

砥石作業面の3次元解析システム開発

松尾 修二*¹, 川下 智幸*²

*¹ 佐世保工業高等専門学校技術室, *² 佐世保工業高等専門学校電子制御工学科

要旨

現在、砥石を用いる生産現場では、砥粒切れ刃の分布や突き出し量の解析が工作物の品質や砥石寿命の判定に重要な役割を果たすことをメーカー、ユーザーともに認識しているにもかかわらず砥石作業面の砥粒切れ刃分布や砥粒の突き出し量の解析は積極的には行われていない。この現状から砥石作業面の砥粒切れ刃の分布・形状を正確に計測することが可能となれば加工仕上げ面の良否や砥石寿命の判断も可能となり研削工程の効率化、高精度化につながると考えられる。本研究では開発した砥粒切れ刃の3次元計測システムを用いて、研削過程での砥粒切れ刃の変化形態を追跡解析した。その結果、本計測法を用いることで砥粒切れ刃表面層の破壊形態を計測、解析できることが分かった。

1. 緒言

加工表面が砥粒切れ刃の転写型で形成される場合、その加工表面の凹凸形状は砥粒切れ刃の分布・形状に左右される。従って高平滑加工を実現するには砥石作業面の砥粒切れ刃表面層の状態を数値的に解析する必要がある。このようなことから本研究では、開発した砥粒切れ刃3次元システム^{1)~7)}を用いダイヤモンド砥石とCBN砥石を用い、研削過程での砥粒切れ刃表面層の追跡解析を行ったので以下に報告する。

2. 実験装置及び砥石作業面の3次元計測システム

図1に実験装置の外観を示す。砥石作業面画像は、砥石軸上部に固定したマイクロ스코ープからインターフェースボードを介してコンピューターへ取り込み、画像処理を行うことで砥粒切れ刃の分布・形状や突き出し量を検出する^{1)~5)}。砥石全体の作業面において、マイクロ스코ープの上下方向(Z軸)、砥石軸方向(X軸)および砥石回転方向(回転軸)は、それぞれリニア式、ロータリー式のエンコーダを取り付け、作業面とマイクロ스코ープの位置関係を μm 単位で管理し表示している。これにより研削過程でも同一作業面、同一砥粒切れ刃を正確に追跡計測することができる。

表1、表2に画像処理の装置仕様および実験条件を示す。画像は、680×480画像、1画素あたりR、G、B(赤、緑、青)それぞれ8ビットの濃度階調を持つフルカラー画像で、解析ソフトでは原画像と画像処理後の画像を、同時に毎秒5フレーム弱の速度で処理・表示している。画像処理による砥粒切れ刃解析の主な流れは、(1)メディアンフィルタによる平滑化の有無(2)色相、明度、彩度のヒストグラムから選択し、適切なしきい値設定の2値化処理(3)雑音の除去と補正(4)数値解析により作業面状態の数値化; かななる一連の処理を行っている。研削加工は、(株)岡本機械製作所製の平面研削盤を用いた。工作物にダイヤモンド砥石の場合はSiC、CBN砥石の場合はSKD11の焼き入れ材を使用している。両砥石とも表2に示す条件で目直し、形直しを実施し、同一設定条件下で研削を行い、同一砥石作業面の砥粒切れ刃を3次元で計測解析した。また、工作物の仕上げ面粗さ(3次元計測器:WYKO)や研削抵抗などの計測も一部で行った。



Fig.1 View of experimental apparatus

Grinding machine	Okamoto Machine Tool Work, Ltd PSG-52DX
Grinding wheel	SD1400100M $\phi 250 \times 10$ (width) mm CBN1400100M $\phi 250 \times 10$ (width) mm
Truing	Multipoint diamond truer SD100P (30×30) Wheel speed: $V_t = 20 \text{ m/s}$ Table speed: $v_t = 2.55 \text{ mm/rev}$ Depth of cut: $t_t = 5 \mu\text{m/pass}$
Dressing	WA stick #320 Wheel speed: $V_d = 20 \text{ m/s}$ Table speed: $v_d = 0.033 \text{ mm/s}$ Depth of cut: $t_d = 50 \mu\text{m/pass}$
Grinding	Workpiece: SiC (HP) : SKD11 HV=800 Wheel speed: $V_g = 20 \text{ m/s}$ Table speed: $v_g = 0.033 \text{ mm/s}$ Depth of cut: $t_g = 1 \mu\text{m/pass}$ Coolant fluid: Soluble (1/50 in water)

Microscope	VH-Z Series Keyence Corp. diameter X 100~1000	
Personal Computer	Dell LATITUDE D520 CPU: Celeron M 1.73GHz RAM:SDRAM 1GHz	
Capturer-board	THE IMAGESOURCE DFG/USB2-It	
OS Development Language	Microsoft Windows XP Pro Microsoft Visual C# 2005	
Position Control	Position precision	
	X-Axis	1 μm
	Z-Axis	1 μm
Rotation-Axis	360° / 4096	

