

特集 冷鍛用小型潤滑処理装置・技術の開発*

– 電解リン酸塩化成処理の実用化 –

Development of Compact Electrolytic Phosphating-Lubrication Equipment and Technology for Cold Forging

– Practical Realization of Electrolytic Phosphating Treatment –

松田茂樹

Shigeki MATSUDA

杉浦貴和

Takakazu SUGIURA

Current processes of phosphate-lubrication for cold forging are non-electrolytic, handle various types of workpieces in a bath of large equipment, consume energy for heating, and generate chemical sludge. To address these issues, we have developed compact, energy-saving equipment that uses an “electrolytic phosphating system” for cold forging.

Consequently the developed equipment can be directly connected to the cold forging press process because of its compactness, and no sludge is generated in this new “electrolytic phosphating system”. This paper describes the developed compact electrolytic phosphating-lubrication equipment and technology for cold forging.

Key words: Production engineering, Phosphating process, Electrolytic process, Cold forging, Lubrication process

1. はじめに

鉄鋼材の冷鍛加工用潤滑処理はリン酸塩皮膜形成→潤滑膜形成の工程で行われている。そして、現在のリン酸塩化成処理は、無電解処理方式である。無電解方式では、処理浴を 80℃に加熱し、かつ、10 分程度の処理時間が必要である。上記の処理温度・時間が必要なため、無電解方式リン酸塩化成処理設備は、多品種の部品を同一設備で処理する大型設備である。

我々は、先に塗装下地用に電解リン酸塩化成処理技術を実用化した¹⁾。電解リン酸塩化成処理は無電解処理方式と異なった方式で皮膜を形成する。今回、冷鍛潤滑処理用に短時間（30 秒）処理で皮膜形成する技術を開発した。その技術を用い小型（専用）潤滑処理装置を開発した。なお、開発した設備では、スラッジ生成ゼロ、および潤滑浴の無更新化（リユベ剤の廃棄無し）が可能であり、環境対応面でも有効である。

2. 電気化学反応の認識と電解リン酸塩化成処理技術への適用の要点

2.1 電気化学反応の構成条件

電解リン酸塩化成処理が可能であるためには、リン酸塩化成皮膜を形成する反応が電気化学反応であることが前提になる。そして、実用化するためには、反応過程でスラッジを生成しないことが求められる。本報告では、最初に現状の無電解処理技術を電気化学反応の

視点から考察し、次いで電解処理を実用化する対応を説明する。

Fig. 1 は、無電解処理と電解処理の概要を示している。リン酸塩化成処理が電気化学反応であるためには、その原則に従う必要がある。電気化学反応の原則とは、少なくとも以下の 4 項目の要件を満たしていることである。

電気化学反応の主な構成要件は、

- (1) 素材表面（固体）と電解質（液体・気体）の間で電子: e の授受を伴う反応である。
- (2) 陽極反応（アノード反応）と陰極反応（カソード反応）が一对になって起こる。
- (3) 溶媒が分解しないとき、カソード反応電位 > アノード反応電位の組み合わせで成立する。
- (4) 電子: e は固体中（電極・導線）のみを移動し、電解質では分子・イオンが移動する。
(電子: e は電解質には存在しない、また、イオンは固体中を移動しない。)

2.2 無電解処理でのリン酸塩化成処理反応

Fig. 1 に示すように、無電解処理での電気化学反応は、処理浴（電解質溶液）とワーク（鉄鋼材）との間に電気化学反応系が形成される。Fig. 1 では、鉄の溶解反応 ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$; -440 mV) とリン酸から解離したプロトン (H^+) との反応 ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$; 0 V) が起こる。その際、鉄の溶解で生じる電子: e は、溶解部から離れた位置に

