

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

290 339

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2001 - 1493

(22) Přihlášeno: 26.04.2001

(40) Zveřejněno: 17.07.2002

(Věstník č. 7/2002)

(47) Uděleno: 14.05.2002

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 17.07.2002
(Věstník č. 7/2002)

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl. ⁷:

H 01 R 41/00

B 60 L 5/00

(73) Majitel patentu:

CHEPELYEVA VALENTYNA, Kyjev, UA;
ŠULDOVÁ SOFIJA, České Budějovice, CZ;
FIALA JIŘÍ Ing., Boršov nad Vltavou, CZ;

(72) Původce vynálezu:

Chepelyeva Valentyna, Kyjev, UA;

(74) Zástupce:

Sedlák Jiří Ing., Husova 16, České Budějovice,
37001;

(54) Název vynálezu:

**Vodivý kompozitní materiál a způsob jeho
výroby**

(57) Anotace:

Vodivý kompozitní materiál, zejména pro smýkadlové kontakty sběračů proudu, obsahuje eutektickou slitinu mědi, cínu a niklu v rozmezí od 3,0 do 7,0 % hmotn., železo v rozmezí od 73,5 do 86,6 % hmotn., grafit v rozmezí od 10,0 do 18,0 % hmotn., síru v rozmezí od 0,5 do 1,5 % hmotn. Jednotlivé složky Cu : Sn : Ni v eutektické slitině jsou v poměru 71 : 19 : 10 % hmotn., grafit je tvořen přírodním šupinovitým grafitem v práškovém stavu. Způsob výroby materiálu spočívá v lisování za tlaku od 3 do 3,2 t/cm², spékání a následném ochlazování rychlostí od 3 do 5 °C/min.

CZ 290339 B6

Vodivý kompozitní materiál a způsob jeho výroby

Oblast techniky

Vynález se týká vodivého kompozitního materiálu, určeného zejména pro silnoproudé kluzné kontakty sběračů proudu, např. pro kontaktní kluzné vložky smýkadel elektrických dopravních prostředků, a způsobu jeho výroby.

Dosavadní stav techniky

Pro kluzné kontakty sběračů proudu elektrických dopravních prostředků se používají kontaktní vložky, které se liší konstrukcí i použitým materiálem. Poptávka po jednotlivých typech kontaktních vložek je určena zejména technickými charakteristikami materiálu, zejména jeho odolností proti opotřebení, mechanickou pevností, elektrickou vodivostí, intenzitou jiskření, dobrými kluznými vlastnostmi, které zajišťují dlouhou životnost kontaktního vodiče (lana). Rozhodujícím faktorem je také cena materiálu pro kontaktní vložky, neboť se jedná o spotřební materiál, používaný ve velkých objemech, a často vyměňovaný.

Nejstarším známým druhem jsou uhlíko-grafitové vložky, obsahující elektroodový grafit, fenolformaldehydovou pryskyřici a urotropin. Tyto vložky jsou relativně levné a zajišťují vydatné mazání, na druhé straně však mají krátkou životnost, cca 250 až 300 km. Nejsou vhodné pro použití při nepříznivých klimatických podmínkách, jako je mrznoucí mrholení, sněžení, námrazy, mají malou odolnost při zatížení úderem, a zejména jsou ekologicky nevhodné z důvodu obsahu fenolových pryskyřic.

Uvedené nedostatky se částečně odstraňují používáním kovových a kovově-keramických vložek. Používají se lité vložky na bázi hliníku s příměsemi (Cu, Fe, Si, Mn do 1 % hmotnostního) a s kluznou fází (1 až 2 % hmotnostní grafitu). Taková kontaktní vložky je známa ze spisu RU 2 136 514 o názvu „Kontaktní vložka přenašeče proudu elektrických dopravních prostředků“ (Karanik, Šurov). Tyto vložky neobsahují drahé materiály, jsou ekologicky bezpečné, na druhé straně ale stále nevyhovují požadavkům v oblasti životnosti a kluzných vlastností. Také se používají vložky na bázi mědi se zpevňujícími příměsemi železa a slitin měď – fosfor, kde se pro mazání používají elektrolyticky poměděné granule grafitu. Tento materiál je znám např. ze spisu RU 2 049 687 o názvu „Materiál prvku snímajícího elektrický proud“ (Katrus a Kohl). Životnost takovýchto vložek je cca 500 km, při jejich používání však vznikají rýhy a záděry na kontaktním vodiči (laně). Kromě toho jsou tyto vložky poměrně drahé díky vysokému obsahu mědi, používání drahých lisovacích forem pro spékání, a doplňkovým nákladům na granulování grafitu.

