

(論文)

自動車用端子小型化に対応した銅合金「CAC58」

荒井浩史*・宮藤元久**

*アルミ・銅カンパニー・長府製造所 **アルミ・銅カンパニー(長府)

CAC58 Copper Alloy for Miniaturized Automobile Terminals

Hirofumi Arai・Motohisa Miyafuji

In order to take advantage of the excellent stress relaxation characteristics of Cu-Ni-Sn base alloys such as C72500, a new pseudo-spinodal hardening alloy of Cu-1.5%Sn-0.4%Ni-0.02%P-1.5%Zn, with low Ni and Sn concentrations, has been developed. This alloy has a yield strength of 550N/mm², an electrical conductivity of 34%IACS, excellent bend formability (180° bending at 0 radius) and excellent stress relaxation resistance (170) Furthermore, because of the addition of Zn, the alloy adheres well to tin-plated layer, making it highly suitable for the small terminals used in the area around automobile engines.

まえがき = 近年、地球環境温暖化を防ぐために自動車業界では廃棄ガスの低減を目的として自動車の軽量化が進められている。ハーネスメーカーにおいては端子の小型化などにより対応しているが、これらに使用される材料には高強度で、厳しい曲げ加工に耐えられることが求められている。

また、車内空間を確保するため、エンジン付近に配置される端子・コネクタ部品が多くなり、高温環境下においてもばねの接圧力が低下しにくい(応力緩和特性に優れる)材料が重要となってきた。

従来、民生用を含めた端子用材料にはりん青銅が主に使用されてきたが、厳しい曲げ加工性や応力緩和特性の要求に応えることがむずかしくなってきた。

スピノーダル強化型銅合金は高強度で耐熱性に優れた材料として種々の報告がされている^{1)~4)}が、いずれも添加元素量は高濃度側であり、端子性能の導電性を考慮した低濃度領域での特性データは少ない。

本稿ではCu-Sn-Ni-Zn合金系に着目し、各成分の含有割合が特性に及ぼす影響を調査し、上記要求特性を満足する組成を検討したので報告する。

1. 供試材および製造方法

第1表にCu-Sn-Ni-Zn系合金の組成を、また、第1図にNiとSnの量の組合せ条件を示す。本合金を大気炉により溶解-鋳造し、50×80×200mmの鋳塊を製作した。その後熱間圧延について冷間圧延をおこない、中間焼鈍後50%加工率で仕上げ冷間圧延を施し、最終低温焼鈍にて厚さ0.25mm(H材)の板材をえ、供試材とした。

2. 試験結果および考察

2.1 開発合金組成の選定

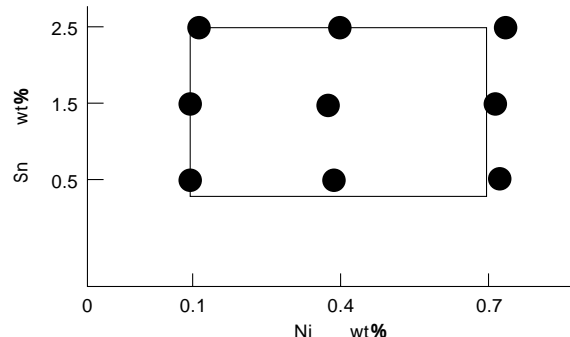
第1表に示す供試材にてSn, Ni量の材料特性に及ぼす影響を調査した。

機械的性質、導電率および曲げ加工性の目標特性値として、次の三つの特性

- 1) 耐力 : 500N/mm²以上

第1表 供試材の化学成分

No.	Cu	Sn	Ni	P	Zn
		0.50	0.11	0.022	1.50
		1.51	0.10	0.021	1.50
		2.50	0.10	0.020	1.48
		0.51	0.40	0.020	1.51
	Rem.	1.50	0.40	0.021	1.50
		2.50	0.40	0.021	1.50
		0.50	0.69	0.021	1.51
		1.52	0.71	0.021	1.50
		2.49	0.71	0.022	1.50



第1図 供試材の組成 (Cu-xNi-ySn-1.5Zn-0.02P)

