$$\frac{dk_a}{dc_m} = \frac{-\frac{1}{2}n_{sg}'}{157.7(1-m^2)^{1/2}c_m^{3/2}} = -\frac{1}{2} \frac{k_a}{c_m}$$

であるから $d\eta_{ha}/dc_m$ を求めて 0 と置くと

$$8 \frac{fs}{\epsilon} (1-m^2)^2 (1+m) k_a^3 c_m^3 + 3 \left(1 + \frac{\epsilon_g}{\epsilon}\right) k_a^2 c_m^2 + \frac{1}{8m} + \frac{3}{4} k_a^2 - (1+m+m^2) k_a^4 = 0 \dots (21a)$$

を得る。設計に際しては (21) 式の代りにこの (21a) 式を用ひる方が望ましい。今 (21) 式の代りに (21a) 式を用ひて $\epsilon=0.03$, $\epsilon_g=0.06$, $m=0.4$, $f=0.005$ と取つて $s=0, 10, 20, 50, 100$ の場合に就き第 3 図と同様の線図を作製すれば第 8 図を得る。第 3 図とこの図を比較して知られる様に同一の n_{sg}' に対して (21) 式を用ひた方が k_a が小さく c_m は大きく而も効率僅かながらよい。

木材切削に関する研究(第2報)

木工鉋の切削作用に就て

(昭和 10 年 3 月 13 日 第 270 回講演會に於て講演)

正員 關口八重吉⁽¹⁾ 正員 長谷川一郎⁽²⁾

A Study on Wood Cutting (Part 2) On the Cutting Action of Wood Hand Planes

By Yaekichi SEKIGUCHI, Member, Ichiro HASEGAWA, Member

摘 要

本実験は一般に使用せらるゝ普通木工鉋の切削作用及び鉋掛け操作法の疲勞に関する関係を決定するために行はれたものである。切削作用は鉋の切削抵抗力を水晶の圧電式測力器を使用して測定し、これと鉋刃の切削角度、仕込角度、及び刃の出との関係を定めた。又鉋刃の耐久度を適宜な方法によつて決定し、これと切削角度、仕込角度、及び刃の出との関係を定めた。鉋掛けと疲勞の関係を定めるためには、操作中における呼吸を採集し、これをハルデン式分析器によつて分析し、酸素の消費量によつて、消費エネルギーを決定した。尙同じ方法によつて日本式鉋掛け法と西洋式鉋掛け法との優劣を定めんと試みた。

1. 緒 言

洋の東西を問はず鉋は一般に木工具として古い時代より使用せられてゐるが、日本式鉋は洋式のものに比して特長を持つてゐる。即ち第 1 図の日本鉋に於て F は鋼、E は地金で両者は鍛接せられてゐる。鋼部 C は図に示す如く中央は凹になつて居り、AB の如き部分は少しく高くなつてゐる。従つて刃先を研磨する時に比較的容易に研磨し得るばかりでなく、鉋刃の裏面を正しく平坦に研ぐ事が出来る。又鉋刃はその厚さが均一ではなく、勾配を持つてゐるからこれを鉋台に挿入する際

第 1 図

楔の作用をなし、簡単に且確實にこれを固定することが出来る。これに反し西洋鉋の鉋刃は厚さ均一な鋼片であるから、これを研磨する際に多くの勞力を要するばかりでなく、鉋台に鉋刃を固定するために別に楔を挿入する必要がある。現在我が国に於て木工鉋を使用する人数は最近の統計に依り推定すれば畧 100 万人程である。従つてこの点より見ても鉋は工業上重要な工具の一つであると云ふ事が出来る。然るに従来鉋の使用に関しては実地経験のみによつてその方法を定め、學術的研究を行つた文献は遺憾ながらこれを見出す事が出来ない。本実験はこの点に関し些にても寄

