ファインセラミックスの鑄鉄ボンドダイヤモンド 砥石によるクリープフィード研削機構*

刈 込 勝 比 古** 中 川 威 雄***

Creep Feed Grinding Mechanism of Fine Ceramics
by Cast Iron Bonded Diamond Wheel

Katsuhiko KARIKOMI and Takeo NAKAGAWA

Cast iron bonded diamond (FC-D) grinding wheel is now used for ceramics grinding due to its high performance. The grinding mechanism is investigated experimentally by the measurement of grinding force in rather slow wheel speed and the observation of wear behaviours of abrasives. Main results are: (1) The grinding mechanism of the cast iron bonded grinding wheels resembles that of the metal bonded diamond wheel but the wheel deformation is small and drops of abrasives are not so often in FC-D wheel even under the heavy duty grinding, because the wheel stiffness and holding strength of abrasive are both very high. (2) It is possible to use the FC-D grinding wheel under the condition of flat topped abrasives. In this case, though the grinding force becomes higher, the roughness of ground surface is improved and the grinding ratio is high. (3) When the protrusion amount of abrasives from bonding surface is not enough, the sparking phenomena occurs by the direct contact between bond material and ceramics in heavy grinding and this leads to dressing effect.

Key words: cast iron bonded diamond wheel, grinding mechanism, grinding force, grinding ratio, wear behaviour of abrasive

1. ま え が き

筆者らはこれまでに萩生田と共同で鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石の開発を行い、この砥石の硬ぜい材料への適用の可能性を追求してきた^{1)~3)}。また植松、鈴木、中川らは、この砥石によりマシニングセンタを使ってセラミックスの高効率研削が実現できることを証明した⁴⁾。これら一連の研削実験の結果を検討すると従来の研削加工とは異なる諸特性があることがわかった。すなわち、これまでの研削実験の結果より得られた鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石の特徴をまとめてみると以下のようになる。

- (1) 砥石強度：砥石の剛性、強度共に極めて大きく、従来の砥石では不可能である重研削を行うことができる。
- (2) 研削比：セラミックスの研削に多用されるレ

ジンボンド砥石に比べ研削比は、はるかに大きい。
(3) 研削速度：研削速度が低くても研削可能であり、研削比は速度にあまり影響を受けない。
(4) 研削面粗さ：同一粒度のダイヤモンド砥石を使用したとき研削面表面粗さは良好となる。
(5) 研削抵抗：研削抵抗は研削の進行と共に増大する。接線方向に比べて法線方向の抵抗が大きい。
これらのうち(1)~(4)はこの砥石の使用上の利点となるが、(5)の高い研削抵抗に関してはいわゆる切れ味の悪い砥石の典型的な特徴である。従来の考え方では、(5)の特徴をもつ砥石で切れ味が悪いことは致命的な欠陥であり、砥石としては失格であるとされてきた。それは研削抵抗の増大を放置したまま使用すると、研削抵抗が大きくなり過ぎて、研削盤を破損し、また一般にはそれを避けるためにやっかいなドレッシングをたびたび繰り返さなければならないためである。これに対して、鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石による研削では、特殊な研削条件を採用して自動目立てを図るとともに強力なマシニングセンタを使用し、大きな研削抵抗に対処している。ここで採用されている研削はこれまでの自生発刃作用をもつ研削機構に基づく

* 原稿受付 昭和63年1月26日。昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演会(昭和61年10月10日)にて発表

** 正 会 員 東京都立航空工業高等専門学校(東京都荒川区南千住8-53-1)

*** 正 会 員 東京大学生産技術研究所(東京都港区六本木7-22-1)

ものとは明らかに異なるように見受けられる。また、その研削機構についても断片的に触れられているのみで系統だった調査は行われていない。本報告ではこれらの特徴的な研削特性をまとめると共に、砥石の摩耗形態を本砥石が主として使用されると考えられる低研削速度領域において実験的に調査することにより鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石による研削機構を明らかにすることを試みる。

