

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233057**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423037**

(51) Int.Cl.  
**B23K 1/19 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **03.10.2017**

---

(54) **Sposób łączenia stopów aluminium z nadstopami niklu w procesie lutowania miękkiego**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**08.04.2019 BUP 08/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.08.2019 WUP 08/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TOMASZ WOJDAT, Bogdaszowice, PL**

**ZBIGNIEW MIRSKI, Wrocław, PL**

**KAZIMIERZ DIDUSZKO, Wrocław, PL**

**KAZIMIERZ GRANAT, Oborniki Śląskie, PL**

**KRYSTIAN KISIEL, Jaworzyna Śląska, PL**

**SYLWIA ŁAMASZ, Szymanów, PL**

**AGATA ŻUK, Ostroszowice, PL**

---

**PL 233057 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób łączenia stopów aluminium z nadstopami niklu, przeznaczonych w szczególności do wytwarzania elementów narzędzi pomiarowych na przykład termopar, lutami na osnowie Al-Si, w procesie lutowania miękkiego z użyciem międzywarstw tworzonych ze spoiwa o wyższej temperaturze topnienia.

Wytwarzanie trwałych i funkcjonalnych połączeń lutowanych, zwłaszcza materiałów o zróżnicowanych właściwościach fizykochemicznych, zawsze stanowiło duży problem technologiczny, który wynika głównie z braku uniwersalnych materiałów lutowniczych, takich jak luty i topniki. Wybór materiałów dodatkowych do procesu lutowania materiałów różnoimiennych determinowany jest specyficznymi właściwościami pary spajanych materiałów (na przykład niską temperaturą topnienia, wysoką temperaturą rozkładu tlenków, tworzeniem trudno zwilżalnych faz międzymetalicznych), co może stwarzać problemy związane z uzyskaniem dobrej zwilżalności, powodując obniżenie jakości złącza lub brak możliwości jego wykonania, tak by spełniało one stawiane wymagania eksploatacyjne. Rozwiązaniem problemu może być zastosowanie w procesie lutowania twardego tak zwanej międzywarstwy utworzonej na przykład ze spoiwa lutowniczego o innej, wyższej temperaturze topnienia od temperatury topnienia spoiwa przeznaczonego do wytworzenia połączenia, która będzie przez nie dobrze zwilżana i nie będzie tworzyła z nim kruchych faz międzymetalicznych.

Lutowanie aluminium i jego stopów z nadstopami niklu, z uwagi na dużą różnicę w temperaturze topnienia obydwu metali (Al około 660°C, Ni natomiast 1455°C) oraz zróżnicowane właściwości fizykochemiczne obydwu metali, wykonuje się metodą lutowania twardego z zastosowaniem spoiwa siluminowego na osnowie Al-Si. Zastosowanie lutów na osnowie Al-Si, przy bezpośrednim lutowaniu stopu aluminium z nadstopem niklu, powoduje jednak powstanie silnej reakcji egzotermicznej i miejscowy wzrost temperatury. W efekcie tworzy się na powierzchni stopu niklowego warstwa ze związkami Al i Ni (aluminki niklu) oraz warstwy tlenków, uniemożliwiające powstanie poprawnego połączenia lutowanego.

Z opisu wynalazku US 20140285059 znany jest sposób wytwarzania komutatorów silników elektrycznych o silnym połączeniu pomiędzy warstwą metalową a prętami grafitowymi. Proces lutowania przebiega w dwóch etapach – w pierwszym etapie w procesie lutowania twardego nanosi się warstwę spoiwa twardego na strukturę prętów grafitowych, po czym w drugim etapie, obejmującym lutowanie miękkie za pomocą dodatkowego spoiwa, łączy się pręty grafitowe z arkuszem blachy metalowej.

W rozwiązaniu, znanym z opisu wynalazku US 6949300, do naniesienia warstwy lutu na powierzchnię elementów wymienników ciepła wykonanych z aluminium i jego stopów zaproponowano wysokociśnieniowe natryskiwanie na zimno znane z opisu patentowego numer US 6139913. Nano-szona warstwa poza lutem zawierała inhibitory korozji. Próbne złącza zostały polutowane na twardo w temperaturze 600°C z zastosowaniem atmosfery ochronnej.

Z opisu wynalazku US 4340650 znany jest sposób łączenia kształtek z węglików spiekanych z korpusami narzędzi z wykorzystaniem wielowarstwowego stopu lutowniczego. Dwie warstwy zewnętrzne tworzą stopy lutownicze o ok. 40% niższej temperaturze topnienia od warstwy wewnętrznej, w wyniku czego nie jest ona stapiana w trakcie procesu lutowania piecowego i stanowi międzywarstwę absorbującą naprężenia powstające podczas chłodzenia połączenia, spowodowane różnymi współczynnikami rozszerzalności cieplnej.