(1), (2) 東京工業大学

與し得れば幸である。

鉋の切削に直接関係する形の上の條件として最も重要なことは二つある。即ち鉋台の仕込み角度及び鉋刃の切双角度である。第2図に於て α が鉋台の仕込み角度で、 β が鉋刃の切双角度である。これ等の角度を金属切削鉋物の角度と比較して見れば、仕込み角度 α は切削角に相當し仕込み角度と切双角度の差($\alpha - \beta$)が間隙角に相當する。これ等の角度を実地使用上に於て如何に取るかと云ふに、我が国に於ては第3図に示す如く指金を使用して8寸角度と稱するものを普通鉋仕込角に使用してゐる。この角度は大凡40°に相當する。第4図に示す様な西洋鉋に於ては、仕込角度は45°に取る様である。切双角度は20°~25°が普通であるとせられてゐる。

これ等従来使用せられてゐる角度が最適のものであるか否かは確むる必要がある。又これ等の角度を変じた場合その影響は如何なるものであるかは双物その物の本質を明にする上に於て極めて必要である。これ等角度の変化によつて影響を受ける事項の内でも最も重要なことは鉋刃の耐久度と切削力でなければならぬ。本実験に於ては、耐久度及び切削力を測定し、これと仕込角度及び切双角度との関係を明にしたのである。

次に鉋の使用法に就て甚だ興味のあふことは我が国における掛け方と外国のものとは全く反対であることである。即ち我が国に於ては周知の如く鉋を手前に引く時に木材を切削する様になつてゐるが西洋に於ては第4図に示すやうな前方に角のある鉋を使用し、この角に手をかけ前方に押つしゝ切削する。中華民国においても第5図に示す如く鉋を押して使用するとのことである。

従つて日本式の鉋掛け法は我が国独特のものである。この2種の鉋掛け法の優劣は俄に断定することは出来ないが、この掛方の人体に及ぼす影響の差異を知るため、操作人に対し呼吸分析を行ひ、これによつて消費エネルギーの多寡を定めんと試みた。

2. 試験鉋

試験に使用した鉋は、市場で上等品と稱する6分鉋(切双の巾53mm)である。種類は1枚鉋及び2枚鉋各1個で前者をNo. 1、後者をNo. 3と名附けた。尙試験の際この上等品に対し中等品と稱する鉋も試みに試験したのであるが、

昭和11年2月]

耐久度が著しく不良であつたため実験には使用しない事にした。鉋台は各双物に対し30°, 35°, 40°, 42.5°, 45°及び60°の8種類の仕込角度を有するものを各1個宛用意した。

3. 切削材料

鉋掛けの試験材料には、質が出来るだけ均一であることが最も必要であるため無節の檜を使用した。材料は90×60×350mmの角材に切り取り、これを乾燥器で充分乾燥して使用した。切削力を測定する実験に於ては、切削量を一定にするため材料を巾40mmにし、任意の厚さ及び長さに切つて使用した。木材の比重は大體0.38~0.40程であつた。

4. 切削力の測定

(a) 実験装置

鉋の切削力を測定するために使用した測力器は、水晶の圧電気を應用したもので、著者が双物の製作に関する研究⁽³⁾に於て既に使用したものと同一である。即ち水平及び垂直の方向の力を測定するために2組の水晶片を装置し、その各に加へられた圧力は夫々別々の清水式検電器によつて測定するのである。第6図は実験を行ひつゝある状態を示す。図中Aは水晶圧電式測力器で、この上に切削材料Bが載せられてゐる。Cは重錘によつて初圧を水平方向に加へる糸である。鉋の高さは床上950mmである。Dは水平力を測定する検電器、Eは垂直力測定用検電器である。

(b) 試験法

本実験に於ては鉋の仕込角度及び切双角度を種々変じたとき切削力が如何に変化するやを知るために測定したものである。仕込角度は30°, 35°, 37.5°, 40°, 42.5°, 45°, 50°及び60°の8種に対して各別々に鉋台を用意し、その都度取り替へて使用した。

鉋の刃は普通手で支へて砥ぐからして刃先面は平面でなく曲面を形作つて

ゐる。従つて切双角を正しく測定するには普通の角度測定法では極めて困難である。本実験に於ては顕微鏡を使用して刃先の角度を正確に測定した。第7図はこの方法を示すものである。図中Aはツァイス製顕微鏡で、対物レンズが対眼レンズの軸を中心として回轉し得る様になつてゐる。Cは本測定のため特に附加へた角度を目盛したダイヤルで、対眼レンズ

