

平成 30 年 6 月 28 日現在

機関番号：57102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13852

研究課題名(和文) 環境・金型・災害をキーワードとする新型工具の開発

研究課題名(英文) Development of a new type cutting tool for environmental conservation, metal mold manufacturing and disaster measures.

研究代表者

明石 剛二 (AKASHI, KOJI)

有明工業高等専門学校・創造工学科・教授

研究者番号：10202516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、穴あけ加工時に工具にかかる負荷を低減させることのできる新たな切削機構を実現することを目的としている。本研究を遂行することで工具にかかる負荷を低減させることが可能となり、環境保全対策のためのセミドライ深穴加工の実現化などが期待できる。具体的には、工具負荷を大幅に低減できる切削機構を提案し、試作工具を用いて加工実験を実施し、新たな切削機構が優れた性能を発揮することを明らかにした。また、新たに提案した切削機構は、金属加工だけでなく、さらに幅広い分野への対応が可能であることを明らかにし、提案した切削機構を用いた工具の幅広い適用性と実用化への指針を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Environmental conservation measures have been doing research in various fields. In the field of metal cutting, a reduction of cutting fluid is attracting a great deal of attention. The countermeasures is dry cutting and near-dry cutting. Dry cutting use no cutting fluid. Near-dry cutting use a little cutting fluid. If the cutting force is able to decrease, it is possible to reduce the amount of cutting fluid. Therefore, the purpose of this study is to develop a new type drill that reduce the cutting force. In the experiments, the thrust force is measured during drilling with the developed new tool. As a result, the maximum value of thrust force represent at the central part of twist drill. Because cutting speed value approach zero at the central part. On the other hand, this tool keep the cutting speed. The value of thrust force is low because of the effect of cutting mechanism with this tool. If a new type drill is developed, the near-dry cutting will be able to be realized.

研究分野：機械工作

キーワード：切削加工 穴加工 BTA方式工具 セミドライ 切削力

1. 研究開始当初の背景

現在、環境保全対策のための研究が盛んに行われている。切削加工分野においても、環境保全対策が求められるようになり、工作機械や加工方法など多面的な研究が遂行され成果をあげている。対策の1つとして、切削油を全く使わないドライ加工や極微量だけ使用するセミドライ加工が注目されている。しかし、多量の切削油を必要とする深穴加工においては、小径穴の加工を除いて、ドライ・セミドライの実用化は進んでいない。

特に BTA (Boring and Trepanning Association) 方式深穴加工法は非常に高い精度で加工でき、航空機分野や原子力分野などの部品製作に適用されるが、高圧多量の切削油を用いることが特徴である方式であるためにドライ・セミドライ加工の研究は行われていない。それは、誰もが、深穴加工のドライ・セミドライ加工を実現することは不可能に近いと考え、研究テーマとして選択することさえなかったためである。

研究代表者は穴加工(特に深穴加工)における精度向上に関する研究やツイストドリルの新たなシンニング法における切削力低減の研究を続けてきている。また、BTA方式工具を用いた小径深穴加工におけるセミドライ化の研究を開始しており、工具寿命の延長に加え、加工面性状を向上させる研究を遂行している。上記の研究成果を踏まえて、さらに穴加工の切削性能を上げるため(すなわち、工具にかかる負荷を小さくすること)の新たなアイデアを提案し、多方面での利用を目指した新型工具の開発を行い、幅広い応用分野での実用化への指針を得ることを目指している。

2. 研究の目的

本研究は、穴あけ加工時に工具にかかる負荷を低減させることのできる新たな切削機構を実現することを目的としている。工具にかかる負荷を低減させることにより、環境保全対策のためのセミドライ深穴加工の実用化や金型における自由形状の曲り穴加工の実現化が可能になる。また、難削材の穴加工を効率的に行うためにも加工中の工具負荷を低減させることが必要不可欠である。そこで、工具負荷を大幅に低減できる切削機構を提案し、試作工具を用いて加工実験を実施し、新たな切削機構が優れた性能を発揮することを明らかにする。さらに、試作工具を自走式とする機構を付加し、一定の曲率を持つ曲り穴加工が可能なシステムや災害時にロボットに装着可能なアタッチメント工具としても利用できる幅広く社会に貢献できる斬新な工具を開発する。

3. 研究の方法

本研究は、第1段階である新たな切削機構の提案と機構設計、第2段階である新型工具の開発(提案した切削機構を有する試作工具での加工実験と改良)、新型工具の幅広い適用性と実用化への指針を得る最終段階の3段

