

(様式11)

論文審査の要旨 (課程博士)

生物システム応用科学府長 殿

審査委員 主査 石田 寛 ⑩

副査 秋澤 淳 ⑩

副査 上田 祐樹 ⑩

副査 笹原 弘之 ⑩

副査 中本 圭一 ⑩

学位申請者	<u>生体機構情報システム学 専修 平成 21 年度入学 学籍番号 09701202</u> 氏名 岡村 清志
申請学位	博士 (工学)
論文題目	チタン合金の低周波振動穴あけにおける工具摩耗と温度に関する研究 Study on tool wear and temperature in low-frequency vibration drilling of titanium alloy
論文審査要旨 (2,000 字程度)	
<p>次世代航空機などで使用頻度が高まっているチタン合金を効率的に加工する方法として、「低周波振動穴あけ」を提案している。低周波振動穴あけは通常のノンステップ穴あけにおけるドリル軸方向送りに、さらに 100Hz 以下の正弦波振動を重畳し穴あけを行う。これによりノンステップの場合と同じ加工時間でありながら、断続的にドリル軸方向に往復を繰り返すステップ穴あけと同様に断続切削を実現でき、切りくず排出性の向上や工具摩耗の抑制が可能となる。しかしながら、1kHz 以上の超音波を加えて穴あけを行う超音波振動穴あけについては多数の研究がなされているが、低周波振動穴あけの研究例は少なくチタン合金への有効性などは明らかになっていない。そこで本論文ではチタン合金へドライ加工を行い、低周波振動穴あけの有効性について検討を行うとともに、その有効性のメカニズム解明および解明結果を用いた低周波振動穴あけ時のドリル刃先近傍温予測シミュレータの開発を行っている。</p> <p>第 1 章「緒論」では、本研究の背景として次世代航空機へのチタン合金や CFRP の増加状況および、航空機組み立て時特有の環境、CFRP を用いていることによる加工条件の制限など、チタン合金へのドライ加工の必要性および特徴や問題点を述べている。また従来の研究や、類似研究についてまとめ、本研究の新規性および重要性を示し、本研究の目的について述べている。</p> <p>第 2 章「チタン合金への低周波振動穴あけによる貫通時温度と工具摩耗低減」では、低周波振動穴あけの原理について説明し、通常のドリル軸方向送りに周波数 100Hz 以下で振幅 1mm 以下の低周波振動を同時に</p>	

加えることで、ノンステップ穴あけと同等の加工時間において断続的な切削を可能とし有効に切りくずを分断できることを示している。また、加える低周波振動の振幅・周波数によってドリルと被削材間の相対速度や相対距離が大きく変化することを示し、これにより断続切削となる場合の振幅・周波数と、振動一周中に切削を行う実切削時間と非切削時間の長さおよびその割合との関係を明らかにした。またチタン合金へのドライ加工において、ノンステップ穴あけと振幅・周波数を複数に変化させた低周波振動穴あけとを行い、切りくず形状や加工後の工具摩耗を比較した。同時に、被削材の穴あけ完了後に陣笠状のバリとして残る箇所に K 型熱電対を溶接することで貫通時の温度測定を行っている。これによりチタン合金へのドライ加工において低周波振動穴あけでは、貫通時の温度の抑制、切りくず分断および形状変化による排出向上、ドリル逃げ面摩耗の抑制、被削材のバリ高さや厚みの減少、穴周辺の熱影響抑制などの有効性が得られることを示している。

第 3 章「工具-被削材熱電対法による切削点温度測定」では、低周波振動穴あけの摩耗抑制メカニズムを解明するため、工具-被削材熱電対法(工具と被削材間の接触面の熱起電力を測定し温度に換算する手法)によりドリル加工時の切削点温度の測定を行っている。また、同時に切れ刃の摩耗量測定および動力計による切削力測定を行っている。低周波振動穴あけの場合とノンステップで送りを大きくした場合との比較を行うことにより、低周波振動穴あけにおける工具摩耗抑制メカニズムについて検討している。その結果、低周波振動穴あけでは実切削時間中の切削点温度はノンステップの場合との温度差が小さいこと、また同じ回数の穴あけを行っても切削距離が短いことと非切削時間中に切削点での温度低下が生じることにより摩耗が抑制されることを明らかにした。

第 4 章「非定常伝熱解析による切れ刃近傍温度予測」では、低周波振動穴あけ時の工具摩耗に大きく影響する工具の温度を予測することを目的とし、まずドリル切れ刃の任意の位置でのすくい角と切り取り厚さに対応する切削主分力を実験的に求め、切削点で生じる発熱量およびそのうちの工具への流入割合を算出した。次いで、有限要素法によりドリル形状をモデル化し、断続的な熱流入に対する非定常伝熱解析を行う、低周波振動穴あけ時の切れ刃近傍温度予測シミュレータを開発した。工具切れ刃近傍に K 型熱電対を溶接し、切れ刃近傍温度測定を実験的に行い、解析結果との比較検証を行っている。その結果、低周波振動穴あけにおいて断続切削となる際に、非切削時間中に切れ刃近傍温度が低下すること、それにより切れ刃近傍温度の上昇が抑制されることが明らかとなった。また、シミュレーション結果は実験の結果をよく再現しており、妥当であることを示した。

第 5 章「結論」では、本研究を通して得られた内容についてまとめ、今後の低周波振動穴あけの展望について述べている。

以上要するに、本論文はドリルの軸方向に低周波振動を与えることにより難削材であるチタン合金のドライ加工を実現しその有効性を示すとともに、温度変化に着目した加工メカニズムの解明を行っている。得られた知見は工学的・工業的に寄与するところ大であり、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。