RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235764** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **421140**

(22) Data zgłoszenia: **01.04.2017**

(51) Int.Cl.
C22C 9/04 (2006.01)

(54) **Stop do wytwarzania elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego, zwłaszcza trakcji elektrycznej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
08.10.2018 BUP 21/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
19.10.2020 WUP 16/20

(73) Uprawniony z patentu:
KUCA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Stargard, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
MIROSŁAW KUCA, Stare Brynki, PL
DAMIAN KUCA, Szczecin, PL
RAFAŁ PESTRAK, Chociwel, PL
TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Sułków, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
WOJCIECH ŚCIĘŻOR, Kraków, PL
KINGA KORZEŃ, Kraków, PL
RADOSŁAW KOWAL, Pilica, PL
KRYSTIAN FRANCZAK, Prusy, PL
JUSTYNA GRZEBINOGA, Przytkowice, PL
ELIZA SIEJA-SMAGA, Dobra, PL
ANDRZEJ NOWAK, Kraków, PL
SZYMON KORDASZEWSKI, Zadole Kosmołowskie, PL
MAŁGORZATA ZASADZIŃSKA, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tadeusz Kachnic

PL 235764 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest stop miedzi i cynku do wytwarzania elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego, zwłaszcza trakcji elektrycznej.

Tramwajowa i kolejowa górna sieć trakcyjna składa się z urządzeń, osprzętu oraz przewodów, której zadaniem jest zapewnienie ciągłego i niezakłóconego przepływu energii elektrycznej. Osprzęt górnej sieci trakcyjnej powinien zapewnić zarówno stabilność mechaniczną konstrukcji, przenoszącą obciążenia mechaniczne, jak również przepływ prądu elektrycznego z szyny zasilającej do przewodu jezdnego, gdzie następnie jest on odbierany, w wyniku kontaktu ślizgowego nakładki stykowej odbieraka i przekazywany do silnika pojazdu.

W elementach osprzętu występują zarówno obciążenia mechaniczne jak i obciążenia termiczne, które determinują bezpieczeństwo użytkowania oraz wielkość strat prądowych. Obciążenia te wynikają z natężenia przepływającego prądu, warunków montażu elementów, siły naciągu sieci czy czynników otoczenia takich jak wiatr, nasłonecznienie, deszcz, zanieczyszczenie środowiska itp.

Obecnie na elementy górnej sieci trakcyjnej wykorzystuje się różne stopy na bazie miedzi np. mosiądze: CuZn40Pb2, CuZn39Pb2, CuZn35Al1 czy CuZn16Si4, a także brązy: CuAl10Fe5Ni5, CuAl19Fe3, CuAl10Ni, CuSi3Zn3Mn, CuAl10Fe3Mn2 i CuSn10P.

Z międzynarodowego zgłoszenia patentowego nr WO2014056466A1 znany jest materiał do wytwarzania elektrycznych elementów kontaktowych, zwłaszcza styków wtykowych. Wspomniany materiał stanowi stop miedzi do utwardzania, który zawiera następujące składniki stopowe w % wagowych: 19,0–40,0% cynku, 0,1–1,5% cyny, 0,8–3,0% niklu, 0,1–0,9% krzemu oraz co najmniej jeden pierwiastek z grupy zawierającej: fosfor, bor, srebro, mangan, chrom, glin, magnez, żelazo, cyrkon, arsen, przy czym procentowa zawartość każdego pierwiastka z tej grupy wynosi maksymalnie 0,8%, a udział procentowy wszystkich składników z tej grupy nie przekracza 4,55%, zaś resztę stanowi miedź i zanieczyszczenia wynikające z wytopu. Nikiel może być częściowo zastąpiony kobaltem, przy czym stosunek niklu/kobaltu do krzemu jest w zakresie od 3,5:1 do 7,5:1.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr US7172662B2 znany jest materiał na bazie miedzi z dodatkami o zawartości wagowej: 1–3% niklu, 0,2–0,7% krzemu, 0,01–0,2% magnezu, 0,05–1,5% cyny oraz 0,2–1,5% cynku, a jednocześnie mniej niż 0,005% siarki, reszta miedź. Stop ten przeznaczony jest na części maszyn jak elementy narzędzi i urządzeń elektrycznych.

