

論文内容の要旨

氏名 金子 健 正

セラミックスは機械的、化学的、熱的、電氣的に優れた特性を持つ。そのため、ポリッシングプレート、繊維機械用部品及び液晶製造装置用大型部品などに用いられている。しかしながら、脆性材料で、硬く脆いために機械加工が困難である。セラミックスの加工法としては研削加工、レーザー加工、砥粒加工、超音波加工及びニアネットシェイプなどが挙げられるが、いずれの方法においてもセラミックスに対する複雑形状加工が困難で応用や新規分野への開拓が進んでいないのが現状である。また、製造時の歩留まりが低く、量産採用が進まないことも要因の一つとして考えられる。複雑形状加工が可能な加工方法として放電加工があるが、加工可能な材料は導電性材料に限られる。実用セラミックスの多くは絶縁性であり、放電加工の適用は不可能である。導電性物質を焼結助剤として添加することで導電性を付与した導電性セラミックスに対して放電加工を行う試みもなされているが、加工後の絶縁復帰や加工精度に問題がある。

一方、本研究室において、絶縁性材料の放電加工を可能にする補助電極法が開発された。補助電極法を用いることで、 Si_3N_4 や ZrO_2 などの絶縁性セラミックスに対して実用加工時間で複雑形状加工、厚板加工及び微細放電加工が可能となっている。しかしながら、熱伝導率が高い絶縁性材料は放電一回あたりの被加工物除去量が極めて少ないため、加工速度が遅い。本研究では、高熱伝導絶縁性材料として代表的な SiC 、 AlN 及びダイヤモンドに対して加工速度向上を目的として、主に導電性被膜の形成プロセスに着目し、電極材料や加工液が放電加工特性に及ぼす影響について調べた。本論文では大別して以下の3つの項目に関する研究を実施した。①絶縁性材料用微細放電加工機の製作：市販の放電加工機では実現できない加工条件を設定し、微細放電加工を行うための絶縁性材料用微細放電加工機を製作した。また、実製品の加工テストを行い、製作した実験機の性能評価を行った。②各高熱伝導絶縁性材料の導電性被膜形成パターンの推定：高熱伝導絶縁性材料として代表的な SiC 、 AlN 及び合成単結晶ダイヤモンドに対して、導電性被膜の形成状態に大きな影響を与える電極極性や放電検知電圧などの加工電気条件を変化させて加工を行い、加工特性を評価した。また、加工後の被加工物表面の観察・分析を実施し、各高熱伝導絶縁性材料の導電性被膜形成パターンを推定した。また、推定した導電性被膜形成パターンから、加工電気条件以外に導電性被膜形成に影響を与える因子を明らかにした。③導電性被膜形成パターンに合わせた加工条件による加工速度の向上：加工電気条件以外に導電性被膜形成に影響を与えると考えられる因子について検討を行い、放電波形の制御とは異なる手法で更なる加工速度向上を目指した。これらの大項目を6つの章に分割して論じた。各章で論じる内容を以下に概説する。

第1章「緒論」では、本研究の背景、目的、先行研究との関連などを述べた。

第2章「絶縁性 SiC のワイヤ放電加工」では、加工電源に改造を施したワイヤ放電加工機を用いて、これまで実現できなかった加工電気条件による SiC のワイヤ放電加工を行い、電極極性や長パルス制御が放電加工特性に及ぼす影響について検討した。また、 SiC の導電性被膜の分析を行った結果、熱分解カーボンだけでなく、ワイヤ電極材料も多く存在している

ことが分かった。導電性被膜に電極材料成分が多く含まれる場合、熱伝導率と融点の高い電極材料を使用することで薄い導電性被膜が形成され、加工速度が向上することを明らかにした。さらに複雑形状加工、板厚 100 mm の SiC ブロックからの形状加工及び微細放電加工を実施することで、補助電極法による SiC のワイヤ放電加工の有用性を示した。

第 3 章「絶縁性材料用微細放電加工機の製作」では、絶縁性材料に対する微細放電加工が実施できる卓上型微細放電加工機を開発し、市販の放電加工機では実現できない加工条件による加工を実現した。さらに、実製品の加工を想定し、微細形状部を有する入れ子型絶縁性セラミックス製射出成形金型を試作することで、開発した微細放電加工機の性能評価を行った。

第 4 章「絶縁性 AlN の微細放電加工」では、製作した絶縁性材料用微細放電加工機を用いて、電極極性が放電加工特性に及ぼす影響について調べた。また、導電性被膜に対して EDS や XRD 分析を行った結果、被加工物が分解した Al によって形成されていることが分かった。これは熱分解カーボンが加工雰囲気中存在しない、すなわち加工油以外の加工液においても加工が進展することを示している。そこで、脱イオン水を用いた微細放電加工を試みた。さらに、高電力ネットワークチップ抵抗器を想定した AlN 基板への微細穴ピッチ加工を実施することで、補助電極法による AlN の微細放電加工の有用性を示した。

第 5 章「ダイヤモンドの微細放電加工特性」では、地球上の物質の中で最も熱伝導率が高い合成単結晶ダイヤモンドに対して、製作した絶縁性材料用微細放電加工機を用いて微細放電加工を行った。切削加工においてダイヤモンド工具を用いて鉄系材料を切削した場合に、ダイヤモンドの黒鉛化や鉄中への炭素拡散によって著しく摩耗することに着目し、工具電極材料が放電加工特性に及ぼす影響について調べた。

第 6 章「本研究の総括」では、本研究を総括し、今後の展望を述べた。