2. 供試砥石と被加工材

実験は平面研削盤及び横フライス盤を使用し、マシンニングセンタによる加工で想定される広範囲な研削条件のうち特に小径砥石を用いた低研削速度領域におけるクリープフィード研削を行い、研削抵抗の変化及び研削比を測定するとともに、それぞれの砥石の砥粒摩耗の状態について光学顕微鏡を用いて観察した。

研削砥石：鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石（以下FC-D砥石と略す）の結合材の組成は鑄鉄粉（FC-15 #150 アンダーのもの）70 wt%、カーボニル鉄粉 30 wt% の配合を基本とした。またこれらの砥石と比較するために、市販の青銅系メタルボンド砥石（以下M-D砥石と略す）及びレジンボンド砥石（B-D砥石）を用いて研削特性を比較した。このほか、最近セラミックス用に開発され市販されている最も高強度・高性能と言われている特殊砥石（SB-D砥石、特殊フィラー入り特殊ボンド）も比較のために使用した。砥石の寸法はいずれも $\phi 75 \times 8$ の平形砥石とした。

試験片：構造用ファインセラミックスの中でも難研削材の一つと言われている窒化けい素セラミックス（常圧焼結）を用いて行った。試験片寸法は $50 \times 50 \times 20$ であり、硬度は $HV=1700$ である。

3. 砥石の摩耗状況の観察

研削方式は平面研削盤のクリープフィード研削であるが、すべての供試砥石が使用出来る条件の下で研削を行った。従って、B-D砥石にとっては高負荷の条件と言える。各砥石とも粒度 100/120、集中度 100（SB-D砥石については集中度 150 以上）とした。

3.1 FC-D砥石における砥粒の種類と摩耗形態

砥粒の種類による摩耗形態を調べるため異なる3種類の砥粒を使用したFC-D砥石を試作して、それぞれの摩耗形態を比較した。同一砥粒を連続的に観察するために砥石表面に小さなポンチ穴をあけ、これを基準として観察点を割り出し写真撮影を行った。使用したダイヤモンド砥粒は、東名ダイヤモンド工業(株)製の人造ダイヤモンド砥粒のうちから破砕性のよいもの

（記号 IRV）、前節までの実験に用いた適度なじん性と破砕強度を備えたブロッキーなもの（記号 IMG）および特に強じんブロッキーなもの（記号 IMS）の3種類とした。図1は砥石表面の写真で、A) a~d は IRV 砥粒を用いた FC-D 砥石の砥粒の摩耗過程を示したものである。この砥粒は主にレジンボンド用に使われる砥粒であるが、破砕性がよいために研削過程において微小破砕が生じやすく、FC-D 砥石に使用しても砥粒の先端摩耗は大きく成長せず、従来の B-D 砥石に見られると同様に常に先端摩耗面積の小さい砥粒が分布している。また、砥粒の破砕、脱落の周期が早く、研削比が 670 と低い値を示す。B) a~d は最もブロッキーな砥粒（IMS）を用いた砥石の摩耗過程を示したものである。研削開始前に GC-120 のスティック砥石によりドレッシングを行い、以後ドレッシングなしで連続研削を行っている。B) a はドレッシング後長さ $l=50$ mm の試験片を研削回数 $n=20$ 回行ったものであるが、すでに摩耗砥粒が散見され始めている。B) b は $n=50$ 回後の同一部分の写真である。砥粒の摩耗が進行し、一部破損した箇所が見受けられる。c は $n=90$ 回後のものであり、b における右側部分の砥粒が脱落している。この間の研削量は $9000 \text{ mm}^3/\text{mm}$ である。その後中央やや左下部分に新しい砥粒が現れ（d, $n=170$ ）、 $n=210$ 回目で中央左下側の砥粒のうち右側の砥粒の一部が欠け落ちた。このように摩耗の進行した砥粒が脱落する間にまた新しい砥粒が現れ、徐々に砥粒先端摩耗が進行している。以後次々に古い砥粒が摩耗、破砕、脱落して行く間に次の新しい砥粒が頭を出し、この過程が定常的に繰り返される。従って、IMS 砥粒は FC-D 砥石に最も適していると考えられる。