Používají se také vložky na bázi železa, obsahující např. 95 % hmotnostních železa a 5 % hmotnostních grafitu, jak jsou popsány např. v lánku „Odolné kovově-keramické železné proudové vložky pro trolejbusy“, v publikaci „Zvýšení odolnosti a životnosti strojů“, Franzevič a Kohl, Moskva, Mašdiz 55, str. 304–313. Tyto vložky mají ve srovnání s vložkami na bázi mědi vysokou odolnost proti otěru za sucha i za deště a jsou také levnější. Jejich kluzné vlastnosti jsou ale stále nedostatečné, což je příčinou zvýšeného opotřebení kontaktního vodiče (lana).

Jsou známy vložky obsahující např. 86 % hmotnostních železa, 6 % hmotnostních grafitu a 8 % hmotnostních olova. Takové vložky jsou popsány v publikaci „Kontakt Werkstoffe in Elektrotechnik“ (Stobel, Kühne, Berlin, Akad. Verl. 1962, str. 305). V tomto případě se životnost vložky do úplného opotřebení zvyšuje na 2000 km, neboť dochází k lepšímu mazání díky mazacím vlastnostem grafitu a současně olova. Negativní vliv na životnost kontaktního vodiče (lana) ovšem není odstraněn, vložky jsou drahé, a navíc v současné době jsou i ekologicky nevhodné díky použití olova.

Materiály na bázi železa a grafitu se dále doplňují dalšími prvky, jako např. Cu, Sn, Pb, Ag (československý patent č. 87231), Mo, Cd (československé autorské osvědčení č. 208 262), síra (autorské osvědčení SSSR č. 366 992), Cu, S, Pb, Sn (autorské osvědčení SSSR č. 385 769), Ni, Cd, Cu (autorské osvědčení SSSR č. 1 739 421), Cu, Ni, CrNi, Pb, Sn, Ph (autorské osvědčení SSSR č. 1 796 499), Zn, B, Cu (patent RU 2 049 687). Žádný z výše uvedených materiálů však
 5 nepředstavuje takové řešení, které zajistí současně odolnost proti opotřebení a levnost při zachování souladu s vysokými kluznými vlastnostmi a dlouhou životností kontaktních vodičů (lan). Cílem vynálezu je tedy vytvoření univerzálního vodivého kompozitního materiálu, levného a ekologicky bezpečného, který zajistí zvýšení odolnosti proti otěru v libovolných klimatických
 10 podmínkách při zachování vysokých mazacích vlastností a dlouhé životnosti kontaktních vodičů (lan). Pokud se týká způsobů výroby kontaktních vložek, je znám způsob výroby uhlíkově-grafitových vložek, který spočívá ve smíchání vstupních komponent a izotermickém lisování s následující termickou stabilizací při uvedené teplotě. Tento způsob se vyznačuje nízkou energetickou náročností, vyrobený materiál má však nízkou odolnost proti oděru a je ekologicky
 15 škodlivý díky obsahu fenolových pryskyřic. Dále je znám způsob výroby litých vložek na bázi hliníku, přičemž se do kelímku elektrické pece vloží Al slitina, ta se roztaví, následně se přidá Si a Zn. Po dosažení 700 °C se přimíchá grafit zahřátý na 200 °C. Tekutá slitina se nalije do kokily. Mezi zápory této metody patří její pracnost a vysoká energetická náročnost, nutnost mechanického opracování odlitků, a také nedostatečný obsah grafitu, což způsobuje zvýšené
 20 opotřebení vložky kontaktního vodiče. Nejlepších výsledků je dosahováno při způsobu výroby vložek metodou práškové metalurgie, která spočívá ve smísení vstupních složek, např. železa a grafitu v práškové formě, lisování vsázky se specifickým lisováním tlakem 5 t/cm², volném spékání v ochranném prostředí s následným rychlým ochlazením rychlostí 8 až 10 °C/min. a napuštěním spečeného výrobku olovem nebo směsí mazacích olejů s parafinem. Mezi zápory
 25 tohoto způsobu patří zejména vysoký specifický tlak lisování, který způsobuje předčasně poškození a opotřebení drahých lisovacích forem, dále rychlé ochlazení po spékání, což zapříčiní vznik tvrdé cementové fáze v hotovém výrobku, která způsobuje opotřebení kontaktního vodiče, a také doplňkové náklady související s dodatečným napouštěním olovem či parafinovými oleji. Cílem vynálezu je tedy také nalezení způsobu výroby vodivého kompozitního materiálu, který by
 30 odstranil výše uvedené nedostatky.

