

一般砥石の摩耗評価法確立*

飯村 崇**、堀田 昌宏***、園田 哲也***、

田中慎造***

研削加工は金属の仕上げ加工や、硬度の高い物の加工に欠かせない加工法である。研削加工には、砥粒という小さな刃物をボンドで焼き固めた砥石と呼ばれる物を使用する。この砥粒が非常に小さく、摩耗度合いを判断するのは困難である。そこで、この摩耗度合いを判断する方法として、レーザを砥石に当て、その反射光で判定をする方法について検討を行っている。昨年までの研究で、超砥粒砥石（cBN・ダイヤモンド）に関しては、磨耗の判断が可能であることがわかった。本研究では、一般的に多く使われているA砥粒・C砥粒について研究を行った。結果、本評価法が超砥粒砥石のみでなくあらゆる砥石に対して適用可能であることを確認できた。

キーワード：研削砥石、レーザ、反射光

Establishment of Evaluation Method for Grinding Wheel Wear

IIMURA Takashi, HOTTA Masahiro, SONODA Tetsuya
and TANAKA Shinzou,

Grinding is indispensable for a precision machining and machining of hard material. In grinding, we use grinding wheel which is made of abrasive and bond. Abrasive is edge of grinding wheel. And abrasive is too small to evaluate ware. So we study the way how to evaluate the wear of abrasives with reflected LASER beam from grinding wheel surface. From the past study, we can evaluate the wear of super abrasive grinding wheels (cBN and diamond). So, in this study we consider about alumina abrasive grinding wheel and silicon carbide abrasive grinding wheel. And we confirm that the method can applies to all kind of grinding wheels

Key words: grinding wheel, LASER beam, reflected LASER beam

1 緒 言

研削加工は、硬い材料の粒（砥粒）をボンドで焼き固めた砥石を工具として使用するため、焼き入れ後の金属の様に硬度が高い物も加工可能である。そのため、金型等焼き入れ鋼を加工することが多い業種での加工には、無くてはならない加工法である。しかしながら、砥石表面にある砥粒は非常に小さく、減り具合を目視で観察することは不可能であり、顕微鏡等を使用しても、形状が不規則であるため、摩耗をとらえるのは困難である。そ

のため、作業者の長年の経験から、加工音や加工物の削り上がりの微妙な変化を元に、目立ての時期を判断している場合が多い。また、すり減った砥石の使用は、研削焼け・研削割れと言った悪影響を材料に及ぼすため、そうなる前に砥石切れ味の劣化を判断する必要がある。

このように、非常に一般的な加工法でありながら、経験がないと良好な加工を行うことが出来ないという特徴を持っている。そこで、様々な砥石に対して、砥石の摩耗を判別可能な方法について検討を行っている。昨年度

* 研削砥石表面状態の定量的評価法の確立（基盤的・先導的研究事業）

** 電子機械部（現在、企画情報部）

*** 電子機械部

までの結果から、超砥粒砥石に関しては、粒度に関係なく摩耗の判別が可能であることを確認した。それに対し、一般砥石は溶融アルミナや炭化ケイ素を砥粒として使用した砥石で、昨年まで研究を行っていたcBNやダイヤモンドなどと比べると柔らかく脆い材料である。しかし、価格が安いことと、様々な形状に加工しやすいことから、利用されている量は遙かに多い。また超砥粒砥石と比べ、柔らかく脆いことからドレスの頻度も多く、加工NGを減少させるためにも、摩耗評価の必要性が高いと言う特徴を持っている。そこで今年度は、一般砥石の摩耗について検討を行った。

2 実験方法

2-1 測定原理

砥石表面には、砥粒($\phi 0.1\text{mm}$ 以下)、ボンド、気孔の3つの部分が存在する。レーザー光が反射されるのは、主にこのうちの砥粒部分で、砥粒の平坦部分の大きさ及び角度に応じて異なった出力が得られる。そして、砥石状況によって次のように変化することが確認されている。

1),2),3)

- 目つぶれ：加工が進展すると砥粒が摩耗して砥粒表面が次第に平らになり、レーザーの正反射成分が増えることから測定値が上昇する。
- 目こぼれ：砥粒の摩耗が進行し、砥粒にかかる研削抵抗がボンドの把持力を越えると脱粒が発生、レーザーを反射する砥粒が減少するため測定値も減少する。
- 目詰まり：砥石表面に被削材が付着すると、砥粒の他に付着した被削材でもレーザーが反射されるため測定値が上昇する。

