

令和 6 年 6 月 1 日現在

機関番号：83205

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05110

研究課題名（和文）鍛接法による軽金属材料の高速・高強度異材接合技術の確立

研究課題名（英文）Establishment of high-speed and high-strength dissimilar joining technology for light-metal materials by forge welding

研究代表者

山岸 英樹（Yamagishi, Hideki）

富山県産業技術研究開発センター・その他部局等・副主幹研究員

研究者番号：50416153

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：プレス機を用いた異種金属材料の接合技術開発を行った。接合部に大変形を導入することで、酸化被膜など拡散障害層を分断・延伸し高 cleanliness 界面を創成、低温かつ短時間の拡散プロセスを実現、脆弱な反応層（金属間化合物：IMC）を極めて薄く抑制できる実質 IMC フリーの高速・高強度固相接合法「低温鍛接法」を開発した。

アルミニウムを軸に鉄鋼や銅など様々な組み合わせにおいてその接合性を実証した。また、新たに提案した試験片作製法及び材料強度複合則より、創成した固相接合界面各相の引張強さを算出したほか、反応層の成長挙動が接合温度と接合前後の肉厚比（圧下比）で制御できることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の各種固相異材接合法が抱えている実用上の様々な問題（プロセス時間、生産コスト、接合強度等）を根本的に解決しうる革新的な高速・高強度固相接合技術を開発し、特許を権利化した。車両の軽量化及び電動化が進むモビリティ向けに当該法の実装が強く期待されるだけでなく、熱間の塑性流動を伴う拡散反応において、変形量を増すほどより低温での接合が可能になるなどの本法の特徴及び新たな接合機構を示したことは、拡散ベースの固相接合プロセスの発展に寄与するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Solid-phase dissimilar-material joining technology for metallic materials using a press machine was developed. By introducing large deformation to the bonding area, the diffusion barrier such as oxide film is broken up and stretched to create a high cleanliness interface, realizing low temperature and short time diffusion. This invented method is "Cold forge welding," a virtually IMC-free, high-speed, high-strength solid-phase bonding method that can suppress reaction layer.

This process was demonstrated with aluminum as the core and in various combinations with steel, copper, and other materials. The tensile strength of each phase at the bonded interface created by this method was calculated using the newly proposed specimen preparation method and the composite material strength law. It was also clarified that the growth behavior of the reaction layer can be controlled by the bonding temperature and the thickness ratio (reduction ratio) before and after bonding.

研究分野：溶接・接合

キーワード：固相接合 異材接合 低温鍛接 界面 金属間化合物 アルミニウム

1. 研究開始当初の背景

環境対応社会実現のため、特にモビリティ分野においては燃費向上に直結する車両軽量化の技術開発が強く進められている。大幅な軽量化を実現するためには、各素材をその機能に合わせ適材適所に使いこなすマルチマテリアル化が解決策の一つとなる。しかしながら異材接合において、従来一般に適用されている溶融溶接(溶かす接合)では、多くの場合、脆弱な金属間化合物(IMC)の生成により実用的な強度を有する継手を得ることができない。

この解決には脆弱な IMC 相を如何に強度に影響が出ない程度にまで薄く抑え込めるかが重要となる(一般にその厚さはナノメートルオーダーが求められる)。これには通常、拡散反応等を利用する固相接合(溶かさない接合)が有効であるが、この方法の多くは、接合時間や接合形態等の強い制約があり、モビリティ分野における実生産技術としてはその利用が一般に非常に困難である(従来固相接合法の抱える実用化上の問題点)。

このような中、申請者らは、アルミニウム(Al)とマグネシウム(Mg)の異材接合において、脆弱な Al-Mg 系 IMC の生成を避けるため、マグネシウムとの相互溶解度が極めて小さく、また加熱で塑性流動性が著しく増す純チタンをインサート材とし、熱間でプレス加工することで、高生産性かつ高強度な固相接合プロセス(鍛接法)を実現した[1,2]。本法はプレス加工によるハイサイクル生産可能な固相接合であるため、今後 Al の利用が増加していくことが見込まれるモビリティ分野での実用化が強く期待されるものであった(申請時における背景)。

2. 研究の目的

本研究では、モビリティ分野に実装できる固相接合技術の確立のため、前記鍛接法の高度化・体系化として、適用材種の拡張、接合機構の探究、加工条件範囲及び接合強度の取得整備を目的とした(申請時における目的)。

