

機関番号：82670

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21860096

研究課題名（和文） CVDダイヤモンドコーティングされた複雑形状面のメカノケミカルポリッシング

研究課題名（英文） Mechano-chemical polishing for CVD diamond coated curved surface

研究代表者

藤巻 研吾 (FUJIMAKI KENGO)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・その他の部局等・研究員

研究者番号：70537274

研究成果の概要（和文）：

本研究では、変形して曲面形状にフィットすることができるステンレス製ブラシ工具を用いることでメカノケミカル研磨が可能であることを実験により明らかにした。さらに種々の実験条件下において詳しい研磨特性の評価を行った。

研究成果の概要（英文）：

A blush wheel is a deformable tool, and is able to fit curved surfaces. In this study, we demonstrated that a stainless-steel blush wheel mechano-chemically polishes a CVD diamond coated surface. In addition, we ascertained characteristics of mechano-chemical polishing under some experimental conditions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2011年度	980,000	294,000	1,274,000
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：精密加工

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：ダイヤモンド、メカノケミカルポリッシング

1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンドは化学的に安定な物質であり、かつ耐摩耗性・低摩擦性などにおいて優れた特性を持つことから、固体潤滑用途のコーティングとしてその効果が期待されている。その際、一般的に材料表面に対するダイヤモンドのコーティング方法としては CVD (Chemical Vapor Deposition、化学気相成長) が使用される。以前までは平面や緩やかな曲面へのコーティングに限られていたが、近年

の CVD の技術改良に伴い、微小な溝や穴の内面など複雑かつ微細な形状に対しても十分なコーティングを行うことが可能になりつつある。一方、CVD を使用したダイヤモンドコーティングは多結晶体であり、表面に 1.5～3 μm 程度の結晶の凹凸を生じており、その表面粗さにより摩擦抵抗が大きくなる。そのため、CVD ダイヤモンドはコーティングされたままの状態では、固体潤滑用コーティングとして使用することができない。

しかし、先にも述べたようにダイヤモンドは耐摩耗性の高い物質であるため、研磨することが非常に難しく、一般的にはダイヤモンド砥粒を用いた研磨パッドや砥石などを用いて長時間を要する研磨が必要になる。そのため、これまでも高効率にダイヤモンドを研磨する方法として、メカノケミカル反応を利用した摺動研磨や超音波研磨などの提案が行われてきた。これらは、炭素との親和性の高い金属（鉄系材料やチタンなど）によってダイヤモンド表面を擦ることにより、ダイヤモンド中の炭素を金属中へ拡散させ、ダイヤモンドを短時間で摩耗させる方法である。しかし、摺動研磨は平面にしか対応することができず、一方、超音波研磨は比較的単純な曲面形状への対応は可能であるが、常に研磨面を振動方向と平行に接触するように制御する必要があるため、複雑な曲面形状を研磨することが困難である。さらに、これらの方法は研磨面に対して非常に大きな荷重(100MPa程度)をかけて研磨を行うため、複雑な曲面形状を持つ繊細なコーティング面の研磨には適していない。よって、CVDダイヤモンドコーティングされた複雑形状面に対応可能な高効率の研磨方法は未だ存在しない。

2. 研究の目的

本研究は CVD ダイヤモンドコーティングされた複雑な曲面形状の研磨に対応可能なメカノケミカル研磨技術の確立を目指すものである。具体的には、本研究ではステンレス SUS304 製ブラシ工具を用いた。このことで、工具が変形して曲面形状にフィットするようになり、研磨面への負荷を低減し、さらに形状に倣った細やかな制御をすることなく CVD ダイヤモンドの繊細な曲面形状への対応が可能になる。仕上げ面性状については、CVD ダイヤモンドコーティングの用途として期待されるドライプレス加工において要求される $0.5\mu\text{mRz}$ を 1 つの目標とした。

3. 研究の方法

本研究で使用した実験装置を図 1 に示す。研磨に使用するブラシ工具は最高回転数 50000rpm のスピンドルに取り付けられている。ダイヤモンドの試料はスライドテーブル上に設置されており、これにプーリを介して糸でつながれたおもりを調節することでブラシ工具とダイヤモンド試料の間に一定の荷重を与えることができるようになっている。メカノケミカル研磨は工具とダイヤモンドとの接触部の温度が重要な要素となるため、熱風機は摩擦熱以外に外部から接触部を加熱補助する場合に使用するものとする。

