



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **131345** (13) **C2**
(51) МПК (2026.01)

B22F 3/00

B22F 9/04 (2006.01)

C22C 45/02 (2006.01)

H01F 1/12 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

B82Y 30/00

B82Y 40/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2025 01289**

(22) Дата подання заявки: **25.03.2025**

(24) Дата, з якої є чинними
права інтелектуальної
власності: **22.10.2026**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **01.10.2025, Бюл.№ 40**

(46) Публікація відомостей
про державну
реєстрацію: **21.10.2026, Бюл.№ 42**

(72) Винахідник(и):

**Байталюк Богдан Сергійович (UA),
Носенко Антон Вікторович (UA),
Семирга Олександр Михайлович (UA),
Дехтяренко Володимир Анатолійович (UA),
Баглюк Геннадій Анатолійович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В.
КУРДЮМОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ,
бульв. Академіка Вернадського, 36, м. Київ,
03142 (UA),
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ІМ. І.М.
ФРАНЦЕВИЧА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ
НАУК УКРАЇНИ,
вул. Омеляна Прицака, 3, м. Київ, 03142
(UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

CN 117038302 A, 10.11.2023

CN 109108238 A, 01.01.2019

JP S6431922 A, 02.02.1989

US 5522948 A, 04.06.1996

WEI LV Advances on FeCuNbSiB

Nanocrystalline Soft magnetic Powder Cores //
Materials Science Forum. 2015. Vol. 815. P.
233-237

GWANG-BO CHOI et al. Magnetic properties
of FeCuNbSiB nanocrystalline alloy powder
cores produced from atomized powders by
cold pressing // Phys. stat. sol. 2004. Vol. 201
(a). № 8. P. 1866–1870

RUUSKANEN P. et al. Magnetic properties of
Fe_{73.5}Cu₁Nb₃Si_{13.5}B₉ alloy compacted by a
shock-wave technique // Journal of Magnetism
and Magnetic Materials. 1998. Vol. 182 (a). P.
185-192

(54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАГНІТНОМ'ЯКОГО КОМПОЗИТУ НА ОСНОВІ СПЛАВУ ТИПУ FeCuNbSiB

UA 131345 C2

(57) Реферат:

Спосіб належить до галузі порошкової металургії та може бути використаний для одержання магнітнотвердих композитів довільних форм та розмірів на основі порошків нанокристалічних сплавів, зокрема сплаву типу FeCuNbSiB. Спосіб, який заявляється, реалізується шляхом відпалювання аморфної стрічки сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, з наступним відбором, в процесі сепарації, фракції порошку сплаву із розміром частинок 70-160 мкм з подальшим відпалюванням відібраної фракції порошку сплаву у середовищі азоту при температурі 540-560 °С впродовж 1 години, здійснення віброформування заготовок впродовж 0,08-0,17 години, при кімнатній температурі та атмосферному тиску, сформованих з однорідної композитної суміші, яка містить порошок сплаву типу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, зв'язуючий компонент неорганічного походження та розчинник, розміщення оброблених заготовок у сушильній шафі з вакуумуванням її до тиску $2 \cdot 10^{-2}$ Па з подальшою витримкою впродовж 0,05-0,08 години, підвищення тиску у сушильній шафі до рівня атмосферного, з наступною витримкою оброблених заготовок в ній впродовж 48 годин, причому як зв'язуючий компонент неорганічного походження використовують портландцемент у кількості 10-30 мас.%, а як розчинник використовують воду. Спосіб дозволяє зменшити втрати на перемагнічування та підвищити міцність на стиснення магнітнотвердого композиту.

Спосіб належить до галузі порошкової металургії та може бути використаний для одержання магнітном'яких композитів довільних форм та розмірів на основі порошків нанокристалічних сплавів, зокрема сплаву типу FeCuNbSiB. Зазначені композити можуть використовуватись у галузі приладобудування й електротехніці, зокрема при виготовленні магнітопроводів індукторів (дроселів), трансформаторів та концентраторів магнітного поля.

