

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237229**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **430721**

(51) Int.Cl.  
**C10M 103/04 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **26.07.2019**

---

(54) **Materiał kompozytowy przeciwcierny na bazie miedzi**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**20.04.2020 BUP 09/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**22.03.2021 WUP 06/21**

(73) Uprawniony z patentu:  
**POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**TETIANA ROIK, Kijów, UA**  
**KRZYSZTOF JAMROZIAK, Wrocław, PL**  
**GRZEGORZ LESIUK, Wrocław, PL**  
**OLEG GAVRISH, Kijów, UA**  
**IULIA VITSIUK, Kijów, UA**

(74) Pełnomocnik:  
**rzec. pat. Bartosz Kuriata**

---

**PL 237229 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest samosmarujący, odporny na zużycie materiał kompozytowy przeciwcierny na bazie miedzi, która stanowi podłoże, z dodatkowymi elementami rozproszonymi w podłożu. Wynalazek ma zastosowanie szczególnie w przemyśle maszynowym, zwłaszcza do wytwarzania bloków dla jednostek tarcia ślizgowego w maszynach, mechanizmach i sprzęcie pracującym z dużymi prędkościami obrotowymi.

Właściwości funkcjonalne istniejących kompozytowych materiałów przeciwciernych przy zwiększonych obciążeniach i prędkościach okazują się niewystarczające do zapewnienia zadowalającego okresu użytkowania pomiędzy eksploatacją i naprawami maszyn, mechanizmów oraz osprzętu.

Znany jest z opisu patentowego UA40139 materiał kompozytowy przeciwcierny, w którym skład jest następujący w zawartości masowej %:

– Nikiel	4,0÷6,0;
– Aluminium	7,0÷10,0;
– Krzem	0,5÷0,8;
– Fluorek wapnia	5,0÷8,0;
–.....Miedź	Reszta.

Niedogodnościami tego materiału są wciąż niezadowalające parametry w zakresie właściwości przeciwciernych – współczynnika tarcia i szybkości zużywania się przy dużych prędkościach powyżej 20 000 obr./min w warunkach równoczesnego oddziaływania zwiększonych obciążeń podczas pracy w otoczeniu powietrza bez smarowania cieczą.

Z opisu patentowego GDR96038 znany jest miedziany materiał kompozytowy przeciwcierny, w którym kompozycja ta jest następująca w zawartości masowej %:

– Cynk	8,0;
– Żelazo	4,5;
– Ołów	3,0;
– Grafit	6,0;
–.....Kwarc	4,0;
–.....Dwusiarczek molibdenu	6,0;
–.....Miedź	Reszta.

Materiał ten jednakże ma małą twardość z powodu obecności ołowiu i zawartości wolnego grafitu powyżej 5%, co znacznie osłabia materiał i w konsekwencji znacznie zmniejsza właściwości przeciwcierne. Ponadto obecność ołowiu zwiększa zawartość szkodliwych substancji w otoczeniu powietrza czy zanieczyszczenia ziemi podczas produkcji i eksploatacji. Również w temperaturze powyżej 550°C cynk odparowuje gwałtownie, co osłabia materiał. W rezultacie materiał ten nie ma wystarczającej twardości i wytrzymałości.

Z publikacji Tamutsy O., Tetsudo D., Elec., Light and Facile Railways, 25, N10, 1975, p. 32–36, opisano materiał kompozytowy przeciwcierny, w którym bazą jest miedź z dodatkami w następującym składzie w zawartości masowej %:

– Żelazo	3,0÷6,0;
– Grafit	2,0÷5,0;
– Cyna	9,0÷12,0;
–.....Miedź	Reszta.

Niedoskonałościami tego materiału jest zwiększone zużycie par ze względu na nieznaczną zawartość grafitu, co w konsekwencji nie zapobiega połączeniu między materiałami pary stykającej się. Niska wytrzymałość mechaniczna spowodowana jest występowaniem dodatku cyny, która nie pozwala na wzrost temperatury spiekania o ponad 800°C, a także wysokie koszty ze względu na obecność drogiej cyny.

W opisie patentowym US6245718 ujawniono materiał przeciwcierny zawierający podłoża stalowe ze stali niskowęglowodanowej i proszek miedzi, żelaza, fosforu, grafitu, pyłu dwusiarczku molibdenu i.

