

耐衝撃・無塗装インストルメントパネルの開発

Development of High Impact Resistant and Non-painted Instrument Panel

山田 哲史* 小田 哲也*
Tetsushi YAMADA Tetsuya ODA

要 旨

従来、インストルメントパネル用耐衝撃性ポリプロピレン材においては、外観商品性の観点より塗装することが多かったが、商品競争力などの観点から塗装廃止のニーズが高くなってきていた。

そこで、本研究では、ポリプロピレン中に添加しているエラストマの分散状態と粒子径の大きさを最適化することによってグロス(つや)の低減と、添加しているエラストマの硬度向上と添加量の削減による耐傷付き性改良、さらに、フィラーの形状見直しによるウェルド外観向上を行うことで耐衝撃性と外観商品性を両立させた無塗装のインストルメントパネル材料を開発した。

ABSTRACT

Previous high impact resistant polypropylene for instrument panel was mainly painted. Because it was difficult to have high quality of appearance. But it is required to eliminate painting for commercial competition.

In this paper, we modified dispersion and particle size of elastomer added to polypropylene for low gloss surface, hardness and contents of elastomer added to polypropylene for scratch resistance and shape of filler for inhibition of weld-line. At this method, we developed new non-painted material for instrument panel which has both high impact resistance and high quality of appearance.

1. はじめに

従来、ホンダのインジェクション成形インストルメントパネル(以下インパネ)には、軽自動車を中心とした無塗装仕様と大衆・上級車を中心とした耐衝撃・塗装仕様の2種類のポリプロピレン(以下PP)材が使われていたが、軽自動車のインパネについても乗員保護の観点からより高い耐衝撃性が求められるようになってきた。

一方、従来から使用している耐衝撃性インパネ用PP材では、成形加工時に発生するウェルド、グロス(表面の光沢あるいはつやなどの光学的平滑性を示す数値)むらなどの外観の面で改善が必要であるため塗装を施している。

しかし、塗装は、溶剤規制などの環境問題や商品競争力の観点から改善または廃止の要求が強くなってきており、耐衝撃性と外観商品性を両立させた無塗装のインパネ材料の開発が必要となった。

そこで、99年型軽自動車への適用を目標に、リサイクル性を考慮し、エラストマ変性PPをベースとして、添加しているエラストマ成分の改良を行い、外観品質と耐衝撃性に優れた無塗装インパネの開発を行うこととした。

また、外観品質向上レベルを定量的に示したり、品質管理のために外観を定量的に測定できる手法も併せて検討することにした。

*栃木研究所

2. 無塗装インパネ材料の課題と目標要件

一般的にPP材において、耐衝撃性を向上させると耐傷付き性は低下し、両方の性能を満足させるのが困難である。

このため、耐衝撃性無塗装材料の新規開発にあたっては、商品競争力を付加することも考慮し、以下を目標要件とした。

- (1)保安基準20条をクリアできる耐衝撃性を有すること
- (2)無塗装で塗装品と同等の外観(グロス、グロスむら)を有すること
- (3)従来の無塗装インパネと同等の耐傷付き性を有すること

具体的な目標値として、

- ①衝撃性；IZOD衝撃値で400J/m以上
- ②グロス(つや)；平均グロス2.7以下
- ③グロスむら；平均グロス±0.3以内
- ④ウェルド外観；3項(1)式に定義される外観変化率において従来無塗装インパネ以上
- ⑤耐傷付き性；3項(1)式に定義される外観変化率において従来無塗装インパネ以上

このような目標値に対して、各要求項目とそれを改良するための一般的な関係因子をTable1に示す。

Table1より、添加エラストマ量を増加すると耐衝撃性は

Table 1 Factor of requirement item

Method Item	Gain of elastomer content	High molecular weight of elastomer	Build-up of elastomer hardness	Build-up of bulk density	Changing to deeper grain
Impact resistance	↗	↘	↘	→	→
Changing to lower gloss	↗	↗	→	→	→
Minimization of variant gloss	↗	↗	→	→	→
Inhibition of weld-line	↘	↗	→	↗	↗
Scratch resistance	↘	↘	↗	→	↗

↗ ; Good → ; Fair ↘ ; Poor

向上するが耐傷付き性は悪化してしまい、また添加エラストマの高分子化を行うとグロスむらなどの外観は向上するが耐衝撃性が低下してしまう傾向にあることがわかる。

そこで、これらの因子をバランスさせながら、エラストマの改良を加えて材料の開発を行った。

3. 外観の定量的測定方法

一般的に傷付きなどの外観異常は目視評価で行われていることが多い。この方法では評価者の違いや評価時の天候の違いなどの影響を受けるので、微妙な違いを定量的に評価するには不十分である。

