

高性能タンデム押出機の開発

Development of High Performance Tandem Extruder

名古屋機器製作所 後藤 幸男^{*1} 村田 吉則^{*2}
技術本部 田村 幸夫^{*3}

ポリプロピレン二軸延伸フィルムの製造では広幅化・高速化及び高品質化のニーズが強くなっている。このため、本フィルム製造装置の上流に位置し、固体樹脂を可塑性・溶融する押出機に対しても高能力・高品質化が要求されている。本開発ではこの押出機に特殊な可塑性・溶融機構など4種類の新しい技術を付加することによって高能力・高品質化を図った。この高性能タンデム押出機を採用することによって30～50%の押出能力向上とフィルムの品質を左右する押出樹脂温度を10～20℃下げることが可能である。

In production of Biaxially Oriented Poly-Propylene film, such requirements as wider width of film, higher operation speed and higher quality of film have been increasing lately. Consequently higher capacity and quality of production are demand of extruders as well which are installed at the upper reach of film production lines and have the functions of plasticizing and melting solid resin. These demand of the extruders can be achieved by applying four items of newly developed technology, for example, a special plasticizing and melting mechanism. By using this new series of tandem extruder, film manufacturers can obtain the increase of extrusion capacity by 30～50% and the drop of extruded plastics temperature by 10～20℃ which affects the film quality.

1. ま え が き

プラスチックフィルムは包装・工業用資材として、その用途は拡大を続けており、1992年の国産生産量は155万tに達している。その中でもポリプロピレン(PP)、ポリエステル(PET)に代表される二軸延伸フィルムはフィルム全体の25～30%を占めている。

このフィルムの中でも特に生産量の高いBOPP(PP二軸延伸)フィルムの生産性向上に対応するため、製造装置の上流に位置し、固体樹脂を可塑性・溶融する押出機として、可塑性・溶融機能と計量・昇圧機能を分離した図1に示すタンデム押出機を開発し、受注対応してきた。

