(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 242160 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437304**
(22) Data zgłoszenia: **2021.03.15**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.09.19 BUP 38/2022**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.23 WUP 04/2023**

(51) MKP:

C22C 9/01	*(2006.01)*
C22C 9/05	*(2006.01)*
C22C 9/06	*(2006.01)*
B21C 37/04	*(2006.01)*
C22C 1/02	*(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT METALI NIEŻELAZNYCH, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
KAROL KRUKOWSKI, Lublin, PL
KRZYSZTOF MARSZOWSKI, Gliwice, PL
JOANNA KULASA, Będzin, PL
RAFAŁ DRAJEWICZ, Sosnowiec, PL
ALEKSANDER KOWALSKI, Gliwice, PL

(54) Tytuł:
Sposób otrzymywania drutu ze stopu Cu-Al-Mn-Ni-Fe, zwłaszcza do stosowania w technologii przyrostowej

PL 242160 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania drutu ze stopu Cu-Al-Mn-Ni-Fe, zwłaszcza do stosowania w technologii przyrostowej, do druku 3D w procesie WAAM (Wire Arc Addative Manufacturing). Technologia otrzymania drutu wykorzystuje proces odlewania w sposób ciągły oraz ciągnienia półwyrobu w pojedynczych etapach.

Ze stanu techniki znane jest rozwiązanie US3942582 w którym przedstawiony jest sposób wytwarzania walcówki miedzianej, w którym to ciekła miedź jest odlewana w urządzeniu do ciągłego odlewania wyposażonym w pochyloną wnękę formującą, która to zapewnia otrzymanie ciągłego pręta miedzi. Pręt po wyjściu z urządzenia odlewniczego kierowany jest do poziomej walcarki.

Innym rozwiązaniem jest P.427654, gdzie ujawniono wieloetapowy sposób wytwarzania litych drutów spawalniczych obejmujący: oczyszczanie walcówki, ciągnienie walcówki z nawijaniem, odwijanie półwyrobu, ciągnienie na sucho, miedziowanie, mycie-czyszczenie oraz pakowanie. Sposób charakteryzuje się tym, że stosuje się czyszczenie walcówki za pomocą strumienia wody pod wysokim ciśnieniem, reguluje się prędkości ciągnienia na sucho półwyrobu poprzez zastosowanie w miejsce rolki napinającej dodatkowej pętli z tyłu bębna ciągarskiego, stosuje płukanie drutu gorącą wodą pod ciśnieniem, dotrawianie elektro-chemiczne w kwasie siarkowym (H_2SO_4) trzykrotne płukanie i miedziowanie w roztworze siarczanu miedzi ($CuSO_4$), wody i kwasu siarkowego.

Istota rozwiązania jest sposób otrzymywania drutu ze stopu Cu-Al-Mn-Ni-Fe prowadzony poprzez wieloetapową obróbkę cieplną w atmosferze ochronnej charakteryzujący się tym że po wyżarzaniu w temperaturze 700–800°C prowadzi się wyżarzanie półwyrobu w temperaturze o zakresie 450–750°C w czasie 45–60 min, po czym wytrawia się w kąpieli trawiącej w temperaturze 50–60°C przez 50–60 minut, następnie płucze, po czym czyści. Atmosferę ochronną stanowi azot lub próżnia.

Trawienie półwyrobu prowadzi się w 18–20% roztworze kwasku cytrynowego ($C_6H_8O_7$). Czyszczenie prowadzi się cieplno-chemicznie.

Sposób przedstawiono w przykładzie realizacji.

