

発泡 PP 樹脂によるドアトリムの軽量化技術の開発

Development of Weight Reduction Technology for Door Trim using Foamed PP

疋 田 賢 次*

Kenji HIKITA

要 旨

車体の軽量化を目的にドアトリムの射出成形用樹脂基材として発泡 PP 樹脂を開発した。この材料は基材を形成する PP 樹脂と発泡剤マスタッチを混練して成形する。基材を形成する PP 樹脂は樹脂投入量を削減するために流動性を高くし、比重を下げるために非強化とし、更に衝撃性を向上させるためにゴムを添加した。また、発泡剤は発泡セルの均一性、型の汚染性及び作業環境等を考慮して選定した。発泡剤の配合比は製品の剛性と低温衝撃性のバランスを考慮して決定した。その結果、従来のドアトリム基材に比べて約 25%の軽量化が達成できた。

ABSTRACT

To reduce vehicle weight, a foaming PP resin was developed as a resin substrate for the injection molding of doortrim. This material was formed by mixing a PP resin that acts as a base with a master batch of foaming agent. The PP resin used as the base is low viscosity to reduce the amount of the injected resin. Non-filler of PP resin is also used to lower the specific gravity. Crash-resistance is improved by adding rubber. The foaming agent used was selected in consideration of factors such as the uniformity of foam cells, effects on pollution, and the associated work environment. The ratio of foaming agent was selected for a balance between product hardness and low-temperature crash-resistance. The result is a weight reduction of approximately 25% compared to conventional door-trim base material.

1. まえがき

自動車の軽量化は車の燃費向上、環境問題の改善にとって重要なテーマである。ポリプロピレン(以下 PP という)を主体とした樹脂部品の軽量化も大きな役割を担っている。

自動車内装材の基材は、通常 PP を主体とし、基材の剛性、耐熱特性及び寸法安定性の向上を目的としてフィラが添加されるため比重が 1.0 を超えることが多い。このようなフィラ含有 PP も高結晶化による剛性向上によって、軽量化が検討されている。すなわち高剛性化することにより基材の厚みを薄くして軽量化を図ってきた。しかし、剛性は一般的に板厚の 3 乗に比例するため、板厚が薄くなるほど基材全体の剛性が低下するという問題点がある。それを補うために製品裏面にリブ構造を設けるなどの対応をすると軽量化のメリットが得られにくくなる。

今回の発泡技術の導入により、従来のドアトリム基材(フィラ含有PP)と比較して、剛性や低温衝撃性(面衝撃)は同等レベルを確保しながら、従来の技術より軽量化効果の得られた技術を開発したので報告する。

2. 開発のねらいと考え方

2.1. 開発のねらい

従来の高結晶化による軽量化ではフィラの量を増やし薄肉化していた。そのために比重が大きくなってしまい軽量化効果は 10 ~ 15%が限度であった。今回の発泡技術による軽量化は、従来の高結晶化による薄肉軽量化の 2 倍の 20 ~ 30%の軽量化を目標とした。

2.2. 軽量化の考え方

軽量化効果を出すためには投入樹脂量を削減しなければならない。そのために初期の板厚を従来の 2.5mm から 2.0mm に設定して、樹脂を流し込むことを考えた。薄肉化だけでは基材剛性が低下してしまうが、発泡させることにより板厚を厚くし、剛性を補う考えである。

発泡成形は樹脂を射出後に型を数 mm 開いて発泡させて、板厚を厚くする。Fig.1に成形プロセスを示す。一般板厚が 2.0mm の型に樹脂を射出した直後に型を 4.0mm まで開き、2倍に発泡させる。板厚が厚くなることにより剛性も

*栃木研究所

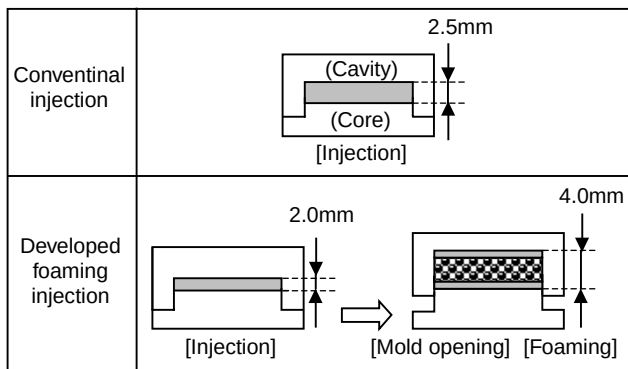


Fig.1 Molding process

高くなる。この初期板厚の薄肉化で樹脂の投入量を約20%削減することができる。

更なる軽量化を図るために、フィラを混入しない非強化のPP樹脂を選択した。フィラ含有PP樹脂の比重が0.99に対し非強化PP樹脂の比重は0.9なので低比重化により約10%の軽量化を目指した。以上の施策により理論上合計で約30%の軽量化が可能と考えた。

