高性能刃物技術に関する研究

丸山　英樹[*]　　本多　章作[*]

Study on DLC coated kitchen knife

MARUYAMA Hideki [*] and HONDA Shousaku [*]

抄録

切れ味が長期間持続する包丁の開発を目的として窒化、DLC（Diamond Like Carbon）による表面処理を行った。切れ味試験器を用いた評価の結果、窒化、DLC処理によって包丁の耐摩耗性が向上することが確認できた。また片面だけの表面処理でも耐摩耗性が向上することがわかった。

1．緒言

県央地域の包丁業界は、中国産の安価な輸入品に押されて厳しい状況下にある。このような状況に対し、ほとんどの包丁製造業者は価格競争をするのではなく、付加価値の高い新製品を開発することで対抗したいと考えている。また、輸入された安い包丁が取り沙汰される背景には、従来当たり前に見られた研ぐという習慣を行わなくなった事も考えられる。しかし、省資源やメンテナンスの観点からも､研ぐ頻度が少ない刃物製品の開発は様々な産業において重要である。

本研究では包丁の刃の耐久性を高めるために窒化、DLC（Diamond Like Carbon）、フッ素樹脂コートの表面処理を行い、その効果を調べた。表面処理により新たな機能が付加できれば、安価な輸入品との差別化が期待できる。これらの表面処理により付加価値の高い包丁の新製品開発を目的とした。

2．実験

2.1　試料の表面処理について

表面処理は窒化処理､窒化処理＋DLC 処理、窒化処理＋DLC 処理＋フッ素樹脂コートの 3 種類をそれぞれ片面と両面に行った。DLC 皮膜とテフロン皮膜の厚さはそれぞれ 1,2μm である｡片面のみの処理品も作製した理由は、両面に表面処理を行うと研ぎ直しが出来ないためである。これらの表面処理はいずれも県内企業に依頼した。

DLC（Diamond Like Carbon）とは炭素の様々な同素体であるダイアモンドやグラファイトなどの結合を含む、非晶質の黒色薄膜の総称である。表面が平滑で摩擦係数が低く硬い、耐摩耗性に優れるなどの特徴が挙げられる。このため、各種切削工具や磁気ヘッド、ハードディスク表面など幅広い用途に用いられている。窒化処理はイオン窒化である。フッ素樹脂は DLC よりも更に摩擦が小さく、既に市販の包丁に適用されている。これらの処理はいずれも包丁の母材が焼きなまされないよう 180℃以下で行った。

2.2　標準となる包丁について

はじめに表面処理を行うベースとなる包丁を選定した。この包丁は三条市内の包丁メーカーが製造する市販価格 2000 円程度の三徳包丁で刃先角は約 30°である。材質はステンレス、愛知製鋼の AUS6M である。AUS6M の成分表を表１に、標準となる包丁の外観を図１に示す。

表１　AUS6M の化学成分表（wt%）

	C	Mo	V	Si	Cr
AUS6M	0.55 ～0.65	0.20 ～0.30	0.10 ～0.25	≦1.00	13.0 ～14.5

[*]県央技術支援センター加茂センター

図１　標準品とした三徳包丁

2.3　硬さ試験

DLC 皮膜は厚さが 1μm しかなく通常の硬度計では測定ができない。そこで下越技術支援センターの（株）アカシ製皮膜硬度計 MZT-4 を用いて表面の硬さを比較した。結果を表 2 に示す。参考のために同じ測定機を用いて HRC50,55,60 の硬さ基準片を測定した数値を表 3 に示す。窒化、DLC 処理を行うことで表面硬度が上がることを確認した。

表 2　各表面処理の硬さ比較

表面処理の種類	表面処理無し	窒化処理	窒化処理＋DLC
硬さ(HUV)	536	569	751

(測定条件　ﾋﾞｯｶｰｽ圧子　F1：10gf　V：5gf/sec　)

表 3　硬さ基準片の皮膜硬度計測定値

硬さ基準片	HRC50	HRC55	HRC60
硬さ(HUV)	465	524	596

2.4　切れ味試験について

試験は（財）新潟県県央地域地場産業振興センターが所有する切れ味試験器を用いて行った。これは試験を行う包丁を約 3kg の自重をもつホルダーに固定し、付箋紙の束の上に静かに乗せ、この状態で付箋紙が 50mm 平行移動する際に、切れた紙の枚数により測定するものである。切れ味試験器の試験結果が人間の感覚的な切れ味と一致するかという問題は諸説があるが、ここでは単純に紙を切る負荷に対する耐摩耗性を評価した。付箋紙の動く方向は包丁で引切りとなる方向とし、今回は紙の枚数では無く、切れた紙の厚さをマイクロメータで測定した。付箋紙は幅 14.5mm、長さ 52mm の 100 枚綴りを 2 段重ねて使用した。試験は各条件とも 150 回まで行った。図 2 に使用した切れ味試験器の外観を示す。

