

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 2 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560126

研究課題名(和文) 微粉ダイヤモンド砥石の機能性マイクロチップポケット付加技術の開発

研究課題名(英文) Development of functional micro chip-pockets on fine-graded diamond wheel

研究代表者

大橋 一仁 (Ohashi, Kazuhito)

岡山大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：10223918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：研削による目づまりによって切れ味を失ったレジノイドボンドの微粉ダイヤモンド砥石に対して、粘着テープを転圧、はく離することによってチップポケットに堆積した切りくずを除去し、切れ味を回復する技術を開発した。また、目詰まりした砥石表面にドライアイスの微粒子を高圧で噴射させることによってもより高能率に切れ味を回復させることができた。なお、切れ味回復後に実施した砥石表面へのフッ素樹脂塗布処理は、目づまりの抑制に十分な効果を上げることができなかった。

研究成果の概要(英文)：A regeneration technology of grinding performance of loading fine-graded resinoid bond diamond wheel is developed in this study. In the developed technology, adhesive films are peeled from loading wheel surface to remove loading chips after press films on loading wheel surfaces. Furthermore the dry ice powder blasting achieves the regeneration of grinding performance with more efficiency, too. On the other hand, the coating of fluoroethylene resin on the wheel surface after the regeneration technology of grinding performance doesn't achieve to control wheel loading enough.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・生産工学・加工学

キーワード：ダイヤモンド砥石 チップポケット

1. 研究開始当初の背景

近年、低酸素社会の実現に向けてさまざまな分野において精密機器あるいは精密機械のエネルギーロスの低減が図られている。その一つの方策として、機器や機械を構成する部品の高精度加工による表面の高品位化が挙げられる。そのためには、微小粒径の砥粒を用いた砥石を採用することが不可欠となるが、砥粒径が小さくなると必然的に砥石表面のチップポケットが小さくなるため、砥石の研削性能を持続させることが困難になる。これまでに、微粉砥石のドレッシング技術開発が試みられているが、これまでに効果が確認され、実用化されているのは、電解によって常に結合材を除去しながら研削加工するELID 研削法に代表される。しかし、この方法は原理上、導電性を有するメタルボンド砥石を使用することが不可欠であるため、砥粒切れ刃の支持剛性は大きく、表面の高品位化には不利であるといえる。また、金属材料の研削においては、ドレッシングの電解作用が工作物にも及ぼされ、表面特性の劣化を招くことが懸念されている。したがって、レジノイドボンドやビトリファイドボンドを用いた微粉砥石にも有効な高精度ドレッシング法の開発が重要な課題となっている。微粉砥石の寿命を増大させることを重視すれば、チップポケットをできる限り大きく、深くすることが望ましいが、これによって作用する砥粒切れ刃数が減少するため、仕上面品位の劣化は免れない。一方で、仕上面品位の向上を偏重すれば、砥粒切れ刃数を十分確保する必要があるため、チップポケットの形成が不十分となり、早期の目詰まりによる砥石寿命の減少が生じることになる。

そこで本研究では、微粉ダイヤモンド砥石による高平滑仕上面を高効率に加工することを実現するため、微粉砥石作用面の目詰まり

を抑制しつつ、砥粒切れ刃の作用形態を最適化し研削性能を高度に維持する機能性マイクロチップポケットを生成する技術の開発を着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、まずマイクロチップポケットの生成形態と微粉ダイヤモンド砥石の接触状態との関係を解明する。すなわち、砥石表面トポグラフィからチップポケットの規模を統計的に評価し、工作物との接触圧力、砥粒切れ刃の干渉深さとの関係を明らかにするとともに、チップポケット形成の効率化を検討する。その結果を基に、チップポケット表面の機能化改質技術の開発を試みる。チップポケット表面と被削材との親和性を評価し、目詰まりの抑制に必要なボンド表面特性を明らかにするとともに、砥石表層への機能改質剤浸透によって生成したマイクロチップポケットの特性を評価する。さらに、試作した機能性マイクロチップポケットを付与したダイヤモンド砥石の研削性能を評価し、理想的砥石表面を生成するための指針を得ることを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 粘着法によるチップポケット生成法

