

論文・解説

37

バンパ用高剛性ポリプロピレン材料の開発

Development of High Stiffness PP for Bumper Fascias

朝野 千明^{*1}

Chiaki Asano

大西 正明^{*4}

Masaaki Onishi

藤 和久^{*2}

Kazuhisa To

原 正雄^{*3}

Masao Hara

要約

低比重という樹脂材料の特徴を活かした軽量化が期待される中、バンパ用材料の剛性を飛躍的に向上させることにより、薄肉化を実現する新規材料を開発した。材料の高剛性化による薄肉化において、材料として最大の課題は、材料の剛性と耐衝撃性など相反する特性の両立である。従来、基材であるポリプロピレン（以下 PP）と耐衝撃性を向上させるゴム、そして充填材であるタルクの 3 成分系であった材料のうち、PP とゴムを機能別に 2 種類ずつ配合することで 5 成分系とした。この成分と組成比の制御により表層に低分子量ゴムを、断面中央に、耐衝撃性を担う高分子量ゴムを偏在させた。これにより各種特性を両立し薄肉軽量バンパを実現して、2012 年 2 月に発売した CX-5 に採用した。本開発により、20%の軽量化と成形サイクルタイムの半減を実現している。

Summary

We have developed resin material for bumper fascias that maintains the equivalent stiffness to parts made with conventional materials while achieving significant weight reduction. Using this material, the parts manufactured are thinner than those using conventional resin, resulting in a significant reduction in the resin required to manufacture parts. When the material is used for bumper fascias, it contributes to weight reduction of approximately 20%. In the bumper fascia production process, this reduced thickness allows for shorter cooling time for molding, and by using computer-aided engineering (CAE) technology, the fluidity of the resin material has also been optimized. As a result, bumper fascia molding time, previously 60 seconds, has been halved to 30 seconds, leading to cost reductions of bumpers molding process.

1. はじめに

自動車の燃費性能競争が激化する昨今、エンジン性能だけでなく、空力性能の向上や軽量化を、これまで以上に追求する必要が高まっている。

マツダは大型の外装部品として剛性や成形性などの要求レベルが高いバンパ用に、従来より高剛性、高流動の PP 材料を開発した。バンパなどの射出成形部品は、薄肉や大型の成形品になるほど成形が難しく、バンパで通用する軽量化や材料に関する技術は、自動車部品の多くに適用が可能である。

2. 開発の狙い

バンパとしての開発目標は、従来の部品コストと同等以下で、20%の軽量化を達成することとした。20%軽量化のためには、現状の平均板厚 2.5mm を 20%削減して 2.0mm にする必要がある。薄肉化によって低下した剛性を補うため、Table 1 のとおり材料としての開発目標は、曲げ弾性率を従来材に対して 50%向上の 2300MPa とした。剛性は板厚の 3 乗に比例することから 50%の曲げ弾性率向上では不足するが、不足分については、構造と板厚配分の最適化によって達成したいと考えた。また、薄肉化によって成形性が悪化することを防ぐため、成形時の樹脂の流

*1~4 技術研究所
Technical Research Center

れやすさの指標であるメルトフローレート（以下 MFR）は25%上げ、40g/10min とすることを目標とした。

Table 1 Properties of Conventional PP and Target Value

Properties		Value	
		Conventional	Target Value
Stiffness	Flexural Modulus	1570 MPa	2300 MPa
Moldability	Melt Flow Rate	33 g/10min	40 g/10min
Impact Resistance	High Speed Tensile Strength(-30)	57 MPa	57 MPa

3. 材料の開発

3.1 開発コンセプト

材料開発において、最も重視したのが「高次元での物性バランス」である。ここでは、材料の剛性、成形性、耐衝撃性について説明する。

従来のバンパ材は、ベースとなるPPにゴム、そして充填材としてタルクを配合した、いわゆる3元系の材料である。Fig.1 に示すように剛性を向上させるにはタルクの配合量を増やし、PPの分子量を上げればよい。しかし、それでは成形性や耐衝撃性が低下してしまう。

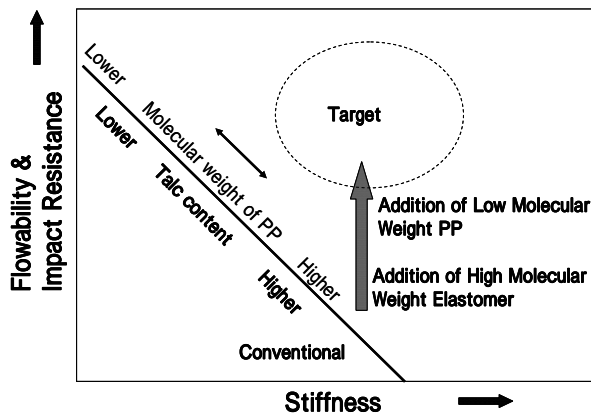


Fig.1 Relation between Flowability, Impact Resistance and Stiffness

これに対して開発材は、高分子量のPPと、低分子量の2種類のPPにそれぞれ役割を分担させた。高分子量PPで剛性を向上し、低下した成形性を低分子量PPの添加で補って、剛性と成形性を両立した。

