

(解説)

# 潤滑プレコートアルミニウム板

神谷憲一・福井正信・服部伸郎

アルミ・銅カンパニー・真岡製造所・アルミ板研究部

## Lubricate Pre-coated Aluminum Sheet

Kenichi Kamitani・Masanobu Fukui・Nobuo Hattori

Lubricate pre-coated aluminum sheet yields greatly improved formability in non-oil press forming applications. To this end, the influence of the base resin and additional wax on the formability of lubricate pre-coated aluminum sheet were investigated. In lubricate pre-coated aluminum sheet where the resin base included higher levels of poly-ester-urethane resin, which has high-tensile strength and increased elongation characteristics, adhesiveness after forming and scratch resistance were greatly improved. And if the right amount of polyethylene wax was added to the coating layer, the non-oil press formability of the lubricate pre-coated aluminum sheet was much improved.

まえばき = アルミニウムは軽量でさびにくく、リサイクルにも適していることから、従来家電製品、内外装材、各種容器など多くの用途で使用されてきた。

アルミニウム材料をプレス成形してこれら用途に使用する場合、一般的に、成形後にプレス油を除去する脱脂工程が必要である。しかしながら近年、地球環境保護の立場から、脱脂剤として汎用的に使用されてきた特定フロンや塩素系溶剤を全廃する動きが世界的に活発化している。このような状況に対し、市場からはプレス油をもちいずに成形できる、すなわち脱脂工程を省略できる材料が求められている。

また、アルミニウム材料を加工した後、耐食性、耐指紋性、耐きず付き性、意匠性を付与する目的で、加工品に様々な表面処理が施されるが、これら表面処理工程では地球環境ならびに人体に有害な酸、アルカリなどの薬品がもちいられている。あらかじめアルミニウム材料に潤滑性に加えて耐食性などの機能を付与することにより、これら成形後の表面処理工程も省略可能となる。

すなわち、第1図に示すようにアルミニウム材料にあらかじめ潤滑性および耐食性などの機能を付与したプレコート材をもちいることにより、従来の無処理のアルミニウム材料をもちいた場合と比較し、加工工程を大幅に省略することが可能となるとともに環境負荷を低減できる。さらには、加工費のコストダウン、加工ラインのコンパクト化など様々な利点が期待される。

本稿では、当社の開発した潤滑プレコートアルミニウム材の特性について報告する。

### 1. 皮膜設計の考え方

プレス成形におけるプレス油の役割は、摩擦を低減して材料の成形金型への流れ込みを均一にし、成形限界を向上させることにある。プレス油を必要としない潤滑プレコートアルミニウム材は、プレコート皮膜の摩擦係数が小さいことのほか、プレス成形時に皮膜自体に焼付き、きずおよび剥離が生じないことが必要となる。さらには、プレス成形後の工程に対する適応性および耐環境性も必要である<sup>1)</sup>。そこで次のような考え方により皮膜設計をおこなった。

プレコート皮膜は、クロメート皮膜と潤滑性樹脂皮膜から構成される。クロメート皮膜は皮膜中のクロム量が約 20mg/m<sup>2</sup> ときわめて薄い皮膜であり、アルミニウム材料と樹脂皮膜の層間密着性および材料の耐食性を向上する。また、潤滑性樹脂皮膜は潤滑性の付与を主な目的として成形性に優れたベース樹脂に潤滑剤を添加した皮膜である。さらに、潤滑性樹脂皮膜は皮膜表面を疎水化し、かつ、皮膜の架橋密度を高くして水分などの透過性を低くすることにより、耐食性、耐指紋性などの機能を付与している。

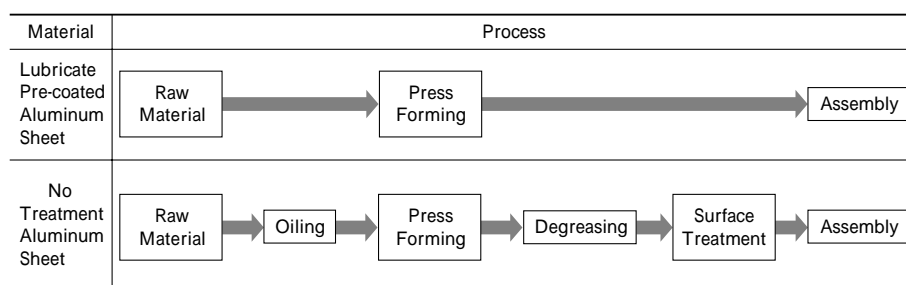
### 2. ベース樹脂の最適化

潤滑プレコート材の特性の向上、とくに成形時の皮膜の剥離、亀裂、焼付き、およびきず付きを防止するためにはベース樹脂の力学的特性（伸長度、抗張力）に着目した選定が重要となる。

