

## 環境調和型 ELID 研削加工技術の構築

日本工業大学 ○根本 昭彦, 村田 泰彦 茨城大学 伊藤 伸英 理化学研究所 加藤 照子, 大森 整  
東北大学大学院 堀切川 一男 茨城工業高等専門学校 長谷川 勇治

環境調和型 ELID 研削加工技術の構築を目的として、米ぬかを原料とする RB セラミックスを用いた ELID 研削用導電性 RB セラミックスボンド #8000 ダイヤモンドホイールの試作をし、単結晶シリコンおよび金属材料の加工特性について調査を行なった。実験の結果、本ホイールが安定した ELID 研削加工が実現できること確認し、さらに加工面には金属成分の付着がみられず、単結晶シリコンを約 Ry30nm の高品位に加工することに成功した。

### 1. 緒言

近年、我々の生活を一変させるような情報革命が進みつつあり、この革命を担う各種情報・通信機器にはより一層の高機能化、高精度化が求められてきている。またこれらの機器を構成する電子・光学・機械部品に対してもナノメートルオーダの高精度化が要求されてきている。このようなレベルを実現する加工手段として研削に代表される固定砥粒を用いた加工手段が注目を集めている。

上述した問題点を解決する加工手法の一つとして導電性砥石の表面を電解ドレッシングしながら被加工物を研削する電解インプロセスドレッシング (ELID) 研削法がある。本研削用砥石として鉄系ボンド砥石が利用され、各種硬脆材料を加工面粗さ 20nmRy 以下の高品位加工面を達成している。しかし、IT、半導体分野へより一層適用を進めるためには、被加工物に金属汚染の懸念のないかつ環境に慮した高品位加工面創成技術が求められる。このような要求に応えることを目的として、メタルレス導電性ボンド砥石などを用いた環境調和型 ELID 研削システムの構築を目指し検討を進めている。

本報告では、米ぬかを原料とした RB セラミックスを用いてメタルレスの導電性ボンド砥石の試作を試み、ELID 研削加工特性を調査した結果を報告する。

### 2. RB セラミックスボンドホイールの製作

図 1 に RB セラミックスボンドダイヤモンドホイールの製作プロセスを示す。ホイールは RB セラミックス粒子とフェノール系レジンとの混合粉を 180°C、成型圧力 19.6kPa で加圧焼成させ、さらにレジンの炭化を目的として窒素雰囲気炉で、900°C で 1 時間の再焼成を行い製作した。RB セラミックス粒子とフェノール系レジンの配合比率は、80:20(重量比)とした。

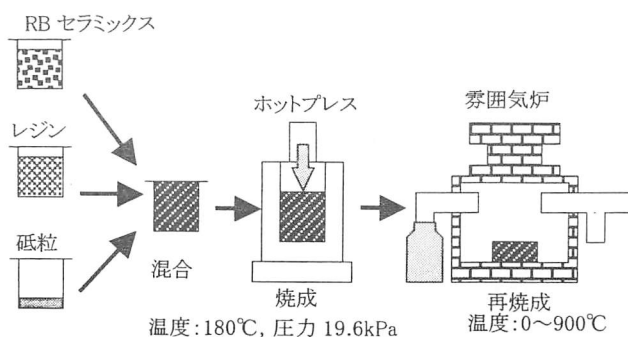


図 1 RB セラミックスボンドホイールの製作手順

### 3. 実験システム

RB セラミックスが ELID 研削用砥石のボンド材として有効性を調査することを目的として、#8000 ダイヤモンド砥粒集中度 75 を用いた精密横型ロータリー平面研削盤用カップホイール(平均直径 143mm×厚さ 3mm)を製作した。ホイールおよび装置外観を図 2 に示す。その他、実験システムを表 1 に示す。



