

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K04100

研究課題名（和文）摩擦攪拌による異種金属接合体の疲労破壊メカニズムの解明と強度・信頼性向上の検討

研究課題名（英文）Clarification of fatigue fracture mechanism on dissimilar joint by FSW and improvement of reliability the joints

研究代表者

岡根 正樹（Okane, Masaki）

富山高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：90262500

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）：本研究では、摩擦攪拌接合（FSW）により、展伸アルミニウム合金と鉄鋼材料の接合体、ならびに、ダイカスト用アルミニウム合金と鉄鋼材料からなる異種金属接合体を創製し、それらの疲労試験を行い、応力比を系統的に変化させた基本的な疲労強度特性や、微視的な疲労破壊のメカニズムについて検討した。また、接合前後における、展伸Al合金と、ダイカスト用Al合金の微視組織の違いや、疲労破壊メカニズムにおよぼす微視組織の影響についても検討を加えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

摩擦攪拌接合（FSW）は、従来の溶接では事実上不可能とされた、異種金属の接合を実現できる技術であり、各種の機械構造物において、複数種類の材料を、適材適所で使用するマルチマテリアル構造の実現に、必要不可欠な技術として期待されている。本研究では、世界に先駆けて、FSWによる異種金属接合体の疲労強度特性を系統的に検討しており、新規性が高く、学術的な意義も大きいものと思われる。また、機械構造物を設計するためには、あらかじめ疲労強度特性の検討が必要不可欠なことから、本研究で得られた結果を、今後の機器設計に活かせる可能性があること等、社会的な意義も大きいものと思われる。

研究成果の概要（英文）：In this study, dissimilar joints of expanded aluminum alloy and steel, and joints of die-cast aluminum alloy and steel were prepared by friction stir welding (FSW) at first. The fatigue tests were carried out for clarifying basic fatigue strength properties and for investigating the fatigue fracture mechanisms under micro scale of both joints. Further, the microstructural differences between the expanded Al alloy and the die-cast Al alloy before and after the FSW and the effect of microstructure on the fatigue fracture mechanism were also investigated.

研究分野：材料強度学，破壊力学

キーワード：FSW 異種金属接合体 展伸アルミニウム合金 ダイカスト用アルミニウム合金 鉄鋼材料 A6063 ADC 12 S45C

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

地球環境保全や環境問題への世界的な取り組みの中で、各種機械構造物の軽量化への必要性が、以前にも増して高まっている。機械構造物の軽量化には、アルミニウム (Al) に代表される軽金属材料の多用が有効であるが、強度保証や信頼性の観点から、すべてを軽金属に置き換えることは現時点では賢明とは言えない。そこで、各部材のうち、強度が要求される部材には鉄鋼材料を用い、強度の要求が最重要ではない部材には軽金属材料を用い、強度信頼性を維持しつつ軽量化を実現する、いわゆるマルチマテリアル構造が期待されている。マルチマテリアル構造の実現には、異種金属材料の接合技術が必要不可欠であるが、例えば、鉄鋼材料とAl合金の溶融溶接では、接合部に脆弱なAlとFeの化合物層が生成し、実用強度を得ることが事実上不可能である。また、ボルトやリベット等による締結も、重量の増加や生産効率が下がるという観点から、マルチマテリアル構造に対しては、最適とは考えにくい。

摩擦攪拌接合 (FSW) は、1991年に英国溶接研究所で開発された比較的新しい接合法で、高速回転する高硬度な専用ツールを被接合材に押付け、摩擦熱で軟化した材料内にツールを挿入して攪拌し、材料どうしを練り混ぜる固相接合の一種である。FSWの特長は、被接合材が溶融しないので、接合時の温度が低く、組織への熱影響を小さくできることにあり、Al合金どうしのFSWは、既に一部の自動車フレームや鉄道車両の構体に適用実績がある。一方、FSWは、異種金属材料の接合にも有効で、接合温度が低いというその特徴から、化合物層の生成を抑えることができ、マルチマテリアル構造として最も重要な組合せである、鉄鋼材料とAl合金の接合にも適用可能である。

