

100%リサイクル可能な インストルメントパネルの開発

Development of 100% Recyclable Instrument Panel

伊 藤 祐 邦* 本 庄 圭 一*
Sukekuni ITOH Keiichi HONJO

要 旨

これまでのソフトパッド付きインストルメントパネル(以下、インパネ)はPVC表皮やPPフォーム、スチレン系基材という異種材料構成のためにリサイクル性が低い部品であった。リサイクルが容易なオレフィン系樹脂による単一構成化によって、元のインパネ基材に再利用ができるインパネリサイクル技術を開発した。

本稿では良好な成形性と高外観性を確保できる新オレフィン表皮(TPO)および表面処理技術、オレフィン基材(PP)の接着性を発現させるための活性化改質手法、元のインパネ基材へ戻すリサイクル技術について解説する。

ABSTRACT

Conventional instrument panel with soft pad (hereafter referred to instrument panel) showed a low recycling rate because it consists of different resin materials e.g. PVC top layer, PP foam pad and styrene resin base material. We tried to apply olefin type resin only, which can be recycled without difficulty, to the instrument panel and have developed the instrument panel recycling technology by which the instrument panel is re-used for that of a new car.

In this paper, we explain about new olefin resin top layer (TPO) which has satisfactory mouldability and good appearance, and the surface treatment technology for it. Also, the modification method of olefin resin base material (PP) for activation to get adhesion development and the recycling technology for re-use of instrument panel material are shown.

1. はじめに

近年、環境問題やリサイクルに対し急速に関心が高まるなかで、さまざまな研究開発が行われている。なかでも、樹脂部品の塗装バンパについては多くの報告がなされており、ホンダでは実際に一部市場からの回収リサイクルを実施している¹⁾。

しかし、自動車内装の意匠部品であるインストルメントパネル(以下、インパネ)のように基材、発泡体、表皮など異種材料で構成される部品のリサイクルを行う場合は、多くの工程を経て材料分離を実施する必要がある。また、再利用できる材料だけを選別する必要もあり、結果的に産業廃棄物として処理するものがあるなど回収効率が悪く難しいリサイクルを強いられるのが現状である。

本稿ではわずらわしい材料分離を行わずに100%リサイクルができるインパネを開発するとともに、最終的に元のインパネ基材へ再利用可能な技術開発を行ったので報告する。

2. インパネ開発のねらい

従来のインパネをリサイクルする際に考えられる処理法の問題点と本技術開発のねらいをFig.1に示す。

従来は、不要になったインパネを粉砕後に再利用可能な個々の材料に分離を行う必要がある。ホンダでは分離された塩化ビニル(以下、PVC)の表皮は、工具袋や防音材に、ポリプロピレン(以下、PP)の発泡体は燃焼により工場スチームのエネルギーとして再利用されている²⁾。また、スチレン系樹脂基材は分離しても再生時の熱履歴

により物性低下を生じ易く、基材として再利用が難しいため、産業廃棄物として処理するしかない。

このように、従来技術では煩雑な工程を経て分離された材料が、異なった処理を強いられるなかで、マテリアルリサイクルの実現が難しく廃棄される材料が無くならない。したがって、本開発のなかでインパネのマテリアルリサイクルに要求される項目は以下の三つに集約される。

- (1) 表皮や発泡体をはがすことなく、丸ごと粉碎でき分離しないで済む材料構成の実現。
- (2) リサイクル材再生時の混練や成形などで熱履歴による材料物性低下の少ない材料の選択。
- (3) 従来のインパネと同等以上の意匠性と耐久性の確保。

これらの要求を達成するために技術開発を進めた。

3. オールオレフィン化

要求を具現化する手段として、現状コスト、ウェイト、成形加工性、リサイクル性で最も扱いやすく、幅広く使用されているオレフィン系素材に着目し、Fig.2で示す単一材構成を検討した。また、PP発泡体付きのサーモプラスチックエラストマ(以下、TPO)表皮を、真空成形

