

# 軟磁性材料と異種金属材料のファイバーレーザー溶接技術の開発

加工技術課 富田正吾 清水孝晃 氷見清和 柿内茂樹  
(株)VIC インターナショナル 加納竹志 菅沼正泰 明圓 芳樹

## 1. 緒言

本研究では、放射光施設及び高エネルギー加速器に使われる電磁石ユニットの小型化・製造コスト低減を目標に提案された新型電磁石ユニットの製作を実現のために、これまで溶接が困難と考えられていた軟磁性材料(Fe-Co合金 俗称：パーメンジュール)の溶接施工方法およびパーメンジュールと純鉄やステンレス鋼の異種金属溶接施工方法を開発することを目的としている。そこで、母材に対して熱影響による磁気特性や材質の劣化や寸法精度の低減を防ぐ観点からファイバーレーザーによる精密溶接技術の開発を行った。実験では、パーメンジュールのレーザー溶接性およびパーメンジュールと SUS304 ステンレス鋼の異種金属溶接方法について検討した。

## 2. 使用材料および実験方法

使用した材料は、パーメンジュール(Fe-49Co-2V)合金およびオーステナイト系ステンレス鋼(SUS304)の板材料(板厚 3mm)を用いた。溶接にはファイバーレーザー加工機(IPG 社製、連続発振型、最大出力 5000W、ファイバーコア径 0.1mmおよび 0.3mm)を用いた。溶接条件は、レーザー出力を 1000~2500W、溶接速度を 1000~2500mm/min の間で変化させた。また、焦点位置は試験片表面、表面から 1.0mm および 1.5mm の 3 条件とした。シールドガスにはアルゴンガスを用いた。

## 3. 実験結果

まず、パーメンジュールに対してのレーザー溶接性について検討した。本実験の溶接条件ではいずれの場合も裏波ビードが形成された。図 1 に一例としてレーザー出力 2000W、焦点位置+1.0mm の条件での溶接速度と表裏ビードの幅の関係を示す。速度 1800mm/min では、表ビード幅は 1.5mm で裏ビード幅は、約 1.0mm と幅の狭い溶接ビードが形成できた。図 2 に(a)2000W, 1200mm/min, Ddf; 0mm および(b)1500W, 1500mm/min, Ddf; 1.0mm の条件でのビード断面マクロ組織を示す。入熱が大きい(a)では、アンダーフィルとなるが、入熱量が小さい(b)では凹みはほとんど無くなり、熱影響の範囲も狭くなった。つぎに、パーメンジュールと SUS304 の異材溶接に

ついて検討を行った。溶接条件は、パーメンジュール単体での最適溶接条件とした(1500W, 1800mm/min, Ddf = +1.0mm)。図 3 に突合せ継手のマクロ組織を示す。左側がパーメンジュールで右側が SUS304 である。欠陥も無く良好な溶接ビードが形成できた。つぎに溶接継手の磁性特性を評価するため、飽和磁束密度を測定した。パーメンジュールの溶接部は、母材の飽和磁束密度との差は小さく、溶接による磁性特性の劣化はほとんど無いと判断された。また、SUS304 との異材溶接では、溶接部での飽和磁束密度は低下したが、隣接する熱影響部では素材並みの値を示し、ビード幅が狭いことから溶接継手の磁気特性に及ぼす溶接の影響は小さいと考えられた。

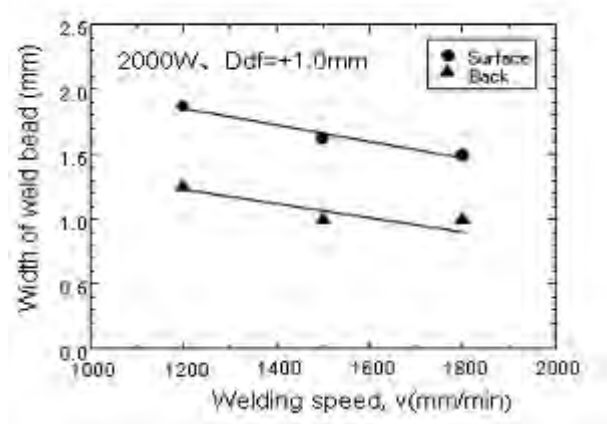


図1 溶接速度とビード幅の関係

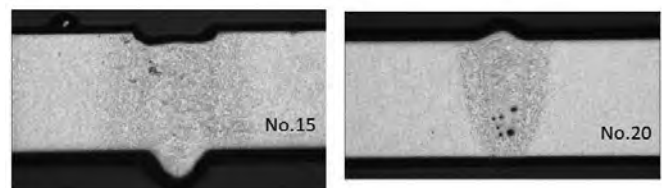


図2 パーメンジュール溶接部のマクロ組織  
(a) 2000W, 1200mm/min, Ddf ; 0mm  
(b) 1500W, 1500mm/min, Ddf ; 1.0mm

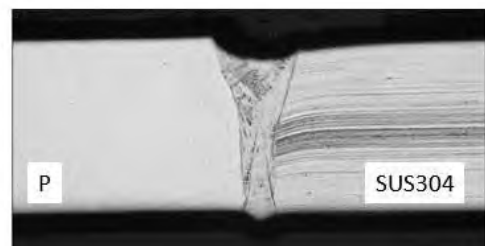


図3 SUS304 との異種金属溶接部の断面マクロ組織