Osaka University Knowledge Archive

Title	レーザブレージング法による窒化ホウ素及びダイヤモンドと超硬合金との異種材料接合特性とその接合機構に関する研究
Author(s)	瀬知, 啓久
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/558
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【98】

氏　　名	瀬　知　啓　久（せ　ち　よし　ひさ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　24583　号
学位授与年月日	平成23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	**レーザブレージング法による窒化ホウ素及びダイヤモンドと超硬合金との異種材料接合特性とその接合機構に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　中田　一博 （副査） 教　授　廣瀬　明夫　　教　授　藤井　英俊

論文内容の要旨

本論文は短時間加熱が可能なレーザブレージング法により、簡便な処理システムを用いて素材の材質劣化とろう材中の活性金属成分の酸化を抑制してセラミックスと金属の直接ろう付を可能とする新しいろう付プロセスの確立を目指して基礎的研究を行ったものであり、全体を7章で構成した。各章の主要な結果は以下のようになる。

第1章では、本研究の背景と課題を明らかにした。

第2章では、ろう付の困難な六方晶窒化ホウ素(h-BN)を取り上げ、試作レーザブレージングシステムを用いて超硬合金とのろう付を実施し、その接合特性を検討した。市販Ag-28.06mass%Cu-1.68mass%Ti及びAg-27.68mass%Cu-1.25mass%Tiろう材とh-BN及び超硬合金との間ではいずれも接合界面の密着性は良好であり、せん断試験ではh-BN母材破断を呈した。またろう材/h-BN接合界面には、TiNを主とする厚さ1～2μmの反応層が存在することを明らかにした。

第3章では、Ti添加率を種々変化させた試作ろう材を用いて、初期真空度3.7×10^{-4}PaでAr置換雰囲気下1123KにおけるH-BNと試作ろう材との接触角を静滴法により測定し、Ti無添加での接触角160°が、0.41mass%以上のTi添加により30°以下にまで低下し、ぬれ性が劇的に改善されることを定量的に示した。また、レーザを用いた短時間加熱法では、初期真空度が10^{-1}Pa程度であってもTi添加溶融ろう材の酸化は抑制されることを示し、レーザブレージング法の有効性を明らかにした。

第4章では、h-BNと超硬合金のレーザブレージング特性に及ぼすろう材のTi添加率の影響を検討し、適正なろう付温度を明らかにするとともに、h-BN母材破断を示す良好なろう付継手が得られるTi添加率は1.25mass%以上であり、これ以下では接合界面のTiN反応層の形成が局部的であり接合界面破断となることを示した。

第5章では、良好なろう付継手が得られたh-BNと超硬合金のAg-Cu-1.68mass%Tiろう材を用いたレーザブレージング接合界面の微細結晶構造解析を透過型電子顕微鏡により行い、h-BNの数十nm程度の微細な空隙に対しても溶融ろう材が流入し、数十～100nm厚さのTiN反応層が形成されており、この反応層の存在がh-BNとAg-Cu-Ti合金ろう材のぬれ性改善に大きな役割を果たしていることを明らかにした。

第6章では、高精度切削工具に利用される単結晶ダイヤモンド及び立方晶窒化ホウ素と超硬合金とのレーザブレージングを検討し、適正ろう付条件及びTi添加Ag-Cuろう材の使用により、いずれの組合せでも密着性の良好なろう付継手が形成できることを示した。

第7章は、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、セラミックスと金属との直接ろう付にこれまで行われていなかったレーザブレージング法を適用し、ろう材の酸化を抑制しつつAr雰囲気下でのセラミックス／金属接合プロセスを確立するとともに、その接合特性に及ぼす界面反応層の影響を明らかにし、応用製品への適用を検討したものである。特に、これまで十分に解明されていないAg-Cu共晶ろう材中に含まれる活性成分であるTiの低添加率領域での濡れ性や接合特性への影響を明示している。

本論文ではまず、Ar雰囲気下におけるレーザブレージング法のセラミックス／金属接合プロセスへの適用に際して、他のセラミックス材料に対する応用展開の指標とするためにろう付の困難な六方晶窒化ホウ素(h-BN)を用い、超硬合金とのレーザブレージングをAg-Cu-Ti合金ろう材を用いて実施し、その接合特性について検討している。その結果、Ag-28.06mass%Cu-1.68mass%Ti及びAg-27.68mass%Cu-1.25mass%Ti合金ろうを使用することでh-BNとろう材の接合界面は密着し、良好な継手が形成されることを明示している。また、電子プローブマイクロアナライザによる観察では、Ag-Cu-Tiろう/h-BN接合界面には、TiNを主成分とする反応層が厚さ1～2μmにわたって観察されることを示している。

また、ろう材中の活性成分であるTi添加率とh-BNとのぬれ性の相関についての基礎的なデータを得るために新規にろう材を試作し、静滴法による接触角の測定を実施している。Ar雰囲気下1123KにおけるH-BNとAg-Cu-Ti合金ろう材の接触角は、0.41mass%以上のTi添加により30°以下にまで低減し、過剰なTiはろう材中に残存することを解明している。また、レーザを用いた短時間加熱における高速度カメラによる観察を行い、レーザブレージングと同一加熱条件でのろう材の挙動について明らかにしている。その際、ガス置換に用いる真空排気が10^{-1}Pa程度であっても、99.999 vol.%のArを使用することで、レーザを用いた短時間加熱におけるTiの酸化はろう材表面に限定されることを示している。さらに、h-BNと超硬合金のレーザブレージング特性へのAg-Cu-Ti合金ろう材のTi添加率の影響を検討し、1.25mass%以上のTi添加により、良好なせん断強度が得られることを明示している。

加えて、代表的なろう材組成であるAg-28.06mass%Cu-1.68mass%Ti合金ろう材を用いたh-BNと超硬合金のレーザブレージング接合界面の微細結晶構造解析を行っている。その結果、h-BNの数十nm程度の微細な空隙でもろう材が流入し、数十～100nmの厚さを持つTiN反応層を生成しており、この存在が、h-BNとAg-Cu-Ti合金ろう材のぬれ性改善に大きな役割を果たしていることを明示している。

最後に、高精度切削工具としての利用が期待される単結晶ダイヤモンド及び立方晶窒化ホウ素と超硬合金との接合へのレーザブレージングの応用を図っている。単結晶ダイヤモンド/Ag-28.06mass%Cu-1.68mass%Ti合金ろう材接合界面にはTiCを主成分とする反応層ならびにその外側でのTi-Cu反応層の生成が推察され、密着性は良好で、そのせん断強度は116MPaと高精度切削工具としての利用が可能であることを明示し、また、PCBN/Ag-Cu-Tiろう材の接合界面でのTi-N反応相ならびにc-BNとの結晶粒界に存在するAlとTiの反応生成物の形成を示唆している。

以上のように本論文は、セラミックスと金属との直接ろう付にレーザブレージング法を適用し、ろう材の酸化を抑制しつつAr雰囲気下での新規な接合プロセスを確立するとともに、その接合特性に及ぼす界面反応層の形成機構を学術的に解明し、その成果を元に工業製品への応用を提案している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。