

超砥粒砥石のレーザコンディショニング*

ーパルスNd:YAGレーザによるメタルボンドダイヤモンド砥石のドレッシングー

Laser Conditioning of Superabrasive Wheels

ーDressing of Metal-Bonded Diamond Wheel with Pulsed Nd:YAG Laserー

学 ○ 柚木 力 (金沢大学大学院)
 正 上田隆司 (金沢大学)
 正 田中隆太郎 (金沢大学)

正 細川 晃 (金沢大学)
 正 山田啓司 (金沢大学)

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、高硬度材料や焼入れ鋼の研削において優れた加工性能を発揮する。ただし、そのためにはツルニングやドレッシングなどのコンディショニングを周期的に行い、砥石作業面の切れ味を維持しなければならない。しかしながら、超砥粒砥石の場合、ツルニングやドレッシングに多大な時間と労力を要し、生産能率上問題となっている。

そこで本研究では、レーザを用いた超砥粒砥石の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Nd:YAGレーザを用いたメタルボンドダイヤモンド砥石のドレッシングについて検討している。レーザドレッシングとは、レーザ照射により砥石表面のボンドを熔融・飛散させることで砥粒を突出し、砥石の切れ味を生成することである。

2. レーザによるブロック型砥石の結合剤の除去機構

2.1 実験方法および実験条件

メタルボンド砥石にレーザを照射した時のボンドの除去特性を知るため、ブロック砥石を用いて照射実験を行った。実験装置の概略を図1に、実験条件を表1に示す。図に示すように、ブロック砥石を設置したステージを一定速度で送りながらNd:YAGレーザをパルス照射する。また、レーザ進行方向に向けてエアを吹きつけ、熔融したボンドを飛散させている。

2.2 結合材の除去特性

図2にエアを吹き付けずブロンズボンド材にレーザを1パルス照射したときの照射部断面の拡大写真を示す。ボンド材は除去されず、中に気泡を持つ熔融・再凝固層ができていたことがわかる。これに対し、図3に示すようにエアを吹きつけることにより熔融層の除去が可能になった。

図4に照射痕の断面プロファイルの例およびレーザパワーと照射痕の直径 d および最大除去深さ z との関係を示す。レーザパワーの増大につれて d 、 z ともに増加することがわかる。使

用した砥石の平均砥粒径が約100~120 μm であることから、ドレッシングによるボンドの理想除去深さが30 μm 程度と考えられ、この場合最適なレーザパワーは104Wとなる。

図5はエアを吹きつけながら $P=104\text{W}$ で断続的にレーザ照射したダイヤモンド砥石片表面の3Dプロファイルである。照射部はおよそ30 μm のクレータが生成されており、一部熔融層が残っているのがわかる。また、詳細な写真観察により炭化など砥粒へのダメージはほとんど生じなかった。これは、エアを吹きつけることにより砥粒への熱損傷を抑える効果も推察される。

Table 1 Experimental conditions of laser dressing

Grinding block	SD120N75M (30×30×15)	
Laser	Nd:YAG (pulse)	
Wavelength	λ , μm	1.064
Peak power	P , W	104 ~ 424
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
Transverse interval	Δy , mm	0.2
Air pressure	p_a , MPa	0.3

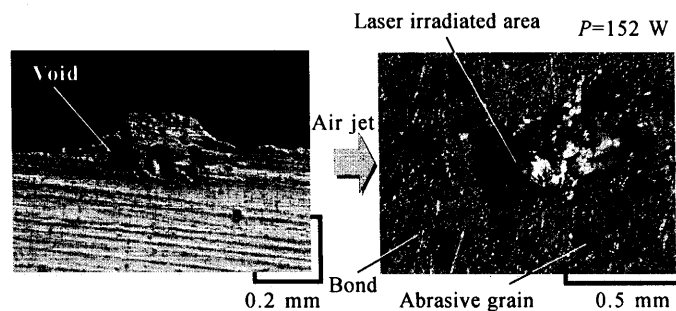


Fig.2 Thermal expansion of bond material by laser irradiation without air blow

Fig.3 Thermal crater on the grinding block by laser irradiation with air blow

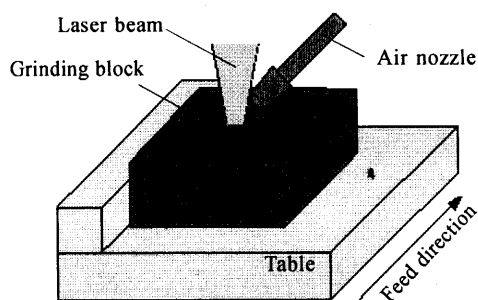


Fig.1 Procedure of laser dressing of metal-bonded grinding block

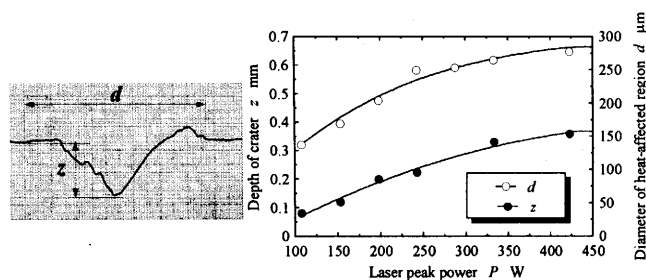


Fig.4 Relation between laser power and 2-D profile of laser irradiated crater

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 実験装置および実験条件

メタルボンダダイヤモンドホイールを用いてレーザドレッシング実験を行った。図6に実験装置、表2に実験条件を示す。表3の条件でツルーイングし、表面を平坦化したホイールをドレッシングしている。砥石全面にドレッシングするため、一周毎にレーザを48パルス照射し、砥石幅方向に $\Delta y=0.2\text{mm}$ ずつレーザスポットを移動させている。また、砥石表面を評価するため、ドレッシング後のホイールを用いて表4の条件でHP-SiCを研削し、そのときの研削抵抗を測定した。

