

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241832**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425286**

(22) Data zgłoszenia: **19.04.2018**

(51) Int.Cl.

B09B 3/00 (2006.01)

C22C 1/08 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

(54)

Sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

21.10.2019 BUP 22/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

12.12.2022 WUP 50/22

(73) Uprawniony z patentu:

**CREATEC SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Stalowa Wola, PL
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TOMASZ TOKARSKI, Kraków, PL
MICHAŁ KWIATKOWSKI, Jedlicze, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Dorota Rządewska

PL 241832 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów poprzez ich przerób w produkt będący zestaloną pianą.

Wióry metaliczne, np. z aluminium i jego stopów powstają w bardzo dużej ilości jako odpad w procesach ubytkowej obróbki mechanicznej metali. Tylko w okresie styczeń 2016 – grudzień 2016 światowy przemysł wyprodukował 60 000 ton aluminium (według <http://www.world-aluminium.org/statistics/>). Szacuje się, że odpad w postaci wiórów i pyłów stanowi 5% tej wartości, co daje około 3000 ton. Dlatego istnieje potrzeba ich utylizacji i przekształcenia w użyteczne materiały. Potrzeba ta może zostać zrealizowana w wyniku przekształcenia wiórów z aluminium i jego stopów w elementy utworzone z piany metalicznej.

Piany metaliczne są stosunkowo nowymi i jeszcze mało znanymi materiałami, które dzięki swoim specyficznym właściwościom znajdują coraz więcej ciekawych zastosowań. Najczęściej spotykanym rodzajem pian metalicznych są piany aluminiowe, głównie z powodu małej gęstości i łatwości obróbki aluminium. Zalety pian metalicznych to niska waga, duża wytrzymałość mechaniczna, izolacyjność akustyczna, cieplna i elektromagnetyczna oraz zdolność do absorpcji znacznych ilości energii, np. wybuchu. Doświadczenie wskazuje, że zastosowanie pian powinno być przewidziane we wczesnej fazie koncepcji wyrobu, wówczas jest szansa na pełne wykorzystanie ich zalet i uniknięcie skutków ich ograniczeń.

Piany metaliczne, w tym aluminiowe, posiadają bardzo zróżnicowane właściwości które w dużej mierze zależą od metody ich wytwarzania. Otrzymywane piany różnią się grubością ścianek pomiędzy porami, wielkością porów, a zatem i gęstością. Wyróżnić można też dwa rodzaje porów – zamknięte i otwarte. Z punktu widzenia użytkownika oznacza to różną masę, wytrzymałość oraz zróżnicowane właściwości takie jak izolacyjność termiczna, akustyczna oraz zdolność do pochłaniania fal elektromagnetycznych i energii oraz przydatność np. do celów filtracyjnych (konieczne piany z otwartymi porami).

Najogólniejszy podział metod wytwarzania pian obejmuje proces topienia z wykorzystaniem dodatków stabilizujących i/lub spieniających oraz metody metalurgii proszków, w których piana powstaje w wyniku dodania środków spieniających (porotwórczych) i/lub stabilizujących. Są też możliwe kombinacje obu metod. Wśród metod metalurgicznych dominują techniki odlewnicze dające piany zarówno z aluminium, jak i ze stali, z otwartymi porami i pozwalające na dużą dowolność w kształtowaniu produkowanych detali. Przy zastosowaniu form wklęsłych można dość dokładnie i w szerokich granicach regulować gęstość otrzymywanej piany. Metodą topienia i odlewania metalu z dodatkiem środków porotwórczych lub z nadmuchem powietrza tworzącego pęcherze, można wytwarzać wielkowymiarowe (wielkości kilku metrów sześciennych) bloki piany o niewielkiej gęstości. Przy obecnym stanie techniki metoda ta nie pozwala na uzyskanie detali nie wymagających już obróbki wykańczającej lub o kształtach bliskich docelowym (Near Net Shape), za to otrzymywane bloki pianowe można łatwo obrabiać mechanicznie. Powierzchnia detali otrzymywanych w wyniku ubytkowej obróbki mechanicznej ma oczywiście widoczną strukturę porów.

