



| | |
|--------------|---|
| Title | 摩擦攪拌接合したチタン合金継手の微細組織制御と機械的特性の向上 |
| Author(s) | Yoon, Sungook |
| Citation | 大阪大学, 2016, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/55991 |
| 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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 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 (Sungook, Yoon (尹 盛煜))

論文題名

摩擦攪拌接合したチタン合金継手の微細組織制御と機械的特性の向上

論文内容の要旨

本研究では、代表的なチタン合金であるTi-6Al-4V合金を主たる対象としてFSWを実施し、接合部組織の様態とその形成メカニズムを明確にするとともに、接合時のプロセスパラメータの最適化指針を組織制御の観点から明らかにした。特に、接合時の被加工材温度を低温化することの有用性を見出した。また、チタンの低熱伝導率により生じる接合部の組織の不均一分布や、母材組織やチタン合金の加工性の違いによって生じる組織や集合組織の変化を明らかにした。

第1章は、序論であり、研究背景と目的について述べた。

第2章では、厚さ2mmのTi-6Al-4V合金板材に対して、従来研究で実施されてきた条件、すなわち、最高到達温度が β -transus温度以上となる温度でFSWを行い、その問題点を検討した。欠陥が見られない接合体を得ることが可能であるが、攪拌部の全面に、[0001]集積の強い集合組織を有するラメラ状組織が形成され、継手の延性が低いなどの問題を有していた。したがって、チタン合金のFSW接合部の微細組織と集合組織の制御を通じた接合部の特性の向上の必要性が確認された。

第3章では、厚さ2mmのTi-6Al-4V合金板材に対して、WC超硬合金とCo基合金ツールを用いて、最高到達温度が β -transus温度以下となる条件でFSWを実施して板厚方向に形成される微細組織の分布を明らかにした。攪拌部の微細組織は、チタンの低い熱伝導率による攪拌部内の温度勾配によって板材の厚さ方向に不均一な組織分布を示した。ツールの回転速度を低下させることで全面等軸粒組織を有する領域は増加した。全面等軸粒組織では、ラメラ状組織領域で見られた強い方位集積を有する集合組織は観察されなかった。特に、ツール材質やツール回転速度や接合速度の最適化により、等軸 α 粒組織を攪拌部の全面で形成させることが可能となり、継手特性改善の可能性を明らかにした。

第4章では、厚さ5mmを有するTi-6Al-4V合金板材とKS Ti-531C合金板材に対して接合中温度が β -transus温度以下となるように、それぞれFSWを行い、攪拌部の微細組織と集合組織の分布を調査した。Ti-6Al-4V合金継手では、ツール回転速度が小さいほど、攪拌部における等軸 α 粒径は小さくなる。また、表面からの距離が遠いほど結晶粒が小さくなった。また、チタン合金の種類に応じた攪拌部の組織形態と結晶粒径に有意な違いは観察されなかった。一方、チタン合金の種類に応じて、FSWプロセス中の塑性挙動の違いに起因する攪拌部の集合組織分布の変化が生じることを明らかにした。KS Ti-531C合金のFSW継手には、TDに沿った[0001]最大集積点の回転分布が接合方向に対して対称であったが、Ti-6Al-4V合金FSW継手では、その回転移動角度範囲は小さかった。

第5章では、前熱処理により母材組織を種々変化させて、厚さ5mmのTi-6Al-4V合金板材に対して β -transus温度以下となる温度でFSWを行い、初期組織がFSW継手の微細組織の形成に及ぼす影響を解明した。母材組織の違いに依らず、攪拌部の表面近くの領域では等軸 α 粒組織とラメラ状組織の混合領域が観察され、中心部付近から裏面側では全面等軸 α 粒組織が観察された。母材組織の影響は等軸 α 粒組織内に見られ、母材の結晶粒界密度が高い順に、微細な等軸 α 結晶粒が形成されていた。より微細な組織を有する母材を採用すると、継手の攪拌部組織の微細化が促進される理由は、初期結晶粒界が不均一変形を促進するためであると考察した。