* 2009 年 9 月 28 日 原稿受理

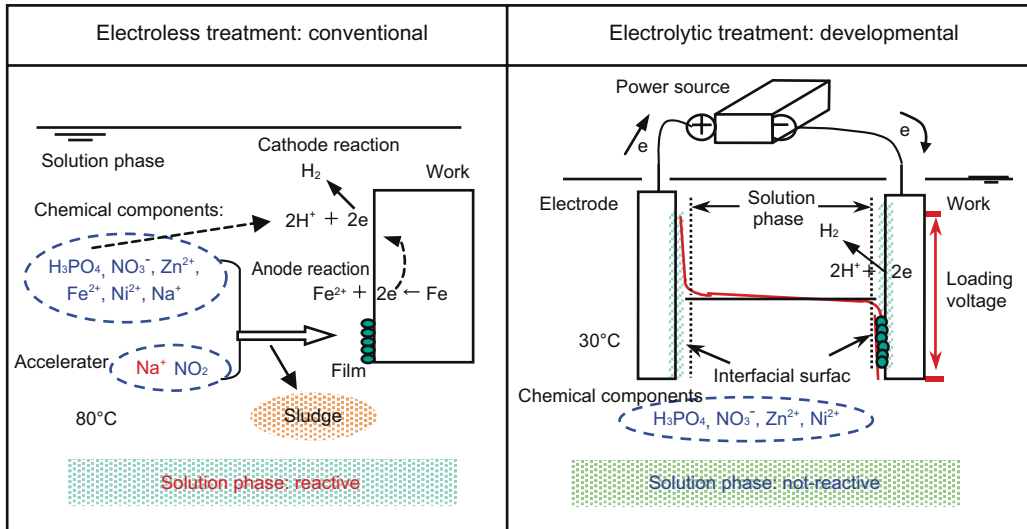


Fig. 1 General schematics of electroless and electrolytic treatments

移動し、そこでプロトンと反応する。その結果、同一ワーク（鉄鋼材）上に陽極と陰極が形成され、その間で電気化学反応が起こることになる。

無電解処理でのリン酸塩化成皮膜形成は、上記の反応で処理浴に鉄イオン（Fe²⁺）が放出されるので、処理浴のエネルギー平衡状態が攪乱され、次の平衡状態に移行する過程で行われる。（皮膜形成反応の詳細は省略）これらのことは、無電解でのリン酸塩化成皮膜形成が、先に掲げた電気化学反応の構成要件を満たしていることを示している。

次いで、無電解処理の課題を示す。

- (1) 無電解処理では処理浴とワークとの間での化学成分（イオン）相互の反応であり、その組み合わせが限定される。即ち、鉄鋼材料では組み合わせ可能で皮膜形成できるが、SUS材・アルミ材等は素材が溶解しないため、適用は不可（皮膜形成不可）である。
- (2) 無電解処理では、鉄鋼材から溶出した鉄イオン（Fe²⁺）の大部分は皮膜とならず、処理浴中に移行する。その結果スラッジを生成する。定期的なスラッジの除去が必要である。
- (3) 無電解処理では、処理浴とワークとの間での化学成分（イオン）相互の反応を行う。その際、皮膜形成可能とするため、処理浴のpH調整を行う。そして、pH調整のため処理浴に皮膜成分ではないナトリウムイオン（Na⁺）を供給することになる。そのことは、処理浴にNa⁺を蓄積してゆくことになる。その結果、過剰のNa⁺を除去するため、処理浴の定期的な更新が必要である。

上記の課題は、無電解処理で広く認識されていることであるが、電気化学反応の原則に照合すれば、無電解

処理では解決は不可能なことである。そして、これらの課題は地球環境対応の視点からも対策すべきものである。

無電解処理の電気化学反応は、当該金属材料とその周囲の成分との反応であり、自然の中で見られる現象である。例えば、鉄を大気中に放置すると錆を生じる。その現象は、鉄鋼と周囲（空気・水分）との電気化学反応に起因するものである。このような、無電解の電気化学反応は当該金属が電極であり、電極は一つのみである。故に、電気化学反応での電子: eの移動は、一つの電極内に限定される。それで、無電解処理では電子: eを電極外に取り出すことはできない。

2.3 電解処理でのリン酸塩化成処理反応

これに対し、電子: eを人為的に電極外に取り出すことを可能にしたのが電池である。電池は、電解質を挟んで電極を2本向かい合わせた構成になり、電極間の電気化学反応で発生する電子: eを陽極と陰極を配線で結ぶことで、電極外に取り出す。

電解処理は、溶液を挟んで陽極と陰極を向かい合わせる。その電極配置は電池と同じである。そして、電極間に電源を接続し、電子: eを電極を通して溶液外から供給する。故に、電解処理では電子: eを処理浴に一定の方向で、必要量供給する。