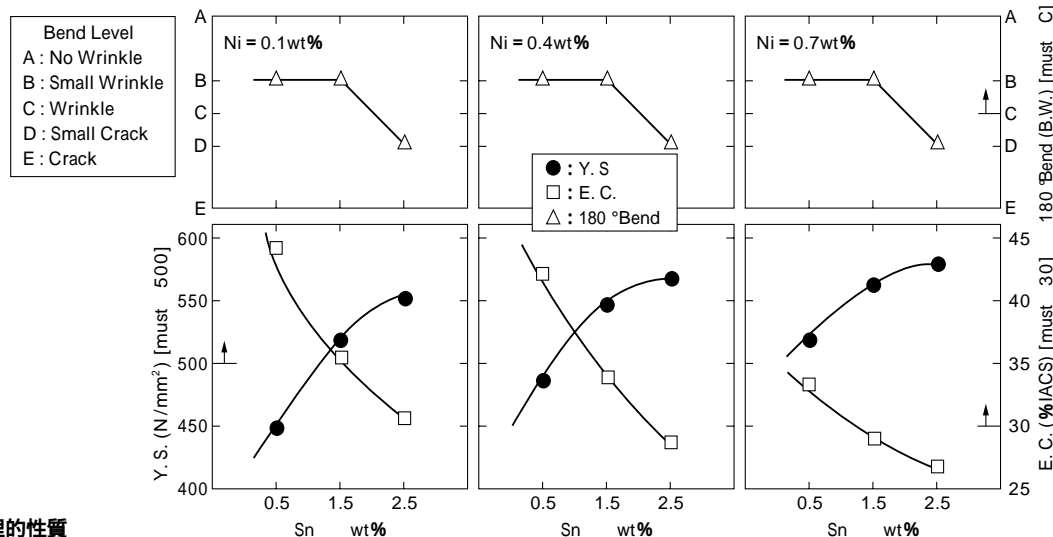
Fig. 1 Contents of samples (Cu-xNi-ySn-1.5Zn-0.02P)

- 2) 導電率 : 30%IACS以上

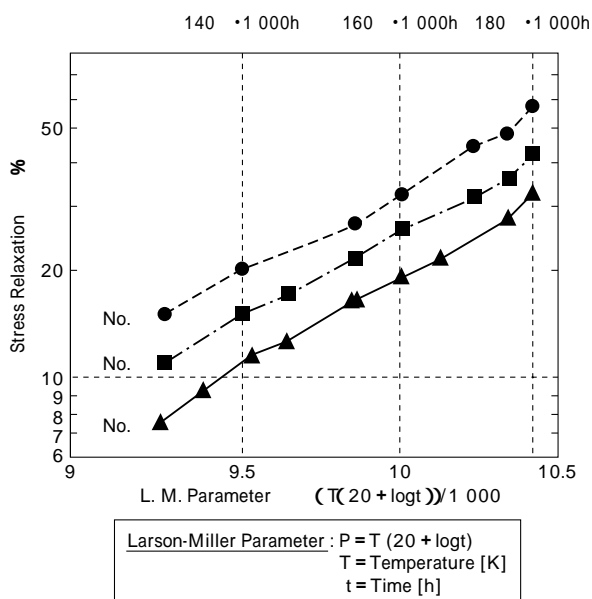
- 3) 曲げ加工性 : Good Way (板材圧延方向に対して平行方向)およびBad Way (板材圧延方向に対して直角方向)ともに密着曲げ可能を設定し、比較評価をおこなった。結果を第2図に示す。

Sn量を2.5wt%添加した材料ではいずれのNi量においても導電率(E.C.), 曲げ加工性が目標を満足していない。また、Sn量:1.5wt%では、Ni量を0.7wt%まで添加すると導電率が目標を下回っている。さらにSn量:0.5wt%の場合は、Ni:0.7wt%を除いて強度面で目標未達である。

以上の結果より、目標達成材(No. , ,)について応力緩和特性を評価した。ラーソン・ミラー パラメ



第2図 機械的および物理的性質
Fig. 2 Mechanical and physical properties Sample No.



