

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243499 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435828**

(22) Data zgłoszenia: **2020.10.29**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.05.02 BUP 18/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.09.04 WUP 36/2023**

(51) MKP:

B22F 1/00 (2022.01)

B22F 9/04 (2006.01)

B22F 5/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**MC DIAM SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ANDRZEJ ROMAŃSKI, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

Dorota Orlińska, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

**Kompozycja samolutowalna łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza i sposób jej
wytwarzania**

PL 243499 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja samolutowalna łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza, zawierająca dalsze proszki metali i ewentualnie składniki pomocnicze oraz ziarna materiału ściernego w postaci diamentu, a także sposób wytwarzania takiej kompozycji.

Łatwospiekalny proszek stosuje się do wytwarzania spiekanych wyrobów formowanych, przede wszystkim narzędzi lub ich elementów. Wynalazek dotyczy szczególnie dobranej kompozycji proszku na bazie żelaza, zawierającego także miedź, brąz i żelazofosfor oraz ewentualnie nikiel. Łatwospiekalny proszek wykorzystuje się jako materiał osnowy metalicznej stosowanej przy wytwarzaniu spieków technologią metalurgii proszków. Wytwarzane spieki mają zastosowanie w produkcji narzędzi np. metaliczno-diaamentowych, przy czym wynalazek dotyczy dziedziny narzędzi do przemysłowego cięcia kamienia np. pił tarczowych, trakowych czy linowych.

Na potrzeby niniejszego wynalazku przez proszek łatwospiekalny rozumie się proszek, który po uformowaniu na zimno pod ciśnieniem 100–400 MPa oraz swobodnym spiekaniu, pod ciśnieniem atmosferycznym, w atmosferze redukującej, przez czas nie dłuższy niż 60 minut w temperaturze nie wyższej niż 950°C, umożliwia uzyskanie spieków o porowatości całkowitej niższej niż 5% objętościowo.

Wynalazek dotyczy łatwospiekalnego proszku przeznaczonego zwłaszcza do wytwarzania pił linowych, które zawierają elementy tnące – segmenty metaliczno-diaamentowe, tzw. koraliki. Kompozycja proszkowa jest przeznaczona do wytwarzania zewnętrznej warstwy roboczej segmentów tnących, osadzonej na tulejkach nośnych, które z kolei są osadzone na linach nośnych pił linowych. Najczęściej warstwa robocza zawierająca cząstki diamentu ma postać pierścienia osadzonego na tulejce nośnej, ale możliwe jest także niesymetryczne ukształtowanie warstwy roboczej względem liny nośnej tj. o różnej grubości tej warstwy w kierunkach prostopadłych do osi liny nośnej.

Piły linowe głównie przeznaczone są do cięcia bloków kamieni naturalnych na płyty. Znajdują one również zastosowanie do cięcia zbrojonych konstrukcji betonowych. Ze względu na różnorodność ciętych materiałów od segmentów tnących pił linowych wymaga się odpowiednich właściwości, które pozwalają na efektywne wykorzystanie narzędzi. Właściwości segmentów można w szerokim zakresie modyfikować poprzez zmianę zawartości diamentu oraz wielkości jego cząstek, a także poprzez użycie różnych materiałów stanowiących osnowę warstwy roboczej segmentów tnących.

Z uwagi na technologię produkcji, jako materiał osnowy używa się przede wszystkim proszków metali. Mogą to być proszki czystych metali, stopów metali lub ich mieszanki. Dodatkowo, w celu zwiększenia odporności na zużycie ściernie osnowy można wprowadzać do niej proszki faz węglkowych, głównie węgla wolframu. Od proszków stosowanych w produkcji segmentów tnących wymaga się przede wszystkim zdolności łatwego formowania wyrobów metodą prasowania na zimno, brak segregacji w trakcie mieszania z proszkiem diamentu oraz możliwości uzyskania spieków o zamkniętej porowatości po spiekaniu w możliwie jak najniższej temperaturze, w praktyce nie przekraczającej 950°C. Ponadto, uzyskiwane spieki muszą cechować się wymaganą twardością.

Obecnie, segmenty metaliczno-diaamentowe głównie produkuje się technologią metalurgii proszków. Proces produkcji polega na uzyskaniu jednorodnej mieszanki proszków metali i ewentualnie proszków faz węglkowych stanowiących osnowę segmentu zawierającego cząstki diamentu. Z tak otrzymanej mieszanki formuje się metodą prasowania na zimno, w sztywnej matrycy, warstwę roboczą segmentów, zazwyczaj mającą postać wypraski w kształcie tulejki. Następnie wypraski poddaje się spiekaniu. W kolejnym etapie uzyskane spieki nakłada się wraz z lutem (w kształcie pierścienia) na tulejki nośne i ponownie poddaje się działaniu wysokiej temperatury w celu uzyskania trwałego połączenia (lutu) warstwy roboczej zawierającej diament z podłożem, tj. tulejką nośną. Proces produkcji obejmujący uzyskanie trwałego połączenia osnowy z podłożem (spieku z tulejką nośną), wymaga zatem dwukrotnego ogrzewania materiału do wysokiej temperatury, która w zależności od zastosowanych proszków osnowy i lutu wynosi od 850°C do 1000°C. Tak więc, obecnie stosowana technologia nie tylko wymaga stosowania skomplikowanych, energochłonnych technologii przygotowania samych proszków łatwospiekalnych, ale także kilkuetapowego, drogiego procesu wytwarzania segmentów tnących.