3. 研究の方法

申請後に前記鍛接技術を革新、拡張する新たな制御法の可能性を見出した[3]。被接合材を押圧、接合部に大変形を導入することで、界面の酸化被膜など汚染層を分断・延伸し高纯净度界面を創成、これにより低温(おおよそ 250 ~ 450)での瞬間的な拡散接合を実現、脆弱な反応層を極めて薄く抑制する実質 IMC フリーの高強度固相接合法[4,5]である(低温鍛接法, Cold Forge Welding: CFW)。接合品質を決定する界面反応性は接合温度と圧下比で制御する。圧下比は接合前後の部材厚みの比率と定義し、面積拡大率に相当する。本制御法の確立を主眼としながら次の手順で実験を進め、前記目的の達成を目指した。なおいずれも加圧は 2,000kN 級クランク式 AC サーボプレス機を用いて行った。圧下比はスライド位置の調整により変化させた。

(1) 制御方法の実証及び適用材種の拡張[6-10]

圧下比制御による本法の幅広い材料の接合性を検証するため、鉄(Fe)、Al、Mg、銅(Cu)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)の間で、重ねスポット接合(スポット低温鍛接, Cold Spot Forge Welding: CSFW)の実証試験を行った。スポット径は 8 mm(D8)とした(一部で D5, 10 も実施)。材料は、Fe には SPCC, SGCC(亜鉛メッキ鋼板), SUS304, SPFC980(高張力鋼板)、Al には A1050, A2024, A5052, A5083, A6061, A7075, ADC12、Mg には AZ61 を用いた。Cu、Ti、Ni にはそれぞれ C1020, TP270 及び NW2201 の純金属系材料を用いた。試験片寸法は、いずれも $30 \times 100 \times 1 \text{ mm}^3$ とした。接合温度と圧下比が継手の引張せん断強度に及ぼす影響を調べ、その破壊形態を整理した。また継手断面及び接合界面の状態を電子顕微鏡(電子線マイクロアナライザー: EPMA, 電界放出型電子顕微鏡: FE-SEM, 透過型電子顕微鏡: TEM)等により詳細に観察し、ねらいとした反応層(実質 IMC フリー)となっているか調べた。

(2) 接合界面の機械的性質測定(継手及び界面各相の引張強さ) [11]

本法で創成された Fe/Al 界面の引張強さを測定するため、直径 50 mm で厚み 1 mm の SPCC を直径 50 mm で高さ 50 mm の A2024 ピレットで上下に挟み、型鍛造(圧下比 2.7)で低温鍛接加工した。部材中央付近から引張試験片を切り出し継手の引張強さを測定した(サンドイッチ法)。EPMA による破面観察及び成分分析により微視的な破壊形態を分類、各相の面積率を調べた。さらに材料強度の複合則から、破面下部組織各相の平均引張強さを算出した。なお SPCC の表面は研磨したもの(標準材)のほか、約 $2 \mu\text{m}$ の酸化スケール(主として Fe_3O_4)を付与したもの(スケールコート材)も用いてその接合強度への影響を比較検討した。この検討には EPMA 及び TEM による界面断面観察も併せて行った。

(3) 接合機構の探求(反応層の成長挙動/制御性)[12]

C1020 と A1050 の短冊材($30 \times 100 \times 1 \text{ mm}^3$)について重ねスポット低温鍛接加工(D8)を行い、本法の基本加工パラメータである接合温度と圧下比が Cu/Al 接合界面の反応層厚みに及ぼす影響を調べた。反応層の断面観察は FE-SEM 及び TEM を用いて行った。

4. 研究成果

(1) 制御方法の実証及び適用材種の拡張

TP270 と A6061 (Ti/Al) の実証結果を図 1 (a)-(c) に例示する。(a) は本法における最適な接合条件下のプレス加工波形例である (D8, 接合温度 350、圧下比 R2.17)。本加压時間は 70 ms と極短時間であり、冶金の接合でありながら機械式プレスと同等の生産性の高いプロセスを実現した。(b) は継手の最大引張せん断荷重 F に対する接合温度と圧下比 R の関係を示す。継手強度は実施したいずれの温度 (270、310、350) においても圧下比とともに増加し、界面破断 (BI) から Al のプラグ破断 (母材破断: BM) に遷移した。また接合温度が高いほどより低圧下比で BM 破断となった。逆に言えば、より高い圧下比を導入するほどより低温で健全な接合が可能となる。これは接合界面で拡散の障害層となる酸化被膜、有機汚れなどの汚染層が圧下によりその障害性が低下し、より効率的な拡散反応が進んでいることを示唆する (圧下比の増加に伴う界面清浄性の向上は EPMA の酸素信号強度により検証)。なお、このような薄板の重ね接合における F-R 特性は、適切な接合温度において大きく 3 つの領域、急増領域、安定領域、漸減領域に分類される。それぞれ主として、接合径の増加、接合径の増加と肉厚減少のバランス、肉厚減少の影響が顕在化したものと考えられる。(c) は (b) の遷移点から作図した継手の破壊形態領域図である。前述したプラグ破断に影響する接合温度と圧下比のトレードオフの関係性を明示している。

