ノート

業務用ダイヤモンド刃物の開発

三浦　一真*　伊関　陽一郎**　小林　泰則*　本田　崇*

Development of the Diamond Composite Coated Cutlery for Business Use

MIURA Kazuma*, ISEKI Yoichiro**, KOBAYASHI Yasunori*and HONDA Takashi*

1. 緒　　言

刃物製品はその多くが輸入品との競争にさらされている。一方で，輸入品との差別化や海外への輸出を目的に付加価値の高い新製品を開発し市場へ投入する動きも活発になっている。

我々は刃物の耐久性の向上に着目し，その手段として，刃先表面の硬度と耐摩耗性を付与することを考案した。

ダイヤモンド粒子を金属皮膜中に共析・分散させたダイヤモンド複合金属皮膜は硬度が高く，耐摩耗性と固体潤滑性に優れた特性を有している。本研究ではブレード（刃部）にダイヤモンド複合コーティングを施した包丁を試作し，性能試験を行うとともに皮膜の解析を行い，包丁への適用可能性について研究した。また，包丁以外の刃物への適用可能性について調査した。

2. 製品試作および評価方法

2.1 試作包丁

試作包丁を図1に示す。用いた包丁は試験評価用に用いる万能包丁（図1(a)）と市場評価用の牛刀（図1(b)），同じく市場評価用で硬い物を切断するための出刃包丁（図1(c)）である。使用したダイヤモンド粒子の粒径は50～100nmであり，包丁のブレード部分を荒仕上げした後，コーティング処理をブレード全面に施し，最後に刃先の片面を研磨して刃付けを行い完成させた。

図１　試作に用いた包丁

ブレードの硬度は使用中の欠けを防止するため，53HRCとし，標準硬度（58HRC）より低くしてある。試作した万能包丁の刃先断面組織を図2に示す。試作した包丁の刃先先端角度は26°である。ダイヤモンド粒子を含んだ金属コーティング層（以後，複合皮膜と称す）の厚さは約10μmとした。

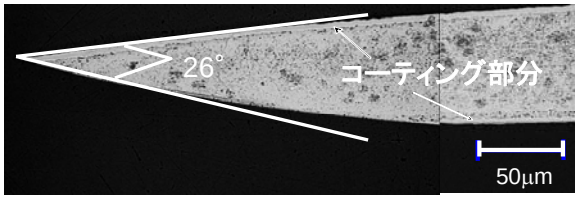

図２　試作包丁の刃先断面

複合皮膜の硬度はナノインデンテーション法により測定した。これはビッカース圧子に超微小荷重をステップ的に連続的に押し込み，荷重ー変位（押し込み深さ）曲線から硬さを求める方法である。この方法で得られる硬さはマルテンス硬さと呼ばれ，これをビッカース硬度に変換することができ，従来のビッカース硬度では測定できない薄膜硬度を測定することができる。

この方法で得られたダイヤモンド複合コーティング層の荷重―変位曲線を図3に示す。これより得られるマルテンス硬度値は約7500N/mm^{2}であり，ビッカース硬度の値に換算すると約1200HVとなり高い硬度を有している。

*　研究開発センター
**　県央技術支援センター

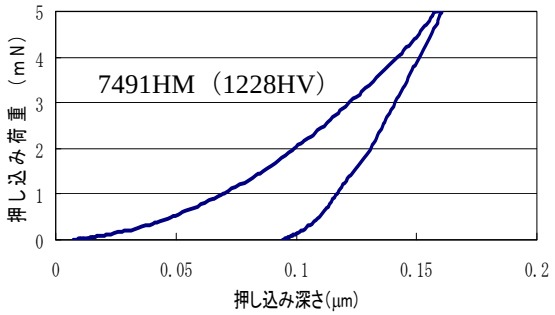

図 3　荷重—変位曲線

2.2　評価方法

包丁の切断試験（切れ味試験）試験機の外観を図4に示す。試験は上側のホルダーに包丁を固定，下側にあるホルダーに切断材料を入れた後，上側ホルダーの固定治具をはずして包丁を切断材料に接触させて荷重を付加し，下部ホルダーを水平に一定速度で一定距離（ストローク）動かして材料を切断し，そのとき切れた材料の切断深さを測定した。なお，下部ホルダー移動速度は40mm/s，ストロークは80mmを1往復，すなわち160mmとした。切断材料の幅は20mmとした。