第2図 鉋刃の角度

第3図 仕込角度を曲尺に依つて定める法

第4図 西洋式鉋

第5図 支那式鉋

(3) 機械学会誌第36巻第198号700頁

第 6 圖

第 7 圖 顕微鏡に依る切刃角度の測定装置

第 8 圖 刃の出の測定法

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋) 切刃角度 25° (普通使用の角度) 刃の出 10/100 mm

第 9 圖 仕込角度と平均垂直切削力との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋) 切刃角度 25° (普通より鋭い角度) 刃の出 10/100 mm

第 10 圖 仕込角度と水平切削力との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋) 切刃角度 25° (普通使用の角度) 刃の出 10/100 mm

第 11 圖 仕込角度と水平切削力との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋) 切刃角度 30° (普通より鋭い角度) 刃の出 10/100 mm

第 12 圖 仕込角度と水平切削力との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋) 切刃角度 20° (普通より鋭い角度) 刃の出 10/100 mm

第 13 圖 仕込角度と水平切削力との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋) 切刃角度 25° (普通使用の角度) 刃の出 10/100 mm

第 14 圖 仕込角度と水平切削力との関係

と共に回転する。この回転角を、Cのダイヤルで読むのである。Bは測定せんとする鉋刃で、これを水平面上に正しく置き、刃先の部分を顕微鏡によつて観察する。鉋の刃の面は対物レンズの面に対して傾斜してゐるから、その儘では刃先部を顕微鏡で明確に見ることが出来ない。依つて対物レンズを対眼レンズの軸の周りに回転して、対物レンズの面が刃先面と平行になる様に調節する。但し刃先面は曲面であるから、全面が対物レンズ面に平行になることは出来ない。この帯狀の平行部はレンズの回転につれて手前より刃先の方へ次第に移動して行く。帯狀の平行部が刃先に達したときに、ダイヤルを見て角度を定める。平行部は他の部分に比して、より明瞭に見えるばかりでなく最も明い部分となるから判定は容易である。

切削量は切削材料の幅が40mmで一定であるから刃の出の多少によつて変ずる。刃の出は第8図に示す如く、ツァイス製デプス・マイクロメータの一端Bを鉋の刃Aの上に置き、他端を鉋台に接触させる。BCの間には楔形の空隙が出来ゐる。この空

隙の中心 D に於てその深さを測定し、これを 2 倍すれば、双の出を求むることが出来る。双の出は両端及び中央で測定し、その平均の値を取った。但し普通鉋では双の出は、中央で最も多く両端に行くに従つて減少する様になつてゐるが、実験に使用した鉋は中央両端共に一直線になる様に砥がれてゐる。双の出は 4/100 mm, 6/100 mm, 10/100 mm, 及び 14/100 mm の 4 種類とした。従つて前記 8 種の仕込角度との組合せに依り、一つの切削角に対して 32 の場合が出来る。各場合に対して切削試験を連続 5 回行ひ、その平均値によつて切削力を求めた。

(c) 実験結果

(1) 仕込角度と切削力との関係

仕込角度に対する切削力の変化は、第 9 図より第 15 図に示す如くである。切削力は水平力と垂直力の二つを測定したのであるが、垂直力は鉋台を加工物に押へ付ける力であるため、その大きさは切削作用と直接の関係を持つてゐない。実際測定の結果より見ても、その値が相當不同である。第 9 図はその一例である。第 10 図より第 15 図までは水平切削力を示してゐる。これによつて見れば、水平力は仕込角度即ち切削角度が増加するに従つて大となる。この関係は金属切削双物に於て、一般に認められた事項と一致してゐる。

次に双の出と切削力との関係を見るに、水平力は双の出を増すに従つて大となる。この場合切削の巾は 40 mm であるから、これに双の出を乗ずれば、切削面積を求むることが出来る。この切削面積で切削力を除する時は、単位切削面積當りの切削力が求められる。これを単位切削力として図示すれば図の点線の曲線となる。これによつて見れば単位切削力は、双の出即ち切削面積の増すに従つて著しく減少することが判る。この事実は金属切削の場合に於ても認められるものである。併し鉋に依る切削に於ては、この傾向が一層顯著である。換言すれば双の出を増しても切削力の方はそれに

