

## 技術資料

UDC 669.146-122.2-415 : 621.77.02 : 539.5

## 潤滑処理鋼板\*

林 豊\*\*・新井哲三\*\*

## Lubricant Coated Steel Sheet

Yutaka HAYASHI and Tetsuzo ARAI

## 1. 緒 言

鋼板は通常防錆油を薄く塗布して、コイルあるいは切板状で出荷され需要家先でプレス成形加工以降の諸工程に回されるが、その場合ユーザー側において種々の問題が提起されている。

たとえば鋼板の深絞り成形性やプレス時の割れ防止、錆発生防止等のために必要に応じて高粘度プレス油を使用するが、この種のプレス油は一般に塗油のし難さ、臭気、作業性の低下、あるいは次工程での脱脂性の悪さなど使用上の問題を数多く抱えている。さらにこの種の油によるプレス作業環境の汚染といった問題も最近やかましくなってきた。

他方、プレス加工技術の進歩に伴いプレス工程の簡略化、高速化、使用鋼板のグレードダウン、あるいは軽量化のためのハイテン化等の厳しい要素もあり、これらの諸問題を解決するために特殊な潤滑剤を鉄鋼メーカーで鋼板にあらかじめ処理することが検討され、いわゆる「潤滑処理鋼板」として近年脚光を浴びるに至っている。

一般にこの処理に用いられる材料はいわゆる乾性潤滑剤で、樹脂系、金属石けん系、ワックス系、水ガラス系およびそれらの複合系で多岐にわたっている。

この種の処理鋼板の開発研究は、我国でもすでに鉄鋼メーカー各社を中心に 10 年以上前から行われていたが、米国においてはいち早く 1960 年当初から製品化に成功、現在では一つの品種で 100~150 万 t 以上に達しているものもあるといわれている。

本稿では上記プレス成形性の向上、工具寿命の増大など多くの期待が持たれている潤滑処理鋼板についてその現状を以下に概説する。

## 2. 潤滑処理鋼板適用の利点

潤滑処理鋼板は、元来その被膜の優れた潤滑成形性を利用するために開発されたものであるが、その他にも下

記に示すような種々の利点があげられる。

- 1) 耐型かじり性の向上。
- 2) プレス油不要に伴う人員の減少、作業環境の改善。
- 3) 高速自動化、生産性向上。
- 4) プレス表面疵の防止。
- 5) 鋼板グレードダウンの推進。
- 6) 防錆力の向上。

開発当初は、本来の潤滑形成性を主体に開発が進められたが、自動車工業での安全対策、軽量化の要請に応じて難加工性部材や材料への対策、あるいは油公害の防止、作業環境の改善等に重点が移行しており、さらに加えて積極的に防錆鋼板としての応用も考えられてきている。

## 3. 潤滑処理鋼板の具備すべき特性

上記利点を満たす優れた特性の潤滑処理鋼板を開発するためには、利点のみならずそれに付随して生じる問題点、デメリットを解消し、かつ製造サイドに立つても十分現在の高速生産ラインに適用出来、経済的にも妥当なものでなければならない。

これらの観点に立つて、潤滑処理鋼板が前記利点を損なうことなく具備すべき特性、条件を列記すると、

- 1) 鋼板への塗布が簡便であること。

潤滑剤の種類によつては鋼板の前洗浄の影響を受けやすかったり、長い加熱乾燥を必要とするものがあるが、高速短時間化を至上命令としている鉄鋼業でのライン化を考えた場合、極めて適用し難い問題となる。また有機溶剤の使用も、作業環境の悪化をとめない衛生上の難点となろう。

- 2) 防錆力を有すること。

少なくとも通常の防錆油程度の性能が望ましい。主体は屋内倉庫内保管状態での防錆力が要求されるが最近ではプレス成形後、後工程に進むまでの防錆力も要求されてきている。

- 3) 耐ブロッキング性がよいこと。

\* 昭和 54 年 11 月 1 日受付 (Received Nov. 1, 1979) (依頼技術資料)

\*\* 住友金属工業(株)中央技術研究所 (Central Research Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 1-3 Nishinagahondori Amagasaki 660)

