

プロジェクト名：樹脂系透過素材の複雑形状高精度切削加工技術の開発

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

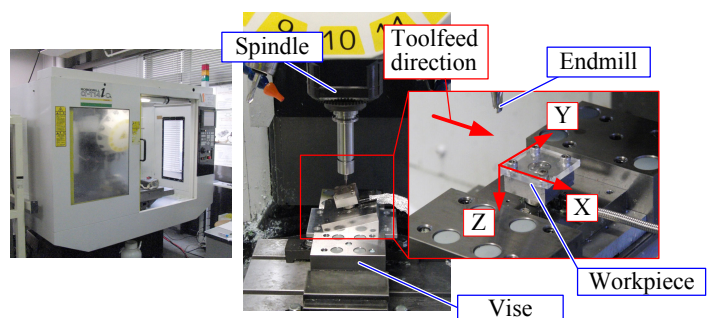
本研究は平成22年度の総合研究機構研究プロジェクトによる新規課題として開始されており、工具刃先の樹脂材料からの離脱後に転写される表面粗さの創成過程を明らかにし、転写面の性状を向上させるための工具刃先形状および加工条件を開発しようとするものである。プラスチック材料の精密切削では単結晶ダイヤモンド工具の使用が一般に行われているが、本研究では一般的な超硬工具を使用した場合の表面性状の悪化の原因を調査し、これを除くことによってダイヤモンド工具では加工が困難であった深い溝形状の底面部分等の高精度切削を実現することを目的としている。22年度の研究ではまず、超硬工具による樹脂切削におけるツールマーク生成のプロセスを観察するため、小径エンドミルの回転中に工具に作用する1N未満の微小切削力を精密かつ高速に測定する実験手法の開発を行った。そして透明アクリル材料を対象とした切削実験を実施し、一般的な金属材料切削においてツールマークの原因と考えられてきた作用力による工具の弾性変形と底面部の表面粗さとの関係について、工具一刀あたりの送り量を変化させた切削条件下で調査を行った。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

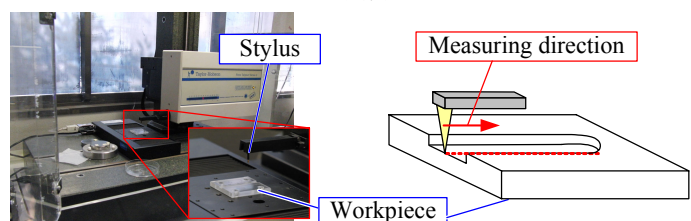
本年度の研究ではまず、スクエアエンドミルによる溝形状創成加工を対象とし、回転工具の底刃が溝形状の底面に与える表面粗さの生成過程の解明を行うため、微小送り条件下で工具に作用する切削力を精密に測定し、これと加工面の粗さの高さおよび周期を比較する実験方法を実施した。

実験にあたっては、3軸制御加工が可能な小型マシニングセンタ上に超小型の圧電式切削動力計を設置し、この上に固定された樹脂材料を様々な加工条件で切削した。そしてその際に切削動力計に作用した切削抵抗の変動と、加工対象面の工具進行方向の表面形状の変動を比較した。これにより、従来ツールマークに対する支配的要因として考えられてきた切削抵抗による工具の弾性変形が樹脂材料の溝形状底面に与える影響の調査を行った。

図1は本研究で使用した機器の構成を示す。縦型の軸構成を有するFANUC社製3軸制御マシニングセンタ（ α -T14iCL）にバイスを設置し、このバイス上に工具進行方向に対して任意の角度を与えた切削動力計を設置した。切削動力計のX軸方向に工具を進行させ、Z軸方向に切り込み深さを与えて実験を実施している。実験装置のセットアップを図1(b)に、表面性状の計測に使用した計測器と計測方向を図2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



(a) マシニングセンタ (b) 装置セットアップ
図1 実験機器



(a) 計測器(Taylor Hobson, Talysurf) (b) 計測方向
図2 実験機器

および ICAM 5073A を使用し、被削物に作用した切削力を分解能 0.01N、50000Hz の周期で計測することを可能とした。また、切削力の変動を計測・記録するため、KEYENCE 社の高速アナログ電圧計測ユニット NR-500 および NR-HA08 を使用した。また、加工後の試料に対しては光学式表面形状測定器(Talusurf)を使用し、工具底刃によって創成された面の粗さおよび周期を測定している。