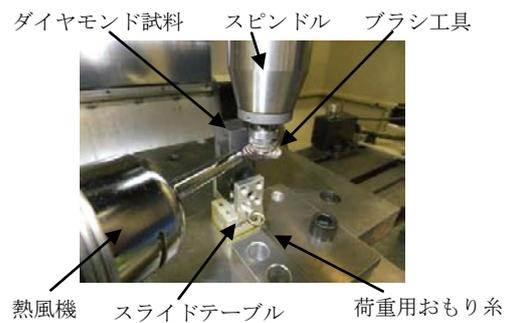


図 1 実験の様子

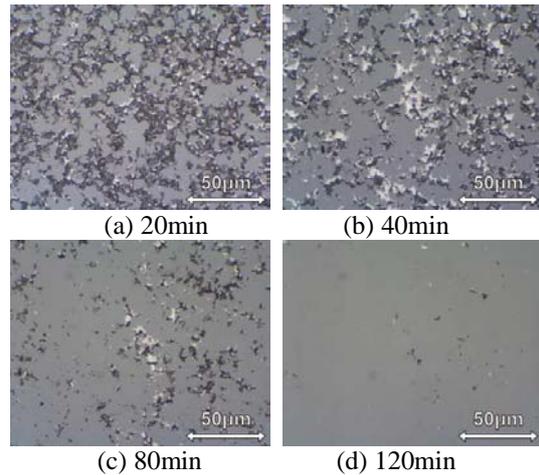


図 2 研磨面の変化
(荷重 2N、周速度 2168m/min)

4. 研究成果

(1) ブラシ工具によるメカノケミカルポリッシング

まず、ブラシ工具の周速度、荷重と研磨速度との関係を調べた。スピンドルの回転数を変えて周速度を 1445m/min、2168m/min、2890m/min として実験を行った。また、荷重は 1N および 2N とし、熱風機は使用しなかった。なお、荷重 3N においても実験を試みたが、ブラシのワイヤ折損が激しくなり、有用な実験データは得られなかった。

図 2 は、荷重 2N、周速度 2168m/min の条件下における各研磨時間における CVD ダイヤモンド表面の様子である。ブラシのステンレスワイヤとのメカノケミカル反応によると思われるダイヤモンドの急速な摩耗により、120min 程度の研磨時間でほぼ全面が平滑化され鏡面に近い状態が得られていることがわかる。

図 1 のように光学顕微鏡で得られた画像の各ピクセルの輝度を元にしてモノクロ画像に二値化して白色部の画像内の比率を計算することで平滑化済みの研磨面積の比率を求めることができる。この値を定量的に比較するため、研磨面積の比率が 80% に達するまでの時間を各加工条件ごとに計算すると図 3

のようになった。これにより、工具の周速度もしくは荷重が大きくなるほど、研磨の進展が速くなる傾向があり、さらに荷重が 1N の時よりも 2N の時の方が周速度の増加に対する研磨速度の上昇が顕著であることがわかる。これはダイヤモンドと工具の接触部が高圧となったことで、従来からメカノケミカル研磨の速度が急激に上昇するとされている温度（約 600℃）に達したことが要因と考えられる。

また、荷重 2N、周速度 2168m/min において全面が平滑化されるまで研磨した後のダイヤモンド表面の粗さ曲線は図 4(b)に示すようになり、研磨前の図 4(a)のものとは比べて大幅に粗さが小さくなっていることがわかる。さらに、それ以外の加工条件も含めて表面粗さの値を測定するとそれぞれ図 5,6 に示すようになった。荷重 1N で工具の周速度が低い条件下では表面粗さが大きくなる傾向があるものの、今回行った範囲ではどの加工条件においても、本研究で目標としていた 0.5 μmRz 以下の表面粗さが実現されていることがわかる。

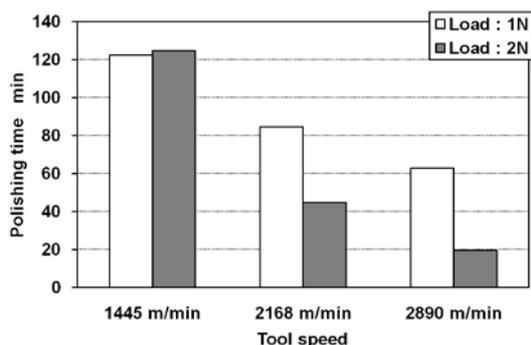
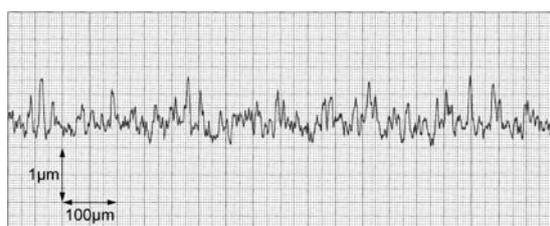
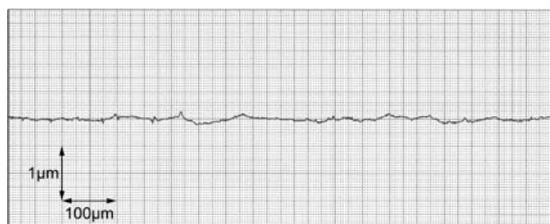


図 3 研磨面積 80%までの到達時間



(a) 研磨前



(b) 研磨後

図 4 研磨前後の粗さ曲線 (荷重 2N、周速度 2168m/min)

