のよい程薄くなるが軸受表面の仕上程度をその凹凸が膜の厚さ 0.5~2.0 μ 以内の精度を保つ必要はない。鉛青銅(Pb 32, Cu 68)について $V=16.7\text{m/s}$, $P=20\text{kg/cm}^2$ の条件で第1報の如き試験機により磨耗時間 30 min にて圓輪の仕上程度試片の滑り面の研磨仕上程度を共に種々變化して磨耗量を測定した結果を圖示すると Fig. 2 の如くなる。すなはち磨耗量は(0)仕上迄は非常に多いがそれ以上の仕上程度は磨耗量の差が著しく減少する。(0)仕上の圓輪では試片の仕上が(20)となるとそれ以上の仕上では磨耗量は同量であつて Buffing などは効果はない。(40)研磨圓輪の場合も同様で試片の(40)と Buffing とは同量の磨耗を示してゐる。

Fig. 2 Wear Results of Pb-Cu Alloy.

(2) Al 合金

Al_2O_3 の膜は極めて薄いから仕上は如何程精密にしてもよいわけである。殊に純Alでは Table 2 に示した如く表面を平滑にする程摩擦は少い。

(3) Ag 及び Ag 合金

Ag は酸化膜を作らぬから常に金屬自身が油膜または軸材質と接觸する故に摩擦熱は他種金屬よりも多い。従つて純 Ag の摩擦面は軸と共に平滑にすることは欲ぐべからざる緊要事項である。仕上の差によつて直に摩擦熱の發生に差を生ずる。故に焼付に對しては非常に不安定であると言える。この弱點を補ふには硫化膜、鹽化膜の如き化合物被膜を人工的に作るとか鉛鍍金をするとかして馴染性のある摩擦面にすることが絶対に必要である。

III. 結 言

以上の實驗結果を列挙すると次の如くなる。

- (1) Fe, Al, Ag, Cu の如き純金屬では摩擦面の仕上程度は精密な程摩擦は少い。
- (2) 所謂軸受合金は軸の仕上程度以上の精度にその摩擦面を平滑にすることは効果的でない。
- (3) Ag と Cast iron とは Fig. 1 の如く摩擦と仕上程度との關係が全く逆である。
- (4) 摩擦面に於ける摩擦方向はその面の研磨條に垂直の時が他の場合より摩擦が少い。
- (5) Fe, Al, Cu, Ag の如き純金屬は摺合効果がないが所謂軸受合金の如く脆い材質は磨耗粉の處理を行つて馴染面を作るため摺合は必要である。

軸受性能について(第6報)*

水 野 昂 一**

Kōichi Mizuno : On the Bearing Property of Metals and Alloys. (6th Report)

The results of wear test on some kinds of carbon steels and cast iron in combination with carbon steels and cast iron prove that the wear loss is proportional to the hardness variation of the rubbing surface. The hardness of rubbed surface is measured by the microscopic Vickers-hardmeter on 100 gram load. The surface hardness of steel increases on the low carbon side and decreases on the high carbon side. This phenomenon resembles the oxide film hardness reported in the 2nd report. The oxide film generally protects abrasion but free oxide flakes or grains accelerate wear and soft material that produces hard oxides can easily wear out harder steel. As a consequence of the inordinate hardness increase on the rubbing surface of carbon steel in certain conditions, it is supposed that there are not only simple plastic deformation and oxidation but also quenching by radical heating and cooling.

(Received January 19, 1949)

I. 緒 言

摩擦面にはその程度に差こそあれ潤滑剤の有無に拘はらず特殊層が生成される。すなはち加工硬化層、非晶質膜、繊維状組織、酸化膜その他化合物被膜等が古くより多くの研究者によつて知られてゐる。磨耗を論ずる場合は必ずこれ

