

# 紫外光支援加工法を用いた難加工材の超精密加工技術

○石丸 大祐, ○長野 拓義, 坂本 武司 (熊本大学 大学院), 久保田 章亀, 峠 睦,  
渡邊 純二 (熊本大学), 山口 圭司 (京都工芸繊維大学)

## 1. はじめに

SiC およびダイヤモンドは高硬度を有し、熱伝導性および光透過性、耐摩耗性、屈折率・反射率が大きいという特徴を有する。そのため、精密切削工具や過酷な環境下で使用されるパワーデバイス材料など様々な分野への応用が期待されている。しかし、高硬度で高耐熱性かつ化学的に安定という特性から、ダメージの少ない平滑な表面性状を得ることは非常に困難である。したがって、このような難加工材の高効率・高品位の加工プロセスの確立が強く求められている。

そこで我々は、メカノケミカルポリッシング(MCP)に紫外光照射に起因する光化学反応を複合的に作用させることにより、研磨を促進させる紫外光支援加工を考案し、難加工材を高効率かつ高品位に加工するプロセスの開発を目指した。

紫外光支援加工法の原理をダイヤモンドの研磨を例に図 1 を用いて述べる。まず、紫外光照射によってダイヤモンド原子が励起され空気中の酸素および水分子とそれぞれ反応し、強い酸化作用を持つ活性酸素種やヒドロキシルラジカルを発生する。それらが研磨面に作用することにより、ダイヤモンド表面の酸化が進行する光化学反応が生じる。同時に、軟質工具と硬質加工物とのが接触している極微小領域が高温高压となり、微小接触時間内に両者間で固相反応が生じる。このとき生じた反応生成物は軟質工具より硬度が低いため、摩擦により容易に除去される。この反応をメカノケミカルポリッシング(MCP)という。この二つの反応の複合作用によって、ダイヤモンド原子の加工が促進され高品位な研磨面の獲得が期待できる。

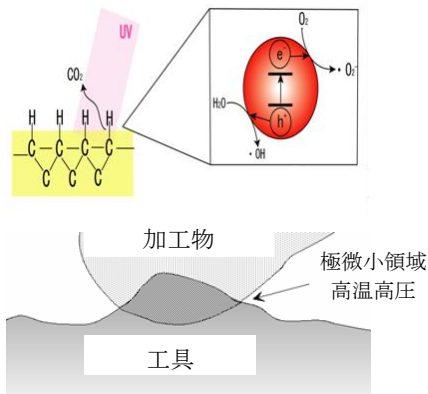


図 1 紫外光支援加工の原理

## 2. 単結晶 SiC の加工

単結晶 SiC 基板に対して紫外光支援加工を行い、平滑な研磨面の獲得を目指した。図 2 に、CeO<sub>2</sub> 粒子の有無による研磨面 WYKO 画像の比較を示す。CeO<sub>2</sub> 粒子の付加により、優れた研磨面が得られた。CeO<sub>2</sub> 粒子が紫外光照射により生成された酸化膜 SiC を除去し、研磨が効率的に行われたためである。断面 TEM と原子間力顕微鏡 (AFM) によって表面の原子構造の観察を行った結果を図 3、図 4 に示す。図 3 にはダイヤモンドラップのみを施した SiC の断面も比較として示している。CeO<sub>2</sub> を用いた紫外光支援加工により、原子構造に大きな乱れが無い、原子レベルでの研磨が可能となった。

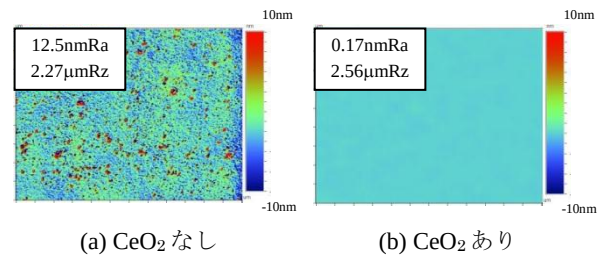


図 2 紫外光支援加工 30 分間研磨後の WYKO (光干渉式測定装置) 画像

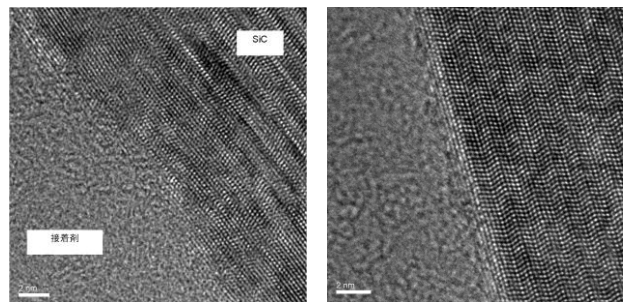


図 3 研磨後の SiC 表面の断面 TEM 像

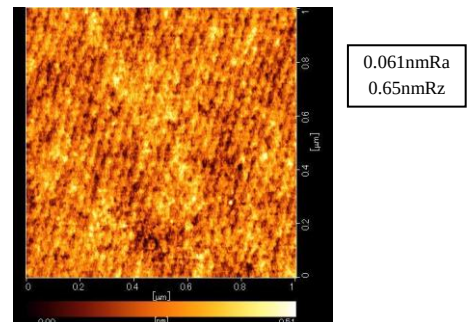
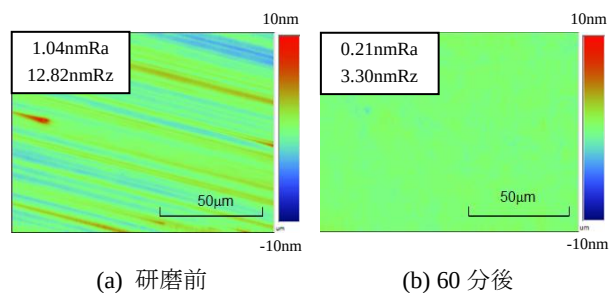