そこで今回、材料を改良するにあたって、微量な外観差を定量化する測定方法を検討した。

これまでに、外観の異常を定量化する方法として光の反射を利用して外観変化を測定する幾つかの装置が報告されている^{1), 2)}。

しかし、これらの装置では、微量な変化や測定面の曲率の有無、測定表面のシボによって正確に測定できないことがあった。

そこで、新規にインパネの表面の外観測定装置を作成した。この装置は光ファイバを利用してインパネ表面の傷付きやウェルドなどの外観異常部に照射径4～10mmの光を垂直照射し、反射光を光ファイバを通じて強度変換器に戻して数値化するものである。

この測定方法により今までに無い精度の高い評価が行えるようになった。

実際にアウトプットするデータは(1)式に定義される外観変化率として表示するようにした。

$$\text{外観変化率(\%)} = |A - A_0| / A_0 \times 100 \quad (1)$$

A ; 異常部の反射強度

A₀ ; 一般部の反射強度

この装置を使用し、ウェルド外観、傷付き性について外観変化率を測定し、目視評価と比較したところFig.1に示すように良好な一致が認められ、指標として十分有効であることが確認された。

以上の結果より、本材料開発においては、この測定方法をウェルド外観および耐傷付き性の評価方法として採用することにした。

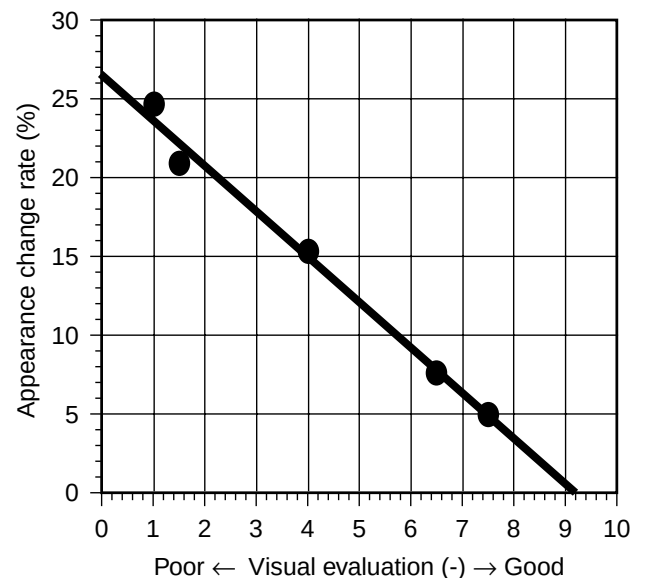


Fig.1 Relationship between visual evaluation and appearance change rate

3. 材料の低グロス化とグロスむらの低減

インパネなどの大型成形品においては、部位によってグロスが大きく変化し商品性を低下させることが見られる。

これは、金型内の条件が部位で大きく異なり転写性の違

いにより発生すると考えられるが、成形条件はインパネ程度の大きな部品になると各部位で一定の条件とすることはかなり困難である。

従って部位によるグロスむらを低減するには、成形条件に影響されず安定して低グロスが得られる材料を開発する必要がある。

Fig.2に一般グロス材(鏡面グロス50)と低グロス材(鏡面グロス24)のグロスの異なる材料についてシボ付きサンプルを成形条件を変えて作成した時のグロス測定結果を示す。

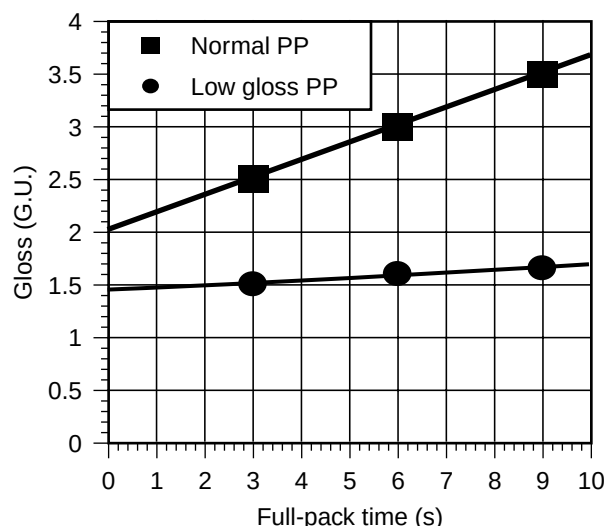


Fig.2 Relationship between full-pack time and gloss

低グロス材の方が成形条件の変化に対してグロスの変動は少なく安定している。

以上より、インパネのグロスむらを低減させるには、グロスの低い材料を用いることが有効であることがわかった。

また、インパネの外観商品性を向上させるにもインパネ表面のグロスを低く設定することが重要である。

インパネ表面を低グロス化するには、金型表面にシボなどの凹凸をつけ、転写することが一般的に行われているが、このシボなどの凹凸だけでは今回目標とする平均グロス2.7以下という低グロスを達成するのは困難である。