第6章では、本研究で得られた主な結果について総括した。本研究により、チタンの低熱伝導率により生じる攪拌部の温度勾配による微細組織の不均一分布を解明し、 β -transus温度以下でFSWを実施して得られた全面 α 等軸粒組織を有する接合体がラメラ状組織の接合体よりも延性が大幅に上昇することを明らかにした。さらに、チタン合金の種類に応じて、FSWプロセス中の塑性挙動の違いに起因する攪拌部の集合組織分布の変化を明らかにし、初期結晶粒界が不均一変形を促進するため攪拌部組織の微細化が促進されることを明らかにした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 (尹 盛 煜) | | | |
|--|-----|-----|--------|
| | (職) | 氏 | 名 |
| 論文審査担当者 | 主 査 | 教 授 | 藤井 英俊 |
| | 副 査 | 教 授 | 安田 弘行 |
| | 副 査 | 教 授 | 廣瀬 明夫 |
| | 副 査 | 准教授 | 上路 林太郎 |
| 論文審査の結果の要旨 | | | |
| <p>本論文では、チタン合金の摩擦攪拌接合 (FSW) 継手に見られる接合部の金属組織形成メカニズムを明らかにし、組織制御の観点から継手の機械的特性の向上を達成できる接合プロセスパラメーターの最適化指針の獲得を目的としている。特に、FSW プロセス中に生じ得る相変態と再結晶に着目し、プロセス中の被加工材温度を従来条件よりも低温化して再結晶を利用する組織改質の可能性を追及している。本研究で得られた主たる知見を以下に総括する。</p> <p>第 1 章では、本研究の背景および目的について述べている。</p> <p>第 2 章では、代表的な Ti 合金である Ti-Al-V 合金の板厚 2mm を有する板材を母材として、従来研究で実施されてきた FSW のプロセス条件で継手を作製し、その組織と機械的性質を明らかにしている。結晶方位集積の強い集合組織を有するラメラ状組織が攪拌部に形成されることを明らかにするとともに、継手の延性が小さいことを示し、接合プロセスパラメーターのさらなる最適化の必要性について述べている。</p> <p>第 3 章では、Ti-Al-V 合金板材に対して、プロセス中の最高到達温度が当該合金の相変態温度である β-transus 温度以下となる低温での FSW による継手の作製について述べている。回転ツールの材質や回転速度および接合速度の最適化により、等軸 α 粒組織を攪拌部に形成させることが可能であることを示している。さらに、継手の室温引張試験結果を示すことにより、継手組織の等軸化による機械的特性の改善が可能であることを明らかにしている。</p> <p>第 4 章では、厚さ 5mm を有する Ti-Al-V 合金板材と Ti-Al-Cr-Fe-C 合金板材を母材として、β-transus 以下の接合温度で FSW を実施することより作製した継手の微細組織と集合組織を明らかにしている。いずれの合金の継手においても、ツール回転速度が小さいほど攪拌部に形成される等軸 α 結晶粒径が小さくなることを示している。さらに、チタン合金の種類の違いより生じる FSW プロセス中の塑性変形挙動の違いが、攪拌部の集合組織分布に変化をもたらすことを明らかにしている。</p> <p>第 5 章では、接合プロセスに先立つ前熱処理により母材組織を種々変化させた厚さ 5mm の Ti-Al-V 合金板材に対して、β-transus 以下の接合温度で FSW をすることにより得られた継手の組織解析を行い、FSW による微細組織変化に及ぼす母材の初期組織の影響を明らかにしている。母材組織の影響は継手に形成される等軸 α 粒組織内に見られ、母材の結晶粒界密度が高いほど、より微細な等軸 α 結晶粒が再結晶によって形成されることを明らかにしている。</p> <p>第 6 章では、本研究で得られた結果を総括している。</p> <p>以上のように、本論文は摩擦攪拌接合したチタン合金継手の微細組織制御と機械的特性の向上を図る上で重要な知見を得ており、材料工学の発展に寄与するところが大きい。</p> <p>よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p> | | | |