

令和 2 年 5 月 4 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06372

研究課題名（和文）低温焼結性金属ナノ粒子の創製と精密組立接合への応用

研究課題名（英文）Creation of low temperature sinterable metal nanoparticles and application to precision assembly and joining

研究代表者

小山 真司 (KOYAMA, Shinji)

群馬大学・大学院理工学府・准教授

研究者番号：70414109

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：電子機器の小型・軽量化に伴い、Al合金が多用され、鉄鋼製の筐体との接合が必要となった。加えて、高強度で高い熱電特性をもつCu合金についても、製品設計の自由度を改良するため、直接接合が求められている。本研究では、接合阻害因子である酸化皮膜を有機酸を用いて金属塩被膜に置換し、接合性を高める研究を行った。研究成果として、金属塩被膜処理を施した金属ナノ粒子を用いると、低い接合温度であっても高い接合強度を有する接続部を形成できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子実装分野において、研究の主体が実装技術開発やはんだ材料自身の機械的特性にあり、はんだと基板配線間についての報告は、その重要性に対してあまりにも少ない。本研究では、接合界面の微細構造と接合強度の関係を明らかにしたことで、これからの微細接合プロセスに関する有益な知見が得られたものと考えられる。また、はんだ付用フラックスは、被接合金属面の酸化物を化学的に除去し、はんだと被接合面の親和性を高めると考えられているが、その改善機構は未だ明解ではなく、所望の効果が得られない事例は多数報告されている。本研究では、有機酸による表面改質効果を化学的に検証したことで、その改善機構が明らかになったものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：As electronic devices have become smaller and lighter, Al alloys have been frequently used, and it has become necessary to join them to steel cases. In addition, for Cu alloys with high strength and high thermoelectric properties, direct joining is required to increase the degree of freedom in product design. In this study, we performed a study to improve the bondability by substituting the oxide film, which is a bonding inhibitor, with a metal salt film using organic acid. As a result of this study, the use of metal nanoparticles coated with a metal salt made it possible to form joints with high bonding strength even at low bonding temperatures.

研究分野：工学

キーワード：低温接合 電子デバイス 精密接合

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 携帯電話に代表されるように、小型化される電子機器のニーズは増加し、それを支える実装技術としてパッケージングの多様化やリード間ピッチの微細化が急速に加速している。このような状況下、従来の溶ダペーストでは溶融を伴うため、高密度化への限界が指摘されている。そこで近年、溶融接合とは異なる固相接合現象を利用した実装法が提案され、一部実用化が進んでいる。主として、プラズマ処理による表面清浄化、超音波振動により接合界面の酸化皮膜を破壊・除去後そのまま接合する方法などである。しかしながらこれらの装置は高額で適用範囲に制限があり、新たなイノベーションが必要である。

今後のさらなる高精細化、あるいは耐熱性の低い樹脂製部品(光学関連)や機械的強度の低い部品(MEMS)などの直接接合を考える場合、溶融接合での課題である位置決め精度、マクロな金属間化合物(脆弱層)の形成および Pb フリーはんだにみられる高融点の問題にとらわれない固相接合で、低温・低荷重・短時間で高い接合強度の得られる安価な接合法が求められている。

(2) 申請者らの以前の研究で、Pb フリーはんだおよび部品端子めっきの主要元素である Sn と各種配線材料(Sn, Cu, Ni)間の固相接合を行った結果、図 1 に示すように、酸化皮膜が接合面に残留すると、接合強度が著しく低下し、高い接合強度を有する接続部を得るには高温・高荷重が必要であることが分かった。そこで申請者らは、電子部品の接続部に用いられる主要材料(Sn, Cu, Ni)の酸化皮膜を、接合前に各種有機酸中で煮沸することにより表面改質することを試みた。その結果、図 2 に例示するように、酸化皮膜の還元除去および有機酸との反応物(熱分解により金属原子面が露出)の生成により改質処理を施さない場合に比べ、150°C 低い接合温度で Cu の 0.2% 耐力を有する接続部が得られることを明らかにした 1)。またその後の研究では図 3 に示すように、改質試薬を適切に選択することで、50°C の大気中に放置しても、処理効果が 168 時間以上持続することもわかっている。

