クロムめっきによる機械部品の再生補修

小林 吉 定*

Repair for Mechanical Parts by Electroplated Chromium Coating

Yoshisada KOBAYASHI*

クロムめっきは硬くて摩擦係数が低い。そのため、他の表面被覆法に比較して、より薄い皮膜で損傷した機械部品の肉盛補修ができる。本稿では、クロムめっきによる補修の要点を事例とともに紹介する。

1. はじめに

損傷した部品の再生補修は、古くから応急的処置として行われていたが、最近の多様な性能向上の要求と相まって技術、材料の進歩開発が行われ、要求機能を確保することができるようになってきた。その結果、信頼性と延命効果をおり込んだ設備の安定稼動と、コストの低減に帰着するものとして見直されている。

再生補修技術としては、肉盛溶接、溶射、めっき、ライニングの各表面被覆法が機能低下の回復に最も多く利用されており、めっきではクロムめっきがその代表格として長年にわたって活用されている。

このクロムめっきは、硬くて低摩擦係数のため耐摩耗性に優れ、かつ密着力にも優れているので今日では培われた信頼性のある皮膜として、特に工業界の摩耗する機械部品に広く新作時から被覆され、その役割を果たしている。

* 川崎クローム工業㈱取締役・技術室長
(〒210 神奈川県川崎市川崎区塩浜4-5-1,
☎ 044-288-1001)

Kawasaki Chrome Ind. Co., Ltd.
(5-1, Shiohama 4-chome, Kawasaki-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 210)

写真1 船舶用排気弁

(異種金属接合部が排気ガスで1.2mm腐食している)

図1 船舶用排気弁略図

(1.3mm肉盛り補修した。)

クロムめっきによる補修では、しゅう動によって摩耗した部分をクロム層のみで肉盛り復すするという繰り返しの補修が、その主流をなしている。肉盛としてのクロム層の厚さは、繰り返すごとに僅かながら増えるので、通常、基材の強度上から0.5mm以下のものが多い。時により写真1と図1のように1.5mm前後の超厚膜で補修する場合もある。

近年、高荷重などによる2mm以上の損傷部品も見受けられ、これらは肉盛溶接・溶射の領域がめっきと重り合っているため、この進歩した工法

を導入して、先ず基材を補修しその上層にクロムを被覆するという組み合わせ皮膜が積極的にとり入れられ、実績として評価されている。

このように、主流の繰り返し補修と、他工法の組み合わせ補修によって機能の回復を確保しているクロムめっきの補修要点を事例で紹介する。

2. クロムめっきの主工程と要点

再生補修におけるソリッドタイプの主な工程を示すと図2のようなフローチャートになる。梨地(ダル)タイプは、要求表面性状によってめっきの前か後ろに所要の粒度でブラスト打ちを行って得られ、ポーラスタイプは、めっき後の陽極電解処理によって所要の多孔性表面が得られる。

2. 1 補修工程の主要点

① 旧めっきの除去

基材質、形状、損傷形態によって研削、陽極電解、あるいは塩酸のいずれかで除去する。繰り返し補修品は、通常、精度上研削で除去する。

② 基材の補修

損傷形態は多様であるが、部品の強度上、図面指示寸法よりダウンできず、なお表面にきず、腐食孔が残存している局部は、その使用部位や材質を検討し、金属球の溶解充填やアルゴン溶接で補修する。溶接は基材と溶棒の冶金学的な制約と加工技量差による歪やきれつが起こるので、十分な検討が必要である。広範囲で深い損傷は、補修工法・材料など打合せ後、補修する。

③ 研削

基材を補修した部分は研削で削正する。研削に際しては、センター穴補正、正確な芯出し、振れの状況、砥石の選定など常識的な事柄であるが、

図2 クロムめっきフローチャート

確実にチェックして最小限のダウンサイズにとどめ、さらに要求の機械的精度とあらさに準じた表面状態に削正することがポイントである。

④ エッチング

クロム液中で基材表面を陽極電解処理し活性化することをエッチング操作といい、このエッチングの良否は、密着力を左右する最も重要な前処理の一つである。その電解処理量は、基材質の成分と組織・形状の大小・内部応力・加工履歴などによって差があり、また適正処理条件は、学術的理論より現場的経験の集積技術に頼るところが大である。エッチングの他に酸処理、物理的処理あるいは、両者の併用によって行われる基材質もある。