伴つて増加しないと云ふ事になるから、鉋掛けの場合には双の出をなるべく多くした方が有利の如く考へられるが、後に説明する如く双の出を余り多くすればその耐久度が著しく低下するから、双の出は適當な程度に止めなければならない。第 16 図は切削面積と切削力との関係を示す一例である。

最後に切双の角度を変じた場合における切削力の変化を見
昭和 11 年 2 月]

るに、切削力のみを考へ他の條件、例へば切削面の平滑度等を考慮しない場合には、大体の傾向としては切双角度が大となるに従つて切削力が幾分大となる様である。仕込角度から切双角度を減じたものが間隙角であるからして、一定の仕込角度の場合には、切双角度が大或は小となれば、間隙角は小或は大となる。元来金属加工の双物に於ては、間隙角の大小は切削力には余り大なる関係はないと云はれてゐるが、鉋の場合には大体に於てこれと同様であると考へられる。

5. 鉋の耐久度

(a) 試験法

鉋の耐久度は砥石で砥いでから双がその切削能力を失ふに至るまでに切削し得る木材切削量で決定すべきである。本実験に於ては、著者は鉋の切削能力を判定するため、一定の回数即ち 100 回だけ一定の長さ 350 mm の試験材を削り、この間に削り得た切屑の重量を測定した。実験の結果は第 17 図に示す如く、切削量は始めの内は殆ど一定であるが、切削能力を失ふに従つて急激に減少する。この点を以て鉋の耐久度を定めることにしたのである。即ち第 17 図に於ては耐久度は 3,700 回と定めるのである。

この切削能力を失つた点は又切屑の形状を見ても明かである。切削量が一定で鉋の切味のよい間は切屑は第 18 図に示す如く鉋の双の巾に等しい廣い帯状をなしてゐるが、一旦切削量が急に減少する点に達すれば、切屑は第 19 図に示す如く細片状態となる。これは極めて明瞭に現はれて来る。

(b) 試験結果

(1) 仕込角度と耐久度との関係

第 20 図及び第 21 図は鉋双の切双角度が普通の場合、即ち 25° の時における、耐久度と仕込角度との関係を示す。これによれば仕込角度の小なる場合には、間隙角が小に過ぎて耐久度が極めて不良である。仕込角度が 35° より増すに従つて耐久度は急激に増し、42° 5' で No. 1,

及び No. 3 共に最大の耐久度を有する。従つて鉋の耐久度はその切削材料が増である場合には、仕込角度は 42° 5' に於て著しく良好なる耐久度を示してゐる。この角度より若し 5 度差があれば耐久度は著しく不良となる。この関係を間隙角に就て見れば間隙角が 10° の場合は不良で、17° 5' で最良となり、20° で再び不良となる。

試験鉋 No. 3. (1 枚鉋)
切双角度 30° (普通より鈍い角度)
双の出 10/100 mm

第 15 図 仕込角度と水平切削力との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋)
切双角度 25° (普通使用の角度) 仕込角度 40°

第 16 図 双の出と水平切削力との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋) 切双角度 25° (普通使用の角度)
仕込角度 40° 双の出 10/100 mm

第 17 図 耐久度曲線

第 22 図及び第 23 図は切刃角度 20° の場合における耐久度と仕込角度との関係を示す。この場合に於ては全体として耐久度が 25° のときより著しく不良である。最良の点は 35° 附近である。

即ち切刃角度 25° の場合に比し最良点が左に寄つたことになる。間隙間はこの場合に於ては 15° のとき耐久度が最もよい。仕込角度 40° 附近から耐久度が著しく不良となる。

最後に第 24 図及び第 25 図は切刃角度 30° の場合の耐久度曲線を示す。この場合には最良の耐久度の点は右方に寄つてゐる。全体として考へた場合耐久度は初めの場合に比し不良である。

以上三つの場合を比較する時は、従来普通木材に対して使用せられてゐる鉋の切刃角度及び仕込角度が、耐久度より見て最良である事は蓋し當然の事と思はれるが、その角度を少しく変じた場合、著しく耐久度が低下すると云ふ事実は大に注目に値する。尙仕込角度と切刃角度の差である間隙角と耐久度が密接な関係を有することが、上記実験の結果に依り知ることが出来る。

