

ノート

多結晶ダイヤモンド膜への大気圧プラズマを援用した 砥粒レス超音波研磨法の検討

横澤 毅^{*1)} 藤巻 研吾^{*1)} 中村 健太^{*1)}
竹内 貞雄^{*2)} 森 多美雄^{*3)} 細井 克比古^{*3)}

An attempted application of atmospheric pressure plasma to a non-abrasive grain polishing method for a poly-crystalline diamond film

Tsuyoshi Yokosawa^{*1)}, Kengo Fujimaki^{*1)}, Kenta Nakamura^{*1)}
Sadao Takeuchi^{*2)}, Tamio Mori^{*3)}, Katsuhiko Hosoi^{*3)}

キーワード: 大気圧プラズマ, 多結晶ダイヤモンド膜, 超音波, 研磨

Keywords: Atmospheric pressure plasma, Poly-crystalline diamond film, Ultrasonic vibration, Polishing

1. はじめに

これまで環境負荷低減を目的として, 加工時の潤滑油や洗浄剤を使用しないドライプレス加工に取り組んできた。ドライプレス加工を実現するに当たり, 着目したのは多結晶ダイヤモンド膜である。多結晶ダイヤモンド膜は表面粗さが $0.5\mu\text{mRz}$ 以下であれば, その摩擦係数は潤滑油よりも低い値を示す⁽¹⁾。ところが, 多結晶ダイヤモンド膜は, 結晶成長に伴い表面粗さが大きくなるため, 研磨が必要になる。

3次元形状を有するプレス金型にコーティングされた多結晶ダイヤモンド膜の研磨を行うに当たって, 適当な研磨方法がないことから, 新たな研磨方法として砥粒レス超音波研磨法を開発した⁽²⁾。この研磨法は, 多結晶ダイヤモンド膜を構成するカーボンと反応し易い金属を研磨工具とし, 超音波振動を印加した研磨工具を多結晶ダイヤモンド膜に押し当て, この時に発生する摩擦熱で炭化反応させることによって多結晶ダイヤモンド膜を研磨する方法である。

しかし, この方法で研磨を行った場合, 研磨時間がかかり, 実用化に当たって研磨時間の短縮が課題となった。

そこで, このような課題を解決するために, 大気圧プラズマによるエッチング効果を利用することが効果的であると考え, マイクロ波大気圧プラズマ発生装置を試作すると共に, マイクロ波大気圧プラズマが研磨効率に及ぼす影響について検討した。

2. 大気圧プラズマ照射による多結晶ダイヤモンド膜のエッチング

2.1 マイクロ波大気圧プラズマ装置の概略

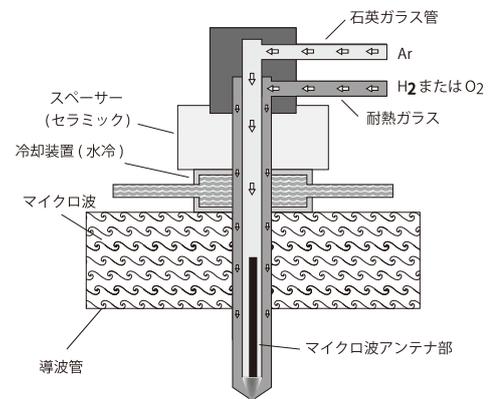


図1. プラズマトーチの構造

試作した大気圧プラズマ装置は, 出力 1.2kW のマグネトロン方式マイクロ波電源 (2.4GHz) を用いた。図1にプラズマトーチの構造を示す。

トーチ部分は, 2重のガラス管で構成され, 内側のガラス管にアルゴンガスを流入させ, 外周部のガラス管には水素や, 酸素の添加ガスを流入させる。アルゴンガスの流量を 5L/min , 水素あるいは酸素を 1L/min 添加して大気圧プラズマを発生させた場合, 添加ガスがプラズマ化していることが確認された。

