

# 環境配慮型軸受銅合金の開発

機械金属部 舟木克之  
株式会社明石合銅 明石 巖 牧野一樹

## 1. 目的

スズ青銅に比較的多くの鉛を添加した鉛青銅は、固溶体強化によって基地の強さと硬さを得るとともに多量の鉛を分散晶出させた軸受銅合金であり、工作機械やディーゼル機関など中・高速域の高荷重用途の軸受ブッシュ、ライナー等に広く使用されている。また、建設機械用油圧ポンプでは、小型化に伴う高圧化や高速化の指向(圧力45MPa, 回転数3,000rpm以上)から、シリンダブロック等の高面圧が加わる摺動部材に対して高い耐焼付性が求められている。

一方、電子・電気機器に対するRoHS規制、自動車に対するELV規制など、各種製品において鉛・カドミウムをはじめとする特定有害物質の含有を禁止・減少させる環境保全の考え方が浸透してきた。そのため、産業機械メーカー等からは、軸受材料として欠くことができない鉛青銅に代わる鉛フリー合金の開発が切望されている。そこで、本研究では工業的に多用される鉛青銅CAC603(LBC3: 10%Pb)の代替材料として、非金属晶出相の分散や共析変態を利用した金属組織制御などの手法により、耐焼付性や機械的性質に優れた鉛フリーおよび低鉛(3%以下)軸受用銅合金の開発を行った。

## 2. 内容

### 2.1 組織形態を利用した耐焼付性改善

工業的に利用価値の高い青銅合金を提供するため、金属組織の形態的特徴を利用した摩擦摩耗特性の改善に着目した。例えば、フェライト組織の球状黒鉛鑄鉄は延性に富み衝撃力が加わるような構造体に利用される。一方、フェライトとセメンタイトが積層した共析相(パーライト)が主体の組織は、適度な耐摩耗性や耐焼付性を持ち軸受や摺動材として使用されるなど、基地組織によって特性が大きく異なる。しかし、固体潤滑性に優れた黒鉛の晶出量は、両者においてほとんど変わらない。パーライトのような積層構造では、硬さが異なる相では焼付特性が異なるため、焼付きの初期段階での焼付領域の拡大伝播が阻害される。これに加え、柔軟なフェライトが回転軸とのなじみ性を高め、硬いセメンタイトが耐摩耗性を高めるといった積層構造の持つ形態的特徴により、優れた摩擦摺動特性を発揮しているものと考えられる。

つまり、青銅にパーライト状組織を出現できれば鉛フリーでも優れた摩擦摩耗特性が得られると期待されることから、合金化による共析変態の制御方法について検討した。

### 2.2 青銅における共析変態

高スズ青銅においても、共析変態により  $\beta$ -Cuと銅( $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ )または銅( $\text{Cu}_3\text{Sn}$ )の銅スズ系金属間化合物との共析組織を生じることが知られているが、パーライトのような層状ではなく、図1のような  $\beta$ -Cu基地に粒状銅が析出した形態である。このような不均一な組織を呈した材料では引張強度や伸びが極端に低下するため、

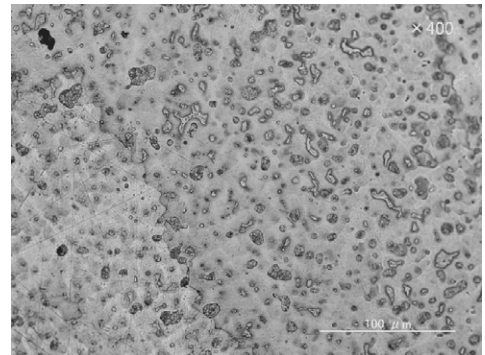


図1 鉛青銅の金属組織 ×150

工業的に使用されることはなかった。そこで、銅中でのスズ拡散の阻害や 銅中におけるスズ固溶限の低下、さらに共析変態温度を低下させるなど、凝固偏析を促進する複数の元素を組み合わせることで、基地中に多量の共析相を出現させることができた。この時、共析相は図2のように、銅と銅がパーライト状に積層した形態となり、鑄放しでも安定的に得られた（特許出願中）。

### 2.3 開発合金の摩擦摩耗特性

建設機械用油圧ポンプシリンダーブロックへの用途では、バルブプレートとの面摺動特性が求められる。そこで、開発合金を60の油槽中において、押付面圧10MPa一定で摩擦速度を漸増させるトライボット試験を行った。図3に焼付限界PV値、図4に比摩耗量を示した。