また、開発材は剛性向上のために増加したタルクの影響により、耐衝撃性が低下した。これを補うために従来中程度であったゴムの分子量を上げて耐衝撃性を向上した。しかし、高分子量ゴムの使用にも問題があった。

これまでの量産材の検討などから成形品表面に出るゴムの面積が外表面に存在する比率（以下表層ゴム分率）を一定値以上確保することで、塗装の密着性が確保できることがわかってきた。ところが高分子量のゴムは球状になるとうる性質が強く、表層ゴム分率が確保できない。そこで表層にゴ

ムが出るように、分子量が低いゴムを別に添加した。

つまり従来、中程度の分子量を持つゴムを使用していたものを、高分子量のゴムで耐衝撃性を向上させ、低下する塗装密着性を、低分子量のゴムで補うことで、耐衝撃性と塗装性を両立した。

射出成形用材料は特性が異なるものを混ぜた場合に、層分離を起こし、層間剥離することがあり、安易な多成分化は危険である。開発材料にあっても各組成の分子量と配合量を調整しながらテストピースでの確認はもちろん、実際のバンパを成形して性能確認を繰り返し、最適化を行った。

また、日本国内で生産されるPP、インラインコンパウンドといわれ、樹脂の重合プラントでペレットといわれる状態に造粒される。この方法は、別に造粒工程を持たないためコスト的に有利である。一方重合プラントは巨大で、基材となるPP以外の成分を多種、大量に添加するとプラント自体の生産性が低下し、経済的に成立しない。本開発では材料メーカーとの密接な共同開発を通じての材料の限界設計に近づけることで5成分系を経済的に生産可能な組成バランスを探し出した。

3.2 開発材の微細構造

Fig.2 に従来材のミクロ断面構造を模式的に示した。従来材はPP、タルク、ゴムの3成分で構成される。Fig.3 は開発材の断面構造の模式図で、PPもゴムも各2成分からなる5成分系である。

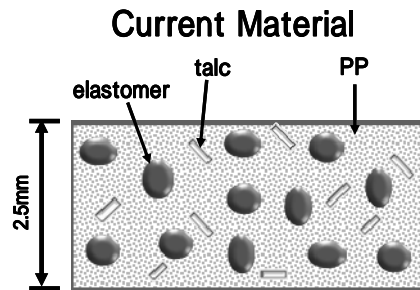


Fig.2 Section Microstructure(STD PP Composite)

Developed Material

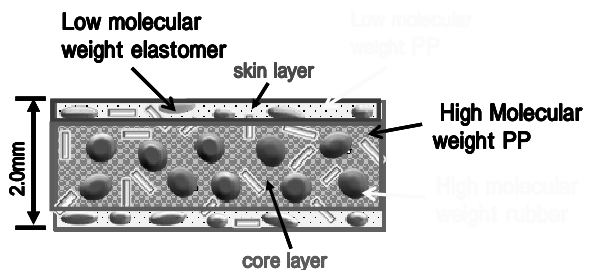


Fig.3 Section Microstructure(Developed PP Composite)

Fig.4 に、開発材の断面を透過型電子顕微鏡によって観察した結果を示す。表層のゴムが引き伸ばされ、表層ゴム分率が確保できていることが確認できた。また、コア部についても、模式図のとおり、高分子量のゴムが球状になっている状態が確認できた。

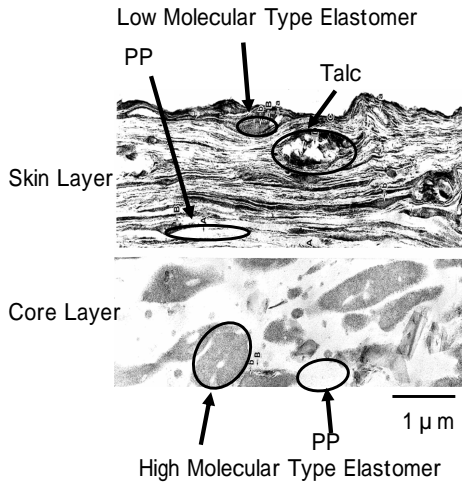


Fig.4 Cross Section of Microstructure of Developed PP

3.3 開発材の物性

開発材と従来材の物性を比較した結果を Table 2 に示した。開発材は従来材と比べて曲げ弾性率が 50%，MFR が 25% 向上し、目標を満足した。更に高速引張強度も 5% レベル向上した。

Table 2 Properties of Conventional PP and Developed PP

Properties		Value		
		Conventional	Target Value	Developed
Stiffness	Flexural Modulus	1570 MPa	2300 MPa	2300 MPa
Moldability	Melt Flow Rate	33 g/10min	40 g/10min	42 g/10min
Impact Resistance	High Speed Tensile Strength(-30)	57 MPa	57 MPa	61 MPa

4. SUV 用バンパへの適用

4.1 薄肉化による重量低減

開発材を用いた CAE 解析を実施した。Fig.5 に樹脂の流れを金型に充填されていく流れを示した。薄肉にすると冷却しやすい反面、早く充填してやらないと樹脂の粘度が上がり、流れが途中で止まってしまう。

