

(解説)

高機能表面処理アルミニウム板材「KS700」及び「ALUNATE」シリーズ

New Functional Surface Treated Aluminum Sheets 'KS700 and ALUNATE Series'



服部伸郎
Nobuo Hattori



前園俊一郎
Shunichiro Maezono



神谷憲一
Kenichi Kamitani



福井正信
Masanobu Fukui

New functional surface treated aluminum sheets 'KS700 and ALUNATE series' were developed with various new functions, and to realize environmentally friendly, cost-effective manufacturing processes. Production free from degreasing, anodizing and other processes, through the use of the above materials, realized cost savings. Many products using these materials including products that have fewer scratches or which have higher corrosion resistance, have been successfully commercialized.

まがき = 軽量でさびにくく熱や電気を通しやすいアルミニウム(以下アルミと略す)は、これらの特長を生かし工業材料としてさまざまな分野で使用されている。たとえば電機分野では、エアコン用熱交換器に使用されるフィン材やハードディスクドライブ用基盤などで欠かせない材料となっている。

電機分野の中でもとりわけエレクトロニクス分野では、ノートパソコンや、家庭用ゲーム機器などの普及に伴い、小型化・軽量化や放熱特性、さらには環境問題に因るため、アルミ製の部品を採用する動きが増えている。なかでも、この分野では表面処理技術により機能を付与したアルミ板材を使用するケースが増えていることは特筆すべきことである。

本稿ではエレクトロニクス分野を中心に採用が広がりつつある、当社の高機能表面処理アルミニウム材「KS700」、 「ALUNATE」両シリーズについて、性能、特長と具体的適用事例、ならびに今後の動向について解説する。

1. アルミ化のメリットと課題

アルミとその他の金属材料の特性比較を表1に示す。アルミは密度が小さく、鋼板やステンレス、銅のおよそ3分の1である。また鋼板やステンレスより電気や熱を伝えやすい。そこで軽量化や放熱特性の必要な部品を中心に、素材を鋼板やステンレスからアルミに置換えようとする動きがある。

しかしながら、プレス部品の場合、比較的強度の高いアルミでもステンレスや鋼板と比較すると同一板厚では強度や剛性が不足する。また高強度なアルミは伸びが小さいために、複雑形状に成形する場合には、成形時に工夫を加えなければくびれやクラックが発生する場合がある。またアルミは鋼板より表面が軟らかく疵が入りやすいため、成形時ならびに後工程で丁寧に取扱う必要がある。

また一般にアルミの価格はステンレスより安価ではあるが、鋼板よりは高価である。従って鋼板製の部品から

表1 アルミニウムとその他の材料の特性比較

Table 1 Properties of aluminum and other metals

		Density (g/cm ³)	Tensile strength (MPa)	Yield strength (MPa)	Elongation (%)	Young's modulus (GPa)	Electrical conductivity (%IACS)	Thermal conductivity (W/m·°C)
Aluminum	1100-O	2.71	90	35	35	69	59	220
	5052-H34	2.68	260	215	10	70	35	140
	5182-H38	2.65	380	310	9	71	31	120
Other Metals	Steel	7.85	415	260	30	192	12	60
	Stainless steel	7.90	620	275	55	199	2.4	20
	Copper	8.90	235	70	45	117	100	390

アルミ化を検討する場合には、部品のコストアップを抑えるために、ユーザの製造工程の合理化や歩留まり向上などの要求に対応できることが重要となる。

2. 表面処理材を使用することのメリット

表面処理を行う第一の目的は、さまざまな機能を素材に付与することにより、できあがった製品に高い付加価値を与えることである。第二は、表面処理材は一般に無処理材よりも材料費でコストアップとなるが、表面に付与された機能を活用することにより、ユーザのさまざまな製造工程を合理化し、トータルではコストダウンを実現することにある。まず、高機能化のメリットについて例を挙げる。