ら特殊層または特殊物を考慮に入れねばならぬ。第1報において總括的にこの現象を述べたが本報においては主として酸化磨耗の範圍における摩擦面の硬度變化を述べる。

II. 摩 擦 加 工

A. 概 論

摩擦面の一處において凹凸の噛合がある時そこに作用す

** ヤマトメタル工業株式會社

* 昭和23年10月本會福島大會に發表

る力がその點の材質の剪斷抗力以下であれば切り取られることはない。また弾性限以下の作用力では壓延されぬ。しかし作用力が材質の強度より大なる時は取り去られまたは壓延される。そして加工硬化して抗力を高める一方接觸面を増して作用力を減殺する。しかしまたその材質の到達し得る強度には限界があるからその限界以上の力が作用すると必ず磨耗される。この状況は油や酸化膜の有無に拘はらずに行はれる。加工變形量の多い程發熱量も多いからこの熱が蓄積されると熔融し又熔着する。その際の驅動力が溶着箇所の剪斷抗力以上であれば熔融磨耗は進行する。油膜や酸化膜は加工變形の抵抗力が小であるから發熱量も少く熔着現象の防止に効果があることになる。加工變形抗力の増加はその抗力がその點の摩擦作用力の大きさと同等かそれ以上になつて停止するがそれ迄は磨耗又は變形するから加工變形量の多少は磨耗量の多少に比例する。酸化磨耗は加工變形による抗力増加によつて一應平衡を保つ時であり平衡が破れると機械的破壊磨耗となり又熔融磨耗となる。以上の如き摩擦面における加工變形による抵抗力増加の過程の磨耗はいわゆる摺合磨耗である。普通の磨耗は常に酸化物が主役をしてゐる。酸化物もその生成上より分けると 3 種となる。すなはち第 1 種酸化物は膜となるもので磨耗を抑制する。第 2 種酸化物は酸化膜の機械的脱落物及び地質より機械的に脱離された磨耗粉の酸化したもので常に磨耗を促進する。従つて酸化物の硬さ、大きさ、融點等は磨耗量

B. 鋼及び鑄鐵の摩擦加工と磨耗

(1) 試験要領と豫備試験

磨耗試験装置は Fig. 1 に示す如き槓桿式負荷試験機である。試片(C)は試片保持枠(A, B)に嵌入されて固定する。

Fig. 1 Testing Apparatus.

る。荷重は上部よりかかり廻轉圓輪(D)を試片によつて壓する。圓輪の直徑 200 mm、試片は 10mmφ×3mm である。試片は滑り面を平面に仕上げてあるから最初は線接觸であるが磨耗の進行と共に凹溝を生ずる。従つて最初の線接觸では極めて大なる荷重がかかるから機械的破壊磨耗乃至焼付現象を起し易いため酸化磨耗の範圍で試験を行ふためにはその條件を決定する必要がある。試片は試験後顯微鏡硬度計で硬度測定する。仕上は試片は Buffing, 圓輪は(COO)研磨紙としモビール油を最初摩擦面に充分塗布して摩擦開始後は給油しない。試片は Table 1 に示し圓輪は試片番號 No. 2 及び No. 6 と同一材質とした。

先づ酸化磨耗を行ふ條件を決定するため鋼輪(No. 2 材

Table 1 Test Pieces.

No.	Chemical Composition (%)						Heat Treatment	Hardness (Brinell)	Note
	C	Si	Mn	Cr	P	S			
1	0.23	—	—	—	—	—	600° 2hr	150	Old JES 1002
2	0.38	—	—	—	—	—	"	180	" 1003
3	0.55	—	—	—	—	—	"	185	" 1004
4	0.78	—	—	—	—	—	"	255	
5	1.21	0.30	—	1.52	—	—	"	260	Bearing Ball Steel
6	3.15	1.80	0.59	—	—	0.12	—	240	Pearlitic
7	3.15	1.80	0.59	—	—	0.12	—	740	White Pig
8	0.37	2.30	—	12.10	—	—	1000° 30min 850° 90min	380	Old JES 1302
9	Al 93, Mg 7, Cast Piece Anodic film							380	※

※ Oxalic acid 3%, Bath temp. 25°, Treating time 60min., A.C. 90V, D.C. 30V, together.

に重大なる關係がある。第 3 種酸化物は熔融現象により急激に酸化されたもので膜となりまたは粉末となり磨耗を抑制したり促進したりする。膜となると金屬の熔着を防止する。第 2 報において酸化膜の硬さを報告した如く炭素鋼では 0.9% C 鋼(共析鋼)を境界として低炭素側は酸化膜が鋼の基質より硬く高炭素側は軟くなる。本報における磨耗試験結果も全くこれと同一の状況を示してゐる。低炭素側では摩擦面の硬度上昇は或る條件下では著しく單なる加工硬化とは考へられず、また酸化膜の硬さではないので部分的に急熱急冷による焼入硬化現象があると推測される。

Fig. 2 Wear Loss Figure.

質)と試片 No. 1 との組合によつて荷重と滑り速度とを變化し摩擦時間は 60 min としてそれぞれの磨耗量を試片の重量減より測定した結果は Fig. 2 となつた。太點線より條件が酷くなると機械的破壊磨耗を行ひそれ以下は酸化磨耗を行ふ。これにより試験實行に好適な他の條件をも考慮して本試験は迴轉數 475 r.p.m. 荷重 2kg, 4kg, 6kg とした。

(2) 試験結果とその考察

Fig. 3 及び Fig. 4 は鋼輪及び鑄鐵輪に對する各種 C% の材質の 120 min 後の磨耗量曲面を示し Fig. 5~Fig. 8 は硬度變化狀況を示す。

Fig. 3 Wear Loss in Various Conditions.

Fig. 4 Wear Loss in Various Conditions.