Podstata vynálezu

35 Vytčených cílů je dosaženo jednotným řešením vodivého kompozitního materiálu a způsobu jeho výroby podle tohoto vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že obsahuje kromě železa, grafitu a síry také eutektickou slitinu mědi, cínu a niklu v rozmezí od 3,0 do 7,0 % hmotnostních, přičemž obsah železa leží v rozmezí od 73,5 do 86,6 % hmotnostních, obsah grafitu leží v rozmezí
 40 od 10,0 do 18,0 % hmotnostních, a obsah síry leží v rozmezí od 0,5 do 1,5 % hmotnostních. Ve výhodném provedení vynálezu je obsah jednotlivých složek Cu : Sn : Ni v eutektické slitině ve vzájemném poměru 71 : 19 : 10 % hmotnostních. Rovněž je výhodné, pokud se používá práškový grafit v přírodní šupinovité formě.

45 Vodivý kompozitní materiál podle vynálezu obsahuje dva až dvaapůlkrát více grafitu než známá technická řešení popsaná v dosavadním stavu techniky. To zajišťuje výborné kluzné vlastnosti pro sběrače proudu, a zároveň také dlouhou životnost kontaktního vodiče (lana).

Použití přírodního šupinovitého grafitu má tu technologickou výhodu, že umožní dosáhnout dostatečně pevného lisování což je výhodné při následné výrobní operaci, a sice volném spékání
 50 při obsahu grafitu do 18 % hmotnostních. Při použití jiných forem grafitu je lisovatelnost materiálu mnohem horší. Kromě toho šupinatý tvar grafitových částic zajišťuje nejlepší podmínky klouzání po kontaktním vodiči v porovnání s kulatými částicemi jiných forem grafitu, např. elektrodového grafitu.

Dodávané měděno-cínově-niklové eutektikum také zlepšuje lisovatelnost vsázky a plní roli aktivátoru spékání. Je známo (viz Wachtel, Bazer „Ausson und magnetische Eigenschaften des Dreistoffsystems Cu – Ni – Sn“, 1984), že systém Cu – Ni – Sn je charakterizován dvěma monovariantami eutektické rovnováhy. V první variantě je to eutektická kapalina, tvořená 71 % hmotnostními mědi, 19 % hmotnostními cínu a 10 % hmotnostními niklu, která se při 780 °C rozpadá na α – tuhý roztok roztok mědi a niklu a intermetalid. V druhé variantě při rozpadu eutektické kapaliny, tvořené 54 % hmotnostními mědi, 40 % hmotnostními cínu a 6 % hmotnostními niklu dostaneme směs intermetalidů, tj. strukturu zvýšené tvrdosti a křehkosti. Vcházejíc z podmínek použití kontaktní vložky pro sběrače proudu (pevnost, odolnost proti vlivu úderů, vztah tvrdosti vložky a kontaktního vodiče) bylo vybráno eutektikum dle první varianty. Toto eutektikum intenzifikuje sesychání při spékání tekutou fází při 780 °C a podstatně snižuje pórovitost a zvyšuje pevnost hotového výrobku. Pokud se týká celkového obsahu eutektika, při obsahu nižším než 4 % hmotnostní nedojde k požadovanému snížení pórovitosti a naopak při obsahu vyšším než 7 % hmotnostních nedochází již k dalšímu navyšování požadovaných účinků a další zvyšování obsahu eutektika je ekonomicky neúčelné.

