

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20760496

研究課題名（和文） 低入熱異材摩擦接合技術の展開とそのデータベース構築

研究課題名（英文） Development and Its Database Assembling of Low Heat Input Friction Welding Method for Dissimilar Materials

研究代表者

木村 真晃（KIMURA MASA AKI）

兵庫県立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90285338

研究分野：材料加工学・溶接工学

科研費の分科・細目：工学・材料工学・材料加工・処理

キーワード：摩擦圧接，低入熱，異材継手，接合現象，接合メカニズム，母材破断，圧接条件

1. 研究計画の概要

今世紀の我が国において、ものづくりの持続的な発展には基礎・基盤技術が必要不可欠である。その中には高機能性を有する異材継手があり、これを作製する接合技術が求められている。しかし、物理的性質や機械的性質の異なる材料同士を組み合わせることになるために接合界面に脆弱な金属間化合物層が生成し、それが継手性能に大きく影響することから、異材継手を作製するためには技術的に越えなければならない課題が非常に多い。溶融溶接法などの従来までの溶接・接合技術の延長ではこれらを解決することが困難となる場合があるため、新しい着想による技術開発が求められている。そこで、融点以下の温度で接合が可能である摩擦圧接法の適用が考えられるが、同法で異材継手を作製しても必ずしも母材部から破断するという良好な継手が得られていないのが現状である。

本研究課題では、研究代表者が開発した低入熱摩擦圧接法および接合自己完了型摩擦圧接法を用い、異材継手を容易に作製するための接合条件を体系化し、またそのデータベースを構築することを最終目的としている。

2. 研究の進捗状況

前述の最終目標を達成するために、本研究期間内においては、以下の項目を明らかにすることを目的として研究を推進してきた。

- (1) 摩擦圧接現象を大別化することで力学的・冶金学的な観点から異材摩擦圧接圧接の接合メカニズムを解明する。
- (2) 種々の先端材料を用いて接合実験を行うことで各種異材継手を作製し、接合条件と継手強度との関係を定量的に評価する。
- (3) 実験結果に裏付けされた数値シミュレーション法の開発と低入熱異材摩擦接合技

術を確立する。

- (4) 異材継手の接合条件をデータベース化し、合理的な接合条件の提案を行う。

これらの内容を明らかにするためには、摩擦過程中の接合現象を詳細に観察することが非常に重要である。そこで、研究代表者が所有している摩擦圧接装置をこのような観察が出来るような装置へと改良し、Al系材料、Cu系材料、Ti系材料、各種鉄鋼材料等の各種の材料を用いて接合実験を行ってきた。そして、摩擦時間の経過にともなう接合面の温度上昇、接合面の擦れ加工状況、焼付き・移着状況に及ぼす摩擦圧力、摩擦速度の影響などを定量的に明らかにしてきた。また、摩擦圧力、摩擦速度等の接合条件を種々変化させて継手を作製し、その継手の引張試験を行うことで継手の引張強度に及ぼす接合条件の影響を明らかにしてきた。さらに、それらの結果に力学的・冶金学的な検討を加え、異材摩擦圧接の接合メカニズムの解明も試みた。なお、これら研究成果の一部は、後述の「代表的な研究成果」の欄の通りである。

3. 現在までの達成度

- ②おおむね順調に進展している。

「研究計画の概要」欄で記述したように、本課題の研究期間内では4つの項目を明らかにすることを目指している。このうち、純銅と純チタン、純Cuと軟鋼、Cu合金と軟鋼、純Alと軟鋼、Al合金と軟鋼、各種鋼材、ステンレス鋼と、限られた素材の組み合わせではあるものの、(1)、(2)および(4)の一部の項目についてはある程度は明らかにしてきた(研究成果欄参照)。また、基本的な組み合わせである炭素鋼材の場合に関してではあるものの、(3)の実験結果に裏付けされた数値シミュレーション法も開発することが出来た。しかし、

その詳細がまだ明らかになっていない内容もある。また、これらを明らかにしている過程において、研究計画当初に予測していた摩擦圧接現象とは異なる現象があることが明らかになりつつあることが分かった。すなわち、当初の目論見とは異なる現象があり、摩擦圧接現象を大別化するためには、上述した異材継手の組み合わせ以外の組み合わせについてもさらに検討を行う必要があることが分かった。従って、現段階では(4)のデータベース化するまでには至っていないのが現状ではあるが、それ以外の内容に関してはある程度明らかにすることが出来ていることから、「②のおおむね順調に進展している」と判断した。