(2) 刃の出と耐久度との関係
鉋の刃の出が多くなり或は少なくなつた場合、耐久度の変化することは推察されることであるが、切刃角度 20° 、 25° 及び 30° の鉋刃に対し最も耐久度のある仕込角度を選び、刃の出を $4/100$ mm、 $6/100$ mm、 $10/100$ mm 及び $14/100$ mm の 4 種に変じて、その耐久度を試験した。第 26 図はその結果の一例

第 18 図

第 19 図

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋)
切刃角度 25° (普通使用の角度)
刃の出 $10/100$ mm

第 20 図 仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋)
切刃角度 25° (普通使用の角度)
刃の出 $10/100$ mm

第 21 図 仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋)
切刃角度 20° (普通より鋭い角度)
刃の出 $10/100$ mm
第 22 図 仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋)
切刃角度 20° (普通より鋭い角度)
刃の出 $10/100$ mm
第 23 図 仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋)
切刃角度 30° (普通より鈍い角度)
刃の出 $10/100$ mm

第 24 図 仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 3 (1 枚鉋)
切刃角度 30° (普通より鈍い角度)
刃の出 $10/100$ mm

第 25 図

仕込角度と耐久度との関係

試験鉋 No. 1 (2 枚鉋)
仕込角度 40°
切刃角度 20° (普通より鋭い角度)

第 26 図

刃の出と耐久度との関係

を示す。これによつて見れば双の出の少い場合即ち仕上げ鉋掛けのときには耐久度が小であるが、双の出が余り大になると却つて耐久度が減少する。鉋の台及び双を変へた各場合に

第 27 圖

第 28 圖

於て、双の出が 10/100 mm の時耐久度が最良である事が例外なしに確められた。

6. 呼吸分析に依る鉋掛動作の研究

(a) 試験装置及び方法

本実験法は人間の呼吸の際吐き出す呼吸を採集し、これを分析して、それに含有せられる炭酸ガス及び酸素の量を測定し、これに依つて作業人の消費したエネルギーを決定するものである。

呼吸を採集するには覆面を使用する。第 27 図、第 28 図及び第 29 図はこれを示す。図中 A は吸気口、B は呼気口である。空気の入出に対する弁には、吸気に D、呼気に C なる周辺に数個の小孔を有するゴムの薄膜を使用する。その作用は第 29 図より明なる如く、A より空気を吸ふ場合には、空気の圧力に依つて薄膜 D が図の如く内部に向つて彎曲する。従つて空気は G の端を越して周辺の小孔より内部に流れ込む。この際呼気弁 C は内側に吸ひ込まれるから、薄膜が F の端に密着し、より空気の入り込む事を防止する。呼気の際には作用が全く反対となり、C の弁は図の如く外側に彎曲し呼吸を採集袋に送り出し、弁 D は G 端に密着して呼気の外気に漏れることを防ぐ。E は空気によつて膨まし得るゴム管で、覆面を着けたとき顔面と覆面との間から空気の漏洩する事を防ぐ。呼吸の分析は第 30 図に示す高橋式ガス分析器によつて行ふ。本器は図に示す如く、A は測量管、B はこれとゴム管によつて連絡せられる水銀溜めで、B を上下せしむれば測量管内の容量がこれに依つて増減する。C は苛性曹達溶液管、D はこれとゴム管にて連絡する苛性曹達液溜めでこの液面が常に大気に

露出してゐる。E は焦性没食子酸を苛性曹達溶液中に溶解した溶液をその内に満し酸素を吸収する。F は E に連結する彎曲管で、内に苛性曹達溶液を湛へ、E と外気との接触する

第 29 圖 覆面の横断面

ことを防止する。G は三方コックで、A と H 或は外気と連絡せしむることが出来る。I は測量管、A の温度を一定ならしむるために用ふる水を満たした外筒である。K は冷却水の攪拌棒で随時攪拌して測量管内のガスの温度を一定ならしむる。

