PC/ABS サンドイッチ成形品の内部構造観察

濱田 泰以*・仙波 健*

Internal Structure of Sandwich Injection Moldings

HAMADA, Hiroyuki*/SEMBA, Takeshi*

Sandwich injection moldings having different structures in the skin and core layers are produced by injecting different resins from two injection cylinders sequentially.

In this study, the internal structure of the sandwich injection moldings was quantitatively investigated. The materials used were polycarbonate (PC), acrylonitrile-butadiene-styrene terpolymer (ABS) and PC/ABS blend. The sandwich injection moldings were subjected to chemical treatment in a chromic acid mixture, which etched the ABS component. In this way, the internal structure of sandwich injection moldings could be observed. From these observations, the degree of deformation in ABS parts was quantitatively evaluated. Ordinary injection moldings with a single injection unit and compressive moldings were also investigated to compare with sandwich injection moldings. These evaluation showed that the internal structure of moldings depend on processing methods. The most interesting observation is that the melt flow of the core layer in sandwich injection moldings is "the plug flow".

Key words : Sandwich injection molding/Polycarbonate/ABS/Internal structure

1. 緒 言

射出成形品に新たな機能を付与し、より低コストに高品質な製品を製造するために、様々な技術が開発されている。その代表的なものに、異なるシリンダーから2つの材料を交互に射出し、新しい意匠価値や性能をもつ製品が得られる2色成形法がある。2色成形は、1次成形品を2次成形金型に移動して行うことが一般的である。その金型の移動にはコア回転方式、コアバック方式、ストリッパー回転方式などがある^{1)~3)}。コア回転方式とは、キートップの成形に用いられている成形法であり、1次射出成形品をコア金型につけ、この金型を回転させ2次金型により2色成形を行うものである。コアバック方式とは、油圧などで作動する可動コア金型を用いて2色成形する方法である。1次樹脂を

成形するときにコアを前進させ、1次樹脂を充填後コアを後退させ、できた空間に2次樹脂を充填する。窓部のみ透明なカセットテープの成形はこの方法がほとんどである。ストリッパー回転方式とは、1次成形品をストリッパープレート（中間プレート）に残し、このプレートを回転させ、2次成形を行うものである。この方式は2次樹脂の成形時にキャビ、コア型ともに入れ換えるため意匠の自由度は高い。ストリッパー回転方式が使用できるかどうかは、1次樹脂の成形品をストリッパー板に残して、型の回転時に1次成形品が落下しないかどうかによる。

二色成形法はこのように意匠価値の高い成形品を製造できる成形法であるが、3つの大きな問題点をもっている。1つ目は、金型内に樹脂が2段階にわかれて射出されることにより、成形サイクルが長期化すること、2つ目は、1次射出後、2次射出までに1次射出樹脂が固化し、2材料の接着強度が十分に得られないこと、3つ目は、金型構造の複雑化に伴うコストの増大である。これら問題点を解決すべく、同時複合射出成形法⁴⁾が開発されてきた。同時複合射出成形法では、2つのシリ

* 京都工芸繊維大学 繊維学部 高分子学科
京都市左京区松ヶ崎御所海道町 (〒606-8585)
Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology
Goshokaido-cho, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585 Japan
1998.2.24 受理

