

令和 5 年 5 月 11 日現在

機関番号：13401

研究種目：奨励研究

研究期間：2022～2022

課題番号：22H04201

研究課題名 球頭型回転工具を用いたパニシング加工による環境低負荷鏡面化技術の開発

研究代表者

青山 直樹 (Aoyama, Naoki)

福井大学・工学部・班長

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 340,000円

研究成果の概要：本研究では、研究遂行者が開発した工具先端付近をミクロンオーダーでプログラム制御する位置制御パニシング加工法をプリハードン鋼に適用し、本加工法が金型仕上げ工程における表面性状を向上させる手法として有用であることを示した。また、3種類の超硬工具を用いて比較試験を行い、各々の工具が与える工作物表面特性を調査した。その結果、摩擦係数の小さいDLCコーテッド超硬工具を適用した工作物において表面性状の向上が顕著であった。パニシング加工において、工具の表面特性が工作物の表面性状に影響を与えることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金型は切削型工作機械で形状創製した後、仕上げ工程において手仕上げによる研磨加工が行われてきた。この加工方法は属人的であり、金型精度のバラツキ要因になっている。対象物の表面性状の向上に効果があるパニシング加工を金型仕上げ工程に適用すれば、形状創製工程から仕上げ工程まで同一機械上で一貫加工が可能となり、金型精度は安定し、金型製造の自動化に貢献できる。本加工法は、一般的な切削型工作機械で実現可能であり、表面特性が求められる様々な工業製品への適用が期待できる。

研究分野：生産工学、加工学

キーワード：パニシング加工 射出成形用金型 仕上げ面性状 しゅう動 表面創成 超硬工具 精密加工

1. 研究の目的

従来、樹脂射出成形用金型（以下、金型）の仕上げ工程で適用されている加工方法は人の手による研磨加工である。この加工方法において、課題となっているのが属人的加工手法による精度のバラツキや、研磨加工時に発生する微小な削りカスと油が混ざったスラッジの廃棄処理である。近年、この課題を解決するための加工方法として、バニシング加工（以下、バニシ加工）が注目されている。バニシ加工は、滑らかな表面を持つ工具を工作物に押し付けながら移動させ、工作物表面に塑性変形と残留圧縮応力を付与しながら、滑らかな仕上げ面を得る加工である。また、形状創製工程と仕上げ工程を同一機械上で一貫加工が可能であり、金型製造の自動化が期待できる。本研究では中ロット生産以上の金型材で用いられるプリハードン鋼に様々なコーテッド超硬工具を用いたバニシ加工を行い、コーテッド超硬工具のコーティング膜の差異による工作物表面に与える影響を調査するとともに、バニシ加工のプリハードン鋼金型仕上げ工程としての適用性を検討することを目的とする。

2. 研究成果

(1) バニシング加工用工具の摩擦係数測定

バニシ加工に使用した工具は、コーティングなしで工具先端半径が  $R=1.5\text{mm}$  の球頭型超硬工具、DLC コーティングを施した  $R1.5\text{mm}$  球頭型超硬工具、TiAlN コーティングを施した  $R1.5\text{mm}$  球頭型超硬工具の3種類を選定した。ボールオンディスク試験機を用いて、炭素鋼 S45C のディスク材に3種類の超硬工具の球頭先端部をそれぞれ押し当てて摩擦係数を測定した。測定条件を表1、測定結果を表2に示す。表2に示すとおり、乾式条件の場合は工具の表面処理の状態が、TiAlN、コーティングなし、DLCの順に摩擦係数が小さくなることが明確に認められた。一方、潤滑油を使用した湿式条件の場合は摩擦係数に大きな違いは確認できなかった。

表1 測定条件

周速 [m/s]	0.24
荷重 [N]	10
摺動距離 [m]	100
潤滑方法	乾式 湿式 (ISO VG68)

表2 測定結果 (摩擦係数)