電解リン酸塩化成処理は、Fig. 1に示すように処理浴（電解質溶液）内に2本の電極を入れ、その電極間を直流電源を介して接続するシステムを形成する。二つの電極間に直流電源で電位差を生じさせると、電子: eは配線を通じて電源から陰極に供給される。そして、処理浴内の陰極表面（界面）に電子: eが供給され、そこで

処理浴成分の陽イオンと反応する。電解リン酸塩化成処理は、ワークを陰極として設置し、外部に設置した電源から陰極に電子を供給することで、所定の電気化学反応を行いリン酸塩化成皮膜を形成するものである。

電解表面処理は、電子: e の動きに関して電池と逆の方向であるが、電極に扶まれた電解質溶液の制御（反応させないこと）を必要とすることは共通である。電解質が反応すると電池では爆発が起き、電解表面処理では処理浴にスラッジを生成する。故に、本報告の開発では電池での電子: e の動きを参考にした。

電解リン酸塩化成処理を実用化技術として可能とするためには、スラッジを出さない工夫が必要である。Fig. 1 には処理浴内の電位差を示す曲線が描かれている。印加電圧は、直流電源に加えた電圧を意味する。電圧は、電源と電極を結ぶ導線間での降下はないので、処理浴内の電極間で起きる。処理浴内の溶液は、電気化学的には「溶液相」と「界面」に分けることができる。「溶液相」は電極からの電気的作用が直接働かない部分で、「界面」は電極からの電気的作用が直接働く部分である。「界面」は、金属材料内の電子: e が溶液（処理浴）内の成分イオンと反応可能な領域である。なお「界面」は、電気化学では電気二重層と呼ばれるものであり、数 nm 以下の厚みである。

Fig. 1 の曲線は、溶液相では電圧の変化がなく、界面で大きな電圧変化を生じることを示している。これは、溶液相では成分イオンが反応することなく安定であるが、界面では反応することを意味する。溶液相が反応しないことは、スラッジを生成しないことをも意味する。また、界面で反応することは、反応生成物が電極表面に拘束されること、即ち、電極表面に皮膜を形成することを意味する。このことは、電解リン酸塩化成処理の実用化の重要なポイントである。

電解リン酸塩化成処理の目指す電解反応系は、Fig. 1 に示すような電圧降下をする処理浴・電極から構成される電気化学反応系である。このような電解反応系は、電解めっき、アルミ材の陽極酸化、電着塗装等既存の電解表面処理に共通するものである。

さて、次の課題は、どのようにしてリン酸塩化成処理浴で Fig. 1 のような電解反応系を達成するのかである。この課題の解決は、既存の電解表面処理技術から推察できる。電解めっき、陽極酸化、電着塗装等の既存技術に共通することは、処理浴中に皮膜形成を妨害する成分を含んでいないことである。特に、電着塗装ではナトリウムイオン (Na^+) が少量存在することも許されない状況を維持することが必要である。

そのような視点から、従来の無電解処理浴を見てみると、無電解処理浴は大量のナトリウムイオン (Na^+) を必要としており、含んでいる。また、処理浴を反応させるため活性な成分である亜硝酸ナトリウム ($\text{Na}^+ \cdot \text{NO}_2^-$) を別途補給している。そして、そのような処理浴を電解すると、ナトリウムイオン (Na^+) は陰極側に電解で引き寄せられるが、そこで形成・析出したリン酸ナトリウム (Na_3PO_4) は、電解が終了すると固体として引き付ける力は存在せず、再び処理浴に溶解する。

また、活性成分である亜硝酸ナトリウムの影響で溶液相は活性であり、処理浴の「溶液相」部分が反応・分解しスラッジを形成する。このようなことから、従来の無電解リン酸塩化成処理浴を電解することでは、有効な皮膜を形成することは不可能になる。

電解リン酸塩化成処理を実用化することは、皮膜形成に関与しない成分を含まない処理浴を用いることで可能となる。それ以外に、それぞれの機能: 例えば塗装下地用、冷間鍛造下地用などに適した皮膜を形成する処理浴組成を作成し、その皮膜を作成するための電解処理システム（装置）を作成し、それを運転し維持管理することである。

