レジンボンドダイヤモンド砥石のドレッシングに関する研究*

鄭 潤 教^{*1}, 稲 崎 一 郎^{*2}, 松 井 敏^{*3}

A Study on Dressing of Resinoid Bonded Diamond Grinding Wheel

Yoongyo JUNG, Ichiro INASAKI, and Satoshi MATSUI

A diamond grinding wheel is generally used to grind hard and brittle materials, such as advanced ceramics. It is, however, quite difficult to dress a diamond grinding wheel efficiently because of its high degree of hardness. In this study, some investigations are carried out to increase dressing efficiency of resinoid bonded diamond grinding wheel. Dressing forces are measured over a wide range of dressing conditions, and SEM observation of a grinding wheel is carried out. Special attention is paid to comparison between stick method and rotary brake method. Results obtained in this study provide useful information for determining required dressing time, and for choosing efficient dressing condition for diamond grinding wheels.

Key Words: Grinding, Dressing, Resinoid Bonded Diamond Wheel, Dressing Force, Specific Grinding Power, Wheel Life

1. 序 言

ファインセラミックスの機械加工法としてダイヤモンド砥石による研削加工が一般的に用いられている。しかし、セラミックスのような難削材の研削加工では、ダイヤモンド砥石の目つぶれ現象が急激に進行するため、ドレッシングによってしばしば砥粒先端の切れ味を回復させる必要がある。今日、ダイヤモンドのような超砥粒のドレッシング方法としてGCおよびWA砥石を使用する方法が一般的に用いられているが、強固なダイヤモンド砥粒がいったん目つぶれを起こすと鋭利な切れ刃状態への回復は容易でなく、適切なドレッシング条件の確立がファインセラミックスを高効率に研削加工するうえで大きな問題となっている。

本研究はファインセラミックスの高効率研削を確立する際の一つの問題点であるダイヤモンド砥石のドレッシングに注目し、能率的かつ安定した研削結果が得られるようなドレッシング条件を見いだすことを目的

としたものである。そのため、GC砥石を用いたレジンボンドダイヤモンド砥石のドレッシングにおいて、ドレッシング抵抗を監視することによる必要最小ドレッシング時間の決定、各種ドレッシング条件下でのドレッシング効果の検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

本実験に使用した平面研削盤は、主軸動力 3.75 kW を持つ。法線 F_{nd} および接線ドレッシング抵抗 F_{td} は

図 1 実験装置の概要

* 昭和 63 年 11 月 25 日 関西支部第 248 回講演会において講演，原稿受付 昭和 63 年 4 月 15 日。

^{*1} 准員，慶應義塾大学大学院(〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1)。

^{*2} 正員，慶應義塾大学理工学部。

^{*3} 日立精工(株)(〒243-04 海老名市上今泉 2100)。

KISTLER 社製 9257 A 形動力計で、研削動力 P は VALENITE 製 720-002/305 パワーモニタで測定した。これらの構成を図 1 に示す。また図 1 に示すように、その一部分を取り外すことができる砥石(直径 300 mm)を製作し、ドレッシング後の砥粒の状態を観察した。供試ドレッサは直方体形状(150×25×25 mm)をした C 220 G 8 V と円筒形状(直径 50 mm, 幅 25 mm)をした C 150 M 8 V の 2 種類を取り上げた。ドレッシング方法は図 2 の左側に示すように直方体形状のドレッサを取付具に取付けてドレッシングを行う方法(スティック方法)と、図 2 の右側に示すように円筒形状のドレッサをロータリブレーキ装置に取付けてドレッシングを行う方法(ロータリブレーキ方法)を取り上げた。また、研削液はソリューションタイプ研削液を 40 倍希釈して研削およびドレッシング時に使用し、工作物は窒化けい素を用いた。

図 3 はドレッシング後に研削を継続して行ったときの研削動力の測定例を示す。研削条件としては、砥粒の目つぶれ現象が激しくなるクリープフィード研削(工作物速度 $V_w=20$ mm/min, 切込み深さ $h=1$ mm)を採用した。最初、砥石と工作物の接触長さが一定になるまで研削動力は急激に増加する。接触長さが一定になった後も、砥粒の目つぶれ現象に起因して研

削抵抗は次第に増加していく。比研削動力(砥石単位幅当たりの研削動力)が本研究で設定した許容限界比研削動力 0.1 kW/mm に達したとき、研削を終了してドレッシングを行った。ここで、砥石と工作物の接触長さが一定となったときの研削動力 P_f と、研削動力が許容限界研削動力に達するまでの研削時間 T_d (砥石寿命)をドレッシング効果を評価する尺度として用いた。

3. 必要最小ドレッシング時間の決定

今日、ダイヤモンド砥石をドレッシングする際に最も大きな問題となっているものの一つは、どの時点でドレッシングを終了させるかという判断基準である。必要以上のドレッシングは、ドレッサ、砥石および時間のむだな消費を増大させる。

図 4 はドレッシング時間 T の経過に伴う比法線ドレッシング抵抗(砥石単位幅当たりの法線ドレッシング抵抗)と、ドレッシング抵抗の分力比 F_{td}/F_{nd} の変化を同時に示したものである。図 4 からわかるように、研削直後はダイヤモンド砥粒先端の鈍化に起因し、法線ドレッシング抵抗は大きい値を示しているが、ドレッシングが進行するに従って法線ドレッシング抵抗は急激に減少する。図 3 のドレッシング条件では、ドレッシング時間が 200 s 付近を境にその変化は緩慢になっていく。ドレッシング抵抗の分力比も法線ドレッシング抵抗と同様な推移を示している。これらの現象は、ドレッシングによってダイヤモンド砥粒切れ刃が次第に鋭利な状態に回復していく過程に対応していると考えられる。