表 1 に実証したスポット低温鍛接の組合せ例を示す。表中の記号及び数値はそれぞれ破壊形態と継手の最大引張せん断荷重を示す。モビリティ分野で必要とされる幅広い組合せで接合を実証、いずれも界面反応層の厚みは概ねメソスコピック領域 (数 nm ~ 100 nm 程度) であった。

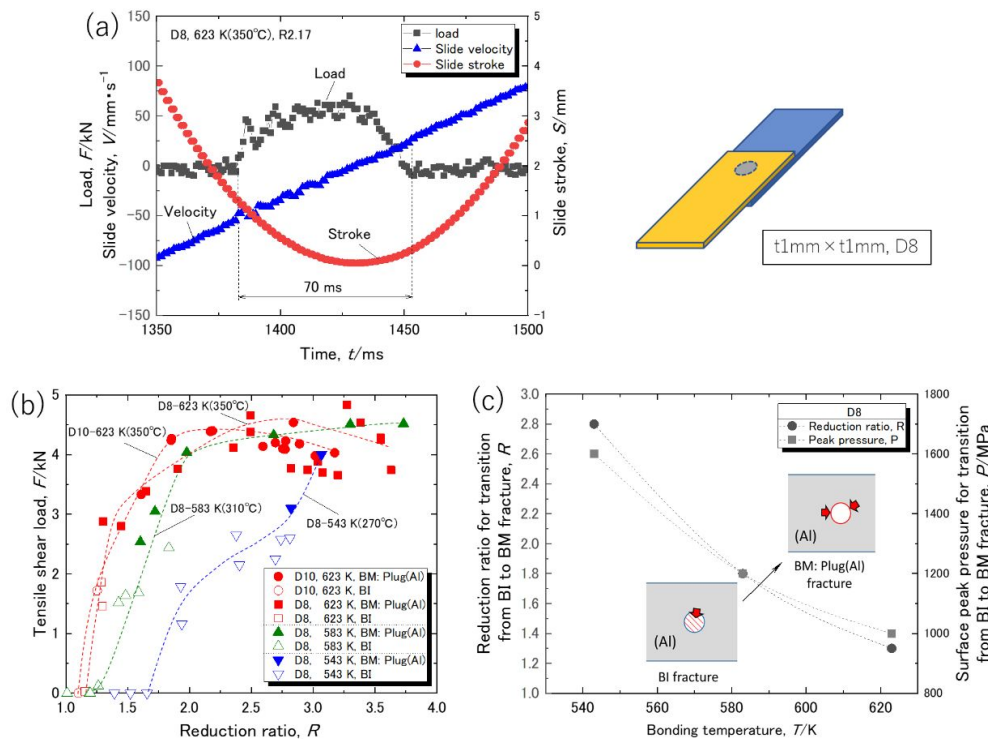


図 1 TP270 と A6061 のスポット低温鍛接における (a) プレス加工波形例, (b) 継手引張せん断荷重に及ぼす接合温度及び圧下比の影響, (c) 破壊形態領域図

表 1 実証したスポット低温鍛接の組合せ例

	Fe(SPCC)	Fe(SGCC)	Fe(SUS304)	Fe(SPF C980)	Al(A1050)	Al(A2024)	Al(A5083)	Al(A6061)	Al(A7075)	Al(ADC12)	Mg(AZ61)	Cu(C1020)	Ti(TP270)	Ni(NW2201)
Fe(SPCC)	-	-	-	-	-	-	3.8kN	-	-	-	-	-	-	-
Fe(SGCC)	-	-	-	-	-	-	6.9kN	4.1kN	-	-	-	-	-	-
Fe(SUS304)	-	-	-	-	-	-	4.7kN	-	-	-	-	1.0kN	0.2.7kN	1.2kN
Fe(SPF C980)	-	-	-	-	-	-	4.0kN	-	4.5kN	-	2.9kN	-	-	-
Al(A1050)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.5kN	-	-
Al(A2024)	-	-	-	-	-	-	2.3kN	4.0kN	-	-	2.0kN	-	-	-
Al(A5083)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2kN	-	0.3.0kN	-	5.3kN
Al(A6061)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8kN	-
Al(A7075)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al(ADC12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg(AZ61)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4kN	3.0kN	1.7kN
Cu(C1020)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti(TP270)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5kN
Ni(NW2201)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

