

磁着補強材の開発

Development of Magnetic Stiffener

谷口 正 将*

Masanobu YAGUCHI

要 旨

作業性向上、適用範囲の自由度向上を目的とし、磁着補強材の開発をおこなった。作業性を向上させるためには離型紙なしでかつ人の力での圧着工程が不要になるような仮保持機能が必要となる。これらを成立させる手法として粘着力のない樹脂材料の選定と樹脂層内にフェライト粒子を混合し着磁させることにより達成した。また量産工程での脱落が無いように最適な磁力量の見極めをおこない、本来の機能である補強性を両立した材料設計をおこなった

ABSTRACT

A magnetic stiffener was developed to enhance workability and increase the degree of freedom in its range of application. A tentative holding function that does not use release paper and does away with the need for a human-powered press-bonding process is needed to enhance workability. This feature was achieved by selecting non-sticky resin materials, and by mixing ferrite particles into and magnetizing the resin layer. In addition, the optimum magnetic force was ascertained in order to help prevent drop-out in the mass production process, and material design was performed to also simultaneously achieve conventional reinforcement performance.

1. はじめに

板金補強材は自動車のドア、フード、トランク等に代表されるアウト部品に対して局部的に面剛性が不足している部分に貼り付けて剛性を確保する材料である⁽¹⁾。歴史的にはアウト部品の面剛性シミュレーション技術が発達していなかったこともあり、予測値と実車測定値との細部の相関がとれず、さらには構造対応もとれない時に板金補強材で対応をおこなっていた。しかし、近年の車体軽量化のニーズによりアウト部品の板厚はさらに薄くなり、部分的な面剛性の要求箇所が多くなってきているため、現在では初期設計段階より適用されていることが多い。

一般的な板金補強材の構成は Fig. 1 に示すように補強性能、ひずみ緩和を担うガラスクロス、補強性能、硬化前の仮保持性と硬化後の接着性を担う樹脂層、そして離型紙の三

層構造になっている。作業方法としては離型紙を剥がし、目標位置に合わせ空気が入らないように張り合わせた後、ローラ等による圧着治具にて貼付を完了する。昨今の環境、作業負荷軽減(エルゴノミクス)の観点より、作業時間を要する圧着操作の排除、クリーンファクトリでゴミを削減するために離型紙の排除、またさらなる軽量化に伴う上記以外のアウト部品の板厚削減も今後予想されるため使用量は年々増加傾向にあることより、作業負荷軽減のため上記ニーズに合った材料開発が求められている。



Fig. 1 Structure of stiffener

*四輪開発センター

2. 開発目標の設定

板金補強材は Fig. 2 に示すように、自動車製造時のアウタ部品を接合する溶接工程で貼り付けられ、防錆、塗装処理をおこなう化成工程内の熱源にて硬化させる。主機能である硬化後の補強性能を満足することはもちろん、硬化前では容易に貼り付けができ仮保持が可能な状態で、脱落無く化成区工程で硬化完了する材料でなければならない。そこで、板金補強材を開発するにあたり以下二項目を開発目標とした。

- (1) 離型紙が排除できること
- (2) 溶接区での貼付から化成区での硬化焼付までに脱落なきこと

3. 材料設計の考え方

従来材料の樹脂層成分の材料組成を Fig. 3 に示す。基本仕様として主機能である補強性能が確保できるように、従来の樹脂、硬化剤をベースに配合検討をおこなうこととする。特に増量剤として使用されている充填剤に機能付加をさせることで目標達成が可能にできるような材料設計を検討する。

3.1. 離型紙排除の考え方

従来の板金補強材の樹脂成分はエポキシ樹脂や SBR や BR ゴムの混合体もしくは単体を用いた系が多く⁽²⁾、これらの物性で硬化前の粘着力と硬化後の接着性と補強性能を発揮させていた。離型紙を無くすためには樹脂層の粘着力を無くす必要があり、これらを満足する材料の選定が必要となる。従来材料では液状ゴムを用いることで硬化前の粘着性を発揮していたことから固形ゴムを選定することで粘着

力を無くすることが可能になると考える。

3.2. 硬化前の脱落保障の考え方

3.2.1. 仮保持方法

粘着力に変わる仮保持ができる方法を検討する。粘着力以外で防錆油やプレス油等が付着した鋼板に仮保持する方法として

- (1) 自動車ボデーの大半が鉄材料を用いられていること
- (2) 作業者の負荷低減(自動化)