図 4 研磨後の SiC 表面 AFM 画像 (500nm × 500nm)

### 3. 単結晶ダイヤモンドの鏡面化

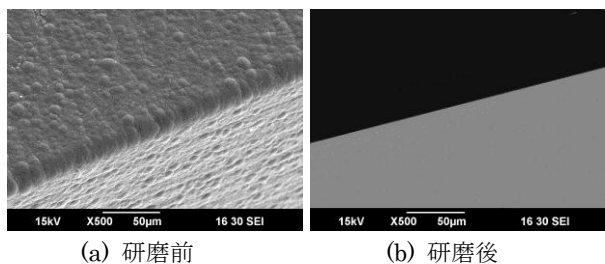
I b 型単結晶ダイヤモンド基板(100)面に対して紫外光支援加工を行い、次世代パワーエレクトロニクス基板や単結晶ダイヤモンドパイロなどに应用可能なダメージの少ない平滑な研磨面の獲得を目指した。実験結果を図5に示す。ダイヤモンド表面は、初期粗さ 1.04 nmRa, 12.82 nmRz から 60 分の加工により、0.21 nmRa, 3.30 nmRz となり、表面粗さが向上し非常に平滑な研磨面を得た。



(a) 研磨前 (b) 60 分後  
図5 紫外光支援加工前後の  
単結晶ダイヤモンド(100)面の WYKO 画像

### 4. CVD 膜付切れ刃の鋭利化

CVD (Chemical Vapor Deposition) ダイヤモンド被覆は非鉄金属切削用の工具に広く適用され、耐摩耗性や耐溶着性の点で優れている。しかし母材に被覆を施すと、一般に切れ刃の丸味半径は増大するため、鋭利性が損なわれる。そこで、超硬合金に施した CVD 被膜の切れ刃逃げ面とすくい面に相当する面を紫外線援用研磨法でそれぞれ研磨し、切れ刃稜線の丸味を鋭利化させることを目指した。研磨時間はすくい面 240 分、逃げ面 230 分である。研磨前後の切れ刃稜線の SEM 写真を図6に示す。(a)研磨前は切れ刃丸味半径 14.3 μm であったが、(b)研磨後には切れ刃丸味半径 0.73 μm となり、非常に鋭利な稜線を得た。また、CVD 被膜とアルミダイキャスト合金 ADC12 との摩擦係数の測定を行った結果、研磨前は 0.72 であったが、研磨後には 0.14 となり、低い値を示した。これにより、切削工具として重要な鋭利な切れ刃と被削材との摩擦係数の低減を実現することができることを示した。



(a) 研磨前 (b) 研磨後  
図6 CVD 切れ刃の紫外光支援加工法による鋭利化

### 5. 多結晶ダイヤモンドの加工

PCD (Polycrystalline Diamond : 多結晶ダイヤモンド) は微細なダイヤモンド粒子をコバルトを結合助剤として真空加圧焼結したものであり、切削工具や金型に多く用いられる。CVD 膜と同様に切れ刃の鋭利性は加工面品に影響を及ぼすため、PCD エンドミル切れ刃を、紫外光支援加工法を用いて研磨し (図7), ADC12 の切削加工におけるバリの抑制に効果があることを確認した (図8)。

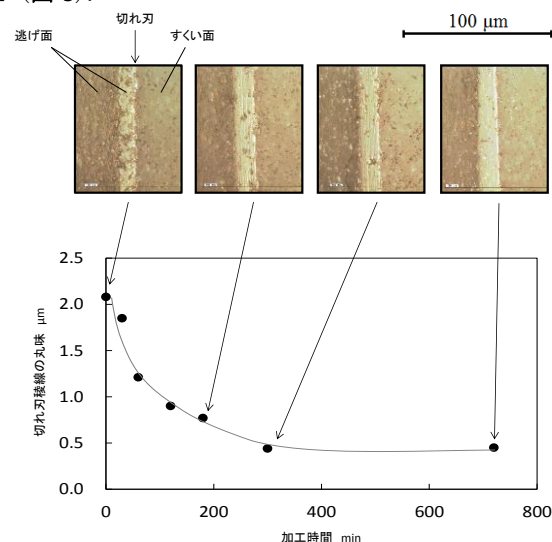


図7 紫外光支援加工による PCD 切れ刃の鋭利化

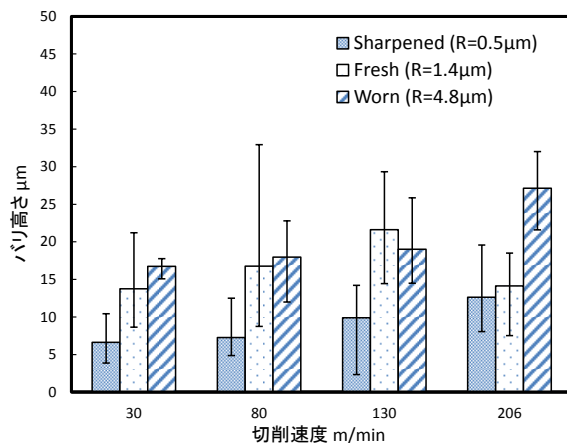


図8 鋭利化した PCD エンドミルによるバリ抑制効果

### 6. おわりに

新たに開発した紫外光支援加工法を用いることで、単結晶 SiC や各種ダイヤモンドなどを超精密に研磨することが可能となった。今後も様々な難加工材の加工へ応用が期待できる。

[問合せ先] 熊本大学 工学部

峠 睦

TEL: 096-342-3743

E-mail: touge@mech.kumamoto-u.ac.jp