プラグ破断
 〇 界面破断
 界面破断

(2) 接合界面の機械的性質 (継手及び界面各相の引張強さ)

継手の引張強さは標準材で 250MPa に達し、スケールコート材においても 175 MPa と高強度であった。スケールコート材の界面は塑性流動により酸化スケールが分断、除去されており、部分的に標準材同様清浄度の高い界面での接合となっていた。当該部を TEM で観察したところ標準材同様の厚み 20 nm 程度の反応層であった (図 2(a)-(c))。本法の表面性情に対する高い耐性が理解できる。

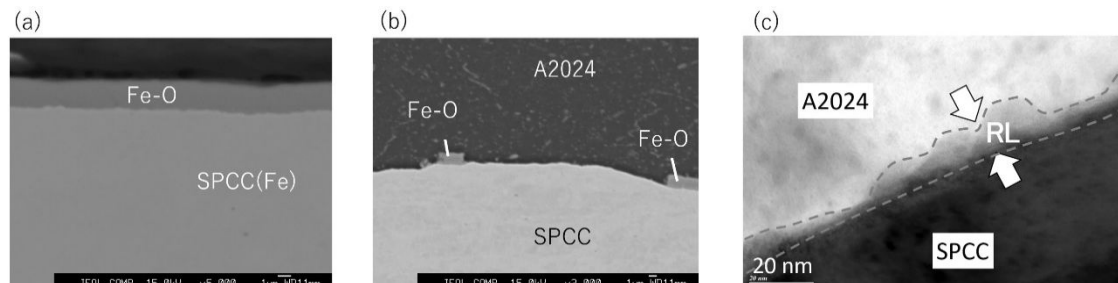


図 2 スケールコート材 (a)表面近傍断面反射電子像, (b)接合界面断面反射電子像, (c)接合界面 TEM 明視野像

両材とも SPCC 側破面には Al 合金が細かくネットワーク状に付着していた。EPMA による破面解析より、標準材及びスケールコート材の大まかな破壊形態はそれぞれ模式的に図 3(a)及び(b)と整理できた。ここで破壊部材・界面は、標準材では Al/Al (Fracture interface I) と Fe/Al (Fracture interface II) の 2 相、またスケールコート材ではこれらに加えて Fe/Fe-O (Fracture interface III) の 3 相である。

