



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **413519**

(51) Int.Cl.
C22C 9/01 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **14.08.2015**

(54) **Stop miedzi z aluminium i z magnezem o podwyższonej plastyczności technologicznej na zimno**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
27.02.2017 BUP 05/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.12.2018 WUP 12/18

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Kraków, PL
MICHAŁ JABŁOŃSKI, Tarnobrzeg, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
WOJCIECH ŚCIEŻOR, Kraków, PL
KINGA KORZEŃ, Kraków, PL
ANDRZEJ NOWAK, Kraków, PL
ELIZA SIEJA-SMAGA, Dobra, PL
MAREK GNIEŁCZYK, Chełmek, PL
RADOSŁAW KOWAL, Pilica, PL
JUSTYNA GRZEBINOĞA, Przytkowice, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Górka

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest stop miedzi z aluminium i z magnezem o podwyższonej plastyczności technologicznej na zimno.

Materiałom na bazie metali nieżelaznych i ich stopów stosowanym w elektroenergetyce stawia się wygórowany zespół wymagań w zakresie własności mechanicznych, elektrycznych, odporności na różne, typy korozji, odporności reologicznej i zmęczeniowej, czy odporności na działanie temperatury itp. Wszystkie te cechy decydują o właściwościach użytkowych wyrobu. Równocześnie z punktu widzenia możliwości wytworzenia określonego wyrobu kluczowe są własności technologiczne materiału. Wiele aplikacji w elektroenergetyce wymaga bardzo wysokich własności mechanicznych nieosiągalnych dla czystych metali, przy równocześnie zadowalającej, chociaż istotnie niższej niż czyste metale, przewodności elektrycznej. W tych aplikacjach wykorzystuje się stopy metali nieżelaznych, w tym stopy miedzi, a w szczególności stopy miedzi z aluminium i innymi dodatkami. Stopy miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami wykazują bardzo wysokie własności mechaniczne, dobrą odporność na korozję i wyraźnie niższą w stosunku do miedzi masę właściwą.

Wiele wyrobów ze stopów miedzi, z uwagi na kształt i własności, jest produkowanych z wykorzystaniem przeróbki plastycznej na gorąco i na zimno. Klasyczna metoda wytwarzania takich wyrobów polega na ciągłym odlewaniu wlewków, wyciskaniu współbieżnym na gorąco wlewków do postaci prasówki oraz przeróbce plastycznej na zimno, najczęściej metodą walcowania lub ciągnięcia prasówki, do uzyskania kształtu i własności wymaganych dla wyrobu gotowego.

Znany i powszechnie stosowany w technice jest znormalizowany w Unified Numbering System (UNS) stop miedzi z aluminium o symbolu C60600, o zawartości 4–7% wag. Al, maks. 0,5% wag. Fe i maks. 0,5% wag. pozostałych domieszek, o rezystywności elektrycznej w temperaturze otoczenia ok. 100 nΩm, oraz stop miedzi z aluminium o symbolu UNS C61000, zawierający 6,0–8,5% wag. Al oraz domieszki Fe, Zn, Si w ilości maks. 0,8%, oraz pozostałe domieszki w ilości maks. 0,5%, o rezystywności elektrycznej w temperaturze otoczenia ok. 115 nΩm. Znany jest także stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami o symbolu UNS 61300, o zawartości 6,0–7,5% wag. Al, 2–3% wag. Fe, 0,02–0,50% wag. Sn i śladowych ilościach innych domieszek, o rezystywności elektrycznej w temperaturze otoczenia ok. 144 nΩm.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 3,725,056 znany jest stop miedzi z aluminium, zawierający 5–8% wag. Al, 1,6–2,9% wag. Fe, 0,005–0,69% wag. Sn (lub Sn+Pb), oraz 0,02–0,14% wag. V i 0,05–0,5% wag. Zr, cechujący się podwyższoną odpornością na działanie podwyższonej temperatury oraz dobrą plastycznością.

Natomiast z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 3,979,208 znany jest stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami, zawierający 5–8% wag. Al, 0,1–2% wag. Co i 0,1–0,25% wag. Sn, wykazujący dobrą plastyczność technologiczną.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 2,829,968 znany jest stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami, zawierający 5–8% wag. Al, 1,6–2,9% wag. Fe, oraz Sn w proporcji do aluminium jak 1 : (11–32), wykazujący podwyższoną odporność na korozję międzykrystaliczną.

Znane i stosowane są także stopy miedzi o wyższej zawartości aluminium, np. stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami znany z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 5,296,057, zawierający 7–12% wag. Al oraz Mn i Si, czy stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami znany z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 4,786,470, zawierający 7–9% wag. Al oraz Zn, Fe, Ni i Mn, lub stop miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami znany z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US 4,113,475, zawierający 7,0–8,5% wag. Al oraz Ni.