プレコート皮膜にもちいられる様々な樹脂のなかで

第1図 潤滑プレコートアルミ板使用による加工工程の省略

Fig. 1 The omission of processes with the lubricate pre-coated aluminum sheet



も、ポリウレタン系樹脂は、比較的高い抗張力を示し、かつ比較的高い伸長度を示すことにより<sup>2)</sup>、鋼板およびアルミニウム材料における潤滑プレコート皮膜のベース樹脂としてもちいられることが多い。そこで、様々なポリウレタン系樹脂をもちい、その加工密着性への影響、きず付き性への影響を調査することにより、ベース樹脂の最適化を検討した。以下に検討結果を示す。

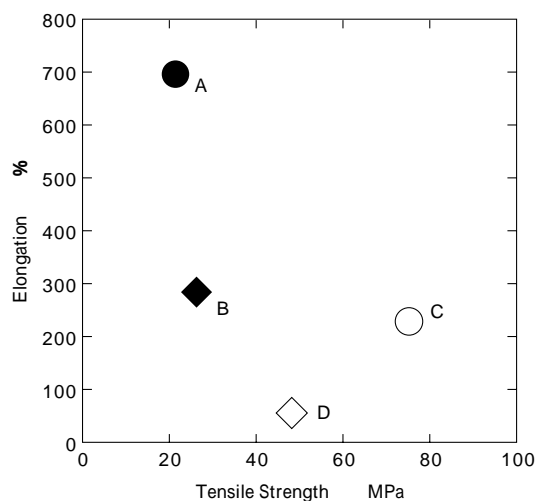
第1表にもちいたベース樹脂の種類、第2図にもちいたベース樹脂の力学的特性を示す。A(ポリエーテル

第1表 ベース樹脂の種類

Table 1 Types of base resins

No.	Types of Resins	M.W.*
A	Poly-ether-urethane Type	200 000
B	Poly-ethylene-urethane Type	20 000
C	Poly-ester-urethane Type	200 000
D	Chlorinated-poly-ester-urethane Type	200 000

\* Molecular weight



第2図 ベース樹脂の力学的特性測定結果

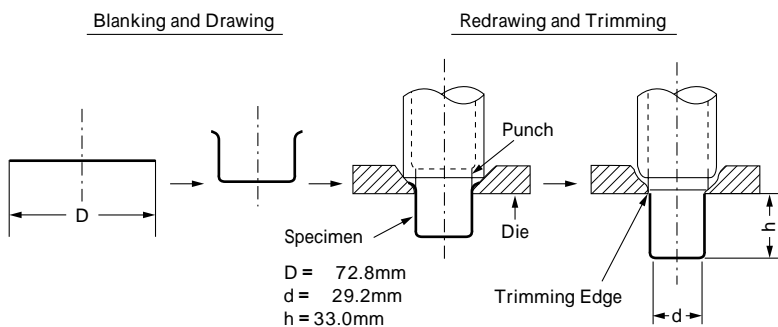
Fig. 2 Mechanical properties of base resins

ウレタン系樹脂)、B(ポリエチレンウレタン系樹脂)は比較的高い伸長度を示すものの抗張力は低く、D(塩素置換ポリエステルウレタン系樹脂)は比較的高い抗張力を示すものの伸長度は低い。C(ポリエステルウレタン系樹脂)は抗張力が高く、伸長度も比較的高い。

