

## 円筒研削での砥石熱膨張量が工作物除去量に及ぼす影響

## Effect of Thermal Expansion of Grinding Wheel on Real Depth of Material Removed in Cylindrical Grinding

○井下田雅斗<sup>1</sup>, 山田高三<sup>2</sup>, 内田元<sup>2</sup>, 三浦浩一<sup>3</sup>, 李和樹<sup>2</sup>, 向井良平<sup>4</sup>, 高橋宏美<sup>5</sup>  
 \*Masato Igeta<sup>1</sup>, \*Takazo Yamada<sup>2</sup>, Gen Uchida<sup>2</sup>, Kohichi Miura<sup>3</sup>, Hwa-Soo Lee<sup>2</sup>, Ryouhei Mukai<sup>4</sup>, Hiromi Takahashi<sup>5</sup>

Abstract: In grinding, the grinding heat causes thermal deformation of the grinding wheel, workpiece and grinding machine, and induces machining accuracy. Although, it is possible to prevent thermal deformation of the grinding machine in recent years, thermal deformation occurs in the grinding wheel. If the amount of thermal expansion of the grinding wheel can be evaluated quantitatively, the processing accuracy can be improved. In this study, the amount of thermal expansion of the grinding wheel during plunge grinding was measured with a laser displacement meter, and the effect on the amount of real depth of material removed. As a result, it was confirmed that the amount of expansion of the grinding wheel and the workpiece affected the real depth of material removed.

## 1. 緒言

研削加工では、砥石と工作物が接触する加工点で研削熱が発生する。発生した研削熱により、砥石や工作物、研削盤が変形を起こすことで、加工精度の低下に繋がる<sup>[1]</sup>。近年の研削盤は、主軸やモータの温度管理により、研削盤全体の変形を防げるが、砥石の熱変形を防ぐことは困難である。そこで、砥石熱膨張量を定量的に評価することができれば、砥石台送り量を適切に制御することで、加工精度向上を実現できる。

そこで本研究では、レーザ変位計を用いて、プランジ研削時の砥石熱膨張量を測定し、工作物除去量に及ぼす影響を定量的に評価することを目的としている。

## 2. 砥石熱膨張量の測定方法

研削中の砥石表面変位量を、レーザ変位計で直接測定する際、砥石熱膨張量だけでなく切りくずの付着や砥石摩耗も同時に測定されてしまう。そのため、砥石熱膨張量のみを測定するには、それらの影響が生じないように測定を行う必要がある。そこで本実験では、図1のように工作物加工面に溝を設け、砥石と工作物が接触しない非加工面をレーザ変位計で測定することで、砥石熱膨張量のみを測定することができる。また、湿式研削時には砥石表面に連れ回るクーラント膜の影響も危惧される。そこで、エアを砥石表面に吹き付けることで、クーラント膜を除去することにした。

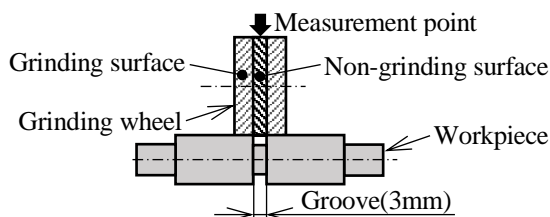


Figure 1. Workpiece shape and measurement point

プランジ研削時の砥石熱膨張量が工作物除去量に及ぼす影響を検証した。実験装置の概略図を図2に示す。円筒研削盤(GOP10-30)の砥石台にレーザ変位計(LK-H055)を取り付け、砥石の非加工面を測定し砥石熱膨張量を評価した。また、工作物除去量を定寸ゲージで、工作物熱膨張量を工作物上部に取り付けた電気マイクロメータで、砥石台移動量をレーザ変位計で測定した。

