YAGレーザによるアルミニウム合金上の 無電解 Ni-Pめっき皮膜の硬化処理

日野 実*, 西田典秀*, 平松 実*, 辻川正人**, 川本 信**

Surface Hardening Treatment of Electroless Ni-P Alloy Coating on Aluminum Alloy by YAG Laser

Makoto HINO*, Norihide NISHIDA*, Minoru HIRAMATSU*,
Masato TSUJIKAWA** and Makoto KAWAMOTO**

Key Words : Laser Surface Modification, Electroless Ni-P Coating, Aluminum Alloy, YAG Laser

1. 緒 言

アルミニウム合金は、軽量で、加工性、耐食性に優れているなど多くの特性を有している。特に2000系 (Al-Cu-Mg) および7000系 (Al-Zn-Mg-Cu) アルミニウム合金は、時効硬化性が強く、時効処理によって比強度が著しく向上することから軽量化を目的とした航空機や自動車産業などを中心に構造用強力材料として多く用いられている。しかし、これらのアルミニウム合金の硬さは、焼入れを施した鉄鋼材料と比較し、1/3~1/4と低いために摺動部など耐摩耗性を必要とする部位への適用が困難となっている。

一方、無電解 Ni-P 合金めっき¹⁾は、めっきされたままの状態では非晶質構造を示し、673Kで1時間の加熱による結晶化に伴い1000HV程度の硬化膜が得られ、耐摩耗性の向上が期待できる²⁾。アルミニウム合金を基材とした場合は、この加熱によって過時効状態となり、強度が著しく低下する。一部に基材への熱影響をさけるため高周波誘導加熱による硬化処理の検討が行われている³⁾が、基材への熱影響を防ぐには十分とはいえない。

本報告では、時効性アルミニウム合金の耐摩耗性の向上を目的として、アルミニウム合金上に施した無電解 Ni-P めっき皮膜に対し、高密度エネルギーを有するYAGレーザによって表層のめっき皮膜のみを部分的かつ瞬時に加熱し、基材に熱影響を及ぼさず皮膜のみを硬化させることを試みた。

2. 実験方法

基材は、2024-T4(30φ×10⁴mm) および7075-T6(30

×30×6⁴mm)を用い、処理表面を#120から#1200までエメリー紙で順次研磨した。めっきの前処理は、アルミ基材との密着性を考慮し、市販のジンケート溶液(シューマーK-102)によって2回処理後、市販のめっき溶液(S-754)により無電解 Ni-P めっきを行った。得られた皮膜の組成は、Pの含有量が9wt%で、平均膜厚が15~20μmとなるように調整した。

レーザ処理は、最大出力1.2kWのYAGレーザを用い、レーザ光は石英光ファイバーで伝送し、ディフォーカスビーム方式により、試料照射ビーム径を3mmとした。試料は、レーザ光の反射を防止するためSiO₂を主成分とする市販のスプレー式レーザ処理用吸収助剤²⁾を塗布した後、水冷した銅板上に固定し、レーザ照射は、レーザパワーを500W(エネルギー密度: $7 \times 10^7 \text{ W/m}^2$)一定とし、ビーム走査速度を変化させることにより入熱量を調節した。なお、酸化を防止するためレーザ照射部には窒素ガスを吹き付けた。また、加熱処理には窒素ガス雰囲気炉を用いた。

レーザ照射後の試料について、表面および断面観察を行い、結晶構造の解析にX線回折、硬さ測定はビッカース微小硬度計(負荷荷重: 0.245N)を用いた。なお、硬さは、試料の断面をバフ研磨した後、測定した。

3. 実験結果および考察

ビーム走査速度を変化させレーザ照射した試料の表面および断面を観察した結果、走査速度が20mm/s以下のレーザ照射では2024-T4および7075-T6ともに皮膜の一部に溶融、膨れ、割れなどが発生したが、30mm/s以上では溶融などは発生せず、皮膜は健全であった。