工具	乾式	湿式
Non-coat	0.373	0.099
DLC-coat	0.170	0.091
TiAlN-coat	0.462	0.104

(2) バニシング加工を適用した仕上げ面の品質評価

従来のバニシ加工では、工具や工作物に押し付け力を一定に制御できる機構を設けて、工具と工作物に圧力を生じさせて表面性状の向上や対象物表面に応力を付与している。本研究では、特殊な圧力機構は設けず一般的なマシニングセンタを用いて、工具と工作物の接触点をミクロンオーダーでプログラム制御することで、工作物表面に形成されている微小な凹凸を押し均し平滑化することが可能な位置制御バニシ加工を行った。図1に概要図を示す。バニシ加工条件は、工具押込み量  $Z_p=0\mu\text{m}$ 、回転数  $S=7,000\text{min}^{-1}$ 、送り速度  $f=600\text{mm/min}$ 、ピックフィード量  $Pf=0.05\text{mm}$  とした。

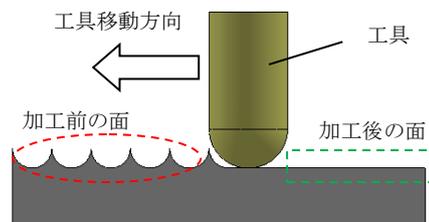


図1 位置制御バニシ加工 概要図

図2に切削加工による仕上げ面と各々の工具を用いたバニシ加工による仕上げ面の表面粗さと光沢度をそれぞれ示す。図2より、切削加工後の切削仕上げ面よりバニシ加工後のバニシ仕上げ面の方が、使用した工具の種類に関わらず表面粗さと光沢度は良好な傾向であった。また、バニシ仕上げ面を工具別に比較すると、前項の表2に示した摩擦係数に相関することが認められ、DLC 工具を用いたバニシ仕上げ面で表面粗さと光沢度は最も良好な値を示すことがわかった。一方、TiAlN コーティングのように滑り特性が低く、効果が小さいものも存在することがわかった。図3に切削仕上げ面とバニシ加工用工具の中で最も良好な結果が得られた DLC 工具を用いたバニシ仕上げ面の外観を示す。加えて、図4(a)、(b)に切削仕上げ面と DLC 工具を用いたバニシ仕上げ面の3次元表面形状を示す。図3に示すとおり、バニシ仕上げ面は極めて良好な鏡面状態が得られているものの、切削仕上げ面に鏡面性は認められなかった。図4(a)、(b)の3次元表面形状より、DLC 工具を用いたバニシ仕上げ面は安定して平滑化されていることがわかる。一方、切削仕上げ面では平滑性は確認できず凹凸が点在している様子がわかる。以上の結果より、切削加工と比べバニシ加工は表面性状の向上に有用で、プリハードン鋼の仕上げ工程において十分適用できる。

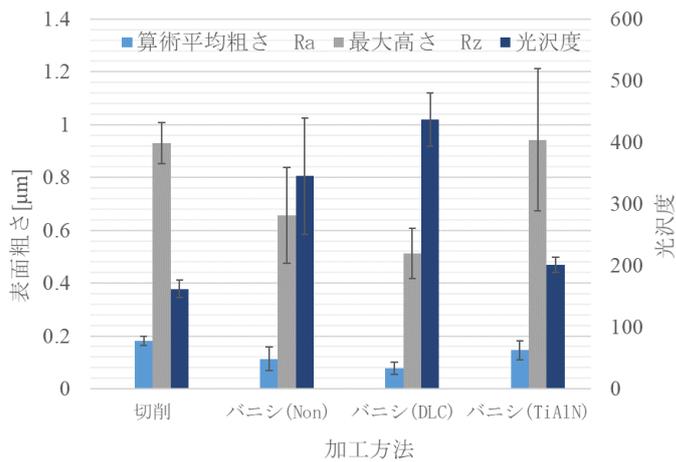
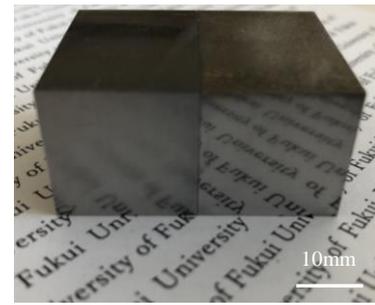
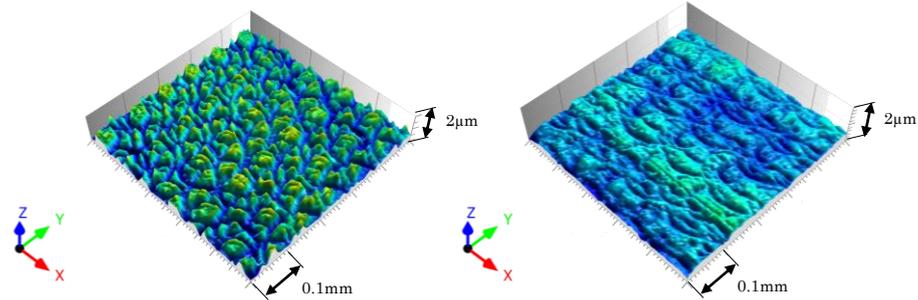


