

ボデーパネル用 ABS/PA6 ポリマアロイの開発

Development of ABS/PA6 Polymer Alloy for Body Panel

竹 内 淳*
Atsushi TAKEUCHI

要 旨

車体の軽量化を目的にボデーパネル用樹脂材料として ABS/PA6 ポリマアロイを開発した。この材料はこれまで報告されている樹脂材料に比べて、①外観品質や②寸法安定性と耐衝撃強度とのバランスについて改良した材料である。外観品質は『ひけを許容する基準』を設定し、それを満足するように ABS 樹脂と PA6 の比率を調整した。ひけに効果的な ABS 樹脂の比率は 50% 以上であった。寸法安定性と耐衝撃強度とのバランスには充てん剤の種類や量が重要であった。目標の達成には粒径 $2\mu\text{m}$ のタルクが効果的であった。フロントフェンダでは鋼板製に比べて 45% の軽量化を達成した。

ABSTRACT

ABS/PA6 polymer alloy has been developed as a resin for body panels of vehicles. The aim is weight reduction of vehicles. This resin has improved surface appearance and balance between dimensional stability and impact resistance compared with resin reported thus far. "Sink Mark Evaluation Standard" was established for surface appearance, and the ratio of ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) resin and PA6 (Polyamide6) were adjusted to satisfy this standard. ABS resin ratio of 50% or more was found to be effective for sink mark. The filler type and amount were important for the balance between dimensional stability and impact resistance, and talc with a particle diameter of $2\mu\text{m}$ was found to be effective for the targets. Compared with steel panel product, this resin shows 45% weight reduction for the front fender.

1. まえがき

ボデーパネルの樹脂化については車体の軽量化を目的に 50 年以上も前から検討されている。古くはガラス繊維で強化された熱硬化性樹脂による FRP や SMC が採用されていた。最近では、材料技術の進歩やリサイクルに対する配慮から、非繊維強化の熱可塑性樹脂材料が採用されるようになってきている。

自社の既販車においては、フロントフェンダなどにポリカーボネート(以下 PC)/アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂(以下 ABS 樹脂)ポリマアロイ⁽¹⁾や、サイドシルガーニッシュなどにポリフェニレンエーテル(以下 PPE)/ポリアミド 6 (以下 PA6)ポリマアロイといった熱可塑性樹脂材料を採用してきた。他社では、ボデーパネル用の樹脂材料として、PPE/ポリアミド 66(以下 PA66)ポリマアロイや PC/ポリブチレンテレフタレート(以下 PBT)ポリマアロイなどの熱可塑性樹脂材料の報告がある⁽²⁾。

今回、従来に比較して、外観品質に優れ、線膨張係数と耐衝撃強度とをバランスさせた熱可塑性樹脂材料を開発し、ボデーパネルとして軽量化を図れたので報告する。

*栃木研究所

2. 開発の狙いと考え方

2.1. 軽量化と空力性能の追求

燃費目標を最優先とする車種の開発では、開発当初に定めた車体重量と空力性能の確保は必須である。一般的に、軽量化に最も効果のある材料は、比剛性からアルミニウムが第一である。

Fig.1 は等価面剛性を得るための軽量効果を示したグラフである⁽³⁾。鋼板を 100 としたときに樹脂材料は約 30%、ア

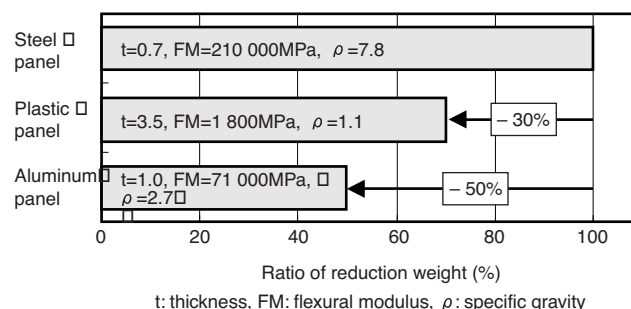


Fig.1 Weight reduction effect at equivalent surface stiffness

ルミニウムは約50%の軽量化効果が得られることを示している。

しかし、アルミニウムは成形加工の点で形状に制限があり、空力性能を満足するデザインを達成するためには、形状自由度に優れた樹脂材料を適材適所に使うことが有効である。Fig.2に示すような部品は樹脂材料の形状効果を出すことができる例である。