Procesy bazujące na metalurgii proszków umożliwiają wytwarzanie w formach kokilowych detali o kształtach docelowych lub bliskich docelowym. Surowcem w tym przypadku jest proszek metaliczny zmieszany z także sproszkowanym środkiem porotwórczym, następnie zagęszczony do stanu bliskiego gęstości teoretycznej metalu lub jego stopu. Jest on zasypywany do form w ilościach odpowiadających założonej gęstości wytwarzanej piany i podgrzewany do temperatury powyżej temperatury rozpadu czynnika spieniającego i bliskiej temperaturze topnienia metalu. Podgrzanie, a następnie chłodzenie ze ściśle kontrolowaną, zmienną szybkością w zamkniętej formie powoduje rozprężanie porotwórczego gazu do pełnego i równomiernego wypełnienia formy. Otrzymuje się pianę z aluminium lub jego stopów o gęstości między 0,25 i 0,9 g/cm³ z zamkniętymi porami i ciągłą powierzchnią zewnętrzną. Metoda daje również możliwość wytwarzania płaskich struktur wielowarstwowych zamkniętych między „okładkami” z blachy lub folii aluminiowej, które są nawalcowywane na powierzchnie piany dając materiał nierozłączny na styku piany i litego metalu. Wytwarzanie warstwy lub warstw piany aluminiowej w metalowych okładkach daje lekki materiał kompozytowy o dużej wytrzymałości na zginanie i skręcanie, który dzięki eliminacji organicznych substancji wiążących może być stosowany w podwyższonej temperaturze. W tym procesie nawalcowana blacha może być dość dowolnie formowana przed spienieniem matrycy i dzięki temu można wytwarzać trójwymiarowe struktury warstwowe o złożonych kształtach.

Dotychczas dominującym obszarem zastosowań pianek aluminiowych są elementy rozpraszające energię mechaniczną uderzeń. Typowe zastosowania tego typu to zderzaki pojazdów szynowych lub elementy chroniące pojazdy jednośladowe przy wywrotkach. Kolejnym dość rozwiniętym obszarem zastosowania jest wykorzystanie pian metalicznych w architekturze, gdzie stosowane są jako elementy dekoracyjne na fasadach i wnętrzach pomieszczeń. Piany o porach otwartych (nieciągłych ściankach) są doskonałym materiałem tłumiącym dźwięki. Są z reguły odlewane w preformach solnych o kształcie docelowym. Piany metaliczne bardzo dobrze sprawdzają się w warunkach, gdzie są narażone na oddziaływanie gorących i agresywnych gazów. W takich zastosowaniach wyraźną przewagą nad elementami z kompozytów na bazie tworzyw sztucznych jest ich odporność na wysoką temperaturę i korozję wywołaną obecnością agresywnych związków chemicznych. Wykorzystuje się również inne zalety pian metalicznych, w tym zdolność ekranowania fal elektromagnetycznych i, w przypadku pian o porach zamkniętych, ograniczoną przewodność cieplną i elektryczną. Piany metaliczne znajdują zastosowanie w budownictwie (stany surowe), budowie statków, samochodów, kontenerów, lokomotyw i wagonów kolejowych. Są tam stosowane jako lekkie, dźwiękochłonne ścianki działowe, siedziska, płyty podłogowe i sufitowe, pełnią także funkcje samonośnych ekranów elektromagnetycznych. Mniejsze elementy pianowe służą jako części ogrodzeń, znaki i tablice drogowe i opisane już elementy zabezpieczające. Rozszerzenie zakresu zastosowań m.in. na nowe elementy zabezpieczające i ozdobne zależy od rozwoju niezawodnych, tanich i wydajnych procesów technologicznych, zwłaszcza metod proszkowych.

W stanie techniki znane są sposoby tworzenia pian metalicznych bazujące na metalurgii proszków z wykorzystaniem środków porotwórczych. Przykładowo, w zgłoszeniu opisu patentowego US2004258553 jako środek porotwórczy zastosowano proszki tlenku glinu i wodorotlenku glinu. Powszechnie stosowanym środkiem porotwórczym jest wodorek tytanu jak ujawniono między innymi w opisie patentowym AT405946. Zgłoszenie opisu patentowego US4273582 opisuje sposób wytwarzania spiekanych metalowych korpusów, obejmujący etapy dostarczania mieszaniny sproszkowanego metalu lub stopu i co najmniej jednego wypełniacza porotwórczego, który jest drobnoziarnistą solą, odparowującą w temperaturze spiekania metalu lub stopu, ogrzewania mieszaniny do temperatury spiekania metalu lub stopu pod próżnią, przy czym wypełniacz odparowuje z mieszaniny, pozostawiając porowaty spiekany metalowy korpus i odzyskania porowatego spiekanego metalowego korpusu. Spiekane korpusy metalowe są szczególnie użyteczne do produkcji elektrod baterii.