という観点より磁力での検討をおこなうことにする。樹脂硬化物に対して磁力を発生させる方法としてはフェライト粒子の添加が一般的であり⁽³⁾、先に述べた充填剤成分をフェライトに置き換えることで硬化前の仮時保持が可能になると考える。

3.2.2. 着磁力設定

着磁のメカニズムについては Fig. 4 に示す。樹脂層内に分散したフェライト粒子は永久磁石等による着磁器により配向をすることで磁化される。フェライト自体比重の高い原料であるため、添加量増加により高磁力を発現できるが自重により耐衝撃性能や補強性能に影響がでる可能性がある。少添加量で高磁力を発現させるためにフェライト種類を表面積の大きい小粒径タイプの採用や、磁化容易軸をそろえる手法により高磁力の発現が可能になると考える。

3.2.3. 消磁タイミング

硬化後の磁力は不要であることより硬化時に物理的に配向を崩すことで消磁可能と考える。消磁よりも接着力が先に発現しないと脱落が発生してしまうため消磁と硬化後の接着とのタイミングが重要となる。解決手法としては発泡させることにより配向を崩し消磁可能に、また発泡は接着力が発生した後に開始させることで硬化中の脱落防止が可能になると考える。

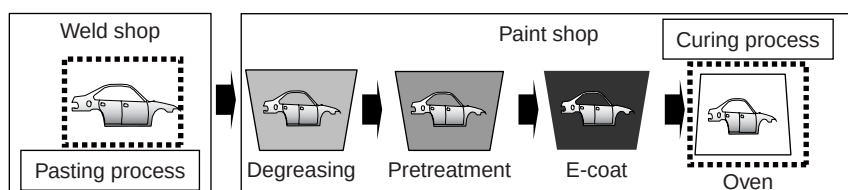


Fig. 2 Automotive product process

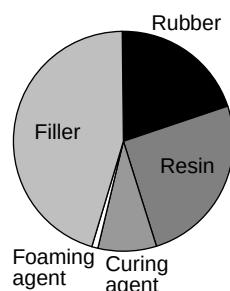


Fig. 3 Material formulation

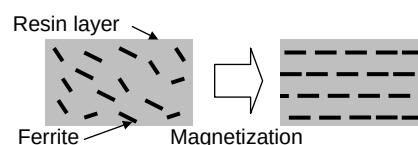


Fig. 4 Mechanism of generating magnetism

4. 評価方法

4.1. 補強性能

補強性能の評価は Fig. 5 に示すような三点曲げ試験を採用した⁽⁴⁾。補強性能は Fig. 6 に示す荷重、変位曲線を求め 2 mm 変位時の荷重値とする。なお環境耐久後の測定も同様の条件でおこなった。環境耐久条件は Table 1 に示す。

4.2. 耐衝撃性能

耐衝撃試験は Fig. 7 に示す試験機を用いた一般的な試験方法であるスラミング試験を採用した⁽⁵⁾。試料をスラミング試験機に設置し 10 度から衝撃を与え、剥がれ、ずれが生じなければ同じ角度で繰返し 10 回まで衝撃を与える。この間に上記現象がなければ角度を 10 度上げ同様の試験をおこなう。剥がれ、ずれが生じた衝撃角度および回数を衝撃値とした。

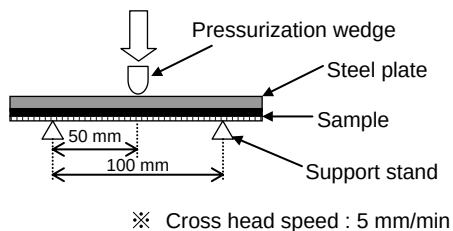


Fig. 5 Three-point bending test

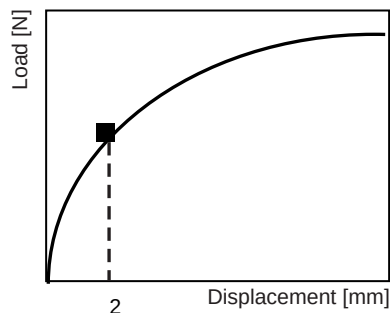


Fig. 6 Load-displacement curve

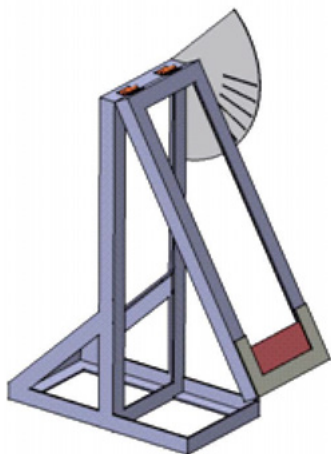


Fig. 7 Slamming test machine

Table 1 Test conditions

Durability item	Conditions
Heat resistance	100 °C
Water resistance	50 °C warm water
Humidity resistance	50 °C 95%Rh