図2 加工方法別の表面粗さと光沢度



左：切削、右：パニシ (DLC)

図3 仕上げ面の外観



(a) 切削仕上げ面

(b) パニシ仕上げ面 (DLC)

図4 仕上げ面の3次元表面形状

### (3) パニシング加工用 DLC コーテッド超硬工具の工具寿命評価

前項で DLC 工具を用いてパニシ加工を適用した仕上げ面において、他の加工方法よりも良好な表面粗さと光沢度が得られたことを示した。つづいて、表面粗さの測定結果が最も良好であった DLC 工具を用いたパニシ加工の工具摩耗と加工長の関係を調査した。図5に加工長と工作物の表面粗さ並びに工具摩耗面積の関係を示す。加えて、図6(a)、(b)に加工長 24m と加工長 32m の工具先端部摩耗部の観察写真を示す。図5より、加工長が 24m までは工具摩耗は増加しつつも、表面粗さは一定を保っていることがわかる。加工長 32m でコーティングが剥離すると、表面粗さが悪化していることが明確に認められた。これは、コーティングが剥がれ露出した工具母材表面は加工が進行するにつれ傷つき、傷ついた工具を工作物に摺動させることが原因と考えられる。今後の課題として、工作物の表面品質を低下させないために、コーティングの長寿命化と適切な工具摩耗管理手法の確立が必要である。

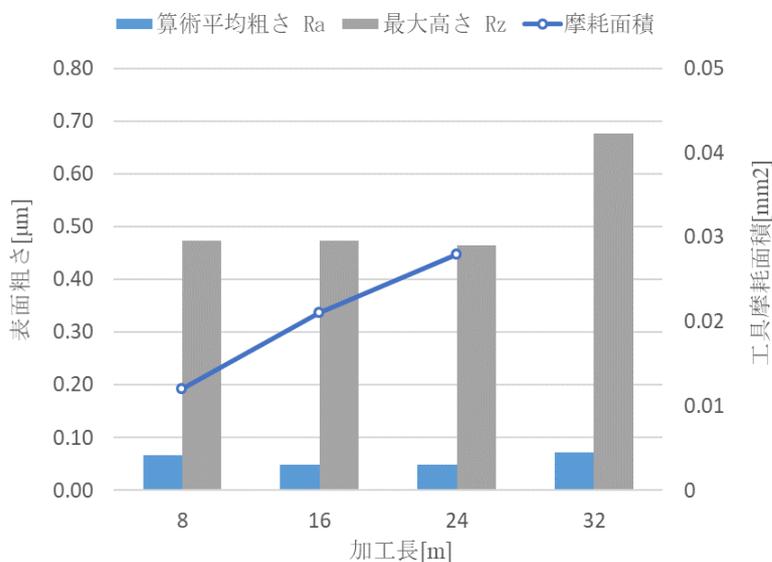
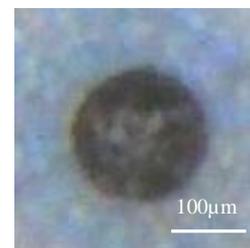
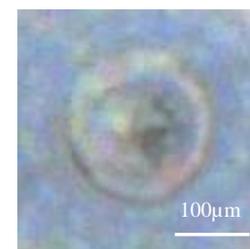


図5 加工長と表面粗さ並びに工具摩耗面積



(a) 摩耗 (加工長 24m)



(b) 剥離 (加工長 32m)

図6 DLC 工具先端部摩耗

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------