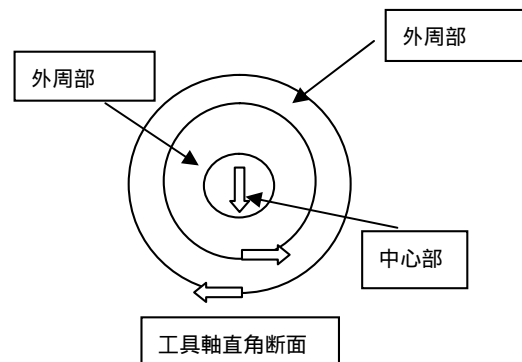
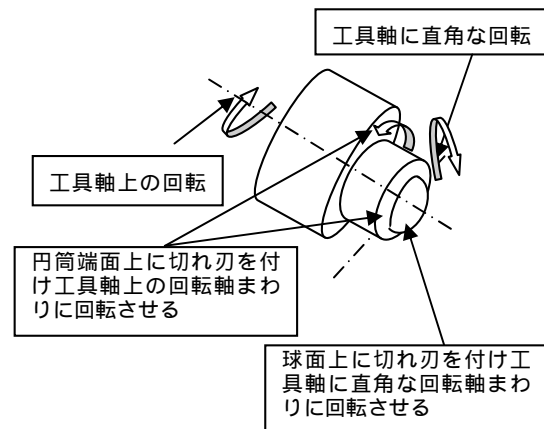
階に分けて研究計画を立案した。

平成27年度は、回転運動方式を用いた新たな切削機構の検討を主に行う。平成28年度は、さらに斬新な往復運動方式を用いた切削機構の検討を行うとともに、試作工具の開発に取り組み、環境・金型をキーワードとした研究に着手する。平成29年度は金属加工以外での適用も視野に入れ、上記の環境・金型のキーワードに加え、災害をキーワードとした幅広い分野での新型工具の性能実験を進める。さらに、工具のコンパクト化へ取り組み、将来的にはエネルギー・宇宙開発分野への利用も視野に入れた工具へと発展させるための指針を得る。

平成27年度(初年度)

1) 切削機構の提案を行う

切削力(特に軸力)は回転方向を変えることで速度0となる工具切れ刃の個所がなくなり減少できる。トルクは外周部との回転方向を逆にし、外周部との切れ刃部長さを最適化することでお互いのトルクを打ち消しあい限りなくトルク0への実現を目指す。



中心部：

工具軸直角方向に回転軸を持つ切削機構

外周部：

工具軸方向に回転軸を持つ切削機構

外周部：

工具軸方向に回転軸を持つ切削機構
(外周部 と逆回転)

2) 切削機構部のみを有する試作工具製作および基礎加工実験

切削力(特に軸力)やトルクの状況および切りくずの排出などの基礎データを取得する。

平成 28 年度(2 年目)

さらに斬新なアイデアである切削機構(中心部の往復運動方式機構の提案)

自然界で穴を掘る動物は往復運動により穴をあけている。穴掘り名人のモグラは前足で上手に穴をあけていくが、前足を回転させることはしない。土につめを押し込み、足を左右に動かし、これを繰り返して穴をあけている。そこで、工具中心部を回転運動ではなく、工具軸方向の運動を考え、モグラ方式穴加工を実現すべき機構を提案する。この場合、削岩機のような打撃を加えることができる役割も付加できる設計とする。

さらに、すでに構築している空気吸引 BTA 方式深穴加工法におけるセミドライ加工システムにおける試作工具の適用と大径穴加工の検証をする。セミドライ・ドライの穴加工において、切削力の低減は発生熱量の減少に繋がり、発生熱が大きくなる大径穴加工の実現化に大きな期待が寄せられる。

すでに、開発した加工システムに改良を加えて、本研究における加工実験に使用できる状態にある。今回開発する試作工具を用いることで、大径穴セミドライ深穴加工の実用化を図る。

次に、工具姿勢制御システムと開発した工具を連携させ、曲がり穴加工システムを構築する。加工時に発生する工具負荷を極力低減させることが可能な切削機構を実現することで、新たな自由形状の曲り穴加工法を確立させ、加工時間の短縮・良好な加工面性状を得ることができる革新的な技術開発を目指す。