鋼板をコイル状、あるいは切板積層状で保管したとき、板同士がひっついたり被膜の他面への移行が生じないことが必要である。

#### 4) ハンドリング性がよいこと。

鋼板の製造時あるいは連続ブランキングライン等で滑りすぎる場合、寸法精度が出なかつたり荷くずれを起こすなど種々のトラブルの原因になる。またレベラー通板時や曲げ、ブランキング加工時において被膜の密着性が損なわれないことは当然である。

#### 5) プレス工具、型へ被膜が堆積しないこと。

最近には特に自動フィーダー等が導入され、プレス加工速度は極めて速くなっている。工具や型へ被膜が堆積した場合、鋼板上への疵や凹凸マーク、寸法精度の低下、焼付き等の不良原因になりやすい。

#### 6) 溶接性に問題がないこと。

潤滑被膜としては主として有機材料が使われるがこれらの材料は一般に電気的接触抵抗が高い。従つて膜が厚くなると通電不良等のトラブルを起こす危険性があり、被膜としては薄くても所期の性能を発揮しうる材料が望まれる。それによつて溶接時にきらわれる悪臭や有害ガスの発生、電極損耗の弊害等を軽減することが可能である。

#### 7) 脱脂洗浄性が良好で後工程に悪影響を残さないこと。

鋼板はプレス加工後はほとんどが何らかの形で脱脂洗浄されて、化成処理、塗装へと進んでいく。潤滑処理鋼板も通常の防錆油や洗浄油と同程度に除去されることが肝要である。

#### 8) 脱脂液の廃液処理に支障をきたさないこと。

潤滑処理被膜が脱脂洗浄された廃液は、現行のシステムで排水処理されることが当然求められる。

### 4. 潤滑処理鋼板の被膜成分と構成

一般に潤滑処理鋼板に使われる処理剤としては、常温で固体状の物質を用いたものをいうが、近年は固体被膜と液状被膜との複合系の開発も盛んになつてきた。

潤滑処理剤の塑性加工業界への導入は古くは棒、管、線材の抽伸、伸線に端を発し石灰コーティングや金属石けん系パウダーが主流を占めた時代があつた<sup>2)</sup>。

その後素材に鉛めつきやリン酸亜鉛、シュウ酸塩処理等の化成被膜を施しその上に上記滑材を塗布した系に移行してきた。

鋼板への適用についても同様な経過をたどり、やはりまずリン酸塩処理等の化成処理被膜に金属石けん系滑剤を適用させた処理法が出現した<sup>3)</sup>。

これらは潤滑性は極めて良好ではあるが処理工程が複雑で時間もかかることから種々の制約を受けミルコーティングでの潤滑処理鋼板にはなり得なかつた。

その後種々のプラスチックシートあるいはフィルムが

潤滑性と表面被膜保護を目的に磨き鋼板、ステンレス、アルミシート等の分野に広く使われ始めたが<sup>4)5)</sup>、これもその成形後の被膜除去を機械的に行わねばならずそのためかなりの厚膜 (30~50  $\mu\text{m}$  以上) でかつ人手でもつて剝離せねばならぬことから、大量生産部品への適用までには至っていない。

米国では戦後金属石けん系、ワックス系<sup>6)</sup> のものが数多く開発されたが、これらは多くがスチールミルで処理するのではなくプレス成形工場での狭義の Pre coat 潤滑処理鋼板であつたといえよう。

スチールミルコーティングで最初に広く使われたしたのはアクリル酸ポリマーとトリガーオイルと呼ばれる油層との二層被膜よりなる MIL BOND<sup>7)8)</sup> 処理鋼板で、プレス加工時に熱および圧力により最高の潤滑性を示すように設計されている。

我が国においても 1960 年後半よりようやく種々の処理鋼板の開発、実用化が積極的に進められるようになってきた。当初は米国と同様主として潤滑成形性を中心に研究開発が進められてきたが、自動車、家電産業の発達にともない、ハンドリング性や生産性の向上、環境改善等を前面に押し出した被膜処理が多く開発されるに至つた。

たとえば高級脂肪酸、ワックス系を主体にした薄層被膜<sup>9)~12)</sup>、アルカリ金属石けんを主成分とした被膜<sup>13)14)</sup>、水ガラス系材料を主成分とした被膜<sup>15)</sup>、アクリル等の合成樹脂被膜単独<sup>1)</sup> 或いはワックス類との複合被膜<sup>16)17)</sup>、また前記アクリル酸ポリマーと油層との二層コーティング被膜を有する MIL BOND 処理<sup>18)</sup> も導入実用化されている。

