

焼結電気接点材料

住友電気工業KK粉末合金部* 玉置元久

1. まえがき

電気接点材料は、接点の性能にたいして第1義的な重要性をもつことは多言を要しない。最近、電気機器の性能、寿命の向上が強く要求され、また使用の条件も次第に広範かつ苛酷になりつつあるが、それに伴ない接点あるいは接点材料の研究がますます要望されている。

現在、工業的に実用されている接点材料としては、

- (1) 銀および銀合金
- (2) 銅および銅合金
- (3) 金、白金族金属およびその合金
- (4) タングステン、モリブデンおよびこれらの合金
- (5) 焼結合金

に大別され、それぞれ特性（第1表参照）に応じて使用される。

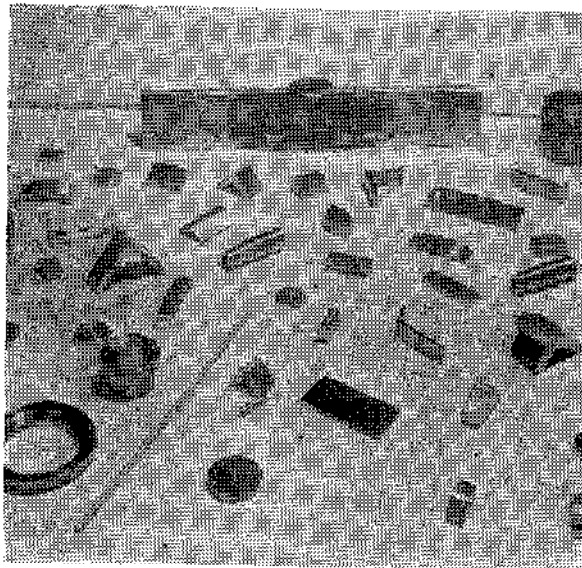


写真 エルコン接点の各種

焼結合金は、新しい冶金技術である粉末冶金によつてこの十数年の間に開発進歩した新しい材料で、接点性能の改善に極めて大きな役割を果たしつつある。以下、この焼結接点材料について概説する。

2. 焼結接点合金の概要

2.1 焼結接点合金の進歩粉末冶金は、1910年タングス

* 伊丹市昆陽字宮東1

第1表 接点・材料種類別総合特性

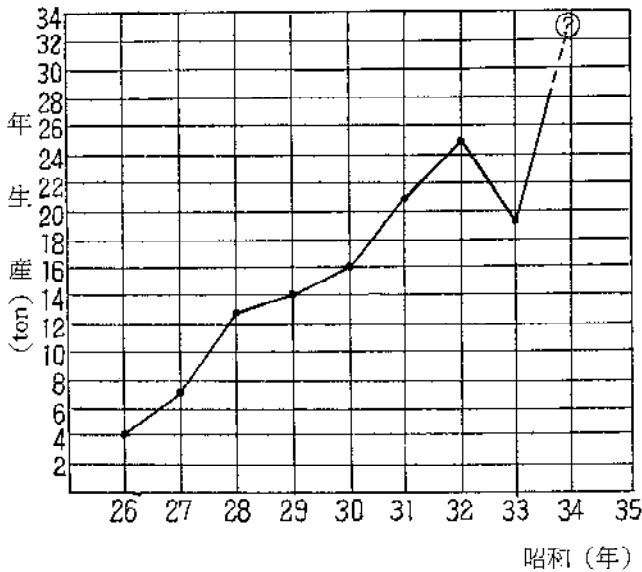
特性	種類				焼結合金	
	銅合金	銀合金	白金族金属	タングステン・モリブデン	W系	Ag系
電伝 熱導度	◎○	◎	△	△	○	◎○
耐アーク 耐酸性	×	×△	○	◎	◎	○
	×	×	○	◎	◎	○
耐酸化性	×	◎○	◎	△	△	◎
酸化特性 電着性 粘着性 異質性	×	○	—	△	△	○
	×	—	—	—	—	—
	×	—	—	○	○	—
圧縮変形性	◎	◎	○	△	△	◎
強度強さ	△	△	○	◎	◎	○
接触抵抗 耐溶着性	○ △	◎ ×	○	△ ◎	△ ◎	○
	◎	◎	○	△	○	◎
加工自由度	◎	◎	○	△	○	◎
価 格	◎	○	×	△	△	△