通常の穴加工では工具の保持・推進や回転はシャンクを介して行われるが、そのシャンクは当然剛性が高いために工具先端部を自在に動かすことは不可能である。そのため、曲り穴加工を可能にするためにはシャンクをなくし、工具先端部のみで工具自身を保持し、推進する必要がある。そこで、自走式工具を実現化するための推進機構(工具自身の保持および送り機構)の設計を進め、一定の曲率を持つ曲り穴の加工を行い、問題点等の抽出・解決へのヒントを得る。

平成 29 年度(3 年目) 応用分野への適用

構築したシステムと試作工具を用いて、実際の金型を想定した曲り穴加工実験を行い、実用化の指針を得る(工具寿命の検討を含む)

自走式工具を如何に工具自身で支えて目的とする方向へ進めるかが最難関の課題となるが、前年度の研究成果を活かし、工具への負荷が大幅に低減できる新たな切削機構

が実現できれば、これに関する問題も解決でき、実際の金型冷却路に近い穴加工実験を行う。

また、環境対策とは逆に曲り穴加工では試作工具をできるだけコンパクトにしたい。現在、想定している試作工具径は 30mm であるが、さらに小径化を睨み改良設計を試みる。

新たに提案する切削機構(特に往復運動方式)は、金属加工だけでなく、さらに幅広い対応が可能である。例えば、災害時のコンクリート部材の破碎への応用として、中心部は切れ刃(ビット)の軸方向運動、中間部は切れ刃(ビット)の回転方向運動、外周部は切れ刃の回転方向の運動とし、鉄筋コンクリートに対して中心部でコンクリートを破碎し、中間部でコンクリートに拡大穴をあけ、外周部で鉄筋等の金属部を破断することが可能となり、大震災等の災害時に人命救助の点からも最大限の効果が期待できる新型工具への実証実験を行う。

さらに、御嶽山の噴火にみられるように、今後は救助用ロボットの実用化が進むことは間違いないが、一方で、救助の際には削岩機などの使用が必要となる。そこで、本研究の成果を生かし、工具負荷を低減した新型工具では、ロボット自身でその加工力を支えることが可能となるためにロボット用アタッチメント工具としての可能性も模索する。

コンパクトで工具負荷の小さい工具で自由形状の穴加工ができるために、地底探査用ロボットなどへの応用も可能であると考えられ、それらに対する設計指針を得る。

4. 研究成果

本研究は、第 1 段階である新たな切削機構の提案と機構設計、第 2 段階である新型工具の開発、新型工具の幅広い適用性と実用化への指針を得る最終段階の 3 段階に分けて研究計画を立案している。

第 1 段階では、回転運動方式を用いた新たな切削機構の検討を主に行った。現在の機械加工における穴加工では、工具中心を回転軸とする方式であるために工具中心部では速度が 0 となることや切込み量が工具半径となることが主な要因であり、すなわち、工具中心を回転軸とする方式では、外周に向かうほど切削速度が上がり、効率的な切削ができ切削力は小さくなるが反対にトルクに関しては外周ほど回転半径が大きくなり、その値は増す。切込み量が多い場合、加工中に工具に作用するトルクが大きくなり、工具にねじれが生じ、破断損傷することもある。下穴のない加工物に穴加工を行う場合、切込み量が工具半径となることは避けられないが、ここで工具に作用するトルクを低減できる方法があれば、問題の一つは解決できる。次に回転中心での速度が 0 となることにより工具中心切れ刃では切削が行われず、工具の中心部は、くさびによる作用と同じ効果となり、そのことに起因して大きな軸力が発生する。

そこで、工具の中心部の切削機構と外周部の切削機構を異なる方式とし、確実に切削を行わせれば、工具の軸方向にかかる負荷が減少させることができる。具体的には、軸力は工具中心部の回転方向を変えることで速度0となる工具切れ刃の個所をなくし、トルクは外周部を半径方向に対して2分割して、それぞれの回転方向を逆にし、2分割した切れ刃の長さを最適化することでお互いのトルクを打ち消しあわせた。図1に工具中心部に4枚切れ刃を有する試作工具の構想を示す。切削機構部のみを有する試作工具の製作およびそれをを用いた基礎加工実験を行い、切削力やトルクの状態および切りくずの排出などの基礎データを取得した。その結果、切削力（軸力）を大幅に低減できた。

