

レーザーによる金属表面処理技術開発とその表面処理材の特性評価

マテリアル工学科/先進マグネシウム国際研究センター 山崎倫昭

1. はじめに：熊本大学マテリアル工学科におけるモノづくり実験実習の概要

熊本大学工学部マテリアル工学科では、モノづくり教育を学部1年生から必修カリキュラムとして下記の通り実施している。

- 一年次：実践！ものづくり（14項目）
- 二年次：機器製作実習（11項目）
 - マテリアル工学実験・基礎編（13項目）
- 三年次：マテリアル工学実験・応用編（16項目）
 - マテリアル工学実験・創造編

学科一学年46名の学生は6班から7班に分かれ、合計54項目の実験および実習に一年次後学期から三年次前学期までの約2年間をかけて取り組むことになっている。三年次後学期からは、マテリアル工学実験・創造編が開講されるが、この創造編は、学科六講座に8名程度の学生が配属され、2名～4名程度の班を作り一つの研究テーマを半年かけて研究するものである。修得、知識定着を目的とした細分化された実験項目とは異なり、この実験実習では、与えられた研究テーマに対する背景の理解、実験計画の立案、実験実施、結果の整理・検証、討論、結論付け、研究成果の発表といった一連の流れを約3ヶ月という比較的長い期間、継続して経験することが出来る様に組み立てている。

2. マテリアル工学実験・創造編での学外共同研究の実施内容

今回、上述の創造編の実験実習において、学外共同研究を福井大学と行なったので、その研究内容を紹介する。

2.1 研究目的

環境低負荷、省エネルギー社会構築が急務である今日、輸送機器用の軽量高強度金属材料の開発が急務となっている。マグネシウム（以下Mg）合金はその軽量性から有力な候補材料であるが、耐食性が極めて低いといった解決すべき課題を有している。特に電気化学的に卑であることから接触腐食が起り易く表面処理による絶縁皮膜形成が不可欠な材料である。

Mg 金属およびその合金はこれまで水酸化マグネシウム ($Mg(OH)_2$) 皮膜形成により不動態化すると考えられてきたが、皮膜内層に酸化マグネシウム (MgO) 層が

存在し、この MgO 内層が耐食性発現に寄与していることが最近明らかになりつつある。しかしながら、Mg 合金上に形成される MgO は一般的に多孔質となることが多く、今後のマグネシウム合金の表面処理の開発方針としては、いかに緻密かつ均質な MgO 皮膜を成膜させられるかといった点が重要となる。

本実験実習においては、上述の背景を学生に理解させ、Mg 合金の耐食性向上を目的として合金表面上に緻密かつ均質な耐食 MgO 皮膜を成膜するレーザー表面改質技術を開発することを目的とした。具体的には、レーザーを照射する前にアルカリ溶液に浸漬し緻密な $Mg(OH)_2$ 皮膜前駆体を形成させた後にレーザー照射により合金内部組織に影響を与えることなく表面のみを $Mg(OH)_2$ から MgO へ改質するプロセス確立のための基礎的知見を得ることとした。

2.2 実験方法

試料として商用純Mg金属(99.9wt%)を用い、その表面には、4000番の研磨紙で機械研磨を施した。アルカリ溶液処理として飽和 $Mg(OH)_2$ 水溶液に室温で5分、10分、15分間浸漬した後、大気中でレーザー照射処理を施した。レーザーは、Q-switch型Nd:YVO₄レーザーを用いた。レーザービーム径は約50μm、レーザー走査間隔は10μmとした。レーザー走査速度は、25、50、100、200mm/sと変化させてその影響を調査することとした。

レーザー照射試料の表面皮膜の構造は、薄膜X線回折により調査し、酸化物および水酸化物の同定を行った。レーザー照射表面処理を施した試料の皮膜厚さの評価は、白色光共焦点顕微鏡(Lasertec model C-130 real color light scanning confocal microscope)を用いて行った。腐食速度 R (mm/year) は、1.0-3.0wt% NaCl水溶液中に浸漬させた際の水素発生量から算出した。腐食表面観察は、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡を用いて行った。

2.3 共同研究体制

今回の研究では、(1)アルカリ表面処理技術の確立、(2)レーザー照射処理技術の確立、(3)腐食特性評価、の大きく3つの項目に分けることが出来るため、(1)および(3)を熊本大学工学部マテリアル工学科3年次学生4名と教員が、(2)を福井大学工学部機械工学科の