第3図 応力緩和特性
Fig. 3 Stress relaxation characteristics

ータにて整理した結果を第3図に示す。

目標値：160 で 1000h 保持後の緩和率 30% に対し、No. (1.5Sn/0.4Ni) の応力緩和率は 20% 以下を維持しており、もっとも良好であると考える。

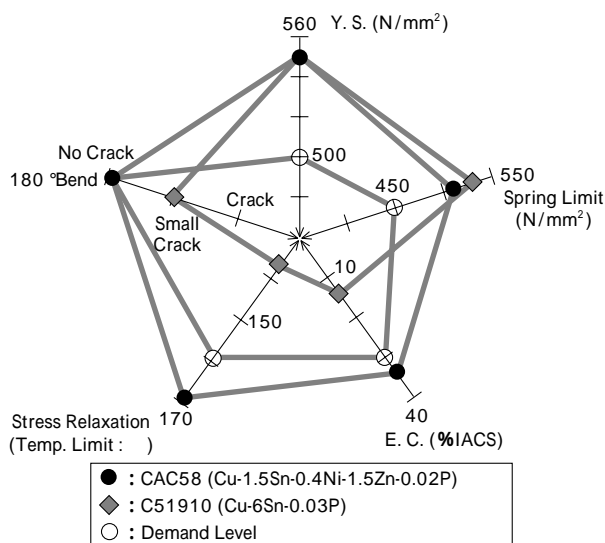
これらの結果より、No. 合金を選定し、本合金を CAC 58 (CDA. No.C40820) と称して詳細な特性調査をおこなった。

2.2 端子必要特性評価

2.2.1 主要特性

第4図に CAC58 と比較材 6%Sn りん青銅 (No.C51910) との主要特性比較を示す。

目標特性値 () に対して C51910 () の場合は導電率、応力緩和特性および曲げ加工性が目標値未達であるが、CAC58 () はすべての特性が目標を満足している。すなわち、CAC58 は耐力：550N/mm² を有しながら、写真1に示すように Good way および Bad way とともに密着曲げ可能であるとともに、応力緩和特性ではりん青銅の使用限界温度 135 を 170 にまで引き上げる



第4図 合金の主要特性
Fig. 4 Principal properties of alloys

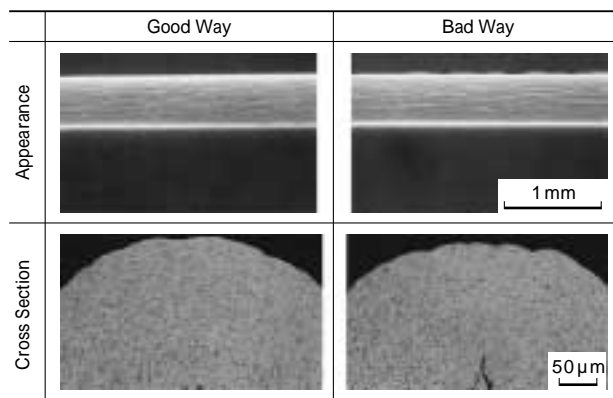


写真1 CAC58 の曲げ加工性
Photo 1 Bend formability of CAC58

ことを可能にしている。

さらに CAC58 が強度および応力緩和特性に優れる理由を検討するため、焼鈍条件と析出物の関係を TEM 観察にて比較した。その結果を写真2に示す。長時間焼鈍 (バッチ焼鈍) をおこなうと比較的大きい µm オーダの析出物が形成されるのがわかる。この場合、導電率は 34%IACS から 38%IACS 程度まで向上するが、応力