すると同時にあらかじめ射出成形されたPP基材に接着を行う製法でオールオレフィン化を検討した。

4. TPO表皮の開発

4. 1. 材料配合の改質

従来の雄引き真空成形用TPO表皮はドアライニングなどのフラットな形状(伸び率1.5倍相当)用の表皮が一般的で、複雑なインパネ形状に対しては成形追従性が不十分などところがある。具体的には、極部的な切れや偏伸びによる外観不良が生じるなどの問題が挙げられる。

新開発のインパネ雄引き真空成形用TPO表皮(以下、開発表皮)は、これらの問題を解決するために以下の四つの考えに基づいて材料改質を行った。

- (1) インパネの複雑な形状(伸び率2倍相当)に対応できる伸び率を確保する。
- (2) 偏伸び防止のため、引張特性の温度依存性が小さな領域で成形できるとともに、裏面のPP発泡体も成形温度領域でTPOに近い特性とする。
- (3) ホンダ独自の水系接着剤³⁾で接着性を確保するために必要な高温成形(145℃以上)に対応する。
- (4) 真空成形後の絞ダレを防止するために成形温度以上で原反に絞付け加工を施す。

その結果、塑性変形し易い非架橋TPOとゴムの弾性効果の高い架橋TPOを混練することで、全体の物性バランスを調整した。また、TPOを構成するPPマトリックスの融解温度を上げるために、ホモPPをブレンドして高温における延伸特性のバランスを確保した。

Fig.3に開発表皮、ドア雄引き用TPO(以下、ドア用TPO)およびインパネ雄引き用PVC(以下、インパネ用PVC)の引張荷重の温度依存性を示す。従来のインパネ用PVCは傾きが小さく非晶性特有の直線的な挙動を示すが、結晶部分を含むTPOは160℃前後で融解による急激な

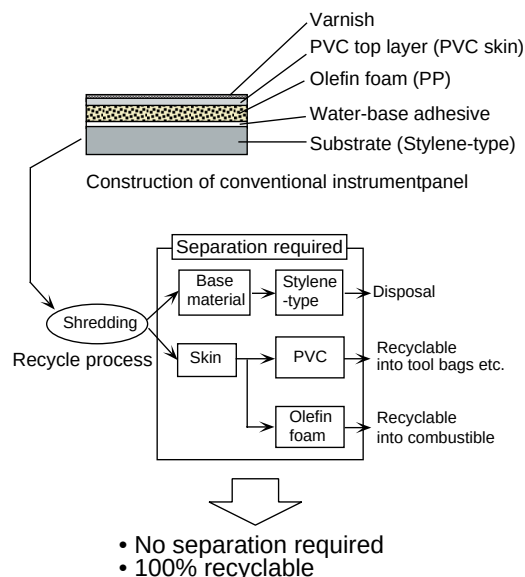


Fig.1 Conventional construction and recycle process

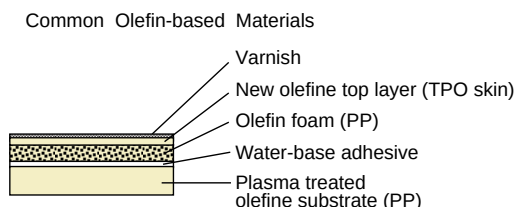


Fig.2 Construction of all olefin instrument panel

変化を示す。開発表皮の特性は、従来のドア用TPOより高温側への移行が確認された。結果として160℃の温度で従来のドア用TPOに対して10倍以上の抗張力を確保でき、高温成形可能な延伸性を付与できた。

また、同様にFig.4に開発表皮とPP発泡体の引張荷重の高温特性を示す。PP発泡体の成形温度を開発表皮より10℃低く設定することで、開発表皮に近い引張特性が得られる。したがって、開発表皮にPP発泡体を裏打ちしたシートは均一な成形性を得ることができる。

