2021年度年次講演大会 研究成果発表会

【講演概要集】

一般社団法人 軽金属溶接協会

Japan Light Metal Welding Association

2021年度年次講演大会研究成果発表会

一般社団法人軽金属溶接協会

【1日目】2021/12/1(水)13:30-16:00(予定)

【2日目】2021/12/7(火)13:30-16:10(予定)

【連絡事項】

- 1) カメラはオフ、音声はミュートにして、お待ちください。 何かございましたら、都度、音声ミュートを解除いただき、お声がけください。
- 2) 時間になりましたら、事務局がご案内いたします。
- 3) 不具合が生じましたら、ご連絡をお願いします。 案内メールへの返信、Teamsのチャット機能、当協会までお電話(03-3863-5545)等

(一社) 軽金属溶接協会 2021年度年次講演大会 研究成果発表会 次第

2021/12/1(水)

13:30-13:35 事務局より

13:35-13:40 大会委員長より

13:40-16:20 発表と審査

16:00 終了予定

2021/12/7(火)

13:30-13:35 事務局より

13:35-13:40 大会委員長より

13:40-16:40 発表と審査

16:40-16:45 当協会より

16:45 終了予定

後日、審議会を開催 受賞者へは別途、連絡予定

発表)報告時間 08分 以内 質疑応答 10分 計18分以内 採点時間 02分 全計20分以内

- 1.ミュートの状態で待機
- 2. 事務局からの声かけで報告開始
- 3. 報告者はミュートを解除し、画面共有
- 4. 資料操作はご自身で
- 5. 報告終了後に、質疑応答開始
- 6. 質疑応答は、先ずは、質問者が挙手
- 7. 挙手はTeamsの機能を使用
- 8. 事務局から質問者を指名
- 9. 指名者はミュートを解除して、質問
- 10.質問を受け、報告者がコメント

2

<u>一般社団法人軽金属溶接協会 2021年度年次講演大会</u> 研究成果発表会プログラム

開催日:2021/12/01 13:35~

	13:35	13:40			開会のご挨拶	熊井真次	技術調整委員会委員長 (東京工業大学)
No.	開始	終了	質疑	採点	題名	発表者	所属
招待	13:40	13:55	14:00		二面同時接合を可能とするセンタードライ ブ両面線形摩擦接合法の開発	伊藤鉄朗	大阪大学
1	14:00	14:07	14:15	14:20	A1070外管/A1070内管電磁圧接波状界面形態に及ぼす内管の変形の影響	寒川卓哉	東京工業大学 物質理工学院 材料系
2	14:20	14:27	14:35	14:40	AI/CuおよびAI/Ni の電磁圧接界面形態に及 ぼすParent plateの硬さの影響	木村慎吾	東京工業大学 物質理工学院 材料系
3	14:40	14:47	14:55	15:00	衝撃圧接材における接合界面形態に及ぼす 衝突パラメータの影響	八巻洸希	日本大学
4	15:00	15:07	15:15	15:20	複動式摩擦攪拌点接合を用いた新規異種金 属接合法の開発と継手の機械的特性の解明	武岡正樹	大阪大学
5	15:20	15:27	15:35	15:40	AI線状加熱による任意形状作成システムの 開発	加藤拓也	大阪府立大学大学院工学研究科 航空宇宙海洋系専攻海洋システ ム工学分野
6	15:40	15:47	15:55	16:00	修正コンター法を用いた高精度残留応力測 定法の開発	手銭永遠	大阪府立大学大学院工学研究科 航空宇宙海洋系専攻海洋システ ム工学分野
7	16:00	16:07	16:15	16:20	Al-Cu異材プロジェクション溶接継手の接合強度に及ぼす電極変位の影響に関する検討	大上魁士	大阪工業大学 大学院工学研究科

開催日時:2021/12/07 13:40~

No.	開始	終了	質疑	採点	題名	発表者	所属
招待	13:40	13:55	14:00		抵抗発熱を用いたメカニカルクリンチング によるFe-Al異種材料接合に関する検討	浜口拓也	大阪工業大学 大学院工学研究科
招待	14:00	14:15	14:20		高輝度X線透過装置を用いた摩擦圧接現象 の3次元その場観察	太田匡人	大阪大学
8	14:20	14:27	14:35	14:40	焼鈍に伴うマグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材の強度と界面組織変化	淺井康之介	名古屋工業大学 大学院工学研究 科 物理工学専攻/物理工学教育 類
9	14:40	14:47	14:55	15:00	圧力制御通電圧接法を用いた軽金属と鉄鋼 材料の異材固相接合	林泳錫	大阪大学接合科学研究所
10	15:00	15:07	15:15	15:20	FSWによるA5052/A6063接合体の疲労強度 特性におよぼす後熱処理の影響	野尻浩之	豊橋技術科学大学
11	15:20	15:27	15:35	15:40	遺伝的アルゴリズムを用いた高温割れ防止 法に関する検討	三ッ井佑太	大阪府立大学大学院工学研究科 航空宇宙海洋系専攻海洋システ ム工学分野
12	15:40	15:47	15:55	16:00	粒子法-FEM連成解析を用いたFSWに関する 力学的検討	山内悠暉	大阪府立大学大学院工学研究科 航空宇宙海洋系専攻海洋システ ム工学分野
13	16:00	16:07	16:15	16:20	抵抗発熱を用いたメカニカルクリンチング によるFe-AI異種接合技術に関する数値シ ミュレーション	浜口 拓也	大阪工業大学 大学院工学研究科
14	16:20	16:27	16:35	16:40	金属積層造形物の疲労強度に及ぼす表面性 状および空孔率の影響	竹谷 凌雅	大阪工業大学 大学院工学研究科
	16:40	16:45			閉会のご挨拶	相浦直	軽金属溶接協会専務理事

2021年度年次講演大会 研究成果発表会 発表募集要項

年次講演大会開催日 : 2021年12月1日(水),7日(火)

場所 : Microsoft TeamsによるWEB形式

内容 : 軽金属の溶接・接合に関わりのある研究発表

実施概要

発表者プレゼンテーション:発表7分、質疑応答11分 (予定)(十分なディスカッション)

優秀発表の表彰

審査員(当協会会員より選出された産・学の軽金属接合技術の専門家)による

審査

軽金属溶接協会会長名で表彰、副賞贈呈

表彰者は協会誌「軽金属溶接」、軽金属溶接協会ホームページで紹介

詳細

•発表資格 軽金属接合にかかわる研究をしている学生

本人及び指導教員が当協会会員であるかどうかは問いません。

- •発表方式 Microsoft Teams を介した画面共有による口頭発表
- •申し込み方法及び申し込み期限 申し込み用紙に記入の上、当協会まで送付

(郵送、メール、FAX、フォームいずれも可)

申込フォーム : 『リンク先URL』

申込期限 9月15日(水)

- •参加料 無料
- •講演概要集への掲載 研究概要 A 4 1ページ
- •事前提出資料 研究概要 A4 1ページ
- •当日報告資料 ロ頭発表形式 (パワーポイント, pdf等)

問い合わせは事務局までお願いいたします。

A1070 外管/A1070 内管電磁圧接波状界面形態に及ぼす内管の変形の影響 東京工業大学 寒川卓哉、木村慎吾、村石信二、熊井真次

Effect of inner tube deformation on wavy interface morphology in A1070 outer tube / A1070 inner tube joint fabricated by magnetic pulse welding キーワード:接合、電磁圧接、自動車

Keyword: welding , MPW , automobile

1. 緒言

電磁圧接は衝撃圧接の一種であり、同種・異種 金属の強固な接合が可能で、その接合界面には特 徴的な波状模様が形成されることが知られてい る。波状模様の有無、形態や大きさは衝突速度や 衝突角度、衝突時の運動エネルギーによって変化 する。衝突速度や衝突角度、金属の組み合わせが 接合界面形態に及ぼす影響に関する検討例はあ るものの、接合材のマクロ的な変形の影響について ははとんど調べられていない。そこで本研究で は、1070A1の内管と外管を用い、内管の厚さを変 化させた条件で電磁圧接を行った。さらに数値解 析を用いて波状模様の形成挙動を再現し、実験で 得られた接合界面形態と比較検討することで内 管の変形が波状界面形態に及ぼす影響について 考察した。