本研究では切断試験に用いる材料について，刃先の摩耗を最小限に抑えることが期待される材料であるポリテトラフルオロエチレン（Polytetrafluoroethylene，以下PTFE）を用いた。PTFEの厚さは0.2mmである。試験時の荷重は1kgfとした。

耐摩耗試験は本研究で考案した方法で，幅20mm，高さ30mm，長さ100mmのMDF（Medium　Density　Fiberboard，密度：0.6g/cm^3，曲げ強さ25N/mm^2，含水率7%，以下MDF）と呼ばれる木をくず状に細かくしてから再び接着剤で固めた基本的に紙と同質の人工木材（図4参照）を1kgfの荷重で，ストローク速度は切断試験と同じ条件で繰り返し包丁で擦り，所定回数ごとにPTFEにて切断試験を行い，切断深さを測定した。切断試験は最初は10回（10往復），次に15回後に行い，以後25回後ごと最大200回まで測定し，経過回数ごとの切断深さ変化で評価した。なお，試験体はダイヤモンド複合コーティング包丁の他に比較のために未処理包丁（通常包丁）についても測定した。

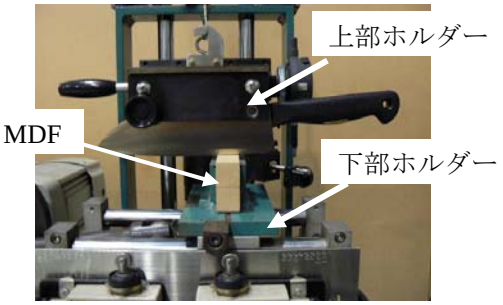

図 4　切れ味試験機外観

3.　評価結果

切断性能が同等程度の包丁を用いて耐摩耗試験を行い，通常包丁と比較した。包丁を人工木材（MDF）で一定回数擦った後でのPTFE（0.2mm厚さ）での切れ味試験による方法（以下MDF-PTFE法）で得られた最大200回までの結果を図5に示す。通常包丁の場合では50回を超えたあたりまでは木材摺動回数とともに切断深さは小さくなっていくが，50回をすぎると切断深さは一定になった。一方，複合皮膜包丁はMDFによる摺動回数が増えても切断深さに変化はなく，通常の場合に比べ，切断深さ低下の度合いは小さい。

図6は耐久性試験後の刃先先端面をマイクロスコープにて観察した結果を示す。通常包丁の試験前の先端面幅はおおよそ1～2μmである。試験後の先端面(a)はその幅が4～5μmに広がり，摩耗しているのに対して，複合皮膜包丁の先端面(b)幅は約1μm程度で非常に細く，試験前と