(a) 磨耗量

Fig. 3 において同種の鋼同志の磨耗量が最大である。0.2% 鋼が磨耗量少いのは完全に黒色酸化膜が出来てゐるからである。1.2% 鋼では急に減少している。對鑄鐵輪では常に摩擦面は酸化してゐる。0.8% 鋼が最少であつて 0.2% 鋼は最大である。6kg では 0.2% 鋼の厚い酸化膜が却つて磨耗量を促進してゐる。これは酸化膜の脱落による(第 2 種酸化物)鑄鐵同志が對鋼輪よりも多いことは他の材質が同志間で多いのと共通に考へられる。耐熱不銹鋼の酸化膜は薄い筈であるが對鋼輪では磨耗量が多い。この場合は機械的破壊磨耗をしてゐる。しかし 2kg 荷重下では各時間共同一量で硬度も一定してゐるのであつて完全に加工變形による馴染面を作つてゐる。對鑄鐵輪では殆んど磨耗しない。Al 合金の陽極酸化膜は 2kg 荷重では膜は全く傷害さ

れぬため磨耗は殆どない。4kg になると破壊磨耗となる。白銑試片は鑄鐵と同様である。

Fig. 5 Surface Hardness in Various Materials.

(b) 硬度變化

摩擦面の變形による硬化または軟化の多い程磨耗量も多い。Fig. 5 及び Fig. 6 の對鋼輪の場合 C% の少い程硬化度が多くまた一定硬度に落付迄の時間が長い。2kg 荷重では No. 1 も No. 2 も硬化の途上に在り 6kg で No. 1 は 150→525, No. 2 は 180→470 となり No. 1 よりも硬化度は少い。更に C% が増すと到達硬度は更に低いが 30 min にして一定値に落付いてゐる。No. 5 は 2kg では最初から一定値となつてゐるが 6kg になると却つて軟化する。鑄鐵も 2kg よりも 6kg の方が軟化度は多い。白銑も同様である。2kg では耐熱不銹鋼 (No. 8) も C% が少いだけに硬化能は多い。No. 9 の陽極酸化被膜は當然硬度變化は無い

Fig. 6 Surface Hardness in Various Materials.

鋼であるが第3報において報告した如く最表層は粗いのでこれが磨耗して最も硬い中間層が露出したため僅かに硬化現象を呈してゐる。

Fig. 7 Surface Hardness in Various Materials.

次に對鑄鐵輪では硬化軟化の傾向は對鋼輪の場合と同様であるが硬化度は少い。No. 6, No. 7 は軟化が著しい。これら硬度の変化に共通した事は變化の多い程磨耗も多く硬化軟化は略 0.9% の共析鋼を境界として低炭素側は硬化し高炭素側は軟化ししかも 0.9% より距離の多い程變化が多い。また到達硬度は材質と條件によつて一定してゐる如く考へられる。第2報において報告した酸化膜の硬度と材質との關係がこの磨耗においても同一であることは興味深い。2kg で對鋼輪の場合 No. 8 (不銹鋼) は No. 2 (0.4% C) よりも磨耗量が多い。同じ炭素量であるが No. 2 はその酸化膜によつて磨耗を防止してゐる。No. 2 (0.4% C) 及び No. 3 (0.6% C) は對鋼輪では 6kg で機械磨耗を行つてゐる(第2種酸化物)これに反し No. 1 は完全な黑色酸化

膜で掩はれ磨耗も少い(第1種酸化物)又 No. 8 と No. 9 は同じ硬度であるが硬度變化の多い No. 8 が磨耗は多い。No. 1 の硬度の大なることは完全な黑色酸化膜の硬化と見て

Fig. 8 Surface Hardness in Various Materials.

て Fig. 5 及び Fig. 6 に於ける No. 2, No. 3, No. 4 の如き硬化は本試験の條件においては急熱急冷による焼入硬化が行はれたものと推測することが出来る。

III. 結 言

低炭素鋼より鑄鐵に至る迄の各種炭素量異なる鋼及び鑄鐵についてその磨耗量と摩擦面の硬度變化を試験した結果共析成分を境界としてそれらの狀況が著しく異なることが判つた。摩擦面の硬度變化の多い程磨耗量も多い。

すなはち磨耗を少くするには加工變形又は硬度變化の少い摩擦面とすることが必要である。焼入効果のある鋼は或る條件下では摩擦熱による急熱急冷のため焼入硬化されることもあると考へられる。

ミシン用各種金屬材料の磨耗に関する實驗

安 藤 修 二* 沼 津 正*

Syūji Andō and Tadashi Numazu : Some Experiments on the Wear of Metals for the Sewing Machine.

There are many friction parts in a sewing machine for household use and the wear by friction influences the action, sound and vibration of it. The influences of the kind, microstructure, case hardening and surface roughness of metals upon the wear of friction parts were tested ; the results are briefly summarised as follows :

(1) No great difference was noticed between the pearlitic cast iron and ferritic cast iron in the amount of wear in wet friction.

(2) In the cases of water quenching after the heating by high frequency current and hard

* 朝比奈機器工業研究課