Materiał ma strukturę bimetaliczną z granulkami umieszczonymi w podłożu stalowym. Materiał jest szczególnie użyteczny w przemyśle budowy maszyn, w szczególności do wytwarzania bloków do jednostek ślizgowego tarcia w maszynach, mechanizmach i urządzeniach. W szczególności, opisano zawartość proszku w ilości 6–24 % masowych materiału. Jako proszek występuje: 10–16% grafitu, 0–7.5% disiarczku molibdenu, 4.5–12% miedzi.

Niedogodności związane z tym materiałem to wysokie zużycie i współczynnik tarcia ze względu na jego małą wytrzymałość, co prowadzi do gwałtownego spadku charakterystyki tribologicznej przy wysokich prędkościach obrotowych i obciążeniach.

Z opisu patentowego RUS2049687 znany jest miedziany materiał przeciwcierny, który zawiera proszek miedzi, żelaza, fosforu, grafitu i cynku w następujących proporcjach w zawartości masowej %:

– Fosfor	0,48÷1,2;
– Żelazo	3,0÷6,0;
– Grafit	10,5÷25,0;
– Cynk	2,4÷16,0;
–.....Miedź	Reszta.

Niedogodnością tego materiału jest jego niska wytrzymałość mechaniczna ze względu na dużą zawartość grafitu. Dodatkowo obecność cynku nie pozwala na wzrost temperatury spiekania powyżej 820°C z powodu intensywnego odparowania cynku, podczas gdy do wytwarzania materiału na bazie miedzi o wysokich parametrach mechanicznych zawierających 9,6–12,0% żelaza temperatura spiekania nie powinna być niższa niż 1000°C.

Z opisu wynalazku US20140331819 znany jest materiał przeciwcierny do materiałów ślizgowych stanowiący stop miedzi, w którym stop miedzi zawiera  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ . Stop miedzi jest wytwarzany przez mieszanie w stopie surowca zawierającego Cu, Fe i S w celu otrzymania produktu wymieszanego w stanie stopionym, a następnie gwałtowne schłodzenie produktu w celu wytworzenia  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  w stopie. W szczególności opisano zawartość miedzi, cyny, żelaza, siarki i fosforu, w następujących proporcjach w zawartości masowej %:

– Fosfor	0,01÷0,03;
– Żelazo	1,5÷2,5;
– Siarka	0,5÷2,2;
– Cyna	9,0÷11,0;
–.....Miedź	Reszta.

Materiał ten działa jako samosmarujący materiał przeciwcierny ze względu na tworzenie się siarczków i fosforków w podłożu miedzi podczas jego produkcji. Materiał ma jednakże niską wytrzymałość mechaniczną, ponieważ cyna nie pozwala na wzrost temperatury spiekania powyżej 800°C ze względu na intensywne topienie cyny (temperatura topienia cyny wynosi 231,9°C), natomiast dla uzyskania materiału na bazie miedzi o wysokich właściwościach mechanicznych i trybologicznych temperatura spiekania powinna być poniżej 800°C. Dodatkowo, ditlenek cyny jest materiałem ściernym, co jest niedopuszczalne w przypadku części przeciwciernych.

Z tego względu wciąż poszukuje się nowych materiałów kompozytowych o właściwościach przeciwciernych – zapobiegających tarcia, pozbawionych wyżej opisanych niedogodności.

Celem wynalazku jest opracowanie samosmarujących odpornych na zużycie materiałów kompozytowych na bazie miedzi, które wyróżniają się lepszymi właściwościami smarnymi, szybkością zużycia oraz współczynnikiem tarcia przy zwiększonych obciążeniach i wysokich prędkościach obrotowych.

Wynalazek dotyczy materiału kompozytowego przeciwciernego na bazie miedzi. Według wynalazku w podłożu z miedzi -rozproszone są ziarna proszku w postaci: niklu, molibdenu, wolframu oraz z dodatkiem stałego smaru fluorku wapnia. Podłoże, czyli miedź, wzmocnione jest zatem dodatkami niklu, molibdenu, wolframu oraz dodatkiem stałego smaru fluorku wapnia. Materiał według wynalazku jest wytwarzany przez zmieszanie proszku metalicznego – baza w postaci miedzi wzmocniona rozproszonymi ziarnami w postaci: niklu, molibdenu, wolframu; z proszkiem fluorku wapnia, oraz formowanie tłoczne mieszaniny, spiekanie odlewu w podanej niżej temperaturze.