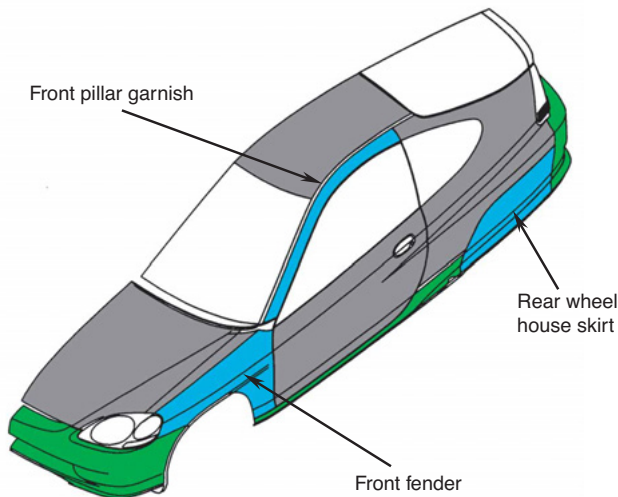


Fig.2 Application of plastic parts for body panel

2.2. 薄肉化による軽量化

設計技術から軽量化をとらえると、部品の薄肉化が考えられる。単純に板厚を薄くすると部品単体の剛性が低くなってしまうので、何らかの工夫が必要となる。

例えば、樹脂材料で構成された部品では薄肉化により、低くなった剛性を補強する手段として製品裏面にリブ構造が使われる。このリブによって部品の剛性を維持しながら、板厚をさらに薄くすることで軽量化できる場合がある。

しかし、この場合はリブが製品表面の外観意匠を損なうひけを発生させる原因ともなるため、設計には注意を要する⁽⁴⁾。

本開発では、ひけを定量化し外観商品性の判定基準を明確にすることで、リブを配置しても外観品質を満足する樹脂材料の開発を目指した。

2.3. 寸法安定性と耐衝撃強度とのバランス

樹脂材料は温度変化に伴う寸法変化が金属系材料に比べて大きい。したがって、寸法変化による部品の合わせ建て付けの品質低下を少なくするためには、線膨張係数が小さい樹脂材料が求められる。一般的に、線膨張係数を小さくする手法として、充てん剤の添加による手法が検討されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

しかし、充てん剤の添加は樹脂材料の耐衝撃強度を低下

させる原因となるので、本開発では線膨張係数と耐衝撃強度とを高次元にバランスさせた樹脂材料の開発を目指した。

3. 目標値の設定

3.1. ひけの定量化と判定基準

ひけの外観品質についてはこれまで明確な「ものさし」が無かったため、人の目視判定に頼るところが多く、個人差によるバラツキがあった。そこで、本開発では、外観商品性として許容できるひけの基準を定めることにした。

表面粗さ計を用いて成形品表面のひけを測定した結果をFig.3に示す。ひけを分類するために、ひけの深さ[V]と巾[H]を求めた。

Fig.3の分類手法にもとづき、様々なひけのサンプルを作製し、ひけの[V]と[H]を測定するとともに、これらのひけのサンプルについて50人のパネリストをそろえて目視による評価を行い、外観品質としてひけの目立ち方が許容できるかどうかを調査した。その結果から、「外観品質として許容する。」としたパネリストの割合が80%以上となった領域を『ひけを許容する範囲』とし、その境界線を『ひけを許容する基準』とした。求めた許容範囲とその境界線をFig.4に示す。境界線は、原点と巾[H]7mmと深さ[V]1 μ mを結ぶ直線で示される。

