

研削砥石表面状態の定量評価*

飯村 崇**、南幅 留男***、若槻 正明**

堀田 昌宏**

研削加工は金型加工を中心とした精密加工には欠かせない加工技術である。そして、砥石の切れ味を管理するために、現状では加工音や加工物の表面状態などを元にした判断を行っている。しかし、これらの方法では、確認のため一度加工を行う必要があり、加工不良の原因となる。そこで、砥石表面の観察から加工状況が予測可能な測定システムの構築を検討した。レーザを砥石表面に照射し反射光の強度を測定する方法を用いている。この方法で粒度の粗い砥石から細かい砥石まで砥石表面状況の評価が可能であることを確認した。

キーワード：研削砥石、レーザ、反射光、砥石評価

Quantitative Evaluation of Grinding Wheel Surface

IIMURA Takashi, MINAMIHABA Tomeo, WAKATUKI Masaaki

and HOTTA Masahiro

Grinding is indispensable for a precision machining, such as a die and mold manufacturing. And we judge the condition of grinding from the grinding sound of grinded surface. But in this kind of method, we must grind some work pieces to judge, and it caused defective work pieces. So we consider the system which can judge the condition of grinding from the surface of grinding wheel. We emit LASER beam to the surface of grinding wheel and measure the strength of reflected LASER beam. We confirm that we can judge the condition of grinding from coarse wheel to fine wheel, in this method.

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

1 緒 言

研削加工は、1)焼き入れ材など高硬度材の加工が可能である、2)微細な切り込みで寸法の追い込みが可能である、3)加工面粗さが小さい、等の理由から、金型加工を中心とした精密加工分野には欠かせない加工技術である。そして、この研削加工には砥石の切れ味を維持するため、定期的にドレス（目立て）作業を行う必要がある。しかし砥石は切削工具と違い、実際に加工に関与する砥粒が非常に小さいことから、砥石表面を観察しても砥粒刃先の状況がわかりづらく、ドレス時期の判断は多くの場合、加工音や加工物表面を元に行っているのが現状である。そして、加工音や加工物表面は、実際に加工を行った時にしか判断できず、仕上げ加工などの場合、熱による金

属表面の劣化（研削焼け）などが発生し不良となってしまう可能性がある。そこで、砥石表面を定量的に評価し、加工前に砥石状況を把握してドレス時期の判断が容易に行えるようなシステムを検討している。評価には、砥石表面にレーザ光を当て、その反射光の明るさをセンサーで検知し、その出力値を使って評価を行う方法を検討している。昨年度の成果¹⁾より#230, #400 cBN等の粗粒砥石で、目つぶれ、目こぼれによる切れ味の変化と共に測定値にも変化が現れることがわかっているが、砥石状況によっては調査不十分なところもあり、また、超精密加工用の粒度が細かい砥石に対して測定方法が適用可能かどうかなど、不明な点が多かった。そこで、本報では粒度の粗い砥石の他に超精密加工に用いる#800, #1200SD

* 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

*** 電子機械部（現在 金属材料部）

など、粒度の細かい砥石についても検討を行った。

2 実験方法

2-1 測定原理

測定を行った砥石はダイヤモンド及び cBN を砥粒とした超砥粒砥石で、表面には、砥粒 (cBN、ダイヤモンド) 部分、ボンド (レジンボンド) 部分、気孔部分が存在する。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)}

- 1) 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。
- 2) 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が上昇しなくなる。
- 3) 目づまり：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。レーザーは砥石全周面を網の目状にスキャンさせる。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 × 20 (μm)
- スキャン間隔：0.16 × 0.13(mm) #230
0.10 × 0.13(mm) #400,800,1200

また測定した工具はダイヤモンド及び cBN 砥石で、粒度は粗加工用の砥石から超精密加工用の砥石まで網羅するため #1200, #800 (ダイヤモンド), #400, #230 (cBN) を使用した。被削材は砥石の目つぶれ状態を発生させるために SKH 51, セラミックス (Al₂O₃) を、目こぼれ状態を発生させるために Ti 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) 2), 3) を繰り返す、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 #230cBN 砥石

1) 目つぶれ状態

アルミナを加工し、目つぶれ状態における切り込み量と測定値の比較を行った。加工の進展に伴い測定値も上昇していくことがわかる。今回の測定では、260 μm 切り込んだところで異音及び振動が発生し、加工の継続が困難となった。測定値にも異変が起こっており急激に値が減少している。これは、砥粒突き出し量が切り込み量以下となり、砥石のボンド部分が被削材と接触して削れ、その結果、加工抵抗に耐えられなくなった砥粒が脱落したために起こった現象であると考えられる。(図1)

