

## 電解インプロセスドレッシング研削法

Grinding with Electrolytic In-process Dressing

大 森 整\*・中 川 威 雄\*\*  
Hitoshi OHMORI and Takeo NAKAGAWA

高強度メタルボンド超硬粒砥石の利用技術の探求の中で、電解インプロセスドレッシング法の適用効果を見出した。これにより、鏡面研削の実現に成功したのみならず、高能率研削を含めさまざまな方式への適用効果も明らかとなっている。専用加工機の開発・市販も始まり、将来の先端加工技術の一翼を担うものとして期待される。

## 1. はじめに

筆者らは数年来、メタルボンド砥石のなかでも最も強靱とされている鑄鉄ファイバボンド砥石を有効に利用すべく、特に高硬度材料を対象とした研削加工技術の開発に携わってきた。その間、従来の研削技術には欠如していた確実なドレッシングを、適切な電気分解現象を利用した手法により実現した。このドレッシングを加工中も行うことで、メタルボンド砥石の性能を長期に渡り維持できることを見出し、「電解インプロセスドレッシング研削法」(Elid研削法)の開発に至った。

ことに、本手法を微粒鑄鉄ファイバボンド砥石に適用することで、汎用性・適用性に優れた鏡面研削法の実現に成功し、先端加工技術の確立に道を拓いたものと思われる。本稿では電解法に関する背景に触れ、筆者らによる電解インプロセスドレッシング研削法に基づく鏡面研削および高能率研削効果やその実例について概説したい。

## 2. 電解ドレッシング開発の背景

いわゆる電解ドレッシング法には、筆者らが研究を開始する以前、その明確な加工機構の位置付けや実用に供される動きがないまま一部試みられてきた背景がある。本法をたどれば、アメリカ合衆国の代表的な砥石メーカーであるノートン社において、今から20数年ほど前に電解研削法における一部の試みとして行われていたようである。電解研削法は、導電性被削材に正極、導電性砥石側に負極を与え、被削材の機械的な研削機構による除去と、砥石と被削材との接触点における電解作用による除去の両方を期待する手法である。この手法で、時々砥石側と被削材側の電位を逆転させることによって、砥石

側の電解を生じさせ、砥石の切れ味の回復を図るという試みがなされていた。しかし、この方式では腐食性の高い電解液の使用により砥石の減耗が早く、機械の腐食の問題も解決できなかったため、実用には至らなかった。

その後、日本国内では7年ほど前に機械技術研究所において、メタルボンド砥石と電解用に設けた電極の間に同様の電解液を供給することにより、電解ドレッシングが行われている。切断用のメタルボンド砥石などに本電解ドレッシングを適用した例(図1)として、研削抵抗の著しい低減を中心とした砥石目立て効果が報告されている<sup>1,2)</sup>。しかしながら、腐食性の高いNaCl水溶液を電解液として使用したため、加工機の腐食の問題が解決できなかったことや、当時適切なメタルボンド砥石がなかったことで減耗が激しく、実用には至っていない。

また、電解研削・放電研削の機構に類する加工手法として、応用磁気研究所のMEEC研削や、日興機械の電界放電研削というCOMMEC研削なども発表され、専用加工機が市販されている<sup>3)</sup>。両者とも特定の被削材に関しては効果が認められている。いずれも電解ドレッシング効果には言及してはいないが、砥石切れ味の持続をうたった加工方式は電流のリークを砥石面に与え、電解ドレッシング作用を引き起こす現象に基づくものであろう。これまで加工機構があいまいなものであるという評価や、

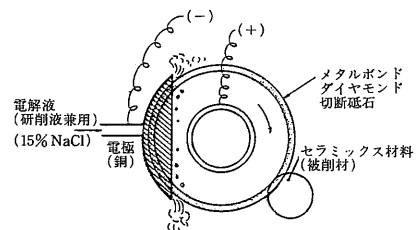


図1 切断砥石の電解ドレッシング法(岡野ら)

\*東京大学大学院

\*\*東京大学生産技術研究所 付属先端素材開発研究センター

特殊砥石の利用などから普及には至っていない。

上述のとおり、電解法自体は新たな加工法ではない。しかし従来の電解とは異なり、筆者らの手法では開発当初より通常の研削液として使用される水溶性研削液を水道水で希釈したものを使用している。必ずしも電解には適さないこの加工液は、加工機に腐食などの問題を生じさせないだけでなく、パルス電源との組み合わせにより微粒砥石に対し適切な電気分解で砥粒突出を維持できることから鏡面研削法(図2)の実現をみた。この手法：電解インプロセスドレッシング研削<sup>4-10)</sup>は、被削材の除去には関与しないドレッシング作用を付加した加工に過ぎず、除去に寄与するのはあくまで固定砥粒であるという機構の明確な位置付けから、付加装置の簡易化を実現し特殊加工機が必要ない実用的なものとなった(表1)。本開発を契機に、学会における鏡面研削法やメタルボンド砥石の利用法に関する研究報告が確実に増えている。