2.1 高機能化

2.1.1 成形性の向上

アルミ表面の潤滑性を高くすることにより、摩擦が低減し、金型への材料の流れ込みが容易となる。従って成形性が向上し、加工部のくびれやクラックが発生しにくくなる。

2.1.2 製品外観の向上

表面の光学特性をコントロールすることにより指紋を目立たなくすることが可能となる。また皮膜の硬さや伸び、潤滑性を最適化することで、成形時に金型とこすれて発生する成形疵や後工程でのスクラッチ疵も軽減できる。

2.1.3 耐食性の向上

無処理のアルミの場合、指紋や水分を付着させたまま放置すると付着部が白さび化する場合がある。これも耐食性の高い皮膜を形成することにより白さび化を防ぐことができる。

2.1.4 絶縁性・導電性

電機分野の部品では、絶縁性が必要な用途や、逆にアルミの導電性を損なうことなく表面処理を施したい用途がある。このような電気的特性のコントロールも表面処理により可能である。

2.1.5 環境対応

従述する洗浄省略により従来プレス油洗浄に多用されてきた、フロン系・塩素系などの環境負荷の大きい溶剤の使用を止めることができる。また処理液に酸や金属を含有するアルマイトやメッキの省略も用途によっては可能である。

2.2 工程省略によるコストダウン

つぎに、表面処理材のもたらす製造コストダウンの可能性について具体例を踏まえて述べる。

2.2.1 プレス油洗浄の省略

アルミ板材を成形する際、一般にはプレス油が塗布される。しかし塗布したプレス油は、図1(a)に示すように洗浄除去する必要があるが、洗浄設備・洗浄薬液・人件費をコストに織込む必要がある。

しかしあらかじめ表面に十分な潤滑性を持たせることにより、図1(b)に示すプレス油をまったく使用しない連続成形や、図1(c)に示す洗浄の不要な速乾性プレス油での連続成形が可能となる。いずれの場合も洗浄工程

をコストに織込む必要がない。

2.2.2 防食処理の省略

アルミは一般に耐食性が良いことで知られるが、使用環境によっては防食処理を行う必要がある。防食処理としてはアルマイト、メッキ、塗装などがあるが、いずれも専用設備・薬剤・熟練工の人件費を必要とし、製造コストに占める割合は非常に大きい。

そこで図2(b)に示すように、プレス成形で皮膜欠陥が生じない防食層をあらかじめ設けたアルミ材を使用することにより、成形後の防食処理を省略することが可能となる。

2.2.3 電解コンデンサ容器の絶縁カバー取付工程の省略

アルミ電解コンデンサ容器は従来図3(a)に示すように、組立後にポリ塩化ビニル(通称塩ビ)製の絶縁カバーをかぶせていた。しかし基板の小型化が進む中でコンデンサも例外ではなく、写真1に示すような小型、低背の面実装チップ型コンデンサが増え、組立後に絶縁カバーをかぶせるのが困難となっている。

