

理美容鋏へのDLCコーティングとその効果

筒本隆博、山本 晃、柳生 健太*

The Effect of DLC Coating on Performance of Scissors for Barber

Takahiro Tsutsumoto, Akira Yamamoto and Kenta Yagyu*

Diamond-like-carbon (DLC) film was coated on scissors for professional barber, and the effects of the coating on smooth movement and cutting quality of the scissors were investigated. DLC coatings of about $1\mu\text{m}$ thick were performed on martensitic stainless steel scissors by ionization deposition method with using C_6H_6 as carbon source. Coatings were carried out on single side surface of each blade in the combinations of front/front faces and back/back faces of scissors, and moving and cutting force of these scissors were measured with monitoring the slip of cut tape (seal tape of 0.1 mm thick). In the case of back/back coating where the blades contact through DLC layers, moving became smooth, and the moving force was reduced to about 60% with preventing the slip of cut tape. However, there was no reduction of cutting force. In the case of front/front coating, both moving and cutting force increased. These results were largely consistent to the fact that the DLC coating reduced friction coefficient to the stainless steel but increased that to the cut tape.

キーワード：DLC、コーティング、理美容鋏、切れ味、潤滑性

1 緒 言

DLC (Diamond Like Carbon) 膜は硬質でありながら相手を傷つけず、耐摩耗性、潤滑性などの特長を有し、金型の表面や切削工具¹⁾、ハードディスクやそのセンサーヘッド²⁾、温水混合水栓弁の摺動面³⁾等へのコーティングとして、応用が広がっている。また、成膜も室温でできることから、耐熱性の低い高分子材料の上にもコーティングでき、たとえば、PETボトルの内面にガスバリアー層としてコーティングしお茶の酸化を防いだPETボトル⁴⁾や、滑りのよいゴム⁵⁾などが実用化されている。しかしながら、鋏へDLCコーティングを行ったという報告はまだない。

そこで、本研究ではイオン化蒸着装置を用いて、理美容鋏にDLCをコーティングし、試作した鋏性能試験機により切れ味と開閉時の力への効果を調べた。

2 実験方法

2.1 イオン化蒸着装置の製作

図1にDLCのコーティングに用いたイオン化蒸着装置の原理図を、図2にその外観を示す。本装置は森河ら¹⁾の使用した装置を参考にすべてを試作したものである。

真空容器はステンレスパイプと板を加工し、TIG溶接して製作した。水冷基板ホルダは銅板と銅パイプ

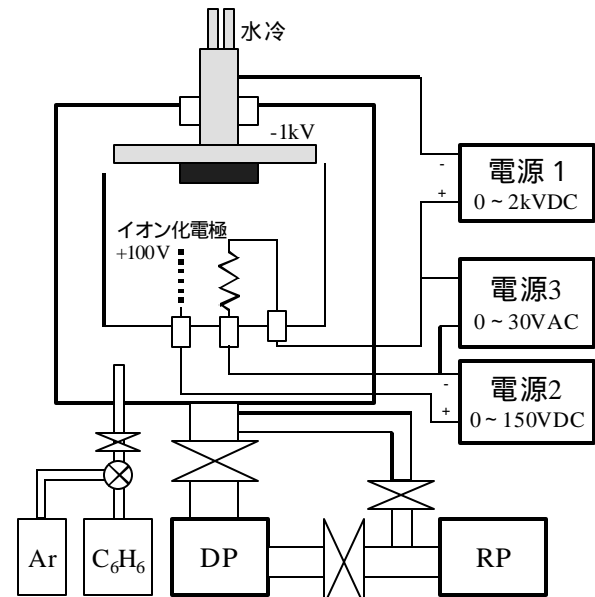


図1 試作したイオン化蒸着装置の原理図

を加工後口ウ付け及びはんだ付けで製作した。ガス導入部は直径6mmの銅パイプを折り曲げ加工し、リングジョイントを用いて各種バルブと接続して製作した。ガス排気系は、0.05Torr (約6Pa) 程度の真空度までの粗引き用のロータリーポンプと、 1×10^{-4} Torr (約 1×10^{-2} Pa) 程度までの高真空排気用の油拡散ポンプ (DP) をステンレス (高真空側) と塩ビ (低真空側) の配管で接続して製作した。