Zgłoszenie opisu patentowego US2008314546 ujawnia sposób metalurgicznego wytwarzania spienionego produktu metalicznego z proszku obejmujący:

- mieszanie sproszkowanego metalu zawierającego co najmniej jeden metal i/lub stop metalu;
- prasowanie sproszkowanego metalicznego materiału w celu utworzenia stabilnego wymiarowo półproduktu pod ciśnieniem 200–400 MPa i w temperaturze niższej niż 400°C;
- umieszczanie półproduktu w komorze, która jest przystosowana do pracy pod wysokim ciśnieniem;
- uszczelnienie komory;
- podgrzewanie półproduktu do temperatury topnienia sproszkowanego materiału metalicznego;
- po osiągnięciu odpowiedniej temperatury następuje zmniejszeniu ciśnienia w komorze tak, że półprodukt zaczyna tworzyć metalową pianę;
- obniżenie temperatury produktu porowatego w celu zestalenia metalowej piany.

Ujawniony w zgłoszeniu opisu międzynarodowego WO2007/137681 wynalazek dotyczy sposobu spieniania metalu, w szczególności do wytwarzania korpusu z piany metalicznej, w którym spieniana jest mieszanina materiału z recyklingu (na przykład wiórów) co najmniej jednego składnika metalicznego i co najmniej jednego środka spieniającego.

Znany jest zatem w stanie techniki sposób recyklingu elementów metalicznych (wiórów/skrawek) poprzez ich przekształcenie w metaliczne piany. Niemniej jednak wymaga on użycia dodatkowego środka spieniającego co ma przełożenie na przebieg procesu technologicznego. W innych znanych sposobach wytwarzania pian aluminiowych, wprawdzie nie dodaje się środka spieniającego, jednak przeprowadzenie procesu wymaga wtedy skomplikowanej sekwencji etapów i technologia jest energochłonna i co się z tym wiąże kosztowna.

Celem wynalazku jest zapewnienie sposobu recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów poprzez ich przerób w produkt będący zestaloną pianą, który nie wymaga stosowania dodatkowych

środków takich jak porotwory, stabilizatory czy też gazy do przedmuchiwania i ponadto pozwala na wyeliminowanie potrzeby ogrzewania do wysokich temperatur powyżej temperatury topnienia surowca metalicznego (przetapiania materiału).

Przedmiotem wynalazku jest sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów, zawierających organiczne zanieczyszczenia obecne na ich powierzchni w produkt o postaci zestalonej piany, poprzez ich obróbkę obejmującą następujące etapy: a) prasowanie wiórów pod ciśnieniem 300 MPa; b) wyciskanie półproduktu na gorąco w temperaturze około 400°C i d) spienianie uzyskanego materiału, charakteryzujący się tym, że, obejmuje następujące etapy:

- a) prasowanie wiórów prowadzi się w temperaturze pokojowej w przestrzenną postać półproduktu w formie prętów;
- c) podgrzanie półproduktu do temperatury bliskiej temperatury topnienia materiału, przy czym podgrzanie półproduktu prowadzi się z szybkością wzrostu temperatury większą niż 1000°C na minutę, pod ciśnieniem atmosferycznym;
- d) zatrzymuje się podgrzewanie poprzez wyłączenie mocy urządzenia grzewczego w momencie maksymalnego wzrostu piany,
- e) obniża się temperaturę spienionego materiału dla utrwalenia postaci piany.

Korzystnie sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów, charakteryzuje się tym, że przed etapem a) następuje przygotowanie wiórów z aluminium lub jego stopów do kolejnych etapów, przy czym przygotowanie może być realizowane poprzez rozdrobnienie i/lub utlenienie.

Korzystnie rozdrobnienie prowadzi się do wielkości wiórów poniżej 0,2 mm, korzystniej poniżej 0,1 mm.