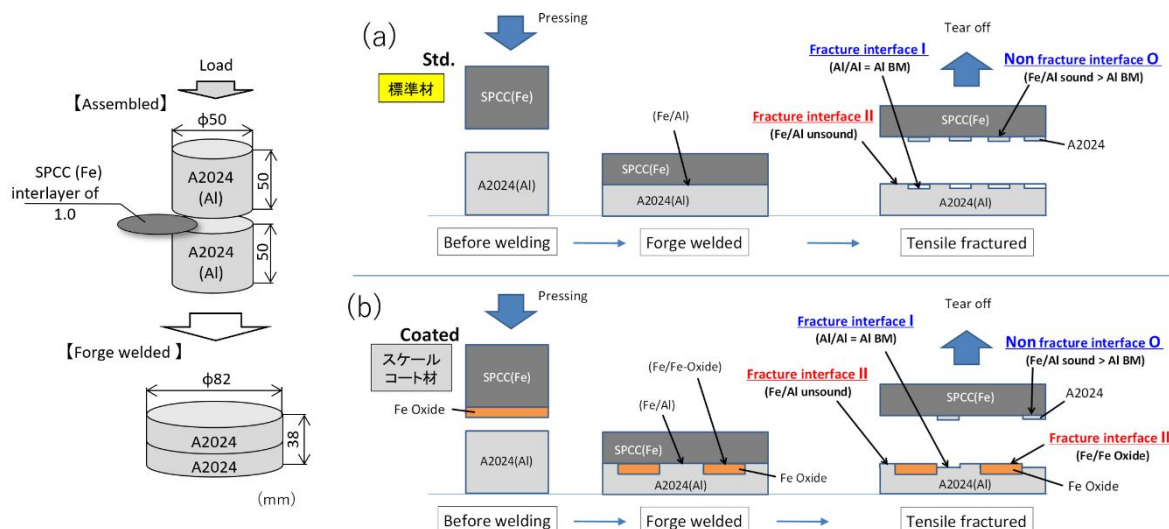


図 3 Fe/Al 低温鍛接界面の引張試験における破壊形態模式図 (a)標準材, (b)スケールコート材

継手の引張強さは各相の面積率と界面破壊時の相当歪における複合則に基づくとし、各相の引張強さを算出した (図 4)。なお各相の面積率は破面の反射電子像を二値化し求めた。また Al/Al 界面 (Al 母材) の引張強さは、鍛接部材から Al 合金のみを切り出して求めた (339 MPa)。これより、破壊しなかった健全な Fe/Al 鍛接界面 (Non-fracture interface O) は 339 MPa 以上の引張強さであると考えられた。また Fracture interface I と Fracture interface II の引張強さをその破壊形態の平均として算出とするとそれぞれ 133 MPa 及び 41~77 MPa の範囲と推定された。以上の結果より、低温鍛接法で創成する Fe/Al 固相接合界面の引張強さをその破面形態まで含め理解することができた。これらの結果は実用において必須となる設計情報として有効に活用できる。

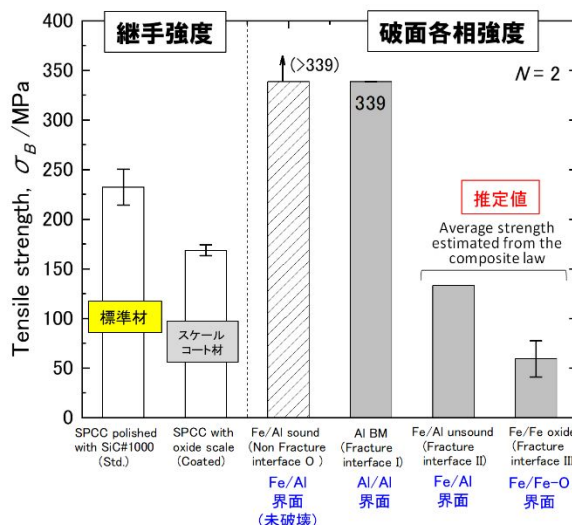


図 4 Fe/Al 低温鍛接継手及び各相界面の引張強さ

(3) 接合機構の探求(反応層の成長挙動/制御性)

図 5 に反応拡散層の厚みに及ぼす圧下比の影響を接合温度毎に示す。この条件範囲内において反応層の厚みは、圧下比に対しては概ね線形な増加、また同じ圧下比(R4.5)とした場合には、300 前後から急激に増加する挙動であることが分かった。圧下比は接合界面の汚染層による拡散障害性を低下させ、また接合温度は拡散における駆動力であるためこのような挙動となると理解できる。すなわち拡散障害層は機械的なウィンドウであり、また拡散反応は熱活性化型の物理現象であることによる。

この明らかにされた本法における反応層の圧下比及び接合温度による制御性は図 1 で示した接合温度間の F-R 特性を改めてより良く説明する。接合強度が界面反応層の厚みに強い相関があるとすれば、これを同じ厚みにする場合、接合温度と圧下比で決定される。すなわち、より大きな圧下比を導入するほどより低温で接合することが可能となる。

本法において、Cu/Al はその界面の清浄度を得るためには比較的高い圧下比が必要で R4 以上が目安となる。図 6 に圧下比をほぼ同一とし、接合温度を変えた Cu/Al 接合界面断面の TEM 明視野像を示す。継手強度試験と反応層の形態観察から最適な接合条件は圧下比 R4.4、接合温度 290 であることが分かった。この場合の反応層厚さは約 170 nm であり、Fe/Al や Ti/Al などと比べると一桁程度厚い結果となった。また反応層は主として 2 相から成り、A1050 側が Al_2Cu 、また C1020 側が Al_4Cu_9 と指数付できた。

