compoundieranlage.

Drehmoment

Durch das zur Verfügung gestellte hohe Drehmoment wird bei entsprechender Ausnutzung nicht nur der

Enthalpie unterschiedlicher Kunststoffe

Grafik: Coperion

90–95

PROZENT Wirkungsgrad erreicht die Antriebseinheit von modernen Compoundieranlagen. In den letzten Jahrzehnten wurden diese konstruktiv und in ihrer Qualität stark verbessert, was den Wirkungsgrad und damit die energieeffiziente Arbeitsweise positiv beeinflusst hat.

Durchsatz gesteigert, sondern auch der Energieeintrag reduziert. Die Erhöhung des Drehmoments von $\text{Md/a}^3 = 13,6$ auf $\text{Md/a}^3 = 18$ führt bei konstanter Drehzahl zu einer Energieeinsparung von 5 bis 10 %.

Schneckenkonfiguration

Das Bild auf Seite 15 oben zeigt die Optimierung einer Schneckenkonfiguration für eine HDPE-Anlage, bei der die Energieeinleitung um $0,02 \text{ kWh/kg}$ reduziert wurde. Bei einem Durchsatz von 50 t/h und 8.000 Betriebsstunden im Jahr bedeutet dies eine Einsparung von 8 MW bzw. $1,2 \text{ Mio. EUR}$ bei einem Energiepreis von $0,15 \text{ ct/kWh}$.

Granulierung

Der größte Anteil der in das Produkt eingebrachten Energie findet sich im Granulierwasser wieder; nur ein kleiner Anteil verbleibt als Restwärme im Granulat, welche den Trocknungsvorgang später begünstigt. Der Granulierwasserkreislauf wird in Anlagen mit Temperaturen zwischen 50 °C und 80 °C betrieben. Im Wärmetauscher muss das Wasser um $\sim 15 \text{ °C}$ gekühlt werden. Legt man eine treibende Temperaturdifferenz von 10 K fest, so kann man die Wärme aus dem Granulierwasserkreislauf auf ein Temperaturniveau von 40 bis 70 °C übertragen. Zum Beheizen von Räumen sind Heizwasservorlauftemperaturen von 40 bis 50 °C ausreichend. Auf diese Weise könnten in Regionen mit überwiegend niedrigen Temperaturen Heizkosten gespart werden. Das erhitzte Granulierwasser kann darüber hinaus sinnvoll für die Vorwärmung von Granulat eingesetzt werden. Mit dem innovativen Schüttgutwärmetauscher Bulk-X-Change von Coperion, mit dem pulverförmige oder granuläre Produkte erhitzt bzw. vorgewärmt werden, wurden bereits Energieeinsparungen von 2 bis 10% erreicht.

Fazit

Im Betrieb von Kunststoffcompoundieranlagen gibt es zahlreiche Ansatzpunkte, um den Verbrauch von Energie zu senken und damit die Energieeffizienz zu steigern. Sowohl anlagen- als auch verfahrenseitig können Energie- und Kosteneinsparungen erzielt werden. Grundsätzlich ist das Potenzial jedoch begrenzt, da die Energiekosten im Mittel lediglich 10% der gesamten Produktionskosten ausmachen.

Am Ende einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss die mögliche Energieeinsparung ins Verhältnis zu anderen gewinnbringenden Faktoren gesetzt werden wie zum Beispiel dem Durchsatz oder der sogenannten Gesamtanlageneffektivität (GAE). Die Gesamtanlageneffektivität ist das Maß für die Wertschöpfung einer Anlage, wobei der Energieverbrauch sicherlich eine wichtige Rolle dabei spielt. ■



Web-Wegweiser
www.coperion.de