

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3773644号
(P3773644)

(45) 発行日 平成18年5月10日(2006.5.10)

(24) 登録日 平成18年2月24日(2006.2.24)

(51) Int.Cl.

H 0 1 B 1/02 (2006.01)

F I

H 0 1 B 1/02

C

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願平10-742	(73) 特許権者	595019599
(22) 出願日	平成10年1月6日(1998.1.6)		芝府エンジニアリング株式会社
(65) 公開番号	特開平11-195323		東京都府中市東芝町1番地
(43) 公開日	平成11年7月21日(1999.7.21)	(73) 特許権者	000003078
審査請求日	平成13年8月8日(2001.8.8)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100109900
			弁理士 堀口 浩
		(72) 発明者	奥富 功
			東京都府中市東芝町1 芝府エンジニアリ
			ング株式会社内
		(72) 発明者	山本 敦史
			東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
			府中工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接点材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平均粒径が0.1～9μmであって含有量が30～70容積%TiC、V及びVCの内の少なくとも1種で成る耐弧成分と、含有量が前記耐弧成分に対して0.005～0.5重量%であって、形状を球に換算したときの直径が0.01～5μmで且つ非固溶状態又は化合物非形成状態であること、残部がCuで成る導電成分とを有する接点材料。

【請求項2】

平均粒径が10μm以下であって含有量が前記耐弧成分に対して5重量%以下のCo、Ni及びFeの内のいずれか1種から成る第一の補助成分、もしくは平均粒径が10μm以下であって含有量が前記耐弧成分に対して2重量%以下のCrから成る第二の補助成分が含有したことを特徴とする請求項1記載の接点材料。

10

【請求項3】

前記Cは、前記導電成分と耐弧成分との合金中に分散分布し、当該C粒子の間隙は最隣接するC粒子の大きさよりも大きく隔離していることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の接点材料。

【請求項4】

Bi、Sb及びTeの内の少なくとも1種を0.05～0.5重量%含有したことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の接点材料。

【請求項5】

前記耐弧成分がTiCであって、当該TiCの化学量論的な比率Ti:Cは1:1～1:

20

0.7であることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の接点材料。

【請求項6】

厚さが0.3mm以上であることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の接点材料。

【請求項7】

平均表面粗さR_aveが0.05～10μmであることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の接点材料。

【請求項8】

接触面から他方側の非接触面に向かってCu量が増加するように傾斜分布させる又は前記非接触面にCu層を付与したことを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の接点材料。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電流遮断特性と耐電圧特性とに優れた接点材料に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば真空バルブの接点は、耐溶着特性、耐電圧特性、遮断特性で代表される基本三要件の他に、遮断特性、耐消耗性、接触抵抗特性、温度上昇特性などを維持向上させるために種々の素材から構成されている。

20

【0003】

しかし、上述要求特性は一般に互いに相反する材料物性を要求する場合が多いことから、1つの元素で十分満足させることは不可能とされている。そこで、材料の複合化、素材組み合わせなどによって、大電流遮断用途、高耐電圧用途、低遮断用途などの様に特定用途に合った接点材料の開発が行われ、それなりに優れた特性を発揮しているのが現状である。

【0004】

汎用の真空遮断器の基本三要件を満たす為の大電流遮断用接点材料として、例えばBiやTeの様な溶着防止成分を5重量%以下含有するCu-Bi合金、Cu-Te合金が知られている(特公昭41-12131号、特公昭44-23751号)。Cu-Bi合金では、結晶粒界に析出した脆いBi、Cu-Te合金は結晶粒界及び粒内に析出した脆いCu₂Teが合金自体を脆化させ低溶着引き外し力が実現したことから大電流遮断特性にも優れている。この合金のうちBiを例えば10重量%程度とした接点では、適度な蒸気圧特性を有するので、優れた電流遮断特性を発揮している(特公昭35-14974号)。同じく基本三要件を満たした高耐圧・大電流遮断用接点材料としては、Cu-Cr合金が知られている。この合金は前記Cu-Bi合金、Cu-Te合金よりも、構成成分間の蒸気圧差が少ない為均一な性能発揮を期待し得る利点があり、使い方によっては優れたものである。

30

【0005】

一方、近年高信頼度形化と小形化を志向する真空遮断器としては、電流遮断特性と耐電圧特性(再点弧特性)を一層改善する事が必要となっている。

40

第1としては、真空中でのアークの拡散性を利用して、高真空中で電流遮断(あるいは電流開閉)を行わせる真空バルブの接点は、対向する固定、可動の2つの接点から構成されている。真空バルブを十分な配慮なしに電動機負荷など誘導性回路に用いて電流を遮断(しゃ断)する時、過度の異常サージ電圧が発生し負荷機器の絶縁性に影響を与える場合がある。この異常サージ電圧の発生原因は、真空中に於ける小電流遮断(しゃ断)時に、低電流側で発生する遮断(さい断)現象(交流電流波形の自然ゼロ点を待たずに強制的に電流遮断が行われる事)、あるいは高周波消弧現象などによるものである。異常サージ電圧の値V_sは、回路のサージインピーダンスZ₀と電流遮断(さい断)値I_cに比例する。従って、異常サージ電圧の値V_sを低く抑制する為の1手段として電流遮断値I_cを低くする必要がある。ここで、Ag-WC合金が、この要求に対して有益な接点合金の1つと

50

して利用されている。

【0006】

この低裁断性用接点材料として、WCの熱電子放出効果とAgの適度の蒸気圧との相乗的作用によって優れた低裁断性を発揮するAg-WC合金（Agが40%）が知られている（特願昭42-68447号）。また、耐弧成分材料の粒子直径（例えばWCの粒径）を0.2～1μmとした接点材料の採用により、裁断電流特性の改善に有効である事が示唆されている（特公平5-61338号）。さらに、WC-Coの粒子間距離を0.3～3μmとした接点材料の採用により、アーク陰極点の易動度が良好となり大電流遮断特性の向上を計った接点材料も知られている（特開平4-206121号）。

【0007】

第2としては、真空遮断器には電流遮断後真空バルブ内で閃絡が発生し接点間が再び導通状態になる（その後放電は継続しない）現象を誘起する場合がある。この現象を再点弧と呼び、その発生メカニズムは未解明であるが、電気回路が一度電流遮断状態となった後に導通状態に急激に変化する為、異常過電圧が発生しやすい。電流遮断特性として好ましいAg-WC合金を搭載した遮断器でも、コンデンサバンクを遮断させ再点弧を発生させる実験によれば、極めて大きな過電圧の発生や、過大な高周波電流の発生が観察される為、Ag-WC合金に対して再点弧発生を抑制させる技術の開発が求められている。Ag-WC合金の再点弧現象の発生メカニズムは未だ知られていないが、本発明者らの実験観察によれば、再点弧は真空バルブ内の接点/接点間、接点/アークシールド間でかなり高い頻度で発生している。その為、本発明者らは、例えば接点のアークを受けた時に放出される突発性ガスの抑制技術、接点表面形態の最適化技術など、再点弧の発生抑制に極めて有効な技術を明らかにし、再点弧発生の抑制に貢献した。すなわち、Ag-WC合金の加熱過程で放出されるガス総量、ガスの種類並びに放出形態に注目し、再点弧発生との相関を詳細に観察を行ったところ、溶融点近傍で極めて短時間ではあるが、パルス状に突発的に放出されるガスが多い接点では、再点弧発生率も高くなる事を見出だした。そこで、Agの溶融温度以上に加熱するなど、あらかじめAg-WC合金中の突発的ガス放出の一因を除去しておく事や、Ag-WC合金の合金中のポアや組織的偏析を抑制する様に焼結技術を改良する事などによって、再点弧現象の発生を低減させた。しかし、近年の更なる再点弧発生抑制要求に対しては、尚改善の必要性を認めると共に他の施策の開発が重要となっている。近年では、顕著な傾向としてリアクトル回路、コンデンサ回路などへの適応拡大など需要家の使用条件の過酷化と共に負荷の多様化が進行し、低裁断性Ag-WC合金に対しても一層の低裁断化と一層の低再点弧性をも兼備する事の要求が高まり、それに伴う接点材料の開発、改良が急務となっている。コンデンサ回路では通常の2倍、3倍の電圧が印加される関係上、電流遮断、電流開閉時のアークによって接点の表面が著しく損傷しその結果接点の表面荒れ、脱落消耗を招き、再点弧発生の一因と考えられる事から接点消耗についても低消耗化が必要である。しかし、再点弧現象は、製品の信頼性向上の観点から重要であるにもかかわらず、未だ防止技術はむろんのこと直接的な発生原因についても明らかにはなっていない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