ンダーより同時に異種樹脂を金型内に射出するため、成形サイクルの短縮、2材料の十分な接着強度の確保、金型のコストダウンが図れることになる^{5),6)}。

同時複合射出成形において、1次射出と2次射出の開始時間をわずかにずらし、共通ゲートを用いることで、1次射出樹脂に2次射出樹脂が落ち込んだサンドイッチ構造を有する成形品を得ることが可能である。サンドイッチ成形法⁷⁾は、表面層を構成するスキン材および内部層を構成するコア材の組み合わせによって、幅広い用途に応用できる^{8),9)}。応用例としては、コア層にガスバリアー性ポリマーを用いるペットボトルがある。OA 機器などのキャビネットは、高級感、実量感のために4~6 mmの肉厚と機器取付用の複雑なボス、リブ形状を有する。したがって外観上のひけ、使用材料のコストが問題となる。そこでサンドイッチ成形法により、スキン材にABSまたはPPO ナチュラル材を使用し、コア材にはそれぞれの発泡材を用いて、偏肉部のひけ防止、軽量化、成形サイクル短縮化を行っている。他には、コア材にウレタン発泡材を用いて軽量化を図ったサイドバンパー、スキン材にABS、コア材にステンレス繊維を含有したABS材を使用し、電磁波シールド性をもたせた部材などの成形にも用いられている。このようにサンドイッチ成形法により様々な高付加価値製品を得ることが可能である。しかしながら、サンドイッチ成形は熔融状態の1次射出樹脂内部に2次射出樹脂を射出するため、2次射出樹脂の射出開始時間、射出速度などが重要であり、その他多くの成形因子に注意を払う必要があるため、成形に高度な技術を要する。サンドイッチ成形が通常の射出成形法と全く異なる点は、通常の射出成形では樹脂が金型内を流動するのに対し、サンドイッチ成形法では2次射出樹脂は1次射出樹脂内部を流動することである。そのためサンドイッチ成形品の内部構造および樹脂流動状態は、通常の射出成形品とは異なると考えられ、これらを把握することは、射出成形によるサンドイッチ成形品の設計において重要となる。

本研究では、ポリカーボネート(以下PC)、ABSおよびPC/ABSブレンドを用い、サンドイッチ射出成形品の内部構造および樹脂流動状態について検討を行い、通常の射出成形品および圧縮成形品との比較を行った。これらの材料を選択したのは、PC/ABSブレンドが化学エッチング処理により内部構造の観察が容易であり、さらに広く用いられているポリマーブレンドであるためである。

2. 実験方法

2.1 材 料

サンドイッチ成形品の作製には、PC(ユーピロン S 3000:三菱エンジニアリングプラスチックス(株))およびABS(タフレックス 710:三菱化学(株))を用いた。これらの材料を二軸押出機を用いて混練し、PC/ABSブレンドを作製した。混練条件は、シリンダー温度を240℃、スクリュ回転数を200 rpmとした。混練組成比はPC/ABS=6/4とした。

2.2 サンドイッチ成形品の作製

PC、ABSおよびPC/ABSブレンドを用い、サンドイッチ射出成形品の作製を行った。成形には、TP-80 G_{2H1}(東洋機械金属(株))を用いた。この射出成形機は2基の射出ユニットを備えている。これらの射出ユニットはそれぞれ専用の油圧回路と制御機によって独立して作動する。ノズルは、その間隔を小さくするために25°の挟み角度で並列設置されている。成形で用いた金型形状をFig.1に示す。この2つのユニットから、1つの金型キャビティ内に2つの材料を時間をずらして射出することにより、サンドイッチ構造を有する射出成形品を得ることができる。成形したサンドイッチ成形品の種類は、Table 1に示す3種類である。スキン樹脂およびコア樹脂とも、成形温度は280℃、射出速度は16.4 cm³/sとし、金型温度は70℃と設定した。さらに、樹脂流動を検討するために、各試料とも3段階の

Fig.1 Cavity shape for sandwich injection moldings (unit : mm)

Table 1 Combination of skin and core material

Sample name	Skin material	Core material
Sample A	PC	PC/ABS blend
Sample B	PC/ABS blend	PC
Sample C	PC/ABS blend	PC/ABS blend

Fig. 2 Schematic diagram of each injection step of sandwich injection molding

Fig. 3 Scanning electron micrograph of ordinary injection moldings and short shot sample

ショートショット試料を作製した。2次樹脂の射出は、1次樹脂射出開始後0.5秒から開始した。Fig. 2にショートショット試料充填段階の模式図を示す。

2.3 通常の射出成形品および圧縮成形品の作製

通常の射出成形品（以下、単独射出成形品）の作製は、前述のサンドイッチ成形に用いた成形機の2射出ユニットのうちの1ユニットのみを用いて行った。成形条件は、成形温度を280°C、射出速度を16.4 cm³/s、金型温度を70°Cと設定した。

