

メタルボンドダイヤモンド砥石のレーザドレッシング

レーザ・エア一体照射型ヘッドによるドレッシング特性

金沢大学大学院 吉田 剛, 細川 晃, 古本達明, 田中隆太郎, 上田隆司

Studies on Laser Dressing of Metal Bonded Diamond Wheel

—Dressing characteristics using integrated laser-air head—

Kanazawa University Takeshi Yosida, Akira Hosokawa, Takashi Ueda, Tatuaki Hurumoto, Ryutaro Tanaka

In this study, a pulsed-Nd:YAG laser beam is used as a non-contact thermal dressing tool for a metal bonded diamond wheel. In order to efficiently remove the bond material, it is necessary to direct air on the spot irradiated by the laser so as to blow away the molten binder before it solidifies again. Therefore an integrated laser-air head is designed in which laser beam and air jet are shot on the same axis. In grinding with the laser-dressed wheel, the grinding forces are almost the same as those for the conventionally dressed wheel.

1. 緒言

超砥粒砥石と称されるダイヤモンド砥石やCBN砥石は、従来の砥石と比較して耐摩耗性・耐熱性に優れているため、硬ぜい材料や焼入れ鋼の研削に使用される。しかしながら、その特性を有効に利用するためにはツルレーイングやドレッシングなどの砥石作業面のコンディショニングを周期的に行い、砥石の切れ味を維持しなければならない。しかしこの作業には多大な時間と労力を要し、生産能率上問題となっている。

このような背景の下、前報¹⁾ではNd:YAGレーザによるメタルボンドダイヤモンド砥石のレーザドレッシング法を検討し、レーザと同時にエアを吹き付けることによって、結合剤を効率的に除去できることを明らかにした。本法では、さらなる効率化と実用的な観点から、レーザとエアを同時に照射可能な一体型ヘッドを作製し、それによるドレッシング特性を検討している。

2. レーザドレッシング原理

ツルレーイング直後あるいは摩耗した砥石は砥粒が突出しておらず、ドレッシングによってチップポケットを生成させる必要がある。図1にレーザドレッシングの原理を示す。レーザ照射により砥石表面のボンド剤のみを溶融・飛散させることで砥粒を突出させる。結合剤と砥粒にNd:YAGレーザに対する吸収率が違うことを利用して結合剤のみを除去することが可能になる。レーザによるドレッシングは通常のドレッシングに比べてドレッシング時間が短く、また非接触であるためドレッシング抵抗による砥粒の損傷が生じない利点がある。当然ながらドレッサの磨耗も生じない。

3. ダイヤモンドホイールのレーザドレッシング実験

3.1 レーザ・エア一体照射型ヘッドについて

前報ではレーザを砥石表面に垂直に照射するとともに、エアを接線方向から吹きつけていた。しかしこの方法では結合

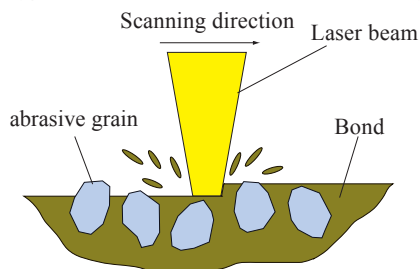


Fig.1 Principle of laser dressing

剤の溶融・再凝固層の残留や反射光によるレーザ本体への損傷などの問題点があった。そこで、図2に示すようにレーザ・エア一体照射型ヘッドを作製した。このヘッドを使用することによって、レーザとエアの出射点を高精度で一致させることが可能である。また、回転軸機構によって任意の角度でレーザを照射でき、砥石からの反射光によるレーザ本体への影響を防ぐこともできる。図2(b)にその先端部詳細図を示す。レーザとエアを同軸上で出射できるようになっている。

3.2 レーザドレッシング実験

実験装置の概略図を図2(a)に示す。パルス発振のNd:YAGレーザを角度 60° で照射している。レーザの単パルス痕が砥石全面を過不足なく覆うように、レーザパルス幅 τ 、発振周波数 f 、砥石回転数 N および砥石幅方向送り Δy を調整している。実験条件を表1に示す。またレーザドレッシング後、砥石表面の写真撮影による砥粒への熱損傷の有無および三次元プロファイル測定も行っている。

