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

chromium plating, the deformations are less than by water quenching after carburization.

(3) The wear resistance properties of the oilless bearing metal by powder metallurgy are similar to that of cast iron but much better than that of brass and Cu-Al alloy casting.

(4) The fine finishing of surface of friction parts is required to diminish the wear, particularly that of the beginning of friction.

(Received January 24, 1949)

I. 緒 言

ミシンには摩擦部分が極めて多く且つミシンの性能、音響、振動はこの摩擦部分の磨耗に左右されることが非常に大である。それにも拘らずミシン用金属材料の種類、組織、表面硬化法、仕上程度と磨耗の関係を明らかにした報告は殆んどなく只岸本氏⁽¹⁾のガス滲炭せる部品の磨耗、田中⁽²⁾及び志村氏⁽³⁾によるシンガー及び国産ミシンの鑄鐵の組織の調査等二三の研究があるのみである。よつて著者は家庭用ミシンについて金属材料の磨耗部品の70%を占める鑄鐵の組織と磨耗の關係、最近の發達にかゝる高周波表面焼入、硬質クロム鍍金の應用、焼結合金の利用價值などについて實驗を行つた。

II. 實驗方法

ミシンの摩擦方法は極めて種類多く例えば①軸が軸孔の中を回轉②軸が軸孔の中を往復直線運動③軸が軸孔の中を往復回轉④平面同志の往復運動⑤平面とカム、コロなどである。また摩擦壓力も測定困難であり、摩擦速度も運轉中一定の場合も絶えず周期的に変化する場合もあり極めて條件複雑である故本實驗では試験すべき部品をミシンに取付て運轉を行い磨耗量をゲージブロックで測定した。ミシン

はモーター駆動で700 r.p.m.で運轉した潤滑油としてはスピンドル油を用い、最初及び磨耗測定毎に注油して運轉した。

III. 鑄鐵の組織の磨耗に及ぼす影響

(1) 従来のミシン用鑄鐵について ミシン用鑄物に対しては①加工に重點を置く見方と②耐磨耗性に重點をおく見方とあり、前者では軟鑄鐵後者ではパーライト鑄鐵を使用する。シンガーでは田中、志村氏の調査では大部分軟鑄鐵で硬度もブリネル200以下であつた。これはミシン部品の磨耗は低速低荷重且潤滑油使用であるため軟鑄鐵でも相當耐磨耗性があつて大量生産の見地から切削性に量點をおいたものと推定される。我國では⁽⁴⁾大部分パーライト鑄鐵、一部分軟鑄鐵であるが、これは耐磨耗性を考慮したのでなく部品が小物であるため冷却速度の關係と原料の入手の關係による配給より推定される。

(2) 試片の成分、組織、硬度 Table 1 に鑄鐵及び相手の成分、硬度、Fig. 1 に鑄鐵の黒鉛分布狀況、Fig. 2 に鑄鐵組織を示した。仕上程度は大振り、小振り角ゴマ、調節器角ゴマ、天秤クロ、上軸は研磨仕上、上軸メタルはリーマー仕上、天秤カム、送り角ゴマはミーリング仕上である。

Table 1

Parts	Component	Structure	Hardness (Brinell)	One Side of Pair of Friction	Friction Method
Oscillating Rock Shaft	C 3.23%	Pearite	190~195	Slide Block (Water Quenched-Hard Steel. Martensite $H_B=542$)	Slide Block is Reciprocated between the Slide Planes of Oscillating Rock Shaft.
	Si 3.08%	Ferrite 60~70% Pearite R (Fig. 2)	121~141		
Feed Regulator		Pearite	260	Feed Connection Slide Block (W-Q Hard Steel Martensite $H_B=440$ ~480)	Slide Block is Reciprocated in the Straightened Groove of Feed Regulator.
		Ferrite 70% Pearite R	130		
Upper Shaft Area Bushing	C 3.33%	Pearite (Fig. 2)	350	Arm Shaft C 0.2%—Carbon Steel	Arm Shaft is Rotated in the upper Shaft Arm Bushing.
	Si 1.94%	Ferrite 60~70% Pearite R (Fig. 2)	130		
Thread take up Cam	C 3.61% Si 1.87%	Pearite	216	Roller Case Hardness Semi-Soft Steel	Rotating Roller is Rotated in the Curved Groove of Thread Take up Cam.
	C 3.33% Si 2.06%	Ferrite	127~156		

Ref.: Ferritic cast iron were made by annealing of pearitic cast iron except thread take up cam casting.

(1) 岸本, 金屬の研究, 12(1935), 309.

(2) 田中, シンガーミシン材質調査.

(3) 志村, 第15回東部ミシン技術協議會發表, 1948-6-10.