⑤ めっきの条件

サージェント浴といわれる六価クロム塩の無水クロム酸 250g/Lと硫酸 2.5g/Lの二成分系で、その比が 100 : 1 という標準浴が一般的に使われている。めっき条件は、温度 $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、電流密度 $20\text{A}/\text{dm}^2 \sim 60\text{A}/\text{dm}^2$ の範囲で通常行われる。

高い硬さのみを求める条件や、耐食性のクラックフリーのみを求める条件にすると、他の特長が損なわれる傾向があるので、トータルで顕著な特長が発揮できるというのがこの範囲の条件である。

⑥ 熱処理

めっき中に発生する水素ガスは、めっき層と基材に吸蔵され水素ぜい性を起こす部品もあるので、要求によってめっき後直ちに水素ぜい性除去の目的で $191^{\circ}\text{C} \pm 14^{\circ}\text{C} \times 3\text{H}$ 以上の加熱処理を行う。

⑦ 仕上研削

肉盛りされたクロム皮膜は、不均一な厚さに鍍着するので研削によって指定寸法と同時に円筒度・真円度・同軸度・振れなどの機械的精度も要求通り仕上げる。これら加工精度の要求はますます厳しくなり、むずかしい加工技術の一つになってきている。

例えば、加工精度 $5\mu\text{m}$ 以内の要求の場合は、研削機械自身の精度と加工物の材質、形状・内部構造と両者のワークによる熱的变化、加えて環境の温度、振動などのからみと、これら要素の状況を常に的確に把握できる熟練とカンどころを持った作業者とが、互いにマッチしないと要求精度に

写真2 鏡面仕上げのサンプル品

仕上がることがむずかしく、これが技術優劣の評価につながっているので難加工という訳である。

ロールなどの真円・円筒の精度は二次元・三次元で、また梨地表面あらさ模様も三次元で各々計測確認されつつある。

⑧ 仕上研磨

表面あらさが小さいほど、摩耗量が減せられる部品は、研削時のあらさ 0.8Sを羽布研磨で寸法精度を損なわないように0.4～0.6Sに仕上げ、製品に反映するロール表面などは、パーティカル砥石で0.2S以下の鏡面に仕上げる。写真2は、鏡面仕上げ状態のサンプル品である。

軸のオイルシール部の場合は、シールに適している当て削りのプランジ研削で1.0S～3.2Sのあらさに仕上げたままで使用される。

3. クロムめっきの問題点と発注について

3.1 クロムめっきの問題点

一般に機械部品のしゅう動状態は、非常に多くの要素をもった摩耗圧力を受けているので、時によりかじり現象を起こす場合がある。

多くの学術的解説の中で指摘されているようにクロムの硬さは、めっき条件によって変わるところからトラブル発生のときは、めっき条件の不手

際によるものと疑問をもたれるが、実際には、高速による潤滑性の不足、発熱、振動、衝撃、相手材料の関係、曲がりなど多様な外的要素による損傷と見受けられ、その原因は一概にめっき硬さのみに帰せられるものでない場合が多い。

つまるところ、硬さはめっき条件によるとはいえない基本的には、いかなる用途にも耐える皮膜ではなく、ましてや基材の強度を補う能力のない皮膜であることが問題点であることを強調しておきたい。また、単一皮膜で耐摩耗性と耐食性の両者ともが優れているという皮膜はないので、特に耐食性を考慮しなければならない部品は、Ni-Crなど複層皮膜で目的に近づける必要がある。

3.2 発注に際して

補修時に手渡される図面は、一般に部品の製作上のもので、めっき加工上の観点からすると不明確な点が多いものである。

発注に際しては、できるだけ細部にわたる指示をされるほど、最適な性状面をともなった部品に補修されるものである。

繰り返し補修の度重なる部品は、定められた管理的手法によって補修されるので問題はないが、最初の補修のときは、機械的精度・表面あらさ・光沢度合いなどだけでなく、基材質の明示、すでに基材が補修されていればその工法と材料名・めっきの許容範囲とめっき端の厚さのあり方・鍍着すると機能上問題となる範囲・使用環境などを特に提示、または打合せをする方がよい。

4. 再生補修の事例

4.1 繰り返し補修

繰り返し補修される代表的な部品として、最も安全と信頼性を重視する航空機の脚回り装置部品について紹介する。

脚回り装置には、着陸時のショックを緩和する構造上、インナーシリンダーを始め、多様な形状のシャフト・ピン類が使用されており、耐摩耗・耐食の目的でめっきが施されている。これらが一定時間稼動後のオーバーホール時に表面の摩損のあるものは、連邦規格QQ-C-320bにそって繰り返しめっき補修されるものである。