3.3 実験結果

図3にレーザドレッシング後の砥石表面の砥粒拡大写真を示す。この写真からレーザの熱影響による砥粒への熱損は確

Table1 Dressing conditions of laser dressing

Grinding wheel		SD120N75M (200×10×31.75mm)
Wheel revolution	N, rpm	326
Laser		Pulsed-Nd:YAG
Spot size	d, mm	0.743
Peak power	P, W	1672.6
Pulse duration	τ, ms	5.0
Frequency	f, Hz	1.25
Number of pulse	n	48
Operating parameters		
Transverse interval	$\Delta y, \text{mm}$	75
Air pressure	P_a, MPa	0.5
Angle of laser-air head	$\theta, ^\circ$	60

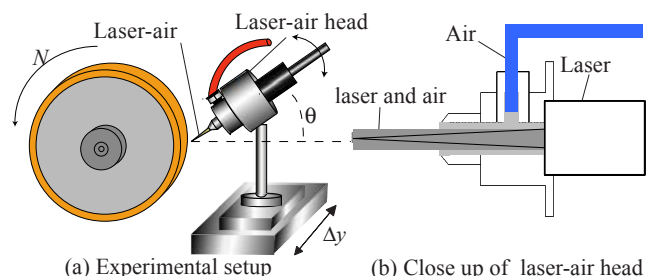


Fig.2 Procedure of laser dressing of metal-bonded grinding wheel

認められず、砥粒の脱落も極一部に抑えることができた。

図4にその三次元プロファイルを示す²⁾。レーザ照射によりチップポケット深さが20~30 μm の砥石表面状態が得られていることがわかるが、局部的に深い箇所もみられる。これはレーザの出力調整により改善可能である。

しかしながら再凝固層が局部的に残り、完全に除去するまでには至らなかった。これはレーザの照射角度を傾けたことによるレーザスポット内でのエネルギー密度の低下によるものと考えられる。ただ、レーザの反射光の影響を回避できること、レーザとエアの出射点を高精度で一致させることができ、かつ砥石回転方向に対するエアの効果もあり、これまで以上の研究結果が期待される。

4. 研削実験

4.1 実験方法

レーザドレッシング後の砥粒の把持力および砥石の性能を調べるため、HP-SiCの定切り込み湿式平面プランジ研削を行い、砥粒の脱落の有無および研削抵抗の測定を行い、従来の方法であるロータリードレッシングによるドレッシング法との比較・検討を行った。研削条件を表2に示す。

4.2 実験結果

図5に研削前後の砥石表面写真を示す。この写真より局部的に砥粒の脱落は確認できるものの、ほぼ残存していることより砥粒の把持力低下はないと認められる。

図6に研削抵抗の推移を従来のロータリードレッシングと比較とともに研削パス数毎に示す。接線方向に関してはロータリードレッシングによるものとほぼ同程度の抵抗値を得られたが、法線方向に関してはその値は若干高いものとなった。

これはレーザドレッシングの際の再凝固層除去が不十分であったことにより、研削実験の際、工作物表面での上滑り、チップポケットへの目づまりが進行したことによる影響と考えられる。今回は使用したレーザの性能の限界などから、照射条件をあまり変えることができず限られた実験条件下でのレーザドレッシングであり、このような結果になった。しかしながら、今回提案した方法によるレーザドレッシングの先見性は十分に見出せる段階に入ったといえる。

