論文

理美容はさみの耐久性

井上 研司* 本村 貢**

飯村 崇*** 園田 哲也***

Durability of Hair-Cutting Scissors

Kenji INOUE, Mitsugu MOTOMURA,

Takashi IIMURA and Tetsuya SONODA

(Received on May 2, 2005)

Hair-cutting scissors are professional tools for barbers and hair stylists. Therefore, durability with repeated every day use is needed. It is known from past research that the cutting ability worsens when edge roughness factors Rz and Ra and the edge radius grow. In this report, we seek to find the material characteristics that have a strong relationship with these three values. For Rz, it is known that the influence of the hardness of the material is large. It is desirable to use a hard material to keep the Rz value low. For Ra, it is known that the influence of the size of the wear particles generated when the material is worn out is large. It is desirable to use a material that has a small wear particle to keep the Ra value low. For edge radius, it is known that the influence of abrasion resistance while the scissors are being used is large. It is desirable to use a material with a high abrasion resistance to keep the edge radius value low. A material that has all three of the different characteristics explained above concurrently is desirable for attaining high durability in hair-cutting scissors.

Key words: shearing, cut off, fatigue test, wear, durability, hair-cutting scissors

1. 緒言

刃物は使用すると摩耗し、再研磨が必要になる。当然これは理美容はさみにも共通の現象である。理美容師たちは研がれたはさみが長期間使用出来るようなとき、「永切れする」と表現する。この永切れ性能(耐久性)は理美容師たちがはさみを選択する際の非常に大きな要因の一つである。

過去に行った調査の結果によると、はさみに対しての要求が高いとされる理容師で、平均1~3ヶ月程度の周期ではさみの再研磨を行っている。この状況に対して、個々の理容師たちがどのように感じているかについて別に行った市場調査の結果をFig.1に示す。ここでは現状のはさみの耐久性についての満足度を調査した。その結果、約55%が充分と感じていないことが分かり、この点が改善できれば、顧客のニーズに適合し、販売量の拡大が望めることがわかった。

このように、耐久性が着目されるようになった背景としては、刃材の変化に因るところが大きいとされる。過去においては理美容はさみの刃の素材は炭素鋼であったので、職人氣質の理容師達は、錆の発生に気を配り、はさみの状態を自らが使用する上で心地よいものに維持するために、毎日のように自ら研磨を行っていた。しかし、素材がステンレス鋼に代わるようになり、理美容師自身が研磨を行うことが困難になった。それにより、使用者自身が研磨を行うスタイルから、専門の研ぎ師に研磨を依頼するスタイルに状況は変化した。この流れ

Fig.1 Satisfaction rating for the durability of hair-cutting scissors

の中で、「永切れするはさみ」の要求は高まってきた。

しかし、こういった現状の中でもはさみの耐久性に関する報告は非常に少ない。また、はさみに限らず他の利器に関しても、耐久性は、例えば本多式切れ味試験機(刃物を一定の力で紙に押し当てながら移動した時の、紙の切断枚数で切れ味を評価する方法)による紙の切断枚数で評価を行うといったような、現象の変化のみを論ずるものがほとんどである。

実際には使用に伴って刃先端の微視的な状況が変化し、それが紙の切断枚数に影響を与えているのであり、切れ味の変化だけを論じていても直接的な現象の解明には結びつかない。

刃先端の状態を論じたものには、包丁の刃先端の劣化について考察した竹腰らの論文¹⁾や、刃先端を光学顕微鏡で撮影し、部分的に粗さ測定を行って切れ味との関係を調査した古川らの論文²⁾や、山西らの論文³⁾などがある。しかし、これらにおいても刃線方向を連続的に、且つ継続的な刃先端の状態変化を調査したものではなかった。また、はさみの刃先端については、報告は見られない。

そういった中で、著者らは先の報告で、理美容はさみの刃先

*楠東光舎岩手工場 〒028-4211 岩手県岩手郡岩手町川口11-3

早稲田大学理工学研究科 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1

**早稲田大学理工学部 同上

***岩手県工業技術センタ 〒020-0852 岩手県盛岡市飯岡新田3-35-2

端の傷みの状態を簡便に測定する方法を提案し、刃先端の最大高さ R_z と算術平均粗さ R_a 及び刃先端の丸みがそれぞれ大きくなることで官能切れ味が低下することを示した。⁴⁾