圧縮成形品は、試験用卓上ホットプレス（東洋精機製作所^株）を用いて作製した。成形は、成形温度を280°Cとして成形圧力1.8 MPaで1分間加圧後、70°Cで1分間冷却する条件で行った。試験片の形状は200×200×2 mmである。

2.4 内部構造の観察

作製したサンドイッチ成形品の試験片中央部を、樹脂流動方向に切り出して（Fig. 1中の一点鎖線）断面観察試料とした。ショートショット試料についても、フローフロント部分を樹脂流動方向に切り出して断面観察試料とした。切り出した観察試料は、観察面をポリッシャー（リファインテック^株）を用いて研磨して整えた。研磨は、サンドペーパー #240 で2分、#400 で2分、#800 で4分、#1200 で5分研磨後、アルミナ懸濁液5 μm で5分、0.3 μm で5分、0.05 μm で5分行っ

Fig. 4 Schematic diagrams of ordinary injection moldings and short shot sample

た。研磨した試料を超音波洗浄機で洗浄後、ニクロム酸混液によるエッチング処理¹⁰⁾を行った。ニクロム酸混液は、純水 30 ml、濃硫酸 120 ml、ニクロム酸カリウム 5.0 g を混合することにより作成した。なお混合は発熱が大きいため、氷水中で沸騰しないように行った。処理条件は溶液温度を80°C、処理時間を5分とし、その後80°Cの純水で10分間洗浄した。エッチング処理試料の走査型電子顕微鏡（JSM 5200：日本電子^株）による断面観察を行った。その際ABSはエッチング処理により溶出し、空孔として観察できる。さらにPC/ABSブレンドを単独で金型内に射出した成形品と、そのショートショット試料および圧縮成形品についても同様の観察試料を作製した。成形品の観察位置をFig. 1に示す。ショートショット試料については、Fig. 2に示したSecond stepのフローフロント先端を樹脂流動方向に切断して観察した。

3. 内部構造観察の結果

3.1 単独射出成形品および圧縮成形品

Fig. 3にPC/ABSブレンド単独射出成形品のショートショット試料およびフルショット試料の断面観察写真を、Fig. 4にその両者の模式図を示す。Fig. 3において、黒くなっている部分がエッチングされたABSの空孔である。ショートショット試料においては、金型壁面付近およびフローフロント先端に、ABS溶出後の空孔が目立たない層が形成されていた。内部では、

溶融樹脂が噴水状に吹き出すファウンテンフローが確認できた。

フルショット試料においては成形品厚み方向に、4つの層に大別することができた。1つ目は金型壁面付近に形成されているABS溶出後の空孔が目立たない層、2つ目はABS溶出後の空孔が目立たない層のすぐ内側に形成されている空孔の大きな層 (Fig.4-⑤)、3つ目は Fig.4-⑤層の内側の空孔が細かな層 (Fig.4-⑥)、4つ目は成形品コア部の空孔の大きな層 (Fig.4-⑦) である。

内部構造定量化のために、ABS溶出後の空孔サイズを計測し、扁平率を算出した。扁平率 a は、Fig.5に示すようにして算出した。 a は樹脂に加えられたせん断および伸張によるひずみの和を表していると考えられる。

Fig.6に単独射出成形品ショートショット試料の観察位置と扁平率の関係を示す。樹脂が噴水状に分かれる前の試料中央部の空孔サイズおよび扁平率は、 $L=58.8\mu\text{m}$ 、 $T=6.4\mu\text{m}$ 、 $a=9.2$ であり (Fig.4-①)、噴水状に分かれた後の試料中央部では、 $L=12.9\mu\text{m}$ 、 $T=11.2\mu\text{m}$ 、 $a=1.2$ であった (Fig.4-②)。ABS溶出後の空孔が目立たない層のすぐ内側の空孔は、 $L=$

Fig.5 Calculating method of deformation ratio

Fig.6 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in short shot specimen (ordinary injection moldings)

