

新製品紹介

アルカリ可溶潤滑処理ステンレス鋼板

山本 雅也* 古川 伸也** 武津 博文***

Alkali-Soluble Lubricant Organic Composite Coated Stainless Steel Sheet.

Masaya Yamamoto, Shinya Furukawa, Hirofumi Taketsu

1. 緒言

ステンレス鋼板は耐食性、耐熱性に優れるとともに、美しい外観を有することから、自動車排気系部材、家電機器、厨房機器用途などに幅広く適用されている。

一方、近年の世界的な環境保全意識の高揚に伴い鉄鋼材料に対する要求としては、環境負荷物質を含まないことのみならず、客先での製造工程における省資源、省エネルギー、産業廃棄物量低減などへの寄与が求められるようになってきた。このため、ステンレス鋼板ではプレス加工時のプレス油および保護フィルム（厚み：40~60 μm ）の取り扱いや処理方法に関する以下の課題改善が要求されている。

- (1) 高粘性プレス油の使用による作業環境の悪化および脱脂作業性の低下。
- (2) 保護フィルムは加工後に除去工程が必要（大半は手作業のためFA化困難）。
- (3) 保護フィルムはフィルム剥ぎ取り時のフィルム切れ防止のため厚膜にする必要があり、薄膜化による産業廃棄物量の低減が困難。

このような背景から、潤滑性に優れ、加工後のアルカリ脱脂工程で溶解除去可能な樹脂皮膜を被覆し、難加工用途およびスポット溶接用途のいずれにも膜厚調整により対応可能な一層皮膜タイプのアルカリ可溶潤滑処理ステンレス鋼板を開発した。

本報ではアルカリ可溶潤滑処理材の品質特性を紹介する。

2. 製品構成

2.1 皮膜設計の考え方

一層皮膜タイプのアルカリ可溶潤滑皮膜には以下の品質性能が要求される。

- (1) スポット溶接可能な薄膜とした場合の皮膜の密着性と耐ブロッキング性の両立
- (2) 無塗油加工可能な潤滑性と加工性
- (3) アルカリ脱脂時の皮膜の溶解性

潤滑皮膜はステンレス鋼板上に直接、一段コーティング処理にて形成させることを基本構成とした。

まず、無塗油化が可能なレベルの潤滑性、加工性の付与は有機樹脂皮膜中にワックスを分散させる技術を適用した。また、皮膜の溶解性は樹脂構造中にカルボキシル基(COOH)を導入し、カルボキシル基末端のHがアルカリ脱脂液中の Na^+ や K^+ などとカチオン置換することで水に可溶性構造¹⁾となるようにした。なお、樹脂中のカルボキシル基の量は樹脂1gを中和するために必要な水酸化カリウムのミリグラム数で示す酸価で表されるが、アルカリ可溶潤滑処理は高酸価に調整した樹脂を適用することでアルカリ脱脂条件下での皮膜の溶解性を付与した。

2.2 皮膜の密着性および耐ブロッキング性

皮膜の密着性については下地である鋼板表面の粗さ(アンカー効果)、皮膜と下地との電気的引力(水素結合、

*技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム 主任研究員

**技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム

***技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム チームリーダー

分子間力など)、加工時の下地の変形により皮膜に生じる内部応力を緩和できる皮膜の柔軟性が影響することが知られている²⁾。平滑で高光沢のステンレス鋼板に直接、皮膜を形成させる場合には皮膜側から鋼板との密着性を高める手法が必要となる。しかし、皮膜と下地との電気的引力を高めるために樹脂構造中に極性を有する官能基の導入量を多くすると皮膜中の凝集力が大きくなり皮膜の柔軟性が低下する。このため、下地の変形により皮膜に生じる内部応力が局部的に集中し易くなり、皮膜の剝離が生じる。

一方、耐ブロッキング性にも皮膜の凝集力が大きく影響し、皮膜の凝集力が大きいほど夏期の高湿環境下での皮膜の軟化、粘着が発生し難くなる。

そこで、これら皮膜の凝集力と柔軟性を示す尺度として樹脂の弾性率を用い、厚膜と薄膜のいずれでも皮膜の密着性と耐ブロッキング性を両立可能な樹脂の弾性率の範囲を検討した。その結果を基に、アルカリ可溶潤滑処理材の皮膜には主鎖の構造と極性基の導入量を調整することで適正範囲の弾性率とした特殊樹脂を適用することとした。