本報告ではこの測定技術を基にして、市場で使用される一般的な材質であるステンレス鋼製理美容はさみと、耐久性が良いとされるコバルト基合金製理美容はさみを比較しながら、刃先端の状態の変化がどのような材料の特性と関連しているのかに関して調査を行った。

2. はさみ各部の名称

本論文にて使用するはさみ各部の名称についてFig.2～4に示す。Fig.2から、はさみの刃渡り先端を刃先と呼ぶ。また、ねじに近い側を刃元と呼ぶ。刃元から刃先にかけての刃先端部の連なりを刃線と呼ぶ。刃線に沿った刃先端の粗さを刃先端粗さと呼ぶ。刃線に対してねじを挟んだ反対側に触点がある。表裏の刃部は触点及び刃線上の交点でのみ接触している。薬指を入れる側を静刃と呼び、親指を入れる側を動刃と呼ぶ。この名称は理美容はさみでは薬指側を動かさず、親指側のみを動かすことによって開閉を行うことに由来する。

Fig.3における刃先端部の傾斜角を刃角度と呼ぶ。また、刃先端の丸みを刃先端Rと呼ぶ。

はさみの隙間とはFig.4に示す d の寸法を意味する。これは刃先と触点とを結ぶ線(S)と刃線上の刃先端までの距離を意味し、通常はその最大値を指す。

3. 試験機及び実使用による耐久試験

本研究においては、先に示した刃先端の状態の変化(刃先端粗さ R_z ・ R_a ・刃先端Rの増加)がどのような使用条件の下で発生するかを調査するために、はさみの耐久試験を行った。

Table 1に耐久試験の試験条件を示す。条件に従い、試験機での試験と、実使用(試験機での試験と同一の素材のサンプルを用い、1人の同じ美容師に各1年間使用してもらい使用後の刃先端の状態を測定した)の結果が比較された。

耐久試験のサンプルにはステンレス鋼製及びコバルト基合金製のはさみを用いた。ステンレス鋼材は日立金属製の銀紙3号を焼入れ焼戻して使用した。また、コバルト基合金材は三菱ステライト#1を使用している。加えて4章では追加実験のために三菱ステライト#12も使用している。これら使用サンプルの素材の化学成分と機械的性質を**Table 2**示す。

Table 1 Experimental Conditions of durability

Sample	Material	Condition
6inch beauty scissors	Stainless steel	Testing machine Closing load: 0.30 N, Closing speed: 2.44 rad/s Lubrication: Antirust P-2000(Nippon Oil Corp., only put at beginning)
	Cobalt base alloy (Stelite #1)	Closing: 275,000 times(at 75,000, 175,000 measure roughness and radius) Salon work Using 1year for hair cut

Table 2 Chemical elements and mechanical property of samples (wt%)

Material	Chemical elements									Mechanical property	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Co	Tensile strength /N/mm ²	Vickers hardness
Stainless steel	0.95~1.20	<1.00	<1.00	<0.040	<0.030	-	16.00~18.00	-	-	-	765
Cobalt base alloy (Stelite #1)	2.30~2.70	<2.00	<1.00	-	-	<2.00	26.00~30.00	10.00~14.00	Bal.	441	645
Cobalt base alloy (Stelite #12)	1.20~1.60	<2.00	<1.00	-	-	<2.00	27.00~31.00	6.00~10.00	Bal.	834	490

Fig.2 Name of scissors each part

Fig.3 Edge angle and edge R

Fig.4 Arched space of the edge

試験機での耐久試験は、回数をカウントしながらモータを用いてはさみを開閉する仕組みの試験機を用いて行い、実使用の開閉回数で3~9ヶ月に相当すると考えられる275,000回の開閉を行った。また、試験中に75,000回と175,000回で試験機からはさみを外し、刃先端粗さや刃先端Rを測定した。なお、この時には何も切らずに単純に開閉のみを繰り返した。潤滑剤は試験前に塗布し、その後は一切補給しなかった。

