

平成 30 年 5 月 24 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420051

研究課題名(和文) 切削に匹敵する大切込みと目詰まり防止を特徴とする超硬研削用カップ型砥石の開発

研究課題名(英文) Development of cup type grinding wheel for cemented carbide feature of deep depth of cut compare to cutting and anti grazing

研究代表者

藤原 貴典 (FUJIWARA, Takanori)

岡山大学・研究推進産学官連携機構・教授

研究者番号：20274011

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：超硬を工作物として、砥粒の冷却性に優れる電着ダイヤモンド砥石を用いて、正面研削加工を行う場合の研削過程を、研削抵抗、圧力の次元を持つ研削抵抗分布、砥石作用面性状観察、付着物のEPMA分析、仕上げ面粗さ測定などを解析することにより、大切込み研削が可能な砥石設計に資する情報を実験的に得た。

その結果、送り速度一定で設定砥石切込み量を大きくすると定常状態が発現せず、砥石底面コーナーRと平坦部の境界近くの平坦部に切りくずが付着すること、抵抗分布はピーク値が低減すると同時に幅がブロードになることが明らかになった。砥石切込み量を一定にして砥石送り速度を変化させた場合も同様である。新型砥石を2種試作した。

研究成果の概要(英文)：In the face grinding processes of cemented carbide with diamond plating grinding wheel, which is superior in cooling characteristics, it is obtained that information to design of the new type grinding wheel to deep cut grinding experimentally, with the analysis of grinding state, by measuring of such as grinding force, grinding force distribution which has pressure dimension, observation of grinding wheel surface, EPMA analysis of adhesive material on the grinding surface of the wheel, surface roughness and so on.

As a result, when feed rate is constant, and it added setting depth of the cut, a steady state did not develop, and, the adhesive material due to grinding chip distribution at bottom of grinding wheel near land corner R, it became clear that peak value reduced and also width of peak became broad. In the case of setting depth is constant and it added feed rate, grinding results are similar. And two prototypes of grinding wheels for deep depth of cut grinding are produced.

研究分野：研削加工

キーワード：超硬 電着ダイヤモンド砥石 研削抵抗 研削抵抗分布 砥石作用面性状 切りくず付着 構成刃先

1. 研究開始当初の背景

(1) 超硬は高温強度および硬度が高いことから金型の他、機械構造用部品に多く用いられている。超硬の加工法には、放電加工と研削加工が用いられているが、いずれも加工精度は高いものの、加工能率が低く、生産性が低いという欠点がある。

(2) 研削加工の場合、砥石作用面に付着する切りくずによる目詰まり現象が発生して、研削抵抗の増大を招き、研削系の弾性変形量に起因する切残し量が增大する結果、加工精度が低下する。

(3) もしも、目詰まりを防止して、切削加工と同程度の大切込み量研削が実現すれば、加工能率を飛躍的に向上させることが出来、我が国工業界に大きな便益を提供することが出来る。

2. 研究の目的

(1) 新たに圧力の次元を持つ研削抵抗分布という概念を導入し、工作物と干渉する砥石作用面上のどの位置で、どの程度の研削圧力が発生するのかを明らかにする。

(2) このため、砥石作用面上の異なる位置で研削して、中央部と両側部での研削抵抗分布の発生状況を明らかにする。

(3) つづいて、砥石中央部で研削する場合について、砥石送り速度を固定して、設定砥石切込み量を変化させる場合の研削抵抗、研削抵抗分布、砥石作用面性状および付着物のEPMA分析、砥石摩耗量の解析を行い、設定砥石切込み量の増加に対する研削結果に及ぼす影響を明らかにする。

(4) さらに、砥石中央部で研削する場合について、設定砥石切込み量を固定して、砥石送り量を変化させる場合の研削抵抗、研削抵抗分布、砥石作用面性状および付着物のEPMA分析、砥石摩耗量の解析を行い、砥石送り量の増加が研削結果に及ぼす影響を明らかにする。

(5) (3) および (4) の結果から、砥石作用面上に付着する切りくずの影響を検討し、切りくずの付着を防止する砥石構造を案出し、試作を行う。

(6) 試作した新型砥石を用いて、設定砥石切込み量 $\Delta = 1.5\text{mm}$ を目標として、大切込み研削実験を行い、研削抵抗、研削抵抗分布、砥石作用面性状、仕上げ面粗さ、砥石摩耗量などを実験的に観測することで、開発した大切込み用砥石の性能を評価することを目的としていた。