上記方法によつて実験した動作は鉋掛けであるが、実際に木材に鉋を掛ける場合には毎回削り取る切削量が一定不変でなく相當変動する。且熟練工でなければ実験し得ないため甚だ不都合である。この理により本実験に於ては実際の鉋掛けとは幾分様式が異なるがこれと類似した動作を一定不変の條件の下に繰返し得る装置を作つた。第 31

第 30 圖 高橋式ガス分析装置

図は本装置を示す。本装置に於ては鉋台を手前に引く場合に、鉋台に糸で連結した重錘が引き上げられる様になつてゐる。重錘は 1 kg, 5.5 kg, 10.5 kg 及び 15.5 kg の 4 種類に変じた。操作の速さは 1 分間に 25 回とし、この調整はメトロノームによつて行つた。呼吸採集の時間は 2 分間を単位とし、必要の際には同一操作に対して 2 分間の採集を数回連続して試みた。被験人は 4 人で、A は熟練木型師、B は熟練仕上師、C 及び D は鉋掛け不熟練のものである。

次に実験結果の一例を挙げる。

第 1 回 呼吸採集 操作前直立の姿勢

分析呼吸	9.72 cc
CO ₂ の百分率	2.57 %
O ₂ の百分率	17.8 %
呼吸係数	$R.Q. = \frac{2.57}{21-17.8} = 0.803$
呼吸全量	15.08 l (2 分間)

1 時間における消費酸素量の割合 14.48 l/h

室温 28°C, 気圧 754.3 mm なるによりこの酸素量を乾燥標準状態の量に直せば 12.58 l/h

第2回 操作開始後の2分間

分析ガス量	9.690 cc
CO ₂ の百分率	3.405 %
O ₂ の百分率	16.6 %

呼吸係数

$$R.Q. = \frac{3.405}{21-16.6} = 0.774$$

呼吸全量 21.37 l

1時間に対する消費酸素量

28.18 l/h

標準状態における消費酸素量

24.48 l/h

操作によって消費せらるゝ酸素量

24.48 - 12.58 = 11.9 l/h

酸素 1 l に対する発熱量⁽⁴⁾は $R.Q.$ の値によつて多少増減すべきであるが、本実験に於ては一律に 1 l 當り 5 kcal の熱量を出すものとして計算した。従つて上記の酸素量より熱量を算出すれば、59.5 kcal となる。尙熱の仕事當量によつて熱量を機械的エネルギーに換算すれば 25,400 kgm となる。

然るに実際重錘の上下に費した仕事量は計算によつて 5,520 kgm/h となるから假りに上記の諸値から本操作に対する被験人の効率を求めれば

$$\eta = \frac{5,520 \times 100}{25,400} = 21.7\%$$

次に西洋式或は支那式の鉋掛法即ち鉋を手前より彼方に押す場合の実験を同様の装置によつて行つた。

(b) 実験結果

呼吸採集は操作開始直後2分間行ひ、次の1分間は操作は経続して行ふが呼吸は採集しない。3分目より5分目までの2分間は第2回目の呼吸採集を行ふ。次に再び1分間置き6分目より8分まで2分間呼吸の採集をなす。従つて呼吸の採集は操作直前の1回を入れて4回となる。この各回の酸素消費量を比較して見るに、第1回は酸素消費量が比較的少いが、第2回目は始めに比して消費量が著しく増加することが判る。大体に於て約2倍になる。第3回目には最早消費状態が一定になるため2回目と消費量が殆ど等しいことが確められた。これを実験結果の一例に就て示せば第32図の如くなる。以下試験結果として擧げてあるものは皆この一定になつた場合に就て求めた値である。

次に被験者別に試験結果を記せば

被験人 A (熟練木型工、体重 52.5 kg)

第31図

被験人 A 引く場合 重錘 10.5 kg

第32図 時間の経過に対する消費熱量及び効率の変化

第33図 仕事量と消費熱量及び効率との関係

第34図 仕事量と消費熱量及び効率との関係

実験結果は第33図及び第34図に示す如く、引張る場合に於ては、仕事量 30 kgm, 55 kgm 及び 80 kgm の3点に就て見たとき効率は大体 15% 附近を上下してゐる。押す場合に就て見たときは矢張効率は 15% 前後であるが、この場合には重錘が多くなり、従つて仕事量が増したとき酸素の消費量が比較的多くなり、効率が前の場合に比し相當低下することが判る。