4.3. 磁力測定

磁力測定に関してはガウスメータ(電子磁気工業株式会社製 T-301 本体 GM-301 相当品)にておこなった。材料の着磁面側を着磁方向の横方向にガウスメータのプロープをなぞらせ、そのときの最大磁力を測定した。

4.4. VOC 測定

揮発性有機化学物質(Volatile Organic Compounds : VOC)測定に関しては(社)日本自動車工業会の測定方法^{(6), (7)}をベースに測定方法を決定し実施した。

5. 結果と考察

5.1. 粘着力の無い樹脂層設計と補強性能

前述の通りゴム成分を液状タイプから固形タイプへの変更をおこなうことで粘着力の無い樹脂層を可能にした。また環境耐久後の補強性能低下が著しくおこらないようにゴム成分はブタジエンゴムのままとした。開発材料の配合組成を Fig. 8 に示し、従来材料と開発材料の補強性能の試験結果を Fig. 9 に示す。開発材は環境耐久項目を含め従来材に比べ性能の低下が確認されなかった。これは補強性能低

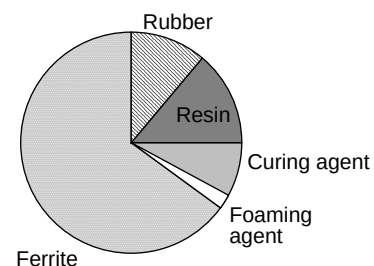


Fig. 8 Material formulation

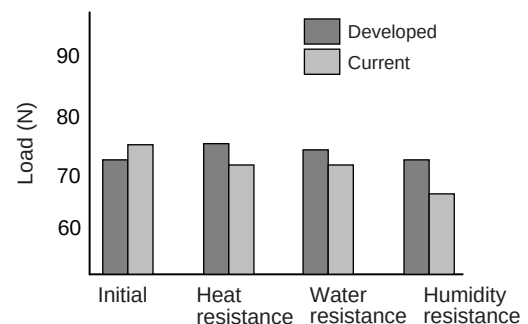


Fig. 9 Reinforcement performance

下の影響を受ける樹脂層成分の絶対量が開発材の方が少ないために経過時間における環境耐久影響を受けにくくなっているものと考えられる。

5.2. 磁力設定

フェライト含有量を検討した結果をFig. 10に示す。高磁力発現のためにはフェライトを増量する必要があるが、フェライト量の増加と共に相対的な樹脂成分量が減少するため補強性能の低下につながる。また従来材に配合されている充填材量(45wt%)のフェライト添加では耐衝撃性能を満足する磁力が得られないことがわかった。よって少添加で高磁力発生をねらいフェライト種の検討をおこなった。結果をTable 2, 3に示す。全体的な磁化表面積が大きくなる小粒径材料の方がより磁力が大きくなり大粒径材料は磁力が小さくなると予想したが、結果いずれも変化はなかった。これは磁力測定を最大磁力のみ測定しているため同等量のフェライトを添加している限り最大磁力の変化はないものと考えられる。グレードの差については一般的に異方性フェライトを用い酸化容易軸から着磁することで磁力が強くなるといわれており⁽⁸⁾、樹脂材料内に分散されているフェライトを複数回圧延することで酸化容易軸揃えてやり高磁力の発現をねらったが、等方性フェライトとの差は発現しなかった。これは樹脂層が剛体であるため樹脂層内でのフェライトの配向移動が自由に起こらなかったものと考えられる。以上よりフェライトの選定は汎用性を重視し1.2 μ 粒径の等方性フェライトを選定するとともに、フェライトの配合量は衝撃性を満足する65%以上に設定した。耐衝撃性能を満足する領域で補強性能向上の検討をおこなった。

5.3. 補強性能の向上

補強性能を向上させる手法として硬化後の厚みを増加させる検討をした。Fig. 11に発泡倍率について検討した結果を示す。発泡倍率を向上させることで硬化後の厚みを増加させ補強性能の向上を期待した。発泡倍率の上昇につれて

Table 2 Influence of ferrite particle diameter

Particle diameter (μ m)	Magnetism (mT)	Impact resistance
1.0	13	30 deg, 1 time
1.2	13	30 deg, 1 time
2.8	13	30 deg, 1 time

Table 3 Influence of ferrite kind

Ferrite kind	Magnetism (mT)	Impact resistance
Isotropy	13	30 deg, 1 time
Anisotropy	13	30 deg, 1 time