Do grupy wspomnianych powyżej proszków należą znane stopowe proszki przeznaczone do produkcji segmentów tnących (np. koralików do pił linowych) metodą prasowania na zimno, a następnie spiekania, pod nazwą Next 400® (Eurotungstene, Francja), oraz mieszanki żelaza i niklu lub węgla wolframu, jak np.: MX4885, MX4380, MX4590, MX4940, MXB370, MXB380 (Eurotungstene, Francja).

Produkcja proszku Next 400® opiera się o bardzo kosztowne metody chemiczne. W konsekwencji otrzymany proszek jest stosunkowo drogi. Kolejną jego wadą jest zawartość ok. 15% kobaltu, który przez UE uznany jest za metal toksyczny.

Wad tych pozbawiony jest proszek stopowy, który jest znany z polskiego opisu patentowego PL232405B1. Przedstawiony proszek na bazie żelaza, zawierający co najmniej 80% mas. Fe, dodatki stopowe w postaci Cu i P oraz nieuniknione zanieczyszczenia, zwłaszcza trudnoredukowalne tlenki, cechuje się tym, że zawiera co najmniej 90% mas. Fe, 1–9,8% mas. Cu oraz 0,2–2% mas. P. Wynalazek opiera się na zastąpieniu kosztownej, chemicznej metody otrzymywania trudnorozpuszczalnych w wodzie mieszanek wodorotlenków, szczawianów lub innych związków metali, tańszą metodą opartą na mechaniczno-chemicznej syntezie tlenków, która w porównaniu z metodą chemiczną daje większą swobodę w doborze składu chemicznego proszku. Z uwagi na konieczność dysponowania odpowiednimi urządzeniami, jak wysokoenergetycznymi młynami i piecami do redukcji proszków, jest to metoda dedykowana raczej producentom proszków aniżeli producentom narzędzi metaliczno-diaamentowych. Mali i średni producenci narzędzi metaliczno-diaamentowych zainteresowani są raczej możliwością wykorzystania ogólnodostępnych, tanich surowców w produkcji spiekanych segmentów.

W związku z powyższym, istnieje potrzeba opracowania tanich, wydajnych i ekologicznych metod prowadzących do uzyskania proszków łatwospiekalnych spełniających wysokie wymagania stawiane narzędziom przeznaczonym do cięcia kamienia.

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja samolutowalna łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza zawierająca dalsze proszki metali oraz ewentualnie składniki niemetaliczne wybrane z grupy obejmującej środki pomocnicze i cząstki diamentu, charakteryzująca się tym, że jako mieszanę proszków metali zawiera:

- od 25 do 35% proszku żelaza karbonylowego,
- od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23% do 35% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B15,
- od 10% do 20% rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi,
- od 10% do 25% stopowego proszku żelazofosforu karbonylowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%, i ewentualnie
- do 10% proszku niklu karbonylowego, przy czym ilości procentowe wyrażono w procentach wagowych, względem sumy mas proszków metali.

Kompozycja korzystnie zawiera:

- od 30 do 35% proszku żelaza karbonylowego,
- od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23 do 27% rozpylanego stopowego proszku brązu cynowego B15,
- od 13% do 17% rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi,
- od 18% do 22% stopowego proszku żelazofosforu karbonylowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%,
- od 7% do 10% proszku niklu karbonylowego.

Korzystnie, kompozycja zawiera jako środki pomocnicze lepiszcza i/lub środki poślizgowe i ma postać granulatu.

Korzystnie, mieszanka proszków metali w kompozycji ma skład wynikowy: 34–58% wagowo Fe, 29–52% wagowo Cu, 3,5–8% wagowo Sn, 0,9–2,3% wagowo P, i ewentualnie 7,0–10% wagowo Ni, przy czym procenty wagowe wyrażono względem sumy mas wszystkich proszków metali.

Przedmiotem wynalazku jest także sposób wytwarzania kompozycji samolutowalnej łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza, charakteryzujący się tym, że miesza się następujące proszki metali:

- od 25 do 35% proszku żelaza karbonylowego,
- od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23% do 35% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B15,
- od 10% do 20% stopowego, rozpylanego proszku miedzi,
- od 10% do 25% stopowego proszku żelazofosforu karbonylowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%, i ewentualnie
- do 10%, proszku niklu karbonylowego, przy czym ilości procentowe wyrażono w procentach wagowych, względem sumy mas wszystkich proszków metali,
- i ewentualnie dodaje się składniki niemetaliczne wybrane z grupy obejmującej środki pomocnicze i cząstki diamentu i kompozycję poddaje się granulacji.

