

## 平面研削時における結合剤の違いが砥石熱膨張量に及ぼす影響

## Effect of Difference of Bond on Thermal Expansion of Grinding Wheel in Surface Grinding

○椿真斗<sup>1</sup>, 内田元<sup>2</sup>, 山田高三<sup>2</sup>, 三浦浩一<sup>3</sup>, 李和樹<sup>2</sup>\*Masato Tsubaki<sup>1</sup>, Gen Uchida<sup>2</sup>, Takazo Yamada<sup>2</sup>, Kohichi Miura<sup>3</sup>, Hwa-Soo Lee<sup>2</sup>

Abstract: In grinding process, thermal expansions of workpiece and grinding wheel are factors of increasing depth of cut. The thermal expansion of grinding wheel cause errors in the shape of the workpiece. This paper focuses on the thermal expansion of grinding wheel and measures the surface displacement of the vitrified wheel and the resinoid wheel by a laser displacement meter. The amount of thermal expansion in dry grinding is measured. The amount of thermal expansion of grinding wheel in dry grinding tends to increase with the increasing in normal force. It is found that vitrified wheel has a smaller amount of thermal expansion of grinding wheel than the resinoid wheel. Coefficients of thermal expansion of bonding material of resinoid grinding wheel is bigger than coefficients of thermal expansion of bonding material of vitrified grinding wheel. As a conclusion, the grinding wheel thermal expansion measured in this study is appropriate.

## 1. 緒言

研削加工とは、砥粒、結合剤、気孔の3要素からなる研削砥石を高速回転させ、工作物を所望の形状や寸法に仕上げる除去加工の1つである。研削加工では、加工中に発生する研削抵抗により、研削盤や砥石が弾性変形するため切残しを生じる。一方、研削熱により工作物や砥石が熱膨張するため、設定切込量以上に切込みが生じる。このように研削加工においては、切残しと切増しを生じる要因の両方が作用しながら、結果として切残し量を生じている。

このうち、切増し要因である砥石熱膨張量に関しては、斎藤らの研究<sup>[1]</sup>より算出することができる。しかし、パラメータが多く、算出することが難しい。

そこで本研究では、工作物を切増す要因のうち砥石熱膨張量に着目し、レーザ変位計を用いて砥石熱膨張量を測定することを目的としている。さらに、結合剤の異なる2種類の砥石に着目し、砥石熱膨張量の違いから研削痕深さに及ぼす影響について予測をした。

## 2. 砥石熱膨張量の測定

## 2.1 砥石熱膨張量の測定方法

レーザ変位計により砥石熱膨張量を測定する際、乾式研削では砥石へ切屑が付着し、レーザ変位計によって変位として測定されることが懸念される。そこで、図1のように工作物中央部に幅3mmの溝を設けることで砥石に非研削面を設け、切屑の付着を防いだ。さらに、研削面からの切屑の侵入が危惧されるため、レーザ光の手前で非研削面にエアを吹き付けることにより、切屑の侵入を取り除いた。そして、その非研削

面にレーザ光をあて砥石表面変位量を測定をすることで、砥石熱膨張量を評価した。

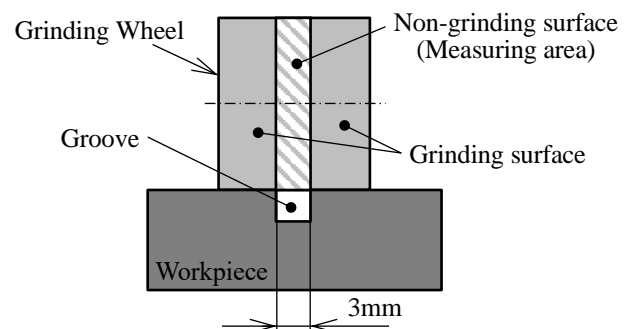


Figure 1. Workpiece shape by measuring of laser sensor

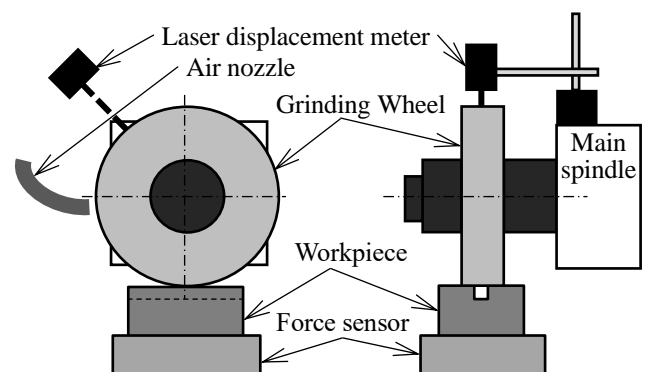


Figure 2. Measuring method of thermal expansion

結合剤種類の違いが、砥石熱膨張量に及ぼす影響を検討するため実験を行った。実験装置の概略図を図2に示す。砥石には、ビトリファイド砥石 WA60J6V (φ180×19)とレジノイド砥石 WA60J6B (φ180×19)の2種類を用いた。実験は、工作物 NAK55 に対してダウンカットの1パス乾式研削を行った。そして、砥石軸上に取り付けられたレーザ変位計により加工時の砥石熱膨

張量を，工作物に取り付けた力センサにより研削抵抗を測定し評価を行った。

また，それぞれの砥石に対して，ツルーイング時のドレッサ切込量を0, 12, 20 $\mu\text{m}$ と変化させることで，砥石表面状態を変化させた．その他の条件は，砥石周速度 1800m/min, 設定切込量 10 $\mu\text{m}$ , テーブル送り速度 3.5m/min, ドレッシングリード 0.2mm/rev, ドレッシング切込量 10 $\mu\text{m}$ と一定とした．

