

超音波きさげ工具の開発

Development of an Ultrasonic Vibration-Assisted Scraping Tool

佐藤 高松, 當山 賢悟

指導教員 堤 博貴

東京工業高等専門学校 機械工学科 精密工学研究室

キーワード：超音波振動

1. 緒論

きさげ加工は、手仕上げによる表面加工法であり、平面度と潤滑性能に優れた定盤面や工作機械摺動面を仕上げることができる。ワーク面に光明丹と呼ばれる赤い顔料を塗布して、他の模範面とすり合わせながら「当たり」をとり、光明丹の濃淡で高い部分をみわけて、その部分を加工することで平坦な面を仕上げることができる。きさげ加工は熟練技能であり、今なお人間の手で行われている。腰に大きな負担がかかることから職業病の原因となっている。

超音波加工とは、工具もしくは工作物を強制的超音波振動させながら行う切削法である。

きさげ加工と超音波振動を有機的に結合し、初級者でも容易に利用できるように汎用性を高めた超音波振動援用きさげ工具の設計開発を試みる。これによりきさげ加工時の切削力を軽減し、他方、加工精度を向上させることで、初級者でも熟練技能者のような高精度な加工を実現したい。従来の研究では、フラットな板を28kHzの振動にさせてることで、なめらかな表面の創生が可能となった。

本報では、実用化に向けた取り組みとして、ランジュバン型振動子用い、CAEにより高速振動時の刃先の変位が最大となる形状に設計した。

2. 超音波きさげ工具について

2.1 加工原理

図1に通常のきさげ加工と超音波振動援用きさげ工具の加工メカニズムの比較をしたものを見ます。一般的のきさげ加工では、大きな加工力で食い込み→逃げを繰り返すため加工力の変動が非常に大きく、結果、表面が荒くなってしまう。一方、超音波振動援用きさげ工具では、ホーンにより工具を強制的に切削方向に振動させることで、ワークとは接触・非接触を繰り返し、断続的な加工となり、刃先銳利化、平均加工抵抗低減効果が期待できる。また、小さな力で加工

が進行するため、加工力の変動が小さく、表面をなめらかに仕上げる効果があると考えられる。

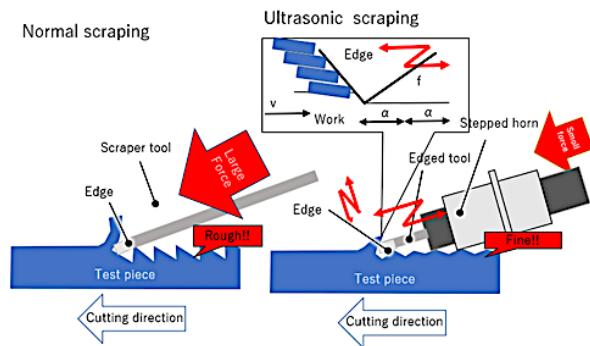


Fig. 1 Overview of ultrasonic cutting

2.2 工具の構造

電圧を加えると伸び縮みするランジュバン型振動子(本田電子 HEC-2528P2BF)を組み込み、振動子が共振する周波数に合わせて電圧を加えると振動を発生する。共振周波数は周波数に対するインピーダンスを測定し、インピーダンスの極小値を測定することにより求められる。振動子にねじ止めした超硬の刃先を振動させる。金属ホーンは端面の面積比に応じて変位を拡大し刃先の変位が最大となるような構造をとっている。振幅約 $2 \mu\text{m}$ 、駆動周波数 28 kHz とし、主分力 + 背分力の 2 軸振動の刃先を使用した。

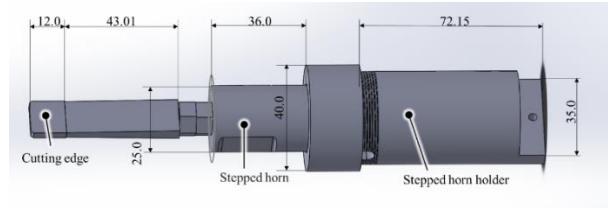


Fig. 2 Symmetric tool design

3. 加工力測定実験

3.1 実験の目的

超音波振動を加えることできさげ加工の加工力の軽減が実現しているのか確認することを目的とする。

3.2 加工実験装置

きさげ加工実験では、NC 汎用立てフライス (WASHINO) を用いて自動送りで加工を行った。加工機側は、波形生成装置 (DOUBLE Research & Development PZD-1) をきさげ工具に取り付けた。測定機側は、切削動力計 (KISTLER 9257B) を用いた。実験装置の概要を図 3 に示す。実験後の評価は、表面粗さ測定器 (SV-3000 CNC) を用いて加工面の算術平均粗さ R_a と顕微鏡観察にて行った。