2-2 測定方法

砥石表面にレーザー光を照射、反射された光をPSD素子で受け取り、その明るさ(実際は明るさに比例した電圧値)をデータレコーダに取り込む。砥石全周面をスポット状のレーザーでスキャンする。その後、得られたデータを時間で積分し、その値を用いて評価を行う。測定時間は40secで、測定条件は以下のとおりである。

レーザー：半導体レーザー(670nm)

レーザースポット径(楕円)： $30 \times 20 (\mu\text{m})$

スキャン間隔： $0.16 \times 0.13(\text{mm})$

測定を行った砥石はWA砥石の#120(WA120H)及び、GC砥粒の#600(GC600C13V)で、ボンドはいずれも一般的なビトリファイドボンドを使用した物である。今回の砥石と、これまで研究を行ってきた超砥粒砥石(レジボンド)との相違点として、次の2点が上げられる。

- ①砥粒が柔らかく、加工やドレスによって割れや欠けにより形状が容易に変化する。
 - ②ビトリファイドボンドはSiなどを多く含む粘土が原料でボンド自体での反射が考えられる。
- この特徴が、測定に悪影響を及ぼすかどうかの確認が、

今回の課題である。被削材には砥石の目つぶれ状態を発生させるためにSKH51を、目こぼれ状態を発生させるためにSUS304を、目詰まり状態を発生させるためにAlを使用した。測定手順は以下のとおりである。

- ① ドレス作業：砥石の初期状態を得るためにドレス作業を行う。ドレスは複数回行い、測定値が変化しなくなったところを初期状態とする。
- ② 加工：用意した被削材を、砥石の種類及び被削材の種類から選定した加工条件で加工し、砥石状況を変化させる。
- ③ 測定：砥石表面の水切りを行ったのち、測定装置を加工機(研削盤)上に固定し表面状況の測定を行う。
- ④ ②③を繰り返し、振動の発生などにより加工不能になるか、工具状況が安定するまで実験を行う。

3 実験結果及び考察

3-1 WA砥石(#120)

3-1-1 目つぶれ状態

SKH51を加工し、WA砥石に目つぶれ状態を発生させた。図1は、横軸に総切込量、縦軸に測定値を示したものである。超砥粒と同様目つぶれにおいては切り込み量の増加に伴い測定値が増加していく。ただし、 $70\mu\text{m}$ 程度切り込む毎に一時的に値が減少するという状況が繰り返されている。砥粒は目つぶれが進行すると、切れなくなり、その結果砥石を切り込んだ場合でも、あまり加工が行われず、すり減った砥粒表面が表面をこするだけになってしまう。しかし、さらに切り込みを入れていくと、砥粒にかかる負荷が大きくなり、砥粒の劈開や脱落が一度に起こるものと考えられる。

最後の値は再度ドレスを行った際の測定値である。この値から、ドレスを行うことで、安定して砥石を初期状態に戻すことが可能であることを確認した。

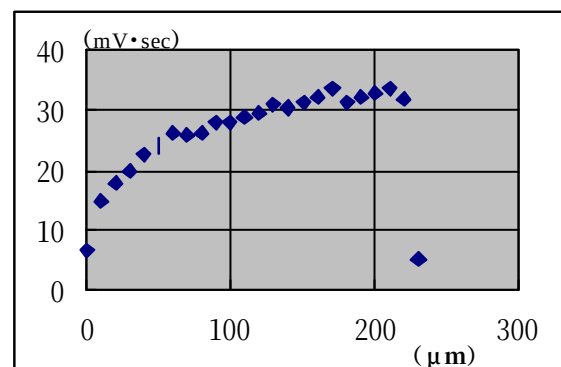


図1 WA#120砥石の目つぶれ状態

3-1-2 目こぼれ状態

SUS304を加工することで、目こぼれ状態を発生させた。SUS304は材料の粘性が高く砥粒が切り込んだ場合に変形することで、①砥粒との接触面積が増えて抵抗を増す、②ボンドを削る という2つの作用から、脱粒を促進させる材料で、超砥粒砥石等の場合、これを削るこ