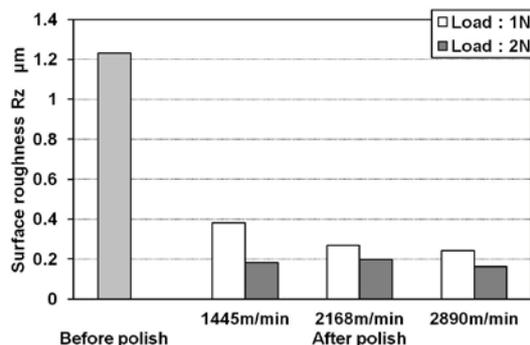


図 5 研磨前後の表面粗さ Rz

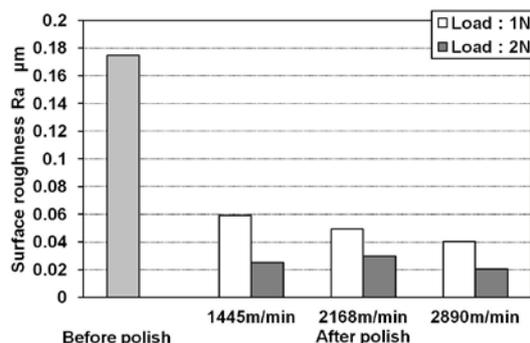
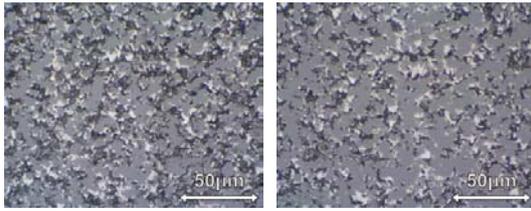


図 6 研磨前後の表面粗さ Ra

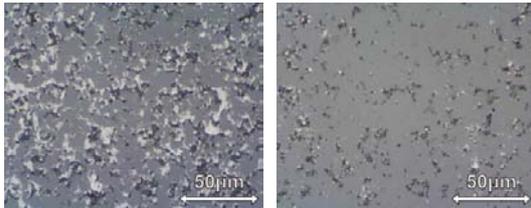
(2) 熱風機による加熱補助の効果

数十 N の荷重をかける従来のメカノケミカル研磨と比較して本研究のブラシ工具によるメカノケミカル研磨は低荷重であるため、摩擦熱のみによる接触部の温度上昇には限界がある。そのため、研磨速度の向上の試みとして、熱風機による加熱補助の効果について検討を行った。

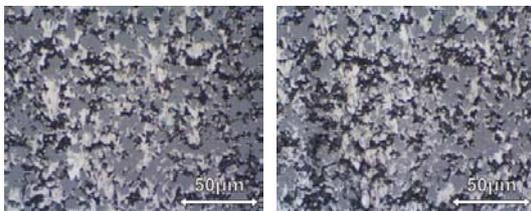
加工条件を荷重 2N、周速度 2890m/min とし、熱風機による熱風温度を 200℃、400℃、600℃として実験を行った結果、それぞれ図 7～9 に示すようになった。熱風温度が 200℃ の場合には特に研磨速度上昇の効果は見られなかった。また、熱風温度 600℃ の場合には高温下の工具材料 (SUS304) の強度低下に起因すると思われる凝着の発生により研磨が困難となった。一方、熱風温度 400℃ においては、研磨を困難にする程の凝着は発生せず、研磨速度の上昇が確認できる。前項(1)と同様に研磨面積の比率が 80%に達するまでの時間を計算すると熱風温度 400℃ においては 10min となり、熱風機による加熱補助をしない場合の 24min と比較して大幅に短縮されていることがわかる。



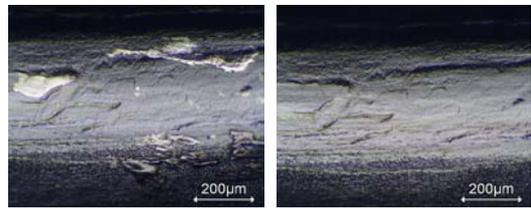
(a) 10min (b) 30min
図7 研磨面 (熱風温度 200°C)



(a) 10min (b) 30min
図8 研磨面 (熱風温度 400°C)



(a) 10min (b) 30min
図9 研磨面 (熱風温度 600°C)



(a) 処理前 (b) 処理後

図10 仕上げ処理前後の凝着発生面

(3) 凝着物の除去

前項にも見られるように、メカノケミカル反応を利用したダイヤモンドの研磨は、ダイヤモンドを高温で金属と擦り合わせるため、工具の金属が凝着することがしばしば問題となる。このことは超音波等を利用したメカノケミカル研磨においても問題となっている。そこで粒度#3000のゴム砥石を用いて、凝着の発生した面の仕上げ処理を行った。その結果、図10に示すように凹み部も含めダイヤモンド膜上の金属の凝着物を除去できることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

① 藤巻研吾、横澤毅、CVDダイヤモンドコーテッド金型の仕上げ研磨技術の開発、東京都立産業技術研究センター研究報告、査読無、No.5 (2010) pp.108-109

6. 研究組織

(1)研究代表者

藤巻 研吾 (FUJIMAKI KENGO)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・その他の部局等・研究員

研究者番号：70537274