



Title	Ir基合金摩擦攪拌接合ツールの開発及び高温材料の摩擦攪拌接合
Author(s)	宮澤, 智明
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59218
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

【116】

氏 名	みやざわ ともあき 宮 澤 智 明
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 5 5 0 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 3 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学 位 論 文 名	Ir 基合金摩擦攪拌接合ツールの開発及び高温材料の摩擦攪拌接合
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 藤井 英俊 （副査） 教 授 中野 貴由 教 授 中田 一博

論 文 内 容 の 要 旨

Ir 基合金を用いて、摩擦攪拌接合が困難とされる高温材料に向けた接合ツールを開発した。これを用いて工業的に広く使用されているステンレス鋼の摩擦攪拌接合を実施し、継手の機械的特性とツールの耐久性を評価した。また、工業的に重要な高温材料である酸化物分散強化白金合金の摩擦攪拌接合を実施し、接合温度と高温暴露後の継手組織の関係を明らかにするとともに、継手の高温強度を向上させる手法を見出した。本論文は以下に示す7つの章で構成されている。

第1章では、溶融溶接における問題点と摩擦攪拌接合の特長を述べたうえで、高温材料の摩擦攪拌接合に対する問題点及び必要性について述べた。

第2章では、摩擦攪拌接合の原理と特徴について述べ、主に高温材料の摩擦攪拌接合に関する研究報告から、本接合方法の高温材料への適用の可能性と、革新的なツールへのニーズを確認し、本研究の意義を明らかにした。

第 3 章では、酸化特性からツールの基材として Ir が有効な金属材料であることを示し、Ir 基 2 元系合金の機械的特性を調査した。Re の添加により Ir 基合金の再結晶温度が上昇し、Re 濃度の増加にともない結晶粒の微細化及び硬さの上昇を確認した。Ir-10at%Re の高温機械的特性は、SUS304 ステンレス鋼の高温機械的特性よりも優

れており、この合金で作製したツールで SUS304 ステンレス鋼の摩擦攪拌接合に成功した。

第4章では、第3章で開発した合金を更に強化する元素として Ir との原子半径差が大きい Zr が有効であることを見出した。1at%Zr を添加した Ir-10at%Re-1at%Zr は1500 ℃で熱処理しても塑性加工後と同等の硬さを示し、耐熱性に優れていることが分かった。また、1200 ℃における高温硬さ・高温圧縮強度は Ir-10at%Re の約2倍の値を示し、高温機械的特性が向上した。一方、高温において酸化の影響を受けやすい Re や Zr を添加しても、耐酸化性の低下はほとんど生じなかった。この合金で作製したツールは、SUS304 ステンレス鋼の摩擦攪拌接合を行った後もほとんど形状変化せず、高温材料を摩擦攪拌接合するためのツールとして適していることが分かった。

第5章では、開発した Ir 基合金製のツールを用いて SUS304 ステンレス鋼の摩擦攪拌接合を行い、接合条件の最適化、継手の機械的特性及びツールの耐久性を評価した。Ir 基合金ツールによる SUS304 ステンレス鋼の位置制御での適正な接合条件は、接合速度 500 mm/min 以下、且つ、回転ピッチ 0.3 以下にあり、適正な接合条件で得られた継手の強度は母材と同等か、それ以上となった。ツール形状や被接合材の板厚が異なるため単純な比較はできないが、SUS304 ステンレス鋼を被接合材としたときの Ir 基合金ツールの摩耗量は、PCBN ツールの摩耗量よりも少なかった。また、本ツールにより SUS304 ステンレス鋼の摩擦攪拌接合を行った結果、接合距離が 75 m に達しても、ツールが破損することはなかった。

第6章では、Ir 基合金製のツールを用いて、ガラス溶解装置の材料として高温で使用される酸化物分散強化白金合金の摩擦攪拌接合を試み、融点 1860 ℃の酸化物分散強化白金合金の摩擦攪拌接合が可能であることが分かった。継手の組織は高温で保持すると異常粒成長する現象が観察されたが、熱処理温度よりも高温で摩擦攪拌接合を行うことによって微細な結晶粒を維持できることが分かった。微細な結晶粒を持つ継手の室温強度は母材よりも優れるが、粒界すべりが変形を律速するような高温では TIG 溶接継手よりも低い強度を示した。一方、微細化された組織を後加工及び熱処理により組織制御することで、高温強度を向上させることが可能であり、本研究では TIG 溶接継手の2倍のクリープ破断時間が得られた。

第7章では、本研究で得られた主な結果について総括した。本研究により、Ir 基合金を用いた摩擦攪拌接合用ツールが開発され、高温材料の摩擦攪拌接合のためのツールとして使用可能であることが明らかとなった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、Ir 基合金を用いて、これまで困難とされた高融点材料の摩擦攪拌接合を可能にする接合ツールを開発している。開発したツールを用いて、工業的に広く使用されているステンレス鋼の摩擦攪拌接合を実施し、継手の機械的特性とツールの耐久性の評価を行うとともに、酸化物分散強化白金合金の摩擦攪拌接合を実施し、継手の組織に及ぼす接合温度、高温暴露条件等のプロセス条件の影響を明確にしている。主な結果を要約すると以下の通りである。

(1) 耐酸化性の観点から、ツールの基材として Ir が有効な金属材料であることを示すとともに、種々の Ir 基 2 元系合金の機械的特性を調査することで、Re の添加が最も有効であり、Re 濃度の増加に伴い機械的特性が向上することを見出した。さらに第 3 元素として、Ir どの原子半径差が大きい Zr が強化に有効であることを示し、高温機械的特性に優れる Ir 基 3 元系合金を開発した。また、これらの合金化による耐酸化性の低下はほとんど生じず、大気中での接合も可能であることを確認している。

(2) 開発した Ir 基合金製のツールを用いて SUS304 ステンレス鋼の摩擦攪拌接合を行い、継手の機械的特性及び微細組織に及ぼす接合条件の影響を明確にし、接合ツールの耐久性を調査している。種々の条件から適正な接合条件を見出し、適正な接合条件で得られた継手は母材と同程度の強度を有し、著しい耐食性の低下は生じないことを明らかにした。また、接合距離が 75 m に達してもツールが破損することはなく、耐久性に優れていることを確認した。これは現時点で、世界で最も長寿命のツールとなっている。

(3) Ir 基合金製のツールを用いて、融点 1860 ℃の酸化物分散強化白金合金の摩擦攪拌接合を試み、接合の可能性と組織の変化について詳細に調査した。継手の組織は高温で保持すると異常粒成長する現象が観察されたが、熱処理温度よりも高温で摩擦攪拌接合を行うことによって微細な結晶粒を維持できることを明らかにした。一方で、微細な結晶粒を持つ継手の室温強度は母材よりも優れるが、粒界すべりが変形を律速するような高温では TIG 溶接継手よりも低強度となることを示した。これに関しては、摩擦攪拌接合により微細化された組織を後加工及び熱処理により組織

制御することで、高温強度を向上させることが可能であり、TIG 溶接継手の 2 倍のクリープ破断時間が得られることを明らかにした。

以上のように、本論文は、これまで困難とされた高融点材料の摩擦攪拌接合を可能にするため、Ir 基合金を用いて、構成元素の最適化を詳細に検討することにより、現状で最も長寿命なツールの開発に成功している。開発したツールは、SUS304 ステンレス鋼や酸化物分散強化白金合金への適用が可能であることを示し、接合中あるいはその後の熱処理における組織の変化についても、材料学的観点から詳細に検討されている。このように、本研究で得られた内容は工業的にも学術的にも価値が高く、材料工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。