

(技術資料)

自動車用潤滑鋼板「R2 コート」の特性

Properties of “ R2 Coat ” Lubricant Film Coated Steel Sheets for Automobiles



入江広司
Hiroshi Irie



山本貴之
Takayuki Yamamoto



茂 博雄
Hiroo Shige

“ R2 Coat ”, an organic lubricant film coated galvanized steel sheets for automotive use, was developed. Important “ R2 Coat ” properties included a remarkably low friction coefficient (compared with inorganic lubricant films). As a result, the margin to fracture at forming increased for mild steels and high tensile strength steel sheet. Despite the reduced steel sheet quality resultant from other property improvements, the lubricant film could be removed with an alkaline degreasing process, and the materials phosphatability and the paintability were comparable to that of galvanized steel sheet.

まえがき = 合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (以下 GA) は耐食性、塗装性、溶接性に優れており、自動車用防錆鋼板として広く使用されている。適用時には様々な形状にプレス成形されるが、近年、原板材質のグレードダウンを目的に、表面潤滑性向上によるプレス成形性の改善が要求されはじめた。一方近年、車体軽量化及び衝突安全性向上のため高張力鋼板 (以下ハイテン) の使用比率が高まっている。しかしながら、ハイテンは軟鋼と比較して総じてプレス成形性に難があるため、その改善が強く要望されている。

GA のプレス成形性を改善するために、従来から様々な潤滑皮膜が検討されている^{1)~3)}。しかしながら、従来の皮膜は主に無機系皮膜であり、成形性改善効果が限られていた。また、プレス成形条件が厳しくなるハイテンに適用した例はほとんどない。

そこで、当社はこのたび、従来の無機系皮膜に比べて潤滑性が優れる有機系皮膜を採用し、また、皮膜がプレス成形後のアルカリ洗浄工程で除去され、その後の塗装工程に悪影響を及ぼさないように脱膜型の皮膜を導入して、自動車用潤滑鋼板「R2 コート」を開発した。本報では、皮膜を軟鋼だけでなくハイテン GA にも適用し、自動車車体用鋼板に要求される各種品質特性を評価した結果を報告する。

1. 実験方法

1.1 供試材

供試材を表 1 に示す。270 から 590MPa までの各種引張強度の GA に潤滑皮膜を適用した。潤滑皮膜のベース樹脂には、皮膜がプレス成形後のアルカリ洗浄工程で容易に溶解・除去されるよう、アイオノマ樹脂を導入した。皮膜中には、潤滑性をさらに高めるためにコロイダルシ

リカとワックスを添加した。被覆処理はロールコート装置を使用し、皮膜付着量が $1\text{g}/\text{m}^2$ となるように塗布・乾燥した。潤滑皮膜上には防錆油を塗布した。

1.2 実験方法

1.2.1 成形性

成形性は図 1 に示す 3 種類の方法で評価した。

- (a) 工具引抜き (die drawing) 試験により摩擦係数を評価した。工具には平面工具以外に、局所的に大きい荷重を加えるために球頭工具も使用した。
- (b) ビード付き U 曲げ成形 (hat channel drawing with beads) 試験は、成形速度の速い実プレスを模擬するために実施した。本試験では、試験片をパンチで押上げてビード部での曲げ - 曲げ戻しを伴う U 曲げ成形を行い、成形に必要なパンチ力を測定した。
- (c) 円筒絞り (cylindrical drawing) 試験では、プランク径を変えながら深絞り成形を行い、材料が破断する限界絞り比 (LDR) を求めた。

成形によるめっき層、潤滑皮膜の破壊状態を調査するため、ビード付き U 曲げ成形後試験片の表面を走査型電子顕微鏡 (SEM)、X 線マイクロアナライザ (EPMA)

表 1 供試材

Table 1 Materials tested

Steel sheet	Tensile strength	270 ~ 590MPa
	Thickness	0.8 ~ 1.2mm
Coating layer	Coating weight	45g/m ²
	Composition	Zn-10%Fe
Lubricant film	System	Organic
	Additive	SiO ₂ + Wax
	Coating weight	1g/m ²
Anti-rust oil	Coating weight	1.5g/m ²