2.3 スポット溶接性

潤滑皮膜厚みの増加にともないスポット溶接時の板間の電気抵抗が高くなるため、より低い溶接電流値でもナゲットが形成できるが、皮膜が厚いとチリが発生しやすくなるとともに通電性が不安定になる。安定したナゲットを形成するには薄膜にする必要がある。

一方、難加工用途では加工時の鋼板の変形が大きく、鋼板の伸び変形に追従することにより皮膜の厚みは減少し、素地の損傷や潤滑性の低下が生じる。このため、難加工時における素地と金型との直接接触を防止するには、初期の皮膜厚が厚いほど有利となる。しかし、過剰な皮膜厚は鋼板変形に追従する場合の内部応力が大きくなり剝離が生じるので $3\mu\text{m}$ 程度にする必要がある。

そこで、アルカリ可溶潤滑処理材の皮膜の厚みは、スポット溶接が必要な用途では $1\mu\text{m}$ 、抵抗溶接以外で接合する深絞り用途では $3\mu\text{m}$ を標準とした。

図1にアルカリ可溶潤滑処理材の皮膜の断面構成モデルを示す。アルカリ可溶潤滑処理材は粒状のワックスを高酸価特殊樹脂に分散させた皮膜を鋼板表面に直接形成させる製品構成としている。

3. 製品特性

ステンレス鋼板 (SUS304, 2B仕上げ, 板厚 0.8mm) を原板としてアルカリ可溶潤滑処理を膜厚 $1\mu\text{m}$ および $3\mu\text{m}$ で施したものを供試材とした。また、比較材として同じステンレス鋼板の無垢材にプレス油を塗布したもの、

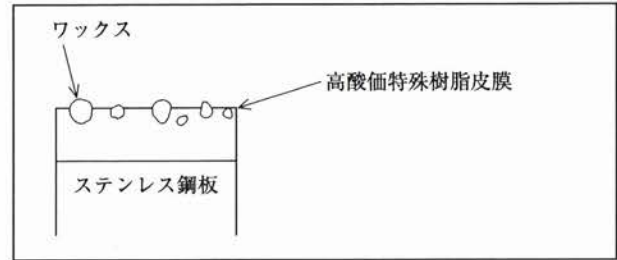


図1 アルカリ可溶潤滑処理材の断面構成モデル

Fig.1 Schematic cross-section of alkali-soluble lubricant-organic composite coated stainless steel sheet.

無垢材に厚みが $40\mu\text{m}$ の塩化ビニル樹脂製保護フィルムを貼り付けて、その上にプレス油を塗布したものを用いた。さらに、市販の固形潤滑剤を膜厚 $3\mu\text{m}$ で塗布したもの(以下、固形潤滑処理材と記す)についても品質特性を比較した。

3.1 成形加工時の製品特性

3.1.1 潤滑性および耐かじり性

材料に高面圧がかかる場合の金型への滑り込み性および耐かじり性の良否をドロビード試験により評価した。図2にドロビード試験時の引抜き力および耐かじり性におよぼす加圧力の影響を示す。膜厚 $1\mu\text{m}$ および $3\mu\text{m}$ のアルカリ可溶潤滑処理材はいずれの加圧力でも固形潤滑処理材、塗油した無垢材および保護フィルム被覆材より引抜き力が小さく、無塗油加工が可能なレベルの潤滑性を有していると判断できる。また、塗油した保護フィルム被覆材は加圧力 0.5kN 以上でフィルム切れによるかじりが生じ、固形潤滑処理材は加圧力 2.0kN 以上で固形潤滑皮膜の一部が金型に削り取られて素地にかじりが発生する。これに対して、アルカリ可溶潤滑処理材はいずれの膜厚でも高面圧下での素地の損傷は認められない。