写真3 航空機脚回り装置部品の一部
(YS-11型, P3-C型)

写真4 肉盛溶接した段ボール成形用ロール

補修要点としては、基材質が高抗張力で切りかき感受性の高い4340材 (SNCM) であるので、研削ごとに加工応力の除去と、めっき後の水素ぜい性除去は、MIL規格に則って性能管理されている加熱炉で十分注意しながら、3～23時間行うこと。基材のピンホール・クラックなどの欠陥の有無は、めっき前後磁気探傷で確認し、状況によっては試薬エッチングで金属組織の変化の有無を確認すること。

発見された局部的欠陥は、溶接すると組織的变化の恐れがあるので、すり鉢状に除去して切かき現象を防ぎクロムの肉盛だけで復寸することなどである。めっき厚さの平均は 0.1～0.2mm・仕上公差 0～0.009, 0～0.017の範囲のものが多。クロムめっき以外の箇所は、カドミウムか銀めっきで耐食・耐熱性を付与する。

写真3は、脚回り装置部品の一部である。

4. 2 組み合わせ補修

基材損傷のはなはだしい部品の組み合わせ補修の一例として、図3のしゅんせつ船の抗打ち装置のピストンロッドを紹介する。

図3 しゅんせつ船の抗打ち用ピストンロッド

写真5 同上 再生復元したもの

頭首部から 100mmの間は、常時露出し潮風にさらされていたので腐食がはなはだしく、その浸食孔は0.25mmに達しており、また研削時に図示のところで1.9mmの曲がりがあることが判明した。打合せの結果、その補修は曲り分をアンダーカットで除去補正し、耐食性の付与としてSUS316系の溶射皮膜2mmを施し、研削削正後0.05mmのクロムを施して補修した。

要点としては、新作品より工期上・経済上メリットのある補修工法を選定すること。溶射皮膜は、粒子の積層によって生成している関係上、粒界酸化膜の存在がその工法と材料により量的変化があって、クロムの密着処理に影響があるので、溶射皮膜の立場からのみでなく、めっき処理上の立場からも検討して両方とも納得できる皮膜にすることなどである。肉盛溶接においても同じである。

4. 3 再生補修

写真4, 5は、段ボール用成形ロールで摩耗し

た歯形山頂部を再生のため肉盛溶接をした状態と、再生完成した状態を示めたものである。

段ボールは、雌雄ロールで形成され、山頂部の摩耗がはげしく、きずもつきやすい。わずかの摩耗きずによるダウンサイズも高品質の生産を続けるには影響があるので再生されるものである。

主な再生手順は、摩損した山頂の全面を切削し、基材と同系のSCM系溶棒をサブマージンアーク溶接で10mm厚に肉盛溶接してから、山頂部をもとの形状に歯切り、要求の各種の耐摩耗性処理を施して再生完成する。その一部は、フレームハード処理後、耐摩性の目的として0.03～0.05mmのクロムを被覆し再生されている。

5. めっきの利用状況の実態

保全技術の指導機関である日本プラントメンテナンス協会で調査された再生補修の実体調査報告書¹⁾の中のめっき利用状況などについて参考までに、表1、2に紹介する。補修目的の中で耐摩耗～きず防止までの上位4項までが、耐摩耗の機能

を帯同しているとすれば約80%が耐摩耗性をかねているといえる。この目的の4項に限って他工法と比較してみると表3のようであり、めっきの特長が平均的に利用され効果を示していると考えられる。

なお、補修の対象部品は表4に示めす通りで、これらが損傷したときの利用タイプは、「繰り返

表2 めっき補修の目的

補 修 目 的	利 用 度 %
耐 摩 耗	28.4
劣 化 復 元	23.9
寸 法 精 度 の 確 保	14.2
き ず 防 止	14.2
耐 食	13.1
も れ 防 止	2.3
変 形 回 復	0.7
付 着 防 止	0.6
耐 熱	0.6
そ の 他	2.0
合 計	100.0

表4 めっきの対象部品

対 象 部 品	加 工 面	利 用 度 %
ロット・プランジャー シャフト・ロール他	しゅう動外面	70
シ リ ン ダ ー 他	しゅう動内面	20
金型・化成部品他	外面・内面	10