切削実験では、様々な切削条件を変化させて切削力の測定と被削物表面形状の観察を行った。以下では実験結果の概要と、得られた結果について述べる。

まず、切削力による工具たわみが表面粗さに与える影響を比較するため、工具送り速度と軸方向切り込み深さをそれぞれ変更して切削実験を行い、溝形状底面に与える影響を調査した。実験条件および各条件に対する表面粗さの評価結果を表 1 および図 2 に示す。従来、軸方向切込量の増加によって側面部分の切れ刃に作用する切削抵抗が増加し、工具弾性変形量が大きくなると考えられてきたが、本実験においては図 2(a)に示すように変化はほぼ見られなかった。一方、単位時間あたりの工具送り速度に対しては、表面粗さは正の相関を示して増加し、一般的な金属素材のツールマーク発生とは異なる傾向が見られた。これらの傾向から、アクリル材料の切削においては底面部分の粗さ生成に対して切削抵抗による工具弾性変形がほとんど影響を与えておらず、主にエンドミル底刃の切屑排出のプロセスが直接影響を与えていることが推察された。

そこでアクリル材料の底刃による底面部分の切削プロセスを検証するため、底刃のみが切削に関与する実験条件を設定し、金属材料を切削した場合との傾向の違いを比較した。表 2 はこれらの実験条件を示す。軸方向の切り込み深さを微小(0.1mm)に設定している。

図 3、図 4 は、各条件での加工面の断面形状と切削抵抗の作用を直接比較したものを示す。断面形状の横軸は工具が 2 回転して切削される距離である 0.12mm となっており、一般的なツールマークの創成理論では 4 つの段差形状が生じると考えられる。比較用の実験として実施したプリハードン鋼の切削結果に対して、アクリル樹脂の切削抵抗は 1/100 の大きさであり、工具の弾性変形はほぼ発生しないことが推定される。一方、3 分力の変動の傾向を見ると、アクリル樹脂の切削では Y 軸方向の切削抵抗が変動する範囲が正の方向に存在し、かつ Z 軸方向の作用力が 0 から負の値で変動している。これらは一般的な切削において、切屑の排出に伴う主分力と背分力の作用のみでは生じない方向であり、切屑として排出された樹脂の固着や摩擦の影響が面の創成時に支配的な因子になっていると推定された。

3 結言および今後の研究予定について

本年度実施した研究では、工具回転数が 5000rpm までの加工条件において、樹脂材料の底面切削実施時の微小切削力の高速測定および加工面の観察が可能となった。次年度以降は、エンドミル工具の底刃形状を追加工によって変更し、切屑排出の影響を受けにくい工具刃先形状の検討を実施する。

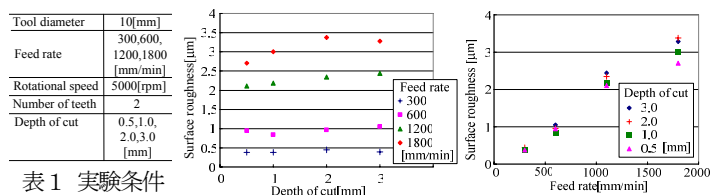
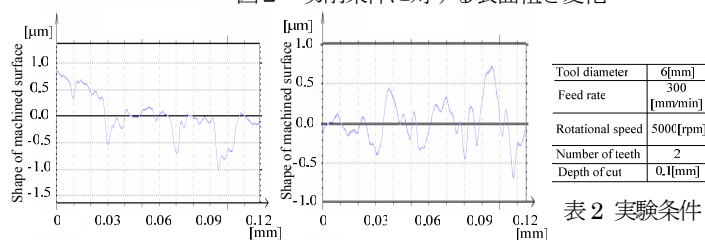


表 1 実験条件

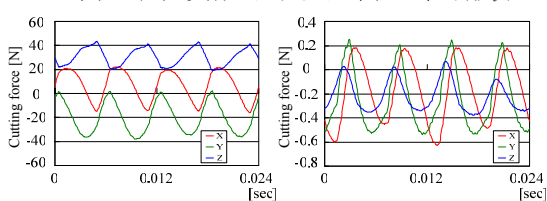
(a) 軸方向切込量 (b) 工具送り速度

図 2 切削条件に対する表面粗さ変化



(a) プリハードン鋼 (b) アクリル樹脂

図 3 底刃切削における加工面への転写形状



(a) プリハードン鋼 (b) アクリル樹脂

図 4 底刃切削における切削抵抗作用