3. 実験結果および考察

図2にダイヤモンド、CBN両砥石において研削過程で同一砥粒切れ刃を追跡し計測解析した結果を示す。画像から切れ刃を抽出した2値化画像より、画像内における砥粒切れ刃逃げ面が占める面積を砥粒切れ刃面積率(%)として解析し原画像と同時に示す。図のようにダイヤモンドの場合は、研削が進むにつれて逃げ面が平坦部を形成しながら増加することから増加している。破壊は、逃げ面の端面部から比較的大きなものがみられる。CBNの場合は、原画像および画像処理による解析結果のから判断しても、研削課程では切れ刃逃げ面が増加しつつ、同時に逃げ面内で細かな破壊を繰り返していることがわかる。このような現象は、1個の砥粒内で発生する自生発刃作用とも言える。その逃げ面の凹凸を計測したところ5~10μmの比較的浅い凹凸であることがわかった。この解析結果から、今回用いた砥粒の粒径は約100μmではあるが、1個の砥粒の中で複数個の砥粒切れ刃として研削に参与していることが考えられる。図3は、ダイヤモンド、CBNの砥粒切れ刃表面層の形態を模式図で示したもので、逃げ面は、ダイヤモンドは平坦で、CBNの場合は、5~10μmの凹凸を形成していることを表している。図4は、研削過程における平均砥粒切れ刃面積率(\bar{a}_v)を示したものである。ダイヤモンドの場合は画像(0.72×0.96mm²)72枚、CBNの場合は画像(0.27×0.36mm²)144枚を用いて解析し平均値(\bar{a}_v)を求めている。ダイヤモンドの場合は、研削が進む過程で増加し、CBNの場合は、ほぼ一定値を示していることが図から読み取れる。CBNの場合、図2で示した砥粒切れ刃の変化形態と図4が示す傾向とを比較しても、切れ刃の面積の割合は増加しないと考えられる。なおCBNの場合、研削抵抗を研削過程で計測したところ、ほぼ一定値を示した。また、工作物仕上げ面粗さは約R_a=0.25μmと同じ値を示した。ダイヤモンドの場合は研削過程で仕上げ面粗さの向上⁸⁾がみられ、この違いは研削に關する砥粒切れ刃の割合が影響していると考えている。

今回、開発した計測システムを用いることで研削に關する砥粒切れ刃表面層の細かい破壊形態まで定量的に数値化できることがわかった。今後は、このような砥粒切れ刃形状が転写型で形成される仕上げ面粗さの凹凸形状にどのような影響を及ぼすのか、検討を進めるなど数値化した砥粒切れ刃の情報の有効活用法を明らかにすることで本計測システムの普及に努めたい。

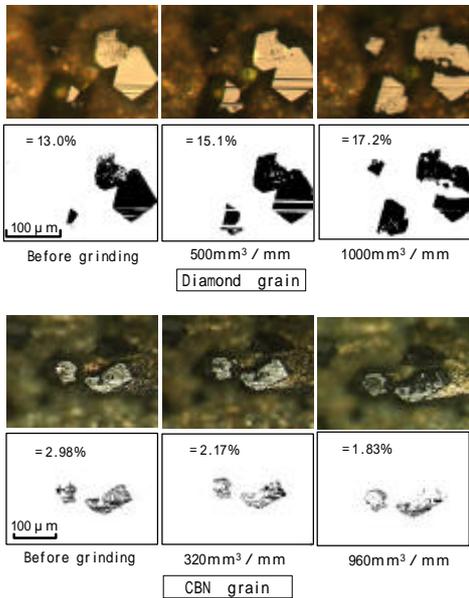


Fig. 2 Change of cutting edges in the grinding process

参考文献

- 1) 川下智幸, 久留須誠, 他(出願番号 2006-090495), 2006.3.29
- 2) 川下智幸(日本権利化特許第3793810号), 2006.4.21
- 3) Tomoyuki Kawashita; 米国権利化(US7068378 B2), 2006.4.24
- 4) 川下智幸(日本権利化特許第3668777号), 2005.4.22
- 5) Tomoyuki Kawashita; 米国権利化(US6939201 B2)2005.9.6
- 6) 川下智幸, 久留須誠, 安井平司, 岡本政彦, 画像処理による砥石作業面トポグラフィの3次元計測に関する研究(第1級) 砥粒加工学会, 52, 1(2008), 40-45
- 7) 川下智幸, N/C工作機への搭載を目標とした3次元砥粒切れ刃計測システムの開発, 砥粒加工学会, 52.9(2008), 547-548.
- 8) 久留須誠, 川下智幸, 他: 粗粒ダイヤモンド砥石による光学ガラスの延性モード研削加工に関する研究, 砥粒加工学会 50.7(2007), 403-408

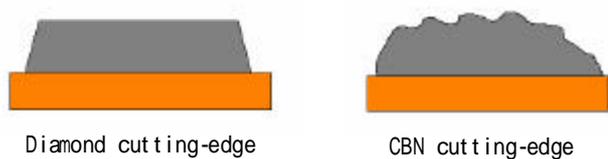


Fig. 3 Illustration of cutting edge

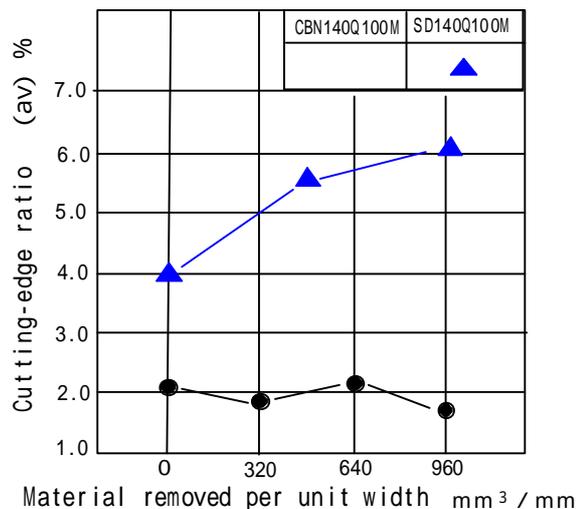


Fig. 4 Change in cutting edge ratio with material removed per unit width

