研 究

Cu-Sn-Pb 系合金の耐摩耗性ならびに耐焼付性に及ぼす Co 系合金の添加効果

藤田 正仁, 斉藤 康志, 松尾 一雄

エスデーシー開発センター, 〒275 習志野市実叡1-687.

Effects of Co-Base Alloy Powder Addition on Wear-Resistance and Anti-Seizure Property of Cu-Sn-Pb Alloys

Masahito Fujita, Yasushi Saito and Kazuo Matsuo

R&D Center, NDC Co., Ltd., 1-687 Mimomi, Narashino 275.

Received October 23, 1996

SYNOPSIS

An attempt was made to develop an automotive plane bearing material having improved wear-resistant and anti-seizure properties to meet severe requirements for the greater load and boundary lubrication. Wear-resistant and hard cobalt-base alloy powder up to 7wt% was blended in the soft Cu-3%Sn-23%Pb matrix alloy powder. The mixture was spread over the backing steel sheet, primarily sintered in the decomposed propane gas, rolled for densifying and secondarily sintered. The cobalt-base hard particles containing molybdenum and chromium are evenly dispersed in the soft matrix. These dispersoids having heterogeneous microstructure lead to hardening of the sintered composite alloy and to improvements in its wear-resistance and anti-seizure property. The wear of shaft is also lightened.

KEY WORDS

plane bearing, wear-resistance, Cu-3%Sn-23%Pb alloy, dispersoids, heterogeneity

1 緒 言

Cu-Sn-Pb 系合金は、スチール表層に焼結され、自動車および一般産業機械の摺動部材料として広く使われている。特に、耐荷重性、耐摩耗性、耐焼付性等軸受材料として必要な特性を併せ持つ優れた材料である。しかし、この優れた軸受材料を取り巻く環境は、近年急速に変わりつつある。特に、従来から潤滑油の粘度が低く、境界潤滑に陥りやすい部位や、給油量が少なく十分な潤滑が得られていない部位では、使用条件の高速、高荷重化に伴い、急激な摩耗が発生し、従来の軸受合金系では、対応しきれない状況が発生している。こうした境界潤滑下における耐摩耗性の向上策として従来より青銅、鉛青銅合金へ黒鉛等の固体潤滑剤の添加、各種硬質物の添加が試みられて

きた¹⁻⁶⁾。本研究では、Cu-Sn-Pb 系合金の中でも特に耐焼付性に優れる Cu-3%Sn-23%Pb 合金 (以下 % は wt% を示す) に、添加硬質粒子として耐摩耗合金として実績がありかつ焼結性の良い Co 基合金を選択し、その焼結体の焼結状態や、軸受性能を調査した。その結果 Co 基合金粉末は、母粉末との焼結性も良くしかも適切な硬さをもっているため、基地の Cu-3%Sn-23%Pb 合金の耐焼付性等の軸受性能を損なう事無く、前記境界潤滑下で優れた耐摩耗性を発揮する事が判明した。

2 実験方法

Cu-Sn-Pb-Co-Mo-Cr 系焼結合金の原料粉は、母粉末として Cu-3%Sn-23%Pb 合金粉 (粒径 150 μ m 以下)

及び添加合金粉としてCo-28%Mo-8%Cr合金粉(粒径 $100\mu\text{m}$ 以下)を使用した。まず前記母粉末に対し、Co-28%Mo-8%Cr合金粉が1, 3, 5, 7, の各wt%となるように秤量し、V型ブレンダーで30分混合した。この4種類の混合粉及びCu-3%Sn-23%Pb合金粉(以下単にCu-Sn-Pb合金粉と呼ぶ)のみの粉末を、それぞれ鋼板製裏金上に0.80mm厚さに自由散布し、プロパン分解ガス雰囲気中で温度 810°C 、時間30分の条件で1次焼結した。つぎに、焼結密度を高めるために、密度100%になるようにロール圧下し、1次焼結と同じ条件で再度焼結(2次焼結)を行った。こうして総厚が2.20mm、合金厚が0.52mmの5種類の粉末を焼結したパイメタル板材を作成した。これらの合金組成をTable 1に、添加合金粉の組成をTable 2に示す。また各試料の断面顕微鏡組織、添加合金粉近傍のE.P.M.A.分析、および常温および 200°C でのビッカース硬さを調べた。さらに、軸受性能をみるために上記5種類の材料を円筒状の軸受形状に加工し、ブシュ試験機を用い耐摩耗性及び耐焼付性を評価した。又その時の軸受の初期摩耗の表面状態も調査した。

