

単石ドレッサによるドレッシング条件の違いが砥石表面状態および研削加工に及ぼす影響 Effect of Dressing Condition Using Single-point Diamond Dresser on Grinding Wheel Surface Topography and Grinding

○岩崎佑太¹, 内田元², 山田高三², 三浦浩一³, 李和樹²*Yuta Iwasaki¹, Gen Uchida², Takazo Yamada², Kohichi Miura³, Hwa-Soo Lee²

Abstract: In the grinding process, the difference of the grinding wheel surface condition affects a ground surface roughness. Therefore, optimal dressing condition on the grinding wheel surface is important for good grinding. This study aims to quantitatively evaluate the effect of difference in dressing conditions on ground surface roughness, grinding force and the grinding wheel surface condition using a measured focus position recalculation method. From experimental results, it was found that the changes in grinding wheel contact width of dresser due to the difference in dressing depth of cut affects the successive cutting-point spacing and the contact area per abrasive grain cutting edge. Moreover, it was considered that selecting an appropriate dressing overlap ratio is effective in improving the ground surface roughness and reducing the normal grinding force.

1. 緒言

研削加工における砥石と工作物の間には、砥石の表面形状が研削仕上面に直接転写される関係性がある¹⁾。そのため、良好な加工を行うためには、砥石表面に適切なドレッシングを施すことが重要である。これまでの研究により、レーザを用いた測定法である点合焦輪郭曲線法を応用した測定後高さ検出法を提案し、砥石表面形状を高精度に測定できることを明らかにした²⁾。

そこで本研究では、ドレッシング条件が異なる砥石表面形状を測定し、ドレッシング条件の違いが砥石表面状態に及ぼす影響を評価することを目的としている。さらに、砥石表面状態の違いが研削仕上面粗さと法線抵抗に及ぼす影響を評価した。

2. 砥石表面測定装置

砥石表面測定装置の概略図を図1に示す。測定対象物の砥石は、回転軸モータで円周方向に回転し、Z軸モータで幅方向に移動する機構となっている。また、測定対象物の上方に点合焦ユニット(三鷹光器製 MP-3N)を配置している。この点合焦ユニットにより、回転中の砥石表面形状の測定を行う。

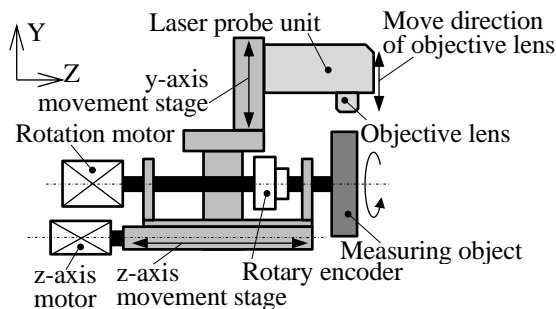


Figure 1. Schematic diagram of the grinding wheel surface measuring device

3. 実験方法

ドレッシング条件の違いにおける、砥石表面状態の違いと研削仕上面粗さ、法線抵抗の関係を評価するため実験を行った。砥石はWA60J6Vを用いた。まず、単石ドレッサを用いてドレッシングを行った。ドレッシング条件は、ドレッシングリード L_d を0.1, 0.3mm/revとし、ドレッシング切込量 t_d を10, 20, 30 μm とした。

次に、平面研削盤を用いてNAK55に対して溝研削を行った。研削条件は、砥石周速度1800m/min、設定切込量10 μm 、テーブル送り速度4.2m/minの2パス加工とした。そして、1パス目加工中の法線抵抗と2パス加工後の研削仕上面粗さを測定した。

最後に、加工後の砥石表面形状を測定した。測定条件は、砥石周速度63m/minとし、各測定範囲は、円周方向360°、幅方向2mm、高さ方向50 μm とした。各測定間隔は円周方向0.01°、幅方向15 μm 、高さ方向1 μm とした。そして、測定した砥石表面形状から、連続切れ刃間隔と1切れ刃当たりの接触面積を算出し評価した。ここで、連続切れ刃間隔 a は後続の切れ刃との平均間隔を、1切れ刃当たりの接触面積 ϵ は、切れ刃1つが工作物と接触する平均面積を示している。

4. ドレッシング切込量と砥石表面状態の関係

ドレッシング切込量 t_d の違いにおける、連続切れ刃間隔 a と1切れ刃当たりの接触面積 ϵ の関係を図2に示す。図より、ドレッシングリード $L_d = 0.3\text{mm/rev}$ では t_d の増加に伴い a は増加し、 ϵ は減少している。これは、ドレッサの砥石接触幅が変化したためと考えられる。

本実験で使用したドレッサの先端画像を図3に示す。図3より、ドレッサの先端は錐体形状のため、 t_d が増

加するとドレッサが砥石と接触する幅 W_d が増加する。そのため、 t_d が増加することで切れ刃数が減少するため a は増加し、また砥石の深くまでドレッサが作用することで、比較的鋭い先端形状の切れ刃が形成されるため、 ε は小さくなったと考えられる。

しかし、 L_d の違いに着目すると、 $L_d=0.1\text{mm/rev}$ では 0.3mm/rev と比べて、 t_d の増加における a の増加や ε の減少の傾向があまり見られない。そこで、この要因を評価するため L_d と W_d の関係について検討を行った。