Znane jest również rozwiązanie z opisu wynalazku US 20060254830, gdzie do wytwarzania narzędzi tnących, które zawierają: podłoże z naniesioną warstwą diamentową TSP, metalową warstwę pośrednią między warstwą podłoża i warstwą diamentu oraz warstwę lutu zabezpieczającą warstwę diamentową na podłożu.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu łączenia stopów aluminium z nadstopami niklu metodą lutowania miękkiego z wykorzystaniem metalicznej warstwy pośredniej.

Istota sposobu łączenia stopów aluminium z nadstopami niklu w procesie lutowania miękkiego według wynalazku, polega na tym, że na odtłuszczonej i oczyszczonej chemicznie bądź mechanicznie z tlenków powierzchnię jednego z metali nanosi się topnik, następnie powierzchnię metalu na którą naniosło się topnik pokrywa się warstwą lutu, o temperaturze topnienia w zakresie 650÷830°C, która po zakrzepnięciu stanowi pierwszą międzywarstwę metaliczną. Kolejno na powierzchnię drugiego, ze spajanych metali, metalu, po wcześniejszym jej mechanicznym lub chemicznym oczyszczeniu i odtłuszczeniu nanosi się w procesie galwanicznym, powłokę metaliczną stanowiącą międzywarstwę metaliczną drugą. Następnie na obie powierzchnie tak utworzonych międzywarstw metalicznych na-

nosi się topnik a po ustaleniu ich wzajemnego położenia, podgrzewa się je do temperatury lutowania i dozuje w miejsce wytwarzanego zespolenia spoiwo w postaci drutu o temperaturze topnienia w zakresie 183-450°C, którym wytwarza się miękkie połączenie lutowane. Obie międzywarstwy nanosi się na całe powierzchnie przeznaczone do wykonania połączenia lutowanego. Międzywarstwa metaliczna może być наносzona poprzez lutowanie płomieniowe przy użyciu płomienia acetylenowo-tlenowego albo metodą lutowania indukcyjnego.

Korzystnie międzywarstwę metaliczną pierwszą wytwarza się z lutu w postaci drutu na osnowie miedzi, cynku i srebra.

Korzystnie międzywarstwę metaliczną w postaci warstwy lutu nanosi się na nadstop niklu a międzywarstwę w postaci galwanicznej powłoki metalicznej wytwarza się na stopie aluminium.

Korzystnie międzywarstwa metaliczna w postaci warstwy lutu ma grubość od 0,5 do 3 mm.

Korzystnie międzywarstwę w postaci galwanicznej powłoki metalicznej nanosi się o grubości nie mniejszej niż 10 µm.

Korzystnie międzywarstwę w postaci galwanicznej powłoki metalicznej wytwarza się z miedzi albo cynku.

Korzystnie jako spoiwo stosuje się pastę lutowniczą albo drut.

Korzystnie do lutowania miękkiego stopu aluminium z nadstopem niklu, po uprzednim naniesieniu międzywarstw, dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 w postaci pasty lutowniczej.

Korzystnie do lutowania miękkiego stopu aluminium z nadstopem niklu, po uprzednim naniesieniu międzywarstw, dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 przy nagrzewaniu oporowym.

W rozwiązaniu według wynalazku powierzchnię jednego z metali, najlepiej nadstopu niklu, przeznaczoną do utworzenia połączenia lutowanego pokrywa się warstwą lutu twardego, która po zakrzepnięciu stanowi metaliczną międzywarstwę lutowniczą. Międzywarstwa w postaci warstwy lutu może być utworzona z dowolnego spoiwa do lutowania twardego, o temperaturze topnienia wyższej od temperatury topnienia spoiw na osnowie cyny, ale które nie tworzy kruchych faz międzymetalicznych z nadstopami niklu i jest dobrze zwilżane przez spoiwa na osnowie cyny. Do pobielania (nakładania międzywarstwy lutowniczej) może być stosowana dowolna metoda lutowania twardego, umożliwiającą równomierne naniesienie międzywarstwy. Na powierzchnię drugiego metalu, najlepiej stopu aluminium, nanosi się międzywarstwę w postaci powłoki metalicznej przy użyciu metody galwanicznej, która zapewnia równomierne naniesienie warstwy o dobrej przyczepności do podłoża. Cała powierzchnia przeznaczona do procesu lutowania powinna być pokryta odpowiednią międzywarstwą, aby zapewnić jednolite właściwości złącza. Grubość międzywarstwy w postaci warstwy lutu, zasadniczo наносzonej na nadstop niklu, jest dowolna, jednak korzystnym jest zastosowanie grubości powyżej 0,5 mm, co gwarantuje jej trwałość w procesie lutowania. Z kolei grubość międzywarstwy w postaci galwanicznej powłoki metalicznej, korzystnie powłoki miedzianej, наносzonej zasadniczo na powierzchnię stopu aluminium nie powinna być mniejsza niż 10 µm. Elementy przeznaczone do lutowania mogą być wykonane przede wszystkim ze stopów aluminium serii 7000 i nadstopów niklu typu Inconel.