この場合でも、アルミ表面にプレス成形で皮膜欠陥が生じない絶縁層を図3(b)に示すように設けることにより、絶縁カバーをかぶせる工程が不要となる。

3. プレコートアルミニウム材「KS700シリーズ」の開発

3.1 KS700シリーズのコンセプト

KS700シリーズは表2に示す4タイプに分かれる。4

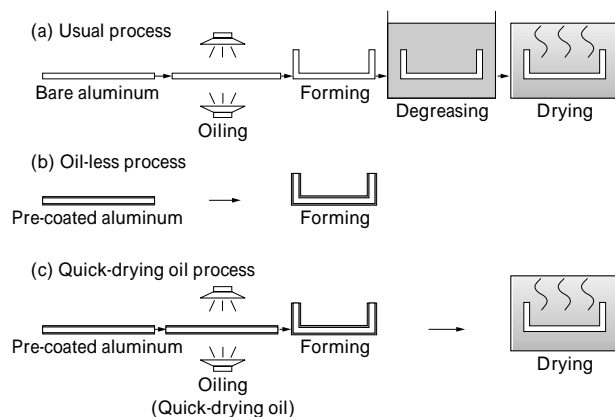


図1 洗浄の省略
Fig. 1 Degreasing process omission

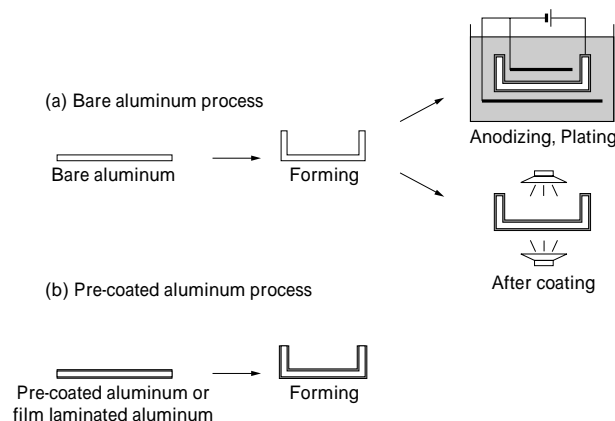


図2 防食処理の省略
Fig. 2 Corrosion-proof process omission

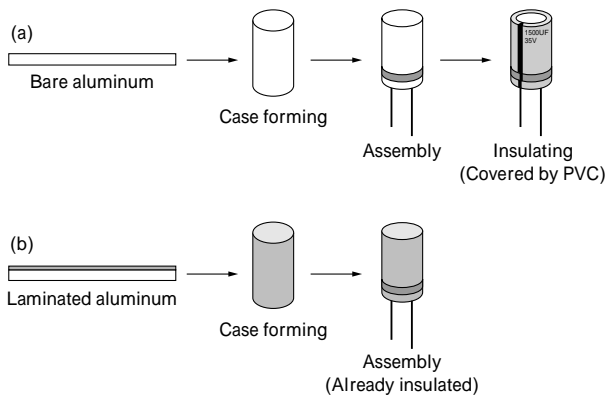


図3 コンデンサ絶縁処理の簡略化
Fig. 3 Simplification of the insulating process for capacitor

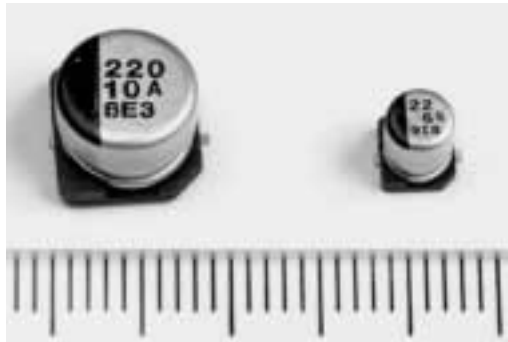


写真1 チップ型コンデンサ
Photo 1 Chip type electrolytic capacitor

タイプに共通するコンセプトは、速乾性プレス油で連続成形可能な潤滑性を付与し、洗浄工程省略によるユーザでの部品製造コストの低減を狙ったところである。

またタイプ別に各種機能を付与しており、ユーザのニーズに合わせて使い分けが可能である。以下に各タイプの特長と実用化の事例を挙げる。

3.2 潤滑耐食プレコート材「KS701」

KS701は成形性、耐疵付き性、耐食性が優れることを特長としており、皮膜樹脂の強度と伸び、潤滑剤の最適化によって優れた特性を発現している¹⁾。

用途例としてはフロピディスクシャッターや、写真2

に示すような冷蔵庫用結露水捕集トレイなどに採用された。この冷蔵庫用結露水捕集トレイではプレス油を全く使用しない成形を実現した。

3.3 導電潤滑プレコート材「KS720」

電機部品の管体の多くは、静電気による誤動作や電磁波ノイズを防ぐため、表面よりアースを取る必要がある。このような用途に対しては、表面が絶縁性の従来のコーティング材では適用が難しい。KS720では樹脂皮膜層に導電性微粒子を添加することによりアースに必要な導電性を付与した。