低裁断型接点材料としては、前記したCu-Bi合金、Cu-Te合金、Cu-Cr合金に優先してAg-WC合金を適用してきたが、さらに強まる低裁断化と低再点弧化の要求に対しては十分な接点材料とはいえない実情となった上、両特性をより高度に両立させる事が要望されてきている。すなわち、今までに低裁断型接点材料として優先して使用してきたAg-WC合金であっても、より過酷な高電圧領域及び突入電流を伴う回路では、やはり再点弧現象の発生が観察されている。そこで、上記基本三要件を一定レベルに維持した上で、特に低裁断特性と再点弧特性とを両立させた接点材料の開発が望まれている。本発明の目的は、電流裁断特性と再点弧特性とを兼備した接点材料を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明は、平均粒径が $0.1 \sim 9 \mu\text{m}$ であって含有量が $30 \sim 70$ 容積% TiC 、 V 及び VC の内の少なくとも1種で成る耐弧成分と、含有量が耐弧成分に対して $0.005 \sim 0.5$ 重量%であって、形状を球に換算したときの直径が $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ で且つ非固溶状態又は化合物非形成状態である C と、残部が Cu で成る導電成分とを備えたことを要旨とする。

【0010】

ところで、前記した様に、 Ag-WC 合金は低裁断性接点材料として安定した特性を発揮する接点として使用されているが、前記した裁断特性と再点弧特性を同時に改善する要求に対しては更に改良する必要がある。近年の遮断器では両特性を同時に改善する事と同時に、特に所定回数を開閉させた後もその低い値を維持する事とそのばらつき幅も低い値とする事が極めて重要となっている。

10

【0011】

本発明における Cu-TiC-C 系接点に外部磁界（例えば縦磁界技術）を与え大電流を遮断した場合、遮断により発生したアークは、アーク電圧の低い部分に停滞、集中することが抑止され、接点電極面上を移動する。これによって、低裁断特性を維持した上、再点弧発生率の低減化に寄与している。すなわち、接点電極上をアークは容易に移動するため、アークの拡散が促進され、遮断電流を処理する接点電極面積の実質的增加につながり、アークの停滞、集中が低減化される結果、接点電極の局部的異常蒸発現象の阻止、表面荒れの軽減化の利益も得られ、再点弧抑制に寄与する。

20

【0012】

しかし、一定値以上の電流値を遮断すると、アークは予測出来ない一点もしくは複数点の場所で停滞し、異常融解させ遮断限界に至る。また、異常融解は Cu-TiC-C 系接点材料の瞬時的爆発的な蒸発によって発生した金属蒸気は、開極過程にあった真空遮断器の絶縁回復性を著しく阻害し、遮断限界の一層の劣化を招く。さらに、異常融解は、巨大な融滴を作り接点電極面の荒れを招き耐電圧特性の低下、再点弧発生率の増加、材料の異常な消耗をも招く。これらの現象の原因となるアークが、接点電極面上のどこで停滞するかは前述したように全く予測出来ない以上、発生したアークが停滞させることなく移動拡散できるような表面条件を接点に与えることが望ましい。

【0013】

30

その望ましい条件として、本発明では Cu-TiC-C 系合金中の TiC 量や C 量を最適化すると共に C の大きさを最適化した。その結果、再点弧抑制に有効な TiC 粒子と C 粒子との密着強度の向上、接点材料中の Cu と TiC との組織的均一性をも図った。その結果、アークを受けた時に選択的に優先して蒸発、飛散する Cu を少なくなる様に制御するのみならず、被アーク時の熱衝撃によっても接点面上には、再点弧発生に対して有害な著しい亀裂発生も抑止され、 TiC 粒子の飛散脱落も軽減された。特に、非固溶状態若しくは化合物非形成状態にある C 量を TiC 量に対して、 $0.005 \sim 0.5$ （重量%）とし最適量化し、かつその大きさを $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ 以下（球に換算した時の直径）に制限した。この接点合金組織が再点弧特性の劣化を最小限にとどめた上で、裁断特性向上と安定化に寄与した。

40

【0014】

以上は主として Cu-TiC-C を代表例として示したが、 Cu-TiC-Co 合金、 Cu-TiC-Fe 合金、 Cu-TiC-Ni 合金に対しても所定条件の C の存在は同じ傾向の効果をj得る。

【0015】

なお、本発明者らの実験によれば、 Cu-TiC 中での C の量や大きさを最適化する事によって、合金組織中での Cu 、 TiC 、 C の均一分布化、 Cu 、 TiC 、 C の互いの密着強さ等の改良を図ったので、アークを受けた後でも再点弧発生に有害となる巨大溶融痕跡、飛散損傷などが少なくなると共に再点弧抑止上で重要な影響を及ぼす接点表面荒れも少なくなり、耐アーク消耗性の向上にも有益となった。耐アーク消耗性の向上は、接点表面

50

の平滑化を持たらし、多数回開閉後でも裁断特性、再点弧特性のばらつき幅の縮小に有益となっている。これらの相乗的效果によって、裁断特性を向上させた上でCu-TiC合金の再点弧発生頻度の抑制と耐消耗性の向上を得た。

【0016】

所定比率のCu-TiC中の存在するCが非固溶状態若しくは化合物非形成状態にある事が好ましく、この様な状態(Cが非固溶状態若しくは化合物非形成状態)にないと、多数回開閉後の裁断特性安定性特にそのばらつき幅が増大する傾向となる。また、多数回開閉後の再点弧発生率に大きなばらつきを生じさせている。前記した様に、再点弧現象の発生メカニズムは未だ知られていないが、本発明者らの実験観察によれば、再点弧は真空バルブ内の接点/接点間、接点/アークシールド間でかなり高い頻度で発生している。その為、本発明者らは、例えば接点のアークを受けた時に放出される突発性ガスの抑制、接点表面形態の最適化などを進め、再点弧の発生抑制に極めて有効な技術を明らかにし、再点弧発生数を大幅に低減化した。しかし、近年の真空バルブに対する高耐電圧化要求、大電流遮断化要求、小形化要求には上記接点の改良のみではすでに限界と考えられ、これら以外に於いても改良最適化が必要となってきた。

【0017】

再点弧の発生に対する本発明者らの模擬再点弧発生実験による詳細な解析した結果、接点材料が直接的に関与する場合と、電極構造、シールド構造など設計に関与する場合と、予期しない高電圧暴露など電氣的機械的外部条件などが関係していた。本発明者らは、セラミックス製絶縁容器外管、接点、アークシールド、金属蓋体、通電軸、封着金具、ベローズなど各構成部材を適宜真空バルブ内へ装着したり取外ししたりしながら模擬再点弧発生実験を行ったところ、直接アークを受ける接点の組成、材質とその状態、その製造条件が再点弧発生に対して重要であるとの知見を得た。特に、材質的には脆性な為、投入時、遮断時の衝撃によって電極空間への微小金属粒子の放出、飛散が多く観察されたCu-Bi、Cu-Te、Cu-Cr合金よりも高硬度、高融点性のCu-TiCの方が有利であるとの知見も得た。更に重要な観察知見は、同じCu-TiCであっても電極空間への微小金属粒子の放出、飛散にある程度のばらつきが存在した。Cu-TiCの製造過程での特に接点の仕上げ加工面など表面粗さがある程度平滑な程好ましく、また焼結温度の高い方が再点弧発生の抑制に有利な傾向にある事であった。

【0018】

この観察知見は、Cu-TiC系合金の改良の必要と共に再点弧抑制の可能性を示唆している。そこで本発明者らは補助成分としてCu-TiC中での所定条件のFeの存在が投入時、遮断時の衝撃による電極空間への微小金属粒子の放出、飛散の低減に、有益である事を認めた。通常は投入、遮断後の接点表面は多数の微細突起(凹凸)が発生し、かつその一部は飛散したり脱落したりしているが、本発明ではCu-TiC中のFeの存在によって、CuとTiCとの結び付きの強化と極く微小面積での延性(伸び)とを改善し、その結果微細凹凸の発生自体を少なくすると共に微細凹凸の先端部にある程度の丸みを与えている効果を発揮した。その為接点表面の電界強化係数 β は100以上から100以下に改善されていた。この様にCu-TiC中のC、Feの存在による電界強化係数 β の改善の利益は、接点表面の平均表面粗さ(Rave.)を改善し重畳させる示唆ともなっている。以上の様にCu-TiCの製造プロセスに於いて、焼結、溶浸条件や[Cu・TiC]混合粉体の解砕・分散・混合条件を組合わせて真空バルブよう接点を作り再点弧発生状況を観察した実験によると、高硬度、高融点性を保持したCu-TiCに於いて、混合条件の最適化、組織状態の最適化、焼結技術の最適化を行う事が再点弧抑制に有益であることを示している。混合条件の最適化に於いては、特に後記する製法例1~5で示す原料粉[Cu]と[TiC]と[C]との均一混合方法や、原料粉[Cu]と[TiC]に揺動運動と攪拌運動とを重畳させながら混合する混合方法が有効であった。

