

ダイヤモンド砥石のツルーイングに関する研究

井 上 誠*・坂 詰 秀 一**・木 保 勝 仁***・菊 田 義 行*

A Study on the Truing of Diamond Wheels

Makoto INOUE, Shuichi SKATSUME, Katsuhito KIBO and Yoshiyuki KIKUTA

Diamond Wheels are widely used in the grinding process of hard and brittle materials. But it is difficult to prepare diamond wheels which will give optimum results in grinding operations.

In this study a rotary truer with a spindle parallel to the grinder table was made. A motor drives the wheel of the truer. From the truing experiments for resinoid bond and vitrified bond diamond wheels the usefulness of the rotary truer was ascertained, and the reasonable truing condition was obtained.

Key word: Rotary Truer/Diamond Wheel/Truing Condition/Truing Performance

1. 序 論

ダイヤモンド砥石は、ファインセラミックス、超硬合金などの硬脆性材料の加工に広く用いられているが、その成形は極めて困難であるとされている。現在、実際の作業現場においては軟鋼研削法、ブレイキツルアーによる方法が広く用いられているがいずれの方法もかなりの時間を必要としかつ経験による所が多く、手軽にできる確立された方法は無い。また、ブレイキツルアーでは砥石成形後の外周振れが $2.5\mu\text{m}\sim 4.5\mu\text{m}$ と大きく、硬脆性材料の加工時にクラックやチャッピングを誘発しかねない。

そこで本研究では、能率的で成形精度が高いと期待される強制駆動形ツルーイング装置を試作してダイヤモンド砥石の成形を試み、その適用性について検討した。

2. 実験方法および実験装置

実験にはPWM方式の汎用インバータにより回転数可変の砥石主軸を有する横軸精密平面研削盤を使用した。

ダイヤモンド砥石には、メタルボンド、レジノイド

ボンド、ビトリファイドボンドおよび電着の4種の結合材が主に使用されているが、中でもレジノイドボンドおよびビトリファイドボンドダイヤモンド砥石が多用される。本研究では、このレジノイドボンドダイヤモンド砥石およびビトリファイドボンドダイヤモンド砥石を被ツルーイング砥石の対象とした。レジノイドボンドダイヤモンド砥石の結合材は比較的やわらかくCあるいはGC砥石を用いるブレイキツルアーで形状精度は悪いが比較的能率よくツルーイングできうるため、C砥石を用いた強制駆動形ツルーアー（以後ロータリーツルアーと呼ぶことにする）によりツルーイングを行う。なお、レジノイドボンドダイヤモンド砥石を用いたロータリーツルアーでツルーイングしたところ、砥石同志がこすりあってむしれた面が生じ、実用にならないので対象外とした。また最近、レジノイドボンドダイヤモンド砥石のツルーイング用に開発され簡単に使用できるダイヤモンドブロックドレッサーによるツルーイングとも比較検討した。ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石のツルーイングに関しては、結合材が硬いため、C砥石を用いるブレイキツルアーではツルーイング能率および形状精度が悪いといわれており、ダイヤモンド砥石を使用するのがツルーイング能率、形状精度共に効果的と思われる。そこで円筒研削においてその有効性が示唆されているレジノイドボンドダイヤモンド砥石¹⁾をロータリーツルーイング砥石とし、C砥石によるロータリーツルーイングと比較検討した。研削砥石のレジノイドボンドおよびビ

原稿受付：昭和62年3月31日

*長岡技術科学大学 機械系

**日本精機㈱

***石川島播磨重工業㈱

*長岡技術科学大学 大学院

リファイドボンドダイヤモンド砥石はそれぞれSDC 200P100BW6およびSD200T100VD2を使用した。

ダイヤモンド砥石の高効率かつ高精度なツルーイングが行えると期待されるロータリーツルアーを試作した。図1に試作した装置の構造を示し、表1にその仕様を示す。カップ形ツルアー²⁾では真直度の良い平砥石にツルーイングしうするためには、テーブル前後送り方向とツルアー砥石回転軸を真に直交して配置させるための細心の配慮が必要と考えられるので、取り付けが簡単な横軸形ツルアーを採用した。ツルアー軸受部には切り粉が流入しないように内部より圧縮空気により吹き飛ばす構造としている。ロータリーツルアーをテーブル上に取り付け、テーブルに前後送りを行うことによりツルーイングを行う。ツルアー砥石切り込み深さ、ツルアー砥石周速は一定とし、研削盤砥石周速、ツルアー送り速度、ツルアー砥石回転方向およびツルアー取り付け角を変えて実験を行った。

