

メタルボンドダイヤモンド砥石のレーザドレッシング パルス Nd:YAG レーザによる結合剤の除去過程

金沢大学大学院 細川 晃, 柚木 力, 上田隆司, 山田啓司, 田中隆太郎

Laser Dressing of Metal-Bonded Diamond Wheel —Metal removal process by pulsed Nd:YAG laser—

Kanazawa University Akira HOSOKAWA, Tsutomu YUNOKI, Takashi UEDA, Keiji YAMADA and Ryutaro TANAKA

This study deals with a laser dressing of a metal-bonded diamond wheel. Pulsed Nd:YAG laser is irradiated in order to remove the bond material. The influence of laser power, scanning speed and air assist on bond removal characteristics are investigated. In order to efficiently remove the bond material, it is necessary to spray air on the laser irradiating spot so as to blow away the molten binder before it solidifies again, although the molten metal cannot be perfectly taken away due to its relatively high viscosity. Clear damages of diamond particles such as graphitization are not observed below the appropriate laser power.

1. はじめに

CBN やダイヤモンドなどの超砥粒砥石は、通常、GC 砥石やダイヤモンドツルアによるツルイングによって砥石の振れ修正を行った後、WA スティックを用いたドレッシングによって砥粒の突き出しを行って使用する。しかしながら、これらの砥石、特にダイヤモンド砥石はまさにその高硬度・耐摩耗性の特性のためツルイングに多大な時間と労力を要するのみならず、ドレッシングでは大量のドレッサを消費し、研削液の混濁など多くの問題がある。

本研究はレーザビームを砥石作業面に照射することによって、熱的に砥粒や結合剤を除去・成形・再調整するレーザコンディショニング法の構築を目的としている。本報ではその第1段階として、メタルボンドダイヤモンド砥石のドレッシングを行い、結合剤の除去形態について検討している。

2. レーザドレッシングの原理

図1にレーザドレッシングの原理を示す。レーザの照射によって結合剤を溶融あるいは気化によって除去する¹⁾。ただし、溶融した金属は急激に再凝固するため、エアジェットによって溶融金属を吹き飛ばす必要がある。レーザを結合剤のみに選択的に照射することは不可能であるから、ダイヤモンド砥粒の炭化や熱損傷とともに、ダイヤモンド砥粒を透過したレーザによる結合剤への熱影響も避けなければならない。

本報では、まずブロック状の砥石を用いて基本的な結合剤の除去機構を検討した後、実際のホイールに適用している。

3. メタルボンドブロック砥石による結合剤の除去実験

3.1 実験方法およびエアジェットの効果

図1に示すように、ブロック状の砥石にパルス Nd:YAG

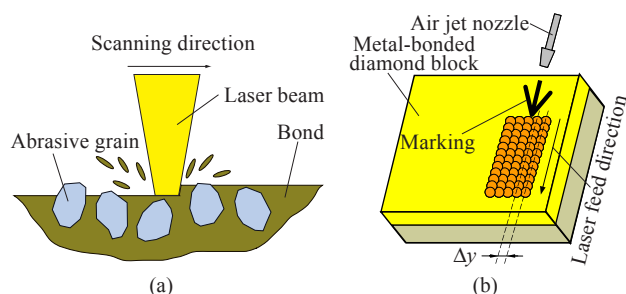


Fig.1 Principle of laser dressing and laser dressing procedure

レーザを砥石全面をカバーするように断続的に照射した。ドレッシング条件を表1示す。

図2はレーザを単発照射したときの結果である。図2(a)に示すように、エアジェットなしでは内部に気泡をもつ膨張した溶融・再凝固層が形成される。一方、同図(b)はエアを供給した場合であるが、エアジェットによって溶融部が吹き飛ばされ、クレータが生成されていることがわかる。ただし、クレータ周辺には依然として再凝固した金属が残っている。

3.2 実験結果

図3にツルイングによって砥石表面を平坦にした後、部分的にドレッシングした結果を示す。このとき、最大チップ

Table 1 Experimental conditions of laser dressing

Grinding block		SD120N75M (30×30×15)	
Pulsed Nd:YAG laser			
Wavelength	λ , μm	1.064	
Peak power	P , W	104	152
Pulse duration	τ , ms	2.5	
Pulse cycle	f , Hz	10	
Beam diameter	$2a$, mm	1.26	
Operating parameters			
Table speed	v , mm/s	2	2.8
Transverse interval	Δy , mm	0.2	0.28
Air pressure	p_a , MPa	0.3	