このため、PP基材にエラストマを添加し、冷却固化時にシボの凹凸に加え、さらに微細な凹凸を形成させ、光を散乱させる必要がある。

この微細な凹凸の大きさはPP中に分散しているエラストマの粒子径で決定される。エラストマの粒子径が小さいと、微細な凹凸は小さくなり(光の散乱が少なくなり)表面グロスは上昇する。また、エラストマの粒子径が大きすぎると表面グロスは低下するが、衝撃エネルギー吸収を主に担うエラストマ界面の面積が低減してしまうため、耐衝撃性も低下してしまう³⁾。

エラストマの粒子径を決定する因子は添加するエラストマの流動性、すなわち分子量である。

Fig.3にエラストマの流動性と材料の表面グロスの関係を示す。

また、Fig.4にエラストマの流動性と耐衝撃性の関係を示す。

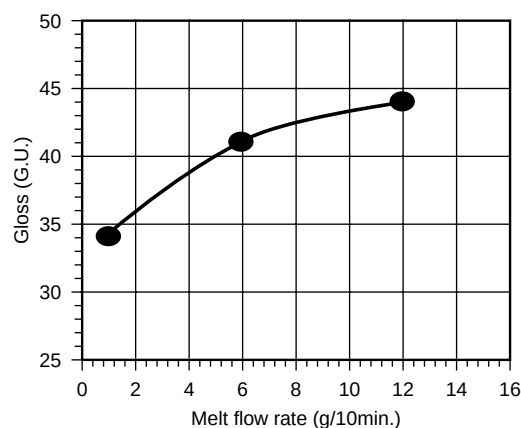


Fig.3 Relationship between melt flow rate and gloss

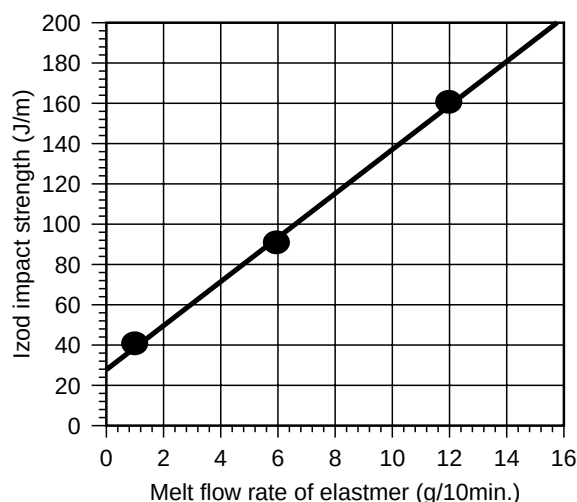


Fig.4 Relationship between melt flow rate and izod impact strength

Fig.3とFig.4より、グロスを下げると、耐衝撃性が低下し、耐衝撃性を確保しようとするとグロスが上昇してしまうことが判る。

ここで、衝撃強度を確保しつつ材料の低グロス化を達成させるには、添加するエラストマを微細化し、その添加エラストマの集合があたかも1つのエラストマ部を形成しているような状態をつくれば、低グロスと耐衝撃性の両立が可能と考えた。

そこで、PP材料中にPPエラストマ相を持つブロックPPをベースに、添加したエラストマがブロックPP中のエラストマ部に取り込み適度な大きさの集合体として存在させるこ

とした。この手法のモデルをFig.5に示す。

すなわち、PP材料中に比較的安定し存在するPPエラストマ部の分子量を極力大きくとり、添加エラストマに関しては、PPエラストマとの親和性を高くすることでPPエラストマ部に取り込ませやすくし、低温での耐衝撃性を確保するため脆化温度の低いスチレン系エラストマを選択した。このスチレン系エラストマをPPエラストマ中で微細に分散されるような分子量に調整した。