### 5. 潤滑処理鋼板の製造

潤滑処理鋼板の製造に当たつては、前処理条件 (前洗浄条件) にあまり厳しい制約がなく、短時間でできるだけ熱を使わずかつ有機溶剤等による環境衛生性に問題を生じないように留意する必要がある。

かかる観点より鉄鋼メーカー各社では鋭意検討を行つてきた結果、大別すると固形の無溶媒系のものは加熱熔融してロール塗布、水可溶あるいは水分散系のものはスプレーもしくはロール塗布によつて大体 0.4~5 g/m<sup>2</sup> (約 0.4~5  $\mu\text{m}$  膜厚) の被膜が高速連続処理されるようになった。

一般的な製造ラインの模式図を図 1 に示す。乾燥固化を早めるためには鋼板を予熱したり<sup>10)</sup> 塗布後に熱風をブローする、あるいはまた酸洗工程に直結してつけること

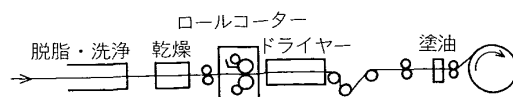


図 1 製造ライン模式図

により酸洗後の保有熱を利用することも可能である<sup>7)</sup>。

対象鋼種としては、熱延黒皮および酸洗鋼板、冷延鋼板などいずれの種類に対しても原則的には適用可能ではあるが現時点では板厚の大きい熱延鋼板や高張力鋼板<sup>19)</sup>、ステンレス等の難加工性材料に実績が多い。

## 6. 性 能

ここでは性能を、①製品本来の期待される性能(利点)と、②使用工程での作業上具備すべき特性の二つに分け、データを紹介しながら要点を述べる。

### 6.1 利点としての性能

#### 1) すべり性によるプレス成形性の向上

単純形状の深絞り性および張出し性向上のために、高潤滑性が強く要求される。また、成形時の発生面圧の高い高強度材では焼付(これは次の型かじりとも関連する)防止のために高粘度油を使っているがこのような成形への利用も有効であろうと期待される。一方、自動車パネル部品のように、相対的に面圧が低く、材料をフランジで適当に拘束し流れをコントロールし成形するタイプでは、高潤滑性能は単純には利点とならない。

図2は基本的形状の深絞り、張出しに対する潤滑処理鋼板の性能を通常の潤滑油と比較したものである。深絞り性に対しては高粘度潤滑油より一段と性能が優れていることが分る。同じ深絞りでも、高潤滑性の要求される厚物やステンレス鋼板においてその効果が大きいようである。

一方、張出し性に対しては効果は多少あるが、深絞り性に比べれば小さい。材料の動きが小さく、面圧の低いところでの潤滑処理被膜の効果は小さいと推測される。

すべり性が増すということは、一般に絞り成形においてフランジの流れをよくして、ポンチ力を軽減する効果がある一方、フランジしわを出やすくすると考えられる。しかし、潤滑処理被膜の中には高压下で初めて良好な潤滑効果が出て来るものがあり、しわ押え圧程度の圧力ではそれ程すべり性を示さず、結果として図3<sup>16)</sup>に示すように破断限界も、しわ限界も広がるという性能を示すものもある。

以上の深絞り性への顕著な効果は、厚物の小、中サイズの実物成形に大いに活用され、母材のグレードダウンを可能にしている。

ステンレスの絞り成形、例えば溶槽の絞り等に対しても顕著な効果が認められ、大いに活用されている。

自動車パネルのような大寸法部品に対しても、深絞り成形品主体にいくつかの潤滑処理鋼板の効果が指摘されているが実生産適用例はまだ少ない。

大物成形を対象に論じる場合、もう一つ重要な点は片面潤滑処理鋼板の活用である。両面処理では滑り過ぎるという欠点に対し、片面処理鋼板を用いることにより、かなり滑り過ぎの欠点をカバーし、滑り性が要求される