表1 施工法の利用状況

施 工 法	利 用 度 %
肉 盛 溶 接	27.6
(削 正)	20.6
ラ イ ニ ン グ	17.6
溶 射	12.9
め っ き	9.8
そ の 他	11.5
合 計	100.0

表3 補修目的上位5点の利用度

補修目的 \ 施工法	め っ き	溶 射	溶 接	ライニング
耐 摩 耗	28.4 %	52.6 %	32.3 %	11.7 %
劣 化 復 元	23.9 %	12.5 %	19.6 %	19.0 %
寸法精度の確保	14.2 %	13.8 %	10.9 %	1.0 %
き ず 防 止	14.2 %	1.3 %	1.2 %	3.8 %
(耐 食)	13.1 %	7.8 %	4.2 %	30.8 %
合 計	93.8 %	88.0 %	68.2 %	66.3 %

表5 補修技術におけるめっき技術の重要度

	高 い	普 通	低 い
め っ き 補 修	53.4 %	36.4 %	3.4 %
四工法の平均	50.5 %	40.9 %	2.9 %

表6 補修結果の満足度

	満 足 である	まあまあ	不 満 である
め っ き 補 修	35.8 %	52.8 %	4.0 %
四工法の平均	34.5 %	53.7 %	5.7 %

しめっきを利用する」が66%，「そのつど検討しめっきを利用する」が33%，「その他」が1％であって、めっき形態としては、「定期補修されているもの」44%，「突発故障で補修されているもの」26%，「予防補修されているもの」18％であって、他法に比較してめっきの定期補修率が最も多い。また、補修された部品の実績評価を重要度と満足度で表現した結果は、表5、6の通りである。

6. おわりに

機械部品に不可欠な表面硬化法は、種々の制約

があってむずかしい技術であるといわれている。再生補修においても例外ではなく、特に各施工法による組み合わせ皮膜などのニーズも多くなりつつある。このニーズに対して他工法の技術領域の知識をもち、適切なコメントもできる力が必要となってきた。

一方、補修された部品は、従来と同等かそれ以上の延命を期待されているものである。したがって、この期待に応えられる品質、すなわち、硬さと密着力と精度は常に問われる三大要素であり、品質のかなめでもあるので、特にこの三要素の安定向上に一層努めなければならない。

今後これらの総合力を養うことが「これからの技術」として大切であることを痛感している。

引 用 文 献

- 1) 日本プラントメンテナンス協会；昭和59年度製造プラントのメンテナンス技術－再生補修技術－に関する調査研究報告書

参 考 文 献

- 1) 日本プラントメンテナンス協会編；「現場の再生補修技術」、めっき補修
- 2) 岸 松平：「クロムめっき」日刊工業新聞社
- 3) 防錆技術学校教科書；「電気めっきⅡ」
- 4) 神戸徳蔵編；「めっき技術マニュアル」日本規格協会

アルミニウム材

脱脂

エッチング

脱スラット

第一ジンケート

ジンケート剥離

第二ジンケート

電気めっき
または
無電解めっき

トップADD-100

トップアルソフト108

トップデスマットN-20
またはトップADD-320

サブスター-ZN-1
またはサブスター-ZN-3

硝酸(62%)

サブスター-ZN-1
または サブスター-ZN-3

サブスター-ZNでコストダウンを!

アルミニウム用ジンケート処理剤

サブスター-Znシリーズは、様々なアルミニウム合金上に均一な亜鉛皮膜を生成させるジンケート処理剤です。

サブスター-ZN-1 処理後の表面

サブスター-ZN-3 処理後の表面

先端産業の表面処理を担う 技術のオクノ

※カタログ・技術資料は最寄の営業所へお問合せ下さい。

TOP

奥野製薬工業株式会社

本 社 〓 541 大阪市東区橋東2丁目5 B 番地 〓 (06) 203-0721(代)

東京 〓 (03) 972-4241・名古屋 〓 (052) 871-1831・大 阪 〓 (06) 968-6831

高松 〓 (0273) 46-1833・京 浜 〓 (044) 555-6511・浜 松 〓 (0543) 63-2443

徳州 〓 (0263) 36-1318・広 島 〓 (082) 294-2970・九 州 〓 (092) 431-2478

東北 〓 (0245) 31-2056・技術部 〓 (06) 961-7781・外国部 〓 (06) 203-6667

- 7 -