



⑤④

**Sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych, zwłaszcza warstwowych**

④③

Zgłoszenie ogłoszono:  
12.12.1994 BUP 25/94

④⑤

O udzieleniu patentu ogłoszono:  
31.01.1997 WUP 01/97

⑦③

Uprawniony z patentu:  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
im.Stanisława Staszica, Kraków, PL

⑦②

Twórcy wynalazku:  
Jan Richert, Kraków, PL  
Józef Zasadziński, Kraków, PL  
Maria Richert, Kraków, PL  
Wojciech Libura, Kraków, PL

⑦④

Pełnomocnik:  
Adamek-Obłąkowska Maria, Akademia  
Górniczo-Hutnicza im.Stanisława Staszica

⑤⑦

1. Sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych, zwłaszcza warstwowych, polegający na zastosowaniu wysokotemperaturowej obróbki plastycznej **znamienny tym**, że polimetaliczny materiał wyjściowy (5) złożony z warstwy zewnętrznej (6) i warstw wewnętrznych (6 i 7) różnych stopów i metali poddaje się obróbce plastycznej w temperaturze, w której warstwa zewnętrzna (6) i co druga warstwa wewnętrzna są odkształcane plastycznie w temperaturze niższej od solidusu stopu lub topienia metalu, a co druga warstwa wewnętrzna (7), wykonana z innego stopu, jest odkształcana plastycznie w temperaturze wyższej od solidusu a niższej od likwidusu tego stopu.

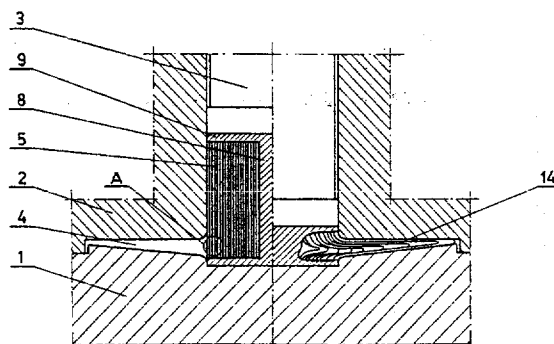


Fig.1

# Sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych, zwłaszcza warstwowych

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych, zwłaszcza warstwowych, polegający na zastosowaniu wysokotemperaturowej obróbki plastycznej **znamienny tym**, że polimetaliczny materiał wyjściowy (5) złożony z warstwy zewnętrznej (6) i warstw wewnętrznych (6 i 7) różnych stopów i metali poddaje się obróbce plastycznej w temperaturze, w której warstwa zewnętrzna (6) i co druga warstwa wewnętrzna są odkształcane plastycznie w temperaturze niższej od solidusu stopu lub topienia metalu, a co druga warstwa wewnętrzna (7), wykonana z innego stopu, jest odkształcana plastycznie w temperaturze wyższej od solidusu a niższej od likwidusu tego stopu.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że polimetaliczny materiał wyjściowy (5) otrzymuje się nawijaniem cienkich taśm (6 i 7) różnych stopów i metali na walcowy lub pierścieniowy rdzeń (8) wykonany ze stopu lub metalu, przy czym taśmy ze stopów lub metali przeznaczonych do odkształcania plastycznego w stanie stałym (6) nakłada się na taśmy ze stopów przeznaczonych do odkształcania plastycznego w stanie półciekłym (7).

3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dodatkowo pomiędzy warstwy (6 i 7) wprowadza się miejscowo w żądanej odległości promieniowej i obwodowej metaliczne wkładki wzmacniające (10) o temperaturze topnienia wyższej od temperatury kształtowania wyrobu kompozytowego.

4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dodatkowo pomiędzy warstwy (6 i 7) wprowadza się materiały sypkie (11) złożone z proszków lub włókien metalicznych i ceramicznych.

5. Sposób według zastrz. 1 albo 3 albo 4, **znamienny tym**, że unieruchomienia warstw (6 i 7) i innych materiałów (10 i 11) znajdujących się pomiędzy ich powierzchniami dokonuje się przez plastyczne odkształcenie kołnierzy (9) rdzeni nawojowych (8).

6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że pełnego unieruchomienia i uszczelnienia materiałów (10 i 11) znajdujących się pomiędzy warstwami (6 i 7) dokonuje się przez wciśnięcie zewnętrznej tulejki osłonowej (12), wykonanej ze stopu lub metalu o temperaturze topnienia wyższej od temperatury plastycznego kształtowania wyrobu kompozytowego (14).

\* \* \*

Przedmiotem wynalazku jest sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych, zwłaszcza warstwowych, który może znaleźć zastosowanie przy wytwarzaniu wyrobów wielowarstwowych, polimetalicznych i metalowo-ceramicznych za pomocą procesów wyciskania i kucia matrycowego.