【0019】

すなわち本発明者らの再点弧現象の発生の時期とCu-TiCの材料状態との関わりとを観察した結果では、(イ):接点組織およびその状態(偏析、均一性)については、製造

10

20

30

40

50

プロセスの特に混合条件の最適化と相関し、電流遮断開閉の経過回数とは関係無くランダムな再点弧現象の発生がみられる特徴がある。(ロ)：接点表面に付着、吸着したガスや水分の量、状態については、あらかじめ仕上げられた接点の加工後の管理環境の問題であって、直接焼結技術が関与するものではないが、電流遮断開閉回数の比較的初期から再点弧現象の発生が見られる特徴がある。(ハ)：接点内部に内蔵している異物の量、状態などの接点内部の状態については、原料粉末の品質(Cu粉、TiC粉の選択)及び原料の混合状態がポイントとなり、電流遮断回数の経過の比較的后半に発生した再点弧の原因と考えられるなど製造プロセスの重要性が示唆される。

【0020】

以上から、再点弧現象の発生の時期は、電流遮断回数の進展に対して見掛け上では、関係無く見えるが、上記(イ)(ロ)(ハ)の様に各発生の時期によってその原因は異なっている事が推察された。このことが各真空バルブ毎に再点弧現象の発生にばらつきが生じていた重要な一因とも考えられた。

10

【0021】

従って再点弧の各発生の時期の総てを抑制もしくは軽減化するには、品質的に好ましい状態の原料粉[Cu]と[TiC]とを得た後、これらを解砕・分散・混合しながら均一で微細な[Cu・TiC]混合粉体を得る必要があり、更に所定量のCやFeの存在によって、投入、遮断による接点表面の微細凹凸の発生の低減化と電極空間への微小金属粒子の放出、飛散の低減の効果を得る事が重要である。

【0022】

20

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

本発明の要旨は、Cu-TiC系接点を搭載した真空バルブに於いて、補助的成分としてのCの存在は、C量を増加させると電流遮断特性は概略向上するが、再点弧特性は概略劣化する。この様に、二律背反的關係にある真空バルブの電流遮断特性(低遮断化とその安定化)と再点弧現象発生の軽減化とを同時に達成させる為に、Cu-TiC中に存在するCを非固溶状態若しくは化合物非形成状態とし、その量をTiC量に対して、0.005~0.5(重量%)の範囲に管理すると共に、接点中に存在するその大きさを0.01~5μm(球に換算した時の直径)の範囲としたことにより、前記効果を得たものである。従って、Cu-TiC系接点材料中のCの平均粒径と量とその分散度が重要なポイントとなる。

30

以下に本実施の形態の効果を明らかにした評価条件、評価方法などを示す。

【0023】

(1) 遮断特性

直径20mm、厚さ4mmで、一方は平面、他方が50mmRの所定接点を着脱式の遮断電流テスト用真空遮断装置に装着する。10⁻³Pa以下に排気し、接点表面をベーキング、放電エージングなどで清浄化した後、この装置を0.8m/秒の開極速度で開極させた。遮断電流値はLC回路を経て50Hz、実効値44Aの回路電流を開閉中の初期(1~100回開閉中)および後期(19,900~20,000回開閉中)の接点に直列に挿入した同軸型シャントの電圧降下を観測することによって求めたものである。なお測定結果は実施例2の遮断電流値の平均値を1.0としその値と相对比较したものである。この遮断電流値はその値が小さく、ばらつき範囲も小さい程優れた遮断特性を有している。

40

【0024】

(2) 再点弧特性

直径30mm、厚さ5mmの円盤状接点をディマウンタブル形真空バルブに装着し、6kV×500Aの回路を1~1,000回遮断、1,001~20,000回遮断した時の再点弧発生頻度を2台の遮断器(真空バルブとして6本)のパラッキ値を考慮して表1~4に示した。接点の装着に際しては、ベーキング加熱(450×30分)のみ行い、ろう材の使用並びにこれに伴う加熱は行わなかった。なお測定結果はばらつきを考慮して6本の真空バルブの上限値の平均と、下限値の平均を示した。この再点弧発生頻度はその

50

値が小さく、ばらつき範囲も小さいほど優れた再点弧特性を有していると言える。

【0025】

(3) 耐アーク消耗性

各接点を着脱式の真空遮断装置に装着し、接点電極表面のベーキング、電流、電圧エージング、開極速度条件を一定同一とした後、7.2kV, 4.4kAを1000回遮断前後の表面凹凸から損失重量を計算した後、実施例2の値を1.0とし相对比较した。

【0026】

(4) 接点の製造方法の一例

本実施の形態に置ける接点材料の製造に供した方法の一例について説明する。この接点材料の製造方法は、TiとCで構成したスケルトンにCuを溶かし流し込む溶浸法と、TiC, C粉とCu粉とを所定割合で混合した粉末を焼結又は成型焼結する焼結法がある。

【0027】

本実施の形態では、再点弧発生率の引き金の1つとされているCu-TiC合金中でのC(非固溶若しくは化合物非形成状態)の存在状態とその量とを最適化し、裁断特性と再点弧特性とを両立させたもので、従って、Cu-TiC合金中でのCの存在状態を左右するCu-TiC合金の製造方法も重要である。

【0028】

すなわち、本発明の実施に於いて好適なTiC粉は、例えば加熱処理温度及び時間、雰囲気などを制御する事によって、非固溶若しくは化合物非形成状態にあるC量及び粒径、粒度分布を調整すると共に化学量論的には(TiC_{1-0.7})の範囲にあるTiCを選択する。著しく微量なC(非固溶若しくは化合物非形成状態)の量の制御技術として、上記したTiC粉を加熱処理する方法以外には例えばTiCと共にある種の有機物を熱分解させた時、TiC表面に分解析出したCを利用する事によっても得る事が出来る。またTiC表面にCスパッタ膜を付着させた後これを原料TiCとして利用する方法も選択した。

【0029】

このCu-TiC合金中のC(非固溶若しくは化合物非形成状態)の量及び大きさは、多くすると再点弧発生率が増大(特性低下)する傾向にある。なおCu-TiC合金中のTiCの総量も多くすると同様に再点弧発生率が増大(特性低下)する傾向にある。

【0030】

Cu-TiC合金中の製造方法は、Cの量がTiC量, Cu量に比較し極めて少量ない為、均質混合性を良くする事が重要な課題である。その均質混合性を良くする手段として、本発明では、例えば最終的に必要なTiC量(30~70容積%)の内の一部から取り出した極く少量のTiCとC粉とを(好ましくは近似の容積)を混合(必要によりBi, Sb, Teの少なくとも1つを追加。またFe, Co, Ni, Crも同様に取り扱っても良い)して得た第1次混合粉を得る(必要によりこれを第n次混合まで繰り返す)。この第1次混合粉(又は第n次混合粉)と残りのTiC粉とを再度混合し、最終的に十分に良好な混合状態にある[TiC, C]粉を得る。この[TiC, C]粉と所定量のCu粉とを混合の後、水素雰囲気中(真空中でも可)で、例えば930の温度での焼結と加圧とを1回若しくは複数回組合せて、Cu-TiC-C接点素材(又はCu-TiC-Co-C, Cu-TiC-Fe-C, Cu-TiC-Ni-C, Cu-TiC-Co-Fe-C, Cu-TiC-Co-C-Bi接点素材など)を製造(以下Cu-TiC-Cで代表)し、所定形状に加工して接点とした(製法例1)。

【0031】

別の合金化の方法として、逆に最終的に必要なCu量の内の一部から取り出した極く少量のCuとC粉とを(好ましくは近似の容積)を混合(必要によりBiを追加、また必要によりFe, Co, Ni, Crも同様に取り扱っても良い)して得た第1次混合粉を得る(必要によりこれを第n次混合まで繰り返す)。この第1次混合粉(又は第n次混合粉)と残りのCu粉とを再度混合し、最終的に十分に良好な混合状態にある[Cu, C]粉を得る。この[Cu, C]粉と所定TiC粉(最終的に必要なTiC量)とを混合した後、水

