

銅鉄合金の特性と応用について

Characteristics and Applications of Fe-Cu Alloy

大沢 真人* 桑島 敏夫* 斎藤 弘**
 Makoto Ōsawa Toshio Kuwajima Hiroshi Saitō

内 容 梗 概

銅鉄合金の溶解鑄造法を研究し、本合金系の広い組成範囲にわたる合金を溶製し、その性質をしらべた。本合金系の特長を発揮した用途に油中通電しゅう動子、電車用集電板、炭鉱坑内鉄柱用摩擦板があり、これらに使用した場合の特性と開発状況の概要を述べた。

1. 緒 言

現在金属材料の中では Fe および Cu は最も広く使用されているが、これら両金属間の合金はほとんど実用化されていない。すなわち Cu 合金の組織の微細化を目的とした Fe の少量添加を除くと、Fe 合金では Cu の添加による材質の改善についてかなり多くの研究が報告されているが、ほとんど実用化されていない。また両金属間の広範囲の組成合金については研究さえもあまり行なわれていない。

鋼に対する Cu の添加は、軟鋼の場合には機械的強度の増加⁽¹⁾⁽²⁾、特に降伏点の上昇⁽³⁾、および空気中におけるさび止め性の向上が報告されている^{(4)~(7)}。また熱処理効果が存在し^{(3)(8)~(10)}、鑄鋼に対しても硬化作用が存在することも知られている⁽¹¹⁾⁽¹²⁾、鑄鉄に対しては Cu の添加は α 相の硬化に最も有効なことが報告されている⁽¹³⁾。

前述の諸報告では Cu の添加は最大 5% 程度に限られており、これ以上の組成合金については、Cu 50% 材⁽¹⁴⁾および 50~75% 材⁽¹⁵⁾についてのみ報告されているに過ぎない。ただ興味のあることは、この系統に属する合金に高強度でかなり導電率の高い材料があることである⁽¹⁶⁾。

本系の合金がほとんど研究されていないのは、間接的には鋼中に少量存在している Cu が熱間脆性の原因となり、このため熱間加工が不能となることが広く知られているためと⁽¹⁷⁾、直接的には製造がむずかしいことが原因となっている。

Cu-Fe 二元合金は後述するように樹枝状となった硬質の Fe 相のすき間を軟質の Cu 相が埋めた特長ある組織を持っている。この点を利用して、その特長が発揮できるような応用および特性の改善を行なったので、以下にその概要を述べる。

2. 製造法と性質

本系の合金の溶解および鑄造は多くの問題点を含んでいる。本合金の溶解に当たって注意すべき点は Cu および Fe が二つの液相となり、Cu 相の上部に Fe 相が分離浮上することである。これにより均質な材料の溶製は不能となる。また鑄造時には湯流れの悪い点、体積収縮の大きなこと、気孔および収縮孔の発生などが問題となる。第 1 図に示す状態図からわかるように、液相線は組成によって多少異なるがほぼ 1,400°C であり、この温度で Fe 相の凝固が始まる。

したがって注湯温度は 1,600~1,700°C とする必要がある。この温度は Cu 相について考えると異常な高温であるために、鑄造品内部の欠陥発生の原因となる。普通合金に使用する程度の押湯は本合金に対してはほとんど効果が現われない。

今回これらの難点を克服して Cu-Fe 系全率にわたって合金を溶製することができた。本二元系合金のおもな機械的性質を第 1 表に、また物理的性質を第 2 表に示す。

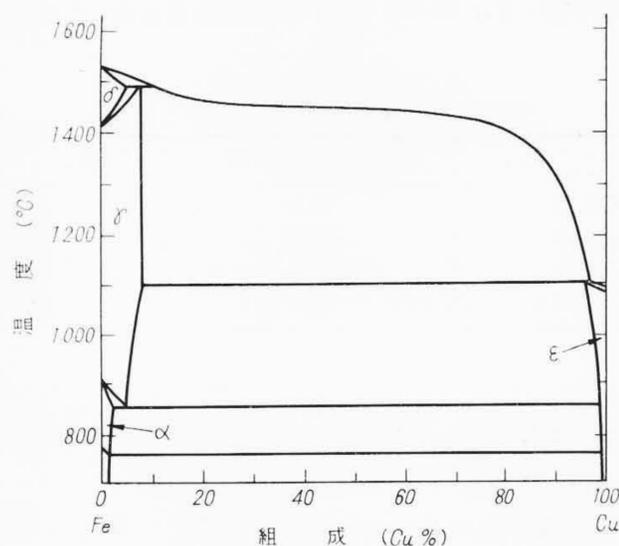
またこれら合金の顕微鏡組織を第 2~5 図に示す。本合金の組織は樹枝状晶となった Fe 相およびそのすき間を埋めた融点の低い Cu 相から構成されている。Cu 相と Fe 相の量的な関係は状態図が示すとおり Cu 量とともに Cu 相が増加することを示している。Cu お

第 1 表(a) 銅鉄合金の組成と硬度

名 称	組 成			硬 度 (HRB)			
	Cu(%)	Fe(%)	その他(%)	鑄 造	焼 鈍	冷間圧延	焼 入
HFC-2	20	80	—	83.6	71.5	91.1	110
HFC-4	40	60	—	72.2	57.3	86.0	92.5
HFC-6	60	40	—	58.0	41.0	79.2	83.2
HFC-8	80	20	—	42.8	30.2	70.4	65.4