このBOPPフィルムを生産する設備は、国内・外において更に高能力・高性能でかつ高品質なフィルムの製造ニーズが高まって

おり、これに対応するために高性能タンデム押出機を開発した。

2. 技術開発のポイント

この高性能タンデム押出機は、新しく開発・改良した下記の技術を組合せた押出システムとして性能を発揮する。

(1) 押出能力アップのための可塑性技術

- 高可塑性・溶融機能を有する、シリンダ及びスクリー軸断面形状が多角形のHM形押出機⁽²⁾の適用。

(2) 昇圧をセーブするためのシール技術

- 第2段メルトスクリー基部の樹脂シールに新規開発した高圧溶融樹脂シールの適用。

(3) 低樹脂温度キープのための押出技術

- スクリー内部での樹脂の発熱を低く抑えるために溝深さの大きなスクリーを適用。

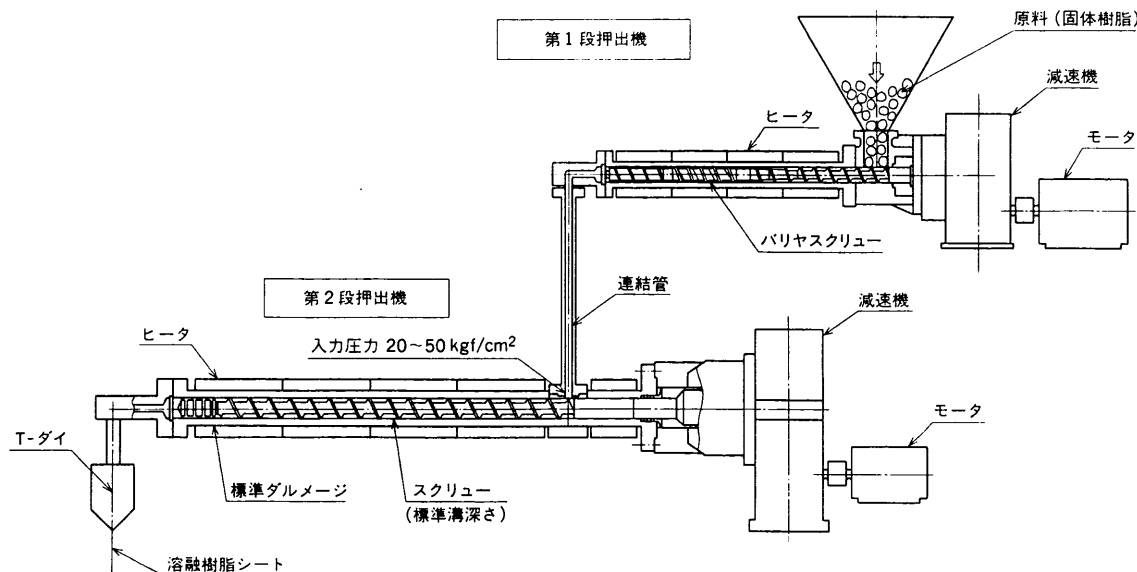


図1 タンデム押出機 可塑性・溶融機能を有する第1段押出機と計量・昇圧機能を有する第2段押出機を直列につないだタンデム押出機。
Tandem extruder system for higher extrusion capacity

*1 産機技術部プラスチック機械設計課主務 *3 名古屋研究所高分子・化学研究室長
*2 産機技術部プラスチック機械設計課

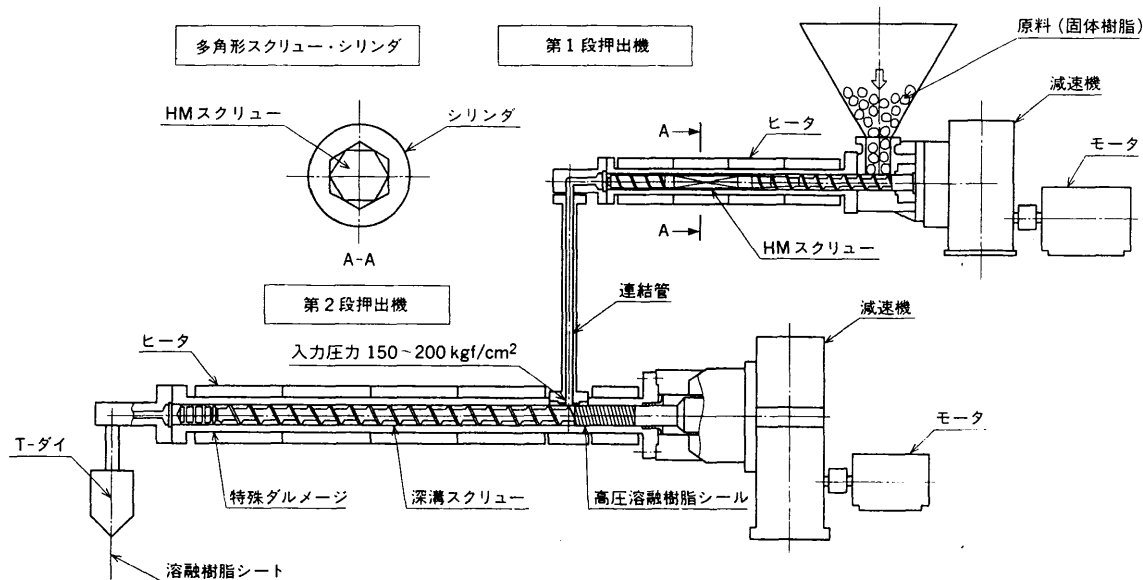


図2 高性能タンデム押出機 第1段・第2段押出機に新しく開発・改良した技術を組合わせた高性能タンデム押出機。
High performance tandem extruder with new technology

(4) 均質化押出しのためのミキシング技術

- 押出機の先端部に新規開発した特殊なミキシング装置（特殊ドルメージ）を適用。

図2に開発した高性能タンデム押出機のシステムを示す。

3. 第1段押出機

第1段押出機の役割は固体樹脂を均質に可塑化・溶融し、低い温度で溶融樹脂を第2段押出機に送込むことであり、押出能力を大きくすることが高能力化につながるものである。

従来の押出機の場合は、中間の可塑化・溶融部に副フライトを有するバリヤスクリーンを採用し、高回転で高い押出能力を有していたが可塑化・溶融の均質性が不十分な欠点があった。

一方、溶融粘度の高い樹脂を、低い樹脂温度で高い押出量を出す押出機として当社が開発したHM形押出機が、他の用途であるポリプロピレン（PP）のシート成形用などに評価を得ていた。

HM形押出機とは図2に示すように、押出機の中に位置する可塑化・溶融部に円に内接する多角形スクリーンと外接する多角形シリンダを組合せた構造を有する押出機のことである。

この高性能タンデム押出機の開発に当たって、第1段押出機の機能を第1のポンプ（固体樹脂輸送）、第2のポンプ（可塑化・溶融）、第3のポンプ（計量・昇圧）の三つの連続したポンプ機能としてとらえ、HM形溶融・輸送メカニズムを採用したφ65/φ90パイロットタンデム押出機を試作した。三つの連続したポンプ機能にアンバランスが生じると押出不安定現象（樹脂圧力変動）が発生する。