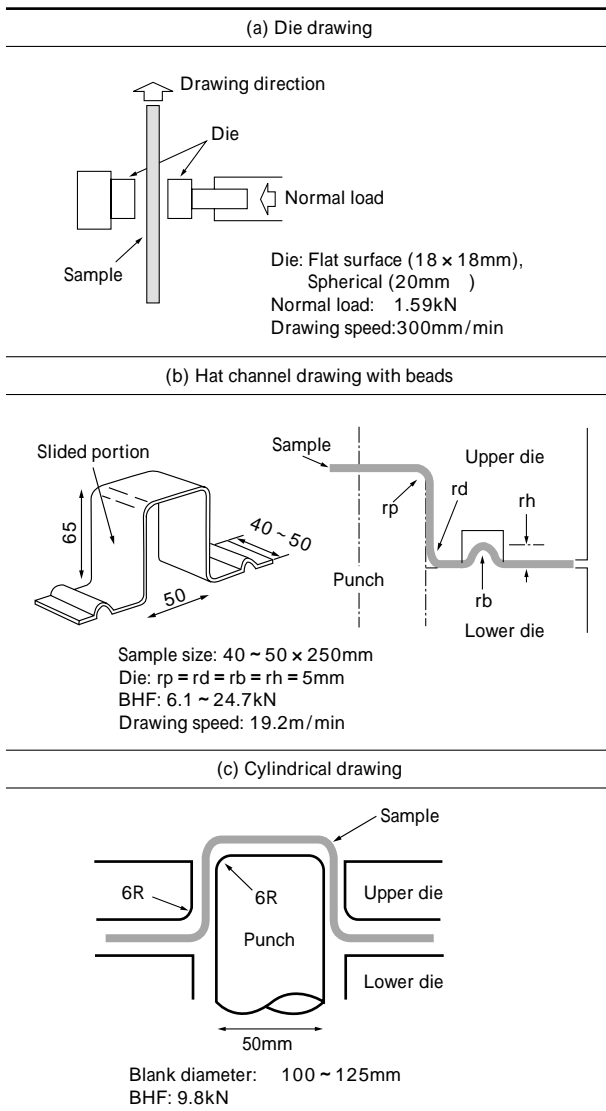


図1 成形性試験方法
Fig. 1 Outline of forming tests methods

で観察した。

1.2.2 溶接性

溶接性はスポット溶接時の電極寿命により評価した。溶接条件を表2に示す。安定した溶接強度が得られる限界ナゲット径を5t (t:板厚, mm)とし、溶接電流をこの限界ナゲット径が生成される電流の1.4倍に設定して連続打点し、ナゲット径が5t以下になるまでの打点数を電極寿命とした。

1.2.3 塗装性

りん酸塩処理性を評価するために、試験片に表3に示す条件で脱脂、りん酸塩処理を施し、脱脂後及びりん酸塩処理後の表面をSEMで観察した。

耐クレタリング性は、試験片に電着電圧を変えなが

表2 スポット溶接条件
Table 2 Spot welding conditions

Spot welder	Direct spot welder
Electrode tip	Dome type, Cu-1%Cr Tip dia. = 6mm
Electrode force	200kgf
Welding current	$I_A = 15 t \times 1.4kA$
Welding time	12cycle (60Hz)

表3 塗装系
Table 3 Painting system

Degreasing	Alkaline, Spray, 120s
Phosphate treatment	Dipping type, 120s
Electropainting	Cathodic

ら表3に示す塗装系で塗装を施し、各電圧でのクレタの発生個数にて評価した。

また、塗膜の耐水密着性を評価するために、試験片に表3に示した条件で電着塗装を施し、40℃の温水中に500時間浸漬した。その後、塗膜にカッタナイフで1 × 1mmの碁盤目100個を描き、これをテープ剥離して塗膜の剥離状況を観察した。

2. 結果及び考察

2.1 潤滑皮膜の表面状況

有機系潤滑皮膜で被覆したGA(以下皮膜付きGA)の表面SEM像をGAまま(潤滑皮膜なし)との比較で写真1に示す。めっき結晶の凹凸が潤滑皮膜で被覆、平滑化されていることが明らかに認められる。

2.2 成形性

各種潤滑処理材の摩擦係数及びU曲げ成形パンチ力を図2に示す。皮膜付きGAは、比較材の無機系潤滑皮膜(りん酸塩系)で被覆したGAあるいは高潤滑防錆油を塗布したGAに比べて著しく摩擦係数が低い。成形条件が厳しいビード付きU曲げ成形のパンチ力も摩擦係数の差異とよく対応した傾向にある。