第 1 表(b) 銅鉄合金の抗張力、伸び、衝撃値

名 称	抗張力 (kg/mm ²)		伸 び (%)		衝撃値 (kg·m/cm ²)	
	鑄 造	焼 鈍	鑄 造	焼 鈍	鑄 造	焼 鈍
HFC-2	53.1	41.4	10	20.8	1.4	3.1
HFC-4	45.1	—	22	—	3.0	8.0
HFC-6	38.8	32.9	23.6	23.6	3.7	8.1
HFC-8	36.6 (鍛造)		41.1 (鍛造)		13.5 (鍛造)	



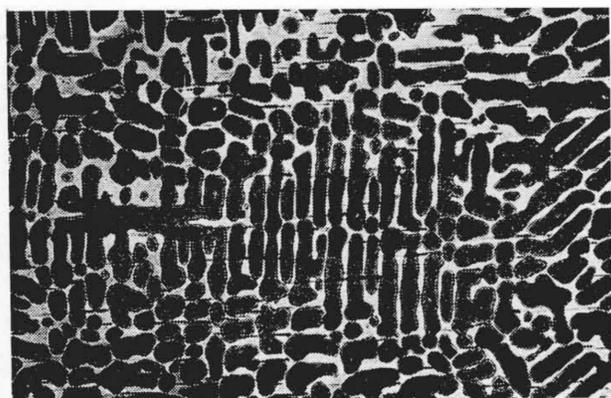
第 1 図 Cu-Fe 2 元系状態図



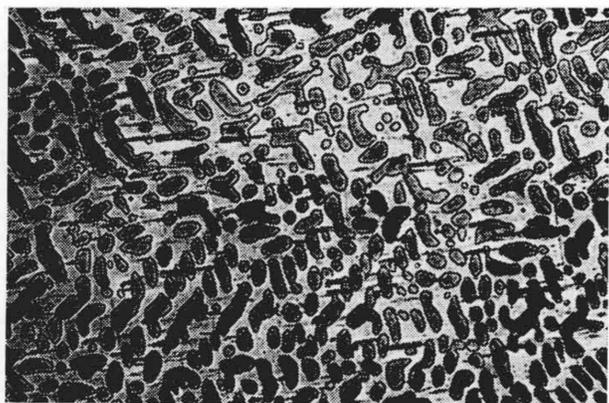
黒い部分 Fe 相 白い部分 Cu 相 (×60)
 第 2 図 Cu 20-Fe 80% 材の顕微鏡組織

* 日立化成工業株式会社 鮎川工場

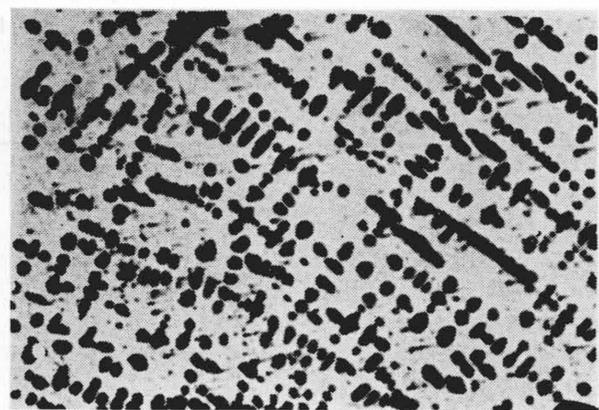
** 日立化成工業株式会社 鮎川工場 工博



第 3 図 Cu 40-Fe 60% 材の顕微鏡組織 (×60)



第 4 図 Cu 60-Fe 40% 材の顕微鏡組織 (×60)



第 5 図 Cu 80-Fe 20% 材の顕微鏡組織 (×60)

第 2 表 銅鉄合金の導電率と比重

名 称	導電率 (IACS %)	比 重
HFC-2	13.1	7.98
HFC-4	19.4	8.24
HFC-6	25.8	8.36
HFC-8	32.3	8.64

よび Fe 両相はもちろん純金属相ではなく、それぞれ若干の Fe および Cu を固溶したものである。

Fe 相は Cu 相に比べてかたさは大である。一例として第 3 表に Cu 40-Fe 60% 材における両相のかたさを示す。この表からわかるように本合金は熱処理によって性質は変化する。しかしその量はあまり大ではない。この現象は Fe 相の共析変態および Cu 相に対する Fe の溶解度の温度依存性に起因しており、本質的には両者の重複した現象である。第 3 表より Cu 40-Fe 60% 材では巨視的なかたさは主として Fe 相によって支配されることを示している。また Fe 相のかたさの変化に対して Cu 相の変化は小である。

Cu-Fe 合金の機械的性質は第 3 元素の添加によってかなりの向上を示す。添加金属として最良の効果を示すものは Al である。Al の添加は引張強さおよびかたさを増加するが、伸びの減少は小さい。ただし添加量が限界を越えると組織の粗大化がはなはだしく脆化(ぜいか)する。

Sn, Si などの添加はかたさを著しく増加するが、その反面脆化が

第 3 表 Cu 40-Fe 60% 材のかたさ、微小かたさ導電率におよぼす熱処理の影響

処 理	鑄 造	焼 鈍 (800°C 2h)	水焼入 (950°C より)	水焼入, 焼戻し(各 1h)					
				400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	
微小かたさ	Fe 相	269	222	324	398	488	381	279	203
	Cu 相	138	158	127	121	133	131	132	138
かたさ (HrB)		77.5	55.0	90.0	91.5	95.0	94.0	88.5	86.0
導電率 (IACS %)		23.2	26.1	6.8	15.4	19.9	21.6	—	20.5