次にこれらベース樹脂をもちいたプレコートアルミニウム材を作製し、加工密着性を評価した。アルミニウム素材はA1200Pの板厚0.23mmのものをもちい、アルカリ脱脂した後、クロメート皮膜を設け、その上に上記ベース樹脂をもちい、膜厚で2 $\mu$ m、10 $\mu$ mとなるようプレコート皮膜を設けた。加工密着性は、第3図に示すように絞り比2.5で絞り加工をおこない<sup>3)</sup>、トリミング部からの皮膜剥離状況を評価した。写真1に絞り加工後の外観を示すが、樹脂Aをもちいた材料では良好な外観を示すものの、樹脂Dをもちいた材料では、トリミング部からの大きな剥離とともに、一段目絞り加工コーナー部に相当する部位にて皮膜の亀裂による白化が認められ、絞り加工においてはトリミング部と絞り加工コーナー部で加工密着性の差異が現れることがわかる。

加工密着性の評価結果ともちいた樹脂の力学的特性(抗張力、伸長度)の関係を第4図および第5図に示す。抗張力が低く、伸長度の高い樹脂A、樹脂Bをもちいた材料では良好な加工密着性を示し、伸長度の低い樹脂Dをもちいた材料では加工密着性が劣り大きな剥離が認められた。抗張力が高く、伸長度がある程度高い樹脂Cをもちいた材料では、軽微な剥離が認められるものの、膜厚を薄くする(2 $\mu$ m)ことにより、加工密着性の向上が認められた。

次に加工密着性と皮膜の内部応力の関係を第6図に示す。なお、内部応力は膜厚10 $\mu$ mの材料をもちい橋梁法<sup>1)</sup>により求めた。一般的に皮膜の剥離は、皮膜の内部応力が皮膜と素材間の密着力を超えると生じることが



第3図 絞り加工試験方法

Fig. 3 Drawing test method

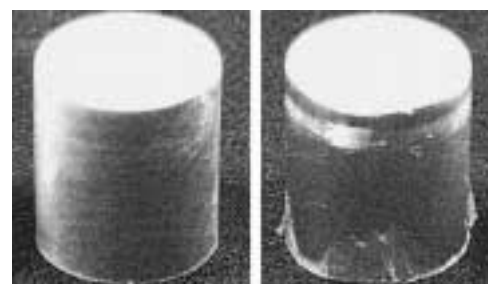
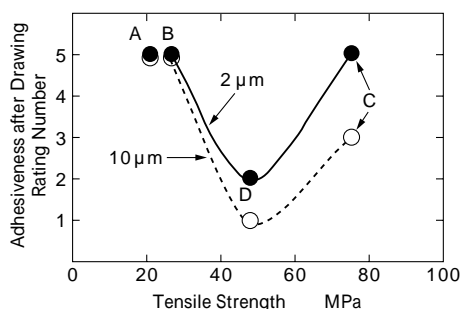


写真1 絞り加工品の外観

Photo 1 Appearance of drawn cup

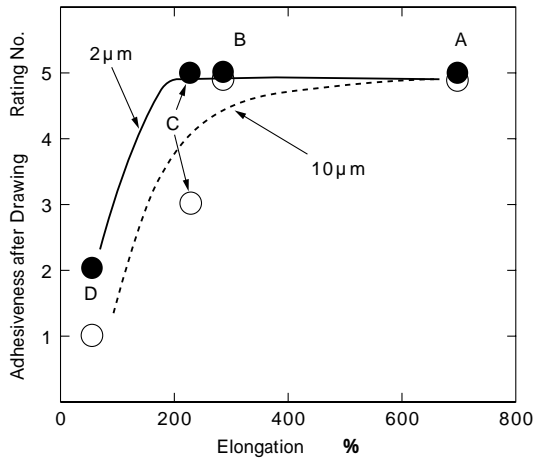
第4図 加工密着性に及ぼす樹脂抗張力の影響

Fig. 4 Influence of the tensile strength of various resins on the adhesiveness after drawing

