

論文の内容の要旨

論文題目 絶縁性セラミックスのワイヤ放電加工に関する研究

氏名 後藤 啓光

本研究は、加工が不可能であった絶縁性セラミックスに対するワイヤ放電加工を実現するものである。

機能性セラミックスは、半導体材料と共に今世紀の基幹材料の一つである。現在、セラミックスの機能性を生かした応用が多く分野で試みられている。機能性部材としてセラミックスを使用するためにはセラミックス材料に対して本来の機能性のほかに複雑な形状を付与する必要がある。

セラミックスの持つ高強度、高硬度という長所は、加工の面では難加工性という短所となり、複雑形状部品の作製が極めて困難となる。現在、セラミックスへの形状加工はダイヤモンドによる研削加工が最も一般的な方法である。そのため、加工可能な形状に大きな制約を受けるだけでなく、加工能率が悪く、加工精度が不十分となり加工コストが増大する。

一方、放電加工法は被加工物の硬さに依存することなく加工を行うことができる。また、複雑な形状を容易に加工することができるため、導電性のあるセラミックスに対しては、放電加工やワイヤ放電加工がきわめて有用な加工法であると考えられる。特に、ワイヤ放電加工法は、他の加工方法では実現が極めて困難な形状を容易に、かつ高精度に達成することが出来る。そのため、複雑な製品の無人化加工に革新を与え、産業界で確

固たる地位を築き上げている。絶縁性セラミックスに対するワイヤ放電加工法が実現すれば、セラミックスの優れた性能を十分に発揮することが出来る。しかしながら、機能的なセラミックスの多くは絶縁性を有し、絶縁性セラミックスの加工方法として放電加工法が適用されることはほとんどなかった。

本研究では、「補助電極法」と呼ばれる一種の表面改質法を用い、絶縁性セラミックスに対するワイヤ放電加工を実施する。「補助電極法」は、一種の表面改質現象を利用した絶縁性材用に対する放電加工法であり、加工対象となる絶縁性の材料をあらかじめ導電性の材料で覆い、放電加工油の中で加工を行い、加工中に発生する熱分解カーボンや電極材料、および母材成分との炭化物などにより、導電性を有する被膜を絶縁性材料の表面に形成させ、加工を行う手法である。

本研究では、一般に広く利用される黄銅ワイヤを使用し、絶縁性 Si_3N_4 セラミックスに対するワイヤ放電加工を実施した。頻発するワイヤ電極線の断線を回避し、2層式補助電極処理法を開発によって、厚さ 100mm の Si_3N_4 ブロックの加工を実現した。さらに、加工速度、表面粗さ、各種形状精度の測定および各種複雑形状加工を実施することによって、本加工法の有効性を示した。

以上の実験により、絶縁性セラミックス加工において特有の放電現象が確認され、市販の加工機では加工特性の向上などにおいて十分に対応できないことが明らかとなった。そこで、独自の制御を搭載できる「モジュラー型ワイヤ放電加工機」を製作した。これにより、金属の加工時には特に影響を与えない因子である放電検知電圧の設定値が、絶縁性セラミックスの加工においては大きな影響を与えることを突き止めた。また、「長パルス放電」と呼ばれる特殊な放電波形にも対応が可能な「放電波形解析ソフト」を開発した。このソフトによる放電状態の解析によって、加工中の導電性被膜の抵抗変動を評価し、加工の安定性、導電性被膜形態と放電波形の関係について考察した。これらの評価結果に基づいた制御によって、工業的に求められる表面粗さでの仕上げ加工を達成した。

さらに、加工後にセラミックス表面に形成される導電性被膜や加工屑成分を同定し、導電性被膜の主成分が Si であることを示した。また、長パルス放電の放電持続時間を任意に制限するための放電検知電圧を別に設け、長パルス放電と加工特性の関係を詳細に調査し、加工メカニズムを推定した。不活性ガス中のワイヤ放電加工の実施より推定したメカニズムを実証し、先行研究である形彫放電加工で得られている現象と照らし合わせ、各加工条件における絶縁性セラミックスの加工プロセスを解明した。