第 4 表 Al 添加による機械的性質の変化

名 称	組 成 (%)			か た さ (HrB)	抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び (%)
	Cu	Fe	Al			
HFC-8	80	20	0	42.8	36.6*	41.1*
HFC-8A2	78	20	2	66.9	33.4	20.4
HFC-8A5	75	20	5	72.3	44.5	12.8

注: * 鍛造品, 他は鑄造品

はなはだしい。一例とし第 4 表に Cu 80-Fe 20% を基合金として Al を添加した場合の機械的性質の変化を示す。顕微鏡組織は Cu 対 Fe の比率によってのみ定まり、Al の添加による組織の変化は認められない。

3. 応 用

本合金は Cu 相および Fe 相が混在した特長のある組織を持っている。この点に対して二通りの用途が考えられる。まず硬軟 2 相の混在物と考えることにより、耐摩性に富んだしゅう動材となる可能性がある点である。耐摩耗材としての用途を考える場合にはもちろん相手材料との関連を考慮する必要がある。次に比較的融点の高い Fe 相と電気および熱伝導率の大きな Cu 相の混在物を考えることにより、中電流用の接点材としての用途である。同様な考え方の下で現用されている接点材料に Ag-Ni 合金がある。この合金の場合には Ni が耐アーク材としての役目を持ち、Ag が電気および熱伝導の役目を受け持つものである。本合金は Ni を Fe, Ag を Cu に置き換えることにより容易に理解することができる。

前述の 2 点を考慮すると通電しゅう動材としての応用が最も本材料の特長を發揮した分野と考えられる。

3.1 通電しゅう動材

通電しゅう動時の摩耗の原因は 2 種に大別できる。第一はしゅう動による純機械的な摩耗である。第二は電気的な摩耗である。この場合潤滑剤の添加は両者に大きな影響を与える。機械的なしゅう動摩耗に対しては潤滑剤の添加は摩耗量を減少させ、一方電気的摩耗に対しては逆な結果を生ずる。潤滑剤は一般に電気的絶縁体であるため、絶縁層を形成する。したがってアークを発生し電気的な消耗の原因となる。通電しゅう動時の摩耗は前述した両者の和となり、適量の潤滑剤が存在する場合に摩耗量は最小となる。すなわち潤滑不足の場合には電気的摩耗は減少するが、その反面機械的摩耗の増加がはなはだしく摩耗量は増加する。また潤滑過多の場合には機械的摩耗の減少量よりも電気的摩耗の増加量が大となり、摩耗は増大する。最適の潤滑量は一般にきわめて微量であるため、この量に潤滑量を制御することは困難である。

3.1.1 油中通電しゅう動材

しゅう潤条件を単純化した一例として、車両用低圧タップ切換器について行なった試験結果を略述する*。

本試験では硬銅製セグメントをペークライト板に埋め込み、この上を諸種の材質の刷子をしゅう動させた。通電条件は AC 240V、

* 詳細は竹内, 小林, 益富: 日立評論 44, 1695(昭 37-11) を参照されたい。

第5表 油中通電しゅう動試験結果

刷子材料	組成	銅セグメント 摩耗状況	刷子摩耗量 (mm)	
			パネ圧 5 kg	2 kg
HFC-2 鑄造	Cu 20, Fe 80	A A A	0.00625	—
HFC-4 鑄造	Cu 40, Fe 60	A A A	0.0045	0.003
HFC-6 鑄造	Cu 60, Fe 40	B B B	0.002~0.005	0.002
HFC-8S 鑄造	Cu 78.5, Fe 20, Sn 1.5	C A B	0.004~0.008	0.01
Ag-W	Ag 30, W 70	C B B	0.003~0.012	0.004
Cu-W	Cu 30, W 70	B B B	0.009~0.25	0.005
Ag-黒鉛 (AG-2)	Ag 88, C 12	C C B	0.06	0.04
含油メタル(K-1)	Cu 83, Fe 14.5, Sn 10.5, C 2	C C C	0.00675	—
含油メタル(K-2)	Cu 73, Fe 12.5, Sn 9, C 2.5	C C C	0.0065	—
アルミ青銅(鑄造)	Al 9.5	C C C	0.00515	—
アルミ青銅(鍛造)	Al 9.5	C C C	0.159	—
マンガン青銅	Mn 2, Zn 3.8	B B C	0.235	—
マンガン青銅	Mn 9.6	B B C	0.0925	—

注：銅セグメント摩耗状況 A ほとんど摩耗せず B 摩耗程度中
C 摩耗はなほだしい

100 A であり、回路の開閉は回路中の耐アーク接触子により行なっている。セグメントおよび刷子は油槽中に入れてある。

本装置に要求される刷子材の性質は、相手セグメントを傷つけないこと、および摩耗粉末の存在による油の絶縁低下を少なくすることである。本試験結果を第5表に示す。セグメント側の摩耗状況の判定は数人の肉眼による判定によったものである。この結果セグメントの損傷および刷子の摩耗の両者を考慮すると HFC-4 材が最良であった。現在従来の Ag-W 材の代わりに本材を車両用タップ切換器に使用して好成績を得ている。

3.1.2 気中しゅう動集電材

気中しゅう動集電材として使用するには油中しゅう電材の場合と異なり、条件が複雑となる。特に高速でしゅう動する場合には問題が多く、電車用しゅう電材(スライダ)を例にとって説明する。

