オリゴマーアシスト射出成形

片岡 紘*・廻立 政則*

Oligomer-assisted Injection Molding

KATAOKA, Hiroshi*/MAWATACHI, Masanori*

We investigated oligomer-assisted injection molding which is characterized by the injection of oligomer following the injection of synthetic resin into the same die cavity. It was made clear that, when using die cavities designed to give suitable thick-walled parts, oligomer-assisted injection molding can form an oligomer channel similar to the gas channel in the case of gas-assisted injection molding and thus show good transmittance of injection pressure to the resin flow ends.

Key words : Synthetic resin/Injection molding/Oligomer/Low pressure molding

1. 緒 言

金型キャビティに第1の合成樹脂を射出し、次いで第2の合成樹脂を射出するサンドイッチ射出成形（以後、SW成形と略称する）は、混色成形技術より派生したものと考えられ、例えば1947年の米国特許¹⁾記載の装置でなんら手を加えることなくSW成形が実施しうる。明確にSW成形が示されたのはDow Chemical社の米国特許²⁾(1961)であり、ICI社により1970年に実用化された^{3),4)}。その後各種の改良がなされ、多くの報告がなされている^{5)~7)}。SW成形は最初に射出する材料1、次いで射出する材料2がいずれも合成樹脂の場合である。材料1と材料2で整理するとFig.1に示す各種成形法になる。すなわち、材料1が合成樹脂で、材料2がガス体の場合がガスアシスト射出成形^{8)~10)}であり、材料1が合成樹脂で材料2が液体の場合が液体アシスト射出成形¹¹⁾であり、材料1が合成樹脂で材料2がオリゴマーの場合が本報告に述べるオリゴマーアシスト射出成形^{12),13)}である。筆者らがかつて円盤状金型キャビティを用いてこれらの射出成形を行った場合の、材料2の入り方を検討した結果をFig.2に示す¹²⁾。一般の円盤状金型キャビティでは材料2の

粘度が小さくなると材料2は均一なコア層を形成しない。

筆者らはかつてガスアシスト射出成形でコア層（中空部）の形状について検討を行い、適度な成形品形状にすれば均一中空層にすることができた。Fig.3に均一中空層を形成する成形品形状の例を示した。Fig.3(a)に示す均一厚みの円盤状金型キャビティでは中空層は不均一になるが、Fig.3(b)に示すようなゲート部（中心部）が厚肉で樹脂流動端部（周辺部）が薄肉の円盤状金型キャビティ、あるいはFig.3(c)に示す円柱状金型キャビティでは均一中空層が形成される。筆者らはFig.3(b)と(c)に示す形状を有する円形容

1st material ⇒ 2nd material

- (A) Resin ⇒ Resin : Sandwich inj. molding
- (B) Resin ⇒ Oligomer : Oligomer assisted inj. molding
- (C) Resin ⇒ Liquid : Liquid assisted inj. molding
- (D) Resin ⇒ Gas : Gas assisted inj. molding

Fig. 1 Various types of injection molding derived from sandwich injection molding

* 旭化成工業(株) 樹脂開発・技術センター
川崎市川崎区夜光 1-3-1 (〒210-0863)
Asahi Chemical Industry Co. Ltd.
1-3-1, Yako, Kawasaki-ku, Kawasaki 210-0863 Japan
1997.9.25 受理

Fig.2 Shape of the 2nd material in a disc of uniform thickness

Fig.4 Cross section of gas assisted injection molded circular vessel

Fig.3 Shape of the 2nd material (Gas) in a disc and column

器の均一中空層をもつ Fig.4 の成形品を成形し、1980 年に報告した¹⁴⁾。

一般の成形品の成形では、ガス体は厚肉部分を選択的に流動して中空層は極めて不均一になる。筆者らも成形品の厚肉部分にガス体を優先的に流すことは 1978 年に行っていた¹⁵⁾。1988 年の NPE '88 において、成形品の厚肉部に入る不均一なガス体の入り方を逆を利用して成形品にガスチャンネルを形成し、このガスチャンネルにひけ防止、流動支援の働きをさせた大型のガーデンテーブルが DPM 社によって展示された¹⁶⁾。この後、ガスチャンネルの効果、すなわち成形品の偏肉設計、部品の一体化効果等を最大限に発揮した TVハウジングへの応用例が旭化成によって発表さ