2. 供試材および試験方法

2.1 実験方法

A1070 アルミニウムの外管および内管を電磁 圧接装置 (B-max 製 MP12.5/25) を用いて接合し た。外管の寸法は外径が 16mm、厚さ 1mm で一定 とし、内管は外径 12mm、11mm の棒の内部をそれ ぞれくり抜いて作製し、その厚さを 1mm ずつ変化 させた。R は棒、T は管材を示している。外管内 側と内管外側の間隙、すなわち Gap は 1mm あるい は 1.5mm とし、充電電圧は 18kV 一定とした。

2.2 数值解析

ANSYS Emag-mechanical を用いて電磁圧接装置を等価回路で表し、回路解析からコイルに流れる電流を計算、続いて外管に発生する電磁力を算出し、外管の変形挙動を再現した。これにより、衝突時の衝突速度 Vi および衝突角度 β を求め、これらの条件で ANSYS Autodyn を用いた粒子法(SPH 法)による衝突解析を行った。

3. 試験結果および考察

3.1 電磁圧接界面形態の変化

Gap 1mm の条件では、内管の厚さが薄くなるほど、接合界面に形成する波の大きさが減少した。しかし Gap1.5mm の条件では、接合界面に波が形成されない場合や、部分的に大きな波が形成される場合があった。これらは管のマクロ的なエネルギー損失の他の要因によって、波状界面形態が変

化したことを示唆している。(Fig. 1)

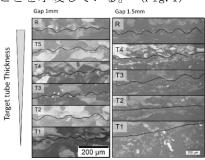


Fig. 1 Comparison of wavy interface morphology interface (左: Gap1mm、右: Gap1.5mm)

3.2 数値解析結果

数値解析においては、Gap1mm の条件で、内管のマクロ的な変形が大きいほど波の大きさが小さくなる結果が得られた。一方、1mm に比べ、衝突速度や衝突角度が相対的に大きくなる Gap1.5mm の条件では、内管の厚さが変わると衝突時のメタルジェットの放出挙動が変化していた。(Fig. 2)これは、内管の変形がメタルジェットの放出角度に影響を及ぼすためであると考えられる。

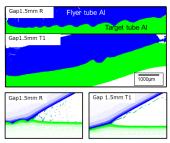


Fig. 2 Comparison of wavy interface morphology interface by numerical analysis (Gap1.5mm R T1)

4. 結言

実験と数値解析の結果から以下のことが明ら かになった。

- (1) 内管厚さが薄くなると、内管のマクロ的な変形によるエネルギー損失によって接合界面に形成する波の大きさが減少した。
- (2)内管のマクロ的な変形が、メタルジェットの放出角度を変化させるような条件では、安定した波状界面は形成しなかった。

Al/Cu および Al/Ni の電磁圧接界面形態に及ぼす Parent plate の硬さの影響

東京工業大学 木村慎吾、村石信二、熊井真次

Effect of parent plate hardness on joint interface morphology of magnetic pulse welded Al/Cu and Al/Ni plates

キーワード:異種金属接合、電磁圧接

Keyword: Dissimilar metal welding, Magnetic pulse welding

1. 緒言

電磁圧接法とは、電磁力により金属を高速で傾 斜衝突させて接合を得る衝撃圧接法の一種であ る。その接合界面には特徴的な波状界面が形成し, 波の形状は接合する金属の密度差や衝突速度お よび衝突角度によって変化することが知られて いる。 例えば、 同種金属や密度がほぼ同じ異種金 属の電磁圧接では正弦波状の波状界面が形成さ れ,密度の差が大きい組み合わせではトリガー状 の波状界面が形成される。しかし、それら以外の 波状界面形態を支配する因子については十分な 検討がなされていない。そこで本研究では, 固体 金属の硬さに着目した。密度がほぼ同じであるが 硬さの異なる Cu と Ni の板材を用いて Al/Cu お よび A1/Ni 電磁圧接材を作製し、その組織観察を 行うとともに粒子法を用いた接合界面形成過程 のシミュレーションを行い,電磁圧接界面形態に 及ぼす硬さの影響について検討を行った。

2. 供試材および試験方法

供試材には、飛翔板である Flyer plate に A1050 アルミニウム板 (200mm×70mm×0.4mm)を、固定板である Parent plate に C1020 銅板 (200mm×70mm×0.4mm) および純 Ni 板 (200mm×70mm×0.4mm)を用い、これらを電磁圧接装置 (B-max 製 MP12.5/25)によって接合した。接合前の Cu 板と Ni 板のビッカース硬さはそれぞれ 76.9HV および 181HV であった。Flyer plate と Parent plate の間隙である Gap は 2.4mm、充電エネルギーは 4kJ とした。得られた接合部の断面を鏡面研磨し光学顕微鏡観察に供した。

3. 数值解析方法

数値解析は次のような手順で行った。まず、ANSYS Emag-mechanical を用いて電磁圧接装置を等価回路で表し、回路解析からコイルに流れる電流を計算、続いて Flyer plate に発生する電磁力を算出し、それを受けて飛翔する Flyer plate の変形挙動を再現した。次に、衝突時の衝突速度 Vi および衝突角度 β を求め、これを基に ANSYS Autodyn を用いた SPH 法(粒子法)による衝突解析を行った。SPH 解析では、平滑化長さ(h) と呼ばれる粒子の間隔を最表面では $1\mu m$ とし、衝突面から離れるにつれて徐々に大きくすることで解析精度を確保しつつ計算時間の短縮化を図った。

4. 実験結果および考察

接合界面は A1/Cu および A1/Ni ともにトリガー状の波を呈していた.しかし,その大きさは異なっており, A1/Ni, すなわち Parent plate が硬い方が波長,波高ともに小さい波状界面となっていた。

数値解析によって再現した波状界面形成過程をFig. 1 に示す。どちらの組合せも衝突点から放出された主として A1 を成分とするメタルジェットの一部が Parent plate に入り込むことで波が形成されていたが、A1/Ni ではその入り込みが小さかった。これは Ni の方が Cu より硬く変形抵抗が大きいために入り込みが小さくなり、そのため形成される波が小さくなったと考えられる。

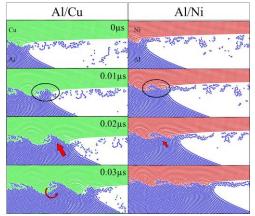


Fig. 1 粒子法により再現した波状界面形成過程

4. 結言

A1/Ni およびA1/Cuの組合せに対して電磁圧接を行い接合界面形態を比較したところ,実験,数値解析結果ともに A1/Ni の方が A1/Cu に比べて小さな波状界面となっていた。波状界面形成過程を数値解析で再現したところ,変形抵抗が大きい硬い Ni の Parent plate には,メタルジェットの入り込みが小さく,よって,形成される波が小さくなることが明らかとなった。

箝鵂

本研究の一部は公益財団法人軽金属奨学会軽金属特別奨学生(木村慎吾)および JSPS 科研費 JP19K05028(熊井真次)の支援によって実施されたものであり、謝意を表する.

衝撃圧接材における接合界面形態に及ぼす衝突パラメータの影響

日本大学 (院)八巻洸希

日本大学 渡邉満洋,東京工業大学 熊井真次

Effect of collision condition on interfacial morphology in impact welded joint キーワード: 衝撃圧接,接合界面形態,数値解析

Keyword: Impact welding, Interfacial morphology, Numerical analysis

1. 緒言

衝撃圧接とは、複数の金属を高速度で衝突させることによって接合を行う固相接合法の一種であり、爆発圧接や電磁圧接が含まれる¹⁾. 衝撃圧接によって強固な接合が得られる場合、接合界面は波状を呈することが多い²⁾. その波状界面の振幅及び波長の大きさは衝突速度や衝突角度に影響され、衝突角度が 0°の場合は波状界面が形成されないことが報告されている²⁾. しかし、接合時間が短時間であるため、衝突過程における界面近傍の材料の挙動については不明である. そこで本研究では、数値解析を用いて金属板の高速衝突による界面形成過程を再現し、接合界面形態に及ぼす衝突条件の影響について検討した.

