

審査の結果の要旨

氏名 グレゴリー アーロン ハイアット

宇宙航空産業やエネルギー関係の高温機器の部品加工、または化学反応機器の切削加工においては難削材の高効率の加工は永年、重要な課題であった。切削加工の生産性を向上させるために工具材質の改良がされてきたが耐熱合金の加工では、未だ極めて低速の切削速度、小さな切削断面の切削条件を余儀なくされてきた。本論文では、耐熱合金の切削加工の生産性を向上させるため、円盤形状の工具を回転させるという革新的な工具形状を提案し、画期的な切削加工の生産性向上を、工業的な有効性として確認した。そして多くの関連する特許を取得しているが、この円盤回転式の工具の切削過程の物理的な解析は先行研究を含め殆どされてきていなかった。本論文はこの円盤式の工具の切削過程の物理的な原理を実験により解明することを目的とする。この目的に対して、本論文ではお切削点の工具温度の測定に新たな手法を開発し、様々な切削条件において動的な温度変化や切削抵抗を測定して回転する円盤工具の間欠的切削が工具の冷却過程が工具寿命の改善に効果的であることを確認するとともに、この工具の積極的な応用についてもいくつかの手法を提案している。

第1章では、本論文が対象とする円盤回転式の工具の構造の先行研究を論じている。また、現在の難削材の旋削加工における課題を詳細に分析して本論文の研究の背景を論じている。それらの課題に対して、本論文の目的である切削加工の生産性の向上のための新型工具の発明についてその重要性を論じている。

第2章では、本論文の対象となっている、円盤回転式の新型工具（ADRLT：Actively Driven Rotary Lathe Tool）の発明に至る道筋と、関連する知財及び特許について解説している。筆者が発明したADRLTと呼ぶ回転する円筒状の工具は、間欠切削同様の冷却過程を与え、工具の熱負担を軽減し、それにより重切削と刃先の長寿命を両立させる。この加工方法においては、工具は、円筒端面を円筒中心軸周りに回転しながら被削材に当たる。その際、被削材と工具との相対位相は変わらないが、切削点はその回転とともに工具円筒端面の外周を移動することとなり、加工熱を工具の外周に分散させる。更に、切削点を通

り過ぎた工具円筒端面上の特定の一点は、一周の後再び切削点に達するまでに冷却の時間がある。すなわち連続切削でありながら、断続切削と同様の熱的サイクルにより冷却時間もたらず。

第3章では、発明した ADRLT がいくつかの企業において画期的な生産性の改善を実現した事例を提示することにより、本論文の研究対象となっている円盤回転式の工具の工業的な有効性を実証的に分析している。例えば、工具先端を円筒ではなく楕円円筒とし、非切削材料を回転させる速度と工具を回転させる速度を選び、精密に同期させることにより、内燃機関ピストンなどに要求される微妙な楕円軽断面形状の生成、または複数の隆起を持ったたとえば「三角おむすび」のような断面形状を創成する加工が可能である事を提示した。

第4章では、ADRLT の切削モデルの考察を行い間欠的な切削過程が工具先端に冷却時間を与えこれにより通常の連続切削では工具破損を起こす重切削でも工具温度が上昇せずこれによって画期的な重切削を可能にしている仮説を論じている。

第5章で、実験方法について詳細に解説した後、第6章では、切削抵抗の実験、第7章では、切削温度と冷却サイクルの実験、第8章では、切削点の工具温度という極めて困難な実験について詳細な実験結果を提示している。第9章では、回転する工具である ADRLT と被削材回転数との干渉に関する動的な安定性の実験と解説をしている

第10章では実験結果の全体を統合する議論を展開し、第11章で結論を述べている。

本論文は、ADRLT と呼ぶ新開発の工具と、それを使用する加工方法が、難削材の旋削加工の能率を大幅に向上させる重切削を可能にすることを確認し、さらにその熱サイクルの実験的分析で、その物理的なモデルを確認して、今後の多様な活用を導く基礎知識を創成した。即ち、旋削加工における切削点での工具の発熱に起因する加工条件の限界を押し広げ、特に従来極端に短い工具寿命を余儀なくされた難削材の旋削加工に大きな進歩をもたらすものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。