Uzyskana w ten sposób mieszanina jest hartowana i poddana starzeniu w podanej poniżej temperaturze. Wykorzystuje się metody metalurgii proszków.

Według wynalazku zatem nikiel, molibden i wolfram reagują ze sobą, przez co tworzą twarde związki międzymetaliczne w materiale kompozytowym, a w konsekwencji wzmacniają miedziane podłoże, a fluorek wapnia jest zdyspergowany jako składnik smarujący w otrzymanym materiale kompozytowym, a to prowadzi do powiększenia materiału kompozytowego pod względem właściwości smarujących.

Korzystnie, materiał kompozytowy ma następujący skład elementów w materiale – zawartości masowej %:

– Nikiel	4,0÷6,0;
– Molibden	1,0÷2,0;
– Wolfran	1,0÷2,0;
– Fluorek wapnia	8,0÷10,0;
–.....Miedź	Reszta.

Uzyskano wówczas najlepsze właściwości.

Wynalazek dotyczy również sposobu otrzymywania materiału kompozytowego przeciwciernego na bazie miedzi.

Materiał otrzymuje się przez zmieszanie proszków metali ze sobą, dodanie fluorku wapnia, formowanie przez prasowanie mieszanki, a także spiekanie wytłoczki w strumieniu wodoru w temperaturze 830–850°C, po czym utwardzanie w 900°C, a w ostateczności starzenie w temperaturze 450°C.

Wynalazek można zrealizować w następujący szczegółowo opisany sposób. Proponowany materiał otrzymany metodą metalurgii proszków w 3 etapach:

- 1) mieszanie składników metalicznego proszku z miedzi, niklu, molibdenu i wolframu przez co najmniej 2 godziny, następnie dodanie proszków fluorku wapnia i roztworu alkoholu gliceryny (aby uniknąć segregacji przez gęstość składników) i mieszanie przez 1 godzinę;
- 2) mieszanina jest następnie prasowana w taki sposób, że ciśnienie prasowania wynosi 400–500 MPa przy użyciu prasy hydraulicznej;
- 3) spiekanie w piecu w temperaturze 830–850°C przez co najmniej 2 godziny w środowisku ochronnym dla wodoru tj. przez ciągle oczyszczanie wodoru w przestrzeni roboczej pieca.

Następnie materiał utwardza się w piecu w temperaturze 900°C i po starzeniu w 450°C w środowisku ochronnym argonu przez co najmniej 3 godziny w celu wyodrębnienia faz wzmacniających.

Dobór składników materiału kompozytowego przeciwciernego na bazie miedzi i proporcje składników materiału kompozytowego określono zgodnie z następującymi kryteriami.

Zastosowanie miedzi jako podłoża materiału kompozytowego przeciwciernego wybrano ze względu na jej wysokie przewodnictwo cieplne, zapewniające odprowadzanie ciepła ze strefy tarcia ślizgowego, wysokie właściwości przeciwciernie, umiarkowaną skłonność do łączenia, wystarczającą elastyczność i stosunkowo niską twardość zapewniającą szybkie przetwarzanie. Ponadto proszek miedzi ma wystarczającą kompresję, zdolność do pieczenia i raczej wysoką temperaturę topnienia.

