ノート

超精密微細加工技術の開発

樋口　智*　天城　和哉*　宮口　孝司*　桂澤　豊*　菅野　明宏*

Development of Ultra-Precision Machining Technology

HIGUCHI Satoru*, AMAKI Kazuya*, MIYAGUCHI Takashi*,
KATSURAZAWA Yutaka* and KANNO Akihiro*

1. 緒　言

現代のものづくりにおいて，“金型”は非常に重要な役割を担っており，その材質も用途により多岐にわたっている。

プラスチック成型品の中でも特に光学部品用金型においては，その表面は非常に高度な鏡面状態が求められるが，プラスチック金型用鋼に対する切削加工による高度な鏡面加工は難易度が高いため，後工程として手作業による磨きを行うのが一般的となっている。しかし，磨き作業は熟練した高度な技術が必要であるうえ，職人の高齢化，後継者不足などの課題も抱えている。こうした中，磨き工程の負荷を軽減させるために切削加工による加工面の品質を向上させることが重要となっている。

そこで本研究では，プラスチック金型用鋼に対し，切削加工条件が加工面の表面粗さにおよぼす影響について調べた。

2. 平面切削加工実験

2.1 実験概要

切削条件を表 1 に示す。

工具にはバインダレス cBN ボールエンドミル（マイクロ・ダイヤモンド製，R0.5mm）を用いた。

被削材にはステンレス系焼入鋼（日立金属工具鋼製　HPM38，硬さ： 54 HRC）を用いた。

*　研究開発センター

表 1　切削条件

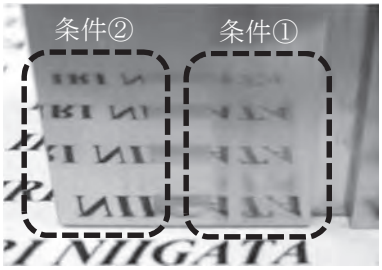
主軸回転数	60,000min^{-1}
送り速度	150mm/min
径方向切込み	0.009mm
軸方向切込み	0.003mm
クーラント	なし（ドライ）
主軸傾斜角	15°，40°
切削方向	アップカット ダウンカット

加工機にはエアタービンスピンドルを搭載した超精密ナノ加工機（ファナック製 ROBONANO-α0iA）を使用した。

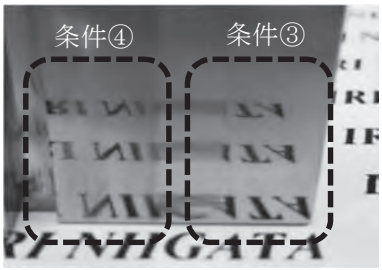
主軸回転数と送り速度から一刃あたりの送り量は 2.5μm となる。

cBN 工具はヒートショックによるチッピングが生じやすいため，クーラントは使用せずにドライ加工とした。加工面の表面粗さには工具摩耗が大きく影響するが，小径 cBN エンドミルにおける工具摩耗の抑制には，切削速度を上げることが有効であることが知られている [1]。そこで，本実験では工具傾斜角を変えることで切削速度を変化させた。なお，工具傾斜角 15° の場合の切削速度は 49m/min であり，40°の場合は 121m/min である。これら主軸傾斜角と切削方向の違いとの組み合わせで以下のように条件を設定した。

条件①：工具傾斜角 15°，アップカット
条件②：工具傾斜角 15°，ダウンカット
条件③：工具傾斜角 40°，アップカット
条件④：工具傾斜角 40°，ダウンカット



(a)　条件①(右)と条件②(左)



(b)　条件③(右)と条件④(左)

図 1　切削加工面の様子

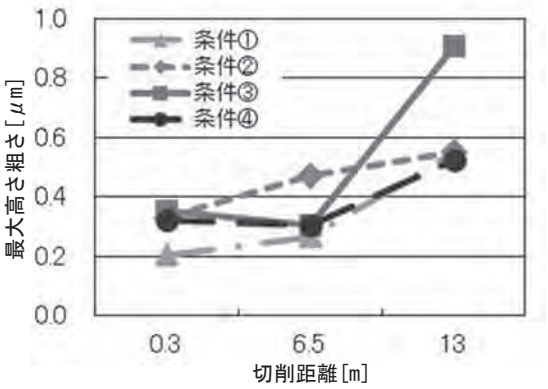
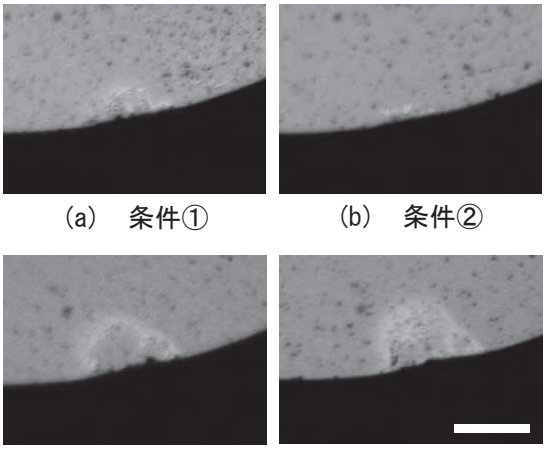


図 2　表面粗さ測定結果（Rz）

2.2　実験結果および考察

加工面に文字を反射させた様子を図 1 に示す。各条件ともある程度は反射しているが，中でも条件②による加工面がより鮮明に反射しているのがわかる。

次に，加工面の最大高さ粗さ（Rz）測定結果を図 2 に示す。測定には，非接触三次元測定装置（三鷹光器製　NH-3SP）を使用し，基準長さと測定長さはそれぞれ，0.08mm，0.8mm とした。切削距離 6.5m 付近では各条件とも明確な差異はないが，切削距離 13m 付近では条件③による加工面の表面粗さが他の条件に比べ悪化した。ただし，加工面に文字を反射させた様子からは，条件③が突出して面性状が悪いという印象はないため，この程度の数値差は見た目への影響は少ないと考えられる。



(a)　条件①　　(b)　条件②

(c)　条件③　　(d)　条件④

図 3　切削加工後の工具

また，加工後の工具をすくい面側から観察した拡大写真を図 3 に示す。どの条件においてもすくい面に損傷がみられ，特に条件③では切れ刃稜線に比較的大きなチッピングがみられる。これが表面粗さの悪化につながったと推察される。主軸傾斜角で比較した場合，40°傾斜させた（条件③，条件④）ほうが工具損傷が大きい結果となった。小径 cBN エンドミルの工具摩耗を抑制するための手段の一つとして，切削速度を増加させることがあるが，おそらくこれはオイルミストをクーラントとして使用した場合であり，ドライ切削時の摩耗形態がアブレイシブ摩耗であること [2]を考慮すると，単純な切削速度の増加には注意が必要である。

3.　結　　言

バインダレス cBN 工具を用いたステンレス系焼入鋼の切削加工を実施し，以下の結果が得られた。

(1) 主軸を 15° 傾斜させダウンカットすることで反射像が確認できる程度の鏡面が得られた。
(2) ドライ切削状況下では，切削速度を上げると工具損傷が大きくなり表面粗さを悪化させる。

参考文献

1）浜口和也，“バインダレス cBN 製マイクロエンドミルの切削特性に関する研究”， 兵庫県立工業技術センター研究報告書，第 23 号，平成 26 年， pp.18-19.
2）平石誠ほか，“cBN エンドミル工具による鉄系材料の鏡面加工（第 2 報）”，工業技術研究報告書，No.39，2010，pp.41-46.