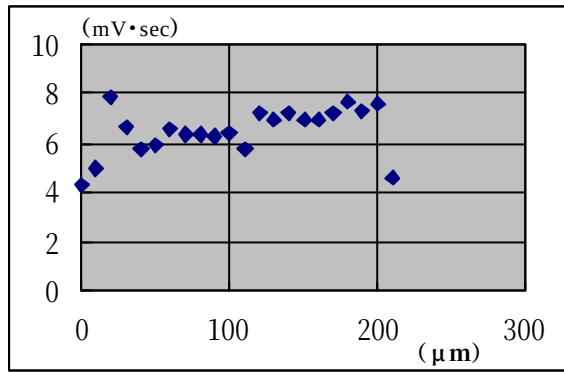


図2 WA#120 砥石の目こぼれ状態

とでドレスする様な材料である。

WA砥石で加工を行った結果としては、初めの数回の切り込みで測定値が上昇するものの、その後減少して初期値より少し高いところで安定した値となった。初めの測定値の増加は砥石表面の突き出た砥粒が、加工によって若干摩耗したために、光の反射量が増えたのではないかと考えられる。その後、摩耗によって抵抗が増えた砥粒が脱落、代わりに先端の尖ったとりゅうが表面に現れ測定値が減少、それ以降は摩耗と脱落のバランスにより測定値が安定しているものと考えられる。

3-1-3 目詰まり状態

アルミを加工する事で、目詰まり状態を発生させた。アルミは非常に柔らかい材料であり、砥粒の摩耗は発生しづらい。代わりに、加工の熱等により柔らかくなったアルミは容易に砥粒に張り付き、目詰まり状態を発生させることが知られている。測定結果を見ると、始め測定値が上昇し、その後緩やかに下降している。これは、初めのうち砥石表面の砥粒にアルミが付着して行くことで測定値が上昇するが、砥粒の突き出し量によっては、付着の許容量に達し、アルミ付着物が脱落を始める。その時点で、測定値が減少する。やがて、付着と脱落が安定し測定値が横這いになると考えられる。超砥粒砥石の場合、値が長期に渡り安定していたが、WA#120に関しては時折急激な下降が見られる。これは熔融アルミナの粒がcBNやダイヤと比べて摩耗しやすく、アルミのような

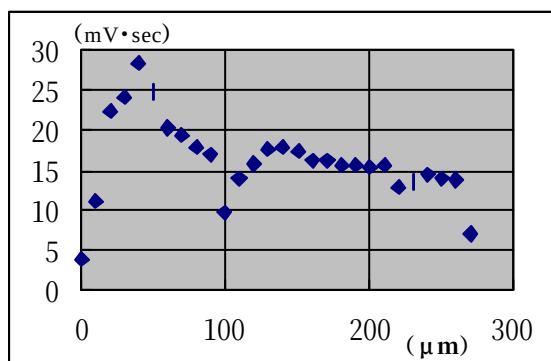


図3 WA#120 砥石の目詰まり状態

柔らかいものを加工する際にも摩耗し、加工抵抗に耐えられなくなった砥粒から脱落したものと考えられる。

3-2 GC砥石 (#600)

3-2-1 目つぶれ状態

GC砥石についても SKH51 を加工して実験を行った。測定値の上昇はWAの場合と比べてかなり高いところまで続いている。砥石の番手の違いによる影響も大きいと考えられるが、それ以上に、砥粒の特性によるところが大きいと考えられる。GCはWAと比べると脆くて崩れやすい。その為、工具を選ぶ基準として、WAは柔らかく粘りの強い材料、GCは硬く粘りの弱い材料というように使い分けられている。この特性のため、加工中に砥粒が次々に小さく劈開して、その結果比較的平らな面が大きくなっていく。しかも、砥粒表面は劈開により小さな凹凸がありそれらが切れ刃として働くため、脱粒があまり起きない。その結果、WA砥石の場合よりも測定値が高くなっていったものと考えられる。測定値が横這いになったのは加工量が 400 μm を越えてからで、このころから、劈開のみでなく脱粒が発生するようになったものと考えられる。

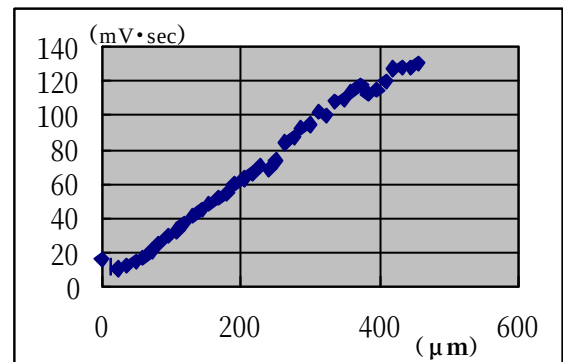


図4 GC#600 砥石の目つぶれ状態

3-2-2 目こぼれ状態

SUS304 を加工した場合、ドレス時の値よりさらに小さな値に測定値が減少した。一般砥石のドレスは、先端の尖ったダイヤモンドの粒で砥石表面を削り取るという作業だが、ドレスの際に劈開して表面積の大きくなった