FSWによる異種金属接合体を機械構造物に適用するためには、設計や保守の観点から、強度特性、とりわけ疲労強度特性の把握が必要不可欠である。ところが、現時点でのFSWによる異種金属接合体の研究は、世界的にも未だに加工学的な観点からの検討、すなわち接合方法そのものの検討例がほとんどであり、強度特性を系統的に扱ったものは、申請者のものを除けば、ほとんど皆無に等しい。つまり、異種金属接合体の系統的な強度特性評価が、接合方法の検討に十分にフィードバックされているとは言い難く、見方によっては、絨毯爆撃的に材料の組合せや加工条件を変化させ、接合が可能であったか否かのみを論じているのが現状であろう。

申請者はこれまで、世界に先駆けてFSWによるAl合金と鉄鋼材料接合体の疲労特性を検討してきた。それらの検討結果から、より高強度で信頼性の高い接合体を得るためには、疲労破壊の詳細なメカニズムを検討することが最重要との結論に達した。

そこで本研究では、研究課題の核心をなす学術的「問い」を、『各種の機械構造物において、マルチマテリアル化を促進するため、より高強度で信頼性の高い異種金属接合体を得るための最適接合条件』とし、そのために、FSWによるAl合金と鉄鋼材料からなる異種金属接合体の疲労強度特性を明らかにする研究の一環として、疲労破壊のメカニズム解明に取り組む。

## 2. 研究の目的

申請者による、これまでの研究から、FSWによる「Al合金展伸材と炭素鋼」、および「Al合金ダイカスト材と炭素鋼」からなる異種金属接合体について、それぞれ、基礎的な疲労強度特性は、ある程度明らかになっているものの、詳細な疲労破壊のメカニズムについては、不明な点が多い。したがって、この疲労破壊のメカニズムを明らかにすることで、異種金属接合体の特徴的な疲労特性を明らかにし、前述の「問い」に答えることが、本研究の主目的である。

## 3. 研究の方法

まずは、摩擦攪拌作用による、Al-Mg-Si系合金A6063 (展伸材) と、機械構造用炭素鋼S45Cの異種金属接合体、ならびに、Al-Si-Cu系合金ADC12 (ダイカスト材) とS45C接合体の接合加工実験を行う。その際、これまでの経験や実績を元に、考えられるいくつかの接合条件で試行し、最適な条件を模索する。得られた接合体における接合領域の特性を把握するため、硬さ測定や組織観察を行う。その後、接合体から強度試験用の試験片を機械加工し、引張試験や疲労試験を実施し、基本的な疲労強度特性を把握し、試験後の破面観察等を通じ、疲労破壊過程の解明を行う。また、A6063/S45C接合体については、強度特性におよぼす後熱処理の影響を把握するため、適切な時効処理を施した接合試験片を用いた疲労試験を実施し、基本的な疲労特性を把握するとともに、疲労破壊過程の検討を行う。

## 4. 研究成果

### (1) A6063/S45C接合体に関する研究成果

#### (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、Al-Mg-Si系合金A6063-T5と、機械構造用炭素鋼S45Cの板材 (いずれも300mm×60mm×6mm) を用い、これらを摩擦攪拌により突合せ接合し供試材とした。本研究で用いた接合ツールは、超合金製のM5ねじプロブ部と、直径20mmのショルダー部 (ハイス製) で構成されている。接合にはマシニングセンタを用い、ツール回転速度を2000rpm、ツール送り速度を400mm/minとして行った。接合の際には、プロブの側面が0.05mmだけS45C側に食い込むように位置制御し、ツールの送り方向と回転方向が一致する側、Advancing Side (AS) がS45Cとなるようにした。

