

氏名	魯楠
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4762号
学位授与の日付	平成25年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	流動遊離砥粒による加工機構とその応用に関する研究
論文審査委員	准教授 大橋一仁 教授 塚本眞也 教授 藤井正浩 教授 岡田 晃

学位論文内容の要旨

砥粒加工は、精密機械部品などの製造に欠かせない加工法であり、近年では、より一層の高精度化、高能率化が求められている。本研究では、これらの砥粒加工に対する要求に対して、新たな流動遊離砥粒加工法を提案し、その加工機構と応用に関する検討を行った。

本論文は、第Ⅰ編「吸引キャビテーション流を用いた砥粒加工現象の検討とマイクロ加工への応用」と第Ⅱ編「円筒ブラスト加工特性の検討とマイクロ溝加工への応用」から構成されており、以下に、各編の概要を述べる。

第Ⅰ編では、スラリーの流動にキャビテーションの効果を重畳させる吸引キャビテーション援用砥粒加工法を提案し、その加工特性を検討することによって、次の主な成果が得られた。

- 1) 段差形状の工作物を加工する際、スラリー流入側に過剰に加工されるリブ角部の侵食除去が発生する。侵食除去は流れ方向に加工時間と共に進行するが、深さ方向への進行はマスク面までほとんど停止する。
- 2) 加工前の表面粗さを小さくすることで、良好な加工後表面粗さを得ることが可能である。
- 3) 反転式吸引キャビテーション流を用いた砥粒加工法からの材料除去量の分布は熱流体解析利用による、スラリーの流動形態とほぼ対応している。
- 4) 反転吸引キャビテーション流援用砥粒加工において、工作物を回転させることにより加工精度および表面品質の向上が認められた。

第Ⅱ編では、ブラスト加工を用いた円筒材料の高精度かつ高能率なマイクロ形状創成法の確立を目標とし、円筒材料に対するブラスト加工特性を実験的に検討した。さらに、得られた加工特性を基にして、マイクロ溝加工を試みることで、以下の成果が得られた。

- 1) C3604 をブラスト加工する場合、GC 砥粒による加工面は明りょうな砥粒の干渉痕により生成されるが、WA 砥粒による加工面は被削材の漠然とした塑性変形が主体となって生成され、WA 砥粒よりも GC 砥粒を用いる方が表面粗さは小さい。
- 2) 投射圧力の増加に伴って加工深さはほぼ二次関数的に増大する。また、表面粗さは漸次増大する。
- 3) ノズルオフセットを与えると、加工性能がやや向上し、オフセット量の増加に伴って加工深さは若干増大する。また、表面粗さはノズルオフセット量が変わってもほとんど変化しないが、ノズルの向きが工作物外周面の接線方向に近づくと表面粗さは若干大きくなる。
- 4) SS400, S45C をブラスト加工する場合は、WA 砥粒による場合も GC 砥粒による場合も加工面性状はほぼ同様であり、C3604 のブラスト加工に比べて加工能率が低下する。

以上の研究により、流動遊離砥粒加工法のマイクロ加工への応用に寄与する成果が得られた。

論文審査結果の要旨

工業製品の更なる小型化ならびに高性能化を実現するため、機械部品や光学部品あるいは生体部品などのマイクロ加工技術の高度化が要求されている。本論文では、2つの方式の流動遊離砥粒による加工法によってその実現を図った成果がまとめられている。

第Ⅰ編では、スラリーの吸引キャビテーション流を用いた加工法を提案し、その加工機構を実験的に明らかにするとともに、その応用が検討されている。まず、キャビテーションを伴いスラリーが水平に流動する方式の加工法による加工機構および加工特性を実験的に解明し、その結果を基に、従来の機械加工法では安定した加工が困難であった樹脂成形金型の局所へのマイクロエアレント加工を試みている。その結果、金型のリブ部に深さ約1 μm の複数のエアレントを高い再現性で加工することに成功し、射出成形時に金型内の気体を排出しても樹脂は排出されないためバリのまったく発生しない樹脂成形を実現することが立証されている。また、加工面に対向してスラリーの吸引キャビテーション流が作用する方式の加工法を提案し、より広い面積を高能率・高精度に加工するための知見を明らかにしている。

第Ⅱ編では、ブラスト加工を用いた円筒材料の高精度かつ高能率なマイクロ形状創成法の確立を目的とし、投射圧力、投射距離、ノズルオフセット量、砥粒と被削材の材質などの条件が円筒ブラスト加工の特性に及ぼす影響を実験的に検討している。その結果、黄銅のブラスト加工では、砥粒の種類によって加工面性状が大きく異なること、およびブラストノズル位置を工作物軸に対してオフセットすることで加工能率が向上することなどを明らかにしている。さらに、得られた知見を基に、マスク法を導入することにより動圧軸受を想定した円筒面へのマイクロ溝加工を試みている。その結果、本加工法によって、既存の動圧軸受に匹敵する精度でマイクロ動圧溝加工が高能率に実現できることを立証している。

以上のように本論文は、流動する遊離砥粒を用いた新たな加工法を提案し、それらを付加価値の高い工業的生産に実用する目処を立てたものであり、学術上および工業上貢献するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。