この結果、低グロスと耐衝撃性の両立が可能となった。

Fig.6にこの手法によって成形したインパネ断面の写真を示す。

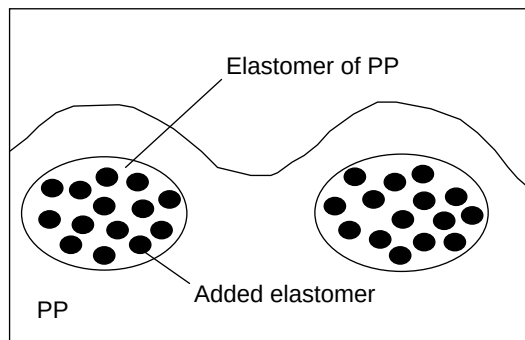


Fig.5 Construction model of added elastomer

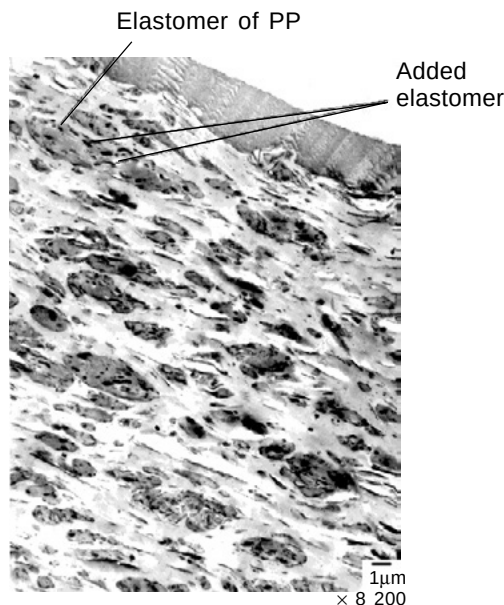


Fig.6 Molephorogy of new non-painted PP (TEM)

この手法を適用した軽自動車のインパネでの表面グロス測定結果をFig.7にまた、グロスむらの測定結果をTable 2に示す。

開発耐衝撃性・無塗装インパネは、グロスの平均値として、つや消し塗装相当の2.7を下回る平均グロス2.5をまた、グロスバラツキとして目標の平均グロス ± 0.3 を達成した。

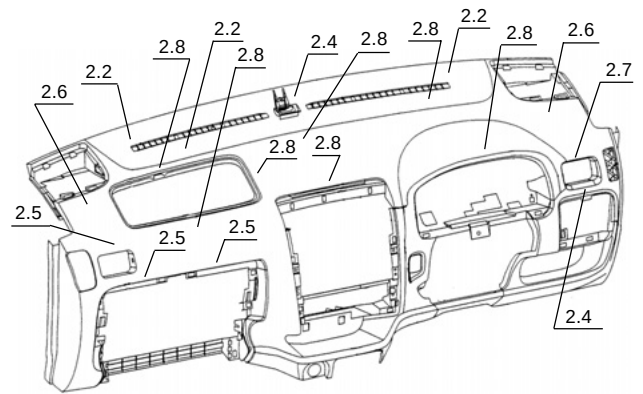


Fig.7 Gloss of instrument panel

Table 2 Variant gloss of instrument panel

Gloss	Max. gloss	Min. gloss	Ave. gloss
PP			
New non-painted PP	2.8	2.2	2.5
Conventional painted PP	3.0	2.4	2.7
Conventional non-painted PP	4.6	3.4	4.1

5. 耐傷付き性向上

インパネ表面は無塗装にすることにより傷が付きやすくなる。

傷は主に材料内部の添加エラストマが永久変形してシボ表面にある微細な凹凸が潰れるもので、そのため平滑な状態になり、光沢が上昇するものと考えられる。そこで、この永久変形を抑止するためにエラストマの硬度を高めることで対応を図った。