### (1)- 接合体への後熱処理

接合後の一部の接合体に A6063 における T6 処理の時効工程に準拠した後熱処理（大気炉内で 175℃、8 時間保持後、空冷）を施した。図 1 に、接合界面近傍の A6063 内の硬さ分布を示す。図から、接合により、界面から 10mm 程度の領域には軟化領域が形成されているが、後熱処理を施すことにより、最軟化部等一部の領域を除き、硬さが回復していることがわかる。

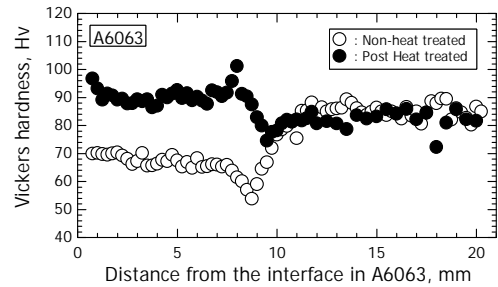


図1 接合界面近傍の硬さ分布

### (1)- 試験片形状および疲労試験方法

図 2 に、疲労試験片の寸法形状を示す。試験片は、S45C と A6063 の接合界面が、試験片の長手方向に対して垂直になるようにし、A6063 内の軟化領域が表点間距離内に収まるようにするため、界面が試験片の中心から S45C 側に 5mm ずれている。機械加工後は、表面をエメリー紙で長手方向に #2000 まで研磨後、粒径 0.3μm のアルミナ粉末を用いてバフ研磨を施した。疲労試験には、容量 98kN の電気油圧サーボ疲労試験機を用い、大気中室温の実験室雰囲気中で、正弦波荷重制御、試験周波数 20Hz、応力比  $R=0.1$ 、 $R=-1$  の条件で実施した。また、繰り返し数が  $1 \times 10^7$  cycle で試験片が破断に至らなかった場合には、その時点で疲労試験を打ち切りとした。

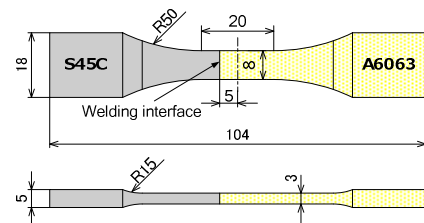


図2 疲労試験片形状寸法 (A6063/S45C)

### (1)- 疲労試験結果

図 3 に、応力比  $R=0.1$  の疲労試験結果から得られた疲労寿命線図を示す。縦軸は応力振幅、横軸は破断繰返し数であり、矢印が付いた実験点はその時点で試験片が破断しなかったことを示している。図中、○と□のプロットが未熱処理材の結果であり、●と■が後熱処理材の結果である。本接合材は 2 種類の疲労破壊形態を示したことから、疲労寿命線図上でもそれらを区別し、それぞれ白抜きのプロット（○、□）は、破断位置が A6063 内の軟化領域端部近傍、黒塗りのプロット（●、■）は破断位置が界面近傍であることを表している。また△は A6063-T5 材の疲労試験結果である。10<sup>7</sup> cycle 時点での疲労強度は、未熱処理材が 50MPa 程度、熱処理材が 61MPa 程度、A6063-T5 材が 74MPa 程度であり。接合加工、すなわち軟化領域の形成により、疲労強度が A6063 母材のその 68% 程度にまで低下するものの、後熱処理により同 83% 程度にまで回復していることがわかる。

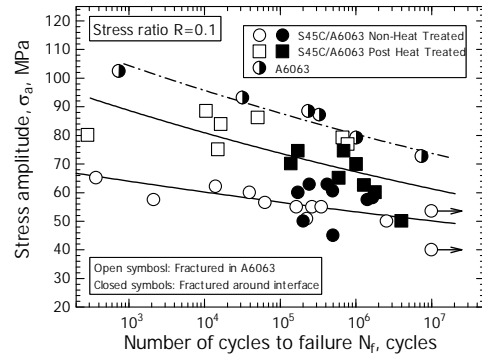


図3 疲労寿命線図 (A6063/S45C,  $R=0.1$ )