Ogólnym mankamentem opisanych wyżej stopów jest ich ograniczona plastyczność technologiczna podczas przeróbki plastycznej na zimno metodą walcowania lub ciągnięcia. Pod pojęciem plastyczności technologicznej rozumie się zdolność materiału do odkształcenia w warunkach procesowych przeróbki plastycznej bez utraty spójności materiału. Generalnie stopy miedzi z aluminium zawierające więcej niż 7,5% wag. Al mają budowę dwufazową i bardzo niską plastyczność technologiczną podczas przeróbki plastycznej na zimno. Z tego tytułu wykorzystywane są w technice w stanie po odlewaniu lub po obróbce cieplnej. Stopy miedzi o niższej zawartości aluminium, jako jednofazowe różnowęzłowe roztwory stałe, posiadają lepszą plastyczność technologiczną podczas przeróbki plastycznej na zimno i mogą być przerabiane w ograniczonym zakresie metodami walcowania na zimno lub ciągnięcia. Plastyczność technologiczna stopów miedzi z aluminium i innymi pierwiastkami, podczas przeróbki plastycznej na zimno, jest zależna od składu chemicznego materiału, tj. ilości i rodzaju pierwiastków

w stopie, ich rozlokowania w strukturze (odrębne fazy lub roztwór stały) jednorodności zawartych dodatków (poziom makro i mikrosegregacji składu chemicznego), oraz rodzaju i rozmiaru ziarna w materiale wyjściowym.

Podstawowym ograniczeniem stosowanych obecnie stropów miedzi z aluminium jest ograniczona masa wyrobu gotowego, limitowana przez gabaryty wlewka do wyciskania. Metoda ciągłego wyciskania Conform nie ma zastosowania do tych materiałów z uwagi na ich wysoki opór plastyczny w podwyższonej temperaturze.

Celem wynalazku jest stworzenie stopu miedzi z aluminium o podwyższonej plastyczności technologicznej, umożliwiającej bezpośrednią przeróbkę plastyczną na zimno materiału o strukturze odlewniczej (np. uzyskanego metodą odlewania ciągłego), z wyeliminowaniem konieczności prowadzenia procesów przeróbki plastycznej na gorąco. W efekcie wyeliminowany zostaje mankament związany z ograniczoną masą wyrobu oraz koniecznością stosowania procesu wyciskania na gorąco.

W rozwiązaniu według wynalazku efekt ten osiągnięto w ten sposób, że do stopu miedzi z aluminium wprowadzono specjalnie wyselekcjonowany drugi obok aluminium dodatek stopowy, który przy zastosowanym stężeniu znacząco zwiększa plastyczność technologiczną materiału, podczas przeróbki plastycznej na zimno, w stosunku do stopu miedzi z aluminium o identycznej zawartości aluminium, lecz pozbawionego takiego dodatku. W efekcie wyroby uzyskane metodą przeróbki plastycznej na zimno można przetwarzać z większym odkształceniem całkowitym.

Istotą wynalazku jest stop miedzi z aluminium i z magnezem zawierający 6% wag. aluminium i 0,7% wag. magnezu. Korzystnie, stop miedzi z aluminium i z magnezem, według wynalazku, zawiera maksymalnie 0,12% wag. domieszek innych pierwiastków.

Rozwiązanie według wynalazku zostanie bliżej objaśnione na podstawie przykładu realizacji zilustrowanego na fig. od 1 do 3. Na fig. 1 przedstawiono zmiany twardości materiałów (Cu-Al-Mg, Cu-Al i Cu) w funkcji wielkości odkształcenia zadanego na zimno wraz ze wskazaniem maksymalnego odkształcenia, przy którym obserwowano pęknięcia przetwarzanego materiału. Na fig. 2 przedstawiono analogiczne, jak na fig. 1, zależności w odniesieniu do materiałów, które przed przeróbką plastyczną poddano obróbce cieplnej. Na fig. 3 zestawiono rezystywność elektryczną stopu Cu-Al-Mg objętego niniejszym wynalazkiem oraz materiałów odniesienia.

W rozwiązaniu według wynalazku, którego przykład realizacji ilustrują fig. 1–3 rysunku, w celu wytworzenia stopu Cu-Al-Mg, zawierającego dodatki w ilości 6% wag. aluminium i 0,7% wag. magnezu, dokonano syntezy metalurgicznej miedzi oraz zaprawy Al-Mg 10% w tyglu w atmosferze redukującej. Syntezę metalurgiczną prowadzono w temperaturze 1150°C przez czas 3 h. Następnie materiał skryształizowano w krystalizatorze grafitowym i metodą obróbki ubytkowej wykonano płaskowniki o grubości 8,1 mm. W analogiczny sposób i w identycznych warunkach procesowych wykonano materiały odniesienia, tj. Cu oraz Cu-Al, uzyskane poprzez syntezę składników o czystości technicznej. Uzyskane wyniki przedstawiono w tablicy poniżej.