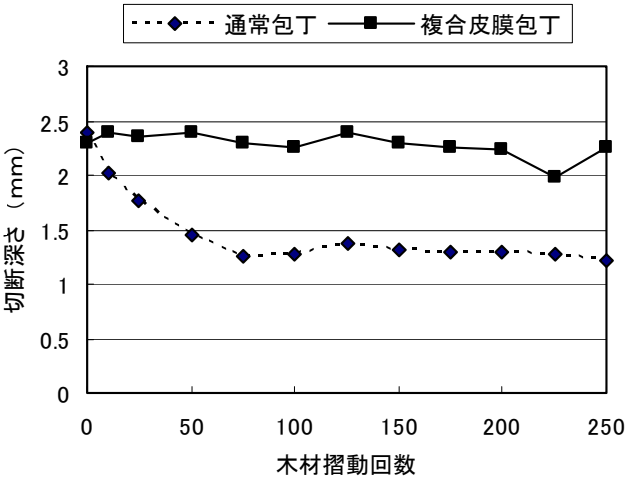

図 5　耐久性評価結果

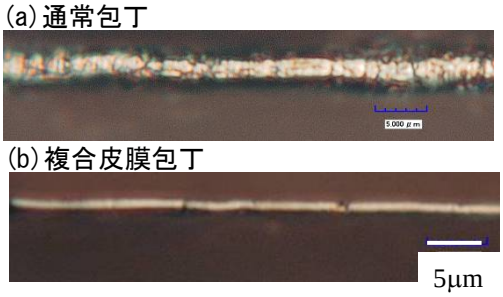

図 6　耐久性試験後の刃先先端面

ほぼ同じ幅を維持した。したがって，この先端面の摩耗の違いは耐久性試験結果を反映しているといえる。

切れ味試験といわれている包丁の切断性能評価方法はヨーロッパでは石英を 9%含有させた特殊な紙ベースの材料を切断する方法が規格化されている[1)]。国内では JIS 規格は存在しておらず，条件はそれぞれで異なるが紙を切断する本田式切れ味試験法で評価している[2) 3)]。今回は比較的評価しやすい家庭用の万能包丁を用いたが，包丁は用途に応じて多くの種類があり，同じ種類の包丁でも切る対象が違えば構造は異なる。したがって，各包丁の切れ味の善し悪しと切れ味試験の結果とは一致しない場合が多く，包丁の種類によっては紙を切断する本田式切れ味試験による評価の可否については議論の余地がある[3)]。本研究では切断材料に PTFE を用いたが，PTFE を用いた研究例は他にはなく，切断材料の選定については議論の必要がある。切断材料についてはさらに調査を継続し，優れた材料があれば採用したいと考える。

本研究は包丁を摺動させ，ポイント回数で行う切断試験に刃先摩耗の少ない PTFE を用い，回数による切断深さ変化を調べた。耐久試験については木のまな板を擦ることを想定し，檜製の木片を繰り返し摺動させ，一定回数ごとに紙で切れ味試験を行った例がある[4)]。この場合は 10000 回まで行っており，摺動回数とともに切れ味が落ちていき，10000 回まで繰り返すとほとんど切れなくなる結果が得られている。MDF の場合は 50 回前後から切断深さは低くなるが 250 回経過後もある程度の切れ味を保っている。

試験条件，用いた包丁が全く違うため比較は難しいが，木材等で摺動させ，一定回数時に切断試験を行う方法は耐久性を評価するのに有効な試験法であると考える。

4.　今後の事業展開

今回包丁の試作および切れ味試験機を用いて耐久性試験を行い，ダイヤモンド複合皮膜包丁が耐久性に優れていることがわかった。この包丁は硬いものの切断が可能なように，高硬度の皮膜を有するとともに刃部本体の硬度をやや落とし，欠けや破損を最小限に抑えた包丁である。これは魚や肉の切断で半解凍品のように硬いものの切断に適している。

今後は開発包丁の改良や製品化のための評価を継続するとともに包丁以外の刃物の製品化にも取り組んでいきたい。

5.　結　　言

（1）ダイヤモンド微粒子を皮膜中に共析させた複合コーティング層を包丁に被覆することに成功した。刃部硬度は 53HRC，皮膜硬度は約 1200HV である。

（2）複合コーティング包丁について MDF-PTFE 法による耐久性試験を行った結果，切断性能の低下は認められず，優れた耐久性を示した。

参考文献

1）Cutting test machine，CATRA カタログ.

2）古川徹ほか，“刃物の切れ味”，日本金属学会会報，27，9，p703-708.

3）三浦一真，“刃物（第 6 回）三条刃物（日本剃刀，鋸）の歴史と現況”，熱処理技術協会誌，46，3，2006，p137-143.

4）竹越久仁雄，“刃物（第 1 回）刃物の切れ味と耐久性について”，熱処理技術協会誌，45，3，2005，p139-146.