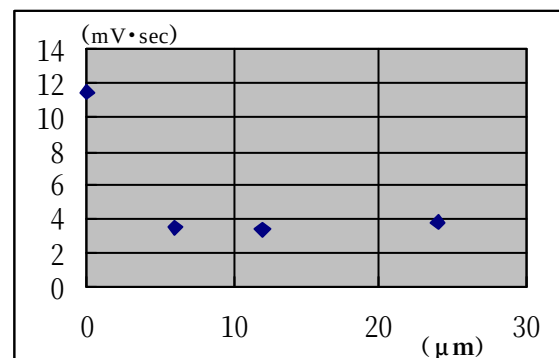


図5 GC#600 砥石の目こぼれ状態

砥粒が一斉に脱落し、かわりに光を正反射しにくい砥粒が表面に現れたためではないかと考えられる。その後も、値はほとんど上昇しないことから、継続して脱粒が続いているものと考えられる。

3-2-3 目詰まり状態

Alを加工した目詰まりの実験でも、目こぼれの場合と同様にドレスしたときの値より低いところで値が安定している。値が一度上昇し、そのあと減少していくのはやはり、ドレスによる劈開が原因ではないかと考えられる。SUSの場合と比べて、安定するまでの切り込み量が多いが、これは、AlがSUSに比べ柔らかく、SUSよりも脱粒が発生しにくい為であると考えられる。また、安定したときの測定値が大きいのは、目詰まりを起こしたAlと脱粒しないで残っている砥粒という、2つの原因による考えられる。どちらの影響がどの位かまでは今回確認できなかったが、今後の研究で明確にしていきたいと考えている。

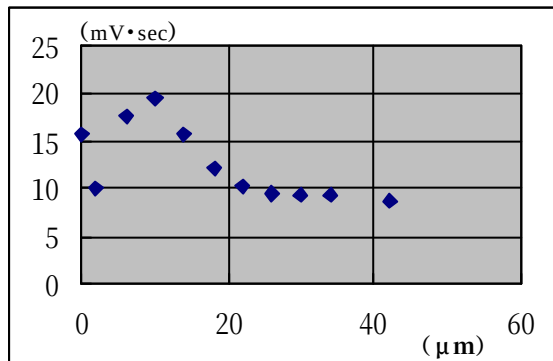


図6 GC#600 砥石の目詰まり状態

4 結 言

一般砥石と呼ばれるWA砥粒・GC砥粒について検討を行った。一般に用いられるドレス方法の違いなどから超砥粒砥石の場合と比べて測定値の変化の過程にも異なる点が見受けられたが、最終的に測定値が安定する際の状況は、ほぼ同様であった。以下に各状態における測定値の様子を示す。

4-1 目つぶれ状態

材質に関わらず目つぶれが進行すると測定値が上昇する。ただし、劈開より摩耗が支配的と考えられるWA砥石の場合には測定値の変化から推測して、砥粒の切れ味が落ちてから、しばらくしてまとまった脱粒が発生するという変化が起こっていると考えられる。

4-2 目こぼれ状態

WA、GCいずれの場合でも、加工により脱粒が進行する場合には、超砥粒の場合と同様、測定値が安定することがわかった。ただしそれぞれにおいて以下にあげるような違いが見られた。ドレス時に砥粒に起こる現象として、脱粒が支配的と考えられるWA砥石では、ドレス時の測定値とほぼ同じところで安定することがわかった。

それに対し劈開が支配的と考えられるGC砥粒では加工により、すぐに砥粒の脱落が発生し、ドレスしたときの測定値より低いところで値が安定する事がわかった。

4-3 目詰まり状態

Alを加工することで、目詰まりを発生させた。超砥粒と違い、Alを加工した場合にも摩耗・脱粒が発生していることが測定値の変化から推測される。これは、一般砥石が超砥粒と比べかなり柔らかいことに起因するが、このような特殊な状況を除けば、測定値から目詰まりを判断するのは十分に可能であることが確認できた。

今後は実用化に向けた装置開発を中心に検討を進めていく予定である。

文 献

- 1) 飯村 崇：研削砥石摩耗のインライン計測，岩手県工業技術センター研究報告 第7号(2000)13
- 2) 飯村 崇：研削砥石表面状態の定量評価，岩手県工業技術センター研究報告 第8号(2001)17
- 3) 後藤英一，峠 睦：砥粒摩耗のインプロセス測定（第1報），精密工学会誌，60,8(1994)1149
- 4) 小林輝夫：研削作業の実技，理工学社