◎とくに優良 とくに有利 ○良好 有利 △やや劣る やや不利 ×劣る 不利

テン線の製造にその工業的な誕生を見て以来、新しい冶金技術として、この30数年の間に著しい進歩を見せ、数々の材質を生んでいる。接点合金としては1935年頃に、最初の Cu-W 合金が作られ、その後、各種の合金が開発され、次第に従来の銀、銅系の材料は焼結合金に置き換えられつつある。わが国での普及は、比較的あたらしいが、第1図の生産高推移に見るように、ここ数年の間に急速な進歩を見せ、なお今後も大きな発展が期待されている。

2.2 焼結合金の製法

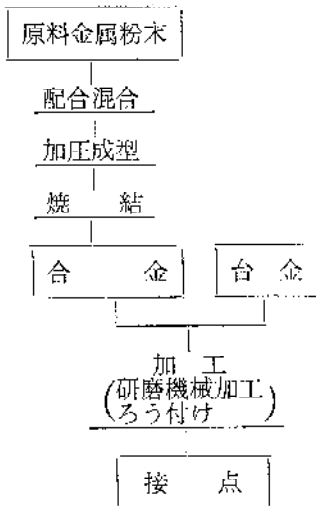
焼結法と溶浸法とがある。焼結法はもつとも普通に行



第1図 日本における電気接点用焼結合金の生産高推移

われている製法で、第2図にその基本的工程図を示す。なお、材質(組成)によって、焼結後ロール、スエージング、コイニングなどの工程を行なうものもある。

溶浸法(または滲透法)は融点の高い金属を加圧成型予備焼結して多孔質焼結体を作り、その中に融点の低い方の金属を熔融して浸入させて作る。W-Ag, W-Cu合金などに応用できる。



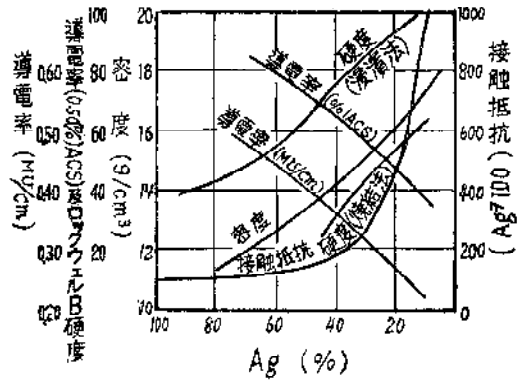
第2図 焼結接点合金の製造工程

2.3 焼結合金の特長

(1) 通常の冶金法で作ることができない組成の合金が製造できる。たとえば Ag, CuとW, Ni, CdO など融点に非常な差があるもの、比重の違うものの合金、酸化物や炭化物の合金などである。

(2) これらの合金は各組成の性質を成分に応じて兼備した性質を持つ。時には母金属と違った性質をもつものがある。したがって、接点材料として要求される性質に

対して、従来の材質に比べて著しく改善される性質の合金が作られる。



第3図 Ag-W の性質

3. 焼結接点合金の種類と性質

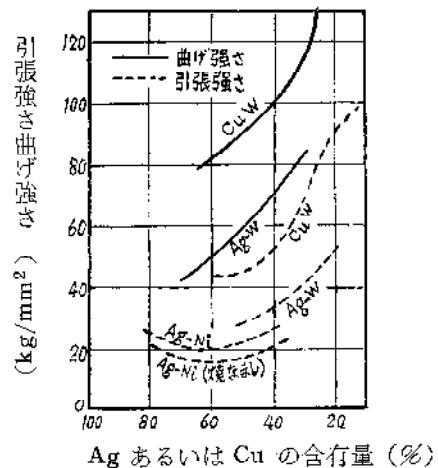
3.1 銅タングステン (Cu-W), 銀タングステン (Ag-W) 合金

熱、電気伝導性がよく接触抵抗が小さい銅や銀の性質と、融点が高く耐溶着性の大きいタングステンの性質とを組み合わせた合金で、成分組成の広い範囲にわたってそれぞれの特性をもち、古くから最も広く使用されている。

