

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 242955 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434927**

(22) Data zgłoszenia: **2020.08.06**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.02.07 BUP 06/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.05.22 WUP 21/2023**

(51) MKP:

C08L 55/02 (2006.01)

B33Y 70/00 (2020.01)

C07C 49/08 (2006.01)

C08K 3/10 (2018.01)

C08K 3/34 (2006.01)

C08K 3/38 (2006.01)

H01F 1/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(-y) wynalazku:

MARCIN POLAK, Gliwice, PL

ADRIAN RADOŃ, Żarnowiec, PL

ŁUKASZ HAWELEK, Górki Śląskie, PL

ALEKSANDRA KOLANO-BURIAN, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

**Sposób wytwarzania kompozytowego materiału termoplastycznego o właściwościach
magnetycznie miękkich przeznaczonego do druku 3D**

PL 242955 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytowego materiału termoplastycznego o właściwościach magnetycznie miękkich przeznaczonego do druku 3D.

Polimery termoplastyczne wykorzystywane są na szeroką skalę w technikach druku 3D FDM (z ang. Fused Deposition Modeling) [Patent: US5121329A: „Apparatus and method for creating three-dimensional objects”] jako materiał wsadowy. Ich postać to najczęściej drut o przekroju kołowym, wytworzona w procesie wytłaczania z uplastycznionego pod wpływem temperatury materiału pod dużym ciśnieniem. Do najbardziej popularnych materiałów termoplastycznym można zaliczyć polilaktyd (PLA) i terpolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy (ABS).

Materiały magnetycznie miękkie są wykorzystywane w szeroko pojętej elektronice i energoelektronice. Z materiałów tych skonstruowane są elementy bierne układów przekształcających energię elektryczną. Rozwój nauki oraz techniki doprowadził do rozpoczęcia stosowania metalicznych materiałów amorficznych oraz nanokrystalicznych wytwarzanych w postaci cienkich (15–25 μm) taśm, które cechują się lepszymi parametrami (w szczególności wysoką wartością indukcji nasycenia powyżej 1,5 T) użytkowymi niż klasyczne materiały stosowane w tej dziedzinie techniki [Radoń, A., Babilas, R., Włodarczyk, P., Zackiewicz, P., Łukowiec, D., Polak, M., ... & Hawełek, Ł. (2020). Influence of copper addition and heat treatment parameters on nanocrystallization process of Fe-Co-Mo-B-Si amorphous ribbons with high saturation magnetization about 1.6 T. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 496, 165951].

Postać nowoczesnych materiałów magnetycznie miękkich stwarza ograniczenia nadawania wytwarzanym elementom biernym dla elektroniki i energoelektroniki dowolnego kształtu, co utrudnia lub uniemożliwia ich zastosowanie w nowoczesnych układach przekształcających energię elektryczną.

Rozwiązaniem tego problemu jest nadanie właściwości magnetycznie miękkich cechujących materiały amorficzne i nanokrystaliczne materiałowi termoplastycznemu w postaci drutu, który stosowany jest w druku 3D FDM. Materiał taki mógłby posłużyć do wytworzenia elementów o dowolnym kształcie poprzez zastosowanie technik druku 3D FDM [Dudek, P. F. D. M. (2013). FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements. *Archives of metallurgy and materials*, 58(4), 1415–1418].

Cel ten osiągnięto poprzez stworzenie na drodze ekstruzji kompozytowego materiału termoplastycznego na bazie terpolimeru akrylonitrylo-butadieno-styrenowego i sproszkowanego za pomocą wysokoenergetycznego mielenia lub atomizacji materiału magnetycznie miękkiego oraz opracowania sposobu jego wytwarzania w postaci umożliwiającej zastosowanie go w technice druku 3D FDM.

Istotą wynalazku jest sposób wytwarzania kompozytowego materiału termoplastycznego o właściwościach magnetycznie miękkich przeznaczonego do druku 3D FDM wytworzonego z rozpuszczonego w acetonie w temperaturze od 20°C do 58°C, polimeru ABS i proszku o rozmiarze cząstek do 100 μm , o właściwościach magnetycznie miękkich, w proporcji do 90% wagowych proszku materiału magnetycznie miękkiego w kompozycie w postaci stałej polimer-proszek magnetycznie miękkiej, charakteryzujący się tym, że proszek magnetycznie miękkiej stanowi $\text{Fe}_{79,8}\text{Co}_2\text{Mo}_{0,2}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ [% at.].

Wynalazek ilustruje poniższy przykład wykonania, niestanowiący jego ograniczenia:

1. Polimer termoplastyczny ABS poddaje się procesowi rozpuszczania:
 - a) do acetonu w ilości 150 ml znajdującego się w zlewce o pojemności 250 ml dodano 25 gramów polimeru ABS,
 - b) proces rozpuszczania prowadzono za pomocą mieszadła magnetycznego: czas mieszania wynosił 8 godzin, obroty mieszadła wynosiły 300 obr./min, temperatura mieszaniny wynosiła 30°C.
2. Wytworzono proszek magnetycznie miękkiej o składzie chemicznym: $\text{Fe}_{79,8}\text{Co}_2\text{Mo}_{0,2}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ [% at.]:
 - a) taśmę wytworzoną za pomocą metody melt-spinnig o składzie chemicznym $\text{Fe}_{79,8}\text{Co}_2\text{Mo}_{0,2}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ [% at.] poddano obróbce cieplnej w temperaturze 385°C w czasie 20 min,
 - b) taśmę zmielono za pomocą wysokoenergetycznego mielenia w młynie kulowym,
 - c) proszek poddano procesowi przesiewania tak aby uzyskać frakcję o rozmiarze cząstek proszku od 20 μm do 50 μm .
3. Rozpuszczony polimer wg pkt 1 połączono z wytworzonym proszkiem wg pkt 2:
 - a) do zlewki z rozpuszczonym polimerem dodano wytworzony proszek w ilości 25 gramów i mieszano za pomocą mieszadła mechanicznego: czas mieszania wynosił 3 godziny, obroty mieszadła wynosiły 600 obr./min, temperatura mieszaniny wynosiła 55°C

4. Wytworzenie kompozytu w postaci drutu przeznaczonego do druku 3D:
 - a) mieszaninę wytworzoną wg pkt 3 podgrzano do temperatury 60°C w piecu w celu odparowania z niej acetonu: czas procesu wynosił 12 godzin,
 - b) mieszaninę polimeru termoplastycznego ABS z proszkiem, uzyskaną wg pkt 4a, w postaci stałej rozdrobniono mechanicznie do postaci granulatu o rozmiarze od 3 mm do 5 mm,
 - c) granulát poddano procesowi ekstruzji do postaci drutu o średnicy 1,75 mm; temperatura procesu wynosiła 270°C w komorze plastyfikacji granulatu, prędkość wytłaczania drutu wynosiła 8 mm/s.

Zastrzeżenie patentowe

1. Sposób wytwarzania kompozytowego materiału termoplastycznego o właściwościach magnetycznie miękkich przeznaczonego do druku 3D FDM, wytworzonego z rozpuszczonego w acetonie w temperaturze od 20°C do 58°C, polimeru ABS i proszku o rozmiarze cząstek do 100 μm o właściwościach magnetycznie miękkich, w proporcji do 90% wagowych proszku materiału magnetycznie miękkiego w kompozycie w postaci stałej polimer-proszek magnetycznie miękkiej, **znamienny tym**, że proszek magnetycznie miękkiej stanowi $\text{Fe}_{79,8}\text{Co}_2\text{Mo}_{0,2}\text{Si}_4\text{B}_{14}$ [% at.].