10

20

30

40

50

素雰囲気中（真空中でも可）で、例えば 940 の温度での焼結と加圧とを 1 回若しくは複数回組合せて、Cu - TiC - C 接点素材又は Cu - TiC - C - Bi 接点素材を製造した（製法例 2）。

【0032】

他の製造方法としては、上記方法で製造した第 n 次混合 [TiC, C] 粉または [TiC, Co, C] 粉を、1200 の温度で焼結し所定空隙率をもつ {TiC, C} スケルトンを作製し、その空孔中に Cu（必要により Bi も追加）を例えば 1150 の温度で溶浸し Cu - TiC - C 接点素材又は Cu - TiC - C - Bi 接点素材を製造した（製法例 3）。

【0033】

また別の合金化の方法としては、[TiC, C] 粉または [TiC, Co, C] 粉を 1500 の温度で焼結し所定空隙率を持つスケルトンを作製し、その空孔中に別途用意した Cu を例えば 1150 の温度で溶浸し Cu - TiC - C 接点素材を製造した（製法例 4）。

【0034】

また別の合金化の方法としては、イオンプレーティング装置を用いた物理的方法或いはボールミル装置を用いた機械的方法で、Ti 粉の表面に C を被覆（必要により Bi も同時に）した C 被覆 Ti 粉を得て、この C 被覆 Ti 粉と Cu 粉（必要により Bi を同時に添加）とを混合の後、水素雰囲気中（真空中でも可）で、例えば 1050 の温度での焼結と加圧とを 1 回若しくは複数回組合せて、Cu - TiC - C 接点素材又は Cu - TiC - C - Bi 接点素材を製造した（製法例 5）。

【0035】

また別の合金化の方法としては、特に Cu 粉、TiC 粉と C 粉との均一混合技術に於いて、揺動運動と攪拌運動とを重畳させる方法も有益である。これによって、混合粉は一般に行われているアセトンなど溶剤使用時に見られる固まりとなったり凝集体となったりする現象がなく、作業性も向上する。また混合作業での攪拌容器の攪拌運動の攪拌数 R と攪拌容器に与える揺動運動の揺動数 S との比率 R / S をほぼ 10 ~ 0.1 程度の好ましい範囲に選択すれば、解砕、分散、混合中の粉末へのエネルギー入力为好ましい範囲となり、混合作業での粉末の変質や汚染の程度を低く押さえる事ができる特徴を有する。従来のらいかい機などによる混合、粉碎では粉体を押し潰す作用が加わるが、揺動運動と攪拌運動とを重畳させる本方法では、前記 R / S 比率をほぼ 10 ~ 0.1 程度に分布している為、粉体同士が絡み合う程度の混合となり、良好な通気性を持つ為焼結性が向上し、良質な成型体または焼結体あるいはスケルトンを得る。更に必要以上のエネルギー入力がなく粉体に変質する事がない。この様な状態の混合粉を原料とするれば、焼結、溶浸後の合金も低ガス化が可能となり、遮断性能、再点弧特性の安定化に寄与している（製法例 6）。

【0036】

Cu - VC - C の場合も同じ製法が選択出来る。

本実施の形態では、これらの方法を適宜選択し採用したもので、いずれの技術の選択でも本発明の効果を発揮する接点材料を得ることが出来る。

以下、評価条件を表 1 及び表 2、結果を表 3 及び表 4 にまとめる。

【0037】

【表 1】

10

20

30

40

条件 実施例 比較例	接点組成 (Cu及びTiCは容積%、他はTiC量に対する重量%)							平均粒子直径 (μm)		
	主成分			補助成分				TiC	Co Fe Ni Cr	非固溶若しくは 化合物非形成 状態にあるC の粒径、集団
	Cu (容積%)	TiC (容積%)	非固溶若しくは 化合物非形成 状態にあるC量	Co	Fe	Ni	Cr			
比較例 1	残り	20	0.05	0.9	なし	なし	なし	1.3	Co:1	0.05
実施例 1	同上	30	同上	同上	同上	同上	同上	同上	:5	同上
同上 2	同上	50	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 3	同上	70	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 2	同上	80	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 3	同上	50	0.005 未満	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
実施例 4	同上	同上	0.005	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 5	同上	同上	0.5	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 4	同上	同上	1.5	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
実施例 6	同上	同上	0.05	0	同上	同上	同上	同上	ゼロ	同上
同上 7	同上	同上	同上	0.2	同上	同上	同上	同上	Co:5	同上
同上 8	同上	同上	同上	5.0	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 5	同上	同上	同上	10.0	同上	同上	同上	同上	同上	同上
実施例 9	同上	同上	同上	なし	0.5	同上	同上	同上	Fe:5	同上
同上 10	同上	同上	同上	同上	なし	0.5	同上	同上	Ni:5	同上
同上 11	同上	同上	同上	同上	同上	なし	0.5	同上	Cr:5	同上
比較例 6	同上	同上	同上	0.9	同上	同上	なし	0.01 未満	Co:5	同上
実施例 12	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	0.01	同上	同上
同上 13	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	0.1	同上	同上
同上 14	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	1.0	同上	同上
同上 15	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	5.0	同上	同上
比較例 7	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	10.0	同上	同上
実施例 16	同上	同上	同上	同上	同上	0.5	同上	1.3	Ni:5	同上
同上 17	同上	同上	同上	同上	0.5	なし	同上	同上	Fe:10	同上
同上 18	同上	同上	同上	同上	なし	同上	0.5	同上	Cr:0.1	同上
同上 19	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	Cr:2.0	同上
比較例 8	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	Cr:44.0	同上
実施例 20	同上	同上	同上	同上	同上	同上	なし	同上	Co:5	0.01
同上 21	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	0.1
同上 22	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	1.0
同上 23	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	5.0
比較例 9	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	25.0
実施例 24	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	0.05
同上 25	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 10	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
実施例 26	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 11	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 12	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
実施例 27	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 28	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
同上 29	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
比較例 13	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上

10

20

30

40

【 0 0 3 8 】

【 表 2 】

条件 実施例 比較例	Cu-TiC合金 中で炭化物を形成 しているTiCの 形態	C粒子の分散度 〔最近接するC粒子間隙〕 ・最近接する2つのC粒子の間隙Lが 小さい粒子直径d以上 離れている $L > d$; X ・同等以上離れている $L \geq d$; Y ・粒子直径の方が大 $L < d$; Z	接 触 面 (接点材料としての機能を発揮 する組成を有する範囲)	
		厚 さ (mm)	平均表面粗さ (Rave.) (μm)	
比較例1	Ti C 1.00	X	3	0.3
実施例1	同上	X	同上	同上
同上2	同上	同上	同上	同上
同上3	同上	同上	同上	同上
比較例2	同上	X~Y	同上	同上
同上3	同上	X	同上	同上
実施例4	同上	同上	同上	同上
同上5	同上	同上	同上	同上
比較例4	同上	同上	同上	同上
実施例6	同上	同上	同上	同上
同上7	同上	同上	同上	同上
同上8	同上	同上	同上	同上
比較例5	同上	同上	同上	同上
実施例9	同上	同上	同上	同上
同上10	同上	同上	同上	同上
同上11	同上	同上	同上	同上
比較例6	同上	同上	同上	同上
実施例12	同上	同上	同上	同上
同上13	同上	同上	同上	同上
同上14	同上	同上	同上	同上
同上15	同上	同上	同上	同上
比較例7	同上	同上	同上	同上
実施例16	同上	同上	同上	同上
同上17	同上	同上	同上	同上
同上18	同上	同上	同上	同上
同上19	同上	同上	同上	同上
比較例8	同上	同上	同上	同上
実施例20	同上	同上	同上	同上
同上21	同上	同上	同上	同上
同上22	同上	同上	同上	同上
同上23	同上	同上	同上	同上
比較例9	同上	同上	同上	同上
実施例24	Ti C 0.95	同上	同上	同上
同上25	Ti C 0.70	同上	同上	同上
比較例10	Ti C 0.55	同上	同上	同上
実施例26	Ti C 1.00	Y	同上	同上
比較例11	同上	Z	同上	同上
同上12	同上	X	0.05	同上
実施例27	同上	同上	0.3	同上
同上28	同上	同上	3	0.05
同上29	同上	同上	同上	10.0
比較例13	同上	同上	同上	36.0