## 2. 2 砥石熱膨張量の測定結果

図3に1パス加工中の法線抵抗を，図4に砥石熱膨張量を測定した結果の1例を示す．図3より，各実験の法線抵抗は，それぞれ加工の安定する後半の範囲を平均し算出した．また，図4より砥石熱膨張量を算出する範囲は，法線抵抗算出時と同じ範囲を用い平均することで算出を行った．

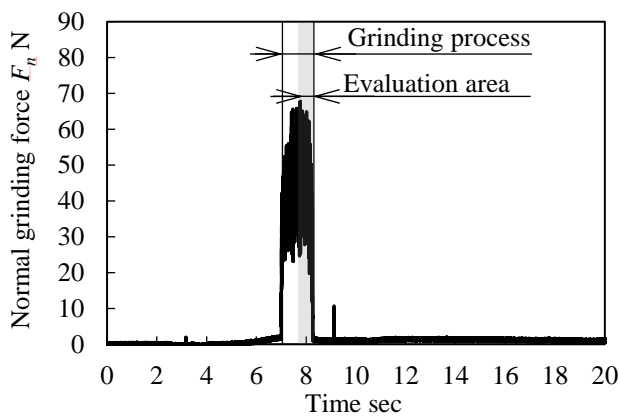


Figure 3. Wave form of normal grinding force

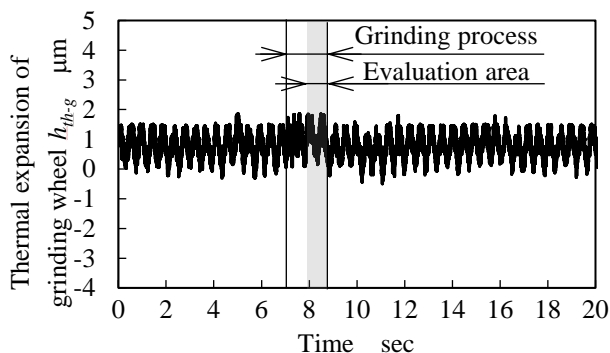


Figure 4. Wave form of Thermal expansion of grinding wheel

図5に法線抵抗と砥石熱膨張量の関係を示す．はじめに，ビトリファイド砥石とレジノイド砥石の熱膨張量の違いに着目する．法線抵抗  $F_n = 50\text{N}$  付近の砥石熱膨張量を比較すると，ビトリファイド砥石と比べてレジノイド砥石は比較的砥石熱膨張量大きいことがわかる．この要因は，結合剤の膨張率に違いがあるためと考えられる．

ビトリファイド砥石はガラス質の結合剤であり，レジノイド砥石はフェノール樹脂という違いがある．こ

こで，それぞれ結合剤の線膨張係数について比較すると，ガラスは  $8\sim 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，フェノール樹脂は  $25\sim 68 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と，フェノール樹脂はガラス質よりも大きいことがわかる．ここで，法線抵抗が同じであれば，発生する研削熱も同程度であると仮定すると，結合剤の線膨張係数の違いから，フェノール樹脂を主体としたレジノイド砥石のほうが，ガラス質のビトリファイド砥石より砥石熱膨張量大きいことは妥当であると言える．以上の結果から，同じ加工条件で1パス加工を行った際，砥石熱膨張が大きいレジノイド砥石のほうが研削痕深さは深くなることが予測される．

次に，レジノイド砥石の法線抵抗と砥石熱膨張量の関係に着目する．レジノイド砥石は，法線抵抗の増加とともに砥石熱膨張量も増加する傾向があるとわかる．これは，法線抵抗の増加に伴い，発生する研削熱が増加したためと考えられる．すなわち，乾式研削では法線抵抗の増加とともに砥石熱膨張量が増加する傾向があり，図5より法線抵抗に対してほぼ一定に増加することがわかった．すなわち，加工時の法線抵抗を測定することができれば，法線抵抗から砥石熱膨張量の評価が可能であることが明らかとなった．

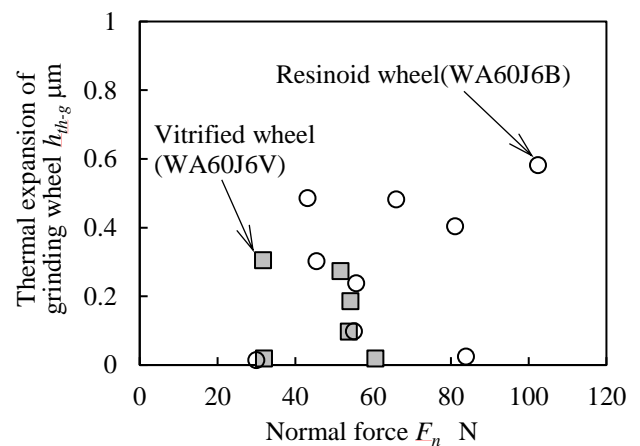


Figure 5. Relation between normal grinding force and thermal expansion of grinding wheel

## 3. 結 言

- ・ レジノイド砥石はビトリファイド砥石より，砥石熱膨張量大きいことがわかった．
- ・ 砥石熱膨張量は，結合剤の線膨張係数の違いにより変化することがわかった．
- ・ レジノイド砥石は法線抵抗の増加とともに砥石熱膨張量も増加することがわかった．

## 4. 参考文献

- [1] 斎藤勝政，鍵和田忠男，研削熱による砥石の変形と応力分布，日本機械学会論文集，44，386(1978)3622-3631.