$39.8\mu\text{m}$ 、 $T=2.7\mu\text{m}$ 、 $a=14.7$ であり (Fig.4-③)、両測定点の中間部分では、 $L=19.6\mu\text{m}$ 、 $T=2.0\mu\text{m}$ 、 $a=9.8$ であった (Fig.4-④)。ABS溶出後の空孔が目立たない層では、ABSがきわめて細く引き延ばされていることがTEM観察により確認できた。よって扁平率は、 $L=\infty$ であるとし、 $a=\infty$ と考えた。

Fig.7に単独射出成形品の観察位置と扁平率の関係を示す。ABS溶出後の空孔が目立たない層のすぐ内側の空孔サイズおよび扁平率は、 $L=77.8\mu\text{m}$ 、 $T=4.3\mu\text{m}$ 、 $a=18.3$ であり (Fig.4-⑤)、その内側の層では $L=59.1\mu\text{m}$ 、 $T=0.96\mu\text{m}$ 、 $a=61.6$ (Fig.4-⑥)、成形品中央部では $L=82.9\mu\text{m}$ 、 $T=4.1\mu\text{m}$ 、 $a=20.2$ であった (Fig.4-⑦)。

Fig.8にPC/ABSブレンド圧縮成形品の内部構造模式図を、Fig.9に位置と扁平率の関係を示す。金型壁面付近に単独射出成形品で観察されたABS溶出後の

Fig.7 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in ordinary injection moldings

Fig.8 Schematic diagram of compressive moldings

空孔が目立たない層が形成されておらず、ABS 溶出後の空孔は、全領域にわたってほぼ粒状に分布していた。空孔は金型壁面付近では、 $L=25.6\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=16.4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=1.6$ であり、成形品中央部では、 $L=32.5\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=8.5\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=3.8$ であり、 a の値は射出成形品よりかなり小さい。

3.2 サンドイッチ成形品

Fig.10 にサンドイッチ成形品試料 A、すなわちスキン材に PC、コア材に PC/ABS ブレンド材を用いた成形品の模式図を示す。この場合、単独射出成形品で観察された ABS 溶出後の空孔が目立たない層が形成されておらず、コア材表面近く（コア材とスキン材の界面）では、ABS 溶出後の微細な空孔が樹脂流動方向に扁平していた。その空孔の分布は、内部に向かうに従い大きな空孔へと変化していた。さらにコア材の流動状態を検討するため、試料 A のショートショット試料において、コア材のフローフロントの観察を行った。Fig.11 にショートショット試料の模式図を示す。単独

Fig.9 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in compressive moldings

Fig.10 Schematic diagram of sample A

射出成形品との大きな違いは、ファウンテンフローが観察されないことである。

Fig.12 に試料 A およびそのショートショット試料の観察位置と扁平率の関係を示す。フルショット試料では ABS 溶出後の空孔サイズおよび扁平率は、コア材表面近くでは、 $L=19.3\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=38.6$ であり、コア材中央部では、 $L=27.4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=1.4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=19.6$ であった。一方ショートショット試料では、ABS 溶出後の空孔サイズおよび扁平率は充填段階 1, 2 段階のコア材表面近くでは、 $L=27.0\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=3.2\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=8.4$ であり、コア材中央部では $a=1.0$ の粒状であった。充填段階 3 段階目では、コア材表面近くでは、 $L=26.4\text{ }\mu\text{m}$ 、 $T=3.3\text{ }\mu\text{m}$ 、 $a=8.0$ であり、コア材中央部では $a=1.0$ の粒状であり、充填段階 1, 2 とほぼ同値であった。

Fig.13 にサンドイッチ成形品試料 B、すなわちスキ

Fig.11 Schematic diagram of short shot specimen (sample A)

Fig.12 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in sample A and short shot specimen