Fig.8にエラストマの硬度とつめによる傷付き性(深さ)の関係を示す。

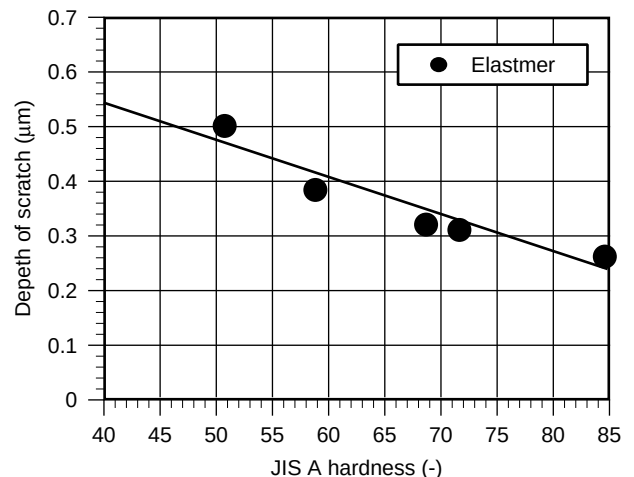


Fig.8 Relationship between hardness and depth of scratch

エラストマの硬度を上昇させるほど傷付きに対するタフネスは向上していることが判る。

しかし、添加エラストマの硬度を上昇させるにも限界があるため、材料だけでなくインパネのシボ深さにも着目した。

Fig.9にインパネシボ深さとインパネ表面のこすり傷による外観変化率を示す。

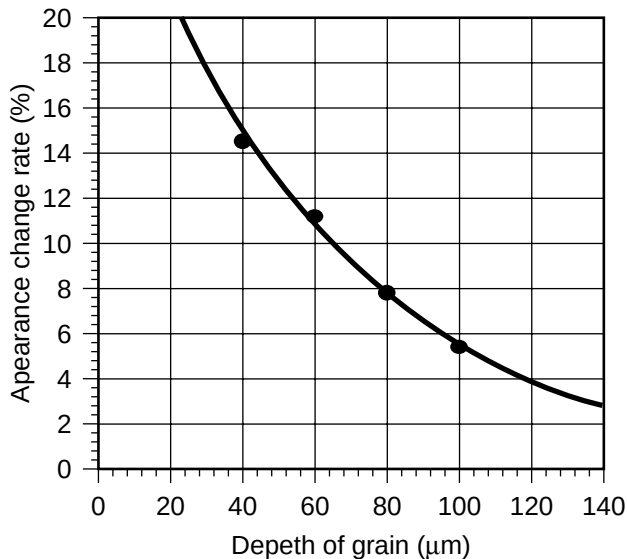


Fig.9 Relationship between depth of grain and appearance change rate

インパネ表面のこすり傷は、シボ深さと密接な関係があり、シボが深くなれば傷付きによる外観の見えかたは目立たなくなる。このことから、インパネのシボ深さを従来のシボ深さ(約60μm)から深く(80~100μm)設定することで、さらなる耐傷付き性の向上を図った。

以上の添加エラストマの硬度向上とシボ深さの対応により耐傷付き性の高い材料が開発できた。

以下の4種類の傷付きに対する効果確認結果をFig.10~Fig.13に示す。

- (1) つめによる傷付き；ユーザ要因
- (2) 布などによるこすり傷；ユーザ要因
- (3) 軍手によるこすり傷；製造工程内要因
- (4) 鋭利な金属などによる傷付き；ユーザ要因

測定の結果から、開発した無塗装インパネPP材料は、つめ傷については塗装のレベルを上回り、布などによるこすり傷については変化率1%以下で目視ではほとんど認識ができないレベルになった。また、軽度のこすり傷については、シボの深さ調整した効果もあり従来の無塗装品を上回る耐傷付き性を有する材料を開発することができた。

