

ギアポンプを使用しての3Dプリンティング用 フィラメント製造

著者

Mathias Jahrling

Thermo Fisher Scientific, Karlsruhe, Germany

キーワード

付加製造、3Dプリンティング、フィラメント製造、ギアポンプ、二軸コンパウンディング、溶融フィラメント製造、Process 11

要約

3Dプリンティングは積層造形技術の一つで、材料の層を連続的に重ねることで三次元的に目的の形状を創成するものです。製品設計者は3Dプリンティング技術を適用することで、異なる機械のおよび物理的特性を持つ材料を、一回の製造プロセスでプリンティング成型することができます。この技術によって、コンピューター（CAD図面など）または3Dスキャナーによるスキャンで作成されたデジタル設計図から3次元の固体オブジェクトを完成させることができます。従って、従来の機械加工と比較すると、短時間と低コストでプロトタイプを作成することが可能となります。

このアプリケーションノートでは、ポリマー調合のコンパウンディングと3D用フィラメント製造のプロセスについて説明します。このプロセスを採用することにより、最終製品開発のための時間と労力を削減し、材料の加熱・冷却サイクルを最小限に抑え、複合フィラメントの熱ストレスを低減させることができます。

単純なフィラメント製造から...

3Dプリンティングにはコンクリート、人間の細胞、金属やポリマーなどさまざまな原材料を使用できます。これらの3Dプリンティングの「インク」とは、極めて一定の直径を持つ限定されたポリマーです。一般的にはシンプルな単軸押出混練機を使用して、ベースポリマーからこれらのフィラメントを作成します。単軸押出混練機には高圧をかけることができ、一定のアウトプット能力が備わっています。これは、フィラメント直径の一貫性を維持するために重要です。しかしながら単軸押出混練機の機能的制約としては、3Dフィラメント作成のための調合において、多成分の混合または配合が非効率的であることが挙げられます。

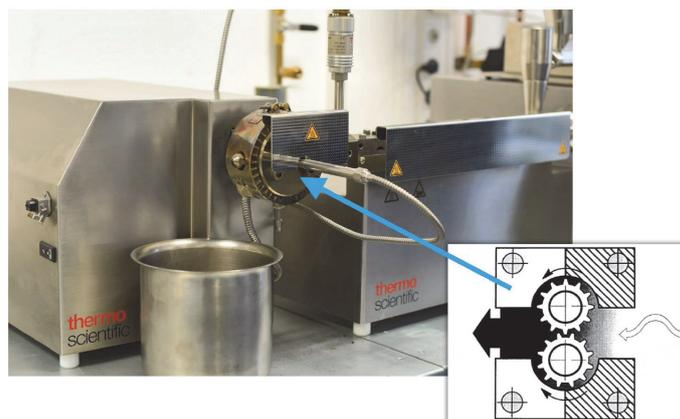


図1. Thermo Scientific Process 11 二軸スクリーュー溶融押出混練機に、専用ギアポンプを装着した装置仕様

高度なポリマーのコンパウンディングまたはカスタマイズされた調合が必要な場合は、二軸スクリーュー押出混練機が理想的なソリューションとなります。二軸スクリーュー押出混練機は、より柔軟な混練条件のセットアップを可能にすることで複数の成分を均質に配合し、高品質のフィラメント作成を実現します。

...コンパウンディングのカスタマイズへ

一般的な二軸押出混練プロセスは、アウトプットにわずかに脈動を与えてしまい、一定なフィラメント直径の実現を困難にします。しかしながら3Dプリンティング技術においてフィラメント直径の一貫性は、プリントされた最終製品の形状の品質と安定性を決定付ける不可欠な要素です。従って、押出混練機が一定の出力を保持することが、理想的なフィラメント製造を実現するために必要です。この課題を解決するには、押出混練機の末端とフィラメント形成ノズルの間にギアポンプを採用します。

図1に示すように、Thermo Scientific™ Process 11用ギアポンプは、二つの隣接した噛み合いギアを採用しています。このギアは図中の矢印で示すように回転します。この仕組みにより、空洞と溶融物が吸引される部分が生じます。溶融物は歯車によってポンプの出口側に輸送され、そこでギアの噛み合いがメルトを置換します。非常に高い機械的精度によって、溶融物が後方に戻ることを効果的に防ぎます。また、頑丈なギアとハウジングの構造により、非常に高い圧力（最大700 bar）を実現し、高粘度の溶融物を送り出します。

Process 11用ギアポンプの速度を制御することにより、脈動のない非常に正確なアウトプットを実現できます。これにより一定の直径のフィラメントの押出が可能となります。

材料および方法

この研究では、LDPE (Lupolen™ 1800H低密度ポリエチレン樹脂; LyondellBasell Industries Holdings, B.V.) といくつかの異なる押出混練セットアップを用いて、3Dプリンティングによりフィラメントを作成しました。使用するフィラメント生産システムには以下が含まれます。

