鉛入黄銅の研究(第12報)

正 会 員 葉 山 房 夫*

Researches on Brass Containing Pb (Part 12)

Fusao HAYAMA

The wear rate at the initial state of β mono-crystal is more or less larger than that of polycrystalline brass, and to which the coefficient of friction has similar relation, too. But, as to the wear at the the constant state, the difference between the wear rates for monocry-stal and for polycrystal is scarcely appreciable.

The presence of slightly traceable β in α -brass has considerably bad effect on its wear-resistivity.

The special Pb-brass in which the grains of Pb are found mostly at the grain boundary wears more than common Pb-brass.

5.8 特殊の組織条件と摩耗

5.8.1 単結晶の摩耗

摩耗に対して結晶の方向性が影響するかどうか、同時に結晶粒の大小も判ると考えて、単結晶の摩耗試験を行った。 α 晶は酸化摩耗をするため摩耗量が少く、耐摩耗性の比較が困難であるから、粘着破壊摩耗させ易い β 晶について実験した。

表 524 β 黄銅の分析値 (%)

Cu	Zn	Pb	Fe
54.62	45.34	—	0.04

表 524 に示す成分の β 黄銅の厚さ約 3mm の圧延板を焼鈍によって比較的大きい粒子 (1mm² に100箇程度) にしたものを引張試験機で 3%程度伸ばして、700~750°C で2時間焼鈍した。この操作を3回繰返して、図 539 のような使用できる大きさの結晶を得た。これから

図 539 β の大結晶 (9/10倍)

7mm 角の摩擦面の単結晶片を切出した。試験に用いた単結晶を X線で検査したところ、図 540 のように板面が

図 540 単結晶の結晶方向に摩擦方向 {(1), (2), (3)}

(310) 面になっており、引張方向にほぼ平行で、板面に垂直の面が (100) 面になっていた。都合で摩擦面には板面を用いないわけにいかないので、すべて同じ (310) 面を摩擦することにし、摩擦の方向のみを図の (1), (2) および (3) の3方向に変えて実験した。

摩擦方法は焼入鋼の回転円盤の平面を相手とするもので、摩擦面の電子回折試験の際に用いた装置¹⁾によつた。摩擦圧力は 7kg/cm²、速度は 35cm/s とした。黄銅の摩擦面は予め軽くサンド・ペーパー仕上をし、ついで正磷酸液で電解研摩して試験に供した。

表 525 単結晶と多結晶の摩耗比較

結晶の種類	摩擦方向 (図 540)	比摩耗量 mg/cm ² ·100m	
		実験 1.	実験 2.
β 単結晶	1	11.3	11.6
〃	2	11.9	11.8
〃	3	11.2	11.5
β 多結晶		10.6	11.2

* 早稲田大学第一理工学部

表 525 はその結果で、同一材料の処理前の多結晶のものと比較してある。同じ単結晶から採れた試験片の数に限度があるので、2通りの実験しか行えなかつたが、共に結晶の方向性は認め難いという結果である。また多結晶材は単結晶に比して極めて僅かしか耐摩耗性が大でない。結局、黄銅の摩耗に対して結晶の方向性と結晶粒子の大きさの影響は殆んどないといえる。粒子の大きさの影響は極めて僅かであつて、普通に圧延によつて微晶化したものゝ耐摩耗性は粒子の大きさそのものよりも、圧延による硬さや剪断強さの変化の影響の方が大きくなり混同され易いものと考ええる。単結晶と多結晶材との硬さの差は表 526 に示す程度で、圧延による硬さ変化に比べれば僅かである。

表 526 β 晶のかたさ (単結晶と多結晶の比較)

	ロックウェル かたさ B スケール	ビッカースかたさ 荷重 50g (Leitz 微小硬度計による)
単結晶	50.0, 48.7	146, 149, 145, 160, 162
多結晶	58.0, 57.0	160, 153, 161, 154

次に摩擦係数を測定した。方法は黄銅同士の摩擦の項に示した図 535²⁾ によるものである。ドラムには直径、75mm の焼入鋼 (0.7%C 炭素鋼) を用い、これに単結晶面 {(310)面} を平面のまま押し付け、2kg の摩擦荷重を与え、摩擦速度 20cm/s で 100m 摩擦した。摩擦方向は前の実験と同様に 3 方向について実験した。摩擦面は直径 75mm の円弧の一部として自生されるものでこの丸味が、摩擦方向に与える影響は無視できると考えた。