Przedmiot wynalazku objaśniony jest w przykładzie realizacji i na rysunku, na którym pokazano elementy powstającego połączenia lutowanego.

#### P r z y k ł a d 1

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu polega na tym, iż powierzchnię pierwszego metalu nr 1 – stopu niklu Inconel 600 oczyszcza się mechanicznie lub chemicznie z tlenków i odtłuszcza. Następnie na tak przygotowaną powierzchnię stopu niklu – metalu nr 1 nanosi się topnik, a następnie wytwarza się na niej międzywarstwę metaliczną pierwszą nr 3 poprzez pokrycie, pokrytej topnikiem, powierzchni nadstopu niklu – metalu nr 1, stopionym lutem twardym Ag212, w postaci drutu na osnowie miedzi, cynku i srebra o temperaturze topnienia w zakresie 800-830°C. Międzywarstwę metaliczną nr 3 w postaci warstwy lutu o grubości powyżej 0,5 mm nanosi się na całej powierzchni przeznaczonej do wykonania połączenia lutowanego. Nanoszenie pierwszej międzywarstwy metalicznej nr 3 (lutowniczej) może odbywać się dowolną metodą lutowania twardego, najlepiej lutowania płomieniowego przy użyciu płomienia acetylenowo-tlenowego. Następnie powierzchnię drugiego metalu nr 2 – stopu aluminium 7075 oczyszcza się mechanicznie z tlenków i odtłuszcza, po czym na tak przygotowane podłoże nanosi się metodą galwaniczną międzywarstwę metaliczną drugą nr 4 w postaci powłoki metalicznej, która może być utworzona z dowolnego metalu zwilżanego przez spoiwa cynowe albo z miedzi. Bezpośrednio po zakończeniu procesów наносzenia na metale 1, 2 międzywarstw 3, 4, na ich powierzchnie nanosi się topnik nr 5 i ustala się ich wzajemne położenie, po

czym podgrzewa się je płomieniem propanowo-powietrznym do temperatury lutowania miękkiego w zakresie 183-450°C, oraz dozuje się w miejsce połączenia miękkie spoiwo cynowe SnCu3 nr 6 w postaci drutu w celu uzyskania trwałego połączenia lutowanego.

#### Przykład 2

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że międzywarstwę metaliczną 3 nanoszoną na powierzchnię nadstopu niklu – metalu nr 1 stanowi inny rodzaj spoiwa twardego na osnowie miedzi, cynku i/lub srebra, o wyższej temperaturze topnienia od temperatury topnienia spoiw na osnowie Sn, która jest przez nie dobrze zwilżana i nie tworzy kruchych faz międzymetalicznych z nadstopami niklu. Naniesione spoiwo twarde nie powinno być roztwarzane podczas końcowego lutowania miękkiego obydwu metali.

#### Przykład 3

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że międzywarstwę metaliczną nr 4 nanoszoną galwanicznie na powierzchnię stopu aluminium stanowi inny rodzaj metalu, który jest dobrze przyczepny do podłoża i łatwo zwilżany przez spoiwa na osnowie Sn. Mogą stanowić go stopy na osnowie miedzi, niklu i cynku.

#### Przykład 4

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że na powierzchnię nadstopu niklu – metal nr 1 nanosi się międzywarstwę metaliczną nr 3 ze spoiwa w postaci pasty lutowniczej. Pasta lutownicza, stanowiąca mieszaninę proszku lutowniczego z topnikiem i składnikami wiążącymi umożliwia lepszą rozpląwność lutu w porównaniu z lutem i topnikiem, stanowiącymi osobne materiały lutownicze.

#### Przykład 5

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że na powierzchnię nadstopu niklu nanosi się międzywarstwę metaliczną 3 metodą lutowania indukcyjnego. Lutowanie indukcyjne umożliwia szybsze nagrzewanie w porównaniu z lutowaniem płomieniowym, szczególnie w przypadku elementów lutowanych o większej masie.