Wytwarzanie warstwowych wyrobów i półwyrobów o płaskim kształcie nie nastęrcza większych trudności technologicznych. Dokonywane jest najczęściej łączeniem blach metodą wybuchową i ich walcowaniem na gorąco i na zimno do żądanych wymiarów. Natomiast technologia wytwarzania objętościowych wyrobów warstwowych o zmiennym kształcie zewnętrznym, wykorzystująca procesy wyciskania i kucia matrycowego, jest znacznie trudniejsza.

Znany sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów warstwowych polega na obróbce plastycznej materiałów wyjściowych otrzymanych przez wyciskanie ich z płaskich półfabrykatów warstwowych, głównie blach i taśm otrzymanych metodą wyżej przedstawioną.

Wadą tego sposobu są znaczne straty materiałowe wynikające z wycinania materiałów wyjściowych o kształcie walcowym.

Znany jest również sposób wytwarzania bimetalowych i trójwarstwowych wyrobów objętościowych otrzymywanych wyciskaniem współbieżnym i przeciwbieżnym z materiałów wyjściowych złożonych z warstw nie połączonych wcześniej ze sobą w sposób trwały. Ich trwałe połączenie osiąga się w wyniku spajania zachodzącego w czasie kształtowania plastycznego wyrobów na gorąco lub zimno.

Wadą tego sposobu jest ograniczona liczba warstw łączonych oraz zła jakość złączy międzywarstwowych, zwłaszcza w obszarach o małych odkształceniach plastycznych.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że polimetaliczny materiał wyjściowy złożony z warstwy zewnętrznej i warstw wewnętrznych różnych stopów i metali poddaje się obróbce plastycznej w temperaturze, w której warstwa zewnętrzna i co druga warstwa wewnętrzna są odkształcane plastycznie w temperaturze niższej od solidusu stopu lub topnienia metalu, a co druga warstwa wewnętrzna, wykonana z innego stopu, jest odkształcana plastycznie w temperaturze wyższej od solidusu a niższej od likwidusu tego stopu. Polimetaliczny materiał wyjściowy o budowie warstwowej otrzymuje się nawijaniem cienkich taśm różnych stopów i metali na walcowy lub pierścieniowy rdzeń wykonany ze stopu lub metalu, przy czym taśmy ze stopów lub metali przeznaczonych do odkształcania plastycznego w stanie stałym nakłada się na taśmy ze stopów przeznaczonych do odkształcania plastycznego w stanie półciekłym. Dodatkowo pomiędzy warstwy wprowadza się miejscowo w żądanej odległości promieniowej i obwodowej metaliczne wkładki wzmacniające o temperaturze topienia wyższej od temperatury plastycznego kształtowania wyrobu kompozytowego. Przy innych wymaganiach użytkowych wyrobu dodatkowo pomiędzy warstwy wprowadza się materiały sypkie złożone z proszków lub włókien metalicznych i ceramicznych. Unieruchomienia warstw i innych materiałów znajdujących się pomiędzy ich powierzchniami dokonuje się przez plastyczne odkształcenie kołnierzy rdzeni nawojowych. Pełnego unieruchomienia i uszczelnienia materiałów znajdujących się pomiędzy warstwami dokonuje się przez wciśnięcie zewnętrznej tulejki osłonowej, wykonanej ze stopu lub metalu o temperaturze topnienia wyższej od temperatury plastycznego kształtowania wyrobu kompozytowego.

W sposobie według wynalazku, wykorzystano korzystny efekt zwilżania fazą ciekłą stopu wszystkich łączonych powierzchni, przy czym co najważniejsze nie dopuszczono do niekorzystnego, swobodnego wypływu fazy ciekłej stopu na zewnątrz kształtowanego wyrobu. Do częściowego wypływu fazy ciekłej z warstw wewnętrznych dopuszczono jedynie w przypadku wprowadzenia dodatkowych materiałów pomiędzy dwie główne warstwy kompozytu, jednej odkształcanej w stanie stałym i drugiej w stanie półciekłym. Zapewnia to wypełnienie fazą ciekłą wszystkich najmniejszych pustek i porów międzywarstwowych w czasie plastycznego odkształcania kompozytu.

Sposób plastycznego kształtowania objętościowych wyrobów kompozytowych ilustruje rysunek, na którym fig. 1 przedstawia w przekroju osiowo-wzdłużnym układ narzędzi przed rozpoczęciem (lewa połowa) i po zakończeniu (prawa połowa) procesu kształtowania wyrobu warstwowego wyciskaniem promieniowym, fig. 2 - szczegół A, fig. 1 - ukazujący rozmieszczenie głównych warstw w polimetalicznym materiale wyjściowym, fig. 3 - szczegół przekroju poprzecznego materiału wyjściowego, ukazujący rozmieszczenie wkładek wzmacniających pomiędzy głównymi warstwami, fig. 4 - szczegół materiału wyjściowego ukazujący usytuowanie dodatkowych warstw z materiału sypkiego, a fig. 5 - warstwowy materiał wyjściowy umieszczony na pierścieniowym rdzeniu i uszczelniony tulejką osłonową.