【 0 0 3 9 】

【 表 3 】

10

20

30

40

条件 実施例 比較例	遮断特性 50Hz、実効値 44A 回路を遮断				再点弧発生率(%)			
	1~100回 開閉中の 遮断特性		19,900~20,000 回開閉中の 遮断特性		6kV×500Aの回路を1,000回 遮断したときの再点弧発生頻度 2台の遮断器(真空バルブとして 6本の下限値の平均と最大値の		6kV×500Aの回路を20,000回 遮断したときの再点弧発生頻度 2台の遮断器(真空バルブとして 6本の下限値の平均と最大値の	
	平均	最大	平均	最大	平均 (×10 ⁻³ (%))		平均 (×10 ⁻³ (%))	
比較例1	1.6	2.1	1.95	2.55	14~	28	35~	7.37
実施例1	1.1	1.4	1.45	1.55	0.6~	3	0.9~	1.8
同上2	1.0	1.35	1.3	1.45	0.2~	0.8	0.3~	0.6
同上3	0.9	1.0	1.15	1.2	0.8~	4	0.2~	2.5
比較例2	0.7	0.9	1.05	1.15	26~	55	28~	62
同上3	1.2	1.4	1.5	2.15	12~	18	12~	32
実施例4	1.05	1.3	1.25	1.55	0.4~	2	0.6~	1.8
同上5	0.95	1.3	1.15	1.4	0.7~	3	0.6~	2.4
比較例4	0.8	1.3	1.1	1.15	54~	69	44~	77
実施例6	0.95	1.3	1.2	1.4	0.4~	0.6	0.6~	1.0
同上7	0.8	1.2	1.1	1.3	0.4~	1.4	0.7~	1.6
同上8	1.3	1.5	1.4	1.6	0.6~	1.4	0.9~	1.8
比較例5	1.75	2.8	2.4	3.9	8~	32.6	10~	46
実施例9	1.8	1.2	1.1	1.25	0.3~	0.6	0.4~	0.9
同上10	1.8	1.2	1.1	1.2	0.4~	0.6	0.4~	0.8
同上11	1.85	1.35	1.25	1.44	0.4~	0.6	0.5~	0.9
比較例6	0.9	1.0	--	--	接点の量産に材質上安定性を欠く……			
実施例12	0.9	1.0	1.2	1.3	0.1~	0.4	0.2~	0.4
同上13	0.95	1.15	1.3	1.45	0.1~	0.6	0.3~	0.6
同上14	1.05	1.25	1.4	1.6	0.2~	0.6	0.4~	0.6
同上15	1.2	1.7	1.55	1.8	0.3~	0.9	0.5~	0.9
比較例7	1.35	1.65	1.6	5.2	8~	21	8~	28
実施例16	1.1	1.55	1.4	1.7	0.4~	0.6	0.4~	0.8
同上17	1.1	1.55	1.4	1.7	0.4~	0.6	0.6~	0.8
同上18	1.15	1.65	1.4	1.6	0.4~	0.6	0.6~	1.0
同上19	0.95	1.2	1.5	1.7	0.2~	1.2	0.4~	1.2
比較例8	2.2	2.8	1.95	3.6	12~	28	18~	34
実施例20	0.8	1.0	1.15	1.2	0.1~	0.2	0.1~	0.3
同上21	0.9	1.05	1.2	1.3	0.2~	0.9	0.4~	1.2
同上22	0.9	1.3	1.3	1.45	0.3~	1.0	0.5~	1.6
同上23	0.9	1.55	1.55	1.75	0.4~	1.2	0.6~	1.8
比較例9	0.9	2.45	3.0	5.05	30~	54	38~	56
実施例24	1.0	1.35	1.3	1.45	0.2~	0.8	0.2~	1.2
同上25	1.2	1.55	1.65	1.7	0.3~	1.0	0.4~	1.6
比較例10	1.4	1.85	2.4	4.8	2.6~	5.8	2.8~	7.4
実施例26	1.05	1.45	1.5	1.6	0.2~	1.0	0.2~	1.2
比較例11	1.3	1.55	1.5	3.85	5~	12	6~	22
同上12	1.0	1.1	--	--	開閉の途中で接点に亀裂、破断……			
実施例27	1.0	1.1	1.25	1.35	0.2~	0.8	0.3~	0.6
同上28	1.0	1.1	1.3	1.4	0.1~	0.4	0.2~	0.5
同上29	1.2	1.55	1.3	1.45	0.25~	0.6	0.3~	0.8
比較例13	1.3	1.8	1.4	3.0	6.4~	18.8	10.4~	20.2

【 0 0 4 0 】

【表 4】

10

20

30

40

条件 実施例 比較例	耐消耗性試験 7.2kV, 4.4kAを 1000回遮断させた時の 重量損失; (実施例2を1.0 とした時の相対値)	備 考	
		材料的所見 (評価テスト後の 表面の顕微鏡的 所見)	総合判定実 良好; O 不良; X
比較例1	1.05 ~ 1.2		X
実施例1	0.95 ~ 1.05		O
同上2	1.0		O
同上3	0.95 ~ 1.1		O
比較例2	3.6 ~ 6.6	Cの脱落顕著	X
同上3	0.8 ~ 0.9		X
実施例4	0.85 ~ 0.95		O
同上5	1.0 ~ 1.1		O
比較例4	3.4 ~ 4.6	接点表面にCuの欠乏層 TiCの凝集、脱落	X
実施例6	2.6 ~ 3.1		O
同上7	0.9 ~ 1.1		O
同上8	0.95 ~ 1.25		O
比較例5	3.9 ~ 8.6	過剰のCoが、Cを凝集し大きな粒子を形成	X
実施例9	0.95 ~ 1.05		O
同上10	0.95 ~ 1.05		O
同上11	0.95 ~ 1.05		O
比較例6	1.05 ~ 1.3	一部評価中止	X
実施例12	1.1 ~ 1.2		O
同上13	1.1 ~ 1.25		O
同上14	0.95 ~ 1.05		O
同上15	1.8 ~ 2.0		O
比較例7	9.05 ~ 12.6	接点表面にCuの欠乏部分発生	X
実施例16	1.0 ~ 1.1		O
同上17	1.0 ~ 1.1		O
同上18	1.0 ~ 1.1		O
同上19	0.95 ~ 1.1		O
比較例8	10.6 ~ 21.8		X
実施例20	0.75 ~ 0.9		O
同上21	0.85 ~ 1.0		O
同上22	1.2 ~ 1.35		O
同上23	1.35 ~ 1.75		O
比較例9	19.6 ~ 42.8	Cの凝集部と不足部分が混在	X
実施例24	1.0 ~ 1.05		O
同上25	1.05 ~ 1.1		O
比較例10	18.4 ~ 24.8		X
実施例26	1.0 ~ 1.1		O
比較例11	4.6 ~ 11.2	一部評価中止	X
同上12	中止		X
実施例27	0.95 ~ 1.0		O
同上28	0.9 ~ 1.1		O
同上29	1.0 ~ 1.3		O
比較例13	6.2 ~ 20.6		X

【0041】

次に、本発明の実施の形態につき、表1乃至表4を参照しながら詳細に説明する。

(実施例1~3, 比較例1~2)

まず、遮断テスト用実験バルブの組立ての概要を示す。端面の平均表面粗さを約 $1.5\mu\text{m}$ に研磨したセラミックス製絶縁容器(主成分: Al_2O_3)を用意し、このセラミックス製絶縁容器に対して組立て前に1650の前加熱処理を施した。

【0042】

封着金具として、板厚さ2mmの42%Ni-Fe合金を用意した。

ロウ材として、厚さ0.1mmの72%Ag-Cu合金板を用意した。

上記用意した各部材を被接合物間(セラミックス製絶縁容器の端面と封着金具)に気密封着接合が可能のように配置して、 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$ の真空雰囲気中で封着金具とセラミック

10

20

30

40

50

ス製絶縁容器との気密封着工程に供する。

【0043】

平均粒径が $1.3\mu\text{m}$ の $\text{TiC}_{1.0}$ 粉、粒子直径（大きさ）が $0.05\mu\text{m}$ のC（非固溶若しくは化合物非形成状態にあるC）を0.05重量％、粒子直径（大きさ）が $1\sim 10\mu\text{m}$ のCoを0.9重量％としたCu-TiC合金を前記製造法1～6の方法を適宜選択しながら、20～80容積％TiC-Co-C残部Cuの接点素材を製造した（実施例1～3，比較例1～2）。