3. 研究の方法

(1) まず、砥石作用面上の研削位置を変えながら加工することにより、作用面上の研削抵抗分布を解析して、研削現象との対応を明らかにする。

(2) つづいて、砥石中央部で研削する場合について、砥石送り速度を一定として、設定砥石切込み量を変化させて加工能率を増加

させる場合の研削抵抗、研削抵抗分布、砥石作用面性状および付着物のEPMA分析、砥石摩耗量の解析を行う。

(4) さらに、砥石中央部で研削する場合について、設定砥石切込み量を固定して、砥石送り量を変化させる場合の研削抵抗、研削抵抗分布、砥石作用面性状および付着物のEPMA分析、砥石摩耗量の解析を行う。

(5) 新型砥石構造の着眼点を検討する。すなわち、工作物に干渉する砥石作用面のどの部位に切りくずが付着しやすいのかを検討し、研削液吐出孔の数、配置を勘案すると共に、そもそも切りくず付着は切りくずが高温になって軟化し塑性流動を起こしやすい状態で発生することから、研削点の温度上昇を抑制できるように砥石・砥粒の放熱性に配慮する。そして新型砥石を試作する。

(6) 新型砥石を用いて、 $\Delta = 1.5\text{mm}$ を目標として、砥石送り速度を一定として設定砥石切込み量を変化させて、研削性能の変化の様態を明らかにする。設定砥石切込み量を $= 1.5\text{mm}$ で一定にして、砥石送り速度を変化させて研削性能の変化の様態を明らかにし、さらには大負荷がかかった状態での研削抵抗分布と砥石作用面上の砥粒の摩耗形態を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 下図のように砥石の干渉領域を5分割して研削を行い、研削抵抗分布を明らかにした。

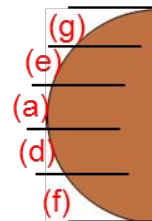


図1 砥石作用面上の研削位置

その結果、図2に示す研削抵抗分布を得た。図より、砥石中央部で抵抗分布は高いピークを示し、幅も狭い。砥石外周に移行するに従って、ピーク値は低減し、ブロードになることが明らかになった。砥石作用面に印可される負荷を考えると、砥石両側部では研削抵抗が小さく、抵抗分布も小さいことから、砥粒に加わる負荷は小さく、砥石摩耗と仕上げ面粗さも小さいことが予測される。一方、中央部ではピーク値は高く、幅もブロードになっており、かなり広い領域で研削抵抗を分担していることが分かる。ピーク値が発生する箇所では砥石摩耗が大きく、仕上げ面粗さも大きくなることが予想される。このように、砥石1円周に渡っても、研削作業の様態が異なることが理解出来る。

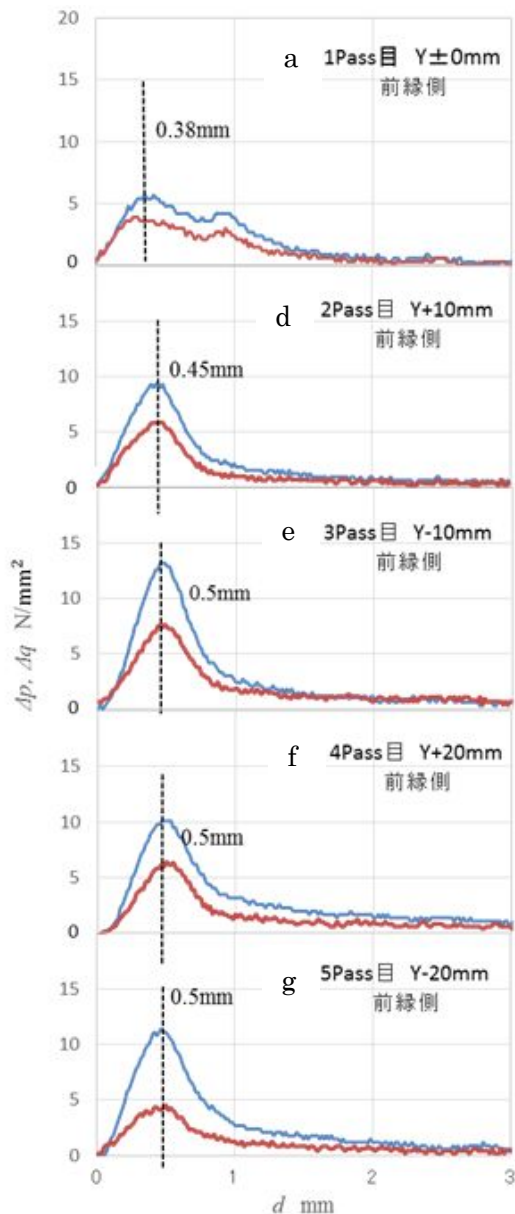


図2 砥石作用面の位置による研削抵抗分布の変化

(2) 設定砥石切込み量の影響：送り速度を $V_f=100\text{mm}/\text{分}$ に固定して実験を行った場合の、設定砥石切込み量の増加に対する研削抵抗分布の変化を示す。