Dotychczas stosowane rozwiązania materiałowe cechują się jednak dość niską przewodnością elektryczną, generując tym samym znaczne straty prądowe przesyłanej energii elektrycznej. Ponadto elementy osprzętu wytwarzane są metodą odlewania, co często prowadzi do porowatości i niejednorodności uzyskanej struktury, a także niskiej estetyki wyrobów. Istotnym ograniczeniem znanych rozwiązań jest fakt, że nie obejmują one wyrobów wytwarzanych na bazie złomów, co niesie ze sobą znaczne ograniczenie kosztów produkcji, jak również korzyści środowiskowe.

Celem wynalazku było opracowanie stopu miedzi i cynku do wytwarzania elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie znacząco wyższych własności mechanicznych tych elementów, a zatem zmniejszenie ich wymiarów i masy oraz uzyskanie dużo wyższej niż dotychczasowa przewodności elektrycznej tychże elementów. Mniejsza masa osprzętu ma bowiem korzystny wpływ na parametry sieci trakcyjnej, w tym mniejsze zróżnicowania jej elastyczności, natomiast zwiększona przewodność elektryczna pozwala na dostarczenie do pojazdu szynowego znacznie wyższych prądów trakcyjnych z jednoczesnym obniżeniem temperatury pracy poszczególnych elementów sieci, co zmniejsza ryzyko degradacji własności materiałowych na skutek znacznych różnic temperatur.

Przedmiotem rozwiązania stopu do wytarzania elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego, zwłaszcza trakcji elektrycznej, zawierający miedź i cynk, charakteryzujący się tym, że zawiera w % wagowych:

- 30% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
- 39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
- 30–39% cynku, 0,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
- 30–39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,

– 30–39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź.

Jednoczesna obecność w stopie niklu i krzemu pozwala na uzyskanie materiału, którego własności można kształtować poprzez obróbkę cieplną wyrobów. Zapewnienie odpowiednich warunków temperaturowych powoduje dążenie układu do osiągnięcia równowagi termodynamicznej, a zatem powoduje reakcję atomów niklu i krzemu tworzących odrębną fazę δ-Ni_2Si. Nagrzanie stopu do temperatury powyżej granicznej linii rozpuszczalności prowadzi do rozpuszczenia wybranych dodatków stopowych w miedzianej osnowie, natomiast gwałtowne ochłodzenie takiego materiału powoduje zatrzymanie tych rozpuszczonych dodatków w osnowie. Brak równowagi układu prowadzi do ich wydzielenia w postaci dyspersji cząstek fazy δ, które powodują umocnienie materiału oraz wzrost jego przewodności elektrycznej. Nikiel obniża podatność stopu na korozję naprężeniową, zwiększając przy tym własności wytrzymałościowe, plastyczne oraz odporność termiczną, natomiast krzem poprawia własności odlewnicze stopu, zwiększając lejność oraz zmniejszając skurcz odlewniczy. Otrzymywanie materiałów stopowych ze złomów pozwala natomiast znacznie ograniczyć koszty produkcji, jak również jest znacznie korzystniejsze środowiskowo, ponieważ stanowi rodzaj recyklingu materiałowego, ale oczywiście nie wyklucza otrzymywania takich materiałów na bazie mosiądzów bądź innych czystych składników.

Na podstawie danych ze stanu techniki można się pokusić o stwierdzenie, że materiały o podobnym składzie jakościowo-ilościowym nie były dotychczas wykorzystywane na elementy kute, przy czym zastosowane procesy obróbki cieplnej pozwoliły na podwyższenie właściwości mechanicznych i elektrycznych wytworzonych z nich elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego o minimalnej twardości 50 HV10, czy też minimalnej przewodności elektrycznej 9 MS/m.

P r z y k ł a d 1

Wytworzono trzy stopy Cu-Zn-Ni-Si o następujących składach jakościowo-ilościowych: 30% cynku, 0,5% niklu, 0,1% krzemu, reszta miedź, 30% cynku, 1,4% niklu, 1,0% krzemu, reszta miedź oraz 39% cynku, 3,0% niklu, 1,2% krzemu, reszta miedź. Proces prowadzono poprzez stopienie mosiądzu M63 w postaci gąski wraz z dodatkami stopowymi w postaci zapraw niklu i krzemu. Zastosowano grafitową ochronę powierzchni płynnego stopu zarówno podczas topienia wsadu w piecu oporowym, jak również podczas odlewania ciągłego, które przeprowadzono w temperaturach 950°C, 1100°C i 1400°C. W trakcie procesu odlewania kontrolowano skład chemiczny stopu z ewentualnym uzupełnieniem zawartości cynku. Otrzymane odlewy pocięto na wlewki o wymaganej długości, po czym przeprowadzono jednooperacyjne kucie matrycowe dla temperatury wsadu 650°C i 800°C z zabiegiem przesycania w wodzie na wybiegu prasy.