図 4 に、応力比  $R=-1$  の疲労試験結果から得られた疲労寿命線図を示す。図中、○と□のプロットが未熱処理材の結果で、●と■が後熱処理材の結果、白抜き、黒塗りの違いは、図 3 同様である。また、△は、A6063-T5 材の疲労試験結果である。図から、未熱処理材の短寿命域で、若干の疲労強度低下が認められるものの、前述の  $R=0.1$  の場合に比べると、いずれの疲労寿命線図にも大きな差がないことがわかる。10<sup>7</sup> cycle 時点での疲労強度は、未熱処理材が 82MPa 程度、熱処理材が 86MPa 程度、A6063-T5 材が 80MPa 程度であった。別に実施した、引張試験の結果によれば、A6063-T5 材の引張強さが 205MPa 程度だったのに対して、未熱処理材のそれは 140MPa 程度、後熱処理材の場合は 195MPa 程度であり、軟化領域端部での塑性変形が顕著な  $R=0.1$  の場合は、ほぼ引張試験と同程度の強度低下となっていた。

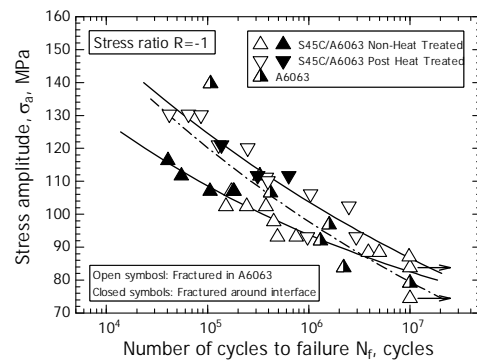


図4 疲労寿命線図 (A6063/S45C,  $R=-1$ )

一方、 $R=0.1$  と  $R=-1$  の結果を比較すると、引張の平均応力が作用する  $R=0.1$  の場合が、完全両振りである  $R=-1$  の場合に比べて疲労強度が低下しており、10<sup>7</sup> cycle 時点での疲労強度で、未熱処理材は 60% 程度、熱処理材は 70% 程度にまで低下していた。

### (1)- 疲労破壊形態

本研究で用いた接合体は、未熱処理材、後熱処理材いずれの場合も、応力比にかかわらず、2 種類の破壊形態を呈している。一つは、A6063 内の軟化領域端部近傍での破壊であり、もう一方は、界面近傍での破壊である。図 5 に、未熱処理材における、A6063 内での破壊の巨視的観察例を示す。同図 (a) は、 $R=-1$  の場合であり、(b) は、 $R=0.1$  の場合である。図からわかるように、 $R=-1$



の場合は、界面から10mm程度  
の軟化領域端部で破断しており、 $R=0.1$ の場合は、ほぼ同じ位置での破断であるが、大きな塑性変形を伴っていることが特徴である。

図6に、界面近傍で破断した熱処理材試験片の、巨視的な観察例を示す。

図からわかるように、界面から8mm程度の位置に、明瞭な二次き裂が発生している。この位置は、軟化領域の端部付近に該当することから、A6063内で破断する場合には、主き裂となるものであると推察される。FSWやFSSWによる、異種金属接合体の疲労破壊に関するこれまでの検討から、一つの疲労寿命線図上で、破壊形態が変化する場合、繰返し負荷過程に、複数の破壊が同時進行し、いずれかが臨界に達した時点で破断すると考えるのが妥当である。本供試材においても、同様に、界面近傍、および軟化領域端部付近において、同時に疲労破壊が進行していたものと思われる。

(1)- A6063/S45C接合体に関する結言

摩擦攪拌によるA6063/S45C接合体を用いた疲労試験を行い、応力比の影響、後熱処理の影響について検討した。得られた主な結論は以下の通りである。

- (1) 応力比 $R=0.1$ の場合、未熱処理材の疲労強度は、A6063母材のその68%程度にまで低下するものの、後熱処理によりA6063母材の疲労強度の73%程度にまで回復した。
- (2) 応力比 $R=-1$ の場合、短寿命域で未熱処理材の疲労強度が低下する傾向が認められたが、その低下割合は $R=0.1$ の場合に比べると僅かであり、長寿命域では、A6063母材、未熱処理材、後熱処理材、いずれの疲労強度も、ほぼ同程度であった。
- (3)  $R=0.1$ ,  $R=-1$ , いずれの応力比においても、未熱処理材、後熱処理材、双方の疲労破壊は、巨視的には、A6063内の軟化領域端部で破断する場合と、接合界面近傍で破断する場合の2種類の破壊形態が確認された。