Fig.5 Gas channel of gas assisted injection molded article

れ^{17),18)}、ガスチャンネル (Fig.5) は経済的に極めて有効な働きをすることが確認され、ガスアシスト射出成形が世の中に定着した。

本報告では、材料 2 として使用するオリゴマーがガス体と同様に成形品の厚肉部を選択的に流動してオリゴマーチャンネルを形成し、それがガスチャンネルと同様に射出圧力伝達効果を発現するかを検討した結果である。

2. 実験方法

次の各物体、装置を用いて実験を行った。

合成樹脂とオリゴマーの粘度測定：キャピログラフ (東洋精機製作所) を用い、せん断速度 1/1000 (1/秒) で測定。

射出成形機：小型サンドイッチ射出成形機/日精樹

脂工業，FS 80 S 12 ASED.
 金型：Fig.6 に示す薄肉リブ付き平板と，厚肉リブ
 付き平板の 2 種のリブ付き平板の型キャビティを
 有する金型を使用。
 合成樹脂：ゴム強化ポリスチレン，スタイロン 492

(旭化成工業製)，ポリプロピレン，M 1500 (旭化
 成工業製)
 オリゴマー：[低分子量ポリスチレン] ハイマー ST
 120 (三洋化成製) に化学発泡剤 (アゾジカルボン
 酸アミド) を 0.5 重量%，タルクを 2.5 重量%配

Fig. 6 Dimensions of a thick rib and thin rib plate

Table 1 Polymers in viscosity vs temperature curve

Symbols	Polymers in detail
HIPS #492	Rubber-reinforced Polystyrene : Asahi Chemical Polystyrene HIPS492 (manufactured by Asahi Chemical Industry, Co., Ltd.)
PP M1500	Polypropyrene : Asahi Chemical Polypro M1500 (manufactured by Asahi Chemical Industry, Co., Ltd.)
PE J300	High Density Polyethylene : Suntec-HD J300 (manufactured by Asahi Chemical Industry, Co., Ltd.)
PS SB150	Low Molecular Weight Polystyrene : Himer SB-150 (weight average molecular weight of 60,000) (manufactured by Sanyo Chemical Industries, Ltd.)
PS ST120	Low Molecular Weight Polystyrene : Himer ST-120 (weight average molecular weight of 10,000) (manufactured by Sanyo Chemical Industries, Ltd.)
HD-PE800P	Low Molecular Weight and High Density Polyethyrene : Mitsui Hi-Wax 800P (viscosity method : average molecular weight of 8,000) (manufactured by Mitsui Petrochemical Industries, Ltd.)
LD-PE720P	Low Molecular Weight and High Density Polyethyrene : Mitsui Hi-Wax 720P (viscosity method : average molecular weight of 7,200) (manufactured by Mitsui Petrochemical Industries, Ltd.)
LD-PENL800	Low Molecular Weight and High Density Polyethyrene : Mitsui Hi-Wax NL800 (viscosity method : average molecular weight of 6,400) (manufactured by Mitsui Petrochemical Industries, Ltd.)
PP-550P	Low Molecular Weight Polypropylene : Viscol 550-P (vapor pressure osmotic pressure method : average molecular weight of 4,000) (manufactured by Sanyo Chemical Industries, Ltd.)
PEG 6000	Polyethylene Glycol : Polyethylene glycol 6000 (weight average molecular weight of 7,500) (manufactured by Wako Pure Chemical Industries, Ltd.)

合して使用。
 [低分子量ポリプロピレン] ビスコール 550 P (三洋化成製)

射出成形条件：合成樹脂の射出シリンダー温度／230℃，オリゴマーの射出シリンダー温度／190℃，金型温度／30℃

CAE 計算：流動解析ソフト C-Mold/Co-Injection (A.C. Technology) を用いて計算 (計算は長瀬産業㈱，ソフトウェア事業課に依頼した)

3. 実験結果および考察

Table 1 に示す各合成樹脂とオリゴマーの粘度を Fig.7 に示した。水とガス体の粘度も比較のため示した。

Fig.7 Viscosity vs temperature curve

Fig.8 Results of oligomer assisted injection and sandwich injection molding

厚肉リブ平板と薄肉リブ平板の金型を用いて，オリゴマーアシスト射出成形を行い，オリゴマーの充填状態を Fig.8 に示した。比較として SW 成形の結果も示した。

オリゴマーアシスト射出成形では，材料2のオリゴマーがガス体のように流動し，厚肉リブ金型ではリブの付け根の厚肉部にオリゴマーチャンネルを形成し，射出圧力を樹脂流動端部まで伝達した。しかし，薄肉リブ金型ではリブ根本部にはチャンネルは形成されず，成形品の中央部を走ったオリゴマーチャンネルが形成された。SW 成形では材料2の樹脂はゲート付近に充填されてチャンネル状にはならなかった。