Mieszanka proszków metali zastosowana w kompozycji została wykonana z komercyjnie dostępnych proszków żelaza karbonylowego, brązu cynowego o zawartości 15% Sn lub 20% Sn, miedzi, żelazofosforu i ewentualnie niklu, przy czym wynikowy skład chemiczny mieszanki proszków (w stosunku do sumy mas składników proszków metali) wynosi: 40–50% Fe, 35–45% Cu, 3,5–10% Sn, 1–2% P wagowo. Stosowana mieszanka po prasowaniu na zimno pod ciśnieniem 250–300 MPa oraz spiekaniu swobodnym w temperaturze 950°C w atmosferze wodoru zapewnia wystarczającą ilość fazy ciekłej, podczas spiekania, do uzyskania trwałego połączenia warstwy roboczej segmentu z tulejką nośną, bez konieczności przeprowadzania dodatkowej operacji lutowania. Zapewnia także spiekom porowatość całkowitą poniżej 5%.

Przedmiot wynalazku objaśniono przykładowo na pomocniczych rysunkach, przy czym na fig. 1 przedstawiono schematycznie budowę piły linowej zawierającej segmenty tnące w postaci koralików, na fig. 2 pokazano w powiększeniu przekrój poprzeczny jednego segmentu tnącego z zewnętrzną warstwą roboczą spieku metaliczno-diamentowego zawierającego uwidocznione cząstki diamentu, na fig. 3A, 3B, 3C, 3D przedstawiono zdjęcia mikrostruktur spieków z mikroskopu optycznego (po lewej) oraz ich obraz binarny (po prawej) do wyznaczenia porowatości, przy czym fig. 3A dotyczy spieku FB100, fig. 3B dotyczy spieku FB200, fig. 3C dotyczy spieku FB300, a fig. 3D spieku FB400, a na Fig. 4A i 4B przedstawiono połączenie (lut) uzyskane między warstwą roboczą segmentu a tulejką nośną piły linowej dla spieku FB300, przy czym na Fig. 4A uwidoczniono przekrój wzdłużny, a na Fig. 4B przekrój poprzeczny lutu.

Kompozycja według wynalazku jest przeznaczona zwłaszcza do wytwarzania segmentów tnących do pił linowych, a dokładniej zewnętrznej, roboczej warstwy tnącej tych segmentów, zawierającej cząstki diamentu.

Na fig. 1 i fig. 2 pokazano schematycznie budowę piły linowej, która zawiera linię nośną 1, na której osiowo zamocowane są tulejki nośne 2, na których osadzone są warstwy tnące 3, także w formie tulejek, zawierające cząstki diamentu 5 i 6, a pomiędzy zewnętrzną powierzchnią tulejki nośnej 2, a wewnętrzną powierzchnią warstwy tnącej 3, znajduje się uzyskane połączenie lutowe 4, zespalające te wspomniane dwie części segmentu tnącego (koralika). Na fig. 2 pokazano przekrój poprzeczny segmentu tnącego z uwidocznioną warstwową budową segmentu, który osadzony jest na linii nośnej, a jego zewnętrzną pierścieniową część stanowi warstwa spieku wytworzonego z kompozycji według wynalazku. Na fig. 2 pokazano przekrój segmentu z uwidocznionym połączeniem lutowym 4 powodującym, że warstwa tnąca 3 jest jednorodnie (bez pustych przestrzeni czy porowatych struktur) połączona z tulejką nośną 2.

Na fig. 3A, 3B, 3C, 3D na przedstawionych zdjęciach mikrostruktur spieków z mikroskopu optycznego (po lewej) oraz na obrazie binarnym (po prawej), w oparciu o który wyznaczono porowatość pokazano zróżnicowaną porowatość uzyskanych spieków (w dolnej części zdjęć pokazano zaznaczony odcinek 250 μm wyrobu), przy czym najbardziej zadowalające wyniki pod względem porowatości pokazano na fig. 3B dla spieku FB200 oraz na fig. 3C dla spieku FB300.

Na fig. 4A i 4B przedstawiono zdjęcia uzyskanego rzeczywistego połączenia lutowego, w którym widać skuteczność kompozycji według wynalazku, która pozwala na osiągnięcie ciągłego złącza warstwy roboczej z tulejką nośną. Dzięki szczególnie dobranym składnikom kompozycji jest ona gotowa do produkcji spieków, tj. wykazuje ona samolutowalność bez dodatkowych etapów obróbki takich jak np. mielenie. Samolutowalność na potrzeby wynalazku rozumie się, jako zdolność do trwałego połączenia warstwy roboczej (tnącej) zawierającej cząstki diamentu, z tulejką nośną segmentu tnącego, dzięki obecności w kompozycji według wynalazku fazy ciekłej spełniającej rolę lutu w wysokiej temperaturze, podczas procesu spiekania segmentów tnących. Jednocześnie, warstwa robocza jest kompozycją proszku łatwospiekalnego, która po spiekaniu wykazuje wszystkie pożądane właściwości jakie powinny wykazywać segmenty tnące do cięcia kamienia. W związku z powyższym, opracowana nowa kompozycja pozwala wyeliminować etap nanoszenia odrębnej warstwy dodatkowego materiału – lutu spajającego tulejkę nośną z warstwą roboczą a także pozwala uniknąć dwukrotnego nagrzewania surowca do wysokiej temperatury.