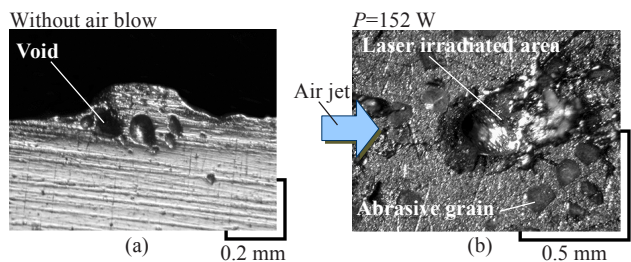


Fig.2 Laser-irradiated bond material

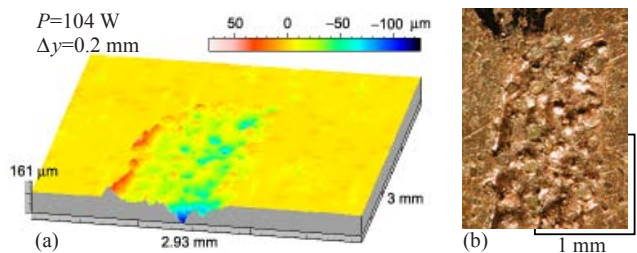


Fig.3 Laser-dressed metal-bonded diamond block surface

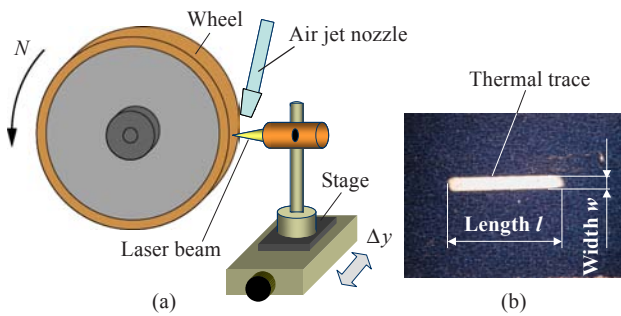


Fig.4 Experimental setup and thermal trace by single pulse laser

Dressing conditions		
Grinding wheel	SD120N75M ($d_s=200$ mm)	
Pulsed Nd:YAG laser		
Peak power	P, W	469
(Laser energy)	$Q, J/pulse$	2.35
Pulse duration	τ, ms	5
Pulse cycle	f, Hz	2.5
Operating parameters		
Wheel revolution	N, rpm	326
Transverse interval	$\Delta y, mm$	0.2

ポケット深さはおよそ $30 \mu m$ であった。図にみるように、エアジェットによって除去されなかった再凝固金属が分散しているものの、ほぼ一様にドレッシングされていることがわかる。また、顕著なダイヤモンド砥粒の炭化もみられなかった。

4. メタルボンドダイヤモンドホイールのレーザドレッシング

4.1 実験方法および実験条件

図4に示すように、回転している砥石にレーザを砥石表面に垂直に照射しながら、エアジェットをレーザスポット点に接線方向から供給している。図4(b)は単一パルスによって生成されたレーザ照射痕であるが、その長さ l および幅 w はレーザパワー P 、砥石回転数 N に依存して変化する。本実験ではこの単一パルス痕の集積が砥石全面を覆うようにドレッシング条件($\tau, f, \Delta y$)を設定している。表2に主たる条件を示す。なお、ドレッシング実験はダイヤモンドブロックツールによって砥石表面を平坦にツルイングした後に行った。

4.2 ドレッシング特性

図5はレーザドレッシング前後の砥石作業面の状態を示したものである。図5(b)にみるように、砥石周方向に溝状のパルス痕が観察されるが、概ね砥石面全体にドレッシングされていることがわかる。ドレッシング前のボンド面を基準にしたドレッシング深さは最深部でおよそ $30 \mu m$ で、全体として粒度 #120 の砥粒に対して若干小さい結果となった。