前述のように摩耗量は潤滑剤によってはなほだしく左右され、また接触圧力によっても大きな影響を受ける。接触圧力を大とすることにより離線は減少し、電気的消耗は減少するが、反面機械的な摩耗は激増する。したがって摩耗を最小とする接触圧力が存在する。接触圧力の調整は比較的容易であるが、潤滑剤を最適塗布することはきわめて困難である。普通潤滑剤としては黒鉛グリースが用いられている。この塗布は一般には車庫でパンタグラフ上のスライダ間げきに塗布するのみであって、このため車庫より短距離の区間では、潤滑剤の量は過剰となり、遠距離区間では過少となる。またこのほかに通電量および架線の状況などによってもはなほだしく消耗量が増加する。特に他の制約のために潤滑剤の使用不能の線区、あるいは蒸気車と共用の線区などは機械的摩耗および架線の汚染に起因するアークの発生のため、電気的摩耗もはなほだしく増大する。

銅鉄合金をスライダとして使用するには、スライダ自身の摩耗量が少ないという特長を持っている。近畿日本鉄道株式会社にて行なった実車試験の結果は第6表に示すとおりである*。

本試験は銅鉄合金の組成と摩耗量の関係の概要を知るために行なった予備試験がその前半を占めている。この結果判明したことは Cu 量の増加とともにスライダの摩耗量は増加し、その反面定性的な結果ではあるが、架線の摩耗量は Cu 量とともに減少する傾向が認められた。スライダ摩耗量が最大な Cu 80-Fe 20% 材にしても、近畿日本鉄道現用 Cu-Zn-Pb 系溶製金属スライダに比べて摩耗量は約 1/5 であり、本合金の特長をはっきり示している。

架線の摩耗が最小と思われる Cu 80-Fe 20% 材について行な

* 試験順序 1, 2, 3 に使用したスライダはフェロカップー株式会社製である。

第6表 近畿日本鉄道実車試験結果

試験順序	1	2	3	4	
スライダ組成(%)	Cu	50	60 70 80	80	80
	Fe	50	40 30 20	20	18.5(Sn1.5)
試験期間	33.7~33.12	34.1~34.11	34.6~34.10	35.11~36.4	
試験車	6601形 1両 5651形 5両 電機 1両	6601形 3両	5151形 4両 5651形 3両 電機 3両	6601形 2両 5651形 5両 電機 3両	
試験線区	南大阪線	南大阪線	道明寺線	道明寺線	
(走付きより) スライダ摩耗 (1,000 km/mm)	43.9	32.8 27.4 25.2	30.2	32.7	
電車線 摩耗(10 ⁴ パンタ/mm)	不明	不明	0.092	0.052	

注：現用スライダの(走行距離)/(スライダ摩耗量)は約 4.6(1,000km/mm) である。

第7表 某線区における銅鉄合金(HFC-8S)および現用焼結合金スライダ実車試験結果

スライダ	銅鉄合金(HFC-8S)	現用材(焼結品)
摩耗量 (mm/10,000 km)	最大 2.28 平均 1.40	4.77 2.36

第8表 近畿日本鉄道実車試験用 HFC-8A5 材の性質

配分組成			引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	かたさ (HrB)	導電率 (IACS %)
Cu	Fe	Al				
75	20	5	44.5	12.8	72.3	10.3

第9表 HFC-8A5 スライダ実車試験結果

摩耗1mm 当たり走行距離	10 ⁴ km 当たりの摩耗量
54,267.3 km	0.196mm

った本格的な実車試験の結果が試験順序 3 である。この結果架線の摩耗量の減少が要望され、本材に Sn 1.5% を添加した材料につき行なった実車試験結果を順序 4 に示す。Sn の添加により架線消耗量を約 1/2 に減少させることができた。

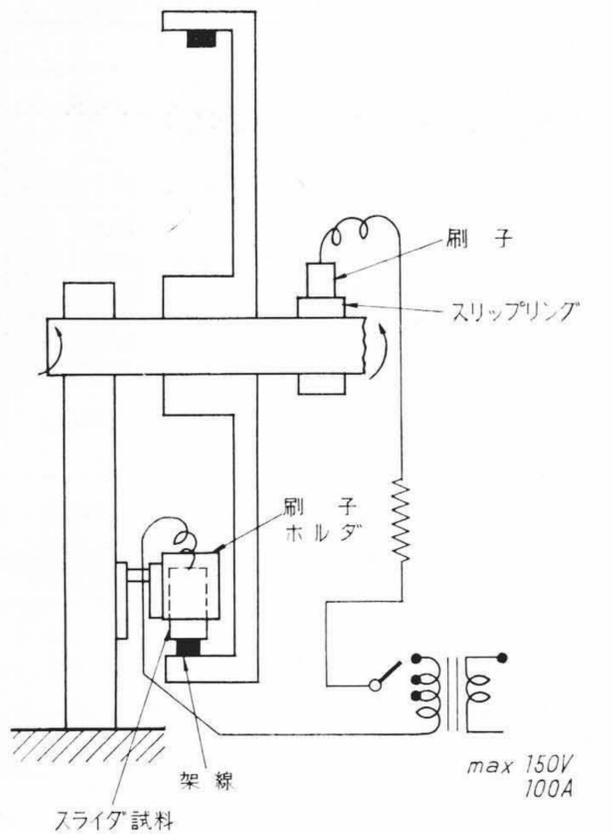
同材質間の接触は摩耗量が互いに大となる点を考慮して銅鉄合金中の Cu 相を相手材架線の材質である Cu からなるべく異質の材料とすることを主眼として Sn を添加した。このためスライダおよび架線の消耗を減少することができた。