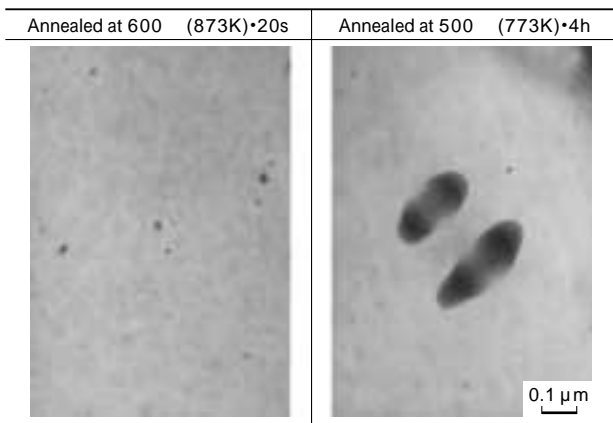
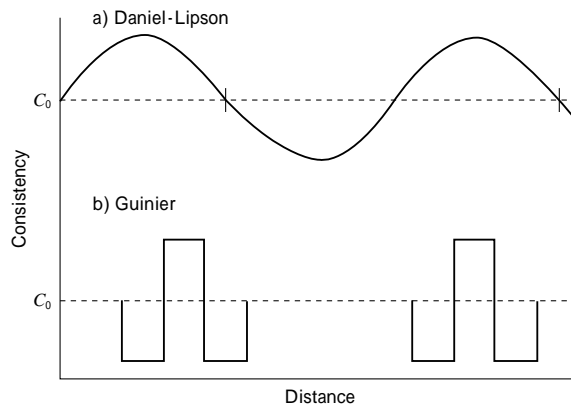


写真2 焼鈍後の析出物の大きさ
Photo 2 Effect of annealing condition on precipitates size

緩和特性はいちじるしく低下する(160 で1000h 保持後の応力緩和率:40%)

このことから強化メカニズムとしてスピノーダル型擬変調構造を考え、その有無を調査した。スピノーダル型変調構造とは材料内部が一定の濃度変調の周期(本稿の場合、Ni と Sn の添加量)をもつことにより強度および応力緩和特性を向上しうる構造であり、その形態モデルについてはいくつか提唱されている⁵⁾(第5図)。本構造はTEM において、変調構造形成方向に垂直で微細なコントラストが観察できれば存在することが知られている⁶⁾。

写真3にCAC58と高濃度材のCu-15Ni-8SnのTEM像を示す。Cu-15Ni-8Snは明確なコントラストを有しており、また、CAC58においても若干薄い同様のコントラストを有することから、Ni/Sn低含有量域にても類似の擬変調構造を形成しうる可能性がある。ただし、サテライトスポットによる周期幅の測定(写真3)では、Cu-15Ni-8Sn高濃度材は鮮明であり、変調周期:5nmを



