



Title	摩擦攪拌接合による鉄鋼材料のオーステナイト安定化と機械的特性の向上に関する研究
Author(s)	三浦, 拓也
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/55984
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (三 浦 拓 也)

論文題名

摩擦攪拌接合による鉄鋼材料のオーステナイト安定化と機械的特性の向上に関する研究

論文内容の要旨

本研究では、鉄鋼材料の摩擦攪拌接合（FSW）において、相変態挙動を伴う組織形成過程および機械的特性に及ぼす影響について、特に、接合部で見られたオーステナイト安定化挙動および引張特性への影響に着目して調査を行った。適切な接合条件下ではFSW中にオーステナイトが安定化し、残留オーステナイトのTRIP現象を利用した鉄鋼材料継手の強度—延性バランス向上への応用が可能であることが明らかとなった。

第1章では、研究背景として、加工熱処理を利用した鉄鋼材料の組織制御および機械的特性の向上について述べ、加工熱処理材へのFSW適用の有効性、およびFSW中の鉄鋼材料の組織形成過程を明らかにする必要性を示した。

第2章では、Cr-Mo鋼（SCM420鋼）を用い、FSW攪拌部に形成する組織と連続冷却試験により形成した組織の比較を行った。その結果、FSW攪拌部では、連続冷却試験において全面マルテンサイトとなる冷却速度であっても、微細フェライト粒の形成およびオーステナイトの残留が生じる事を明らかとなった。

第3章では、FSW攪拌部でオーステナイトの残留が生じる要因としてFSW中の塑性変形に着目し、SCM420鋼を用いて熱間加工試験を行った。その結果、1000℃に加熱したオーステナイトに対して $10^{-1}/\text{sec}$ 以上の比較的大きなひずみ速度で塑性変形を加えた場合にオーステナイトを残留させることが可能であることが明らかとなり、FSW中のオーステナイトへの高ひずみ速度での塑性変形オーステナイトを安定化させていることが示唆された。

第4章では、室温で十分な量の準安定オーステナイトを含むFe-24wt%Ni-0.1%C鋼をモデル材料として用い、FSW中の塑性変形によって形成するオーステナイトの加工組織とオーステナイト安定化の関係を調査した。その結果、オーステナイト粒径はFSW中に数 μm の等軸粒へと微細化され、さらに面積率が約30%から70%へと増加し、FSWによるオーステナイトの顕著な微細粒化と安定化が明瞭に観察された。

第5章では、Fe-24%Ni-0.1%C鋼を用い、接合条件の変更や液体CO₂を用いた急速冷却の併用による熱履歴の変化がオーステナイト粒の微細化およびオーステナイト安定化に及ぼす影響について調査した。その結果、接合温度が比較的低い場合に、冷却速度を向上させることでオーステナイトの微細化および安定化が促進されることが明らかとなった。

第6章では、6%Ni-x%C鋼（x=0.3～0.6）に対してFSWを実施し、オーステナイト安定化に及ぼす炭素量の影響を調査した。その結果、FSW攪拌部の残留オーステナイト面積率が、炭素量の変化よりも旧オーステナイト粒径の変化の影響をより強く受けていることが明らかとなり、FSWによるオーステナイト安定化が主にオーステナイト粒の微細化によって生じていることが示唆された。

第7章では、FSWによるオーステナイト安定化により形成した残留オーステナイトを含む接合部に対して引張試験を行い、オーステナイト安定化が継手の引張特性に与える影響を調査した。その結果、FSWにより安定化した残留オーステナイトが引張試験中にTRIP現象を発現し、加工硬化率の増加により均一伸びが向上することが明らかとなった。

第8章では、低合金TRIP鋼（0.1%C-1.5%Si-2.0%Mn）を用い、FSWによるオーステナイト安定化の実用材への適用可能性を検討した。その結果、FSW攪拌部においてオーステナイトの残留が見られ、TIG溶接継手と比較して優れた強度—延性バランスを示した。

第9章において本論文の総括を行った。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (三 浦 拓 也)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	藤井 英俊
	副 査	教 授	中野 貴由
	副 査	教 授	才田 一幸
	副 査	准教授	上路 林太郎

論文審査の結果の要旨

本論文では、鉄鋼材料の摩擦撹拌接合（FSW）継手の機械的特性の向上を目的として、接合部で見られるオーステナイトの安定化に着目して FSW 中の組織形成過程を熱間加工試験やモデル材料を用いて調査している。適切な接合条件下では FSW 中にオーステナイトの安定化が顕著となり、残留オーステナイトの TRIP 現象を利用して継手の機械的特性を向上することが可能であることを明らかにしている。

第 1 章では、本論文の研究背景、目的および本論文の概要を述べている。

第 2 章では、Cr-Mo 鋼（SCM420 鋼）を用い、FSW 撹拌部に形成する組織と連続冷却試験により形成した組織の比較を行い、FSW 撹拌部では、連続冷却試験において全面マルテンサイトとなる冷却速度であっても、微細フェライト粒の形成およびオーステナイトの残留が生じる事を明らかにしている。

第 3 章では、SCM420 鋼を用いて熱間加工試験を行い、 $10^{-1}/\text{sec}$ 以上の比較的大きなひずみ速度で冷却前のオーステナイトに塑性変形を付与することで、冷却後もオーステナイトを残留させることが可能であり、FSW 中の高ひずみ速度での塑性変形がオーステナイトを安定化させていることを明らかにしている。

第 4 章では、FSW 中に形成するオーステナイトの加工組織を調査するため、室温で十分な量の準安定オーステナイトを含む Fe-24wt%Ni-0.1%C 鋼をモデル材料として用いた結果、FSW 中の塑性加工によってオーステナイト粒径が数 μm へと微細化され、残留オーステナイト量が顕著に増加することを明瞭に観察している。

第 5 章では、Fe-24%Ni-0.1%C 鋼を用い、接合条件や急速冷却の併用による熱履歴の変化がオーステナイト粒の微細化およびオーステナイト安定化に及ぼす影響について調査し、接合温度が A_3 以下の比較的低い温度の場合に、冷却速度を向上させることでオーステナイトの微細化および安定化が促進されることが明らかにしている。

第 6 章では、6%Ni-x%C 鋼（ $x=0.3\sim 0.6$ ）に対して FSW を実施し、オーステナイト安定化に及ぼす炭素量の影響を調査し、残留オーステナイト量が、炭素量の変化よりも旧オーステナイト粒径の変化の影響をより強く受けていることにより、FSW によるオーステナイト安定化が主にオーステナイト粒の微細化によって生じることを明らかにしている。

第 7 章では、FSW によるオーステナイト安定化により形成した残留オーステナイトを含む接合部に対して引張試験を行い、オーステナイト安定化が継手の引張特性に与える影響を調査した。その結果、FSW により安定化した残留オーステナイトが引張試験中に TRIP 現象を発現し、加工硬化率の増加により均一伸びが向上することが明らかとなった。

第 8 章では、低合金 TRIP 鋼（0.1%C-1.5%Si-2.0%Mn）を用い、FSW によるオーステナイト安定化の実用材への適用可能性を検討し、FSW 撹拌部では TIG 溶接継手で問題となる残留オーステナイトの消失を低減し、継手の強度—延性バランスを向上させることが可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、FSW によるオーステナイト安定化挙動と接合部の機械的特性に及ぼす影響について、種々の鉄鋼材料について明らかにしており、そこから得られる知見は鉄鋼材料に対する FSW の適用において新たな指針を与えるものであり、材料工学の発展に寄与するところが多い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。