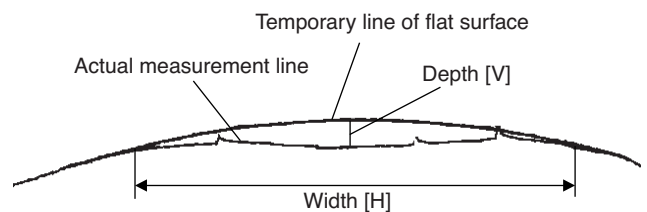


Fig.3 Surface profile of sink mark

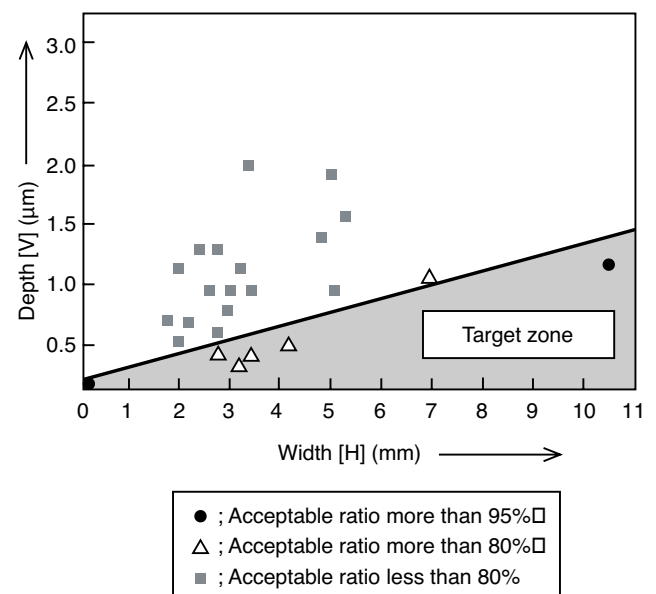


Fig.4 Distribution map of various sink mark profiles

3.2. 線膨張係数と耐衝撃強度とのバランス

Fig.2に示す部品の最大長、許容されるクリアランス及び環境温度として設定した上限値と室温との温度差から、それぞれの部品を成立させるための線膨張係数を Table 1 に示す。これらから、樹脂材料の線膨張係数の目標を $5.5 \times 10^{-5} \text{cm/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ 以下とした。

また、耐衝撃強度はフロントフェンダで実績のあるABS/PC ポリマアロイと同等の 50J 以上を目標とした。

Table 1 Limits of CLTE^{*)} for applied parts

NO.	Part name	Length□ (mm)	Allowable□ dimension□ change (mm)	Variation in□ temperature (deg.)	Limits of CLTE□ ($\times 10^{-5} \text{cm/cm} \cdot ^\circ\text{C}$)
1	Front fender	850	2.5	50	5.8
2	Front pillar garnish	1 450	4	50	5.5
3	Rear wheel house skirt	700	2	50	5.7

*)CLTE: Coefficient Linear Thermal Expansion

4. ABS/PA6 ポリマアロイ

4.1. ABS/PA6 ポリマアロイの選定理由

射出成形による樹脂材料の成形では金型内に注入された溶融樹脂は、接触している金型から熱を奪われ冷却固化し成形品として取り出される。リブ構造がある成形品の場合、一般面とリブの部位とでは断面で見ると板厚が違うので熱容量が異なる。したがって、溶融した樹脂が冷却、固化する際に速度差が生じるため、これが体積収縮量の差となり、ひけとなって表面に現れると考えられている⁽⁷⁾。

したがって、ひけに対して有利な樹脂材料は冷却速度差の影響を受け難く、体積収縮量が小さい樹脂材料と言われている⁽⁴⁾。体積収縮の量は非晶性の樹脂材料が小さい。本開発では非晶性樹脂材料の中で、はん用かつ安価な材料のABS樹脂を基本に材料開発を進めた。