以上の結果は、接続部を有機酸に直接曝露するもので、適用箇所は限定的であった。本申請研究では、他の有機酸(オレイン酸、ステアリン酸など)の検討、他の接続部に用いられる材料(Al・Cu 配線、SUS 製マイクロ部品など)への適用可能性の調査、および金属塩被膜を付与した金属ナノ粒子の創製を想起した。

2. 研究の目的

本研究は、電子デバイスの製造プロセスにおける 3 つの主題を研究目的としている。

- (1) 精密・低温固相接合：従来の溶融はんだ接合とは異なり、電子実装の高密度化と脆弱層形成の抑制を可能とし、プロセスの低温化による接合強度に対するエネルギー効率の向上を目指す。
- (2) 環境調和：接合面酸化皮膜を有機酸により金属塩被膜に置換・除去することで、フラックスレスを実現し、その改善機構を応用利用することで、はんだレス直接接合法の確立を目指す。
- (3) 標準接合技術化：接合界面構造と接合強度の関係を明らかにすることで、接合表面改質操作の適用範囲拡大と、これからの界面接合技術に対して、有益な知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) ベリリウム銅合金の固相接合強度に及ぼすギ酸塩被膜付与効果：試験片はφ1 mm のワイヤと 10×10×5 mm³ の板を用いて、ラップ仕上げ後、アセトンにより超音波脱脂洗浄した。ギ酸塩被膜付与処理は、アルカリ処理後、ギ酸中で煮沸することにより実施した。接合は、真空中にて接合荷重 180 kgf、接合時間 60 min および接合温度 400°C で一定とした。得られた接手の界面強度はピール試験により評価し、ピール試験後の破面を SEM により観察した。

(2) 金属塩の生成・分解反応を利用した Cu ナノ粒子による Cu 固相接合：試験片はφ10 mm とφ20 mm の丸棒を準備し、Cu ナノ粒子は、粒径 100 nm を用いた。Cu ナノ粒子の金属塩被膜処理は、ギ酸中で煮沸することにより行った。固相接合は Cu 粉末を接合界面に厚さを約 0.5 mm になるように挿入し、接合面どうしを突き合わせるように炉内 (N₂ ガス: 5 L/min) に設置し、20 MPa に加圧しながら、接合時間を 15 min、接合温度を 523~723 K に変化させて行った。継手の接合強度は、インストロン型万能試験機を用いて、引張試験(クロスヘッド速度: 0.05 mm/s, 室温)にて測定した。引張試験後の破面観察は SEM を用いて行った。接合界面を SEM および EDX により観察した。また処理後の生成物解析は、XRD を用いて行った。

4. 研究成果

(1) ベリリウム銅合金の固相接合強度に及ぼすギ酸塩被膜付与効果：図 1 にベリリウム銅合金どうしの接合強度に及ぼすギ酸塩被膜付与の効果を示す。図 1 より、ギ酸塩被膜付与処理のみの場合、処理時間の増加とともに接合強度が増加した後、減少した。これは、浸漬時間 12 min 以下の場合、ベリリウム銅の接合表面酸化皮膜が十分にギ酸塩被膜に置換できなかったためと考えられる。一方、24 min 以降に接合強度が低下した要因として、ギ酸浸漬中の接合表面における凹凸の増加、およびギ酸塩の過剰生成と考えられる。アルカリ処理後、ギ酸塩被膜付与処理を施した場合、最大強度を示したギ酸浸漬時間 24 min では線材中で破壊したため、これ以上の接合部強度測定はピール試験では実施できなかった。また、ギ酸塩被膜付与処理のみ、およびアルカリ処理後、ギ酸塩被膜付与処理どちらの場合においても未処理の場合では接合できなかった