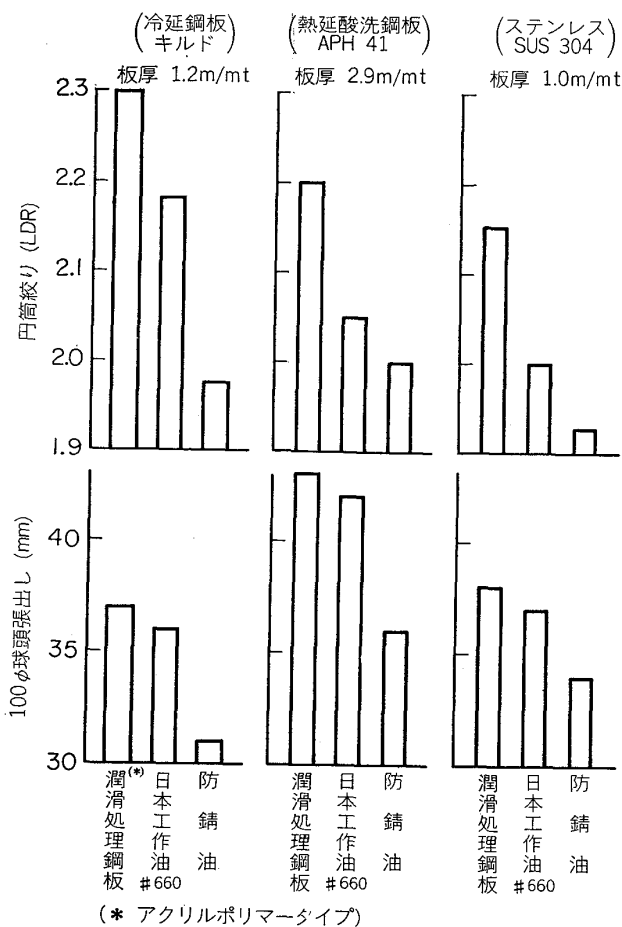
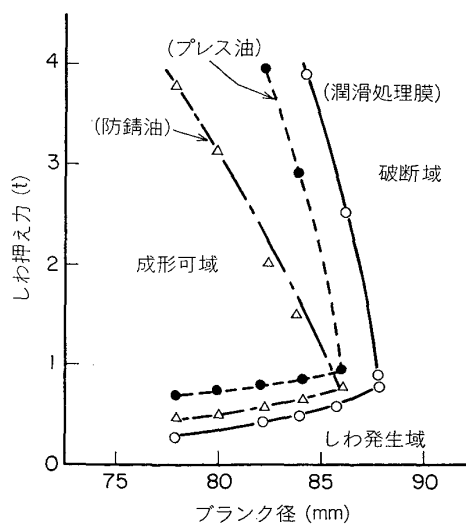


図2 円筒絞り性、球頭張出し性への潤滑処理鋼板の効果



材料: SPCC, 板厚 0.8mm

パンチ径: 40φ

(複合潤滑被膜)\*

\* ワックス状潤滑剤を分散質とし、アクリル系ポリマーを分散媒とした複合潤滑被膜

図3 深絞り成形域の広さに与える潤滑処理鋼板の影響<sup>16)</sup>

ダイス面に処理面を持つて来ることにより成形性向上の効果は維持することが可能である。ただ、片面潤滑処理鋼板の場合裸面の防錆性が問題で、液状の潤滑膜を二相目とした潤滑処理鋼板においてのみ容易である。

成形性向上の目的で潤滑処理鋼板を適用する場合、被膜の厚みは軟鋼板が対象ならば図4<sup>12)</sup>の例にあるように $0.5\mu\text{m}$ 以上が必要で、これ以上の膜厚のところでは厚みの増加と共に成形性は漸増している。被膜のタイプが変わってもおおむね同じ傾向を示すと推定される。

## 2) 耐型かじり性

潤滑処理鋼板がこれ迄最も実績を上げて来ているのは、この型かじり対策としての活用である。型かじり対策として潤滑処理鋼板が適用される場合重要なことは、材料と金型との金属接触を防ぐことにあり、減摩効果に見られる滑り性の向上の方は必ずしも必要としない。もちろん、強いしごきで被膜がこすり取られるか、剥離するようでは意味がなく、ある程度の延性は必要である。

図5は被膜厚み $3\mu\text{m}$ の二相型潤滑処理鋼板の耐型かじり性を、通常の潤滑剤との比較で見たものである。軽いしごきを与えた条件でのU型成形試験による評価結果であるが、潤滑処理鋼板においては全く型かじりが見られず、きわめて耐型かじり性が優れていることを示している。

