ステンレス鋼の電解研摩†

松 本 誠 臣*

On Electropolishing of Stainless Steels Studies on Electropolishing of Metals (Part 6)

Shigeomi MATSUMOTO*

Mechanical polishing of stainless steels is difficult and handling skill is required, for they are apt to be overheated locally due to their low heat conductivity. Electropolishing, therefore, has long been adopted for stainless steels. As it has especially good effect on 18-8 type stainless steel, various composition of electropolishing bath have been suggested.

In this paper, the result of electropolishing of 18-8 type stainless steel and 13% chromium steel in phosphoric acid-chromic acid bath which the author proposes for carbon steels, copper alloys and aluminium alloys, is reported.

- (1) Phosphoric acid-chromic acid bath showed good effect on 18-8 type stainless steel and 13% chromium steel.
- (2) The addition of chromic acid to the electropolishing bath promoted the oxydation of anode and prevented selective dissolution of chromium contained in the steel.
- (3) High anode current density causes to produce streaks by oxygen bubbles which is generated on the surface of anode, while low anode current density and long time treating improves the polishing effects.
- (4) In spite of heat treatments, 18-8 type stainless steel always consists of austenite crystal structure, but as its grain size becomes smaller and strain is removed more completely by heat treatment, the electropolishing effect is better. Polishing effect of 13% chromium steel is influenced by the heat treatment. It is best for that of quenched martensite structure and better for that of solbite structure.

1. 結 論

1-1 18-8ステンレス鋼

18-8ステンレス鋼は耐食性がきわめて優秀で、機械的仕上面はきわめて美しい光沢を有するため、工業材料の他に種々の装飾品、食品などに用いられている。しかしながら、機械仕上法においてはクロム、ニッケル系の鋼である本合金は、その熱伝導の不良性から機械研摩においては局部的過熱を起こしやすく、その結果、機械仕上ゲにより均一光沢仕上面を得るには、かなりの熟練を要した。電解研摩法が発明されるや本合金に対する工業化は早くから実施され、近年においてはこのステンレス鋼加工工業の過半数が電解研摩法を応用しているといわれている。このように著しく発達した理由は、本合金の

金属組織から見て熱処理の有無にかかわらず、単相のオーステナイトで組織が均一化され電解研摩に最適しているためと考えられる。

18-8ステンレス鋼に対し、12, 18, 25クロム鋼の電解研摩の実用化が遅れた理由は、本系合金の金属組織から見て Fe-Cr-C 3系には $(\text{Fe, Cr})_3\text{C}$, $(\text{Cr, Fe})_4\text{C}$, $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$, $(\text{Cr, Fe})_3\text{C}_2$ の4種類の炭化物が存在し、かつこれら複炭化物は熱処理条件の変化に伴い析出するため、これが研摩効果に種々の悪影響を与えることによるものと考えられる。

その結果18-8ステンレス鋼に関する電解研摩の研究は盛んに行なわれ、これに関する電解研摩浴組成、条件などは盛んに発表されているが、本報においては18-8ステンレス鋼およびクロム鋼に共通な、電解研摩浴組成およびそれぞれの研摩条件を陽極電流密度—浴電圧より考察し、従来の電解研摩浴と比較したことにつき報告する。

2. 実 験 方 法

† 金属材料の電解研摩に関する研究 (第6報)

* 武蔵工業大学生・産機械工学科 (東京都世田谷区玉川等々力町)

Musashi Institute of Technology

第 1 表

試 料	記号	化学成分	熱 処 理	組 織 成 分
クロム鋼	C S	0.3% C 13.1% Cr	鍛錬後 850°Cにて焼ナマシ	ソ ル バ イ ト
ステンレ ス鋼	S L ₁	0.11% C 17.5% Cr	鍛錬後 850°Cにて焼ナマシ	オーステナイト
	S L ₂	7.8% Ni	同上1100°Cより油中焼入れ	オーステナイト

2-1 実験に用いた試料

実験に用いた試料は第1表のようなもので、陽極表面はエメリー紙0番にまで研摩した。浴中に浸セキされる部分は20×15mm、それ以外は絶縁塗料を塗付し、陰極に平行に垂直に浸した。陰極は18-8ステンレス鋼板を使用し、陰極と陽極の面積比は5:3である。浴槽は300ccのビーカーを使用し、両極間距離は5cmとした。電源は全波整流のセレン整流器を使用し、浴電圧をシェウ動抵抗器により漸次高め、陽極電流密度—浴電圧曲線を求めた。