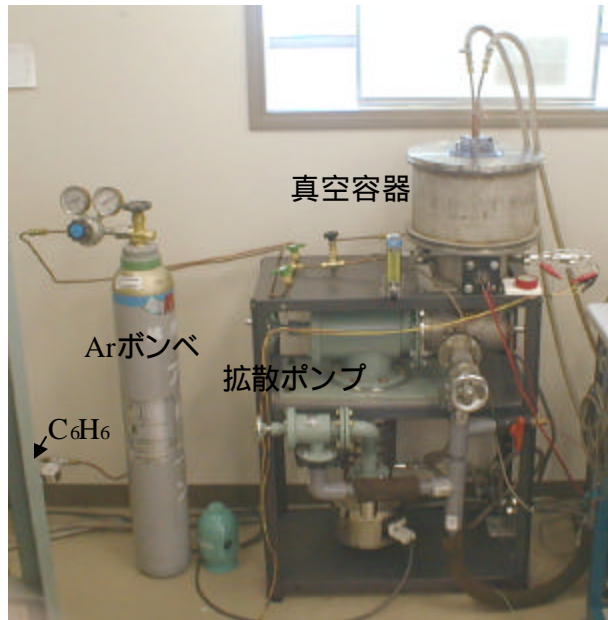


図2 試作したイオン化蒸着装置の外観

試作した電源部の基本回路とその外観を図3に示す。電源はフィラメント加熱用（交流）、イオン化電極用（直流）、基板バイアス用（直流）の3種類からなり、電圧と電流の範囲も異なるが、基本的には電圧調整用のスライダックと絶縁トランス、電流、電圧計、それに必要に応じて整流回路からなる。整流器はダイオードとコンデンサでできており、2kVの高圧発生にはコッククロフトの倍電圧整流回路⁶⁾を用い、500Vの交流を4倍の電圧に整流し、2kVを得ている。

スライダックの後に接続されるトランスは絶縁ト

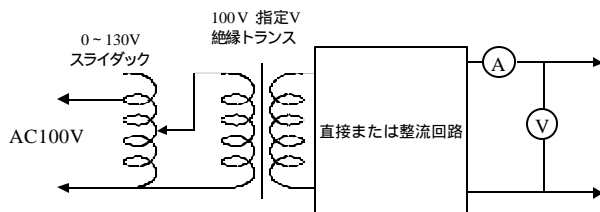


図3 試作した電源の基本回路とその外観

表1 DLCのコーティング条件

処理の種類	基板の前処理	DLCコーティング
使用ガスと容器内圧力	Ar, 約 1×10^{-1} Pa	C_6H_6 , 約 1×10^{-1} Pa
処理時間	20分	60分
基板電圧、電流	- 1.0kV, 3mA	- 1.0kV, 3mA
イオン化電極電圧、電流	+100V, 24mA	+100V, 48mA
フィラメント電圧、電流	3A, 17V	4.5A, 22V

コーティング方法：裏刃のみ、表刃のみ

ランスを使用する必要がある。絶縁トランスを使用しない場合、漏電や感電の原因となり、大変危険である。

2.2 DLCコーティング

本装置により表1の条件でDLCのコーティングを行った。使用した鋏の材質は刃物用マルテンサイト系ステンレス鋼（V金10号、武生鋼材製）である。鋏は仕上げの研磨、洗浄した後真空容器内の基板ホルダに取り付け、さらに表1に示す条件でArイオンスパッタにより表面を清浄化した。その後、 C_6H_6 （ベンゼン）をフィラメントからの電子でイオン化させ、基板に加速して衝突させDLCをコーティングした。この条件で膜厚は約 $1 \mu m$ であった。

鋏には二つの刃が接する側の裏刃、その反対側の表刃があるが、コーティングは裏刃のみと表刃のみの2種類で行い、その違いを調べた。

2.3 評価試験

鋏の性能試験はコーティング前後で行い、その変化を調べた。試験機の模式図と外観を図4に示す。

この試験機では摺動および切断時に刃に加わる力（切断力）と、切断材のすべりを測定する。切断材としては、最初に実際の頭髪を考えたが、試験の再現性に問題が予想されたので配管等に使用するシール用