電氣的ドレッシングに関する最近の報告では、ツイン電極による放電/電解ドレッシングの研究がある<sup>17,18)</sup>。交流電源と専用加工液を用いたツイン電極ドレッシングも提案されている(図3)。交流とツイン電極による電解効率の損失は、専用加工液とボンド溶出が容易な砥石種(青銅ボンド等)により補われると考えられる。本例を含め、電極種や電解の種々の組み合わせが提案されよう。

3. Elid研削の加工機構

筆者らが開発してきた研削手法は、鑄鉄ファイバボンドダイヤモンド/CBN砥石などのメタルボンド砥石に、電気分解現象によるドレッシングを付与した「電解イン

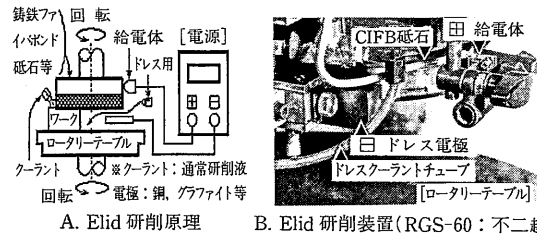


図2 電解ドレッシング鏡面研削法(大森, 中川)

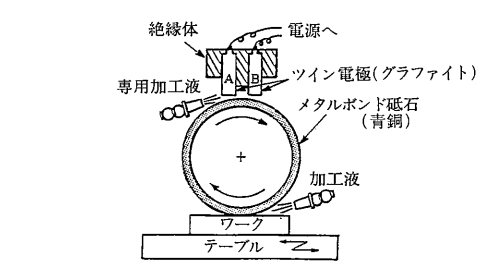


図3 ツイン電解ドレッシング法(鈴木ら)

表1 Elid鏡面研削の特徴と実用性

No.	選定要因	要因項目	Elid鏡面研削法	慣用仕上研削法
1	加工機械	送り精度 切込精度 機械振動	鈍感 (通常機械がそのまま利用可) 鈍感 鈍感	敏感 (特殊仕様機械が必要) 敏感 敏感
2	使用砥石	砥粒 粒度 結合材	超砥粒(ダイヤ,CBN) ほぼ制限なし 鑄鉄ファイバ1種	被削材による適用制限有り 利用法による
3	研削条件	砥石周速 送り速度 切り込み	鈍感 (通常条件でそのまま利用可) 鈍感 鈍感	敏感 (砥石や条件等による) 敏感 敏感
4	研削特性	安定性 加工精度 仕上粗さ 砥石減耗 被削材	半永久的に維持 極めて高い 研削のみで鏡面 極めて少ない ほぼ制限なし	再ドレス必要 砥石等による 鏡面は得難い 条件による 砥石等による

プロセスドレッシング研削法」と呼ぶものである<sup>4-10)</sup>。鏡面研削に適用する場合、粒度は#4000~#8000という平均砥粒径2~4 μm程度のもので標準的である。従来の電解ドレッシングとは異なり、筆者らの方式では図4のように電気分解により不導体被膜を生成させるとともに、研削屑を排除しつつ加工中の被膜の厚みの変動を利用して砥石の自生作用を制御するというドレッシング機構に基づき、常時電解が進行する方式ではない。よって、安定性と同時に研削比も高く、効率良く鏡面研削が実現できる。このドレッシングサイクルは、図5に示す電解電流変化の挙動からも理解できる。加工中は図6のように微細砥粒突出が安定して維持される。このサイクルの適切な実現には、表2の成立要因において通常研削液と鑄鉄ファイバボンド(CIFB)砥石および放電加工電源ベースのパルス電源の利用が重要となる。これらの適用効果を表3に示す。筆者は従来電解法との区別を意識し、電解インプロセスドレッシング(Electrolytic In-process Dressing)から、本法を「Elid研削法」と名付けた。