2-2 電解研摩浴組成

濃硫酸 (S.G.=1.8) 中で13クロム鋼を陽極として電解した場合、クロムおよびクロムの炭化物が選択的に溶解し、表面はエッチングを行なったように粗面となり、灰色を呈する。この現象はクロム鋼のみではなく18-8ステンレス鋼においても、これを構成する鉄、ニッケル、クロムの各元素より陽極においてクロムが優先溶解することが考えられる。硫酸浴に酸化剤として無水クロム酸を添加したものを電解浴として上記と同じ組成のクロム鋼を陽極に施すと、硫酸のみの浴に比してピットの生成割合はきわめて少なく、選択溶解が抑制されていることが顕微鏡において観察された。このことは全く酸化剤によってクロムが不働態化し、選択溶解が防止されたものと考えられる。またリン酸 (S.G.=1.7) 単体の浴中にて、18-8ステンレス鋼を陽極処理した場合、遊離しているフェライトがリン酸と反応して不溶性リン酸鉄塩を生成し、クロムおよびニッケルが優先的に溶解し粗面を形成する。しかし前記硫酸浴の場合と同様無水クロム酸の添加によりこれが防止できることを確めた。すなわち、電解研摩においては材質のいかんにかかわらず、陽極の酸化、溶解の周期的電気化学的反応が電解研摩に重要な役割りを果たしており、この効果を一層効果的に達成させるために、酸化剤として著者が一般炭素鋼、銅合金に使用した無水クロム酸を使用した。すなわち研摩液の主体をリン酸とし、リン酸 (S.G.=1.7) 100ccに無水クロム酸20gを添加し、100°C前後に加熱し、無水クロム酸を完全に溶解したのち、70°Cに保ち使用した。

3. 実験結果および考察

前項の研摩浴において18-8ステンレス鋼においては、

その研摩効果はきわめて良好であった。その陽極電流密度—浴電圧特性曲線は第1図に示すとおりである。0.9 V-40 A/dm²で陽極は一樣に不働態化し電流はほとんど流れなくなり浴電圧は急上昇する。2.1 V以上において浴電圧の上昇に伴い電流密度の増加が見ら

れる。すなわち、2.1 V 近くで陽極を不働態化していた酸化皮膜が部分的に破壊されて、酸化と溶解が交互に行なわれ、研摩領域に入る。しかしながら、18-8ステンレス鋼の研摩上の欠陥として、他の金属に比較して陽極における酸素の発生量が多く、その結果、陽極表面に沿って上昇する酸素気泡のために、その通過時に陽極表面の酸化皮膜が破壊され、その部分の陽極の溶解が促進され、表面に条コンが残り、研摩面の平滑度を阻害する場合がある。この条コンを防止する目的をもって表面活性剤などの有機物の添加により、酸素気泡の大キサを微細化し、かつ気泡の上昇速度を早くすることによって条コンをなくすることができるが、本浴においては、無水クロム酸のような強酸化剤の添加により、添加有機物が分解を受けやすく、液全体の老化を促進するため、有機物の添加はあまり望ましくない。むしろ研摩のための操作条件として、電流密度を低くして長時間陽極処理を施した方が条コンもないよい研摩面が得られた。研摩の最適条件は2.7 V-10.0 A/dm²であった。この条件で長時間陽極処理を施すことによってきわめて平滑で光輝ある面が得られた。

18-8ステンレス鋼の加工材、特に圧延材については、その表面に付着している酸化物が研摩効果に重要な因子となり、酸化物の付着のまま研摩を行なうと、酸化物が除去されたのちはピットとして残る。それゆえ圧延材の研摩後の平滑度は酸化物の除去程度によって左右される。また圧延方向に対しては研摩は容易であり、加工方向の切断面はこれに次ぐ。鑄造材については組織的には単相のオーステナイトであるが結晶粒が荒いため研摩効果は悪く、良い研摩面を得ることは困難である。熱処理材においても熱処理温度のいかんにかかわらず単相のオーステナイトであるが、熱処理によって加工ヒズミが除去され、結晶粒子が細くなるので、金相学上の組織的变化はななくとも前記圧延材、鑄造材に比較して研摩はきわめて容易であり、かつ研摩効果はきわ

