

二軸スクリュウコンパウンドに 関連するプロセスパラメーター

著者

Bernd Jakob and Tom Geilen

イントロダクション

スクリュウコンベアーには長い歴史があります。最初のスクリュウコンベアーはアルキメデス(紀元前212年)によって発明され、現在もかんがいを使用されています。スクリュウコンベアーの産業利用は19世紀半ばに始まりました。ポリマー加工への顕著な産業利用は20世紀前半に始まりました。一軸の押し出し機は、ポリマーを熔融して成形するために使用されますが、その性能は限られています。圧力下で完全に充填されたバレルで動作するため、ベントの利用や材料の分割供給は不可能です。また、混練能力も限られています。

ポリマー産業における連続混練に対しての高まる要求を満たすために、R. Erdmengerは、噛み合い、セルフワイピングスクリュウを備えた同方向回転二軸スクリュウコンパウンダーを開発し、1944年に特許を取得しました。このアプリケーションノートでは、いくつかのコンパウンディングとプロセス依存および独立パラメーターについて説明します。コンパウンディングプロセスとスクリュウ構成を最適化する方法の概要も紹介します。滞留時間の自動測定と、小規模のラボコンパウンダーのテストをより大きなパイロットプラントまたは小規模の生産押し出し機にスケールアップする方法を提示します。

コンパウンダー

平行二軸スクリュウコンパウンダーの主な配合ステップは、材料供給、熔融、搬送、混合、ベント、均質化された製品の押し出しです(図1)。供給ゾーンでは、固体材料が容量式または重量式フィーダによって供給されます。空気を除去し、低密度の材料は圧縮されます。次のステップでは、材料は前進し、部分的に充填され、加圧されていない搬送ゾーンで加熱されます。次の最初の混合ゾーンでは、材料は熔融、可塑化されます。混合ゾーンは材料で完全に充填されています。その後、搬送ゾーンが追加され、ベント、フィルターや液体の供給をすることができます。

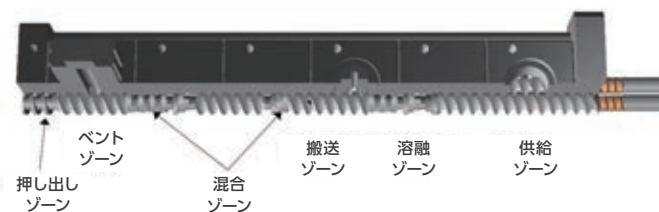


図1. バレルとスクリュウのレイアウト

その後、混合ゾーンと搬送ゾーンが交互に続き、均質な製品が得られます。最後の混合ゾーンの隣に設置される搬送スクリュウエレメントで構成されたベントゾーンは、大気圧または真空のいずれかで揮発性物質や空気をベントするために使用されます。押し出しゾーンの役割は、圧力を蓄積して材料を成形することで、多くの場合はストランド状に押し出され、ウォーターバスで冷却された後、ペレットに切断されます。

スクリュウエレメント

セグメント化されたスクリュウの設計により、スクリュウの構成を変更することが可能です。最も一般的に使用されるスクリュウエレメントは、セルフクリーニング、Erdmengerの設計による噛み合い型搬送エレメントです。その他のスクリュウエレメントは、混合、押し出し、および特殊な分配混合エレメントです(図2)。

プロセスパラメーターと依存関係

スループットは、滞留時間に大きな影響を与えます。スループットが高いほど、平均滞留時間と滞留時間分布の幅が小さくなります(図3)。



図2. スクリューエレメント

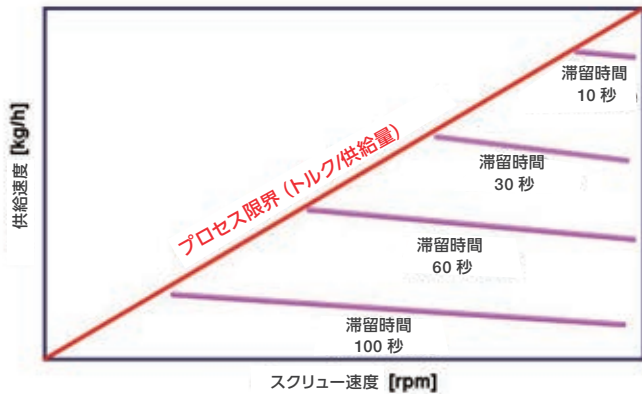


図3. 滞留時間と材料供給速度

滞留時間に対するスクリー速度の影響はかなり低く、スクリー速度は搬送ゾーン内でのみ影響します。逆方向混合エレメントは、滞留時間および分配の増加に大きな影響を与えます。熔融温度に対する主な影響は、スクリー速度と材料供給速度です。混合ゾーンでのより早いスクリー速度による機械的エネルギーが加わるため、より高い熔融温度が測定されます(図4)。

