

別紙

論文の内容の要旨

論文題目 細線電極を用いた放電による複合的加工法に関する研究

氏名 武 沢 英 樹

近年の工業製品の小型高精度化に伴い、微細加工の必要性がますます高まってきている。各種の加工法の中で放電加工は、非接触加工であり加工反力が小さいため工具欠損が少なく、ばりやかえりも他の加工法に比較して小さいなどの特徴から微細加工に多用されている。一方、除去加工が主体であった放電加工では、粉末を圧縮成型した圧粉体電極を用いて大量の電極消耗を発生させることで、電極材料を相手材料表面に付着させる堆積加工が可能となった。

本論文では、圧粉体電極をの代わりに細線電極を用いた大電流放電加工により電極を大量に消耗させる放電堆積加工を目指したことを端緒としている。直径 0.1mm 程度の細線電極とした従来の放電加工では、精密加工を目的とした微小エネルギー条件を用いた。それに対して本研究では、堆積加工を目的として、電極の消耗を大量に促すために 50A 程度の大電流条件を用いて加工を行った。その結果、いくつかの特異な現象を見いだすことができた。一つは、大電流連続放電により相手材料表面に瞬時に微小な突起物を形成する瞬時堆積現象と、他の一つは大電流単発放電により放電後の電極先端が微細化する瞬時微細化現象である。

堆積加工現象について、電極材質の影響、電気条件の影響、堆積物の断面観察、放電波形の分析、指定回数放電による放電実験、高速度ビデオカメラによる極間観察などを行い、

現象を追求した。その結果、タングステン細線電極で実現し、黄銅や銅細線電極では除去加工が進行する。さらに、堆積加工となる場合の放電波形を調べた結果、連続した短絡が発生したのち設定パルス幅よりも長い放電が発生する。このような現象は、細線電極に直流大電流を流した時に発生する線爆現象に類似する。これより、堆積プロセスは除去加工が進行した後に発生する連続した短絡を起因として、細線電極が高温になり溶断することで発生する線爆現象により、電極の溶融部が工作物上に押しつけられて堆積することが明らかとなった。以上の方法により、微小域を瞬時に高融点材料であるタングステンで表面処理することができる。

細線電極を用いた単発放電による微細軸の瞬時成形は、細線電極を用いた大電流単発放電における長さ消耗量の測定に端を発している。タングステン細線電極を用いた $256\mu\text{s}$ のパルス幅では、(+) 極側と (-) 極側の消耗量が2倍以上も異なった。放電後の先端形状を観察すると、(-) 側の先端は直径 $30\mu\text{m}$ 長さ $250\mu\text{m}$ 程度に微細化していた。微細な放電加工では微細電極を成形する必要があるが、現状では数分以上の時間を要している。したがって、単発放電により瞬時に微細な軸が成形できるならば、その効果は大きい。微細軸が成形される現象を追求した結果、タングステン電極の (-) 極側だけが微細化すること、微細化するには適当な放電入力エネルギーが存在すること、重力の影響は少ないこと、微細軸の先端は未溶融部であることなどが明らかとなった。しかしながら、以上の結果から成形メカニズムを詳細に議論することはできなかった。そのため、放電中の極間現象を直接観察して、微細軸が成形されるタイミングを特定した。YAG レーザを背光とした極間観察システムを構築して極間観察を行った結果、微細軸は放電終了後 $100\mu\text{s}$ 程度から後に成形されることがわかった。これらの実験結果より、電極先端に作用して微細化現象を引き起こす影響は、電気的な作用やプラズマジェットのような影響ではなく、放電によって発生する気流の影響であると推定される。極性 (-) 側だけが微細化するのは、電極消耗量が (+) 極では大きいため、電極先端が後退しすぎて気流の影響が小さくなり微細化しないと考えられる。

同一放電加工機による細線電極を用いた放電加工において、加工条件を変えることにより堆積加工と除去加工を使い分けることが可能となり、実際に鋼板薄板に対する穴あけ加工において、その端面をタングステン材料で表面処理することが可能であることが確かめられた。

本研究では、直径 0.1mm 程度の細線電極を用いた大電流放電加工において発生する加工現象の追求を行い、連続放電における堆積加工と、単発放電における微細化現象の複合的なプロセスを明らかとし、これらを組み合わせた応用加工を行い、新たな微細放電加工の展開の可能性を見いだした。