- 1) 単軸押出混練機 (Thermo Scientific HAAKE™ Rheomex 19/25 OS エクストルーダー)
- 2) 共回転二軸スクリー押出混練機 (HAAKE Rheomex PTW16 / 40押出混練機)
- 3) 共回転二軸スクリー押出混練機 (HAAKE Rheomex PTW16 / 40押出混練機) ギアポンプ付き

すべてのテストで、同じスプーラーユニットを使用してフィラメントを巻き取りました。このスプーラーユニットは、レーザーを用いて直径を測定できる機構を備えており、連続的にオンラインでフィラメント径の測定が可能です。



図2. 右から、Process 11 押出溶解混練機、ギアポンプ、ウォーターバス、フィラメントスプーラー

図3は、50分にわたる3Dフィラメント直径の測定結果を示しています。ギアポンプなしの二軸スクリー押出混練機によって生成

されたフィラメントの直径の変動は、単軸押出混練機、そしてギアポンプが取り付けられた二軸押出混練機によって作成されたフィラメントの直径の変動よりも大幅に大きいことが明らかになりました。ここでは、フィラメント直径の設定値は1.7 mmでした。

図4は、単軸押出混練機とギアポンプが取り付けられた二軸押出混練機によるフィラメントの直径変動を比較しています。両方のセットアップでのばらつきは非常に少なく、両方のフィラメントは共に非常に高いレベルの品質を示しています。

これは、表1に示す3種の直径測定の統計データからも確認することができます。

結論

三つの3Dフィラメント製造方法 (単軸押出混練機システム、二軸スクリー押出混練機システム、ギアポンプが取り付けられた二軸スクリー押出混練機システム) によるフィラメント径の一貫性を評価しました。二軸スクリー押出混練機にギアポンプを使用すると、押し出されるフィラメントの直径の変動を大幅に低減でき、一貫性を改善できます。

Process 11二軸スクリー押出混練機に専用のギアポンプを使用することで、新しく配合されたポリマーコンパウンドを速やかに正確なフィラメントに変え、直接3Dプリンティングに使用することが可能となります。

