DLC 被膜を用いた ELID 研削用砥石の開発

Development of ELID grinding wheel using DLC film.

正 長谷川 勇治 (茨城高専) 学 大部 省吾 (茨城高専) ○学 林 芳幸 (茨城高専)
正 大森 整 (理化学研究所) 正 伊藤 伸英 (茨城大学)

Yuhji hasegawa, Ibaraki National College of Technology

Shogo ohbu, Ibaraki National College of Technology

Yoshiyuki hayashi, Ibaraki National College of Technology

Hitoshi ohmori, The Institute of Physical and Chemical Research(RIKEN)

Nobuhide itoh, Ibaraki University

Key Words: *Electrolytic In-process Dressing (ELID), Diamond Like Carbon(DLC)*

1. 緒言

近年ハイテク製品の需要が高まり、より高精度で高品位な生産を高能率に行うことが求められている。そのためには高精度な加工を連続で行い、精度と生産性を両立させることが必要である。この要求に応えるために、電解インプロセスドレッシング(ELID)研削技術¹⁾の研究を行っている。ELIDでは研削と同時にドレッシングを行うことが出来るため、長時間の研削が可能で高精度の加工を行うことが出来る。しかし、今現在の砥石では砥粒の分布が均一でないため加工面粗さの均一化や、加工時間、加工量の推測が困難である。砥粒の分布や粒度を任意に調整することができれば、加工面粗さの均一化や加工時間を推測することが可能である。本研究では、ELID研削用DLC被膜砥石の開発および利用技術の構築を目的とし、アルミニウム、ステンレス鋼にDLCをコーティングした砥石を作成し、電解ドレッシング特性について調査した結果を報告する。

2. DLC 被膜砥石の製法と ELID 研削への利用方法

2.1 DLC 被膜砥石製法

DLCとはダイヤモンドに類似した高硬度・電気絶縁性などを持つカーボン薄膜のことであり近年、高硬度特性、優れたトライボロジー特性を有しかつ低温処理であることから切削工具や金型などへの利用が広がっている。DLC処理により、母材表面に1~3 μm 程度の均一な硬質膜(HV1500~3000程度)を形成させることが可能である²⁾³⁾。この数 μm の硬質薄膜を砥粒として活用する方法として、図1に示すようにDLCを皮膜した素材を塑性変形させ、母材とDLC膜の塑性変形能の違いを利用してDLC膜を分割する手法を用いる。この分割したDLC膜を有する素材を積層させることで、あたかも砥粒が一方方向にかつ均一に整列した状態の砥石が製作可能である。

2.2 DLC 被膜砥石の ELID 研削への利用方法

ELID研削とは加工中にメタル系導電性ボンド砥石の表面を電解作用で僅かに溶出させ、電解作用の影響を受けない砥粒を砥石表面に突き立たせるドレッシング技術である。本手法と#8000 鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石により各種硬脆材料を加工面粗さ20nmRyの高品位加工面の創成を実現している。2.1の方法で製作するDLC被膜砥石の母材を金属材料とすれば、砥粒としての機能を期待する分割されたDLC膜は絶縁性を有しているため、前述のELIDを適用することによりDLC膜の砥石表面への突き出しが可能と考えられる。この突き出したDLC膜により加工が可能である。図2にDLC被膜砥石のELIDによる表面状態の模式図を示す。

Fig.1 Schematic Illustration of execution process

Fig.2 Schematic Illustration of DLC wheel with ELID

3. DLC 被膜の分割とその ELID 特性

3.1 DLC 皮膜の分割実験

DLC被膜が塑性加工により分割可能かどうかを調査する為に、DLC被膜の処理を施したステンレス鋼板(SUS304)及び純アルミニウム板を圧延し、表面状態の観察を行った。圧延率はアルミニウム板50%(0.3mm $\rightarrow$ 0.15mm)、ステンレス鋼板33%(0.3mm $\rightarrow$ 0.2mm)とした。図3に圧延前後のアルミニウム板の写真を示す。圧延によりL方向にかなり伸びていることが分かる。圧延により素材に割れなどの異常は観察されなかった。また図4(a)に圧延後のアルミニウム素材表面の状態を示す。白色部がアルミニウム部で黒部がDLC部である。表面観察から、DLCが約12 μm 程度に分割されていることが確認できた。顕微鏡観察からはDLCの剥離などの異常は観察されなかった。図4(b)はステンレスの表面状態を示す。圧延率が小さいため、アルミニウム比べ母材分割の間隔が狭いが、アルミニウム素材と同様の結果となっている。

3.2 DLC 膜の ELID 特性調査

DLC被膜を分割した素材のELIDの電解作用による電解特性を調査した。実験は、ビーカ内の研削液中に陽極に接続した素材と陰極に接続した電極を対向させ、この間に電流を供給する。これによりこの間で電解現象を発生させ、素材表面の電解特性の評価を行った。図5に実験の模式図を示す。表1に実験システムおよび条件をまとめる。