Zawartość w procentach pierwiastka

rodzaj materiału	Cu	Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Mg	Cr	Al	S	As	Be	Ag	Co	Bi	Cd	Sb	Zr	B	Se	Te	Au	Nb
Cu	99,78	0,0622	0,0005	0,0005	0,0005	0,00899	0,0118	0,00512	0,00312	0,00022	0,00317	0,0042	0,0173	0,00356	0,0001	0,00125	0,001	0,0002	0,0009	0,09	0,0001	0,00087	0,0001	0,0005	0,0001	0,0041
Cu-Al	92,89	0,064	0,00504	0,0005	0,0005	0,0094	0,0126	0,00536	0,00305	0,00065	0,00304	6,884	0,0176	0,00356	0,0001	0,00125	0,001	0,0002	0,0009	0,0905	0,0001	0,00087	0,0001	0,0005	0,0001	0,0041
Cu-Al-Mg	93,05	0,00268	0,008	0,0011	0,0005	0,0084	0,0092	0,00456	0,00262	0,681	0,00358	6,138	0,0103	0,00367	0,0001	0,00124	0,001	0,0002	0,0008	0,0625	0,0001	0,00078	0,0001	0,0005	0,0001	0,0047

Tab. 1

Przed obróbką ubytkową część materiału z Cu-Al-Mg, Cu-Al i Cu poddano obróbce cieplnej, polegającej na wygrzewaniu w 500°C przez 4 h i swobodnym chłodzeniu na powietrzu. Następnie wszystkie płaskowniki poddano przeróbce plastycznej na zimno metodą walcowania w identycznym schemacie gniotów, z pomiarami twardości po poszczególnych przepustach walcowniczych, równocześnie obserwując moment pojawienia się pęknięć w walcowanych materiałach. Uzyskane wyniki ukazują, że stop Cu-Al-Mg można bez pęknięć odkształcać na zimno z istotnie wyższym odkształceniem całkowitym niż stop Cu-Al zawierający podobne stężenie dodatków stopowych (dodatek aluminium w ilości 6,9%), lecz pozbawiony dodatku magnezu. Równocześnie, pomimo wprowadzenia do stopu dodatkowego składnika w postaci magnezu, rezystywność elektryczna materiału jest na podobnym poziomie jak dla stopu Cu-Al zawierającego podobną ilość dodatku aluminium, lecz pozbawionego dodatku magnezu. Dowodzi to, że wpływ dodatku magnezu na właściwości elektryczne stopu w rozpatrywanym zakresie stężeń jest zanedbywalnie mały.

Z powyższych badań płyną następujące wnioski.

Stop miedzi z aluminium i z magnezem wykazuje większą plastyczność technologiczną niż stop miedzi z aluminium z analogicznym stężeniem dodatku i domieszek.

Stop miedzi z aluminium i z magnezem wykazuje o 70% większą twardość Vickersa w stosunku do miedzi przy analogicznym stopniu odkształcania na zimno.

Stop miedzi z aluminium i z magnezem wykazuje przewodność elektryczną wynoszącą 109 nΩm w temperaturze otoczenia.

Zastrzeżenia patentowe

1. Stop miedzi z aluminium i z magnezem o podwyższonej plastyczności technologicznej na zimno, **znamienny tym**, że zawiera 6% wag. aluminium i 0,7% wag. magnezu.
2. Stop miedzi z aluminium i z magnezem, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiera maksymalnie 0,12% wag. domieszek.