レジノイドボンドダイヤモンド砥石のツルーイングに多用されているブロックドレッサーは、鋼材の表面にSDF230L50SV10(30×45mm)なるダイヤモンド砥石層を接着したブロック形のドレッサーである。これを平面研削におけるワークに見立て、トラバース研削をすることにより逆に砥石が削られ、ツルーイングされる。

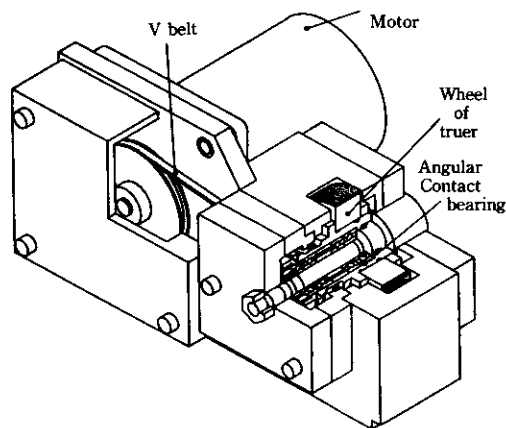


Fig. 1 Drawing of the rotary truer

Table 1. Specification of the rotary truer

Rotary Wheel	SDC120V100BW6 $\phi 75 \times 16$ C 60K 7V81 $\phi 75 \times 16$
Motor	200V3 ϕ 0.04Kw 1300rpm
Wheel speed	500m/min

図2に概要を、また図3に実験により確かめた最適のツルーイング手順を示す。

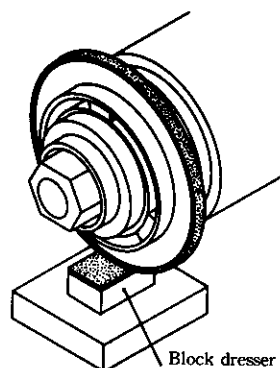


Fig. 2 Truing with block dresser

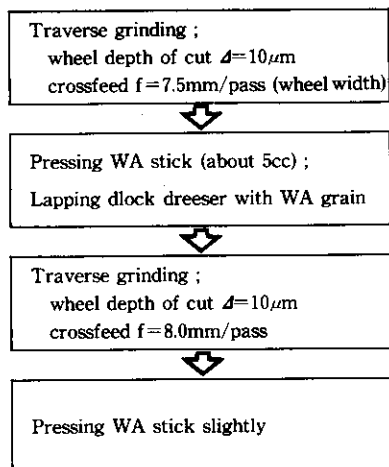


Fig. 3 Truing process with block dresser

3. 外周振れ修正過程の検討

ツルーイング性能を検討する場合の重要な評価基準として、砥石交換時に生ずる外周振れをいかに速く取り去るかということが挙げられる。そこで、真円にツルーイングした砥石に15~25 μm 程度の強制的な取り付け誤差による外周振れを与え、その修正過程を調べた。電気マイクロメーターを使用し、外周一回転分を測定した。

3.1 レジノイドボンドダイヤモンド砥石の振れの修正

レジノイドボンドダイヤモンド砥石に対し、C砥石を取り付けたロータリーツルアーを使用して砥石周速

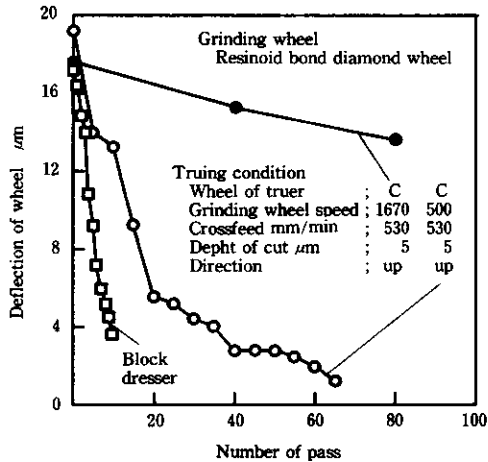


Fig. 4 Decrease of deflection

1670 m/min および 500 m/min の 2 通りおよびブロックドレッサーを使用した場合について外周振れ修正過程を検討した。

図 4 にツルーイングパス数と振れ量の関係を示す。この結果からロータリーツールを使用する場合は、両砥石間の相対速度の小さい方が外周振れを速く取り除くことができ、ブロックドレッサーを使用した場合には、17 μm の外周振れを 20 パス程度で取り除くことができ、ロータリーツールよりも効率がよいことがわかる。従って、レジノイドボンドダイヤモンド砥石の外周振れ修正に関してはブロックドレッサーを使用の方が効率的といえる。