図 2 RB セラミックスボンドホイール・加工装置の外観

### 4. 実験方法

製作した RB セラミックスボンドダイヤモンドホイールをツールイング後、無負荷電圧 60V、最大電流値 10A、パルス給電・休止時間 2μs で初期電解ドレッシングを行い、その後、砥石回転数 2000min<sup>-1</sup>、ワーク回転数 300 min<sup>-1</sup>、送り速度 1μm/min、総切り込み量 30μm/pass の条件下で単結晶シリコン直径 100mm、超硬合金 10×40mm (K10)、冷間工具鋼 (SKD11) 直径 60mm、ステンレス鋼 (SUS304) □55mm の研削を行い、加工特性の調査を行った。本ホイールの評価を行うことを目的として、ELID 研削に汎用的に使用されている鑄鉄ボンドダイヤモンドホイールによる加工実験を同条件で行った。表 2 に加工条件および ELID 条件を示す。

表 1. 実験システム

加工装置	横型精密ロータリー平面研削盤 HSG-10A2 (㈱不二越)
ホイール	#8000RB セラミックスボンドダイヤモンドホイール #8000 鑄鉄ボンドダイヤモンドホイール 形状: φ143×t3, 集中度 75 (富士ダイス㈱)
電源装置	ELID 専用高周波電解電源装置 FUJI ELIDER ED-910 (富士ダイス㈱)
研削液	弱導電性研削液 NX-CM2 (新世代加工システム㈱) 水道水で 50 倍に希釈
ワーク	単結晶シリコン φ100mm, 超硬合金 □10×40mm (K10), 冷間工具鋼 φ60mm (SKD11), ステンレス鋼 □55mm (SUS304)

表 2.加工および ELID 条件

加工条件	砥石回転数	2000min <sup>-1</sup>
	ワーク回転数	300 min <sup>-1</sup>
	送り速度	1 μm/min
	スパークアウト	30sec
ELID 条件	無負荷電圧値	60V
	最大電流値	10A
	パルス on/off	2/2 μs

## 5. 加工実験結果

### 5.1 RB セラミックスボンドの電解ドレッシング効果

RB セラミックスボンドの電解ドレッシングによる加工効果を把握することを目的として、電解ドレッシングを付加した場合と付加しない場合の加工特性の相違について調査を行った。加工実験は、単結晶シリコンを用いて行った。図 3 に加工中の砥石軸負荷の推移を示す。電解ドレッシングを付加させない場合の加工では、加工負荷が加工開始後すぐに増加し 25 分後に最大となり、ワークに割れが生じた。一方、電解ドレッシングを付加した加工では、終始加工負荷は低い値で安定していた。これは ELID を付加させることにより RB ボンドホイールの安定した加工が実現することを示している。

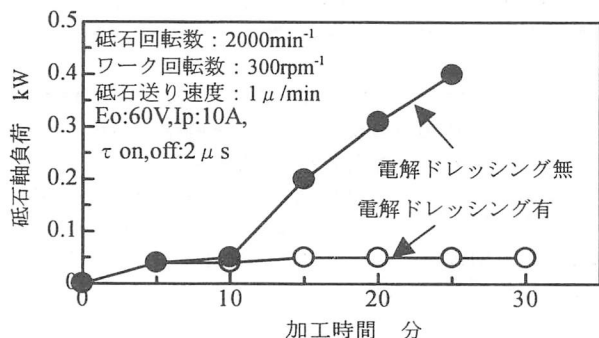


図 3 電解ドレッシングの有無による加工特性への影響

### 5.2 RB セラミックスボンドの評価

RB セラミックスボンドホイールの評価を目的として各種材料の加工を行い、鋳鉄ボンドホイールとの加工特性の相違について調査を行った。図 4 は、単結晶シリコン加工面の AFM 像の相違を示す。RB セラミックスボンドホイールによる加工面は鋳鉄ボンドホイールによる加工面に比べ、スクラッチがなく全体的に平滑な加工面を得られた。図 5 には両ホイールによる単結晶シリコンの加工面 EDX 分析結果と検出の予想される元素 Si, Fe, Mo のエネルギー-keV 位置と強度を示す。RB セラミックスボンドホイールによる加工面から Fe, Mo などの金属成分は同定されなかった。また、鋳鉄ボンドホイールにおいても主成分である Fe は同定されず、加工面への金属汚染はないものと考えられる。図 6 に両 #8000 ホイールによる加工面粗さの相違を示す。RB セラミックスホイールによる加工面粗さは、鋳鉄ボンドホイールに比べ良好な値が得られた。以上の結果は、RB セラミックスボンドが ELID 研削の仕上げ用ボンド材として有効であることを示している。