ン材に PC/ABS ブレンド、コア材に PC を用いた成形品の模式図を、Fig.14 にショートショットの模式図を示す。この場合金型壁面付近には、ABS 溶出後の空孔が目立たない層が形成されていた。コア材との界面付近を観察すると、ショートショットでは空孔が粒状に分布していた。フルショットでは、全体にショートショットよりも流動方向に扁平しており、コア材近くの空孔も流動方向に扁平していた。Fig.15 に試料 B の観察位置と扁平率の関係を示す。空孔は金型壁面付近では、 $L=\infty$ であるため $a=\infty$ であった。そしてその内部では、 $L=8.5\mu\text{m}$ 、 $T=0.5\mu\text{m}$ 、 $a=17.0$ となり、スキン材/コア材界面付近では $L=6.7\mu\text{m}$ 、 $T=0.3\mu\text{m}$ 、 $a=22.3$ となった。このように扁平率は、金型壁面付近から内部に向かうに従い低下した。Fig.16 に試料 B のショートショット試料の観察位置と扁平率の関係を示す。空孔は金型壁面付近では $a=\infty$ であり、内部に向かうに従い $L=13.0\mu\text{m}$ 、 $T=1.0\mu\text{m}$ 、 $a=13.0$ 、から $L=6.9\mu\text{m}$ 、 $T=0.9\mu\text{m}$ 、 $a=7.7$ へと変化し、スキン材/コア材界面付近では $a=1$ となった。扁平率は、金型壁面から内部に向かうに従い低下し、コ

ア材近くではほぼ 1 となった。
最後にスキン材コア材ともブレンド材を用いた試料 C の観察を行った。Fig.17 に試料 C フルショット時の模式図を、Fig.18 に試料 C ショートショット時の模式図を示す。ショートショットでは内部に向かうに従い扁平していた空孔が粒状に変化し、その粒状の分布部分を超えると流動方向にわずかに扁平し、さらに内部に向かうと粒状の分布となっている。この空孔の分布が変化する部分が、スキン材とコア材の界面であると考えられる。フルショットの試料については、このような界面は観察できず、界面が存在すると考えられる領域は流動方向に扁平していた。Fig.19 に試料 C の観察位置と扁平率の関係を示す。空孔は金型壁面では

Fig.13 Schematic diagram of sample B

Fig.14 Schematic diagram of short shot specimen (sample B)

Fig.15 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in sample B

Fig.16 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in short shot specimen (sample B)

Fig.17 Schematic diagram of sample C

Fig.18 Schematic diagram of short shot specimen (sample C)

$a=\infty$ であり、その内部では $L=12.1\mu\text{m}$, $T=0.3\mu\text{m}$, $a=40.3$ であった。スキン材/コア材の界面付近では $L=14.6\mu\text{m}$, $T=0.7\mu\text{m}$, $a=20.9$, そしてコア材内部では $L=25.1\mu\text{m}$, $T=1.4\mu\text{m}$, $a=17.9$ であった。扁平率は、金型壁面付近から内部に向かうに従い低下していき、界面付近で扁平率が一定となり、界面層を越えると低下していく。Fig.20 に試料Cのショートショットの観察位置と扁平率の関係を示す。空孔は、金型壁面では $a=\infty$ であり、そしてその内側の層では $L=11.0\mu\text{m}$, $T=0.7\mu\text{m}$, $a=15.7$ であり、スキン材/コア材の界面付近で $a=1$ の粒状から $L=8.3\mu\text{m}$, $T=1.6\mu\text{m}$, $a=5.2$ へと変化し、コア材中央では再び $a=1$ となった。ショートショットでは、扁平率が金型壁面付近から内部に向かうに従い低下し、コア材との界面付近を境に上昇し、そして低下していく。

Fig.19 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in sample C

Fig.20 Relation between location of thickness direction and deformation ratio a in short shot specimen (sample C)

4. 考 察

4.1 単独射出成形品および圧縮成形品

最初に圧縮成形品について述べる。圧縮成形過程における樹脂流動は緩やかであるため、樹脂のせん断ひずみ速度は射出成形品よりも小さい。そのため扁平率は、成形品のすべての場所で $a=1$ に近くなる。成形品の表層部と内部の扁平率を比較すると、内部のほうが大きくなっている。これは内部の樹脂は、冷却され難いため、成形完了直前まで樹脂が緩やかに流動しているためだと考えられる。