Rysunki

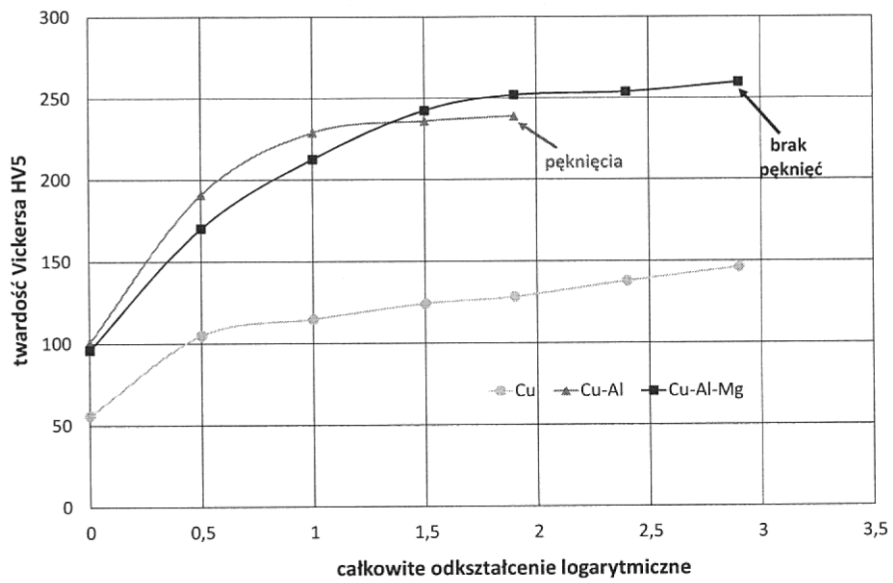


Fig. 1

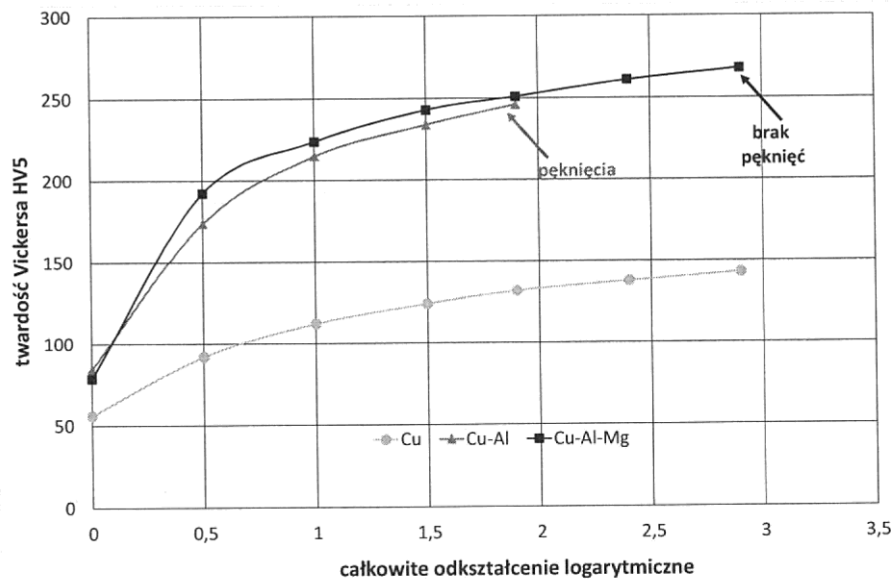


Fig. 2

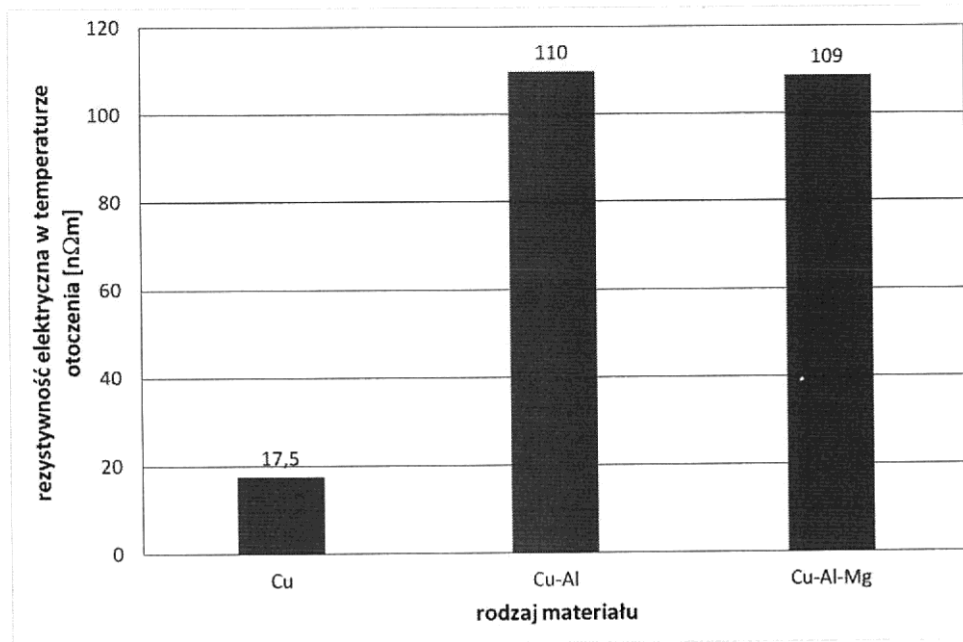


Fig. 3