また、同一素材のはさみを美容師に依頼して、各一年間日常の業務で毛髪を切ってもらい比較に用いた。

これ以降、刃先端粗さ・刃先端Rのデータを示し、その意味するところに関して追加実験を行いながら考察をしてゆく。

4. 実験結果

4.1 刃先端粗さ R_z への影響

Fig.5に試験機及び実使用での耐久試験前後の刃先端粗さ R_z の変化を示す。ただし、実使用試験を始めた段階では刃先端粗さ及び刃先端Rの測定技術を確認していなかったため、

実使用での初期値は試験機による複数の耐久試験での初期値から統計をとって代用した。また、試験機を用いた場合のRzの推移をFig.6に示す。

Fig.5 Comparison of edge roughness Rz

Fig.6 Transition of Rz in experiment of durability

Fig.5から分かるように、どちらの実験においてもコバルト基合金の方がRzの値が大きくなる。また、実使用と比較して試験機による試験の場合の方が値は小さい。ここで、Fig.6の値の増加の仕方を見ると、単純に開閉を続けただけではFig.6の実使用のような状態まで値が大きくなるとは考えにくい。つまり、Fig.6のデータを試験前後の差として考えると、Rzは0.23~0.66 μmの変化しかしていない。従って、この増加率が維持されるとすると、実使用同様の变化をさせるためには、ステンレス鋼で約325万回、コバルト基合金で約270万回の開閉が必要になることになり、実使用での試験結果とは到底一致しない。また、Fig.6のコバルト基合金のデータを見ると275,000回では、Rzは175,000回の時よりも減少しており単純にRzがこのまま増加し続けるとは考えにくい。

以上から、Rzの変化は摩耗現象によるものではなく切断を行うことによって刃先端が受ける損傷や、刃先端同士が噛み込んでしまうことによる損傷が支配的であると考える。Fig.7にRzの大きな刃先端に生じた刃こぼれの光学顕微鏡写真を示す。この写真からも分かるように、Rzの変化は刃先端方向から加わる力によって生じる部分的な欠損(Fig.7(a))や変形(Fig.7(b))であり、今回行ったような耐久試験によって再現することの出来る性質のものではないものと考え。通常、工具等の耐久性を論じる場合には、こういった刃先端部の欠落や変形は、加工条件が不適切であったり工具自身や被加工物内部の欠陥が原因となるため、特別な例として考えられ、中心的な議論とはならないものと考え。しかし、理美容はさみにおいては手で使用する道具であるために、毛髪を取り出し方次第で負荷は変化し、大量の毛髪を同時にかみ込んでしまうことも実際に発生する。その結果、欠落や変形によるRzの変化に関しても通常起こりうる現象として検討を加えてゆく

Fig.7 Damage on the tip of blade

必要があるものとする。

そこで、次に素材のどのような特性が切断時の損傷の大きさに影響を与えるのかを考えた。

Rzの値は、先にも述べたように繊維を切断する際に繊維によって刃先端につけられたきずと考える。これは各種の硬さ試験が硬度の高い圧子を被測定物に押付け、除荷後に残されたきずの大きさで硬さを定量化する仕組みと似ている。

そこで、φ0.3mmの銅線(軟銅線:Cu>99.9wt%)を一度だけ切断し切断前後のRzの値を比較した。横軸にビッカース硬さ縦軸にRzの変化量を取った結果をFig.8に示す。なお、この時比較する素材が2種類では傾向がつかめないため、より硬度の低い素材である別種のコバルト基合金(三菱ステライト#12)にてサンプルを作製し条件に加えた。また、この素材についても一年間の実使用試験を行い、銅線を切断した場合の結果と傾向が一致するかを確認した。

Fig.8 Vickers hardness and change of edge roughness Rz at cutting φ0.3mm copper wire

Fig.8から、3種類の硬さの異なる金属でビッカース硬さとRzの関係が比例関係になることを確認した。この関係は、実使用でも、銅線を切断した場合も同様で、負荷の大きな線材を切断するという方法で、Rzに関する刃材の耐久性を推定することが出来るものとする。

次に、銅線を切断する同一の方法で、今度ははさみの形状が異なる場合のRzへの影響について調査した。調査にはTable 1に示したものと同一外観のステンレス鋼製のサンプルを使用し、別の実験で確認した切断荷重に影響を与えられ形状パラメータである、刃角度・隙間の最大値・刃先端R・空切り荷重を変化させて実験を行った³⁾。