母材が接合可能となった。この際、接合前の板材のビッカース硬度は 193 HV であり、接合後 214 HV となり、高硬度を有したまま接合できることがわかった。

引張試験後、破面を SEM および EDX にて観察した。なお観察位置は、center と edge の 2 か所とした。これは、接合表面の酸化皮膜が機械的に破壊されにくい箇所である center と、接合表面の塑性流動により酸化皮膜が機械的に破壊されやすい edge にて破面形態が異なるためである。図 2 および図 3 に未処理、ギ酸塩被膜付与処理のみ、およびアルカリ処理後、ギ酸塩被膜付与処理を施した場合において、それぞれ最大接合強度を示した破面観察結果を示す。図 2 より、center においては未処理、ギ酸塩被膜付与処理のみ、およびアルカリ処理後、ギ酸塩被膜付与処理を施した場合いずれにおいても破面の形態に変化は認められず、脆性的な破面を呈していた。ここで、アルカリ処理後にギ酸塩被膜付与処理を施した場合、一部の領域で界面破壊領域が認められた。したがって界面破壊領域を残すことなく母材破断させるためには、ギ酸塩被膜付与処理時間を伸ばす必要があると考えられる。図 3 より、edge においては、いずれの処理条件においても延性的な破面を呈していた。しかしながら、EDX での酸素検出量が処理によって減少していることがわかる。これは、自然酸化皮膜がギ酸塩に置換・除去されたことと、ギ酸塩被膜が接合中の加熱による再酸化の防止に寄与し、破面の酸素検出量が低下したためと考えられる。また、アルカリ処理後にギ酸塩被膜付与処理を施した場合に最も酸素の検出量が減少しているのは、後述のようにギ酸塩の過剰生成が防止できたことから、接合中の熱分解によるガスの発生が抑止された結果、酸素検出量が減少したと推察される。一方で、図 2 および図 3 に示すように、破面上にシリコンが検出された。これは、母材中にシリコンが添加されていないことから、板材のラップ仕上げの際に SiC が接合表面に埋め込まれたためと考えられる。

ベリリウム、無酸素銅および、ベリリウム銅に対し、未処理、アルカリ処理、アルカリ処理後にギ酸塩被膜付与処理を施した試験片を FT-IR にて表面解析をした。図 4 にベリリウムの解析結果を示す。未処理の場合、顕著なピークは確認できないが、ギ酸塩被膜付与処理を行った場合、およびアルカリ処理後にギ酸塩被膜付与処理を施した場合のベリリウム表面からは、 1376 cm^{-1} と 1598 cm^{-1} にギ酸塩由来と考えられるピークが検出された。しかし、アルカリ処理を施した場合、ピークの高さが低いことからギ酸塩の生成量がギ酸塩被膜付与処理のみを行った場合よりも少なかったと推察される。また、未処理の場合には確認できなかった 1732 cm^{-1} 近傍のピークがアルカリ処理後には検出されたことから、ベリリウム表面に水酸化物が生成しているものと考えられる。図 5 に未処理およびアルカリ処理を施した無酸素銅の解析結果を示す。図 2 より、無酸素銅に対しアルカリ処理を施した場合、未処理と比較しピークに大きな違いは確認できない。しかしながら、銅にアルカリ処理を施すと銅の酸化物が生成されることが知られている。よって処理時間の増加に伴い接合強度が低下したと考えられる。図 6 にベリリウム銅 11 合金の解析結果を示す。図 6 より、