図3に、しわ押え圧(BHF)を変えながらビード付きU曲げ成形を実施した結果を示す。パンチ力が材料の引

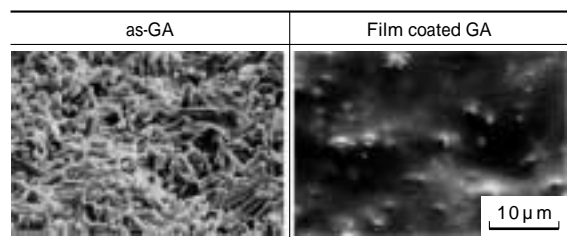


写真1 皮膜付きGAの表面(SEM)
Photo 1 Surface of film coated GA (SEM)

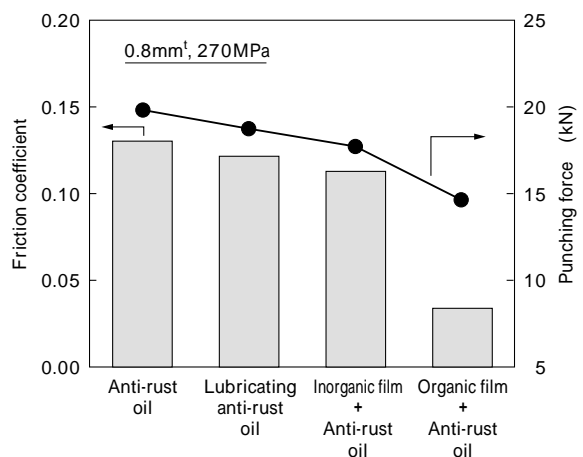


図2 各種潤滑処理材の摩擦係数とビード付きU曲げ成形パンチ力
Fig. 2 Friction coefficient and punching force at hat channel drawing for various lubricated surfaces

張強度を超えると材料は破断するが、皮膜付き GA は、高い BHF、すなわち厳しい成形条件まで低いパンチ力を維持しており、破断に対して余裕度のあることがわかる。ビード付き U 曲げ成形後試験片の表面を写真 2 に示す。GA ままでは金型で摺動、平滑化された領域が多いが、皮膜付き GA は比較的少ない。また、皮膜付き GA の摺動部についての EPMA 解析例を写真 3 に示すように、皮膜付きでも強く摺動された領域には樹脂の主成分である C が観察されず、皮膜は残存しないことがうかがえる。以上の結果から、皮膜付き GA が厳しい成形条件においても相対的に優れた成形性を示すのは、めっき層に対する金型からの応力が皮膜の潤滑性により減少して摺動面の平滑化が全体平均的に抑制され、かつまた、平滑化領域には皮膜は存在しないものの、凹部ではさらに高面圧まで皮膜が残存しうることによって潤滑作用を維持するためと考えられる。

各種強度の皮膜付き GA についてのビード付き U 曲げ成形試験結果を図 4 に示す。皮膜の適用により、軟鋼 (270MPa 級) から 590MPa のハイテンまでパンチ力が低下しており、破断に対する余裕度が向上することがわか

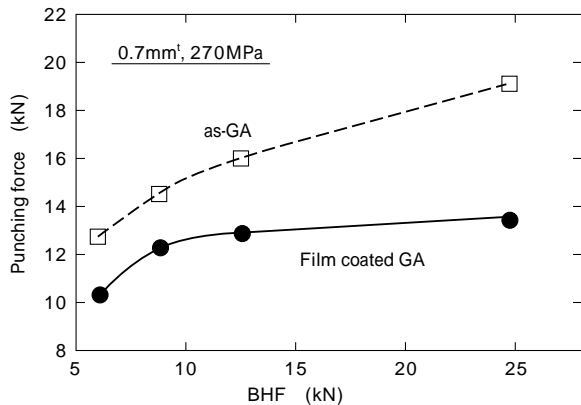


図 3 BHF に伴うビード付き U 曲げ成形パンチ力の変化
Fig. 3 Change in punching force at hat channel drawing with varying BHF

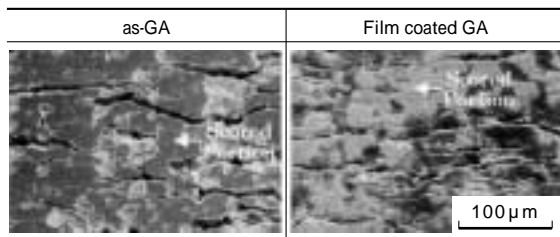


写真 2 成形後のめっき層表面 (SEM)
Photo 2 Surface of coating layer after forming (SEM)