最終的な成形温度は開発表皮で160～170℃、裏面のPP発泡体は150～160℃が最適であることがわかった。

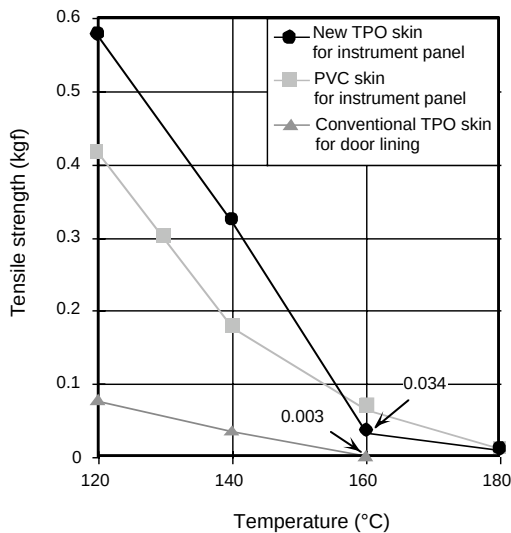


Fig.3 Tensile load of TPO and PVC

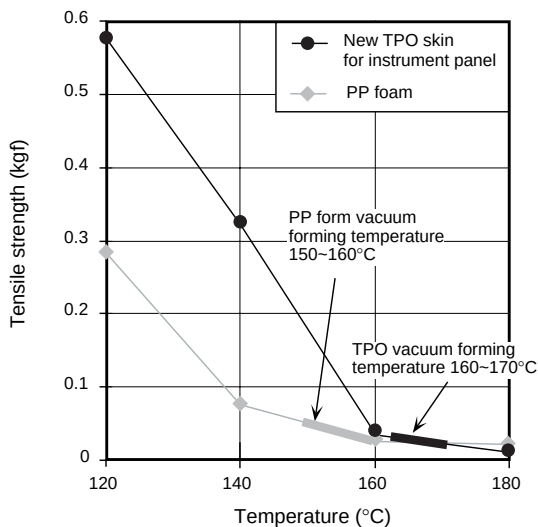


Fig.4 Tensile load of TPO and PPF

また、原反製造時の絞付け加工温度は上記成形温度より高い200～210℃とした。

同一絞ロールで絞付け加工を行った開発表皮とインパネ用PVCについて、革紋の表面粗さと絞深さ測定値の比較をFig.5に示す。開発表皮はインパネ用PVCに比較して絞深さが10%以上深いことから、転写性に優れていることが確認された。

開発表皮を雄引き真空成形した製品の絞深さ保持率をFig.6に示す。意匠面のなかで最も高い表皮伸び率が求め

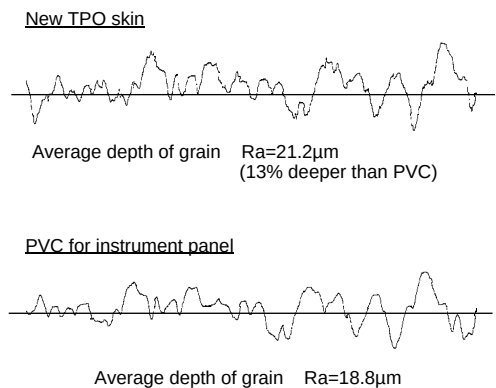


Fig.5 Depth of grain

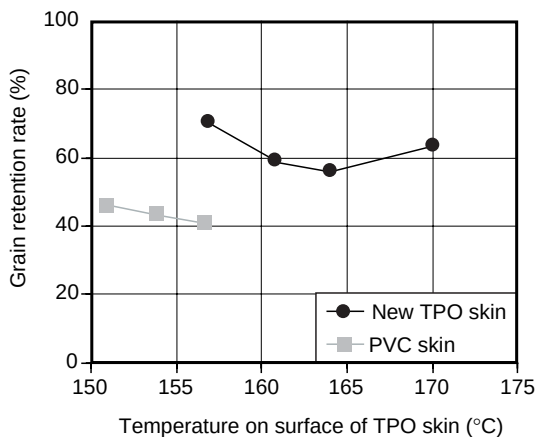
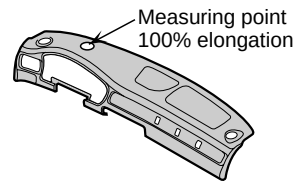


Fig.6 Grain retention rate on the meter-visor

られるメータバイザ上面で、インパネ用PVCより深さ保持率が上回っている。また、同様の条件で成形した開発表皮の残存厚み比較をFig.7に示す。インパネ用PVCとほぼ同等の残存厚みが得られ、偏伸びが生じていないことが確認された。