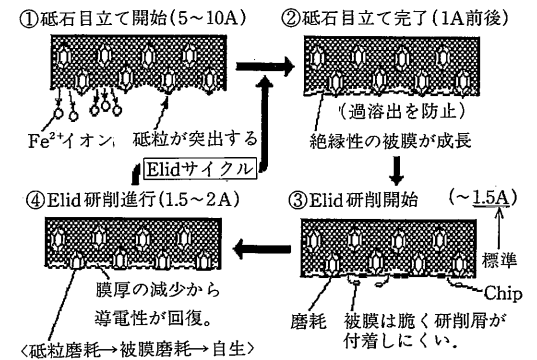


図4 電解インプロセスドレッシング研削機構

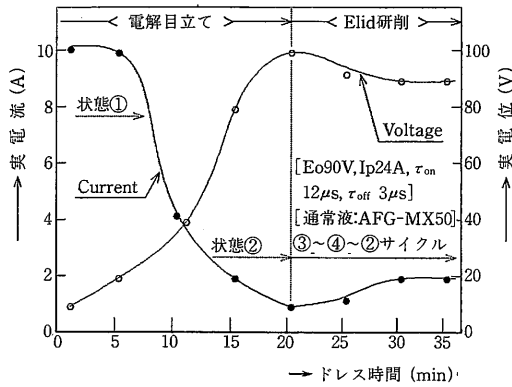


図5 電解ドレッシングに伴う実電流・電位の変化

表2 Elid機構成立のための主要因

No.	要因分類	主設定要因	Elid研削条件設定の目安
1	物理条件	□ 電極位置 □ 電極面積	砥石~電極間距離: 約50~100μm位 砥石面積の1/4~1/6の電極面積で可
2	電気条件	電解設定条件 研削液抵抗率	Eo60~120V, Ip10~40A, τon <sup>2</sup> 2~5 μs 0.24~0.40×10 <sup>4</sup> Ω・cm程度で利用可
3	化学条件	研削液成分 砥石ボンド材	電極生成物が少ないもの, 防錆剤入り 適度に酸化膜を生成(Fe, Ni等が適当)
4	機械条件	研削液供給量 砥石磨耗速度	砥石面と□電極間に均一に供給する 電解目立て速度と適度に一致させる

4. Elid研削の適用効果

次に, Elid研削法の適用による具体的な効果について, 鏡面研削と高能率研削とに大別し例示する。

4.1 鏡面研削の実現

Elid研削法の最も大きな効果として, 微細砥粒メタルボンド砥石による能率的かつ安定性に優れた鏡面研削の実現が挙げられる。従来研削では微粒砥石の適用が不可能であったが, Elid研削法では図7のように非導電性/導電性材料を問わず安定した鏡面加工を実現できる。これは, 砥石ボンド材の電解溶出による目立て以外にも,

表3 Elidによる代表的な効果と現象

[プロセス名]	[標準的な条件]	[主要なドレッシング効果と現象]
①電解ドレッシング (使用開始前の初期目立て) ▶10~15min程度を要する。	{ Eo~60V Ip~20A τon~5 μs τoff~5 μs (砥石等による)	A 目立て効果: 砥石ボンド材のイオン化による目立て。 B コート効果: イオン化に伴い生ずる不導体被膜でボンド材の過溶出を防止する。
②Elid研削 (研削加工中) ▶目立て後の砥石を用いて安定した研削加工を行なう。	{ Eo60~120V Ip10~40A τon~2 μs τoff~2 μs	A ドレッシング効果: 被膜には研削屑が付着し難い上, 電解・微少放電でも研削屑を除去。 B 自生効果: 砥粒磨耗に伴う被膜厚の変動から, 適切な自生発刃作用を起こす。

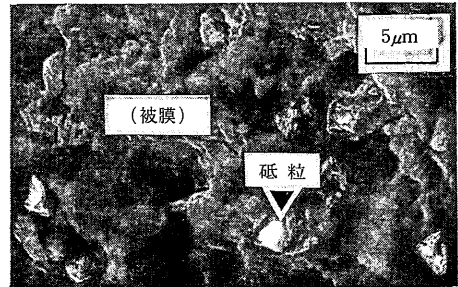


図6 微細砥粒の突出状態 (#4000)

研削屑の選択的な除去も行われていることを意味する。非導電性研削屑は微少放電除去により, 導電性研削屑は研削屑自体の電解溶出により目づまりが防止されると考えられる。図8に本法による加工面粗さ例と面性状を示す。現在, R<sub>max</sub> 80Å, R<sub>a</sub> 10Å程度まで得られている。ナノメートルオーダの加工面が安定して得られ, 表面欠陥も従来研磨の1/2~1/10に低減されている。

4.2 高能率研削の安定化

粗粒の铸铁ファイバボンド砥石など高強度メタルボンド超粒砥石は, 高能率研削に適していると言われてきたが, 目つぶれに伴う高負荷, 金属系材の研削に対する目づまり発生が顕著で長時間の使用には耐えられず, 頻繁なドレッシングが必要であった。Elid法の適用により, こうした問題はほぼ解決でき, ドレッシング作業の自動化・能率化に寄与すると同時に, 安定性に優れた高能率