3.1.2 加工性

図3に各供試材を用いた円筒絞り試験時の適正しわ押え力を示す。アルカリ可溶潤滑処理材はいずれの膜厚でも固形潤滑処理材、塗油した保護フィルム被覆材および無垢材よりも高い絞り比での加工が可能である。また、膜厚 $3\mu\text{m}$ のアルカリ可溶潤滑処理材はしわ押え力の適正領域が広く、高面圧下での材料の滑り込み性が最も優れており、続いて膜厚 $1\mu\text{m}$ のアルカリ可溶潤滑処理材となる。

なお、アルカリ可溶潤滑処理材は金型への良好な滑り込み性を有しているため、保護フィルム被覆材および無垢材の使用時と比べてしわ押え力を高めに設定する必要がある。

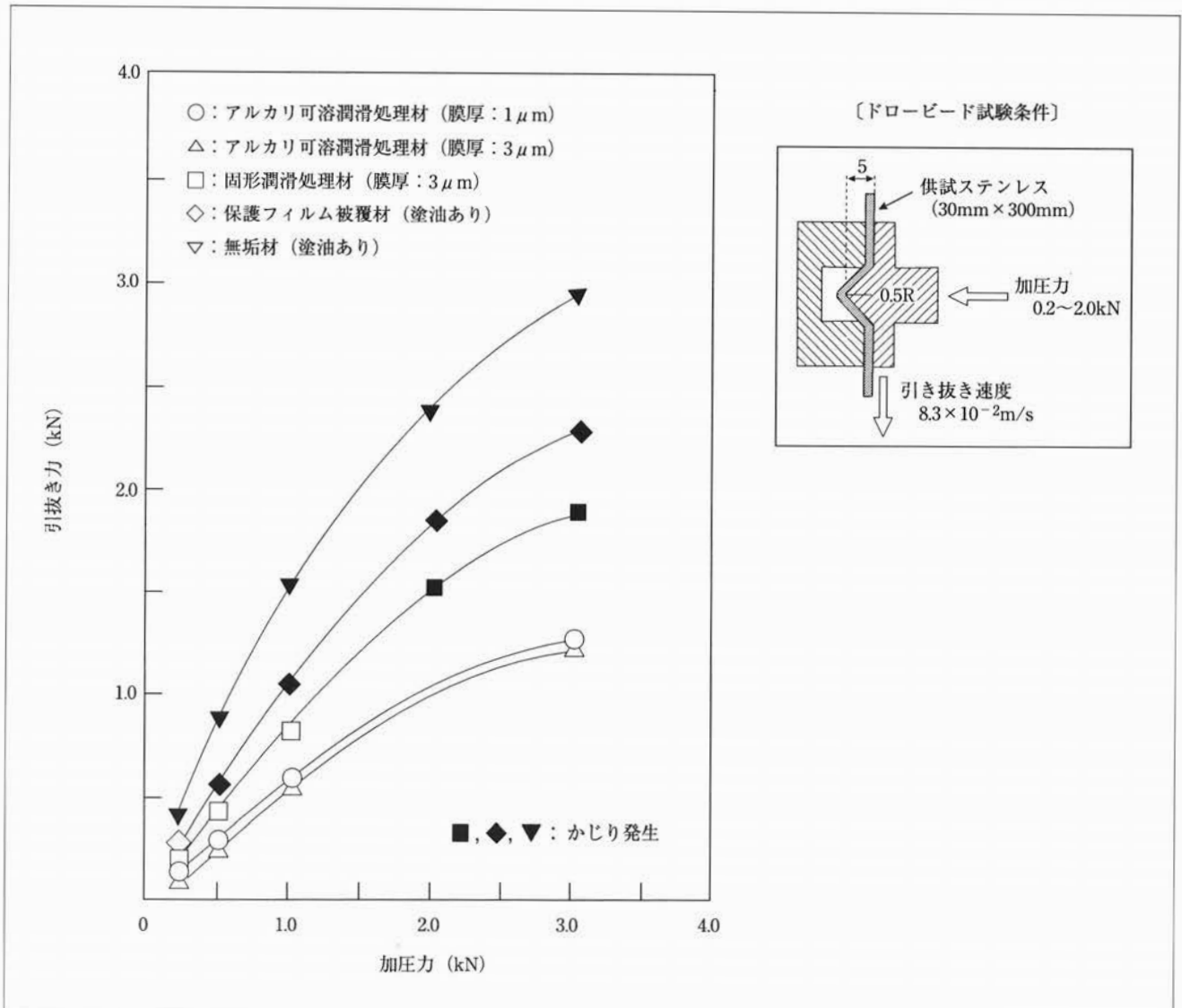


図2 ドロービード試験での引抜き力および耐かじり性におよぼす加圧力の影響
 Fig. 2 Effect of pressure on drawing force and resistance to scratching the surface of stainless steel sheet in bead drawing test.

3.1.3 皮膜の密着性

図4に円筒絞り加工試験後の加工品側壁部(ダイス側)の皮膜残存率について、フーリエ変換赤外分光光度計(以下、FT-IRと記す)によるアルキル基(CH_2 , CH_3)起因の吸収ピーク強度分析から測定した結果を示す。固形潤滑処理材は加工時に接触するダイスRに皮膜が付着しており、皮膜残存率が約30%となっている。このような材料を連続プレスする場合には金型への皮膜カスの蓄積により打痕が発生することがある。これに対して、アルカリ可溶潤滑処理材はいずれの膜厚でも皮膜はほと

んど損傷することなく素地の変形に追従し密着できているものと判断できる。

3.1.4 プレス油を併用する場合の留意点

アルカリ可溶潤滑処理材の皮膜は金型の冷却効果は無いので、金型温度が著しく上昇する加工条件下では、金型の熱膨張によりクリアランスが狭くなることを防止するためにプレス油を併用することが望ましい。なお、炭化水素系の速乾性プレス油や低粘性鉱物油は併用可能であるが、極性を有する化合物を含むプレス油(グリコールエーテル系など)や弱アルカリ性の水溶性プレス油な