また同一材料を某線区にて実車試験を行なった結果を第7表に示す。現用焼結材に比較して約 1/2 の摩耗量を示している。本試験結果は第6表の結果に比べて摩耗量ははなほだしく大である。この原因は試験を行なった架線の状況がきわめて悪く、集電量も大きなことに起因している。

Sn 添加と同様な考えの下で Al を添加し、第8表の品質の材料を得た。またスライダとして使用した場合の実車試験結果を第9表に示す。本材料は銅鉄合金系スライダ中で摩耗量は最小であった。定性的な判定で詳細は不明であるが、架線の摩耗は Sn 添加材よりも大きいようである。

3.2 スライダ材の開発

電車用スライダ材として現用されている金属材料は溶製合金および焼結合金の2種に大別される。溶製合金は Cu-Pb を主体としており、これに Zn などを添加したものもある。焼結合金は Cu を主成分とし、普通 Pb, C などのほかに Sn, Al, Fe などを含み、多孔質品の空孔部に含油を行なっている。両材料とも共通している点は自己潤滑性を持っている点である。溶製合金においては Pb, 焼結



試験条件

接 触 力	2.4 kg (200 g/cm ²)
しゅう動速度	38 km/h
通 電	AC 110 V 70 A
負 荷	抵抗
潤 滑	グリース, 油などの塗布を行わず

第 6 図 スライダ試験機の構造略図

合金にては含浸した油および Pb, C などが潤滑材の役割を果たしている。スライダ架線間の潤滑が不足した場合に自己潤滑性の存在が大きな役目を果たしていると推定される。

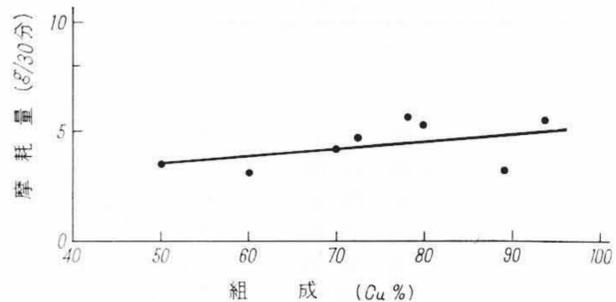
銅鉄合金では架線の摩耗が現用合金に比較して大である。この現象は本合金に自己潤滑性が少ないことに主原因があるとの推定の下に、本合金に自己潤滑性を持たせることを試みた。

本研究に使用した試験機の構造の概要を第 6 図に示す。本装置は硬鋼架線約 3m を輪状として回転し、この架線の内側で試料を一定圧力にて接触させ、しゅう動集電を行なうものである。本試験は実車条件と比較するとかなり軽負荷であるが、接触圧力を小とすることにより離線を大として摩耗量の増加を図っている。

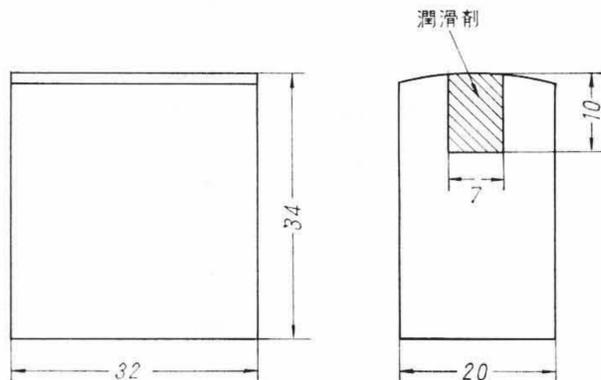
本試験が実車条件と異なる点は前述の電気的條件以外に、架線の短い点に宿命的な相異が存在する。すなわち架線を荒損するような材料の試験を行なった場合には、しゅう動時間の経過とともに架線は荒損し、したがって離線も大となる。このため試料の摩耗量はしゅう動時間とともに増大する。この反対にしゅう動とともに架線面を平滑化する材料では、全くこの逆な現象を示し、しゅう動時間とともに摩耗量は減少しほとんど摩耗の起らない状態に達することもある。このように離線条件を一定にできないことに問題がある。またこのほか試料側がほぼ固定されているため、実車条件のような空気による冷却はほとんど存在しないため温度上昇は実車条件に比べて大である。スライダ側試料の摩耗量の測定は比較的容易であるが、架線側の摩耗量の測定はむずかしいため、主として表面状況の定性的な判定を行なった。

3.2.1 Cu-Fe 組成の影響

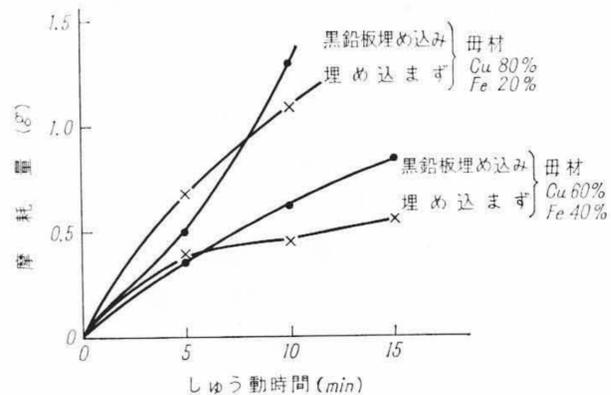
本試験機は前述のように試験条件が実車条件とかなり違っているため本装置による試験結果と実車試験の結果との関連を求めることに主目的をおき、Cu-Fe 二元合金の組成と摩耗量の関係を探るため、第 7 図の結果を得た。この結果を第 6 表の実車試験結果と比較すると定性的にはほぼ一致している。ただ実車試験の方が摩耗量に対する組成の影響がはっきり現われている。本試験では Fe 組成の大きな方が架線を荒らす傾向が強いため、架線を荒らすこ