第5図 スピノーダル分解の形態モデル
Fig. 5 Solute fluctuation model of spinodal decomposition

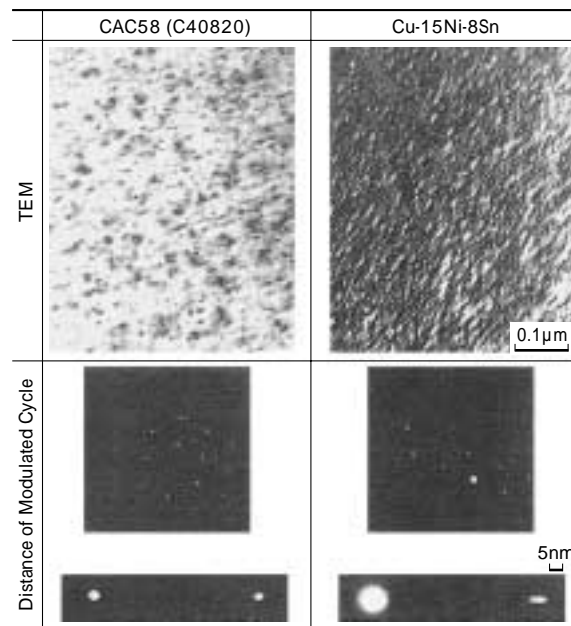


写真3 CAC58およびCu-15%Ni-8%SnのTEM像
Photo 3 TEM of CAC58 and Cu-15%Ni-8%Sn alloy

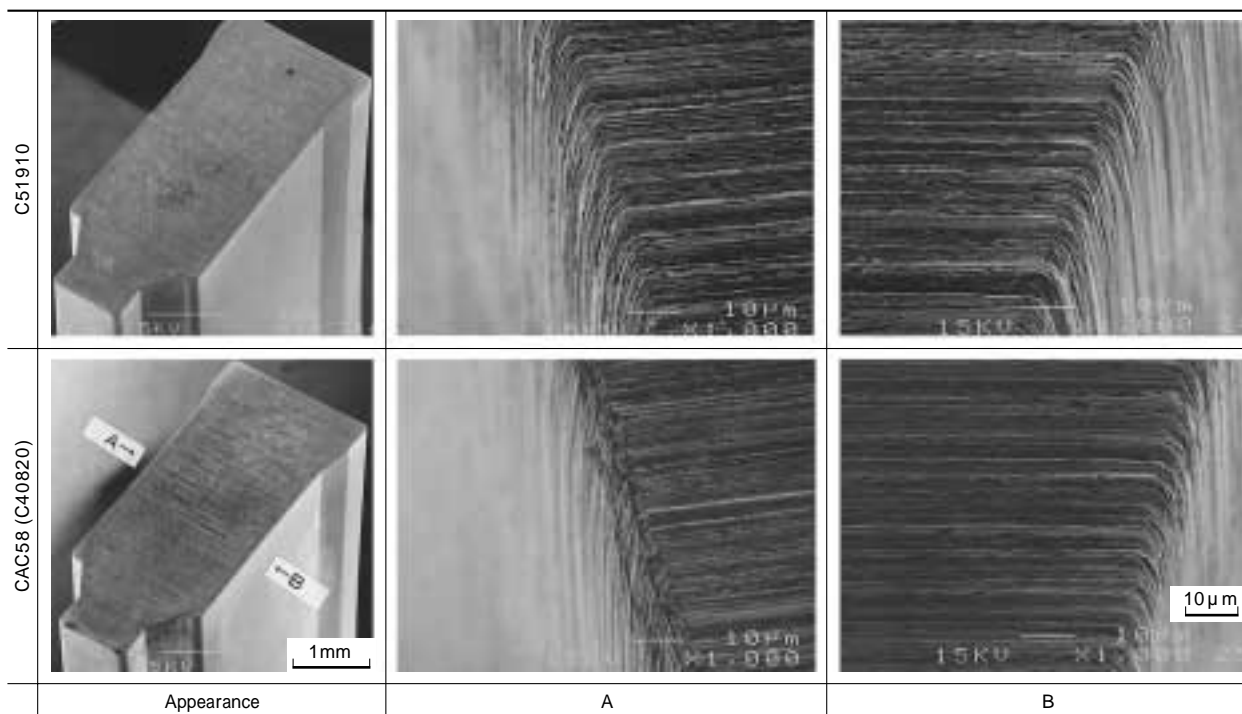


写真4 100万ショット後のパンチSEM画像
Photo 4 SEM images of punch after 1million shots

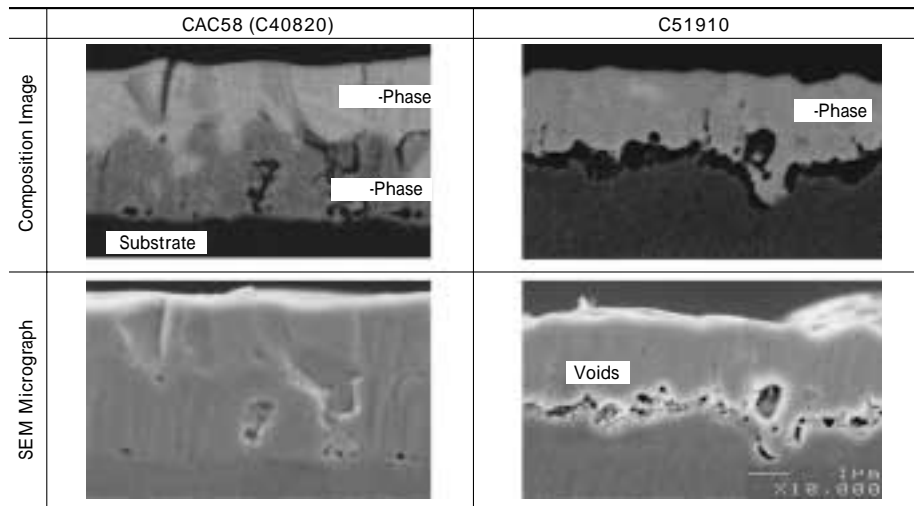
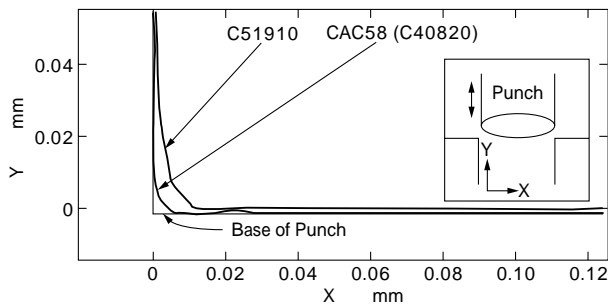