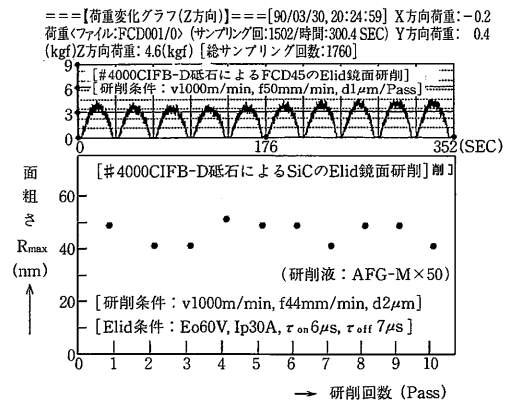


図7 Elid鏡面研削加工の安定性

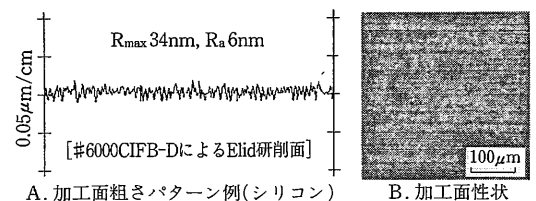


図8 Elid鏡面研削による面粗さと面性状

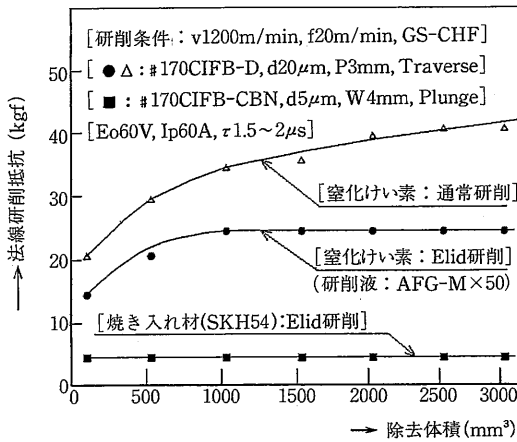


図9 Elid高効率研削加工の効果

研削の実現が確認されている。図9は一般の平面研削盤において粗粒鑄鉄ファイバボンド砥石によりセラミックスおよび鉄鋼材の研削加工を行った場合の効果を表す。Elid研削抵抗は、通常時の1/2~1/5にまで低減され、ダイヤモンド材料の加工にも成功している。

5. Elid研削の適用方式

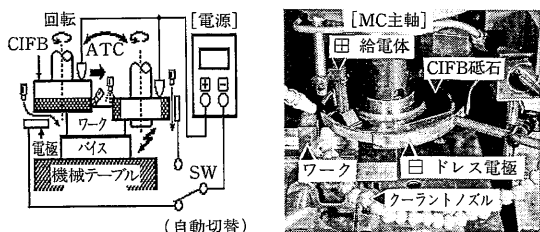
筆者らはこれまで、種々のElid研削方式の開発・提唱を行ってきた<sup>4-10)</sup>。ここでは、表4に示す種々の方式の代表例を取り挙げ、その適用原理と実例を示す。

5.1 マシニングセンタ (MC)

マシニングセンタによる適用方式<sup>9)</sup>は基本的に、カップ砥石とストレート砥石の2種である(図10A)。カップ砥石、ストレート砥石(図10B)、あるいは軸付砥石、切断砥石(ブレード)等をElid電極と共に交換することで形状加工から鏡面加工まで1チャックで実現できる。

5.2 サーフェスグラインダ (平研)

サーフェスグラインダでのElid研削方式<sup>9,10)</sup>は、MCでストレート砥石を用いた方式と同等である。生産での利用頻度や加工への汎用性から、その適用の意義は大きい。図11Aに示す原理に基づいてElid法を適用し(図11B)、さまざまな材質の鏡面研削が実現されている。



(VQC-15/40: ヤマザキマザック)  
A. Elid 研削原理 B. Elid 研削装置

図10 マシニングセンタによるElid研削法

表4 加工機とElid研削適用方式

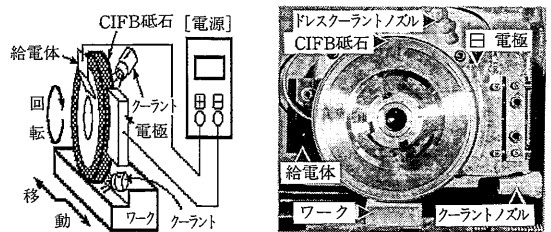
No	[加工機械]		[加工方式]				適 用
	加工機名(通称)	軸型	砥石型	加工面	送り方式	切込方式	
1	ロータリー研削盤	縦型	カ ッ プ	平面	クリーブ	一定切込	①
2	マシニングセンタ(MC)	横型(ブレード)	カ ッ プ	平面	クリーブ	一定切込	②
			ストレート	平面	ラピッド	トラバース	
			非平面	円筒面	クリーブ	プランジ	
			軸 付	平面	クリーブ	トラバース	
3	サーフェスグラインダ(平研)	横型(ブレード)	平面	ラピッド	トラバース	③	
			溝面	クリーブ	プランジ		
			非平面	円筒面	クリーブ	プランジ	
4	インフィード研削盤	横型	カ ッ プ	平面	インフィード	定速切込	④
			縦型	平面	定速切込	定圧切込	
5	ラップ研削盤	縦型	ラ ッ プ	平面	インフィード	定圧切込	⑤
			平面	クリーブ	(定速切込)		
6	ターニングセンタ(TC)	横型(ブレード)	カ ッ プ	円筒面	クリーブ	トラバース	⑥
			ストレート	端面	ラピッド		
			非円筒	—	プランジ		
			軸 付	内面	クリーブ	トラバース	
7	円筒研削盤	横型(ブレード)	ストレート	円筒面	クリーブ	トラバース	⑦
			非円筒	ラピッド			
			—	—	プランジ		