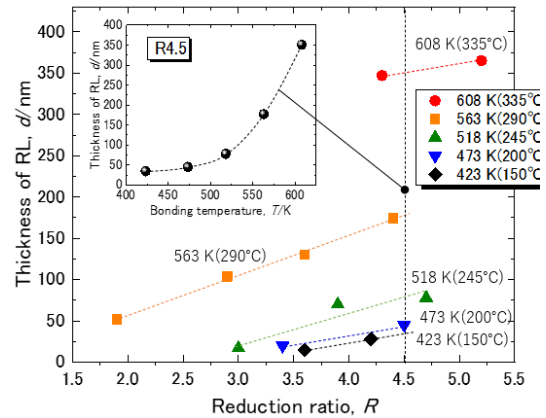


図 5 Cu/Al 低温鍛接界面の反応拡散層厚みに及ぼす圧下比及び接合温度の影響

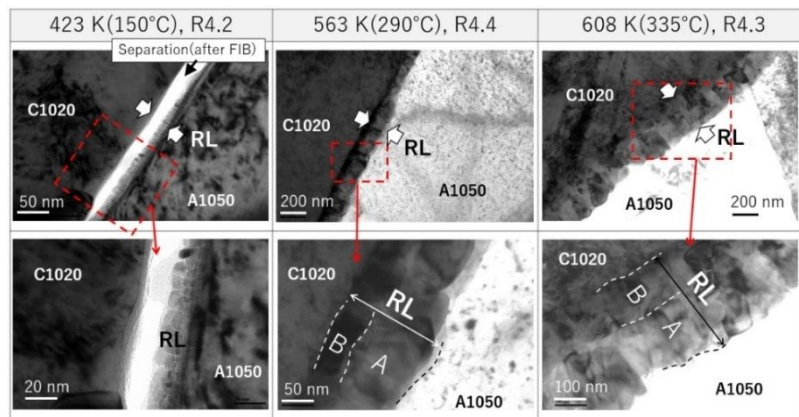


図 6 Cu/Al 低温鍛接界面断面の TEM 明視野像

(5) 得られた成果のまとめ(主な業績など)

プレス加工による極めて生産性の高い革新的な高強度異材接合技術「低温鍛接法」を開発した。これは従来の固相接合の概念を変えるものである。本法は現時点で 2 つの基本特許が成立しており[2, 5]、また海外出願も米国など 4 地域で行っている[4]。さらに本法に基づいた企業との実用化のための共同研究開発も複数実施している[13, 14]。本研究期間中に、特許出願 11 件、査読国際誌 8 編、学協会等解説記事 12 編、学会全国大会発表 8 件、招待講演 8 件を実施した。

従来、その生産性や強度信頼性の点で実用が一般に困難な冶金的固相接合において、本研究では新たな接合法を提案し、その接合品質を保証する界面の反応制御性、知見を明らかにしたことで、今後の当該法のグローバルな発展、応用が期待される。

<引用文献>

- [1] 特許第 583072 号，金属複合材及びその製造方法
- [2] 特許第 7114029 号，金属接合方法
- [3] 特願 2020-057748，金属材料の接合方法
- [4] PCT/JP2021/003018，金属材料の接合方法
- [5] 特許第 7350369 号，金属材料の接合方法
- [6] H. Yamagishi: *Mater. Lett.*, **278**, 2020, 128412.
- [7] H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, **52A**, 2021, pp.741-52.
- [8] H. Yamagishi: *Mater. Lett.*, **299**, 2021, 130080.
- [9] H. Yamagishi: *Mater. Trans.*, **62**, 2021, pp.1576-82.
- [10] H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, **53A**, 2022, pp.264-76.
- [11] H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, **53A**, 2022, pp.4064-80.
- [12] H. Yamagishi: *Metall. Mater. Trans. A*, **54A**, 2023, pp.3519-36.
- [13] PCT/JP2023/024122，鍛接装置
- [14] PCT/JP2023/027017，複合電極端子の製造方法

