

博士論文要旨

論文題名：砥粒挙動を重視した高性能複合 ラッピング定盤の開発

立命館大学大学院理工学研究科
機械システム専攻博士課程後期課程

カワハタ ユウジ
川波多 裕司

本論文では、粗研磨のラッピング工程で工具として一般的に用いられている鑄鉄定盤の問題点を解決する新しいラッピング定盤を提案している。まずは難削材であるサファイアを用いて研磨実験を行い、鑄鉄定盤の問題点を調査したところ、定盤表面に微細凹凸形状を成形するドレッシング工程が重要で目切り溝がないと研磨性能が大幅に低下することが判明した。これは砥粒が加工域に入りにくいことで、常に定盤表面に微細凹凸形状が必要であると考えた。そのため耐食性に優れたステンレス鋼のフィラーとエポキシ樹脂を混合、圧縮成形した複合定盤を開発した。しかし、当初は砥粒の動きを妨げる効果が低いことや製作時に含有する気泡により耐摩耗性が低下するといった問題点があった。この問題点をフィラーにアスペクト比の高い繊維を採用することとフィラーに表面処理を行い密着性を上げることで解決し、複合定盤の研磨性能と耐摩耗性を高めた。また複合定盤は定盤表面の微細凹凸形状が維持され、研磨能率の経時変化が抑制されることを確認した。

さらに研磨性能を高める定盤表面の微細凹凸形状を把握するために、定量的に微細凹凸形状が変更可能な金属金網をメッシュ定盤として用いた。まず微細凹凸形状の差異によって、研磨性能が変化する研磨メカニズムを高速度カメラを用いてメッシュ定盤上の砥粒の挙動の観察することで調べた。その結果、研磨性能の高いメッシュ定盤は、砥粒が蛇行しながら定盤上を移動し、研磨性能が低いメッシュ定盤では、砥粒は蛇行せずに回転方向に直線的に移動することがわかった。この砥粒が蛇行する微細凹凸形状を複合定盤に反映させるために、メッシュ定盤で得た知見をもとに含有する繊維径を変更させた複合定盤を製作した。その定盤表面の凹凸を2値化処理を行った結果、凹部が連続している場合に研磨性能が高くなることがわかった。この複合定盤を用いることで、難削材に対する研磨能率の低減する割合が鑄鉄定盤に比べて、大幅に減少した。

以上のことから鑄鉄定盤の問題点である難削材に対する低い研磨能率、低い耐食性、研磨能率の経時変化の3つの問題点を克服する新しい複合定盤の開発に成功した。

Abstract of Doctoral Thesis

Title: Development of a high-performance composite lapping tool by considering abrasive flow

Doctoral Program in Advanced Mechanical Engineering and Robotics
Graduate School of Science and Engineering
Ritsumeikan University

カワハタ ユウジ

KAWAHATA Yuji

In this paper, a new lapping tool has been proposed to solve the problems of the conventional cast iron tool.

At first, the problem of the cast iron tool was investigated by carrying out the lapping experiment of a sapphire wafer which is one of well-known difficult-to-cut materials. Then it was found that the dressing for forming the waviness on the tool surface was important because the lapping performance was significantly reduced due to the absence of waviness. It was considered that the waviness was stably necessary on the tool surface, which caused the easy supply of abrasive grains to the lapping region. For this reason, a composite tool which was produced by compressing after mixing stainless steel fillers with the epoxy resin was developed. The tool enabled to maintain the fine waviness, which resulted in suppressing the time-dependent reduction in removal rate.

Next in order to improve the tool performance of the tool, a series of tests has been performed using the mesh tool in which the fine waviness could be easily changed. The abrasive flow on the mesh tool was observed using a high-speed camera and the relationship between abrasive flow and lapping performance was investigated. The obtained results showed that the meandering flow of abrasives caused the high tool performance in comparison with the case of the linear flow.

Finally, the wire diameter of the mesh tool which realized high performance was coincided with the filler diameter of the composite tool. By binarizing the surface of the composite tool in height, it was found that the lapping performance was improved when the concave portions were continuous. The significant point is that the removal rate of the difficult-to-cut material was greatly increased applying this composite tool as compared with the cast iron tool.