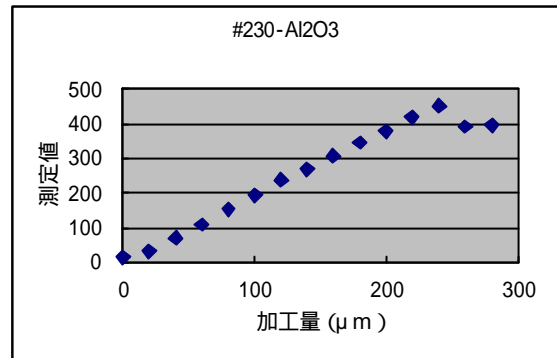


図1 #230cBN 砥石の目つぶれ状態

2) 目こぼれ状態

Ti を加工し、目こぼれ状態での変化を調査した。はじめのうちは材料を加工することで、砥粒の摩耗が進むため測定値が若干上昇する。しかし Ti は強度が高くしかも粘度の高い材料であるため、加工時に砥粒 1 つ 1 つにかかる負荷が大きく、摩耗によって切れ味の悪くなった砥粒から順に次々と脱落していく (脱粒)。そのため、測定値はある程度になると減少を始める。ただし脱落に伴い、新しい砥粒が出てくる (自生作用) ため、測定値の減少もある程度のところでは止まる。こうしてグラフのように測定値が安定するものと考えられる。(図2)

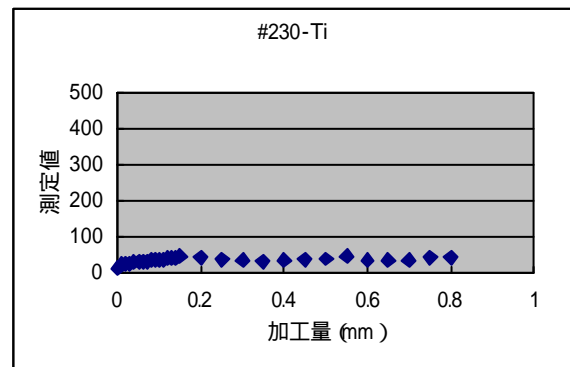


図2 #230cBN 砥石の目こぼれ状態

3) 目づまり状態

Al に関しては、砥粒はほとんど摩耗せず、砥粒周辺に

付着した被削材によって明るさが変化しているものと考えられる。付着する量は砥粒突き出し量と砥粒分布の状況及び加工条件によって変化すると考えられるが、ある程度増えると付着したものが剥離してしまうため、今回の測定値のとおり最終的に安定した値となる。(図3)

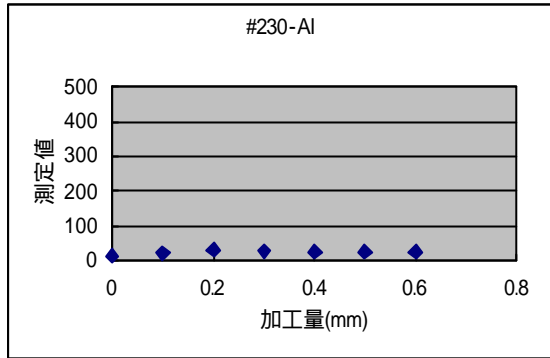


図3 #230cBN 砥石の目づまり状態

3 - 2 #400cBN 砥石

1) 目つぶれ状態

#230 同様にアルミナを加工した。加工量の増加に従い測定値も増加していき、0.9 (mm) 加工した時点で異音が発生し測定を終了した。その際測定値が増加しているが、これはボン드가被削材と接触した際に、表面がこすられて平坦化されたため、ボンド面でも反射が起こり、測定値が増加したのと考えられる。