3.2 ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の外周振れ修正過程

ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の外周振れ修正過程については、研削盤砥石周速が 1670 m/min, 500 m/min の場合について検討を行った。

図 5 から明らかなように、いずれのツール砥石に対しても砥石周速の影響はほとんど見られない。また、レジノイドボンドダイヤモンド砥石を使用した場合には 25 μm の振れを 40 パス程度で取り除けるが、C 砥石を使用した場合には 18 μm の振れが 100 パス後にせいぜい 15 μm にしかならず砥石切り込み深さを 5 μm にしてもあまり改善はみられなかった。従って、レジノイドボンドダイヤモンド砥石をロータリーツールに取り付けツルーイングを行うのがよいという結論を得る。レジノイドボンドダイヤモンド砥石を使用した場合にはその除去体積が被ツルーイング砥石であるビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の 7 分の 1

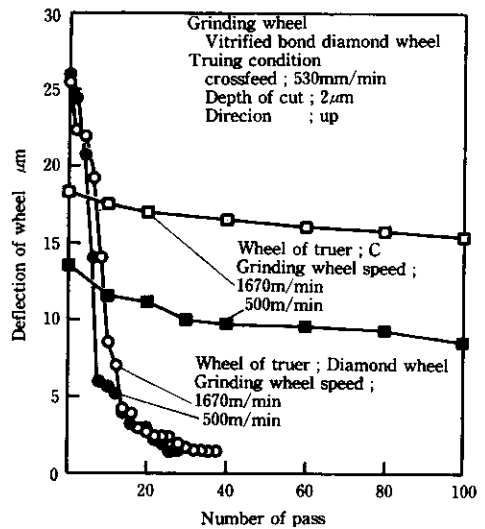


Fig. 5 Decrease of deflection

程度であり極めて効率がよい。

4. 砥石成形形状精度

ツルーイングにより成形される形状は加工物の加工精度に大きく影響する。成形後の砥石の外周形状、断面形状に注目し、ツルーイング条件が砥石の形状精度

Grinding wheel speed mm/min	Crossfeed mm/min	Direction	Sectional shape	Peripheral shape
500	530	up	8 μm 4mm	
1000	530	up		1 Revolution 8 μm
1670	177	up		
1670	530	up		
1670	530	Down		
1670	530	up Angle 3°		
Block dresser				

Fig. 6 Typical shape of resinoid bond diamond wheel after truing

Table 2. Truing condition of resinoid bond diamond wheel

grinding wheel speed m/min	500	1000	1670	1670	1670	1670
Crossfeed mm/min	530	530	177	530	530	530
Direction	Up	Up	Up	Up	Down	up
Set angle °	0	0	0	0	0	3
Depth of wheel μm	2	2	2	2	2	2
Wheel speed of truer m/min	500	500	500	500	500	500
No.7	Block dresser SDF230L50SV10					

に及ぼす影響について検討した。外周形状は電気マイクロメータを使用して一回転分測定し、断面形状精度は超硬チップを研削してそれに写し、そのまま機上でテーブルに前後送りをかけ電気マイクロメータで測定した。

4.1 レジノイドボンドダイヤモンド砥石の形状精度

レジノイドボンドダイヤモンド砥石の形状精度の検討については、表2に示す条件で行った。各ツルイーニング条件における砥石形状の一例を図6に、3回の実験における最大測定値を示す測定結果を表3に示す。これらの結果から、ツルアー送り速度が大きく研削盤砥石周速が速く、砥石間の相対速度が大きい方がツルイーニング形状精度が良好となり、ツルアー取り付け角を付けない方がよいことがわかる。ブロックドレッサーについては、外周形状が良好となる。ツルアー送り速度が小さい場合、砥石間の干渉領域でこすりによ

Table 3. Shape of trued resinoid bond diamond wheel

No.	1	2	3	4	5	6	7
Straightness μm	2.0	2.0	1.6	1.2	1.6	2.8	2.0
Roundness μm	3.6	2.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.0

る摩擦力が大きくなり、発熱、弾性変形などのため砥石断面形状の真直度が悪化するのであろうと思われる。

4.2 ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の成形形状精度

ビトリファイドダイヤモンド砥石の形状精度については、レジノイドボンドダイヤモンド砥石をロータリーツルアーに取り付け表4に示す条件下で、さらに砥石をロータリーツルアーに取り付け表5に示す条件下で検討した。取り付け角はブレーキムラーの場合

