

ダイヤモンドの3次元 マイクロ加工法の開発

課題番号：14550101

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金
(基盤研究(C)(2)) 研究成果報告書

平成16年6月

研究代表者

中本 剛 (千葉大学工学部教授)

千葉大学附属図書館



20005805498

出版物

02

AI

1. はしがき

本報告は、平成14年度から平成15年度までの2年間にわたり、科学研究費補助金(C)(2)により、標記の研究課題を実施した結果についてまとめたものである。研究課題、研究組織、交付配分額、研究発表状況などは、次の通りである。

研究課題名：ダイヤモンドの3次元マイクロ加工法の開発

課題番号：14550101

研究種目名：基盤研究(C)(2)

研究組織：研究代表者；中本 剛（千葉大学工学部教授）

交付配分額 (金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	1,600	0	1,600
平成15年度	1,300	0	1,300
総計	2,900	0	2,900

研究発表

[1] 学会誌等

- (1) 中本 剛, Sohaib Shabouk, 山口 毅, 炭素鋼を切削したときの工具摩耗を利用したダイヤモンドの加工 (ダイヤモンドの除去量の検討), 日本機械学会論文集, 68巻669号C編 (平成14年5月), pp.1582-1588.
- (2) Sohaib Shabouk and Takeshi Nakamoto, Precision Machining of Diamond by Utilization of Graphitization Phenomenon during Cutting Process, Proceedings of 6th International Conference on Progress of Machining Technology, (2002-9), pp.99-104.
- (3) Takeshi Nakamoto and Sohaib Shabouk, 3-D Accurate Machining of Single Crystal Diamond by Steel during Cutting Process, Proceedings of JSME/ASME International Conference on Materials and Processing 2002 (The 10th JSME Materials and Processing Conference (M&P 2002), Vol. 1 (2002-10), pp.291-296.

- (4) Sohaib Shabouk and Takeshi Nakamoto, Micro Machining of Single Crystal Diamond by Utilization of Tool Wear during Cutting Process of Ferrous Material, Journal of Micromechatronics, Vol. 2, No. 1 (2003-7), pp.13-26.

[2] 口頭発表

- (1) Sohaib Shabouk and Takeshi Nakamoto, Micromachining of Diamond by Cutting of Carbon Steel (Machining Rate and Crystallographic Orientations of Diamond), Mechanics and Materials in Design, The Fourth International Conference in Nagoya, Book of Abstracts (2002-6), p.124.
- (2) Takeshi Nakamoto and Sohaib Shabouk, Machining of Diamond by Carbon Steel during Cutting Process (Calculation of Removal Rate), 2002年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(平成14年10月), p.487.
- (3) Takeshi Nakamoto, Sohaib Shabouk and Eiji Shamoto, Process during Machining Diamond by Carbon Steel, 2003年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(平成15年3月), p.91.

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

該当なし

2. 研究成果

ダイヤモンドは機械的、熱的、光学的、電氣的に優れた性質を有しており、工業上有用な材料である。これらの性質の中でも特に、最高の硬度を有することが挙げられる。このため、切削加工用の工具として利用されており、特に超精密加工においては不可欠な工具材料である。さらに、研削加工や研磨加工に使用する砥粒としての需要も大きく、高硬度のセラミックスの仕上げ加工などに用いられている。また、ダイヤモンドは超高压セルのアンビルとしても利用されている。その理由として、機械的性質に優れているばかりではなく、光やX線に対して透明である性質を兼ね備えているため、ダイヤモンドを通してX線や光を試料にあてて、中の様子を観察、測定できるためである。最近では、膜としての利用も注目され、気相成長法を初めとする各種の方法で基板上にダイヤモンドを成膜する研究が報告されている。ダイヤモンドはシリコンやゲルマニウムと同様の結晶構造を示して周期律表のIV族の元素である。このため、半導体材料として利用できる可能性もある。また、高い熱伝導率を利用して集積回路のヒートシンク材としても利用されている。