4.2. 表面塗装

従来の真空成形表皮の表面には外観の光沢調整と耐久性確保のために表面塗装が施されている。既に従来のインパネ用PVCには、見る角度によって光沢の変化が小さく、均一な外観が得られるウレタン系特殊ビーズを配合した塗料⁴⁾を採用している。開発表皮にもこの塗装をおこなうことで開発を進めた。この塗料を直接開発表皮に塗布しても、極性の低いTPO表面には密着が不良で、成形延伸により割れが生じるなど問題ある。したがって、高い密着性を確保するために新規にプライマを追加することで開発を行った。160～170℃の高温で二倍におよぶ延伸に追従できる高い密着性を確保するためには、オレフィン素材に対して親和性が良好で、伸びに優れたプライマが求められる。

開発表皮用プライマ選定結果をTable 1に示す。水酸基またはカルボキシル基を付加したオレフィンプライマ

Table1 Evaluation of primer-coating

○:Good △:Fair ×:Poor

Primer-coating	Acid-modified orefine	Chlorinated orefine	Polyester-acylic polyisocyanate	
	1 component	1 component	2 component	
Top-coating	Polyurethane	Polyurethane	Polyurethane	
Activation	Non	Non	Corona treatment	Non
Storage stability	○	○	△	△
Adhesion	○	○	○	×
Solvent resistance	○	×	○	×
Colour changing after heat-aging	○	×	○	○
Vacuum formability	○	○	○	×
Judgement	○	×	△	×

は、塩素を付加したオレフィンプライマより変性度が極めて少ない。したがって、炭化水素系有機溶剤(石油ベンジンや揮発油など)への溶解度が低く、溶剤に対するタフネスがある。また、前者の酸変性プライマは後者の塩素変性プライマのように、熱エネルギーによる脱塩酸反応から生じるポリエン構造に起因した変色(黄変)がない。さらに、一液という扱いやすさも合わせて酸変性オレフィンプライマを選定した。

開発塗料を塗布した表皮の光沢角度依存性をFig.8に示す。開発表皮はインパネPVCの表面と同等の光沢値を得た。これにより、開発表皮の絞保持性が良いことに加えて、この塗装を合わせて採用することにより外観の向上が図れた。

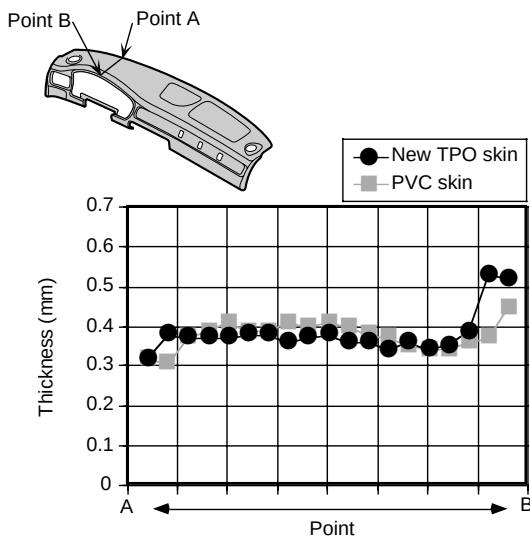


Fig.7 TPO thickness on the meter-visor

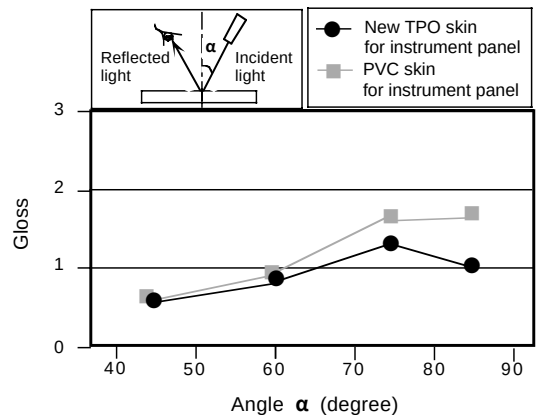


Fig.8 Gloss on the surfacer of varnish

Table 2 Physical properties of PP substrate

Properties	Unit	PP substrate
Tensile strength	MPa	27
Tensile elongation	%	50
Flexural modulus	MPa	2700
Flexural strength	MPa	40
Heat distortion temperature (18.6kg/cm ²)	°C	81
Izod impact strength (23°C)	J/m	260
Dupont impact strength (23°C)	N・m	15