3°程度がよいと推奨するメーカーもあるが、前述のレジノイドボンドダイヤモンド砥石についての結果から取り付け角を3°付けても効果がないことがわかったので、0°のみで実験を行った。各条件下における測定結果を表6、7に示す。いずれも3回の実験における最大測定値を示したものである。表7からツルアー砥石にC砥石を使用する場合、研削砥石の周速の影響はほとんど見られない。一方、レジノイドボンドダイヤモンド砥石を使用する場合には周速700 m/minにおいて断面形状0.8 μm 、外周振れ1.6 μm という最良値

Table 4. Truing condition of vitrified diamond wheel with rotary wheel of resinoid diamond

No.	1	2	3	4	5	6	7
grinding wheel speed m/min	500	500	700	1000	1670	1670	1670
Crossfeed mm/min	177	530	530	530	177	530	530
Direction	Up	Up	Up	Up	Up	Up	Down
Set angle °	0	0	0	0	0	0	0
Depth of wheel μm	2	2	2	2	2	2	2
Wheel speed of truer m/min	500	500	500	500	500	500	500

Table 5. Truing condition of vitrified diamond wheel with rotary wheel of C

No.	1	2	3	4	5
grinding wheel speed m/min	500	1000	1670	1670	1670
Crossfeed mm/min	530	530	177	530	530
Direction	Up	Up	Up	Up	Down
Set angle °	0	0	0	0	0
Depth of wheel μm	2	2	2	2	2
Wheel speed of truer m/min	500	500	500	500	500

Table 6. Shape of trued vitrified bond diamond wheel with rotary wheel of resinoid bond diamond

No.	1	2	3	4	5	6	7
Straightness μm	1.6	1.0	0.8	1.2	1.6	1.2	1.2
Roundness μm	2.8	2.0	1.6	2.8	2.4	1.6	2.0

Table 7. Shape of trued vitrified bond diamond wheel with rotary wheel of C

No.	1	2	3	4	5
Straightness μm	2.0	2.0	2.0	1.6	2.0
Roundness μm	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

が得られており、砥石間相対周速が大きければよいともいえない。通常砥石周速の 1670 m/min においても断面形状 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ 外周振れ $1.6\text{ }\mu\text{m}$ という良好値を得ることができる。また、いずれの砥石による場合でもツルアー送り速度が大きい方が良好であり、砥石の回転方向は UP の方がよいといえる。

5. 砥石切れ味の検討

ツルージング後の砥石の切れ味はツルージング時の砥粒の破碎形態により変わってくる。そこで、プランジ研削実験を行い、その抵抗値を測定することにより切れ味を評価した。なお、研削実験開始前には WA スティック砥石を適量押し当てることにより砥粒の突き出し量をコントロールした。

5.1 レジノイドボンドダイヤモンド砥石の切れ味

ブロックドレッサーを含めた 3 種類の条件でツルージングした砥石面により、幅 2 mm、長さ 100 mm の超硬合金の板をプランジ研削し、その研削抵抗値により砥石の切れ味を評価した。図 7 に示す研削パス数と研削抵抗の関係から、C 砥石を用いたツルージングにおいては、相対速度が大きい方が研削パス数の少ない時に大きな抵抗値を示し、ブロックドレッサーを使用