図1に、粘着テープを用いたドレスレス切れ味回復法を採用した目づまり切りくず除去装置と切りくず除去過程を示す。まず、目づまり砥石を直動ステージ上に設置された回転テーブルに固定する。次に、砥石表面上に粘着テープを配置し砥石を回転させながら、ウレタンゴム製の転圧ローラにより、所定の荷重で粘着テープを目づまりした砥石表面に押し付ける。この際、砥石の回転とともに、直動ステージを所定の速さで駆動させることで粘着テープを砥石表面へ均一に密着させる。続いて、砥石の回転を止め、粘着テープの端

を固定具にセットし、ステージをテープ押付け時とは逆方向に所定の速度で駆動させて粘着テープをはく離することで砥石表面から切りくずを除去する。主な実験条件は以下のとおりである。

研削砥石：SD1000B

粘着テープ：ニチバン405

転圧ローラ：ウレタンゴム (φ35x25mm, HRA50)

転圧荷重：131N

転圧速度：0.085-0.68m/s

総転圧時間：0.076-0.61s

はく離速度：0.66m/s

処理回数：1-3回

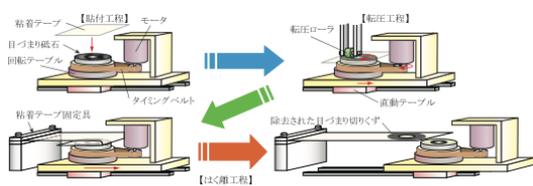


図1 粘着法による切りくず除去法

(2) ドライアイスブラスティングによるチップポケット生成法

図2にドライアイスブラスト装置を用いたカーボン研削砥石表面の切りくず除去実験法の概略を示す。ドライアイスは、ドライアイスブラスト装置により液化CO₂から生成され、アシストガスの圧力によってノズルから噴射される。そのブラスト処理を一軸ステージに固定したカーボン切りくずの付着した砥石表面に対して実施した。主な実験条件は以下のとおりである。

液化CO₂供給量：0.01-0.5kg/min

アシストガス圧力：50-500kPa

スタンドオフ：1mm

走査速度：20mm/s

噴射角度：90°

なお、チップポケットの生成効果は、レーザ顕微鏡により得られた砥石表面の形状から求めた砥粒突出高さ（チップポケット深さ）ならびにそれを反映する表面粗さのパラメー

タSPaにより評価した。

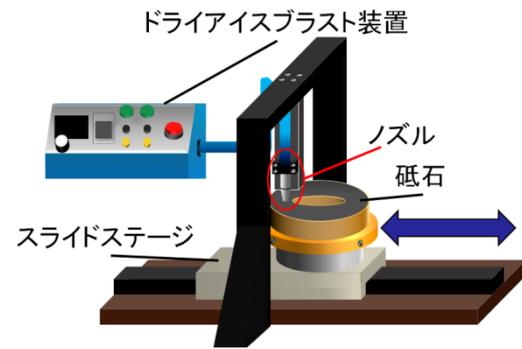


図2 ドライアイスブラスティングによる実験法の概要

4. 研究成果

(1) 粘着法による切れ味回復効果

図3は、粘着法の処理回数による砥石表面のSPaの変化である。いずれのテープの転圧速度 v_p の場合も処理回数が増えるに従い、SPaが大きくなり、目詰まり切りくずの除去によりチップポケットが生成されていることがわかる。処理回数が増加するとSPaは増加するが、チップポケットがある程度生成されるとほぼ一定になる。この結果から、低い転圧速度の方が、1回の処理によるSPaの増加量が多く、チップポケット生成効果は大きいことがわかるが、処理能率の観点からすれば、低い転圧速度の条件は不利となる。

そこで、処理能率と処理能力の両観点から、粘着法による最適な処理条件を検討した。図4は、目詰まり状態の砥石に対して、転圧時間を変化させて処理した場合のSPaの変化を示す。まず、1回目の処理では、転圧時間が0.15sまでは転圧時間の増加によりSPaは増加するが、それより長くなってもSPaの増加に効果は確認されない。次に、転圧時間0.15sで処理した砥石表面に対して2回目の処理を転圧時間を変化させて実施した表面のSPaを△で示す。この場合も1回目の処理と同様に転圧時間が0.15sが最も効果的であることがわかる。さらに、その条件で処理した砥石表面に対し

