

プロジェクト名：超高速回転小径工具を用いたエンドミル切削加工における被削物除去メカニズムの解明

プロジェクト代表者：金子 順一（大学院理工学研究科・助教）

1 研究背景

本研究は平成19年度の総合研究機構研究プロジェクトの継続的内容として開始されており、高速回転する小径工具の刃先における被削物除去現象を切削抵抗の精密計測と急速後退機構を用いた切削痕の直接観測によって解明しようとするものである。20年度の研究では、アルミ合金の切削実験に比べてより大きな切削抵抗が作用する高硬度材料を対象とした切削実験を行うため、新規にNCステージを作成し装置の動特性および送り機構の剛性の改善を行った。そして、プレス金型の直彫り加工に近年広く用いられている高硬度材料（プリハードン鋼）を対象とした切削実験を実施し、加工面に対する工具相対姿勢と切削油の塗布による潤滑効果が仕上げ加工条件下での加工面粗さにもたらす影響について調査を行った。得られた成果についての具体的な内容を以下に示す。

2 研究経過

本年度の研究ではまず、金型鋼に対して安定した切削実験を実施するため、実験用に高剛性なNCフライス機の製作を行った。

装置の構成は、リニアスライドを有するステージで直交するXYZの3軸を構成し、これをCNCインターフェース基板に接続されたステッピングモータを介してPCから駆動する。CNCインターフェースにPCから各軸の駆動位置と駆動速度を数値制御によって与えることにより、工具刃先の位置が連続的に変化する工具経路を与えること可能となっている。

図1(a)に本研究で製作した部品の構成を示す。部材には、土台にS50C材を用い、その他にA5052材を用いた。部品として、Z軸を固定する柱、土台、スピンドル取り付け部、ワーク取り付け用ステージを作成し、モータ用コントローラ、リミットスイッチ、非常停止装置の配線を行っている。3軸を構成する各ステージ、モータ、スピンドルは既存のものを用いた。完成した装置の外観を図1(b)に示す。

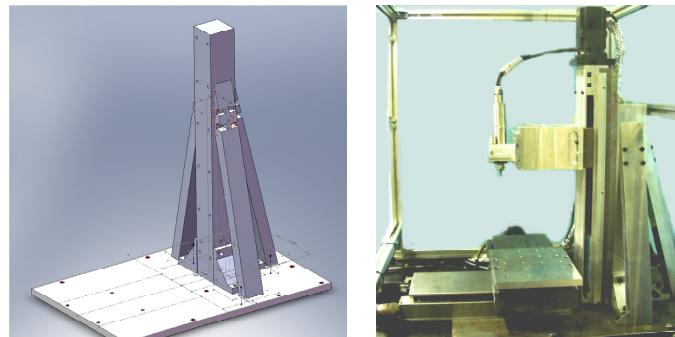


図1 実験用NCフライス機

切削実験では、様々な工具姿勢における切削力の測定と、それらの加工条件による被削物表面形状の観察を行った。以下では各実験の概要と、得られた結果について述べる。

まず、小径ボールエンドミル工具の切削時に作用する切削力を測定するため、水平に設置された試料に対してスピンドルを傾けて切削することにより、斜面条件での切削の状態を再現する実験方法の開発を行った。スピンドルの傾斜角度 θ と工具移動方向 ϕ の定義を図2に示す。また、切削した試料に対しては切削終了後、光学式表面形状測定器(ZYGO)を用いて工具通過後の加工面形状の高さを計測した。

実験に使用した切削動力計と試料を図3に示す。切削動力計本体のセンサとチャージアンプにはKISTLER社の小型産業用動力計9601AおよびICAM 5073Aを使用し、微小切削力の計測を可能とし

ている。また、切削力の変動を計測・記録するため、TEKTRONIX 社のデータレコーダ TDS2014 を使用した。図 4 は図 2 で示した工具姿勢を切削実験で再現するための工具刃先の通過軌跡を示す。水平に設置された試料に対して、Z 軸に向かって-X 方向に θ だけ工具を傾け、12 角形の経路を時計回りに通過させる。このとき、工具と試料との相対的な姿勢の関係より、 θ 度傾いた斜面上を工具の進行方向 ϕ が 12 通りに変化したのと同じ状態での結果が実験より得られると考えられる。