Nikiel, molibden i wolfram zostały wybrane ze względu na zdolność do wzmocnienia podłoża materiału kompozytowego, tworząc w ten sposób domieszkę  $\alpha$ -ciała stałego na bazie miedzi, która zwiększa kompleks właściwości mechanicznych. Fakt ten wpływa pozytywnie na wydajność pracy jednostek ciernych w warunkach dużych obciążeń i prędkości. Należy zauważyć, że molibden i wolfram w ilości 1,0–2,0% na masę każdego pierwiastka są niezbędnymi metalami do zwiększania twardości materiału na bazie miedzi i zmniejszania stopnia odkształcenia, ponieważ ciśnienie przekracza granicę plastyczności przy dużych obciążeniach w rzeczywistych obszarach styku, zwłaszcza przy wysokich prędkościach obrotowych. Molibden i wolfram wzmacniają metalowe podłoże, tworząc fazy międzymetaliczne z niklem, który nie zawiera miedzi i są uwalniane ze stałego roztworu przy starzeniu. Występują fazy międzymetaliczne  $Ni_3Mo$  ( $\gamma$ ),  $Ni_4Mo$  ( $\beta$ ),  $NiW_2$  ( $\gamma$ ),  $Ni_4W$  ( $\beta$ ). Te fazy międzymetaliczne mają wysoką twardość, która zwiększa odporność na zużycie i właściwości przeciwciernie materiału kompozytowego.

Obecność stałego środka smarującego z fluorku wapnia, który nie reaguje chemicznie ze składnikami materiału kompozytowego, zwiększa właściwości przeciwciernie w wyniku tworzenia się warstewki smaru na powierzchniach roboczych podczas pracy. Taki film ma wysoką przyczepność do podstawy materiału i jest stale odnawiany w procesie tarcia, i chroni powierzchnie ciernie przed kontaktem z metalem, wytrzymując duże obciążenia.

Wynalazek stanowi samosmarujący odporny na zużycie materiał kompozytowy na bazie miedzi, który jest odporny na tarcie. Wynalazek znajduje zastosowanie w przemyśle maszynowym do produkcji jednostek tarcia ślizgowego różnych części maszyn, mechanizmów i urządzeń pracujących przy dużych prędkościach obrotowych. Materiał kompozytowy według wynalazku jest szczególnie przydatny w przemyśle maszynowym, zwłaszcza do wytwarzania bloków dla jednostek tarcia ślizgowego w maszynach, mechanizmach i sprzęcie pracującym z dużymi prędkościami obrotowymi.

Wynalazek przedstawiono bliżej w przykładzie wykonania oraz na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

fig. 1 przedstawia wykres pokazujący zależność pomiędzy współczynnikiem tarcia a ilością  $\text{CaF}_2$  dodanego w materiale kompozytowym na bazie miedzi przy prędkości  $V = 20000$  obr./min, oraz obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 20000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa;

fig. 2 przedstawia wykres pokazujący zależność między szybkością zużycia i ilością  $\text{CaF}_2$  dodawanego w materiale kompozytowym przy warunkach prędkości  $V = 20000$  obr./min, oraz obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 20000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa.

#### P r z y k ł a d

Przykładowy skład kompozycji materiału kompozytowego według wynalazku oraz porównanie z kompozycjami materiału kompozytowego o innym składzie przedstawiono w tabeli 1.

Materiał kompozytowy w trzech przykładach wykonania przedstawiono jako kompozycje 2-4 w tabeli 1, a skład materiału które wykraczający poza proponowany zakres wagowy materiału kompozytowego według wynalazku to kompozycja 1,5.

W tabeli 1 przedstawiono również właściwości przeciwcierne materiałów w porównaniu z właściwościami proszkowego materiału przeciwciernego jako najbliższego analogu – kompozycja 6.

Właściwości przeciwcierne określono w powietrzu na maszynie ciernej M-22M zgodnie ze schematem wkładki wału z prędkością obrotową 20000 obr./min i 30000 obr./min i obciążeniu 2,0 i 5,0 MPa w parze z przeciw fazą ze stali niestopowej „20X” ( $C = 0,2\%$ , Norma GOST 5632-72) o twardości 54–55 HRC.

Kompozycje otrzymano w ten sposób, że: proszki zostały użyte do uzyskania kompozytów o następujących wymiarach cząstek; miedź o rozmiarach cząstek 100–160  $\mu\text{m}$ , nikiel o rozmiarach cząstek 10  $\mu\text{m}$ , molibden o rozmiarach cząstek 125–160  $\mu\text{m}$ , wolfram o rozmiarach cząstek 125–160  $\mu\text{m}$ , fluorek wapnia o wielkości cząstek 100–125  $\mu\text{m}$ . Mieszanie składników metalicznego proszku z:

– miedzi w ilości 890 g, niklu w ilości 30 g, molibdenu w ilości 5 g, wolframu w ilości 5 g dla kompozycji nr 1 (Tabela);