次に耐型かじり対策に必要な被膜の厚みはこの二層型潤滑被膜で見た場合、図6に示すように高張力鋼板( $60\text{kg/mm}^2$ 級)では $1\mu\text{m}$ あれば十分で、ステンレス(304)では $5\mu\text{m}$ 以上が実用的な値といえよう。鋼板でも $3.0\text{mm}$ 前後の厚みになると $1\mu\text{m}$ の膜厚では不十分で $3\mu\text{m}$ 以上を要求される場合もある。

型かじりに対する潤滑処理鋼板の効果は型疵がある場合は大きく減殺される。疵のない状態から潤滑処理鋼板による生産を開始し、その被膜の効果故に型が長く健全な状態を保ち、金属接触のない成形が続くということが

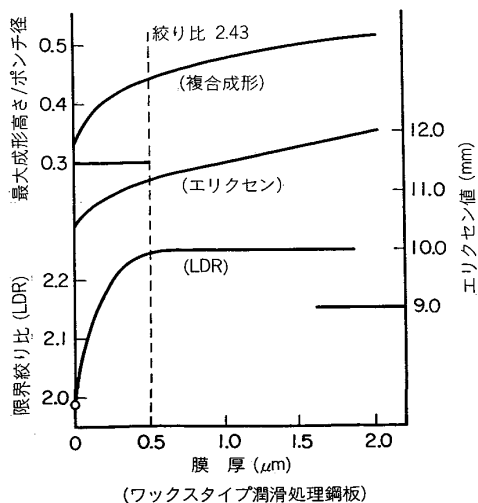


図4 潤滑処理被膜厚の成形性に与える影響<sup>12)</sup>

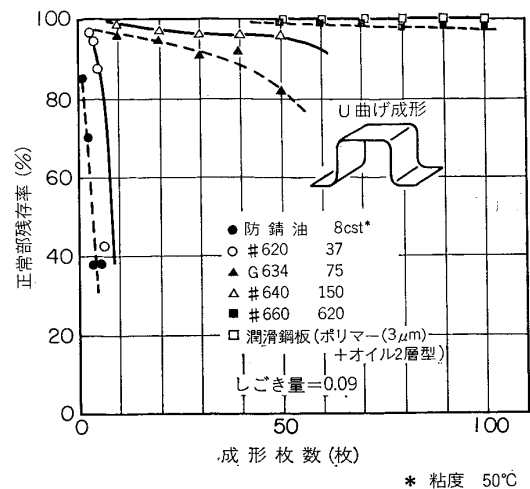


図5 型かじりに対する潤滑処理被膜の効果

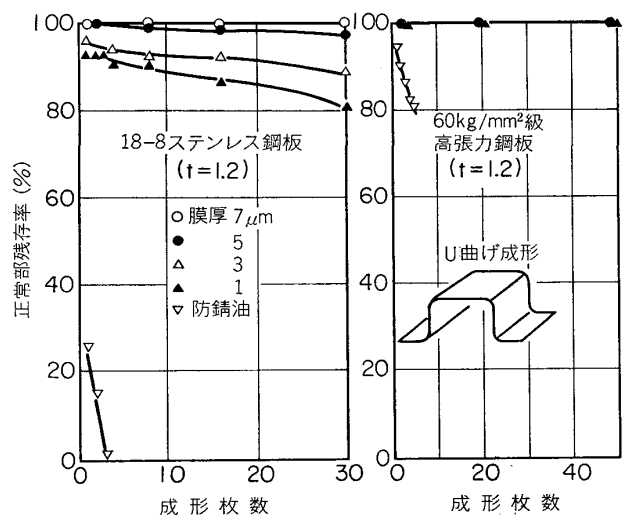


図6 潤滑処理被膜厚の耐型かじり性に与える影響

重要な点である。

連続プレスの場合、加工熱及び摩擦熱による温度の上昇が型かじりを加速する。従来の液状のプレス油はこの場合冷却効果も兼ねているのに対し、固体潤滑鋼板には冷却効果がないため、トランスファープレスによる生産のようにハイピッチで成形されるものに対してやや不利なこともある。