5.3 インフィード平面研削盤

インフィード研削盤は砥石、ワークともに回転させ、砥石面をワークに切り込む加工方式をとる。円形ワークの加工に最も適し、切り込み速度の制御により仕上まで同一粒度の砥石で能率良く加工できる。研削面積が常に一定であるため良好な加工平面度が得られ、加工面形状の調整も容易である。図12A, Bに原理・実例を示す<sup>11)</sup>。

5.4 ターニングセンタ (TC)

ターニングセンタは、ミル軸を有したCNC旋盤であるが、MC同様近年セラミックス加工に使用され始めている。筆者らは、セラミックス円筒外周鏡面研削の実現に始まり<sup>12)</sup>、最近になって円筒内面の鏡面加工にも至った<sup>13)</sup>。図13Aに原理、図13Bに外周研削装置を示す。



(GS-CHF: 黒田精工)  
A. Elid 研削原理 B. Elid 研削装置

図11 サーフェスグラインダによるElid研削法

### 6. Elid鏡面研削の実例

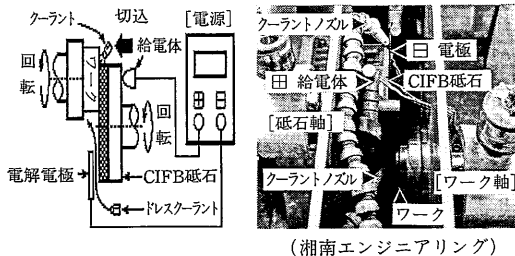
ここでは、上述の各種Elid研削適用方式による代表的な被削材質の鏡面加工例を示すこととする<sup>4-16)</sup>。

#### 6.1 シリコン (Silicon)

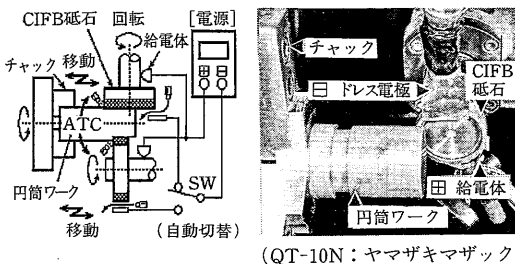
シリコンは被削性が良い反面、砥石切れ味にも敏感で、加工面表層の歪に影響が現れやすい。Elid研削により安定かつ低歪の鏡面加工ができており、すでにラップ代替可能と評価されている。図14にElidクリープフィード・インフィード鏡面研削による加工例を示す<sup>4)13)</sup>。

#### 6.2 フェライト (Ferrite)

フェライトは磁気ヘッド材料として電子産業には欠かせない存在である。シリコンと同様にチップングが生じやすく従来研削法は適用し難いが、Elid研削の適用により安定かつ均一な加工が実現されている。図15にロータリー平面研削盤によるElid鏡面研削例を示す<sup>9)</sup>。



A. Elid 研削原理 B. Elid 研削装置  
図12 インフィード研削盤によるElid研削法

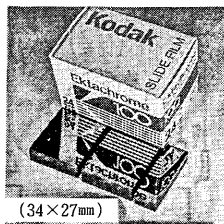


A. Elid 研削原理 B. Elid 研削装置  
図13 ターニングセンタによるElid研削法

機械	RGS-80実験機[不二越]
砥石	CIFB-D砥石[新東ルター]
電源	Elid用電源[タツネ電気]
A. 鏡面研削実験システム	
研削条件	Elid条件
砥石#4000CIFB-D	電圧 Eo60V
周速 v1000m/min	電流 Ip30A
送り f44mm/min	$\tau_{on}$ 5 $\mu$ s
切込 d1~2 $\mu$ m	$\tau_{off}$ 5 $\mu$ s

B. 鏡面研削加工条件 C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>40nm, R<sub>a</sub>5nm→仕上加工時間: 約6min]

図15 フェライトのElid鏡面研削例 (適用①)



#### 6.3 ガラス (Glass)

ガラス材にはさまざまなものがあるが、Elid研削により鏡面が得られている。従来研削ではくもりガラスしか得られなかったが、Elid法により研削としては始めて透明な面を得た。図16にロータリー平面研削盤でのクリープフィード研削による光学ガラス加工面を示す<sup>9)</sup>。

#### 6.4 ファインセラミックス

##### 6.4.a 窒化けい素 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)

窒化けい素は被削性が悪いので、Elid研削以外では安定した加工は不可能に近い。Elid研削の適用方式としては広範に選択可能である。平研上で#4000CIFB-D砥石を利用したElid鏡面研削例を図17に示す<sup>9)</sup>。

