Si の場合と同様である。黒鉛化所要時間を Al-% の函數としてあらはせば、それぞれ次のやうになる。

$$\text{H-母合金} \dots \log t = 2.93 - 0.85 x \dots (3)$$

$$\text{K-母合金} \dots \log t = 3.34 - 0.93 x \dots (4)$$

記號は(1), (2)式同様である。

實驗 V. 促進劑として Al, Si を混用する場合

セメントタイトの黒鉛化に對して Al, Si が相加的に働くか、又は或る割合の所で最も強く影響するかを實驗した。結果は別表に示すやうに、きれいな結果は得られなかつたが一般的傾向としては相加的な傾向が認められた。

1. Al+Si≒1%の場合 (Table 2)

第1段黒鉛化は Al, Si 單獨の場合の中間に位する。

2. Al+Si≒2%の場合 (Table 3)

1% のとき同様第1段黒鉛化は單獨の場合の中間に位する。Al が比較的多くなると、Al の特徴である所の500°附近の膨縮が見られるやうになる。爐冷のみで第2段黒鉛化も完了し、且つ黒鉛の形状分布も Al, Si 單獨に多量入れた時よりも若干よくなるやうに思はれる。

IV. 總 括

從來實地操業には可鍛鑄鐵の黒鉛化として Si が最も有

効なものとして實用されて來た。又 Al も有効であることは認められてゐたがその比較はまだされてゐなかつた。今回の實驗により同濃度では Al が Si より一層強力なことが知られた。又兩者共黒鉛化所要時間の對數と促進劑濃度とは直線關係にあり、又 Al 2.2%, Si 2.5% 以上はこの直線から外れて一定の値になる。第2段黒鉛化に對しては特に深く追究することはしなかつたが、Al では1.2%以上、Si では1.5%以上入ると爐冷のみで第2段も終了するのが注目される。從來の操業でも又研究でも一旦 Ar₂で生じたパーライトを加熱分解せしめて“黒鉛+フェライト”にする工程として第2段黒鉛化を理解し、實行して來たのであるが、促進劑を或る程度以上高くすれば所謂第2段焼鈍は必要ではない。これに反して一旦生じたパーライトを Ar₂點以下で加熱して消失せしめるには比較にならない程長時間を要する(4)。次に Mn は少量でも黒鉛化を妨害することが知られた。特に第2段に對しては著しく影響するので、Mn 量は出来るだけ低く、0.3%以下位にすべきである。又 Al, Si を混用することは實用面で考慮の餘地があるやうに考へられる。

(4) 青木, 本誌, 11(1947), 23.

軸 受 性 能 に つ い て (第5報)*

水 野 昂 一**

Kōichi Mizuno : On the Bearing Property of Metals and Alloys. (5th Report)

The relation between the finishing grade of the metal surface and its friction was studied. The results obtained are :

(1) By Aluminum, copper and silver the surface friction decreases by increase of surface smoothness; the so-called bearing materials as Al-Sn alloy, Cu-Pb alloy and cast iron do not take a high finishing than the grade of the shaft.

(2) The friction curve of the silver surface is reverse to the curve of cast iron. (Fig. 1).

(3) Vertical sliding to the finishing direction is more comfortable than the parallel sliding in all metals and alloys.

(4) The surface preparation of copper, aluminium, silver and iron is not effective, but is important on the ductile materials as bearing alloys.

(Received January 19, 1949)

I. 緒 言

第1報において説明した如く摩擦面の調整はその面の機械的平坦化であつて摺合の一部である。仕上に際しても表面に生成する酸化膜の如き特殊層を無視することは出来ぬ。

II. 仕 上 と 摺 合

A. 概 論

摩擦熱は主として軸と軸受表面との凹凸の噛合による相互の材質の塑性變形によるものであるから、かかる噛合のないように摩擦面を仕上ることが必要である。仕上程度が不良なためかかる降伏變形箇所が多い場合は自然摩擦熱發生を多くし且つ面を荒らす因となる。軸は動くのである。

** 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

からその表面の突起部分は運動量を以つて軸受面を傷ける。従つて軸の仕上は軸受面よりも重視すべきである。摩擦面に生ずる酸化膜は仕上の良好な程地質との密着力は大で精密である。従つて仕上程度は精密な程良い譯であるが相手軸の仕上以上の精度を保つ必要はない。又地質より成長する化合物被膜の厚さより小なる凹凸のある仕上することも効果はない。軸の仕上は精密な程よい。摺合は一定荷重に耐える弾性張込材質を向上せしめるための加工變形をして機械的耐磨性を賦與し又表面被膜の生成をして馴染面を作ることである。従つて仕上が良好で軸との當りが完全で各部分の負荷重が弾性限以下であると特殊被膜が既に存在する場合または平坦化の際切粉の出ぬような材質では摺合はその効果を減少する。

B. 仕上と摺合

既に第4報に於て報告した如き Deley 摩擦試験機を用ひて各種金属の仕上程度と摩擦との關係を試験した。實驗要領は第4報の場合と同一である。試験材料は Table 1 に

Table 1 Material of Test Pieces.