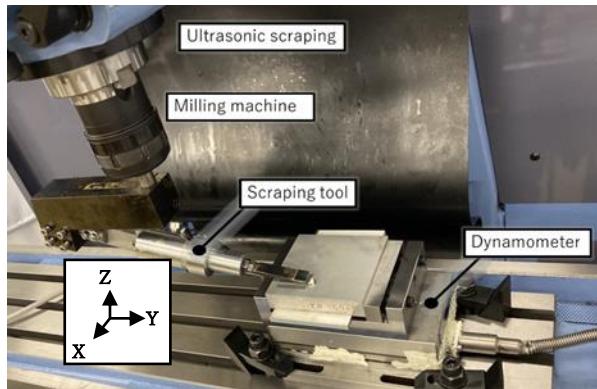


Fig. 3 State of scraping

3.3 実験内容

NC フライス盤のチャックの回転を固定し、治具を利用してきさげ工具を取り付けた。きさげ工具の振動周波数は 27 kHz とし、切削速度は 200 mm/min とした。試験片に対し工具を押し付け、Z 軸方向に 15N の荷重を加えた。測定はサンプリング周波数 1kHz で計測した。最初は超音波を付与せずに切削し、次に波形生成装置により振動を付与させることで同条件での比較実験を行った。

3.4 実験結果

実験結果を図 4 に示す。図 4 は、きさげ加工時の Y 軸方向の加工力を測定したものである。図 4 から超音波加工における加工力は上が 19 で下が 0 の約 20N の間で振動をしていることがわかる。それに対して慣用加工の加工力は 20N 付近で細かい振動をしている。そこから、加工時にかかる加工力の平均を考えたとき、超音波加工が約 10N で慣用加工が約 20N となり、明らかに時間平均でみた時の加工力の軽減が出来ていることがわかる。

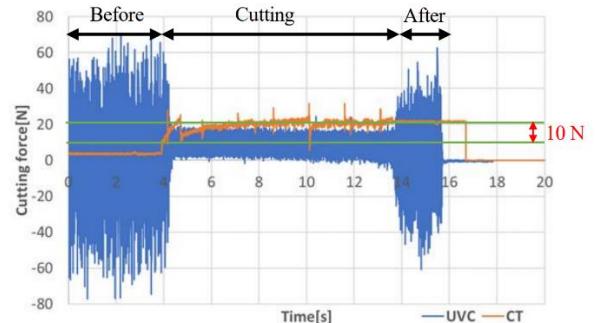


Fig. 4 Processing force measurement experiment(15N)

図 5 より、慣用加工は厚く長さの短い切りくずだが、超音波加工は厚さが薄く長さの長い切りくず形状をしていることがわかる。

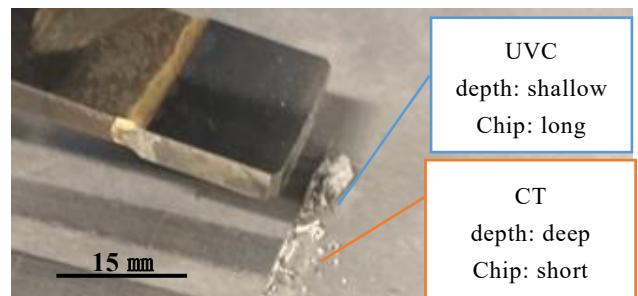


Fig. 5 Chip discharge

5. 結論

加工力実験において、超音波きさげ工具による加工力の軽減が確認でき超音波きさげ工具を用いる人の負担が減ることが分かった。

6. 現在の進行状況と今後の課題

超音波振動によるきさげ加工の加工力軽減が確認できた。

加工力がどの程度軽減できているか確認することと超音波加工による加工面の適正な評価が今後の課題として挙げられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり長岡技術科学大学の磯部教授、日本工業大学の神先生にご指導をございました。感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 高専花子, 卒業論文の書き方に関する研究, 東京高専論文集, Vol. 1, No. 1 (2021), pp. 1-8.
- (2) 磯部淳一郎, 振動加工と摩擦. 機械加工における摩擦問題(特集). 1973, p.1246-1253