(4) 接合界面で破断した試験片において、A6063内の軟化領域端部付近で二次き裂が観察されたことから、本接合材においては、界面での破壊とA6063内での破壊が繰返し負荷過程に同時進行し、いずれかが臨界に達した時点で破断に至るものと推察される。

(2) ADC12/S45C接合体に関する研究成果

(2)- 供試材および摩擦攪拌接合

本検討は、Al合金側の素形材として、ダイカスト用アルミニウム合金ADC12を用いた。ADC12は、事前に、大気炉中で、510℃、4時間保持後水冷（溶体化処理）、180℃、4時間保持後空冷（時効処理）の熱処理、いわゆるT6処理を施した。一方、鉄鋼材料側の素形材としては、受け入れ状態のままの機械構造用炭素鋼S45Cを用いた。用いた接合ツールは、前述のA6063/S45Cに用いたものとは異なり、超硬合金製でM5ねじ加工が施された長さ5mmのプロブ部と、スクロール溝加工が施された直径20mmのハイス製ショルダー部から構成されている。FSWにはマシニングセンタを用い、ツール回転速度1500rpm、送り速度80mm/minの条件で接合した。

(2)- 疲労試験片および疲労試験方法

図7に、疲労試験片の形状寸法を示す。試験片は、A6063/S45C同様に、接合界面が長手方向に対して垂直となるようにし、疲労試験片の厚さ4mmが、厚さ6mmのADC12/S45C接合体に対して、接合表面から深さ0.5mm～4.5mmまでに相当するよう機械加工した。疲労試験には、容量49kNの電気・油圧サーボ疲労試験機を用い、大気中室温の実験室雰囲気、正弦波、荷重制御、試験周波数20Hz、応力比 $R=-1$ ならびに $R=0.1$ の条件で実施した。また、繰返し数が $10^7$  cyclesで試験片が破断に至らなかった場合には、その時点で疲労試験を打ち切りとした。

(2)- 疲労試験結果

図8に、疲労試験より得られた疲労寿命線図を示す。縦軸は応力振幅、横軸は破断までの繰返し数を示しており、矢印がついた実験点は、 $10^7$  cycles時点で試験片が破断に至らなかったことを示している。図中、○は、応力比 $R=-1$ における、ADC12/S45C接合

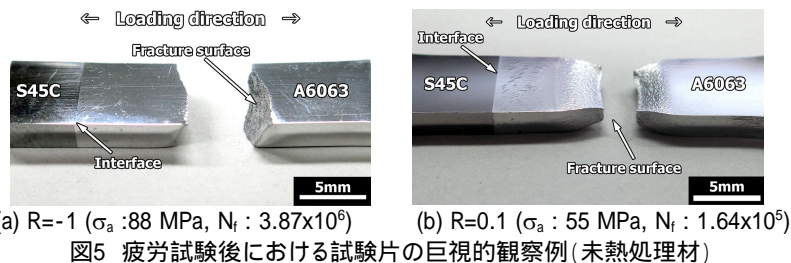


図5 疲労試験後における試験片の巨視的観察例(未熱処理材)

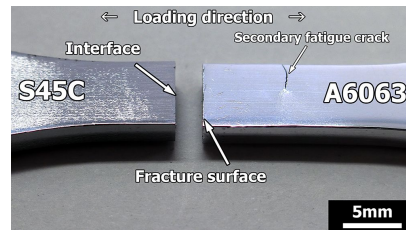


図6 二次き裂の観察例 (σa : 75 MPa, Nf : 6.93x10^5).