その方式は、個別ニーズにより異なり、それぞれの具体的な対応が必要である。この報告は、冷鍛潤滑用についてである。

3. 冷鍛用小型（専用）設備開発の目的

冷鍛用小型装置開発の主たる目的は、物流改善である。現在の自動車部品の冷鍛用のリン酸塩化成処理装置は、無電解方式で行われており一つの処理槽で多種類の部品を処理する汎用・大型設備である。そのような設備は、前後工程の設備と切り離されており、設備の前後には工程間の中間在庫部品が存在する。また、多種類の部品は材質・形状が異なり、冷鍛プレス加工での要求精度も異なるものであるが、それらを一つの処理槽で処理する。

また、無電解処理浴は 80℃程度まで加熱されることから、多量の「エネルギー消費」・「スラッジ生成」を伴うものである。これらのことは、従来の方式（無電解処理）が課題の多い処理であるが、先程述べたように電気化学反応の視点からは解決不可能であり、無電解処理以外の新規方式開発・実用化の必要性を示している。

電解処理は、先に示したように従来の方式とは異なった効率の良好な電気化学反応系を用いる。従って、従来の無電解処理での課題を解決することができる。

冷鍛用小型専用装置は、電解リン酸塩化成処理を適用した実用化設備を開発するものとして行った。小型専用装置では、前後工程と直結可能である。故に、原則として工程間の在庫を持つ必要がない(Fig. 2)。

4. 電解リン酸塩化成処理での冷鍛用潤滑下地膜の形成

電解リン酸塩化成処理では、皮膜の構成成分を制御できる。リン酸塩化成皮膜は、二つの構成成分：(「リン酸塩」と「金属」)から構成される(Fig. 3)。

塗装耐食性確保には、金属 Ni を皮膜中に取り込むことが有効であるが、従来の無電解処理ではリン酸塩化成皮膜中に金属 Ni を多く取り込むことは原理的に困難である。無電解処理では Ni の析出(カソード反応： $Ni^{2+}+2e \rightarrow Ni^0$: -0.26 V)は、鉄の溶解(アノード反応： $Fe \rightarrow Fe^{2+}+2e$: -0.44 V)に対応する電気化学反応として鉄鋼の界面に析出する。従って、界面から離れた領域では金属 Ni の析出は原理的に不可能である。

デンソーでは、01 年からに電解リン酸塩化成処理を塗装下地用に実用化している。その電解処理化成皮膜は金属 Ni を多く含むが、無電解皮膜は Ni を多く含むことができないことを示した。そして、Ni を多く含む電

解皮膜は、塗装耐食性が無電解皮膜の 2 倍以上であることを示した。¹⁾ 更に、金属 Ni を多く含ませることは、電解処理にて可能であることを実証した。

さて、冷鍛下地用皮膜では耐食性でなく潤滑性を要求する。そのためには Ni を含まないリン酸塩のみから構成される皮膜を形成することが望まれる。また、塗装下地用に比較し厚い膜とすることが望まれる。このため、塗装下地用とは異なった新規の電解リン酸塩化成処理技術(処理浴+電極+電解システム)を開発した。開発した冷鍛用電解リン酸塩化成処理の特徴は以下である。

- (1) リン酸塩(金属成分無し)のみの皮膜形成
 - (2) 厚膜(皮膜重量: 5 g/m²以上)の形成
 - (3) 電解時間 30 秒での上記皮膜形成:(無電解処理は 10 分)
 - (4) スラッジ生成無しの確保: 電解処理の安定性維持
- なお、電解処理のシステム・設備は、先に実用化したもの¹⁾と基本的な構成は同じであるが、目的とする皮膜が異なることから処理浴組成・使用電極等を工夫し冷鍛下地用に適した化成皮膜を形成できるようにした。また、同時に化成皮膜の上に潤滑膜(有機石鹸皮膜)を形成する潤滑処理装置の小型化も達成した。