摩擦係数の値は最初多少変動が大きいが、50m も摩擦すると大体落着くので、その際の値を記録した。摩耗量は 100m までの総摩耗量を摩耗痕の巾の測定結果から計算によつて求めた。

結果は表 527 の通りで、摩擦係数、摩耗量共に結晶

表 527 初期状態における単結晶と多結晶の摩耗比較

	摩擦方向 (図 540)	摩擦係数 (50m 摩擦後)	初期摩耗量 (摩擦距離=100m)
単結晶	1	0.48	0.045mg
		0.51	0.048
	2	0.49	0.052
		0.51	0.049
	3	0.55	0.040
		0.51	0.050
多結晶		0.44	0.024
		0.47	0.030

の摩擦方向によつては殆んど変つていない。たゞ多結晶材が摩擦係数も摩耗量も共に小になつてゐる。結局前の実験のように定常状態になつた後の摩耗量を比較するのでは摩擦面が摩擦加工により変質して、微晶化した層で蔽われるため、単結晶の影響が現れないが、後者の実験のような初期摩耗現象には結晶粒の影響が出るのだと考える。

多結晶の摩擦係数が小さいのは全体としての硬さが多少大きいためと、粒界の影響で粘着性が小になるためと考える。初期摩耗量の少いのもこのためといえる。

結晶方向の影響が殆んど現れないのは結晶が摩耗に与る際は、それが相当に流動した後であつて³⁾、しかも表面は相当に変質するから、流動や変質の初期に対しては方向性がある筈であるが、十分摩擦して定常状態になつた後に対しては、殆んど影響がなくなるのである。殆んど流動ないし変質していない結晶がすべり破損を受ける切削加工の場合には多少方向性があるとされているが⁴⁾、摩耗に対してはこれに殆んど影響がないのである。

5.8.2. α 相に対する β の微量析出の影響

摩耗性質が β 相の有無により非常に異なることは、これまでしばしば述べたところであるが、極めて微量の β の場合の影響について検討してみた。

黄銅の

α 領域と
 $\alpha+\beta$ 領域の境界

は低温において、

図 541⁵⁾

に示すように相当に曲つて

いる。こ

の境界の

正確な線は明らかでないが、Zn 37~38% の普通 α 相を示している合金を長時間低温焼鈍すれば、多少 β 相が析出してくるべきである。たまたま表 528 に示すような

図 541 Cu-Zn 系状態図

表 528 低温焼鈍実験用 α 黄銅の成分 (%)

分析成分 (%)					かたさ ロックウェル B
Cu	Zn	Pb	Fe	Al	
62.5	37.3	0	0.13	0.15	65.7

成分で、この境界に近い材料が得られたので、この研究を行つてみた。この材料の顕微鏡組織は図 542 で、多少偏析によつて β 相が小さく見えているところがある。これを表 529 に示すように種々の温度で時間を変えて焼鈍し、摩耗試験を行つてみたのである。

図 542 Zn 37.3% の α 黄銅 (素材のまゝ)

表 529 微量の β 析出による摩耗の変化

焼鈍条件	平均かたさ ロックウェル B	比定常摩耗量 $\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot 100\text{m}}$	
		焼入鋼軸	素材のまゝの軸
素材のまゝ	69.6	1.9	23.6
200°C, 3hr	69.4	5.2	39.3
250°C, 3hr	67.2	4.2	34.5
300°C, 3hr	66.0	2.4	32.2
200°C, 12hr	67.7	4.8	42.3
四六黄銅		33.0	39.2

摩耗試験は直径 10mm の焼入鋼軸および素材のまゝの軸 (硬さ、ロックウェル C スケール、11.8) に対し、摩擦速度 18.6cm/s、圧力 7kg/cm² で行つた。

焼鈍条件と比摩耗量の関係は表 529 に示す通りになった。また焼鈍による硬さの変化は表示のように極めて少く、硬くならないで、むしろ多少軟化する傾向を示している。とにかく焼鈍したものは相当に摩耗し易くなっている。焼入鋼軸を相手とした場合はいずれも酸化摩耗であつて、摩耗量は少く、値が多少不安定であつたが、

