新技術・新製品

易焼結性アルミ青銅粉の開発とその焼結体特性

益岡佐千子, 新見 義朗

福田金属箔粉工業(株), 〒607-8305 京都市山科区西野山中臣町 20.

Development of Well-Sintering Al-bronze Powder and Properties of its Sintered Compacts

Sachiko Masuoka and Yoshiro Arami

Fukuda Metal Foil & Powder Co., Ltd., 20 Nakatomi-cho Nishinoyama Yamashina-ku, Kyoto 607-8305, Japan.

Received October 31, 2007

1 はじめに

Al 青銅は銅系合金の中でも機械的強度, 耐食性, 耐摩耗性などに優れ, 産業上広く利用されている. この優れた特性に着目し, Al 青銅部品を粉末冶金法で製造する試みが行われているが, 未だに実用化には至っていない. その主な理由として, 焼結時に Al を含有する粉末が優先的に酸化され, 強固な酸化膜に覆われてしまうために焼結が阻害されることによると考えられている. 著者らは以前, このような強固な酸化皮膜を破壊, 除去して Al 青銅粉末の焼結を促進させることを目的として, AlF_3 と CaF_2 を添加した Al 青銅合金粉について報告した¹⁾. しかしながら, この粉末は焼結雰囲気によりその焼結性が大きく左右され, 焼結雰囲気中の N_2 比率が高くなるにつれて焼結性が著しく低下するという問題があった.

そこで今回, 幅広い焼結雰囲気で焼結が可能となるようにさらに焼結性を改良することを目的として, 原料粉末の変更および前記フッ化物の添加に加えて P 合金の添加を行った. また, この粉末を用いて新たに黒鉛分散 Al 青銅焼結体の作製を試み, 得られた焼結体の摩擦摩耗試験結果を報告する.

2 新しい Al 青銅粉の開発

2.1 粉末の構成

固体潤滑材の添加も念頭に置いて, 原料粉末は成形性に優れた電解銅粉と Cu-50mass% Al 合金粉を用い, さらに Al 青銅の特徴である耐摩耗性を活かすために, この 2 種類の粉末を Al 量 10 mass% になるように配合した. これに AlF_3 と CaF_2 を mass 比で 4:1 に配合したフッ化物を 0.1 mass% 加えた従来の Al 青銅粉¹⁾に対し, 今回, 更なる焼結性改善を目的として, これに Cu-8mass% P 合金粉 (粒度 $\sim 75 \mu\text{m}$) の形で, P を最大 0.4 mass% 添加した. この粉末の SEM 像を Fig.1 に示す.

2.2 焼結性改善に及ぼす P 添加の効果

上記従来の Al 青銅粉の焼結体強度に及ぼす雰囲気ガス中の N_2 もしくは Ar 混入量の影響を Fig.2 に示す. 焼結は試料粉末を 500 MPa で金型成形後, ふた付きポートに入れて 950°C - 1.8 ks 行った. ちなみに, 焼結に使用した N_2 ガスおよび Ar ガス中の酸素量はいずれも 5~10 ppm 程度である. Fig.2 から, 従来粉は雰囲気中の N_2 混入により, 焼結体強度が大きく低下することがわかる. ただし, 同図に示すように Ar を混入した場合は N_2 混入の場合ほどの極端な強度低下は見られないことから, N_2 混入による焼結性の低下は粉末粒子表面での窒化物皮膜形成による焼結阻害が原因となっていると推察される.

次に従来の Al 青銅粉の焼結性改善に及ぼす P 添加の影響について Fig.3 に示す. 焼結は $\text{H}_2 + \text{N}_2$ (3:1) 混合ガス雰囲気中で行った. これより, 添加 P 量の増加に伴い焼結体強度は急速

Fig.1 Particle shapes of new Al-bronze powder (I: Electrolytic copper powder, II: Cu-50mass% Al alloy powder).

Fig.2 Influence of N₂ or Ar ratio in the sintering atmosphere on the radial crushing strength of the sintered compacts made of the conventional Al-bronze powder.

Fig.3 Influence of adding amount of P on the radial crushing strength of Al-bronze sintered compacts.

