新案滑度計に就て⁽¹⁾

(昭和 12 年 11 月 24 日 第 318 回講演會に於て講演)

正員 關口 八重吉⁽²⁾正員 長谷川 一郎⁽³⁾

摘 要

機械製作上に於て機械各部分の仕上面の状態が機械全体の性能に與へる影響は頗る大である。機械部分の仕上げ寸法を如何に精密に仕上げててもその部分の仕上面の状態が適當でない場合には所期の目的を達することは困難である。寸法の精度は各種の測定機或は 限界ゲージ 等に依り精密に測定せられてゐるが、仕上面の状態即滑度に就ても優良なる機械を製作するためには寸法精度に劣らざる測定機に依てこれを明確に測定すべきである。

近年各国に於てもこの点に着目するものが次第に多くなり 各種の測定機が考察実施せられて居り、皆夫々相當の効果を挙げてゐる。これ等測定機には種々のものがあり、その中で針を面に接触せしめて凹凸を検するのがその代表的な方法の一つとなつてゐる。G. Schmalz⁽⁴⁾ 氏はこの方法を利用し針の動きを鏡に依り擴大し記録せしむる方法を初めて実施した。後 W. Kieseewetter⁽⁵⁾氏が針の加圧部の圧力を少くし得る Kreuzfeder と稱する方法を考案しこれを應用した光学的測定機により各種の実験を行つてゐる。この他 G. Schmalz⁽⁶⁾氏に依り考案せられた光線切断法及び反射光線に依る各種の測定法が考案せられ夫々各種実験に利用せられてゐる。

著者は上記各種の試験法とは異つた方法に依り面の滑度を測定せんと試みたのである。即ち針を試験面の法線に対して約 80° 傾ける如く装置し針の先端に近接した曲面部と面とを接触せしめ、針を面に沿ふて直線的に往復運動せしめる。この運動により針には面の凹凸に従て振動が起される。この運動を ロッシェル塩結晶の薄板を 2 枚合せ一端を固定したもの、他端に傳へ、この振動に ロッシェル塩結晶板に圧電気を起さしめる。この圧電氣的变化を電氣的に擴大し電流計或は オシログラフに依りその電流の大小を測り、これに依て面の滑度を測定せんと試みたのである。

本法は針と面とを接触せしめた点に於ては Schmalz 氏の方法と同様であるが、これは面の凹凸をそのまま擴大して記録するものであるが、著者の使用した方法に於ては面の凹凸によつて針に振動を起さしめ、振動の大小に依て滑度を測定するものである。

1. 測定機の構造及び作用

第 1 図は本機の構造を示す。1 は内部に第 2 図に示す如き ロッシェル塩の結晶板を包藏せるものでピボットに依り上下に軽く

動き得る様に支持せられてある。2 は蓄音機用鋼鉄針でその先端は試験面の法線に対して約 80° の傾斜をな

第 1 図 試験機の構造

す様に 1 に取付けてある。15 及び 14 は 1 の支持棒であり、これによつて 1 の位置の上下及び 15 の軸に対する回轉位置

を調整することが出来る。5 は平板で左右に往復動をなし得る様に取付けられてあり、この上に 1 の支持棒 14 が固定せられてある。

滑り板 5 には 6 に示す様な運動方向に直角に細い溝が切つ

第 2 図

てある。7 は滑り板の下部に取付けてある 78 rev/mn のシンクロナス式電動機で、この回轉軸に固定した板上適當な位置に取付けたボルト

の一端を 6 の溝に挿入する。

第 3 図

從て 7 を回轉せしむるときは 5 はこれに従て 78 rev/mn だけ左右に往復運動を繰り返すことになる。3 は測定丸棒で 4 の V ブロックの上に置く。4 の上下の位置は 13 のナットにより調整し、4 の 1 に対する前後の位置は 12 のねじに依て調整する。11 は可変抵抗器、8 は擴大装置、9 は距離

化銅整流器、10 は ミリアンメータである。

擴大装置は第 4 図に示すものを使用し、出力は亜酸化銅整流器に依り整流し、これを ミリアンメータ に依て測定した。

(1) A New Smoothness Tester (2) Yaekichi SEKIGUCHI, Member, The Tokyo University of Engineering, 東京工業大学。

(3) Ichiro HASEGAWA, Member, Tokyo Higher School of Arts and Technology, 東京高等工芸学校。 (4) G. Schmalz: V.D.I., Z., 73, (1929) 1461. (5) W. Kieseewetter, Diss. Dresden(1931). (6) G. Schmalz, Naturwiss., 20, 315-316; Zeiss Nachr., 7, (1934-6) 6.

