

金型の型彫り・鏡面仕上げ加工のための 超音波振動援用スピンドルの実用化

育成研究：JSTイノベーションサテライト新潟 平成18年度採択課題
「金型の型彫りおよび鏡面仕上げ加工のための超音波振動援用
研削スピンドルの実用化」



代表研究者：長岡技術科学大学・工学部 機械系 教授 田辺 郁男

■ 研究概要

例えば、射出成形用金型の最終仕上げは、熟練作業員により鏡面に仕上げられており、時間、労力の要する工程である。そこで、小径軸付きダイヤモンド電着砥石を超音波振動させるための高精度スピンドルを開発し、これを用いて金型の型彫りと鏡面仕上げを自動化する手法を開発する。

■ 研究内容、研究成果

自由曲面を有する金型の型彫りおよび仕上げを行う方法の一つとして、スピンドルを搭載する三軸工作機を用いて、先端が球状の軸付き研削砥石で金型を加工する方法が考えられる。本研究では、精密微細加工が実現できる「振動援用加工」に注目した。金型の鏡面仕上げ加工を実現するため、スピンドルの高精度化や有効切れ刃を長くするための「切れ刃トランケーション」を小径球状砥石に施す方法などの課題に取り組んだ。研究期間内では、汎用マシニングセンタと同程度の運動・位置決め精度を有する三軸案内装置（図1）を導入し、これに金型仕上げ加工を目的として設計・製作した高精度超音波振動援用加工用スピンドルを搭載した。このスピンドルの振れまわりは、実用的な工具突きだし位置において $1\mu\text{m}$ 以下であり、仕上げ加工に十分な特性であった。射出成型用金型鋼 NAK80 に対して、図2に示すような軸付きダイヤモンド電着砥石で正面研削加工（図3）を行った結果、慣用加工では砥粒の損耗が急速進展して加工ができないが、振動援用加工では 3600mm^2 程度の面積を鏡面仕上げしても工具摩耗は見られなかった。さらに、切れ刃トランケーションによって有効切れ刃長さが長くなるほど、表面粗さは向上する一方、加工抵抗も増加して工具のビビリ振動が発生するため、適切なトランケーション量が存在することがわかった。そして、実際に携帯電話のボタンを模した金型（図4）を製作して射出成形を行った結果、図5に示すように成型品は良好な透明性を有しており、本手法の有効性が確認された。

手仕上げでは製品間のばらつき、型のくずれ（角のだれ、平面度の悪化など）や長時間作業への対応などがデメリットとなるが、本手法は機械加工のみで金型を仕上げるので、それらの欠点はなく、広い平面でも、冗長で複雑な形状でも、同一の加工面が得られる。本手法は燃料電池のセパレータやモバイル機器筐体の金型の仕上げ加工に有用となる。

■ 今後の展開、将来の展望

・本手法による金型の鏡面仕上げは、既存の汎用工作機械に本スピンドルを搭載、すなわちエンドユーザーがスピンドル単体を導入することで実現可能である。さらに振動援用加工技術のノウハウとして、安定発振するための研削工具や工具ホルダの形状や材質、切れ刃トランケーション手法、振動加工現状観察手法が蓄えられた。その結果、スピンドル単体の市販、付随する周辺技術・装置の事業化が可能となった。

・研究期間では、射出成形用金型鋼 NAK80 のような比較的柔らかい（HRC40 程度）材料を加工対象として、これを鏡面仕上げできた。その一方で冷間鍛造金型などに用いられる焼入鋼や超硬合金を手仕上げレスで鏡面仕上げする要求も高い。一般的には、高硬度材は鏡面性が高く、さらに振動援用加工は高硬度・脆性材料に対して効果的であることから、実験的検証を進める。

・本加工技術の開発により、加工抵抗を小さくした精密微細加工が可能になる。たとえば、硬脆材への微細穴あけ加工などが低コストで実現できる。本技術は金型の鏡面仕上げ加工のみならず、

様々な加工分野に技術展開が可能であり、難削材や微細精密加工に切削、研削加工を適用するニーズがあれば、市場拡大のためにも共同研究等で開発を進めたい。さらに、本スピンドルと5軸加工機を組み合わせることで、より良好な仕上げ面が得られる可能性がある。

・今後、技術的解決すべき問題として、切れ刃トランケーションの簡略化と小径研削工具の開発が挙げられる。振動援用加工は加工抵抗を極限まで小さくできるが、金型の鏡面仕上げのためには、振動援用加工に適した工具が必要不可欠である。熱化学反応を利用したダイヤモンド砥粒のトランケーション方法などを検討し、事業化を行う。

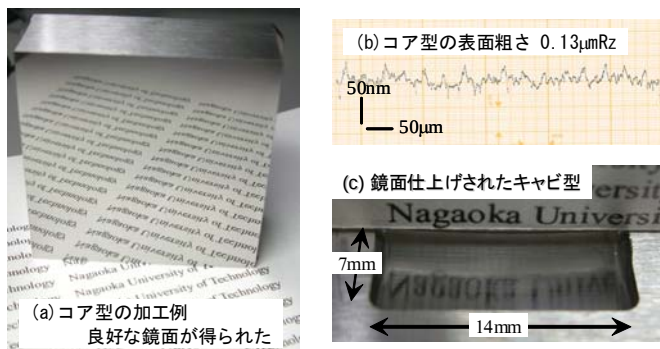
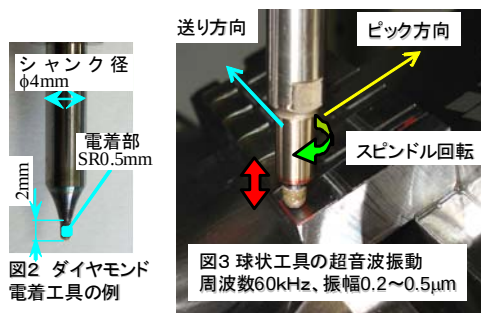


図4 携帯電話のボタンを模した金型の仕上げ加工

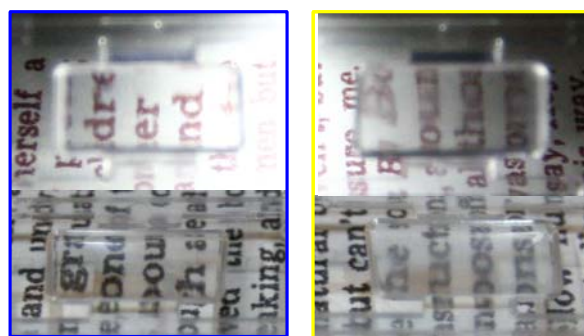


図5 射出成型品による振動援用鏡面仕上げ加工の効果の比較

■ 研究体制

◆ 代表研究者

長岡技術科学大学 工学部 機械系 教授 田辺郁男

◆ 研究者

磯部浩己、久曾神煌

(長岡技術科学大学)

原圭祐

(一関工業高等専門学校)

岡田学

(長野工業高等専門学校)

知野吉浩、登坂 勝、池田英昭

(サンアロー (株))

佐藤彰

(ユニオンツール (株))

岳 義弘

((株) 岳将)

◆ 共同研究機関

長岡技術科学大学、一関工業高等専門学校、長野工業高等専門学校、サンアロー (株)、ユニオンツール (株)、(株) 岳将

■ 研究期間

平成18年4月 ～ 平成21年3月