

ノート

超音波ねじり振動を援用した砥粒レス超音波研磨法の試み

横澤 毅^{*1)} 高野 茂人^{*2)} 寺西 義一^{*1)}

Attempt on “Non abrasive ultrasonic vibration polishing” with ultrasonic torsional vibration

Tsuyoshi Yokosawa^{*1)}, Shigeto Takano^{*2)}, Yoshikazu Teranishi^{*1)}

キーワード：CVD，ダイヤモンド，超音波，ねじり振動，研磨

Keywords：CVD, Diamond film, Ultrasonic, Torsional vibration, Polishing

1. はじめに

これまで CVD ダイアモンド膜の研磨方法としては、ダイヤモンド砥粒や砥石を用いた機械的研磨方法がもっとも一般的であるが、非常に時間を要するという短所がある。このような短所を克服する方法として、高温下においてダイヤモンドと鉄系金属とが反応して激しくダイヤモンドが摩耗するという特性を利用した研磨方法が提案されている¹⁾²⁾。また簡便な装置で高効率に研磨できるという点で注目すべき方法として、高速摺動研磨法による熱化学加工法が提案されている³⁾⁴⁾。

しかし、いずれの方法も曲面にコーティングされた CVD ダイアモンド膜を研磨する方法としては不都合が多い。

そこで、曲面にコーティングされた CVD ダイアモンド膜の研磨に対応する方法として、超音波ねじり振動を援用した砥粒レス研磨法⁵⁾⁶⁾を提案する。

従って本研究では、曲面にコーティングされた CVD ダイアモンド膜を研磨することを目的に超音ねじり振動を援用した砥粒レス研磨法の可能性について検討する。

2. 実験方法

2.1 装置 超音波ねじり振動とは図1に示すように研磨工具の円周方向に振動する超音波のことである。この超音波振動する研磨工具を CVD ダイアモンド膜に押し当てたときに発生する摩擦熱と超音波振動による機械的な破壊を利用して CVD ダイアモンド膜を研磨する。

研磨装置を図2に示す。キスラーの動力計を NC フライス盤のテーブル上に固定し、その上に超音波振動系を固定する。動力計は研磨荷重を測定するためのものである。ここで研磨荷重とは、研磨工具を被研磨物に押し当てたときに研磨工具にかかる荷重のことである。

研磨工具は研磨工具と被研磨物を点接触させるために、接触部分は半径3mmのアールがついている。工具材種は純チタンである。工具長さは、発振周波数を振動系の共振周波数に同調させるため

に工具長さを $\lambda/2$ とすると $\lambda/2$ の長さが必要となる。このとき工具長さは計算上 75mm 必要となる。研磨工具は研磨に際して回転させない。

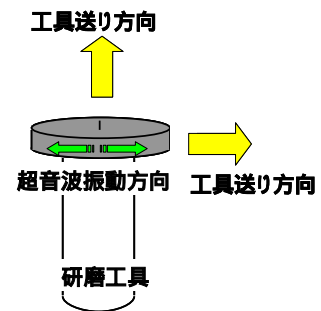


図1．研磨工具への超音波印加方法

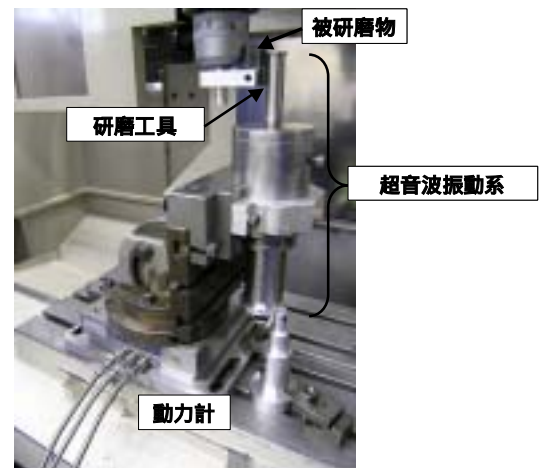


図2．実験装置

発振周波数は 27.8 kHz である。

被研磨物は主軸に治具を介して固定をする。被研磨物の形状は 20×20×50 mm の直方体であり、先端 20 mm の部分に CVD 法によって膜厚 15 μm のダイヤモンド膜がコーティングされている。なお、曲面を研磨することが最終的な目的であるが、被研磨物に直方体を使用するのは、本研究では CVD ダイアモンド膜を研磨するための基礎データを取ることを目的としているためであ

*1) 先端加工グループ

*2) 株式会社不二越

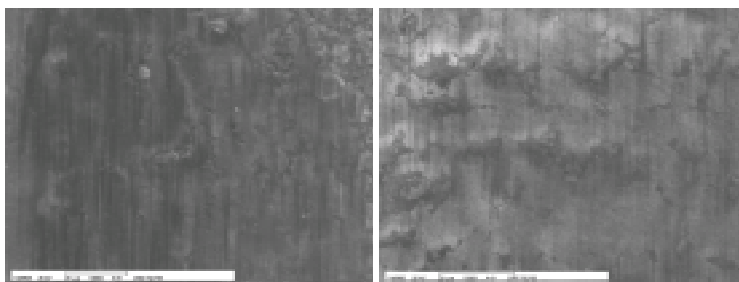
る。

2.2 研磨方法 工具送り方向と振動方向の関係によって2通りの研磨方法を提案する。即ち、工具送り方向と振動方向が一致する研磨法を「平行研磨法」、工具送り方向と振動方向が直交する研磨法を「直交研磨法」とよぶことにする。

