

## ミルターン加工による曲率が変化している箇所への加工模様の生成

大阪工業大学 工学部 機械工学科 ○高橋隆太, 大阪工業大学 工学部 機械工学科 ©井原之敏

ミルターン加工は、加工面に特有の螺旋模様が生成される。この加工模様は、工具の回転速度、被削材の回転速度、送り速度などに依存する。仕上げ面として使用するために曲率が変化する面に均一な加工模様を生成するには、これらのパラメータを制御する必要がある。本研究では、5軸マシニングセンタを用いて上記のパラメータを制御することにより、曲率が変化する面に均一な加工模様を生成することを試みた。

### 1. 研究目的・意義

近年、複合加工機を用いて回転する被削材の外周面を断続切削するミルターン加工が注目されている。本加工法は、高速・高能率加工が可能であるが加工面に特有の螺旋模様が生成され、表面粗さが悪くなるため荒加工にしか使えないと言われている。しかし、加工面に現れる特有の模様を制御することで滑り止めや撥水性、デザイン性のある製品に応用することができるため、仕上げ加工として適用できると考えられる。

そこで本研究では、ミルターン加工を仕上げ加工として適用するため、加工模様を制御するにあたり重要となる被削材1回転当たりの切削回数、被削材1回転当たりの軸方向送り量、1刃当たりの被削材円周方向送り量の3つのパラメータを考慮して曲率が不均一な被削材において実加工を行い、曲率の変化に関わらず切削痕形状を維持した一様な加工模様の生成を試みた。

### 2. 曲率が不均一な被削材へのミルターニング

ミルターニングは、工具主軸と工作主軸を同時に回転させながら工具主軸を移動させて加工を行う。このとき、被削材を固定したときの工具経路は、トロコイド曲線を描きながら外周面を加工する。そのため、最初に生成された切削痕と被削材1回転後に生成された切削痕との位置関係により加工面に現れる模様が変わる。このことから、加工模様は被削材1回転当たりの切削回数が整数であれば、ワーク中心軸に平行に、非整数であれば被削材中心軸に対して斜めに傾いて生成される。また、最初に生成された切削痕と1回転後に生成された切削痕との位置関係により加工模様が変わることから、切削痕の横方向の長さはワーク1回転当たりの送り量に相当する。切削痕の縦方向の長さは1つ目に生成された切削痕に対して2つ目に生成される切削痕の位置により変化するため、1刃当たりの送り量に相当する。本研究では、ミルターニングを仕上げ加工として適用するため、ダンベルや金属パットなど径が変化する部分に正六角形やひし形といった特徴的な切削痕を同じ大きさで付けるまたは切削痕形状を維持したまま切削痕の大きさが相似的に変化する一様な加工模様を付けることである。曲率が均一な円筒形状の被削材では、加工面に現れる切削痕形状および大きさには変化がない一様な加工模様が現れるが、曲率が不均一な被削材では、加工する位置により被削材における外周面の距離が異なることから1刃当たりのワーク円周方向送り量が変わる。そのため、加工面に現れる切削痕の縦方向の長さも変化し、切削痕形状

および大きさが変化的ことから一様な加工模様を生成することが困難である。

そこで、曲率の変化がある被削材においてミルターニングを行い、切削痕形状を維持したまま大きさが相似的に変化する一様な加工模様の生成を試みる。そして、加工面における加工模様を観察することで曲率が不均一な被削材において加工模様の制御が可能であるか考察し、ミルターニングが仕上げ加工として適用できるか検討した。

### 3. 実験概要

図1に示す直径が35mmから45mmに変化する被削材に対して、ひし形の切削痕が生成される条件A、六角形の切削痕が生成される条件Bにおいて、ミルターン加工を行った。加工機にはDMG森精機製の5軸マシニングセンタDMU75monoBLOCKを使用した。外観図および軸構成を図2、仕様を表1に示す。工具はφ10、2枚刃、ボール半径5mmの樹不二越製超硬ボールエンドミル(2PLXSR5)を使用した。削材は機械構造用炭素鋼S50C(φ50×100mm)を使用した。

加工後、直径35mmと45mm付近に生成された切削痕の縦横比を測定し、その変化量を比較した。

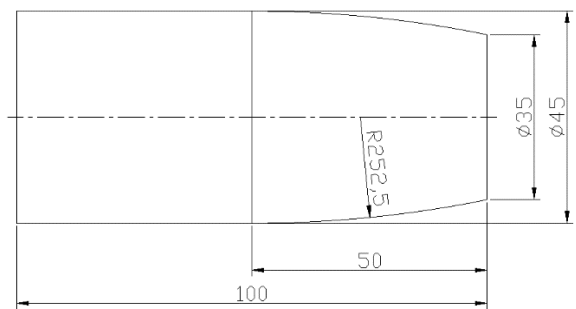


図1 被削材寸法

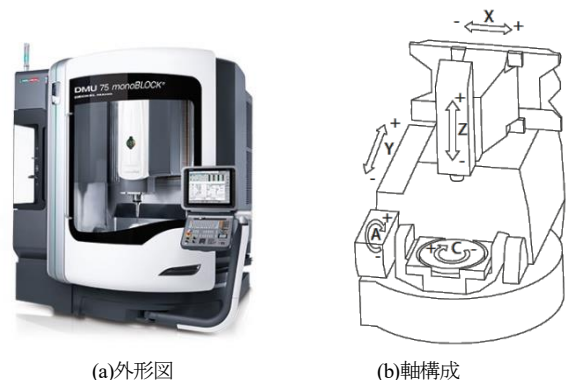


図2 DMU75monoBLOCK

表1 DMU75monoBLOCKの仕様

X軸移動量 [mm]	750
Y軸移動量 [mm]	650
Z軸移動量 [mm]	560
A軸移動量 [°]	±120
C軸移動量 [°]	360
最小移動単位[mm, °]	0.001, 0.0001
ツールシャンク形式	BT40
切削送り速度 (X, Y, Z軸) [mm/min]	40000
切削送り速度 (A軸) [rpm]	20
切削送り速度 (C軸) [rpm]	40
工具主軸最高回転速度 [rpm]	20000