Przykład I

W przykładzie wykonania litego drutu, zwłaszcza do zastosowania w technologiach przyrostowych, wsad ze stopu miedzi zawierającego aluminium, mangan, nikiel, żelazo przy czym masowa zawartość aluminium wynosi 9,0%, manganu 1,5%, niklu 4,0% i żelaza 4,0%, resztę stanowi miedź, topi się w otwartym, przechylnym piecu topielnym, a następnie pod przykryciem węglowym, kąpiel metalową stabilizuje się w temperaturze 1160°C w czasie 40 minut. Po ustabilizowaniu temperatury, ciekły metal przelewa się do pieca odlewniczego utrzymując zadaną temperaturę. Gotową kąpiel stopu odlewa się w sposób ciągły w półwyrób o okrągłym przekroju poprzecznym o średnicy 8,0 mm, zachowując stałość głównych parametrów procesu. Wartość posuwu materiału opuszczającego krystalizator w układzie poziomym wynosi 12,0 mm o prędkości 20,0 mm/s i przyśpieszeniu 300,0 mm/s^2. Postój wynosi 0,0 s, natomiast posuw wsteczny 1,0 mm. Chłodzenie prowadzi się w układzie pierwotnym przy wydatku medium 2,0–4,0 l/min w zależności od konstrukcji obiegu medium w układzie, przy czym temperatura medium chłodzącego na wyjściu z układu mieści się w zakresie 60–80°C. Dodatkowo stosuje się chłodzenie wtórne w postaci kurtyny wodnej. Przygotowany półwyrób w postaci zwiniętego pręta, poddaje się przeróbce plastycznej w procesie ciągnienia na zimno. Odlany półwyrób wymaga kalibracyjnej operacji ciągnienia na ciągarce bębnowej do średnicy 7,6 mm. Jako środek smarny stosuje się proszek mydlany z dodatkiem wapnia. Po kalibracji przekroju, półwyrób poddaje się wysokotemperaturowej obróbce cieplnej w temperaturze 750°C. Obróbkę cieplną prowadzi się przez 60 min z wykorzystaniem atmosfery ochronnej azotu. Po zakończeniu procesu materiał studzi wraz z piecem. Po wyżarzeniu, materiał poddaje się obróbce skórującej do średnicy 7,4 mm. W przypadku skórowania reorganizuje się pojemnik na wejściu do ciągarki na skórujący układ liniowy z montażem wkładki oraz ciągadeł prowadzących. Wymagane jest nałożenie smaru syntetycznego na pierwsze ciągadło prowadzące, polewanie emulsją chłodząco-smarującą wyrobu oraz cykliczne usuwanie wiór, które mogą blokować odpowiednie odprowadzanie ciepła przez medium chłodzące. Efektem tej operacji jest usunięcie resztek tlenków i zanieczyszczeń po wyżarzaniu oraz pozostałości po odlewaniu ciągłym. Po wyrównaniu powierzchni warstwy wierzchniej, półwyrób poddaje się ciągnieniu z gniotem sumarycznym wynoszącym 35% wartości odkształcenia, stosując w pojedynczych ciągach gniot wynoszący 12%. Dla większych przekrojów półwyrobu korzystnie jest stosować jako środek smarny proszek mydlany z dodatkiem wapnia. Natomiast dla drutów poniżej średnicy 2,0 mm proces prowadzić na ciągarce mokrej, stosując emulsję chłodząco-czyszcząco-smarującą o stężeniu 8%. Przed kolejnym wyżarzaniem, w celu przygotowania materiału

do obróbki cieplnej korzystne jest związanie materiału wykorzystując drut, wiązałkowy z tego samego stopu co obrabiany materiał. Następnie związany krąg płucze się ciepłą wodą pod ciśnieniem w celu usunięcia z powierzchni resztek lubrykacji po ciągnieniu oraz suszy sprężonym powietrzem. W zależności od rozmiaru średnicy wyrobu przeprowadza się obróbkę wysokotemperaturową lub obróbkę niskotemperaturową. Ma to na celu zmniejszenie ilości tworzonego się na powierzchni drutu niepożądanego nalotu. Dla wieloetapowego wyżarzania przyjęto następujący schemat przeprowadzania obróbki cieplnej, w zależności od rozmiaru przekroju poprzecznego:

- d > ∅ 6 mm – wyżarzanie w temperaturze 750°C przez godzinę,
- d < ∅ 6 mm – wyżarzanie w temperaturze 650°C przez godzinę,
- d < ∅ 4 mm – zdrowienie w temperaturze 450°C przez 60 minut,
- d < ∅ 2 mm – zdrowienie w temperaturze 450°C przez 45 minut.