2.3. 剛性向上の考え方

Fig.2に非強化及びフィラ含有のPP樹脂の重量(1m²当たり)と最大曲げ荷重との関係を示す。製品の剛性を評価するとき、試験片50mmの三点曲げの最大曲げ荷重や曲げ弾性勾配で比較している。従来のドアトリム基材として使用している厚さ2.5mmのフィラ含有PP板の最大曲げ荷重110N/50mmを目標とした。

非強化PPのソリッド品で同等の剛性を出すためには、板

Thickness (mm)	2.0	2.5	3.0
Filler	△	▲	◆
Non-filler	○	●	

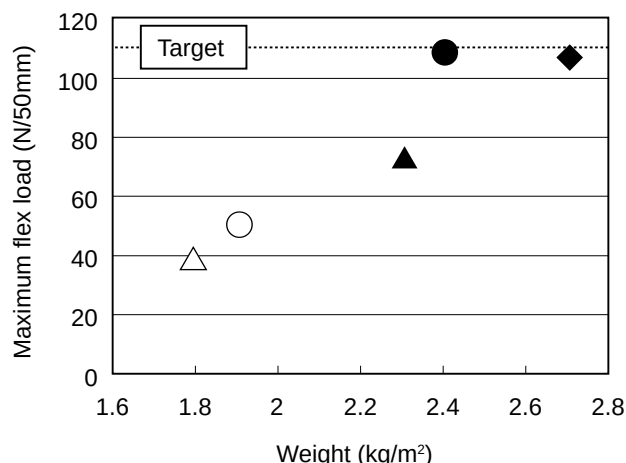


Fig.2 The relationship between weight and maximum flex load

厚を3mmにしなければならないので、重量は大きくなってしまふ。発泡PP樹脂を用いて板厚2.0mm相当の樹脂量で110N/50mmの最大曲げ荷重を得ることを目指した。

2.4. 衝撃性の考え方

ドアトリム基材として求められる衝撃性としては、低温衝撃性(面衝撃)がある。-30℃中で落球試験を行い基材の割れやクラックがなければ合格である。ただし、これは製品でのテストになるため、これをテストピースで置き換えるデュポン衝撃試験(面衝撃試験)で従来のドアトリム基材のテストを実施した。厚さ2.5mmのフィラ含有PPのデュポン衝撃試験結果は、常温で5J、-30℃中で1Jであった。よって、これを衝撃性の目標とした。

3. 材料仕様

3.1. 材料仕様の選定

3.1.1. 発泡剤

発泡剤は発泡倍率が高く、発泡セルが均一であり、有害なガスを発生しないタイプが理想である。既存の発泡剤は吸熱タイプと発熱タイプに大別される。前者は炭酸水素ナトリウムが代表的であり、吸熱反応により炭酸塩と炭酸ガスを発生する。反応式を下記に示す⁽¹⁾。



吸熱タイプの発泡倍率は2倍弱であり発泡力が若干不足するが、比較的発泡セルは均一である。

後者の発熱タイプはアゾジカルボンアミド(ADCA)が代表例であり、発熱反応によりアンモニアガスを発生するため、金型腐食や作業環境の悪化などの懸案がある。また、発泡倍率は2倍以上が可能だが、発泡セルの不均一な点が見られる。以上の2タイプを総合的に判断した結果、吸熱タイプを選択した。

基材を形成するPP樹脂と発泡剤はあらかじめ混練すると熱分解反応を起こし発泡してしまうので、成形工場で扱いやすいようにマスターバッチ化した。

吸熱タイプの発泡限界の2倍と軽量化効果が得られる初期板厚2mmの設定で得られた発泡成形品の板厚は約4mmで比重が約0.6であった。

3.1.2. 基材形成用PP樹脂の仕様

樹脂投入量を削減するために金型クリアランスを小さくしているので樹脂材料の流動性が低いと金型全体に行き渡る前に樹脂の固化が始まり、ショートショットが発生してしまう。そのためにも流動性を高くする必要があった。

