

ステンレス鋼の六価クロムフリー電解研磨技術の開発

出口貴久* 河西敏雄**¹ 三木虎連**²

Development of Sixivalent Chromate-Free Electrolytic Polishing Method of Stainless Steel

DEGUCHI Takahisa*, KASAI Toshio**¹, MIKI Koren**²

抄録

ステンレス鋼板のエチレングリコール系電解液を用いた電解研磨における陽極（研磨試料）と陰極の極間距離と電解槽内での配置、陰極面積に着目して検討を行った。その結果、陽極を電解槽の底部に研磨面を上面にして配置し、それに陽極の2倍以上の面積を持つ陰極を接近させて（例：1cm）対向させることにより顕著な効果（光沢度の向上）が得られた。そして、電解時間を調整することにより、ステンレス鋼SUS304板について鏡面光沢度Gs（60°）が500以上の高品位な表面を得た。

キーワード：電解研磨，ステンレス鋼，エチレングリコール，極間距離，陰極

1 はじめに

研磨方法として電解研磨を採用する理由としては、表面の清浄性に優れる、塑性変形を受けた変質層を除去できる、耐食性に優れる、線材や箔などに適用できる等¹⁾が多い。現在、工業的に電解研磨が採用されているのはオーステナイト系ステンレス鋼が多く、食品、医療、半導体産業等においてクリーンな表面が要求されるタンクや配管の研磨に適用されている。

従来、ステンレス鋼の電解研磨では、リン酸-硫酸系電解液¹⁾²⁾を使用することが一般的である。この系の電解液に含まれる硫酸は劇物であり、作業安全性において課題となっている。またステンレス鋼の場合、未使用液が安全な液組成であっても、ステンレス鋼に含まれるクロムに起因して電解研磨により六価クロムの生成が懸念³⁾され、この点にも考慮した液開発が望まれる。

そこで、著者らは安全面で優れると考えているエチレングリコール系電解液を用いたステンレス鋼の電解研磨技術の開発を進めている^{4) 5)}。この電解液は毒劇物を含んでいない。

前報⁴⁾では、液組成や電圧、液温度について検討した。今回、ステンレス鋼板の研磨を対象に陽極と陰極の極間距離と電解槽内での配置、陰極の面積に着目した。

2 実験方法

2.1 研磨試料

研磨試料は、厚さ 1mm のステンレス鋼 SUS304 板（2B 仕上げ）を帯状（15mm × 100mm）に切り出したものを用いた。そしてエタノール中で超音波洗浄後、図 1 に示すようにフッ素樹脂テープ（日東電工，ニフロン粘着テープ）でマスキングして研磨面積を 50mm × 15mm に調整した。

2.2 実験装置

電解研磨装置の構成を図 2 に示す。電源は直流電源（Metronix, Model MSV120A-5, 最大電流

* 技術支援室 機械技術担当

**¹ (株)河西研磨技術特別研究室

**² (有)中村金属工業

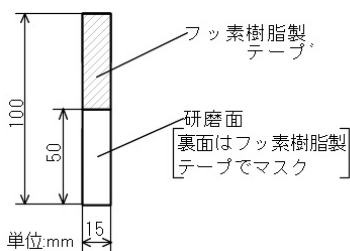


図1 研磨試料

5A) を用いた。電解槽はガラス製角形容器で外形寸法が 100mm×100mm×100mm (以下「小型槽」) と 200mm×200mm×200mm (以下「大型槽」) のものを用いた。