に回復し、約0.2 mass%添加でH₂中焼結の場合を若干上回るレベルにまで達した。しかし、それ以上P量を増加させても焼結体強度の大幅な上昇は見られず、P量が0.4 mass%に達するとγ相が粗大化する傾向が見られた。

熱分析やX線回折の結果から、焼結中におけるフッ化物とP合金粉との間での新たな反応相の生成は認められず、P添加による焼結促進機構としては従来のフッ化物添加効果、すなわちAlF₃とAl青銅粉末表面のAl₂O₃皮膜との反応によるAlOF気相の生成に伴う前記Al₂O₃皮膜の破壊反応に加え、Cu-P系での液相の発生による前記窒化物皮膜の生成抑制並びに前記Al₂O₃皮膜の破壊促進等が推察されるが、これらの点については今後なお検討が必要と考える。

3 新開発 Al 青銅粉の特性

3.1 Al 青銅粉の焼結体強度に及ぼす焼結雰囲気の影響

Fig.4 に Al 青銅粉の焼結体強度に及ぼす焼結雰囲気の影響を示す。P無添加の場合、N₂比率の増加と共に強度が急激に低下し、またP添加のみの場合では、焼結雰囲気による強度低下は少ないものの、焼結体強度は最高でも500 MPaと比較

Fig.4 Influence of the sintering atmosphere on the radial crushing strength of the sintered compacts.

的低くなっている。これらに対し、新開発Al青銅粉の焼結性はH₂中で焼結した場合でも明らかに焼結体強度が高く、N₂比率50%までその強度を保持しており、さらにN₂雰囲気中でも400 MPa以上の圧環強度を示した。

3.2 黒鉛分散 Al 青銅焼結体の作製およびその特性

Al青銅粉の焼結性が著しく促進したことにより、黒鉛等の固体潤滑剤の添加が可能となり、新たに黒鉛を最大3 mass%添加した黒鉛分散Al青銅焼結体の作製を試みた。Fig.5に黒鉛分散Al青銅焼結体の焼結体強度および断面組織を示す。黒鉛添加量が増えるにつれて圧環強度が低下しているが、黒鉛添加量3 mass%でも圧環強度はなお300 MPa以上を保持しており、断面組織からも粉末同士の焼結が進行していることが確認できる。

次に、新開発Al青銅粉を用いて作製した黒鉛分散Al青銅焼結体について摩擦摩耗試験を行った。今回行った摩擦摩耗試験はFig.6に示すボールオンディスク式で、直径35 mmの試験片を100 rpmで回転させながら6 mmφのスチールボールを荷重9.8 Nで押付け、摩擦係数および比摩耗量を測定した。

この黒鉛分散Al青銅焼結体の摩擦摩耗特性をFig.7に示す。比較材としてSn青銅を用いたが、Al青銅焼結体の摩擦係数および比摩耗量はSn青銅の値に比べて1/2程度となっていることがわかる。また、さらに黒鉛を分散させたAl青銅焼結体では摩擦係数はほぼ同じであったが、比摩耗量は黒鉛添加量が増えるにつれて著しく低減することが確認された。

4 用途および今後の展開

本Al青銅粉は、Al青銅特有の耐食性、耐摩耗性や耐熱性といった特性を活かした新たな銅系の焼結機械部品用材料粉として適用されるものとする。また、銅系軸受や摺動材として幅広く用いられているSn青銅に比べて、Al青銅焼結体は摩擦係数および比摩耗量が1/2程度と良好な摩擦摩耗特性を

※ R.C.S : Radial Crushing Strength

Fig.5 Radial crushing strengths and the optical microstructures of newly prepared Graphite-dispersion Al-bronze sintered compacts (Die-compacted under 500MPa and sintered at 950 °C in H₂+N₂ (1 : 1) atmosphere).

Fig.6 The schematic view of the wear test.

有しており, さらに固体潤滑剤である黒鉛を添加することで, 比摩耗量を大幅に下げることができることから, 耐摩耗性および耐熱性が要求される軸受や摺動材等の用途への展開も期待される。

5 特 許

本 Al 青銅粉に関連する特許を出願中である。

Fig.7 Friction and wear characteristic of new Al-bronze sintered compacts dispersed graphite.

謝 辞

本製品の開発にあたり, 摩擦摩耗試験に関して有益な御助言を賜った東京都立産業技術研究センター 浅見淳一先生に, 深く感謝いたします。

文 献

1) S.Masuoka, Y.Arami and S.Nagai: "Effect of Adding Al-Ca Fluoride on Sintering Behavior of Aluminum-Bronze Powder", J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, 49(2002) 1003-1008.