ABS樹脂は自動車の内外装樹脂部品に広く使われてきた材料であるが、ボデーパネル用途としてとらえると耐薬品性、耐衝撃性、寸法安定性などが不十分である。そこで、他の樹脂材料と組み合わせて、これらの材料性能の改良を検討した。

ABS樹脂と組み合わせる樹脂材料としては、PC、PBT、PA6を候補とした。候補材料の特性を Table 2 に示す⁽⁸⁾。

PCは非晶性樹脂材料のため、耐薬品性の改良が難しい。

Table 2 Basic data of plastics

	PC	PBT	PA6
Chemical resistance□	Poor	Good	Good
Specific gravity□	1.2	1.4	1.1

PBTはポリエステル系の樹脂で、それ自体の比重が大きく軽量化には不利となる。これらから、耐薬品性に効果的で比重が小さいPA6をABSと組み合わせる成分として選定した。

ABS樹脂とPA6とを混合したときの材料形態のTEM(透過型電子顕微鏡)観察結果を Fig.5 に示す。黒く染色された部分がABS樹脂である。単純に混合しただけでは(a)のように相分離してしまうので、ABSとPA6の相互に作用する相溶化剤を添加し(b)の形態のように均一に微分散したポリマアロイとなる処方を活用して、ボデーパネル用途として性能を改良することにした。

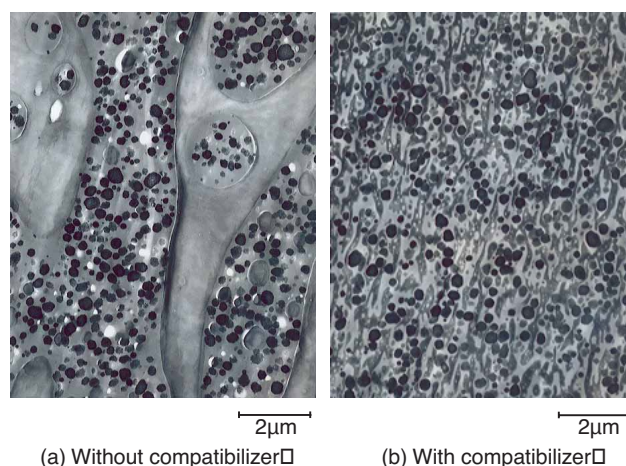


Fig.5 TEM photographs of ABS + PA6 mixture

4.2. ひけへの影響

ABS/PA6ポリマアロイのひけへの影響について、一般板厚 2.5mm、リブ根本 1.25mm のテスト金型を用いて検討した。検討した樹脂材料はABS/PA6ポリマアロイのABS樹脂とPA6の比率をABS/PA6=70/30, 50/50, 40/60と変更した材料を用いた。比較材料としてバンパ、インストルメントパネル基材に使われるポリプロピレン(以下PP)及び、ボデーパネル用途の樹脂材料として実績のあるPPE/PA66ポリマアロイを用いた。テスト金型で成形したサンプルのひけの[V]と[H]の測定結果を Fig.6 に示す。

ABS/PA6ポリマアロイでABS樹脂の比率が50%以上の組成において、前述したひけの基準を満たし、ひけの外観について効果的であることがわかった。これに対して、PPやPPE/PA66ポリマアロイはひけ深さが大きく基準を満足しなかった。

4.3. 線膨張係数と耐衝撃強度との高次元バランス

ABS/PA6ポリマアロイに無機鉱物フィラのタルクを添加し、線膨張係数への影響を検討した。タルクの粒径は2μm, 4μm, 10μmの3種類を選んだ。粒径と添加量を変化させ、それぞれの組成について線膨張係数を測定した。その結果を Fig.7 に示す。