素材のまゝの軸を相手とした場合はすべて粘着破壊摩耗になり、比摩耗量に明瞭な差が示されている。同じ 3 時間焼鈍材では低温で焼鈍したものほど摩耗が多く、同じ 200°C 焼鈍材では焼鈍時間の長い方が摩耗が大である。結局、状態図の通り $\alpha + \beta$ 領域が低温ほど広く、このために β の析出効果が大いいものと思う。顕微鏡組織は、200°C, 12 時間焼鈍材 (図 543) でも元の材料と殆んど

図 543 図 542 の黄銅を 200°C で 12 時間焼鈍したもの (倍率 390)

変化が認められない。そのつもりになつて見れば、粒界が多少太くなつたところが多く、 β と思われるものが、毛のように α 晶内に向つて射出しているのが見られるところもある。

すなわち、この程度の僅かな β の析出が摩耗にかなりの影響を与えるものであることが分つた。元の材料でも偏析の結果、所によつては小さい β 晶が認められ、しかもその大きさは焼鈍によつて析出したらしいと思われる粒界の僅かな β より、遙かに大きく、全量としても多いのだが、このような β は α 相の耐摩耗性に殆んど影響がなく、焼鈍によつて粒界全体に析出させた β

(殆んど確認できない) の方が摩耗に対して遙かに大きな影響を与えるのである。

5.8.3. 特殊組織黄銅の摩耗

鉛入黄銅中の鉛のありかたであるが、一般には鉛は粒界、粒内の別なく、殆んど一様に分布点状にしている (図 544)。鉛が粒内に多くあるか、粒界に多くあるかで、性質が多少異なるように考えられる。結晶のすべりについて

図 544 普通組織の四六系鉛入黄銅 (Pb 3.09%) (倍率 120)

考えると、個々の結晶のすべりは粒界によつて相当に妨げられるから、鉛が粒界に沿つて存在し、粒界を軟らかくしておれば、すべり易くなると考えられる。

図 545 は鉛の多くが粒界にある鉛入黄銅で、成分は

図 545 粒界に鉛の多い特殊組織黄銅

表 530 特殊組織黄銅の成分かたさおよび製造法

Cu %	Zn %	Pb %	Fe %	Sn %	P %	かたさ	HrB
63.0	33.0	2.90	0.28	0.45	0.14		85.0

(製造行程) 鑄造……→冷間圧延20%→600~700°C
1 hr 焼鈍→冷間圧延→焼鈍→冷間圧延……→
最終焼鈍 800°C, 1 hr, 水中急冷→仕上圧延

表 530 のようである。製造行程は表示のようにする。顕微鏡写真をみると鉛は粒界に沿つて長くのびている。また β が僅かではあるが、 α の粒界にでている。

この黄銅は被削性が多少よいといわれるものであるが同程度の鉛の入った普通組織の鉛入四六黄銅と切削抵抗の比較試験を行つた結果は図 546 の

ようになり、切削抵抗は決して小さくはない。

図 546 特殊組織黄銅の切削抵抗 (普通の鉛入黄銅との比較)

しかし、切削試験を観察すると、この特殊黄銅は切込みを非常に大きくしても、びよりが発生しないで削りよく、流れ型切削のできる切削深さの範囲が大である。このためにバイトの振動が少く、また小径の穴明け加工などで錐の折損事故が少い。

しかし切削抵抗は普通組織のものと殆んど変りがないから、鉛は粒内にあろうと粒界にあろうと切削抵抗には殆んど影響しないといえる。

この材料の耐摩耗性は表 531 のようになり、同程度の鉛量の四六黄銅と大差ないが、材料の硬さと β 量を考慮に入ると、この特殊組織黄銅の耐摩耗性は多少悪い

表 531 特殊組織黄銅と四六系黄銅の摩耗比較

	Pb %	圧延率 %	かたさ HrB	比摩耗量 { 速度 $v=15\text{cm/s}$ 圧力 $p=7\text{kg/cm}^2$
特殊組織黄銅	2.90		85.0	60.0mg/cm ² ・100m
		0	28.2	62.3
普通鉛入四六黄銅	3.09	25	77.8	60.7
		60	92.5	46.1