Odkuwki poddano obróbce ubytkowej poprzez okrawanie, usunięcie wypływki i wykonanie otworów, po czym przeprowadzono obróbkę cieplną w postaci starzenia, wytrzymując odkuwki w piecu oporowym w temperaturach 350°C i 500°C w czasie 1 oraz 100 godzin. Tak otrzymane wyroby poddano badaniom twardości HV10 oraz przewodności elektrycznej [MS/m] metodą prądów wirowych w temperaturze pokojowej, zaś wyniki pomiarów zestawiono w tabelach 1, 2 i 3. Przeprowadzone dodatkowo badanie podatności na korozję naprężeniową, z wykorzystaniem próby amoniakalnej wg normy PN-EN 14977:2007, wykazało, że dodatek niklu oraz krzemu do stopu Cu-Zn obniża jego podatność na korozję naprężeniową.

P r z y k ł a d 2

Wytworzono dwa stopy Cu-Zn-Ni-Si o następujących składach jakościowo-ilościowych: 30% cynku, 0,5% niklu, 0,1% krzemu, reszta miedź, oraz 39% cynku, 3,5% niklu, 1,2% krzemu, reszta miedź. Proces prowadzono poprzez stopienie składników stopowych w postaci niklu, krzemu, cynku oraz miedzi w stosunku koniecznym do uzyskania założonych składów jakościowo-ilościowych stopu. Stopowanie przeprowadzono w temperaturze 1100°C z zastosowaniem ochrony powierzchni ciekłego stopu argonem. Po zakończeniu operacji stopowania przeprowadzono operację odlewania półciągłego z krystalizacją z temperatury 1100°C, z zastosowaniem argonu jako ochrony powierzchni ciekłego stopu. Następnie z tak otrzymanych odlewów wykonano, wykorzystując obróbkę mechaniczną, przykładowe elementy nośno-przewodzące, które poddano obróbce cieplnej. Pierwszym etapem tejże obróbki była homogenizacja w temperaturach 650°C i 800°C w czasie 1 oraz 100 godzin, z następującym po niej przesycaniem w wodzie, zaś w następnym etapie przeprowadzono starzenia w temperaturze 350°C i czasie 20 godzin. Tak otrzymane wyroby poddano badaniom twardości HV10 oraz prze-

wodności elektrycznej [MS/m] metodą prądów wirowych w temperaturze pokojowej, zaś wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 4.

P r z y k ł a d 3

Wytworzono stop Cu-Zn-Ni-Si o następującym składzie jakościowo-ilościowych: 30% cynku, 0,5% niklu, 0,1% krzemu, reszta miedź. Proces prowadzono poprzez stopienie w piecu oporowym, w temperaturze 1100°C, kwalifikowanych złomów mosiężnych oraz dozowanie odpowiedniej ilości dodatków stopowych w postaci złomów niklu i krzemu. Po całkowitym roztworzeniu mosiądzu oraz dodatków stopowych stop odlano do form odlewniczych, otrzymując docelowe elementy nośno-przewodzące, które poddano obróbce cieplnej – homogenizacji i starzeniu. Homogenizację przeprowadzono w piecu oporowym w temperaturze 800°C i czasie 10 godzin, a po schłodzeniu detali na powietrzu poddano je procesowi starzenia w temperaturze 350°C i czasie 20 godzin. Celem uzyskania ostatecznego kształtu przedmiotowe detale, odlane i obrobione cieplnie, poddano mechanicznej obróbce wykańczającej, i podobnie jak w powyższych przykładach przeprowadzono badanie twardości HV10 i przewodności elektrycznej [MS/m].