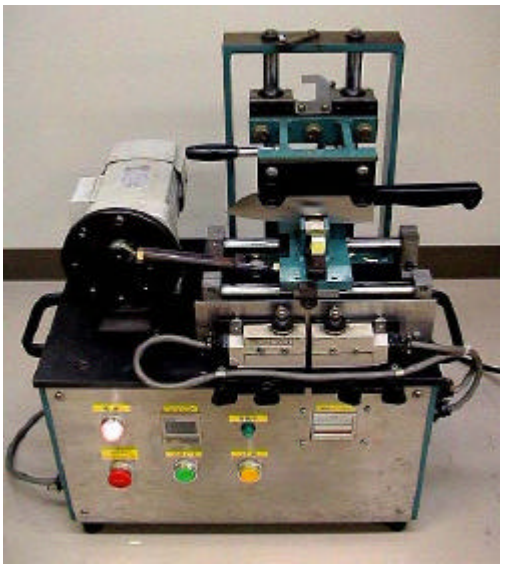

図 2　切れ味試験器

3.実験結果及び考察

3.1　両面を表面処理した包丁

両面処理した包丁の試験結果を図 3 に示す。基準となる表面処理無しの包丁は試験開始時は約 10mm の切断深さが得られたが､150 回後では約 2mm まで低下した。DLC 及びフッ素樹脂処理品は試験開始時と 150 回後の切断深さがほとんど変わらず、高い耐摩耗性をもつことがわかった。フッ素樹脂処理が耐摩耗性を向上させるとは考えにくく、これは DLC による効果と思われる。実際にフッ素樹脂膜は試験中に剥離したが、切断深さはむしろ上昇した。これはフッ素樹脂膜が剥離する事で、刃先が鋭利になったためと考えられる。このようにフッ素樹脂処理は剥離のため、その効果は確認できなかった。窒化処理は初期の切断深さがもっとも大きいが、150 回後は 10mm 程度まで低下した。これはイオン窒化処理のスパッタリング効果で刃先が鋭くなるために初期切れはよくなるが、硬度は DLC に及ばないために摩耗が進んだものと考えられる。

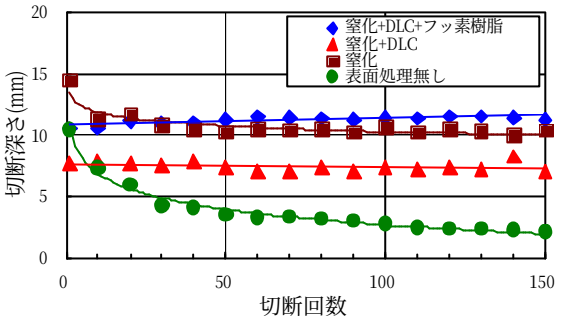

図 3　切れ味試験結果（両面処理）

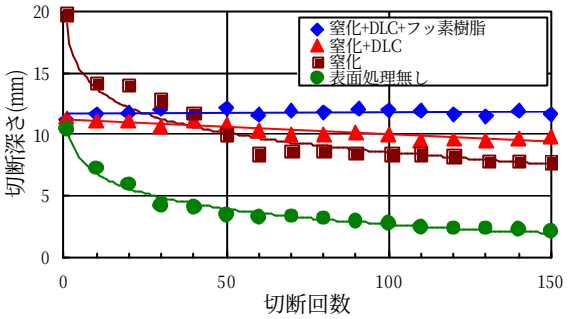

図 4　切れ味試験結果（片面処理）

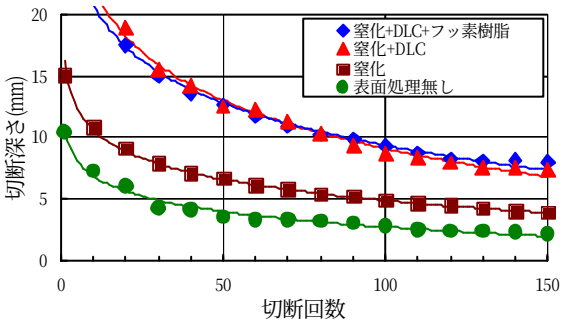

図 5　切れ味試験結果（片面処理研ぎ直し）

3.2　片面のみ表面処理した包丁

片面処理の切れ味試験結果を図 4 に示す。片面のみでも DLC 及びフッ素樹脂処理品は、試験開始当初と 150 回後切断深さの低下が小さく、高い耐摩耗性をもつことがわかった。窒化処理は両面処理と同様に初期切れ量が最大であるが、150 回後には DLC、フッ素樹脂の切断深さを下まわった。フッ素樹脂は両面の時と同じく試験中に剥離した。

