

9 無電解めっきを活用した製品開発と高品位化に関する研究

山岸憲史，山下 満，西羅正芳，高橋輝男

1 目 的

無電解めっきは、めっきの付きまわりが良く、均一な膜厚を得やすいという長所を有している。その中で、無電解 Ni-P めっきは耐食性、耐摩耗性にも優れることから、金物製品や機械部品などに広く利用されるようになってきている。我々は、無電解 Ni-P めっきを活用した鉄鋼製品の品位向上と製品開発を目的として、無電解 Ni-P めっきの特性を十分に発揮できる製品づくりに取り組んでいる。

今回、めっき製品の耐食性を向上させるためのめっき法の改善と耐摩耗性の向上を目的としためっき皮膜の硬化処理について検討を行っており、本報では、後者に関する検討結果を報告する。ここでは、特殊なめっき浴を使用するのではなく、汎用の中リソタイプの無電解 Ni-P めっき浴を利用することでコストアップを抑えつつ、加熱処理による素材への熱的ダメージおよびめっき皮膜の変色を抑えた処理方法の開発を目指した。

2 実験方法

無電解 Ni-P めっき皮膜の硬化処理は、電気炉を用いた処理（以下、加熱処理法と記す）とレーザーを用いた処理（以下、レーザー照射法と記す）により実施した。刃物等に用いられる炭素工具鋼（JIS SK80 相当、板厚 2mm）の焼き入れ、焼き戻し処理材（51HRC）を素材として、市販の中リソタイプの無電解 Ni-P めっきを膜厚約 10 μ m 施し、これより切り出した小片を試験片として各硬化処理実験に用いた。析出しためっき皮膜の P 含有率は、ICP 発光分光分析により測定した結果、約 8%であった。

2.1 加熱処理法

実験には、約 10 \times 10mm に切り出した試験片を用いた。電気炉に 30 \times 30 \times 10mm の銅製ブロックを入れ、所定の加熱温度に保持しておき、炉内銅製ブロック上に試験片を置いて加熱処理を施した。加熱温度には、240、320、400 および 500 の 4 通りを設定し、加熱時間 10~10,800s 間の処理を施した。めっき皮膜の硬さは、マイクロピッカース硬度計により試験力 0.98N でめっき皮膜の表面から測定した。素材の硬さは、めっき皮膜を研磨で除去した後、ロックウェル硬度計にて C スケールで測定した。

2.2 レーザ照射法

炭酸ガスレーザー加工機（三菱電機（株）製：ML2512

表 1 レーザ照射条件

| サンプル No. | レーザー出力 (W) | 走査速度 (m/min) | デフォーカス (mm) |
|----------|------------|--------------|-------------|
| | 125 | 0.5 | + 40 |
| | 250 | 0.5 | |
| | 500 | 1.0 | |
| | | 0.5 | |
| | | 0.2 | |
| | | 0.1 | |

HD)を用いて、めっき皮膜表面よりレーザー照射することにより処理実験を実施した。幅 10mm の試験片の幅方向にレーザーを走査しレーザー照射した。レーザー照射条件を表 1 に示す。レーザーによる加工幅が約 5mm になる +40mm にデフォーカスし、出力 125~500W、走査速度 0.1~1.0m/min の範囲でレーザー照射した。レーザー照射線上の中心（試験片幅方向の中心）を原点として、めっき皮膜および素材の硬さ分布をマイクロピッカース硬度計（試験力 0.98N）にて測定した。めっき皮膜の硬さは、めっき皮膜の表面から、素材の硬さは、断面試験料を作製し、めっき界面より 0.75mm 地点の素材部分を断面側から測定した。

3 結果と考察

3.1 加熱処理法による検討

めっき皮膜の硬化を目的として一般的に実施される 400 \cdot 1 時間の加熱処理を行った結果、めっき皮膜は 920HV0.1 と最も硬い水準にまで硬化した。素材の硬さは 48HRC となり軟化した。また、めっき皮膜表面は酸化されて青色に変色した。

そこで、素材の硬さおよびめっき皮膜の変色に及ぼす加熱温度と加熱時間の影響について調べるため、種々の条件で加熱処理実験を行った。加熱時間とめっき皮膜の硬さおよび素材の硬さの関係をそれぞれ図 1、図 2 に示す。めっき皮膜の硬さは、加熱時間の経過に伴い上昇した後低下している。硬化のピークは、加熱温度が高いものほど短時間側に存在している。400、500 の加熱処理では、数十秒でめっき皮膜は硬化し、800HV0.1 以上になることがわかった。素材の硬さは、400 以上の加熱温度で処理した場合、加熱時間の経過とともに低下している。一方、めっき皮膜の変色状況を観察した結果、めっき皮膜の硬さが 800HV0.1 以上に硬化した条件で、