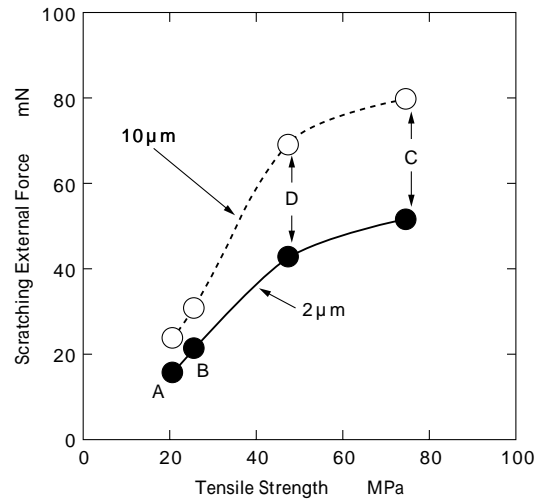


Evaluation Standard of Adhesiveness after Drawing

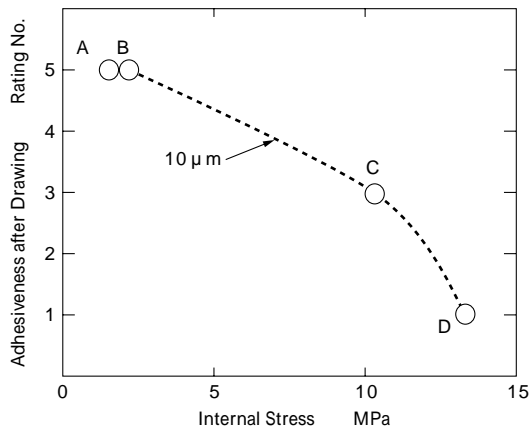
Rating Number	Adhesiveness after Drawing (after Tape Peeling Test)
5	No Peel
4	Peeling Length : 3mm or less
3	Peeling Length : 3-10mm
2	Peeling Length : 10mm or more
1	Peeling after Drawing



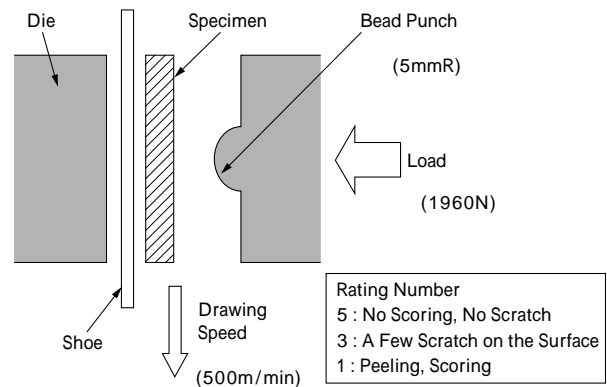
第5図 加工密着性に及ぼす樹脂伸長度の影響  
Fig. 5 Influence of the elongation of various resins on the adhesiveness after drawing



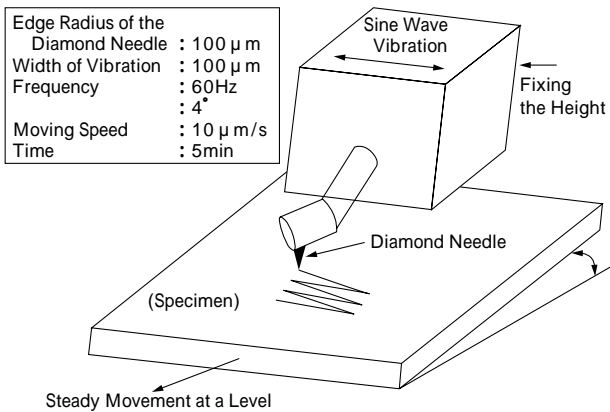
第8図 スクラッチ荷重に及ぼすベース樹脂の影響  
Fig. 8 Influence of base resins on the scratching external force



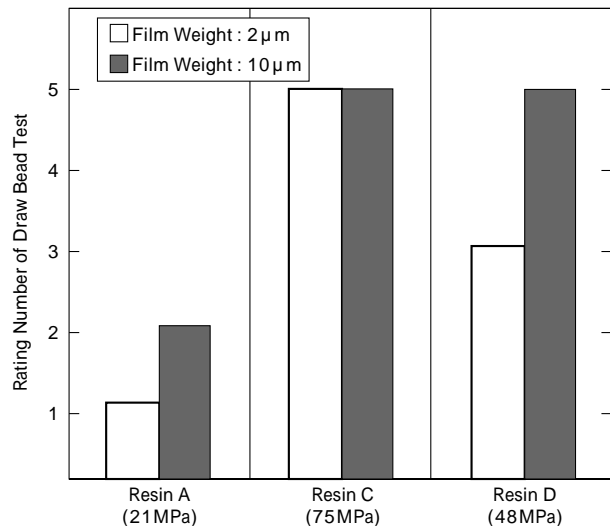
第6図 加工密着性に及ぼす皮膜内部応力の影響  
Fig. 6 Influence of the internal stress in films on the adhesiveness after drawing



