


(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	---

令和 元年 6 月 20 日
Year Month Day

学位 (博士) 論文要旨

(Doctoral thesis abstract)

論文提出者 (Ph. D. candidate)	工学府博士後期課程 機械システム工学 専攻 (major) 平成 25 年度入学 (Admission year) 学籍番号 13833703 氏名 中塚 永敏 (student ID No.) (Name)  (Seal)
主指導教員氏名 (Name of supervisor)	笹原 弘之
論文題目 (Title)	砥石内研削液供給によるチタン合金の高能率研削加工 に関する研究 Study on high efficiency grinding of titanium alloy with internal coolant supply
論文要旨 (2000 字程度) (Abstract(400 words)) ※欧文・和文どちらでもよい。但し、和文の場合は英訳を付すこと。 (in English or in Japanese)	<p>グローバル化社会の経済活動を支える産業の一つが航空機産業であり、近年 LCC 等の台頭もあり航空機需要および航空機エンジン需要は非常に大きくなっている。しかしながら環境問題や我が国における労働人口の減少など喫緊の課題も数多く抱えており、重量軽減による燃費効率の改善を含め新素材の活用や新しい加工技術の開発等、各分野において様々な技術革新が行われている。</p> <p>そのような背景のもと本研究は、砥石内研削液供給機構を用いてチタン合金を高精度で高効率な研削加工を実現することを最終目的としている。チタン合金は比強度が高く CFRP との親和性が高いこともあり機体やエンジン部品に多用されている。しかしながら熱伝導率が非常に低く難削材とされている。加工においては切削加工が主として用いられ、砥石の目詰まりや損耗が激しいため研削加工は難しい材料であるとも言われている。そこで、5 軸マシニングセンタでの使用も視野に入れ、チタン合金の高精度かつ高効率な輪郭加工を砥石内研削液供給による研削加工で実現すべく以下の課題に取り組んだ。</p> <ol style="list-style-type: none">1) 2 種類の砥石を使用し、同じ切込み量において研削温度や研削力や表面粗さ、残留応力の測定を行い、研削液の供給方法の違いや研削距離の違いによってチタン合金の加工面に及ぼす影響を明らかにする。2) 曲面又はブレード形状の試験片に対し、研削液供給方法の違いによる曲面形状をもつ

チタン合金の加工面への影響を明らかにする。

- 3) チタン合金の研削加工時における熱的引張残留応力の発生予測を有限要素法による解析により調査する。

第1章「緒論」では、社会的・工学的背景と本研究の背景を述べ、従来の研究を鑑みたまに本研究の独自性や重要性を示すとともに本研究の目的を述べている。

第2章「砥石内研削液供給機構」では、砥石内研削液供給機構の構造を説明するとともに本機構が砥石の形状研削加工を可能とする構造になっていることを述べている。また、本研究において使用するWA砥石とGC砥石の概要について述べている。

第3章「砥石の違いがチタン合金の研削面特性に与える影響」では、チタン合金研削時に外部ノズルと砥石内研削液供給の2種類の研削液供給方法により砥石の種類や研削距離、切込み深さを変化させた条件で実験を行った。その結果、GC砥石がWA砥石に比べチタン合金の加工において適していることを明らかにした。また目詰まりを抑制することや圧縮残留応力の大きさにおいて砥石内研削液供給機構による研削液供給の優位であることを明らかにしている。

第4章「砥石内研削液供給を用いたチタン合金の曲面加工」においては、外部ノズルと砥石内研削液供給の2種類の研削液供給方法により凸凹の曲面のチタン合金を研削し加工温度、表面粗さを調査した。その結果、凸面では外部ノズルを使用した場合、研削液が十分供給できない加工点があるため研削焼けが発生した。砥石内研削液供給では加工点に確実に研削液供給が行えることから曲面においても研削焼けが発生しなかったため、平面においても曲面においても均等な状況による研削加工を可能にすることを明らかにしている。また曲面加工においては、主軸の送り速度と実加工点の送り速度が違うが実加工点の送り速度が速い方が加工温度を抑制することも明らかにしている。

さらに自由曲面を持つタービンブレード形状の試験体を研削加工し、研削液供給方法の違いによる研削焼けの発生や表面粗さの調査を行った。研削焼けが発生しないことや表面粗さを大幅に減少させる効果から砥石内研削液供給の優位性を明らかにしている。

第5章「研削加工時の熱的要因による残留応力の予測」においては、実験で得られた加工温度と研削抵抗を用いて研削温度と残留応力を導出し、引張残留応力の発生予測を有限要素法による解析により行った。その結果、外部ノズルによる研削液供給と比べ砥石内研削液供給の方が被削材に流入するエネルギーを23%抑制することや引張残留応力が発生する切込み深さについて、解析的に明らかにできることを示した。

第6章「結論」では、以上のまとめとしての結論を述べ、今後の課題について述べている。

(英訳) ※和文要旨の場合(400 words)

The objective of this study is to realize high precision and high efficiency grinding of titanium alloy with the coolant supply from inner side of grinding wheel.

At first, white aluminum oxide (WA) vitrified bonded grinding wheel and green silicon carbide (GC) vitrified bonded grinding wheel was selected, and their grinding characteristics were compared. As a result, in the case of GC vitrified bonded grinding wheel, grinding ratio became 15 times and grinding force was small and compressive residual stress occurred. When grinding of titanium alloy, the effectiveness of the GC grinding wheel was clarified in the grinding characteristics.

Secondly, the convex and concave type workpieces were machined by internal coolant supply and external coolant supply, and the surface characteristics were compared. One nozzle or seven nozzles were used for external coolant supply. As a result, the surface roughness of the concave surface decreased by about 10 % compared with the one nozzle was used when the grinding fluid was supplied from the inner side of the grinding wheel. In the case of the convex surface, the surface roughness decreased about 20 % compared with the single nozzle was used, and it decreased about 9 % compared with the seven nozzles. When grinding of curved titanium alloy, the effectiveness of the coolant supply from inner side of grinding wheel was clarified.

At last, the grinding temperature and residual stress using the grinding temperature and resistance obtained in this experiment was examined, and the generation of tensile residual stress was investigated by using the finite element method. As a result, it was shown that compared with external coolant supply, the grinding with internal coolant supply reduced the energy flowing into the work material by 23% and it was shown that it is possible to analytically predict the depth of cut at which tensile residual stress occurs.