つぎにKS720のもう一つの特長である耐疵付き性の評価法を図4に、評価例を写真3に示す。KS720は優れた耐疵付き性を有しており、指紋も目立たないため、成形品の外観品質向上を可能にした²⁾。これにより導電性の必要な準外観部品、例えば写真4のCD-ROMやDVDなど光ディスクドライブのカバー（これらの用途はドライブメーカーからパソコンメーカーにOEM供給されるため、外観も重視される）などに適用が広がりつつある。

3.4 高導電性プレコート材「KS724」

パソコンの性能向上に伴い内蔵機器の動作の信頼性向上が一層問われるようになってきた。その結果、静電気や電磁波ノイズ除去の要求レベルが高まり、無処理材（アルミ素材）と同等レベルの導電性を保有しつつ、準外観部品に使用可能な表面処理材への要望が高まりつつある。

KS724は無処理材とほぼ同等の極めて高い導電性を確保しつつ、無処理材には無い耐疵付き性、耐指紋性を有するプレコート材として開発した²⁾。

用途としては先述したドライブカバーや液晶パネルの筐体部品などに採用が拡大している。

3.5 食品衛生適合プレコート材「KS730」

冷蔵庫や炊飯器では、部品が食品類と直接触れる可能性があるため、部品を構成する材料が人体に悪影響を及ぼすことがあってはならない。

KS730の皮膜はFDA（米国食品医薬品局）で認可されている原料のみで構成されており、日本の食品衛生法に基づく試験にも合格しているため、食品や薬品、化粧品

表2 KS700シリーズの特性比較

Table 2 Feature of KS700 series

Products code	KS701	KS720	KS724	KS730	Bare aluminum
Composition	Lubricate layer	Conductive layer	High conductive layer	Hygienic layer	Aluminum
	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	
	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum	
Lubricity	Excellent	Excellent	Good	Excellent	Poor
Oiling less forming	Excellent	Good	Good	Good	Poor
Anti fingerprint stain	Good	Excellent	Good	Good	Poor
Anti scratched performance	Excellent	Excellent	Good	Good	Poor
Electric conductivity	Poor	Good	Excellent	Poor	Excellent
Hygienic	-	-	-	Approved	-
UV print ability	Excellent	-	-	Excellent	-
Corrosion resistance	Good	Good	Good	Excellent	Poor