第 7 図 銅鉄合金通電しゅう動摩耗に及ぼす組成の影響



第 8 図 潤滑材埋込試料の形状



第 9 図 黒鉛板埋込材のしゅう動摩耗量

とによる摩耗量の増加が重なり合い、組成の影響が実車試験ほど明らかにはでなかったと考えられる。これらの因子をも考慮に入れることにより、本試験法による結果の信頼性は十分大であると考えられる。

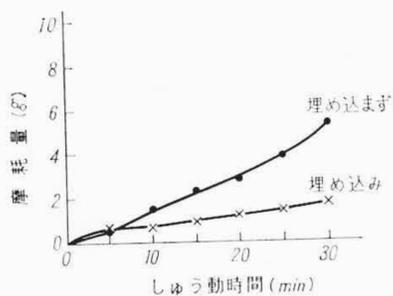
3.2.2 自己潤滑性スライダ材の開発

(1) 黒鉛板の埋め込み

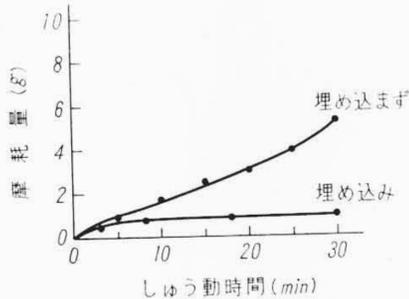
溶製合金に自己潤滑性を持たせるには 2 種の方法がある。第一は溶製合金中にみぞを作り、この中に潤滑剤を埋め込む方法である。この方法は潤滑剤としてかなり広範囲な材料が使用できる点に特長がある。第二は潤滑作用のある金属を添加溶製し、その組織内に潤滑作用のある相を存在させることである。この場合には潤滑剤の種類がはなはだしく制限を受ける。スライダ中にみぞを作り、これに潤滑剤を埋め込む場合に適する潤滑剤はアークの発生により局部的に高温となった場合でも変質して潤滑に悪影響を与えることがなく、かつ導電性物質であることが望ましい。これらの点から黒鉛が最良と考えられる。第 8 図に示す黒鉛板埋込試料につき行なった試験結果を第 9 図に示す。Cu 80, 60% 材ともに黒鉛板埋込材はしゅう動初期は黒鉛の潤滑効果があり摩耗状況は改善される。しかししゅう動時間の経過とともに架線の状況が悪化し、このような状態では黒鉛板の埋め込みは逆に摩耗量を増加させる。

(2) 油脂含浸黒鉛板の埋め込み

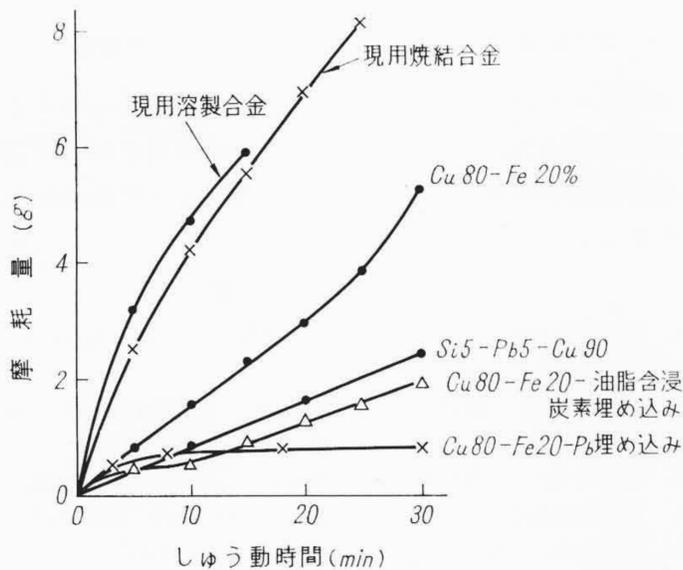
試験中油脂による潤滑が黒鉛以上の効果のあることを知り、油脂による潤滑を安定に行なう方法の一つとして、油脂を含浸した黒鉛板の埋込みを行なった。潤滑剤として本材料を使用し



第10図 油脂含浸黒鉛板埋込材のしゅう動摩耗量



第11図 Pb埋込材のしゅう動摩耗量



第12図 各種スライダ材のしゅう電摩耗量の比較

た理由は、黒鉛が潤滑剤であり、高温となっても有害な作用を及ぼさないことおよび多孔質で油脂の保持が可能である点である。

本材の埋込の効果を第10図に示す。本材の埋め込みを行なった試料の通電しゅう動の結果は良好であり、摩耗量を約1/2にまで減少することに成功した。またしゅう動試験後の架線の状況は良好であり、これまでの試験に認められたしゅう動面の荒損は全然認められなかった⁽¹⁸⁾。