Kompozycja według wynalazku zawiera składniki w postaci mieszanki proszków metali tj. proszków żelaza, miedzi, brązu i żelazofosforu oraz ewentualnie niklu. Skład chemiczny mieszanek został dobrany w szerszym zakresie, aby uzyskać różne wyniki w odniesieniu do twardości osnowy, z jednocześnie zachowaniem samolutowalności i łatwospiekalności. Różne zastosowania proszków według wynalazku wymagają, aby miały one w pewnym zakresie zróżnicowane właściwości.

Surowcami do uzyskania mieszanki według wynalazku są komercyjne, gotowe do użycia proszki dostępne na rynku, jednak ich dobór jakościowy i ilościowy, czy wzajemne proporcje nie są oczywiste, gdyż większość znanych kompozycji proszkowych jest poddawana dodatkowej obróbce.

W oparciu o wyniki wstępnych badań wytypowano surowce, które spełniają żądane wymagania w odniesieniu do porowatości i twardości. Dzięki temu, zaproponowano kompozycję gotową do użycia, czyli do bezpośredniego formowania wyprasek i spiekania segmentów tnących, bez żadnych dodatkowych etapów obróbki mechaniczno-chemicznej w odniesieniu do surowców warstwy tnącej. Wykorzystano szczególne proszki, które jedynie w wąskim zakresie ilościowym, przy zachowaniu szczególnych wzajemnych proporcji pozwoliły na osiągnięcie zadowalających efektów.

Mieszanka proszków metali w kompozycji według wynalazku zawiera:

- a) od 25 do 35%, korzystnie od 30 do 35%, zwłaszcza 31% wagowo proszku żelaza karbonylkowego o średniej wielkości cząstek $6,5 \mu\text{m} \pm 1,5 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: FeCN),
- b) od 20 do 40% wagowo stopowego rozpylanego proszku brązu cynowego B20 o nominalnej zawartości cyny wynoszącej 20%, o wielkości cząstek poniżej $63 \mu\text{m}$, korzystnie poniżej $53 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: B20) lub od 23% do 35%, korzystnie od 23 do 27%, zwłaszcza 25% wagowo, rozpylanego stopowego proszku brązu cynowego B15 o nominalnej zawartości cyny wynoszącej 15%, o wielkości cząstek poniżej $63 \mu\text{m}$, korzystnie poniżej $45 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: B15),
- c) od 10% do 20%, korzystnie od 13% do 17%, zwłaszcza 15% wagowo, rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi o wielkości cząstek poniżej $63 \mu\text{m}$, korzystnie poniżej $45 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: Cu),
- d) od 10% do 25%, korzystnie od 18% do 22%, zwłaszcza 20% wagowo stopowego proszku żelazofosforu karbonylkowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%, o średniej wielkości cząstek wynoszącej $6 \mu\text{m} \pm 1,5 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: FeP),
- e) od 0 do 10%, korzystnie od 5% do 10%, zwłaszcza 9% wagowo proszku niklu karbonylkowego, o średniej wielkości cząstek poniżej $5,4 \mu\text{m}$ (oznaczenie stosowane dalej: Ni).

Użyte w niniejszym opisie określenie „nominalna” zawartość np. cyny w brązie cynowym, dotyczy wartości wskazywanych przez producentów w kartach charakterystyki produktów. Wielkości cząstek (średnia wielkość cząstek) proszku żelaza karbonylkowego, proszku żelazofosforu karbonylkowego oraz proszku niklu karbonylkowego są oznaczane metodą Fishera (FSSS). Wielkość cząstek rozpylanego proszku brązu cynowego oraz rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi jest ustalana metodą sitową, a więc cząstki danego proszku są zróżnicowane, ale nie mogą być większe niż graniczne zastosowane sito. Dla fachowca z danej dziedziny oczywiste jest, że powyższe produkty mogą zawierać typowe zanieczyszczenia w akceptowalnych i ogólnie przyjętych ilościach, a wartości nominalne mogą nieznacznie odbiegać od rzeczywistego składu danego proszku stanowiącego wyjściowy surowiec.

Mieszanka proszków metali przygotowana przez zmieszanie powyższych surowców ma następujący skład wynikowy: 34–58% Fe, 29–52% Cu, 3,5–8% Sn, 0,9–2,3–2% P, korzystnie 46,4–52% Fe, 29–43% Cu, 3,5–9% Sn, 1–2% P, a korzystniej 48–50 Fe, 31–36% Cu, 3,8–4 Sn, 1,8 P. Mieszanka zawiera do 10% wagowo Ni, korzystnie 5–10% Ni, korzystniej 9% Ni.

Kompozycja według wynalazku oprócz mieszanki proszków metali omówionych powyżej, zawiera składniki niemetaliczne takie jak dodatki pomocnicze wybrane z grupy obejmującej środki wiążące (lepiszcza) i środki poślizgowe, a także zawiera ziarno diamentu.