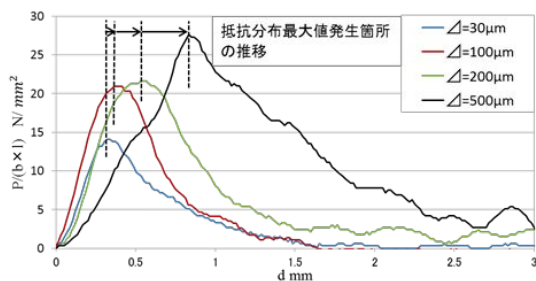


図3 設定砥石切込み量に対する研削背分力分布の推移

この図より、砥石切込み量が増加すると研削抵抗分布のピーク値は、実干渉量が増えているために増大すると共に幅がブロードになり、ピーク位置が後方すなわち砥石中心部側へシフトしている。 $\Delta=50$ ミクロンのピーク

値はおよそ砥石底部のコーナー R と平坦部の接続部近傍である。 $\Delta=500$ ミクロンでの砥石作用面 SEM 写真を示す。

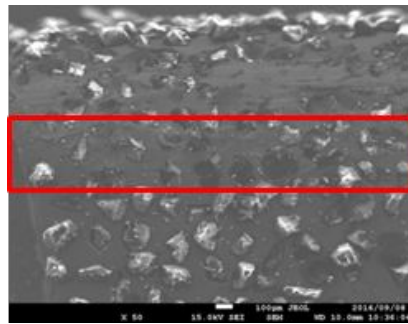


図4 $\Delta=500$ ミクロンでの砥石作用面観察
図中の赤枠は、研削抵抗分布の半値幅領域を示す。図より、砥石作用面上の付着物は、半値幅領域よりも上方すなわち砥石底部のコーナー R と平坦部の接続部近傍に見られることが分かる。

(3) 砥石送り速度の影響：設定砥石切込み量を $\Delta=100$ ミクロンに固定して、送り速度を変化させた場合の研削抵抗分布を示す。

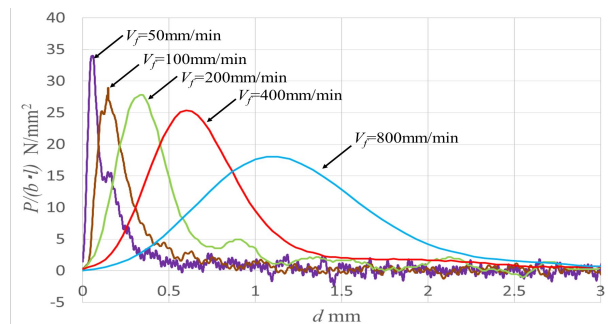
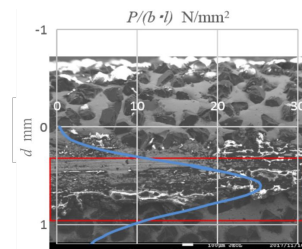
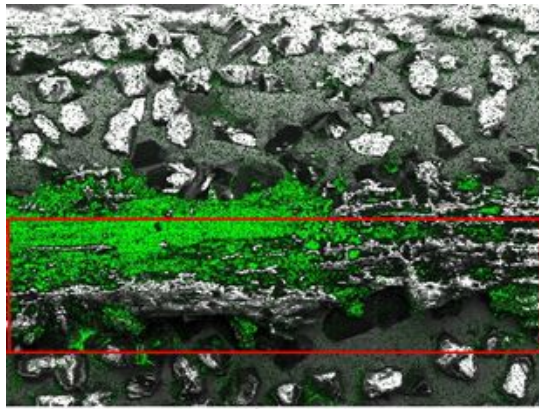


図5 設定砥石切込み量に対する研削背分力分布の推移

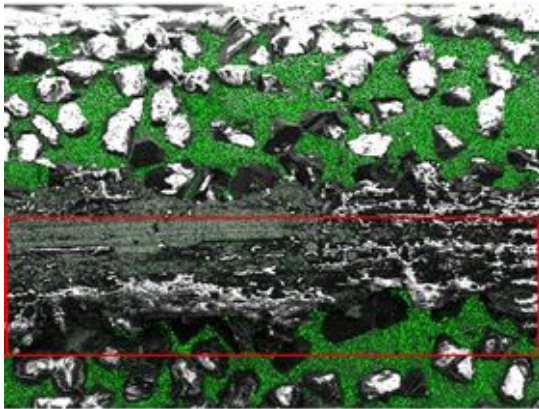
図より、送り速度を増大すると、実干渉量は増加しているが、抵抗分布最大値発生箇所が砥石内周部近傍に移行しており、ピーク値は減少し、ピーク幅はブロードになっている。これは、送り速度の増大により、工作物の移動が早くなることで砥石と工作物干渉開始領域での切残し量が増加し、また、砥石と超硬の間で発生する研削熱量が大きくなって、砥石底部と干渉する工作物の材料強度が軟化するためだと考えられる。つぎに、 $V_f=400\text{mm}/\text{分}$ の砥石表面観察画像を示す。