2.2 多結晶ダイヤモンド膜のエッチング状況 前節で示した方式で生成したプラズマを用いて多結晶ダイヤモンド膜のエッチングを試みた結果を図2及び図3に示す。

事業名 平成23年度 共同研究

*1) 機械技術グループ

*2) 日本工業大学

*3) クレスール株式会社

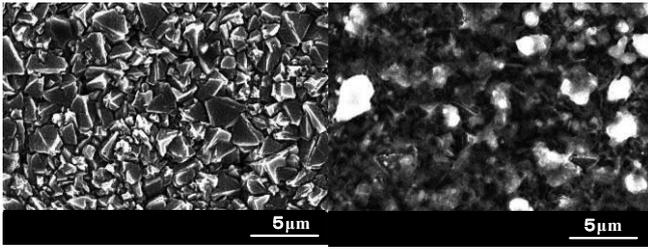


図 2. 水素添加によるプラズマ処理後の多結晶ダイヤモンド膜表面

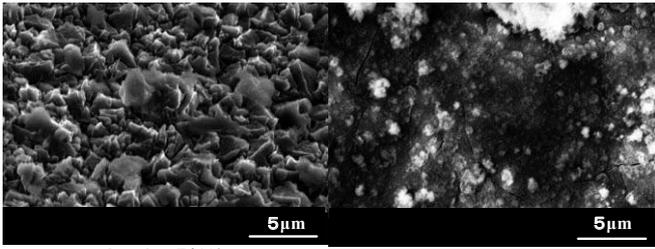


図 3. 酸素添加によるプラズマ処理後の多結晶ダイヤモンド膜表面

図 2 は水素を添加した大気圧プラズマを照射したときの多結晶ダイヤモンド膜の表面状態であるが、約 3 分間の照射で肉眼でもはっきりとわかる変化が認められた。また、図 3 はエッチング効果が高いと考えられる酸素を添加した大気圧プラズマを照射したときの多結晶ダイヤモンド膜の表面状態であるが、より明瞭なエッチング効果が認められた。ただし、エッチング可能領域は直径 2mm 程度であり、実用的な研磨加工の前処理とするにはより効率的なエッチングが不可欠である。

3. プラズマ処理を施した多結晶ダイヤモンド膜表面の砥粒レス超音波研磨の適用

図 4 に示すように多結晶ダイヤモンド膜にプラズマを全面に照射し、その後研磨を施した。プラズマ照射の条件はアルゴン流量：5L/min，酸素流量：4L/min，マイクロ波周波数：2.54GHz，出力電流：4A である。

図 5 はプラズマ照射前後の多結晶ダイヤモンド膜の表面状態を比較したものである。図 5(a) にプラズマ照射前の多結晶ダイヤモンド膜の表面状態を、(b) にプラズマ照射後の多結晶ダイヤモンド膜の表面状態を示す。照射後、微小領域に限定すれば、若干のエッチング箇所が認められるが、広い領域でのエッチングは認められなかった。

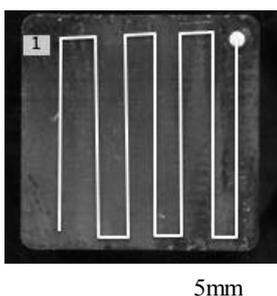


図 4. プラズマ照射経路

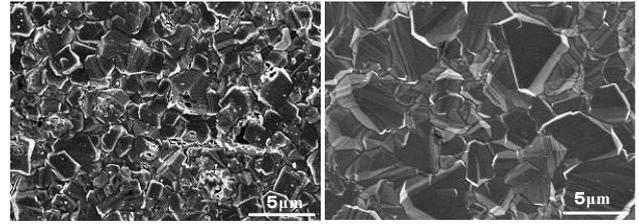


図 5. プラズマ照射前後の多結晶ダイヤモンド膜表面の状態

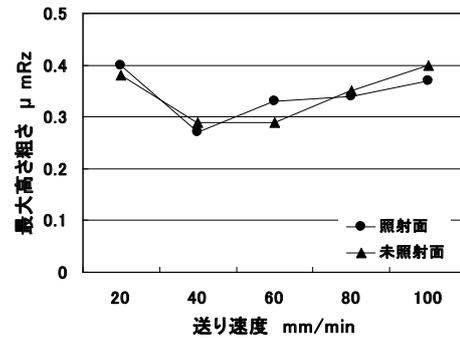


図 6. プラズマ照射・未照射部分の研磨後の表面粗さ

図 6 はプラズマ照射した面と未照射面を送り速度を変化させて砥粒レス超音波研磨法で研磨したときの最大高さ粗さの変化を比較したものである。プラズマ照射面を研磨した場合も、未照射面を研磨した場合も最大高さ粗さに大きな違いは認められなかった。即ち、多結晶ダイヤモンド膜をエッチングすることによる研磨効率の向上は認められなかった。今後、研磨効率を向上させるためにより広い面のエッチングが課題となる。

4. まとめ

多結晶ダイヤモンド膜のエッチングが可能なマイクロ波電源を用いた大気圧プラズマ装置を試作した。アルゴンをベースに酸素あるいは水素を添加した大気圧プラズマの発生を確認した。アルゴン+酸素プラズマにより、直径 2mm 程度の領域を効率よくエッチングできることを確認した。

大気圧プラズマによりエッチングした多結晶ダイヤモンド膜に砥粒レス超音波研磨を施した。プラズマエッチングが十分でなかったため、意図したような研磨効率の向上は認められなかった。ただし、狭い領域に限定すれば、十分なエッチングが認められており今後エッチング面積の拡大が課題である。

(平成 24 年 5 月 18 日受付，平成 24 年 7 月 27 日再受付)

文 献

(1) 後藤賢一，玉置賢次，片岡征二，基昭夫，神田一隆，高野茂人：「ダイヤモンドコーテッド工具によるドライ絞り加工」，平成 18 年度塑性加工春季講演会公演論文集，pp.85-86 (2006)
 (2) 横澤毅，高木純一郎，片岡征二，田中幸一：CVD ダイヤモンド膜の研磨に関する研究(第 3 報)砥粒レス超音波研磨法による平面研磨の試み，精密工学会誌，Vol.72, No.8, pp.1018-1025