(3) Pbの埋め込み

金属中で潤滑効果のあるものはPbである。前述同様の形状で埋め込みを行なった。この材料の通電しゅう動試験結果を第11図に示す。本材料はしゅう動時間の経過とともにPbが架線に付着し、付着量の増加とともに摩耗は減少しついにはほとんど摩耗のない状態に達する。この材料の特色は架線のしゅう動面の状況を改善する点である。また架線の長さが比較的短い場合には十分実用の可能性がある。

3.2.3 溶製による潤滑剤の添加

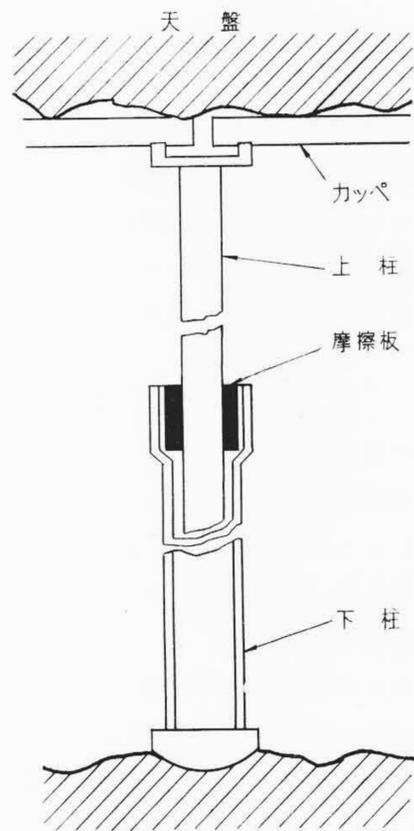
添加溶製して自己潤滑作用を持たすには、添加剤が母剤と固溶せず軟質な単独相となって析出する必要がある。銅鉄合金に対してこれらの条件を満足する添加金属はPbのみである。Pbの沸点は比較的強く銅鉄合金の溶融温度より低いため、蒸発が多く安定な組成品の製造に問題がある。Pbを6%まで添加溶製した合金について通電しゅう動試験を行なったが、摩耗量は比較的大であり、特に良好な材料は得られなかった。

3.2.4 Si-Pb-Cu溶製合金

Si 5, Pb 5, Cu 90%材の通電しゅう動特性を他の材料と比較して第12図に示す。本材の顕微鏡組織は第13図に示すとおりである。組織的にはα相中に散在した微細なγ相およびPb相から構成されている。γ相が特に耐摩耗性を改善したと考えられる。この材料では架線の荒損は全然認められない。前述の諸材料中では一般用に最も適した材料と考えられる⁽¹⁹⁾。



第13図 Si-Pb-Cu合金スライダ材の顕微鏡組織(×720)



第14図 鉄柱の構造

3.3 摩擦材料の開発

無通電しゅう動接触材料の一例として炭鉱坑内鉄柱用摩擦板への応用例を説明する。坑内では落盤防止のため、カッペと組み合わせた鉄柱を使用している。鉄柱に要求される性質は地圧に対しては可縮性の必要があるが、落盤防止のため、ある圧力以下では非可縮性の必要がある。この目的のために鉄柱は第14図に示すような構造を持っており、上下両柱間にはさんだ摩擦板と上柱間の摩擦により、前述の特性を出している。摩擦板の締付方法により鉄柱の形式が分れており、摩擦板の材質によって鉄柱の特性はかなり影響を受ける。摩擦板材料に要求される性質は

- (1) 十分な機械的強度
- (2) 摩擦係数が大であること
- (3) 荷重時に不連続な収縮(階段降縮)をしないこと

および摩耗粉末の不燃性、坑内水に対する耐食性などである。大同製鋼株式会社高蔵製作所との共同研究の下にCu 20~80%, 残Fe材について特性検査を行なった。この結果を第10表に示す。本試料中最良の結果を示したものはCu 60-Fe 40%材であるが、やや軟質な点を指摘された。

大同製鋼株式会社にて新形鉄柱の生産を決定した。この形式の鉄柱では摩擦板が薄くその上に大きな曲げ応力がかかるため、現用の焼結合金は機械的強度が不足であり、折損して使用不能なことが判明した。このため高強度摩擦板材料の開発が要望された。

第 10 表 坑内鉄柱用摩擦板試験結果

組 成 (%)		階段降縮	機械的強度	摩擦係数	備 考
Cu	Fe				
20	80	はなはだ しい	良	良	
40	60	あ り	良	良	
50	50	ややあり	良	良	
60	40	な し	良	良	やや軟質すぎる
80	20	—	—	—	締付時塑性変形大試験不能

第 11 表 坑内鉄柱摩擦板材 (HFC-6A8) の機械的性質

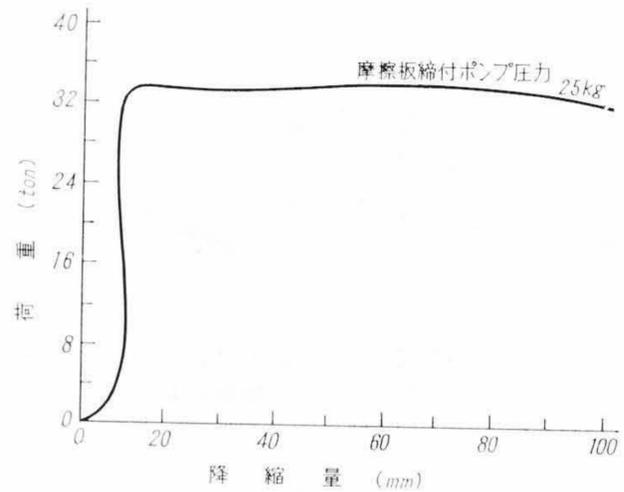
配 分 組 成 (%)			引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	か た さ (HrB)
Cu	Fe	Al			
58	34	8	63.6	18.3	87.8