Korzystnie przestrzenną formą półproduktu jest półprodukt o przekroju koła lub wielokąta.

Korzystnie sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów, charakteryzuje się tym, że organicznymi zanieczyszczeniami są pozostałości emulsji po procesie skrawania metalu.

Korzystnie sposób recyklingu wiórów z aluminium charakteryzuje się tym, że zawartość organicznych zanieczyszczeń nie przekracza 15% wagowych.

Korzystnie sposób recyklingu wiórów z aluminium charakteryzuje się tym, że w etapie c) nie następuje całkowite przetopienie półproduktu.

Stosowany w opisie termin „wióry z aluminium lub jego stopów” oznacza drobne elementy metalicznego materiału złomowego z aluminium lub jego stopów, stanowiące odpad powstały w procesie toczenia, frezowania a szczególnie cięcia, zawierający organiczne zanieczyszczenia obecne na ich powierzchni. Sposób według wynalazku wykorzystuje obecne w wióрах zanieczyszczenia organiczne, które podczas zwiększenia temperatury gwałtownie przechodzą w fazę gazową i wydzielone gazy są źródłem porów tworzących się w podgrzewanym metalu lub jego stopie. Z uwagi na koncepcję wykorzystania w wynalazku obecnych na wióрах zanieczyszczeń, bardzo istotny jest dla realizacji wynalazku etap przygotowania materiału do poddania go procesowi według wynalazku.

Wstępne utlenianie wiórów i/lub mielenie nie zawsze jest konieczne podczas przygotowania wiórów – dobór środków zależy od sposobu obróbki mechanicznej, z której pochodzą wióry i rodzaju stopu.

Dobór środków w etapie przygotowania wiórów do procesu pozwala na sterownie stabilnością piany celem otrzymywania piany o określonych właściwościach jak również rozwija znacząco zakres przetwarzanych odpadów – począwszy od najgorszych bardzo drobnych odpadów z procesu cięcia na piłach do dużych wiórów z procesu skrawania zgrubnego. Rozdrobnienie jest operacją dodatkową stosowaną zwłaszcza gdy dostarczony materiał (wióry) jest wymiarowo za duży aby prawidłowo przeprowadzić proces spieniania celem osiągnięcia pian o pożądanych parametrach. Rozdrobnienie powinno prowadzić do zmniejszenia rozmiarów wiórów do poziomu mniejszego od 0,2 mm. Materiał wyjściowy rozdrabnia się najczęściej na sucho w młynach kulowych, których kule wykonane są najkorzystniej z Al_2O_3 .

Utlenianie służy kontroli lepkości stopu, przetapianego materiału przed i w trakcie procesu spieniania. Utlenianie aluminium do tlenku aluminium (jeśli zachodzi konieczność zastosowania tego etapu) realizuje się poprzez rozmieszczenie wiórów na płaskim ruszcie oraz podgrzaniu do odpowiedniej temperatury i przedmuchaniu powietrzem/tlenem, które są środkiem utleniającym. W wyniku procesu utleniania zwiększa się grubość warstwy tlenków aluminium. Warstwa zwiększa lepkość stopu – piana jest bardziej stabilna podczas formowania. Ponadto – im więcej cząstek o optymalnej ale dość małej wielkości, tym większa (optymalna) powierzchnia właściwa wiórów zdolna do pokrycia tlenkiem. Utlenianie zgodnie z wynalazkiem pozwala więc wyeliminować dodatek cząstek ceramicznych jaki stosuje

się w sposobach według stanu techniki (nawet w ilości do 20% objętościowych) do stosunkowo małych cząstek aluminium aby uzyskać efekt odpowiedniej lepkości.

Zanieczyszczeniami obecnymi na wiórach są pozostałości emulsji czyli frakcje olejowe będące pozostałością po procesie skrawania materiału. Dokładny skład tych zanieczyszczeń nie był ustalany i szczegółowe informacje na temat związków wchodzących w jego skład nie są konieczne dla realizacji wynalazku. Są to typowe substancje, które pozostają po przerobieniu cięciem/skrawaniem aluminium lub jego stopów i są możliwe do ustalenia przez znawców w dziedzinie.