5. PP基材

5.1. PP基材

従来の軽自動車やRV車などのソフトパッドがないインパネには、既にオレフィン材(PP)を採用しており、本開発でも同様の材料コンパウンド技術を採用した。

本開発で採用したPP基材の代表物性をTable 2に示す。タルク充填による耐熱剛性の確保と、オレフィン系エラストマブレンドによりパッド付きインパネ基材として必要な耐衝撃性の確保を行った。

5.2. PP表面改質処理

従来よりホンダではPP発泡体をスチレン系基材に貼るために、水系接着剤を開発し適用している³⁾。これは環境対応として工場から排出される溶剤量を削減するため

Table 3 Investigation of activation method

○:Good △:Fair ×:Poor

Items	Primer coating	Corona treatment	Plasma treatment	Flame treatment
Appearance	○	○	○	△
Wettability	○	△	○	△
Initial adhesion	○	○	○	○
Adhesion after heat aging	×	○	○	○
Investment	×	×	△	○
design capacity	○	×	○	△
Process cost	×	△	○	△
Organic solvent	×	○	○	○
Judgment	×	×	○	△

である。本開発ではこの接着剤を流用する方向で進めた。

従来よりPP基材に水系接着剤で接着させる際には、PP表面の極性が低いために、粘着などの分子間力に頼る接着手法が一般的であった。しかし、これらの手法はPP基材種の違いや、成形条件によるPP結晶化度の変化など不安要素のある表面に対して、前処理なしで接着強度を維持するのは難しい。また、インパネに求められる長期耐久性(湿熱老化性など)においても、化学的な結合を持たない手法に頼るには原理的に不安がある。

特に極性が低いPP表面の接着性発現をねらうためには、表面改質を行ない活性化することが必要である。また、接着剤が被接着面でぬれることが必要であり、その“ぬれ性”を調整することが必要条件のひとつである⁵⁾。一般的には、ぬれという条件が満たされていない範囲では、接着の良否はぬれの良否と並行関係にあると言われている⁵⁾。さらに、接着剤と被塗物との界面張力が極小のときに、最適な接着が得られるとも指摘されている⁵⁾。

表面活性化手法として検討した処理法比較結果をTable 3に示す。高く均一なぬれ指数が確保でき、安全性が高いことなどから酸素プラズマによる酸化処理を選択した。

Fig.9に検討したプラズマ装置の概略を示す。プラズマ処理は被処理物が誘電加熱されることのないマイクロ波プラズマを選択した。このシステムは、PP製自動車用パンパの塗装前処理で多くの採用実績がある。また、インパネはプラズマそのものに曝すのではなく、プラズマ中で発生させた活性ガスを処理室内に導入するダウンスト

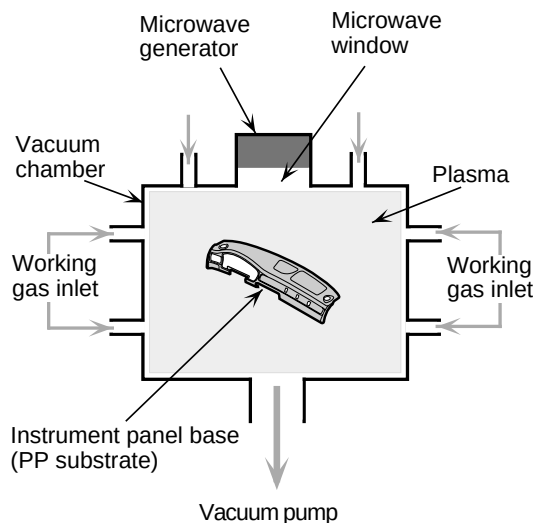


Fig.9 Plasma equipment

リーム法⁶⁾を用いることとした。インパネのような複雑な形状を問わず、裏面や微細な穴などへも均一に処理ができるこの方法により、PP基材表面と接着剤との「ぬれ性」が改善され、PP基材表面に付与された極性基と接着樹脂の極性基間での水素結合生成により接着力が発現すると考えられる。