切断前後のRzの変化をFig.9に示す。図から、刃の強度が低下すると考えられる刃角度を小さくした場合、刃先端Rを小さくした場合でRzは大きくなった。また、空切り荷重と隙間の最大値については切断荷重が大きくなる、空切り荷重を小さくした場合と隙間を大きくした場合でRzは大きくなった。

4.2 刃先端粗さRaへの影響

Fig.10に試験機及び実使用での耐久試験前後の刃先端粗

Fig.9 Change of edge roughness Rz at cutting ϕ 0.3mm copper wire with different edge conditions

Fig.10 Comparison of edge roughness Ra

さRaの変化を示す。なお、Rz同様、実使用での初期値は複数の初期値からの統計値で代用してある。

Fig.10を見ると、Raに関してはステンレス鋼の方が変化量が大きいことが分かる。Raは刃線上の全体的なザラつきを表すものと考えられるので、摩耗時の素材の脱落の状態との関係があるのではないかと推定し、これについて調査した。

追加実験として、摩耗粉の採集と、開閉による刃先端粗さRaがこれ以上増加しなくなる時のRaの値を確認するために、開閉時の負荷を大きく設定し再度実験を行った。

具体的には開閉時の接触面の面圧を上昇させて摩耗を促進する方法を取った。このためはさみの柄の部分で、刃同士が強く当たる方向に押付けながら開閉を行った。押付け量は1mmとし、この時の押付け力は5.6Nだった。また、摩耗粉については、これまでの実験でも観察することは出来たが、採集して顕微鏡観察するほどの量は得られていなかった。

追加実験でのRaの推移をFig.11に、発生した摩耗粉の様子をFig.12～13に示す。ステンレス鋼材では細かな粉末に混じって大きな塊が見えるのに対して、コバルト基合金では細い針状の摩耗粉となっている。これら摩耗粉の、ステンレス鋼の場合には粒径を、コバルト基合金の場合には針の直

Fig.11 Transition of Ra in experiment of durability with pushing moving blade to still blade

Fig.12 Wear particle on the blade (Cobalt base alloy)

径を測定した。結果をFig.14に示す。測定した寸法の平均値を比較すると、追加試験時のRaにほぼ相当する値が得られたことから、摩耗粉の大きさがRaに反映されているものと考えられる。

Fig.13 SEM pictures of wear particle

Fig.14 Comparison of edge roughness Ra and size of wear particle

次に、これらの摩耗粉の形状の差がどのような原因で生じるかを考えるために、Fig.13の摩耗粉に対応する摩耗部をSEMにて観察した。観察された表面の状態をFig.15に示す。

Fig.15 Comparison of worn surface

写真から明らかなように、ステンレス鋼の表面はむしりとられたような凝着摩耗(シビア摩耗)の激しい痕跡が認められるのに対して、コバルト基合金では比較的平滑なマイルド摩耗的な表面状態となっている。摩耗状態がどのような形態をとるかに関しては様々な条件に左右されるが、今回の場合実験条件は同一であるので、原因としては合金の成分の違いが考えられる。

材料表面の酸化膜の強度や生成速度にはCrの添加量の与

える影響が大きい。一般的に材料表面の酸化膜は、摩擦面の表面保護膜の役割を果たすとされているが、今回使用したような刃物用ステンレス鋼は、素材の硬度を上げるためにCを多く添加し、酸化膜を作る働きをするCrは抑えられえいる。これに対して、コバルト基合金ではTable 2に示すように、Crの含有量が使用したステンレス鋼よりも遥かに高く、この差が摩耗状態の差につながったものと推測する。⁶⁾

従って、刃先端のRaの点からはさみの刃材に要求される性質を考えた場合には、シビアな凝着摩耗を起こしにくい強固な酸化膜を有するような材料が素材として好ましいと考える。

4.3 刃先端Rへの影響

Fig.16に耐久試験前後での刃先端R寸法の変化を示す。なお、前同様実使用での初期値は複数の初期値からの統計値で代用してある。

Fig.16 Comparison of edge radius R

図から、刃先端Rに関しては試験機を用いた場合、試験前よりも試験後の方が値が小さくなった。また、ステンレス鋼とコバルト基合金とを比較すると、ステンレス鋼の方がRが小さくなっている。一方、実使用ではステンレス鋼の方がコバルト基合金よりも刃先端Rが大きくなっているのが分かる。