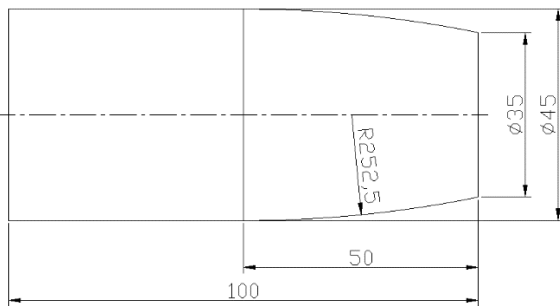


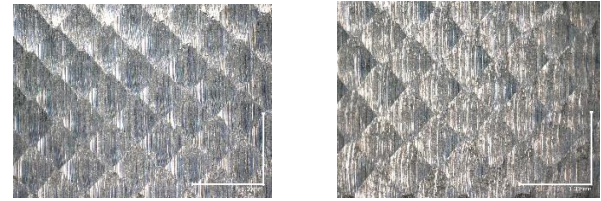
図2 被削材寸法

#### 4. 実験結果と考察

条件 A の加工模様を図 3 に、条件 B の加工模様を図 4 に示す。また、加工模様の制御を行うにあたり思い通りの加工模様を生成するためには、1 つの切削痕の大きさに影響する切削条件を把握し、切削痕の制御を行う必要がある。ミルターニングの切削理論より切削痕の縦方向と横方向の長さに影響している切削条件は、切削痕の縦方向の長さは 1 刃当たりのワーク円周方向送り量  $f_{cb}$ 、横方向の長さはワーク 1 回転当たりの送り量  $f_w$  であると考えられる。そのため、2 つの切削条件が切削痕の縦・横方向の長さに影響しているか確認するため、2 つの切削条件における理論値とも比較した。測定結果を表 1、表 2 に示す。このとき、切削痕において縦・横方向に測定した箇所を図 5 に示す。

測定値と 2 つの切削条件 ( $f_{cb}$ ,  $f_w$ ) における理論値を比較すると、切削痕の縦方向の長さは差が 0.05mm 以下と小さくおおよそ同様の値が得られているが、切削痕の横方向の長さは他の条件に比べて差が約 0.25mm と大きい。これは、ワーク 1 回転当たりの送り量の値が切削痕中心からワーク 1 回転後に現れる切削痕中心までの距離であるため、図 4 のように切削痕の端から端まで測定した測定値の方が大きくなったと考えられる。これらのことから、切削痕の縦方向の長さは 1 刃当たりのワーク円周方向送り量、横方向の長さは、ワーク 1 回転当たりの送り量に相当すると考えられる。

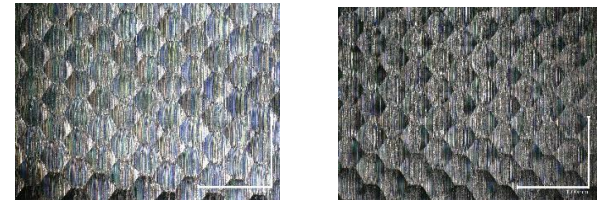
以上のことから、ミルターニングを用いて加工模様を制御することで、ローレット加工で生成される一般的なダンベルとは異なった特徴的な模様を付加することができ、ミルターニングを仕上げ加工として適用できると考えられる。



(a) 35mm 付近

(b) 45mm 付近

図3 条件 A



(a) 35mm 付近

(b) 45mm 付近

図4 条件 B

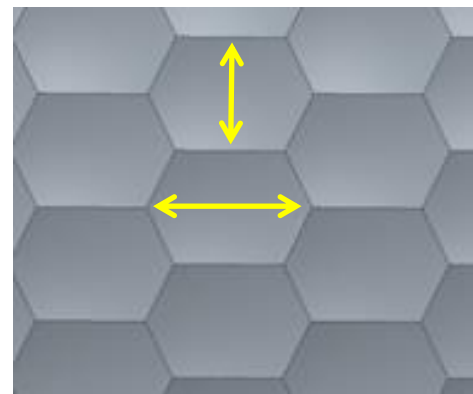


図5 測定箇所

表2 条件 A の測定値と切削条件のまとめ

ワーク直径 $D_w$	[mm]	35.0	45.0
切削痕の縦方向長さ	[mm]	0.738	0.750
1 刃当たりのワーク円周方向送り量 $f_{cb}$	[mm/tooth]	0.723	0.767
切削痕の横方向長さ	[mm]	0.692	0.696
ワーク 1 回転当たりの送り量 $f_w$	[mm/rev]	0.387	0.421

表3 条件 B 測定値と切削条件のまとめ

ワーク直径 $D_w$	[mm]	35.0	45.0
切削痕の縦方向長さ	[mm]	0.329	0.384
1 刃当たりのワーク円周方向送り量 $f_{cb}$	[mm/tooth]	0.360	0.383
切削痕の横方向長さ	[mm]	0.461	0.527
ワーク 1 回転当たりの送り量 $f_w$	[mm/rev]	0.250	0.268