Ze względu na bardzo małą wielkość cząstek proszków metali tworzących mieszankę, konieczne jest poddanie jej granulacji, tak aby poprawić jej własności użytkowe i technologiczne, głównie sypkość. Granulacja proszków metali wymaga zastosowania co najmniej jednego lepiszcza wybranego ze znanych środków wiążących stosowanych do granulacji proszków łatwospiekalnych, którymi mogą być przykładowo spoiwa organiczne na bazie akrylu (np. OLYCOX KC-1700P) cechujące się pełną degradacją w czasie spiekania, bez wykazywania popiołów resztkowych. Takiego spoiwa dodaje się w ilości od 1,5 do 2,5% wagowo względem sumy mas wszystkich składników granulatu. Granulacji poddaje się mieszankę proszków metali po wymieszaniu surowców w mieszalniku celem uzyskania jednorodnej mieszanki lub taką mieszankę proszków metali wraz z dodanym do niej proszkiem diamentowym (cząstki diamentu mogą być o wielkości z zakresu 0,84–0,25 mm, tj. 20 mesh – 60 mesh). Zawartość diamentu w spieku określa się podając koncentrację „c”, przy czym wartości te są znane ze stanu techniki i dobierane są w zależności od docelowych zastosowań spieków. Ze względu na potrzebę ograniczenia tarcia podczas prasowania, do takiej mieszanki dodaje się co najmniej jeden środek poślizgowy wybrany ze znanych środków poślizgowych stosowanych w procesie prasowania proszków. Takimi

środkami poślizgowymi są np. stearynian cynku, litu lub magnezu, parafina, kwas stearynowy, gliceryna, albo ich mieszaniny (np. PRESOWAX C), przy czym środki poślizgowe dodaje się w ilości od 0,5% do 1,2% wagowo (zazwyczaj 0,8–1%) względem sumy mas wszystkich składników tworzących mieszankę. Skutkiem zastosowania środków poślizgowych jest większa gęstość wyprasek przy niższym ciśnieniu prasowania oraz zmniejszenie zużycia narzędzi: matryc, stempli.

Przykład 1

Ze wskazanych powyżej wyjściowych surowców w postaci proszków metali przygotowano mieszanki o składach przedstawionych w Tablicy 1. Odważone porcje proszków poddano mieszanemu przez 30 minut w mieszalniku typu Turbula uzyskując jednorodny produkt.

Tablica 1. Skład mieszanek proszków: FB100, FB200, FB300, FB400

Oznaczenie mieszanki	Zawartość proszku, %						Wynikowy skład chemiczny, %				
	FeCN	B20	B15	Cu	FeP	Ni	Fe	Cu	Sn	Ni	P
FB100	31	-	27	18	15	9	-	-	-	-	-
FB200	31	-	25	15	20	9	49,2	36,3	3,7	9	1,8
FB300	31	20	-	20	20	9	49,2	36	4	9	1,8
FB400	27,6	40	-	10	22,4	-	48	42	8	-	2

Z uzyskanych mieszanek wykonano metodą prasowania na zimno w sztywnej matrycy pod ciśnieniem 250 MPa wypraski o masie 6 gramów, które poddano spiekaniu w laboratoryjnym piecu rurowym w temperaturze 950°C przez 30 minut w atmosferze wodoru. Po spiekaniu próbki ochładzano z piecem do temperatury 650°C, a następnie w chłodnicy pieca. Tak uzyskane spieki poddano badaniom gęstości metodą ważenia w wodzie i powietrzu oraz twardości metodą Vickersa, stosując obciążenie 1 kG. W oparciu o binarny obraz mikrostruktury spieków wyznaczono ich porowatość stosując metodę metalografii ilościowej (co zobrazowano na fig. 3A, 3B, 3C i 3D) z zastosowaniem oprogramowania ToupView ver. 3.7. Otrzymane wyniki pomiarów i obliczeń zestawiono w Tablicy 2.

Tablica 2. Gęstość, porowatość oraz twardość spieków wytworzonych z czterech mieszanek proszków metali.

Oznaczenie mieszanki	Gęstość, g/cm ³	Porowatość, %	Twardość, HV1
FB100	8,14	1,7	323
FB200	8,12	0,6	340
FB300	8,14	0,7	365
FB400	8,18	1,5	300

Przykład 2

W oparciu o badane mieszanki proszków wykonano testowe piły linowe o długości 19,2 m, przeznaczone do cięcia granitów, w których to piłach średnica zewnętrzna segmentów tnących wynosiła 9 mm a długość warstwy roboczej 6 mm. Produkcja lin prototypowych odbyła się zgodnie ze znaną technologią stosowaną przez zgłaszającego niniejszy wynalazek. Odważone porcje proszków wyjściowych wraz z proszkiem diamentu MBS 960 Ti oraz 950 Ti, w proporcji 1 : 1 o wielkości cząstek 40/50 mesh i koncentracji $c = 32$ poddano granulacji z dodatkiem kleju OLYCOX KC-1700P w ilości 2% masowo. W celu poprawy zgęszczalności mieszanki oraz zmniejszenia zużycia matryc do przygotowanej mieszanki dodano również środek poślizgowy PRESOWAX C w ilości 1% masowo. Z przygotowanej mieszanki wykonano metodą prasowania dwustronnego warstwę roboczą segmentów w postaci kształtek. Następnie otrzymane kształtki umieszczono na tulejkach nośnych i poddano spiekaniu w piecu taśmowym w atmosferze przepływającego wodoru. Czas przebywania spieków w temperaturze 950°C wynosił 30 minut.

Po spiekaniu dokonano kontroli jakości połączenia warstwy roboczej segmentów z tulejką nośną metodą metalograficzną. Wybrany przykład dla mieszanki FB300 ilustruje Fig. 4A oraz 4B.