Předmětem vynálezu je také způsob výroby výše popsaného vodivého kompozitního materiálu, sestávající z lisování jednotlivých komponent a následného volného spékání v ochranném prostředí, jehož podstata spočívá v tom, že lisování probíhá za tlaku od 3 do 3,2 t/cm², a následné ochlazování po spékání probíhá rychlostí od 3 do 5 °C/min.

Zvýšení obsahu grafitu ve vsázce na 10 až 18 % hmotnostních oproti dosud známým řešením s obsahem 5 % hmotnostních způsobí růst vnitřních napětí při lisování a značnou smrštitelnost. Tyto jevy zapříčiňují vznik šikmých a horizontálních trhlin v dolní a pracovní ploše lisované kontaktní vložky, a rovněž vyžadují podstatné zmenšení rozměrů lisovací formy. Pro odstranění těchto nedostatků byla experimentálně určena hodnota optimálního lisovacího tlaku a sice v rozmezí od 3 do 3,2 t/cm². Při menším tlaku vzniká nepevný výlisek, při větším tlaku se po uvolnění lisu objevují na výrobku trhliny. Pro stanovení pomalé ochlazovací rychlosti po spékání se vychází z následujících poznatků: Je známo, že při spékání železo-grafitových kompozitních materiálů je pozorováno vytvoření austenitu, ve kterém se rozpouští uhlík, a následný rozpad austenitu při ochlazení (viz Lichtman, Smirnova „Prášková metalurgie“, Metalurgizdat, 1954, č. 18). Izotermické spékání způsobuje vyšší uvolnění volného strukturního cementitu, zejména na hranicích austenitových zrn, a vede k větší nestejnorodosti austenitu než v tradičních metalurgických procesech, např. při výrobě litiny, a rozpad austenitu probíhá současně s vytvořením té nebo jiné struktury v závislosti na koncentraci uhlíku a režimu ochlazení.

Jednou z podmínek trvanlivosti sítě kontaktních vodičů je srovnatelnost tvrdosti vložky a kontaktního vodiče, což odpovídá feritové struktuře vložky. Proto musí režim ochlazení zajistit rozložení jak strukturně volného cementitu, tak i cementitu perlitu, který se vytváří při spékání. Experimentálně bylo zjištěno, že toto je zajištěno při rychlosti ochlazení 3 až 4 °C/min. Méně než 3 °C/min. je ekonomicky neúčelné a při více než 4 °C/min. se ve struktuře vytváří nežádoucí cementit.

Výhoda vodivého kompozitního materiálu spočívá v tom, že se vyznačuje vysokou odolností proti otěru v libovolných klimatických podmínkách, při zachování vysokých mazacích vlastností a dlouhé životnosti kontaktních vodičů (lan), a přitom jde o materiál levný a ekologicky nezávadný.

50 Příklady provedení vynálezu

V prvním příkladu provedení, označeném v tab. 1 pořadovým číslem 1, byl vodivý kompozitní materiál podle vynálezu vytvořen ze vsázky, která obsahovala 80 % hmotnostních železa, 14 % hmotnostních grafitu v přírodní šupinovité formě, 1 % hmotnostní síry a 5 % hmotnostních eutektické slitiny Cu : Sn : Ni ve vzájemném poměru jednotlivých složek 71 : 19 : 10 %

hmotnostních. Z této vsázky byly vylisovány kontaktní vložky pro sběrače proudu trolejbusových smýkadel o rozměrech $87 \times 26 \times 19$ mm. Tlak při lisování byl $3,2 \text{ t/cm}^2$. Výlisky byly spečeny ve volném stavu ve vodíku nebo v kyslíčnickovém prostředí v sypané grafitové krupici při teplotě 1100°C v průběhu 4–5 hod. s následným ochlazením rychlostí 3°C/min .