– miedzi w ilości 860 g, niklu w ilości 40 g, molibdenu w ilości 10 g, wolframu w ilości 10 g dla kompozycji nr 2 (Tabela);

– miedzi w ilości 830 g, niklu w ilości 50 g, molibdenu w ilości 15 g, wolframu w ilości 15 g dla kompozycji nr 3 (Tabela);

– miedzi w ilości 800 g, niklu w ilości 60 g, molibdenu w ilości 20 g, wolframu w ilości 20 g dla kompozycji nr 4 (Tabela);

– miedzi w ilości 760 g, niklu w ilości 70 g, molibdenu w ilości 30 g, wolframu w ilości 30 g dla kompozycji nr 5 (Tabela);

przeprowadzono w mieszalniku puszkowym przez 2 godziny w temperaturze pokojowej. Następnie do mieszaniny dodano proszek fluorku wapnia: w ilości 70 g kompozycja 1, w ilości 80 g kompozycja 2, w ilości 790 g kompozycja 3, w ilości 100 g kompozycja 4 i w ilości 110 g kompozycja 5 wraz z roztworem alkoholu gliceryny o stężeniu 100% w ilości 50 ml celem uniknięcia segregacji przez gęstość składników.

Mieszano przez 1 godzinę w temperaturze pokojowej.

Następnie przeprowadza się prasowanie mieszaniny w ten sposób, że ciśnienie prasowania wynosi 400–500 MPa przy użyciu prasy hydraulicznej.

Następnie przeprowadza się spiekanie w piecu w temperaturze 830–860°C przez 2 godziny w środowisku ochronnym dla wodoru tj. przez ciągłe oczyszczanie wodoru w przestrzeni roboczej pieca.

Materiał utwardza się w temperaturze 900°C i przeprowadza się starzenie w temperaturze 450°C w środowisku ochronnym argonu przez 3 godziny w celu wydzielenia faz wzmacniających.

Z tabeli 1 wynika, że obecność molibdenu i wolframu w składzie proponowanego materiału kompozytowego przeciwciernego na bazie miedzi zapewnia mu wyższe właściwości przeciwcierne przy dużych prędkościach i jednocześnie działanie dużych obciążeń w porównaniu z najbliższym analogowym

materiałem (kompozycja 6) opisanym w opisie UA40139. Kompozycja 6 tym różni się od materiału według wynalazku tym, że w kompozycji jest aluminium i krzem natomiast według wynalazku zamiast tych pierwiastków jest molibden i wolfram.

Wykres 1, czyli fig. 1, przedstawia zależność pomiędzy współczynnikiem tarcia a ilością  $\text{CaF}_2$  dodanego w materiale kompozytowym na bazie miedzi przy prędkości  $V = 20000$  obr./min, oraz obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 20000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa.

Wykres 2, czyli fig. 2 pokazuje zależność między szybkością zużycia i ilością  $\text{CaF}_2$  dodawanego w materiale kompozytowym przy warunkach prędkości  $V = 20000$  obr./min, oraz obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 20000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 2$  MPa; przy prędkości  $V = 30000$  obr./min i obciążenia  $P = 5$  MPa.

W tabeli 1 zestawiono zależność współczynnika tarcia i szybkości zużycia dla różnych obciążeń i prędkości obrotowych dla proponowanego materiału kompozytowego samosmarującego i najbliższego materiału analogowego.

Właściwości przeciwcierne zmniejszają się przy zawartości składników materiału poza proponowanym (kompozycje 1, 5). W przypadku materiału 1 wynika to z niewystarczającej ilości molibdenu i wolframu, aby zapewnić tworzenie się w strukturze materiału faz wzmacniających, takich jak  $\text{Ni}_3\text{Mo}$  ( $\gamma$ ),  $\text{Ni}_4\text{Mo}$  ( $\beta$ ),  $\text{NiW}_2$  ( $\gamma$ ),  $\text{Ni}_4\text{W}$  ( $\beta$ ), który nie zapewnia znacznego wzmocnienia kompozytu i odpowiednio zmniejszając jego odporność na zużycie i zatarcie. Ponadto materiał kompozytowy 1 zawiera 7,0% masy fluorku wapnia w postaci stałego smaru, który jest niewystarczający do zapewnienia minimalnego współczynnika tarcia i szybkości zużycia w trudnych warunkach tarcia (fig. 1 i 2). Ta ilość stałego smaru nie zapewnia ciągłego formowania i rozprowadzania ochronnych folii oddzielających na powierzchniach roboczych. Materiał kompozytowy 5 ma zwiększoną zawartość składników Mo i W, które przyczyniają się do tworzenia wzmacniających faz międzymetalicznych dużej liczby, co znacznie zwiększa twardość i ostro zmniejsza plastyczność metalicznego podłoża.