次に、必要最小ドレッシング時間を決定するために各ドレッシング時間ごとにドレッシング効果を比較した。図 5 は、ドレッシング時間に対して単位ドレッサ消費体積当たりの研削動力の減少量(ここではドレ

図 2 スティック法とロータリブレーキ法によるドレッシング

図 3 研削動力測定結果の一例

図 4 比法線ドレッシング抵抗およびドレッシング抵抗分力比の変化

シング効率 α と名付ける)と、単位ドレッサ消費体積当たりの砥石寿命間研削量(ここではドレッシング比 β と名付ける)の推移を示したものである。図5においてのドレッシング条件はすべて図4と同様である。図5からわかるように、ドレッシング効率、ドレッシング比のいずれもドレッシング時間が200 s 付近まで急激に減少していく。得られるドレッシング効果に対するドレッサの消耗、ドレッシング時間の消費および砥石の消耗を考慮した場合、必要最小ドレッシング時間は、法線ドレッシング抵抗あるいはドレッシング抵抗分力比の急激な変化が安定する時点とするのが合理的と言えよう。このために、ドレッシング中の抵抗を監視するシステムが必要とされる。

研削直後とドレッシング後における砥粒の状態を電子顕微鏡で観察したのが図6(a)、(b)および図6(c)である。研削直後の砥粒の先端は摩滅的摩耗による平坦な面が多く観察されるのに対し、ドレッシング時間が200 s 付近での砥石の表面状態は、研削直後に比べ、砥粒先端が微小破碎されていると同時に、結合剤が深く取り除かれている。しかし、図6(c)からわかるように、過度にドレッシング時間を与えても砥石の表面状態に大きな変化は認められない。

4. ドレッシング条件の影響

レジソンドダイヤモンド砥石の切れ味の良好さは、砥粒先端の鋭利さと結合剤面からの砥粒の突出し量に左右されるという考え方に立脚するならば、望ましいドレッシング条件は砥粒先端形状の修正と砥粒突出し量の創成が同時にかつ能率的に遂行できる条件であると言える。

図7は各種ドレッサ送り速度 v_d と切込み深さ h_d の組合せにおいて、ドレッシング時間の経過に伴うドレッシング抵抗分力比の推移を示したものである。図7より、ドレッサの送り速度と切込み深さが大きいほ

うがドレッシング抵抗分力比が安定する時点が早くなっていることがわかる。すなわち必要最小ドレッシング時間が短縮されている。これは、ドレッサ送り速度と切込み深さの増大によって砥粒とドレッサの干渉面積が大きくなるため、ドレッシング時に砥粒に加わる負荷(砥粒負荷)が増大すると同時に、砥石の結合剤が深く除去されるからであると考えられる。

以上のことを総合的に検討するために、ドレッシング抵抗の測定結果より砥粒負荷 P_g を計算し、比研削動力と砥石寿命に対して整理したものが図8と図9である。ここで単位砥石幅当たりのドレッシング量 M_d はすべての条件で一定に設定されている。砥粒負荷は、ドレッシング抵抗の合力をドレッサと砥石の接触表面上に存在する砥粒の数で除した値である。また図中に

図6 ダイヤモンド砥粒の電子顕微鏡写真

図5 ドレッシング効率とドレッシング比の変化

図7 各種ドレッシング条件下でのドレッシング抵抗分力比の変化

図 8 砥粒負荷と比研削動力の関係

図 9 砥粒負荷と砥石寿命の関係

は、スティック法とロータリブレーキ法の両者が同時に示されている。砥粒負荷が増大するにつれて比研削動力は減少して、砥石寿命は増大しており、ダイヤモンド砥石の切れ味が向上しているのがわかる。よってドレッシング時間の短縮、研削能率の向上を目指す場合は、砥粒負荷を大きくするドレッシング条件が良いと結論される。ただし、研削表面の粗さなど表面品質などの観点からは別の検討が必要である。

ここで興味深いのは、砥粒負荷で整理すると、ドレッシング効果がスティック法の場合もロータリブレーキ法の場合も一義的に解釈される点である。砥石とドレッサの幾何学的接触状態が全く異なっているにもかかわらず、図 8, 9 に示されているようにドレッシングの効果が統一的に解釈されるということは、ドレッシング中の砥粒負荷がドレッシング効果を評価するパ

図 10 ドレッサの相違によるドレッシング抵抗の分力比の変化

ラメータとして有用であることの証しであろう。幾何学的な接触状態から容易にわかるように、ロータリブレーキ法のほうが砥粒負荷は一般に大きくなる。

次に、図 10 はドレッサ砥石の材質を変えた場合の、ドレッシング時間に対するドレッシング抵抗分力比の推移を示す。C 220 G 8 V, C 150 M 8 V いずれの場合も図 4 と同様な傾向を示しているが、結合度が高い C 150 M 8 V ドレッサを用いた場合に必要最小ドレッシング時間が短縮されている。結合力の大きいドレッサのほうがダイヤモンド砥石のドレッシングには効果的であると考えられる。

5. 結 論

本研究では、レジンボンドダイヤモンド砥石のドレッシングの高能率化を目的として一連の実験を行った。その結果、必要最小ドレッシング時間はドレッシング抵抗およびドレッシング抵抗分力比が安定する時点とするのが合理的であること、また、ドレッシング中の砥粒負荷が大きくなるような条件設定が能率的なドレッシングを行ううえで有利であることが明らかにされた。

以上本研究を通して、ダイヤモンド砥石のドレッシングをどの時点で打ち切るか、またドレッシング条件をどのような指針に従って決定したら良いかなど、基本的な事項について有用な知見を得ることができた。

なお、本研究の遂行に当たり、横浜市地域研究費補助金を得た。ここに厚くお礼申し上げます。