

弾性ゴム砥石の基本特性

東京農工大学 ○近藤慎之介, ◎笹原弘之, 大和化成工業株式会社 岩川泰三, 菊地光男, 伊藤幸男

要旨

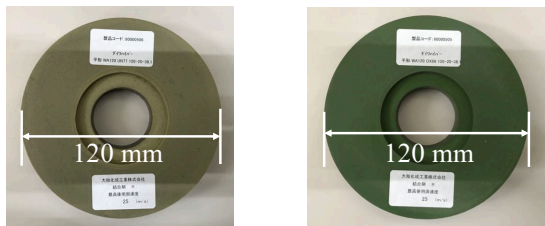
本研究では自動化が可能な弾性ゴム砥石を用いて, 加工特性を明らかにすることを目的とし, 硬度の異なるゴム砥石を用いて傾斜をつけた被削材を研削加工し, 研削抵抗, 加工面粗さ, 加工後砥石表面を調査した. その結果, 硬度の低い砥石ほど, 弾性変形量は大きくなり, 測定される研削抵抗は小さく, また加工面粗さはほとんど変化しなかった. その一方で砥石の摩耗は少ないことを示した.

1. 結 言

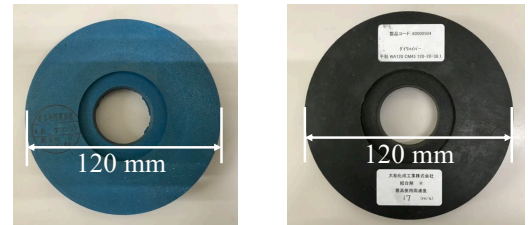
弾性ゴム砥石とは結合材としてゴムを使用した砥石である. その特徴として, 一般的な砥石であるビトリファイドボンド砥石とは異なり弾性変形が生じることが挙げられる. 砥石が被削材に接触すると, 砥粒が結合材側に押し込まれ, 設定した切込み深さに比べ, 実際の切込み深さが小さくなる. よって設定した切込み深さによって除去される研削量より小さくなる. これにより表面の小さな凹凸を除去し, 表面を滑らかにすることが可能である. 一方で切込み深さが大きくなりすぎると, 接触面積が大きくなり, 砥石摩耗が増加する問題がある. 他方, 金型やタービンブレードの最終仕上げにはパフ研摩など遊離砥粒による研摩加工が用いられるが, 除去能率が低く自動化が困難であり, コストが高い. それに対して, 固定砥粒加工であるゴム砥石ではより高い加工能率と加工面粗さを両立し, 自動化も可能と見込まれる¹⁾²⁾. しかし, これまでゴム砥石の研究は少なく, 基本特性が明らかになっていない. そこで本研究では, 弾性ゴム砥石の基本特性を明らかにすることを目的とし, 硬度の異なるゴム砥石で研削加工する際, 切込み深さを変化させた時の研削抵抗, 加工面粗さ, 加工後砥石摩耗を調査する.

2. 実験方法

本研究では硬度の異なる4種類のゴム砥石を用いた. 最も硬度が高いUN砥石, 次に高いOX砥石, 次に高いSiC砥石, SiC砥石と同程度の硬度のCM砥石を用いた. UN砥石, OX砥石は砥粒がWA, SiC砥石はGC, CM砥石はWAで凝集砥粒であった. 図2.1にUN砥石, OX砥石, SiC砥石, CM砥石を示す. 試験片はSUS304の100×100×10mmの平板とする. 図2.2に試験片の固定方法を示す. 表1に実験条件を示す. 1パス研削する際, 徐々に切り込み深さが増加するように試験片を100mm:150 μ mの傾きをつけて固定した. まず砥石の半径を測定するために, 試験片にサインペンで線を引く. 1パス研削し, 赤ペンが消え始める位置と完全に消える位置の中間の位置を測定し, 半径とした. そしてその半径を用いて, 試験片端から砥石が当たるように切り込み, 1パス研削した際の研削抵抗, 加工面粗さ, 加工後の砥石表面を測定した. 研削抵抗の測定には, 多成分動力計(KISTLER 9257B)を, 表面粗さの測定には小型接触粗さ測定器(ミツトヨ SJ-210)を使用した.