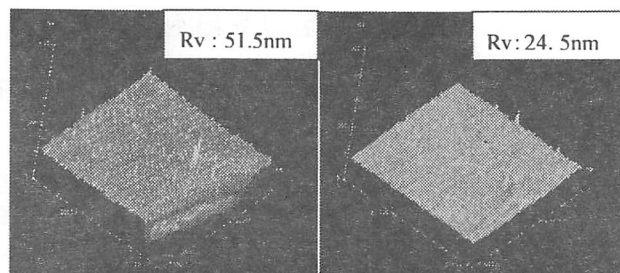
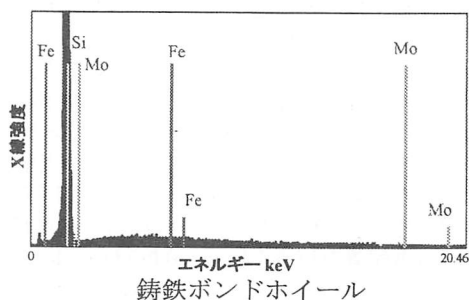
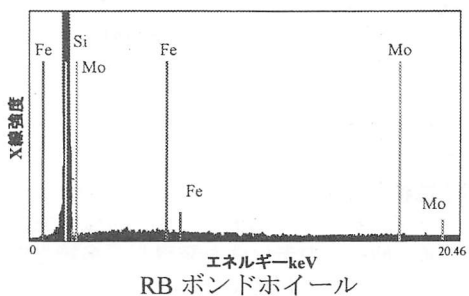


図 4 単結晶シリコン加工面の AFM 像



鋳鉄ボンドホイール



RB ボンドホイール

図 5 両ボンドホイールによる加工面の EDX 分析結果

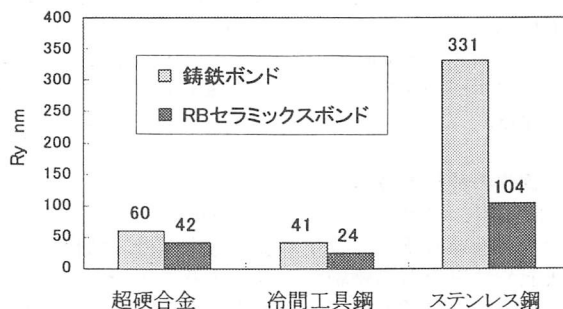


図 6 両ボンドホイールによる加工面粗さの差異

## 6. 結言

環境調和型 ELID 研削加工技術の構築を目的として、米ぬかを原料とする RB セラミックスボンド #8000 ダイヤモンドホイールの試作を行い、その特性について調査を行った。実験により、RB セラミックスボンドと ELID を組み合わせることにより、安定した ELID 研削加工と加工面に金属成分の付着がみられない加工を実現できることを確認した。RB セラミックスボンドホイールによりおよそ、単結晶シリコン Ry25nm, 超硬合金 Ry42nm, 冷間工具鋼 Ry25nm, ステンレス鋼, Ry105nm, の高品位な鏡面研削加工を行えることを確認した。

### 参考文献

加藤, 伊藤, 大森, 根本, 長谷川, 堀切川: RB セラミックス粒子を配合した環境配慮型鏡面研削用砥石の研究—第一報 トライボロジー特性の検討—, 2003 年度精密工学会秋季大会学術講演会論文 p195.