Prototypowe liny poddano badaniom eksploatacyjnym w rzeczywistych warunkach pracy w zakładzie kamieniarskim. Wykonano serię cięć zróżnicowanych granitów, podczas których rejestrowano podstawowe parametry procesu cięcia oraz pobór prądu maszyny. W oparciu o uzyskane dane wyznaczono wydajność cięcia dla każdej liny. Wyniki zestawiono w Tablicy 3.

Tablica 3. Wyniki pracy narzędzi prototypowych.

Typ narzędzia	Prędkość liny m/s	Długość bloku m	Prędkość opadu m/h	Maszyna	Pobór prądu A	Wydajność m ² /h	Uwagi
FB100	29-28	2,47	0,279	Promasz	19-20	0,689	Zerwanie liny
FB200	30	2,56	0,442	Promasz	14,5	1,528	
FB300	29	2,723	0,565	Promasz	16	1,132	
FB400	29-28	2,513	0,312	Promasz	19	0,784	Zerwanie liny

Celem badań było opracowanie tanich mieszanek proszków przeznaczonych na osnowy narzędzi metaliczno-diamentowych, które po swobodnym spiekaniu charakteryzowałyby się zamkniętą porowatością oraz twardością z zakresu 300–370 HV1. Zastosowanie ich w produkcji segmentów pił liniowych pozwoliło na uzyskanie kompromisu pomiędzy najefektywniejszym mocowaniem diamentu, a szybkością ścierania się spoiwa, co przekłada się na wydajność narzędzia (mieszczącą się w zakresie 0,5–2 m²/h) i w konsekwencji na ekonomikę obróbki kamienia. Spośród przyjętych składów chemicznych, materiały FB200 oraz FB300 zapewniają uzyskanie pożądanych rezultatów, tj. pozwalają na cięcie granitu z szybkością powyżej 1 m²/h.

Zastrzeżenia patentowe

- Kompozycja samolutowalna łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza zawierająca dalsze proszki metali oraz ewentualnie składniki niemetaliczne wybrane z grupy obejmującej środki pomocnicze i cząstki diamentu, **znamienna tym**, że jako mieszankę proszków metali zawiera:
 - od 25 do 35% proszku żelaza karbonylkowego,
 - od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23% do 35% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B15,
 - od 10% do 20% rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi,
 - od 10% do 25% stopowego proszku żelazofosforu karbonylkowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%, i ewentualnie
 - do 10% proszku niklu karbonylkowego, przy czym ilości procentowe wyrażono w procentach wagowych, względem sumy mas proszków metali.
- Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera:
 - od 30 do 35% proszku żelaza karbonylkowego,
 - od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23 do 27% rozpylanego stopowego proszku brązu cynowego B15,
 - od 13% do 17% rozpylanego lub elektrolitycznego proszku miedzi,
 - od 18% do 22% stopowego proszku żelazofosforu karbonylkowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%,
 - od 7% do 10% proszku niklu karbonylkowego.
- Kompozycja według zastrz. 1 albo 2, zawierająca jako środki pomocnicze lepiszcza i/lub środki poślizgowe i mająca postać granulatu.

4. Kompozycja według zastrzeżenia 1 albo 2 albo 3, **znamienna tym**, że mieszanka proszków metali ma skład wynikowy: 34–58% wagowo Fe, 29–52% wagowo Cu, 3,5–8% wagowo Sn, 0,9–2,3% wagowo P i ewentualnie 7,0–10% wagowo Ni, przy czym procenty wagowe wyrażono względem sumy mas wszystkich proszków metali.
5. Sposób wytwarzania kompozycji samolutownej łatwospiekalnego proszku na bazie żelaza, **znamienny tym**, że miesza się następujące proszki metali:
- od 25 do 35% proszku żelaza karbonylowego,
 - od 20 do 40% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B20 lub od 23% do 35% stopowego, rozpylanego proszku brązu cynowego B15,
 - od 10% do 20% stopowego, rozpylanego proszku miedzi,
 - od 10% do 25% stopowego proszku żelazofosforu karbonylowego o nominalnej zawartości fosforu wynoszącej 9%, i ewentualnie
 - do 10%, proszku niklu karbonylowego, przy czym ilości procentowe wyrażono w procentach wagowych, względem sumy mas wszystkich proszków metali,
 - i ewentualnie dodaje się składniki niemetaliczne wybrane z grupy obejmującej środki pomocnicze i cząstki diamentu i kompozycję poddaje się granulacji.