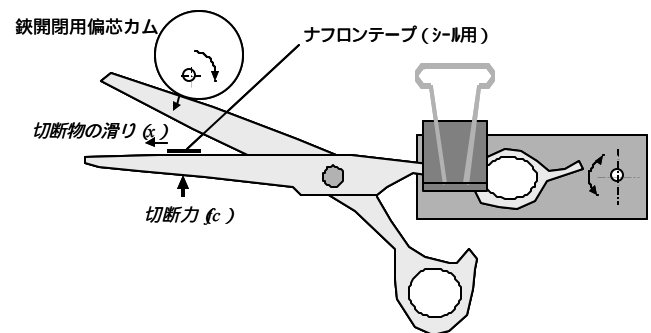


図4 鋏の性能試験機の原理図



図5 裏刃コーティング品とノンコーティング品

のナフロンテープ（厚さ0.1mm）を用いた。

刃は偏芯カムにより開閉させ、切断力は、切断テープの位置で測定した。切断および摺動時の力は、刃の締め付け力により変化するため、締め付け力を一定にするため、コーティング前後の測定で、刃を繋ぐボルトの締め付け位置を同じにした。

3 実験結果と考察

3.1 コーティングの外観

図5にコーティングした鋏の外観を示す。DLCコーティングを行うと、膜が1 μ m以下の薄い場合、青や橙色などの干渉色が現れるが、1 μ m以上では黒色となった。また、イオンが直接当たらない裏の部分でも、端に近いところでは表面が変色し、成膜の回り込みが認められた。これは基板ホルダに反跳した分子が付着したものと考えられる。

3.2 切断力の変化

図6および図7にDLCコーティング前後の切断力と切断材の滑りを示す。図6が裏刃コーティングの

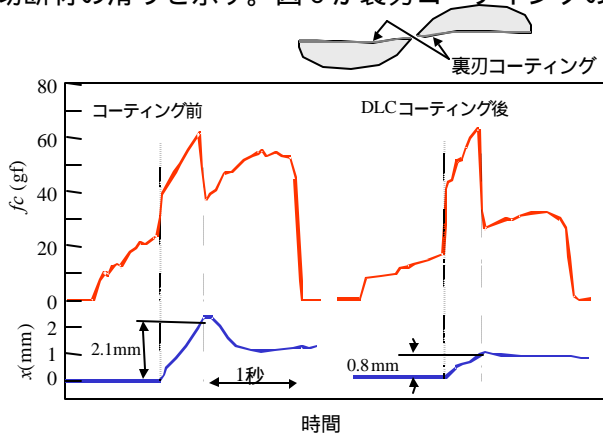


図6 鋏の切断力 (f_c) に切断材の滑り (x) に及ぼす裏刃へのDLCコーティングの影響

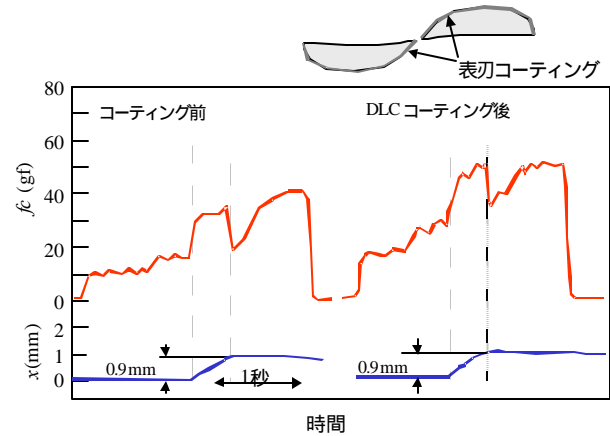


図7 鋏の切断力 (f_c) に切断材の滑り (x) に及ぼす表刃へのDLCコーティングの影響

場合、図7が表刃コーティングの場合を示す。ここで荷重が急激に高くなっている部分がテープを切断しているところである。

これより、裏刃にコーティングしたものは、テープを切断していない摺動時の荷重が40%も低下し、滑りが著しく改善していることがわかる。これは刃が接する摺動面に摩擦係数の低いDLCをコーティングしたことで、摺動時の摩擦力が低下したためである。また、コーティング前には2mm以上あった切断材の滑りも、DLCコーティングすると1mm以下となっており、切断物をしっかりとらえて切っていることがわかる。このため、DLCコーティングしたものは切断時間が短くなっている。しかしながら、切断時の荷重自体はほとんど同じであることがわかり、切れ味はコーティングしても変わっていない。