実験は、工作物と砥石に自動送りで切込みを与え、法線抵抗が発生したときを加工開始点とした。そして、自動送りで400 $\mu\text{m}$ の切込みを与えてプランジ研削をした。その後、砥石台を停止し、砥石を10分間空転させた。砥石はWA60J6B( $\phi 355$ )、工作物はS55C( $\phi 35$ )、砥石台送り速度は0.81 $\mu\text{m}/\text{rev}$ 、砥石回転数は2435 $\text{min}^{-1}$ 、工作物回転数は183 $\text{min}^{-1}$ である。

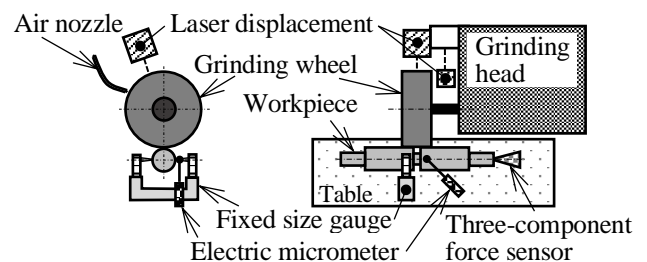


Figure 2. Schematic diagram of experimental equipment

## 3. 乾式研削における砥石および工作物除去量

## 3.1 切増し量と砥石および工作物熱膨張量の評価

図3に、乾式時のプランジ研削における砥石熱膨張量および工作物除去量、工作物熱膨張量、砥石台移動量の関係を示す。砥石台移動量と工作物除去量に着目すると、図より空転終了時(図中B)では、砥石台移動量より工作物除去量が大きく、切増していることがわかる。そして、最終的な砥石台移動量と工作物除去量の差は28.3 $\mu\text{m}$ であり、この量を切増し量と定義する。こ

の切増しが生じた要因として、プランジ研削中に発生した砥石と工作物の熱膨張と推測した。

ここで、砥石および工作物は、加工終了時(図中 A)から空転終了時(図中 B)で冷却されるため熱収縮する。本実験では、この収縮量を熱膨張量と定義することにした。そして、図3より算出された砥石および工作物熱膨張量は、それぞれ5.7 $\mu\text{m}$ 、25.2 $\mu\text{m}$ であった。

以上の結果より、切増し量28.3 $\mu\text{m}$ に対して、砥石と工作物熱膨張量の和は30.9 $\mu\text{m}$ となり、熱膨張量から算出した切増し量は実際の切増し量より2.6 $\mu\text{m}$ 多くなった。この差が生じた要因は、砥石摩耗と推測される。

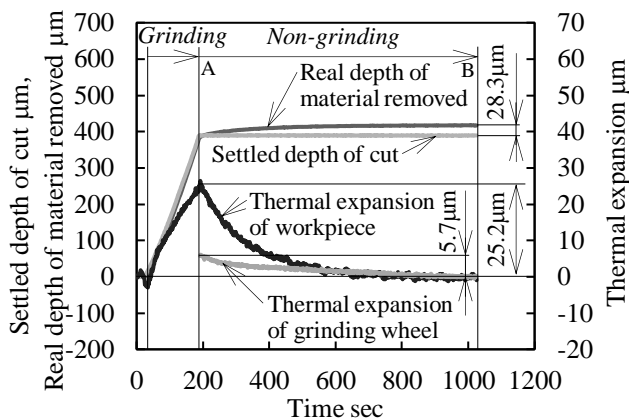


Figure 3. Thermal expansion of grind wheel and workpiece in dry grinding

### 3. 2 砥石摩耗量の検討

砥石摩耗量について検討した。第2章で述べたように、本実験では砥石に非加工面を設けている。そこで、プランジ加工前後の砥石形状を工作物に転写し、工作物形状を形状測定器により測定し、摩耗量を評価した。

図4に、プランジ研削前後の砥石表面を転写した工作物形状を示す。図より、プランジ研削前後の工作物に生じた凹凸は、それぞれ2.6 $\mu\text{m}$ と6.0 $\mu\text{m}$ であった。すなわち、砥石の摩耗量は3.4 $\mu\text{m}$ であるとわかった。