3.2 M-D砥石・SB-D（高強度）砥石との比較

図1C) a~d は M-D 砥石（SD 100 J 100 M）について同様に観察を行ったものである。砥粒の摩耗形態は、IMS 砥粒を用いた FC-D 砥石と同様の傾向が認められ、この砥石にはじん性の高い砥粒が用いられているように思われる。しかし、砥粒の脱落は FC-D 砥石ほど砥粒摩耗が大きくなならないうちに発生していることが観察された。研削比が FC-D 砥石より低いことからみても、砥粒脱落までの周期は FC-D 砥石より短くなっているものと考えられる。このことは鑄鉄ボンド砥石に比べボンド材が弱く、砥粒保持力が低いことを意味しており、FC-D 砥石より低い研削力にて脱落するものと推定できる。この時の研削比は IMS 砥粒を使用した FC-D 砥石で 980 の値を示すのに対し、M-D 砥石では 630 であった。D) a~d はセラミックスの重

Fig. 1 Drop and wear surface of diamond abrasives on the surfaces of various grinding wheels
Work; Si_3N_4 , SD 100, $V=350$ m/min, $t=2$ mm, $v=15$ mm/min, Work length; 50 mm, n ; Number of grinding strokes

研削用として開発された特殊フィラー入りのSB-D砥石(SD 100 J)の写真であるが、たえず微小破碎が生じているため同一形状の砥粒を観察することが困難であった。この結果よりこの砥石は破碎性の良好な砥粒が用いられていると推察される。このSB-D砥石の研削比は450であった。なお、B-D砥石については研削比は低く自生発刃作用も活発なため、SB-D砥石以上に特定砥粒を追跡することは困難であった。

4. 研削抵抗の変化と砥石強度

次にやや粒径の細かい砥石を用いて研削抵抗の変化を観察した。使用した砥石はSD 400、集中度125の結合材の異なる3種類の砥石であり、図1と同一条件下にてクリープフィード研削を行った。図2に研削抵抗の変化を示す。B-D砥石は砥石の消耗が大きく、研削抵抗も研削開始後すぐに急激な上昇を示し、2回目以後では、ほぼ一定値の研削抵抗を示す。M-D砥石とFC-D砥石は研削回数と共に徐々に増加し、ほぼ一定値に達する。その後は各研削回数ごとに増減を繰り返すが、その変化はB-D砥石が最も少なく、FC-D砥石の変化が大きい。特に垂直研削抵抗における最大値はFC-D砥石が最も大きな値を示す。このことは前節の写真の結果からも推察できるように、FC-D砥石は砥

粒保持力が強く、砥粒の先端が摩耗して砥粒にかかる負荷が増大しても脱落しにくいためと考えられる。この時の研削比はFC-D砥石が最も高く1400を示した。M-D砥石は387とFC-D砥石より低く、B-D砥石は26と著しく低い値となった。この条件下ではM-D砥石にとってやや苛酷過ぎたようであり、砥石エッジにへたりによる形崩れが認められた。これは、これまで結合度が高いとされていた青銅系M-D砥石でも研削抵抗の増大によりボンド材が変形することを示している。一方、FC-D砥石はボンド材の性質上、剛性が高く変形しにくいため、高負荷に対しても砥石の変形が少なく、重研削に十分耐え得ることが確認出来た。ボンド材の違いによる砥石強度をみるために、アルミナ粉末を砥粒とみなしてボンド材の影響を集中度と圧環強度との関係で調べた結果を図3に示す。鋳鉄ボンドでは集中度75で圧環強度650~800 MPaを示すのに対して青銅ボンドでは200~300 MPaと低く、この結果からもFC-D砥石の方が大きな負荷に耐え得ることが理解出来る。同様のことは砥粒保持力についても言えるので、FC-D砥石により長時間研削または重研削を行うためには、一般砥石より砥粒先端摩耗の大きな所で定常研削を行うことになる。さらにFC-D砥石のボンド材の摩耗自体が比較的少ないことも、研削