三つの連続したポンプ機能がバランスした最適形状を求め、安定した押出性能と、HM形メカニズムの効果による可塑化・溶融能力の増大、及び第1段押出機出口部で溶融樹脂を均質に押出することができることを確認した。

4. 第2段押出機

第2段押出機は次の2種類の機能が必要である。

- 押出機出口からダイ出口間の流路で発生する流体圧力損失に相当する押出機出口樹脂圧力まで押出機内で昇圧する。
- 第2段押出機内で加えられるせん断エネルギーを極力小さく抑

え、また押出機内で発生する溶融樹脂温度差を混合分散し均一にして押出す。

従来のタンデム押出機においては、第2段押出機の減速機側の溶融樹脂のシールに対しては入口樹脂圧力が50 kgf/cm²を超えると樹脂漏れが発生する状況にあった。

溶融樹脂は非ニュートン流体であるがスクリーンでの押出能力は次の簡略式で表すことができる。

$$Q = \alpha DHN - \beta \Delta P / \mu$$

ここで、

Q : 押出能力 (kg/h)

D : スクリーン口径 (mm)

H : スクリーン溝深さ (mm)

N : スクリーン回転数 (rpm)

ΔP : 押出機出入口圧力差 (kgf/cm²)

μ : 溶融樹脂の粘度 (poise)

α, β : 係数

この式で示すとおり押出機出入口圧力差 ΔP を小さくすれば押出能力を大きくすることができる。

この打手としては、第1段押出機から送込まれた入口部の樹脂圧力を高くすることが必要である。

そこで、ポリプロピレン（PP）より一けた粘度の低いポリエステル（PET）二軸延伸フィルム用タンデム押出機の第2段押出機にはスクリーン基部における溶融樹脂シール力を上げるため、積極的にスクリーン側へ送り出すスパイラル溝をスクリーン側又はシリンダ側に設けた構造の高圧溶融樹脂シールが採用されている。

このスパイラル溝形状を粘度の高いポリプロピレン（PP）用に改良を加えることにより入口樹脂圧力を150~200 kgf/cm²まで高くしても樹脂漏れが生じないスクリーンを開発した。

また、溶融樹脂の押出特性として図3に示すとおり、スクリーン溝深さと昇圧能力の間に最適値が存在することは理論解析により分かっている。図3は、スクリーン口径220 mm、スクリーン回転数80 rpmとすると、昇圧能力を小さく抑えることができるならばスクリーン溝深さの最適値を大きくとることにより押出量を大きくすることが可能なことを示している。

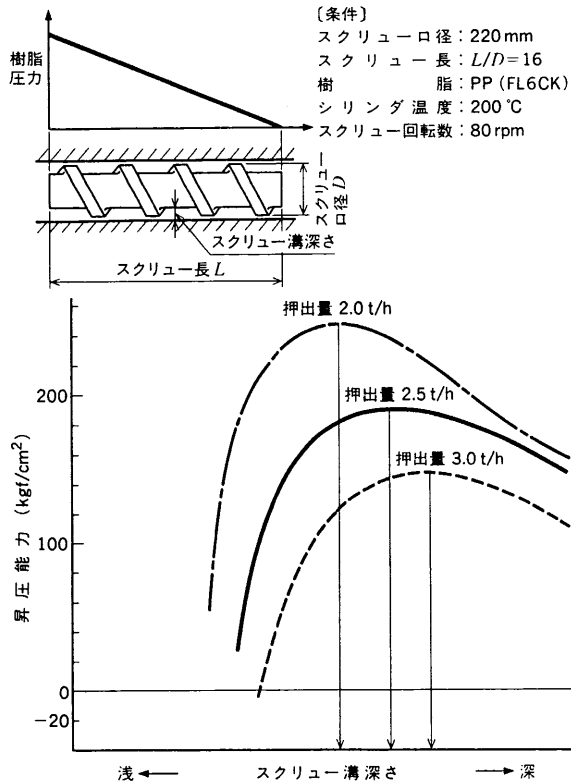


図3 熔融樹脂の押出特性 押出能力に対するスクリュー溝深さの最適値
 Optimum of screw channel depth for extrusion capacity