つまり、刃先端Rに関しては、切断の有無によって摩耗する部分が異なるものの、摩耗する量によって変化量が左右されるものと考えられる。従って、試験機のような単純な開閉では、刃の裏側の接触面のみが摩耗するのに対して、毛髪を切断し続ける場合には刃の表側の刃先端部周囲も摩耗することにより、刃先端Rが逆に大きくなるものと思われる。つまり、試験機と実使用では増減が逆転するものの、摩耗量の多いもので刃先端Rの変化への影響が大きい。

従って、この傾向は各種摩耗試験にて測定される耐摩耗性の高さととの関係が考えられる。そこで、摩耗試験の一種であるピン・オン・ディスク法にて、素材の耐摩耗性を調査した。

摩耗試験法には様々あるが、ここではピン・オン・ディスク法を選択した。はさみの開閉では二枚の刃の先端部の微小な面が接触するものと考えられるため、四球式などの球を用いる方式と円筒を用いる方式をまず除外した。次に摩擦速度について考えると、例えば刃先と刃元は速度が異なるが、刃線上の同じ部分を見た時には常に同じ速度で二枚の刃が接触している。そこで、往復動作を利用する方式を除外した。最後に、はさみの開閉では接触と非接触状態が繰り返し来ることから、スラストカラ式のように常に摩擦面が接触しているような方式は採用しなかった⁷⁾。

ピン・オン・ディスク試験の試験条件をTable 3に示す。なお、試験の安定のために荷重を若干大きくしたこと以外は、条件

は実際の使用条件にほぼ準じている。試験結果は、ピン及びディスクの総摩耗量で評価するものとした。ピン及びディスク上の摩耗部の断面形状を測定し、円周方向に積分して摩耗体積を算出した。結果をFig.17に示す。

Table 3 Experimental conditions for pin on disk test

Load	4.9N(0.127MPa)
Rotating speed	77.8rpm
Line speed	122mm/s
Testing hours	72hr
Diameter of pin	7mm
Lubrication	Antirust P-2000 (Nippon Oil Corporation)

Fig.17 Total volume of worn out by pin on disk test

このように、摩耗量を比較すると、ステンレス鋼よりもコバルト基合金の方が小さくなり、定性的にも先の実験結果と一致する。以上から、刃先端Rに関しては使用条件下での素材の耐摩耗性が耐久性を決定するものと考えられる。

5. 結言

- 1) 理美容はさみの切れ味の耐久性について、これに影響を与える三つの因子(刃先端粗さ R_z ・ R_a 、刃先端R)毎に、素材として要求される特性を明確にした。
- 2) 刃先端粗さ R_z は素材の硬さの影響が大きく、硬さの大きなものほど R_z に関する耐久性が高い。
- 3) 刃先端粗さ R_a は素材が摩耗する際に発生する摩耗粉の大きさの影響が大きく、摩耗粉が細かいほど R_a の増大による官能切れ味の低下に陥りにくい。
- 4) 刃先端Rは使用条件下での素材の耐摩耗性の影響が大きく、耐摩耗性が高いほど刃先端Rに関する耐久性が高い。

参考文献

- 1) 竹腰久仁雄, 後藤學: 日本機械学会論文集, 70-695-C (2004), 267-274.
- 2) 古川徹, 山崎栄一, 小島洋一: 日本金属学会会報, 27-9 (1988), 703-708.
- 3) 山西謙二, 長岡邦夫: 山形大学紀要(教育科学), 4-1(1965), 57-72.
- 4) 井上研司・本村貢・飯村崇: 塑性と加工, 45-522 (2004), 540-544.
- 5) 井上研司・本村貢・飯村崇・園田哲也: 第55回塑加連講論, (2004), 419-420.
- 6) 山本雄二・兼田楨宏: トライボロジー, (1998), 187-196, 理工学社.
- 7) 日本潤滑学会編: 潤滑ハンドブック, (1974), 89-97, 養賢堂.