ギアポンプを使用しない代替生産方法として、冷却した混練物をペレット化し、その後このペレットを単軸押出混練機でフィラメント化することが挙げられます。

図2に示すようなセットアップで11 mmの二軸スクリー押出混練機を使用した場合にも、ここで提示した結果と非常に類似した結果を達成することができます。

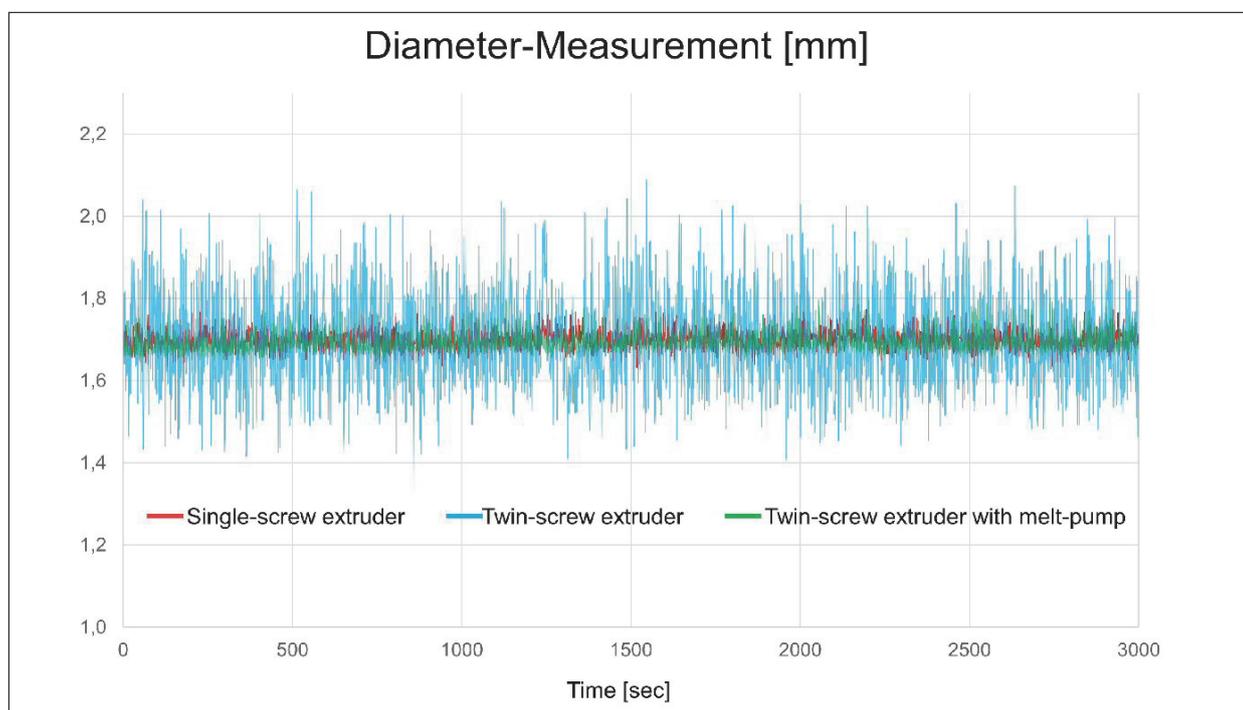


図3. 単軸押出混練機、二軸スクリー押出混練機、ギアポンプを装着した二軸スクリー押出混練機を使用した3Dフィラメントの直径測定の結果

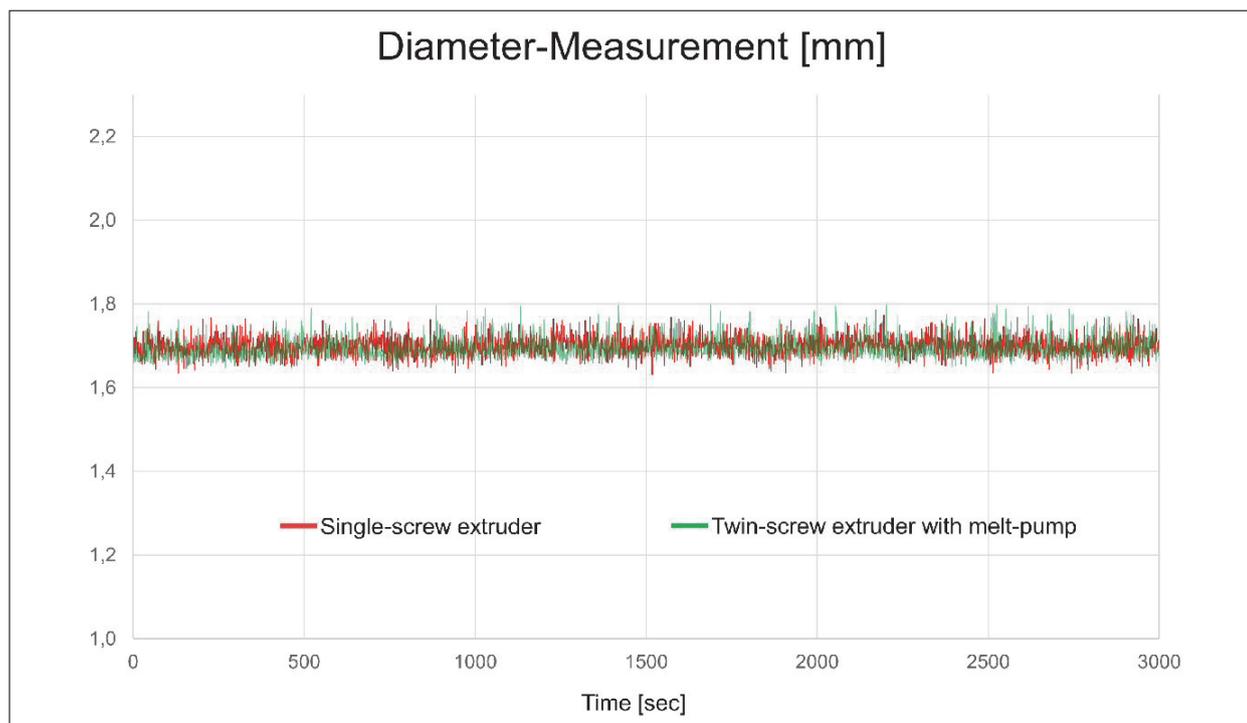


図4. 単軸押出混練機とギアポンプを装着した二軸スクリー押出混練機による3Dフィラメントの直径測定の結果

表1. 単軸押出混練機、二軸スクリー押出混練機、ギアポンプを装着した二軸スクリー押出混練機を使用した3Dフィラメントの直径測定の結果

フィラメント直径	単軸押出混練機	二軸スクリー押出混練機	ギアポンプを装着した二軸スクリー押出混練機
平均	1.699 mm	1.699 mm	1.694 mm
最小	1.631 mm	1.334 mm	1.648 mm
最大	1.773 mm	2.089 mm	1.798 mm
偏差	0.142 mm	0.755 mm	0.150 mm
偏差 (%)	4.2%	22.2%	4.4%
標準偏差	0.0227	0.1135	0.0231

Process 11二軸スクリー押出混練機と専用ギアポンプによって、このようなフィラメント製造の時間と労力を大幅に削減することができます。また、コンパウンディングとフィラメント生産が別々のプロセスの場合に発生してしまう加熱冷却サイクルを根本的に排除することによって、材料への熱ストレスを最小化することができます。

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

© 2020 Thermo Fisher Scientific Inc. 無断複写・転載を禁じます。 MC046_A2004OB
 ここに記載の会社名、製品名は各社の商標または登録商標です。
 また、記載されている製品は研究用機器であり、診断目的およびその手続き上での使用はできません。
 記載の価格は 2020 年 4 月現在のメーカー希望小売価格です。消費税は含まれておりません。
 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。
 実際の販売価格は、当社販売代理店までお問い合わせください。

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