5

V druhém příkladu provedení, označeném v tab. 1 pořadovým číslem 2, byl vodivý kompozitní materiál podle vynálezu vytvořen ze vsázky, která obsahovala 73,5 % hmotnostních železa, 18 % hmotnostních grafitu v přírodní šupinovité formě, 1,5 % hmotnostních síry a 7 % hmotnostních eutektické slitiny Cu : Sn : Ni ve vzájemném poměru jednotlivých složek 71 : 19 : 10 % hmotnostních. Z této vsázky byly vylisovány kontaktní vložky pro sběrače proudu trolejbusových smýkadel o rozměrech $87 \times 26 \times 19$ mm. Tlak při lisování byl $3,2 \text{ t/cm}^2$. Výlisky byly spečeny ve volném stavu ve vodíku nebo v kyslíčnickovém prostředí v sypané grafitové krupici při teplotě 1100°C v průběhu 4–5 hod. s následným ochlazením rychlostí 3°C/min .

10

Ve třetím příkladu provedení, označeném v tab. 1 pořadovým číslem 3, byl vodivý kompozitní materiál podle vynálezu vytvořen ze vsázky, která obsahovala 86,5 % hmotnostních železa, 10 % hmotnostních grafitu v přírodní šupinovité formě, 0,5 % hmotnostního síry a 3 % hmotnostní eutektické slitiny Cu : Sn : Ni ve vzájemném poměru jednotlivých složek 71 : 19 : 10 % hmotnostních. Z této vsázky byly vylisovány kontaktní vložky pro sběrače proudu trolejbusových smýkadel o rozměrech $87 \times 26 \times 19$ mm. Tlak při lisování byl $3,2 \text{ t/cm}^2$. Výlisky byly spečeny ve volném stavu ve vodíku nebo v kyslíčnickovém prostředí v sypané grafitové krupici při teplotě 1100°C v průběhu 4–5 hod. s následným ochlazením rychlostí 3°C/min .

15

20

Ve čtvrtém příkladu provedení, označeném v tab. 1 pořadovým číslem 7, byl vodivý kompozitní materiál podle vynálezu vytvořen ze vsázky, která obsahovala 80 % hmotnostních železa, 14 % hmotnostních grafitu v přírodní šupinovité formě, 1 % hmotnostní síry a 5 % hmotnostních eutektické slitiny Cu : Sn : Ni ve vzájemném poměru jednotlivých složek 71 : 19 : 10 % hmotnostních. Z této vsázky byly vylisovány kontaktní vložky pro sběrače proudu trolejbusových smýkadel o rozměrech $87 \times 26 \times 19$ mm. Tlak při lisování byl $3,0 \text{ t/cm}^2$. Výlisky byly spečeny ve volném stavu ve vodíku nebo v kyslíčnickovém prostředí v sypané grafitové krupici při teplotě 1100°C v průběhu 4–5 hod. s následným ochlazením rychlostí 4°C/min .

25

30

Dále byly pro porovnání vyrobeny kontaktní vložky se složením jednotlivých komponent a s parametry lisování a ochlazování, které nespádají do rozsahu řešení podle vynálezu (jedná se o příklady označené v tab. 1 pořadovými čísly 4, 5, 6, 8 až 12). Všechny vyrobené kontaktní vložky byly vyzkoušeny na trolejbusových linkách ve všech klimatických podmínkách letního a zimního počasí, za sucha, deště i sněžení. Odolnost proti opotřebení byla zjišťována podle hodnoty ujetých kilometrů do úplného opotřebení, stav sítě kontaktních vodičů (lan) byl zjišťován vizuálně. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

35

40

Tab. 1

	chem. složení hmot. %				Spec. tlak t/cm^2	Rychl. ochl.	Pórovitost %	tvrdost	Počet km do úplného opotřebení	Stav kontaktního vodiče	Klimatické podmínky
	Fe	Graf.	S	Eut.							
1	80,0	14	1,0	5	3,2	3	20,0	40–50	3400	Dobře leštěný povrch	Léto, sucho
2	73,5	18	1,5	7	3,2	3	19,5	34–38	2870	Dobře leštěný povrch	Léto, sucho
3	86,5	10	0,5	3	3,2	3	21,0	45–52	3015	Dobře leštěný povrch	Léto, sucho
4	70,0	20	2,0	8	Vsázka se neslisovala						–
5	90,0	8	0,0	2	3,2	3	26,0	46–52	2400	Neuspokoj., rýhy a záděry	Léto, sucho
6	86,0	6	P=8	Prototyp			–	–	2000	Uspokoj. Výjim. rýhy	Léto, sucho
7	80,0	14	1,0	5	3,0	4	20,5	40–50	2680	Dobře leštěný povrch	Zima, sníh
8	80,0	14	1,0	5	2,5	–	28,5	Odlitek nedostatečně pevný			–
9	80,0	14	1,0	5	3,5	–	26,0	Trhliny v základně a na prac. ploše			–