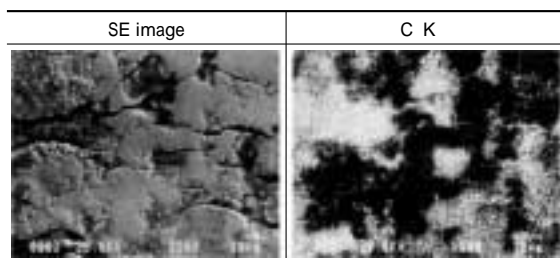


写真 3 皮膜付き GA の成形後表面 EPMA 観察
Photo 3 EPMA image of film coated GA after forming

る。

円筒絞り試験により得られた LDR を、原板の r 値との関係として図 5 に示す。皮膜の適用により、低い r 値の原板であってもワンランク程度高い r 値の材料並みの LDR を得ることができ、従って、原板材質のグレードダウンにつながる可能性が期待できる。

球頭工具を使用して摩擦係数を測定した結果を図 6 に示す。荷重の増加に伴い摩擦係数が増大するのは型カジリの発生によるものと考えられるが、皮膜付き GA は GA ままに比べてより高い荷重まで摩擦係数の急激な増大は起こらず、型カジリが抑制されたものと推測される。

2.3 溶接性

スポット溶接の電極寿命を図 7 に示す。皮膜の適用で電極寿命はいくらか低下するものの、その程度はわずかであった。

2.4 塗装性

写真 4 に脱脂後及びりん酸塩処理後の試験片表面の SEM 像を示す。潤滑皮膜が脱脂で完全に除去されているのがわかる。また、GA ままと同様に、葉状のりん酸塩結晶が均一に析出しており、皮膜付き GA は GA ままと同等のりん酸塩処理性を有している。

電着電圧とクレータ発生との関係を図 8 に示す。皮膜付き GA の耐クレータリング性は GA ままと同等であることがわかる。

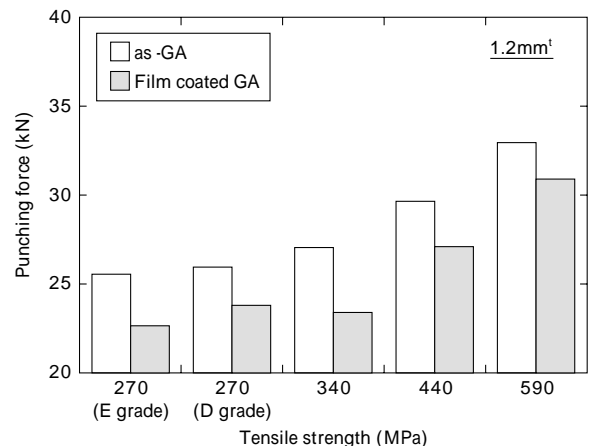


図 4 各種引張強度の GA 材に対するビード付き U 曲げ成形パンチ力

Fig. 4 Punching force at hat channel drawing for GA sheets with various tensile strength

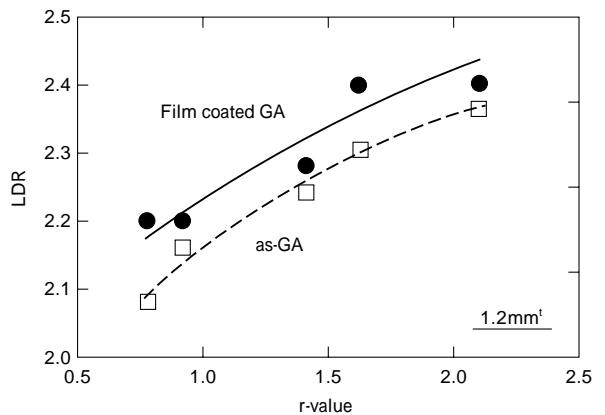


図 5 LDR と r 値の関係
Fig. 5 Relationship between LDR and r-value

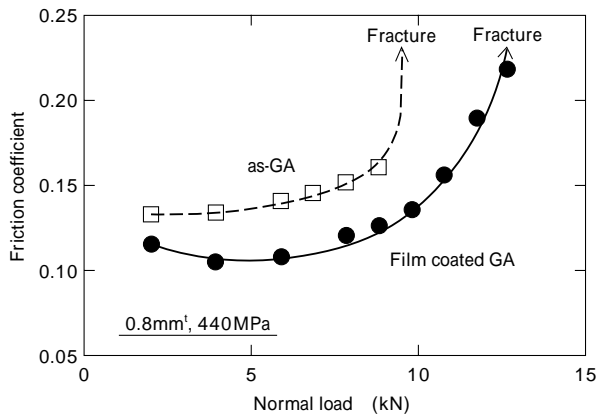


図6 球頭工具で測定した摩擦係数
Fig. 6 Friction coefficient measured by using spherical head die