Fig. 2 Increase of grinding force in the grinding of Si_3N_4 cast iron bonded and the other bonded diamond grinding wheels

Fig. 3 Relation between concentration of Al_2O_3 abrasives (WA 120) and radial crushing strength

比の上昇に寄与しているものと考えられる。

5. 重研削下での研削特性

高強度・高研削比のFC-D砥石はクリープフィード重研削に適していると考えられる。主として重研削可能なSB-D砥石と比較することにより、以下にFC-D砥石の研削特性を考察する。

図4はテーブル送り速度と研削抵抗の関係を示したものである。また表1に各種研削条件下の研削比の値を示す。研削抵抗は一般にドレッシング後次第に増加し、やがて飽和点に達し、以後はほぼ一定の研削抵抗を示すようになる。この図においては、この定常値に達した研削抵抗の値を各テーブル送り速度に対して示している。単位時間当たりの研削量はテーブル送り速度に比例して増加するが、FC-D砥石の場合テーブル送り速度の増加に対して研削抵抗もほぼ比例的に増加する。しかし研削比はテーブル送り速度の増大にもかかわらず高い値を保つ。

M-D砥石の研削比は比較的高い値を示すものの、 $v=100 \text{ mm/min}$ の重研削では砥粒層が脱落し研削不能となった。SB-D砥石は特殊フィラー入りの重研削用砥石であるが、送り速度 45 mm/min 以上では送り速度の増加に伴い逆に研削抵抗も低下する傾向が認められた。これは研削比が低下することからみても分かる通り、ボンド材が切りくずなどにより削られて砥粒の脱落が起こりやすくなり、目こぼれ現象が生じた結果と考えられる。従ってSB-D砥石では研削比の観点から、あまり高速のテーブル送りは不適当と言える。

さらに図5は横フライス盤を用いて、より重研削を試みた結果である。フライス盤の最大主軸回転数が $n=1200 \text{ rpm}$ 、砥石直径 $\phi 75$ の関係から研削速度 $v=280 \text{ m/min}$ 、 $t=3 \text{ mm}$ 、 $v=200 \text{ mm/min}$ において下向き研削で行った。FC-D砥石の研削抵抗は研削開始後徐々に増加する。その後さらに研削抵抗が高くなると

Fig. 4 Grinding force decrease of SB-D wheel in higher table speed

Table 1 Comparison of grinding ratio in each grinding condition

Grinding condition			Grinding ratio		
V m/min	t mm	v mm/min	FC-D	M-D	SB-D
350	2	15	980	630	450
350	2	75	801	517	360
280	3	100	742	impossible	153
280	3	200	1 043	impossible	63

Work ; Si_3N_4 , Wheel ; SD 100

突如として火花を発生するが、同時に急激に研削抵抗は低下し、火花も消滅する。以後はほぼ同様の周期でこの現象が繰り返され研削は持続する。このような火花発生現象は、研削抵抗が上昇した時点で相対的な砥粒突出量が減り、ボンド材と被削材との接触面において切削油剤の冷却不足が起り、火花が発生し、これによりボンド材が削られ研削抵抗が低下するものと考えられる。図6はこれを模式的に表現したもので、最初突出量が $20 \mu\text{m}$ 程度あったものが、砥粒先端摩耗により突出量が $10 \mu\text{m}$ 以下となると、砥石母地と被加工材

Fig. 5 Change of grinding force and spark occurrence along with stock removal in heavy duty grinding