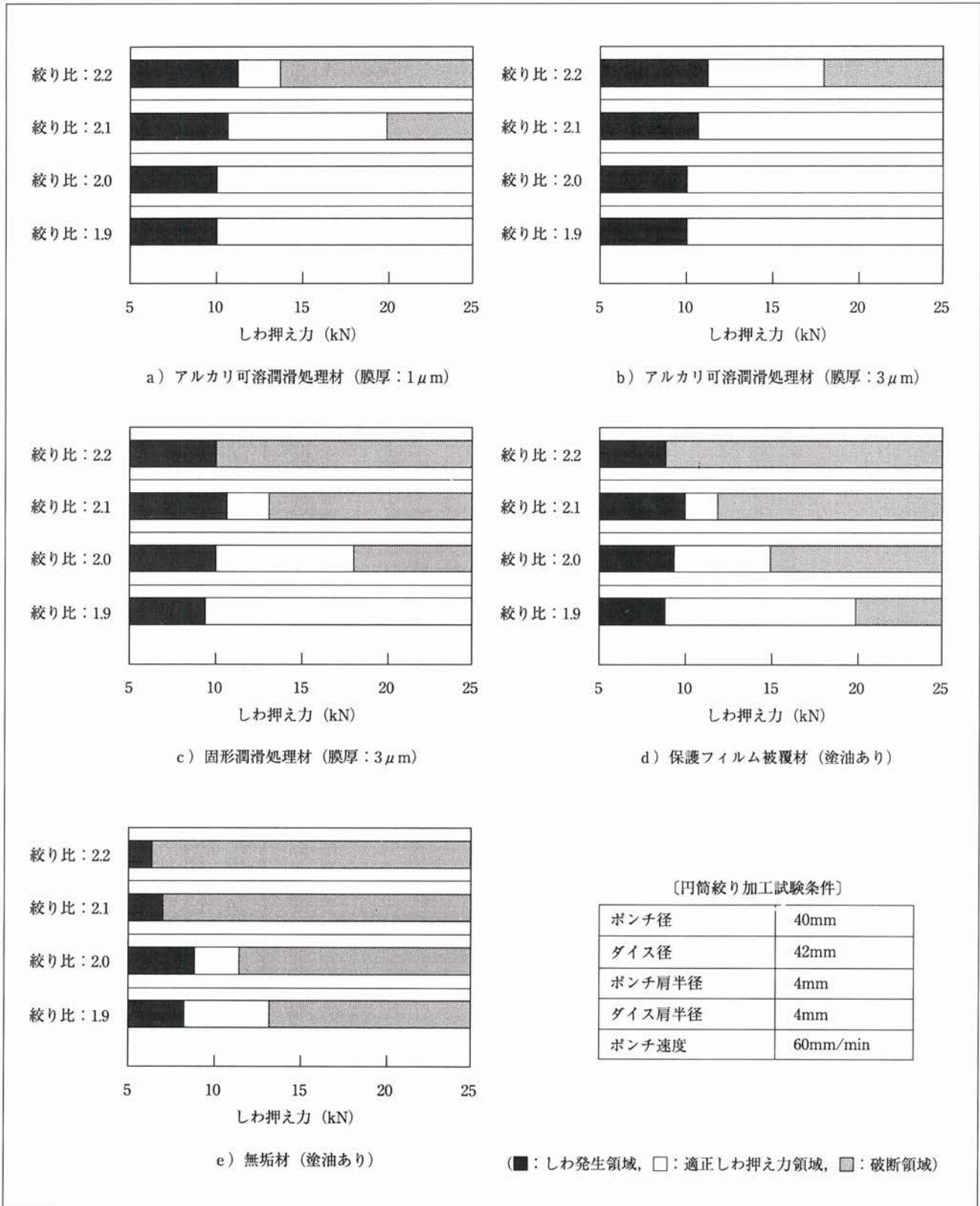


図3 円筒絞り加工試験での適正しわ押え力領域

Fig.3 Appropriate extent of blank holder force in cylindrical drawing cup test.

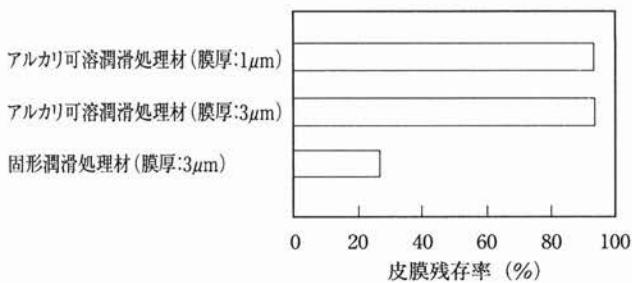


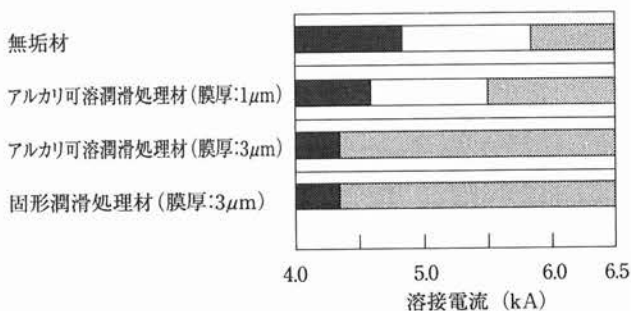
図4 円筒絞り加工試験後の円筒絞り加工品側壁部(ダイス側)の皮膜残存率

Fig. 4 Percentage of the remaining film on the side wall of specimen after cylindrical drawing cup test.

どは、皮膜を侵食して潤滑性を低下させる場合があるので、事前にプレス油との相性を確認する必要がある。

3.2 スポット溶接性

図5にスポット溶接時の適正溶接電流範囲を示す。膜厚3μmの供試材では適正電流範囲が得られず、スポット溶接には不向きである。これに対して、膜厚1μmのアルカリ可溶潤滑処理材の適正溶接電流範囲は若干、低電流側にシフトするが、その適正範囲は約1.0kAで無垢材とはほぼ同等である。