##### 6.4.b 炭化けい素 (SiC)

炭化けい素は、窒化けい素ほど被削性は悪くないもののやはり目つぶれの起こりやすい材料である。本材は、鏡面加工性が良く窒化けい素と同様に研削方式を広範に選択できる。MCにおいて#4000CIFB-D砥石を用いたElidクリープフィード研削による加工例を図18に挙げる<sup>9)</sup>。

##### 6.4.c 超硬合金 (WC-Co)

本材は目づまりを起こしやすく通常は頻繁なドレスが必要となるが、#120000(砥粒径0.13 $\mu$ m) CIFB-D砥石によるElidインフィード鏡面研削をも実現した。面粗さはR<sub>max</sub>14nm, R<sub>a</sub>2nmと世界最高水準を得た(図19)<sup>14)</sup>。

#### 6.5 鉄鋼材料 (Steels)

鋳鉄ファイバボンドCBN砥石の利用により、MCや平研によるさまざまなElid研削適用方式を鉄鋼材料一般に

機械	RGS-80実験機[不二越]
砥石	CIFB-D砥石[新東ルター]
電源	Elid用電源[タツネ電気]
A. 鏡面研削実験システム	
研削条件	Elid条件
砥石#4000CIFB-D	電圧 Eo60V
周速 v1000m/min	電流 Ip30A
送り f44mm/min	$\tau_{on}$ 5 $\mu$ s
切込 d1~2 $\mu$ m	$\tau_{off}$ 5 $\mu$ s

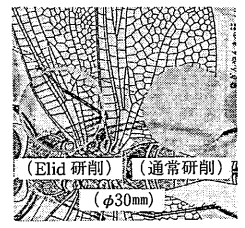
B. 鏡面研削加工条件 C. 鏡面研削加工サンプル  
[精度: R<sub>max</sub>34nm, R<sub>a</sub>5nm①/R<sub>max</sub>54nm, R<sub>a</sub>8nm④→時間約3min]

図14 シリコンのElid鏡面研削例 (適用①, ④)

機械	RGS-80実験機[不二越]
砥石	CIFB-D砥石[新東ルター]
電源	Elid用電源[タツネ電気]
A. 鏡面研削実験システム	
研削条件	Elid条件
砥石#4000CIFB-D	電圧 Eo60V
周速 v1000m/min	電流 Ip30A
送り f44mm/min	$\tau_{on}$ 5 $\mu$ s
切込 d1~2 $\mu$ m	$\tau_{off}$ 5 $\mu$ s

B. 鏡面研削加工条件 C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>28nm, R<sub>a</sub>5nm→仕上加工時間: 約8min]

図16 光学ガラスのElid鏡面研削例 (適用①)



適用できている。平研において#4000CIFB-CBNストレート砥石により鏡面加工した例(SKH54)を図20に示す<sup>10)</sup>。


7. Elid研削の応用開発

形状に関しては平坦面以外に円筒外周面(図21)<sup>12)</sup>や、円筒内面の鏡面加工も実現されている<sup>13)</sup>。曲面加工への展開として、レンズ加工にも成功した<sup>15)</sup>。Elid高能率研削の応用として、高能率・高精度ツルーイングへの適用法も開発された(図22)<sup>16)</sup>。当然、他種メタルボンド(青銅<sup>16)</sup>、電着Ni等)砥石への適用も可能である。

機械	平研:GS-CHF[黒田精工]
砥石	CIFB-D砥石[新東フーカ]
電源	Elid用電源[新東フーカ]

A. 鏡面研削実験システム

[研削条件]		[Elid条件]	
砥石	#4000CIFB-D	電圧	Eo120V
周速	v1200m/min	電流	Ip 5A
送り	f20μm/min	τ <sub>on</sub>	5μs
切込	d1μm p0.4	τ <sub>off</sub>	1.7μs



C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>56nm, R<sub>a</sub>8nm→仕上加工時間: 約15min]

図17 窒化珪素のElid鏡面研削例(適用③)

機械	横型インフィード[湘南Eng.]
砥石	CIFB-D砥石[新東フーカ]
電源	Elid用電源[タケノ電気]

A. 鏡面研削実験システム

[研削条件]		[Elid条件]	
砥石	#12W CIFB-D	電圧	Eo60V
周速	v <sub>t</sub> 387m/min	電流	Ip30A
ワーク	Sφ600rpm	τ <sub>on</sub>	5μs
切込	f <sub>d</sub> 10μm/min	τ <sub>off</sub>	5μs



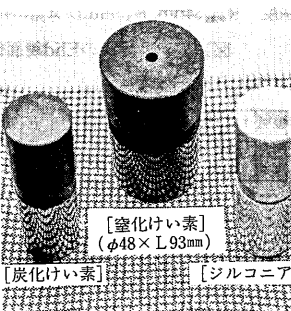
C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>14nm, R<sub>a</sub>2nm→仕上加工時間: 約3min]

図19 超硬合金のElid鏡面研削例(適用④)