#400 以降は#230 と比べ砥粒の粒径が小さいため、

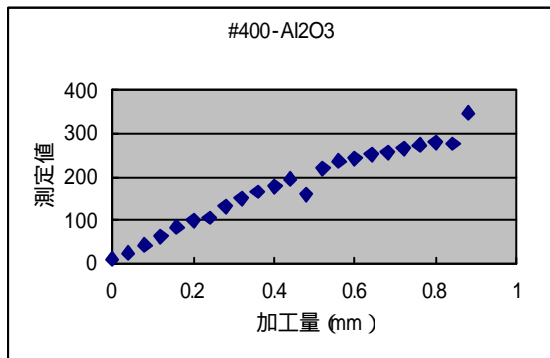


図4 #400cBN 砥石の目つぶれ状態

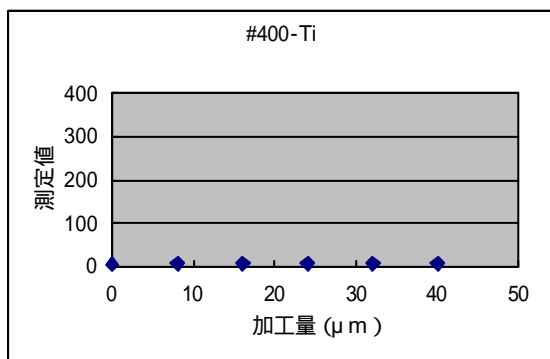


図5 #400cBN 砥石の目こぼれ状態

砥石の製法が異なる。その結果ボン드가被削材と接触した際の挙動に違いが現れたのと考えられる。(図4)

2) 目こぼれ状態

Ti を加工した場合は、#230 と同様に目こぼれが発生するため測定値が上昇しない。特に#400 については、ドレス時の値とほぼ同じままの測定値であることから、粒径に対してボン드가柔らかめで、砥粒が摩耗する前に脱粒が発生してしまっているのと考えられる。(図5)

3) 目づまり状態

Al を加工した目づまりの実験でも#230 と同様に測定値が上昇し、ある程度のところで安定する。#230 との違いはTi の場合よりAl の場合の方が上昇の度合いが大きいことである。この様に砥粒が細くなると目詰まりが発生しやすく、また、ボンドとの接触面積の減少により砥粒の保持力が減少して目こぼれが起こりやすくなるのと考えられる。(図6)

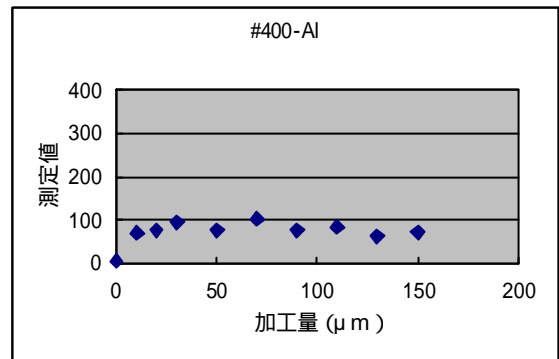


図6 #400cBN 砥石の目づまり状態

3 - 3 #800 及び#1200 ダイヤ砥石

1) 目つぶれ状態

今回の実験で#800,#1200 はレーザスポットよりも砥粒が小さくなることから、測定値の変化も異なる可能性が示唆されたが、実験の結果、粒径の大きな場合と変わらず加工が進行するにつれ測定値が大きくなることが確認された。これについては従来実験していた粒径の大きな砥粒についてもレーザを正反射するのは砥粒のごく一部のみであることを考えると、当然の結果であると考えられる。また、#800 については全体的に測定値が小さく

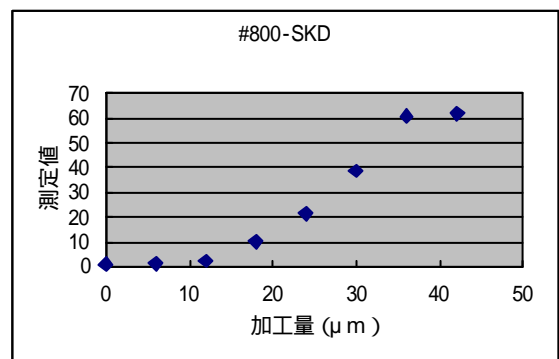


図7 #800 ダイヤモンド砥石の目つぶれ

なっていることから、測定装置の設置位置等に問題があった可能性があり、今後検討を行う。(図7,8)

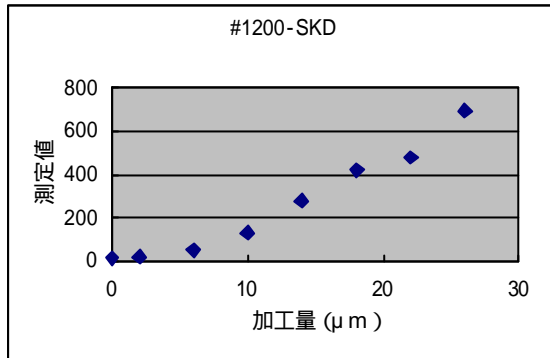


図8 #1200 ダイヤモンド砥石の目つぶれ

2) 目こぼれ状態

#800,#1200 共、Ti の加工による測定値の上昇は見られない。#400 同様にボンドの保持力が弱い事から砥粒の摩耗より早く脱粒が発生してしまう、典型的な脱粒状態になっていると考えられる。その場合も砥粒の粗い砥石と同様の測定値変化を示すことがわかった。(図9, 10)