第9図 ドロービード試験方法  
Fig. 9 Draw bead test method



第7図 スクラッチ荷重測定方法  
Fig. 7 Measuring method of the scratching external force



第10図 ドロービード試験結果  
Fig. 10 Results of the draw bead test

知られており<sup>3)</sup>、本評価結果においても内部応力の増加にともない加工密着性が低下することが認められた。この内部応力は、樹脂皮膜の伸長度によって大きく影響を受けることがわかる。また、皮膜の内部応力は膜厚の増加にともない高くなることが知られている<sup>3)</sup>。樹脂Cをもちいた材料において膜厚を薄くすることにより加工密着性が向上したのは、内部応力が低くなったためと考えられる。

これらの材料をもちいた皮膜のきず付き性、焼付き性に関する評価をおこなった。きず付き性は、第7図に示

すスクラッチテストをもちいたスクラッチ荷重を測定することにより評価した。結果を第8図に示す。スクラッチ荷重は抗張力の高い樹脂Cおよび樹脂Dをもちいた材料において高くなった。

皮膜の焼付き性は、第9図に示すドロービード試験にて評価した。第10図に示すように、抗張力の高い樹脂をもちいた材料において焼付きが発生しにくいことが認められた。

これら加工密着性およびきず付き性、皮膜の焼付き性に関する調査結果により、加工密着性を向上させるには、伸長度が高く、皮膜内部応力の低くなる樹脂をもちいることが好ましく、きず付き性、皮膜の焼付き性に関しては、抗張力の高い樹脂をもちいることが好ましいことが判明した。したがって潤滑プレコート材のベース樹脂としては、抗張力が高く、伸長度も比較的高い樹脂Cを選定し、膜厚は加工密着性を考慮し、2 $\mu$ m程度の薄膜とすることにした。

### 3. 潤滑剤の最適化

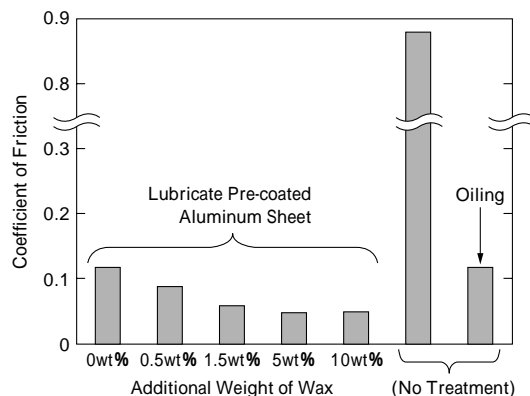
ベース樹脂皮膜に添加する潤滑剤には、潤滑性向上効果が高く、きず付き性向上効果も大きい<sup>5)</sup>合成炭化水素系のPE（ポリエチレン）ワックスをもちいた。PEワックスはその分子構造が直鎖状となるため、潤滑性の向上に効果があると考えられる。

そこで、加工密着性の観点から選定したポリエステルウレタン系樹脂に潤滑剤としてPEワックスを添加したプレコート材（膜厚2 $\mu$ m）を作製し、パウデン式付着滑り試験機をもちい摩擦係数の測定<sup>6)</sup>をおこなった。結果を第11図に示す。PEワックスを0.5wt%添加することにより、無処理材にプレス油（粘度4cSt）を塗布した場合よりも低い摩擦係数がえられた。また、PEワックス添加量の増加にともない、摩擦係数は低下しさらなる潤滑性向上効果が認められた。しかしながら、潤滑剤の過度な添加は、皮膜表面の濡れ性を低下させ、プレス成形後に施される上塗り塗装、印刷などの密着性を低下させるため、添加量は後工程に配慮して調整することが好ましい。