Fig. 6 Schematic mechanism of flattening of abrasives and "dressing" by sparking

は接触することを示す。なお、この限界値は砥粒間隔とテーブル送り速度、砥石周速度と関係する。この作用は一種のドレッシング作用と考えられ、鋳鉄ボンド砥石特有のもので、火花ドレッシングとも呼ぶべきものであろう。火花ドレッシングが行われても必ずしも砥粒は脱落せず火花消滅後も砥粒は残存している。図7は $V=700$ m/min, $t=2$ mm, $v=30$ mm/min における火花発生前と発生後の砥石表面写真である。火花発生前に対して火花発生後はボンド材の摩擦条痕は少なくなっているが砥粒はしっかり残っていることが確認できる。このことは、図5のような火花発生条件下においても研削比の値が依然として1.043と高い事実とも一致する。一方、M-D砥石においてはやはり火花は生じるが同時に形崩れも起こりFC-D砥石のような目立て作用としては利用できない。また、SB-D砥石はFC-D砥石よりも研削抵抗は低く、また研削抵抗の変動も少ない。しかし、研削比は68と極端に低く適切な使用範囲を越えていることを示す。図8は図5の実験条件下の砥石表面写真である。FC-D砥石の結合材表面はやや荒れているが砥粒もしっかり残っているのに対して、SB-D砥石は脱落砥粒が多く写真B)のように空孔が目立っている。

Fig. 7 Surface appearance of FC-D grind wheel before spark and after spark
 $V=700$ m/min, $t=2$ mm, $v=30$ mm/min, Work: Si_3N_4

Fig. 8 Comparison of surface appearances of FC-D wheel and SB-D wheel after heavy duty grinding
 $V=280$ m/min, $t=3$ mm, $v=200$ mm/min, Down grinding, Work: Si_3N_4

6. 普通研削速度域における研削実験との比較

以上の検討結果について通常研削速度領域における普通研削実験結果との比較を行った。図9はSD 400の結合材の異なる3種類の砥石について研削速度 $V=1400$ m/min ($N=6000$ rpm), 研削幅 $b=5$ mm, 砥石切込み量 $t=20$ μm /往復, テーブル送り速度 $v=3$ m/min にてドレッシング直後から連続研削を行った場合の研削抵抗と削り残し量の関係を調べた結果である。上段のグラフは研削抵抗, 下段は累積削り残し量を示す。M-D砥石, FC-D砥石は自生作用が弱く、砥粒の目つぶれにより両者ともほぼ同様の傾向で研削抵抗は増大する。しかし、さらに研削を続けるとM-D砥石は累積切込み量20 mm (テーブル1000往復) 付近から研削抵抗は減少の傾向を示すものの砥石表面にうねりが生じ砥石表面の形状が変形することが認められた。これに対しFC-D砥石の研削抵抗の増大は大きいものの砥石の形崩れは認められなかった。このように標準研削速度においても砥粒摩耗が大きく、研削抵抗の高くなる領域においては低研削速度における傾向と同様な傾向を示すことが確認された。図10は実験後の砥石表面写真であるが、M-D, FC-D砥石とも砥粒先

Fig. 9 Relation between grinding force and amount of residual stock removal

端は平たんに摩耗しており一部脱落砥粒も見受けられる。しかし、B-D 砥石の砥粒摩耗はわずかである。B-D 砥石は自生作用が良好で常に一定研削抵抗で研削出来るが、削り残し量が多いことからわかるようにやはり研削比は極めて低い。M-D、FC-D 砥石において研削比の高い割に累積削り残し量の値が大きいのは、実験に使用した研削盤が工具研削盤を改造したもので主軸剛性が $0.16 \text{ kg}/\mu\text{m}$ と低いことも一因である。