アルミニウム板での電解実験の結果およびステンレス鋼板での電解実験の結果を図6に示す。電解実験を行った結果、アルミニウム板では約120秒程度で電解電流が低下、電圧値が上昇し、その後安定するという電解特性を得ることが出来た。これは、電解作用により金属母材表面が陽極酸化反応により不導体の被膜が素材表面に生成されたためと考えられる。一方、ステンレス鋼板では電解電流、電圧値に顕著な変化は現れなかったが、これはステンレス鋼板が腐食しにくく、分割も小さく金属母材の露出が少ないためであると考えられる。図7(a)には、電解後のアルミニウム素材の状態を顕微鏡観察した結果を示すが、圧延により露出した金属母材の部分が電解作用に伴う陽極酸化反応により酸化物が付着していることが分かった。また、DLC被膜部分は溶出せず残っていることが確認できた。図7(b)にはステンレス板の電解後の顕微鏡組織観察結果を示す。電解電流値の変化は顕著に表れなかったが、表面観察からは露出した金属部に素材の酸化物と考えられる物質が生成していることが観察された。

Fig.3 Structure of Aluminum with DLC

Fig.4 Structure of rolled Aluminum and Stainless Steel with DLC

4.DLC 積層砥石の構築

4-1. DLC 積層砥石の作成

分割した DLC 被膜素材が電解作用により金属部が陽極酸化し、かつ DLC 部は大きな影響がないことが確認できた。この結果を踏まえ、実際に砥石として使用する為の積層ペレットを作成した。図8にペレットの作成方法の概略図を示す。圧延した DLC 被膜付きのアルミニウムを圧延方向を一定の方向にして10枚重ね、エポキシ系接着剤により積層させた。このようにすることにより、加工面では DLC 膜が砥粒のように配置される。加工面の形状は 20×1.7 となった。図9にペレットの積層境界部分を拡大した写真を示す。

4-2.初期電解ドレッシング実験

4-1 で作成したペレットの電解ドレッシング特性の調査を行った。電解ドレッシング特性は ELID 研削加工で高能率、高精度を実現するために重要な要素である。本実験条件は表1と同条件で行なった。ペレットは図10に示すように樹脂詰めを行い加工面を表面に出し、この面で電解を行うようにした。DLC の有無で電解特性に変化が現れるかを確認するために DLC 被膜が付着していないものでも同様のペレットを作成し比較対照とした。実験中の装置の様子を図11に示す。

4-3.実験結果

図12に DLC 膜を付着せずに作成したペレットの電解ドレッシング特性の結果および DLC 膜を付着して作成したペレットの電解ドレッシング特性の結果を示す。DLC 膜を付着したペレットも付着していないペレットと同じように 20 秒程度で電流値が低く、電圧値が高くなりその後安定するという ELID 特有の電解ドレッシング特性を示した。これは電解面に不導体の酸化被膜が生成されたためである。これにより DLC 膜を付着したペレットでも溶出、酸化被膜生成反応が行なわれていることが分かる。図13に電解ドレッシング前後のペレットの外観を示す。この写真からも電解面に酸化被膜が生成されていることが確認できる。しかしながら今回の実験では、メタル部の酸化被膜が全体を覆ってしまい DLC 部の明確な突き出し状態は観察できなかった。

5.結言

本報告では DLC 被膜を用いた ELID 用砥石の開発を目指し、DLC 膜の電解ドレッシング特性を調査した。その結果母材のみが電解反応を示し、DLC 被膜には影響が出ず ELID 用砥粒として使用可能であることを確認した。また、ELID 用砥石として作成したペレットを用いた電解ドレッシング実験でも ELID 特有の電解反応を示すことが確認できた。今後、このペレットの表面状態の確認と本砥石による加工を試みる予定である。

Table 1 Specifications of experimental conditions

Power source	NX-ED910	
Grinding fluid	NX-CL-CG7(diluted×50)	
Electrolysis conditions	Open voltage	10 [V]
	Peak current	2 [A]
	Pulse On/Off-time	2 / 2 [μ sec]
Electrode clearance	0.5 [mm]

Fig.5 Schematic Illustration of system

Fig.6 Rolled Aluminum and Stainless Steel Plate with DLC

Fig.7 Structure of Electrolyzed Aluminum and Stainless Steel plate with DLC

Fig.8 Execution of DLC pellet

Fig.9 Structure of DLC pellet

Fig.10 Resined Pellet

Fig.11 External view of system

Fig.12 Laminated Aluminum with and without DLC

Fig.13 Enlarged Structure of pellet

参考文献

1) 大森 整;ELID 研削加工技術—基礎開発から実用ノウハウまで—(2000), 工業調査会,pp17-23
2) 山口,魏,洞口:ダイヤモンドドライクカーボン砥石の開発,2003 年度砥粒加工学会学術講演会講演論文集,pp.139-140
3) 伊藤,大森,片平,根本,長谷川:DLC コーティング材の電解特性,2004 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集,pp189-190