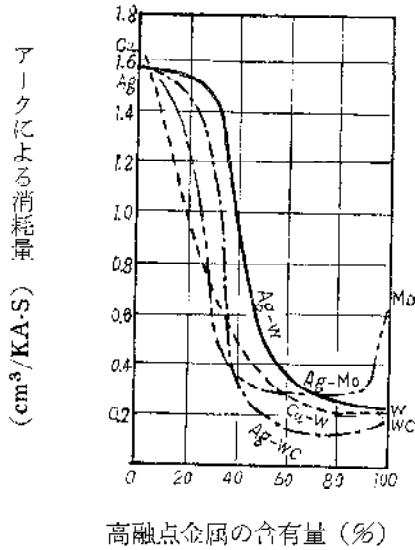
a) 銅タングステン合金は耐アーク性、耐摩耗性を重視するときはWの多いものを、電導性、接触抵抗が重要なときはWの少ないものを用いる。一般に気中で使用すると溶着性は少ないが、Cuの酸化膜とWの高硬度のため接触抵抗が増す。油中の遮断器、開閉器に適しているW70%程度の合金が多く用いられる。

b) 銀タングステン合金は、Cu-W合金に比べて電導度がよく、接触抵抗も低く、気中の接点に広範囲に用いられる。

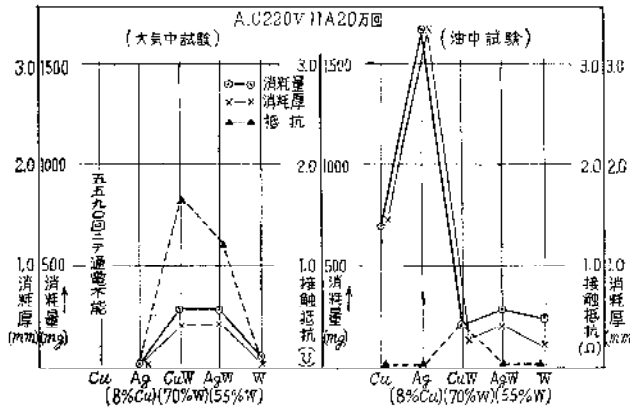
c) (第3図~第6図はAg-W, Cu-W合金の性質についての例である。



第4図 焼結合金の曲げ強さと引張強さ



高融点金属の含有量 (%)
(12kA, 60c/sの1/2サイクルのアーキ)(WR. Wilson)
第5図 高融点合金のアーキによる消費量



第6図 Cu-W, Ag-W の性能 (小川・住友電気)
No.34

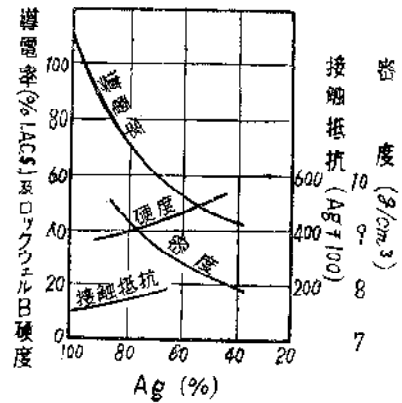
d) 機械加工性, ろう付け性はよい,

3.2 銀ニッケル (Ag-Ni) 合金

Ag と Ni とは通常の冶金法では合金させることができない。Ag に Ni を加えると機械的性質がよくなり、耐溶着性を向上し、Ag の移転性を改善する。塑性加工が可能であり、冷間加工によつて V.H.N. 120kg/mm², 抗張力 45kg/mm² に上げることができる。第7図は Ag-Ni の性質を示す。Ni 5~40% の合金が普通に用いられる。用途としては、気中遮断器の主接点, 中重負荷の起動開閉器, 電磁開閉器に使用される。

