OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	ろう材組成の最適化によるセラミックスと超硬合金の異材レーザブレージング接合特性の改善に関する研究
Author(s)	永塚, 公彬
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27526
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【144】

氏名	永塚公彬（ながつかきみあき）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第　26210　号
学位授与年月日	平成25年3月25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	ろう材組成の最適化によるセラミックスと超硬合金の異材レーザブレージング接合特性の改善に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授　中田　一博 (副査) 教授　村川　英一　　教授　田中　学

論文内容の要旨

本論文は、ろう材組成の最適化によりセラミックス／超硬合金の異材レーザブレージング接合特性を改善することを目的として実施した。

第1章は緒論であり、本研究の背景および目的を述べた。

第2章では黒鉛を、また第3章ではセラミックスとして、炭化ケイ素、サイアロンおよびアルミナを取り上げ、それぞれ超硬合金を相手材としてレーザブレージングによる接合を行い、Ag-Cuろう材中への活性元素であるTiの添加量が接合特性に及ぼす影響を検討した。透過型電子顕微鏡による微細構造解析の結果、それぞれのセラミックスとろう材との接合界面には、セラミックスの成分元素とTiとの反応相およびCu_4Tiからなる複層構造の界面反応層が認められ、これらの相が熱力学的に安定であり短時間接合を特徴とするレーザブレージングにおいても反応層が接合界面に均一に形成されることを明らかにした。また、接合体のせん断強度に及ぼすTi添加量には適正値が認められ、いずれの材料でも1.7mass%までは、接合界面に占める反応層形成面積率の増加と共にせん断強度は増加し、それ以上の添加量では、黒鉛では黒鉛母材部破断により飽和し、炭化ケイ素、サイアロンおよびアルミナでは反応層厚さの増加により低下することを示し、Ti添加量によるせん断強度の変化は母材セラミックスおよび界面反応層の強度、ならびに破断形態の変化により説明できることを明らかとした。

第4章では、Ag-Cu-1.7mass%Tiろう材中へのSn添加が界面反応層の形態および接合体のせん断強度に及ぼす影響について検討し、Sn添加によりいずれの接合体においても界面反応層が薄くなることを示すと共に、母材破断を呈した黒鉛および炭化ケイ素接合体ではせん断強度には大きな差異は認められなかったが、界面反応層で破断したサイアロンでは界面反応層が薄くなることによりせん断強度は約2倍に増加することを明らかにした。

第5章および第6章では、レーザブレージング中の有限要素法による熱伝導および応力解析を行うと共に、ろう材厚さが残留応力およびせん断強度に及ぼす影響について検討した。計算結果により、レーザブレージングによる局部的かつ短時間加熱においても接合界面のろう材は均一に加熱されることを明らかにすると共に、冷却中に接合部に隣接した接合体の端部周辺に引張残留応力が発生し、ろう材厚さの増加に伴ないこの引張残留応力が増加し、その値がセラミックス母材の破断強度を超えた場合に接合部周辺の母材中に割れが発生することを組織観察結果と合わせて明らかにし、ろう材厚さを薄くすることはレーザブレージング接合体のせん断強度特性の改善に大きく貢献することを示した。

第7章は結論であり、本研究で得られた結果について総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、新しいろう付法であるレーザブレージングに用いるろう材中へのTiおよびSn添加が黒鉛、炭化ケイ素、サイアロンおよびアルミナと超硬合金との異材接合界面構造や接合強度に及ぼす影響、および有限要素法を用いた熱伝導・応力解析によるレーザブレージングプロセス中の熱分布および残留応力分布、ならびに接合部の割れの発生傾向などと継手せん断強度との関係を検討したものであり、以下の事項を明らかにしている。

本論文ではまず黒鉛、炭化ケイ素、サイアロンおよびアルミナを取り上げ、それぞれ超硬合金を相手材としてレーザブレージングによる接合を行い、Ag-Cuろう材中への活性元素であるTiの添加量が接合特性に及ぼす影響を検討している。透過型電子顕微鏡による微細構造解析の結果、それぞれのセラミックスとろう材との接合界面には、セラミックスの成分元素とTiとの反応相およびCu_4Tiからなる複層構造の界面反応層が形成されることを明らかにし、これらの相が熱力学的に安定であり、短時間接合を特徴とするレーザブレージングにおいても、界面反応層が接合界面に均一に形成されることを明示している。また、接合体のせん断強度に及ぼすTi添加量には適正値が存在することを示し、いずれの材料でも1.7mass%までは、接合界面に占める反応層形成面積率の増加とともにせん断強度は増加し、それ以上の添加量では、黒鉛では黒鉛母材部破断により飽和し、炭化ケイ素、サイアロンおよびアルミナでは反応層厚さの増加により低下することを明らかにしている。

次に、Ag-Cu-1.7mass%Tiろう材中へのSn添加が界面反応層の形態および接合体のせん断強度に及ぼす影響について検討し、Sn添加によりいずれの接合体においても界面反応層が薄くなることを示すと共に、母材破断を呈した黒鉛および炭化ケイ素接合体ではせん断強度には大きな差異は認められず、界面反応層で破断したサイアロンでは界面反応層が薄くなることによりせん断強度は約2倍に増加することを明らかにしている。

さらに、レーザブレージング中の有限要素法による熱伝導および応力解析を行うと共に、ろう材厚さが残留応力およびせん断強度に及ぼす影響について検討している。計算結果により、レーザブレージングによる局部的かつ短時間加熱においても接合界面のろう材は均一に加熱されることを明らかにすると共に、冷却中に接合部に隣接した接合体の端部周辺に引張残留応力が発生し、ろう材厚さの増加に伴ないこの引張残留応力が増加し、その値が黒鉛およびセラミックス母材の破断強度を超えた場合には接合部周辺の母材中に割れが発生することを組織観察結果と合わせて明らかにし、ろう材厚さを薄くすることはレーザブレージング接合体のせん断強度特性の改善に大きく貢献することを示している。

以上のように本論文は局所、短時間加熱を特長とするレーザブレージングによるセラミックスと超硬合金の異材接合継手特性の改善に及ぼすろう材の添加元素の影響を明らかにし、最適なろう材組成を提案している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。