陽極 (研磨試料) と陰極の配置方法は下記の 2 種類とした。なお、陰極はステンレス板 (SUS304, 板厚 0.2mm) を用いた。

(a) 縦配置

陰極を電解槽の壁面 (一面のみ) に沿わせて配置し、陽極を対向させる。この配置は前報⁴⁾と同様で図2の配置である。

(b) 横配置

陽極を電解槽の底部に研磨面を上面にして配置し、陰極を対向させる。この配置を図3に示す。

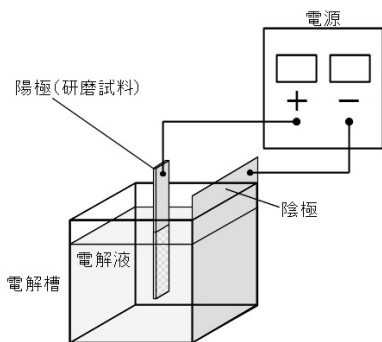


図2 電解研磨装置 (陽極・陰極: 縦配置)

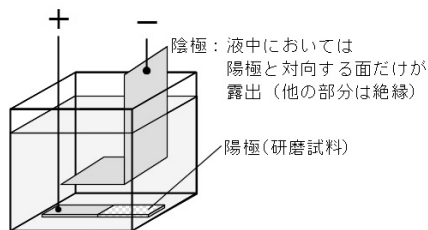


図3 陽極・陰極の配置 (横配置)

2.3 電解液組成と電解条件

小型槽、大型槽それぞれで使用した電解液組成^{4) 5)}を表1に示す。どちらも各組成の濃度は同様で、液量が異なるだけである。

各実験の共通の電解条件として、極間電圧はピ

ット発生の可能性が小さい 10V とし、液温は 20℃で攪拌はしなかった。

表1 電解液組成^{4) 5)}

小型槽用	水 300mL 塩化ナトリウム 60g	エチレングリコール 300mL クエン酸一水和物 40g
大型槽用	水 1000mL 塩化ナトリウム 200g	エチレングリコール 1000mL クエン酸一水和物 132g

2.4 研磨面の評価

研磨面は鏡面光沢度 (以下「光沢度」) により評価した。光沢度は光沢計 (日本電色, VGS-300A) を使用し、鏡面光沢度測定方法 (JIS Z 8741) に基づき測定角度 60° で研磨面の中央を 4 回測定し、平均値を算出した。

2.5 研磨目標

本研究では、ステンレス電解研磨における基本組成であるリン酸と硫酸だけからなる電解液を使用し、文献から得られる条件で電解研磨を行い、そのとき得られた光沢度を参考に目標値を設定した。その目標値は前報⁴⁾より光沢度 500 以上とした。

2.6 実験方法

2.6.1 極間距離の検討

小型槽を用いて陽極と陰極を縦配置し、極間距離を変えて定電圧 10V で 3 分間電解研磨を行い、その影響をみた。陽極位置は陰極から 22.5mm、45mm (槽の中央)、67.5mm、90mm (陰極の反対側壁面) の 4 カ所について検討した。なお、本実験で使用した陰極の面積は陽極の約 7 倍である。

2.6.2 陽極・陰極配置の検討

小型槽を用いて陽極と陰極を横配置し、極間距離を変えて定電圧 10V で 3 分間電解研磨を行った。陽極位置は陰極から 22.5mm、45mm の 2 カ所について行い、前項の縦配置の結果と比較した。なお、陰極面積は前項と同じ陽極の約 7 倍である。

2.6.3 陰極面積の検討

大型槽を用いて陽極と陰極を横配置し、面積比を変えて定電圧 10V で 3 分間電解研磨を行い、その影響をみた。陰極の形状は正方形で、面積は陽極の 1 倍、2 倍、3 倍、5 倍、10 倍、20 倍とし

た。

2.6.4 電解時間の検討

大型槽を用いて定電圧 10V で電解時間を延ばして電解研磨を行い、目標の光沢度を目指した。電解時間を 3 分、6 分、9 分と変えて電解研磨実験を行った。

3 結果及び考察

3.1 極間距離の影響

各極間距離における 3 分間の電解研磨後の光沢度を図 4 に示す。

本実験の範囲では極間距離が短い程、光沢度が優れる結果となった。極間距離が 67.5mm、90mm では、研磨前の光沢度 151 より劣るが、本実験における一番短い極間距離である 22.5mm では、光沢度は 322 であり、大幅な光沢度の上昇がみられた。この結果からさらに極間距離を短くすれば、より大きな効果が期待できる。