【0044】

供試接点は試作した接点素材から顕微鏡組織観察によって、非固溶状態もしくは化合物非形成状態にある時にC量が0.05％のCu-TiC-C合金を選出したものである。

10

【0045】

これらの素材を厚さ3mm、接触面の平均表面粗さを $0.3\mu\text{m}$ の所定形状に加工し試験片とし裁断特性、再点弧特性、耐消耗性を測定し実施例2の特性を標準に比較検討した。その内容を表に示した。なお、本実施の形態に於いては、便宜上TiC、残部Cuを容積％とし、他の元素は作業上便利な為、重量％（TiC量に対する）として実施した。

【0046】

TiC量を30～70容積％とした時には、裁断特性、再点弧発生率、耐消耗性のいずれもが良好な特性を発揮している（実施例1～3）。

しかしTiC量を20容積％とし残部Cu（比較例1）としたCu-TiC-C合金に於いて、同様の評価を実施したところ、耐消耗性は標準としている実施例2と比較して、1.05～1.2倍程度の消耗で好ましい範囲であったが、しかし、裁断特性評価を実施したところ、開閉初期（1～100回開閉中）の範囲では特性の低下はわずかであったが、開閉後期（19,900～20,000回開閉中）の裁断電流値に於いて、2倍程度の若干増加（特性劣化）した。また再点弧発生率においては、大幅な増加（特性劣化）とばらつきとが見られた。すなわち比較対象としている実施例2の1,000回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例1の再点弧発生頻度比較を比較すると、比較例1では1000回遮断で35～70倍に増加（特性低下）、20,000回遮断では12～116倍に増加（特性低下）した。

20

【0047】

一方TiC量を80容積％とし残部Cu（比較例2）としたCu-TiC-C合金では、同様の評価を実施したところ、開閉初期（1～100回開閉中）、開閉後期（19,900～20,000回開閉中）の裁断電流値は、標準とする実施例2の特性と比較しても同等以上の極めて良好な特性を示したが、再点弧発生率、耐消耗性に於いて大幅な増加（特性劣化）とばらつきとが見られた。すなわち比較対象としている実施例2の1,000回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例2の再点弧発生頻度比較を比較すると、比較例2では1,000回遮断で70～130倍に増加（特性低下）、20,000回遮断では93～103倍に大幅に増加（特性低下）した。耐消耗性（7.2kV，4.4kAを1,000回遮断させた後の重量変化）は、比較例2は、比較対象としている実施例2の3.6～6.6倍に増加した。

30

【0048】

顕微鏡観察の結果によれば、接点表面はCuの不在部分の点在、TiCの凝集とTiCの脱落が見られた。従って、再点弧特性と裁断特性と耐消耗性のバランスを得る為には実施例1～3で示したTiC量30～70容積％の範囲に於いて有効に発揮される。

40

【0049】

（実施例4～5，比較例3～4）

前記実施例1～3，比較例1～2では、非固溶状態もしくは化合物非形成状態にあるC量を0.05重量％とし、TiCの平均粒径（粒子を球体とした時の直径）を $1.3\mu\text{m}$ とした場合の各特性に及ぼすTiC量の効果について示したが、非固溶状態もしくは化合物非形成状態にある時のC量は0.05重量％に限ることなく効果は発揮される。

【0050】

50

すなわち、上記C量を0.005重量%未満、0.005重量%～1.5重量%含有するCu-TiC-C系合金を前記方法を選択して製造した。C量が0.005重量%未満のCu-TiC-C合金の場合（比較例3）では、裁断特性は開閉初期（1～100開閉中）と開閉後期（19,900～20,000回開閉中）とを比較しても好ましい裁断値と低い変動幅を示し許容範囲にあり、かつ接点の耐消耗性も良好であったが、一方6kV×500Aの回路を20,000回を遮断した時の再点弧特性では、1,000回を遮断した時の場合に比べ再点弧発生率が著しく増大していると共にばらつきも大幅に増大し好ましくなかった。

【0051】

表面の顕微鏡観察によれば、20,000回開閉させ再点弧特性を評価した接点では、接点表面はC量の不足による表面損傷及びCuの飛散した痕跡を示す軽い凹凸が広い範囲に亘って存在しているのが観察された。

10

【0052】

これに対して前記C量が0.005重量%～0.5重量%（実施例4～5）では、裁断特性、再点弧発生率、耐消耗性のいずれもが良好な特性を発揮している。すなわち、C量が0.005重量%～0.5重量%のCu-TiC合金の場合（実施例4～5）では、0.4～3の許容される範囲の再点弧発生頻度を示した。一方裁断特性に於いても、実施例2と同レベルの好ましい範囲にあり、耐消耗性に於いても、相対値が許容される範囲の0.85～1.1にある事を示し、開閉回数の経過に対して裁断特性、再点弧特性、耐消耗性の総てに於いて安定した特性を示した。20,000回開閉させ再点弧特性を評価した後の接点表面の顕微鏡観察によれば、接点表面は所定条件のCの分布効果によって、広い範囲に亘って上記比較例3より平滑な状態が観察された。

20

【0053】

一方、前記C量を1.5重量%としたCu-TiC-C系合金（比較例4）に対して同様の評価を実施したところ、裁断特性は開閉初期（1～100回開閉中）と開閉後期（19,900～20,000回開閉中）とを比較しても好ましい裁断値と低い変動幅を示し許容範囲にあったが、7.2kV×4.4kAを1,000回遮断させた時の接点の耐消耗性は、実施例1～2、比較例1に比較して著しく大きくかつ接点間のばらつきも多く、6kV×500Aの回路を20,000回遮断した時の再点弧特性では、1,000回を遮断した時の場合に比べ再点弧発生率が著しく増大していると共にばらつきも大幅に大きく好ましくなかった。20,000回開閉させ再点弧特性を評価した接点表面の顕微鏡観察によれば、接点表面は広い範囲に亘ってCuが飛散揮発した痕跡を示す著しい凹凸が存在し、かつ遮断表面に巨大なCの脱落跡による凹凸も観察された。顕微鏡観察の結果によれば、接点表面にCuの欠乏層やTiCの凝集、脱落が見られた。これらより、Cu-TiC-C中の非固溶状態もしくは化合物非形成状態にあるC量は、0.005～0.5%の範囲に於いて効果を発揮する。

30

【0054】

観察の結果、Cu-TiC-C中のC量が同量であっても、所定量のCが非固溶状態もしくは炭化物などの化合物非形成状態にある時（本発明）には、多数回開閉後でも裁断特性を維持した上で少ない再点弧頻度と少ないばらつき幅を得るのに有利である事が判った。すなわちC量は、総C量でなく非固溶状態もしくは化合物非形成状態にあるC量が重要であることを示している。これに対してCが非固溶状態もしくは炭化物などの化合物非形成状態にないCu-TiC-Cでは、開閉回数の進行とともに接点表面荒れのが多くなる傾向を示し、再点弧発生頻度が増加した。複数の素材間には再点弧発生頻度に大きなばらつきが観察された。接点消耗量の増加も見られた。

40

【0055】

以上から、再点弧特性と裁断特性と耐消耗性のバランスを得る為には、合金中に非固溶状態もしくは化合物非形成状態にあるC量は、実施例4～5で示した0.005重量%～0.5重量%の範囲に於いて有効に発揮される。

【0056】

50

(実施例 6 ~ 8 , 比較例 5)

前記実施例 1 ~ 5 , 比較例 1 ~ 4 では、Cu - Ti C 合金中の Co 量を 0 . 9 % に一定とした時の本発明効果を示したが、本効果は Co 量をこれに限ることなく発揮される。すなわち Co 量をゼロ、0 . 2 ~ 5 . 0 重量%とした場合の 5 0 容積% Ti C 残部 Cu 合金 (実施例 6 ~ 8) に於いて、同様の評価を実施したところ再点弧発生率は、0 . 4 ~ 1 . 8 の範囲の好ましい範囲にあり、特に遮断回数が 1 , 0 0 0 回と 2 0 , 0 0 0 回を比較しても両者間には顕著な差異は見られず、ばらつきも少ない。

【 0 0 5 7 】

裁断特性も、開閉初期 (1 ~ 1 0 0 回開閉中) の 0 . 8 ~ 1 . 5 A、開閉後期 (1 9 , 9 0 0 ~ 2 0 , 0 0 0 回開閉中) の 1 . 1 ~ 1 . 6 A が示す様に好ましい裁断値と低い変動幅を示し許容範囲であった。