機械	TC:QT-10N改[ヤマザマツカ]
砥石	CIFB-D砥石[新東フーカ]
電源	放電用MGN15W[牧野フアイス]

A. 鏡面研削実験システム

[研削条件]		[Elid条件]	
砥石	#4000CIFB-D	電圧	Eo80V
各周速(m/min)		電流	Ip10A
砥石	ワーク	τ <sub>on</sub>	1.5μs
v <sub>t</sub> 471	v <sub>w</sub> 30	τ <sub>off</sub>	1.5μs
送り	f <sub>s</sub> 80mm/min	切込	d <sub>s</sub> 2μm



C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>70nm, R<sub>a</sub>11nm→仕上加工時間: 約15min]

図21 各種セラミックスのElid円筒鏡面研削例(適用⑥)

8. Elid研削研究の展望

メタルボンド超砥粒砥石の利用にElid法が不可欠であることは明らかである。しかしElid法の特徴は逆に、砥粒径にドレスサイクルがある程度依存することでもある(図23)。サブミクロン砥粒砥石では、遊離された砥粒が加工に寄与すると考えられ、加工面性状からも検証されている<sup>14)</sup>。砥石面の不導体被膜の完全制御の観点から、Elid環境すなわち電源種、研削液種、砥石種等の適合性評価や複合ドレスの可能性も追究したい。


9. おわりに

本稿では従来の電解法の背景を踏まえ、筆者らが研究を進めてきた電解インプロセスドレッシング研削法に関

機械	MC:VQC-15/40[ヤマザマツカ]
砥石	CIFB-D砥石[新東フーカ]
電源	放電電源SUE-87[リヂヤク]

A. 鏡面研削実験システム

[研削条件]		[Elid条件]	
砥石	#4000CIFB-D	電圧	Eo80V
周速	v1200m/min	電流	Ip24A
送り	f100mm/min	τ <sub>on</sub>	12μs
切込	d1~2μm	τ <sub>off</sub>	3μs



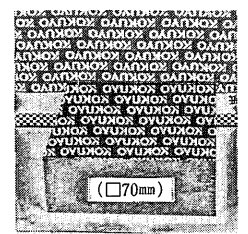
C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>26nm, R<sub>a</sub>4nm→仕上加工時間: 約6min]

図18 炭化珪素のElid鏡面研削例(適用②)

機械	平研:GS-CHF[黒田精工]
砥石	CIFB-D砥石[新東フーカ]
電源	Elid用電源[新東フーカ]

A. 鏡面研削実験システム

[研削条件]		[Elid条件]	
砥石	#4000CIFB-CBN	電圧	Eo120V
周速	v1200m/min	電流	Ip 5A
送り	f20μm/min	τ <sub>on</sub>	5μs
切込	d1μm p0.4	τ <sub>off</sub>	1.7μs



C. 鏡面研削加工サンプル  
[加工精度: R<sub>max</sub>65nm, R<sub>a</sub>10nm→仕上加工時間: 約15min]

図20 鉄鋼材(SKH54)のElid鏡面研削例(適用③)

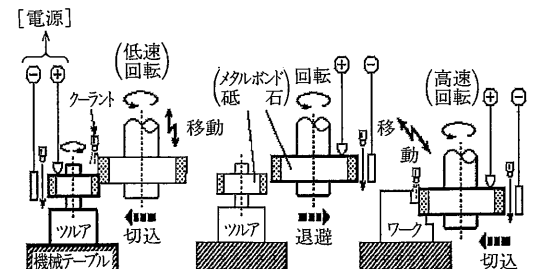


図22 Elid研削によるツルーイング法(大森, 高橋, 中川)

し、その機構、効果、方式、実例等について概説した。すでに、超微粒銻鉄ファイバボンド砥石(図24)、Elid専用電源(図25)、Elid鏡面研削盤(図26)が市販されるに至り、Elid研削法の実用化が開始されている。今後とも、より優れた先端加工技術に育てて行きたい。

謝 辞

本研究に当たり便宜を賜った不二越、新東プレーター、ヤマザキマザック、黒田精工、ミットヨ、ニコン、信越半導体、牧野フライス製作所、スタンレー電気、タナカ技研、ソディック、三菱金属、ノリタケカンパニー、マルトー、日立製作所、日本ピラー工業、YKK吉田工業、オリンパス光学工業、三井精機工業、松下電工各社に感謝いたします。(1990年4月3日受理)

参 考 文 献

- 1) 岡野啓作ら：メタルボン断砥石の電解ドレッシング，昭和58年度精密工学会春季論文，1983，p 371
- 2) 岡野啓作：超微粒砥石の電解ドレッシング・放電ドレッシング，精密工学会誌—特集解説，55，No.6，