写真2 冷蔵庫用結露水捕集トレイ
Photo 2 Condensed water dripping tray for refrigerator

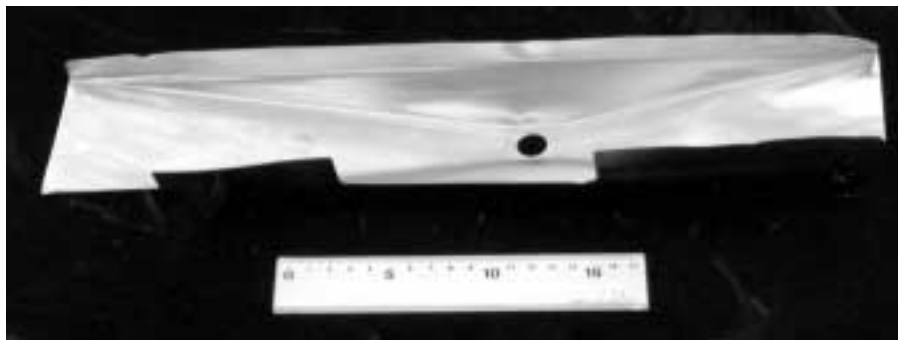


図4 曲げ加工疵評価法
Fig. 4 Bending scratch test method

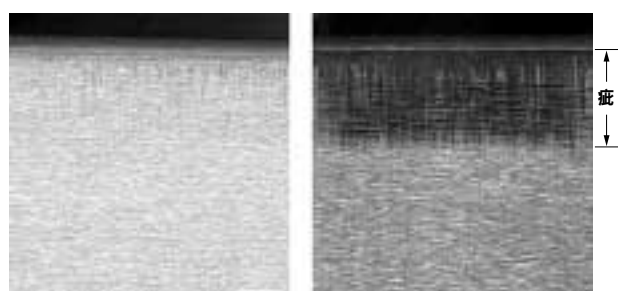
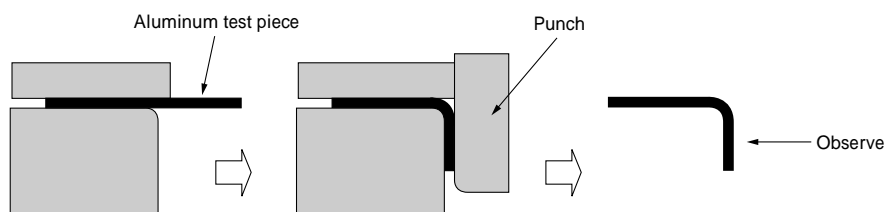


写真3 曲げ加工疵評価例(左:プレコート材 KS720, 右:無処理材)
Photo 3 Scratched example by bending form (left: pre-coated aluminum KS 720, right: bare aluminum)

べてきたが、板厚減少を伴うしごき加工のように特に厳しい成形に対しては、プレコート材では、皮膜にひびや剥離が生じる場合がある。これはプレコート材の皮膜が熱により分子を3次元的に架橋反応させる熱硬化性樹脂であるため、皮膜自身の延性が小さいためである。

延性を重視する場合、熱可塑性樹脂が有利である。熱可塑性樹脂は分子内に3次元架橋を持たず、分子鎖同士が分子間力で絡み合っているだけなので大きな変形をおこしやすい。このような熱可塑性樹脂のフィルムを、フィルムラミネート技術によりアルミ板に複合化したALUNATE シリーズは、厳しい成形にも皮膜が追従することを特長とする。現在、ALUNATE シリーズは表3に示すとおり3タイプがある。以下に詳細について述べる。

4.2 高成形性ラミネート材「ALUNATE-P」

ALUNATE-P は、チップ型コンデンサのケースを開発目標の一つに設定し、しごき加工を行っても十分なフィルム接着性、コンデンサを基板に取付けるハンダリフロ時の熱による変色防止、十分な絶縁性を併せ持つ材料として開発し実用化されている。

ALUNATE-P と塗装材との絞りしごき成形の比較例を写真6に示す。塗装材では塗装皮膜が剥離しているが、ALUNATE-P では皮膜剥離することなく成形できてい



写真4 CD-ROM カバー
Photo 4 CD-ROM drive cover

などの用途に安全に使用できることを保証している。

またこれらの用途で重視される耐食性にも非常に優れており、熱水や熱水蒸気からもアルミの腐食を防ぐ。これらの特長を生かし、写真5に示す冷蔵庫のトレイや炊飯器の部材などに適用されている。

4. フィルムラミネートアルミニウム材「ALUNATE シリーズ」の開発

4.1 ALUNATE シリーズの特長

本稿前半ではプレコート材の優れた成形性について述



写真5 冷蔵庫トレイ
Photo 5 Refrigerator tray

表3 ALUNATE シリーズの特性比較

Table 3 Feature of ALUNATE series

Products code	ALUNATE-P	ALUNATE-V	ALUNATE-F	Usual coated aluminum	Bare aluminum
Composition	PET film	Printed film	Fluoric resin film	Coated layer	Aluminum
	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	Corrosion-proof layer	
	Aluminum	Aluminum	Aluminum	Aluminum	
Film adhesion after forming	Excellent	Excellent	Good	Good	-
Insulation	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Poor
Hygienic	Approved	-	-	-	-
Stain remove ability	Good	Good	Excellent	Good	Poor
Decoration print	-	Excellent	-	-	-
Corrosion resistance	Excellent	Excellent	Excellent	Good	Poor