【 0 0 5 8 】

耐消耗性も、実施例 2 と比較して 0 . 9 ~ 3 . 1 倍の範囲にあった。しかし、Co 量を 1 0 % とした 5 0 重量% Ti C 残部 Ag 合金 (比較例 5) に於いて同様の評価を実施したところ、裁断電流値が大幅に増加 (特性が劣化) した。Co 量が 1 0 % 存在した事による合金自体の導電率が向上した事と、Ti C 自体の熱電子放出能を低下させてしまった事が一因と考えられた。更に上記実施例 2 の 1 , 0 0 0 回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例 5 の再点弧発生頻度比較をすると、比較例 5 では 1 , 0 0 0 回遮断で約 4 0 倍に増加 (特性低下)、2 0 , 0 0 0 回遮断では 3 3 . 3 ~ 7 6 . 6 倍に増加した。

【 0 0 5 9 】

顕微鏡観察の結果によれば、所定量以上の Co は、組織中で過剰の Co として存在し組織中の C を凝集させ粗大化させる傾向にあり、C の偏析が再点弧発生頻度を増大させた一因と考えられた。従って、再点弧特性と裁断特性と耐消耗性のバランスを得るためには実施例 8 で示した Co 量 5 % を上限 (前記実施例 1 に示している様に Co ゼロも含む) とした Cu - Ti C 接点に於いて有効に発揮される。

【 0 0 6 0 】

(実施例 9 ~ 1 1)

上記実施例 6 ~ 8 , 比較例 5 では Co を補助成分として使用した Cu - Ti C - C 合金の諸特性について示したが、Fe , Ni , Cr であっても比較対象とした実施例 2 と同等の裁断特性、再点弧特性、耐消耗性を発揮する (実施例 9 ~ 1 1) 。

【 0 0 6 1 】

(実施例 1 2 ~ 1 5 , 比較例 6 ~ 7)

前記実施例 1 ~ 1 1 , 比較例 1 ~ 5 では、Cu - Ti C - C 系合金 , Cu - Ti C - Co - C 系合金中の Ti C 粒子の平均粒径 (粒子を球体とした時の直径) を 1 . 3 μ m とした場合の本発明効果について示したが、本効果は平均粒径はこれに限ることなく発揮される。

【 0 0 6 2 】

(実施例 1 6 ~ 1 9 , 比較例 8)

前記実施例 1 ~ 1 5 , 比較例 1 ~ 7 では、Cu - Ti C - C 系合金中を、より一層健全な接点素材とする為の補助成分として、粒径が 1 ~ 5 μ m の Co を選択し焼結した例について示した。本発明では Ti C の粒径を 1 . 3 μ m とした上で、補助成分として Co 以外の Fe , Ni を選択しても同様の効果が得られている。すなわち、補助成分として 5 μ m の粒径よりなる Ni、1 0 μ m の粒径よりなる Fe に於いて、裁断特性、再点弧発生率、耐消耗性のいずれもが標準としている実施例 2 と比較して、ほぼ同等の特性を発揮している (実施例 1 6 ~ 1 7)。補助成分とし、更に Cr を選択しても同様の効果が得られている。すなわち、補助成分として 0 . 1 ~ 2 μ m の粒径よりなる Cr に於いても、裁断特性、再点弧発生率、耐消耗性のいずれもが標準としている実施例 2 と比較して、ほぼ同等の特性を発揮している (実施例 1 8 ~ 1 9) 。

【 0 0 6 3 】

しかし、補助成分として 4 4 μ m の粒径よりなる Cr では、同様の評価を実施したとこ

10

20

30

40

50

る、裁断特性では、開閉初期（１～１００回開閉中）の範囲では、比較対象としている実施例２の約２倍程度に若干増加（特性劣化）し、開閉後期（１９，９００～２０，０００回開閉中）では、１．５～２．５倍に増加（特性劣化）した。また再点弧発生率に於いては、大幅な増加（特性劣化）とばらつきとが見られた。すなわち比較対象としている実施例２の１，０００回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例８の再点弧発生頻度を比較すると、比較例８では１，０００回遮断で３５～６０倍に増加（特性低下）、２０，０００回遮断では５６～６０倍に増加（特性低下）した。耐消耗性（７．２ｋＶ，４．４ｋＡを１，０００回遮断させた後の重量変化）は実施例２の消耗を１．０とした時の消耗特性は、１０．６～２１．８倍に達した（比較例８）。

【００６４】

顕微鏡観察の結果によれば、比較例８接点の表面はＣｕ部分が選択的に著しい凹凸損傷を受けている。従って再点弧特性と裁断特性と耐消耗性のバランスを得る為には、Ｃｕ－ＴｉＣ－Ｃ系合金に於いて、Ｃｏ，Ｎｉ，Ｆｅ，Ｃｒより選択した補助成分の粒径は、実施例１６～１９及び実施例１～１５で示した様に、１０μｍ以下の範囲に於いて、本技術が有効に発揮される。

【００６５】

（実施例２０～２３，比較例９）

前記実施例１～１９，比較例１～７では、Ｃｕ－ＴｉＣ－Ｃ系合金中に非固溶状態もしくは化合物非形成状態で存在しているＣの大きさ（Ｃの粒径，Ｃが凝集している時にはその集団を指す。Ｃが不定形の時にはその不定形を円に換算した時の直径で示した）が０．０５μｍの場合について示したが、本発明効果はＣの平均粒径は０．０５μｍに限ることなく発揮される。

【００６６】

すなわち、Ｃの平均粒径を０．０１～５μｍとして上記同様の評価を実施したところ、裁断特性、再点弧発生率、耐消耗性のいずれもがほぼ同等の良好な特性を発揮している（実施例２０～２３）。

【００６７】

しかしＣの平均粒径を２５μｍとした５０％ＴｉＣ－５Ｃｏ残部Ｃｕ（比較例９）に於いて同様の評価を実施したところ、裁断特性は、開閉初期（１～１００回開閉中）では、比較対象としている実施例２の０．９～１．８倍の範囲であり、許容される程度であるが、開閉後期（１９，９００～２０，０００回開閉中）では、２．３～３．４倍に増加（特性劣化）した。また再点弧発生率に於いても大幅な増加（特性劣化）とばらつきとが見られた。すなわち比較対象としている実施例２の１，０００回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例９の再点弧発生頻度を比較すると、比較例９では１，０００回遮断で１５０～６７．５倍に増加（特性低下）、２０，０００回遮断でも１２３～９３倍に増加した。耐消耗性（７．２ｋＶ，４．４ｋＡを１，０００回遮断させた後の重量変化）は、標準としている実施例２の消耗を１．０とした時の消耗特性は、１０．６～２１．８倍に達し大幅な消耗量を示した（比較例９）。顕微鏡観察の結果によればＣの平均粒径を２５μｍとした比較例９では、接点表面にＣの凝集とＣの欠落部分が存在した。以上から、再点弧特性と裁断特性と耐消耗性のバランスを得る為には実施例２０～２３で示したＣの平均粒径は、０．０１～５μｍに於いて有効に発揮された。

【００６８】

（実施例２４～２５，比較例１０）

前記実施例１～２３，比較例１～９では、ＴｉとＣとの化学量論的な比率として、ＴｉＣ１．０を使用した合金中について本効果を発揮する事を示したが、ＴｉＣ１．０に限ることなく実施出来る。ＴｉＣとして、ＴｉＣ０．９５，ＴｉＣ０．７０に於いても同様に効果を示した（実施例２４～２５）。すなわち上記同様の評価を実施したところ、裁断特性としては開閉初期（１～１００回開閉中）では、比較対象としている実施例２の１．２～１．１倍、開閉後期（１９，９００～２０，０００回開閉中）でも、１．３～１．２の範囲であり許容される変化を示した。再点弧特性も比較対象としている実施例２の１，０００回遮断時の

10

20

30

40

50

再点弧発生頻度を基本として、1, 000回遮断で1.0~1.3倍、20, 000回遮断でも0.7~2.7倍程度の変化であった。耐消耗性(7.2kV, 4.4kAを1, 000回遮断させた後の重量変化)も、標準としている実施例2の消耗を1.0とした時の消耗特性は、1.05~1.1倍でほぼ変化のない消耗量を示した。以上が示している様にいずれもがほぼ同等の良好な特性を発揮している(実施例24~25)。これに対して、TiとCとの化学量論的な比率として、TiC 0.55(比較例10)のTiCを使用した時には、裁断特性としては開閉初期(1~100回開閉中)では、比較対象としている実施例2の1.4倍、開閉後期(19, 900~20, 000回開閉中)では、1.8~3.3の範囲に増加した。再点弧特性も比較対象としている実施例2の1, 000回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例10の再点弧発生頻度比較を比較すると、比較例10では1, 000回遮断で1.3~7.2倍、20, 000回遮断でも9.3~12.3倍に増加している。耐消耗性(7.2kV, 4.4kAを1, 000回遮断させた後の重量変化)も、標準としている実施例2の消耗を1.0とした時の比較値は、18.4~24.8倍になり、消耗量の大幅な増加を示した(比較例10)。