一方、電解研磨中は陰極で気泡が発生している。陽極と陰極が縦配置の場合、両極の間で気泡が上昇し、それに起因する液流動も起こる。そして極間距離が短い程、気泡や液流が研磨面に強く作用してしまう。研磨面への物理的作用は研磨面品質に影響⁶⁾を与え、また気泡による液流動は方向や強さなどの制御が難しいので、不均一研磨面の原因となる。したがって、電解研磨中の液の動きの観察から、陽極と陰極が縦配置の場合、両極間の距離は本実験の数センチ程度が限界であると考えた。

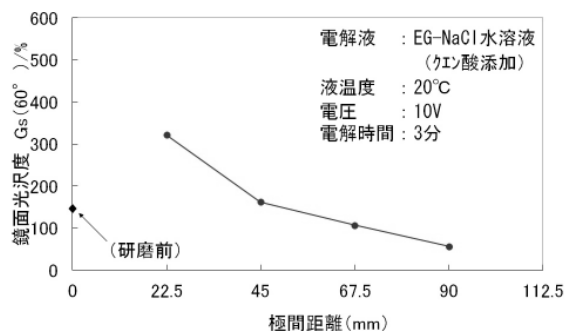


図 4 各極間距離における電解研磨後の光沢度

3.2 陽極・陰極配置の影響

陽極と陰極を横配置し、極間距離を 22.5mm、

45mm としたときの 3 分間の電解研磨後の光沢度を図 5 に示す。なお、図 5 のグラフには前項の縦配置の同極間距離の光沢度も示した。

極間距離 22.5mm では、横配置の光沢度は 271 で縦配置の 322 よりやや劣るが、45mm ではほぼ同程度の結果となった。また、縦配置では陽極で発生する気泡または電解生成物の研磨面上での動き（流れ）に起因すると考えられる筋状の様相がみられる場合があるが、横配置では皆無であった。均一性の点からは横配置が優れると言える。

さらに、横配置では陰極で発生する気泡は液面に向かって上昇する。その影響で液流動は生じることが陰極と液面の間で起こるものなので、陰極より下部にある陽極への作用は小さいと考えられる。そのため、横配置にすれば縦配置よりも極間距離を短くすることができると予想された。

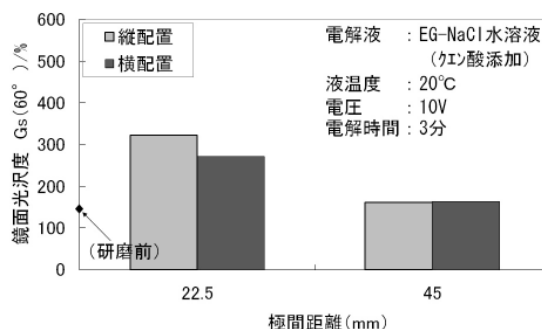


図 5 縦配置と横配置の光沢度の比較

3.3 陰極面積の影響

陽極と陰極を横配置し、極間距離を 10mm としたときの各陰極面積の 3 分間の電解研磨後の光沢度を図 6 に示す。陰極面積が大きい程、光沢度は優れる。ただし、陽極と陰極の面積比が 1:2 以上からは緩やかな上昇となった。

陰極面積を大きくするには、電解槽を大きくする必要があり、それにもなって液量も必要になる。そのため、陰極面積を制限なく大きくすることは効率的でない。そこで、本研究では陽極と陰極の面積比 1:5 のものを選択することにした。

また、図 6 のグラフには 3.2 項の横配置で極間距離 22.5mm、両極の面積比が約 1:7 の光沢度も示した。その光沢度は本実験の面積比が 1:3~1:5 の結果以下であり、このことから極間距離が