Podkreślić należy, iż dla etapu c), tj. podgrzanie półproduktu do temperatury topnienia materiału, kluczowy jest szybki wzrost temperatury, mianowicie większy niż 1000 stopni na minutę dla uzyskania piany aluminiowej o gęstości poniżej 1 g/cm³. Dopiero ten aspekt w połączeniu z obecnością organicznych zanieczyszczeń doprowadzi do powstania piany o gęstości mniejszej niż woda.

Zaletami wynalazku są zatem:

- wykorzystanie surowca powstałego z procesów technologicznych i uznanego za odpad metalowy do wytwarzania użytecznego materiału,
- wykorzystanie zanieczyszczeń obecnych na wiórach jako „naturalnie” występującego w surowcu środka pianotwórczego, dzięki czemu nie trzeba dodawać do procesu dodatkowo porofora jak to ma miejsce w technologiach ze stanu techniki oraz nie trzeba wiórów poddawać dodatkowej operacji mycia,
- z uwagi na wykorzystanie odpadów, które nie wymagają takiego przygotowania jak substraty używane do technologii otrzymywania pian ze stanu techniki oraz z uwagi na brak dodatku poroforów do procesu, sposób według wynalazku jest tańszy niż sposoby znane ze stanu techniki,
- wynalazek wpisuje się w trendy światowe związane z aspektami ekologicznymi tj. utylizacją odpadów do użytecznych materiałów.

Krótki opis figur:

Fig. 1. Wygląd materiału wsadowego/wiórow do procesu spieniania

Fig. 2. Materiał wyciśnięty przed procesem spieniania (po prawej) i materiał spieniony (po lewej)

Fig. 3. Przekrój materiału po procesie spieniania z widocznymi porami (średnica piany 14 mm)

Fig. 4. Krzywa ściskania spienionego materiału

Fig. 5. Wygląd porowatości w materiałach spienianych z różnymi szybkościami nagrzewania. Marker odpowiada długości 2 mm.

Poniższe przykłady ilustrują wynalazek.

Przykład 1

Materiałem spienianym były wióry aluminium EN-AW 1050 po procesie cięcia przedstawione na Fig. 1, zanieczyszczone standardową emulsją stosowaną w tym procesie. Wielkość cząstek w materiale odpadowym (wiórach) nie przekraczała wymiaru powyżej 0,1 mm. Nie prowadzono dodatkowych procesów oczyszczania bądź mielenia (rozdrabniania).

Następnie wióry prasowano do wstępnej postaci półproduktu w formie walca o średnicy 45 mm i wysokości 100 mm pod ciśnieniem 300 MPa (prasa pionowa o nacisku 200 ton).

Profile wyciskano w temperaturze 400°C na średnicę końcową 8 mm (prasa pozioma o nacisku 150 ton).

Materiał przedstawiony na Fig. 2 po lewej stronie spieniony był wewnątrz cewki indukcyjnej pieca indukcyjnego z szybkością nagrzewania 2000°C na minutę. Celem uzyskania założonego kształtu spienianie przeprowadzono w rurce kwarcowej o średnicy wewnętrznej 14 mm. Końcowa średnica spienionego materiału wynosiła 14 mm i była ograniczona użytą kwarcową „formą”. Wyjściowy profil (Fig. 2 po prawej stronie) oraz uzyskany spieniony materiał przedstawiono na Fig. 3.

Gęstość względna materiału przed procesem spieniania wynosiła 2,7 g/cm³ a po procesie spieniania 0,9 g/cm³ co potwierdza, iż nastąpiło wygenerowanie porów w materiale.

Na Fig. 4 przedstawiono krzywą ściskania spienionego materiału, z charakterystycznym płaskim przebiegiem (przy stałym naprężeniu) w początkowym etapie ściskania. Takie zachowanie jest pożądanym w aplikacjach związanych z absorpcją energii podczas odkształcania materiału. Płaski przebieg krzywej mówi, iż materiał odkształca się przy stałym naprężeniu. Oznacza to, że materiał zmienia postać absorbując część energii na deformację (zamknięcie) porów. Im dłużej naprężenie pozostaje na stałym poziomie, tym więcej energii można zaabsorbować.