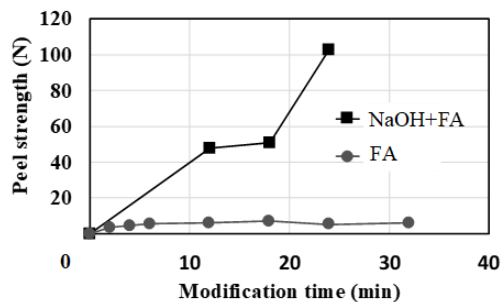


図 1 接合強度に及ぼす金属塩被膜処理効果

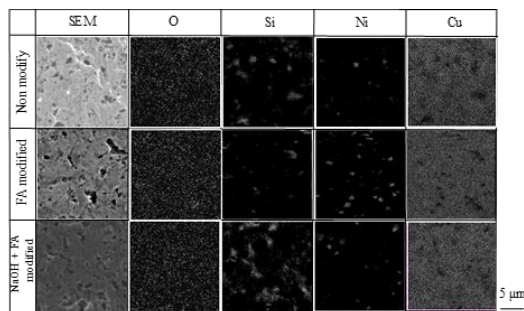


図 2 破面中央の SEM による破面観察結果

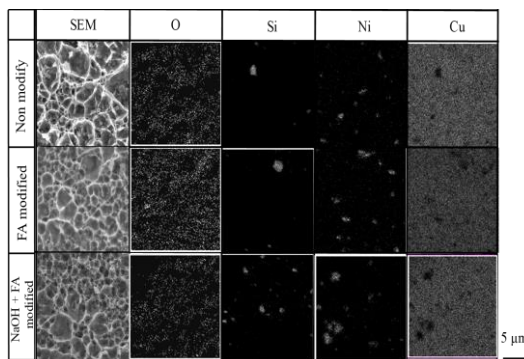


図 3 破面端部の SEM による破面観察結果

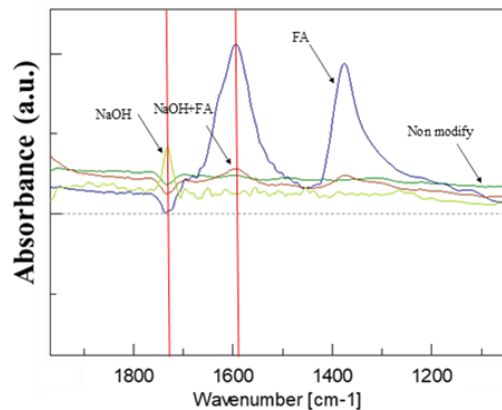


図 4 被膜処理前後の Be 表面の FT-IR 解析

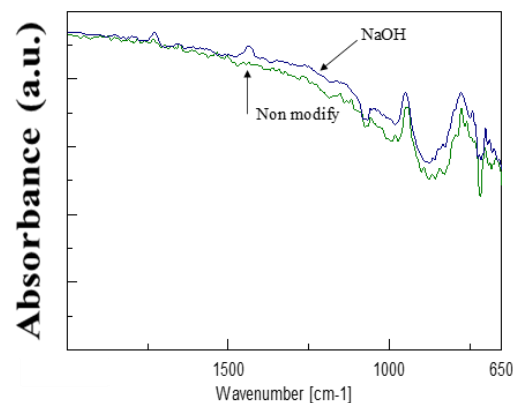


図 5 被膜処理前後の Cu 表面の FT-IR 解析

ギ酸塩被膜付与処理のみとアルカリ処理後、ギ酸塩被膜付与を施した場合には、ギ酸塩由来のピークである 1740 cm^{-1} 近傍にてピークを検出した。このことから、ベリリウム銅の接合表面に存在した酸化皮膜がギ酸塩に置換したと推察される。したがって、接合強度の向上につながったと考えられる。また、アルカリ処理を施した場合、未処理の場合には検出されなかったピークが検出された。図4および図5より、無酸素銅に対して、アルカリ処理を施した場合にはピークに変化が認められなかったが、ベリリウムに対しては変化が認められた。このことから、アルカリ処理は銅に効果を有するのではなく、ベリリウムに効果を有していることを示唆している。また図4より、アルカリ処理は、ベリリウムのギ酸塩の過剰生成を抑制することに寄与しており、このことから接合強度が向上したと考えられる。

(2) 金属塩の生成・分解反応を利用した Cu ナノ粒子による Cu 固相接合：金属塩生成処理を施した場合の継手の引張強度と接合温度の関係を調べた結果を図7に示す。なお図中には比較のため、処理を施さなかった場合の測定結果も示している。図7より、金属塩生成処理を施した場合、接合温度の上昇とともに継手の引張強度が増加する傾向が認められた。また処理を施さなかった場合は接合強度の上昇がほとんど認められなかった。さらに金属塩生成処理を施すことで、接合温度 723 K においては、接合強度が約 30 倍以上に増加する傾向が認められた。

接合温度 623 K および 723 K における継手の接合界面近傍の SEM による組織観察結果および EDX による面分析結果を図8に示す。未処理の場合、各接合温度において母材と Cu 粉末および Cu 粉末間に未密着部と考えられる空隙が多数認められた。また、O が粉末層全体より検出され、粉末表面の酸化皮膜が残存していることが推察される。一方処理を施した場合には、接合温度を 623 K において、接合界面近傍で未密着部と考えられる空隙が幅約 $1\text{ }\mu\text{m}$ で不連続に存在しているものの、空隙が減少する傾向が認められた。接合温度を 723 K に上昇させた場合は、空隙の形状が円形へと変化し、幅と厚みともに約 $1\text{ }\mu\text{m}$ と大幅に減少している様子が認められた。また、いずれの領域からも O がほとんど検出されなかった。以上の結果から金属塩生成処理 Cu 粉末の化学的表面性状が変化し、接合阻害因子である酸化皮膜が金属塩被膜に置換され、接合中に熱分解されることで、母材と Cu 粉末および Cu 粉末どうしの原子面の密着化が進行し、接合強度が大幅に向上したと推察される。