て同様に3回目の処理を実施した結果(□で表示)では、転圧時間が0.6sまで転圧時間の増加とともにチップポケット生成効果が向上していることがわかる。したがって、高効率なチップポケット生成条件は、常に一定の転圧速度ではなく、転圧速度を制御することによって達成されることがわかる。

図5および図6は、それぞれ上記の最適条件で粘着法の処理を施した砥石でカーボンを連続研削した場合の材料除去量および表面粗さの変化過程である。比較のため、目づまりした砥石、ドレッシング後の砥石、溶剤でクリーニングした砥石による結果も合わせて示す。図に示すように、粘着法によるチップポケット生成処理を施した砥石は、ドレッシング後の砥石には研削性能が及ばないものの、溶剤を用いて目づまり切りくずを処理した砥石よりも優れた研削性能を示す。したがって、本提案法が目づまりといしの切れ味回復性能が有効であることが明らかとなった。

なお、粘着法によりチップポケット生成を実施した砥石表面に対して、フッ素樹脂を塗布することによってチップポケット表面への切りくず付着抑制機能の生成を試みたが、予想したほどの性能は認められなかった。

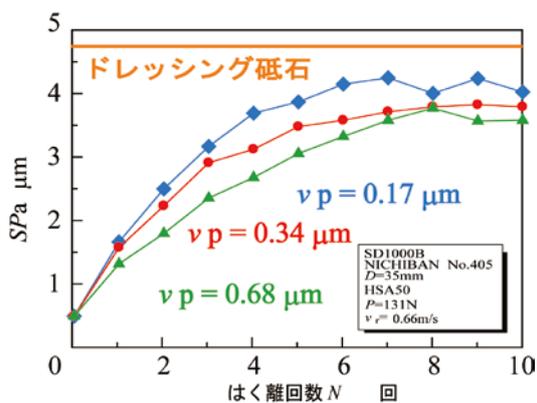


図3 粘着法の処理回数とSPaとの関係

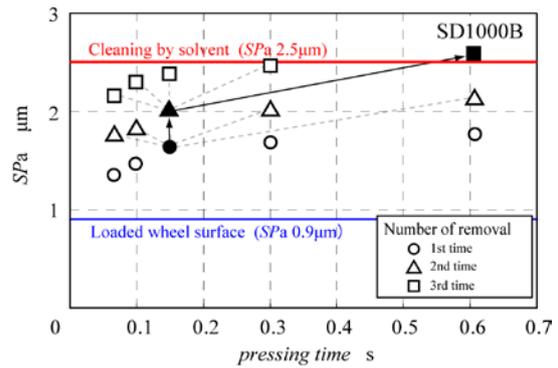


図4 チップポケット生成性能と処理能率

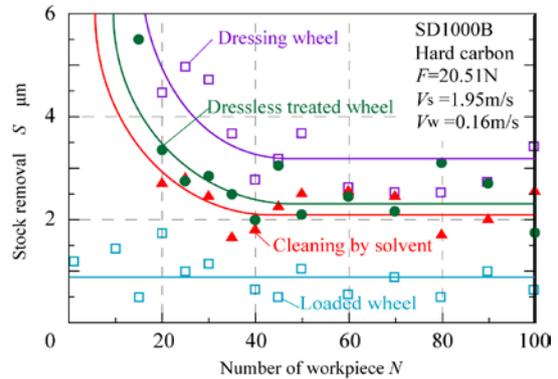


図5 処理砥石の材料除去性能

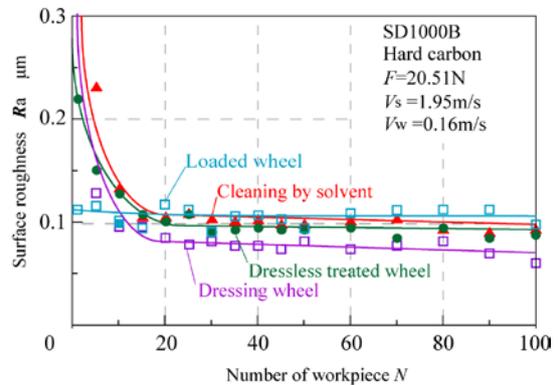


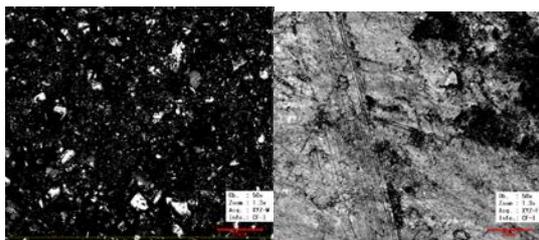
図6 処理砥石の表面粗さ改善性能

(2) ドライアイスブラストによるチップポケット生成効果

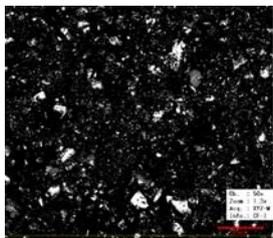
図7は、ドレッシング後、研削による目づまり時、ドライアイスブラスト後の砥石表面の観察例である。研削によって砥石表面に強固に付着したカーボン切りくずは、ドライアイスブラストによって除去されており、ドレッシングによる砥石表面性状に近いレベルまで切りくずが除去され、砥粒が突出していることがわかる。

図8は、ドライアイスブラストの噴射圧力と砥粒突出高さとの関係である。図に示すように、噴射圧力すなわちアシストガス圧が大きくなるに従って砥粒突出高さは大きくなり、チップポケットの生成能力が向上することがわかる。また、液化CO₂の供給量が変化しても、噴射圧力と砥粒突出高さとの関係に及ぼす影響は非常に小さいことがわかる。すなわち、本方式は、ドライアイスの供給量がわずかでも高能率な目づまり切りくずの除去が十分可能であり、環境への負荷が小さい。また、噴射圧力が150 kPa程度まで砥粒突出高さの値が大きくなり、それよりも高い圧力では増加傾向が緩やかである。