Zastrzeżenie patentowe

1. Stop do wytarzania elementów urządzeń i osprzętu elektrycznego, zwłaszcza trakcji elektrycznej, zawierający miedź i cynk, **znamienny tym**, że zawiera w % wagowych:
   - 30% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
   - 39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
   - 30–39% cynku, 0,5% niklu, 0,1–1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
   - 30–39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 0,1% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź,
   - 30–39% cynku, 0,5–3,5% niklu, 1,2% krzemu, do 0,5% zanieczyszczeń innymi pierwiastkami, reszta miedź.

Tabela 1. Wyniki twardości HV10 oraz przewodności elektrycznej [MS/m] dla materiału CuZn30Ni0,5Si0,1 otrzymanego w ramach przykładu 1

Stop	CuZn30Ni0,5Si0,1																							
Temperatura odlewania [°C]	950°C								1100°C								1400°C							
Temperatura wsadu na matrycy bezpośrednio przed procesem kucia [°C]	600°C				800°C				600°C				800°C				600°C				800°C			
Temperatura starzenia [°C]	350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C	
Czas starzenia [h]	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Twardość HV10	57,6	70,2	68,2	54,1	59	72,7	70	56,9	56,8	71,2	69,9	56,1	59,5	71,1	72,1	55,5	56,1	69,1	66,9	56	60,1	73,4	70,4	56,2
Przewodność elektryczna właściwa [MS/m]	14,01	14,29	14,2	14,34	13,85	14,21	14,2	14,35	13,92	14,25	14,14	14,31	13,98	14,35	14,1	14,5	14,1	14,2	14,12	14,27	13,94	14,26	14,13	14,31

Tabela 2. Wyniki twardości HV10 oraz przewodności elektrycznej [MS/m] dla materiału CuZn30Ni2Si1 otrzymanego w ramach przykładu 1

Stop	CuZn30Ni2Si1																							
Temperatura odlewania [°C]	950°C								1100°C								1400°C							
Temperatura wsadu na matrycy bezpośrednio przed procesem kucia [°C]	600°C				800°C				600°C				800°C				600°C				800°C			
Temperatura starzenia [°C]	350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C	
Czas starzenia [h]	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Twardość HV10	133	139	142	102	140	145	149	95	137	142	146	110	143	153	151	105	142	153	156	109	146	150	158	92
Przewodność elektryczna właściwa [MS/m]	10,98	11,16	11,2	11,39	11,16	11,29	11,36	11,52	11	11,25	11,22	11,51	11,08	11,26	11,36	11,58	11,2	11,4	11,3	11,65	11,15	11,33	11,42	11,61

Tabela 3. Wyniki twardości HV10 oraz przewodności elektrycznej [MS/m] dla materiału CuZn39Ni3Si1,2 otrzymanego w ramach przykładu 1

Stop	CuZn39Ni3Si1,2																							
Temperatura odlewania [°C]	950°C								1100°C								1400°C							
Temperatura wsadu na matrycy bezpośrednio przed procesem kucia [°C]	600°C				800°C				600°C				800°C				600°C				800°C			
Temperatura starzenia [°C]	350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C		350°C		500°C	
Czas starzenia [h]	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Twardość HV	162	181	171	115	170	191	175	115	170	190	182	110	161	182	188	121	166	188	192	109	164	182	175	123
Przewodność elektryczna właściwa [MS/m]	9,6	9,8	9,52	9,7	9,5	9,75	9,53	9,8	9,59	9,72	9,56	9,71	9,53	9,71	9,52	9,87	9,51	9,81	9,56	9,76	9,48	9,69	9,56	9,86

Tabela 4. Wyniki twardości HV10 oraz przewodności elektrycznej [MS/m] otrzymanych materiałów w ramach przykładu 2

Stop	CuZn30Ni0,5Si0,1				CuZn39Ni3,5Si1,2			
Temperatura odlewania [°C]	1100°C				1100°C			
Temperatura homogenizacji [°C]	600°C		800°C		600°C		800°C	
Czas homogenizacji [h]	1h	10h	1h	10h	1h	10h	1h	10h
Temperatura starzenia [°C]	350°C	350°C	350°C	350°C	350°C	350°C	350°C	350°C
Czas starzenia [h]	20h	20h	20h	20h	20h	20h	20h	20h
Twardość HV	56	58,7	57,1	63,6	172	176	171	182
Przewodność [MS/m]	13,81	13,84	13,93	14,06	9,42	9,46	9,50	9,42