(a) Grinding wheel of UN (b) Grinding wheel of OX



(c) Grinding wheel of SiC (d) Grinding wheel of CM

Fig.2.1 Rubber-bonded grinding wheel

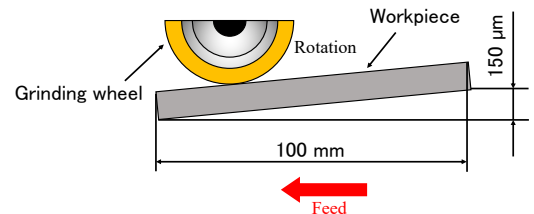


Fig.2.2 Setup of workpiece

Table1 Machining conditions

Inclination of workpiece	100 mm : 150 μ m
Grinding speed V	m/s 12
Feed rate v	mm/min 2000
Grinding direction	Down cut
Supplying way of fluid	External
Fluid supplying volume	L/min 10

3. 結果と考察

図3.1に4種類のゴム砥石が試験片を研削した際の垂直研削抵抗を示す. 100mm:150 μ mの傾斜面を研削加工しているため, 全ての砥石で切込み深さが増加するにつれて, 研削抵抗は増加していくが, ゴムの硬度が低いと研削抵抗の増加率は小さいことが分かる. 切込み深さが増加していくと, 砥石に負荷される力は大きくなり, 硬度が低い砥石ほど弾性変形量が大きくなる. そのためゴム硬度が低いほど設定した切込み深さに比べて実際の切込み深さは小さくなり, 切込み深さが増加しても研削抵抗の増加率は小さいと考えられる. またUN砥石とOX砥石では切込み深さが増加していくと増加率が徐々に小さくなることが分かる. これは砥石に負荷される力の増加による弾性変形に加え, 加工進行に伴って砥石が摩耗し, 実際の切込み深さがさらに小さくなったためであると考えられる.

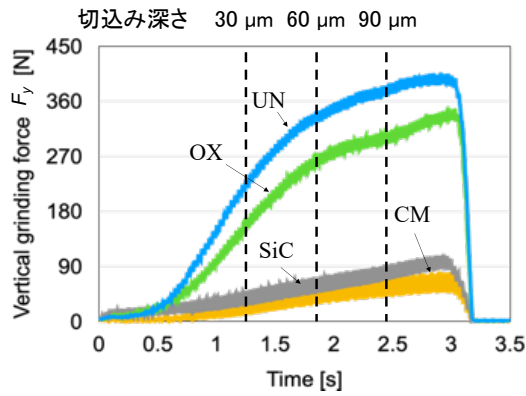


Fig.3.1 Vertical grinding force

また、図 3.1 中には試験片の傾きから算出した切込み深さが 30 μm 、60 μm 、90 μm の位置を示している。切込み深さ 30 μm の位置での研削抵抗の増加率に比べて、60 μm 、90 μm の位置では砥石摩耗によって徐々に増加率が小さくなっていることが分かる。ここで図 3.2 に切込み深さが 30、60、90 μm の位置における表面粗さの測定結果を示す。切込み深さが大きくなるほど、表面粗さは小さくなることがわかる。また、ゴム硬度が低くなるほど、粗さは変化しないことも分かる。これは前述のように、硬度が低い砥石ほど、弾性変形が大きくなり、設定した切込み深さに比べ、実際の切込み深さが小さくなり、十分に除去できないためであると考えられる。また加工の進行に伴い砥石は摩耗するが、表面粗さは小さくなることが分かる。これは摩耗によって、実際の切込み深さは小さくなるが、砥石は弾性変形して接触面積が増え作用する砥粒が増加したためと考えられる。ゴム硬度が同程度の SiC 砥石と CM 砥石では CM 砥石の方が表面粗さは小さくなっていることが分かる。これは CM 砥石が砥粒のサイズが大きな凝集砥粒であるため、同程度に弾性変形をしても、砥粒が十分に突出しており、切削作用が行われているためであると考えられる。