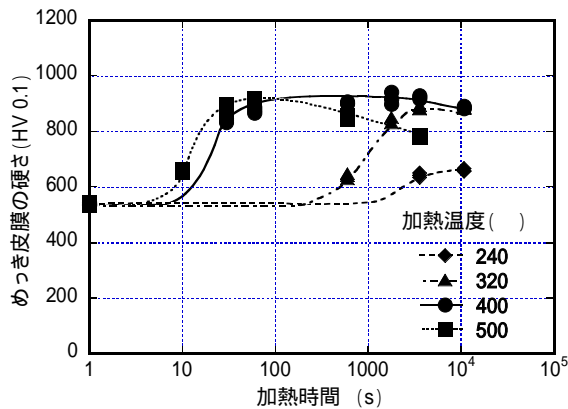


図1 加熱処理しためっき皮膜の硬さ

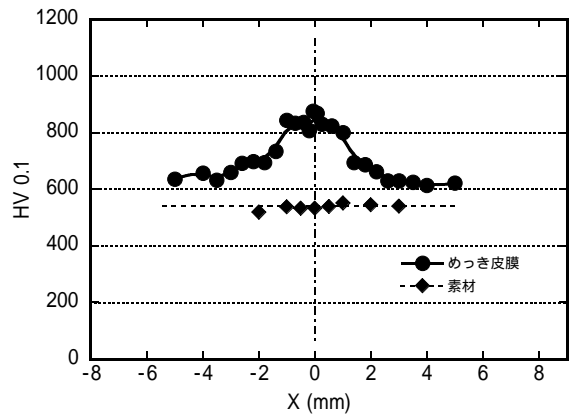


図3 レーザ照射部付近のめっき皮膜および素材の硬さ

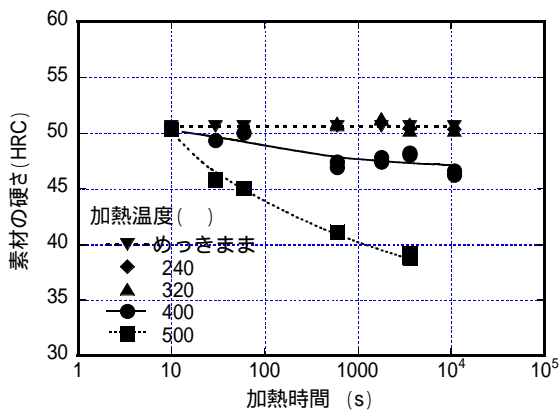


図2 加熱処理した素材の硬さ

ほとんど変色がなかったものは 400 ・ 30s 間のみで、400 ・ 60s 間および 320 ・ 1,800s 間がうすい黄色、その他は黄色～青色等の濃い変色を呈した。

以上の結果より、素材の熱的ダメージが少なく、皮膜の変色も抑えられる加熱処理法としては、400 ・ 30s 間という短時間処理が良好な条件であることがわかった。

3.2 レーザ照射法による検討

表1に示した各条件によりレーザ照射を施した試験片について、めっき皮膜の硬さおよび素材の硬さを測定した。一例として、サンプル No. の結果を図3に示す。横軸：X は、レーザ照射の原点 (X=0) からの距離 (走査線に直交する方向) で、めっき皮膜の硬さはレーザ走査線を中心に幅約 2mm の領域で 800HV0.1 以上の硬さに硬化している。素材は、レーザ照射部直下でも供試材の硬さ (540HV0.1) とほとんど変わらず、レーザ照射による軟化は生じていないことがわかる。その他のサンプルについて調べた結果も含めまとめると、めっき皮膜の硬さは、サンプル No. 以外で硬化が認められ、原点部の硬さおよび硬化領域の幅は、No. < < < < の順にそれぞれ高く、広くなっていた。これは、レー

ザ照射エネルギーの大きさに比例している。レーザ照射部直下の素材の硬さは、No. が硬さ約 500HV0.1 に低下していたが、それ以外のサンプルでは、低下は認められなかった。

今回実施した6通りのレーザ照射条件によるレーザ照射法の実験において、素材にダメージを与えることなくめっき皮膜のみを硬化して耐摩耗性の向上が期待できる処理としては、No. が最も良好な結果を示した。しかし、レーザ照射した部分のめっき皮膜は褐色に変色していた。対策として、不活性ガスフロー等による変色防止策が考えられ、今後の検討課題とした。

4 結 論

無電解 Ni-P めっきを活用した鉄鋼製品の高品位化を目的として、加熱処理法およびレーザ照射法によるめっき皮膜の硬化処理に関する検討を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・電気炉内で短時間の加熱処理を施す加熱処理法では、400 ・ 30s 間保持の条件で、素材への熱的ダメージおよびめっき皮膜の変色を抑え、めっき皮膜の硬さを 800HV0.1 以上にすることができた。
- ・炭酸ガスレーザを用いたレーザ照射法により、素材に熱的ダメージを与えず、レーザ照射部のめっき皮膜のみを硬化させることができた。

これらの方法を利用すれば、めっき皮膜の局所的な硬化処理が可能であり、新たな製品設計にも繋がるものと期待できる。

(文責 山岸憲史)

(校閲 後藤浩二)