

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245562 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437352**

(22) Data zgłoszenia: **2021.03.19**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.09.26 BUP 39/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.02 WUP 36/2024**

(51) MKP:

C22C 38/10 (2006.01)

C22C 38/16 (2006.01)

C08L 27/08 (2006.01)

H01F 1/12 (2006.01)

H01F 1/147 (2006.01)

H01F 1/20 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – INSTYTUT
METALI NIEŻELAZNYCH, Gliwice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ŁUKASZ HAWELEK, Górki Śląskie, PL

TYMON WARSKI, Sosnowiec, PL

MARCIN POLAK, Gliwice, PL

PRZEMYSŁAW ZACKIEWICZ, Łany, PL

ADAM PILŚNIAK, Zebrzydowice, PL

ALEKSANDRA KOLANO-BURIAN, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Justyna Duda, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Kompozyt magnetycznie miękki do zastosowań na dławiki kompensacyjne

PL 245562 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest materiał kompozytowy magnetycznie miękki do zastosowań na dławiki kompensacyjne.

Materiały magnetycznie miękkie swoje właściwości magnetyczne zawdzięczają obecności pierwiastków ferromagnetycznych takich jak Fe, Co i Ni, natomiast zdolność do zeszklenia uzyskujemy poprzez odpowiednie ilości metaloidów B, Si czy dodatków niemetalu C, P. Kontrola procesu nanokryształizacji możliwa jest poprzez dodanie do stopu o określonej ilości takich pierwiastków jak Cu, Nb czy Mo. Kinetyka procesu nanokryształizacji a także właściwości magnetycznych zależy zatem silnie od składu chemicznego stopu. W zależności od składu chemicznego optymalne właściwości magnetyczne otrzymywane są w materiale o odprężonej strukturze amorficznej bądź nanokryształicznej. Proces ten realizowany jest poprzez odpowiednią obróbkę cieplną takiego materiału, która determinuje jego właściwości magnetyczne. Metoda odlewania ciekłego stopu na wirującym bębnie (tzw. metoda melt-spinning) jest najpopularniejszą metodą wytwarzania szkła metalicznych w postaci taśm o grubości mikrometrycznej. Z uzyskiwanych taśm formowane są rdzenie, które po odpowiednim przygotowaniu i obróbce wykańczającej mają zastosowanie w elektronice i energoelektronice jako gotowe elementy bierne. W celu uzyskania odpowiedniej charakterystyki zależności indukcji magnetycznej w funkcji przyłożonego natężenia pola magnetycznego (pętla histerezy magnetycznej) możliwa jest obróbka cieplna bez pola magnetycznego lub w jego obecności. Przy czym w zależności od kierunku linii natężenia pola magnetycznego możemy mieć do czynienia z polem poprzecznym bądź podłużnym w stosunku do kierunku zwiłania taśmy rdzenia. Wpływ na charakter krzywej funkcji indukcji magnetycznej od przyłożonego pola można również uzyskać poprzez przygotowanie rdzenia kompozytowego tzw. z „rozproszoną szczeliną”, gdzie osnową jest lepiszcz (żywica, wosk, polimer itd.), natomiast jej wypełnieniem materiał magnetyczny w postaci proszku o odpowiednich właściwościach magnetycznych. Odpowiedni dobór osnowy oraz wypełnienia jest zatem kluczowy pod kątem możliwości jego zastosowania jako rdzenie dławików kompensacyjnych. Do tego zastosowania wymagana jest liniowa zależność indukcji magnetycznej w funkcji natężenia pola magnetycznego bez jego nasycenia w możliwie maksymalnym zakresie przyłożonego pola magnetycznego. Uzyskujemy to albo poprzez bardzo mocne nachylenie pętli histerezy albo poprzez nachylenie pętli z jednoczesnym zastosowaniem materiału o bardzo wysokiej indukcji magnetycznej.

Polifluorek winylidenu (PVDF – PolyVinylidene Fluoride) jest jednym z termoplastycznych, polikryształicznych i wysoce niereaktywnych chemicznie polimerów wykazujących właściwości piezoelektryczne nadającym się na osnowę funkcjonalnych materiałów kompozytowych o własnościach multiferroicznych ze zbrojeniem materiału magnetycznego w postaci warstw czy cząstek. Materiały te mają już liczne zastosowania, między innymi na sensory magnetyczne czy elektryczne [Xu, C.; Ouyang, C; Jia, R.; Li, Y.; Wang, X. *J Appl Polym Sci* 2009, 111, 1763., Slama, J.; Dosoudil, R.; Vicen, R.; Gruskova, A.; Olah, V.; Hudec, I.; Usak, E. *J Magn Magn Mater* 2003, 254, 195.]. W przypadku proszkowych materiałów magnetycznie miękkich pozwoli to na wykorzystanie tego polimeru jako lepiszcza proszku magnetycznie miękkiego i jednocześnie osnowy kompozytu multiferroicznego.

Istotą wynalazku jest kompozyt o właściwościach magnetycznie miękkich, przeznaczony na dławiki kompensacyjne, zawierający polimer termoplastyczny i proszek o właściwościach magnetycznie miękkich charakteryzujący się tym, że proszek magnetycznie miękki stanowi $\text{Fe}_{80,3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$ [% at.] w ilości do 95% składu a polimerem jest polifluorek winylidenu.