3.3 銀グラファイト Ag-C 銀に炭素を入れることにより耐溶着性を増し、自己潤滑性を生ずる。Ag-C は接触抵抗が少なく、耐溶着性に優れ、一面、機械的強度がやや劣り消耗が多い性質がある。

炭素 3~5% のものは耐溶着性, アーク性を重点とした中負荷の継電器, 遮断器に用いる。Ag-Ni 合金と組合せて中負荷の直流継電器接点に使用される。

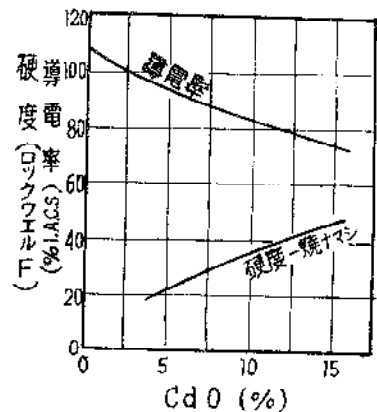


第7図 Ag-Niの性質 (Goetzl)

炭素 5~10% では潤滑性と耐溶着性を必要とするところに、15%以上のものは主としてブラシに使用される。なお、ろう付け性が悪いから、ろう付け面に銀層をつける方法がとられる。

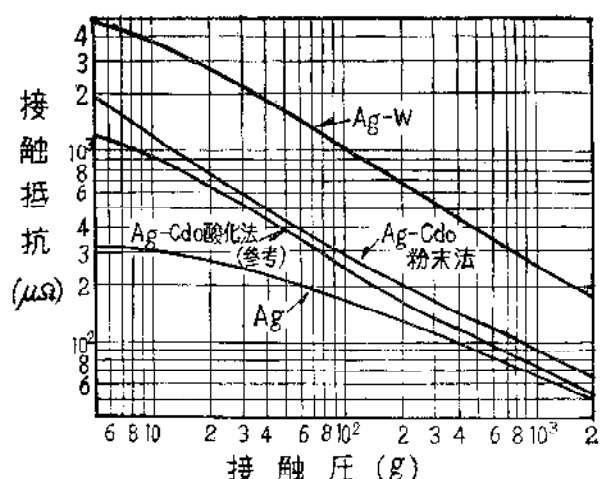
3.4 銀・酸化カドミウム (Ag-CdO) 合金

CdO は 900°C 付近より昇華性をもっており、かつ消弧性もつ、Ag に CdO を加えると、耐溶着性, 耐蝕性, 硬度などを増し、銀の接点性能を著しく向上する。CdO の添加は僅かであるので、電気抵抗は低く、導電性もよく且つ溶着しにくく、酸化に対して安定しており、接点材料として非常に優れた利点をもっている。第二次大戦中、米軍で航空機用の開閉器, 継電器に使用され名を博した。一般の遮断器, 開閉器の広い範囲の電流負荷の機器にごく最近、急速に使用されてきた。塑性加工が可能でリベット型接点の用途が多い。ろう付け性が悪く、ろう付け面に銀層をつける必要がある。CdO 10~13% のものの実用が最も多い。第8図, 第9図は Ag-CdO 合金の性質の例である。



第8図 Ag-CdO の性質

3.5 銀・タングステン・カーバイド (Ag-WC) 合金
WC は W よりも悪く、かつ化学的に安定した性質をも



三菱電機 Vol.33. No.10 山森氏
 第9図 清浄な接点の接触圧と接触抵抗の関係
 (接触面は50Rの球面)

っている。Ag-WC合金は優れた耐アーク性、耐溶着性を持ち、かつ接触抵抗が低く、しかも一定に保たれる特性をもつ。

3.6 その他

超合金は90%以上のWを含み、比重17以上の合金でWの代わりに大型遮断器などのアーキングチップに用いられる。

その他 Cu-WC, Ag-Moなども欧米では用途により用いられている。

4. 実用焼結接点材料

約25年前、オーストリー・チロルロイテ、米国 G. E. 社で開発された焼結接点材料はその後急速に進歩し、とくに二次大戦後の発達は目ざましいものがある。現在、欧米をはじめわが国でも多くの焼結接点合金メーカーがあり、さらに今後の発展が期待されている状況である。