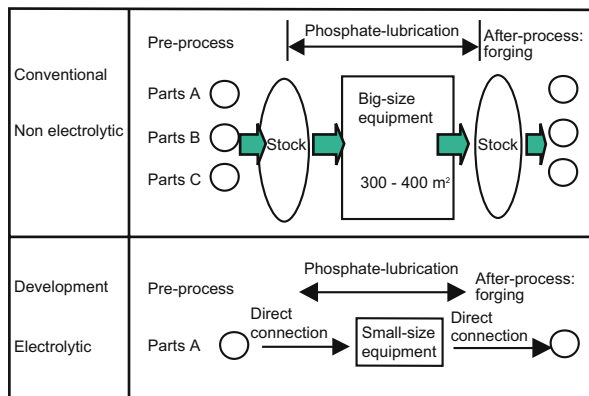


Fig. 2 Comparison of process flows

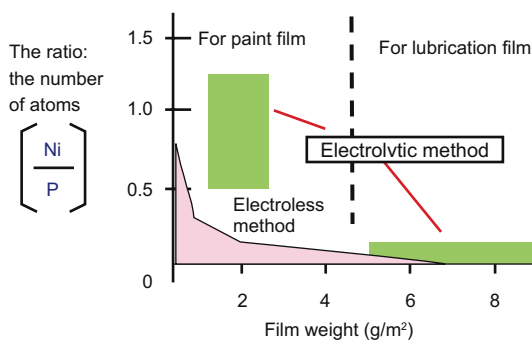


Fig. 3 Comparison of the phosphate film compositions

5. 冷鍛用電解リン酸塩化成皮膜の構成と潤滑性

今回適用した部品(ブレーキ関連部品)の冷間鍛造工程を Fig. 4 に示す。この部品は、Cr・C を含む合金鋼(SUJ2)であり、また、内径部を加工することから無電解処理では(内径部に化成皮膜を形成することが不利なため)潤滑性を確保するのが難しい部品である。電解処理では、内径部に電極を入れて処理するため、その部分に確実に皮膜を形成できる。

電解処理と無電解処理での処理状況の違いを Fig. 5 に示す。電解処理は 30 秒の処理であるのに対し、無電解処理は 600 秒である。また、電解処理設備は、15 m² の小型設備であり、無電解処理設備は 300 m² 以上の大型・汎用設備である。従って、無電解処理(大型)設備では当

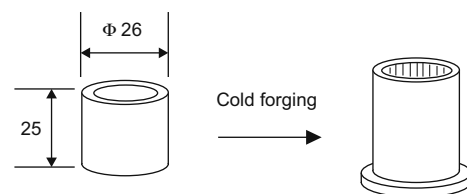


Fig. 4 Handling parts example in automotive cold forging

該部品以外のものも処理してる。しかし、電解処理(小型)設備は、当該部品専用機であり、プレスと直結している。

次いで、今回実用化した冷鍛用電解リン酸塩皮膜の性状を従来の無電解リン酸塩皮膜との比較で示す(Fig. 6)。

Fig. 6 は、電解リン酸塩化成皮膜と無電解リン酸塩化成皮膜が、化学的な構成はほぼ同じであるが、皮膜の外観形状は異なることを示している。SEM 観察では、無電解処理から得た化成皮膜の結晶粒径は相対的に大きく、電解処理から得た皮膜は小さい。実際、無電解処理皮膜の結晶粒径は 100 μm を超えているが、電解処理皮膜のそれは 20 μm 程度である。また、処理部品の内径側では、その差は拡大している。これは、無電解処理では、結晶生成の起点となる場所が少ないため、少数の起点から成長した結晶の皮膜であるためである。即ち、内径側では皮膜形成が不利であることを示している。これに対し、電解処理では内径側と外径側の結晶粒径の差はない。故に、内径部にも充分な化成皮膜が形成されている。

| | Treat. time | Treat. temp. | Bath volume |
|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Electroless | 600 s | 80°C | 95001 |
| Electrolytic | 30 s | 33°C | 301 |

Fig. 5 Comparison of the phosphating conditions

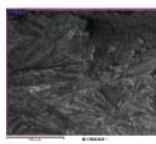
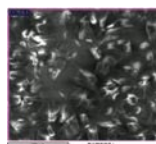
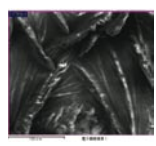
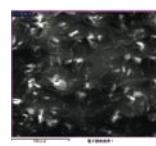
| | Electroless | Electrolytic |
|---------------------------|---|---|
| SEM-1 Outside of parts |  |  |
| SEM-2 Inside of parts |  |  |
| Ni/p ratio outside | 0 | 0 |
| Ni/p ratio inside | 0 | 0 |
| Film weight phosphate | 5 g/m ² | 8 g/m ² |