一般に、Cu および Cu の酸化物はギ酸中で煮沸することによって、ギ酸 Cu を生成するとされている。また、ギ酸銅は約 413 K 以上に加熱すると、金属 Cu を生成することが知られている。粉末表面の XRD 測定の結果、未処理の場合は Cu のほかに Cu の酸化物のピークが検出された。一方、処理後は、酸化物のピークが消失し、ギ酸銅のピークが検出されるようになった。以上の解析結果から、Cu 粉末にギ酸を用いた金属塩皮膜処理を施すことにより、Cu 粉末表面の酸化物、すなわち酸化皮膜がギ酸銅に置換され、そのギ酸銅が接合中に熱分解することで金属面が露出した結果、母材と Cu 粉末および Cu 粉末どうしの密着化が達成された領域が増加したため、より低温から高い接合強度を有する継手が得られたものと考えられる。

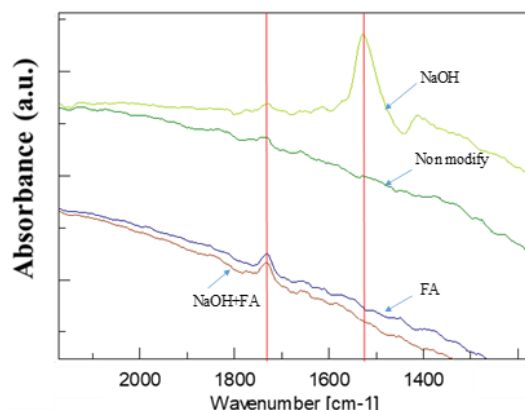


図6 被膜処理前後の BeCu 表面 FT-IR 解析

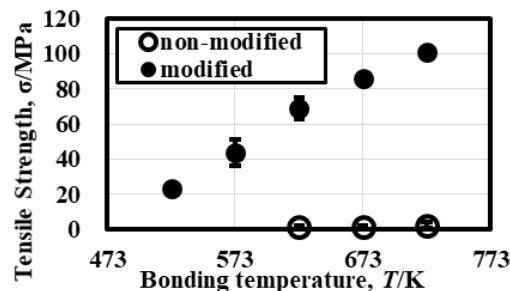


図7 接合強度に及ぼす金属塩被膜処理効果

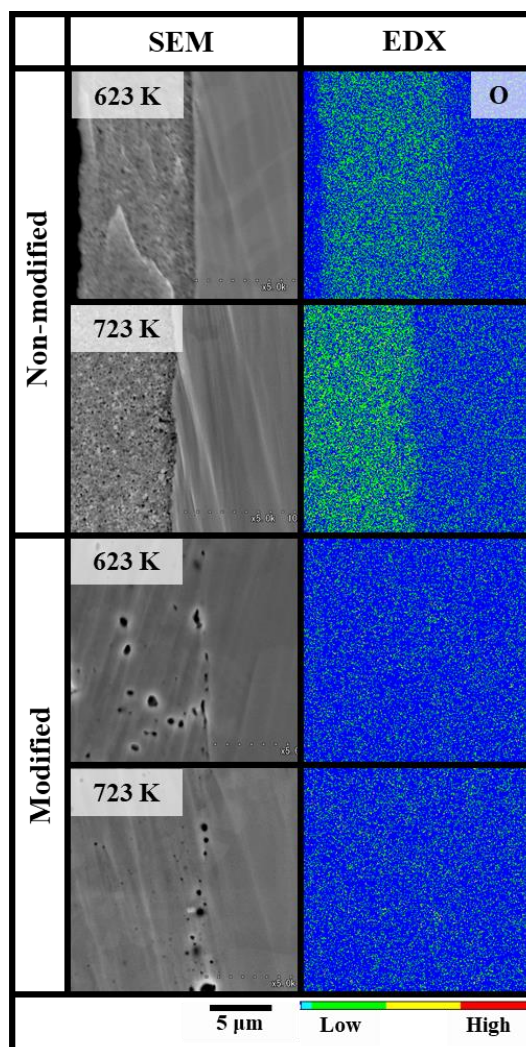


図8 接合界面微細構造解析

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ozawa K, Koyama S, shohji I | 4. 巻 843 |
| 2. 論文標題 Liquid phase diffusion bonding of A1070 by using metal formate coated Zn sheet | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series | 6. 最初と最後の頁 012005 ~ 012005 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1742-6596/843/1/012005 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Koyama Shinji, Nguyen Van Phu | 4. 巻 741 |
| 2. 論文標題 Solid-State Diffusion Bonding of Titanium by Using Metal Salt Coated Aluminum Sheet | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Key Engineering Materials | 6. 最初と最後の頁 31 ~ 35 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4028/www.scientific.net/KEM.741.31 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Koyama Shinji, Ozawa Kohei, Muraoka Takako | 4. 巻 69 |
| 2. 論文標題 Solid-state bonding of A6061/high-tensile steel plate by metal salt generation bonding technique with acetic acid | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Japan Institute of Light Metals | 6. 最初と最後の頁 548 ~ 552 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2464/jilm.69.548 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 1件／うち国際学会 8件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 篠原勇人, 小山真司 |
| 2. 発表標題 ギ酸塩被膜付与亜鉛シートを用いた鋳造用アルミニウム合金の液相拡散接合界面組織に及ぼす熱処理の影響 |
| 3. 学会等名 軽金属学会 第136回春期大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 T. Ishikawa, S. Koyama |
| 2. 発表標題 Effect of Formate Coating Treatment on Bond Strength of A5052/SUS316L |
| 3. 学会等名 72th IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Shinohara, S. Koyama |
| 2. 発表標題 Improvement of Mechanical Properties by T6 Heat Treatment of Aluminum Casting Alloy Joint with Formate Coated Zn Sheet |
| 3. 学会等名 72th IIW Annual Assembly and International Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 篠原 勇人, 小山 真司 |
| 2. 発表標題 Al 合金の接合強度に及ぼす Zn インサート材のギ酸塩被膜付与条件の影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会2019年度年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 石川 友博, 小山 真司 |
| 2. 発表標題 SUS316L/A5052の接合条件緩和に対する金属塩被膜処理効果 |
| 3. 学会等名 日本金属学会2019年秋期講演大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 篠原勇人, 小山真司 |