Przykład 2

Przykład przedstawia wpływ prędkości nagrzewania na porowatość końcową piany uzyskanej ze stopu 6060. Wióry stopu EN-AW 6060 uzyskane z procesu frezowania posiadały rozmiar nie większy niż 0,1 mm. Zawartość emulsji w otrzymanym złomie wynosiła ok. 15% wagowych. Materiał wsadowy do procesu spieniania został przygotowany w formie wyciśniętych prętów analogicznie jak w przykładzie 1 (wstępne prasowanie w temperaturze otoczenia z następującym wyciskaniem na gorąco). Spieniania dokonano przy użyciu pieca indukcyjnego z szybkościami nagrzewania wynoszącymi odpowiednio: 132°C/min, 240°C/min, 660°C/min i 1980°C/min aby wykazać jak szybkość nagrzewania wpływa na parametry otrzymywanej piany. Jak można zaobserwować na Fig. 5. modulowanie parametrem szybkości nagrzewania pozwala na uzyskanie piany o pożądanej porowatości, która z kolei determinuje gęstość końcowego, spienionego produktu. Zastosowano spienianie swobodne, w którym materiał nie był ograniczony jakąkolwiek formą.

W wyniku procesu uzyskano materiały o różnym stopniu porowatości, których makrostruktury zostały przedstawione na Fig. 5. Zauważyć można wyraźny wzrost porowatości wraz ze wzrostem szybkości nagrzewania, co dało w rezultacie obniżenie gęstości uzyskanych materiałów (Tabela 1). W szczególności prawidłowe formowanie dużych porów o kształcie sferoidalnym następuje przy szybkościach nagrzewania przekraczających wartość ok. 500°C/min natomiast pianę gęstości poniżej 1 g/cm³, czyli korzystnych parametrach zgodnie z wynalazkiem, uzyskano tylko dla największej zastosowanej szybkości nagrzewania.

Tabela 1

Gęstość materiału po spienianiu w funkcji szybkości nagrzewania

szybkość nagrzewania [°C/min]	gęstość końcowa materiału [g/cm ³]
132	2,5
240	2,1
660	1,5
1980	0,9

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób recyklingu wiórów z aluminium lub jego stopów zawierających organiczne zanieczyszczenia obecne na ich powierzchni w produkt o postaci zestalonej piany, poprzez ich obróbkę, obejmującą następujące etapy: a) prasowanie wiórów pod ciśnieniem 300 MPa; b) wyciskanie półproduktu na gorąco w temperaturze około 400°C i d) spienianie uzyskanego materiału, **znamienny tym**, że
 - a) prasowanie wiórów prowadzi się w temperaturze pokojowej w przestrzenną postać półproduktu w formie prętów;
 - c) podgrzanie półproduktu do temperatury bliskiej temperatury topnienia materiału, przy czym podgrzanie półproduktu prowadzi się z szybkością wzrostu temperatury większą niż 1000°C na minutę pod ciśnieniem atmosferycznym,
 - d) zatrzymuje się podgrzewanie poprzez wyłączenie mocy urządzenia grzewczego w momencie maksymalnego wzrostu piany,
 - e) obniża się temperaturę spienionego materiału dla utrwalenia postaci piany.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przed etapem a) następuje przygotowanie wiórów z aluminium lub jego stopów do kolejnych etapów, przy czym przygotowanie realizuje się poprzez rozdrabnianie i/lub utlenianie.
3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że rozdrobnienie prowadzi się do wielkości wiórów poniżej 0,2 mm, korzystnie poniżej 0,1 mm.

4. Sposób według zastrz. 1 albo 3, **znamienny tym**, że przestrzenną formą półproduktu w etapie a) lub etapie b) jest półprodukt o przekroju koła lub wielokąta.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że organicznymi zanieczyszczeniami są pozostałości emulsji po procesie skrawania metalu.
6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że zawartość organicznych zanieczyszczeń nie przekracza 15% wagowych.
7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w etapie c) nie następuje całkowite przetopienie półproduktu.