Celem ukształtowania plastycznego wyrobu kompozytowego wyciskaniem promieniowym wykonuje się zestaw narzędzi złożony z trzech głównych elementów: matrycy 1, pojemnika 2 i stempla 3. Zamknięta przestrzeń znajdująca się pomiędzy tymi elementami tworzy wykroj matrycowy 4. Po odsunięciu stempla 3, do wykroju matrycowego wprowadza się warstwowy materiał wyjściowy 5. Materiał wyjściowy 5 przygotowuje się z dwóch głównych warstw: aluminiowej 6 (gat. A1) przeznaczonej do odkształcania plastycznego na gorąco w fazie stałej oraz duraluminiowej 7 (gat. PA6) przeznaczonej do odkształcania w stanie półciekłym. Najkorzystniej wielowarstwową budowę materiału wyjściowego 5 uzyskuje się przez nawijanie dwóch taśm o grubości 0,2 mm, aluminiowej 6 i duraluminiowej 7, na

aluminiowe rdzenie 8, mające dwa kołnierze. W zależności od przeznaczenia użytkowego wyrobu warstwowy materiał wyjściowy przygotowuje się w nieco odmiennych postaciach. W tym celu dodatkowo pomiędzy taśmy aluminiowe 6 i duraluminiowe 7 wprowadza się inne materiały w postaci stalowych wkładek wzmacniających 10 lub ceramicznych proszków ( $Al_2O_3$ ) 11. Po nawinięciu taśm 6 i 7, z udziałem lub bez udziału dodatkowych materiałów 10 i 11, dokonuje się unieruchomienia przez niewielkie ściśnięcie plastyczne kołnierzy 9, zwłaszcza w ich części zewnętrznej. W niektórych przypadkach do pełnego unieruchomienia i uszczelnienia materiału wyjściowego można zastosować aluminiową tulejkę osłonową 12, którą wciska się na kołnierze 9 rdzenia 8.

Proces kształtowania plastycznego prowadzi się w takiej temperaturze, w której aluminiowa warstwa 6, wychodząca całym obwodem na zewnątrz materiału wyjściowego, jest odkształcana w stanie ciekłym, czyli w temperaturze niższej od temperatury topnienia aluminium ( $T < T_m = 933 \text{ K}$ ), a co druga warstwa wewnętrzna będąca warstwą duraluminiową 7, jest odkształcana plastycznie w stanie półciekłym ( $T_s < T < T_1$ ), czyli w temperaturze wyższej od solidusu stopu duraluminiowego ( $T_s = 787 \text{ K}$ ) i niższej od jego likwidusu ( $T_1 = 918 \text{ K}$ ). Zatem przed rozpoczęciem procesu cały zestaw narzędziowy wraz z warstwowym materiałem wyjściowym 5 nagrzewa się do temperatury  $T = 850 \text{ K}$ , będącej mniejszą od  $T_m = 933 \text{ K}$  (Al) i  $T_1 = 918 \text{ K}$  (PA6), a większą od  $T_s = 787 \text{ K}$  (PA6).

W czasie procesu stempel 3, poruszający się w pojemniku 2 pod wpływem działania prasy hydraulicznej, wymusza wypełnienie wykroju matrycowego 4 w ściskającym stanie naprężenia. Pod wpływem takiego stanu część fazy ciekłej stopu PA6 usiłuje wypłynąć na zewnątrz powierzchni odkształcanej warstwy 7. Jednakże zgodnie z wynalazkiem do takiego niekorzystnego zjawiska nie dochodzi, gdyż swobodny wypływ fazy ciekłej jest zahamowany aluminiową warstwą 6. W tych warunkach uzyskuje się korzystne zwilżenie fazą ciekłą stopu PA6 wszystkich wewnętrznych powierzchni stykowych 13 głównych warstw kompozytu 6 i 7. Po skryształizowaniu fazy ciekłej następuje trwałe połączenie warstw gotowego wyrobu kompozytowego 14.

W przypadku użycia warstwowego materiału wyjściowego 5 ze stalowymi wkładkami wzmacniającymi 10, już w początkowym okresie procesu plastycznego kształtowania wyrobu 14, dochodzi do wypełnienia wszystkich pustych miejsc międzywarstwowych 15, i to nie tylko fazą ciekłą, ale także fazą stałą stopu.