3 実験結果及び考察

3.1 合金断面組織及びE.P.M.A. 分析

試料(B)および(E)の断面写真をPhoto.1に示す。又E.P.M.A.を用いてCu-Sn-Pb焼結体中に点在するCo系合金粉末周辺のE.P.M.A.組成像および界面を横切るライン分析をPhoto.2および3に示す。断面組織からはCu-Sn-Pb焼結体中に、Co系合金粉末が不規則に点在した状態がみられる。Co系合金粉末はアトマイズ粉であるため断面形状は丸みを帯び、Cu-Sn素地同士の粒界や一部Pb粒子に接して分散、焼結している。またE.P.M.A.分析から、Co系合金粉末表面にCo-Cr系化合物で形成されたスケルトンのみの表面層がみられる。これは、Cu-Sn-Pb系焼結はPb液相が介在する液相焼結であり、Co系合金粉末もこのPb液相に表面が濡れ、Pb液相を介して焼結が進行する。その結果Pb液相がCo系粉末表面を浸食し、表層Co基地が流出した事を示している。また浸食された相の内側にPb相が見られるのもこうした焼結機構を裏付けている。また、この表面層自体は強固な構造を持ち、Co系合金粉のCu-Sn素地への結合力を損なうものではないと考えられる。

3.2 合金硬さ

常温と 200°C におけるCu-Sn-Pb素地へのCo系合金粉の添加量と合金硬さの関係をFig.1に示す。Co系合

Table 1 Chemical composition of test alloys.

Sample No.	Composition (wt%)			
	Cu	Sn	Pb	Co-base particle
A	Bal.	3.0	23.0	0
B	Bal.	3.0	22.8	1.0
C	Bal.	2.9	22.3	3.0
D	Bal.	2.9	21.9	5.0
E	Bal.	2.8	21.4	7.0

Table 2 Chemical composition of Co-base particle.

	Composition (wt%)			
	Co	Mo	Cr	Others total
Co-base particle	Bal.	28	8	≤ 3.0

(B) 1%Co-base alloy

(E) 7%Co-base alloy

50μm

Photo.1 Typical microstructures of sintered composites. (Cu-Sn-Pb-Co-Mo-Cr system)

Photo.2 E.P.M.A. Composition. Image of Co-base particle surrounded by Cu-Sn-Pb alloy.

金粉末無添加の材料 (A) は、ビッカース硬さが Hv58 であり、硬質粒子である Co 系合金粉の添加により一定の硬度上昇は見られるが、Co 系合金粉の添加量に応じた硬度上昇は見られなかった。これは、今回使用した Cu-Sn-Pb 合金においては、Pb を 23% と多量に含むため、硬質粒子添加のマトリックスに与える影響が少ないことを示している。またこの傾向は高温状態 (200℃) でも同じくみられた。

3.3 合金耐摩耗性

耐摩耗性の評価に用いたプッシュ試験機の概要を Fig.2 に示す。また試験条件を Table 3 に示す。本試験条件

Fig.1 Relationship between vickers hardness (load=1kgf) and Co- base alloy content in Cu-3%Sn-23%Pb alloy.

Photo.3 E.P.M.A. line analyses of the boundary magnified Photo.2, between Co-base-alloy particle and Cu-Sn alloy.

は、特に低粘度油による潤滑条件下で、静荷重をかけた時の耐摩耗性をみた。試験後の軸受の摩耗深さは軸受端面から3mmの両側及び中央部の3点の真円度を計測して、求めた。Co 系合金粉の添加量とこの摩耗深さの関係を Fig.3 に示す。Co 系合金粉を 1% 添加すると摩耗量は 1/3 に減少し、3%~7% の添加では 5 μm 以下の摩耗量となる。すなわち、硬質粒子である Co 系合金粉の添加により、摩耗量は飛躍的に減少することがわかる。これは、Co 系合金粒子が荷重を支える点となり、摩耗の進行が、従来の軟質な Cu-Sn-Pb 合金と軸との関係から Co 系合金粒子と軸との関係に移行したことを示している。すなわち、面で受けていた荷重を、点で支える形となり、潤滑形態が変化したことを示唆している。また、試験後の軸は一部変色が見られたが、摩耗等の異常は、見られなかった。

3.4 軸受表面形状の変化

初期摩耗の進行に伴う表面形状の変化について、

Table 3 Condition of wear test.

