

Title	Evaluation of microstructural and mechanical properties on friction stir welded Ni-base superalloys
Author(s)	宋, 國鉉
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57455">https://hdl.handle.net/11094/57455</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	宋 國 鉉 <sup>キョン</sup>
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23830 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	Evaluation of microstructural and mechanical properties on friction stir welded Ni-base superalloys (摩擦攪拌接合したニッケル基超合金の微細組織及び機械的性質の評価)
論文審査委員	(主査) 教授 中田 一博 (副査) 教授 池内 建二 准教授 藤井 英俊

### 論文内容の要旨

本論文は、耐熱・耐食金属材料として知られているニッケル基超合金に対して、熔融溶接に代わる新しい接合法として摩擦攪拌接合法の適用の可能性を評価したものである。接合部の組織及び機械的性質に及ぼす合金組成、接合条件、接合後熱処理の影響を詳細に評価し、適切な接合条件下では接合部は母材よりも著しく微細結晶粒化し、接合継手強度は母材よりも向上することを明らかにすると共に、新たにレーザービームを予熱熱源として導入したハイブリッド摩擦攪拌接合法を提案しその有効性を示したものであり、全体を8章で構成した。

第1章では、本研究の背景と課題、および研究目的について述べた。

第2章では、使用材料の特性、摩擦攪拌接合法とその装置特性および接合条件、ならびに接合部の組織評価、機械的性質評価および後熱処理方法などの詳細を述べた。

第3章では、まず単相合金であるInconel 600に対して摩擦攪拌接合を行い、接合欠陥のない良好な接合部が得られる接合条件を明らかにすると共に、EBSD結晶方位解析により接合部に相当する攪拌部は、動的再結晶により母材に比較して結晶粒が数ミクロンメートルまで著しく微細化し、かつその平均結晶粒度は接合速度の増加と共に微細化されることを示し、これにより攪拌部の硬さおよび引張強度が母材よりも向上することを明らかにした。

第4章では、固溶・析出強化合金であり、かつInconel 600よりも高強度であるInconel 625に対して摩擦攪拌接合を行い、Inconel 600よりも接合条件範囲は狭いものの接合欠陥のない良好な接合部が得られることを明らかにすると共に、攪拌部は母材よりも著しく微細結晶粒化し、その硬さおよび引張強度が増加すること、さらに接合後の700℃/100hの後熱処理により接合部の硬さと引張強度は接合のままの状態よりさらに増加することを明らかにし、微細構造解析によりその析出強化機構を示した。

第5章では、析出強化合金であるInconel 718合金に対して第4章および第5章と同様の検討を行い、接合欠陥のない良好な接合部では母材よりも著しく微細結晶粒化し、その硬さおよび引張強度が増加すること、また接合後の720℃/8hの後熱処理により接合部の硬さと引張強度は接合のままの状態よりさらに増加することをその析出強化機構を含めて明らかにした。

第6章では、摩擦攪拌接合中に接合部の前方にYAGレーザービームを同時に照射して母材の予熱を行うハイブリッド摩擦攪拌接合法を提案し、Inconel 600に対して適用した結果、良好な接合部が得られる限界接合速度は通常の

摩擦攪拌接合では200mm/minのところ、ハイブリッド摩擦攪拌接合では450mm/minまで増加し、これにより攪拌部の結晶粒径はさらに微細化され、機械的性質も通常の摩擦攪拌接合部より向上することを示し、ハイブリッド摩擦攪拌接合の有効性を明らかにした。

第7章では、第3章から第6章で得られた各種ニッケル基超合金の結果について、特に摩擦攪拌接合部の結晶粒微細化と機械的性質の相関性に着目して総合的な考察を行った。

第8章では本研究の成果を総括し結論とした。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、耐熱・耐食金属材料として知られているニッケル基超合金に対して、熔融溶接に代わる新しい接合法として摩擦攪拌接合法の適用の可能性を評価したものである。

本論文では、まず単相合金である Inconel 600 に対して摩擦攪拌接合を行い、接合欠陥のない良好な接合部が得られる接合条件を明らかにすると共に、EBSD 結晶方位解析により接合部に相当する攪拌部は、動的再結晶により母材に比較して結晶粒が数ミクロンメートルまで著しく微細化し、かつその平均結晶粒度は接合速度の増加と共に微細化されることを示し、これにより攪拌部の硬さおよび引張強度が母材よりも向上することを明らかにしている。

次に、固溶・析出強化合金であり、かつ Inconel 600 よりも高強度である Inconel 625 に対して摩擦攪拌接合を行い、Inconel 600 よりも接合条件範囲は狭いものの接合欠陥のない良好な接合部が得られることを明らかにすると共に、攪拌部は母材よりも著しく微細結晶粒化し、その硬さおよび引張強度が増加すること、さらに接合後の 700°C/100h の後熟処理により接合部の硬さと引張強度は接合のままの状態よりさらに増加することを明らかにし、微細構造解析によりその析出強化機構を明らかにしている。

さらに、析出強化合金である Inconel 718 合金に対して同様の検討を行い、接合欠陥のない良好な接合部では母材よりも著しく微細結晶粒化し、その硬さおよび引張強度が増加すること、また接合後の 720°C/8h の後熟処理により接合部の硬さと引張強度は接合のままの状態よりさらに増加することをその析出強化機構を含めて明らかにし、得られた各種ニッケル基超合金の結果について、特に摩擦攪拌接合部の結晶粒微細化と機械的性質の相関性に着目して総合的な考察を行っている。

また当該プロセスの実用化の観点から、摩擦攪拌接合中に接合部の前方に YAG レーザビームを同時照射して母材の予熱を行うハイブリッド摩擦攪拌接合法を提案し、Inconel 600 に対して適用した結果、良好な接合部が得られる限界接合速度は通常の摩擦攪拌接合の 2.5 倍まで増加可能であり、これにより攪拌部の結晶粒径はさらに微細化され、機械的性質も通常の摩擦攪拌接合部より向上することを示しハイブリッド摩擦攪拌接合の有効性を明らかにしている。

以上のように本論文は、耐熱・耐食金属材料として知られているニッケル基超合金に対して、熔融溶接に代わる新しい接合法として摩擦攪拌接合法が適用可能であることを、接合部の微細組織及び機械的性質に及ぼす合金組成、接合条件、接合後熟処理の効果の詳細な評価と学術的解析により明らかにし、適切な接合条件下では接合部は母材よりも著しく微細結晶粒化し、接合継手強度は母材よりも向上することを明示すると共に、新たにレーザービームを予熱熱源として導入したハイブリッド摩擦攪拌接合法を提案し、その有効性を明らかにしている。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。