Materials	Chemical Composition %	Heat Treatment	Note
Sn	99.90	—	as Cast
WM(JES No. 2)	Sb 10, Sn rest Cu 6	—	as Cast
Ag	99.99	—	as Cast
Cu	99.9	600° 2hr	as Cast
F-Cu	99.9	—	Forged as Received
Al-Sn	Sn 10, Mg 0.5, Cu 2, Al rest	200° 2hr	as Cast
Cu-Pb	Pb 32, Cu 68	—	as Cast
Duralmin	Old JES チ201	—	as Received
Fe	C 0.04, Mn 0.06, Si 0.02	600° 2hr	Forged
Al	99.8	200° 2hr	as Cast
P-Cu	Old JES ト201	—	as Received
Cast Iron	C 3.2, Mn 0.6, Si 1.8	—	as Cast

Table 2 Finishing and Friction.

Material			Sn	WM	Ag	C-Cu	F-Cu	Al-Sn	Cu-Pb	Duralmin	Fe	Al	P-Cu
Finishing Grade (I)	4	S- μ	—	—	131	149	168	—	—	145	—	142	—
		K ₁ - μ	—	—	169	190	210	—	—	120	—	210	—
		K ₂ - μ	—	—	169	166	202	—	—	128	—	234	—
	40	S- μ	120	120	131	157	142	130	164	146	149	146	142
		K ₁ - μ	198	60	62	60	75	66	75	82	75	82	75
		K ₂ - μ	248	131	100	88	160	157	138	148	146	138	237
	Buffing	S- μ	168	105	113	152	150	120	158	142	142	34	141
		K ₁ - μ	68	60	52	71	103	82	82	172	82	68	164
		K ₂ - μ	420	124	100	90	198	180	162	300	94	127	244
Sliding Direction to Polished Line (II)	+	S- μ	120	150	134	149	168	149	142	134	160	142	168
		K ₁ - μ	187	168	187	189	200	172	181	120	210	200	200
		K ₂ - μ	248	157	198	200	210	168	168	150	266	230	180
	//	S- μ	127	138	149	153	172	168	149	153	168	156	180
		K ₁ - μ	—	142	232	172	180	162	181	150	210	220	178
		K ₂ - μ	248	198	222	210	230	206	187	172	278	234	194
Direction of Better Side	(I)	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑
	(II)	—	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

[Note] S- μ =Static Coeff. of Friction. K₁- μ =Kinetic Coeff. K₂- μ =Kinetic Coeff. After 10 min Sliding. 4=Polished by No. 4 Paper. 40=Polished by No. 40 Paper.

示す。仕上程度 4 とは研磨紙 No. 4 でまた 40 とは(0000) 研磨紙による研磨仕上。Buffing は酸化 Cr を用ひたるものである。圓盤は 40 研磨とす。Table 2 にその結果を示す。これによると仕上が良い程 μ の少くなるものは Fe, Al, WM, Ag であり 40 の方が Buffing よりもよいものは Sn, C-Cu, F-Cu-Al-Sn, Cu-Pb, Duralmin, P-Cu であり殊に Duralmin は 4 研磨が最も μ が少い。この傾向は Table 3 に示す cast iron と同様で Al-Sn, Cu-Pb も同一傾向を有してゐる。これなど比較的脆い軸受用材質では軸の仕上以上に軸受表面を仕上げることは意味ないことになる。F-Cu は C-Cu よりも突起部の噛合抵抗力が大であるから μ は多い。Fe, Al は磨耗粉が地質を傷つけるので粉末の出ぬようによい仕上にするのが大切である。

これに反して Sn, Ag, Cu は塑性變形と共に流動するので仕上による差が Fe, Al の如くはつきり出ない。S- μ は平面が平坦な程少くなる筈であるから Buffing 仕上の場合が最小であることは全試片に共通である。4 研磨で係数を注目すると Ag と Duralmin, 鑄鐵の場合とでその状況が異なる。この差異を Ag と鑄鐵について観るため仕上程度は變化してそれぞれの μ を 50 min 間 5 min 毎に讀み取つた。Fig. 1 はこれを圖示したものである。Ag は切粉及酸化物が出ぬため Buffing 仕上のものは 50 min 後も最初の油塗布のみで順調に滑りを続ける。これに反し鑄鐵は切粉が生成されるためこれを埋没する

溝の多い4研磨の方が μ は少いが20 min 後は焼付く。Ag は仕上のよい程 μ は少く鑄鉄は仕上の荒い方(Buffing よ

Fig. 1 Friction of Ag and Cast Iron.