以上のことから、ドライアイスブラスト法は、目づまりした微粉ダイヤモンド砥石のチップポケット生成に有用であり、従来の研削工程の生産設備に組み込むことも容易であり、なおかつ粘着法に比べて砥粒突出高さのコントロール性が良好であることから、インプロセスで活用すれば、砥石における理想的な表面状態を維持したままの研削加工を実現可能であることが明らかになった。



(a) ドレッシング後 (b) 目づまり時



(c) ドライアイスブラスト後

図7 ダイヤモンド砥石表面の観察例

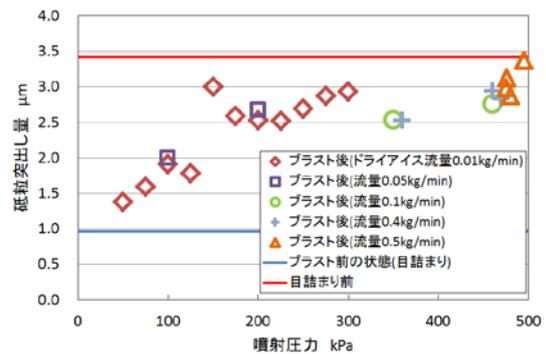


図8 噴射圧力と砥粒突出高さとの関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計2件)

①大橋一仁、大西 孝、藤田裕也、住元洋輔、塚本真也、カーボンの乾式研削における目づまり砥石のドレスレス切れ味回復法—第2報：目づまり砥石の切れ味回復効果—、砥粒加工学会誌、査読有、Vol. 55、No. 5、2011、pp. 284–289

②K. Ohashi, Y. Kawasuji, Y. Shinji, Y. Samejima, S. Ogawa and S. Tsukamoto, Fundamental Study on Setting of Diamond Abrasive Grains Using Electrostatic Force for Single-Layered Metal Bond Wheel, Advanced Materials Research, Vols. 565, 2012, pp. 40–45

〔学会発表〕 (計3件)

①大橋一仁、カーボンの乾式正面研削におけるドレスレス切れ味回復プロセスの高能率化、日本機械学会中国四国支部第50期講演会、2012年3月7日、広島大学工学部

②K. Ohashi, Fundamental Study on Setting of Diamond Abrasive Grains Using Electrostatic Force for Single-Layered Metal Bond Wheel, ISAAT2012、2012年09月26日、Singapore

③大橋一仁、SiCの表面仕上げにおける工作物対面摺合研磨加工法の提案、2013年度精密工学会中国四国支部広島地方学術講演会、2013年11月30日、広島県民文化センターふ

くやま

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大橋 一仁 (OHASHI KAZUHITO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：10223918

(2) 研究分担者

塚本 眞也 (TSUKAMOTO SHINYA)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：80163773