2. 実験方法

ANSYS AUTODYN を用いて衝突解析を行った. 解析モデルを Fig.1 に示す. 解析モデルには、粒子法 (SPH 法) を用いた. Flyer Plate, Parent Plate の材質はともに A1100 に設定し、水平に設置した Parent Plate に対して Flyer Plate を β の角度をつけて設置した. Parent Plate の上部に固定拘束の境界条件を設け、速度 V を Flyer Plate 表面に対して垂直方向かつ均一に与えた. また、計算時間の短縮を図るため、平滑化長さ h を衝突面から離れるにつれて徐々に大きくした. 衝突速度は 550 m/s に固定し、衝突角度を 0°と 14°に変えて衝突させた.

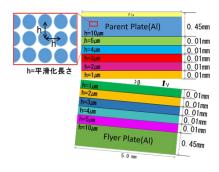


Fig.1 Numerical analysis model.

3. 結果及び考察

Fig.2 に、衝突角度が(a) 0°および(b) 14°の条件で衝突させた界面形態を示す。衝突角度が 0°の場合,形成された界面は平坦な形状だった.一方、衝突角度が 14°の場合に形成された界面では、Flyer Plate と Parent Plate が交互に凹凸形状を成

し、波状形態を示していた.また、14°の衝突角度で衝突させた際には、衝突点前方にはメタルジェットの生成も観察されたため、実際の衝撃圧接過程を再現できていると考えられる.

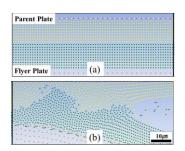


Fig.2 Welding interface with (a) collision angle of 0° and (b) 14° reproduced by numerical simulation.

Fig.3 に、(a)0°および(b)14°の衝突角度で衝突させた場合の衝突面および衝突点近傍の速度ベクトル図を示す.衝突角度が 0°の場合,Flyer Plate 表面と Parent Plate 表面が衝突するため,Flyer Plate と Parent Plate における各粒子は上向き方向のみの速度ベクトルを示していた.それに対して14°の衝突角度で衝突した場合は,衝突点における Flyer Plate と Parent Plate の速度ベクトルは衝突方向と一致する右上向き方向であるのに対し,衝突点前方の Parent Plate の速度ベクトルは一様に下方向を向いていた.速度ベクトルが示す方向は各物質の移動方向を示していると考えられるため,衝突点における Flyer Plate の上向き方向と大め,衝突点における Flyer Plate の上向き方向の繰り返しによって,波状界面が形成されたと考えられる.

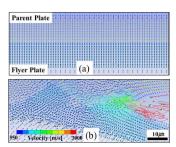


Fig.3 Velocity vector with collision angle of (a) 0° and (b) 14° .

参考文献

- 1) 相沢友勝, 塑性と加工, 41(2000), 265-267.
- 2) M. Watanabe et al., Mater. Trans., 50(2009), 286.

複動式摩擦攪拌点接合を用いた新規異種金属接合法の開発と 継手の機械的特性の解明

大阪大学 武岡正樹、土田泰輔、松田朋己 小椋 智、廣瀬明夫

川崎重工業 大橋良司

Development of a New Dissimilar Material Joining Method Using Refill Friction Stir Spot Welding and Clarification of Mechanical Property of Joint

キーワード:異種金属接合、摩擦攪拌点接合、複動式摩擦攪拌点接合、継手強度 Keyword: dissimilar metal joining, friction stir spot welding, refill friction stir spot welding, joint strength

1. 緒言

摩擦攪拌点接合(Friction Stir Spot Welding: FSSW)は固相接合法の一種であり、一部の車種に異種金属接合法として適用された実績がある¹。このとき用いられたのは回転ツールを上板にのみ圧入し、上板の材料流動によって下板表面に新生面を形成することで、異種金属の接触面同士を冶金的に接合する手法である。近年では FSSW 接合部に生じる凹凸をインプロセスで埋め戻すことで、非常に平滑な継手外観が得られる複動式 FSSW(Refill FSSW:RFSSW)も開発されており、RFSSWの異種金属接合もFSSW 同様に上板のみにツールを圧入する手法が一般的に用いられる。しかしながら、上板の材料流動を用いた接合手法では下板に溶融亜鉛めっきのような除去が容易な表面層を必要とする場合が多く²、鋼板の新生面形成に課題がある。

このような課題を解決するため筆者らは RFSSW を用いた新たな異種金属接合法として "Scrubbing RFSSW (Sc-RFSSW)"を開発した。Fig. 1 に示すプロセス模式図のようにツールを下板表面に接触させることを特徴とし、超硬合金製のツールで積極的に下板の新生面を形成することを目指している。本研究では新規開発した Sc-RFSSW を用いてアルミニウム合金と種々の鋼板を接合し、継手の機械的特性を明らかにすることを目的とした。

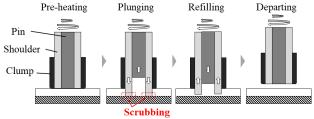


Fig.1 Schematic illustration of Sc-RFSSW.

2. 供試材および試験方法

A6061-T6 アルミニウム合金板 (1.0mmt) と非めっき鋼板 (1.2mmt) を供試材とし、鋼板は 270MPa 級軟鋼と 980MPa 級高張力鋼の三種類の強度区分のものを使用した。従来法として FSSW、RFSSW そして新開発した Sc-RFSSW の継手を作製した。継手の機械的特性を調査するため引張せん断強度試験 (Tensile Sheer Strength: TSS) ならびに十字引張強度試験 (Cross Tension Strength: CTS) を実施した。

3. 試験結果および検討

Fig. 2 にアルミニウム合金/非めっき軟鋼、高張力鋼の継手強度と接合時間の比較を示す。開発法である Sc-RFSSW では2 秒未満の接合時間で従来の FSSW、RFSSW よりも高い継手強度が得られることが分かった。特にアルミニウム合金/高張力鋼の接合では TSS、CTS ともに大幅に継手強度が向上することが分かった。これはツールと鋼板の直接接触により界面清浄化効果が向上し、接合面積が増加したことに起因すると推測される。以上の結果から、本研究で開発した Sc-RFSSW はアルミニウム合金/非めっき鋼の接合において機械的特性に優れる継手を作製可能な手法であることが明らかになった。

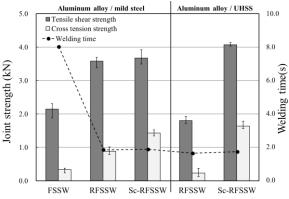


Fig.2 Joint strength of FSSW, RFSSW and Sc-RFSSW.

4. 結言

本研究では新規開発した Sc-RFSSW を用いることで高い静的強度を有するアルミニウム合金/非めっき鋼継手を作製可能なことを明らかにした。

謝辞

本研究における継手の評価、分析は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託事業により実施しました。また本研究における接合試験体は、川崎重工業株式会社ロボットディビジョンから提供されました。ここに謝意を表します。

参考文献

1) Y. Shoji et al., Development of spot friction welding technology of aluminum alloy and steel, MAZDA Eng Rep. 24 (2006) 90-94.

2) R. Ohashi: Dissimilar Material Joining by FSSW, Journal of the Japan Welding Society, 87-1 (2018), 28-32.