## 3) 保護被膜としての活用

保護被膜としては傷からの保護および防錆という二つの面がある。

疵からの保護は型かじり対策のような焼付防止ということではないがめつき鋼板の加工時の疵による防錆効果の低下の防止、ステンレス等ブライト面の成形加工時の疵からの保護を目的としたものである。この場合要求される潤滑処理被膜の性能、膜厚は成形条件の苛酷さにより左右される。

防錆被膜という面では、従来はミルメーカーから出荷後ユーザーで開梱成形されるまでのいわゆる一時防錆力

を求められていたが、最近ではさらに一步進めてレーザーやプラスチック等を覆つて使用される部品で、塗装が不用なので脱脂工程もはぶく意味から、防錆油塗布の代わりに潤滑処理鋼板をあてようとする動きも見られる。この場合成形後のしかり期間も防錆力が維持されることが望ましい。

さらに一般的部品に対しても、この潤滑処理鋼板を用いてプレス後のしかり時の防錆の役も持たせようとの考え方もあるが、単にしかり時の防錆が狙いではコスト的メリットが出ないこと、又長期のしかりに対して十分かという疑問がある。

表 1<sup>12)</sup>にワックス系の薄膜処理鋼板の防錆力の一例を示す。平板の場合、潤滑処理鋼板は一般の防錆油に比して同等もしくはそれ以上の防錆性を有すると考えられる。さらに 100 mmφ の円筒絞り成形後の加工部防錆力についても通常のプレス油よりかなり優れていることがうかがえる。

## 6.2 具備すべき特性としての性能

### 1) 溶接性

表面有機質被膜の存在は、それが厚ければ溶接性に対し障害になつてくることは十分予想される。

各種の潤滑処理鋼板に対して、それぞれ調査が行われてきており 2~3 の例を示しておく。

図 7<sup>12)</sup>はワックス薄層タイプ (膜厚 0.5 μm) のものについて通電時間に対する溶接強度の変化を見たもの

表 1 ワックス系潤滑処理鋼板の防錆性<sup>12)</sup>

| 試験名                 | 試験時間    | 平 板              |                  | 100 mm φ カップ絞り後  |             |
|---------------------|---------|------------------|------------------|------------------|-------------|
|                     |         | ワックス系処理鋼板 0.5 μm | 防錆油* メタルガード #814 | ワックス系処理鋼板 0.5 μm | プレス油** #620 |
| 塩水噴霧試験 (JIS Z 0229) | 40 min  | 10               | 10               | 10               | 5           |
|                     | 90 min  | 10               | 10               | 8                | 4           |
|                     | 120 min | 10               | 10               | 8                | 4           |
| 湿潤試験 (JIS Z 0231)   | 24 h    | 10               | 10               | 10               | 5           |
|                     | 48 h    | 10               | 10               | 9                | 4           |
| 屋内暴露試験              | 30 d    | 10               | 9                | 9                | 7           |
|                     | 60 d    | 9                | 8                | 8                | 5           |

(付 表)

| 注) 防錆性の評価基準は、JIS D-0201 (右記付表) を適用した。 | レイティングナンバー |   | 腐食面積率 (%) |         |
|---------------------------------------|------------|---|-----------|---------|
|                                       | 10         | 9 | 0         | 0.10 未満 |
| * モービル石油 (株) 製                        | 8          | 7 | 0.10 以上   | 0.25 未満 |
|                                       | 7          | 6 | 0.25      | 0.50    |
| ** 日本工作油 (株) 製                        | 6          | 5 | 0.50      | 1.0     |
|                                       | 5          | 4 | 1.0       | 2.5     |
|                                       | 4          | 3 | 2.5       | 5.0     |
|                                       | 3          | 2 | 5.0       | 10      |
|                                       | 2          | 1 | 11        | 25      |
|                                       | 1          | 0 | 25        | 50      |
|                                       | 0          |   | 50 以上     |         |