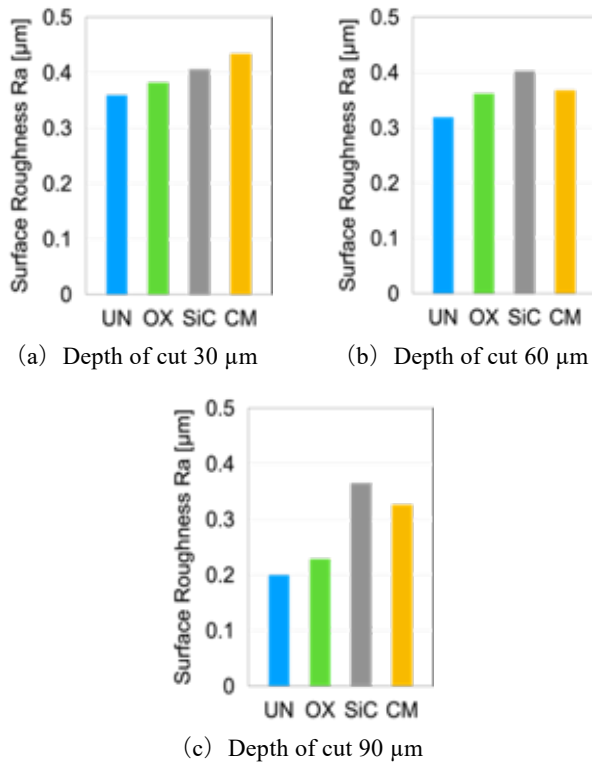


Fig.3.2 Surface roughness

図 3.3 に実験後の 4 種類の弾性ゴム砥石の砥石表面の観察結果

を示す。図中白く透明なものが砥粒、その他が結合材のゴムである。UN 砥石と OX 砥石においてゴム部分が黒くなっていることが分かる。一方で SiC 砥石、CM 砥石ではそのような状態は見られなかった。図 3.4 に砥石が被削材と接触する際の変形の様子を示す。砥石が被削材に接触するとき弾性変形し、砥粒とゴムが接触する。そこで砥粒が被削材を削るときにゴムも被削材表面と擦過する。そのため、被削材表面を深く削る UN 砥石と OX 砥石の表面は黒く変色していると考えられる。

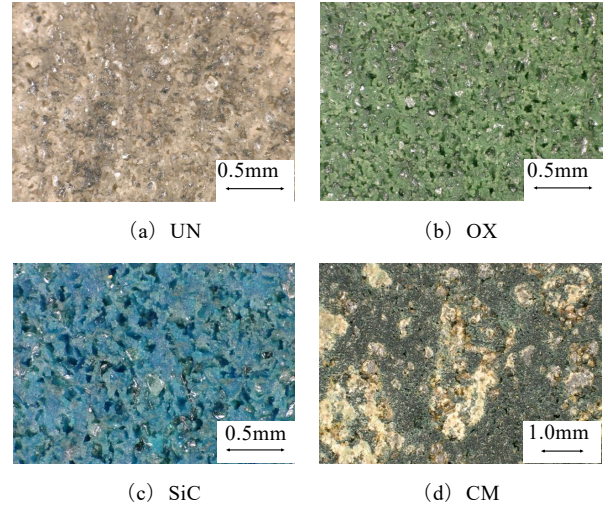


Fig.3.3 Surface of grinding wheel

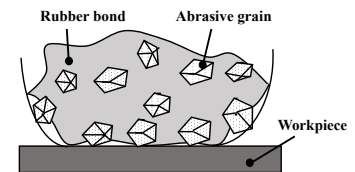


Fig.3.4 Deformation of rubber-bonded grinding wheel

4. 結言

本研究では硬度の異なるゴム砥石を用いて、SUS304 の傾斜面に対し平面研削を行い、研削抵抗、加工面粗さ、砥石の加工後表面性状を調査した。その結果、以下のことを明らかにした。

(1) 研削抵抗測定の結果、ゴム硬度が高くなるにつれて研削抵抗は増加するが、砥石摩耗によって切り込み深さが小さくなるため、研削抵抗の増加率は小さくなっていく。

(2) 表面粗さ測定の結果、硬度が高いほど表面粗さは小さくなり、硬度が同程度であると、砥粒が大きい CM 砥石の方が表面粗さは小さくなることが明らかになった。また切り込み深さが増加するにつれて砥石は摩耗するが、作用する砥粒数が増加するため、粗さは小さくなる。

(3) 加工後砥石表面観察の結果、ゴムが黒く変色した。これは結合材のゴムが被削材と強く擦過したことが原因であり、砥石は被削材と接触した際、弾性変形し、砥粒が結合材に押し込まれ、ゴムと砥粒が接触したためであると考えられる。

文献

1. Tong, X. *et al.* Mechanism and parameter optimization in grinding and polishing of M300 steel by an elastic abrasive. *Material(Basel)*. 12,(2019).
2. B. Denkena. *et al.* Flexible polishing with bounded grains for complex ceramic endoprostheses, *Proceedings of the 24th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering, ASPE 2009*, (2009).