実際にどのくらいの流動性が必要なのかドアの試作型を使用して流動性を見極めを行った。従来の射出成形に使われている樹脂の流動性はメルトフローレート約20g/10minであるが、この樹脂ではショートショットが発生してしま

い製品として満足できなかった。流動性を上げていき70g/10minの樹脂で満足した製品が得られたのでこれを基本仕様とした。

また、非強化の基材PP樹脂を使用しているための剛性不足の懸念と、発泡による衝撃性低下の懸念があったので、双方のバランスを図りながらPP樹脂の選定を行った。その結果をFig.3に示す。発泡剤の添加量を3%及び5%とし、0%, 10%, 20%の各ゴム添加量で剛性と衝撃性の関係を確認した。剛性の目標である最大曲げ荷重110N/50mmを満足させるには、発泡剤が3%以上必要であった。また、基材PP樹脂を流動性の高い樹脂にしているため衝撃性が低下していたので、ゴムを添加して改善を行った。ゴムを20%添加することにより目標であるデュポン衝撃値5Jを達成できた。以上の結果より基材形成用PP樹脂は発泡剤を3%以上ゴムを20%以上添加した仕様とした。

上記の材料仕様で得られた発泡品の断面写真をFig.4に示す。上下にスキン層が形成され、間に均一な発泡セルの発泡層が見られる。物性をTable 1に示す。

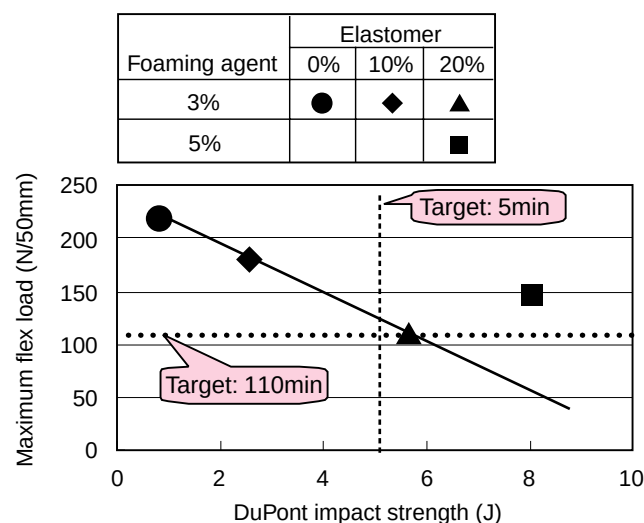


Fig.3 Stiffness and impact absorption of foamed product

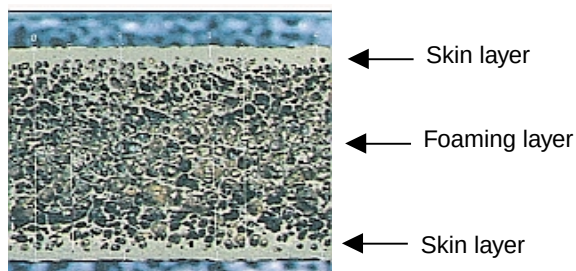


Fig.4 Cross section

Table 1 Typical properties

Properties		Typical value
Melt flow rate 230°C × 21.2N		73g/10min
Specific gravity		0.61
DuPont impact strength	23°C	9J
	-30°C	1.5J
Tensile yield strength		10.9MPa
Tensile elongation at break		16%
Maximum flex load		113N
Flex modulus incling		92N/cm
Flammability		19mm/min
Fogging value		2.30%

3.2. 生産技術

3.2.1. 成形条件

発泡成形は射出後に一度型を開いて発泡させる工程が入るのが特徴である。Fig.5の金型動作に沿って工程を説明する。まず、型締めめの工程までは通常の射出圧縮成形と同じであり、PP樹脂の射出完了後に可動側の型を数mm開く。これを一次型開きと言う。この工程で樹脂を発泡させ冷却工程に入る。最後に型を開いて製品を取り出す。

