

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：51401  
研究種目：奨励研究  
研究期間：2022～2022  
課題番号：22H04206  
研究課題名 ハイレスポンス温度測定技術を用いた発熱させない超音波振動援用ドリル加工技術の開発

## 研究代表者

辻 尚史 (Tsuji, Naofumi)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・技術専門職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 470,000円

研究成果の概要：被削材に直径0.1mmのクロメルおよびコンスタンタンエナメル素線を穴あけ方向に沿って埋め込み、ドリルの刃先の温度測定を行った。

直径2mmのノンコート超硬ドリルにおいて、主軸回転数5,000/min、送り速度10mm/minの条件で超音波振動の有無と振幅の違いによる温度比較を行った。慣用加工は300℃であったのに対し、超音波振動を援用したドリル加工はいずれも380~400℃であり、超音波振動を援用しても温度が上昇する結果となった。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案した手法によって、刃先近傍の温度のみを取得することができ、加工現象の究明の一助となる。今回行った実験のように切削速度や送り速度が遅く、被削材の再結晶温度以下の加工となる場合、かえって凝着摩耗が促進することがある。そのため、あえて刃先温度を上昇させるような加工を行うことで摩耗が抑制できる可能性が考えられる。

研究分野：切削加工

キーワード：超音波振動援用加工 難削材 ドリル加工 温度測定

1. 研究の目的

近年、内燃機関用インジェクタや医療機器分野において、難削材への小径ドリル加工の要求が高まっている。これらの難削材は熱伝導率が極めて低く刃先に熱が滞留しやすいため、摩耗が促進しドリル寿命や穴寸法に影響を及ぼす。このように、加工現象を明らかにするためにはドリルの刃先温度測定技術が極めて重要となる。しかしながら、ドリルは潜りながら加工進展する特性上、測定が極めて難しい。先行研究では工具-被削材間熱電対法などが提案され様々な報告がされているが、本測定方法は接触箇所すべての温度が平均化されてしまい、純粋な刃先の温度のみを得ることが不可能である。そこで、本研究では熱電対を用いた新たな測定方法を試みた。また、本手法を用いて超音波振動を援用したドリル加工を行い、工具と被削材間の相対運動による温度抑制効果の検証を行った。

2. 研究成果

表1に実験条件を示す。被削材はTi-6Al-4Vを用い、φ2 mmの超硬ノンコートドリルで加工を行った。超音波振動は被削材を周波数 22.2 kHz で励振し発生させた。また、加工前に静電容量式変位センサを用いて振動振幅が 1, 2, 8 μm<sub>p-p</sub> を発生できるように交番電圧をそれぞれ設定した。温度測定への影響を排除するため、切削液は用いずドライ加工で実験を行った。

図1に温度測定の実験構成を示す。あらかじめφ0.3 mmの貫通穴を明け、φ0.1 mmのクロメルおよびコンスタンタンエナメル素線、すなわちE型熱電対を通線した。これらの素線は普段はオープン状態であるが、ドリルの刃先がこれらを断ち切った際に瞬間的にホットジャンクションが形成され起電力が生じる。この起電力をデータロガーで取得した。本手法は切断時のみに他の温度の影響を受けることなく測定される。すなわち、刃先近傍の温度だけではなく加工進展に伴う温度変化が取得できることになる。熱電対の通線後、φ2のドリルを用い中心から0.8 mmの位置が測定できるように位置決めし、深さ4.2 mmまで穴あけを行った。

図2に温度の測定結果を示す。図中の2点鎖線は各測定値の近似線である。測定値は離散的なものとなった。これは、熱電対がうまく形成されず、欠測となったためである。すべての加工条件の傾向として、深さ1.5 mmで温度はほぼ一定となった。また、慣用加工は最高で300°Cであったのに対し、超音波振動を援用したドリル加工はいずれの振幅においても380-400°Cであり、温度が上昇する結果となった。しかしながら、今回のように切削速度や送り速度が遅く、被削材

表1 実験条件

被削材	Ti-6Al-4V φ5
ドリル	超硬ノンコート φ2 mm
回転数	5,000 min <sup>-1</sup>
送り速度	10 mm/min
穴深さ	4.2 mm
超音波振動	22.2 kHz
周波数, 振幅	0, 1, 2, 8 μm <sub>p-p</sub>
切削液	ドライ加工