図1には、2024-T4上の皮膜にレーザ照射および加熱処理(673K×1h)を行った際のX線回折結果を示す。めっきのままでは非晶質構造であるが、レーザ照射によって結晶化が進み、NiおよびNi₃Pの回折パターンが明瞭に認められた。また、走査速度が30~50mm/sのレーザ照射における回折パターンは、加熱処理で

* 岡山県工業技術センター(〒701-1296 岡山県岡山市芳賀5301)
Industrial Technology Research Inst. of Okayama Prefectural Government (5301, Haga, Okayama-shi, Okayama 701-1296)

** 大阪府立大学 工学部(〒599-8531 大阪府堺市学園町1-1)
Fac. of Eng., Univ. of Osaka Prefecture (1-1, Gakuencho, Sakai-shi, Osaka 599-8531)

Fig. 3 Hardness distribution of substrate after laser irradiation.

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of electroless Ni-P coatings on 2024-T4 after laser irradiation.

Fig. 2 Effect of laser irradiation on hardness of electroless Ni-P coatings.

得られるものとはほぼ同様であることがわかった。さらに走査速度を70mm/sよりも速くした場合、めっきのままと同様に非晶質構造を示した。なお、7075-T6についても同様な結果であった。

図2には、レーザ処理および加熱処理による2024-T4および7075-T6上の皮膜の硬さの変化を示す。2024-T4および7075-T6ともに走査速度が70mm/sではめっきのままと同様な硬さ(590HV)で変化は認められない。一方、走査速度を遅くし、入熱量を増加させるにつれ、次第に硬化しはじめ、30~50mm/sにおいて加熱処理で得られた硬さ(1100HV)と同様な硬化膜が得られることがわかった。

次に、レーザ照射による基材の熱影響を明らかにするために基材のレーザ照射部の表面からの硬さの変化を調

べた。図3に測定結果を示す。レーザ処理では、基材の2024-T4および7075-T6ともに表面近傍に若干硬さの低下した軟化領域が認められるが、ビーム走査速度が速くなるにつれ、軟化領域および硬さ低下が減少する。加熱処理では基材の2024-T4および7075-T6の硬さがそれぞれ170HVから93HV、190HVから81HVへと1/2程度に低下しているのに対し、レーザ処理では、熱影響による基材の硬さの低下を抑制し、加熱処理と同様な硬化膜を得ることができることが明らかになった。

4. 結 言

時効性アルミニウム合金上に施した無電解Ni-Pめっき皮膜に対し、YAGレーザによって表層の皮膜のみを部分的かつ瞬時に加熱し、基材に熱影響を及ぼさず皮膜を硬化させることを試みた。その結果、レーザパワー500W(エネルギー密度: $7 \times 10^7 \text{ W/m}^2$)・ビーム走査速度40~50mm/sと極めて短時間のレーザ照射において、熱影響による基材の硬さ低下を抑制し、加熱処理と同様な硬化膜を得ることができた。このようにレーザ処理では、高密度エネルギーの特徴である急速加熱・急冷によって基材の熱影響が問題となる材料に対して有効であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、アルミニウム試料を提供して頂いた昭和アルミニウム(株)ならびにめっき溶液を提供して頂いた日本カニゼン(株)、および実験にご協力下さった岡山理科大学工学部学生牧野一貴氏に謝意を表する。(1998年3月、表面技術協会第97回講演大会にて一部発表) (Received March 24, 1998; Accepted April 23, 1998)

文 献

- 1) 松村宗順; 表面技術, 42, 1104 (1991)
- 2) 日野 実, 西田典秀, 平松 実, 辻川正人, 川本 信; 表面技術, 48, 466 (1997)
- 3) 太田幸伸, 野口裕臣, 松田喜樹, 伊藤政巳; 表面技術協会第96回講演大会要旨集, p. 171 (1997)