

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234846**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425731**

(51) Int.Cl.  
**C22C 45/02 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **25.05.2018**

(54)

**Amorficzny stop objętościowy**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**02.12.2019 BUP 25/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**30.04.2020 WUP 04/20**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,  
Częstochowa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MARCIN NABIAŁEK, Częstochowa, PL  
MICHAŁ SZOTA, Częstochowa, PL  
KATARZYNA BŁOCH, Cykarzew Północny, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. Magdalena Filipek-Marzec**

**PL 234846 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest amorficzny stop objętościowy klasyfikowany jako magnetycznie miękki, mający zastosowanie w elektrotechnice, elektronice i energetyce, w szczególności jako materiał na rdzenie magnetyczne transformatorów, dławiki czy elementy chłodzące w nowoczesnych chłodziarkach magnetycznych.

Materiały magnetyczne znajdują szerokie zastosowanie we współczesnej technice. W szczególności, materiały wykazujące własności magnetyczne miękkie przeznaczone są głównie na półwyroby przy wytwarzaniu urządzeń elektrycznych jak silniki, generatory, dławiki czy transformatory. Najczęściej materiały o takich właściwościach wykorzystywane są do budowy rdzeni magnetycznych w transformatorach. Możliwość takiego ich zastosowania wynika z wykazywanych przez nie własności, zaś najważniejsze z nich to magnetyzacja nasycenia, temperatura Curie oraz wartość pola koercji, przy czym parametry te powinny mieć następujące wartości: magnetyzacja nasycenia w zależności od zastosowania od 0,2 T, wartość pola koercji do 100 A/m, zaś temperatura Curie w zależności od zastosowania samego materiału: niska – efekt magnetokaloryczny, wyższa od 350 K – materiały powszechnie stosowane w elektronice, elektrotechnice oraz energetyce.

Dotychczas znane są różne związki i stopy wykazujące powyższe właściwości. Jednym z takich materiałów jest produkowany na skalę przemysłową stop zawierający wagowo: 21,2% Co, 3,04% B, 0,56% Si, reszta Fe.

Z polskiego opisu patentowego nr PL154378B1 znany jest magnetycznie miękki stop amorficzny, przeznaczony do stosowania w elektronice i elektrotechnice, przede wszystkim na rdzenie magnetyczne pracujące w zmiennych polach magnetycznych o podwyższonej częstotliwości i w polach impulsowych. Stop ten na podstawie Fe zawiera wagowo 18–21% Co, 4–8% łącznie B i Si oraz 0,05–1,0% Ta, reszta Fe.

Także z polskiego opisu patentowego nr PL131127B1 znany jest amorficzny stop żelaza, boru i krzemu, zawierający wagowo: 77–80% Fe, 12–16% Si i 5–10% B oraz nieuniknione śladowe zanieczyszczenia.

Materiały te wytwarzane są techniką szybkiego chłodzenia ciekłego stopu na miedzianym wirującym walcu, gdzie szybkość chłodzenia wynosi nawet  $10^4$ K/S do  $10^6$ K/s. Tak duża szybkość chłodzenia skutkuje znacznym ograniczeniem grubości (przeważnie 25–35  $\mu$ m) i kształtu (taśmy lub niekształtne płatki) uzyskanych produktów, oraz brakiem możliwości formowania innych kształtów w procesie produkcyjnym. Wpływa to na znaczne ograniczenie praktycznego zastosowania tego rodzaju materiałów.

Innym, znanym z polskiego opisu patentowego nr PL226591B1 materiałem jest lity, objętościowy stop o ultra-wysokiej koercji i składzie  $(\text{Fe}_x\text{Nb}_v\text{B}_z)_{1-y}\text{RE}_y$ , gdzie RE oznacza Dy albo Y, albo dowolną kombinację pierwiastków wybranych spośród Tb, Dy i Y,  $x=70-83$ , korzystnie 78,  $v=2-10$ , korzystnie 8,  $z=10-20$ , korzystnie 14, zaś  $y=0,08-0,16$ , korzystnie 0,12. Sposób otrzymywania takiego stopu o ultra-wysokiej koercji według przedmiotowego wynalazku polega na tym, że próbkę o składzie  $(\text{Fe}_x\text{Nb}_v\text{B}_z)_{1-y}\text{RE}_y$ , gdzie RE oznacza Tb albo Dy albo Y, albo dowolną kombinację tych pierwiastków,  $x=70-83$ , korzystnie 78,  $v=2-10$ , korzystnie 8,  $z=10-20$ , korzystnie 14,  $y=0,08-0,16$ , korzystnie 0,12, oraz masie zależnej od średnicy formy odlewniczej, topi się wstępnie w piecu łukowym w atmosferze gazu ochronnego, stosując prąd topienia o wartości od 10 do 50 A. Następnie próbkę otrzymanego stopu umieszcza się w gnieździe formy odlewniczej a komorę próbki kilkakrotnie przepłukuje się gazem ochronnym, po czym przeprowadza się zasadniczy cykl wytopu, w którym podgrzewa się próbkę stosując liniowo narastający prąd o wartości od 15 do maksymalnie 50 A, korzystnie do 35 A, następnie topi się ją, stosując prąd o wartości uzyskanej w etapie podgrzewania, przez czas niezbędny do uzyskania jednorodności próbki, po czym odsysa próżniowo, przy czym zasadniczy cykl wytopu prowadzi się w atmosferze gazu ochronnego pod ciśnieniem 0,2 atm., a przez cały czas zasadniczego cyklu wytopu formę odlewniczą chłodzi się utrzymując temperaturę poniżej 25°C.

