

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12318 号
------	---------------

氏 名 青木 友弥

論文題目

案内溝による切りくず制御に関する研究
(Study on chip control with guide groove)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	社本 英二
委員	名古屋工業大学	教授	糸魚川 文広
委員	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	准教授	鈴木 教和

論文審査の結果の要旨

青木友弥君提出の論文「案内溝による切りくず制御に関する研究」は、切削の自動化を妨げる切りくずの絡み付きを防止するために、また切削力及び切削エネルギー低減が可能となる切りくず引張切削を実現するために有効な技術である切りくず案内切削に関する研究をまとめたものである。この切りくず案内切削によって、切削加工で生成される切りくずの流出方向及び形状が制御され、所望の位置まで切りくずを導くことが可能になる。本論文は全4章で構成されている。

第1章は、「緒論」として本研究の背景と目的について述べている。本章では、次世代の成長産業の1つである自動車分野で要求されている燃費改善に向けた方策を示し、その背景から重要性が高くなる切りくず処理を本研究テーマに取り上げた経緯について示している。また、切りくず案内切削の具体的な方法として、工具すくい面上に微細溝（案内溝と呼ぶ）を施した溝付き工具と、切りくずを通過させる誘導路を用いた新たな加工方法を提案している。

第2章では、自動車部品の製造工程で問題となる軟鋼及び炭素鋼を対象として、溝付き工具の案内溝形状とその溝方向が切りくず流出方向、切りくず形状、切削力に及ぼす影響について加工実験により検討している。その結果、単一の溝を付与した溝付き工具による軟鋼の旋削加工実験から、切削に関与する刃先に深さ150-300 μm 、幅100-300 μm の単一溝を形成することで、横向きカールの抑制と流出方向の制御が可能であることを明らかにしている。このとき得られた成果を踏まえ、広範囲の加工条件で案内溝が切りくず生成に関与できることと、相対的に小さな案内溝でも切削幅が大きい条件で十分な案内溝の性能を発揮することを期待して、ノーズ部分の全域にわたって複数の案内溝を持つ工具を考案・開発している。この溝付き工具に加えて、所望の位置まで切りくずを導く誘導路を設けた加工実験を実施し、切込み0.2-0.8mm、送り0.06-0.24mm/revの範囲において、切りくずが誘導路を通過し、切りくず案内切削に成功する溝方向（案内角度）が存在することを明らかにしている。

次に、切りくず案内切削の可能な加工条件の拡大を目指して、案内溝形状の改良を試みている。案内溝の深さ50-300 μm 、隣り合う溝との間隔173-693 μm 、溝側面の勾配（開き角）10-111°の範囲で製作した溝付き工具による軟鋼及び炭素鋼の加工実験によって、切りくずカールを最も抑制し、直線状に近い切りくずが流出する案内溝形状は、案内溝の深さ92 μm 、間隔200 μm 、開き角10°程度であることを明らかにしている。さらに、切込み0.25-0.4mm、送り0.12-0.25mm/revで行った炭素鋼の加工実験から、溝方向を本来の切りくず流出方向（溝の無い平らなすくい面を持つ工具における切りくず流出方向）と一致させるとカールは抑制され易いことも確認している。また、溝付き工具に加えて、所望の位置まで切りくずを導く誘導路を設け、軟鋼に比べて切りくずカールの生じ易い炭素鋼の加工実験を実施した結果から、本来の切りくず流出方向と案内角度の差（強制角度）が最大27°であっても、切りくずが誘導路を通過し、切りくず案内切削に成功することを示している。

一方で、切りくず流出方向を溝方向に強制した際の切削力変化について検討するため、直線切れ刃を有する溝付き工具に対応した切りくず案内切削プロセスモデルを構築し、数値解析を実施している。解析結果から、切りくず流出方向を強制するほど、主分力は増加する傾向であることを明らかにし、強制角度が30°のとき、主分力は56%増加することが示されている。また、案内溝方向に切りくず流出方向が強制されても、案内溝側面が切りくずを押す力により摩擦力の一部が相殺され、工具すくい面上に働く力方向は強制前と大きくは変わらないことも示されている。

第3章では、切りくず案内切削の加工実験及び数値解析結果から決定した溝付き工具と加工条件（案内溝形状を深さ92 μm 、間隔200 μm 、開き角10°、加工条件を切込み0.4mm、送り0.12mm/rev、案内角度30°としている）を対象として、切りくず案内機能を備えた切りくず引張切削による切削力及び切削エネルギーの低減効果について加工実験及び数値解析により検討している。溝付き工具と誘導路に加えて切りくず引張装置を用いた切りくず引張切削の加工実験で、主分力を最大で38%減少させることに成功している。この結果は、引張力による摩擦力の相殺を考慮した切りくず引張切削プロセスモデルによる数値解析と定性的に一致することを確認している。切りくず引張力を付与することで、引張に要するエネルギーが増加するため、加工に要する切削全エネルギーと比較すると、切りくず案内切削に対して30%減少することを明らかにしている。一方で、溝の無い工具と溝付き工具を比較すると切削エネルギーは34%増加する場合がある。そのため、切削全エネルギーを溝の無い工具よりも低減させるためには、強制前の切りくず流出方向と案内角度を一致させた上で、案内溝が浅く、開き角が大きい案内溝形状に変更（溝の深さ92 μm 、間隔200 μm 、開き角10°から溝の深さ50 μm 、間隔173 μm 、開き角60°への変更）することで、切削力及び切削エネルギーの低減効果を大きくさせることが可能であることを明らかにしている。

第4章では、「結論」として、本研究により得られた成果をまとめている。本論文では、切りくず引張切削を実現するために必要な切りくず案内切削の方策を示し、溝付き工具と誘導路に加えて切りくず引張装置を用いた切りくず引張切削方法により、切りくず流出方向及び形状の制御だけでなく、切削力及び切削エネルギーが低減することを確認し、その実用化に向けた指針を示している。

以上のように本論文では、案内溝による切りくず流出方向を制御する切削機構を明らかにし、切りくず案内と引張切削による切削力、切削エネルギー低減効果を実証したことから、学術上、工業上、寄与するところが大きく、本論文提出者青木友弥君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。