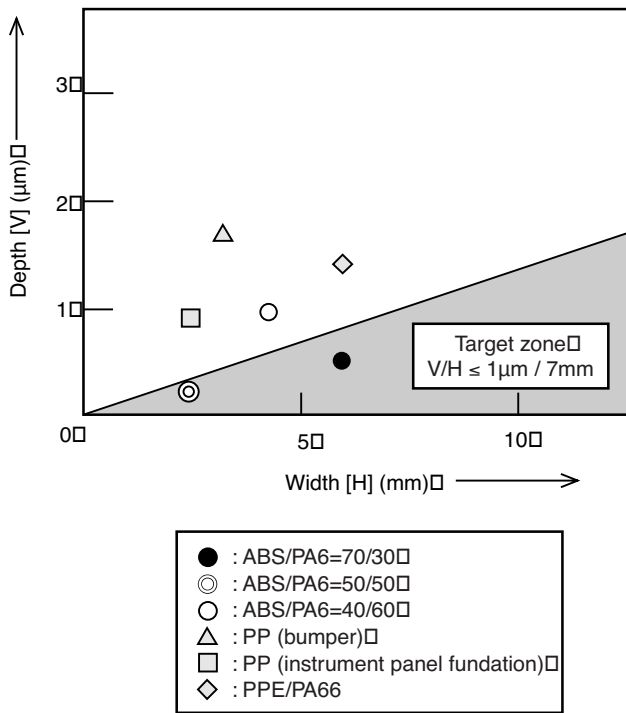


Fig.6 Test result of sink mark measurement

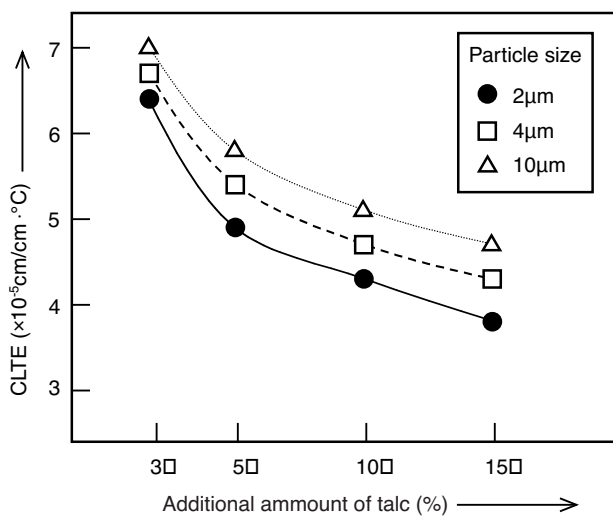


Fig.7 Effect of particle size of talc on CLTE

タルクの粒径が小さく、添加量が多くなるほど線膨張係数は小さくなることがわかった。特に粒径が2μmのタルクは他の2種に比べて線膨張係数に有効だったので、このタルクに焦点を当てて検討を進めることにした。

粒径2μmのタルクの添加量を変化させたときの耐衝撃強度と線膨張係数への影響についての結果をFig.8に示す。既販車で採用したABS/PCポリマアロイの物性についても比較として、Fig.8中に合わせて示した。

線膨張係数と耐衝撃強度には正の相関が見られた。ボデーパネル用の樹脂材料として、物性目標は線膨張係数が

$5.5 \times 10^{-5} \text{cm/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ 以下で、耐衝撃強度が50J以上という材料を目指すことから、図中の矢印の組成をボデーパネル用のABS/PA6ポリマアロイの基本とした。

