

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 松橋 英明
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博 (工) 第 408 号
 学位授与の日付 平成 26 年 3 月 24 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 博士論文名 スクロール形状部品の実用的な高速・高精度加工法に関する研究

論文審査委員 主査 教授・岩部 洋育
 副査 教授・新田 勇
 副査 教授・安部 隆
 副査 教授・田邊 裕治
 副査 教授・竹内 芳美 (中部大学)

博士論文の要旨

本論文は「スクロール形状部品の実用的な高速・高精度加工法に関する研究」と題して、家電製品や自動車の各種圧縮機の心臓部に搭載されているスクロール形状の高効率・高精度加工を実現するために行われたものである。低騒音、低振動を特徴とするスクロール形状の加工には多くの場合工具としてエンドミルが使用されている。しかし、その形状が主にインボリュート曲線であるため、常に曲率半径が変化し、内壁は外壁よりも切削断面積が増加する等、エンドミル加工に起因する多くの課題が残されており、結果としてスクロール形状の高効率・高精度加工の実現には多くの困難が存在していた。しかし、非回転のヘール工具を用いた新しい加工法を提案し、基本的な切削特性を明らかにするとともに、ヘール工具の材料開発を行っている。さらには検証実験を通じて実用的なレベルでスクロール形状の加工が可能となることを明らかにしている。

本論文は 6 章より構成されている。

第 1 章序論で、地球温暖化はエアコンの爆発的な増加に関係し、その原因が冷媒と消費電力にあることを明らかにした。また、スクロール圧縮機が地球温暖化の課題解決策の一助を担うことを述べ、一方、スクロール形状加工の課題を工作物およびエンドミル加工の特徴から総括し、本研究の目的とした理由を明確にしている。

第 2 章はスクロール形状加工におけるエンドミルの切削機構を解析し、ねじれ角が加工誤差に及ぼす影響を切削断面積から明らかにし、最適ねじれ角を提言した。また、超硬エンドミルの WC 粒子に着目し、異なる 2 種類の組織によるエンドミルを試作し、加工面の形状誤差、寸法誤差および底面粗さに対する影響を調べ、WC 粒子サイズが小さく、粒子分布が均一な組織の超硬合金が 5 倍の長寿命となることを明らかにしている。

第 3 章は非回転工具によるスクロール形状加工法の提言を行っている。一方、ヘール加工の量産化に向け、加工特性の基礎的解析を目的に、近似工作物、CBN 工具、超硬工具モデルを作成し、FEM 解析を用いて切削力に基づく工具および工作物の変形を明らかに

している。

第4章は第3章で作成したFEM解析モデルから、実験により得た切削分力を用いて加工誤差の予測を行い、円筒形状工作物加工における工具材種、加工工程、仕上げ加工速度の違いによる加工面への影響を比較検討した。その結果、工具は超硬が寸法誤差において半減、形状誤差は7割減、仕上げ工程は切込み $5\mu\text{m}$ が誤差形状において優位、および仕上げ加工速度は $2,000\text{mm}/\text{min}$ が優位であることを明らかにした。また、仕上げ面粗さは加工条件に影響しないことを明確にし、ヘール加工における高精度加工法を提言している。

第5章は第4章における高精度加工法の提言内容でヘール工具における加工実験を行い、切削距離の変化に伴う切削力、仕上げ面粗さ、逃げ面摩耗幅への影響を明らかにした。その中で切削力は主分力ならびに背分力が切削距離 4.3km までは比例的に増加し、その後減少し安定する現象が明らかになった。また、切削力から工具および壁面の変形をFEM解析で求め予測誤差より算出し、仕上げ面粗さと逃げ面摩耗幅の測定値を考慮した工具寿命は実用的に1790台と予測している。

第6章は本研究のまとめである。すなわち、スクロール加工において高精度を確保しながら従来比5倍の長寿命エンドミルの開発を行っている。また、非回転のヘール工具による加工法を提案するとともに、開発した工具材料を用いてヘール工具を製作ならびに基礎的な切削特性を明らかにし、実用化が十分可能であることを明らかにしている。

審査結果の要旨

本論文は、高効率、低騒音、低振動、自然冷媒対応など優れた特徴を有し、スクロール圧縮機に搭載されているいるスクロール形状部品の高効率・高精度加工を目的として行われたものであり、先ず長寿命エンドミルの開発を行って5倍の工具材料を開発している。また、従来にない非回転のヘール工具を用いたスクロール形状の新しい加工法を提言するとともに、ヘール工具による加工の基本的な切削特性を明らかにしている。その結果、寸法精度、形状精度に加えて仕上げ面粗さも大きく改善することを示している。さらに、工具材料には開発した材料用いて行っており、実用化する上で重要な寿命試験を通じて工具交換なしで1790台の製作が可能であることも明らかにしている。

以上のように、本論文は工学及び工業上貢献するところ非常に大であり、よって、博士(工学)の学位論文として十分であると認定した。