Fig.10に酸素プラズマ処理による接着クリープ特性を示す。従来のスチレン系基材に比較してぬれ指数⁷⁾が大幅に向上し、安定した接着力が得られた。

マイクロ波プラズマでインパネ処理条件を検討した結果として酸素供給量とぬれ指数の関係をFig.11に、処理時間とぬれ指数の関係をFig.12に示す。酸素供給量と処理時間を調整することで、ぬれ指数の測定上限に近い57dyn/cmが均一に得られる。

6. リサイクル材

開発したインパネを丸ごと粉碎し、元のインパネ基材に再利用することを想定した材料物性検討結果をFig.13に示す。開発表皮に含まれるTPOなどがPP基材に混入す

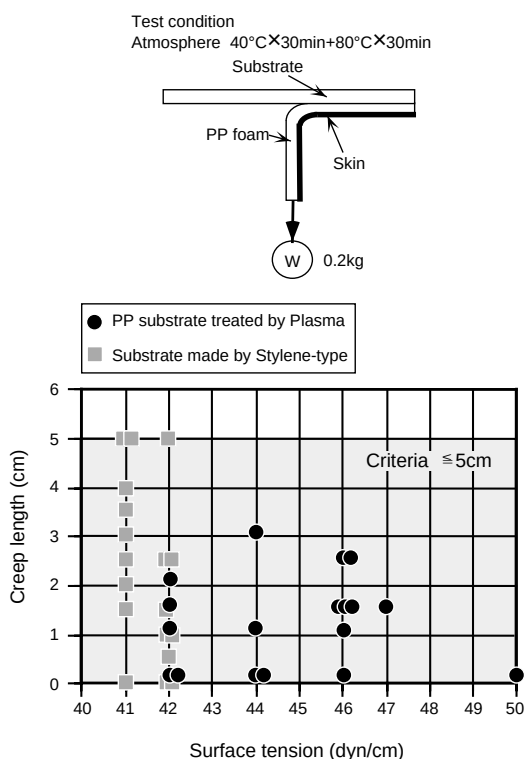


Fig.10 Initial creep

るため物性値の低下が生じる。なかでも、耐熱性の低下が顕著である。この対応として、タルクフィラを添加することでバージン材相当の耐熱性(熱変形温度)に回復させることができた。しかしその反面、衝撃性(アイゾット衝撃)が低下した。TPOは本来ゴムの弾性をもつ材料であるが、開発表皮の混入したインパネ粉碎品を50wt%量ブレンドしても衝撃改良効果は認められない。Fig.14にバージンPP基材とリサイクルPP材(丸ごと粉碎材を75wt%含有)のモルフォロジー写真を示す。バージンPP基材に含まれるオレフィン系ゴム成分は、成形流動によるせん断力を受け変形しているが比較的均一な分散を示す。これに対して、リサイクルPP基材には流動によるせん断を受けていない大粒径のゴム成分が介在している。これらの変形を受けていない大粒径のゴム成分は、開発表皮を構成する架橋TPOであると推測され、衝撃性向上が期待できない分散である。