Celem wynalazku jest otrzymanie materiału, którego cechą jest możliwość jego wykorzystania do pracy w wysokich częstotliwościach i polach impulsowych, oraz jako materiału na elementy wykazujące efekt magnetokaloryczny w temperaturze bliskiej pokojowej.

Istotą wynalazku jest amorficzny stop objętościowy, którego głównym składnikiem jest żelazo, charakteryzujący się tym, że ma następujący skład atomowy:  $\text{Fe}_{70}\text{B}_{20}\text{Y}_5\text{Nb}_{4-x}\text{Mo}_{1+x}$ , przy czym wartość  $x$  jest równa 0 albo 1, a dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0,09%.

Stop o podanym składzie posiada odpowiednie własności fizyczne (magnetyzacja nasycenia, temperatura Curie, wartość pola koercji), pozwalające na jego wykorzystanie jako materiału na elementy

urządzeń pracujących w wysokich częstotliwościach i polach impulsowych, oraz na elementy wykazujące efekt magnetokaloryczny w temperaturze bliskiej pokojowej. Niezależnie od powyższego, stop ten można otrzymać w postaci masywnego materiału amorficznego, wytwarzanego przy obniżonej szybkości chłodzenia wynoszącej  $10^3\text{K/s}$ , co dodatkowo znacząco wpływa na jego właściwości i stan struktury, oraz pozwala na uzyskanie próbek o większych grubościach (do 2 mm) niż taśma, jak również o różnych kształtach (płytki, pręty). Wytworzony masywny stop amorficzny posiada odpowiednią magnetyzację nasycenia oraz natężenie powściągające, klasyfikujące go jako materiał nadający się do stosowania w elektronice, elektrotechnice czy energetyce.

Przedmiot wynalazku objaśniają następujące przykłady.

#### Przykład I

Amorficzny stop objętościowy  $\text{Fe}_{70}\text{B}_{20}\text{Y}_5\text{Nb}_4\text{Mo}_1$  zawiera atomowo 70% Fe, 20% B, 5% Y, 4% Nb oraz 1% Mo. Stop wytwarza się dwuetapowo. Najpierw w próżniowym piecu łukowym, w atmosferze gazu ochronnego np. Ar i przy natężeniu prądu roboczego 300 A, dokonuje się pięciu przetopów z każdej strony wlewka i wytwarza materiał polikrystaliczny. Następnie czyści się go mechanicznie oraz w myjce ultradźwiękowej w toluenie i wykorzystuje do wytworzenia finalnych objętościowych próbek amorficznych. Próbki amorficzne o kształcie płytek (0,5 mm grubości) i prętów (do 2 mm średnicy) wytwarza się wykorzystując metodę wtlaczania ciekłego stopu do miedzianej formy chłodzonej wodą. Próbki wykonuje się w komorze próżniowej w atmosferze gazu ochronnego (Ar) poprzez ich wtlócenie z kwarcowej kapilary do miedzianej formy. Stop topi się z wykorzystaniem prądów wirowych, po czym doprowadza do zestalenia w wydrążonej w miedzianym bloku kształtce w formie płytki bądź pręta. Właściwości fizyczne próbek w postaci płytek i prętów z tego stopu ilustruje tabela.

Dla zawartości x	Koercja [A/m]	Magnetyzacja [T]	Curie [K]
x = 0	35-40	0,74-0,76	405-408

#### Przykład II

Amorficzny stop objętościowy  $\text{Fe}_{70}\text{B}_{20}\text{Y}_5\text{Nb}_3\text{Mo}_2$  zawiera atomowo 70% Fe, 20% B, 5% Y, 3% Nb oraz 2% Mo. Stop otrzymuje się tą samą metodą co w przykładzie I, zaś własności fizyczne próbek w postaci płytek i prętów z tego stopu ilustruje poniższa tabela.

Dla zawartości x	Koercja [A/m]	Magnetyzacja [T]	Curie [K]
x = 1	15-20	0,41-0,43	395 - 398

### Zastrzeżenie patentowe

1. Amorficzny stop objętościowy, którego głównym składnikiem jest żelazo, **znamienny tym**, że ma następujący skład atomowy:  $\text{Fe}_{70}\text{B}_{20}\text{Y}_5\text{Nb}_{4-x}\text{Mo}_{1+x}$ , przy czym wartość x jest równa 0 albo 1, a dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0,09%.