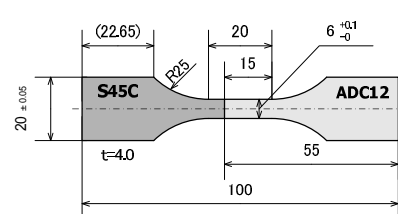


図7 疲労試験片形状寸法(ADC12/S45C)

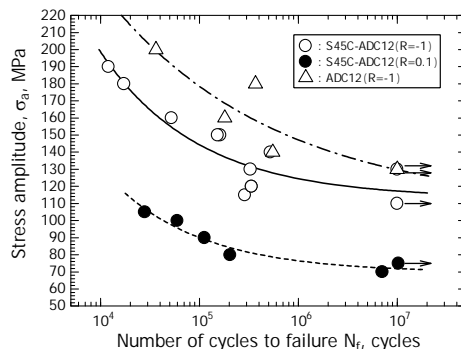


図8 疲労寿命線図(ADC12/S45C)

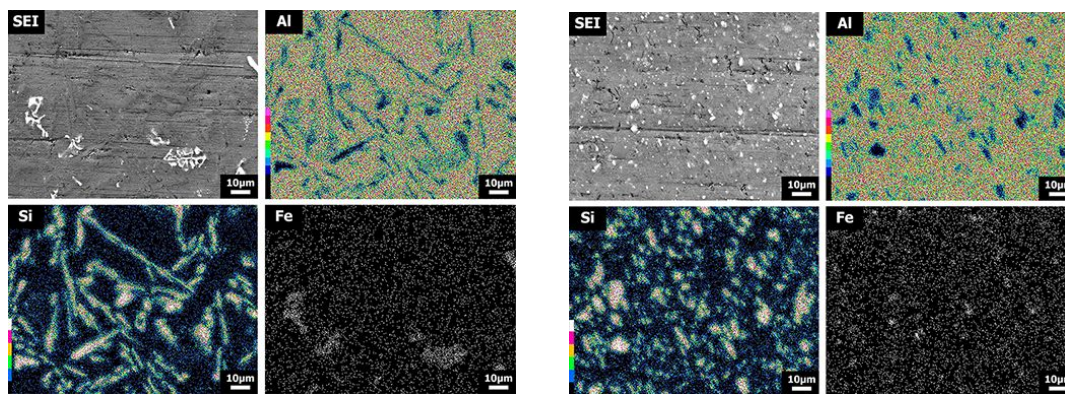
材の結果であるが、同応力比における、ADC12材の結果( )に比べ、全般的に疲労強度が下がっていることがわかる。10<sup>7</sup>cycles時点での疲労強度は、ADC12材が130MPa程度、ADC12/S45C接合体が117MPa程度であった。詳細は後述するが、本接合体では、A6063/S45Cと異なり、破断はすべて接合界面から一定距離はなれたADC12内で生じていたことから、ADC12における母材の疲労強度に対して、接合体の疲労強度は10%程度低下したものと考えられる。一方、図中の は、応力比R=0.1での、ADC12/S45C接合体の結果であるが、R=-1の場合に比べ、大幅に疲労強度が低下している。10<sup>7</sup>cycles時点での疲労強度は72MPa程度であり、38%程度の低下であった。

## (2)- 試験片の観察、分析結果

図9に、破断後の試験片の巨視的な観察例を示す。破断は、いずれの応力比の場合でも、接合界面から6mm以上離れたADC12内、ほとんどの試験片で、接合界面から6~7mm前後の位置で破断が生じていた。ADC12/S45Cの場合は、A6063/S45Cと異なり、接合界面近傍のADC12内に軟化領域が形成されないが、本研究で接合に使用したプローブの直径が5mmであることから、これらの破断位置は、攪拌部の外縁近傍もしくは外側に相当するものと推察される。

