高強度ダイヤモンド焼結体スミダイヤ® DA 2200 の開発*

金田泰幸** 深谷朋弘** 白石順一** 中井哲男***

Development of a Tougher Grade of Polycrystalline Diamond Cutting Tool /
Yasuyuki KANADA, Tomohiro FUKAYA, Junichi SHIRAISHI and
Tetsuo NAKAI

Key words: polycrystalline diamond, cemented carbide, aluminum alloys, high strength, cutting edge, toughness, wear resistance, surface roughness

1. はじめに

ダイヤモンドの粉末を超高圧・高温下で焼き固めたダイヤモンド焼結体（PCD）は、銅・アルミニウム合金などの非鉄金属材料や、建材用の石膏ボード等の無機質材料、あるいは木材等を加工する工具として多くの産業で広く用いられている。

一方近年、自動車の総重量を軽減し燃費向上を図るために、自動車部品のアルミニウム化が加速している。これに伴いアルミニウム部品加工用のダイヤモンド焼結体工具の需要量が急増しており、このような用途においてダイヤモンド焼結体工具はその優れた耐摩耗性のために、工具の長寿命化や高能率・高精度・高速加工には欠かせない工具として用いられてきた。

しかしながら、ダイヤモンド焼結体工具は超硬工具など

他の工具に比べ刃先強度が低いために、突発的な欠けが発生しやすく工具の信頼性の点で問題があった。すなわち、従来のダイヤモンド焼結体工具は刃先負荷の小さい仕上加工など限定された用途でしか使用できず、自動車部品の加工用途では粗加工・仕上加工を含む工程全体の加工能率を改善できるダイヤモンド焼結体工具の出現が強く望まれていた。

当社ではこのような要求にこたえるべく、従来のダイヤモンド焼結体に比べ強度が高く耐欠損性が大幅に向上したダイヤモンド焼結体新材質“スミダイヤ® DA 2200”を開発した¹⁾。本報では、この高強度なダイヤモンド焼結体工具のアルミニウム合金加工における切削特性と使用例について報告する。

2. スミダイヤ® DA 2200 の材料特性

2.1 従来のダイヤモンド焼結体

ダイヤモンド焼結体は主に Co を焼結助剤とし、超高圧・高温下でダイヤモンド粒子同士を結合させた焼結体であり、図 1 に示すような網目状の焼結体組織を有している。この焼結体の最大の特徴は、ダイヤモンドと焼結助剤である Co からなる単純な組成であり、かつそのほとんどがダイヤモンドそのものから成り立っていることである。その結果従来のダイヤモンド焼結体の抗折強度は、図 2 に示すように含有しているダイヤモンド粒子径の大きさに強く依存する。表 1 にダイヤモンド粒子径の異なる 3 種類の従来ダイヤモンド焼結体の特徴を示す。粗粒のダイヤモンド焼結体はダイヤモンド含有率が高く最も耐摩耗性に優れるのに対し、微粒のダイヤモンド焼結体は強度が高く耐欠

具技術部主査
深谷朋弘

1988 年京都大学大学院理学研究科化学専攻修了。住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部工具技術部主査

白石順一

1983 年九州大学大学院総合理工学研究科材料開発工学専攻修了。住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部工具技術部課長

中井哲男

1977 年大阪大学大学院工学研究科精密工学専攻博士課程修了。住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部工具技術部長

* 原稿受付 平成 11 年 4 月 30 日。1998 年度（第 18 回）精密工学会技術賞受賞業績。受賞者：金田泰幸、深谷朋弘、白石順一、中井哲男

** 住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部（伊丹市昆陽北 1-1-1）

*** 正会員 住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部 金田泰幸

1990 年金沢大学大学院工学研究科精密工学専攻修了。住友電気工業(株)ダイヤ製品事業部工具技術部長

図1 従来のダイヤモンド焼結体組織

図3 スミダイヤ® DA 2200 の焼結体組織

図2 デiamond粒子の平均径とダイヤモンド焼結体の抗折強度

図4 デiamond焼結体と超硬合金の抗折強度比較

表1 従来のダイヤモンド焼結体の特性

PCD のグレード	ダイヤモンド平均粒径 (μm)	硬さ (HV)	耐摩耗性	強度
粗粒 PCD	~50	12 000~10 000	高	低
中粒 PCD	5	12 000~10 000	↑↓	↑↓
微粒 PCD	0.5	10 000~8 000	低	高