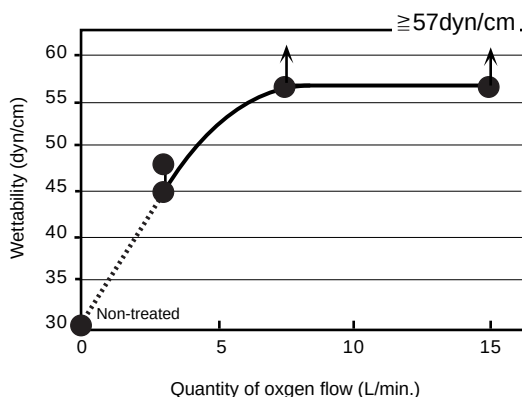


Fig.11 Wettability for quantity of oxygen flow

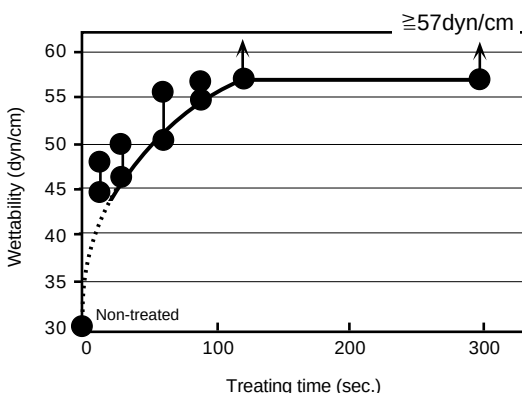


Fig.12 Wettability for plasma treating time

したがって、タルクフィラを添加することで低下した衝撃性は、オレフィン系エラストマの増量により回復でき、全体の物性バランスを確保した。その結果、バージンPP基材とほぼ同等の物性を得た。元のインパネ基材へ再利用する場合は、インパネ丸ごと粉碎材を75wt%含有したリサイクルが可能である。

7. クローズドリサイクル

Fig.15にインパネのリサイクルフローを示す。将来不要になったインパネは、マテリアルリサイクルとして理想的な姿であるインパネから元のインパネに再利用することが可能である。さらに、工場で生じた表皮端材についても他のPP部品へ基材としてリターンすることができ、従来避けることができなかった産業廃棄物の発生をゼロにする可能性を示した。

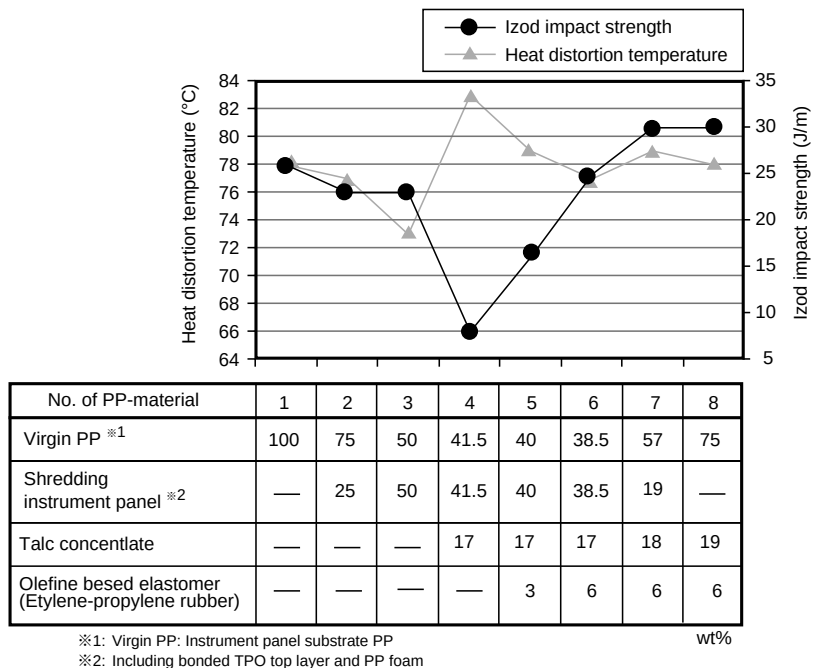
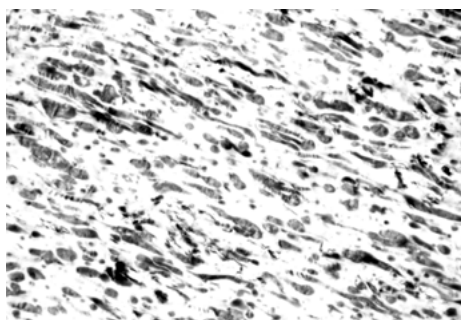
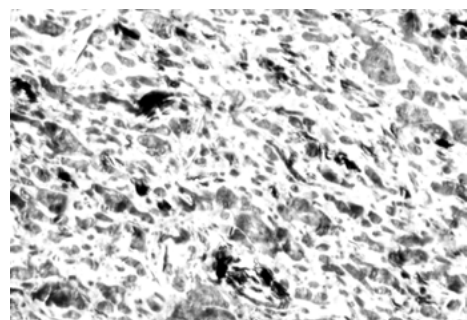