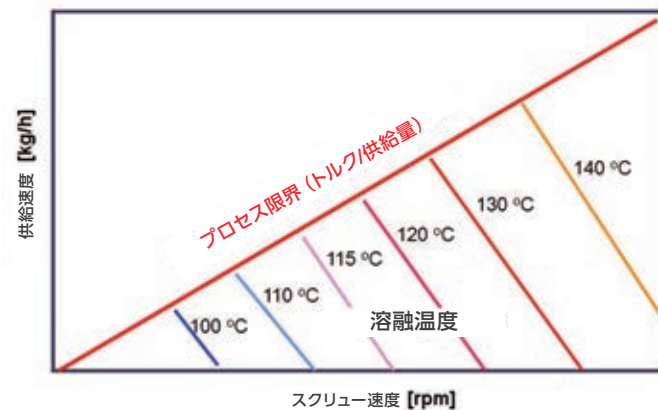


図4. 熔融温度とスクリー速度

スケールアップ

ラボスケールコンパウンダー (図5) で小規模の試験に成功した後、より大きな生産スケールコンパウンダーでのパイロットプラントにプロセスを移すことは常に課題となっています。基本的な要件は、両方のコンパウンダーで同じまたは少なくとも類似のバレル形状と同じスクリー構成を使用することです。滞留時間と熔融温度は実験室での試験と同様でなければならず、またコンパウンダーは断熱的に動作する必要があります。最初のアプローチでは、スクリー速度と温度プロファイルをラボでの試験と同じにします。開始時の材料供給速度は、Schuler [1] の

法則に従って計算されます。次のステップでは、スループットを変更することによって比エネルギーを調整します。主なエネルギーは、スクリーのせん断エネルギーによってもたらされます。スケールアップはバレル表面の利用可能な領域によって制限され、加熱および冷却能力はバレル直径の増加とともに減少します。体積はバレル径の3乗で増加しますが、表面積は2乗までしか増加しません。



図5. Process 11 卓上二軸スクリーエクストルーダー - 11 mm ラボスケール二軸エクストルーダー

本試験は、11 mmラボスケール二軸エクストルーダーである、当社のThermo Scientific™ Process11 卓上二軸スクリーエクストルーダーでスループット1 kg/h およびスクリー速度200 rpmにて実施しました。これらの設定により、比エネルギーは559 kJ/kg、滞留時間は約55秒になります。Thermo Scientific™ Eurolab 16 mmコンパウンダーへスケールアップする場合、Schulerの法則に従ってスループットは3 kg/hとなります。実際に測定された滞留時間および比エネルギーは著しく低くなりました。供給速度を2.5 kg/hに補正すると、滞留時間と比エネルギー(566 kJ/kg)について同様の結果が得られます(図6参照)。

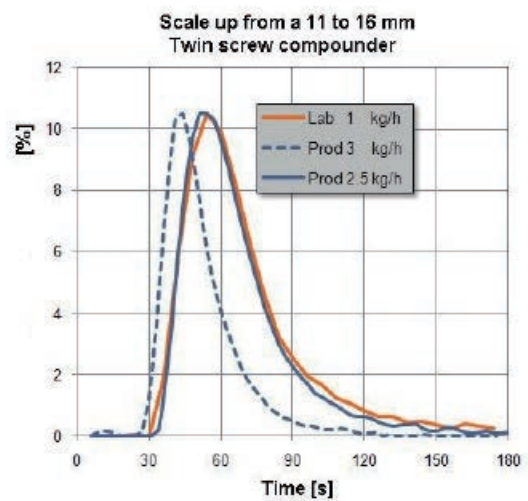


図6. スケールアップ試験の滞留時間

まとめ

ラボスケールコンパウンダーのプロセスパラメーターの知見を得ることで、より大きな装置へのスケールアップが可能ですが、スループットの理論的要因を調整する必要があります。滞留時間は、スケールアップにとって重要なプロセスパラメーターです。トレーサーとストップウォッチで滞留時間を測定するよりも、カメラシステムを用いたトレーサーの色強度変化の分析の方が優れています。その結果、平均保持時間を最大とする保持時間の分布を得ることができます。

参考文献

1. W. Schuler (1996). Process Engineering Design of Co-Rotating Twin Screw Extruder, Dissertation, University of Wales Swansea, 1996.

詳細はこちらをご覧ください thermofisher.com/extruders

研究用에만使用できます。診断用には使用いただけません。
© 2022 Thermo Fisher Scientific Inc. All rights reserved.
All trademarks are the property of Thermo Fisher Scientific and its subsidiaries unless otherwise specified.
実際の価格は、弊社販売代理店までお問い合わせください。
価格、製品の仕様、外観、記載内容は予告なしに変更する場合がありますのであらかじめご了承ください。
標準販売条件はこちらをご覧ください。 thermofisher.com/jp-tc **MC060-A22100B**

サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社

分析機器に関するお問い合わせはこちら

TEL: 0120-753-670 FAX: 0120-753-671

Analyze.jp@thermofisher.com

facebook.com/ThermoFisherJapan

@ThermoFisherJP

thermofisher.com