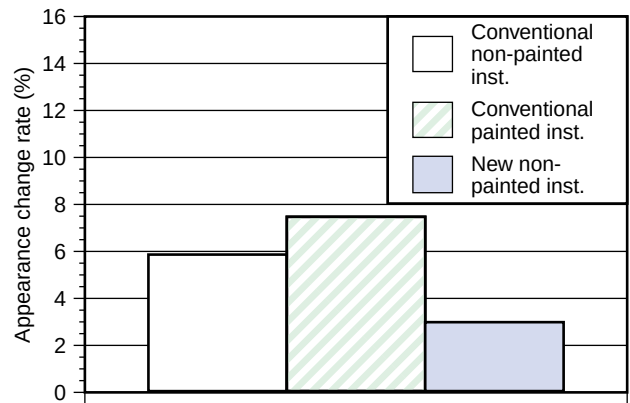


Fig.10 APPEARance change rate of scratch by nail

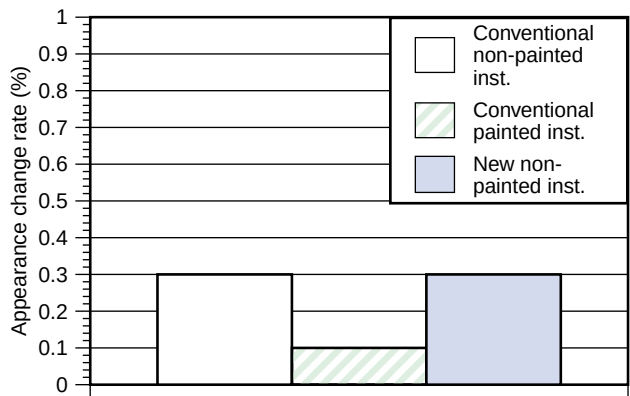


Fig.11 APPEARance change rate of rubbing by cloth

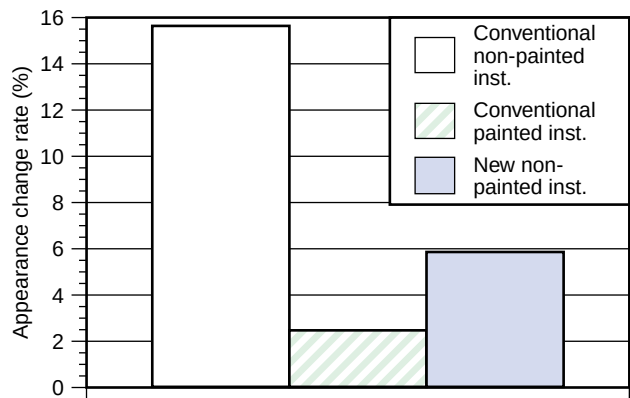


Fig.12 APPEARance change rate of rubbing by working glove

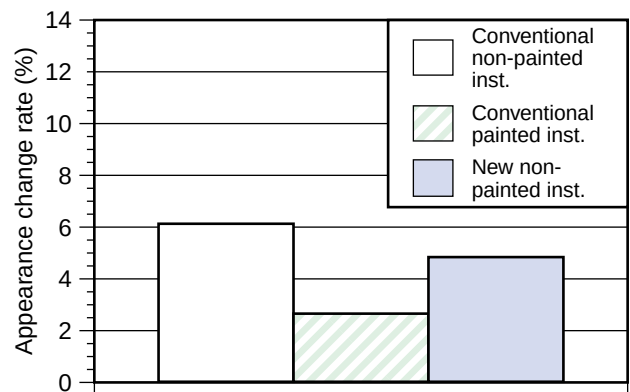


Fig.13 APPEARance change rate of serious scratch (Whiting)

6. ウェルド外観

インジェクションで成形品を作る場合、外観問題となる事象の1つとしてウェルドの発生が挙げられる。

ウェルドは、金型内を流動する樹脂の先端同士がぶつかることにより発生し、一般に金型への密着不良によりその部位の表面が荒れてしまいグロスが周囲に比較して大きく低下したり、添加しているエラストマおよびフィラの配向により表面のグロスが大きく変化し、外観不具合として認識されるものである。

材料で、樹脂合流部のエラストマおよびフィラの配向を完全に無くすことは困難であるため、材料としてはウェルド部のフィラ配向の影響を低減すること、および成形技術によってウェルドの発生位置を外観にあまり影響のない位置にコントロールすることの2つの観点からアプローチすることにした。

まず、フィラの配向を低減するために鱗片状フィラの一部を球状に近い形状のフィラに置換することを行った。

この手法を模式的にFig.14に示す。

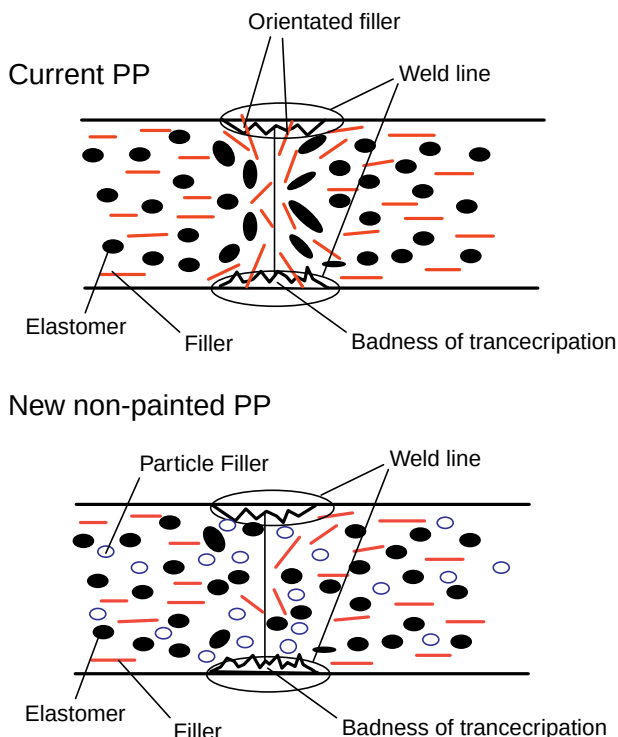


Fig.14 Model of weld line

次に、成形技術の対応としては、インパネを射出成形する場合、ゲート点数を4～6点設定しそのゲートから樹脂を同時に射出するのが一般的であるが、各ゲートにバルブを設け、射出するタイミングをずらすことによってウェルドの発生する部位を制御しようと考えた。Fig.15にバルブゲートを使用しなかった場合とFig.16に使用した場合のウェルド発生予測解析結果をまた、実際のインパネ形状でのウェルド発生位置をFig.17に示す。

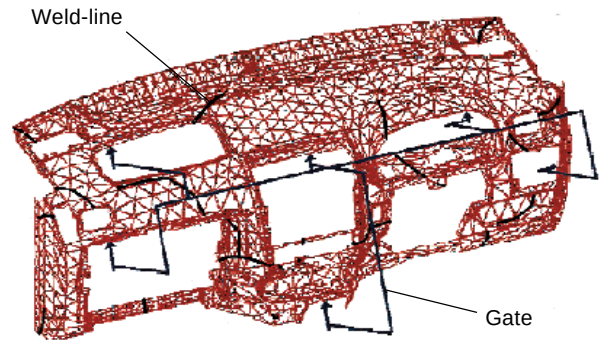


Fig.15 Simulation result of mold flow (normal condition)