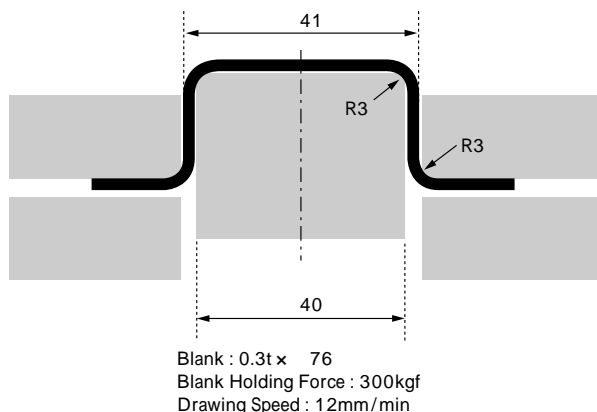
### 4. 無潤滑成形性の評価

このようにして選定したポリエステルウレタン系樹脂およびPEワックスをもちいて潤滑プレコート材を作製し、プレス油を使用せずにプレス成形性を評価した結果を以下に示す。なお、アルミニウム素材にはA1100Pの調質O材、板厚0.30mmのものを持ちい、アルカリ脱脂した後、クロメート皮膜を設け、その上に膜厚で2 $\mu$ mとなるようプレコート皮膜を設けた。成形性は、第12図に示す条件で円筒絞り加工をおこない、円筒絞り成形高さを測定することにより評価した。

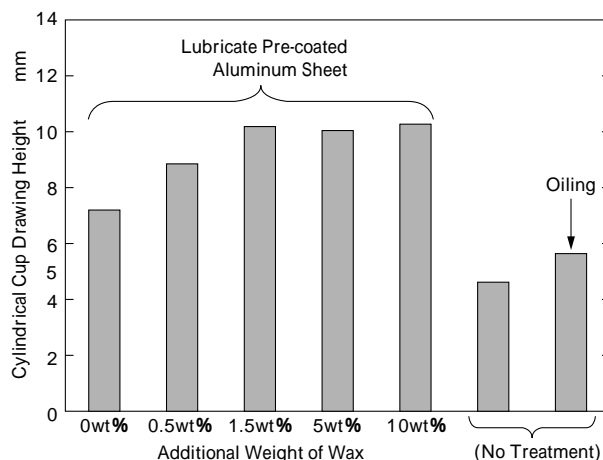
円筒絞り成形高さを第13図に、円筒絞り加工後の外観を写真2に示す。無処理材にプレス油（粘度4cSt）を塗布した場合、円筒絞り成形高さが5.6mmであるのに対し、潤滑プレコート材では潤滑剤の添加量が1.5wt%



第11図 摩擦係数に及ぼすPEワックス添加量の影響  
Fig. 11 Influence of the additional weight of poly-ethylene wax on the coefficient of friction



第12図 円筒絞り試験方法  
Fig. 12 Cylindrical cup drawing test method



第13図 円筒絞り成形試験結果  
Fig. 13 Results of cylindrical cup drawing test

以上の場合、プレス油を使用せずに約10mmの円筒絞り成形高さがえられた。また、潤滑剤の添加量が1.5wt%以上では円筒絞り成形高さに及ぼす添加量の影響はほ

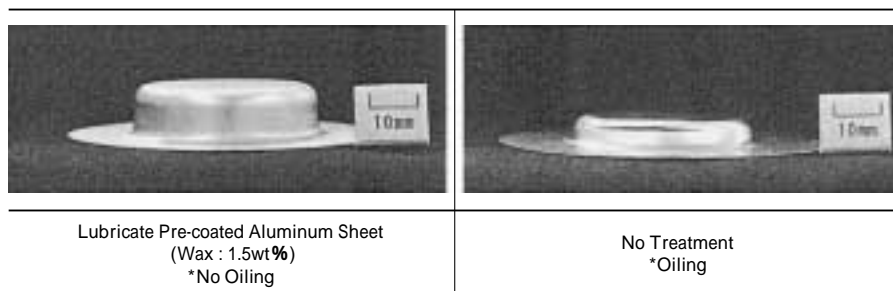


写真2 円筒絞り外観  
Photo 2 Appearance of the cylindrical cup drawing

第2表 潤滑性プレコートアルミニウム板「KS701」の特性

Table 2 Characteristics of lubricate pre-coated aluminum sheet 「KS701」

		KS701	No Treatment
Press Oil		No Oiling	Oiling
Coefficient of Friction		0.06	0.12
Drawing Height*1		10.1mm	5.6mm
Pencil Hardness	5182-H39	5H	2H
	1100-O	HB	B or less
Corrosion Resistance (SST 500h : JIS Z2371)		Rt No.9.8 or more	Rt No.7
Fingerprint Resistance ( $\Delta E$ )		0.45	1.21
Printing*2		Good	Poor