写真5 150・500時間経過後のSnめっき材の断面状況

Photo 5 Cross sections of tin-plated layer after heated at 150 for 500h



第6図 100万ショット後のパンチの摩耗度合い

Fig. 6 Wear loss level of punch after 1 million shots

算出できるのに対し、CAC58では若干ゆらいでいるように観察できるが明確な測定値はえられていない。

2.2.2 実プレス金型摩耗性

端子加工性の比較として、CAC58とC51910(りん青銅)をもちいて実プレス金型の摩耗性を比較した。写真4に100万パンチ試験後の金型のSEM像を示す。A部およびB部の拡大写真よりC51910を打抜いた場合よりもCAC58のほうが摩耗が軽減されているのがわかる。さらに第6図にパンチ側面の摩耗度合い測定結果を示す。CAC58の摩耗度合いはC51910よりも少なく、耐金型摩耗性に優れる。理由としてCAC58はZnを添加しているためその酸化物が材料表面にて潤滑作用を有し、金型寿命の延長に寄与したと考える⁷⁾。

2.2.3 Snめっきの耐熱剥離性

写真5に、耐熱剥離性試験後の断面の組成像およびSEM像を示す。この結果より、いずれの供試材も160で500h保持にて脆化層である相(Cu₃Sn)は成長しているが、その厚さはC51910のほうが大きく、すべて相になっている。さらに母相との界面にポイドが発生している。CAC58ではZnの添加効果により界面にZnが優先拡散するため、母相とめっきの相互拡散を抑制していると考え⁸⁾。

むすび=自動車用端子・コネクタを対象とした応力緩和特性に優れる合金開発を目的として、Cu-Sn-Ni-Zn合金系に着目し、各成分の含有割合が特性に及ぼす影響を調査した結果、要求される特性を満足する擬スピノーダル分解型合金Cu-1.5Sn-0.4Ni-0.02P-1.5Zn(CAC58)を開発した。本合金は以下のような特性を有する。

- 1) 端子として必要な強度、導電率を維持し、同時に優れた曲げ加工性と応力緩和特性を兼備する。また、この優れた特性にはCu-Ni-Sn合金系の擬スピノーダル分解型強化(擬変調構造)が寄与している可能性が示唆された。
- 2) Znの適量添加により、耐金型摩耗性、Snめっきの耐熱剥離性などの信頼性向上が可能である。
- 3) 本合金は焼鈍工程として連続炉(AP)のみを利用した製造が可能である。

NiおよびSnを同時添加した合金組成に連続短時間焼鈍を組合せた技術は、今後、特性のみならず生産性にも寄与する技術として幅広い展開が予想され、自動車用端子のほか、民生・産機用端子・コネクタ(りん青銅代替)、さらにはリードフレーム用(ミニトランジスタなど)への展開が期待される。

参考文献

- 1) H. J. Gudladt et al.: Z. Metallkunde, Vol.88 (1997) p.8.
- 2) 里 達雄ほか: 伸銅技術研究会誌, Vol.36 (1997) p.65.
- 3) 射場英紀ほか: 日本金属学会誌, Vol.51 (1987) p.1125.
- 4) 三木雅道ほか: 日本金属学会誌, Vol.52 (1988) p.1228.
- 5) 三島良積著: 最新金属材料学, 日刊工業新聞社(1970) p.182.
- 6) 神尾彰彦ほか: 伸銅技術研究会誌, Vol.29 (1990) p.169.
- 7) 荒井浩史ほか: 日本金属学会講演概要集, Vol.111 (1992) p.716.
- 8) 宮藤元久ほか: 伸銅技術研究会誌, Vol.28 (1989) p.101.