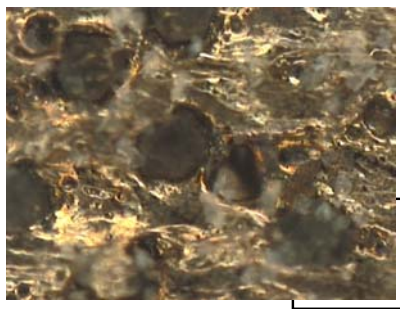


Fig.3 Macro photography of abrasive grain

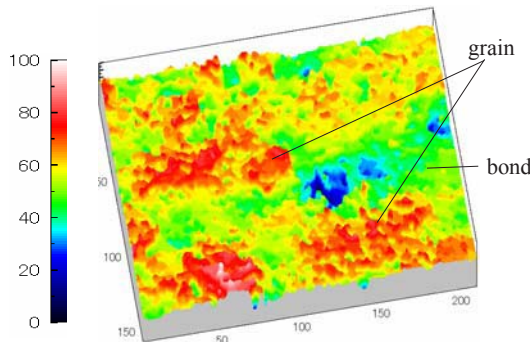


Fig.4 3-D topography

5. 結言

レーザ・エア一体照射型ヘッドを用いたNd:YAGレーザによるメタルボンダダイヤモンド砥石のレーザドレッシング実験を行い、以下の結果を得た。

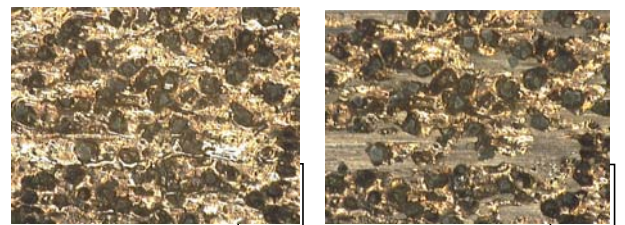
- (1) レーザ・エア一体照射型ヘッドによりレーザとエアの出射点を高精度で一致させることができる。また角度をつけて照射する事により砥石からの反射光の影響を回避することができる。
- (2) 今回の方法におけるレーザドレッシングでは、砥石表面の砥粒の熱損傷はみられず脱落もほぼなかった。また適切なチップポケット深さを得ることができ短時間で作業も可能である。
- (3) 研削実験より砥粒の脱落などもみられずその把持力は十分なものであり、一部レーザドレッシングによる再凝固層除去が不十分であったため従来のものと比較してもその法線方向の研削抵抗値は若干高いものとなったが、レーザそのものの性能やその照射角度の変化などにより改善の価値は十分にあると考えられる。

参考文献

1) 渡辺秀之：Nd:YAGレーザによる超砥粒砥石のサーマルドレッシング (社) 砥粒加工学会 北信越ハイテク加工研究分科会 研究・開発成果発表会講演論文集 (2006),61-62
 2) 川村満彦：砥石作業面の机上測定法に関する研究 (社) 砥粒加工学会 北信越ハイテク加工研究分科会 研究・開発成果発表会講演論文集 (2006),59-60

Table2 Grinding conditions

Grinding wheel	SD120N75M (200×10×31.75mm)	
Workpiece	HP-SiC	
Length	l_w , mm	50
Width	b_w , mm	8
Operating parameter		
Wheel velocity	v_s , m/s	25
Work velocity	v_w , m/min	10
Depth of cut	a , m	10
Grinding fluid	Water-based solution (1:50 in water)	



(a) After dressing (b) After grinding

Fig.5 Change of grinding wheel surface

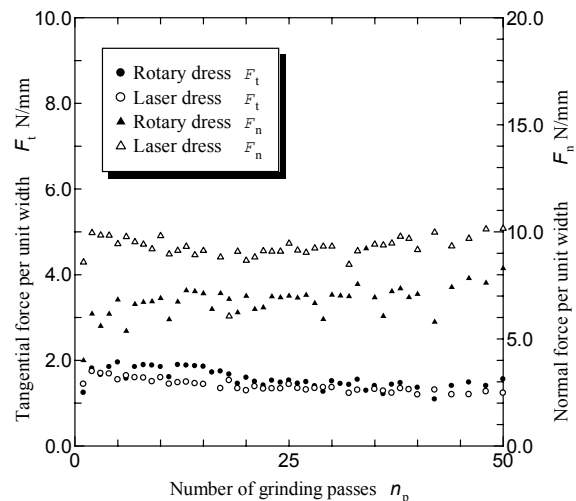


Fig.6 Change of grinding forces with grinding