といえる。

このように粒界に鉛のある黄銅は静的外力によつて、多少すべり易いため、摩擦によつても容易にすべりを起し粘着破壊摩耗し易くなり、摩耗が多くなるのだと考える。一方切削抵抗が変わらないのは、切削作用が単なる剪断すべりでなくて、衝撃による亀裂が先行した剪断すべりであるために、衝撃値の大小の方がより問題になるのであると考える。すなわち衝撃に対し鉛の存在は切欠きのような役をするから、点状の鉛の数が問題で粒界にあつても粒内にあつてもその影響は極めて少いのであるといえる。

5.8.4. 特殊の組織条件に対する結論

単結晶と多結晶の摩耗性質を β 相によつて比較したところ、初期摩耗量に関しては単結晶の方が大きく、また摩擦係数も多少大であるが定常状態の摩耗量及び摩擦係数に関しては殆んど差が認められない。同時に結晶の方向と摩擦の方向による摩耗の差も殆んどないといえる。結局、単結晶も摩擦により表面が破壊されて、多結晶の状態となつてから摩耗するのだと考えられる。

α と $\alpha+\beta$ の境界に近い Zn 量の α 黄銅を熱処理して β を僅かに析出させたものは、元の α 黄銅より相当耐摩耗性が悪くなる。

鉛が粒界に多く介在している特殊組織黄銅は切削抵抗は普通組織のものと殆んど変らないが多少摩耗し易い。

(1956, 7月10日受付)

文 献

- 1) 葉山房夫：鉛入黄銅の研究（第10報），精密機械 第22巻，第3号，昭和31年3月。
- 2) 葉山房夫：鉛入黄銅の研究（第11報），精密機械 第22巻，第5号，昭和31年5月。
- 3) 葉山房夫：未発表。

- 4) L. M. Clarebrough and G. L. Ogilvie : Development of the Macrostructure of Metals by Machining, ASM, Machining Theory and Practice (1950).
- 5) G. V. Raynor : Annotated Equilibrium Diagrams No. 8, Institute of Metals (1949).

ブラウン管連続撮影装置（表紙写真）

I. 概 要；この装置は、ブラウン管オシロスコープの波形を、連続撮影するもので、次に述べるような種々の特長を有して、工学、医学等あらゆる分野に広く利用することができる。

II. 特 長**1. 鮮鋭な記録**

青色螢光の撮影用ブラウン管を使用すれば、極めて鮮明な現象記録ができる。

2. 長時間記録可能

連続して最大 25m の長さを撮影できる。

3. 一齣撮影の可能

連続撮影の外に、一齣づつの撮影もできる。

4. 感光材料の随時切断可能

撮影済の印画紙は随時切断して、現像できる。

5. 感光材料

フィルムのほかに、価格も低廉で、現像容易な印画紙も使用できる。

6. 広範囲な記録紙送り速度

最低 0.5cm/sec から最高 300cm/sec までを

12 段階に変速出来るものと、0.1cm/sec から 50cm/sec までを9段階に変速出来るものの二種類ある。

7. 刻時目盛

1/10, 1/100sec の何れかを任意の間隔で記録面の片端に約 5mm 長さの細い刻時線が記録できる。

8. 整理番号の焼付装置

0~9999 までの整理番号が焼付できる。

9. 当社製ブラウン管オシロスコープと併用

記録例(B)に見られる様な階段状の連続描引撮影もできる。従つて、波形を観測しながら、撮影でき、しかも感光材料の節約もできる。

III. 主要性能

性能	型式	BR-1101A	BR-1101B	BR-1201A	BR-1201B	BR-2201A	BR-2201B
ブラウン管の口径		120mm 133mm		120mm 133mm		75mm	
感光材料の幅		88mm 35mm		35mm		35mm	
使用レンズ		F1.5 100mm F3.5 75mm		F 3.5 75mm		F 3.5 75mm	
最大連続撮影長さ		25m					
刻 時 間 隔		1 1 sec 装置内蔵 10 100					
記 録 速 度		0.5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 cm/sec	0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 50 cm/sec	0.5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 cm/sec	0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 50 cm/sec	0.5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 300 cm/sec	0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 50 cm/sec
電源周波数		50C/S. 60C/S 共上記速度（但し周波は御指定下さい）					
整理番号焼付装置		0 ~ 9999					
感光紙残量指示装置		残量を目盛で指示する。					
使用電源		AC 100V. 50C/S 又は 60C/S					

A

記 録 例

B

三栄測器株式会社

東京都武蔵野市吉祥寺 1635
TEL. ムサシノ 4941・7825