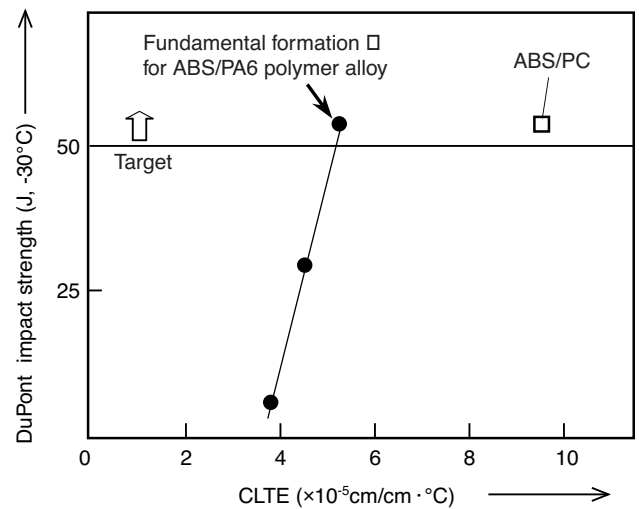


Fig.8 Relationship between DuPont impact strength and CLTE

5. ABS/PA6 ポリマアロイの性能

これまでの結果から、ABS/PA6ポリマアロイでABS樹脂の比率が50%以上、粒径が2μmのタルクという材料組成にもとづいて検討を進めた。さらに、耐薬品性及び成形性についてABSとPA6の比率、構成成分の分子量などを検討し、それらを最適化することによって、目標性能を有するABS/PA6ポリマアロイを得た。その基本性能をTable 3に示す。

Table 3 Typical properties of ABS/PA6 polymer alloy

Properties	Typical value
Specific gravity	1.1
Tensile strength	40MPa
Flexural strength	60MPa
Flexural modulus	2 200MPa
DuPont impact strength□ (at -30°C)	53J
Coefficient linear□ thermal expansion	$5 \times 10^{-5} \text{cm/cm} \cdot ^\circ\text{C}$

6. 部品性能

部品性能について検証した結果から以下を紹介する。

6.1. 部品の成形外観に及ぼすリブひけの影響

大型成形品に設定したリブによるひけの外観について、バラツキを含めて評価するため、Fig.9(a)の試作品を用いて検討した。試作品は、1000mm × 800mm の大きさで、一般板厚は可変とした。

試作品の裏面に根本 0.8mm、リブ交点が 1.25mm の格子状のリブを 100mm 間隔で設けた。一般板厚を 3.0mm、2.5mm、2.2mm と変化させ、それぞれの板厚で、格子の交点部及び交点との間の直線部のひけを測定した。

ひけの測定には前述の手法で深さ [V] と巾 [H] を求めた。ひけを許容する基準は先に述べたように、巾 [H] が 7mm の時、深さ [V] が 1 μ m 以下であるので、測定した [V] を巾 7mm に換算し測定結果を整理した。測定結果の平均値と最大、最小値を Fig.9(b) に示す。

