



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **420752**

(51) Int.Cl.
H01F 41/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **06.03.2017**

(54) **Sposób wytwarzania rdzenia magnetycznego
ze sproszkowanego materiału nanokrystalicznego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
17.07.2017 BUP 15/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.05.2018 WUP 05/18

(73) Uprawniony z patentu:

**MAGNETO SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Częstochowa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JACEK LESZCZYŃSKI, Częstochowa, PL
MARIAN SOIŃSKI, Częstochowa, PL
ROMAN RYGAŁ, Częstochowa, PL
MICHAŁ PAŁĘGA, Częstochowa, PL
MARCIN KWIECIEŃ, Częstochowa, PL
CEZARY ŚWIEBODA, Częstochowa, PL
PATRYK LASEK, Częstochowa, PL
DOMINIK GRYBOŚ, Zagórzany, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Jerzy Radecki

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania rdzenia magnetycznego ze sproszkowanego materiału nanokrystalicznego do stosowania w branży energoelektronicznej, dla urządzeń pracujących w podwyższonej częstotliwości.

Rdzenie magnetyczne znajdują zastosowanie jako elementy indukcyjne w dławikach oraz filtrach wysokoczęstotliwościowych oraz jako koncentratory pola w procesie grzania indukcyjnego.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL181506, sposób wytwarzania elastycznego magnesu trwałego z proszku magnetycznie twardego, który polega na tym, że masę składającą się z silikonu lub polichloroprenu rozpuszczonego w acetonie oraz proszku substancji magnetycznie twardej, korzystnie stali kobaltowej lub węglowej, a także wymywalnego chlorku sodu poddaje się polimeryzacji przy jednoczesnym działaniu zewnętrznego pola magnetycznego o indukcji 0,8 T, w temperaturze 18–22°C, w czasie 40–48 godzin. Następnie ze spolimeryzowanej masy, przy jednoczesnym jej ugniataniu, wymywa się chlorek sodu wodą o temperaturze 50°C do momentu zaniku w eluacie jonów chloru. W celu uzyskania struktury mikroporowatej elastycznego magnesu trwałego do masy składającej się z silikonu lub polichloroprenu rozpuszczonego w acetonie i proszku substancji magnetycznie twardej w miejsce chlorku sodu dodaje się mieszaniny poroforowej złożonej z kwaśnego węgla sodu i kwaśnego fosforanu sodu zmieszanych w ekwiwalentnych ilościach wagowych. Mieszaninę poddaje się polimeryzacji przy jednoczesnym działaniu zewnętrznego pola magnetycznego o indukcji 0,8 T w temperaturze 50–95°C w czasie 3–6 godzin. Wysoka temperatura powoduje rozkład cząsteczek substancji poroforowej z wytworzeniem gazów, które powodują wytworzenie się porów w spolimeryzowanej masie.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL203619 sposób wytwarzania dielektromagnesu Nd-Fe-B, według którego magnetycznie twardy proszek Nd-Fe-B miesza się z żaroodpornym lakierem silikonowym z dodatkiem toluenu w ilości równej objętości tych składników, następnie odparowuje w suszarce próżniowej i prasuje w matrycy ciśnieniem 700–900 MPa, po czym otrzymaną wypraskę utwardza się w suszarce w temperaturze 200 do 250°C w ciągu 1–5 h, następnie magnesuje się ją w polu magnetycznym do stanu nasycenia.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego US7172660 sposób wytwarzania rdzenia magnetycznego przy użyciu bezpostaciowego proszku metalu na bazie Fe, gdzie wstępnie ogrzaną amorficzną metalową taśmę na bazie Fe mieli się do postaci proszku i sortuje na dwie frakcje: 100–140 mesh i 140–200 mesh. Wysortowane frakcje proszku miesza się ze spoiwem, a otrzymany kompozyt, z którego formuje się rdzeń magnetyczny zawiera 35–45% amorficznego proszku metalowego o frakcji 100–140 mesh i 55–65% bezpostaciowego proszku metalu o frakcji 140–200 mesh. Uformowany rdzeń wyżarza się w temperaturze 300–500°C.

Celem rozwiązania według wynalazku jest zagospodarowanie odpadowego materiału w postaci kawałków taśmy nanokrystalicznej o względnej przenikalności magnetycznej powyżej 1000 powstałego na przykład przy produkcji rdzeni magnetycznych zwijanych z taśmy nanokrystalicznej, a tym samym zmniejszenie kosztów ich produkcji.

Istotą układu według wynalazku jest to, że taśmowy materiał nanokrystaliczny stanowi odpadowy materiał w postaci kawałków taśmy nanokrystalicznej o względnej przenikalności magnetycznej powyżej 1000, a jedna z frakcji proszku uzyskanej po zmieleniu i sortowaniu kawałków taśmy nanokrystalicznej jest o wymiarach 1÷45 µm, przy czym jej udział w całości uzyskanego proszku, po zmieszaniu z frakcjami o większych jego wymiarach, wynosi do 50% wagowych, który następnie przed zmieszaniem z lepiszczem poddaje się obróbce cieplnej w temperaturze 200÷360°C, w celu jego wtórnej rekryształizacji. Obróbka cieplna uformowanego rdzenia magnetycznego polega na umieszczeniu go w suszarce w temperaturze 180°÷220°C przez okres 1,5÷4 h, w celu jego utwardzenia.