この材料の開発は第 10 表に示す結果で摩擦特性が最も良好であった Cu 60-Fe 40% 材を基合金とし、機械的強度の向上を試み、Al 8% の添加により高強度摩擦板材 (HFC-6A8) の開発に成功した⁽²⁰⁾。第 11 表に本材の組成と性質、第 15 図に本合金摩擦板を使用した場合のトーション形鉄柱の降縮特性を示す。理想的には本曲線は一定荷重にて横軸に平行な直線となるが、現用 Cu-Ni-Si 鍛造合金と比較してまさるとも劣らない結果を示している。

4. 結 言

銅鉄合金の用途の概要と電管用スライダ材および炭鉱坑内鉄柱用摩擦板材料の開発の概要を述べた。要約すると次のようになる。

- (1) 油中通電しゅう動 (無アーク) 材としては Cu 40-Fe 60% 材が最適であり、車両用低圧タップ切換器用刷子材として好成績を収めている。
- (2) 電管用スライダ材としての銅鉄合金は Cu 80-Fe 20% 材が適している。本材は自身の摩耗量はきわめて小であるが、架線の摩耗がやや大である。自己潤滑性を持たせることにより、自身および架線の摩耗量を減少させることができた。また Si-Pb-Cu 合金は優秀な結果を示した。
- (3) 機械的しゅう動摩擦材料としては炭鉱坑内鉄柱用摩擦板に Cu 58-Fe 34-Al 8% 材がすぐれた特性を示した。



第 15 図 トーション形鉄柱降縮特性摩擦板

終わりに臨み本研究に当たりご教示、ご援助を賜った日立製作所日立研究所小野副所長、竹内、小川両主任研究員また、日立製作所多賀工場鑄造課御幡課長、江刺主任、高橋主任その他のかたがたに厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) C. E. Williams, C. H. Horig: Metals & Alloys, 7, 57 (1936)
- (2) H. W. Gillet: Metals Handbook, (1948) ASM. 534
- (3) F. Nehl: Stahl u. Eisen, 50, 679 (1930)
- (4) C. H. Lorig: Metals Handbook, (1948) ASM. 462
- (5) C. T. Greenidge, C. H. Lorig: Iron Age. 140, Feb. 21, 21
- (6) H. Bennek: Stahl u. Eisen, 55, 160 (1935)
- (7) A. F. Stogoff, W. S. Messkin: Arch. Eisenhützw., 5, 1 (1928)
- (8) H. Buckhollz, W. Köster: Stahl u. Eisen, 59, 687 (1930)
- (9) J. W. Halley: Trans. AIME, 140, 497 (1940)
- (10) J. T. Norton: ibid., 116, 386 (1935)
- (11) R. H. Mc Carroll, E. C. Jeter: Iron Age, 385, Feb. 15, 34 (1940)
- (12) W. B. Sallitt: Foundry Trade Journal, 385, May. 12, (1938)
- (13) A. de Sy: Modern Casting, 321 June (1959)
- (14) K. M. Simpson, R. T. Banister: Metals & Alloys., 7, 88 (1936)
- (15) E. E. Schumacher, A. G. Souden: ibid., 7, 95 (1936)
- (16) C. S. Smith. E. Palmer: US Patent, No. 1,999,850 (1935)
- (17) たとえば浜住: 輓近鉄鋼および特殊鋼 (昭 18) p. 57
- (18) 斎藤, 大沢, 桑島: 特許出願中
- (19) 斎藤, 大沢, 桑島: 特許出願中
- (20) 竹内, 大沢, 桑島: 特許出願中



特 許 の 紹 介



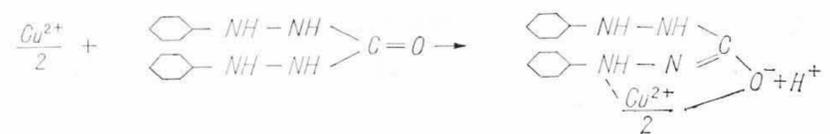
特 許 第 402508 号

佐 藤 信 次・酒 井 馨

微 量 銅 イ オン 検 出 用 試 薬

ボイラ水中に存在する銅化合物は機器材料を腐蝕するので、ボイラの高温高圧化に伴いボイラ給水中に含有する 10 ppb 以下程度の極微量の銅イオンを連続自動分析してボイラ給水の監視を行なわなければならない。

この発明になる試薬はこのような目的に使用するものであり、エチルアルコール等の溶剤に 1.5-ジフェニルカルボヒドラジドを溶解し、さらにアスコルビン酸を加えることにより得られる。この試薬はアルカリ性溶液中で銅イオンに接すると、1.5-ジフェニルカルボヒドラジドが反応し



の反応が行なわれ銅錯塩の橙色を発する。

この発明の試薬を使用すれば、アスコルビン酸を添加したので空气中の酸素により 1.5-ジフェニルカルボヒドラジド溶液が酸化し呈色するのが防止され、また 1.5-ジフェニルカルボヒドラジドを使用するので高感度の比色分析が行なえ、つまり極微量の銅の連続比色分析が正確かつ容易に行なえる。(手 島)