10

【0069】

(実施例26, 比較例11)

本実施の形態におけるCu-TiC-C系接点材料では、TiC量、TiとCとの化学量論的な形態、TiCの大きさ(平均粒子直径)が裁断特性と再点弧特性と耐消耗性の維持に重要である事を示した。さらにCu-TiC-C系合金中に非固溶状態もしくは化合物非形成状態で存在しているCの大きさ(Cの粒径, Cが凝集している時にはその集団を指す。Cが不定形の時にはその不定形を円に換算した時の直径で示した)も、前記特性を好ましい範囲にバランスさせる上で極めて重要である事が判った。

20

【0070】

しかし、本発明では上述したTiCの存在形態(TiCの量、TiとCとの化学量論的な形態、TiC大きさ)、Cの存在形態(Cの量、Cの大きさ)のみでなく、さらに、合金中でのCの分散度(最近接するC粒子間の間隔)を好ましい範囲に制御する事によって効果、信頼性を一層向上させる事を出来る。

【0071】

すなわち、Cの分散度として、最近接する2個のC粒子間の間隔Lが、2個のC粒子の内の小さい方のC粒子の直径d以上に隔離している $L > d$ の場合(記号; X)、最近接する2個のC粒子間の間隔Lが、2個のC粒子の内の小さい方のC粒子の直径dと同等かそれ以上に隔離している $L \leq d$ の場合(記号; Y)、上記実施例1~25, 比較例1~10では、X又はX~Yについて示したが、本発明の実施では、Yの範囲であっても良好な特性を示している(実施例26)。

30

【0072】

しかしCの分散度が逆に近接する2個のC粒子間の間隔Lが、2個のC粒子の内の小さい方のC粒子の直径d以下に近接している $L < d$ の場合(記号; Z)では、著しい特性の低下を示好ましくなかった(比較例11)。

【0073】

(実施例27, 比較例12)

前記実施例1~26, 比較例1~11では、供試接点の厚さ3mmに一定に揃えた時に付いての効果を示したが、効果は接点厚さは3mmに限ることなく発揮される。すなわち、接点の厚さが0.3mmで好ましい特性を発揮している(実施例27)。しかしながら、合金層の厚さを0.05mm(比較例12)とした場合には、遮断特性評価後の接点面的一部分に下地材である純Cu層の露出や合金層に亀裂、破断が認められ、更には開閉或いは遮断の途中で接点が台から脱落し、その為再点弧特性、耐消耗性の評価を中止した。従って合金層の厚さは、0.3mm以上とすることが望ましい。

40

【0074】

Cu-TiC接点の内部方向(垂直の方向)に向かってCu量を増加させたり、この合金層の下部にCu層を付与するなどによって接点素材としての導電率を改善する事も可能で

50

ある。

【0075】

(実施例28～29, 比較例13)

前記実施例1～27, 比較例1～12では、接点面の平均表面仕上げの粗さを $0.3\mu\text{m}$ に一定に揃えた時についての効果を示したが、効果は平均表面粗さは $0.3\mu\text{m}$ に限ることなく発揮される。すなわち、接触面の平均表面仕上げの粗さを $0.05\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ としても好ましい特性を発揮した(実施例28～29)。なお、接触面の平均表面仕上げの粗さを逆に極端に平滑にする事は、経済性に問題を残す為、本発明では除外した。

【0076】

一方、接触面の平均表面仕上げの粗さを $36\mu\text{m}$ (比較例13)とした時には、裁断特性としては開閉初期(1～100回開閉中)では、比較対象としている実施例2の1.2～1.1倍、開閉後期(19, 900～20, 000回開閉中)でも、1.0倍であり極めて安定した好ましい特性を示している。しかし、再点弧特性はその頻度が著しく増大し、かつばらつき幅も大となった。すなわち比較対象としている実施例2の1, 000回遮断時の再点弧発生頻度を基本として、比較例13の再点弧発生頻度比較を比較すると、比較例13では1, 000回遮断で32～23.5倍に増加(特性低下)、20, 000回遮断でも35～34倍に増加(特性低下)した。消耗量も6.2～20.6倍に増加した。

【0077】

従って接触面の平均表面仕上げの粗さは、 $0.05\sim 10\mu\text{m}$ とすることが望ましい。なお接触面の平均表面粗さを、前記 $0.05\sim 10\mu\text{m}$ に仕上げた接触面に対して、電圧10kVを印加した状態で電流1～10mAの小電流を遮断させ、接点表面に追加仕上げを与える事によって、再点弧特性の一層の安定化に寄与した。

【0078】

また、本発明は次のようにしてもよい。

(変形例-1)

上記実施例1～29, 比較例1～13は、耐弧成分としてTiCを使用した場合について示したが、TiCの一部もしくは総てをVC(バナジウム炭化物)に置換しても全く同等の特性効果を得る事ができる。すなわち実施例2で示したCu-50容積%TiC-0.05重量%Co合金(補助成分として0.9重量%Co)のTiCをVCに代替した(実施例30)。TiCの一部1/2をVCに代替した(実施例31)について、同様の評価を実施した結果、両者とも、裁断特性は開閉初期(1～100回開閉中)の0.9～1.1倍、開閉後期(19, 900～20, 000回開閉中)も1.0～1.2倍の範囲で安定し好ましい裁断特性と低い変動幅を示し許容範囲であった。また再点弧発生率も、1.2～1.3倍の範囲の好ましい範囲にあり、特に遮断回数が1, 000回と20, 000回を比較しても両者間には顕著な差異は見られずもばらつきも少ない。耐消耗性も、1.1～1.3倍の範囲にありほぼ同等の特性を示した。

【0079】

(変形例-2)

上記実施例1～29, 比較例1～13、および変形例1では、Cu-TiC-C系合金を主体として、その裁断特性、再点弧特性、耐消耗性の評価結果について示したが、特に耐溶着性を要求する真空遮断器に対しては、本合金に0.05～0.5重量%の溶着防止成分の添加が有効である。すなわち実施例2で示したCu-50容積%TiC-0.05重量%Co合金(補助成分として0.9重量%Co)に例えば0.2重量%のBiを含有した合金(実施例32)について、前記と同条件のテストを実施したところ、裁断特性は開閉初期(1～100回開閉中)の0.8～1.1倍、開閉後期(19, 900～20, 000回開閉中)も1.0～1.3倍の範囲で安定し好ましい裁断特性と低い変動幅を示し許容範囲であった。また再点弧発生率も、0.9～1.0倍の好ましい範囲にあり、特に遮断回数が1, 000回と20, 000回を比較しても両者間には顕著な差異は見られずもばらつきも少ない。耐消耗性も、1.1～1.2倍の範囲にありほぼ同等の特性を示した。

【 0 0 8 0 】

【 発明の効果 】

以上のように本発明によれば、平均粒径が $0.1 \sim 9 \mu\text{m}$ であって含有量が $30 \sim 70$ 容積% TiC 、 V 及び VC の内の少なくとも 1 種で成る耐弧成分と、含有量が耐弧成分に対して $0.005 \sim 0.5$ 重量%であって、形状を球に換算したときの直径が $0.01 \sim 5 \mu\text{m}$ で且つ非固溶状態又は化合物非形成状態である C と、残部が Cu で成る導電成分とを備えたので、電流裁断特性及び耐電圧特性を兼備した接点材料を得ることができる。

フロントページの続き

- (72)発明者 大島 巖
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中工場内
- (72)発明者 関 経世
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中工場内
- (72)発明者 本間 三孝
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中工場内
- (72)発明者 草野 貴史
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝 府中工場内

審査官 前田 寛之

- (56)参考文献 特開昭63-060246(JP,A)
特開昭62-077439(JP,A)
特開昭57-011434(JP,A)
特開昭56-121228(JP,A)
特開平10-245652(JP,A)
特開平08-293233(JP,A)
特開平04-206121(JP,A)
特開平02-054819(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01B 1/02