第 1 図

第 2 図

写真 1

写真 2

写真 3

めて優秀であった。

2-2 クロム鋼

緒論においても述べたようにクロム鋼は、前述の18-8ステンレス鋼に比して、熱処理、加工の条件により組織的に変化を起こし、かつその複炭化物の挙動に種々に変化する。このため研磨は前記18-8ステンレス鋼に比して困難となってくる。しかし、前述のリン酸—無水クロム酸系研磨浴においては、陽極の酸化がきわめて十分に行なわれるため、複炭化物、クロムの選択溶解を防止し光輝面が得られる。研磨中における陽極より発生する酸素は18-8ステンレス鋼に比して酸素気泡の発生は緩慢であるが、高い電流密度で電解を行なうと、クロム鋼が電気抵抗が高いことにより、陽極が極度に加熱され、焼付ケを起こす原因となるため、18-8ステンレス鋼と同様、高電流密度を避け、低電流密度で長時間陽極処理を行なった方が研磨効果が上昇した。13%クロム鋼の試料についての陽極電流密度—浴電圧特性曲線を第2図に示した。この特性曲線より、陽極における不動態化現象は0.9V—1.5 A/dm²で始まり、2.1V—1.5 A/dm²で陽極に生成された酸化皮膜が安定して平行部分を形成し、2.4V—4.0 A/dm²で部分的に酸化皮膜が破壊され、3.5V—15.0 A/dm²で全体が研磨されて鏡面光沢が得られた。焼入れ材、焼ナマシ材において特性曲線上においては特にはなだしい差異は認められなかったが、上記の複炭化物組織などの影響により研磨効果には差異を生じた。すなわち、写真1は鍛錬後850°Cで焼ナマシした組織の顕微鏡写真で、一面に広がる微粒子は炭化クロムで、これが多量に析出すると、これが選択的に優先溶解を受け研磨効果に悪影響を与える。写真2は上記組織のものを鍛錬後1000°Cより焼入れを行なったもので素地はマルテンサイトであり、組織中の黒点は炭化物で、組織は比較的に均一化され、この程度の微量の炭化物は研磨効果に対して大きな影響にはならないようであった。写真3は850°Cより焼ナマシしたもので、白い粒子はセメンタイトで素地はパーライトであり、ほとんど炭素鋼と同様な組織を示しており、研磨効果も、焼入れ材、焼ナマシ材は炭素鋼で示したものとほとんど同一であった。

従来18-8ステンレス鋼およびクロム鋼の電解研磨浴に使用されていた過塩素酸系浴、硫酸系浴など¹⁾に比して

著者のリン酸—クロム酸浴は研磨効果においては過塩素酸系浴の研磨効果とほとんど同様であり、さらに過塩素酸系より浴は安定であり老化しにくく、研磨面に生ずるビットは硫酸系に比較して少なく、その電解研磨条件範囲はかなり広い。硝酸系のように有毒なガスの発生はほとんど見られなかった。これはリン酸が適度の粘性と電気抵抗を有することと、金属および合金に対する作用が緩慢であり、かつクロム酸の酸化作用が陽極で発生する発生期酸素の酸化作用を助長するためであろうと考えられる。

3. 結 論

- (1) 18-8ステンレス鋼、クロム鋼に対する電解研磨浴は多数提案されているが、良い平滑鏡面を得るためには陽極の発生期酸素による酸化を助ける目的で酸化剤を添加したものがよい。
- (2) 18-8ステンレス鋼の研磨効果は低電流密度で長時間行なった方がよい。大きい電流密度は陽極面に発生する酸素のために条コンを残す原因になる。
- (3) 上記条コンの発生防止のために、有機物の添加は効果的であるが本酸化剤を添加した浴においては、有機物は酸化分解を受け、浴の老化を早める欠点がある。
- (4) 加工ヒズミを除去する目的および結晶粒子を微細化する目的で熱処理した18-8ステンレス鋼は研磨が容易で、研磨効果が優れている。
- (5) クロム鋼においては、クロム鋼中に存在する複炭化物が研磨効果に大いに影響する。
- (6) この複炭化物は加工、熱処理に大いに影響を受け焼入れしたマルテンサイトが最もよく、ソルバイトがこれに次ぎ、高炭素鋼の電解研磨効果にきわめて類似している。
- (7) リン酸—クロム酸浴は過塩素酸系、硫酸系、硝酸系に比して電解研磨の操作条件範囲は広く、研磨はきわめて容易である。

最後に本研究に対して種々ご指導ご援助を賜った武蔵工業大学、呂戊辰教授ならびに日本大学工学部、岡俊平教授に対して深謝の意を表する。(1960-9-15 受理)

文 献

- (1) 田島栄、電解研磨と化学研磨、p.52 (1958,産業図書)