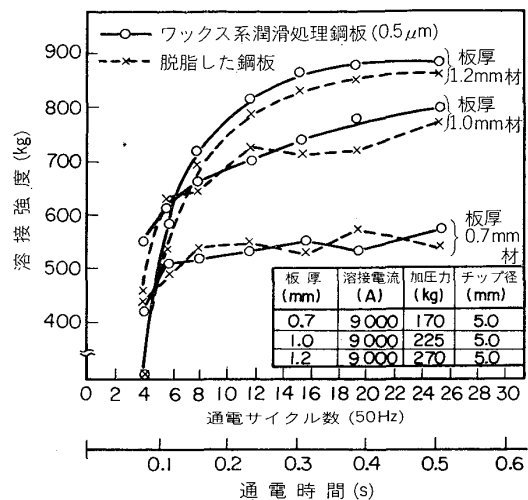


図 7 通電時間と溶接強度との関係<sup>12)</sup>

表 2 ポリマー膜厚と点溶接性 (鋼板: 0.8 mm SPCC)<sup>18)</sup>

| ポリマー膜厚 (μm)   | 電 流 (A) | 通 電 時 間 (s) | 加圧力 (kg) | せん断引張強さ (kg) | 十字引張り強さ (kg) | 破断形状評価 |
|---------------|---------|-------------|----------|--------------|--------------|--------|
| 3~5           | 7 500   | 7           | 200      | 417          | 251          | ◎      |
| 6~8           | 7 600   | 7           | 250      | 417          | 215          | ○      |
| 9~11          | 7 500   | 7           | 300      | 397          | 176          | △      |
| 12~14         | 7 200   | 38          | 450      | 279          | 47           | ×      |
| 防 錆 油 (バルボリン) | 7 500   | 7           | 200      | 418          | 278          | ◎      |

評価: ◎優 ○良 △可 ×不可

で、裸の鋼板と比較して何ら差が見られない。この種のワックス薄塗布型のものでは連続打点性においても何ら問題はなく、防錆油の場合よりもむしろ良好な寿命すら示している。薄膜 (1 μm 以下) ではこのように全く問題ないと考えてよい。

次に表 2<sup>18)</sup>に膜厚の影響を調べた結果を示す。これはアクリルポリマー系被膜での例で 3~5 μm ではスポット溶接性は通常条件下では特に問題はない。しかし、膜厚が 8 μm を超えると通常条件下では溶接不可で加圧力増加等の対策が必要となろう。

また厚膜のときの連続打点においてはチップへの被膜の堆積は十分考えられる。この場合被膜が軟かいためチップの周囲に押し上げられてたまるという形になりチップ自体をいためることは少ないが堆積、脱落をくり返すことになる。さらに厚膜の場合、溶接時の発煙、臭気も多くなり、作業環境の面からも注意が肝要である。

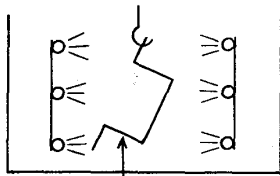
### 2) 脱脂・化成処理性

潤滑被膜の脱脂性はあとにつづく化成処理、塗装の仕上り、性能に大きな影響を与える因子である。成形加工を施されたアクリル樹脂系潤滑被膜試験片についてのアルカリ脱脂テスト結果を表 3<sup>18)</sup>に示す。脱脂性の目安は、防錆油と同程度の脱脂性があるということになる

表 3 アルカリ脱脂性 (水ぬれ性)<sup>18)</sup>

| 潤滑剤                      | 脱脂時間 |     |     |     | (脱脂条件)<br>リデリン<br># 16.5%<br>pH=10.2<br>浴温<br>55~65°C<br>スプレー圧<br>2 kg/cm <sup>2</sup> |
|--------------------------|------|-----|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | 15   | 30  | 60  | 120 |                                                                                        |
| アクリルポリマー系潤滑被膜 (膜厚3~5 μm) | △~○  | △~○ | ○   | ○   |                                                                                        |
| 工作油 #660                 | ×    | ×   | ×   | △~○ |                                                                                        |
| 防錆油 (バルボリン)              | ×    | ×   | ○~△ | ○   |                                                                                        |

(注) (評価) ○…水ぬれ良好, △…水はじきあり, ×…油のこりあり (スプレーのかけ方)



試料

試料としてU曲げ材を使用した。位置によりスプレーのかかり条件は異なるが、評価は総合して行つた。

表 4 脱脂性におよぼす潤滑被膜厚<sup>18)</sup>

| アクリル酸ポリマー膜厚 (μm) | 脱脂時間 |       | (評価)<br>水のり性評価 |
|------------------|------|-------|----------------|
|                  | 60 s | 120 s |                |
| 3~5              | ◎    | —     | ◎: 良好          |
| 5~8              | △    | ○     | ○: ほぼ良好        |
| 8~10             | △    | △     | △: 約 10% 水はじき  |
| 10~15            | △    | △     |                |