Fig.13 Physical properties of recycled PP



Virgin PP



Recycled PP

Fig.14 Transmission electron microscope photograph of the morphology

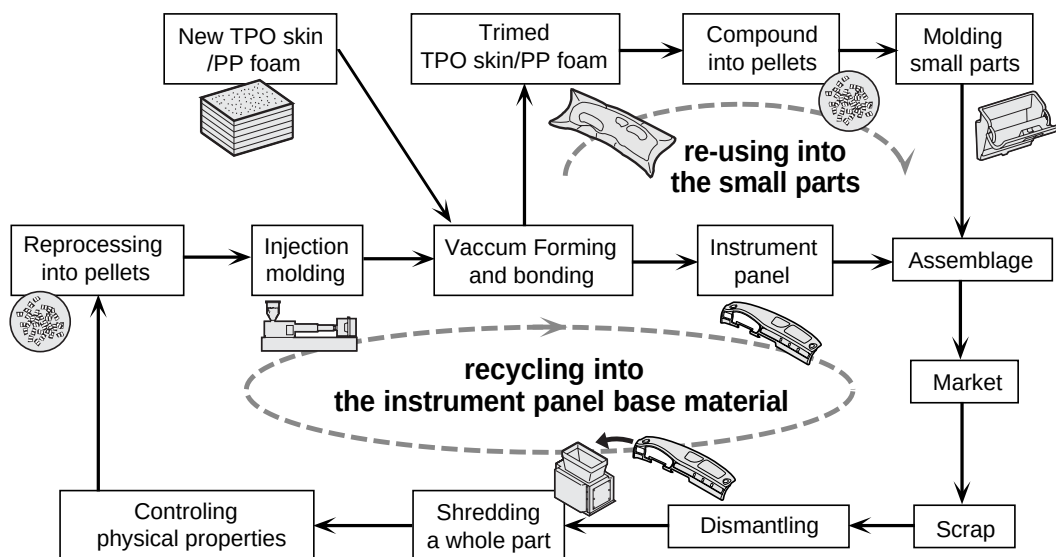


Fig.15 Closed recycle process

8. まとめ

ホンダ独自の真空成形貼り込みインパネの意匠性を保持しながらオールオレフィン化技術が確立でき、100%リサイクル可能なインパネが得られた。将来この技術により、従来必要とされていた材料の分離作業が不要となると同時に、インパネのクローズドリサイクルの可能性を示した。

- (1) TPOの架橋度とTPOを構成するPPマトリックスの融解温度を調整することで、表皮の良好な成形性を確保した。
- (2) TPO上の表面処理剤の密着性確保のために、親和性、伸び性に優れる新プライマを採用することで、成形追従性の良好な表面処理を開発した。
- (3) マイクロ波プラズマ処理により、PP基材表面の水系接着剤に対する“ぬれ性”を改良し、高い接着力を発現させた。
- (4) タルクフィラやゴム成分の添加により、元のインパネ基材ヘリサイクルできることを実証した。

なお、将来のリサイクル実現に向けて、解体が容易な構造設計の開発や、市場回収システムの構築などが今後の検討課題である。

参考文献

- 1) A. Takeuchi et al, 「Development of the Bumper-to-Bumper Recycling Technology」, SAE Paper, 960282
- 2) 熊谷駿夫 他、「インパネ用複合材料のリサイクル」、自動車技術、Vol.51 No.7, pp.3, 1997
- 3) M. Ohyama et al, 「Solvent-Free Adhesive Technology for Instrument Crash Pad Vacuum Forming」, SAE Paper, 950123
- 4) D. Susa et al, 「New Automotive Interior Surface Treatment」, IBEC, 1996
- 5) 佐藤弘三、「プラスチックの表面処理」、塗装工学、Vol.32 No.6, pp.238-239, 1997
- 6) 内藤 他、「エラストマーのプラズマ処理」、日本ゴム協会誌、Vol.70 No.6, pp.327
- 7) 「Testing Method of Wettability and Polyethylene and Polypropylene」 JIS K 6768, 1995

■ 著 者 ■



伊藤祐邦



本庄圭一