第2表に代表的なメーカー、第3表にエルコン(住友電気製)の特性表を紹介し参考にする。

第2表 焼結接点合金メーカーの例

国名	メーカー	商品名
米国	P. R. Mallory Co Inc	Elkonite Elkaloy Elkonium mallory
	Gibson Electric Co	Gibsiloy
	Fansteel metallurgical Corp	Fasaloy Fastell
オーストリア	Metallwerk Plansee G. m. b. H.	Elmet

日本	住友電気工業	エルコン
	日本タングステン	ヘビイメタル
	日本科学冶金	エメ
	日本冶金	エレタクト
	中外接点	YYメタル
		TOコンタクトメタル
その他、三菱金属鋳業、ソニー、昭和冶金、東邦金属、東芝など		

5. 焼結接点合金の加工について

1) 機械加工

旋削、フライス加工、研削など普通の鋼材に対するのと同程度に行える。切削刃物には、刃先を摩耗する性質が強いので、超合金工具を用いる。超合金の材質はWC-Co系合金で硬度の高いもの(たとえばイゲタロイH種)が適当である。

2) 塑性加工

Ag-Ni, Ag-C, Ag-CdO, Ag-WC合金は組成によって難易の差はあるが、塑性加工性がある。ロール、スエージング、かしめなどの加工法が利用できる。

3) ろう付け

Cu-W, Ag-W, Ag-Ni, Ag-WCは接点合金(銅)にろう付けできる。

Ag-C, Ag-CdOは、ろう付け性が悪い。小物接点でろう付け強度が殆んど問題にならない場合を除いて、一般の用途には、ろう付け面に銀層をつけて、ろう付けの确实を図る方法がとられる。

ろう材は、Ag70%, Cu20%, Zn20% (ASTM)、流動点750°C、またはSAアロイNo.2(住友電気製、流動点約690°C)の銀ろうが適当である。作業温度は流動点より30~50°C高くする。

なお、フラックスはSFフラックス住友電気製、低温ろう用溶剤が適する。

ろう付け作業の要点を参考までに述べると、

- ろう付け面を清浄にすること
- 接点チップと台座面との密着をよくすること
- 酸化を防ぐこと
- ろうが熔融流動の状態の時に、チップを左右に少し動かし、内部の気泡やスケールをよく排出すること。
- チップを押え棒で台座にしっかりと押し、ろう層を薄く均一にすること。
- 合金、チップ両方を均一な温度に加熱すること

第3表 焼結接点合金，エルコン特性表

品 種	密度	硬 さ	電導度% IACS	接 触 抵 抗 傾 向	耐ア- ク 性	耐溶着性	用 途
C 種 (Cu-W)	NC-1	14.3	RB 90	30	高	良	油中遮断器 開閉器
	C-1	14.3	↑ 88	↓ 33	↑ △	↑ きわめて	アーキングチップ
	C-2	13.5	80	35	低	↑ 良好	強度はA種に勝る
A 種 (Ag-W)	A-1	15.0	↑ 90	↓ 45	高C種 より良好	↑ きわめて	気中遮断開閉器 重負荷開閉器
	A-2	14.0	80	50	低△	↑ 良好	アーキングチップ 放電加工用電極
AN 種 (Ag-Ni)	AN-1	10.0	RF 30(軟)	90	低◎	↓ やや良好	気中遮断器主接点
	AN-2	9.7	↑ 80(硬)	↑ 80	↓ 高○	↓ 良好	起動開閉器
	AN-3	9.3	80	60	高○	↓ 好	中重負荷継電器
AG 種 (Ag-Gr)	AG-1	9.0	RH 65	80	↓ ◎	↓ やや良好	気中開閉器 摺動接触子
	AG-2	8.3	↑ 50	↓ 60	↓ 高○	↓ 好	自己潤滑性あり
ADO 種 (Ag-CdO)	ADO-1	10.0	RE 20(軟)	85	↓ ◎	↓ 良	重負荷気中開閉器 起動開閉器
	ADO-2	9.8	↑ 70(硬)	↓ 75	↓ 高○	↓ 好	継電器 通電容量極めて大
KA 種 (Ag-WC)	KA-1	12.5	RB 95	35	高A種 より良好	↑ きわめて	重負荷遮断開閉器 アーキングチップ
	KA-2	11.5	↑ 50	↓ 50	↑ 良好	↑ 良好	燐接機電極