損性に優れる。そして従来、アルミニウム部品加工用には耐摩耗性と耐欠損性のバランスに優れる中粒グレードのダイヤモンド焼結体が一般的に用いられてきた。

2.2 スミダイヤ® DA 2200 の特徴

当社では前述したアルミニウム合金加工における問題点を解決するために、従来のダイヤモンド焼結体に比べ耐欠損性が大幅に向上したダイヤモンド焼結体新材料スミダイヤ® DA 2200 を開発した。図3にこのスミダイヤ® DA 2200 の焼結体組織を示す。スミダイヤ® DA 2200 は、従来の焼結技術では非常に困難であった、超微粒ダイヤモンド粒子同士の均一かつ強固な結合を実現することにより、図4に示すような超硬工具 (K 10 種相当) に匹敵する高い抗折強度を有している。この結果スミダイヤ® DA 2200 は刃先の耐欠損性が飛躍的に向上し、従来不可能であったアルミニウム合金粗加工での安定した長寿命

や、フライス加工における鋭利な刃先形状での高い信頼性を実現している。

3. スミダイヤ® DA 2200 の切削特性

3.1 断続切削特性 (耐欠損性評価)

フライス切削や粗加工におけるスミダイヤ® DA 2200 の耐欠損性を評価するために、長手方向に4つの溝を有するアルミニウム合金を被削材に用い、図5に示す条件下で断続切削評価を行った。比較のために、従来のダイヤモンド焼結体と超硬工具も同時に評価を行った。また、工具逃げ角の違いによる影響も評価するために、工具逃げ角を11°と20°の2条件にてテストを行った。

図5からわかるように工具逃げ角が11°においては、いずれの工具にも刃先に大きな欠けが観察されない。これに対して工具逃げ角が20°になると、中粒のダイヤモンド焼結体には150 μm程度の欠けが発生するようになる。これは工具逃げ角が大きくなるほど刃先近傍での切削応力が増加し、刃先が欠損しやすくなるためである。抗折強度の低い中粒ダイヤモンド焼結体では工具逃げ角20°付近で既に強度限界を超えているために、刃先欠損が発生しやすくなったと考えられる。これに対して高い抗折強度を有するスミダイヤ® DA 2200 は、工具逃げ角が20°においても欠けの発生しない高い耐欠損性を有していることが明らかであり、鋭利な刃先形状においても超硬工具同様の安定した

図5 ダイヤモンド焼結体工具の耐欠損性評価結果

図6 ダイヤモンド焼結体工具の耐摩耗性評価結果

切削を行うことが可能である。

3.2 連続切削特性 (耐摩耗性評価)

一般に自動車部品等に用いられるアルミニウム合金中には、硬質な粒子である Si が含有されている。このようなアルミニウム合金切削においては、Si 粒子による微細な工具刃先の破碎により工具摩耗が進行する。そこで、アルミニウム合金加工におけるスミダイヤ® DA 2200 の耐摩耗性を評価するために、Si 含有量の高いアルミニウム合金を被削材に用い、図6に示すような条件にて評価を行った。

超硬工具は切削開始と共に急速に摩耗が発達し、アルミ

工具	DA2200 エンドミル	従来ダイヤモンド焼結体エンドミル	超硬エンドミル
切削面状態			
バリ高さ	~30μm	20~70μm	100~200μm
仕上面粗さ	$R_{max} : 1.2\mu m$	$R_{max} : 1.6\mu m$	$R_{max} : 6.8\mu m$

図7 エンドミル工具によるハードディスクベースプレート加工テスト結果

ニウム合金の加工においては、耐摩耗性の点でダイヤモンド焼結体工具に対して大きな性能差がある。一方、スミダイヤ® DA 2200 は従来の中粒ダイヤモンド焼結体と同等の耐摩耗性を示しており、通常のアルミニウム合金を被削材とする加工において、従来の汎用ダイヤモンド焼結体と同等の耐摩耗性を示す。

3.3 仕上面性状評価

スミダイヤ® DA 2200 を用いた切削工具の仕上面性状を評価するために、エンドミル工具によるハードディスクベースプレートの加工テストを行った結果が図7である²⁾。この部品の上面加工においては、被削材の厚みが薄く剛性が低いために、被削材加工面にバリが発生しやすい。図7からわかるように、超硬工具エンドミルや従来のダイヤモンド焼結体エンドミルでは加工面にバリの発生が観察される。これに対してスミダイヤ® DA 2200 を用いたエンドミルの加工面にはバリが観察されず、またすぐれた仕上面粗さを示している。これはスミダイヤ® DA 2200 が超微粒のダイヤモンド焼結体であるため刃立ち性に優れ、長時間にわたり鋭利な切れ刃を維持するためである。

