

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **234845**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **425730**

(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 OŹGA, Częstochowa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 234845 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 pracujących przy wysokich częstotliwościach.

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. Ze względu na prawie zerową magnetostrykcję oraz prawie prostokątną pętlę histerezy magnetycznej, materiały takie idealnie nadają się do budowy transformatorów pracujących przy wysokich częstotliwościach. Możliwość takiego ich zastosowania wynika z wykazywanych przez nie własności, przy czym istotnym parametrem pracy materiałów ferromagnetycznych jest temperatura Curie, którą można modelować poprzez odpowiedni dobór składu chemicznego stopów, przy zachowaniu odpowiednio wysokich wartości pozostałych parametrów użytkowych. W nowoczesnych urządzeniach elektronicznych czy elektrotechnicznych stosowane są materiały (np. amorficzne) o wyjątkowych własnościach, znacznie korzystniejszych od powszechnie stosowanych materiałów krystalicznych (np. stali krzemowych). Wyjątkowość stopów amorficznych związana jest z samą ich strukturą, bowiem wpływa ona na osiągnięte przez nie parametry użytkowe. 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 osnowie 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 10^4 K/S do 10^6 K/S. Tak duża szybkość chłodzenia skutkuje znacznym ograniczeniem grubości (przeważnie 25–35 μ 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: $Fe_{65}B_{20}Y_{5+x}Nb_5Hf_{5-x}$, 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 $10-10^3K/s$, co dodatkowo znacząco wpływa na jego właściwości i stan struktury, oraz pozwala na uzyskanie próbek o różnych kształtach (płytek, rurek, prętów itp.) i grubościach większych niż graniczna dla taśm amorficznych. Wytworzony masywny stop amorficzny posiada odpowiednią magnetyzację nasycenia oraz natężenie powściąągające, klasyfikujące go jako materiał nadający się do stosowania w elektronice, elektrotechnice czy energetyce, przydatny szczególnie do budowy transformatorów pracujących przy wysokich częstotliwościach.

Przedmiot wynalazku objaśniają następujące przykłady.

Przykład I

Amorficzny stop objętościowy $Fe_{65}B_{20}Y_5Nb_5Hf_5$ zawiera atomowo: 65% Fe, 20% B, 5% Y, 5% Nb oraz 5% Hf. Stop wytwarza się dwuetapowo. Najpierw w próżniowym piecu łukowym, w atmosferze gazu ochronnego 0,2–0,35 Ar i przy natężeniu prądu roboczego 280–300 A, dokonuje się od pięciu do ośmiu 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 próbek amorficznych. Próbkę amorficzną 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. Próbkę wykonuje się w komorze próżniowej w atmosferze gazu ochronnego (Ar) poprzez ich wtlóczenie 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	15-25	0,33-0,43	325-330

Przykład II

Amorficzny stop objętościowy $Fe_{65}B_{20}Y_6Nb_5Hf_4$ zawiera atomowo: 65% Fe, 20% B, 6% Y, 5% Nb oraz 4% Hf. Stop otrzymuje się tą samą metodą co w przykładzie I, zaś właściwości 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	6-15	0,37-0,47	340 - 345

Zastrzeżenie patentowe

1. Amorficzny stop objętościowy, którego głównym składnikiem jest żelazo, **znamienny tym**, że ma następujący skład atomowy: $Fe_{65}B_{20}Y_{5+x}Nb_5Hf_{5-x}$, przy czym wartość x jest równa 0 albo 1, a dopuszczalna ilość zanieczyszczeń nie przekracza 0,09%.