Prowadzi to do złej urabialności materiału. Jednocześnie wysoka zawartość  $\text{CaF}_2$  (11,0% masy) jako nieplastycznego zanieczyszczenia znacznie obniża właściwości mechaniczne materiału kompozytowego jako całości. Prowadzi to do zmniejszenia wytrzymałości strukturalnej kompozytu, jego kruchości, a w konsekwencji do zmniejszenia jego odporności na zużycie (fig. 1 i 2).

Proponowany materiał kompozytowy 2-5 przeciwcierny na bazie miedzi może być stosowany do produkcji tulei samosmarujących, łożysk ślizgowych, tulei itp., które pracują z dużymi prędkościami i obciążeniami, w szczególności w jednostkach ciernych, energetyce, budowie maszyn, w węzłach wysoko wirujących urządzeń odśrodkowych, silnikach elektrycznych, skrzyniach biegów.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Materiał kompozytowy przeciwcierny na bazie miedzi zawierający podłoże w postaci miedzi i dodatki, **znamienny tym**, że zawiera nikiel, molibden i wolfram w postaci rozproszonego w podłożu proszku oraz fluorek wapnia.
2. Materiał według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że zawiera następujące zawartości masowe składników w % w stosunku do masy materiału: nikiel – 4,0-6,0%, molibden – 1,0-2,0%, wolfram – 1,0-2,0% i fluorek wapnia – 8,0-10,0 %.
3. Materiał według zastrzeżenia 1 lub 2, **znamienny tym**, że miedź stanowi 80,0-86,0 % zawartości masowej w stosunku do masy materiału.
4. Sposób otrzymywania materiału kompozytowego przeciwciernego na bazie miedzi miedź, **znamienny tym**, że miesza się składniki metalicznego proszku miedzi, jako podłoża, i niklu, molibdenu oraz wolframu przez co najmniej 2 godziny, a następnie dodaje się proszek fluorku wapnia i roztworu alkoholu gliceryny, po czym otrzymaną mieszaninę prasuje się i spieka się w temperaturze 830–850°C przez co najmniej 2 godziny w środowisku ochronnym dla wodom, po czym materiał utwardza się.
5. Sposób według zastrzeżenia 4, **znamienny tym**, że dodaje się następujące zawartości masowe składników w % w stosunku do masy materiału: nikiel – 4,0-6,0%, molibden – 1,0-2,0%, wolfram – 1,0-2,0% i fluorek wapnia – 8,0-10,0 %.
6. Sposób według zastrzeżenia 4 lub 5, **znamienny tym**, że stosuje się miedź w ilości 80,0–86,0% zawartości masowej w stosunku do masy materiału.