なお、図中のLBAはLBC3のスズ量を高め、少量のNiで固溶強化した特殊青銅で、JIS規格材料ではないが現行の建設機械用油圧ポンプに使用されており、比較材として示した。図からわかるように、開発材は鉛フリー、低鉛のいずれも鉛青銅LBC3を上回る焼付PV値を示し、比摩耗量はLBC3よりも小さかった。

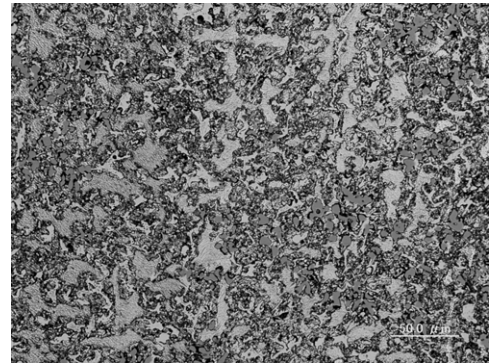
### 2.4 開発合金の機械加工性

鉛青銅LBA、鉛フリー系開発合金、低鉛系開発合金の3種について旋削試験を行い、その切削抵抗から機械加工性を評価した。いずれの開発材も鉛青銅と同レベルの切削抵抗で、量産時に機械加工の問題は生じない。しかも、切屑はいずれの合金も細かな砂状であり、低い切削抵抗と併せると快削材に分類できる。

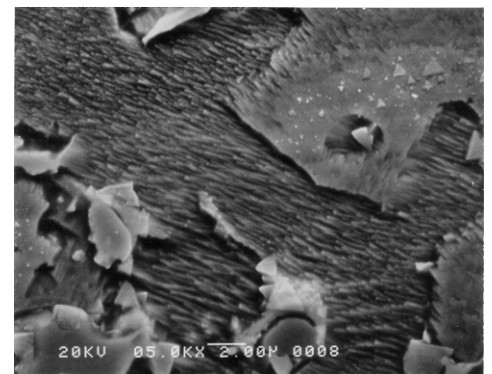
### 3. 結果

凝固偏析を促進する元素を複数組み合わせた合金設計により、銅と銅スズ系金属間化合物がパーライト状に積層した共析相を鑄放しでも多量に出現する青銅合金を開発した。パーライト状の共析相が出現する開発合金は、JISの鉛青銅LBC3を上回る耐焼付性と耐摩耗性を示すとともに快削性を持つことから、鉛青銅代替の鑄造用銅合金として、実用化が期待される。

謝辞：本研究は経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業により、(社)日本非鉄金属鑄物協会銅合金技術部会での共同研究の一環として行ったものである。記して関係諸氏に謝意を表す。



a) 共析組織（濃色部分） × 150



b) 共析相の層状構造 × 2000

図2 開発合金の金属組織

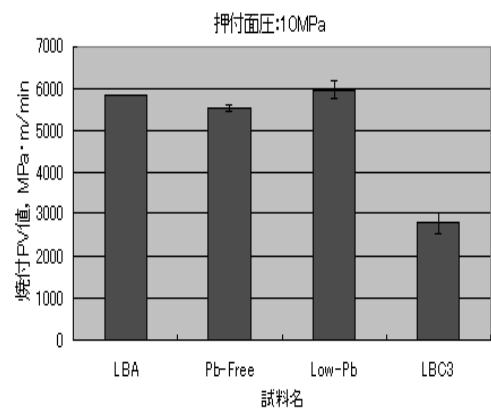


図3 焼付限界PV値

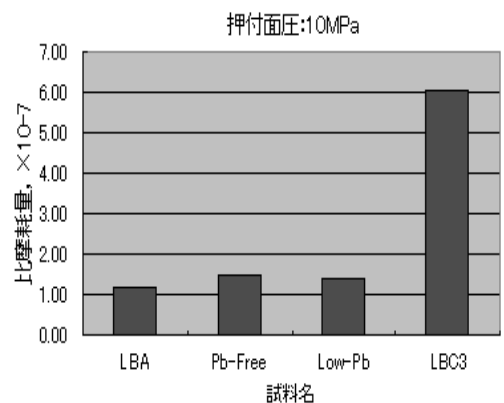


図4 比摩耗量