AI 線状加熱による任意形状作成システムの開発

大阪府立大学 加藤拓也 手銭永遠 生島一樹 柴原正和

英文題名 Development of an Arbitrary Shape Creation System using AI Line Heating キーワード:線状加熱、FEM 解析、固有ひずみ、最適化 Keyword: Line heating, FEM analysis, Inherent strain, Optimisation

1. 緒言

造船業では、大型の船舶の外板を作成する際に鋼板をガスバーナーで局所加熱し、塑性ひずみを発生させることで鋼板を曲げ加工しは熟ま技能者によってこの作業が行われているが、銀板のどの位置をどのような加熱条件で加熱作をでかればよいのかは熟練技能者のノウハウにもずればよいのかは熟練技能者のような規模にある。本研究では、弾性解析と最適化手法を損ある。本研究では、弾性解析と最適化手法を組入りかせることで熟練技能者のノウル熱条件を決たで再現し、自動的に加熱位置と加熱条件を決定するシステムを構築した。

2. 解析手法

2. 1 線状加熱における固有ひずみの特性

FEM 解析において平板を任意の目的形状へと強制変形させると解析結果として目的形状を得るためのひずみ分布が得られる.このひずみ分布を平板に対して与えれば任意の目的形状が作成できる.つまり線状加熱の固有ひずみを用いて目的形状を得るためのひずみ分布を作成する場合,それぞれの位置においてひずみの主成分の方向に沿って加熱線を配置することでより少ない加熱線の配置でひずみ分布が再現できる.本研究ではこの特性を用いて曲線で構成される加熱方案を作成している.

2. 2 加熱方案の最適化

本システムでは加熱線の膨大な組み合わせから目的形状を得るための最適な加熱方案を作成している。本システムでの最適化のアプローチは大きく二つあり、加熱線を1本ずつ決定していく方法と複数の加熱線をまとめて決定していく方法がある。前者ではベイズ最適化を繰り返し用いることで,後者では進化的計算を組み合わせ最適化手法として用いることで加熱方案を作成している。

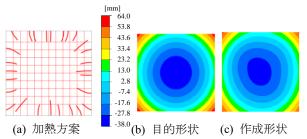


Fig.1 椀型の加熱方案の作成

3. 解析事例

目的形状の加熱方案の作成を本システムを用いて行った.得られた加熱方案とこの加熱方案で変形解析を行った形状を Fig.1 に示す.同図の加熱方案では線の太いものが収縮成分の強い加熱条件,細いものが曲げの成分が強い加熱条件を示す.つまり,この加熱方案では全体的に曲げを発生させ,鋼板の端部を収縮させることで,目的の形状を作成している.また Table1 に示すように,局所的な形状を重視した評価方法(分割評価)を用いることで,Fig.2 に示す複雑な凹凸を持つ目的形状の加熱方案の作成が可能である.

4. 結言

本研究では線状加熱による任意形状の作成システムの開発を行った.本システムを用いて検討の結果,以下の知見が得られた.

- 1) 本システムを用いることで、曲線を含む加熱 方案を作成し、目的形状と良好に一致することを確認した.
- 2) 局所的な形状を評価することで、複雑な形状の加熱方案が作成可能であることを示した.

参考文献

1) 上田 幸雄, 村川 英一, Rashwan Ahmed Mohamed, 神近 亮一, 石山 降庸, 小川 潤一郎,計算機支援板 曲げ法案自動作成システムの開発(第4報)加熱位

置,方向,加熱条件の決定法,日本造船学会論文集 (1993,11),174号,pp.683-695

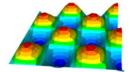


Fig.2 複雑な目的形状

Table1 分割評価による加熱方案

	分割なし	4 分割	16 分割	64 分割
目的形状				
加熱方案				
作成形状				

修正コンター法を用いた高精度残留応力測定法の開発

大阪府立大学 手銭永遠 大阪府立大学大学院 織田祐輔,加藤拓也,生島一樹 河原充, 柴原正和

Development of High Precision Residual Stress Measurement Method Using Modified Contour Method キーワード: コンター法、修正コンター法、残留応力, 理想化陽解法 FEM Keyword: Contour method, modified contour method, residual stress, Idealized Explicit FEM

1. 緒言

近年の大型構造物の製造には溶接が不可欠で ある.しかしながら,溶接部近傍には脆性破壊強 度や疲労強度の低下を招く溶接残留応力が発生 する. したがって, 溶接部近傍における残留応力 分布について評価することは重要であると言え る. 比較的簡便に溶接継手における残留応力の計 測を行う方法としてコンター法が挙げられるが, 測定対象の部材を左右対称に切断する必要があ り, 実構造物レベルの試験体に対する適用事例は 少ない. そこで本研究では, 2つの部材の剛性の 違いを考慮し,左右非対称に部材を切断した場合 でも残留応力測定が可能な修正コンター法を提 案し,実構造物の残留応力測定に適用した際の測 定結果と FEM 解析での結果の比較を行う. そし て,本検討を通じて実構造物を任意の位置で切断 した際の切断面内における残留応力測定を簡便 に実施可能な手法の構築を目指す.

2. 修正コンター法による溶接残留応力計測

修正コンター法を用いて溶接残留応力分布を計測する際の流れを述べる.まず,溶接によって残留応力が生じた被溶接部材を切断する.このとき,試験片の切断面では残留応力の解放に伴う変形が生じる.切断面の変形後の形状をレーザー変位計を用いて計測する.測定した変位 u を FEM モデルに強制変位として付与し,弾性解析を行う.このとき,左右の切断面に発生する反力を出力し,その差を残差力として取得する.次に,切断前のFEM モデルに対して取得した残差力を付与し弾性解析を行う.このとき,切断面に生じた変位を修正変位 u'として取得する.ここで先程測定した修正変位 u'として取得する.ここで先程測定した修正変位 u'を変位 u に加え,その変位を左右、れぞれ FEM モデルに強制変位として付与し,弾性解析を行う.以上より,切断前の状態における

試験片内部の溶接残留応力分布が算出される.

3. 適用事例

修正コンター法の複雑構造物の残留応力への 適用性を示すために, Fig.1 に示す試験体の溶接 残留応力の計測に対して修正コンター法を適用 する. 本試験体は回転系の軸受部分を模擬したも のである. 溶接完了後, 同図に示す位置で左右非 対称に切断した.

本検討では、実機に対応する熱弾塑性解析も併せて実施し、その結果を Fig.2(a)に示す。 Fig.2(b) に修正コンター法を適用し、算出された残留応力分布を示す。 同図より、修正コンター法により算出された残留応力分布は滑らかな分布となっており、溶接部近傍において高い引張りの残留応力が発生していることが確認できる。 加えて、熱弾塑性解析と残留応力分布が良好に一致していることが確認できる。

以上より,修正コンター法を用いることにより, 実構造物を任意の位置で切断した際の切断面内 における残留応力測定が可能であると言える.ま た,本研究で提案した修正コンター法は軽金属材 料を対象とする溶接残留応力測定においても適 用可能である.

4. 結言

本研究では,実構造物の残留応力の測定を目的とした修正コンター法を提案し,提案手法を回転軸受けを模擬した試験体の残留応力に適用した結果,滑らかな残留応力分布が得られ,溶接部近傍に高い引張りの応力が発生していることが確認できた.また,熱弾塑性解析結果と提案手法の残留応力分布は良好に一致していることが確認できた.

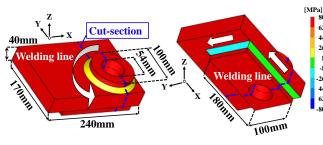
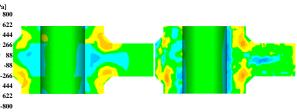


Fig.1 Target of residual stress measurement in complex shaped.



(a) Thermal elastic plastic FFM

(b) Modified contour method.

Fig.2 Residual stress measurement results.