射出成形では、樹脂の注入口であるゲートの位置や、樹脂の流れの乱れなどをコンピュータによるシミュレーションで予測し、事前に形状等の最適化を行う。

薄肉にすると流れる距離が短くなりゲートのレイアウトが困難となる。材料物性だけで解決できないものはゲートの位置や形状などに変更を繰り返し、最適な形状を探り出した。

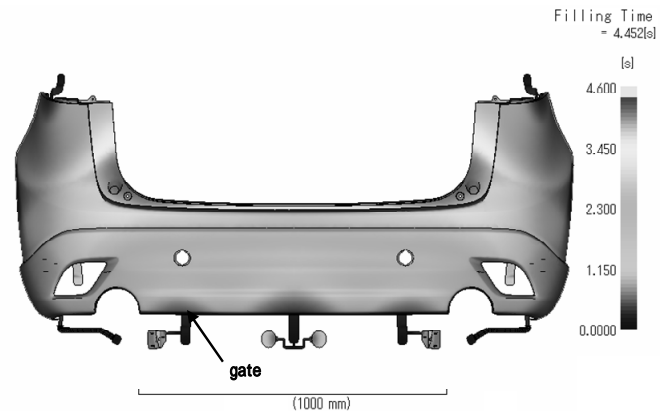


Fig.5 CAE for Filling Period (Flow pattern)

その上で、実際に開発材を用いて板厚 2.0mm で成形したバンパの性能を評価した結果、剛性、耐衝撃性といった必要機能を全て満足することを確認した。

その結果、Fig.6 に示すように、フロントとリヤを合わせて 7.5kg から 6.0kg へ重量を低減し、目標とした 20% の軽量化を達成することができた。

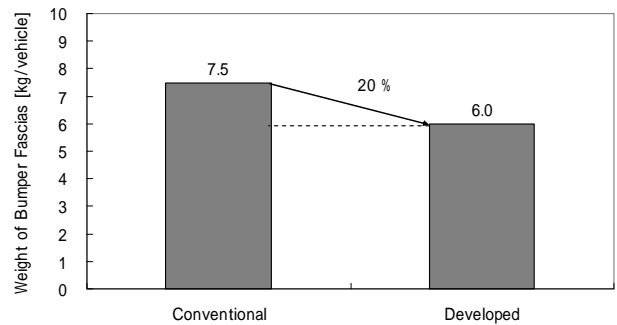


Fig.6 Weight of Bumper Fascias

4.2 成形サイクル短縮

射出成形は、樹脂を溶かし（可塑化）、型内に充填し（射出）、固める（冷却）という本質的な工程と、型を開いて成形品を取り出す、といった付随的な工程に分類される。

このうち可塑化時間と射出時間は材料の量が 20% 減らせたことにより短縮した。薄肉化による時間短縮の効果が更に大きいのは冷却工程で、冷却時間は板厚の 2 乗に比例し、20% の板厚削減の効果で 46% 削減できる計算となる。今回、実成形においても冷却時間はほぼ半減できた。

更に付随的な工程も見直すことで、Fig.7 に示すようにバンパ 1 本あたりの成形サイクルを 60sec から 30sec に削減した。

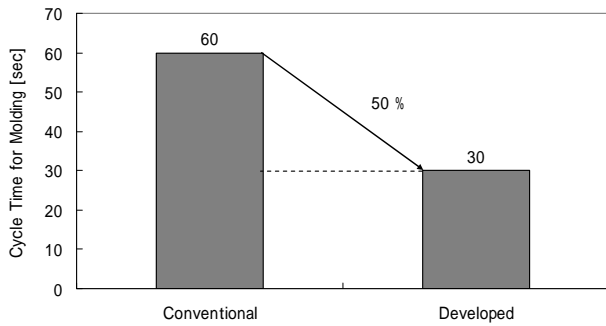


Fig.7 Cycle Time for Molding of Bumper Fascia

5. まとめ

本開発材を CX-5 のバンパに採用した。前後バンパで目標の 2.0mm 板厚を実現し、重量も従来から 20%低減して 6.0kg を達成した。また、材料のコストアップなく材料使用量を 20%削減し、更に成形サイクルを 30sec 短縮したことで、バンパの製造コストも削減できた。

本材料の開発にあたって採用した、相反する特性を両立させる多成分を制御した機能配分の考え方は、他の材料を設計する上でも有用である。今後の材料開発で活用し、更なる軽量化技術の開発を目指す。

参考文献

- (1) 武藤一夫ほか: 実例に見る最新プラスチック金型技術, 工業調査会, 119 (1997)
- (2) 藤田祐二ほか: 自動車用ポリプロピレン系材料, 高分子, 60 巻, 8 月号, pp.504-506 (2011)
- (3) 藤田祐二: ポリプロピレンの開発現場 第 4 回 素材の力, Polyfile, 2009.4, pp.50-53 (2009)

著者



朝野 千明



藤 和久



原 正雄



大西 正明