また、エアジェットをレーザ照射部に供給して溶融した結合剤を飛散させているが、再凝固した結合剤の一部が砥石表面に付着していることがわかる。レジノイドボンドでは熱影響領域は捨て研削によって除去されるが⁽²⁾、後述するように、メタルボンドの場合は目づまりに似たような状態となる。今後、エアジェットノズルの改良やQスイッチによるレーザの短パルス化など、検討する必要がある。

一方、砥粒に対しては炭化や溶融あるいは脱落などはほとんど観測されず(図5)、熱影響は小さいことが確認できた。

4.3 研削実験

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、ドレッシング後にHP-SiCの定切込み湿式平面プランジ

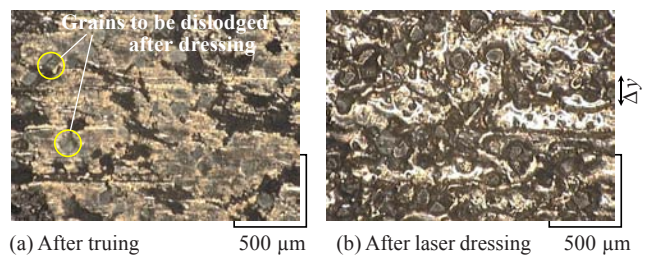


Fig.5 Change of wheel surface with laser dressing

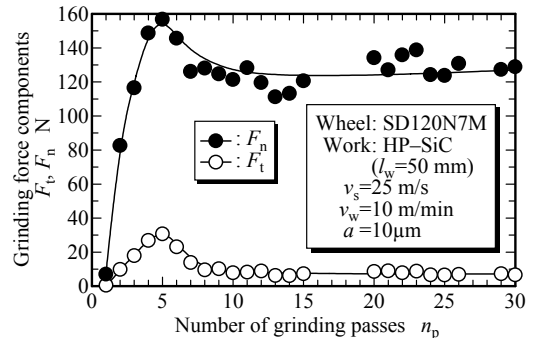


Fig.6 Change of grinding force components with grinding process

研削を行い、砥粒脱落の有無および研削抵抗により評価した。

図6は研削作業にともなう研削抵抗の変化を示したものである。図にみるように、研削抵抗は両分力とも研削初期から研削パス数 $n_p=5$ まで一旦大きく増加し、その後減少に転じ、 n_p が10パス程度からほぼ一定値になっている。図は省略するが、膨張して再凝固した結合剤は大きいもので砥粒先端よりおよそ $30 \mu m$ つきでいた。したがって、まずその部分が工件と接触し、砥石作業面に目づまりを生じる(接触面積が増大する)とともに、作用砥粒数が増加して研削抵抗が上昇したものと考えられる。その後の研削抵抗の低下は、付着した結合剤が切りくずによって一部除去されたものと思われる。いずれにしても、定常状態の研削抵抗はおよそ $F_t=9 N, F_n=125 N$ とと線研削抵抗がかなり大きく、本ドレッシング条件では十分なチップポケットは生成されていないと言える。

なお、この間、顕著な砥粒の摩耗や脱落はみられなかった。このことから、レーザ熱によるダイヤモンド砥粒への直接的な熱損傷や砥粒下方の結合剤への熱影響($\lambda=1 \mu m$ の光の透過率 $\approx 70\%$)による砥粒把持力の低下も生じなかった。

5. おわりに

パルス Nd:YAG レーザを用いたメタルボンドダイヤモンド砥石のレーザドレッシングを行い、以下の結果を得た。

- (1) ホイールにレーザを照射することによってブロンズボンドは溶融除去され、ドレッシングが可能である。
- (2) 結合剤を効率的に除去するには、溶融した状態で圧縮空気によって吹き飛ばす必要がある。しかし、一部は再凝固して砥石表面に残留し、完全に除去できない。
- (3) レーザの照射によってダイヤモンド砥粒に顕著な熱損傷はなく、炭化や研削作業にともなう脱落はなかった。

参考文献

- (1) Hoffmeister, H. W., et al.: Laser Conditioning of Superabrasive Grinding Wheels, Ind. Diam. Rev., 60, 586 (2000), 209.
- (2) 中島利勝他: 移動熱源によるレジノイド砥石のドレッシングに関する研究(第2報), 精密工学会誌, 61, 4 (1995), 556.