Al-Cu 異材プロジェクション溶接継手の接合強度に及ぼす 電極変位の影響に関する検討

大阪工業大学 大上魁士 伊與田宗慶

Effects of Electrode Displacement on Joint Strength in Al-Cu Dissimilar Projection Welded Joints キーワード:プロジェクション溶接, Al-Cu 異材接合,電極変位

Keyword: Projection welding, Al-Cu dissimilar material joint, Electrode displacement

1. 緒言

現在の自動車産業において、燃費性能向上を目的として車体の軽量化が進められている。また、電装部品として用いられるワイヤーハーネス部にも、Cu合金部の一部をAl合金に置き換えることによる軽量化が図られている。そこで、Al-Cu異材接合技術の確立が求められる。しかし異材抵抗スポット溶接では、接合界面に金属間化合物

(IMC: Intermetallic Compound)が形成され、IMCが厚く形成されることで、はく離方向の接合強度を十分に確保することが難しいことが知られているり。一方で、ワイヤーハーネス部材など極薄板材に適用されるプロジェクション溶接において、接合強度に及ぼす影響因子は必ずしも明らかになっていない。そこで本検討では、Al-Cu 異材プロジェクション溶接継手における接合強度に及ぼす影響因子を明らかにすることを目的とし、接合条件および接合時に変化する因子と接合強度の関係について調査を行った。

2. 供試材および試験方法

供試材料は板厚 $1.0 \, \text{mm}$, $5.0 \times 40.0 \, \text{mm}$ のA1050板と板厚 $0.64 \, \text{mm}$, $5.0 \times 45.0 \, \text{mm}$ の $C1020 \, (\text{Sn}$ めっき)板を用いた。また溶接のため、Cu側にプロジェクションを設け、その直径および深さの組合せについては、 $\phi 2$ -h3、 $\phi 2$ -h6、 $\phi 3$ -h3の3種類を設定した。溶接条件をTable 1に示す。また、電極変位(電極押し込み量)については、溶接開始時から溶接終了時の電極の押し込み量を計測した。強度試験における引張速度は $0.7 \, \text{mm/min}$ で実施した。Table 1 Welding conditions

	rable i welding conditions.									
	Test material	Electrode	Current value, / [kA]	Pressurized, F [N]	Energizing time, t [msec]					
ſ	A1050	Cr-Cu (Flat)	7.1, 7.2, 7.3, 7.5, 8.0,	300	100					
	C1020	W (Flat)	8.4, 8.5, 8.6, 8.8, 9.4	300	100					

3. 実験結果および考察

3. 1 電極変位と IMC 最大厚さの関係

電極変位の変化による IMC の影響を確認することを目的とし、接合中心部から掴み部側の端部までの IMC 最大厚さの計測を行った. 計測結果を Fig.1 に示す. また、計測範囲を図中の赤枠にて示す. 図より電極変位の増大に伴い IMC 最大厚さが低下していることが分かる.

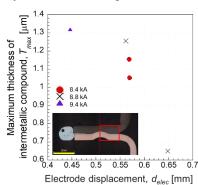


Fig. 1 Relationship between electrode displacement and maximum thickness of IMC.

3.2 L字引張強さに関する検討

次に、電極変位と L 字引張強さの関係を調査した。その結果を Fig. 2 に示す。図より電極変位の増大に伴い L 字引張強さが向上していることが分かる。これは、Fig. 1 の結果より、電極変位の増大に伴い変化する IMC 最大厚さが影響を及ぼしたものと推察される。

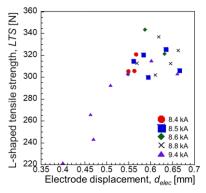


Fig. 2 Relationship between electrode displacement and L-shaped tensile strength.

⊿ 結章

本研究では、Al-Cu 異材プロジェクション溶接継手の接合強度に及ぼす電極変位についての検討を行った. その結果、電極変位は L 字引張強さに影響を及ぼす因子であることが示唆された.

参考文献

1) 渡辺ら,"軟鋼と Al-Mg 合金の抵抗スポット 溶接"溶接学会論文集 第 23 巻 第 3 号 p. 491-495 (2005)

焼鈍に伴うマグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材の 強度と界面組織変化

Effects of annealing on strength and interfacial microstructure of explosively welded Mg alloy/ Al alloy plates 名古屋工業大学 淺井康之介*,成田麻未,佐藤尚,渡辺義見産業技術総合研究所 森久史,斎藤尚文,千野靖正

キーワード: 爆発圧着, 異種材料接合, マグネシウム合金, アルミニウム合金 Keyword: explosive welding, dissimilar material joining, magnesium alloy, aluminum alloy

1. 緒言

近年,輸送機器のさらなる軽量化に向け,マグネシウム合金とアルミニウム合金を用いたマルチマテリアル化が注目されている.アルミニウムとマグネシウムは共晶反応を示す系であり,溶接の際,低融点の共晶組成を持つ溶湯の生成による溶接割れや,脆性的な金属間化合物の形成によって継手強度が低下してしまう 1),2).このため,両合金は難溶接材とされている.そこで本研究では,マグネシウム合金とアルミニウム合金の接合に爆発圧着法(爆着法)を適用し,爆着後の焼鈍に伴う強度および界面組織の変化を評価することを目的とした.

2. 実験方法

AZ80 マグネシウム合金押出材および A6005C アルミニウム合金押出材を用いて、マグネシウム合金/アルミニウム合金爆着材を作製した. 両合金の組成を Table 1 に示す. 作製した爆着材から評価試料を切り出し、473 K にて各時間焼鈍した. 接合方向平行断面において光学顕微鏡および走査型透過電子顕微鏡による組織観察を行った. さらに、接合界面におけるビッカース硬さ試験、ナノインデンテーション測定を行った. また、引張試験により爆着材を評価した. 引張方向については、接合方向と平行および垂直方向とした.

Table 1 Chemical compositions for the investigated alloys.

					(mass %)
	Mg	Al	Zn	Si	Mn
AZ80	Bal,	8.0	0.6	0.03	0.3
A6005C	0.6	Bal.	0.00	0.6	0.01

3. 実験結果および検討

3.1 接合界面におけるミクロ組織観察

爆着材の接合界面は波状を呈しており、 $0.8 \mu m$ 程度の厚みで界面に中間層が形成していた。エネルギー分散型 X線分光装置を用いて組成分析を行った結果、中間層は γ - $Mg_{17}Al_{12}$ 相であると推定された。473 Kでの焼鈍後、中間層の厚みは大きくなり、焼鈍時間を長くすると、A6005 C 側に新たに β - $Al_3 Mg_2$ 相が形成し、二層構造となった。

3.2 爆着材の機械的性質

接合界面におけるビッカース硬さ試験の結果 をFig. 2 に示す. 比較として, 爆着前の押出材に おける押出方向平行断面の平均硬さを図中に破線で示した. 爆着後, 爆着に伴う加工硬化によって硬さが上昇した. また, 接合界面において最も硬さが大きくなっており, A6005C 側では界面付近で急激に硬さが減少していた. 一方, AZ80 側では, 界面付近で緩やかに硬さが低下していた. 473 K での焼鈍により, AZ80 および A6005C のいずれにおいても硬さが低下したが, 接合界面の硬さは大きくなっていた. 接合界面の中間層が二層構造となった焼鈍条件 (473 K-86.4 ks) で焼鈍後, ナノインデンテーション測定を行うと, A6005C 側に形成した β - Al_3 Mg2 相において硬さが大きくなっていた.

爆着材の引張試験結果, 473 K にて 86.4 ks 焼 鈍すると, 強度・伸び共に低下した. これは, 焼 鈍によって形成した β-Al $_3$ Mg $_2$ 相が材料の強度に影響を及ぼしていると考えられる.

Welding Direction 473 K 14.4 ks 473 K 86.4 ks 473 K 345.6 ks A6005C A6005C A6005C Interlayer Interlayer AZ80 Interlayer AZ80 **AZ80** 10 μm 10 µm 10 μm

Fig. 1 Interfacial microstructures for the explosively welded materials.

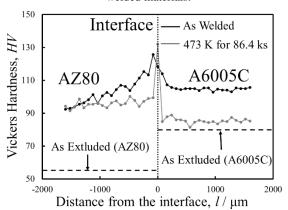


Fig. 2 Vickers hardness at the interface of the explosively welded materials before and after annealing at 473 K.

参考文献

- 1) H. Okamoto: J. Phase Equilib., 19 (1998), 598.
- 2) N. Yamamoto, J. Liao, S. Watanabe, and K. Nakata: Mater. Trans., 50 (2009), 2833-2838.