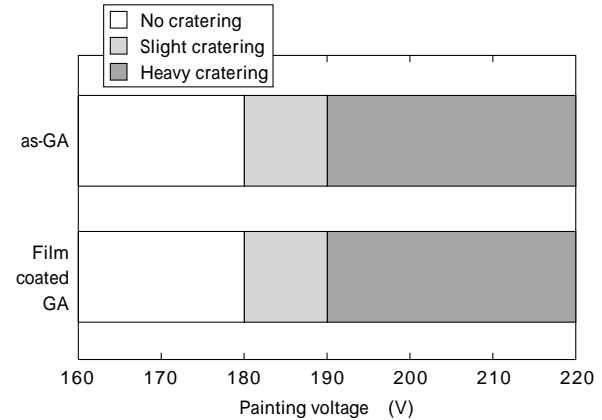


図8 電着電圧とクレータ発生との関係
Fig. 8 Relationship between painting voltage and occurrence of cratering

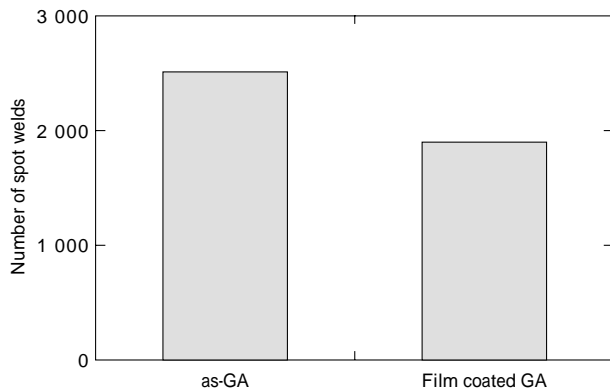


図7 スポット溶接電極寿命
Fig. 7 Electrode life in resistance spot welding

また、耐水密着性評価では、皮膜付きGA及びGAままとも塗膜剥離は観察されず、良好な耐水密着性を示した。

むすび= GAに有機系潤滑皮膜を適用した自動車用潤滑鋼板「R2コート」の各種品質特性は、次のようにまとめられる。

- (1) 従来の無機系潤滑皮膜に比べ、摩擦係数が著しく低い。
- (2) 軟鋼以外にハイテンに適用しても、成形破断に対する余裕度が向上する。
- (3) 深絞り性が向上し、原板材質のグレードダウンが期待できる。
- (4) 耐型カジリ性が向上する。
- (5) 潤滑皮膜はアルカリ脱脂で除去でき、GAままと同等のりん酸塩処理性、塗装性を有する。

今後、自動車メーカーの要望に対応し、適用を拡大していきたい。

参考文献

- 1) Kuo-Chin Chou : GALVATEC'95, p.269.
- 2) H. Irie et al. : GALVATEC'98, p.614.
- 3) M. Sakurai et al. : GALVATEC'98, p.620.

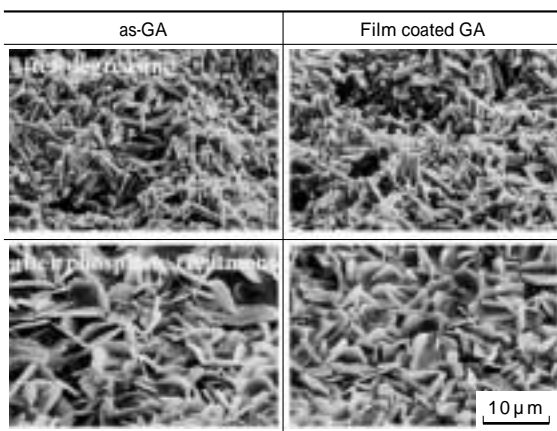


写真4 脱脂後及びりん酸塩処理後の表面 (SEM)
Photo 4 Surface of coating layer after degreasing and phosphate treatment (SEM)