Fig. 6 Comparison of the phosphate films

これは、内径部に電極を突っ込んで電解処理をすることで、内径部にも電流を供給することで可能となる。

化成皮膜の Ni/p 比率は、化学的性状を示す指標である。電解リン酸塩皮膜・無電解リン酸塩皮膜の両者とも、Ni を含まず冷鍛用に適した化学的性状を示している。

電解処理品と無電解処理品の違いは、冷鍛プレス加工面に現れる(Fig. 7)。これは、リン酸塩化成皮膜の生成状況の違いが、化成皮膜の上に形成する潤滑膜(有機石鹼膜)の形成に影響を与えているためである。

プレス後の無電解処理品の表面は潤滑膜が分断され、汚れた鉄表面のような状態であるが、電解処理品の表面は潤滑膜が均一分布し、石鹼状態で残っている。即ち、潤滑性能は電解処理品の方が無電解処理品より良好である。これは、電解リン酸塩化成皮膜が無電解リン酸塩皮膜より緻密な結晶から形成された皮膜(Fig. 6)であることを反映していると言える。

Fig. 7 の鍛造面は、部品の内径側である。先に Fig. 6 で示したように、内径側では化成皮膜の結晶の差は顕著であった。電解処理皮膜は、緻密であり素材表面と確実に反応して形成した皮膜である。潤滑剤(ステアリン酸塩)は、そのように形成したリン酸塩化成皮膜と化学的に親和して潤滑皮膜層を形成する。そのような潤滑膜は良好な潤滑性を有する。

これに対し、無電解リン酸塩皮膜は、無電解電気化学反応での皮膜形成であることから、皮膜形成のためには素材(鉄)の溶解を必要とする。しかし、内径側ではそれらの反応を含めて、あらゆる反応が抑制される方向である。その結果、形成する化成皮膜は、粗い不十分なものである。それは、その上に形成する潤滑剤成分の皮膜形成に対しても不十分なものとする。Fig. 7 の冷鍛加工面の比較は、その違いを示している。

リン酸塩化成皮膜の違いは、後程示す潤滑処理槽成分の劣化状況に関連する。それは、設備の処理条件管理にも大きく影響する。

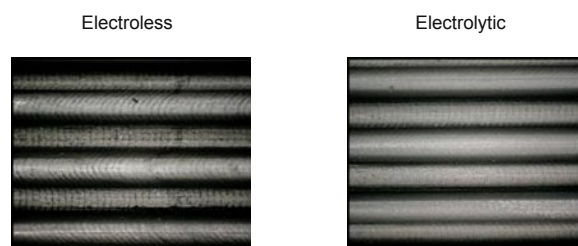


Fig. 7 Comparison of surfaces of the cold forged parts

6. 冷鍛用小型潤滑処理設備

開発した小型潤滑処理装置を下記に示す(Fig. 8).

潤滑処理装置は、脱脂→水洗→表面調整→電解リン酸塩化成処理→水洗→潤滑処理(リユーベ処理:ステアリン酸ナトリウム槽)の工程であり、投入から終了まで18分である。そして、後工程のプレスと直結している。電解リン酸塩化成処理は、3ヶ/治具にまとめて行い30秒であるが、各工程間の搬送に40秒を要し、3ヶ/70秒のタクト(24秒/ヶ)で処理する。処理能力は、プレスの加工能力(30秒/ヶ)に合せている。この設備は、2007年11月から稼働している。

設備の全長は5mであるが、設備前後の移替部が各1m占拠する。搬送治具レス、または小型化の工夫が今後の課題である。また、脱脂・及び潤滑処理は従来と同じ時間を要している(各3分)。その短縮が実現できれば、更なる小型化が可能である。

開発した小型潤滑処理装置の処理運用面での特徴を示す。

- (1) スラッジ除去用タンクなし: スラッジレスにより可能とした。
- (2) 補給薬品は1種類で、自動補給: 従来は複数種類の薬品使用。
- (3) 潤滑(リユーベ)浴の無更新: 従来は2~3ヶ月で更新。

上記の特徴は、リン酸塩化成処理を電気化学反応として制御し運用していることから得られる。即ち、無駄な反応をなくし、有効な反応のみ実施するよう工夫している結果として得られるものである。

電解処理の適用でリン酸塩化成処理反応は、無駄な反応をなくしている。その中には、素材(鉄鋼)の溶解をなくすることが含まれる。それにより、リン酸塩処理浴でのスラッジ生成をゼロとできる。かつ、そのことは後