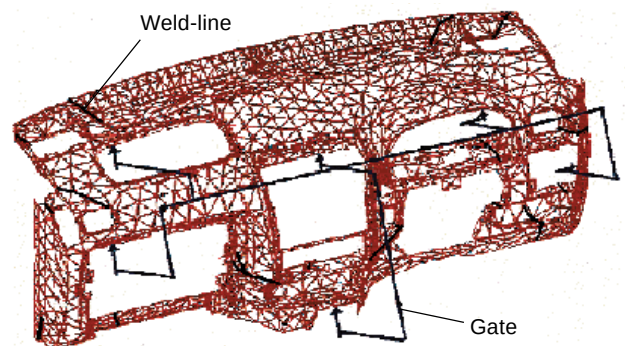


Fig.16 Simulation result of mold flow (valve gate)

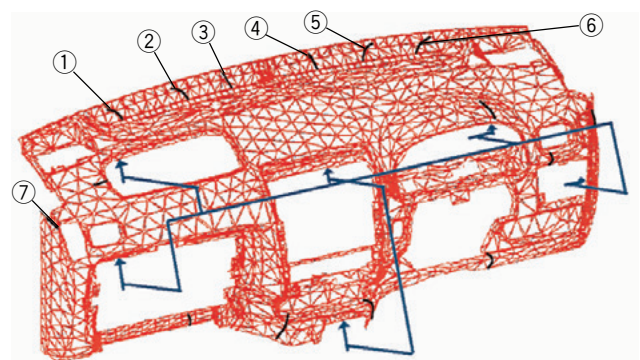


Fig.17 Position of Weld line

バルブゲートを用いることで、従来助手席SRS開口部に大きなウェルドの発生予測がされたが、サイドスピーカとの狭小部にウェルドを移動させることができるようになった。

これらの手法を用いて成形したインパネに発生したウェルドの外観変化率をTable 3に示す。

Table 3 APPEARance change rate of weld line

Weld-line No. in fig.17	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Appearance change rate (%)	0.40	2.91	1.71	2.62	0.34	3.57	2.75

各部位に発生しているウェルドの外観変化率は、0.3～3.6%と従来の無塗装インパネで発生していたウェルドの外観変化率(10～20%)に比較し非常に小さく、大きな改良効果が確認できた。また、それぞれのバラツキも少なく成形条件の変化などに対しても安定して効果が発揮できることが確認された。

7. 材料の耐衝撃性付与

PP基材の衝撃性を高める手法として、PP基材中にゴムなどのエラストマ成分を添加し衝撃性を高める手法が一般的である⁴⁾。

IZOD衝撃強度は、エラストマ成分の添加量に依存し、添加量の増加に伴い衝撃強度も上昇する。

Fig.18に低グロス化など外観および耐傷付き性手法を入れたエラストマ成分の含有率とIZOD衝撃強度の関係を示す。

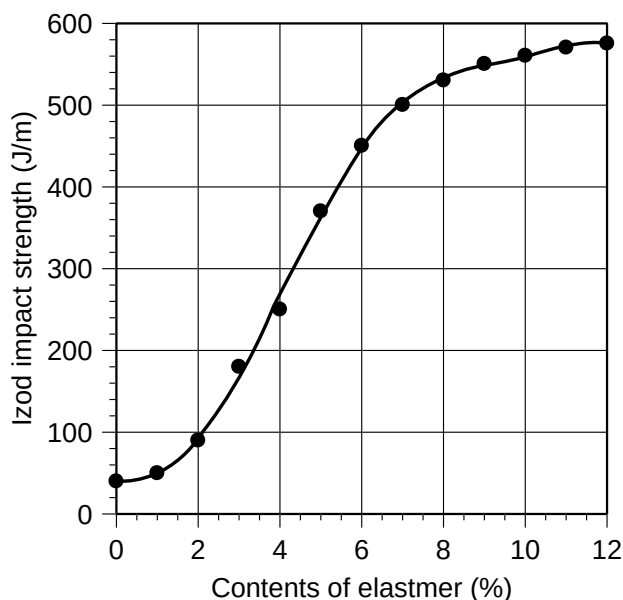


Fig.18 Relationship between Izod impact and content of elastomer

添加するエラストマの含有率が2%を越えるところから衝撃強度は急激に立ち上がり、8%程度で平衡に達する。

しかし、エラストマの添加量の増加はインパネ表面の耐傷付き性を低下させるので、目標の耐衝撃性(IZOD衝撃強度; 400J/m以上)および耐傷付き性とのバランスより、エラストマの添加量を6%程度の値に設定した。