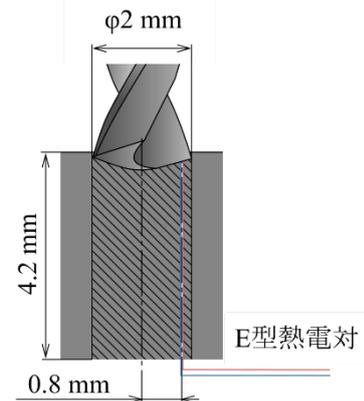


図1 温度測定実験構成

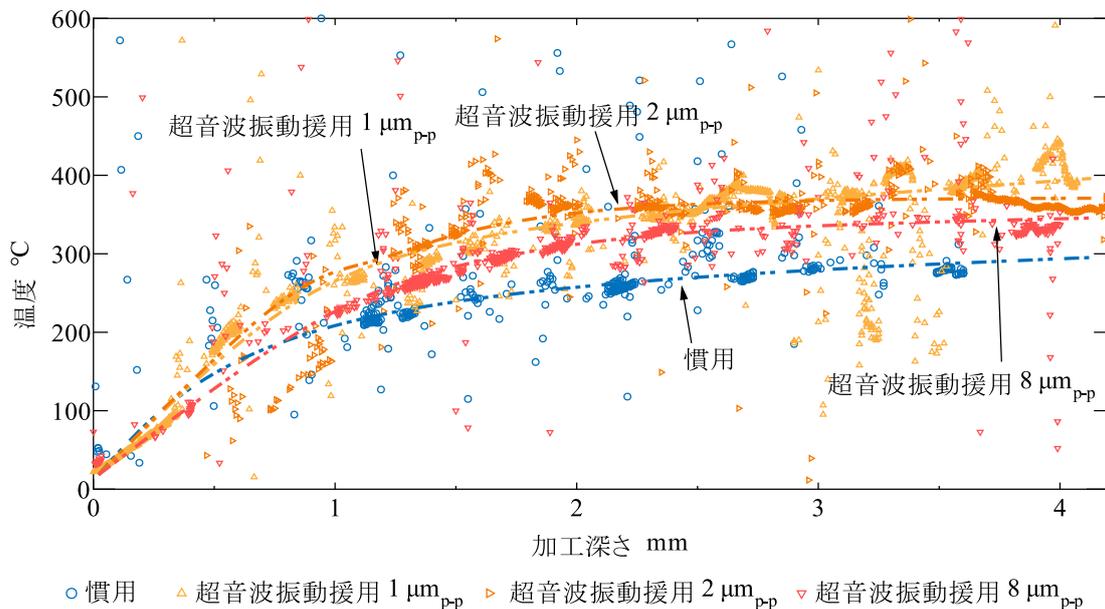


図2 ドリル加工時の刃先近傍温度

の再結晶温度以下の加工となる場合、凝着摩耗が促進することがある。そのため、あえて刃先温度を上昇させるような加工を行うことで摩耗が抑制できる可能性が考えられる。今後は、本研究で確立した温度測定方法を用い、刃先摩耗との関連を明らかにする予定である。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Naofumi TSUJI, Kota TAKASHIMA, Akira SAKURADA, Keisuke HARA, Kazuto MIYAWAKI and Hiromi ISOBE
2. 発表標題 Investigation of Wear Behavior Considering Critical Rotational Speed in Ultrasonic Vibration-Assisted Drilling
3. 学会等名 The 19th International Conference on Precision Engineering (ICPE2022 in Nara) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻尚史, 佐藤勝矢, 高島孝太, 川村拓史, 原圭佑, 磯部浩巳
2. 発表標題 超音波振動援用ドリル加工における加工メカニズムの究明 - 類似度による加工応力分布の評価方法に関する基礎検討 -
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naofumi TSUJI, Akira SAKURADA, Kota TAKASHIMA, Keisuke HARA, Hirofumi KAWAMURA, Kazuto MIYAWAKI and Hiromi ISOBE
2. 発表標題 Improvement of Engagement Behavior Utilizing Ultrasonic Vibration-assisted Drilling
3. 学会等名 International Conference on Leading Edge Manufacturing/Materials & Processing (LEM&P 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名