図10に、破面近傍のSEM観察例を示す。本接合体では、接合時にプローブがS45Cを僅かに削るため、これらが小片となって、ADC12内に分散する特徴があるが、多くのS45C小片が、破断面近傍に分散していることがわかる。これまでの検討から、S45C小片は、接合時の塑性流動の影響で、攪拌領域外縁付近に集積することが確認されていることから、破壊が生じた箇所が、攪拌部の外縁近傍とした前述の推察を裏付けているものと思われる。

図11に、ADC12内のSEM/EDSによる観察・分析結果を示す。同図(a)は界面から15mm程度の母材部の観察例であり、(b)は、接合界面から2mm程度の攪拌部の観察例であり、いずれの図でも、左上が二次電子像の観察例で、左下がケイ素(Si)での面分析の結果である。図からわかるように、母材部では、ケイ素が針状に分散したダイカスト材特有の組織となっている。これに対して、(b)攪拌部では、おそらく接合時の攪拌作用による強変形の影響で、これらのSiが細かく砕かれ、粒状に分散していることがわかる。ケイ素の粒子は、母層であるアルミニウムに対して第2層粒子と考えられることから、母材部と攪拌部で強度が異なっており、このことが疲労破壊が両者の境界付近で生じた一因と考えられる。



(a) 母材部 (b) 攪拌部  
図11 ADC12母材部ならびに攪拌部のSEM/EDS観察分析例

## (2)- ADC12/S45C接合体に関する結論

摩擦攪拌によるADC12とS45Cの突き合わせ接合体を作製し、応力比R=-1ならびにR=0.1の条件下における、基本的な疲労強度特性を検討した。得られた主な結論は以下の通りである。

- (1) いずれのS45C/ADC12接合体においても、疲労破壊は、接合界面から6mm以上離れたADC12内で発生しており、10<sup>7</sup>cycles時点における接合体の疲労強度は、R=-1の場合は117MPa程度、R=0.1の場合は72MPa程度であった。
- (2) ほとんどの接合体では、疲労破壊は接合界面から6~7mm前後の位置で破断が生じており、この箇所は、攪拌部の外縁近傍もしくは外側に相当するものと考えられる。
- (3) ADC12材の母材部では、ケイ素(Si)が針状に分散していたが、攪拌部では、これらのケイ素は、おそらく摩擦攪拌作用により砕かれ、細かな粒子状となって分散していた。疲労破壊は、両領域の境界で発生することがわかった。

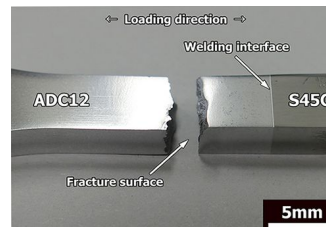


図9 破断試験片の観察例(ADC12/S45C)  
(R=-1,  $\sigma_a=115$  MPa,  $N_f=2.88 \times 10^6$  cycles)