| 2. 発表標題 ギ酸塩被膜処理Znシートを用いたAl合金の液相拡散接合強度に及ぼす接合表面粗さの影響 |
| 3. 学会等名 溶接学会第105回秋季全国大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 篠原勇人, 小山真司 |
| 2. 発表標題 Al合金の液相拡散接合実用化に向けたZnシート表面の金属塩被膜処理条件の緩和 |
| 3. 学会等名 日本鋳造工学会第174回全国講演大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 篠原勇人, 小山真司 |
| 2. 発表標題 ギ酸塩被膜付与Znシートを用いたAl合金の大気中液相拡散接合強度に及ぼす接合面粗さの影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会第13回生産加工・工作機械部門講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 篠原勇人, 小山真司, 村岡貴子 |
| 2. 発表標題 ギ酸塩被膜付与亜鉛シートを用いたA6061合金どうしの液相拡散接合強度に及ぼす亜鉛シート純度の影響 |
| 3. 学会等名 軽金属学会第137回秋季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 篠原 勇人, 小山 真司 |
| 2. 発表標題 ギ酸塩被膜付与Znシートを用いたA6061合金液相拡散接合継手の機械的特性に及ぼすT6処理の影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会第27回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P2019) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Koyama |
| 2. 発表標題 Creation of Functional Surfaces and Application for Joints |
| 3. 学会等名 Symposium on the Reserch Activities of Joint Usage/Research Center on Joining and Welding (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 篠原 勇人, 小山 真司 |
| 2. 発表標題 ベリリウム銅11合金の固相接合強度に及ぼすギ酸塩被膜付与の影響 |
| 3. 学会等名 シンポジウムMate2020 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Arai, K. Wen, S. Koyama |
| 2. 発表標題 Solid-State Bonding of INCONEL600 by Formic Acid Metal Salt Generation Bonding Technique |
| 3. 学会等名 8th International Conference New Methods of Damage and Failure Analysis of Structural Parts (NMFASP2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Fujimori, S. Koyama |
| 2. 発表標題 Effect of Metal Salt Coated Zn Sheet on Liquid Phase Diffusion Bonding of A7075 |
| 3. 学会等名 8th International Conference New Methods of Damage and Failure Analysis of Structural Parts (NMFASP2018) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Arai, K. Wen, S. Koyama, W. Yau |
| 2. 発表標題 Diffusion Bonding of INCONEL600 by Metal Salt Generation Bonding Technique with Acetic Acid |
| 3. 学会等名 2018 Japan-Taiwan Workshop on Electronic Interconnection II (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Wen, Y. Arai, S. Koyama, W. Yau |
| 2. 発表標題 Diffusion Bonding of INCONEL600 by Metal Salt Generation Bonding Technique with Formic Acid |
| 3. 学会等名 2018 Japan-Taiwan Workshop on Electronic Interconnection II (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 酢酸アルミニウムの生成・分解反応を利用したA6061/高張力鋼板の固相接合 |
| 3. 学会等名 溶接学会 平成30年秋季全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤森裕介, 小山真司, 西田進一, 井上雅博 |