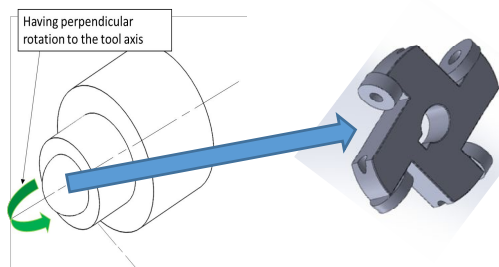


図1 回転運動方式試作工具

第2段階として、さらに斬新なアイデアである切削機構として中心部の往復運動方式を提案した。工具中心部を回転運動でなく、工具軸方向の運動を考え、モグラ方式穴加工を実現すべき、機構を提案した。この場合、削岩機のような打撃を加えることができる役割も付加できる設計とした。この斬新なアイデアの実現は、研究代表者らが研究を進めているボトルボーリング加工法で提案している切れ刃を加工中にスイングさせる機構をヒントとして基本設計した。図2に試作工具の切削機構部の構想を示す。

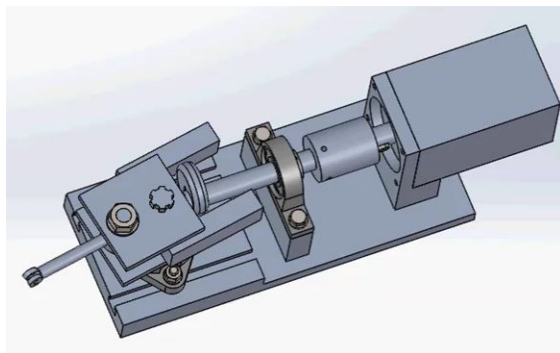


図2 往復運動方式試作工具

また、並行してすでに構築している空気吸引式BTA方式深穴加工法におけるセミドライ加工システムに前年度提案した回転運動方式試作工具を用いた加工実験を行い、その性能の検証も行った。

図3にシステムの概略を示す。

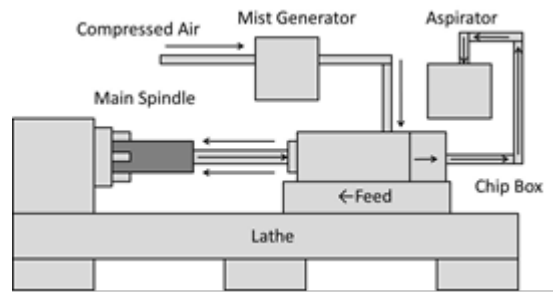
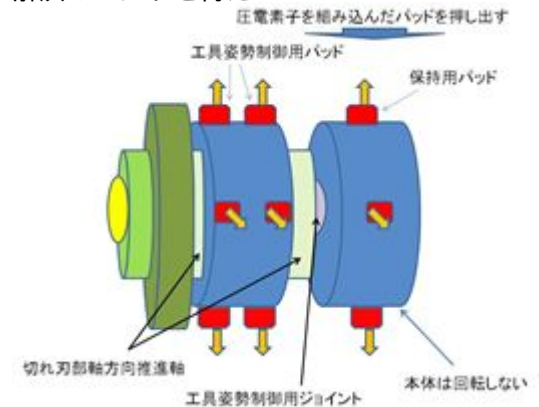


図3 セミドライ加工システム

最終段階として、さらに、加工時に発生する工具負荷を極力低減させることが可能な切削機構を実現することで、新たな自由形状の曲がり穴加工法を確立させ、加工時間の短縮・良好な加工面性状を得ることができ革新的な技術開発を目指した。通常の穴加工では工具の保持・推進や回転はシャンクを介して行われるが、そのシャンクは当然剛性が高いために工具先端部を自在に動かすことは不可能である。そのために曲がり穴加工を可能にするためにはシャンクをなくし、工具先端部のみで工具自信を保持し、推進する必要がある。そこで、自走式工具を実現化するための推進機構の設計を進め、一定の曲率を持つ曲がり穴の加工を行い、問題点等の抽出・解決のヒントを得た。



また、金属以外での加工性能を併せて検討し、それらに対する設計指針を得ることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計1件)

Tomohiro MATSUNO, Koji AKASHI, Akira SHINOZAKI and Kenya URABE, Development and research of a cutting force reduction tool on cutting mechanism, International Design and Concurrent Engineering 2017 & Manufacturing Systems Conference 2017

6. 研究組織

(1) 研究代表者

明石 剛二 (AKASHI, Koji)

有明工業高等専門学校・創造工学科・教授
研究者番号：10202516