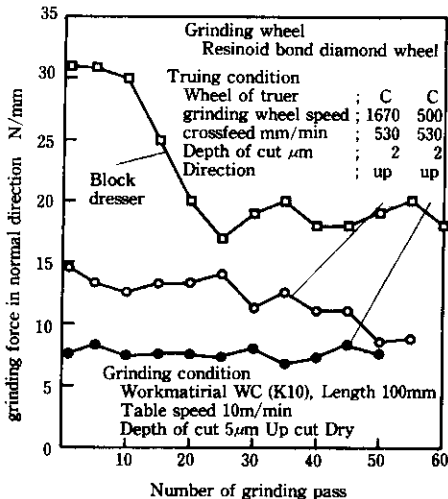


Fig. 7 Plunge grinding test

した場合には研削定常域においても C 砥石による場合より切れ味がよくないといえる。

5.2 ビトリファイドボンドダイヤモンド砥石の切れ味

幅 2 mm、長さ 100 mm の HIP-Si₃N₄ のプランジ研削を行い砥石の切れ味を評価した。図 8 に示す研削パ

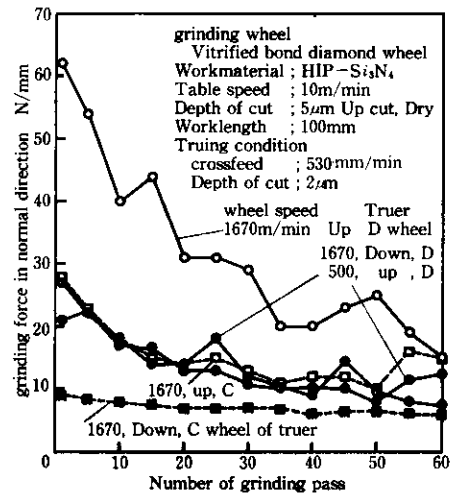


Fig. 8 Plunge grinding test

ス数と研削抵抗の関係から次のことがいえる。レジノイドボンドダイヤモンド砥石、C 砥石いずれの砥石を用いるツルージングにおいても、砥石間の相対速度が低い方が研削抵抗値は低くなり、C 砥石による方がレジノイドボンドダイヤモンド砥石によるよりも研削抵

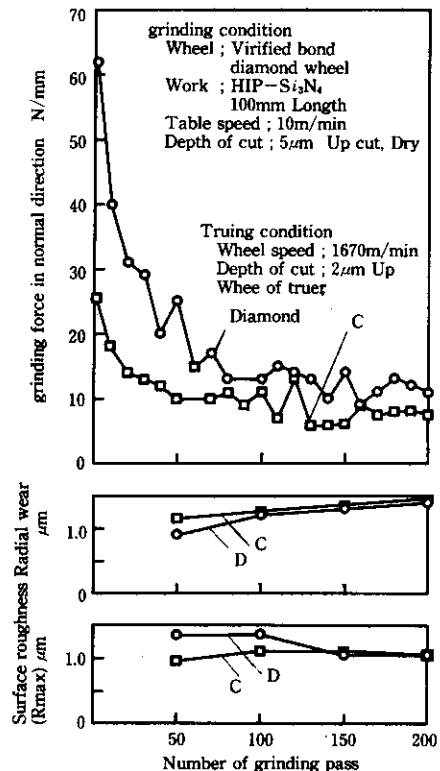


Fig. 9 Plunge grinding test

抗値は低い。しかし、60パス程度（砥石単位幅当たり30 mm³の除去量に相当）研削の後はその差がなくなる。そこで、更に長く研削を行い、砥石摩耗、表面粗さを含め検討してみた。図9にその結果を示す。砥石摩耗、表面粗さともほとんど差はみられず良好な値を示し、60パス以降においては、同じ条件におけるレジノイドボンダダイヤモンド砥石およびC砥石によるツルーイングで、研削抵抗に差がなくなることがわかる。

6. 結 論

硬脆性材料の研削に多用されているレジノイドボンダダイヤモンド砥石およびビトリファイドボンダダイヤモンド砥石を能率よくかつ手軽にツルーイングしうる強制駆動形ツルーイング装置を試作し、その適用性を検討した結果、極めて限られた範囲での実験ではあるが、その適用性および適正使用条件についての知見を得ることができた。いずれの砥石にも、強制駆動形ツルアーを使用することはツルーイング成形された砥石の形状精度向上の観点から有効であり、それぞれの砥石についての適正ツルーイング方法は概ね次のように要約できる。

(1) レジノイドボンダダイヤモンド砥石のツルーイ

ングにおいては、結合材が比較的軟らかいため、C砥石を用いるロータリーツルアーで十分外周振れを取り除くことが可能で砥石の切れ味も良好である。ブロックドレッサーを併用することは砥石外周振れ修正に対しより効果的である。

(2) ビトリファイドボンダダイヤモンド砥石のツルーイングにおいては、C砥石を用いるツルアーによる場合、外周振れを素早く取り除くことは困難である。レジノイドボンダダイヤモンド砥石を用いるのが効果的であり、形状精度も極めてよい。ただC砥石による場合に比べて、研削初期の抵抗が高いため若干のならし研削を必要とする。

なお、砥石の切れ味と形状精度は大体相反する関係にあり、要求される研削作業内容に応じてツルーイング条件を使い分けることが適当と思われる。

参 考 文 献

- 1) 坂井安昭：砥粒の性質，第1回グラインディングアカデミーテキスト 55
- 2) 松井正己，庄司克雄，山小昌道：ビトリファイドダイヤモンド砥石のツルーイングに関する研究(第1報)，精密工学会誌 291 (1986)