22.5mm より短い 10mm の方が優れ、極間距離近接の効果は大きいと言える。

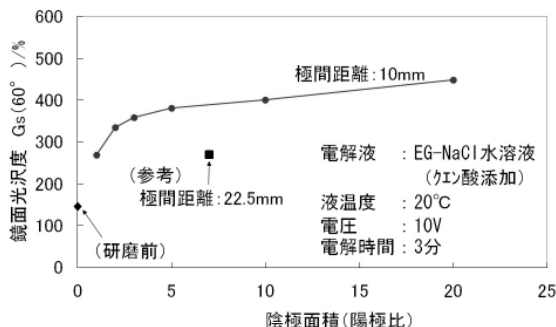


図6 各陰極面積における電解研磨後の光沢度

3.4 電解時間の検討結果

前項の陽極と陰極を横配置し、極間距離を 10mm、陰極面積を陽極の 5 倍とし、3 分間電解研磨した場合の光沢度は 381 であり、目標の光沢度には到達していなかった。

そこで、電解時間の延長を検討した。そのときの光沢度の変化を図 7 に示す。電解時間 6 分で光沢度は 561 と 500 以上となった。このときの研磨面を図 8 に示す。光沢度 500 以上については、前報⁴⁾でも達成しているが、液温度 40°C で 9 分間の電解研磨の結果であった。比較すると液温度 20°C に下げることができた上、時間も短縮している。

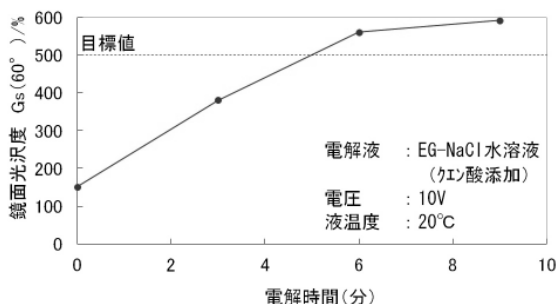


図7 光沢度の時間変化



図8 研磨面

4 まとめ

エチレングリコール系電解液を用いたステンレ

ス鋼 SUS304 板について、極間距離と電解槽内での配置、陰極面積に着目して検討を行った結果、以下に示すことが明らかになった。

(1) 陽極(研磨試料)と陰極を接近させると光沢度は上昇する。そして、その効果は非常に大きい。

(2) 陽極を電解槽の底部に研磨面を上面にして配置し、陰極を対向させれば、縦筋の出ない均一な光沢面が得られる。また、極間を接近させる上でも有利な配置である。

(3) 陰極面積は大きい方が良いが、それにともない大きな電解槽、大量の電解液が必要となる。陰極面積が陽極の 2~5 倍程度以上で効果が得られる。

(4) 上記の知見を適用し、ステンレス鋼 SUS304 板について光沢度 500 以上の高品位な表面を得た。

謝辞

本研究を進めるに当たり、客員研究員として御指導いただきました近森邦夫氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 間宮, 山口, 渡辺: 化学研磨と電解研磨, 槇書店, (1997)102
- 2) 有村, 奥田, 山田: ステンレス鋼の鏡面電解研磨, 山口県工業技術センター研究報告, **8**, (1996) 12
- 3) 出口, 鈴木, 河西: 金属材料研磨とそのときの廃液組成について, 2009 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 419
- 4) 出口, 河西: ステンレス鋼の六価クロムフリー電解研磨技術の開発ー毒劇物を用いないステンレス鋼の電解研磨, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **9**, (2011) 65
- 5) 出口, 河西: 毒劇物を用いないステンレス鋼の電解研磨, 2011 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 705
- 6) 出口, 戸枝, 高橋, 許: チタン合金の電解研磨システムに関する研究, 埼玉県工業技術センター研究報告, **3**, (2001) 1