昭和 13 年 11 月]

本測定機に於ては試験針を第 13 図に示す如く測定面に対して傾けて装置し試験面と針とは、針の先端でなくこれに近接した曲面部 20 に於て接触する様に装置してある。

これは針が試験面に添ふて左右に動いた場合起される振動が安定であり、且振動を水平振動とする上に便利である。

先端を直接試験面に接触せしむる場合は面の凹凸に依て起される振動は甚だしく不安定となり針の摩耗が多く、且試験面に引掻跡を残す傾向が大である。本測定機に於て針の試験面に対する運動は振幅 20 mm, 往復回轉毎分 312 m/mn, 最大速度 490 m/mn の単弦運動である。この単弦運動に依て動かされる

第 4 図

第 5 図

第 6 図 時間に対するメータの読みの変化

針に依て結晶体に起される圧電気の変化をオシログラフに依て記録すれば第 5 図に示す如くなる。これによつて見れば電流の変化は速度の遅い始めの部分及び終りの部分を除き、途中は殆んど一定であり、速度の変化の影響が殆んどないことが判る。

本試験法に於ては針を接触せしめたまゝ、数十回連続往復運動せしむるものであるが、この接触運動に依て針及び試験面の摩耗は如何なる程度であるかを同一接触面を連続試験し、その際のメータの読み即ち滑度の変化に依て求めた。第 6 図はこの結果を示す。メータの振れの大小即ち滑度の時間に対する変化は試験材料の如何によつて異なる。軟鋼はメータの振れの変化が比較的に多いが、焼入鋼に於ては殆んど無い。又黄銅に於てはこの変化が極めて少い。これらの結果よりして本試験法に於ては針の運動開始後 20 s におけるメータの読みに依て滑度を決定することに定めた。20 s の試験後に於ては軟鋼及び焼入鋼ともに試験面には何等の針の跡も認めない。黄銅に於ては幾分痕跡を残す程度である。針の試験面に対する圧力は約 20 g である。

2. 本式滑度計を使用して得たる実験結果

本式滑度計を使用し研磨加工面及び旋盤加工面に就て次の実験を行つた。

(1) 連続研磨加工における研磨の長さや滑度の関係 研磨車をダイヤモンド・ドレッサーによつて砥直した後、直径約 40 mm, 長さ 200 mm の丸棒を丸棒研磨機によつて連続研磨を行ひ、各 20 回の研磨毎に別に用意した同一材質の試験棒を研磨し、研磨回数に依り加工面の状態が如何に変化するかを定めた。試験材料は軟鋼及び焼入鋼 (硬度ロックウエル C 75) を

第 7 図 研磨の長さや滑度 Al 100

第 8 図

使用し、研磨車は国産某社製アランダム粒度 100, 硬度不明のもの、粒度 80, 硬度 L 及び粒度 80, 硬度 M の 3 種類を使用した。

第 7 図は粒度 100 の研磨車に対する実験結果を示す。これに依て見れば、砥直の直後は滑度悪く暫くして始めより滑度が相當良くなり、後波状に起伏を続け最後にピレ跡を示すようになる。滑度曲線が波形になつてゐるのは研磨粒が鈍になるに従ひ滑度が悪くなるがこれが或る程度に達し研磨車より離脱するに至れば、滑度は再び一時良好となる。併し後暫くして再び滑度が悪くなる。これを数回繰返す内に遂に摩耗しても離脱しない研磨粒の部分を生じ、遂にピレ跡を生ずるに至るものと考へられる。但しこの現象は後記の如く研磨車の種類に依て異なる。この実験の結果に於ては軟鋼及び焼入鋼両者共試験棒の回轉数が 150 rev/mn の時に比較的早くピレを生じてゐる。これに反し加工物の回轉数を 350 rev/mn

[第 4 卷 第 17 号]