W przypadku użycia warstwowego materiału wyjściowego 5 z dodatkową warstwą proszku ceramicznego ( $Al_2O_3$ ) 11 część fazy ciekłej stopu PA6 wypływa z warstwy 7 do warstwy proszkowej 11, przenika ją całkowicie i po zwilżeniu aluminiowej warstwy 6 tworzy trwałe połączenie wszystkich warstw 6, 11 i 7.

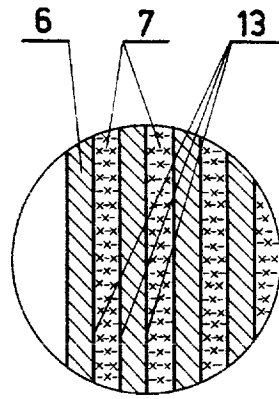


Fig. 2

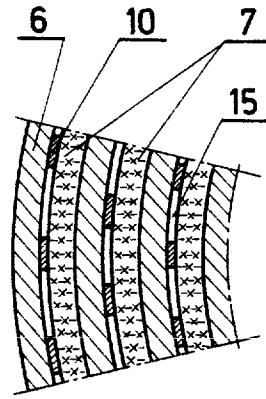


Fig. 3

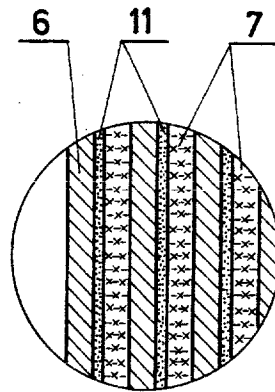


Fig. 4

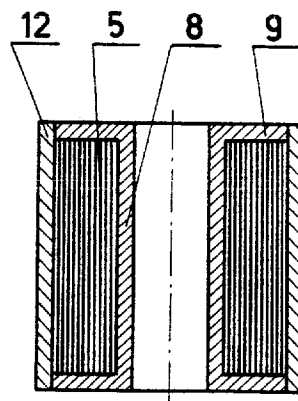


Fig. 5

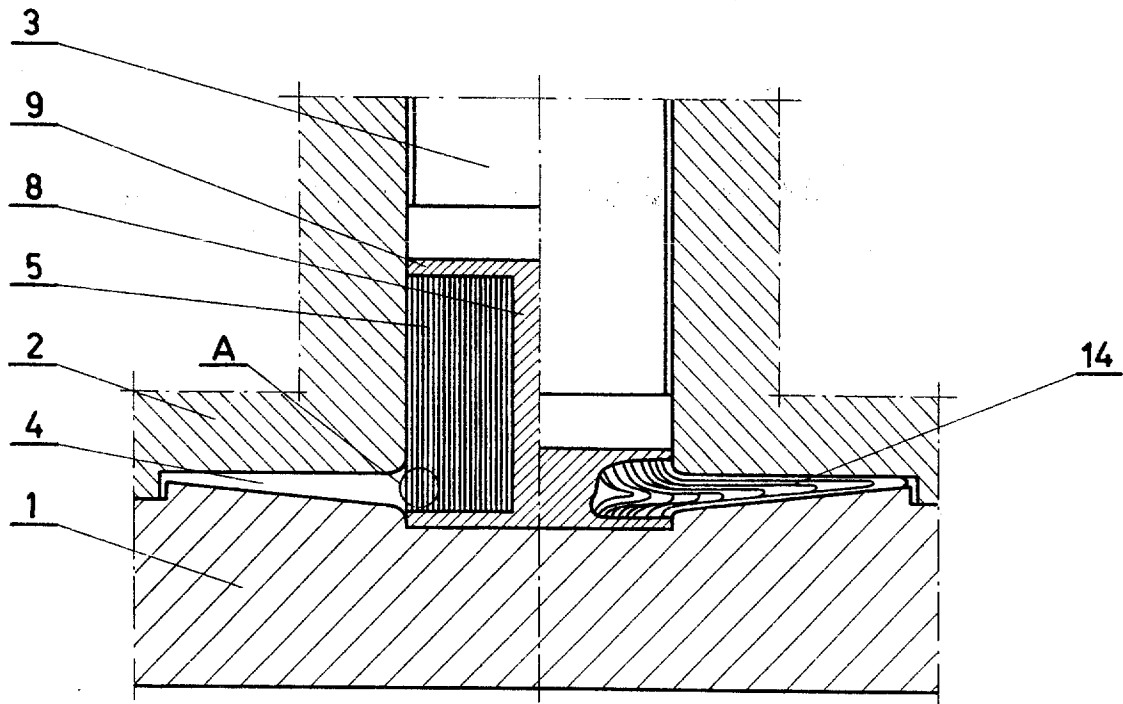


Fig.1