PC/ABS 単独射出成形品においては、フローフロン

トでのファウンテンフローによる伸長変形および金型壁面からのせん断変形により、PC マトリックス中に ABS が細かく分散する。その状態で金型壁面により急冷されることで、金型壁面付近およびフローフロント先端に、ABS 溶出後の空孔が目立たない層が形成されると考えられる。ショートショット試料内部は、ファウンテンフローの噴水状の流動により、流動がフローフロントに停滞しないために噴水状に細長く扁平する。扁平率は、金型壁面からのせん断変形の影響により、ABS 溶出後の空孔が目立たない層で最も大きくなり、内部に向かうに従い小さくなっている。ファウンテンフローの噴水の分かれ目では、一方向だった流れが多方向に分岐されることで樹脂の流れが緩やかになるため、他の部分に比べ小さくなっている。

一方単独射出成形品フルショット試料でも、金型壁面からのせん断により、ABS 溶出後の空孔が目立たない層で扁平率が最も高くなっている。Fig.4-⑤層および Fig.4-⑦層では扁平率が小さな値となった。Fig.4-⑦層は、金型壁面から最も速く離れているため、金型壁面からのせん断をほとんど受けないため扁平率が小さくなると考えられる。Fig.4-⑤層は、樹脂充填過程から、急冷固化した ABS 溶出後の空孔が目立たない層により冷却され固化が進行するが、その内側には充填完了まで流動し続ける Fig.4-⑥層および⑦層が存在することで徐冷され、扁平率が小さくなったと考えられる。Fig.4-⑥層の扁平率が高いのは、固化が進行した Fig.4-⑤層からせん断変形を受けたためだと考えられる。

単独射出成形品ショートショットの観察位置と扁平率の関係を示した Fig.6 と、フルショット成形品のそれを示した Fig.7 を比較してみる。ショートショットの場合、成形品内部に向かうほど扁平率が小さくなっている。それに対しフルショット成形品は Fig.4-⑤層

で扁平率が低下し、Fig.4-⑥層で上昇後、また Fig.4-⑦層で小さくなっている。このようにショートショット試料のフローフロント部分の試料厚み方向への扁平率の変化傾向と、フルショット成形品の変化傾向が全く違うことがわかる。

4.2 サンドイッチ射出成形品

サンドイッチ成形においては、コア材の流動が通常の射出成形と異なることが、ファウンテンフローが観察できないことからわかった。Fig.21 に試料 A のサンドイッチ成形品コア材フローフロント表層部および内部の充填段階と扁平率の関係を示す。ここで充填段階 0 は、樹脂が金型に充填されたばかりの充填状態、充填段階 1, 2, 3 は Fig.2 に示した充填状態である。充填初期の充填段階 0 では、コア材にせん断ひずみが加わっていないため、表層部および内部とも扁平率はほぼ 1 となる。樹脂が金型内へ充填され流動すると、コア材表層部はスキン材よりせん断ひずみを受け扁平する。その後充填完了まで、扁平を一定に保ちながら流動する。それに対し、コア材内部はせん断ひずみをほとんど受けず、充填開始から完了まで扁平率 1 を保ち流動する。このことからサンドイッチ成形品コア材は、金型内に充填直後に、表層部がスキン材からせん断変形を受けた後は、スキン材内部を滑りながら流動していることが考えられる。この滑りにより、単独射出成形品とサンドイッチ成形品コア材の流動に大きな違いが発生する。スキン材/コア材の界面で滑りが生じると、スキン材からコア材がせん断ひずみを受けない。その結果、単独射出成形品で観察できたファウンテンフローおよび ABS 溶出後の空孔が目立たない層が形成されないと考えられる。

単独射出成形品ではフローフロントと成形品の、試料厚み方向への扁平率の変化傾向が全く異なった。それに対しサンドイッチ成形品コア材の、試料厚み方向への扁平率の変化 (Fig.12 Full shot) は、フローフロントの変化曲線 (Fig.12 Short shot) を高扁平率側へそのまま移動させただけであり、変化傾向が同じであることがわかる。これは先にも述べたように、スキン材/コア材界面に滑りが生じることで、コア材がスキン材からせん断変形を受けないためであり、高扁平率側へ曲線が移動するのは、流動により ABS が伸張変形したためであると考えられる。