Korzystnym jest, gdy lepiszczem do łączenia zmieszanych frakcji proszku jest granulatu polietylen w proporcjach 85% proszku nanokrystalicznego do 15% lepiszcza co również wpływa na obniżenie kosztów produkcji.

Z uwagi na to, że proces rekryształizacji wtórnej proszku odbywa się przed uformowaniem rdzenia magnetycznego, to można było zastosować spoiwo, łatwe w jego uplastycznieniu jak i utwardzeniu oraz stosunkowo tanie.

Korzystnym jest domieszkowanie najdrobniejszych ziaren o rozmiarach 1÷45 µm, do 50% wagowo, z ziarnami granulatu o znacząco większych rozmiarach – od 250 µm w górę. Najdrobniejsze ziarna wypełniają puste przestrzenie wynikłe z losowego ułożenia ziaren dużych. W ustalonej objętości, zwiększa się masa materiału magnetycznego, to jest rośnie współczynnik upakowania, co przekłada się

na wzrost względnej przenikalności magnetycznej. Dodatkowo, z uwagi na fakt, iż drobne ziarna granulatu $1\div 45\ \mu\text{m}$ cechują się stałą względną przenikalnością magnetyczną w szerokim paśmie częstotliwości, to mieszanina tych drobnych ziaren z ziarnami o rozmiarach od $250\ \mu\text{m}$ w górę powoduje wzrost szerokości pasma częstotliwości dla rdzenia uformowanego z tych przeciwstawnych rozmiarami monoklas.

P r z y k ł a d

Materiał odpadowy w postaci kawałków taśmy nanokrystalicznej o względnej przenikalności magnetycznej powyżej 1000 został poddany mieleniu. Z proszku uzyskanego po zmieleniu i sortowaniu kawałków taśmy nanokrystalicznej wybrano frakcje o wymiarach $25\text{--}45\ \mu\text{m}$ oraz $500\text{--}750\ \mu\text{m}$, które następnie przed zmieszaniem z lepiszczem były przez dwie godziny poddane obróbce cieplnej w temperaturze 260°C .

Frakcje tak uzyskanych proszków zostały zmieszane ze sobą w proporcji 50% wagowo, a następnie zmieszane z granulatem polietylenu, w proporcjach 15% granulatu, 85% proszku, nanokrystalicznego. W kolejnym etapie całość została umieszczona w formie i poddana prasowaniu w prasie ręcznej o nacisku 10 ton. Tak uformowany rdzeń magnetyczny umieszczono w suszarce w temperaturze 200°C przez okres 1,5 h w celu jego utwardzenia.

Wykonany rdzeń magnetyczny charakteryzował się następującymi parametrami:

przenikalność 80 dla $H_{\text{max}} = 100\text{--}500\ \text{A/m}$ przy $f = 1\text{--}5\ \text{kHz}$

stratność: $8,2\ \text{W/kg}$ dla $B = 0,4\text{T}$ przy $f = 1\ \text{kHz}$

indukcja: $B = 0,4\text{T}$ dla $H_{\text{max}} = 6000\ \text{A/m}$ przy $f = 1\text{--}5\ \text{kHz}$

AL.: $1,2\ \mu\text{H}$ dla $f = 10\text{--}100\ \text{kHz}$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania rdzenia magnetycznego ze sproszkowanego materiału nanokrystalicznego, gdzie taśmowy materiał amorficzny poddaje się obróbce cieplnej do uzyskania struktury nanokrystalicznej, a następnie mieli się do postaci proszku i sortuje na odpowiednie frakcje, po czym poddaje się go procesowi łączenia z lepiszczem, a następnie formuje się rdzeń magnetyczny i poddaje obróbce cieplnej, **znamienny tym**, że taśmowy materiał nanokrystaliczny stanowi odpadowy materiał w postaci kawałków taśmy nanokrystalicznej o względnej przenikalności magnetycznej powyżej 1000, a jedna z frakcji proszku uzyskanej po zmieleniu i sortowaniu kawałków taśmy nanokrystalicznej jest o wymiarach $1\div 45\ \mu\text{m}$, przy czym jej udział w całości uzyskanego proszku, po zmieszaniu z frakcjami o większych jego wymiarach, wynosi 50% wagowych, który następnie przed zmieszaniem z lepiszczem poddaje się obróbce cieplnej w temperaturze $200\div 360^\circ\text{C}$, natomiast obróbka cieplna uformowanego rdzenia magnetycznego polega na umieszczeniu go w suszarce w temperaturze $180^\circ\div 220^\circ\text{C}$ przez okres $1,5\div 4\ \text{h}$.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że lepiszczem do łączenia zmieszanych frakcji proszku jest granulata polietylenu w proporcjach 85% proszku nanokrystalicznego do 15% lepiszcza.