被験人 B (熟練仕上工、体重 56.5 kg)

実験結果は第35図及び第36図に示す如くである。引張る場合には効率は大体 11% であるが、押す場合に於ては仕事量の少いとき即ち 30 kgm 及び 55 kgm に於ては引張る場合と略同様であるが、80 kgm の点に於ては効率が著しく低下して 8% に下つてゐる。実際に操作状態を見ても相當操作が困難であることが窺はれる。

被験人 C (鉋掛不熟練者、体重 54.0 kg)

実験結果は第37図及び第38図に示す如くである。引張る場合には効率は大体 12.5% 位であるが、押す場合には重錘の少い間は前被験人 B の場合と同じ程度であるが、重錘が増すに従つて効率が著しく不良になつて来る。即ち重錘 13 kg, 仕事量 68 kgm で効率が低下を示し、重錘 15.5 kg, 仕事量 80 kgm では連続操作することが不可能であつた。

被験人 D (鉋掛不熟練者、体重 44.5 kg)

実験結果は第39図及び第40図に示す如くである。引張る場合には効率は約 11.5% であるが、押す場合には始め比較的効率がよ

く、仕事量 68 kgm の点で著しい効率の低下を示してゐる。重錘 15 kg 即ち仕事量 80 kgm の場合には連続操作は不可能であつた。

以上各被験人に就て行つた実験結果を綜合すれば、引張る

(4) Amar, The human motor p. 147

場合には効率の実験範囲内に於ては各被験人に就き殆ど同一であり、且効率曲線は上向きになつてゐる。即ち重錘を未だ増しても効率よく操作し得ることを示してゐる。実際操作人に質した所によれば最大重錘の場合に於ても、さしたる疲労は感じないとの事である。これに反し押す場合には重錘の増すに従つて効率曲線が著しく下降を示してゐる。殊に重錘 15.5 kg、仕事量 80 kgm の場合には C 及び D 被験人は殆ど経続操作を行ふ事が出来なかつた。重錘 13 kg、仕事量 68 kgm の場合でも相當疲労し、5 分以上経続することは困難であつた。これ等の結果より見て押す方法は引く方法に比して負荷の相當ある場合には体力の消費上不利であり、従つて耐久度も少い事が漸定せられる。第 1 表は被験人 A、押す場合の数値を示す。

7. 引張る力及び押す力

操作人が鉋を引張り或は押す場合、全力を盡してこれを

被験人 B 引く場合

第 35 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

被験人 C 引く場合

第 37 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

被験人 D 引く場合

第 39 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

なす場合何程の力を出し得るかを試験して見た。装置は山越製作所製記録握力計を利用し、これを鉋を掛ける場合に作用する水平力を測り得る様な位置に装置して実験を行つた。第 41 図は引張る場合の試験装置を示す。A は記録式握力計、B は鉋台で被験人は C のメトロノームに合はして 1 分間 25 回の割合で引張るのである。押す場合も同様の装置によつた。結果は第 2 表に示す如くである。これによつて見れば、力そのものの大きさは引張りとは押す場合で大差のないことが判定せられる。

8. 結 論

上記実験の結果次の結論を得た。

1. 鉋の水平切削力は仕込角度が増すに従つて増加する。垂直力は大体に於て仕込角度に比例して増すが、その値は不規則である。
2. 単位水平切削力は切削の深さが増すに従つて著しく低

被験人 B 押す場合

第 36 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

被験人 C 押す場合

第 38 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

被験人 D 押す場合

第 40 圖 仕事量と消費熱量及び効率との関係

下する。

3. 鉋双の耐久度は仕込角度及び切双角度の如何によつて著しく変る。仕込角度 40°, 切双角度 25° に於て耐久度が最も良好である。

4. 鉋双の耐久度は双の出によつて著しく異なる。何れの場合に於ても双の出を 10/100 mm にしたとき耐久度が最もよい。双の出をこれより多くしても耐久度は落ちる。