TEST CONDITION	DIMENSIONS	UNITS
SHAFT DIAMETER	Φ20	m m
BEARING LENGTH	15	m m
LOAD	2942	N
VELOCITY	0.4	m/s
TEST TIME	5	h
LUBRICANT	KEROSENE	-
OIL FLOW	DIPPING	-
OIL INLET TEMP	R. T.	°C
SHAFT MATERIAL	S45C	
ROUGHNESS	0.8	S
HARDNESS	55	HRc

Fig.2 Outline of bushing test machine.

Fig.3 Effect of Co-base alloy content on wear of sintered composite.

7%Co系合金粉添加材 (E) の軸受内面加工後の仕上げたままの状態から、軸荷重を受けて徐々に摩耗が進行し粗さが無くなっていく様子をFig.4に示す。この結果から、当然の事ながら、ある粗さを持った軸受表面の凸部がまず摩耗してゆくことがわかる。一方、こうした硬質粒子を含む不均質な材料においては、内面仕上げ加工時に硬質粒子が、凸部を形成しており、従って、初期摩耗において軸との当たり面が次第になじんで平滑化してゆく段階で、硬質粒子と軸との摩擦摩耗の関係が先行して発生することになる。すなわち安定したなじみ面が軸受性能を保持しながら、耐摩耗性を持つ表面として成立するためには、この先行して生じる軸 (Fe) と Co 系合金粒子の摩擦摩耗の関係が、良好な状態を保つ必要があるといえる。

Fig.4 The change of face profile with progress of initial wear. (7% Co-base alloy composite)

3.5 合金耐焼付性

Table 4 に耐焼付性をみた試験条件を示す。尚、この試験においても、Fig.2 に示すブシュ試験機を用いた。また、焼付条件として馴らし運転の後、潤滑油をカットし、その後、軸受背面温度が 200℃ に達した所で焼付とした。使用した潤滑油は、自動車のトランスミッション等に使われる ATF 油とした。本試験では、Co 系合金粒子を含まない基材 (A) と 5% 添加材 (D) の 2 種の合金を比較し Fig.5 に示す。その結果 Cu-Sn-Pb 合金のみの合金 (A) は、171 秒で焼き付いたのに対し、Co 系合金粒子を 5% 含む材料は、3600 秒たっても焼付の兆候が見られず、途中で停止させた。この様に焼付性能においても、Co 系合金粒子添加は優れた効果を示し、良好な軸/Co 合金の摩擦摩耗の関係が耐焼付性能の向上にも寄与していることを示している。すなわち焼付現象の初期の段階は軸と軸受けの金属接触の結果、軸表面に軸受合金が移着し更に軸受合金自体が破壊してゆく凝着摩耗が進行してゆく段階である。ここで硬質な化合物を含む Co 系合金粒子の軸受合金への添加は、軸への軸受合金の移着を防止する効果を生み凝着摩耗を防止し耐焼付性の向上に寄与したものと考えられる。

Table 4 Condition of seizure test.

TEST CONDITION	DIMENSIONS	UNITS
SHAFT DIAMETER	Φ20	m m
BEARING LENGTH	15	m m
LOAD	1000	N
VELOCITY	5	m/s
TEST TIME	UNTIL BBT 200°C	h
LUBRICANT	ATF	
OIL FLOW	DIPPING→CUT	
OIL INLET TEMP	120	°C
SHAFT MATERIAL	SCM420H	
ROUGHNESS	0.8	Z
HARDNESS	65	HRc

Fig.5 Seizure time of Cu-3%Sn-23%Pb alloy and 5%Co-base alloy composite.

4 結 言

Cu-3%Sn-23%Pb 合金粉に耐摩耗材として、硬質な Co 系合金粉末を混合し焼結することによって得られた合金の特性を調査した結果は、以下の通りである。

- (1) Cu-3%Sn-23%Pb 合金粉に Co 系合金粒子を均一に分散焼結する事が可能で、本焼結により合金硬度が増加する。
- (2) Co 系合金粒子を添加すると、無添加の合金に比べ、耐摩耗性、ならびに耐焼付性が向上する。これは、マトリックス中の Co 系合金粒子と軸との摩擦摩耗の関係が極めて良好な事を意味する。またこの時、軸の損耗は見られなかった。

文 献

- 1) 新見義郎, 是川宏, 岩津修: 粉体および粉末冶金, 34 (1987) 264.
- 2) 特許, 特公昭 57-50844.
- 3) 特許, 特公平 7-62191.
- 4) 樋口月光, 山本康一, 坂本雅昭: 粉体および粉末冶金, 40 (1993) 780.
- 5) 特許, 特公平 8-3133.
- 6) Akira Fujiki, Makoto Kano: Metal Powder Report, Jan., (1995) 26.