補強性能の向上が確認でき、また全ての水準において耐衝撃性能も満足することができた。しかし、焼付時に脱落してしまう事象が発生した。これは前述で示した焼付時の消磁と接着力発現のタイミングの差によるものと考えられる。発泡剤の種類によってこのタイミングの差が生まれることより発泡剤の選定をおこなった。Fig. 12に発泡剤AとBの磁力消失と接着力発現の関係を示す。自重を支えるのに必要な最低磁力は5mTである。図より低温発泡タイプの発泡剤Bを用いた系では発泡開始が早いいため消磁速度が鋼板への接着開始よりも速くなり脱落に至っていることがわかる。高温発泡タイプの発泡剤Aを用いた系では磁力が5mTになるまでに十分な接着力が発現している。よって発泡剤はAを採用し補強性能の向上手法は硬化前の材料厚みを増加さ

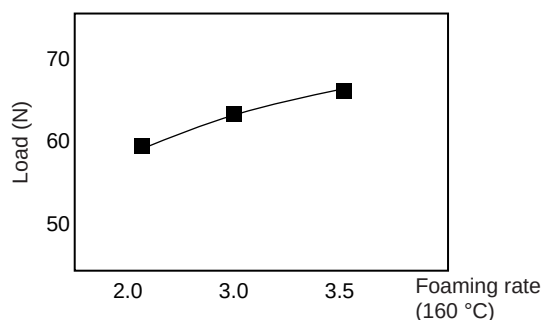


Fig. 11 Influence of foaming rate

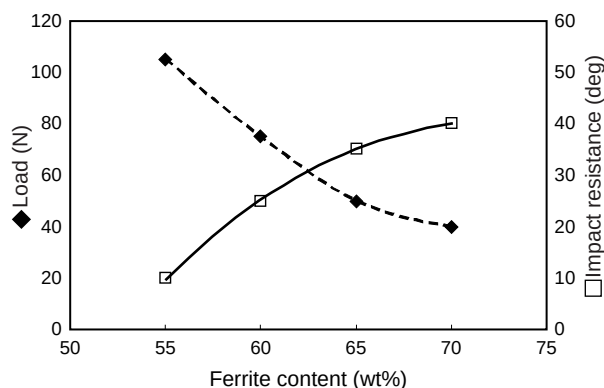


Fig. 10 Influence of ferrite content

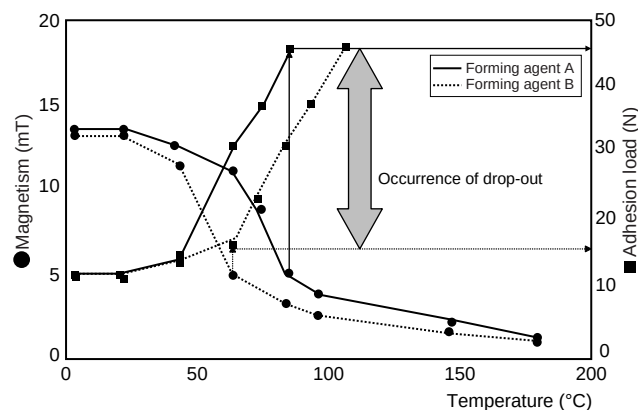


Fig. 12 Magnetism-load curve

せることにした。Fig. 13に硬化前材料厚みについて検討した結果を示す。結果、補強性能を満足する最低樹脂層材料厚みは 0.8 mm であり、厚み設定を 0.8mm とした。

5.4. 化成区流動における影響

量産では化成区工程で硬化するまでに温水(40℃)による水洗、薬液による前処理、電着による通電等の化学的、物理的な要素を受け、磁力への影響が懸念される。開発材料の耐衝撃性試験結果を Table 4 に示す。結果、化成区流動による消磁は確認されなかった。温度に関しては前述の通り、消磁は 50℃付近より開始するため 40℃付近では消磁がおきなかったと考えられる。また酸、アルカリ等の薬液や通電による磁力の低下が確認されなかったのは、着磁メカニズム項で記述したとおり、磁力発現はフェライトの配向移動でおこなっており、硬化後の発泡による物理的に配向をくずす以外に磁力の消失はみられないためと考えられる。

5.5. VOC 測定結果

板金補強材はアウト部品に使用されているが今後の適用拡大を考慮して測定と対策をおこなった。開発材料、従来材料の VOC 測定結果を Fig. 14 に示す。ホルムアルデヒドを除き従来材と開発材は同程度の測定値を示す。これは樹脂層の有機成分に変更が無いことより揮発物の増減に寄与しなかったものと考えられる。ホルムアルデヒドに関して従来材はガラスクロス成形時にメラミン樹脂を用いており、

