

補助事業番号 2019M-183

補助事業名 2019年度摩擦攪拌技術と鑄造技術を組み合わせた補修・接合法の開発  
補助事業

補助事業者名 近畿大学工学部機械工学科 生産加工学研究室 教授 生田 明彦

## 1 研究の概要


本研究は、摩擦攪拌プロセスと鑄造プロセスとを利用した鑄造材の補修技術および厚板接合技術を確立するため、注湯条件および攪拌プロセス条件の関連を明らかにすることにより、本法における攪拌状態の最適化手法を見いだすことを目的とする。

## 2 研究の目的と背景

大型の鑄造物において引け巣等の鑄造欠陥が生じた場合、不足する材料を補いながら成形を行い、補修することは非常に困難を伴う。その際に考えられる最も簡便な補修法は、単純に不足した材料を、再度、鑄造プロセスで補充し、成形する方法であるが、補充した材料と母材部との一体化が困難であるなど、現状では達成が難しい。摩擦攪拌接合技術は良好な接合部を得られるなどの特徴があり、中でも摩擦攪拌プロセスは、材料を攪拌する特長を活かして、複数の母材部でもこれらを一体化して改質する技術として注目されている。そのため、鑄造プロセスと摩擦攪拌プロセスとを組み合わせた補修技術を開発することが本事業の目的である。また、本手法を深さ方向に積層するように適用すれば、摩擦攪拌接合が困難な厚板接合にも適用できると考えられる。これは平成28年度(公財)JKA研究助成により技術開発を行った薄板の摩擦攪拌接合を積層することによって厚板接合を達成する手法をさらに発展させ、より効率化を図った技術と言える。本手法は、欠損部に鑄造プロセスで材料を充填し、これを摩擦攪拌プロセスによって一体化させながら改質する。このように鑄造プロセスと摩擦攪拌プロセスを組み合わせた手法であるため、まず鑄造プロセスの特徴を明らかにする目的で注湯条件と鑄造組織との関係を明らかにし、鑄造部の充填状態の検討を行う。また、摩擦攪拌プロセスの特徴を明らかにする目的で、深い攪拌領域が得られるロングプローブツールを用いた際の、母材部と鑄造部を持つ複合的な領域に摩擦攪拌プロセス条件の探索を行う。その後、鑄造プロセスおよび摩擦攪拌プロセスそれぞれの検討結果から、実際に鑄造プロセスと摩擦攪拌プロセスを組み合わせる場合の鑄造および摩擦攪拌プロセス条件間の関連や各条件がおよぼす改質部の特性を検討する。加えて、攪拌部を積層して母材部と鑄造部を積層する発展型の手法についても検討を行い、鑄造物等の補修技術だけでなく、厚板接合法としても利用可能かを検証する。

## 3 研究内容

(1)摩擦攪拌技術と鑄造技術を組み合わせた補修・接合法の開発(<http://seisankakou.sub.jp/>)

本研究の基礎的な調査として、1に示すような模擬的な体積欠損部に鑄造を行い、摩擦攪拌プロセスを用いて改質・一体化させた場合、まず、鑄造しただけでは多くのブローホールが発生す

ることが明らかとなった。しかしながら、摩擦攪拌プロセスを行うとこれらの欠陥は、**図2**に示すように、ほぼ完全に消失させることが可能で、鑄造部と母材部も一体化可能あることがわかった。また、この時の改質部は、**図3**に示すように、機械的特性も大きく向上していることが明らかとなった。これは、単に鑄造した場合と比較して、摩擦攪拌プロセスにより、改質部の組織が均一な微細組織となり、硬さが若干低下することにより伸びが改善したための結果と考えられる。このような効果が得られる最適な摩擦攪拌プロセス条件について検討したところ、ツールの回転方向と進行方向とが一致するか否かで攪拌特性が異なる摩擦攪拌プロセスでは、鑄造部と母材部で材料特性が異なる。そのため、その違いが顕著になることにより、攪拌部に欠陥が発生する可能性があることを明らかにし、摩擦攪拌プロセスの施工方向と材料の配置との関係が欠陥発生に重要であることを明らかにした。加えて、本手法の発展的手法としての厚板接合への適用について検討した結果、鑄造と摩擦攪拌プロセスを繰り返して厚板接合を行い、通常の摩擦攪拌接合では達成不可能な板厚の材料接合に成功した。この場合、多パス化による熱履歴の影響が懸念されるが、**図4**に示すように、接合部の引張強度に若干の低下がみられるものの、伸びの改善には効果がみられ、本手法の有効性について十分な可能性があることが実証された。

