

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238095**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432729**

(22) Data zgłoszenia: **28.01.2020**

(51) Int.Cl.

C22C 45/02 (2006.01)

H01F 1/153 (2006.01)

C22C 33/04 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

(54)

Nanokrystaliczny stop żelaza

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

07.09.2020 BUP 19/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

05.07.2021 WUP 14/21

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,
Częstochowa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MARCIN NABIAŁEK, Częstochowa, PL
KATARZYNA BŁOCH, Cykarkzew Północny, PL
BARTŁOMIEJ JEŻ, Ręczno, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 238095 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest nanokrystaliczny stop żelaza, klasyfikowany jako magnetycznie miękki, mogący mieć zastosowanie w elektronice, elektrotechnice i energetyce, a w szczególności na transformatory dużej mocy dla impulsowych układów zasilania, wysokiej dokładności przekładniki prądowe dla liczników energii, czy transformatory impulsowe dla komunikacji.

Znane są z opisów patentowych PL131127B1 oraz PL154378B1 stopy amorficzne o następujących składach chemicznych (w % wagowych): 18–21 % Co, 4–8% B i Si, 0,05–1,0% Ta, reszta Fe, oraz 91,5–93,0% Fe, 3,0–5,9% Si i 2,6–3,7% B. Materiały te zostały wykonane w postaci taśm przy bardzo wysokich prędkościach chłodzenia. Metoda ich wytwarzania nazywana jest też ultraszybkim chłodzeniem a osiągnięta prędkość chłodzenia jest nawet rzędu 10^6 K/s, przy czym tak duże prędkości chłodzenia nie dają możliwości uzyskania materiału o grubości większej niż kilkadziesiąt mikrometrów. Produktem tej metody są cienkie taśmy o grubościach od kilkunastu do około stu mikrometrów, zaś sam kształt taśm jest czynnikiem ograniczającym ich zastosowanie. Dodatkowo taśmy takie posiadają zazwyczaj strukturę amorficzną i wymagają dodatkowej obróbki termicznej w celu uzyskania struktury nanokrystalicznej, co oznacza, że uzyskanie materiału nanokrystalicznego wymaga dodatkowego przygotowania i wpływa na wydłużenie czasu otrzymania produktu finalnego oraz jego cenę końcową.

W materiałach tego typu, szczególnie do zastosowania w elektrotechnice, elektronice czy energetyce, za jedno z najważniejszych parametrów użytkowych uważa się wartość pola koercji, magnetyzację nasycenia oraz wartość temperatury Curie. W przypadku tych stopów wartość magnetyzacji nasycenia powinna przekraczać 1 T a temperatura Curie wartość 100°C , natomiast wartość pola koercji powinna być jak najmniejsza i według klasyfikacji materiałów magnetycznie miękkich nie może przekraczać 100 A/m. W ten sposób nie można jednak klasyfikować wszystkich materiałów do zastosowania w elektronice, elektrotechnice czy energetyce, bowiem czasami wymagane jest zmniejszenie wartości temperatury Curie czy podwyższenie wartości pola koercji, jak to ma miejsce w przypadku materiałów wskazanych w opisach patentowych PL131127B1 i PL154378B1.

Powszechnie wytwarzane materiały magnetycznie miękkie to np. METGLAS 2605 CO o składzie jakościowo-ilościowym (w % wagowych): 21,2% Co, 3,04% B, 0,56% Si, reszta to Fe. Materiał ten, znany od ponad 70 lat, wytwarzany jest przy prędkości chłodzenia wynoszącej 10^6 K/s w postaci taśmy o grubości 35–75 μm , przy czym prędkość chłodzenia determinuje grubość produktu finalnego, co wpływa na zminimalizowanie jego zdolności aplikacyjnej. Proces nanokrystalizacji taśm jest drugim etapem produkcyjnym, który znacząco wpływa na wydłużenie procesu otrzymania produktu finalnego oraz, co najważniejsze, na jego koszt.

Celem wynalazku jest otrzymanie masywnego, nanokrystalicznego szybkochłodzonego stopu żelaza, który charakteryzuje się niską wartością pola koercji, wysoką indukcją nasycenia i dobrą stabilnością temperaturową, przy czym sam stop jest możliwy do otrzymania w procesie jednoetapowym.

Istotą wynalazku jest nanokrystaliczny stop żelaza charakteryzujący się tym, że ma skład atomowy: $\text{Fe}_{70}\text{Zr}_8\text{Nb}_2\text{B}_{20}$, a dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0,09%.