図 11 は同じ工具研削盤を使用してクリープフィード研削により、研削幅 $b=2 \text{ mm}$ 、砥石切込み量 $t=1 \text{ mm}$ 、テーブル送り速度 $v=15 \text{ mm}/\text{min}$ にて FC-D 砥石の研削速度の影響を調べた結果である。低研削速度においては研削量の増加に伴い単調に研削抵抗は増大する。通常研削速度 $V=1400 \text{ m}/\text{min}$ における研削抵抗は低い値を示すが、 $F_v=150 \text{ N}/\text{mm}$ 程度となると瞬間的に研削抵抗は上昇し、火花が発生した。火花が発生すると逆に研削抵抗が低下し、火花の消滅と共に切れ味が回復するという前述と同様な一種の自生作用を示すことが認められた。このように、通常の研削速度

領域においても砥石の目つぶれにより負荷が増大すると、研削抵抗の変化及び砥石表面観察に関する限り低研削速度領域で得られた結果と同様な傾向を示すことが認められた。これらの結果から少なくとも高負荷領域においては、本研究で検討した低研削速度領域の研削機構は通常の研削速度領域においてもある程度成立すると予想される。

7. 各種砥石の研削機構の比較

砥石として要求される望ましい性質は切れ味がよく、長時間切れ味が持続すること、研削比が高く高寿命であり、高能率加工ができること、ツルイグ、ドレッシングが容易なこと等である。しかし、ファインセラミックス等硬ぜい材料の重研削、高能率研削を考えた場合、これらのすべての要求を満足する砥石は存在しなかった。本節では、これまでのマシニングセンタによる研削を前提とした低研削速度領域における検討結果より、これらの砥石に要求される条件を考慮しつつ各種砥石の研削機構の比較を行うこととする。

7.1 FC-D 砥石

図 12 は FC-D 砥石の摩耗形態を他の砥石と対比させてモデル的に示したものである。IMS 砥粒を使用した FC-D 砥石は研削力による砥粒の微小破碎は認められず、砥粒は被削材との摩擦作用により摩耗する。砥粒の平たん化が進み、しかも砥粒保持力が大きいため、平たん部の面積が大きくても研削を続けられるため、他の砥石より研削抵抗の法線力は大きくなる。また、表面粗さは同一粒度の他の砥石より良好となる。さらに、摩耗が進行すると砥粒を保持しきれなくなり脱落を起こすか、または砥粒の角から大破碎が生じ、その後、砥粒の保持力が低下することによって脱落するに至る。この間に次の砥粒が頭を出し、同様な過程を繰り返しながら研削が続行される。このため砥石は比較的有效に使用され、研削比が他の砥石に対して高

Fig. 10 Comparison of surface appearance of each wheel after grinding
 $V=1400 \text{ m}/\text{min}$, $t=20 \mu\text{m}$, $v=3 \text{ m}/\text{min}$, Work: Si_3N_4

Fig. 11 Relation between wheel speed and grinding force

Fig. 12 Behaviours of abrasives in three types of strong bond diamond wheels

い値となる。その間砥石母地は研削切りくずによる砥粒加工により目立て作用が行われる。硬質セラミックスの場合は目立て作用より砥粒摩耗の進行の方が速いため、母地と被加工材の直接接触が起こる。この時火花が発生し母地が消耗し目立てが行われる。しかし、このような火花ドレッシングは研削力の増加、研削面の悪化等、精密研削には適さないと思われる。

7.2 M-D 砥石

M-D 砥石の砥粒はじん性の高い砥粒が使われており、研削機構としては低研削速度においても、ほぼ FC-D 砥石と同様の傾向を示す。しかし、M-D 砥石のボンド材は FC-D 砥石に比べて柔らかく、砥粒保持力も弱いため FC-D 砥石より低い研削抵抗にて砥粒は脱落する。従って、重研削条件では砥石面の形崩れが大きく研削不能となる。また、軽研削、仕上研削においては FC-D 砥石同様自生作用が弱いため目つぶれ現象が生じ、切れ味が低下するために定期的なドレッシングが必要となる。しかも、ドレッシング性は FC-D 砥石同様にかなり悪い。