Fig.9(b) のグラフから一般板厚が 2.5mm で、リブ根本が 0.8mm の交点の無い直線のリブが成形品全体のバラツキを

含めて外観品質を許容できるリブであることがわかった。

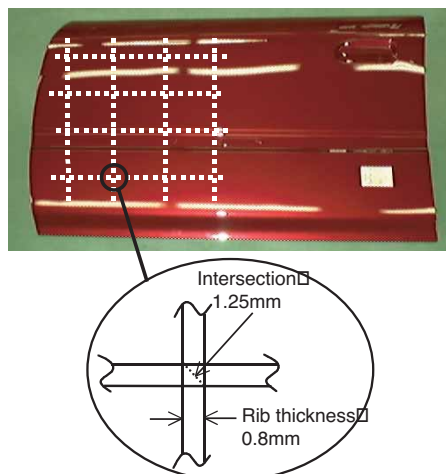
6.2. 環境温度条件による外観商品性への影響

環境の温度変化による合わせ建て付けへの影響を確認するため、次のような試験を行った。代表としてフロントフェンダの結果を示す。

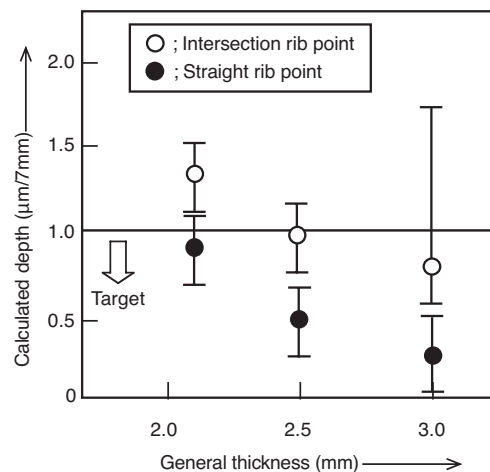
フロントフェンダに環境温度条件の高温として、55℃の雰囲気下で赤外線ランプを照射して、フェンダの表面温度が 74 ± 2℃ となるように設定し 4 時間以上経過後の寸法変化を測定した。寸法変化の基準にはボンネットフードを用い、Fig.10(a) に示した 7ヶ所について測定した。次に、低温として雰囲気を -30℃ に設定し、4 時間以上経過後に高温と同様に寸法変化を測定した。

それらの結果を Fig.10(b) に示す。フロントフェンダの部位 a に設定された伸びの許容寸法は 2mm、部位 g の許容寸法 0.5mm に対して、高温時の最大寸法変化は部位 a で 0.5mm を示し、寸法変位は許容範囲内であった。

この結果から、線膨張係数の小さい ABS/PA6 ポリマアロイの効果が確認できた。



(a) Rib arranged model and rib design



(b) Evaluation result of sink mark

Fig.9 Sink mark appearance evaluation using rib arranged model

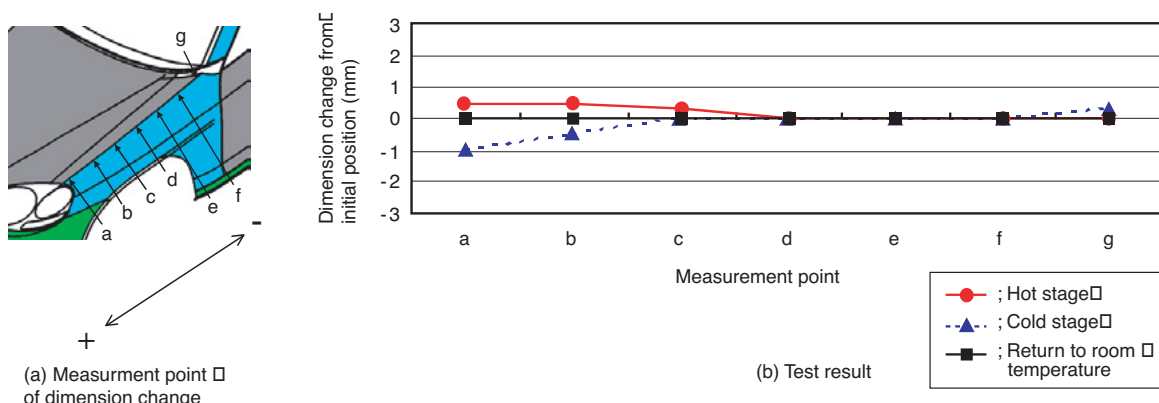


Fig.10 Hot-cold cycle test of front fender

6.2. 低温での耐衝撃性能

一般的に、樹脂材料は低温になるほど耐衝撃強度が低下する。実使用領域として考えられる低温雰囲気中(−30℃)で耐衝撃性能について確認した。

フロントフェンダを装着した車体に振り子式に鋼球を当て、その時の変形や割れなどから耐衝撃性を評価した。衝撃を加えた部位を Fig.11 に示す。鋼球の重さは 4 kg、高さ 50cm とした。

Fig.12 に耐衝撃試験結果を示す。試験したフロントフェンダはABS/PA6ポリマアロイ製と鋼板製の2種とした。試験結果の評価には、変形面積の大きさを指標として用いた。

鋼板製フェンダは変形面積が非常に大きく、交換を必要とする程度の変形量となった。一方、ABS/PA6ポリマアロイ製のフェンダは、−30℃雰囲気中でも割れや大きな変形も無く、フレキシブルな樹脂材料の優位性を十分に備えていた。