一方、表刃にコーティングしたものは、摺動時および切断時の両方とも荷重が高くなっており、切れ味と滑りが低下している。

3.3 摩擦係数と刃先観察

DLCのコーティング面とその裏面の回り込み層の焼き入れ鋼とナフロンテープへの摩擦係数を図8

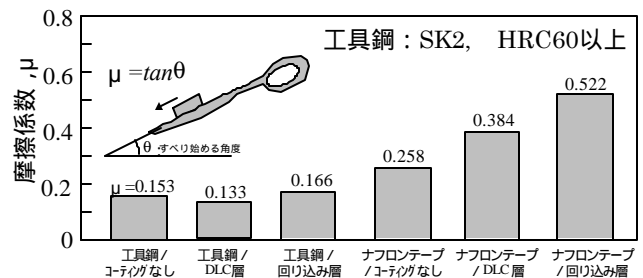


図8 DLC膜および回り込み層の工具鋼およびナフロンテープに対する摩擦係数。

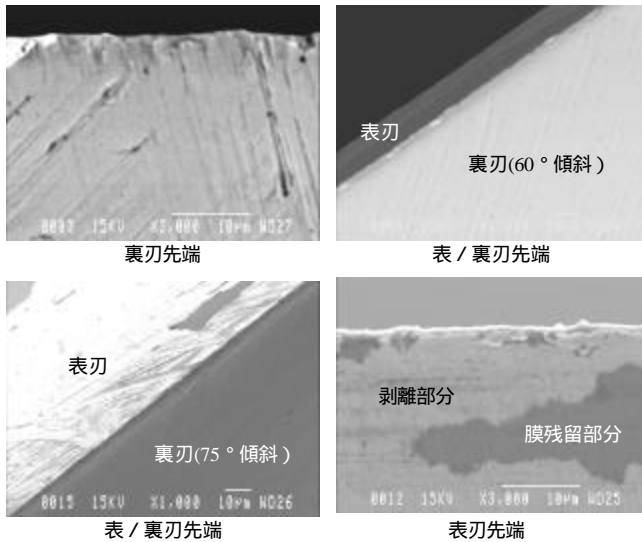


図9 裏刃コーティング鋏の刃先先端のSEM写真

へ示す。DLCをコーティングすることで焼き入れ鋼にたいしては摩擦係数が低下するが、切断物であるナフロンテープに対しては、逆に増加した。これがテープの滑りを低下させた原因であると考えられる。一方、回り込み層は焼き入れ鋼、ナフロンテープとも摩擦係数が増加し、摺動性が低いことがわかった。

図9にコーティング後使用した鋏の刃先のSEM写真を示す。裏刃の刃先にはDLCコーティングが剥がれておらず密着性が良いことを示している。また、また膜厚が薄いため、先端にも刃物特有の鋸歯状残っている。一方、表刃先端の回り込み層は殆ど剥離しており密着性が低いことがわかる。

4 結 言

試作したイオン化蒸着装置により理美容鋏へDLCコーティングを行った結果、以下のことがわかった。

- 裏刃と摺動部へのコーティングでは
- (1) 摺動が軽くなめらかになる。
 - (2) 切断時に切断物が滑りにくくなる。
 - (3) 切断時の荷重はあまり変わらない。
- 表刃へのコーティングでは
- (4) 摺動は重くなる。
 - (5) 切断荷重は増加する。
 - (6) 裏面への回り込み膜は剥がれやすい。

文 献

- 1) 森河和雄、仁平宣弘ら：昭和62年技術開発研究費補助事業成果普及講習会用テキスト（ダイヤモンド状カーボン膜による金型の耐久性向上、東京都立工業技術センター），P.33
- 2) 小林 巧：平成13年度第3回表面改質技術研究委員会テキスト（2002.1.22、日本溶接協会）
- 3) 桑田健太：NEW DIAMOND, 12(1996), No.3, P.20
- 4) 白倉 昌、鹿毛 剛、古賀義紀、鈴木哲也：NEW DIAMOND, 16(2000), No.2, P.32
- 5) 中東孝浩、村上泰夫他：トライボロジー会議予稿集（日本トライボロジー学会、1998-5），P.366
- 6) 小川和男他著：「トランジスタ活用自由自在」，誠文堂新光社(1977)，P.159

謝辞

本蒸着装置の試作に当たり東京都立産業技術研究所のものを参考にした。同研究所の森河氏に心より感謝したい。また、鋏の性能試験機の試作では、豊中市の岡宮刃物技研および岐阜県製品技術研究所の試験機を参考にした、前者の岡宮氏、後者の竹腰氏に心より感謝する。