3.2 実験結果

図7にレーザドレッシング後と研削後の砥石表面をCCDカメラで撮影した画像を示す。レーザ照射によってホイールのごく表面にあった砥粒は一部脱落したが、研削前後では砥粒

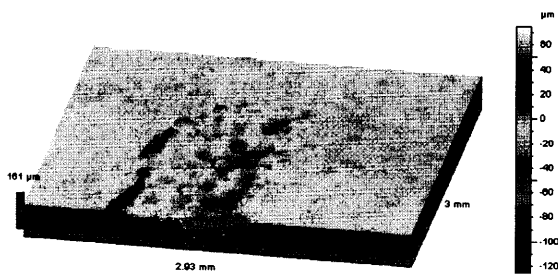


Fig.5 3-D profile of dressed metal-bonded diamond block

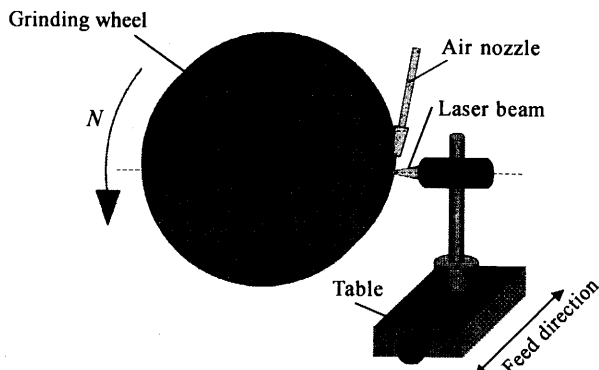


Fig.6 Procedure of laser dressing of metal-bonded grinding wheel

Table 2 Experimental conditions of laser dressing

Grinding wheel	SD120N75M ($d_s=200\text{ mm}$)	
Wheel revolution	N , rpm	326
Laser	Nd:YAG (pulse)	
Peak power	P , W	469.30
Pulse duration	τ , ms	5.0
Pulse cycle	f , Hz	2.5
Number of pulses	n	48
Operating parameters		
Transverse interval	Δy , mm	0.2
Air pressure	p_a , MPa	0.3

Table 3 Truing conditions

Truer	SD100Q100M	
Operating parameter		
Wheel velocity	v_s , m/s	25
Work velocity	v_w , m/min	2
Depth of cut	a , mm	2
Grinding fluid	Water-based solution (1:50)	

の脱落は生じていない。このことから、ダイヤモンド砥粒にレーザ照射による熱的影響はなく、ボンドの把持力の低下が無いことも確認された。

図8に研削量に伴う研削抵抗の変化を示す。レーザ照射により膨張したボンダ材が研削の初期段階に除去されるときに研削抵抗が高くなるが、その後は安定し、 F_n, F_t 共にほぼ一定値で推移した。ただし、 $F_n=125\text{N}$, $F_t=9\text{N}$ の値より判断して、チップポケットが充分ではなかったと考えられる。

4. 結言

Nd:YAG レーザを用いてメタルボンダダイヤモンド砥石にレーザドレッシングを行い、以下のような結果を得た。

- (1) メタルボンダ材にレーザを照射すると照射部は膨張して再凝固し、再凝固層を除去するにはエアを吹きつけることが効果的であった。
- (2) レーザドレッシングを行ったホイールで研削を行うと、研削前後で砥粒の急激な磨耗や脱落はほとんどなく、レーザ照射による砥粒への熱損傷はみられなかった。
- (3) 膨張した再凝固ボンダ材は研削によって一部取れ、一定の切れ味を得るが、一部は目づまりを生じる。

Table 4 Grinding conditions

Grinding wheel	SD120N75M	
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 , mm	10
Grinding fluid	Water-based solution (1:50)	

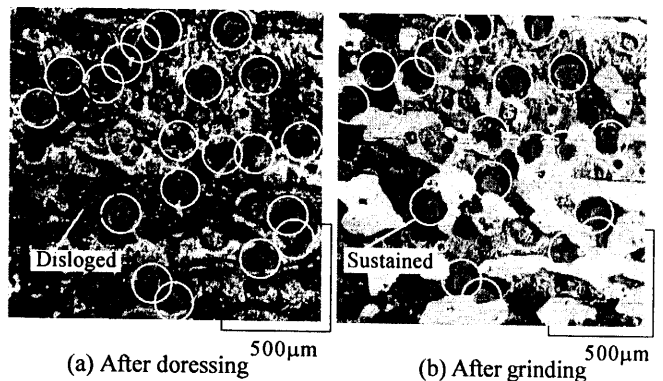


Fig.7 Change of grinding wheel surface with laser-dressing and grinding

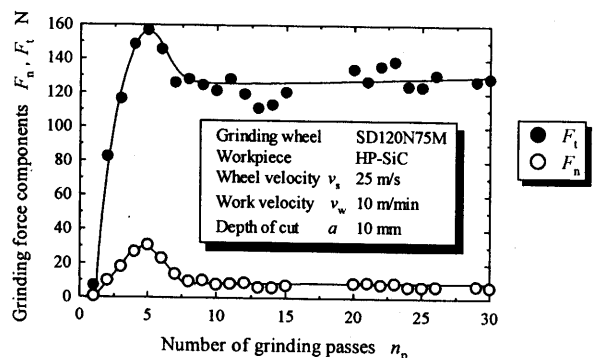


Fig.8 Change of grinding force components with grinding