#### Przykład 6

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że grubość międzywarstwy metalicznej 3 nanoszonej na powierzchnię nadstopu niklu – metalu nr 1 wynosi 3 mm. Taka grubość międzywarstwy umożliwi uzyskanie poprawnego połączenia, nawet w przypadku częściowego roztwarzania podczas końcowego lutowania miękkiego.

#### Przykład 7

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że grubość międzywarstwy metalicznej 4 nanoszonej galwanicznie na powierzchnię stopu aluminium – metalu nr 2 wynosi 5 µm. Taka grubość warstwy może okazać się wystarczającą podczas końcowego lutowania miękkiego cienkich i drobnych elementów, nagrzewanych szybko, tak że nie zdąży się ona rozpuścić podczas nagrzewania.

#### Przykład 8

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że grubość międzywarstwy metalicznej 4, którą nanosi się galwanicznie na powierzchnię stopu aluminium – metalu nr 2 wynosi 30 µm. Tak gruba warstwa metaliczna daje większe prawdopodobieństwo zachowania tej warstwy podczas końcowego lutowania miękkiego.

#### Przykład 9

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że do lutowania miękkiego stopu aluminium z nadstopem niklu, po uprzednim naniesieniu międzywarstw 3, 4, dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 nr 6 w postaci pasty lutowniczej. Pasta lutownicza umożliwia łatwiejsze i wygodniejsze lutowanie w porównaniu z używaniem lutu w postaci drutu i osobnego topnika.

#### Przykład 10

Sposób lutowania miękkiego stopów aluminium z nadstopem niklu, przebiega jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że po uprzednim naniesieniu międzywarstw metalicznych 3, 4 dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 nr 6 przy nagrzewaniu oporowym. Ten sposób nagrzewania w porównaniu z nagrzewaniem płomieniowym umożliwia szybsze nagrzewanie i łatwiejsze opanowanie procesu przez lutowacza.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób łączenia stopów aluminium z nadstopami niklu metodą lutowania miękkiego, w którym metale, z których jeden stanowi nadstop niklu a drugi stop aluminium odtłuszcza się i oczyszcza się z tlenków a następnie łączy spoiwem w postaci lutu, w procesie lutowania miękkiego w temperaturze w zakresie 183+450°C, **znamienny tym**, że przed wytworzeniem trwałego połączenia lutowanego miękkiego metali (1, 2) na, uprzednio odtłuszczoną oraz oczyszczoną z tlenków, powierzchnię jednego z metali (1) nanosi się topnik, który następnie pokrywa się warstwą lutu, o temperaturze topnienia w zakresie 600+830°C, która po zakrzepnięciu tworzy, naniesioną na tym metalu (1), międzywarstwę metaliczną (3), a na powierzchnię drugiego metalu (2) nanosi się w procesie galwanicznym powłokę metaliczną stanowiącą międzywarstwę metaliczną (4) drugą, przy czym przed wytworzeniem trwałego połączenia lutowanego obie międzywarstwy pokrywa się topnikiem (5).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę (3) w postaci warstwy lutu wytwarza się w procesie lutowania płomieniowego przy użyciu płomienia acetylenowo-tlenowego.
3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do wytworzenia międzywarstwy (3) w postaci warstwy lutu używa się lutu z drutu na osnowie miedzi, cynku i/lub srebra.
4. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (4) w postaci powłoki metalicznej utworzonej w procesie galwanizacji wytwarza się z miedzi.
5. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (4) w postaci warstwy lutu wytwarza się ze spoiwa (6) w postaci pasty lutowniczej.
6. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (3) w postaci warstwy lutu wytwarza się metodą lutowania indukcyjnego.
7. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (3) w postaci warstwy lutu wytwarza się w grubości nie mniejszej niż 0,5 mm.
8. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (4) w postaci galwanicznej powłoki metalicznej wytwarza się w grubości nie mniejszej niż 10 µm.
9. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że międzywarstwę metaliczną (3) w postaci warstwy lutu nanosi się na powierzchnię nadstopu niklu, a międzywarstwę metaliczną (4) nanosi się na powierzchnię stopu aluminium.
10. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do lutowania miękkiego stopu aluminium z nadstopem niklu, po uprzednim naniesieniu międzywarstw (3, 4), dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 (6) w postaci pasty lutowniczej.
11. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do lutowania miękkiego stopu aluminium z nadstopem niklu, po uprzednim naniesieniu międzywarstw (3, 4), dozuje się spoiwo cynowe SnCu3 (6) przy nagrzewaniu oporowym.

Rysunek