この一次型開きの条件が成形品に与える影響が大きいので成形条件の確認を行った。射出開始の型の位置、一次型開きの速度と型保持時間などで発泡倍率、板厚、スキン層の厚みなどが変動する。例えば、射出開始を型開き量20~30mmで開始し型保持時間を長く取ると、スキン層が厚くなり発泡層の樹脂温度が上がらず十分に発泡しなくなり製品板厚は薄くなる。また、射出後の型閉め時間を短くすると、スキン層が薄くなり発泡層が十分に発泡するので製品板厚が厚くなる。

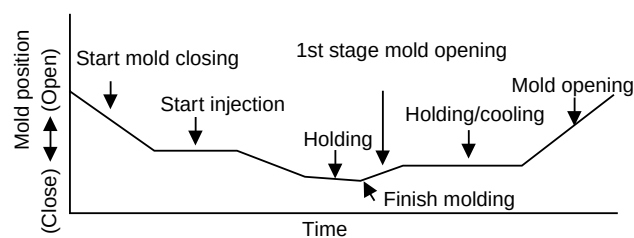


Fig.5 Molding cycle

3.2.2. 一次型開きの影響

一次型開きが発泡状態に与える影響を検証した結果を報告する。一次型開き速度によるスキン層厚みと発泡セル径への影響をFig.6及び7に示す。速度は0.5mm/sec以上で試験した。速度が高いほどスキン層は薄く、発泡セル径も大きくなるのがわかる。型開き速度が高くなると型の動きに樹脂の表層が追いつけず、型と樹脂表層との間に空間

ができ、圧力が低下し発泡しやすくなる。その結果、発泡セルが大きくなる。ただし、高すぎると発泡セルにセル破壊が発生しきれいな独立気泡とならない。また、速度が遅い場合は、型と樹脂表面が常に接しているため、スキン層の固化が進み厚くなる傾向が見られる。

次に型閉め保持時間の影響を Fig.8, 9 及び 10 に示す。保持時間がある一定時間を超えるとスキン層が厚くなって発泡倍率が低下し、その結果、発泡しにくくなり製品板厚が下がると推測される。スキン層が厚くなると、発泡層の樹脂温度が下がり発泡が充分に行われなくなるので、型閉め保持時間は1～2秒が良好であった。