| 2. 発表標題 A7075の液相拡散接合強度に及ぼすZnインサート材の金属塩被膜処理効果 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 北海道支部(2018年度)第56回講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 各種有機酸を用いた金属塩被膜処理によるA6061/高張力鋼板の接合界面特性に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 北海道支部(2018年度)第56回講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 ギ酸アルミニウムの生成・分解反応がA6061/高張力鋼板の接合性に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 軽金属学会 第135回秋期大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 金属塩生成接合法における前処理条件がA6061/高張力鋼板の接合性に与える影響 |
| 3. 学会等名 日本金属学会 2018年秋期講演大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司 |
| 2. 発表標題 A6061/高張力鋼板の接合強度に及ぼす酢酸塩被膜厚さの影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 関東支部群馬ブロック研究交流会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 荘司郁夫 |
| 2. 発表標題 酢酸塩被膜付与Znシートを用いたA1070の液相拡散接合 |
| 3. 学会等名 軽金属学会 第132回春期大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Ozawa, S. Koyama and I. Shohji |
| 2. 発表標題 Liquid phase diffusion bonding of A1070 by using metal formate coated Zn sheet |
| 3. 学会等名 International Conference on Fracture Fatigue and Wear (FFW2017) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西城舜哉, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 金属塩被膜付与Znシートを用いたAl合金の液相拡散接合と被膜処理効果の持続性評価 |
| 3. 学会等名 日本金属学会 第161回秋期講演大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 A6061/高張力鋼板の接合界面強度に及ぼすギ酸を用いた金属塩被膜処理効果 |
| 3. 学会等名 日本金属学会 第161回秋期講演大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 アルミニウム部材の精密接合に向けた酢酸塩被膜付与Znシートの開発 |
| 3. 学会等名 第七回次世代センサ研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西城舜哉, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 アルミニウムの低温接合に向けた金属塩被膜付与ブレージングシートの適用 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 第1回若手ポスターシンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 A6061/高張力鋼板の接合強度に及ぼす酢酸を用いたAlの金属塩被膜処理効果 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 第1回若手ポスターシンポジウム |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 西城舜哉, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 鋳造Al どちらの接合強度に及ぼす金属塩被膜付与Znシートの影響と金属塩被膜処理効果の持続性評価 |
| 3. 学会等名 日本機械学会関東支部群馬ブロック研究交流会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小澤昂平, 小山真司, 井上雅博, 西田進一 |
| 2. 発表標題 A1070 どちらの接合界面特性に及ぼす酢酸を用いた金属塩被膜付与Znシートの影響 |
| 3. 学会等名 日本機械学会関東支部群馬ブロック研究交流会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤森裕介, 小山真司 |
| 2. 発表標題 酢酸塩被膜付与Znシートを用いたA7075の液相拡散接合 |
| 3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

| | | |
|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 産業財産権の名称 接合方法および熱交換部材 | 発明者 石川貴浩, 太田星, 小山真司 | 権利者 日本碍子株式会社, 国立大学法人群馬大学 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、2020-010660 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-----------|---|--|----|
| 研究 分担者 | 荘司 郁夫 (SHOHJI Ikuo) (00323329) | 群馬大学・大学院理工学府・教授 (12301) | |
| 連携 研究者 | 半谷 禎彦 (HANGAI Yoshihiko) (80361385) | 群馬大学・大学院理工学府・教授 (12301) | |
| 連携 研究者 | 鈴木 良祐 (SUZUKI Ryosuke) (10612400) | 群馬大学・大学院理工学府・助教 (12301) | |