サンドイッチ成形品のスキン材は、金型壁面付近はせん断変形を受けるために、ABS 溶出後の空孔が目立たない層が形成される。スキン材/コア材界面付近では、滑りのためコア材の流動によるせん断変形をわずかしか受けない。

以上のことからサンドイッチ成形品の樹脂流動は、

Fig.21 Relation between deformation ratio and filling step

Fig.22 Flow rate distribution of ordinary injection moldings

Fig.23 Flow rate distribution of core layer in sandwich injection moldings

単独射出成形品および圧縮成形品の流動と全く異なることが明らかとなった。そこでABS溶出後の空孔の扁平率から、それぞれの流速分布を模式的に示した。Fig.22に単独射出成形品、Fig.23にサンドイッチ成形品コア材の流速分布模式図を示す。単独射出成形品のフローフロントでは、金型壁面から流動と逆方向にせん断を受ける。そのため金型壁面付近においては樹脂流動と反対方向に、内部では噴水状に流速が分布する。圧縮成形では樹脂流動がほとんどないため、流速分布はほぼ0となる。サンドイッチ成形品コア材のフローフロントでは、スキン材とコア材の界面に滑りが生じる。そのためファウンテンフローが発生せず、樹脂流動方向に流速が分布する。コア材内部では、フローフロント先端に進むに従い流動が停滞するため、流速が小さくなっていく。

サンドイッチ成形品においては、スキン材内部をコア材が流動することにより、スキン材/コア材界面付近の樹脂流動方向への分子配向および繊維配向（繊維充填サンドイッチ成形品の場合）が期待される。しかしながら、本実験の結果得られたスキン材/コア材界面の滑りにより、コア材の流動による分子配向や繊維配向はそれほど期待できないのかもしれない。

5. 結 言

本研究では、サンドイッチ成形品の内部構造および樹脂流動について、通常の射出成形品および圧縮成形品と比較することにより検討を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 1) 通常の射出成形品では、金型壁面から溶融樹脂が強いせん断を受けることで、ファウンテンフローしながら流動する。圧縮成形品では、樹脂の流動がほとんど生じない。それらに対し、サンドイッチ成形品コア材では、スキン材とコア材の界面に滑りが生じることで、ファウンテンフローせず

に流動している。

- 2) 通常の射出成形品では、せん断変形を受けることにより、金型壁面付近およびフローフロント先端にABS溶出後の空孔が目立たない層が形成される。それに対しサンドイッチ成形品では、滑りによりコア材表面付近にこのような層は形成されないことが確認できた。

本研究により、これまで明らかにされていなかったサンドイッチ成形品の内部構造および樹脂流動状態が明らかとなった。本結果が、これからのサンドイッチ成形品の設計に貢献することができれば幸いである。

今後は、本実験で明らかとなったサンドイッチ成形品の内部構造と力学的特性の関係について詳細な検討を行っていきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 南村正昭：型技術，4(2)，56 (1989)
- 2) 桜田喜久夫：プラスチック成形技術，10(11)，9 (1993)
- 3) 大和精密工業(株)複合成形プロジェクト：型技術，4(2)，18 (1989)
- 4) 濱田泰以：プラスチック成形加工学会第27回講演会 (1996)
- 5) 濱田泰以，泊 清隆，山内 哲：成形加工，8(3)，145 (1996)
- 6) 泊 清隆，澤田 聡，中野 亮，濱田泰以，前川善一郎：成形加工，5(3)，197 (1993)
- 7) 泊 清隆，高島弘樹，濱田泰以，前川善一郎：1994，化学工学会秋季大会 (1994)
- 8) 山内 哲，濱田泰以：型技術，11(13)，102 (1996)
- 9) 泊 清隆，早崎 進，高島弘樹，夏 明，濱田泰以，前川善一郎：成形加工，5(11)，813 (1993)
- 10) Dong, L., Greco, R. and Orsello, G.: *Polymer*, 34(7)，1375 (1993)