大津雅亮教授にご担当頂いた。

2.4 実験結果および考察

図1にアルカリ溶液浸漬時間とレーザー照射走査速度が初期腐食速度に与える影響を示す。

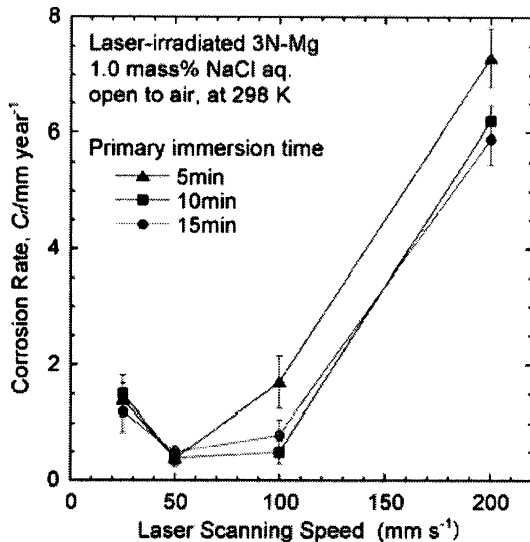


図1 レーザー照射走査速度が初期腐食速度に与える影響.

図からは、アルカリ溶液浸漬時間の長短よりもレーザー照射走査速度の高低が大きく影響することが明らかになった。そこで、レーザー照射走査速度を 50 mm/s とした試料と 200 mm/s とした試料の表面の薄膜 X 線回折測定を行なったところ、図2に示す通り、低走査速度の試料において目的の MgO 皮膜が形成していることが確認された。

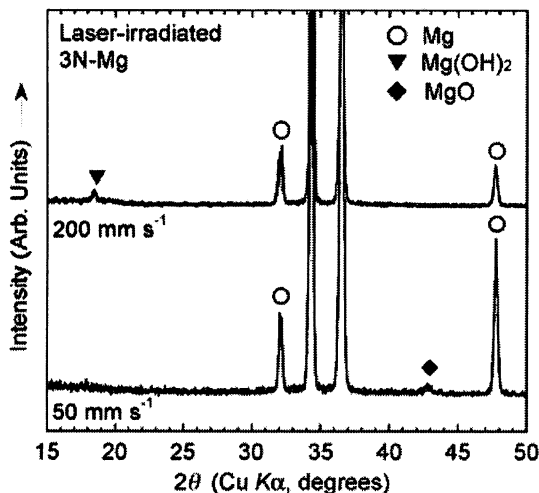


図2 レーザー走査速度 50 mm/s および 200 mm/s での照射後の表面の薄膜 X 線回折図形. 入射角度は 1° .

2.5 演習テーマの結論

アルカリ溶液処理した Mg 金属表面へレーザーを照射することで、表面皮膜を形成する Mg(OH)₂ を MgO へ改質できることを実験により確かめた。レーザー照射表面処理によって得られた高耐食 MgO 成膜は、Mg 金属特有の糸状腐食の発生およびその進展を抑制する効果を見せたことから、本プロセスは、Mg 合金の表面処理として有望であることがわかった。

3. おわりに

本実習により、電位-pH 図の利用や腐食速度の算出、動電位分極曲線の測定といった電気化学および腐食防食学の重要かつ基礎的な技術を実際の研究を通して学生に経験させることができた。また、共同研究という形で実習を行ったことで、連携先のことを考えながら実習に取り組む姿勢を見せた学生もおり、仕事量の見積りや段取りの重要性も感じているようであった。しかしながら、共同研究先との連携等も勘案する必要があり、教員側が予め用意した実験工程にそって進めざるを得ず、すべてを学生の考えで行なうことは困難であった。早期教育の試みの一つとして振り返った場合、カリキュラム内の実験実習という限られた時間、限定された実験機器使用環境での研究には限界があり、また、学生の能力を均一と見なした一律平等の早期教育の導入は、問題が多いことを改めて感じた次第である。

謝辞：本学外共同研究は、文部科学省特別教育研究費「革新ものづくり展開力の協働教育事業」の支援により実施されました。記して感謝申し上げます。