7.3 B-D 砥石

一般に B-D 砥石に使用されている砥粒は破碎性のよい砥粒が使用されており、わずかな摩耗にて破碎し、たえず平坦摩耗の少ない切れ刃で研削が行われている。またボンド材も摩耗しやすく自生発刃作用をうまく引き出している。しかし、本来研削速度が高い領域で使用すべき砥石で低研削速度には適さない。

7.4 SB-D (高強度) 砥石

セラミックス用に開発された砥石であり、B-D 砥石の 20 倍の研削比で重研削が可能とされている。この砥

石は破碎性の高い砥粒が使用されていると考えられ、砥粒は微小破碎を起こしながら損耗してゆく。母地強度は FC-D 砥石より低いこともあり砥粒の破碎脱落の周期が FC-D 砥石より短い。比較的重研削においても自生発刃の作用が認められ使いやすい砥石ではあるが、低研削速度条件下の重研削では研削比が大幅に低下する。

8. ま と め

鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石による窒化けい素セラミックスの低研削速度領域におけるクリープフィード研削実験を行い、研削機構を明らかにした。

- (1) 鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石の研削機構は従来より存在するメタルボンド砥石に類似しているが、砥石強度、砥粒保持力が高く、重研削条件下においても砥石の変形や砥粒の脱落はわずかである。
- (2) 砥粒先端が平坦化したままの高研削抵抗下で研削を行うことが可能であり、そのため研削面粗さは低く、研削比も高い。
- (3) 重研削下では砥粒摩耗が進み砥粒突出量が不足すると、母地と被加工材の接触による火花が生じ、これが目立て作用をもつ。

これらの検討結果より鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石は、ツルニングやドレッシングの問題が改善されれば、より使いやすい優れた砥石として評価出来ることわかる。幸いにツルニングに関しては放電加工による方法が開発され、ドレッシングも放電、電解、超音波振動、遊離砥粒法等数多くの方法が提案され^{5)~7)}、特に電解法は有望とされている。さらに砥石側も鋳鉄地にガラスパウダを混入し自動目立て性を向上する方法²⁾も考えられており、鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石の研削特性が十分に発揮出来る日も近いものと考えられる。

終わりに、試験片並びにダイヤモンド砥粒の提供を頂いた新東ブレータ(株)石田部長、富士ダイス(株)宮沢工場長に感謝致します。また、実験に協力された都立航空高専元学生、浅野恵一、大川浩二、佐藤達志、下萩勝徳、山崎啓介の諸君に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) T. Nakagawa, Y. Hagiuda and K. Karikomi: Cast Iron Bonded Grinding Tool and Its Applicability to Hard Materials, Proc. 5th ICPE, (1984. 7) 369.
- 2) 刈込勝比古, 萩生田善明, 中川威雄: 鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石による硬脆材料のクリープフィード研削(第2報)——ガラスパウダ添加の効果, 昭和61年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(1986) 641.
- 3) 萩生田善明, 刈込勝比古, 中川威雄: 鋳鉄ボンドダイヤモンド砥石の製作, 精密工学会誌, 53, 10 (1987) 1562.
- 4) 植松哲太郎, 下田 勉, 大屋喜久三, 鈴木 清, 中川威雄: マジニングセンタによる硬脆材料の研削加工(第4報)——研削条件の影響, 昭和61年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(1986) 349.
- 5) 鈴木 清, 植松哲太郎, 柳瀬辰仁, 大平研五, 中川威雄: マジニングセンタによる硬脆材料の研削加工(第6報)——放電加工を利用した機上ドレッシング/ツルニングの試み, 昭和61年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(1986) 657.
- 6) 大森 整, 中川威雄: 鋳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3報)——電解研削による複合効果, 昭和62年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(1987) 687.
- 7) 植松哲太郎, 鈴木 清, 柳沢 章, 高橋一郎, 中川威雄: マジニングセンタによる硬脆材料の研削加工(第12報)——超音波アタッチメントによるコアリング, 昭和62年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(1987) 437.