圧力制御通電圧接法を用いた軽金属と鉄鋼材料の異材固相接合

大阪大学接合科学研究所 林 泳錫 大阪大学接合科学研究所 森貞 好昭 大阪大学接合科学研究所 劉 恢弘 大阪大学接合科学研究所 藤井 英俊

Light metal/steel dissimilar joining by pressure-controlled joule heat forge welding method

キーワード:軽金属、鉄鋼材料、異材接合、ジュール熱、大荷重

Keyword: Light metal, Steel, Dissimilar joining, Joule-heat, Large-load

1. 緒言

チタン合金及びアルミニウム合金と鉄鋼材料は物理・化学的性質が大きく異なり、高温で脆い金属間化合物が形成するため、溶融溶接は困難とされている。摩擦圧接は材料同士の回転摩擦熱と印加圧力による界面変形を利用した固相接合方法であり、チタン合金及びアルミニウム合金と鉄鋼材料の異種接合に有効であると考えられる。しかしながら、接合界面において中心部と外周部での摩擦熱量と変形挙動が異なるため、均一で健全な界面組織を得ることが難しい。そこで本研究では電気抵抗熱を利用した圧力制御通電圧接¹⁾を用いて、チタン合金/ステンレス鋼およびアルミニウム合金/中炭素鋼の異種接合を試みた。

2. 供試材および試験方法

2. 1 圧力制御通電圧接

本接合法は3段階の接合工程を有している。(1)設定印加圧力を加えながら通電し、接合部にジュール熱を発生させる。(2)当該印加圧力で変形が可能な温度まで昇温した瞬間に、接合部で変形が発生し、設定寄り代まで変形する。(3)通電および接合圧力の印加を停止する。

2. 2 供試材および評価方法

供試材として直径 10 mm の Ti-6A1-4V 合金と SUS316L 鋼の丸棒を用いた。AA5052-H34 合金と S45C 鋼は ϕ 10 mm 丸棒の先端 (接合部)を ϕ 5.8 mm までテーパー加工して用いた。得られた継手 から接合部軸断面試料を切り出し、走査電子顕微鏡 (SEM)を用いて接合界面組織を観察し、ビッカース硬さ試験を行うことで接合界面における 硬さ分布を調査した。平行部長さ 60 mm、平行部直径 8 mm の棒状試験片を作製し、引張試験を行うことで継手の引張特性を評価した。

3. 試験結果および検討

3. 1 Ti-6A1-4V/SUS316L 異種接合

印加圧力 480 MPa、電流 3000 A、寄り代 7.8 mm で作製した継手の引張実験を行った結果、引張強 度は720 MPa、伸びは22 %に達しており、SUS316L 母材で破断する良好な継手が得られた。本研究で得られた引張特性を拡散接合及び摩擦圧接で得られた継手に関する先行研究の結果と比較したところ、従来の接合法で得られた全てのTi合金/ステンレス鋼の継手において、引張強度は600 MPa以下、伸びは10%以下となっており、接合界面で破断が生じている。これらの比較から、圧力制御通電圧接を用いることで、拡散接合及び摩擦圧接よりも高強度なTi-6A1-4V/SUS316L 継手が簡便に得られることが分かる。

3. 2 AA5052/S45C 異種接合

電気抵抗が接合部長さに比例することを利用して、接合部長さ比を A1: Fe=5:6 から A1: Fe=3:8まで変更させることにより、S45C 側の昇温速度を増加させ、AA5052 側の昇温速度を低下させた。その結果、S45C 側の変形を促進し、AA5052 側の変形を抑制することで、接合界面において両材料が均一変形した継手の作製を実現した。また、印加圧力の増加により接合温度を低下させることで、AA5052 側の軟化領域と S45C 側の硬化領域の形成を抑制するだけでなく、接合界面の IMC 層の厚さを減少させることで 85 %の接合効率を有する継手の作製に成功した。

4. 結言

本研究では、大荷重とジュール熱を利用した圧力制御通電圧接法を用いて Ti-6Al-4V/SUS316L と AA5052/S45C の異種接合を行った。

- (1) Ti-6A1-4V/SUS316L 異種接合において、接合界面全域に均一かつ極めて薄い金属間化合物層を形成させることで母材破断する健全な継手を得ることができる。
- (2) AA5052/S45C 異種接合において、試料の形状を変更することで材料の抵抗を調節し、昇温及び変形挙動を制御することが可能になり、両材料が同時に変形した健全な継手の作製に成功した。

参考文献

1) Yeongseok Lim, Yoshiaki Morisada, Huihong Liu, Hidetoshi Fujii, J. Mater. Process. Technol. 298 (2021) 117283.

FSW による A5052/A6063 接合体の 疲労強度特性におよぼす後熱処理の影響

野尻浩之*1, 岡根正樹*2, 茶木智勝*2, 安井利明*1, 福本昌宏*1 *1 豊橋技術科学大学, *2 富山高等専門学校

Effect of Heat Treatment on Fatigue Properties of A5052/A6063 Joints by FSW

キーワード:摩擦攪拌接合, A5052, A6063, 疲労強度特性, 異種材料接合 Keywords: FSW, A5052, A6063, Fatigue properties, Dissimilar joint

1. 緒言

近年,各種機械構造物の軽量化,マルチマテリアル化が求められ,摩擦攪拌接合(FSW)の適用が期待されている.本研究では,FSWによる異種 Al合金接合体の強度特性を検討する研究の一環として,A5052/A6063 接合体の疲労強度特性におよぼす後熱処理の影響を検討した.

2. 供試材および実験方法

2. 1 供試材および摩擦攪拌接合方法

本研究では被接合材として A5052(非熱処理型)とA6063(熱処理型)、を用い、これらを摩擦攪拌により、接合ツール回転速度 1800rpm、ツール送り速度 400mm/min の条件で突合せ接合し、供試材とした。その後、一部の接合体にはA6063における T6 処理の時効工程に準じた後熱処理(大気炉中で175℃、8 時間保持後空冷)を施した。

2. 2 疲労試験方法

疲労試験は容量 98kN の電気油圧サーボ疲労試験機を用い,実験室雰囲気中で,正弦波荷重制御,20Hz, 応力比 R=-1 の条件で実施した.

3. 試験結果および考察

図1に、接合部近傍断面のビッカース硬さ分布を示す. 横軸は突合せ面からの距離である. 図から、未熱処理材(○)の場合、A6063、A5052、いずれも、軟化領域を生じていることがわかる. 一方、熱処理材(●)の場合、A6063 部が、母材と同程度にまで硬さが回復していることがわかる.

図 2 に疲労試験結果から得られた疲労寿命線図を示す. 図からわかるように, 110MPa 程度以上の高応力レベルにおいては, 熱処理材(●)の疲労寿命が, 未熱処理材(○)のそれらに比べ, 大幅に向上している. 一方, 低応力レベルにおいては, 両者の疲労寿命が, ほぼ同程度になっている. 本報では, 紙面の関係で観察例を掲載していないが, 疲労破壊は, 未熱処理材, 熱処理材, いずれの場合も, A6063 内の軟化領域と未軟化領域の境界近傍(突合せ面から 11~13mm 程度)で発生し, A5052内での破断は, 一例もなかった. 図1からもわかるように, この位置は, いずれの供試材においても, 最軟化領域となっている. このような傾向は, 既報 1)で示した引張試験の場合も同じであった.

4. 結言

本研究で得られた主な結論は, 下記のとおりで あろ

- (1)応力比 R=-1 での疲労寿命は, 高応力レベルに おいては後熱処理材が大幅に向上していたが, 低 応力レベルにおいては, 両者の違いはほとんど認 められなかった.
- (2)未熱処理材,熱処理材いずれも疲労破壊は, A6063内の最軟化部近傍で発生していた.

参考文献

1) 岡根, 他 4 名, 日本機械学会 2019 年度年次 大会 講演論文集 No. 19-1, J04110, (2019)

謝辞

本研究は、科学研究費補助金(19K04100)、ならびに豊橋技術科学大学・高専連携教育研究プロジェクト(令和元年度、令和2年度)の支援を受けて行ったものである.

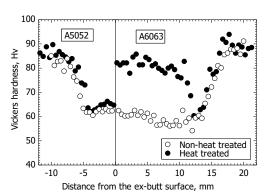
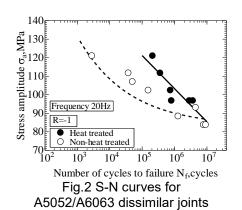


Fig.1 Hardness distribution around the FSW region in A5052/A6063.