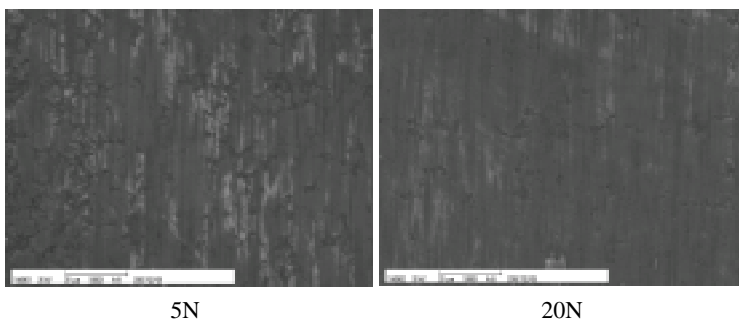
なお、研磨面に研磨工具の凝着を防止する目的で植物油を塗布する⁵⁾⁶⁾。

3. 結果及び考察

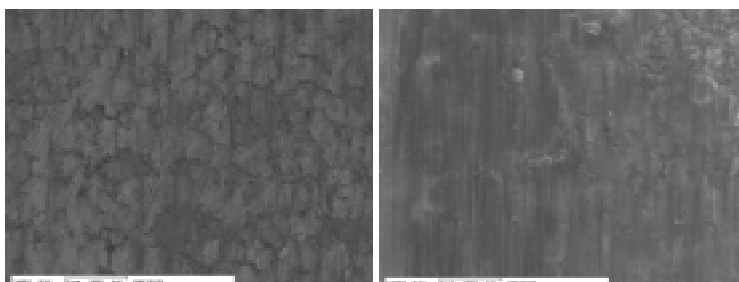
最初に、平行研磨法と直交研磨法で研磨をしたときの研磨面性状の違いを検討するために、それぞれの研磨法で研磨を行い、表面性状をSEM観察した。結果を図3に示す。平行研磨法、直交研磨法いずれの方法で研磨した場合にも線条痕が認められる。また、平行研磨法に比較して、直交研磨法で研磨した面の方がわずかに凹凸が認められる。従って、平行研磨法は直交研磨法に比較して研磨の進行が早いと考えられる。なお、このときの研磨条件は、研磨荷重：20N、振動振幅：40 μm_{p-p} 、工具送り速度：5mm/minである。



平行研磨法 直交研磨法
図3. 研磨法の違いによる表面性状の比較



5N 20N
図4. 振動振幅の違いによる表面性状の比較



20 μm 40 μm
図5. 振動振幅の違いによる表面性状の比較

次に、研磨条件の違いによる研磨面性状の違いについて検討した。図4は研磨荷重を変化させた時の研磨面性状の比較である。研磨条件は振動振幅：20 μm_{p-p} 、工具送り速度：5mm/minである。なお、研磨荷重は5N、20Nと変化させ、平行研磨法で研磨を行った。このとき、いずれの研磨荷重で研磨した場合にも、線条痕は認められるが、研磨荷重を大きくしたほうが研磨面は滑らかである。

図5は振動振幅を変化させた時の研磨面性状の比較である。研磨条件は研磨荷重：20N、工具送り速度：5mm/minである。なお、振動振幅は20 μm_{p-p} 、40 μm_{p-p} と変化させ、平行研磨法で研磨を行った。このとき、いずれの振動振幅で研磨した場合にも線条痕は認められるが、振動振幅を大きくしたほうが研磨面は滑らかである。

ここで、超音波のエネルギーをE、相対運動する面の摩擦係数を μ 、周波数をf、荷重をP、超音波最大振動振幅を、研磨時間をtとすると

$$E = \mu (2 f) P dt \quad (1)$$

の関係がある。

従って、振動振幅や、研磨荷重が増加すると、それにともなって超音波エネルギーも増加し、CVDダイヤモンド膜と研磨工具との接触面の温度が増加すると推測される。このことから、振動振幅、研磨荷重の増加にともなって、研磨が進行し易くなるために、良好な研磨面性状が得られるものと考えられる。

4. まとめ

超音波ねじり振動を援用した砥粒レス超音波研磨法によって、平面にコーティングされたCVDダイヤモンド膜の研磨が可能であることを確認した。

さらに、振動振幅、研磨荷重の増加に伴って、研磨が進みやすくなることを確認した。

(平成19年6月28日受付、平成19年7月25日再受付)

文 献

- (1) 楊政峰, 吉川昌範, : 熱化学反応によるダイヤモンド膜の研磨 最適研磨条件の選定, 精密工学会誌, **57**, 1 (1991) 184.
- (2) 楊政峰, 吉川昌範, : 熱化学反応によるダイヤモンド膜の研磨 研磨メカニズムについて, 精密工学会誌, **57**, 3 (1991) 504.
- (3) 鈴木清, 関洋子, 木村昌博, 安永暢男, 三宅正二郎, 阿部勝幸, 植松哲太郎: ダイヤモンドの高速摺動研磨 (第2報) 高効率砥粒レス研磨の条件, 1996年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (1996)929.
- (4) 岩井学, 鈴木清, 植松哲太郎, 安永暢男, 三宅正二郎: ダイヤモンドの高速摺動研磨法の研究 (第1報) 単結晶ダイヤモンド研磨への適用, 砥粒加工学会誌, **46**, 2 (2002) 82.
- (5) 横沢毅, 高木純一郎, 片岡征二, 田中信一: CVDダイヤモンド膜の研磨に関する研究 (第1報) 超音波振動の援用による砥粒レス超音波研磨法の検討, 精密工学会誌, **71**, 9 (2005) 1131.
- (6) 横沢毅, 高木純一郎, 片岡征二: CVDダイヤモンド膜の研磨に関する研究 (第2報) 砥粒レス超音波研磨法による連続研磨の検討, 精密工学会誌, **71**, 12 (2005).