以下では、各条件での表面粗さのばらつきおよび切削抵抗作用の状態を比較した例を

示す。図 5 は ϕ と θ の変化に対するピックフィード方向の表面粗さ $R_a(y)$ を示している。加工面と工具のなす角度 θ が増加するに従って ϕ の変化による粗さの増減が激しくなっており、工具の弾性変形による逃げが作用しやすい工具姿勢においては ϕ の変化を表面粗さが受けやすい傾向が明らかとなっている。

また、加工面の観察結果では、図 6 で示されるように同一の切削速度・工具送り条件下においても工具姿勢の変化によってびびり振動が発生し、表面性状の著しい悪化が観測されている。また、切削油を用いた加工では、図 7 で示すように切削面の表面粗さが特定の工具姿勢で大幅に悪化する現象が見られた。これは微小切込条件下で加工面上を工具刃が滑ることによると考えられるが、発生条件や工具磨耗等との関係の詳細は不明であり、今後検討する必要があると考えられる。

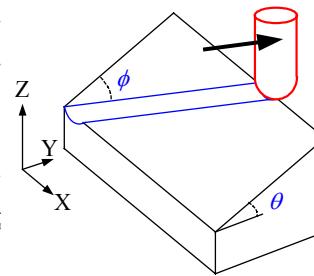
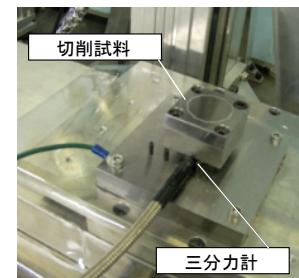


図 2 傾斜面切削



(a) 切削動力計

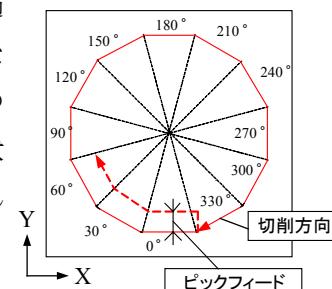


図 4 実験用工具経路



(b) 切削試料

図 3 実験機器

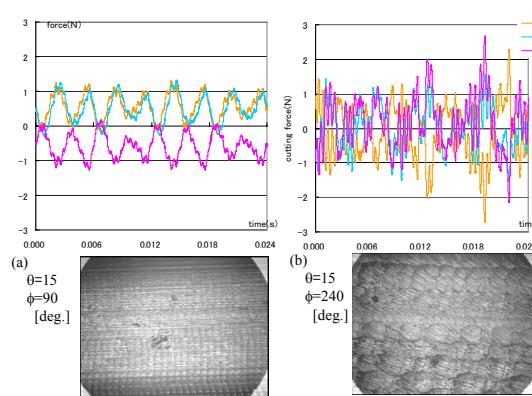


図 6 工具相対姿勢による切削抵抗・加工面荒さの変化

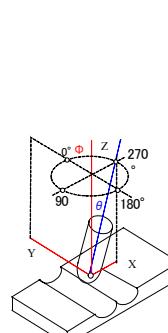


図 7 切削油の使用によるピックフィード方向の加工面荒さの変化

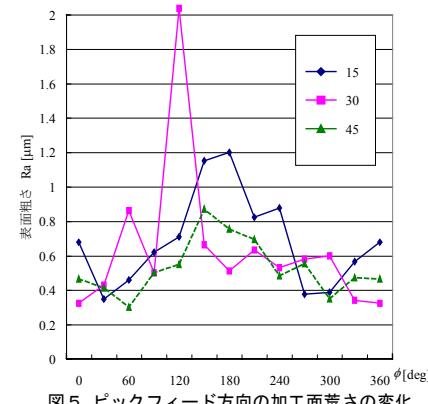
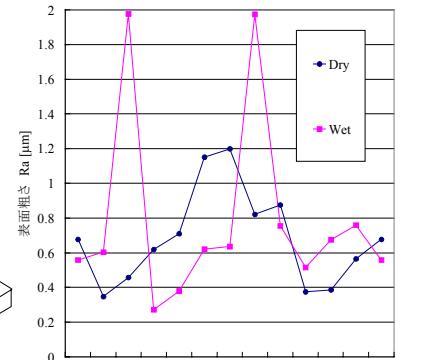


図 5 ピックフィード方向の加工面荒さの変化



3 結言および今後の研究予定について

本年度実施した実験では、工具回転数が 5000rpm 程度の加工条件において、焼入後の金型鋼に対する微小切削力の測定に成功した。今後の研究では、より高速な切削速度(15000rpm~40000rpm)程度の条件下での小径切削工具の挙動を観察し、除去の過程において発生する小径工具特有の現象を明らかにすることを目標とする。