5. 引張る鉋掛け法と押す鉋掛け法とを比較すれば、前者は相當の荷重まで殆ど效率が一定であるが後者の場合は荷重が増すに従つて效率が著しく低下する。

6. 鉋掛けに於て瞬間的に作用せしむる最大の引張り力及び押す力の大きさは両者殆ど差異がない。

第 1 表

押す場合 被験人 A

重 鐘 kg	操 作 時 間 mn	呼 気 の 酸 素 %	呼 気 の 炭 酸 ガ ス %	呼 気 係 数 RQ	呼 気 量 l	消 費 酸 素 量 g/h	標 準 状 態 に お け る 酸 素 量 g/h	仕 事 に 消 費 した 酸 素 量 g/h	仕 事 に 消 費 した 熱 量 kcal/h	仕 事 量 kgm	効 率 %	備 考
0	0-2	17.35	3.085	0.845	14.30	15.66	14.41	—	—	—	—	直立
3.0	0-2	16.70	3.475	0.808	14.88	19.20	17.69	3.28	16.40	1,575	22.50	直立
"	3-5	16.80	3.720	0.767	18.55	23.38	21.51	7.10	35.50	"	10.39	操作後
"	6-8	16.98	3.550	0.883	17.96	21.65	19.92	5.51	27.55	"	13.38	直立
0	8.5-10.5	17.75	3.010	0.926	15.37	14.98	13.71	0.70	—	—	—	操作後
0	0-2	17.75	2.600	0.800	11.25	10.96	9.99	—	—	—	—	直立
5.5	0-2	16.74	3.235	0.760	14.66	18.72	17.05	7.06	35.30	2,888	19.16	直立
"	3-5	17.17	3.215	0.840	16.61	19.08	17.40	7.41	37.05	"	18.25	操作後
"	6-7.5	17.58	2.735	0.800	13.90	17.10	15.57	5.58	27.90	"	24.24	直立
0	8.5-10.5	17.80	2.508	0.784	12.08	11.60	10.55	0.56	—	—	—	操作後
0	0-2	17.55	2.640	0.765	13.52	13.72	12.50	—	—	—	—	直立
10.5	0-2	16.89	3.335	0.812	20.73	25.55	23.25	10.75	53.75	5,510	24.00	操作後
"	3-5	16.96	3.620	0.896	27.17	32.90	29.95	17.45	87.25	"	14.80	直立
"	6-8	17.03	3.490	0.897	24.88	29.62	26.95	14.45	72.25	"	17.86	操作後
0	—	17.75	2.722	0.838	呼気採集袋破損			—	—	—	—	直立
0	0-2	17.86	2.732	0.871	13.16	12.40	11.65	—	—	—	—	操作後
15.5	0-2	16.88	3.865	0.938	24.53	30.30	28.45	16.80	84.00	8,130	22.65	直立
"	3-5	16.62	4.465	1.018	35.57	46.75	43.90	32.25	161.25	"	11.80	操作後
0	5.5-7.5	17.72	3.545	1.080	16.83	16.56	15.55	3.90	—	—	—	直立

第 41 圖 握力計に依る引張りの力及び押す力の測定装置

本実験を行ふにあたり、呼気分析装置使用上に於て多大の便宜を與へられた商工省商工書記官辻謹吾氏、商工技師佐藤筈太郎氏、高橋孝太郎博士、淡路円治郎博士の諸氏に深甚の謝意を表し且又呼気採集に協力された宮入廣男、朝妻豊作、

第 2 表

被験人	加 力 様 式	試験時間	力 kg		
			最大	最小	平均
A	引張る場合	8 mn 30 s	68.5	43.0	57.0
"	押す場合	7 mn 15 s	60.0	38.0	51.0
B	引張る場合	9 mn 45 s	65.5	28.8	48.0
"	押す場合	5 mn 45 s	74.0	54.0	65.0
C	引張る場合	10 mn 0 s	45.7	16.0	33.0
"	押す場合	5 mn 50 s	48.0	21.5	35.0
D	引張る場合	8 mn 23 s	51.0	31.0	43.0
"	押す場合	7 mn 10 s	54.0	24.0	33.0

寺尾信吾及び花香常三郎の諸氏並に全実験を通じて助力された山本誠一氏に厚く感謝の意を表する。