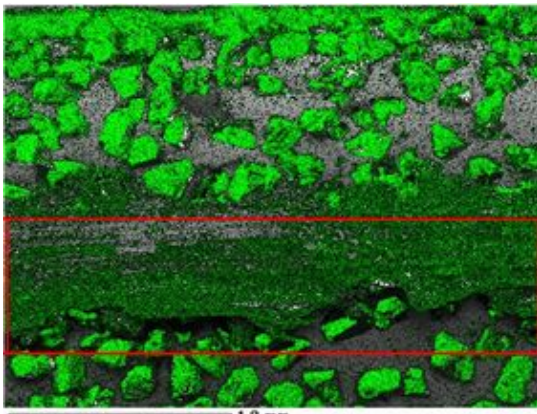
(a)砥石表面 SEM 像と研削抵抗分布



(b) W



(c) Ni



(d) C

図6 $V_f=400\text{mm/min}$ の砥石表面観察画像
 図中 (a) に背分力分布を重ねて描く。(b) のWは超硬切りくず由来の付着物を、(c) はニッケル電着結合材を、(d) はダイヤモンド砥粒由来のCの分布を示す。赤枠で囲まれた領域が抵抗分布ピーク値半値幅領域である。この場合はたまたま半値幅領域と、明らかに切りくず由来のW付着領域が接近しているが、その他の条件の砥石作用面観察より、ここでも砥石底部のコーナーRと平坦部の接続部(の平坦部側)に切りくずが付着していることが明らかになった。

定量分析より、砥石に付着した超硬の成分であるW, Coの質量割合(%)の観察領域の総

和は、50mm/分:2.26%、100mm/分:1.18%、200mm/分:1.21%、400mm/分:6.93%、800mm/分:5.64%であった。なお、送り速度400mm/分以上になると砥石作用面上に切りくずの付着が目視で確認できた。

以上の結果より、検索条件が過酷になるほど研削抵抗分布のピーク幅はブロードになるが、切りくずの付着は砥石底部の際に発生することが明らかになった。

そこで、新型砥石としては、コーナーRを廃して傾斜したテーパ面とし、テーパ面と底面の接続部近傍に研削液が集中的に吐出するように、研削液供給孔を設けた。また砥粒の平均間隔を粗大にするため、正三角形の頂点に砥粒を配置できるロウ付け砥石と、間隔を粗大にすることと砥粒の表面積を増大させて冷却性・放熱性を高めるため粗大粒の#50ダイヤモンド砥粒を電着した砥石の2種類を試作した。研削試験は今後行う。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Takanori Fujiwara, Shinya Tsukamoto, Kazuhito Ohashi and Takashi Onishi, Study on Grinding Force Distribution on Cup Type Electroplated Diamond Wheel in Face Grinding of Cemented Carbide, 査読有り, Advances in Abrasive Technology XVII, Advanced Material Research, vol1017, Trans Tech Publications (2014.9), p 9-14.

〔学会発表〕(計 3 件)

藤原貴典, 辻野駿志, 児玉紘幸, 大西孝, 大橋一仁, 塚本真也, 超硬の縦軸正面研削における研削抵抗分布に及ぼす送り速度の影響, (2018.03), 2018年度精密工学会春季大会講演論文集 CD-ROM, B07.

藤原貴典, 平松弘大, 橋口拓郎, 大西孝, 大橋一仁, 塚本真也, 超硬の正面研削における砥石作用面上に発現する研削抵抗分布に関する研究 (2017.03), 2017年度精密工学会春季大会講演論文集 CD-ROM, B62.

藤原貴典, 平松弘大, 大橋一仁, 大西孝, 塚本真也, 縦軸正面研削の研削抵抗分布と寸法生成過程に関する研究, 2015年度日本機械学会年次大会 [G130-02] 生産加工・工作機械部門一般セッション(2) (2015.09) 講演論文集 CD-ROM G1300204.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等：無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 貴典 (FUJIWARA, Takanori)
岡山大学・研究推進産学官連携機構・教授
研究者番号：20274011

(2) 研究分担者

大橋 一仁 (OHASHI, Kazuhito)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：10223918
大西 孝 (ONISHI, Takashi)
岡山大学・大学院自然科学研究科・助教
研究者番号：90630830

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()