開発した耐衝撃性無塗装PP材料の材料物性をTable 4に示す。

耐衝撃性(アイゾット衝撃強度)は434J/mと目標の400J/mを上回り、非常に耐衝撃性の高いバランスのとれた材料が

Table 4 Physical property of non-painted PP

Item	Unit	New non-painted PP	Conventional non-painted PP
Density		1.06	1.07
Melt index	g/10min.	16	14
Tensile elongation	%	120	14
Tensile strength	MPa	20	35
Flexural modulus	MPa	2695	4010
Deflection temperature under load	°C	131	148
Izod impact strength	J/m	434	30
Rockwell hardness	R-scal	80	99
Gloss	G.U.	24	48

開発できた。

また、その他の物性についても従来インパネに使用してきたPP材料と同等の物性を確保することができた。

8. 成果の総括

新開発の耐衝撃性・無塗装インパネの耐衝撃性とグロスおよび耐傷付き性について、従来の無塗装インパネおよび耐衝撃性・塗装インパネとの比較をFig.19に示す。

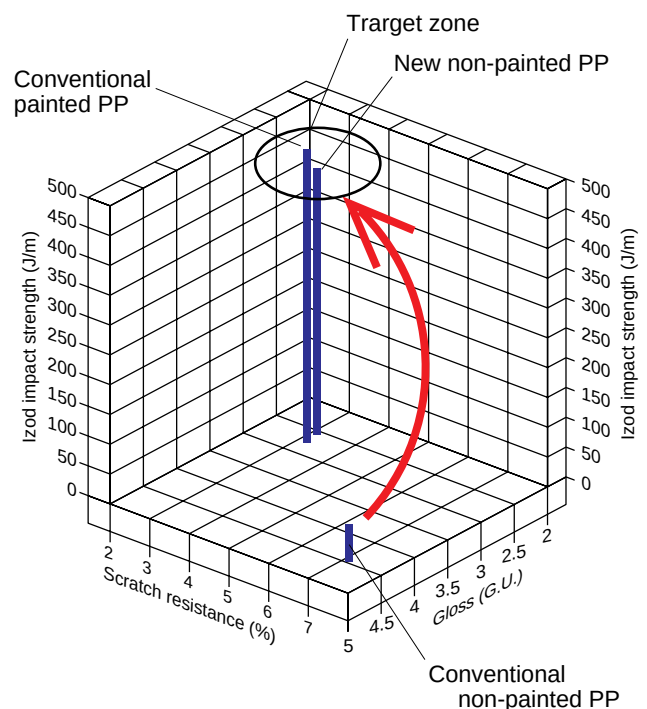


Fig.19 Relationship among gloss, scratch resistance and izod impact strength

9. まとめ

無塗装でもグロスが低く外観の良い耐衝撃性インパネ材料を開発した。

(1) 低グロス化

ブロックPPを基材とし、微細化した添加エラストマをブロックPP中のPPエラストマ部に分散させることによってグロスを低減させた。

(2) グロスむら低減

材料自体を低グロス化することで、成形条件の影響を受け難くし、グロスむらを低減させた。

(3) 耐傷付き性向上

添加エラストマの硬度UPおよびシボ深さを深くすることで耐傷付き性を向上させた。

(4) ウェルド外観向上

添加フィラの改良およびウェルド発生位置のコントロールによりウェルド外観を向上させた。

(5) 耐衝撃性確保

耐衝撃性と耐傷付き性を微細化したエラストマの添加量を6%とすることで両立させた。

従来の無塗装インパネ材料に比較し、耐衝撃性や耐傷付き性を向上させ表面グロスの低減をすることができ、無塗装でありながら塗装に近い品質のインパネ材料が確立でき、新型軽自動車に適用することができた。

謝 辞

最後に本研究を遂行するにあたり、多大なるご協力を頂いた森六株式会社、株式会社グランドポリマーおよび出光石油化学株式会社の関係者の皆様に感謝の意を表します。

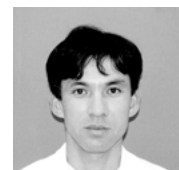
参考文献

- 1) 友松龍蔵：傷付白化度測定方法,特開 平 1-169344
- 2) 友松龍蔵：表面検査装置および表面検査方法,特開 平 9-123987
- 3) L. E. Nielsen：ポリブレンドの衝撃強さ,高分子と複合材料の力学的性質, 化学同人, 京都, 1976, p.195
- 4) L. E. Nielsen：ポリブレンドの衝撃強さ, 高分子と複合材料の力学的性質, 化学同人, 京都, 1976, p.194

■ 著 者 ■



山田 哲史



小田 哲也