\*1 1100-O (0.3t x 76) Punch Diameter : 40

\*2 Acrylic UV Ink

Lubricate Resin Layer (1~2 $\mu$ m) Base Resin : Polyester-urethane Type Inner Wax : Polyethylene wax (1.5wt%)
Chromate Layer (Cr = 10~30mg/m <sup>2</sup> )
Aluminum

第14図 潤滑プレコートアルミニウム板「KS701」の皮膜構成  
Fig. 14 Composition on the surface film of the lubricate pre-coated aluminum sheet 「KS701」

とんど認められなかった。

潤滑プレコート材がプレス油を塗布した無処理材よりも優れた成形性を示したのは、摩擦係数の測定結果からもわかるように、潤滑プレコート材のほうが材料表面の潤滑性に優れるため、金型内への材料の流れ込みが均一になるためと考えられる。

## 5. 潤滑プレコート材『KS701』の特性

このようにして開発した潤滑プレコート材『KS701』の特性を第2表に、皮膜構成を第14図に示す。

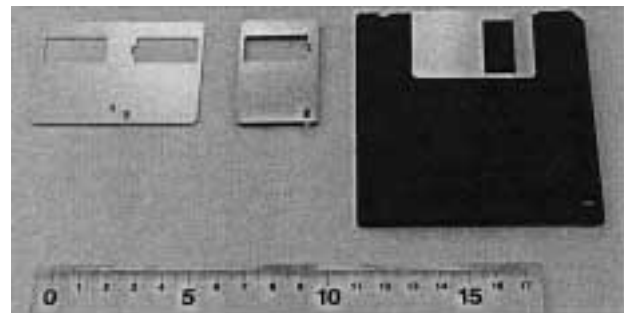
潤滑プレコート材『KS701』は、

- 材料表面の潤滑性が優れるため、プレス油を塗布しなくても種々のプレス成形が可能となる
- 材料の表面硬度が高いため、成形時ならびに成形後の使用環境下で表面にきずが生じにくい
- 耐食性、耐指紋性、上塗り塗装性、印刷性に優れるためプレス成形後の工程への適応性に優れる

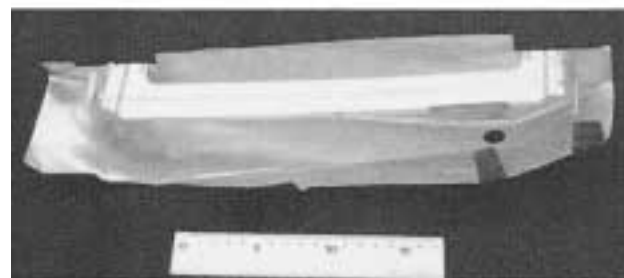
などの特徴を有する。写真3に潤滑性プレコート材『KS701』の適用例を示す。

むすび = アルミニウム材料の表面にプレコート皮膜を設け、潤滑性および耐食性、耐きず付き性、耐指紋性、導電性などの機能を付与することにより、プレス成形後の脱脂工程、後処理工程を省略することが可能となり、それら工程で使用する様々な環境負荷物質の使用を削減することが期待できる。

今後様々な機能を付与したプレコートアルミニウム材



Floppy Disk Shutter



Drip Tray of Refrigerator

写真3 潤滑プレコートアルミニウム板「KS701」の用途例

Photo 3 Use examples of lubricate pre-coated aluminum sheet 「KS701」

が、その特徴を活かし多くの分野で使用されていくものと考えられる。

### 参考文献

- 1) 伊藤秀男ほか：住友軽金属技報，Vol.35, No.3, No.4 (1994) p.50 .
- 2) 三好達也ほか：鉄と鋼，Vol.82, No.9 (1996) p.36 .
- 3) 畑中孝一ほか：軽金属，Vol.39, No.9 (1989) p.621 .
- 4) 今井丈夫：塗装工学，Vol.24, No.3 (1989) p.106 .
- 5) 服部伸朗ほか：軽金属学会，第91回秋期大会講演概要 (1996) p.295 .
- 6) 畑中幸一ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.41, No.1 (1991) p.119 .