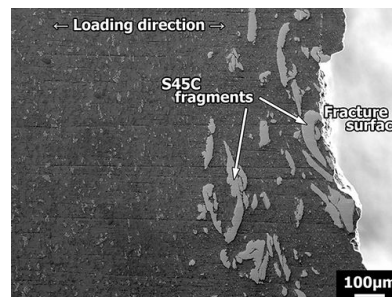


図10 破面近傍のSEM観察例  
(R=-1,  $\sigma_a=115$  MPa,  $N_f=2.88 \times 10^6$  cycles)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 OKANE Masaki, MAESAWA Yuto, CHAKI Toshimasa, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2019
2. 論文標題 Strength Properties of Butt Welded A5052/A6063 Joints by Friction Stirring	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Proceedings of Mechanical Engineering Congress, Japan	6. 最初と最後の頁 J04110 ~ J04110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmemecj.2019.J04110	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 Nojiri Hiroyuki, OKANE Masaki, CHAKI Toshimasa, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2021.58
2. 論文標題 Fatigue Properties of A5052/A6063 Dissimilar Joints by Friction Stirring	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Proceedings of Conference of Hokuriku-Shinetsu Branch	6. 最初と最後の頁 A033 ~ A033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmehs.2021.58.A033	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 MATSUURA Jo, OKANE Masaki, CHAKI Toshimasa, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2020
2. 論文標題 Effect of Stress Ratio on Fatigue Properties of Butt Welded S45C/A6063 Joints by Friction Stirring	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Proceedings of Mechanical Engineering Congress, Japan	6. 最初と最後の頁 J04216 ~ J04216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmemecj.2020.J04216	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 OKANE Masaki, SHITAKA Tetsuya, MATSUURA Jo, CHAKI Toshimasa, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2021
2. 論文標題 Effect of Stress Ratio and Post Heat Treatment on Fatigue Properties of S45C/A6063 Dissimilar Joints by FSW	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Proceedings of Mechanical Engineering Congress, Japan	6. 最初と最後の頁 J043 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmemecj.2021.J043-14	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 OKANE Masaki, CHAKI Toshimasa, Sakai Hisahiro, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2022
2. 論文標題 Fatigue Properties of Carbon Steel S45C and Die-cast Aluminum Alloy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Proceedings of Mechanical Engineering Congress, Japan	6. 最初と最後の頁 J043 ~ 06
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmemecj.2022.J043-06	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 OKANE Masaki, CHAKI Toshimasa, Sakai Hisahiro, YASUI Toshiaki, FUKUMOTO Masahiro	4. 巻 2023
2. 論文標題 Fatigue Properties of S45C/ADC12 Joints by FSW with Extended Stirring Region	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Proceedings of Mechanical Engineering Congress, Japan	6. 最初と最後の頁 S042 ~ 08
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jsmemecj.2023.S042-08	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 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 岡根正樹, 茶木智勝, 高田美咲, 酒井久裕
2. 発表標題 FSWによるS45C/ADC12異種金属接合体の 疲労強度特性におよぼす攪拌領域拡張の影響
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 2024年合同講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岡根正樹, 茶木智勝, 酒井久裕, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 攪拌領域を拡張させたFSWによるS45C/ADC12接合体の疲労強度特性
3. 学会等名 日本機械学会 2023 年度年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡根正樹, 茶木智勝, 酒井久裕, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 摩擦攪拌による炭素鋼S45Cとダイカスト用アルミニウム合金ADC12接合体の疲労強度特性
3. 学会等名 日本機械学会 2022 年度年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡根正樹, 志鷹哲哉, 松浦丈, 茶木智勝, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 FSWによるS45C/A6063接合体の疲労強度特性におよぼす応力比および後熱処理の影響
3. 学会等名 日本機械学会 2021年度 年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野尻浩之, 岡根正樹, 茶木智勝, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 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
3. 学会等名 軽金属溶接協会2021年度年次講演大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡根正樹, 茶木智勝, 酒井久裕, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 FSWによるS45C/ADC12異種金属接合体の疲労強度特性
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 2022年合同講演会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 松浦丈, 岡根正樹, 茶木智勝, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 摩擦攪拌によるS45C/A6063接合体の強度特性におよぼす応力比の影響
3. 学会等名 日本機械学会 2020年度 年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野尻浩之, 岡根正樹, 茶木智勝, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 摩擦攪拌によるA5052/A6063異種Al合金接合体の疲労強度特性
3. 学会等名 日本機械学会北陸信越支部 第58期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡根正樹, 野尻浩之, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 摩擦攪拌による異種金属接合体の疲労強度特性におよぼす応力負荷形式と後熱処理の影響
3. 学会等名 2020年度 先進的技術シンポジウム (ATS2020)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡根正樹, 前沢優斗, 茶木智勝, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 摩擦攪拌によるA5052/A6063接合体の強度特性
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 岡根正樹, 松浦丈, 田嶋大詠, 安井利明, 福本昌宏
2. 発表標題 鉄鋼材料/アルミニウム合金異種金属接合体における疲労破壊機構の基礎的検討
3. 学会等名 2019年度 先進的技術に関するシンポジウム(豊橋技科大)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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