Rysunki

Fig. 1

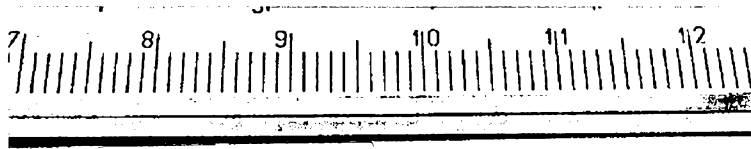


Fig. 2

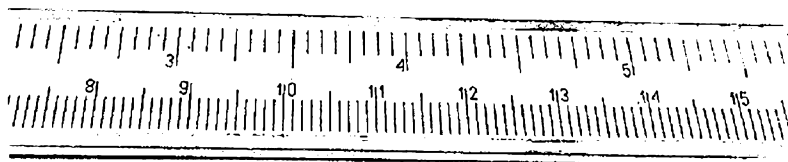


Fig. 3

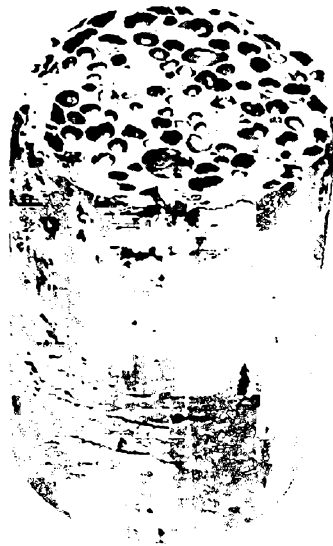


Fig. 4

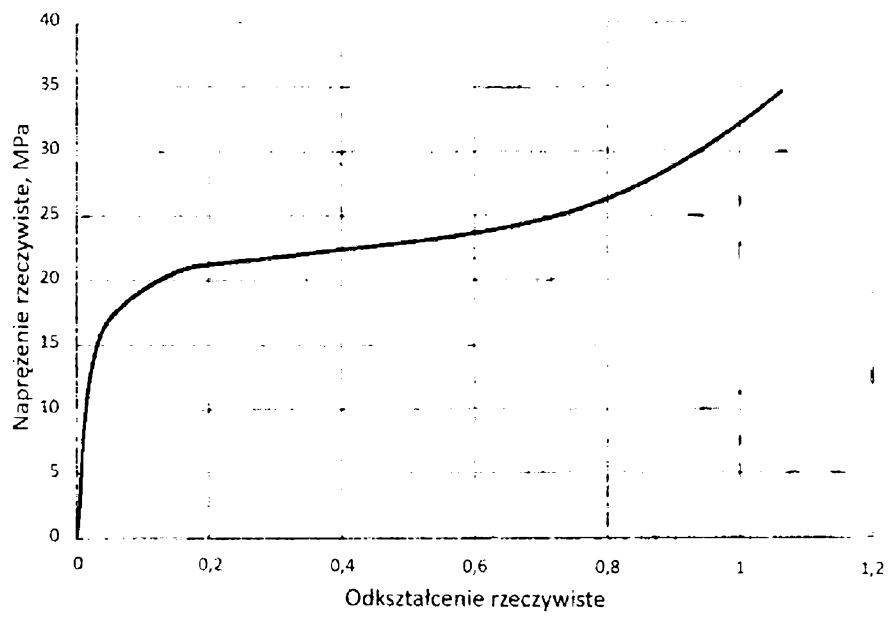


Fig. 5

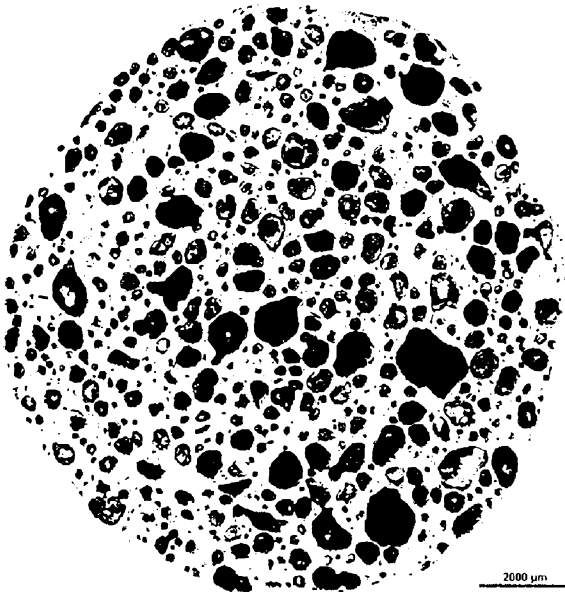
132 °C/min



240 °C/min



660 °C/min



1980 °C/min