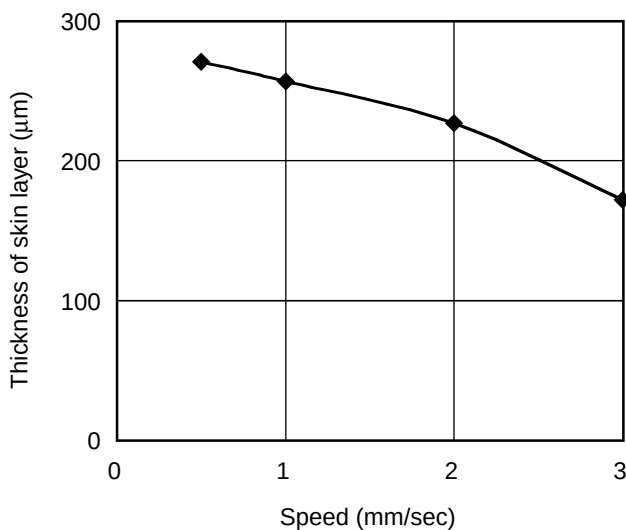


Fig.6 Primary mold opening speed and thickness of skin layer

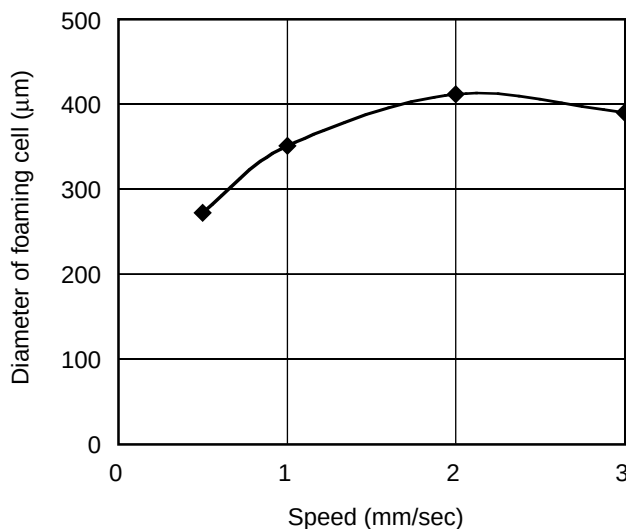


Fig.7 Primary mold opening speed and foaming cell size

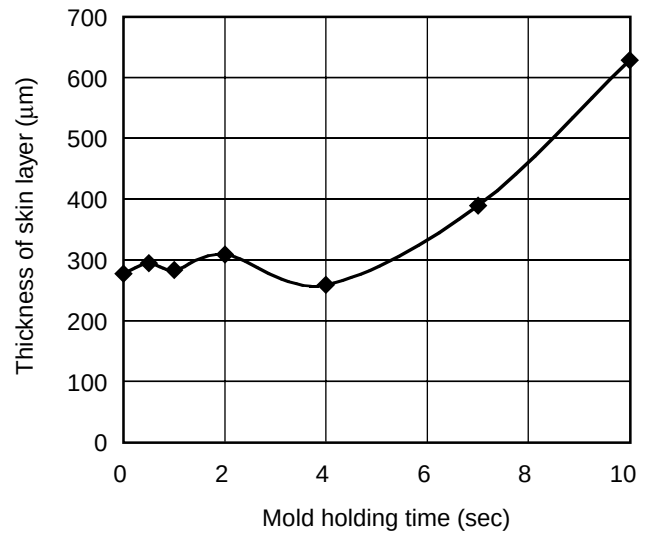


Fig.8 Mold holding time and thickness of skin layer

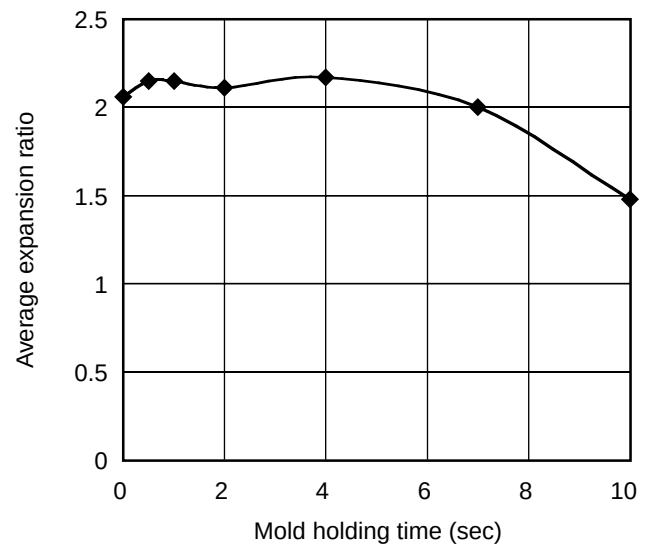


Fig.9 Mold holding time and foaming magnification

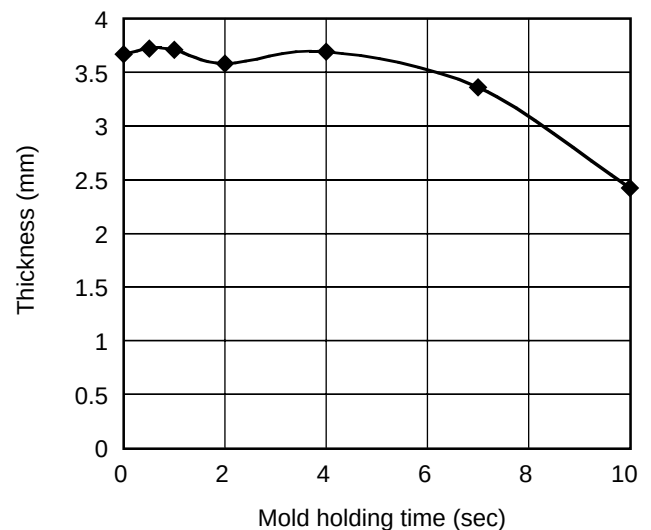


Fig.10 Mold holding time and product thickness

3.2.3. 布地はり込み条件

今回開発した発泡PP樹脂を採用したドアトリムは布地を同時にはり込む仕様なので、布地はり込みと発泡状態の検証も行った。通常の射出圧縮成形での布地はり込みでは、樹脂の熱と圧力により布地がダメージを受けると、立毛している繊維が倒れて白ぼけて見える。しかし、発泡成形の場合射出完了後すぐに一次型開きを行うため、布地へのダメージが低減されるので有利であることが分かった。

