

氏 名	玉置 司
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4958号
学位授与の日付	平成26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	プラズマプロセスを利用したステンレス鋼刃物の高性能化に関する研究
論文審査委員	教授 岡田 晃 教授 塚本真也 教授 藤井正浩 准教授 岡本康寛

学位論文内容の要旨

一般的にカミソリ等の刃物は切削抵抗が小さいほど切れ味が良く、刃先がより鋭利であることが求められる。一方で刃物には耐久性も実用上必要とされるが、これは材料の種類と熱処理条件、および刃先の厚みに依存する。しかしながら、刃先硬度の向上には限界があることや、従来の機械加工による刃先の成形では、ナノオーダーでの刃先形状制御が困難である。従って、更なる刃物の性能向上のためには、革新的な刃先成形・表面処理プロセスによって現状を打破する必要がある。

そこで本論文では、カミソリ刃をはじめとするステンレス鋼刃物に対し、プラズマを用いた加工および表面処理による高性能で安定した品質の刃先形成を目的とし、プラズマ加工プロセス、加工条件が刃物の表面性状や切断性能に及ぼす影響について体系的に検討を行った。

まず、第2章ではステンレス鋼自身の硬度を上昇させ、刃先の耐久性を向上させる技術としてプラズマ窒化に注目し、ホローカソードプラズマ窒化処理による、長期間使用可能なカミソリ刃の開発を行った。その結果、ステンレス鋼の表面には数ミクロンの窒化物層が形成されること、窒化物層の表面硬度と硬化層深さは処理時間、処理温度とともに増加することを確認した。また、窒化処理を行った刃先先端の耐摩耗性を向上できることが明らかとなった。

次に、第3章ではカミソリ刃や医療用刃物など、ナノオーダーで形状精度が要求される刃先の成形を実現するため、イオンビームならびにプラズマエッチングによるステンレス刃物のバリ取りと形状制御について検討を行った。イオンビームを多方向照射によって刃先に照射すると、バリの除去とともに刃先を極めて鋭利に形成できることが明らかとなった。また、多方向照射によるイオンビームエッチング後にプラズマ窒化処理を行った刃先は、従来の皮砥加工した刃先よりも20%程度切断性能が向上した。さらに、ホローカソードを用いたプラズマエッチングにより眼科用メスの刃先を処理した結果、刃先先端を尖らすことに成功し、切削抵抗を大きく減少できることが明らかとなった。

続く第4章では、酸素混入によるプラズマ窒化処理法により、刃先先端を鋭利化する処理について検討を行った。その結果、最適な酸素導入量および加工処理時間によって微小な先端半径を持つ特異な形状の鋭利な刃先を成形することに成功した。また、刃先表面からは鉄成分が選択的に除去される現象も明らかとなった。さらに、刃物としての切断性能が高いことも確認された。

以上のように、本論文では刃物の刃先にプラズマを用いた表面処理や加工を施すことによる、高性能で安定した品質の刃先形成を検討した結果、刃先の鋭利化や耐久性の向上およびナノオーダーでの形状制御が可能となった。これにより市場への用途に応じた耐久性や切断性能を満たした刃物の提供が期待できる。

論文審査結果の要旨

本研究は、ステンレス鋼刃物の製造工程に関するものであり、プラズマプロセスを利用した刃先の高性能化として3つの研究テーマに取り組んでいる。

まず、ステンレス鋼自身の硬度を上昇させるプラズマ窒化処理法を用いて、刃先の耐久性向上を提案している。その結果、ステンレス鋼の表面には数ミクロンの窒化物層が形成されること、窒化物層の表面硬度と硬化層深さは処理時間、処理温度とともに増加することを確認した。また、窒化処理によって刃先先端の耐摩耗性を向上できることが明らかとなった。

次に、従来の皮砥研磨に代わる技術および、ナノオーダー精度の刃先成形を実現するため、イオンビームならびにプラズマエッティングによるステンレス刃物のバリ取りと形状制御について検討している。その結果、イオンビームを多方向照射によって刃先に照射すると、バリの除去とともに刃先を極めて鋭利に形成できることが明らかとなった。また、多方向照射によるイオンビームエッティング後にプラズマ窒化処理を行った刃先は、従来の皮砥加工した刃先よりも20%程度切断性能が向上した。さらに、ホローカソードを用いたプラズマエッティングにより眼科用メスの刃先を処理した結果、刃先先端を尖らすことに成功し、切断抵抗を大きく減少できることが明らかとなった。

さらに、処理中に酸素を導入したプラズマ窒化法により刃先先端が鋭利化される現象について検討を行った。その結果、最適な酸素導入量および加工処理時間によって微小な先端半径を持つ特異な形状の鋭利な刃先を成形することに成功した。また、刃先表面からは鉄成分が選択的に除去される現象も明らかとなり、その刃先はカミソリにおける髭剃り評価やミクロトームによる薄切試験において、切断性能が高いことも確認された。

以上のように、本論文ではステンレス刃物の鋭利化や耐久性の向上およびナノオーダーでの形状制御が可能となり、新たな刃先成形の手法を確立するとともに、その市場においては用途に応じた耐久性や切断性能を満足する高性能な刃物の提供が可能となると期待される。

本研究によって得られた成果は、新たな刃先成形法として有用な資料を提供するものであり、工学的・工業的価値が高い。よって本研究は博士（工学）の学位に値するものと認められる。