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 8件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 山岸英樹	4. 巻 62
2. 論文標題 実質IMCフリーを実現する低温鍛接(CFW)法 - 塑性加工によるハイスループット・高強度異材接合技術	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 (一社)軽金属溶接協会「軽金属溶接」	6. 最初と最後の頁 51～60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 北島一郎、江尻雄一、段一輝、山岸英樹	4. 巻 64
2. 論文標題 低温鍛接法によるCu/Al複合電極端子の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 (一財)素形材センター「素形材」	6. 最初と最後の頁 45～50
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4. 巻 53
2. 論文標題 プレス加工による高速・高強度異種金属接合技術 - 低温鍛接法のCu/Al電気機能部品への展開-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 カロス出版「アルトピア」	6. 最初と最後の頁 5～12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4. 巻 138
2. 論文標題 カーボンニュートラルの実現に資するIMCフリー異種金属接合法-低温鍛接法(CFW)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 (一社)日本電気協会 北陸支部「合理化だより」	6. 最初と最後の頁 5～7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Yamagishi Hideki、Hisada Yasukazu、Otsubo Takuya、Omori Noburo	4. 巻 9
2. 論文標題 Multilayer bonding of AlN30H foils to Al050 plates using cold spot forge welding	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e23103 ~ e23103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2023.e23103	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 Yamagishi Hideki	4. 巻 54
2. 論文標題 Cu/Al Dissimilar Cold Spot Forge Welding: Effects of Bonding Temperature and Reduction Ratio on Joint Strength and Reaction Layer Growth	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions A	6. 最初と最後の頁 3519 ~ 3536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11661-023-07108-7	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 Hideki Yamagishi	4. 巻 53
2. 論文標題 Tensile Strength and Fracture Morphology of Fe/Al Solid-State Bonding Interface Obtained by Forge Welding: Effect of Oxide Scale and Estimation of the Bond Strength of Each Phase	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions A	6. 最初と最後の頁 4064-4080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11661-022-06816-w	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 山岸英樹	4. 巻 52(12)
2. 論文標題 高速・高強度異種金属接合を実現する低温鍛接(CFW) -アルミニウムを軸にした塑性加工による新たなものづくり-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 カロス出版「アルトピア」	6. 最初と最後の頁 14-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4. 巻 505(8)
2. 論文標題 低温固相接合による高生産性・高強度異材接合法-鍛接法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 (一社)北陸経済研究所「北陸経済研究」	6. 最初と最後の頁 34-35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yamagishi Hideki	4. 巻 299
2. 論文標題 Bond strength and bonding interface of Ni/Al dissimilar joint by spot forge-welding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 130080 ~ 130080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2021.130080	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 Yamagishi Hideki	4. 巻 62
2. 論文標題 Spot Forge-Welding for Rapid Dissimilar Joining of Fe to Al to Produce an Intermetallic Compound-Free Interface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1576 ~ 1582
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.mt-m2021080	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 Yamagishi Hideki	4. 巻 53
2. 論文標題 Dissimilar Spot Forge-Welding of Pure Titanium TP270 and Aluminum Alloy AA6061	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions A	6. 最初と最後の頁 264 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11661-021-06518-9	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 山岸英樹	4．巻 12
2．論文標題 異種材料に対応できるプレス加工による高生産性・高強度金属接合技術 - 鍛接法/スポット鍛接法	5．発行年 2021年
3．雑誌名 日刊工業新聞社「プレス技術」	6．最初と最後の頁 38～43
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4．巻 12
2．論文標題 プレス加工による高速・高強度異種金属接合技術 - スポット鍛接法	5．発行年 2021年
3．雑誌名 カロス出版「アルトピア」	6．最初と最後の頁 10～18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4．巻 37
2．論文標題 プレスをを用いた異種金属の高速・高強度固相接合法 - 鍛接法/スポット鍛接法	5．発行年 2022年
3．雑誌名 日刊工業新聞社「型技術」	6．最初と最後の頁 22～25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 山岸英樹	4．巻 60
2．論文標題 プレス加工による高生産性・高強度異種金属接合技術 - 鍛接法/スポット鍛接法	5．発行年 2022年
3．雑誌名 (一社)軽金属溶接協会「軽金属溶接」	6．最初と最後の頁 83～91
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Yamagishi Hideki	4．巻 278
2．論文標題 High-productivity and high-strength Fe/Al dissimilar metal joining by spot forge welding	5．発行年 2020年
3．雑誌名 Materials Letters	6．最初と最後の頁 128412～128412
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.matlet.2020.128412	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 Yamagishi Hideki	4．巻 52
2．論文標題 High-Productivity and High-Strength Fe/Al and Al/Al Dissimilar Joining by Spot Forge-Welding	5．発行年 2021年
3．雑誌名 Metallurgical and Materials Transactions A	6．最初と最後の頁 741～752
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11661-020-06118-z	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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 7件／うち国際学会 0件）

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 スポット低温鍛接法により作製したADC12/A5083継手の引張せん断強度に及ぼす圧下比及び接合温度の影響
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和6年度秋季全国大会
4．発表年 2024年