・電極形状：CF型(先端5mmφ)、加圧力：2kN
 ■：ナゲット未形成、□：適正範囲、▨：チリ発生

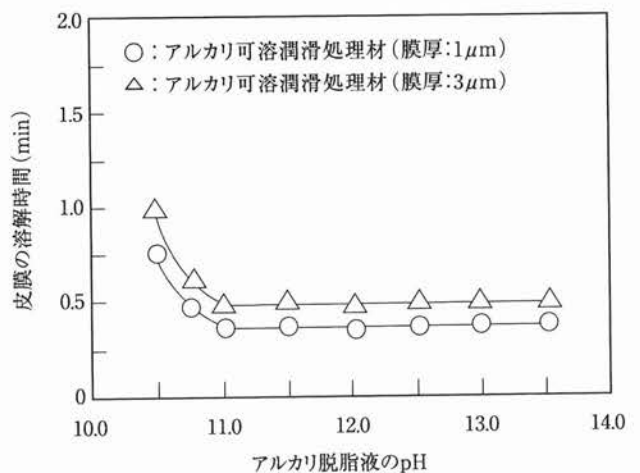
図5 スポット溶接時の適正溶接電流範囲

Fig. 5 Appropriate extent of welding current in spot welding.

3.3 皮膜の溶解性

図6に供試材の皮膜の溶解性におよぼすアルカリ脱脂液のpHの影響を示す。皮膜の溶解性は膜厚1μmの方が

有利となるが、アルカリ脱脂液のpHの方が大きく影響する。アルカリ脱脂液のpHが11以上ではいずれの膜厚でも0.5min以内で皮膜を完全に溶解除去できる。通常、ステンレス鋼板のアルカリ脱脂工程ではpH11以上のアルカリ脱脂液にて2~3minの浸せきまたはスプレー処理が行われているので、アルカリ可溶潤滑処理材の皮膜は十分に溶解除去可能である。ただし、皮膜の溶解はカルボキシル基の中和反応を伴うため、皮膜溶解量の増加とともにアルカリ脱脂液のpHは低下する。したがって、アルカリ脱脂液は補給剤等を用いてのpH管理が必要である。



[試験条件：液温50℃、浸せき処理]

図6 皮膜の溶解性におよぼすアルカリ脱脂液のpHの影響

Fig. 6 Effect of pH in alkaline degreasing solution on solubility of film.

4. 用途例

アルカリ可溶潤滑処理はオーステナイト系、フェライト系等の各種鋼種および表面仕上げのステンレス鋼板に適用可能である。

図7にガスコンロバーナー用途へのアルカリ可溶潤滑処理材の適用例を示す。加工品は無塗油での連続プレスにて成形されたものであるが素地の損傷はほとんど認められず、割れやネッキングも無い。その他にも、自動車の排気マニホールド、給湯器バーナー、厨房用ステンレス容器、換気扇部品、ポンプ容器などの用途への適用が可能である。



図7 ガスコンロバーナー用途への開発材の適用例

Fig.7 Applied example of the developed product to burner of gas range.

参考文献

- 1) 中村亦夫：水溶性高分子，化学工業社，(1990)，4.
- 2) 佐藤弘三：塗膜の付着，理工出版社，(1981)，49.

5. 結 言

膜厚調整によりスポット溶接用途および難加工用途のいずれにも適用可能なアルカリ可溶潤滑処理ステンレス鋼板を開発した。開発材はワックスを高酸価特殊樹脂でバインディングさせた皮膜をステンレス鋼板上に直接形成させる構成としており，以下の製品特性を有する。

- (1) 高面圧となる加工条件下でも材料の流入抵抗の低減と素地の損傷防止が可能である。
- (2) 固形潤滑処理材，塗油した無垢材および保護フィルム被覆材よりも高絞り比での加工が可能であるとともに，適正加工範囲が広い。
- (3) 膜厚 $1\mu\text{m}$ の薄膜タイプはスポット溶接が可能である。
- (4) 皮膜は通常のアルカリ脱脂条件で溶解除去可能である。

上記の特徴を有する開発材の使用により客先では保護フィルムの省略や無塗油化（或いは低塗油量化）が図れ，環境対応面およびコスト面で，多くのメリットが期待できる。

開発材は保護フィルム被覆材の代替え材としてのみならず，優れた潤滑特性を活かして自動車の排気系部品，厨房機器，家電機器などの幅広い用途にも適用可能である。