Gdzie: d – średnica wyrobu

Po przeprowadzeniu obróbki cieplnej na każdym z wielu etapów procesu, drut trawi się w 20% roztworze kwasku cytrynowego przez około godzinę w temperaturze 55°C przez 60 min, w celu usunięcia nalotu powstałego na powierzchni wyrobu. Konieczne jest, żeby drut został włożony do nagrzanej kąpieli trawiącej. Krąg drutu umieszczony w kąpieli powinien być poluzowany i nie związany, ze względu uzyskanie lepszego efektu końcowego prowadzonej operacji. Po trawieniu drut intensywnie płucze się wodą z resztek kwasku cytrynowego a następnie, przed kolejnym etapem ciągnienia płucze się w emulsji chłodząco-czyszcząco-smarującej. W celu zapewnienia błyszczącej powierzchni wyrobu o odpowiedniej jakości, podczas ciągnienia na rozwiniętej części drutu stosuje się liniowe czyszczenie mechaniczne wykorzystując w tym celu materiał ścierny na suknie o gradacji P80 oraz P120. W przypadku uwidocznienia wad odlewniczych w postaci mikropęknięć lub niedolewów podczas ciągnienia przeprowadza się dodatkowy proces skórowania warstwy wierzchniej wyrobu. Proces przeprowadza się koniecznie na miękkim materiale, przed ciągnieniem, skrawając odpowiednią wartość grubości warstwy na obwodzie przekroju poprzecznego wyrobu, zapewniając usunięcie widocznych wad. Postępując zgodnie z przyjętym schematem drut przeciąga się aż do otrzymania finalnej średnicy o końcowym wymiarze ∅ 1,0 mm. Przed nawinięciem materiału na szpulę czyści się powierzchnię drutu z pozostałości po operacjach produkcyjnych, w tym pozostałej na powierzchni lubrykacji po ciągnieniu. Najpierw wiązkę drutu płucze się ciśnieniowo wodą, a następnie w specjalnej emulsji z użyciem ultradźwięków przez 40 minut w 40°C wykorzystując w tym celu myjkę ultradźwiękową. W kolejnej operacji płucze się wiązkę drutu w 10% procentowym roztworze alkoholu izopropylowego w wodzie destylowanej. Celem tego zabiegu jest oczyszczenie powierzchni z emulsji używanej w myjce ultradźwiękowej, która po wysuszeniu może pozostawać przebarwienia i nieestetyczny wygląd nawiniętej szpuli. Gotowy wyrób nawija się na szpulę SD 300 K.

Przykład II

Wytwarzanie drutu według opisanego sposobu może odbywać się również dla stopu miedzi zawierającego aluminium, mangan, nikiel, żelazo przy czym masowa zawartość aluminium wynosi 8,0%, manganu 8,0%, niklu 2,0% i żelaza 2,5%, resztę stanowi miedź. W tym przykładzie, odlewa się w sposób ciągły w układzie poziomym, półwyrób o okrągłym kształcie przekroju poprzecznego oraz przygotowuje do przeróbki plastycznej w procesie ciągnienia na zimno jak w przykładzie I. Po przygotowaniu półwyrobu, poddaje się go ciągnieniu z maksymalnym gniotem sumarycznym wynoszącym 40%, wartości odkształcenia, stosując w pojedynczych ciągach gniot 14%. Wszystkie operacje wykonane w odniesieniu do ciągnienia drutu są takie same jak w przykładzie I. Postępując zgodnie z przyjętym schematem drut przeciąga się wraz z zachowaniem wieloetapowych zabiegów międzyoperacyjnych, aż do otrzymania finalnej średnicy o końcowym wymiarze ∅ 1,0 mm. Przed nawinięciem materiału na szpulę czyści się powierzchnię drutu z pozostałości po operacjach produkcyjnych, w tym pozostałej na powierzchni lubrykacji po ciągnieniu jak w przykładzie I. Gotowy wyrób nawija się na szpulę SD 300 K.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób otrzymywania drutu ze stopu Cu-Al-Mn-Ni-Fe prowadzony poprzez wieloetapową obróbkę cieplną w atmosferze ochronnej, **znamienny tym**, że po wyżarzaniu w temperaturze 700–800°C prowadzi się wyżarzanie półwyrobu w temperaturze o zakresie 450–750°C w czasie 45–60 min, po czym wytrawia się w kąpieli trawiącej, w temperaturze 50–60°C przez 50–60 minut, a następnie płucze, po czym czyści.

2. Sposób otrzymywania drutu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że atmosferę ochronną stanowi azot.
3. Sposób otrzymywania drutu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że atmosferę ochronną stanowi próżnia.
4. Sposób otrzymywania drutu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że trawienie półwyrobu prowadzi się w 18–20% roztworze kwasku cytrynowego ($C_6H_8O_7$).
5. Sposób otrzymywania drutu według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czyszczenie prowadzi się cieplno-chemicznie.