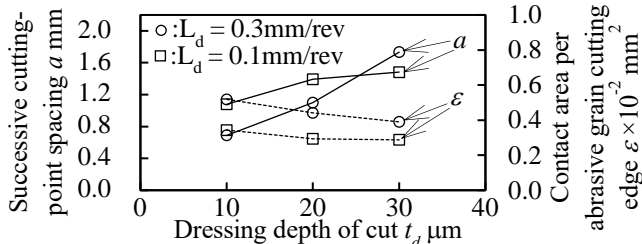


Figure 2. Relationship of grinding wheel surface condition due to difference dressing depth of cut

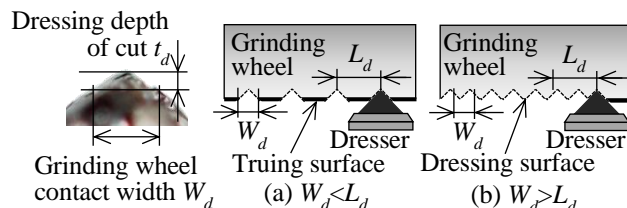


Figure 3. Tip of dresser Figure 4. Schematic of dressing

5. オーバーラップ比と砥石表面状態の関係

ドレッサの砥石接触幅 W_d と、ドレッシングリード L_d との関係を考えるため、 W_d を L_d で除した値をオーバーラップ比 U_d と定義した。 U_d と連続切れ刃間隔 a の関係を図 5 に、 U_d と 1 切れ刃当たりの接触面積 ε の関係を図 6 に示す。なお、両図には、ドレッシング切込量 t_d を $20\mu\text{m}$ で一定とし、 L_d を $0.1\sim 0.5\text{mm/rev}$ まで変化させた結果を、併せて白抜きで示している。

両図より、 $U_d=1$ を境にそれぞれ a と ε の傾向に違いが見られる。図 2 中の $L_d=0.3\text{mm/rev}$ に該当する $U_d < 1$ では、 U_d が小さくなるほど a は減少し、 ε は増加している。この領域では、図 4(a) のようにドレッシング溝同士が干渉しないため、 U_d が減少するほど砥石表面には比較的平坦なツルーイング面が多く残るためである。一方、図 2 中の $L_d=0.1\text{mm/rev}$ に該当する $U_d > 1$ では、 a や ε の変化は小さい。この領域では、図 4(b) のようにドレッシング溝が干渉し、砥石表面に微細な凹凸形状が創成される。これにより、 U_d の増加に対して、砥石表面の変化が小さくなったためであると考えられる。

以上より、 U_d を用いることで、ドレッシング条件の違いが砥石表面状態に及ぼす影響を定量的に評価できることがわかった。

6. ドレッシング条件が実研削に及ぼす影響

砥石表面状態の違いが研削仕上面粗さ Rz と加工時の法線抵抗 F_n に及ぼす影響について検討した。図 5 に併せて示している研削仕上面粗さ Rz と a の関係と、図 6 に併せて示している法線抵抗 F_n と ε の関係に着目すると、それぞれ傾向は非常に酷似している。すなわち、砥石表面を測定すれば、前加工無しに研削仕上面粗さや加工時の法線抵抗を予測することが可能となる。

また両図より、 $U_d=1$ 付近では F_n が小さいため、粗研削に適しており、 $U_d < 0.5$ または $U_d > 1.5$ では、研削仕上面粗さが良好なため、仕上げ研削に適しているといえる。以上より、 U_d を適切に制御しドレッシングを施すことが重要であると明らかとなった。

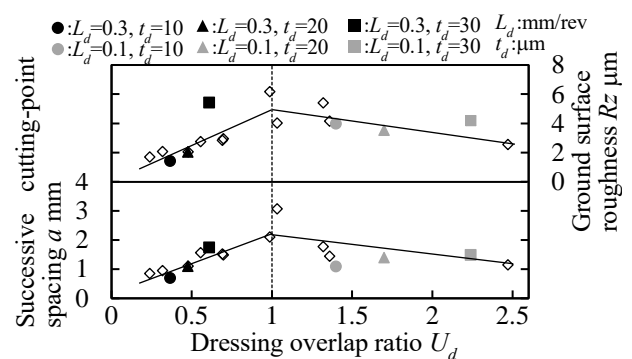


Figure 5. Relationship between successive cutting-point spacing and ground surface roughness

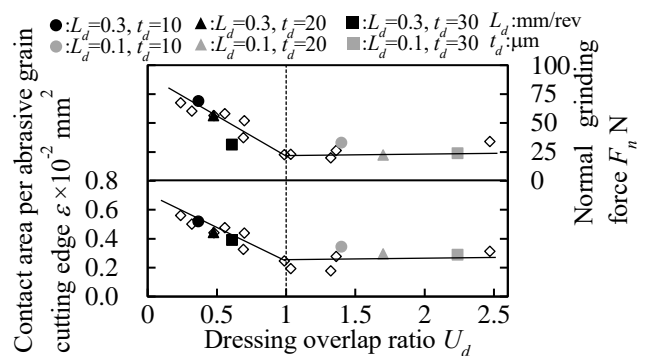


Figure 6. Relationship between contact area per abrasive grain cutting edge and normal grinding force

7. 結 言

- ・ オーバーラップ比 U_d を用いることで、ドレッシング条件と砥石表面状態の関係を定量的に評価できた。
- ・ U_d を適切に制御することで、研削仕上面粗さの向上や、法線抵抗の低減を実現することができる。

8. 参考文献

[1] 小林輝夫, 機械工作法入門, 理工学社, (1991)175.
 [2] 内田元, 山田高三, 三浦浩一, 李和樹, 測定後高さ検出法を用いた砥石表面形状の測定に関する研究, 砥粒加工学会誌, 64, 3 (2019) 140-145.