(3) 磨耗試験結果及び考察 磨耗量-時間の曲線を求めると明らかに初期及び定常磨耗に分けられる。Fig. 3により

(4) 商工省機械試験所發行の第2回國産ミシン審査報告(1947年)による。

初期磨耗では軟鑄鐵はパーライト鑄鐵と比較して磨耗量及び時間が同程度かまたは少いことを知った。定常磨耗量は20~30時間程度の運轉では差をつけにくいから、黒鉛の極めて粗大なフェライト組織の調節器の場合は明らかにパーライト組織に比し劣る。

磨耗の機構については肉眼及び顯微鏡により磨耗面を觀

察したが、凹凸が或る程度平滑になる迄は主に機械的破壊磨耗、或る程度平になると酸化磨耗が主になるものと推定される。またいずれの場合においても黒鉛粉が油と混じて摩擦面に附着してみた。特に天秤カムにおいて著しかった。且つ鑄鐵の面には黒鉛の抜け孔の如きものがあつた。これは油の滑りとして役立つものと思はれる。低荷重で油使用

且つ以上のことが原因して軟鑄鐵とパーライト鑄鐵の間に餘り差が認められなかつたものと思はれる。以上によりミシン鑄物としては現在のC 3.0~3.5%、Si 1.8~2.0%のパーライト鑄鐵の代りに切削性の良好なC 3.5% 内外Si 2.5~3.0%の軟鑄鐵を目標として差支ない。

IV. 高周波表面焼入及び硬質クロム鍍金の利用について

(1) 實驗方針 中ガマ、送り、針棒等の如く形状複雑または不整形なものは滲炭焼入を行つてゐるが變形は避けられない。よつて中ガマについて高周波表面焼入及び硬質クロム鍍金を施し變形、硬度分布、耐磨耗性について

Fig. 1 ($\times 296$) $\times 3/5$

(1) Pearlitic Structure of upper Shaft Arm Bushing. (2) Ferritic Structure of upper Shaft Arm Bushing. (3) Ferritic Structure of Oscillating Rock Shaft.

Fig. 2 Microstructure of Cast Iron. ($\times 400$)

Fig. 3 Relation between the Cast Iron Structure and Wear.

滲炭焼入と比較した。

(2) 試片の調製 高周波焼入は高周波熱鍊 K・K の好意により衝撃式高周波表面焼入を行つた。三菱快削鋼第4種 (C 0.33~0.43%, Si < 0.20, Mn 1.30~1.70%, P < 0.045%, S 0.10~0.20%) で中ガマを製作し 1~1.8 秒加熱後水焼入を行つた。硬質クロム鍍金は軟鋼製中ガマを CrO_3 250g/L, H_2SO_4 2.5g/L の浴で 50°, 3A で 15分鍍金した。滲炭焼入は軟鋼製中ガマを 800~900° で 2~3 時間固體滲炭剤の中で滲炭を行ひ、變形を修正後鹽浴を用いて 800~850° より水焼入を行つた。なお中ガマ、大ガマ共にラップ仕上を施してある。

(3) 實驗結果及び考察 滲炭焼入せるものは全部同一温度で同じ要領で加熱焼入したにも拘らず變形の量、方向が一定せず、これに反して高周波焼入せるものは變形の量及

び方向は全部略々一定であり、且つ變形の量も滲炭焼入せるものの約半分であつた。硬度分布は Fig. 4 に示した。硬質クロム鍍金はビッカースで 1000 であつた。

(1) Hardness curve at center parts of side plane of flange of shuttle body.

(2) Hardness Curve at Line BOC where is situated at 2mm Depth from Surface of Flange of Shuttle Body.

Fig. 4 Hardness Curve of High Frequency Current Heating and Water Quenching Shuttle Body.

磨耗試験の結果は Fig. 5 に示した。滲炭焼入、高周波焼入の間には殆んど差なく、また相手の鑄鐵 (C 2.94%, Si 1.87%, パーライト組織) 製大ガマに対する磨耗のさせ方に

Fig. 5 Wear of Shuttle Body and Race.

も差がない。これに對して硬質クロム鍍金は初期磨耗は殆んど同じであるが定常磨耗は 0 に近い。然し大ガマは前二者に比し稍々多く磨耗させた。

V. 各種金屬の耐磨耗性の比較

(1) 實驗方針 0.2% C の炭素鋼製の上軸が通常鑄鐵製のアーム引及び上軸メタルの中を回轉する。この摩擦部分の磨耗が大になると音響や振動が大となる故焼結合金、黄銅、Al-Cu 合金を鑄鐵と比較した。

(2) 試片 上軸メタルとしては①片狀黒鉛でパーライト

組織の鑄鐵 (C 3.33%, Si 1.94% で Fig. 2)。ブリネル硬度 295。②黄銅-Zn 40%, Cu 60% の壓延棒、ブリネル硬度 97。③Al-Cu 合金-Cu 4%, Al R. の鑄物。④燒結合金 “Graphoil” 東芝の好意によるものでブリネル硬度 460, Cu-Sn-Zn 合金粉末と黒鉛粉末より作つた燒結合金。多孔質で孔の中に黒鉛と潤滑油が入てゐる。含有量 15~25% (容積)。運轉に際しては注油しなかつた。上軸は 0.2% C の鋼でブリネル硬度 114。仕上程度は 3 の場合と同じ。但し Graphoil のみは東芝より提供されたまゝで使用了。

(3) 實驗結果及び考察 實驗結果は Fig. 6 に示す如く、上軸メタルは初期及び定常磨耗共に Al-Cu 合金最も悪く、次に初期磨耗では鑄鐵、黄銅、“Graphoil” の三者大差な

Fig. 6 Wear of Arm Bushing and Arm Shaft.