SW 成形に必要な型締力は 72 トンであったが，オリゴマーアシスト射出成形では型締力 45 トンで成形でき，オリゴマーチャンネルによる射出圧力伝達効果が確認できた。

同様に合成樹脂にポリプロピレン，オリゴマーに低分子量ポリプロピレンを用い，厚肉リブ金型でオリゴマーアシスト射出成形を行った結果を Fig.9 に示した。ポリプロピレンの場合もリブの付け根の厚肉部にオリゴマーチャンネルを形成した。

金型キャビティを流動する物体の圧力損失 ΔP は一般に次式で示される。

$$\Delta P = \beta \cdot L \cdot \eta \cdot Q / H^2$$

ΔP ：圧力損失 β ：定数 L ：流動距離
 η ：粘度 Q ：流量 H ：厚み

圧力損失 ΔP は粘度 η に比例する。オリゴマーの粘度は合成樹脂の粘度の約 1/500 であり，圧力損失が小さくなり，射出圧力が樹脂流動端部まで伝達されたものと考察した。

厚肉リブ金型でオリゴマーアシスト射出成形した場合の CAE 流動解析を，SW 成形用ソフトを用いて行った。材料2と材料1の粘度比 $\eta(\text{Core})/\eta(\text{Skin})$ 比を

Fig.9 Results of oligomer assisted injection molding

Fig.10 CAE analysis of oligomer assisted injection molding

1/10 と 1/1000 で行い, Fig.10 に示した. 粘度比が 1/1000 の場合, Fig.8 に示したオリゴマーアシスト射出成形とほぼ同様の流動パターンを示した.

オリゴマーアシスト射出成形は一般の SW 射出成形機で実施できるが, Fig.11 に示すような一般の射出

成形機に極小容量のサブ射出シリンダーを付加することにより実施できる. オリゴマーアシスト射出成形とガスアシスト射出成形は, Table 2 に示す各長所を有するものと考えられ, それぞれの長所を生かして使用できると考えられる.

Table 2 Comparison of oligomer assisted injection molding & gas assisted injection molding

	Medium for forming channel	Features		Additional equipment
Oligomer assisted injection molding	Oligomer	<ul style="list-style-type: none"> • Accurate design • Low-pressure molding • Transferability of mold surface at the flow end 	<ul style="list-style-type: none"> • High pressure reguration low-free • Solid article • Cost of equipment 	<ul style="list-style-type: none"> • Nozzle • Sub-injection cylinder
Gas assisted injection molding	Gas	<ul style="list-style-type: none"> • Accurate design • Low-pressure molding • Transferability of mold surface at the flow end 	<ul style="list-style-type: none"> • Lightening • Molding cycle time • Recycling 	<ul style="list-style-type: none"> • Nozzle • Gas unit

Fig. 11 Injection equipment for oligomer assisted injection molding

4. 結 論

オリゴマーアシスト射出成形では、金型に適度な厚肉部を設ければガスチャンネル類似のオリゴマーチャンネルを形成し、樹脂流動端部まで射出圧力を伝達でき、射出圧力伝達効果が得られることを確認した。

参 考 文 献

1) The French Oil Mill Machinery Co.: USP

2418856

2) Dow Chemical : USP 2996764

3) *Chemical Week*, (Sept.), 23 (1970)

4) *Europlastics*, (Nov.), 81 (1973)

5) 安池秋男：プラスチックスエージ, **23**(5), 61 (1977)

6) *Europlastics News*, (May), 29 (1977)

7) プラスチック成形技術大事典, 36-39 (1994), 日刊工業新聞社

8) 和田明紘：プラスチックスエージ, **43**(3), 106 (1997)

9) 旭化成工業：特公昭 48-41264

10) 旭化成工業：特公昭 57-14968

11) 旭化成工業：特公昭 59-19017

12) 旭化成工業：特公昭 59-383, USP 4,140,672

13) 旭化成工業：特公平 7-96243, USP 5,424,112

14) 旭ダウ： *Modern Plastics*, **57**(3), 22 (1980)

15) 旭化成工業：特公昭 61-53208

16) 舊橋 章：プラスチック, **43**(5), 73 (1992)

17) 服部健一： *Petrotec*, **14**(11), 55 (1991)

18) 洲崎 均：SPE 日本支部講演会, Mar., 24 (1992)