Rozwiązanie według wynalazku z proszkiem o składzie $\text{Fe}_{80,3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$ o wysokiej indukcji magnetycznej w obecności termoplastycznego polimeru PVDF pozwala uzyskać kompozyt z którego wytworzony rdzeń nie ulega wysyceniu w obecności pola magnetycznego o natężeniu do ok. 270 kA/m. Wykonano charakteryzację materiałów osnowy, zbrojenia oraz wytworzonego kompozytu. Krzywe przepływu ciepła osnowy PVDF, zbrojenia $\text{Fe}_{80,3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$ w postaci taśm po odlaniu metodą melt-spinning oraz kompozytu PVDF+ $\text{Fe}_{80,3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$ pokazano na Figurze 1, dyfraktogramy rentgenowskie zebrano na Figurze 2, natomiast krzywą pierwotną magnesowania wytworzonego kompozytu w postaci rdzenia toroidalnego do zastosowania na dławiki kompensacyjne przedstawiono na Figurze 3.

Wynalazek ilustruje poniższy przykład wykonania, niestanowiący jego ograniczenia:

1. Wytworzenie proszku magnetycznie miękkiego o składzie chemicznym $\text{Fe}_{80,3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0,7}\text{B}_{14}$ [% at.]:

- a) wytworzenie amorficznej taśmy za pomocą metody melt-spinning o składzie chemicznym $\text{Fe}_{80.3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0.7}\text{B}_{14}$ [% at.].
 - b) obróbka cieplna taśmy amorficznej w postaci zwiniętych rdzeni toroidalnych w temperaturze 310°C w czasie 20 minut.
 - c) zmielenie obrobionej cieplnie taśmy za pomocą wysokoenergetycznego mielenia (350 obr./min) w młynie kulowym.
 - d) odsianie frakcji $20\text{--}50\ \mu\text{m}$.
2. Połączenie polimeru PVDF z wytworzonym proszkiem wg pkt 1:
 - a) do wytworzonego proszku w ilości 20 gramów dodano 2 gramy polimeru PVDF w postaci proszku i mieszano za pomocą wysokoenergetycznego mielenia w młynie kulowym: czas mieszania wynosił 1 godzina, obroty mielenia 350 obr./min.
 3. Wytworzenie kompozytu w postaci rdzenia:
 - a) mieszaninę wytworzoną wg pkt 2 umieszczono w matrycy i sprasowano pod ciśnieniem 10 MPa w celu uformowania rdzenia toroidalnego o wymiarach: średnica zewnętrzna 30 mm, średnica wewnętrzna 20 mm, wysokość 6.5 mm.
 - b) otrzymany rdzeń toroidalny wraz z matrycą wygrzano w temperaturze 170°C przez 5 godzin w celu konsolidacji rdzenia powyżej temperatury topnienia polimeru PVDF.
 - c) Usunięcie uformowanego kompozytowego rdzenia z matrycy.

Zastrzeżenie patentowe

1. Kompozyt o właściwościach magnetycznie miękkich, przeznaczony na dławiki kompensacyjne, zawierający polimer termoplastyczny i proszek o właściwościach magnetycznie miękkich, **znamienny tym**, że proszek magnetycznie miękki stanowi $\text{Fe}_{80.3}\text{Co}_5\text{Cu}_{0.7}\text{B}_{14}$ [% at.] w ilości do 95% składu a polimerem jest polifluorek winylidenu.

Rysunki

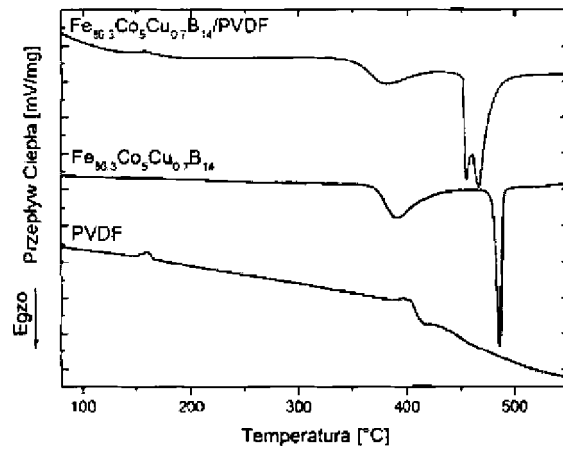


Fig. 1

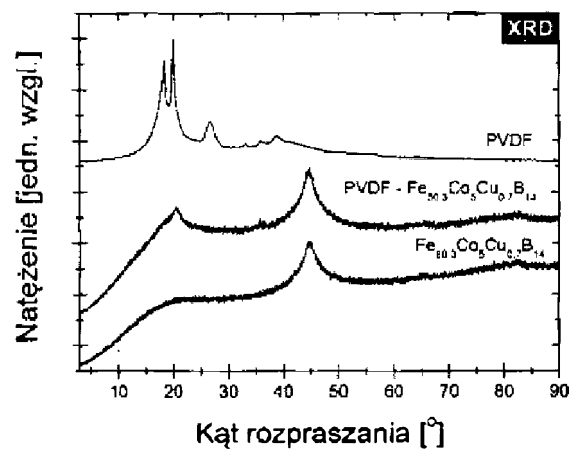


Fig. 2

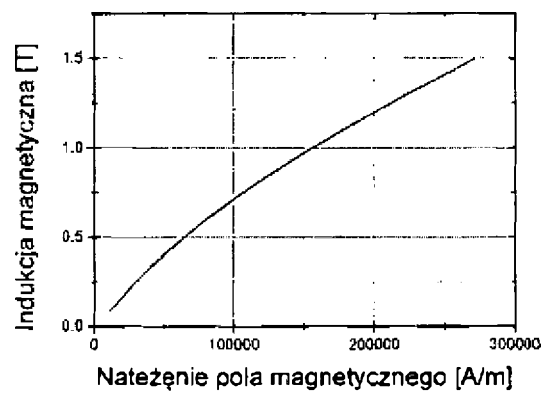


Fig. 3