いが、定常磨耗では黄銅が Al 合金に次で悪く(鑄鐵及び “Graphoil” が最も良い。上軸の磨耗はやはり相手が Al-Cu 合金の時最も悪く黄銅これに次ぎ相手が “Graphoil” 及び鑄鐵の時が最も良い。然し 4 者の差は少い。

Al-Cu 合金の場合は上軸の嵌合部は Al 合金の附着により黒光りし且つメタルには深い條痕がつく。黄銅のメタルの場合も上軸に黄銅が附着した。すなはち融着(+機械的破壊)磨耗と思はれる。メタルが鑄鐵及び “Graphoil” の場合は上軸は初めは細い條痕がついてゐたが次第に條痕がなくなり平滑となる。恐らく最初は僅か機械的破壊磨耗、後には酸化を主とした磨耗と考へられる。従つて大越博士⁽⁶⁾などの説を考慮して考へると各種材料の磨耗の差は説明がつく。

VI. 磨耗と表面粗さの關係について

(1) 實驗方針 表面粗さと磨耗の關係に就ては二、三の簡単な實驗があるのみで⁽⁶⁾仕上程度の細い程磨耗特に初期

(5) 大越, 坂井, 日本機械學會論文集, I 部, 9 (1943), 67.

(6) 小坂, 精密機械, 4 (1937), 149, 231, 299.

楠瀬, 鐵と鋼, 23 (1937), 23; 大越, 精密機械, 特集號 (1948) 8.

磨耗が少いという程度である。よつて著者は上軸及びメタルについて仕上程度の影響及び磨耗面の運轉による變化を實驗した。

(2) 實驗結果及び考察 上軸及びメタルは5に示した同じ軟鋼及び鑄鐵を用いた。先づ最初にメタルはリーマ仕上、上軸は旋盤、ヤスリ、ペーパー、研磨仕上を施した。Fig. 7 に磨耗試験前後の粗さを示した。(日本光學の粗さメーターにより測定)なお Fig. 8 に磨耗量を示した。初期及び定常磨耗共に研磨仕上が最もよく他は大差なくまた最も粗い旋

盤仕上は初期磨耗の時間が最も長かつた。表面の粗いものは初期磨耗が多いことは當然と思はれるが定常磨耗においても多かつたのは Fig. 7 に示す如く(後述の如く顯微鏡觀察でも明らかであつた) 定常状態に入つてからも表面の粗さに大きな差があつたからと思はれる。従つて最初粗さに大差なければ初期磨耗のみに差が出て定常磨耗では大差ないと思はれる。よつて上軸及びメタルをラッピング、研磨、精密旋盤仕上を施して磨耗試験を行つた所、初期磨耗において磨耗量及び時間が仕上の細い程少なかつたが、定常磨耗では差がつけられなかつた。

磨耗面を顯微鏡で觀察した所、いずれも初期磨耗の完了しない中に略々一定に近づきそれ以後は餘り變化しない。且つ一定となつた時の粗さは最初粗なものの程粗く、一定となる迄の時間も長い。すなはち研磨仕上の場合には約2時間、エメリー紙では約3時間、旋盤、鑄は5時間位であつた。

磨耗の機構については5と大差ないが表面の粗い程機械的破壊磨耗の占める割合が大きい。

VII. 結 言

家庭用ミシンの如き潤滑油を使用し且つ低荷重低速度の摩擦部分に使用する金属材料については次のことが言へる

(1) 鑄鐵の組織は加工性を考慮して軟鑄鐵の如きものでも差支へない。但し黒鉛が極めて粗大な塊状をなし且つフェライト組織の場合は稍々耐磨耗性が劣るが實用上差支へない。

(2) 焼入により變形する形状が複雑又は不整なものについて滲炭焼入、高周波表面焼入、硬質クロム鍍金の三方法について比較した結果耐磨耗性は三者いずれも大差なくいずれを使用するかは原價により決定される。

(3) 焼結合金の如き高級のものを使用しても注油の手間が省けるのみで耐磨耗性、相手の磨耗させ易さは鑄鐵と大差なく、黄銅や Al-Cu 合金よりは優れてゐる。

(4) 摩擦部分の表面粗さは一定以上細いことが必要で概して研磨程度あればよい。且つ初期磨耗に影響する。また表面は初期磨耗が終了しない中にそれぞれの粗さに應じた一定の粗さになり且つ最初細いものは一定になる時間が早く且つ平滑である。

終りに種々御援助を賜つた東京大學樺山助教授、機械試驗所田中技官、仙波技官、吉田技官、井上技官、岸技官に厚く御禮を申し上げます。

Fig. 7 Surface Roughness of Beginning and After-running.

Fig. 8 Relation between Surface Roughness and Wear.

滲炭促進作用の劣化とその原因*

藤 英 章**

Eishō Fuji : The Decay of Promotive Power of Carburizing Agents and

** 東京工業大學河上研究室

* 昭和22年11月本會京都大會に一部發表