遺伝的アルゴリズムを用いた高温割れ防止法に関する検討

大阪府立大学大学院 〇三ツ井 佑太 生島 一樹 大阪大学接合科学研究所 前田 新太郎 大阪府立大学大学院 柴原 正和

英文題名 Study on Prevention of Hot crack Method Using Genetic Algorithm キーワード:高温割れ, FEM 熱弾塑性解析, 凝固割れ, 遺伝的アルゴリズム, FCB 溶接 Keyword: Hot crack, Thermal elastic plastic FEM, Solidification crack, GA, FCB welding

1. 緒言

構造物の大型化や生産効率の向上などを目的に、1964年に FCB 溶接法が開発された ¹⁻²⁾.この溶接法は短所として大入熱であるため高温割れの発生率が高く、溶接内部にどの場所でも起こる現象であるため溶接部全体に非破壊検査、補修溶接などの手直しが必要である.このことから高温割れを事前に予測し、発生防止策について検討することは重要であるといえる.本研究では FCB溶接で用いられる終端タブ板の最適形状を考えることで終端部の高温割れ防止について検討する.

2. 高温割れ解析

2.1 高温割れ解析手法

本研究では柴原・生島が開発した大規模な熱弾 塑性解析が可能である理想化陽解法 FEM を用い て解析を行う.また溶接部の冷却時に BTR 内で生 じるひずみの増分値を BTR 塑性ひずみ増分とし, 高温割れ発生指標とした.

2. 2 高温割れ解析時間の短縮手法

FCB 溶接は船舶の大型鋼板の板継溶接時に用いられ、実寸サイズは20m~30m と非常に大きく3次元解析では莫大な要素数となり、解析に長時間を要する.したがって本研究では実寸サイズの約1/20の解析モデルを用いて2次元解析を行った.また、本研究ではタブ板形状を最適化するため数百ケースの高温割れ解析を行う.解析一つにつき、約2時間かかるため、最適化のために多大な時間を要する.そこで本研究では、終端部のみに着目し解析を実施した.

3. GA を用いたタブ板形状最適化

3. 1 遺伝的アルゴリズム

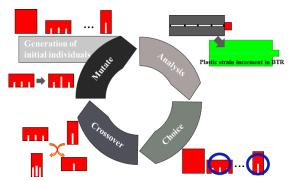


Fig.1 Method for optimizing tab plate using GA

遺伝的アルゴリズムとは、生物進化にヒントを得た、最適化のためのアルゴリズムの一つである. 遺伝的アルゴリズムでは、「選択」、「交叉」、「突然変異」、「世代交代」という概念を用いてシステムをモデル化し、効率的な探索アルゴリズムを与える. 本研究では Fig.1 に示すようにタブ板の大きさ、スリットの位置・大きさのパラメータを遺伝的アルゴリズムで最適化した.

3. 2 解析結果

遺伝的アルゴリズムを用いて最適化した結果を Fig.2 に示す. 同図より最適化したタブは一体型タブ(スリットなし)と比較し終端部の BTR 塑性ひずみ増分を低減できることが確認した.

4. 結言

本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いてタブ板形状最適化を行った.その結果、タブ板形状を最適化することで、高温割れ発生指標であるBTR塑性ひずみ増分を大幅に低減できることを確認した.

参考文献

- 長谷薫,幸村正晴:造船の建造方法を変えた片面サブマージ溶接法の開発と発展,神戸製鋼技報 vol. 50 No. 3, 2000, 12, pp. 70-73
- 2) 幸村正晴:被覆アーク溶接・サブマージ アーク溶接,溶接学会誌第79巻第2号, 2010, pp. 46-53

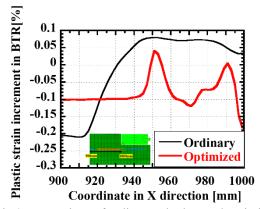


Fig.2 Comparison of ordinary tab plate and optimized tab plate on plastic strain increment in BTR

粒子法-FEM 連成解析を用いた FSW に関する力学的検討

大阪府立大学 山内悠暉 九鬼正治 李志浩 生島一樹 柴原正和

英文題名 Mechanical Study on FSW Using MPS-FEM Coupled Analysis キーワード: 摩擦攪拌接合, 粒子法, FEM 熱弾塑性解析 Keywords: Friction stir welding, MPS, FEM thermal elastic plastic analysis

1. 緒言

摩擦攪拌接合 (FSW) は、固相状態の母材同士を直接接合する。そのため溶融溶接と比較して、残留応力や変形を小さく抑える事が可能であり、従来の溶融溶接では困難であった金属同士の接合を容易に実現可能である。しかしながら接合に用いるツールは攪拌中、高温高圧状態にさらされており、その長寿命化が喫緊の課題となっている。そこで本研究では、粒子法 (MPS 法) と FEM とを連成解析することでFSWの力学シミュレーション手法を構築し、ツールに生じる応力についての検討を行った。

2. 解析手法

2. 1 粒子法

摩擦攪拌接合における材料の塑性流動を高粘性の流体とみなし、各支配方程式を粒子法における勾配・発散・ラプラシアンモデルを用いて離散化することで計算を行った。 各支配方程式の多項式近似を得るにあたって、重み付き最小二乗法を採用した。 また本解析では、FSW 時の塑性流動を表現するために、流動応力と相当塑性ひずみ速度の間の構成則に温度依存性を有するものりを採用した。

2. 2 MPS-FEM 解析手法

各粒子における応力を求めるために 2.1 で MPS 法により算出した速度場を MLS 法により線形近似し,速度勾配を算出する. 算出された速度勾配よりひずみを求め,大ひずみ弾塑性状態を仮定した応力計算を各粒子に関して行う. 続いて,互換モデルより粒子の応力を FEM 節点上に補間し,得られた応力を表面積分し,表面荷重を算出した.

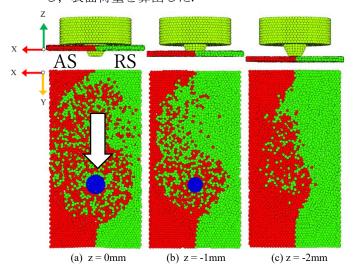


Fig. 1 State of agitation at each depth

3. 解析結果

Fig. 1 に 各深さにおける MPS 法による攪拌の状態を示す. ショルダーとプローブ部分の境界を z=0mm とした時の各深さにおいて, 赤色・緑色の各材料が青色のツールによって攪拌されており, RS よりも AS で攪拌が進んでいることが確認できた. 次に接合速度を 60 mm/min で一定とし, 回転速度を 500 rpm, 750 rpm, 1000 rpm と変化させた場合の温度分布並びにツールに作用する表面応力を Fig. 2 及び Fig. 3 に示す. Fig. 2 から FSW に特有の物理現象である左右非対称性を確認することができた. また, Fig. 2, Fig. 3 からはツールの回転速度が大きくなるにつれて温度上昇すること, またそれに伴いツール表面における応力が減少することを確認した.

4. 結言

本研究では、FSW の接合過程を解析可能な MPS-FEM 連成解析法の構築を行った.まず各深さにおいて RSよりもASにおいて攪拌が進むことを確認した. 続いて提案手法を用いてツールに関する検討を行った結果、ツールの回転速度が大きくなると発熱量が大きくなることを示した. また、本手法を用いることで、ツールの表面応力を算出することができ、回転速度を大きくすることでツールの応力を低減できる可能性を示した.

5. 参考

光藤 健太,宮坂 史和 数値解析による FSW ツール形状が材料流動に及ぼす影響の検討 溶接学会論文集 第36巻 第3号 p.193-198 (2018)

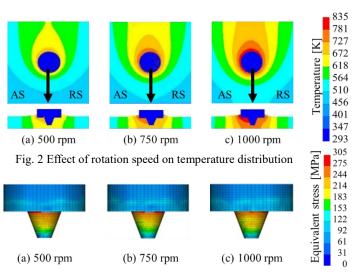


Fig. 3 Effect of rotation speed on the distribution produced by the tool.