このように、ダイヤモンドの非常に優れた特性は各方面に応用されている。ダイヤモンドを利用する形態としては、大まかに2通りに分けられる。一方は、切削加工用の工具に見られるよう

なバルク材としての利用であり、もう一方は膜としての利用である。いずれの場合にもダイヤモンドを製品として実用に供するためには、それぞれの用途を満たす形状に成形する必要がある。

しかし、ダイヤモンドは極めて高い硬度を有するためにその機械加工は困難である。ダイヤモンドを加工する際、通常は水平に回転させた鋳鉄円板上にダイヤモンド粉と油を塗布し、ダイヤモンド粉でダイヤモンドを研磨する方法が用いられることが多い。この場合、お互いの材料の硬度が同程度であるため、加工効率（単位時間あたりの加工除去量）は低く、加工コストも高いのが現状である。また、研磨を施すことが不可能なダイヤモンドの結晶面も存在する。さらにこの方法では、ダイヤモンドを平面などの単純形状に研磨することはできるけれども複雑な形状に研磨することはできず、ダイヤモンドに対して深さ方向に3次元加工を施すことは困難である。

ところで、ダイヤモンドを工具として用いて、鋼を切削加工や研削加工すると、ダイヤモンドのほうが鋼よりもはるかに高硬度を有するにもかかわらず、短時間でダイヤモンドが著しく摩耗してしまうことが知られている。本研究では、この現象を逆に利用して、ダイヤモンドに対して加工を施すことを目的として、以下の事柄について実験を行い、検討した。

- (1) 旋盤チャックに鉄系材料の丸棒を取り付け、刃物台にダイヤモンドを取り付ける。この配置は旋盤で丸棒に外周切削を行う場合と同様である。ただし、この加工法では刃物台に取り付けたダイヤモンドを加工することが目的である。ダイヤモンドによって丸棒を外周切削することにより、ダイヤモンドを摩耗させる。この摩耗量が、ダイヤモンドに対する加工量となる。丸棒材料、切削条件を変化させたときのダイヤモンドに対する加工量、ダイヤモンドの表面粗さなどについて検討を行った。この詳細は、[1] 学会誌等文献(4)に載る。
- (2) 上記(1)の丸棒表面に、雄ねじ形状を施し、逃げ角を 0° としたダイヤモンドを用いて、送りをねじのピッチと同じ値にして外周切削を行った。加工中、ダイヤモンドの特定の部分で炭素鋼の切削を行うので、ダイヤモンドの逃げ面のうち、切削を行っていた部分のみが摩耗によって除去されて、鉄系材料の外周に施されていたねじ形状を転写させることができる。この加工において、ダイヤモンドの結晶面方位が加工量、加工形状に及ぼす影響を検討した。この詳細は、[1] 学会誌等文献(1)、[2] 口頭発表(1)に載る。
- (3) 本加工によってダイヤモンドに対して除去加工を行う主なメカニズムは、切削熱によるダイヤモンドの黒鉛化であると考えられる。ダイヤモンドが黒鉛化する量と本加工方法によるダイヤモンドの除去量を計算、実験の両面から比較、検討を行った。この詳細は、[1] 学会誌等文献(2)、[2] 口頭発表(2)に載る。
- (4) ダイヤモンドに対して除去加工を行う方法として、本加工方法以外に、通常行われているダイヤモンド粉でダイヤモンドを研磨加工する方法、レーザー加工、加熱鉄板による研磨加工などがあげられる。これらの方法と本加工方法を実験によって比較することにより、本加工方法の有用性を検証した。この詳細は、[1] 学会誌等文献(1)、(3)に載る。
- (5) 本加工において、どのように加工が進展するかについて検討した。そのために、加工中にダ

イヤモンドに作用する荷重，加工中の切削温度の変化，切削されたねじ山の高さなどを調べた．この詳細は，[2] 口頭発表(3)に載る．

本報告書では，報告した論文を，[1] 学会誌等文献番号(1)～(4)，[2] 口頭発表(1)～(3)の順に掲載する．