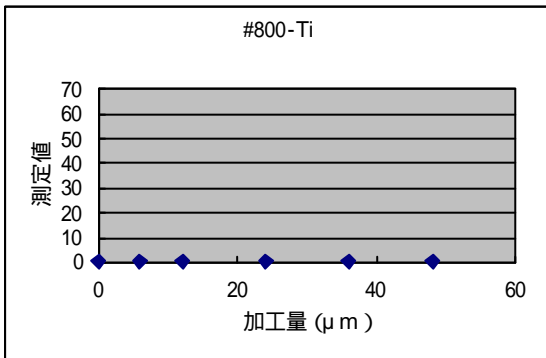


図9 #800 ダイヤモンド砥石の目こぼれ

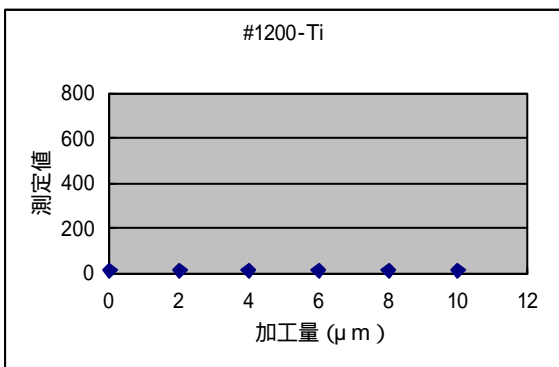


図10 #1200 ダイヤモンド砥石の目こぼれ

3) 目づまり状態

細粒の特徴で目詰まりが発生しやすいが、やはり粗粒の場合と同様の変化が見られることが確認できた。(図11, 12)

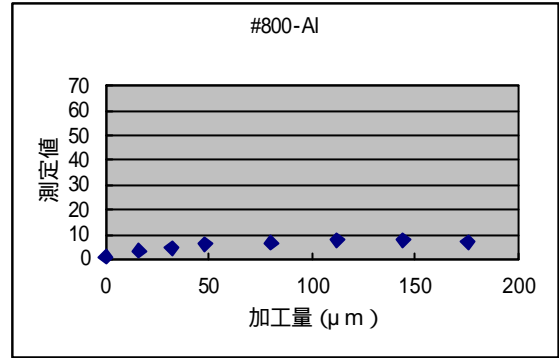


図11 #800 ダイヤモンド砥石の目づまり

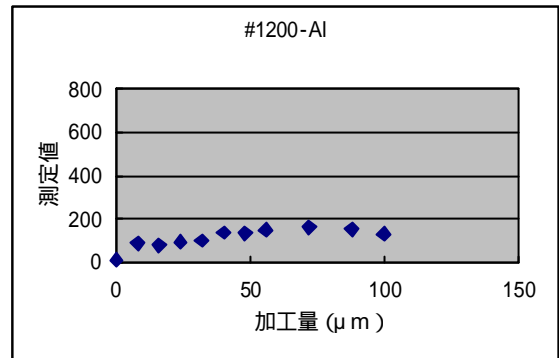


図12 #1200 ダイヤモンド砥石の目づまり

4 結 言

過去に粒度の細かい砥石に関しては、摩耗の評価方法が検討されていないことから、レーザー光を利用した砥石摩耗判定装置の開発を行った。検討の結果、次のことがわかり、摩耗判定に有望な方法であることが確認できた。

- 1) 目つぶれ状態：粒度に関わらず目つぶれが進行すると測定値が上昇する事がわかった。また、砥粒をボンドで固定するタイプ(#230)とボンドに砥粒を埋め込むタイプ(#400,800,1200)では、限界時の測定値変化に違いがある傾向が出ているため、今後の検討課題としたい。
- 2) 目こぼれ状態：加工に従い測定値が若干上昇し、その後安定する。粒度が大きいほどボンドとの接触面積が大きく保持力が大きいことから、砥粒の摩耗が起こりやすく上昇が大きい。
- 3) 目づまり状態：目こぼれと同様の変化だが、粒度の細かい砥石の方が目づまりしやすい傾向にあり、測定値の上昇も大きい。

今後はシミュレーション等による理論解析と、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) 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