



Title	チタン合金部材の局所加熱スピニング法の開発
Author(s)	今村, 嘉秀
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/73563
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 （ 今 村 嘉 秀 ）	
論文題名	チタン合金部材の局所加熱スピニング法の開発
論文内容の要旨	
航空機・航空エンジン市場は今後も確実に成長することが見込まれており、その製造工程において生産性向上やコストダウン、リードタイムの短縮が可能な革新的な生産技術が求められている。本論文は、チタン合金製航空エンジン部材に対して効果的なニアネットシェイプ成形技術として、局所加熱スピニング成形法を考案し、各種成形実験及び数値シミュレーションを行い、考案した成形法の実現性、成形品の材料特性及び変形特性を明らかにしたものであり、その内容をまとめると以下の通りである。 第1章では、本研究の背景と目的について述べた。 第2章では、考案した局所加熱スピニング成形について述べるとともに、Ti-6Al-4V合金円板を用いた検証試験を通して、成形手法の実現性を確認した。成形品の機械的性質が材料規格を満足することを確認した。 第3章では、板厚の異なるTi-6Al-4V合金円板の成形品形状について調査し、直径490mm厚さ17mmと比較的厚肉のチタン合金円板に対しても局所加熱スピニング成形が適用可能であることを確認した。成形部の板厚は、素材板厚が薄い場合ではサイン則に従うが、素材板厚が厚い場合ではサイン則よりも厚くなることが確認され、成形品形状に対する初期素材の板厚依存性が存在することが明らかとなった。 第4章では、あらかじめ直径1.5mmの貫通孔を加工したTi-6Al-4V合金円板の成形試験を実施し、成形品の形状および貫通孔の変形特性を調査した。局所加熱スピニング成形の変形特性は、成形型を使用しない冷間スピニング成形に類似しており、成形序盤のせん断変形と曲げ変形が生じる領域、中盤のせん断変形が主に生じる領域、終盤の曲げ変形が主体となる領域、の3つのステージに分類されることが明らかとなった。 第5章では、実際の航空エンジン部材を想定して、大型Ti-6Al-4V合金円板の成形試験を実施し、成形品の材料特性および形状について調査した。大型チタン合金円板に対しても局所加熱スピニング成形は適用可能であり、成形品の機械的性質、金属組織が航空宇宙用材料規格を満足することを確認した。成形品の強度特性は、成形により生じる微細な結晶粒組織とグレインフローによって、一般的に報告されているTi-6Al-4V焼なまし材よりも向上することを明らかにした。変形特性は、第4章の結果と同様に3つのステージに分類されることが確認した。さらなるニアネットシェイプの手法として、プリフォーム素材の使用が効果的であることを確認した。 第6章では、局所加熱スピニングの数値シミュレーションを実施した。局所加熱を再現する手法として、移動可能な加熱要素を設定することで、成形試験結果を再現可能であることを確認した。有限要素解析により、成形ローラの送りは、成形中の素材の温度分布、曲げ変形、繰り返し塑性変形および板厚方向ひずみ分布に影響を及ぼし、その結果として成形品の板厚分布に影響を及ぼすことが明らかとなった。また、成形品形状に対する局所加熱成形の有効性が確認され、ローラ送りを途中で変更することにより板厚分布の均一化が可能であることも明らかとなった。 第7章では、析出硬化型ステンレス鋼である17-4PH鋼を用いた成形実験を行い、成形後に適切な熱処理を行うことで航空宇宙用材料規格を満足する成形品が得られることを確認した。17-4PH鋼の変形特性はTi-6Al-4V合金と類似していることが確認され、局所加熱スピニング成形の適用可否を検討する場合、材料の熱伝導率および変形抵抗の温度依存性が重要な因子であることが考察された。 第8章では、研究成果を総括するとともに今後の課題を示した。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (今 村 嘉 秀)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	宇都宮 裕
	副 査	教 授	安 田 弘 行
	副 査	教 授	小泉 雄一郎
	副 査	准教授	松 本 良

論文審査の結果の要旨

航空機・航空エンジン市場は今後も確実に成長することが見込まれており、その構成部材の製造工程において生産性向上やコストダウン、リードタイムの短縮が可能な革新的な生産技術が求められている。本論文は、チタン合金製航空エンジン部材に対して有効なニアネットシェイプ成形技術として、局所加熱スピニング成形法を考案し、成形実験及び数値解析を通して、考案した成形法の実現性、変形特性及び成形品の材料特性を明らかにしたものである。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、考案した局所加熱スピニング成形の原理について述べるとともに、検証試験によって成形手法の実現性を確認している。また、Ti-6Al-4V 合金成形品の機械的性質、金属組織を調査し、航空宇宙用材料規格を満足することを確認している。

第3章では、Ti-6Al-4V 合金の薄板材と厚板材の成形品形状について調査し、直径 490mm、厚さ 17mm と比較的厚肉のチタン合金円板に対しても局所加熱スピニング成形が適用可能であることを確認している。成形部の板厚は薄板材ではサイン則に従うが、厚板材ではサイン則よりも厚くなること、すなわち成形品形状は初期素材の板厚依存性を有することを明らかにしている。

第4章では、直径 1.5mm の貫通孔を加工した円板の成形試験を実施し、変形挙動を調査している。そして、局所加熱スピニング成形の変形は、成型型を使用しない冷間スピニング成形の変形に類似し、成形品は、序盤でせん断変形と曲げ変形が生じる領域、中盤でせん断変形が主に生じる領域、終盤で曲げ変形が主体となる領域、の3領域からなることを明らかにしている。

第5章では、実際の航空エンジン部材を想定して、大型 Ti-6Al-4V 合金板材の成形試験を実施し、成形品の材料特性および形状について調査している。大型チタン合金板材に対しても局所加熱スピニング成形は適用可能であり、成形品の強度特性は、成形により生じる微細な結晶粒組織とグレインブローによって、一般的な Ti-6Al-4V 合金焼なまし材よりも優れることを明らかにしている。また、プリフォーム素材の使用がニアネットシェイプ成形に有効であることも確認している。

第6章では、局所加熱スピニングの数値解析を実施している。局所加熱を再現するために、移動可能な加熱要素を導入することで有限要素解析を実現し、成形ローラの送りは成形中の材料の温度分布と繰り返し変形を介して、成形品の板厚分布に影響を及ぼすことを明らかにしている。

第7章では、析出硬化型ステンレス鋼 (17-4PH 鋼) の成形実験を行い、加工品の形状精度は Ti-6Al-4V 合金に比べてやや劣るものの、適切な熱処理を行うことで航空宇宙用材料規格を満足する成形品が得られることを確認している。

第8章では、研究成果を総括するとともに今後の課題を示している。

以上のように、本論文は、チタン合金製航空エンジン部材に対して有効なニアネットシェイプ成形技術として、局所加熱スピニング成形法を考案し、各種成形実験及び数値解析を行い、考案した成形法の実現性、変形特性及び成形品の材料特性を明らかにしたものであり、材料工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。