抵抗発熱を用いたメカニカルクリンチングによる Fe-AI 異種接合技術に関する数値シミュレーション

大阪工業大学 浜口拓也 大阪工業大学 (現 ダイヘン(株)) 武井優子 大阪工業大学 伊與田宗慶

Numerical Simulation on Fe-Al Dissimilar Joint of Mechanical Clinching with Resistance Heating キーワード: 抵抗発熱、クリンチング,数値シミュレーション

Keyword: Resistance heating, Clinching, Numerical simulation

1. 緒言

抵抗スポット溶接は,溶接時間が短く自動化が 容易であるが, 異材接合においては, 金属間化合 物の制御や品質評価技術の確立など,課題が残さ れている. 一方, メカニカルクリンチングは, 塑 性変形のみで接合可能なことから, 異種材料に対 する適用が期待されるが, 既存のラインへの装置 導入や、接合強度確保において課題が残されてい る 1). そこで本研究では、Fe-Al 異材接合に対す る,抵抗スポット溶接機を用いたメカニカルクリ ンチング技術について検討を行う. 本手法は, 抵 抗スポット溶接の電極をパンチ/ダイ形状に置き 換え,抵抗発熱を用いることで,抵抗スポット溶 接機構を用いたクリンチングが可能になるとと もに、接合界面に IMC を形成する接合プロセス である. 本検討では, 本手法の開発に向け, 接合 パラメータに着目し,数値シミュレーションを用 いて接合メカニズムの解明に向けた検討を行う.

2. 数值解析条件

数値シミュレーションで用いたメッシュモデルをFig. 1に示す. 要素分割サイズは0.4 mmを基準とし,変形が生じる箇所の要素分割は0.05 mmとした. Table 1に示すように,通電条件には多段通電を用い,発熱量が接合形成に及ぼす影響を確認するため,3段目の通電条件を変化させた.

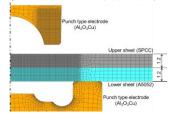


Fig. 1 Mesh model of numerical simulation.

Table 1 Current conditions

No.	Current,I (kA)		Current Time, T _c (cycles)			Force, F (kN)	Phase interval,	
	1 st	2 nd	3 rd	1 st	st 2 nd 3 rd	, , , , , , , , ,	T _p (cycles)	
1			17		12	12 18	18 3.7	
2	15 17	17	19	12				24
3			21					

3. 数值解析結果

各条件における通電終了時の温度分布を Fig. 2, 径方向の変形分布を Fig. 3 に示す. Fig. 2 より, 通電を行うことで,抵抗発熱が生じ接合材の温度 が局所的に上昇していることが分かる. 加えて、電流値の増加に伴い電極の押し込み量が増加し、接合材の塑性変形が生じていることが分かる. また、Fig. 3 より、電極押し込み量の増加に伴い径方向の変形量が増加し、19 kA の条件では図中赤丸で示す部分において僅かながらインターロックの形成が確認できた. しかし、17 kA の条件では発熱量不足により電極押し込み量が減少し、インターロックの形成が確認できなかった. また、21 kA の条件では発熱量が大きいことから、電極押し込み量が過大となり、上板最小肉厚部において破断が生じている. これらの結果より、インターロックの形成には、適切な発熱量を得るための通電条件が重要であることが示唆された.

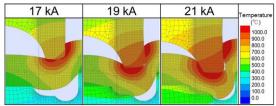


Fig. 2 Temperature distribution.

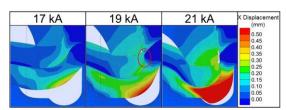


Fig. 3 Radial displacement distribution.

4. 結言

本検討では、抵抗発熱を用いたメカニカルクリンチングにおいて数値シミュレーションにより、本手法の接合メカニズムおよび接合パラメータについて検討を行った。その結果、抵抗発熱を利用することで接合材が軟化し、低荷重でインターロックを形成できることが示唆された。加えて、インターロック形成には適切な入熱量の確保が必要であることが示唆された。

参考文献

 安部洋平,加藤亭,松田晃,森謙一郎,"高張 力鋼板とアルミニウム合金 A5052 のメカニカル クリンチング", Journal of the JSTP vol. 51 no.589

金属積層造形物の疲労強度に及ぼす表面性状および空孔率の影響

大阪工業大学 竹谷凌雅 愛知産業株式会社 知念拓夢 大阪工業大学 原田直人 伊與田宗慶

英文題名 Effect of Surface Properties and Porosity on Fatigue Strength of Metal Additive Manufacturing キーワード:金属積層造形,疲労強度,表面性状,空孔率

Keyword: Metal Additive Manufacturing, Fatigue Strength, Surface Properties, Porosity

1. 緒言

金属積層造形は複雑形状の製品が製造可能であり、製品の軽量化や複数部品の一体化による品質管理の容易化、また多品種少量生産が可能であることから、様々な分野において適用に向けた検討が行われている。しかし、金属積層造形物は、粉末を溶融・凝固させるプロセスであるため、造形物内部に溶接欠陥である空孔の発生や表面性状が悪化するといった課題が存在する。空孔の存在は、平滑な造形物において、疲労き裂の起点となることで疲労強度が低下すると報告されているり、一方、表面性状についても、造形物表面の応力集中を引き起こすことから、疲労強度への影響が懸念される。そこで本研究では、造形物内部の空孔、および表面性状の影響について検討を行った。

2. 実験方法

供試材料には AlSi10Mg 金属粉末を用いて造形された JIS 2 号試験片を用いた. 疲労試験方法としては, 4 連式回転曲げ疲労試験機を用いた. 積層条件を Table 1 に示す. 先行研究より, ハッチサイズの増加により,空孔率が減少することを確認したことから,本検討では, 0.5 mm と 5.0 mmのハッチサイズで造形を行った. なお,走査パターンは帯状に走査を行う Stripe パターンを用い,一層あたりの回転角度は 0°, 予熱は与えないものとした.

Table 1 Process parameters

Laser Power (W)	Scanning speed (mm/s)	Hatch distance (mm)	Layer thickness (mm)	Hatch size (mm)
370	1650	0.1	0.05	0.5, 5.0

3. 実験結果

各条件における空孔率の結果を Fig. 1(a)に示し、表面粗さの結果を Fig. 1(b)に示す. なお、空孔率は、試験片の断面から空孔の割合を算出しており、また表面粗さは試験片の掴み部を破断面に対し垂直に評価長さ 4 mm で測定した. Fig. 1(a)より、ハッチサイズが増加することで空孔率が減少していることが分かる. この結果は、先行研究と同様の結果を示しており、ハッチサイズの増加により表面が平滑化し、凹部に未溶融粉末を巻き込み難くなることが原因で空孔率が減少したものと

考えられる. 一方, 表面性状については, Fig. 1(b) より, ハッチサイズの増加により算術平均粗さ (Ra) および最大高さ粗さ (Rz) が減少していることが分かる.

次に,各ハッチサイズの S-N 線図を Fig. 2 に示す. Fig. 2 より,ハッチサイズ 0.5 mm に比べ,ハッチサイズ 5.0 mm の疲労強度が僅かに向上していることが確認できる.これは, Fig. 1 に示した空孔率および表面性状の違いが疲労強度に影響を及ぼすことを示唆する結果である.

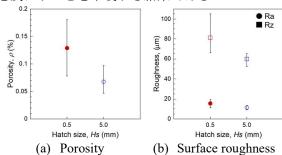


Fig. 1 Porosity and surface roughness for each hatch size.

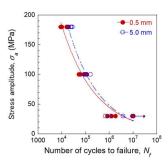


Fig. 2 S-N diagram of each Hatch size.

4. 結言

本研究では、金属積層造形物の疲労強度に及ぼ す造形物内部の空孔、および表面性状の影響について検討を行った。その結果、空孔率および表面 粗さが減少した条件において疲労強度が僅かに 向上する結果が得られた。

参考文献

 平田智丈,木村貴広,中本貴之,"AlSi10Mg 合金レーザ積層造形体の疲労特性におよぼ す内部空隙の影響",軽金属 第70巻 第4 号 (2020), 128-135

2021年度 年次講演大会 研究成果発表会 概要集 2021年 12月 一般社団法人 軽金属溶接協会 禁無断転載·複写



一般社団法人 軽金属溶接協会 技術調整委員会