Tab. 1 – pokračování

	chem. složení hmot. %				Spec. tlak t/cm ²	Rychl. ochl.	Pórovitost %	tvrdost	Počet km do úplného opotřebení	Stav kontaktního vodiče	Klimatické podmínky
10	80,0	14	1,0	5	3,0	8	20,0	50–56	2300	Uspokoj. Výjim. rýhy	Jaro, déšť
11	80,0	14	1,0	5	3,2	10	19,5	54–60	3040	Neuspokoj., rýhy a záděry	Léto, sucho
12	95,0	5	prototyp		6,0	10	–	–	567	Neuspokoj., rýhy a záděry	Léto, sucho

- 5 Z porovnání hodnot uvedených v tabulce je patrné, že při dodržení nárokových poměrů jednotlivých komponentů (příklady 1 až 3) se odolnost proti opotřebení zvyšuje 1,4 až 1,7krát ve srovnání s dosavadním stavem techniky (poř. č. 6) při dobrém stavu sítě kontaktních vodičů. Při dosažení dolní hranice obsahu grafitu (poř. č. 5) se vyskytovaly rýhy a záděry na kontaktním vodiči, při dosažení horní hranice obsahu grafitu (poř. č. 4) se vsázka nepodařilo vůbec vylisovat. Při dodržování nárokových technologických parametrů (lisovacího tlaku a ochlazovací rychlosti – viz příklady č. 1, 7) se odolnost vůči opotřebení zvyšuje 4,5 až 6krát ve srovnání s dosavadním stavem techniky (poř. č. 12). Při dosažení dolní hodnoty tlaku při lisování se vsázka nespojila (poř. č. 8), při dosažení horní hodnoty vznikly trhliny v základně a pracovní ploše vložky (poř. č. 9). Při zvýšení rychlosti ochlazení na více než 4 °C/min. byla dosažena výborná odolnost proti otěru, ale byl zjištěn následný nevyhovující stav kontaktního vodiče na kterém vznikaly rýhy a záděry.

Průmyslová využitelnost

- 20 Vodivý kompozitní materiál a způsob jeho výroby podle vynálezu je možno využít při výrobě silnoproudých kluzných kontaktů, zejména kontaktních vložek do smýkadel elektrických dopravních prostředků, jakož i jiných kontaktů sběračů proudu.

25

PATENTOVÉ NÁROKY

- 30 1. Vodivý kompozitní materiál, zejména pro smýkadlové kontakty sběračů proudu, obsahující železo, grafit a síru, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje eutektickou slitinu mědi, cínu a niklu v rozmezí od 3,0 do 7,0 % hmotn. a dále, obsah železa leží v rozmezí od 73,5 do 86,6 hmotn., obsah grafitu leží v rozmezí od 10,0 do 18,0 % hmotn., a obsah síry leží v rozmezí od 0,5 do 1,5 % hmotn.
- 35 2. Vodivý kompozitní materiál podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsah jednotlivých složek Cu : Sn : Ni v eutektické slitině je v poměru 71 : 19 : 10 % hmotn.
3. Vodivý kompozitní materiál podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že grafit je tvořen přírodním šupinovým grafitem v práškovém stavu.
- 40 4. Způsob výroby vodivého kompozitního materiálu podle nároku 1 sestávající z lisování jednotlivých komponent a následného volného spékání v ochranném prostředí, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že lisování probíhá za tlaku od 3 do 3,2 t/cm², a ochlazování po spékání probíhá rychlostí od 3 do 5 °C/min.

45

Konec dokumentu