3.1節の各熱膨張量と砥石摩耗量から、切増し量を算出すると27.5 $\mu\text{m}$ となり、実際の切増し量28.3 $\mu\text{m}$ とほぼ一致した。すなわち、砥石摩耗量を加味することで、研削中に作用する切増し、切残しの要因を正しく評価できた。以上の結果より、砥石および工作物熱膨張量が工作物除去量に影響を及ぼしていることがわかった。

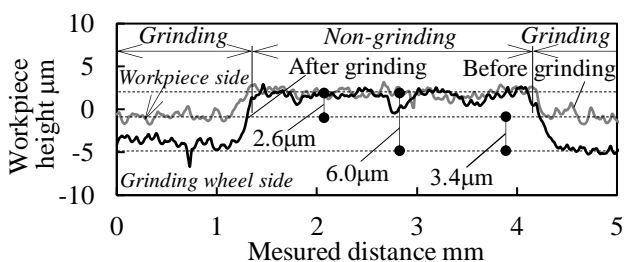


Figure 4. Experimental result of grinding wheel wear

## 4. 研削方式の違いにおける砥石熱膨張量の比較

### 4. 1 湿式研削時のクーラント膜の影響

第2章で述べたように、湿式研削ではエアを砥石表面に吹き付けることでクーラント膜の除去を行う必要がある。そこでまず、エアによって正しくクーラント膜を除去することができるか検討を行った。

実験は、砥石と工作物を接触させた状態で、乾式→湿式→湿式状態でエア→湿式→乾式を行った。砥石表面変位量を測定し、クーラント膜の影響を評価した。

図5に砥石表面変位量の測定結果を示す。図より、湿式時は砥石表面変位量が上昇している。しかし、エア吹き付けることで、乾式時と同程度の値となっている。すなわち、砥石にエアを吹き付けることで、正しくクーラント膜を除去できることがわかった。

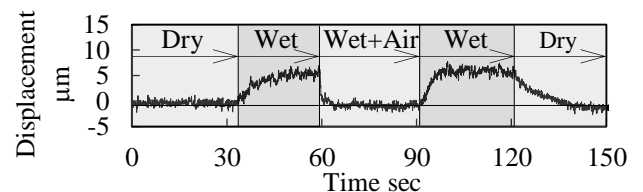


Figure 5. Effect of grinding wheel surface by coolant

### 4. 2 乾式研削と湿式研削の砥石熱膨張量

乾式と湿式研削における砥石熱膨張量の比較を行った。実験は、テーブル送り速度を変化させ砥石熱膨張量を測定した。なお、湿式研削時のクーラント流量は0.5L/minとし、その他の条件は第2章と同様である。

図6に乾式と湿式研削の砥石熱膨張量を示す。図より、湿式では乾式に比べて砥石熱膨張量が小さくなるのがわかる。これは、湿式ではクーラントを用いているため砥石が冷却されたためだと考えられる。

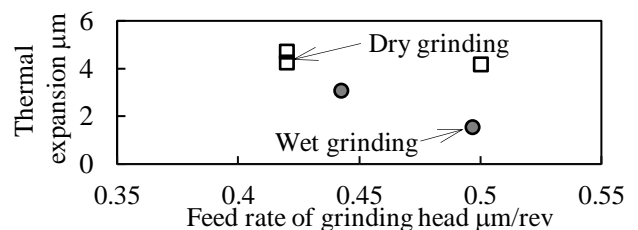


Figure 6. Comparison of thermal expansion of grinding wheel

## 5. 結 言

- プランジ研削時に、砥石および工作物熱膨張量が工作物除去量に影響を及ぼしていることがわかった。
- 乾式研削に比べると、クーラントの影響により湿式研削では砥石熱膨張量が小さくなることがわかった。

## 6. 参考文献

- [1] 中島利勝, 塚本真也, 原田真: 研削熱による変形が寸法生成過程に及ぼす影響の研究, 精密工学会, 51, 8(1985) 1588.