

純マグネシウムのレーザー溶接条件の検討

本研究では純マグネシウムの板材をYAGレーザー溶接することで、純マグネシウム同士が接合し得るのかについて検討しました。マイクロフォーカスX線CT及び電子顕微鏡を用いてレーザー溶接部の観察を行った結果、試料内部にはボイドが含まれ、十分に接合できておらず、レーザー到達部ではピンホールが発生している状態でした。観察した結果から、レーザー溶接時には純マグネシウムに残留している熱量がピンホールサイズに影響を及ぼしていると考えられます。

はじめに

骨折した際の治療方法として、骨接合用の生体インプラントが用いられており、その材質としてステンレスやチタンを中心に、その合金がよく使用されています。ステンレスやチタンのインプラントを使用した場合には治療後にインプラントの抜去が必要となり、患者への肉体的及び精神的な負担を強いることとなります。このような負担を軽減する代替手段として、骨折部を一定期間固定後、体内で徐々に溶解・吸収されていくようなインプラントが望まれています。

純マグネシウムは、その強度と弾性係数が骨に近いため、生体への適合性が良く、また、生体毒性がないことから生体内吸収性インプラントとして有望視されているところですが、生体内の複雑な構造に対応して製品設計していくためには、純マグネシウムの接合性についての検討が必要になると考え、本研究ではYAGレーザーを使用して純マグネシウム同士の接合を試みました。

YAGレーザーによる突き合せ溶接方法

YAGレーザー溶接機で図1の位置関係により溶接を行いました。片面の溶接終了後、裏面の溶接を行いました。溶接時に純マグネシウムが酸化することを防ぐため、シールドガスとしてアルゴンを用いました。

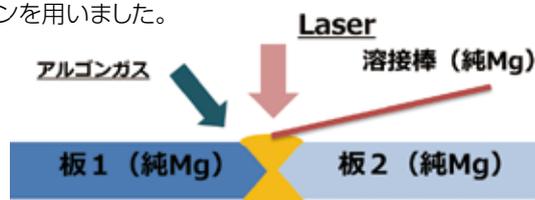


図1 レーザ溶接時の位置関係

溶接部の分析及び考察

溶接後は図2のような外観で、目視観察すると溶接部表面は純マグネシウムが酸化し、凹凸が生じて黒ずんでいる状態でした。

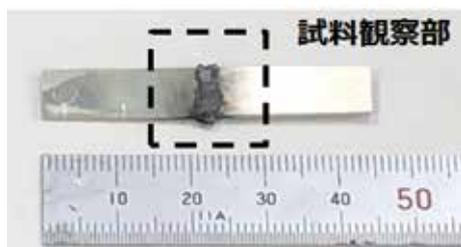


図2 突き合せ溶接結果

試料の接合状態を分析するため、マイクロフォーカスX線CTによる非破壊での観察、電子顕微鏡による引張試験後の破面観察を行いました。(図3)

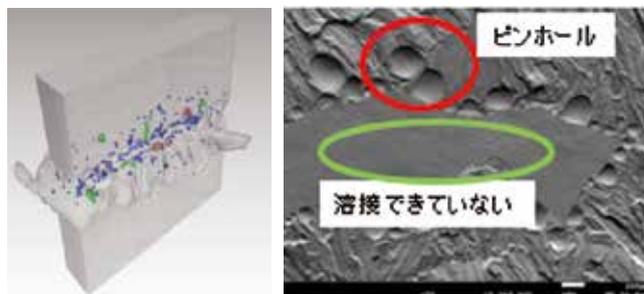


図3 X線CTによる再構成画像 (左図)
電子顕微鏡による引張後の破面観察 (右図)

再構成画像内(図3左)の着色部は試料内部に含まれるボイド(欠陥)を解析したもので、溶接部にボイドを多く含んでいることを示しています。実際に電子顕微鏡(反射電子像 図3右)で破面を観察すると、中央部にはレーザーによる変質がなく、溶接できていないことが確認できました。また、レーザーにより変質している部分と変質していない部分の界面にはピンホールが界面に沿って複数確認できました。

このことから、界面部で純マグネシウムが蒸発して蒸発痕がピンホールになったと推察されます。図3の上部と下部ではピンホールの大きさが異なっているため、溶接部に残留している熱がピンホールの大きさに影響を及ぼす可能性を示しています。特に、マグネシウムは融点と沸点の差が他の金属より小さいため、顕著に影響が出たものと考えられます。

まとめ

将来的に生体内吸収性インプラントとして使用できる可能性がある純マグネシウムの接合について検討したところ、以下の知見を得ました。

1. 試料内部ではレーザーが接合部中央まで到達しておらず、レーザーによる変質部界面ではピンホールが発生していることが確認できた。
2. 純マグネシウムの場合、残留している熱が溶接に影響を及ぼす可能性があり、レーザー出力だけでなく試料の温度・圧力のパラメータを検討していくことで改善に繋がる可能性がある。

今後は上記知見を踏まえ、純マグネシウム同士のレーザー接合について検討するとともに、他の接合方法についても調査していきたいと考えています。

謝辞

本研究の実施にあたり、溶接用試料を準備いただいた日東精工(株)、YAGレーザー溶接を実施いただいた(有)フオリスに心より感謝申し上げます。