4. 今後の研究の推進方策

前項でも記したように、本研究課題を推進したことにより、ある程度の接合現象が解明でき、合理的な接合条件も示すことが出来ている。しかし、その詳細がまだ明らかになっていない継手の組み合わせもあることから、引き続き研究を進めることで、その全貌を明らかにする。また、研究計画当初に予測していた摩擦圧接現象とは異なる現象があることがこれまでに明らかになりつつある。従って、前述した異材継手の組み合わせ以外の組み合わせ、具体的には純 Ti と軟鋼の組み合わせなどについても新たに検討を加えることで摩擦圧接現象を大別化を試みる。そして、異種材摩擦圧接の接合メカニズムを明らかにすることを最終的な目標とし、その接合条件のデータベース化を目指すことを予定している。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

代表として、以下の 5 報を挙げる。

- ① M.Kimura, D.Utsumi, M.Kusaka, K.Kaizu, Strength enhancement of autocompleting medium and high carbon steels friction welded joints, Journal of Materials Processing Technology, 査読有, Vol.211, No.2, 2011, pp.256-262.
- ② M.Kimura, H.Inoue, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Analysis Method of Friction Torque and Weld Interface Temperature during Friction Process of Steel Friction Welding, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 査読有, Vol.4, No.3, 2010, pp.401-413.
- ③ M.Kimura, K.Kasuya, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Effect of friction welding condition on joining phenomena and joint strength of friction welded joint between brass and low carbon steel, Science and Technology of

Welding and Joining, 査読有, Vol.14, No.5, 2009, pp.404-412.

- ④ M.Kimura, H.Ishii, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Joining phenomena and joint strength of friction welded joint between pure aluminum and low carbon steel, Science and Technology of Welding and Joining, 査読有, Vol.14, No.5, 2009, pp.388-395.
- ⑤ M.Kimura, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Effect of Friction Welding Condition on Joining Phenomena and Tensile Strength of Friction Welded Joint between Pure Copper and Low Carbon Steel, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 査読有, Vol.3, No.2, 2009, pp.187-198.

[学会発表] (計 17 件)

代表として、以下の 5 件を挙げる。

- ① 木村真晃, 齊藤嘉孝, 日下正広, 海津浩一, 富士明良, 純 Ti/OFC 摩擦圧接の接合現象, 日本機械学会第18回機械材料・材料加工技術講演会, No.10-29, 2010, 430, 東京大学.
- ② 前田友寛, 木村真晃, 日下正広, 海津浩一, 富士明良, 接合自己完了型摩擦圧接した SUS304 継手の性能に及ぼす挿入材形状の影響, 溶接学会平成 22 年度秋期全国大会講演会, Vol.87, 2010, pp.6-7, 日本大学.
- ③ M.Kimura, H.Ishii, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Effect of friction welding condition on joining phenomena and joint strength of pure aluminum and low carbon steel friction welded joints, The 8th International Welding Symposium of Japan Welding Society, PT1-26, pp.242, 京都国際会館.
- ④ M.Kimura, M.Kusaka, K.Kaizu, A.Fuji, Effect of Friction Welding Condition on Joining Phenomena and Tensile Strength of Friction Welded Joint between Pure Copper and Low Carbon Steel, 2008 ASME International Conference on Manufacturing Science and Engineering and 3rd JSME/ASME International Conference on Material and Processing 2008, MSEC_ICM&P2008-72025, Northwestern University, Evanston, USA.
- ⑤ 石野陽祐, 木村真晃, 日下正広, 海津浩一, 黄銅を挿入材に用いた軟鋼の接合自己完了摩擦圧接, 溶接学会平成 20 年度秋期全国大会講演会, Vol.83, 2008, pp.102-103, 北九州国際会議場.

[その他]

○受賞(学会関連)

- ・溶接学会 溶接構造シンポジウム 2009 シンポジウム(優秀論文)賞(平成 21 年 11 月)
- ・The 8th International Welding Symposium of Japan Welding Society the Best Poster JRI Solutions Award(平成 20 年 11 月)