Zaletą stopu według wynalazku jest przede wszystkim to, że w stosunku do materiałów amorficznych wytwarzanych w postaci cienkich taśm można z niego wytworzyć taśmy o grubości 0,5 mm i to w jednym etapie produkcyjnym, i przy zachowaniu niskiej wartości pola koercji, wysokiej indukcji nasycenia i dobrej stabilności temperaturowej.

Stop według wynalazku jest ferromagnetykiem o pożądanych właściwościach magnetycznych. Ze względu na zakres wartości pola koercji materiał ten może być wykorzystywany na rdzenie transformatorów czy dławików, przy czym generalnie znajduje on zastosowanie w elektronice, elektrotechnice czy energetyce.

Stop wytworzony został w procesie jednoetapowym przy prędkości chłodzenia wynoszącej około 10^2 K/s, a otrzymane próbki miały postać masywnych płytek o grubości 0,5 mm i powierzchni 10 x 10 mm, przy czym stop posiadał, jako szybkochłodzony, strukturę nanokrystaliczną wykazując jednocześnie odpowiednie właściwości magnetyczne. Reasumując należy tu wskazać, że odpowiedni dobór składu jakościowo-ilościowego stopu jest decydujący jeśli chodzi o jego finalne właściwości magnetyczne.

P r z y k ł a d

Nanokrystaliczny stop żelaza ma następujący skład atomowy: $\text{Fe}_{70}\text{Zr}_8\text{Nb}_2\text{B}_{20}$, przy czym dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0,05%.

Badany materiał należy do grupy masywnych materiałów nanokrystalicznych. Stop nanokrystaliczny wytworzono z polikrystalicznych wlewków, które wykonano w próżniowym piecu łukowym, przy czym prąd roboczy podczas przetapiania wynosił 250 A. Składniki stopu przetopiono celem ich ujednolicenia a następnie wlewki o wadze 10 g oczyszczono mechanicznie oraz przy użyciu myjki ultradźwiękowej. Oczyszczone wlewki podzielono na mniejsze porcje służące do wytopu, które to porcje umieszczono w kwarcowym tyglu podłączonym do butli wypełnionej argonem. Materiał stapiano przy użyciu prądów wirowych a następnie wciśnięto do miedzianej formy odwzorowującej kształt płytki o wymiarach: powierzchnia – 10 x 10 mm, grubość – 0,5 mm, przy czym stop wciskany był do formy przy użyciu ciśnienia argonu, zaś sama forma była chłodzona wodą. Cały proces odlewania odbywał się w komorze próżniowej przy ciśnieniu gazu (argonu) wynoszącym 0,3 atmosfery. Tak uzyskane płytki nanokrystaliczne zostały poddane badaniom struktury oraz właściwości magnetycznych, przy czym nie dokonano na nich żadnych zabiegów wpływających na zmianę ich struktury.

Właściwości fizyczne próbki w postaci płytki z tego stopu przedstawiają tabela 1 i fig. 1.

Zastrzeżenie patentowe

1. Nanokrystaliczny stop żelaza, **znamienny tym**, że ma następujący skład atomowy: $\text{Fe}_{70}\text{Zr}_8\text{Nb}_2\text{B}_{20}$, a dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0.09%.

Rysunki

Tabela 1

stop	M_s [T]	H_c [A/m]	αFe	Fe_2B	Fe_{23}B_6
$\text{Fe}_{70}\text{Zr}_8\text{Nb}_2\text{B}_{20}$	1,23	4766	+	+	-

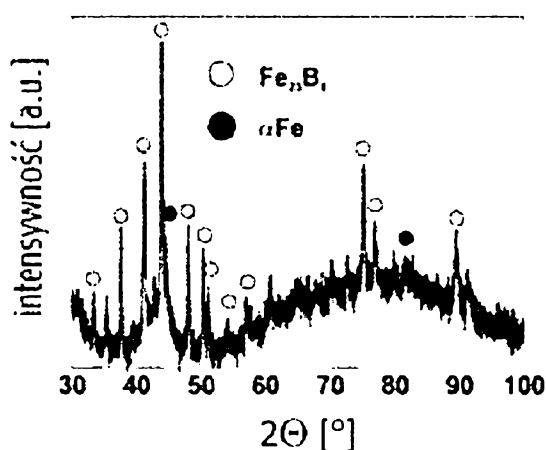


Fig. 1