注1) ◎とくに優良，とくに有利 ○良好有利 △やや劣る，やや不利 ×劣る，不利

2) Ag-CdOにDX種(DX-1, DX-2, DX-3)あり

6. 接点の設計

機器および接点の設計の適否が接点性能に影響することは言をまたない。接点材料の特性を十分に活かした設計が最も大切である。一般に焼結合金は、銀や銅に比べて電気的、物理的性質が随分違うので、それに適した適切な考慮を要する。

以下に、Ag-W、Cu-W合金を基準にした設計上の一般的な目安を述べる。その他の品種については、それぞれの性質に応じて調整する。

1) 形 状

硬質で移転量の少ないAg-W、Cu-Wほか一般的に焼結合金には、平面对平面对接方式で圧力の高い接触方式が最も普通に用いられる。軽負荷の継電器ではAg-CdO合金の球面对平面对接方式がとられることが普通である。

焼結合金は、機能的にも経済的にも接点の接触要部にだけ使用する。薄い合金チップを銅製の接点合金に接着して用いる。Ag-CdOのリベット型接点ではAg接点のリベットと同様である。

2) 寸 法

接触面接は銀や銅の場合より大きくとる。Cu-W、Ag-Wの標準値として、

交流の場合；標準0.2A/mm²，最大0.4A/mm²

直流の場合；標準0.1A/mm²，最大0.2A/mm²

を見当とする。Ag-Ni、Ag-CdOは上値の2倍程度の電流値(単位面積当り)をとる。

チップの厚さは3mm前後とする。

3) 接触圧力

銀や銅より大きくとる。Cu-W、Ag-Wの場合、面積に対して10gr/mm²，電流に対して50gr/Amp程度としAg-Ni、Ag-CdOなどは、これより低くとる。

4) その他の参考点

- 合金を大きくして、放熱をよくすること。
- 充分の接点間隙をとること。
- 閉閉時の接点の振動、チャタリングを防止すること。
- 接触状態の確実なること。
- 電弧接触子および消弧機能を考慮すること。

7. む す び

以上、焼結合金について接点性能の関点よりその性質と選択などについて概述した。なお、焼結合金は、放電加工、熔接、放電ギャップなど接触子以外の分野についても、次第にその用途を開発拡大しつつある。

接点材料が接点性能に果たす役割は極めて大きく、最近の接点材料の進歩も著しく、接点問題の改善に寄与している。しかし、接点の性能は、材料的、電気的、機械的な種々の因子の総合的なものである。接点問題の探究にたいしては、設計者と製造者と使用者と、また電気、冶金、機械の各部門関係者の協力が強く望まれる次第である。

(本文は、電気三学会関西支部主催の「電気材料と応

(以下46頁へ続く)

(31頁より続く)

用」講習会(昭和35年3月)に発表の一部である。)

参 考 文 献

- 1) 電気接点材料 藤本正男 オーム社
- 2) 遮断器・開閉器電気学会大学講座
- 3 住友電気集報 No. 32, No.34, No. 38, No. 40,
No.46, No.48, No.54
- 4) 工 業 材 料 Vol.6, No.6
- 5) 三 菱 電 機 Vol.33, No.10
- 6) 粉末冶金と 梶山正孝共著 オーム社
その応用 鈴木 寿
- 7) Mallory Contacts and Assemblies, 1954