が、現在開発されている潤滑処理鋼板は、通常行われている弱アルカリで2 min 以内の脱脂条件を、おおむね満しているといえよう。ただしこれも溶接性と同様に潤滑被膜が厚くなりすぎると脱脂に時間がかかりすぎ工程上支障をきたすおそれがある。(表 4<sup>18)</sup>)

また潤滑被膜材料たとえばホットメルト型ワックス系の場合には、脱脂液の温度が低いと、いつたんアルカリケン化されてもすぐ被脱脂材上で再凝固、再付着を起こすものもある。従つて脱脂については、脱脂剤の種類と並んで液温についても所定の温度を保つよう作業に注意を払う必要がある。さらに潤滑処理鋼板の脱脂性についても一つ注意すべきことは経時変化による被膜の変質がないかということの確認である。被膜の変質により著しく脱脂性が劣化することもあるので注意を要する。

化成処理性については脱脂性のよい潤滑処理鋼板においては特に問題はない。それに反し高粘度プレス油等では脱脂時間が長く化成処理性にまで影響をおよぼす場合も見られる。

## 7. 結言および今後の展望

以上潤滑処理鋼板についてその利点、特性、並びに諸

性能等を概説してきたが、これら新しいタイプの加工用表面処理鋼板は、時代の要請に応じて環境問題、省力化の旗頭として今後増々用途も広がっていくものと考えられる。

今後の展望としては、従来の加工成形性という本来の要求性能に加えて、

- i) 簡易一時防錆処理鋼板としての積極的な活用。
- ii) 疵防止、保護コートとしての適用。
- iii) 既に多用されている型かじり対策に対して、ステンレス、チタンのような難加工性部品への適用拡大。
- iv) 自動車産業を中心とした軽量化のためのハイテンの適用とそれに伴う型かじり対策としての需要拡大。
- v) 電気泳動塗装法などの新プロセスによる高速処理化。
- vi) ミルメーカー内での酸洗ラインや洗浄ライン等の設備の多目的利用。

など種々の応用が開けてくるだろう。

また被膜材料の組成、構成についてもさらに新しい検討、開発がつけられており大量生産によつて経済的な問題にも十分対応し得るものと予想される。

## 文 献

- 1) M. P. SIDEY: Sheet Metal Ind., 52 (1975), p. 329
- 2) 鳥居勇三郎: 塑性と加工, 8 (1967), p. 102
- 3) 大岩 堅: 金属表面技術, 19 (1968), p. 249
- 4) J. CLARKE: Sheet Metal Ind., 38 (1961), p. 865
- 5) H. T. COUPLAND: 同上, 42 (1965), p. 7
- 6) 特公昭 45-14164 (フーカーケミカル Co.)
- 7) F. ROSENBERG and W. J. WOJTCOWICZ: U. S. Patent 3568486 (1971)
- 8) 特公昭 51-3702 (モントゴメリー Co.)
- 9) 泉 総一, 三国 修, 伊藤吉司: 製鉄研究 (1972), 276, p. 99
- 10) 田中俊章, 松田常美, 戸来稔雄, 谷口易之, 矢野莞爾: 製鉄研究, (1972), 276, p. 96
- 11) 上田 仁, 保母芳彦, 本城厚: 住友金属, 26 (1971), p. 114
- 12) 原田俊一, 阿部英夫, 細田 博, 近藤道生: 川崎製鉄技報, 7 (1975), p. 380
- 13) 特公昭 48-36830 (日本鋼管)
- 14) 特公昭 48-44225 (新日鉄)
- 15) 特公昭 47-43416 (川崎製鉄)
- 16) 田代 清, 泉 総一, 芦浦武夫, 伊藤吉司: 鉄と鋼, 61 (1975), S576, S577
- 17) 特開昭 48-67157 (新日鉄)
- 18) 西原 実, 新井哲三, 林 豊, 須藤忠三: 住友金属, 27 (1975), p. 96
- 19) 河上弘一, 長谷 登, 杉沢精一, 豊田祐次, 新井哲三: 住友金属, 26, Apr. (1974)