1．発表者名 山岸英樹、久田康一、大坪拓哉、大森伸朗
2．発表標題 スポット低温鍛接装置によるタブリード電極を模擬したアルミニウム箔とアルミニウム板材の多層固相接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和6年度春季全国大会
4．発表年 2024年

1．発表者名 山岸英樹、北島一郎、江尻雄一、段一輝
2．発表標題 低温鍛接法によるリチウムイオンバッテリー用Cu/Al複合電極端子の開発：接合強度と接合界面に及ぼす接合温度の影響
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和5年度秋季全国大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 バスバーを模擬したCu/Al低温スポット鍛接：継手強度と接合界面に及ぼす接合温度及び圧下比の影響
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和5年度春季全国大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 低温鍛接法によるCu/Al異材接合—電極部品への展開
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 第48回東部支部実用溶接講座（招待講演）
4．発表年 2023年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 低温鍛接法を用いた電極部品向けCu/Al異材接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 第144回マイクロ接合研究委員会（招待講演）
4．発表年 2023年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 低温鍛接法による電極部品向け高速・高強度異材接合技術の開発
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 第255回溶接冶金委員会（招待講演）
4．発表年 2023年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 鍛接法により創成したFe/Al固相接合界面の引張強さとその破壊形態
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和4年度秋季全国大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 スポット鍛接法による純チタンTP270とアルミニウム合金A6061の異材接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和4年度春季全国大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 スポット鍛接法によるFe/Al及びAl/Al異材接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和3年度春季全国大会
4．発表年 2021年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 IMCフリー界面を実現するスポット鍛接法によるSUS304/A5083異材接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和3年度秋季全国大会
4．発表年 2021年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 プレス加工による高速・高強度異材接合技術-鍛接法/スポット鍛接法
3．学会等名 一般社団法人日本金属プレス工業協会 第106回金属プレス加工技術研究会（招待講演）
4．発表年 2021年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 鍛接法及びスポット鍛接法による異種金属接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 第248回溶接冶金委員会（招待講演）
4．発表年 2022年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 鍛接法及びスポット鍛接法によるアルミニウムを軸とした異材接合
3．学会等名 一般社団軽金属学会 東北支部イブニングセミナー（招待講演）
4．発表年 2022年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 スポット鍛接法によるFe/Al異材接合の検討
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和2年度秋季全国大会
4．発表年 2020年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 プレスによる異材接合技術(鍛接法)
3．学会等名 東北経済産業局 東北地域ものづくり企業基礎力向上セミナー「ものづくり基礎講座(第65回技術セミナー)」(招待講演)
4．発表年 2020年

1．発表者名 山岸英樹
2．発表標題 スポット鍛接法によるFe/Al及びAl/Al異材接合
3．学会等名 一般社団法人溶接学会 令和3年度春季全国大会
4．発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1．著者名 山岸英樹	4．発行年 2020年
2．出版社 シーエムシー出版	5．総ページ数 6
3．書名 マグネシウム合金の最先端技術と応用展開	

〔出願〕 計10件

産業財産権の名称 Method for joining metal materials and controlling bonding quality thereof	発明者 Hideki Yamagishi	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、米国特願17/950,319	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Method for joining metal materials	発明者 Hideki Yamagishi	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、欧州特願21774999.3	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Joining method for metal material	発明者 Hideki Yamagishi	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、韓国特願10-2022-7037204	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 金属材料の接合方法	発明者 山岸英樹	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、中国特願202180024172.0	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 金属材料の接合方法	発明者 山岸英樹	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-147409	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 クラッド端子の製造方法	発明者 北嶋一郎，江尻雄一， 段一輝，山岸英樹， 佐藤智	権利者 ファインネクス ㈱、富山県
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-122478	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 鍛接装置	発明者 久田康一，大坪拓也， 大森伸朗，山岸英樹	権利者 電元社トーア ㈱、富山県
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-108674	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 封止構造体及びその製造方法	発明者 山岸英樹、小幡勤	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2021/029363	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 鍛接装置	発明者 久田康一，大坪拓也， 大森伸朗，山岸英樹	権利者 電元社トーア ㈱、富山県
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2023/024122	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 複合電極端子の製造方法	発明者 北嶋一郎，江尻雄一， 段一輝，山岸英樹， 佐藤智	権利者 ファインネクス ㈱、富山県
産業財産権の種類、番号 特許、PTC/JP2023/027017	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件		
産業財産権の名称 金属材料の接合方法	発明者 山岸英樹	権利者 富山県
産業財産権の種類、番号 特許、特許第7350369号	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------