Fig. 8 Compact phosphate-lubrication equipment

工程の潤滑(リユーベ)槽へのFeイオンの持込もゼロとする事を可能とする。リユーベ槽への鉄イオンの持込防止は、リユーベ槽での石鹼(ステアリン酸ソーダ)の分解(凝集)を防止することになる。即ち、リユーベ槽成分の劣化がなくなるのである。このため、リユーベ浴の更新は不要となる。以下にリユーベ浴の状況を示す(Fig. 9)。

Fig. 9に示したのは、設備停止状態でのリユーベ槽の着色状況を示したものである。無電解処理設備でのリユーベ槽は、Feイオンが混入し茶褐色に着色している。これに対し、電解処理設備でのリユーベ槽は白色である。この状況をもう少し説明する。

従来の無電解リン酸塩化成処理では、リン酸塩皮膜は皮膜形成のため素材金属が溶解する。そのため、Fig. 6に示した粗い結晶の皮膜である。このため、皮膜は溶解したFeイオンを含むか、またはFeイオンを溶出する。この溶出するFeイオンは、リユーベ浴で溶出し、石鹼成分を破壊(凝集)する。そのため、従来の無電解処理で皮膜を形成した後のリユーベ浴は、処理と同時にFeイオンの影響を受けて茶褐色に変色してゆく。この変色は、Feイオンの溶解と供に大きくなり、石鹼の破壊も大きくなる。そして、最終的には石鹼としての機能が損なわれるため、変色したリユーベ成分は廃却する必要がある。

しかし、電解リン酸塩化成処理では、Feイオンの溶解を制御し、かつ皮膜形成を確実にを行うため、リユーベ浴でのFeイオンの溶出はゼロとできる。故に、リユーベ浴は白色状態を維持し、石鹼成分の破壊はなくなる。このため、リユーベ成分の更新は不要になる。

潤滑成分(石鹼)の機能を十分に発揮させることは、潤滑処理の最大の狙いである。その観点からも電解リン酸塩化成処理の適用は有用である。



Fig. 9 Photo of lubrication bath

7. おわりに

本報告は、リン酸塩化成処理反応は電気化学反応であり、それに準拠した方式での適用（実用化）として電解方式を採用するのが正しい選択であることを述べた。

現在は、自動車用のエネルギーも内燃方式（熱エネルギー利用）からハイブリッド・燃料電池等電池方式（電気化学エネルギー利用）に移行しつつある。これは、我々の身近なエネルギー利用についても、電気化学反応に関する知識・技術を集積し、より電気エネルギーを利用する方向にシフトしていることを示している。

これからは、あらゆる場面で電気化学反応を利用することが更に検討される方向である。しかし、現在のリン酸塩化成処理は、デンスーの実施例以外はいまだすべて無電解処理設備で行われている。それは、リン酸塩化成処理が電気化学反応として正しく認識・理解されていないことからの帰結と思われる。

報告者は既存のすべてのリン酸塩化成処理設備を電解処理に置き換えることは可能と思う。また、従来不可能であった材料（アルミ・銅・SUS）への適用も可能なことも基礎検討段階では確認済みである。そのため、多くの技術者がリン酸塩化成処理について電気化学的視点からの理解を深め、その実用化技術の開発し、適用範囲の拡大に挑戦して行くことを期待する。また、リン酸塩化成皮膜は、酸素原子を含み絶縁性・摺動性を有する無機結晶を含む皮膜であり、その機能を利用した新たな用途は従来の冷間鍛造、塗装下地などに限定された範囲を超えて、大きなものとなることが期待される。それらの新規開発（新機能皮膜形成、および形成した皮膜機能の新規活用）は、新たな挑戦であり技術者の創造性を鍛えるものと思われる。本報告を、そのような認識に進む第一歩として理解して頂ければ幸いである。

<参考文献>

- 1) 西谷 伸, 松田 茂樹 他: 塗装下地用 電解リン酸塩化成処理技術, 自動車技術会 2002 年春季大会前刷集 20025052.



<著 者>



松田 茂樹
(まつだ しげき)
生産技術開発部 第1生産技術開発室
リン酸塩化成処理加工の開発に従事



杉浦 貴和
(すぎうら たかかず)
部品エンジニアリング部 製造企画室
部品加工関連の設備設計・開発に従事