Rysunki

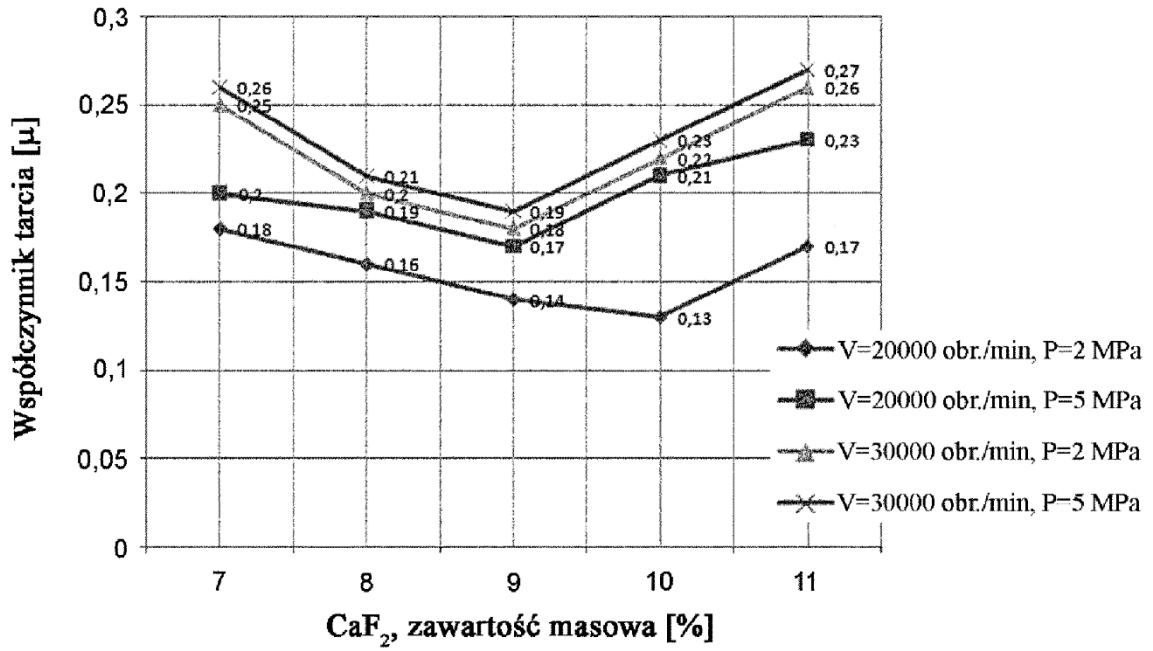


Fig. 1

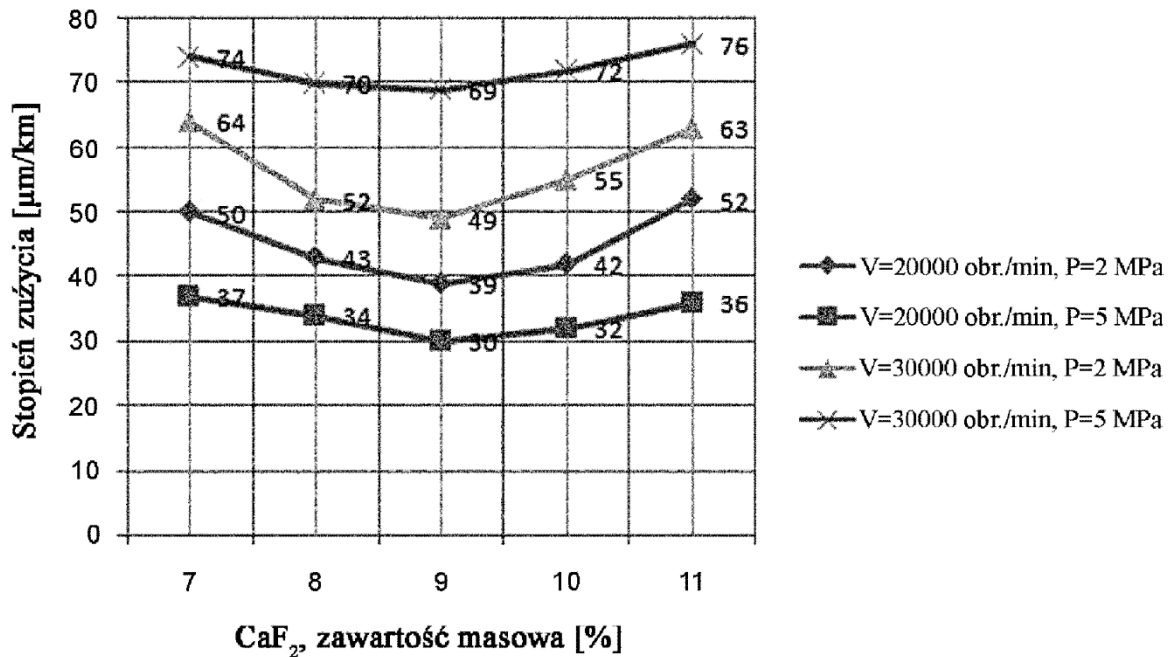


Fig. 2