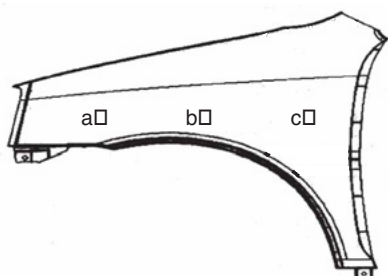


Fig.11 Impact test point of front fender

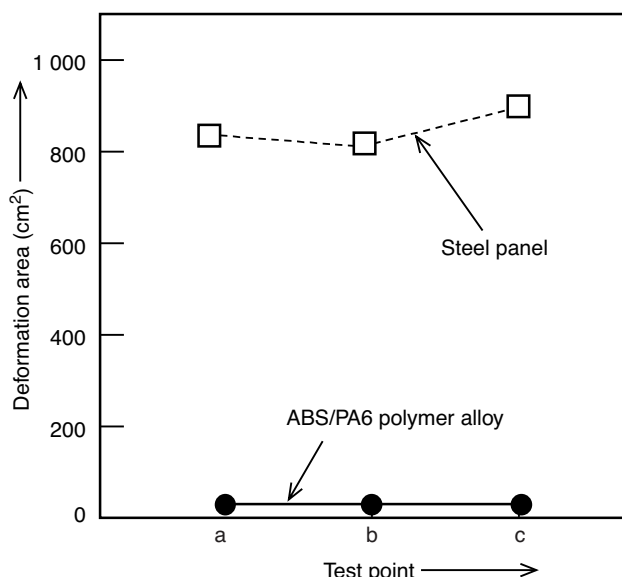


Fig.12 Comparison of deformation area between ABS/PA6 polymer alloy and Steel panel

7. まとめ

車体の軽量化技術として、ボデーパネル用のABS/PA6ポリマアロイを開発した。この材料はリップを配置したときのひけや環境温度変化に伴う寸法変化について検討し、物性を改良した材料である。

を改良した材料である。

ひけには非晶性材料のABS樹脂の特徴を生かし、寸法安定性は充てん剤の種類・量を適正化し、線膨張係数と耐衝撃強度との高次元バランスを達成できた。

本開発で明らかにした内容を以下に示す。

- (1) ひけを許容する基準は、ひけ深さ [V] $1\mu\text{m}$ / ひけ巾 [H] 7mm 以下であった。
- (2) ひけに対して有効なABS樹脂の比率は50%以上であった。
- (3) 線膨張係数に効果的で、耐衝撃強度とをバランスさせるタルクの粒径は $2\mu\text{m}$ であった。

ABS/PA6ポリマアロイ製のフロントフェンダは、一般板厚2.5mmt、製品重量1.17kg/個で、鋼板製のフロントフェンダと比べて45%の軽量化を達成した。

8. 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いただいた日本エイアンドエル(株)、住友化学工業(株)、ならびにホンダエンジニアリング(株)の関係者の方々に深く感謝の意を表します。

9. 参考文献

- (1) Fujimori, Y. et al., SAE Paper 840267
- (2) Polyfile, No.1, p.15-26 (1999)
- (3) 藤森義次, 大庭敏之ほか, これからの自動車材料・技術—プラスチック材料編一, 東京, 大成社, 1998, p.72-81
- (4) プラスチック加工技術便覧編集委員会, プラスチック加工技術便覧, 東京, 日刊工業新聞社, 1984, p.167-177
- (5) 武田邦彦ほか, エンジニアのためのプラスチック材料工学, 東京, (株)シグマ出版, 1997, p.73
- (6) 中條澄, エンジニアのためのプラスチック教本, 東京, (株)工業調査会, 1997, p.107-112
- (7) プラスチック成形加工用語辞典編集委員会, プラスチック成形加工用語辞典, 東京, (株)工業調査会, 1990, p.400
- (8) (社)日本塑性加工学会, プラスチック成形加工データブック, 東京, (社)日本塑性加工学会, 1988, p.9

■ 著 者 ■



竹内 淳