3.3　片面処理包丁の研ぎ直し

片面処理した包丁をメーカーに依頼して研ぎ直してもらい、再度切れ味試験を行った。試験結果を図 5 に示す。初期切断深さは研ぎ直した全ての包丁で大きくなった。しかし 150 回試験後の切断深さはいずれの表面処理の場合も低下し、研ぐ前に比較して耐摩耗性が低下した。

3.4　刃先観察

片面のみ表面処理を行った包丁では研ぐ前と研ぎ直した後で耐摩耗性に違いが見られた。そこで両者の刃先を上にして、SEM 観察を行った。その 1 例を図 6 に示す。図 6 左側の研ぐ前の状態では刃の頂点を黒い DLC 膜が覆って裏側にまで回りこんでいた。それに対して研ぎ直し後は刃の頂点で DLC 面と研磨面が明確に分かれていた。このことから片面のみの DLC 処理でも DLC 膜は刃先の頂点を覆い、高い耐摩耗性が得られていたが、研ぎ直すことで先端の DLC 皮膜が剥離し、耐摩耗性が低下したと考えられる。窒化処理についても窒化層が研磨によって無くなるため同様に耐摩耗性が低下すると考えられる。図 7 は研ぎ直した包丁の刃をほぼ真横から見た SEM 写真であるが、黒っぽい DLC 皮膜が部分的に剥離している様子がわかる。

図 6　片面 DLC 処理刃先の表面観察写真

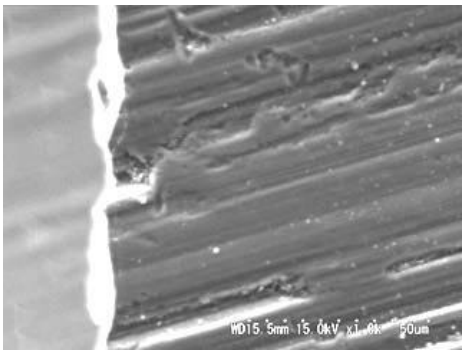

図 7　研磨後の刃先拡大写真

4． 耐食性試験

表面処理による耐食性変化を JIS-Z-2371 中性塩水噴霧試験によって評価した。これは 35℃に保った槽内で 5%の塩化ナトリウム水溶液を連続噴霧する試験である。3 時間暴露後の結果を図 8 に示す。写真ではわかりにくいが、窒化処理を行った包丁は刃の全面に赤錆が発生し、未処理の包丁に比較して耐食性が低下した。これはステンレスの不動態膜が窒化処理によって置換されたためと考えられる。窒化処理後に DLC 処理行った包丁では部分的に錆の発生が認められたが、未処理のものと同じ程度の耐食性が得られた。

図 8　塩水噴霧試験結果（３時間後）

5．結言

ステンレスの包丁の表面処理を検討し、以下の結果を得た。

（１）包丁に窒化処理および DLC 処理を行うことで耐摩耗性が向上することを確認した。

（２）表面処理は両面もしくは、片面だけの窒化処理及び DLC 処理でも耐摩耗性を向上させる効果が確認できた。

（３）片面だけの表面処理は研ぎ直しが可能であるが、研ぎ直し後の耐摩耗性能は研ぐ前に比較して低下した。

（４）窒化処理のみでは耐食性が低下し、包丁に用いるには注意が必要である。窒化処理後は刃先が鋭くなり、特に切断深さが改善された。窒化処理後に DLC 処理を行うと耐食性は未処理と同程度となった。

（５）DLC 処理の上にフッ素樹脂処理を行ったが剥離が生じ、効果を確認できなかった。

今回の窒化処理及び DLC 処理は包丁に限らず幅広い工業用刃物製品に応用が可能であり、その長寿命化に有効と考えられる。なお、この表面処理方法等は永田精機（株）と共同で特許出願済みである。

【発明の名称】
刃物の表面処理方法とその刃物
【出願番号】
特願 2003-98227

＜謝辞＞

本研究に際し、（株）タダフサ様には包丁の表面処理に関するご助言や研ぎ直し等で、永田精機（株）様には表面処理及び特許出願に際して多大なるご協力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

1)鴨下隆志、矢野宏、田中健一：包丁の感覚切味の定量化、精密機械 15,12(1979)1473
2)鴨下隆志､矢野宏：厨房用刃物の切味試験、人間工学 15,6(1979)325
3)金沢憲一他、ナイフ状刃物による切断に関する研究：精密工学会 Vol.62,No.9,1996
4)柴田ブックス：包丁と砥石
5)田中亙、中村勝、田宮宏一、堀祐爾、鈴木誠一、神山義一：新潟県工業技術研究報告書、包丁の簡易切味試験機の試作と官能検査について（1980）