にした場合は両者ともに起伏はあるが 3 200 cm の長さまで大して滑度が悪くはない。

第 8 図は、粒度 80、硬度 L の研磨車に就ての実験結果である。

この研磨車は硬鋼用として購入した研磨車であるが、結果が不規則であり、これより判断すれば研磨車の品質が各部不均一であることが推察出来る。図に示す四つの場合は夫々新しく砥直した場合であるから夫々研磨車の異なる部分で加工したことになる。併し大体の傾向として見て、砥直し直後は滑度は相当悪く、暫くして著しく滑度が良くなって来

第 10 図

ることが判る。

第 9 図は粒度 80 硬度 M の研磨車に就て求めた実験結果である。この研磨車は軟鋼用として購入したものであるが、各場合とも殆んど同一の傾向を示してをり研磨車の質の均一であることを示

第 12 図 加工面の回転数と滑度 Al 80 M

してゐる。傾向としては前の場合と同様始めは滑度が悪く、暫くして良くなり、軟鋼 2 000、焼入鋼は 2 400 cm の長さに於て滑度が不良となつてゐる。又軟鋼の方が焼入鋼に比して滑度が約 50% 不良となつてゐる。

(2) 加工物の回転数と滑度 丸棒研磨機に於て送り一定の場合加工物の回転数を種々変じ、これに対して加工面の滑度が如何に変るかを実験した。

第 10 図は粒度 100 の研磨車に就ての実験結果を示す。

滑度は回転数を増すに従つて良くなつて来るが、或る限度を越すときは再び悪くなる。この傾向は実験を行つたすべての場合に就て認められる。第 10 図に示す場合に於て 27.4 m/mn 焼入鋼 400 回転 (線速度 31.4 m/mn) の場合に最も滑度が良くなつてゐる。この回転速度は普通使用せられてゐる速度より少し速い。

第 11 図は粒度 80 硬度 L の研磨車に就ての実験結果を示す。

本場合に於て滑度の変化は比較的少ないが軟鋼焼入鋼共に 400~450 (線速度 31.4~35.3 m/mn) 回転附近に於て滑度 昭和 13 年 11 月]

の良い点がある。又全体としては焼入鋼の方が滑度が良好である。

第 12 図は粒度 80 硬度 M の研磨車に就て求めた結果である。この場合には軟鋼は 500 回転 (線速度 39.3 m/mn)、焼

入鋼は 350 回転 (線速度 29.5 m/mn) に就て最良の滑度を示してゐる。焼入鋼では回転に対する滑度の変化は少い。

(3) 研磨代と滑度の関係 1 回の研磨代 2, 4, 6, 8, 及び 10 μ に取り各場合に於て、滑度が如何に変化するかを定めた。

第 13 図は粒度 80 鋼度 M の研磨代を大にするに従ひ滑度が次第に悪くなることを示してゐる。

この図に示す結果は砥直後の同一状態の研磨車に就て求めたものであるから、これに依て軟と焼入鋼との滑度を比較すれば、軟鋼の滑度が焼入鋼よりも悪く メータの振れは前者が後者の 1.08~1.50 倍となつてゐる。

第 13 図 研磨代と滑度 Al 80 M

第 14 図 加工物の直径と滑度 Al 80 M

第 15 図 旋盤仕上げにおける送りと滑度、刃物ヘル刃物

第 14 図は研磨車粒度 80、硬度 M に就て求めた結果である。これに依て見れば滑度は直径が大きくなり従て研磨車との接触円弧が長くなるに従て幾分不良となる。併し実験した程度の直径の変化では大した滑度の変化ないことを確めた。

(5) 旋盤仕上げにおける滑度 旋盤加工における仕上程度

を定めるため 2, 3 の実験を行つた。ヘール双物を使用し送り毎回転に付き 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 及び 1.0 mm の 5 種に変じ、これに対する面の仕上り状態を定めた。加工材料は軟鋼及び黄銅の 2 種である。

第 15 図はこの実験結果を示す。旋盤の仕上加工は双物の研ぎ方及び加工法の良、不良により相当異つた結果を示すものであるが、本実験における加工状態は普通程度のものである。本式滑度計に依り測定した結果に依れば旋盤仕上面の滑度著しく不良で黄銅に就て求めた最良のものでも 4.05 m.A. 軟鋼に就ては 5.88 m.A. になつてゐる。これを前記研磨加工の場合におけるメータの読み、1.0 m.A. 前後に比すれば 4~5 倍になつてゐる。又送りを増す時は滑度は次第に不良になる。尚黄銅に就ては削速度を 5 m/mn と 13 m/mn の 2 種に変じて実験した所低速度の 5 m/mn の方が高速度の