Rysunki

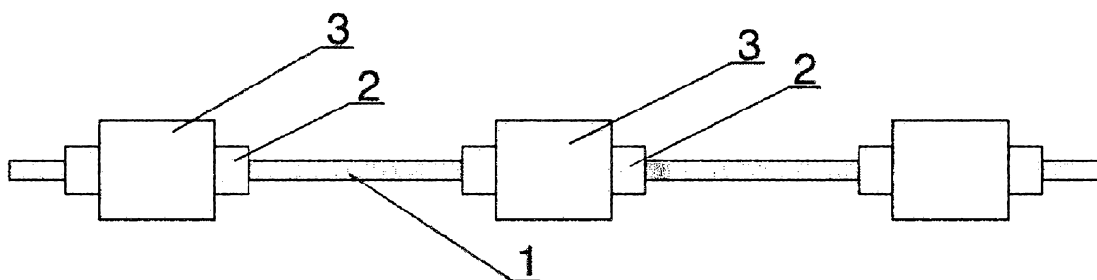


Fig. 1

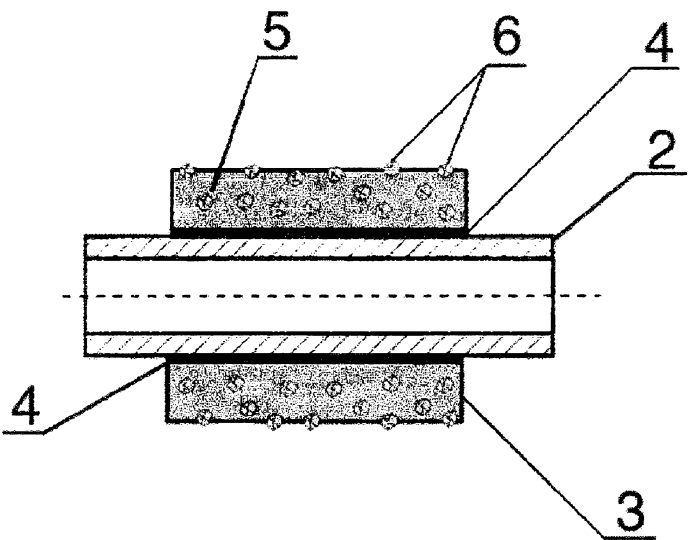


Fig. 2

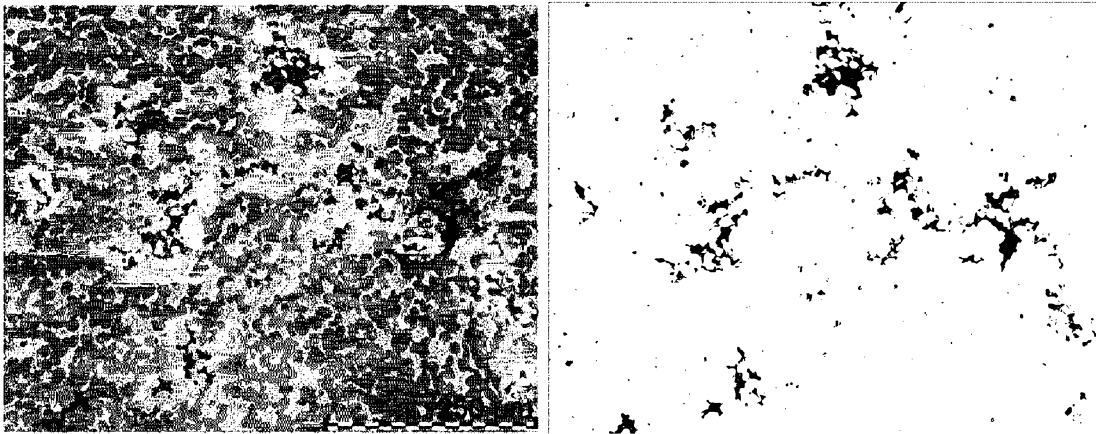


Fig. 3A

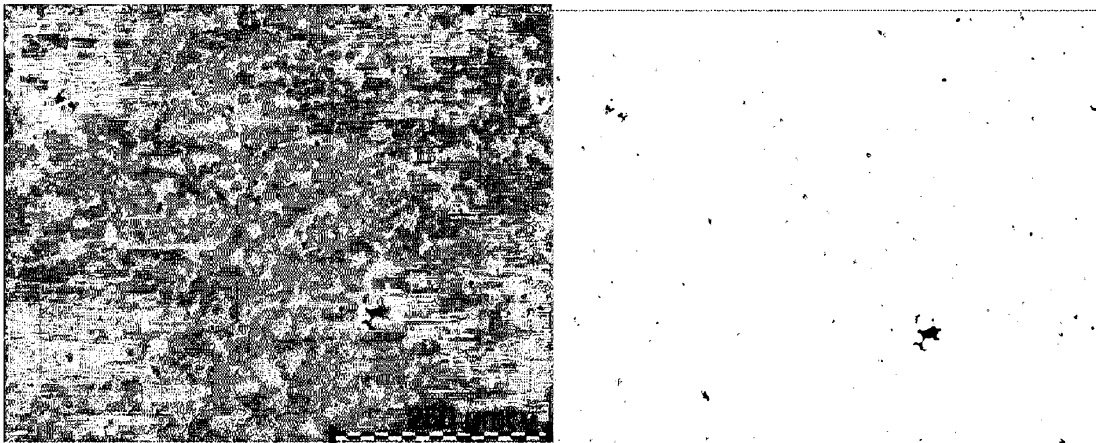