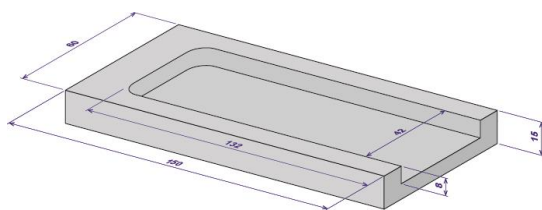


図1 体積欠損部をモデル化した溝形状金型

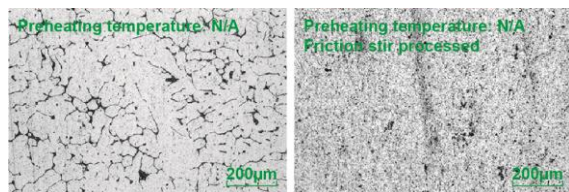


図2 充填部における組織観察結果 (FSPの有無)

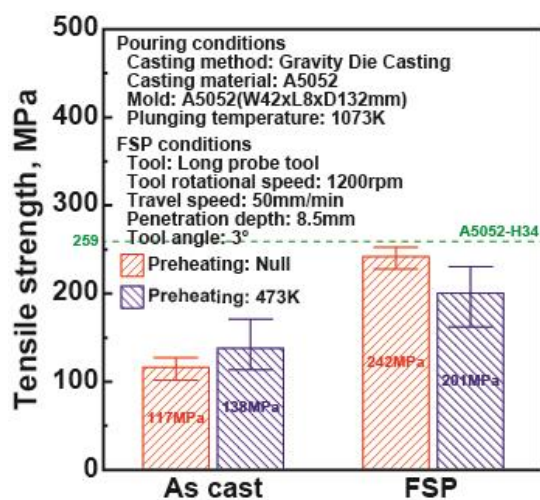


図3 摩擦攪拌プロセスによる充填材料改質部の引張強度

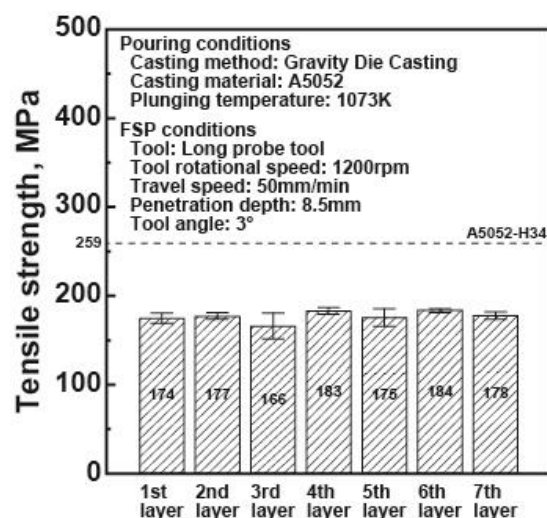


図4 接合部各層の引張強さ

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

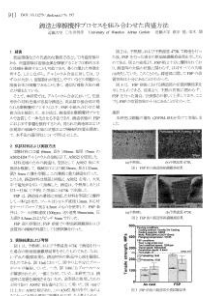
本研究で着目した手法は、補修方法として一般的な肉盛り溶接が困難なアルミニウム合金鋳物の問題を解決する一つを示したものである。また、発展的に、厚板接合が困難な摩擦攪拌接合の問題を解決する手法の一つを示したのものである。これらのことは、特別な機器等を用いることなく、摩擦攪拌接合が可能であればいずれも実施可能であるなど、一般化が可能な点に優れる。本研究の結果から、提案した手法の有効性を示すことはできたものの、直ちに産業界で適用できるとは思われないが、これまでに有効な解決方法がない中で、一般化が可能な機器等のみを用いて解決方法を示したことの意義は大きい。今後、本研究成果を基に特許申請などの権利化も視野に、生産加工分野への適用を図っていく予定であり、将来の実用化に向けて基礎的な知見となる可能性が極めて高いと思われる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

報告者は従来から一貫して材料加工に関する研究に取り組んでおり、その中でも近年は摩擦攪拌接合技術の中でも、接合ツールを中心とした研究テーマに取り組んでいる。これらの一貫した研究内容に関して、摩擦攪拌接合技術確立のための基礎的なデータの蓄積に主眼を置いた研究を行っているところで、本研究においては特に応用利用に関する新たな知見を、これまでの研究結果を複合して利用する手法を示しており、摩擦攪拌接合を用いた生産技術に新たな可能性を与える内容であると考えられる。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

日本鋳造工学会第176回全国公演大会講演概要集, pp. 193



日本鋳造工学会第176回全国公演大会講演概要集, pp. 196



## 7 補助事業に係る成果物

### (1)補助事業により作成したもの

該当なし.

### (2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当なし.

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 近畿大学工学部生産加工学研究室

(キンキダイガクコウガクブセイサンカコウガクケンキュウシツ)

住 所: 〒739-2116

広島県東広島市高屋うめの辺1番

担 当 者: 教授 生田 明彦 (イクタ アキヒコ)

担 当 部 署: 機械工学科 (キカイコウガツカ)

E - m a i l: [aikuta@hiro.kindai.ac.jp](mailto:aikuta@hiro.kindai.ac.jp)

U R L: <http://seisankakou.sub.jp/>