4. スミダイヤ® DA 2200 の使用例

上記のようにスミダイヤ® DA 2200 は、従来のダイヤモンド焼結体では実現できなかった優れた特徴を有している。図8にスミダイヤ® DA 2200 の使用例を示す。

ツーリング	被削材	使用工具	切削条件	使用結果
	① 部品名 ② 材種	① 工具形状 ② 刃数	V = 切削速度 (m/min) d = 切込み量 (mm) f = 送り速度 (mm/刃)	
(A)	① シリンダヘッド ② アルミニウム合金	① 20° ポジフライス TA ② 7	$V=1000$ $d=0.5$ $f=0.3$	市販 PCD DA2200 (寿命比) 0 1 2 3
(B)	① ミッション部品 ② アルミニウムダイキャスト合金	① 20° ポジフライス TA ② 12	$V=1500$ $d \sim 4$ $f=0.1$	超硬 DA2200 (寿命比) 0 10 20
(C)	① ピストン ② アルミニウム合金	① ネガティブ TA	$V=300$ $d=0.5$ $f=0.25$ (mm/rev)	市販 PCD DA2200 (寿命比) 0 1 2 3 4
(D)	① アルミニウムホイール ② アルミニウム合金	① 7° ポジフライス TA	$V=2400$ $d=0.01$ $f=0.04$ (mm/rev)	市販 PCD DA2200 (寿命比) 0 10 20

図8 スミダイヤ® DA 2200 の使用例

(A) はアルミニウム合金製のシリンダヘッドの仕上げフライス加工例である。断続度の高いこの加工工程では、従来のダイヤモンド焼結体工具は切削初期から工具刃先に欠けが発生し、これらの蓄積によって生じた被削材端面におけるバリの発生により工具寿命となっていた。ここで刃先強度の高いスミダイヤ® DA 2200 は、欠けが発生しにくくバリの発生が少ないために、従来のダイヤモンド工具の3倍の工具寿命を達成した。

次に使用例(B)は、アルミニウムダイキャスト合金製のミッション部品の粗フライス加工例を示している。この場合、従来のダイヤモンド焼結体工具では加工前の工具取付け時や切削初期に刃先欠損が発生するために、従来超硬工具が用いられていた。これに対してスミダイヤ® DA 2200 は工具の刃先高さ調整時に欠けが発生せず、さらに切削初期の工具欠損が発生しないために、超硬工具の20倍以上の工具寿命を実現して、加工能率の大幅な向上を達成した。

加工例(C)はアルミニウム合金製ピストンの外周旋削加工例を示している。この加工工程において従来のダイヤモンド焼結体工具は、切削初期から切れ刃に欠損が生じ、工具寿命が非常に短くなっていた。これに対してスミダイヤ® DA 2200 を用いることにより、切削初期の欠けが発生することなく4倍以上の工具寿命の延長を達成することができた。これにより、工具交換の頻度が減少し加工能率が大幅に向上することが可能となった。また、使用後の切れ

刃の損傷が少なく再研磨回数が増加したこととあわせて、大幅な工具費の低減を達成することも可能となった。

使用例(D)はアルミニウムホイール化粧面の旋削加工例を示している。断続回数の多いこの加工工程においてスミダイヤ® DA 2200 は、切れ刃チッピングが少なく高い耐欠損性を示し、従来ダイヤモンド焼結体工具の約17倍の工具寿命の延長を果たすことができた。

5. おわりに

今回開発を行ったスミダイヤ® DA 2200 は、これまでに類を見ない高強度なダイヤモンド焼結体であり、従来のダイヤモンド焼結体では不可能であった、アルミニウム合金の粗加工やハイレーキフライス加工において、刃先欠損を生ずることなく安定した長寿命を実現している。

このスミダイヤ® DA 2200 を使用することにより、従来超硬工具が用いられていた自動車部品加工用途において加工能率の飛躍的な改善が可能であり、今後ますますスミダイヤ® DA 2200 の需要が増加するものと考えられる。

参考文献

- 金田泰幸：高強度ダイヤモンド焼結体工具スミダイヤ® DA 2200 の開発, SEI テクニカルレビュー, 151 (1997) 119.
- 阿部 誠：HDD ベースプレート加工用スミダイヤ® エンドミル「DFE」型の開発, SEI テクニカルレビュー, 153 (1998) 108.