Fig. 3B

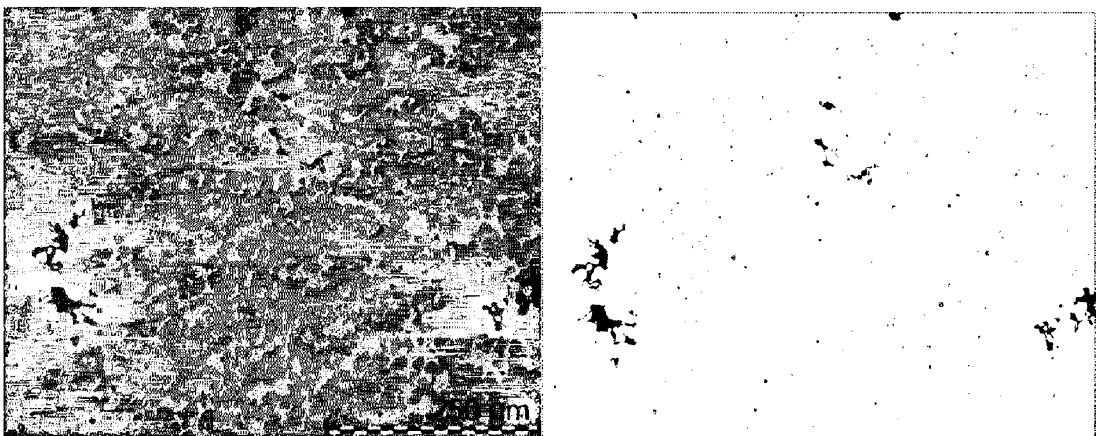


Fig. 3C

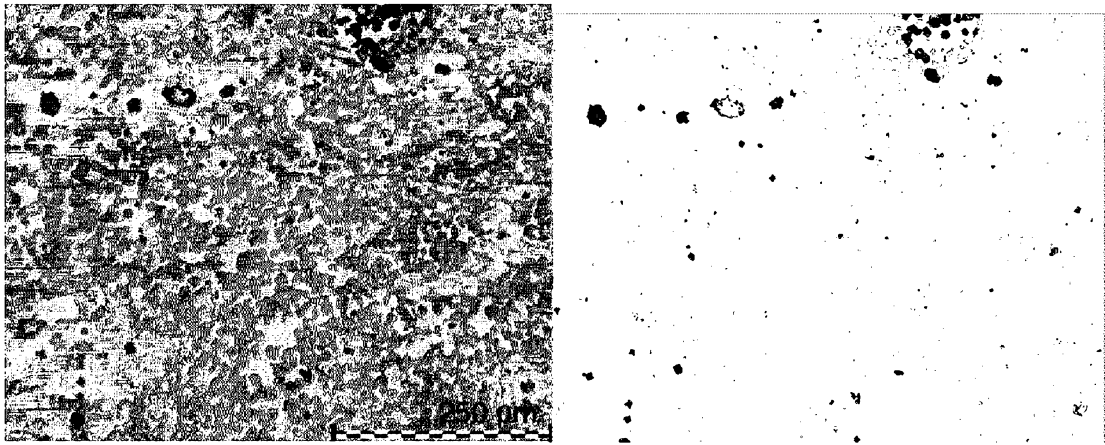


Fig. 3D

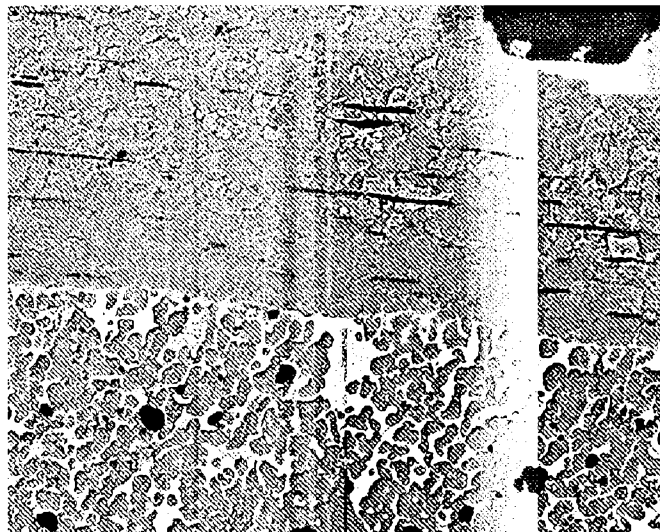


Fig. 4A

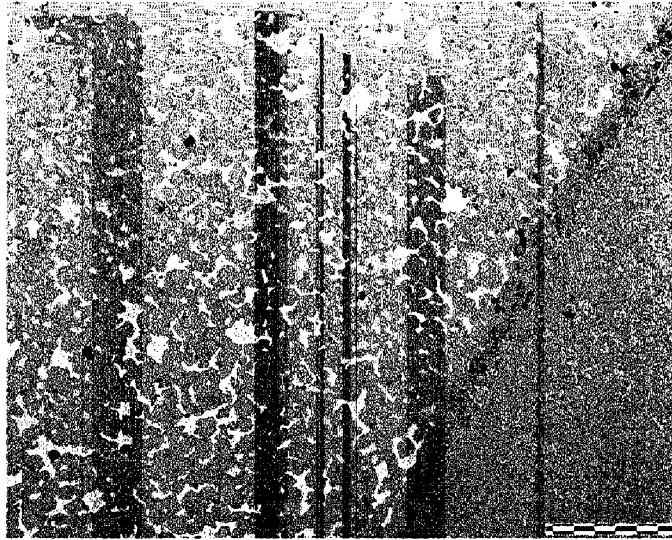


Fig. 4B