また、布地はり込みの場合、樹脂と金型の間に布地が入るので可動型側には明確なスキン層が形成されない。しかし、布地の中に染み込んだ樹脂がスキン層の代用をしているので剛性は確保されている。Fig.11 に布地はり込み品の断面写真を示す。布地に染み込んだソリッド層が確認できる。

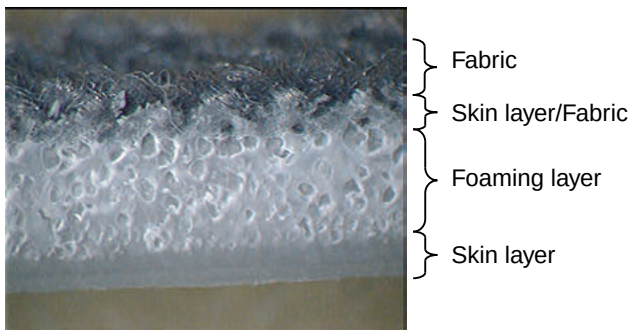


Fig.11 Cross section of product

4. 部品性能

4.1. 剛性

発泡PPで成形したドアトリムでの各種剛性テストを行ったが、特に問題なく部品性能を満足していた。

静的荷重テストにて各部位のたわみ量を測定した。直径30mmの押しジグで10kgの荷重を掛け測定した結果、いずれの場所においても規格を満足していた。アームレストの垂直方向に繰り返し荷重を掛けたり、破壊荷重を測定したがいずれも規格を満足していた。発泡成形の場合、垂直面は発泡しないのでソリッド品と同等の剛性になる。

4.2. 耐衝撃性能

自動車の使用領域として考えられる低温雰囲気中(−30℃)でドアパネルに取り付けたドアトリムに1kgの鋼球を30cmの高さから落とし割れやクラックの発生の有無で評価した。その結果、ドアトリムに割れやクラックの発生は見られず、従来品と同等の衝撃性能が確認された。

また、側突テストにおいても基材の割れなどの発生も無く、要件を満足していた。

4.3. 環境温度条件による変形挙動の確認

環境の温度変化に対する発泡基材の影響を確認した。サイクル条件は、熱間(80℃で4時間)、冷間(−30℃で4時間)、湿度(50℃/95%RHで4時間)、冷間(−30℃が4時間)を1サイクルとし5サイクル行う。5サイクル実施後の常温戻し時で最大約1mmの隙間が発生したが、外観商品性としては問題ないレベルであり変形等の不具合も見られなかった。また、成形後の二次発泡などの事象も見られなかったのでドアトリム基材としての性能は満足していると判断した。

5. まとめ

車体の軽量化技術として、ドアトリム用基材の発泡PP材を開発した。発泡剤の配合比や基材形成用PP樹脂の衝撃性向上などの材料開発と共に生産技術についても検討を行い発泡成形技術を確認した。本開発で得た成果を以下に示す。

- (1) マスタバッチ化された吸熱タイプの発泡剤は、2倍の発泡倍率で均一な発泡セルが得られることが分かった。
- (2) 基材形成用PP樹脂を高流動化し薄肉成形を可能にした。
- (3) 後添ゴムを10～20%添加すれば、高流動化により低下した衝撃性が向上することが確認された。
- (4) 約2倍に発泡した製品ではフィラ含有PPと同等の剛性が得られた。
- (5) 一次型開きの条件は発泡倍率、スキン層の厚み、板厚に影響を与える重要な因子であることが分かった。

今回の発泡PP樹脂を用いたドアトリム基材を採用した車両は1台当たり400gの軽量化効果が得られた。これはフィラ含有PPに比べ約25%の軽量化になる。

6. 謝辞

本開発を遂行するに当たり、樹脂材料の改良検討、部品の試作などに多大なる御協力を頂いた日本ポリケム(株)、日泉化学(株)の関係者の方々に深く感謝の意を表します。

7. 参考文献

- (1) 市川建次:発泡剤, プラスチックスエージ, 1991, 6月号, p.159 (1991)

■著 者■



正田 賢次