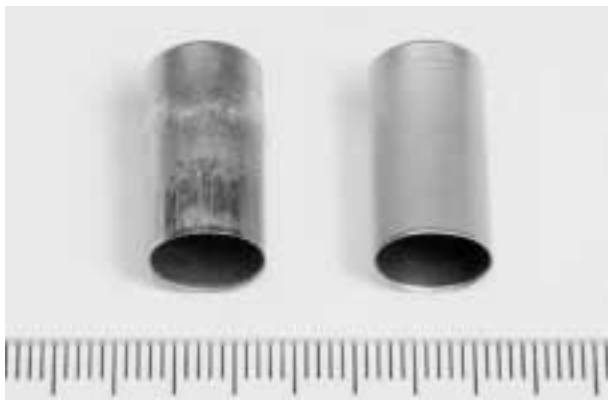


写真6 成形テスト例(左:塗装材,右:フィルムラミネート材 ALUNATE-P)

Photo 6 Drawing and ironing test example (left: pre-coated aluminum, right: film laminated aluminum 'ALUNATE-P')

る。

ALUNATE-Pの皮膜は成形性に優れるだけでなく、優れた耐食性や食品衛生適合性(FDA認可)をあわせ持つ。このような特長を生かし、従来成形後アルマイトにより耐食皮膜を設けていた用途のアルマイトを省略するなど、新たな用途への検討も進んでいる。

4.3 意匠性ラミネート材「ALUNATE-V」

ALUNATE-Vはあらかじめ表面に様々な印刷を施したフィルムを使用する。建材のなかでも特に意匠性の求められる内外装材では、用途によっては装飾デザイン印刷のニーズがある。このような場合従来では製品に成形した後印刷を行っていたが、ALUNATE-Vを使用することにより後工程での印刷が省略できる。また成形性もALUNATE-Pと同等のものが開発できている。

4.4 耐汚染性ラミネート材「ALUNATE-F」

マジックインキや油汚れなどの汚染物が付着しにくく、また付着しても除去しやすいフィルムをラミネートしたALUNATE-Fは、キッチンや屋外など汚れやすい環境での適用が期待される。

5. 今後の動向

高機能表面処理アルミニウム材は、基材であるアルミの特長が生きる分野、例えば軽量化が必要とされる用途、

熱や電気の伝導性が要求される用途、耐食性が要求される用途を中心に、鋼板やステンレスとの住み分けが進むものと思われる。具体的には小型軽量化が進むノートパソコンや携帯端末、高性能化とともに放熱の対策が必要なデジタル家電などのエレクトロニクス分野を中心に採用が広がるのは今後も大きく変わらないと考えられる。

これらの用途で現在重視されているのは、プレス成形性を高める潤滑性、部品の外観を向上する耐指紋性や耐疵付き性、静電気除去や電磁波ノイズ防止に必要な導電性であり、これらの特性に対する要求レベルは一層高くなると予想される。さらに放熱特性、光学的特性などの要求も聞かれはじめており、こういった新たなニーズにも応えながら適用用途を広げていきたい。

さらに中長期的には、今後アルミの使用増が期待される自動車部品や車載デジタル機器への適用、環境問題への対応も求められる。例えば、耐食性の非常に優れる表面処理材や、成形性を高める低コストな潤滑処理材、連続スポット溶接可能な表面処理材、ノンクロメート表面処理材など、ユーザの高い要求レベルに応えられる高機能な表面処理材の実用化が期待されるであろう。

むすび=電機分野への適用を中心に、当社の高機能表面処理アルミニウム材の特長をまとめた。高機能表面処理アルミニウム材は、製品としての歴史は浅いものの、これまで鋼板やステンレス、あるいは無処理のアルミで良いとされてきた分野に進出し、着実に適用量を増やしつつある。今後もユーザの求める新たな機能を付与した優れた製品を生み出すことで、新たなアルミ用途の開拓を進めていきたい。

参考文献

- 1) 神谷憲一ほか:R&D 神戸製鋼技報, Vol.51, No.1 (2001) p.56.
- 2) 服部伸郎ほか:R&D 神戸製鋼技報, Vol.51, No.2 (2001) p.82.