Table 3 Friction of Cast Iron ($\mu \times 10^3$)

Friction Surface			Prepared		Non-prepared	
Sliding Direction to Polished Line			⊥	//	⊥	//
Finishing Grade	4	$S-\mu$	153	168	153	172
		$K_1-\mu$	90	74	60	86
		$K_2-\mu$	127	236	112	124
	40	$S-\mu$	142	147	138	160
		$K_1-\mu$	49	71	60	64
		$K_2-\mu$	138	187	127	187
	Buffing	$S-\mu$	152	Partially Seized	150	Graphite Powder Scattere
		$K_1-\mu$	60		78	
		$K_2-\mu$	180		112	
	Note			Surface Preparation has Great Effect. No Difference in Finishing Grades. Vertical direction is Very Good.		

Surface preparation=To make surface flat and suitable for non-friction sliding by 0.5kg load for 10 minutes.

Table 4 Effect of Surface Preparation.

($\mu \times 10^3$)

Material	Ag	C-Cu	Al	Sn	Pb	WM	Al-Sn	Pb-Cu	Duralmin	P-Cu	Fe					
Finishing Grade	40	40	Buffing	Buffing	Buffing	Buffing	Buffing	40	Buffing	40	Buffing	40	Buffing	40	Buffing	
Prepared Surface	S-μ	138	149	120	142	157	149	142	157	164	146	157	150	157	210	172
	K ₁ -μ	68	82	71	↓	↓	103	100	75	82	82	164	64	105	71	82
	K ₂ -μ	131	146	151	308	410	138	90	138	153	139	180	137	155	120	112
Non-prepared Surface	S-μ	140	149	34	138	149	130	124	142	153	146	142	142	144	150	142
	K ₁ -μ	71	75	68	↓	↓	75	100	75	191	82	172	75	164	75	82
	K ₂ -μ	86	112	128	302	380	100	132	155	200	148	300	217	181	146	94
Is Preparation Effective or Not?	Not	Not	Not	Not	Not	Not	Effective	Much Effective	Effective	Effective	Effective	Effective	Effective	Effective	Not	

りも4研磨程度の荒さ)がよい。又 Ag の場合4研磨は $K_1-\mu$ が $S-\mu$ よりも多い。これは Ag の突起が塑性變形をする際の抵抗を示してゐる。鑄鉄では脆いため抵抗が少い。この傾向は P-Cu, Duralmin, Al-Sn, Cu-Pb も有してゐる。

次に4研磨した場合その研磨條に垂直と平行との滑り抵抗による μ を調べた。その結果は Table 2 及び Table 3 に示す。+方向と//方向とで差のないものは Sn のみで他は悉く+方向が滑り抵抗は少い。従つて軸受表面に仕上條痕は滑り方向に垂直にすれば性能向上に効果がある。特に脆い材料は著しい。これは+方向は塑性變形物は凹部へ容易に押し埋められるが//方向は目付押しに變形するから抵抗は大である。

C. 摺合と摩擦

前節と同様にして Deley 試験機により40研磨及び Buffing 仕上の試片であらじめ0.5kg 荷重で10 min 間摩擦を行つて摺合をし引續いて3.5kg で摩擦した。この摺合を行つた場合と行はない場合との結果を Table 4 及び Table 3 に示す。これによれば Ag, C-Cu, Al, Sn, Pb, WM の如き軟質金属は効果がない。特に Ag, C-Cu, Al の如き純金属はせぬ方がよい。Fe も大して効果はない。これに反して Al-Sn, Pb-Cu, Duralmin, P-Cu, Cast iron 等は効果があり特に P-Cu, Cast iron の如き硬質のものは摺合は是非必要である。又 Pb-Cu, Duralmin, P-Cu など、いずれも40研磨が常に Buffing の場合よりも μ が小であることは軸の仕上以上に軸受を仕上げる必要のないことを示す。摺合はこの場合は單に突部を平坦化するのみであるから摺合後は接觸面積の増大のため $S-\mu$ は摺合をせぬ場合よりも常に大である。突部の平坦化による磨耗粉、切粉の生ずる材質ではこれらの粉末を外へ除く作用または面を傷つけぬ程度に埋没浸入作業を行ふことが必要である。かかる際は摺合の意義がある。

D. 各種軸受合金の仕上程度

(1) 銅合金

銅合金には CuO の被膜が摩擦面に生ずる。この被膜の厚さは一般に $0.5 \sim 2.0 \mu$ と考えてよい。酸化膜が油を吸収して馴染性を向上するが又溶解もする。膜の厚さは仕上

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