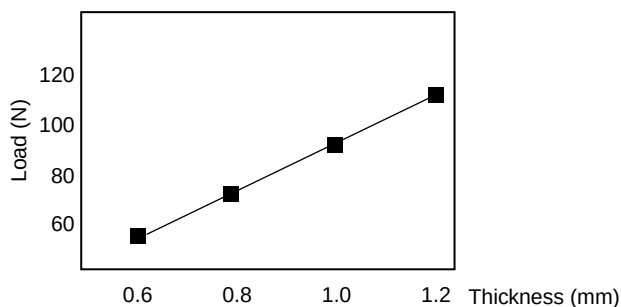


Fig. 13 Relation between thickness and load

Table 4 Impact resistance test

Process	Magnetism (mT)	Impact resistance
Degreasing	13	30 deg, 1 time
Pretreatment	13	30 deg, 1 time
E-coat	13	30 deg, 1 time

メラミン樹脂製造に残存するホルムアルデヒドが製品にも残存することがわかった。開発材ではメラミン樹脂からアクリル樹脂に変更することでホルムアルデヒドの発生を抑制している。

6. 実車確認結果

開発材料を実車に貼付けた状態にて溶接区での部品接合時の衝撃や溶接区から化成区へ移動する際にボデーを吊り上げハンガより移載する時の衝撃、化成区での前処理工程における水激等を全て含めた検証をおこなった。貼付部品および貼付箇所を Fig. 15 に示す。その結果、硬化前後のずれ、脱落は無くひずみ等による商品性の欠落も無く問題無い結果となり、外板剛性は実車要件を満足していることを確認した。補強性能、耐衝撃性試験で定めた開発材料が量産条件に適していることが確認された。



Fig. 15 Application part and position

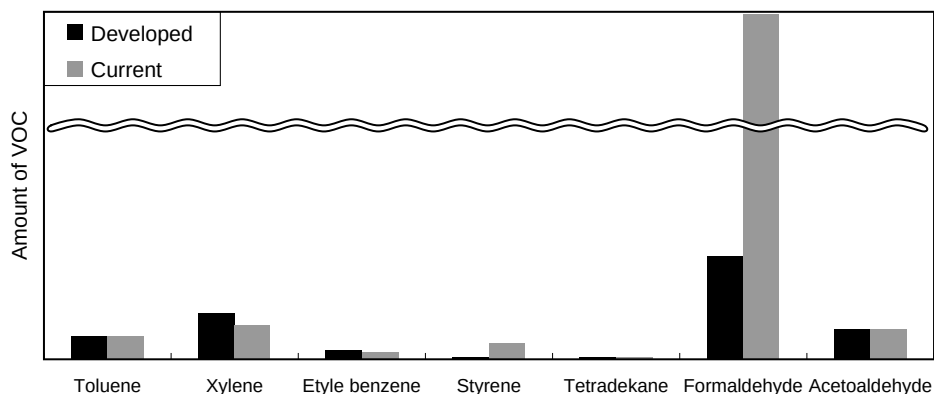


Fig. 14 VOC measurement result

7. まとめ

離型紙無く圧着操作不要の作業性を向上させた新規板金補強材の開発をおこない以下の結果を得た。

- (1) ブタジエンゴムを液体から固体系へ変更することで粘着力の無い樹脂層設計をおこない、離型紙を排除することを可能にした。
 - (2) フェライト配合比の検討および発泡剤の導入により、耐衝撃性能と補強性能を両立する材料設計を可能にした。
- またこの新規開発の磁着補強材は 2008 年販売の欧州アコードのフードに適用されている。

参考文献

- (1) 特開平 4-80279
- (2) 特開平 7-68695
- (3) フィラー研究会編：機能性フィラー総覧，テクノネット社，p.45-49(2000)
- (4) 自動車規格，車体用シール剤，JASO, M323-86，(社)自動車技術会(1986)
- (5) 日本工業規格，JIS，K7211，(財)日本規格協会(1999)
- (6) 社団法人日本自動車工業会：車室内 VOC 低減に対する自主取り組み，(社)日本自動車工業会ニュースリリース(2005)
- (7) 社団法人日本自動車工業会：車室内 VOC 低減に対する自主取り組み，JAMA レポート，No.98(2005)
- (8) TDK 株式会社：With フェライト，p.154-155，日刊工業新聞社(1986)

■著 者■



谷口正将