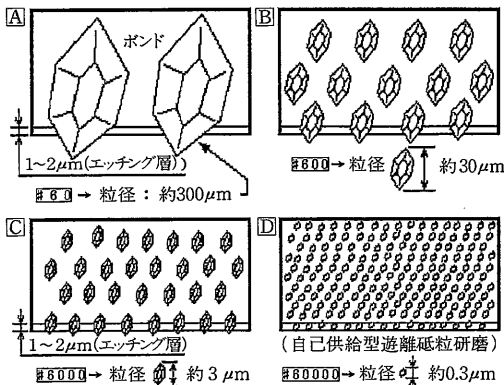


図23 砥粒径とElidによる不導体被膜の関係

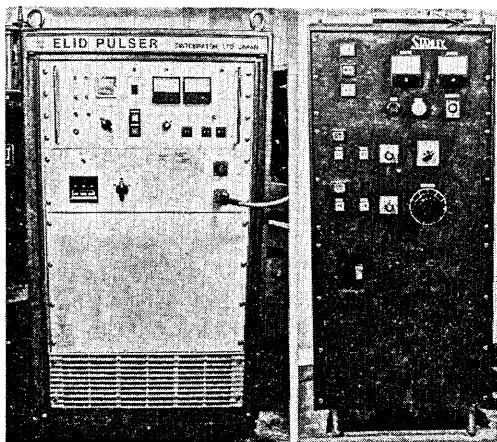


図25 Elid専用電源(左：新東プレーター，右：スタンレー電気)

- 1989，p 38
- 3) 今中 治編：セラミックス加工ハンドブック (p 293-304)，日刊工業新聞社
- 4) 大森 整，中川威雄：銻鉄ボンダイヤモンド砥石によるシリコンの研削加工(第3報)，昭和62年度精密工学会秋季論文，1987，p 687
- 5) 大森 整，中川威雄：フェライトの鏡面研削による仕上加工，昭和63年度精密工学会春季論文，1988，p 519
- 6) 大森 整，黒沢 伸ら：銻鉄ファイバボン断砥石によるガラス系材料の鏡面研削，昭和63年度精密工学会秋季論文，1988，p 357
- 7) 大森 整，中川威雄：銻鉄ファイバボン断砥石による硬脆材料の鏡面研削加工，昭和63年度精密工学会秋季論文，1988，p 355
- 8) 大森 整，山田英治ら：マシニングセンタによる鉄鋼材料の研削加工(第3報)，昭和63年度精密工学会秋季論文，1989，p 38



図24 超微粒CIBF砥石(#120000：新東プレーター)

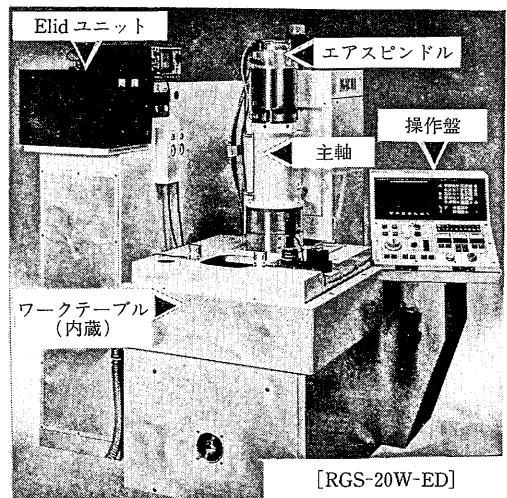


図26 Elid超精密鏡面研削盤(不二越)

- 論文, 1988, p 043
- 9) 高橋一郎, 大森 整ら: 硬脆材料の高効率研削加工(第2報), 1989年度精密工学会春季論文, 1989, p 355
  - 10) 大森 整, 高橋一郎, 石川雅洋ら: サーフェスグラインダによる鏡面研削, 1989年度精密工学会秋季論文, 1989, p 203
  - 11) 大森 整, 外山公平ら: 鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石によるシリコンの研削加工(第5報), 昭和63年度精密工学会秋季論文, 1988, p 715
  - 12) 大森 整, 高田芳治ら: ターニングセンタによる円筒鏡面研削, 昭和63年度精密工学会秋季論文, 1988, p 353
  - 13) 朴 圭烈, 大森 整ら: 電解ドレッシング研削による円筒内面の鏡面加工, 1989年度精密工学会秋季論文, 1989, p 899
  - 14) 大森 整, 中川威雄: サブミクロン砥粒による研削加工, 1989年度精密工学会秋季論文, 1989, p 903
  - 15) 高橋一郎, 佐伯 優, 大森 整ら: 光学レンズの鏡面研削, 1989年度精密工学会秋季論文, 1989, p 901
  - 16) 大森 整, 高橋一郎ら: 電解ドレッシング研削を用いたメタルボンド超砥粒砥石のツルーイング法, 1989年度精密工学会秋季論文, 1989, p 323
  - 17) 久保田護, 田村祐二ら: ツイン電極式接触放電ドレッシングの機構, 1989年度精密工学会春季論文, 1989, p 701
  - 18) 鈴木 清, 植松哲太郎ら: ツイン電極法による電解/放電ドレッシングの研究, 1989年度精密工学会春季論文, 1989, p 711