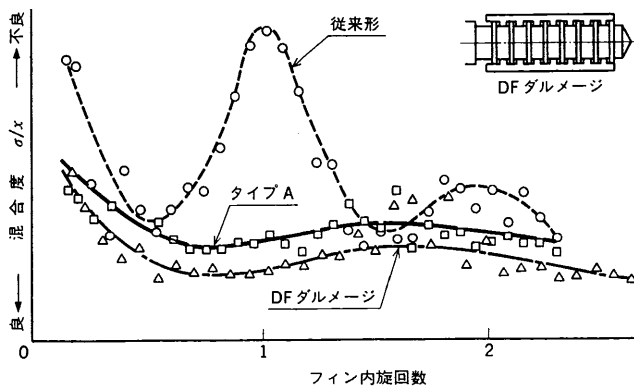


図4 ダルメージの混合度比較試験結果 各種ダルメージの混合度を比較しDFダルメージを開発。
 Test result of mixing and dispersion for many kinds of dulgage

上記2種類の技術を組合せることにより、低いスクリュー回転数で高い押出能力が得られ、かつ内部のせん断エネルギーが小さくなり低い樹脂温度で押出することができることが分かった。

しかしながら、スクリューの溝深さを大きくすると溝深さ方向に熔融樹脂温度の大きな差を発生することは過去の実績及び試験データから分かっている。

この温度を均一にして押出することは成形フィルムの厚薄精度を向上させるために重要なことである。

樹脂温度の混合分散を目的として、従来からもスクリュー先端部にダルメージ⁽³⁾と称するミキシング部を設けていたが温度差の大きいものに対する効果は小さい。

そこで、ダルメージの混合分散機能の要素試験を行い、その中で図4に示す形状のスクリューとシリンダの双方を組合せた特殊ミキシングであるDFダルメージが図4に示す良好な混合度を得

表1 パイロットタンデム押出機試験結果
 Test result of extrusion performance by pilot tandem extruder

項目	高性能機	従来機
押出量	520 kg/h	400 kg/h
押出機樹脂温度	260℃	280℃
第2段押出機先端樹脂圧力	260 kgf/cm²	250 kgf/cm²
第2段押出機先端樹脂圧力変動率	±0.2%	±0.5%

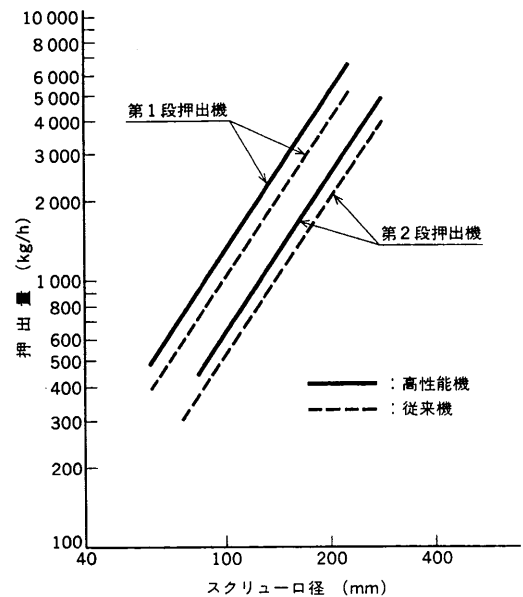


図5 高性能タンデム押出機的能力 従来機と高性能機的能力を比較。
 Comparison between conventional M/C and high performance M/C

ることができるので、本技術を採用した。

5. 高性能タンデム押出機

前述の4種類の新規開発・改良した技術を組込んだφ65第1段押出機とφ90第2段押出機を組合せたφ65/φ90パイロットタンデム押出機により試験を行った結果、表1に示すとおり従来機に比べ1.3倍の高性能化を達成することができた。また、それに伴い低樹脂温度化によるフィルム物性の向上と圧力変動減少によるフィルム厚み精度の向上が期待できる。

6. ま と め

本開発の高性能タンデム押出機は、図5に示すとおり従来機に対し能力アップを図ることが可能であるので、BOPPフィルム成形用標準機に搭載し拡販を推進中である。

今回開発・改良した技術は個々にポリプロピレン (PP) 以外のポリエステル (PET)、ナイロン (PA)、ポリスチレン (PS) 二軸延伸フィルム成形用押出機、及びその他の単軸押出機に対し応用が可能であり、押出機の新技術として適用を図っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 鈴木勉, プラスチックエージ (1989)
- (2) 田村ほか, 三菱重工技報 Vol.14 No.5 (1977)
- (3) 田村幸夫, 化学工学会 (1993-8)