13 m/mn に比し良好なる結果を示してゐる。

3. 結 言

上記の如く圧電気現象を應用せる滑度計に依り上記の如き実験を行つた結果より見て、本式滑度計は実地工作上及び研究上に於て面の滑度を決定する上に於て有效なるものと信する。特に研磨仕上げ面の滑度の測定は頗る鋭敏であり肉眼にて判別し得ない程度の差異も判断し得る。著者は今後尙進んで本式滑度計を應用せる実験を行ふ予定である。

終に本研究に助力せられた山本誠一及び鈴木顯治両氏に深く感謝の意を表す。

尙本研究は日本學術振興會研究補助金に拠つて行つたことを附記する。 (昭和 13 年 7 月 27 日受付)

蒸気タービンのノズル及び羽根効率に関する研究 (第 3 報)⁽⁴⁾

(昭和 13 年 4 月 10 日 第 15 期定時總會講演會に於て講演)

正員 菅原 菅雄⁽²⁾ 正員 中村 行三⁽³⁾ 准員 野澤 律三⁽⁴⁾

摘 要

種々の出口角を有する直線並行ノズル 14 種と、種々の擴がり率を有する末廣ノズル 7 種につき、空気及び蒸気を用ひて実験を行ひ、噴出气流の方向及びノズル内外における圧力分布を測定した。

擴がり率 1.2 以上の末廣ノズルに対する噴出方向の実験値は計算値とよく一致するが、出口角の小さい並行ノズルでは圧力比の大きな時には噴出角が出口角より小さくなり、或る圧力比の時にノズル軸の方向に噴出し、これより小さい圧力比の時は噴出角が出口角より大きくなるが、出口角が 50° 以上のノズルでは噴出角は出口角より小さくはならない。

並行ノズル又は擴がり率 1.2 以下の末廣ノズルでは超過膨脹は起らないが、初圧の高い時は不足膨脹が大きい。擴がり率 1.4 以上のノズルでは圧力比の如何により超過膨脹又は不足膨脹が起る。

1. 緒 言

蒸気タービンに使用されるノズルの如く出口辺がノズル軸に対して直角でない場合には、ノズル前後の圧力関係の如何に依てノズルから噴出する气流の方向は必しもノズル軸の方向と一致しない。本報告はこの噴出气流の方向に関する二三の計算結果と、種々の出口角を有する直線並行ノズル及び種々の擴がり率を有する末廣ノズルに就て空気及び蒸気を用ひて実験を行ひ、噴出气流の方向と圧力分布とを測定して得た結果とに就て述べる。

2. 噴出气流の方向の計算

ノズル中を流れる空気又は蒸気の状態変化は、断熱変化

(1) Researches on the Efficiency of Nozzles and Blades of Steam Turbin (3rd Report). (2) Sugao SUGAWARA, Member. The Kyoto Imperial University. 京都帝國大学. (3) Kozo NAKAMURA, Member. The Naval Engineering College. 海軍機関学校. (4) Ritzuo NOZAWA, Associate Member. The Mitubisi Jūkōgyō K.K. 三菱重工業株式会社.

が (1) 式で表はされ、流動抵抗 Wr が式 (2) で示される如く速度の二乗に比例すると仮定する時は、式 (3) で表はすことが出来る。

$$pv^k = C \dots\dots\dots (1)$$

$$Wr = \zeta w^2 / (2g) \dots\dots\dots (2)$$

$$pv^n = K \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{茲に、} n = (1 + \zeta)k / (1 + \zeta k) \dots\dots\dots (4)$$

今ノズル前の圧力を p_1 、任意の断面における圧力を p とする時はこの断面における流動速度 w 及び比重量 γ は次式で與へられる。

$$w = \sqrt{2gk/(k-1)p_1v_1\{1 - (p/p_1)^{(n-1)/n}\}} \dots\dots\dots (5)$$

$$\gamma = (p/p_1)^{1/n} / v_1 \dots\dots\dots (6)$$

ノズルの喉即ち断面 CC (第 1 図) における圧力は限界圧力

$$p_c = \{2/(n+1)\}^{n/(n-1)} p_1 \dots\dots\dots (7)$$

であるから、こゝにおける速度 w_c 並に比重量 γ_c は次の如くなる。

[第 4 卷 第 17 号]

第 1 図