Магнітном'які композити на основі порошків нанокристалічних сплавів зазвичай виготовляються методами порошкової металургії, але через те, що більшість цих сплавів мають високу межу текучості (і, відповідно, високу твердість), то необхідним є застосування порівняно високих тисків пресування (1 ГПа та вище), що значно ускладнює технологічний процес виготовлення композитів та негативно впливає на їх магнітні властивості [Tian, M., Xu, J., Yang, S., Wang, J., Yang, T., Li, G., Chen, Q., and Liu, X. Effects of heat treatment and compaction pressure on the microstructure and magnetic properties of core-shell structured FeSiBNbCu/SiO₂ soft magnetic composites. *J. Alloys Compds.*, 923, 166394 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.166394>].

Відомо [Pošković, E., Franchini, F., Ferraris, L., Fracchia, E., Bidulski, J., Carosio, F., Bidulski, R., and Actis Grande, M. Recent Advances in Multi-Functional Coatings for Soft Magnetic Composites. *Materials*, 14(22), 6844 (2021). <https://doi.org/10.3390/ma14226844>], що для виготовлення магнітном'яких композитів використовуються зв'язуючі компоненти органічного походження (наприклад, епоксидні, фенол-формальдегідні смоли чи кремній-органічні лаки). Однак, магнітном'які композити на основі стандартних епоксидних смол починають втрачати механічні властивості при температурах вище 150-200 °C, на основі фенол-формальдегідних смол - вище 200-250 °C, а на основі кремній-органічних лаків - при температурах вище 250-350 °C [Паржницький О.В., Аушева С.В., Шулєпіна Г.Ю. Електроматеріалознавство: навч. посіб. Київ: Грамота, 2023. 224 с. ISBN 978-966-349-924-6].

Відомий спосіб одержання магнітном'якого композиту на основі нанокристалічного порошку сплаву Fe₇₄Cu_{0,6}Nb₃Si₈B₇Al₃ [патент CN 111370195A, "High-permeability nanocrystalline soft magnetic material and preparation method thereof, publ. 03.07.2020, IPC (2006.01) C22C38/02, C22C38/06], що включає механічний синтез сплаву Fe₇₄Cu_{0,6}Nb₃Si₈B₇Al₃ у кульовому млині впродовж 170-200 годин до досягнення ним аморфної структури, змішування одержаного порошку зі зв'язуючим компонентом органічного походження, у кількості 4-6 мас. %, що являє собою суміш двох або більше компонентів обраних з переліку: епоксидна смола, рідке скло, каолін, тальк, з наступним пресуванням одержаної суміші під тиском 0,8-1,4 МПа впродовж 0,05-0,07 годин, термічну обробку одержаної пресовки при температурі 400-415 °C впродовж 0,66-0,92 годин, зі затвердінням зв'язуючого компоненту та переходом структури сплаву з аморфної у нанокристалічну. Одержують композит з високою магнітною проникністю та низькою коерцитивною силою.

Недоліками відомого способу є: забруднення порошку сплаву Fe₇₄Cu_{0,6}Nb₃Si₈B₇Al₃ домішками, в процесі довготривалого розмелювання, що негативно впливає на стійкість аморфної фази і магнітні властивості сплаву, а також низька міцність одержаного композиту, яка обумовлена використанням зв'язуючих компонентів органічного походження.

Відомий спосіб одержання магнітном'якого композиту на основі нанокристалічного порошку сплаву Fe_{73,5}Cu₁Nb₃Si_{13,5}B₉ [патент CN115083721B, "Four-layer coated iron-based nanocrystalline soft magnetic powder core and preparation method thereof, publ. 17.12.2024, IPC (2006.01) HF01F3/08, HF01F3/10, HF01F27/34, HF01F41/02], що включає розмелювання аморфної стрічки сплаву Fe_{73,5}Cu₁Nb₃Si_{13,5}B₉ у кульовому млині з одержанням нанокристалічного порошку сплаву із розміром частинок 70-80 мкм, формування чотиришарового покриття, товщиною до 40 нм, на поверхні частинок порошку сплаву почерговим нанесенням шару пасиваційної плівки, шару полівінілпіролідону, шару стеарату цинку, шару кремній-органічної смоли, з подальшим пресуванням порошку сплаву з нанесеним на його частинки чотиришаровим покриттям, під тиском 1,8-2,4 ГПа, наступну термічну обробку спресованих заготовок у муфельній печі, в середовищі азоту, при температурі 510 °C впродовж 0,25 годин, з подальшим нагріванням до температури 560 °C зі швидкістю 20 °C/хвилину та охолодженням спресованих заготовок до кімнатної температури продуванням камери муфельної печі азотом, що забезпечує одержання магнітном'якого композиту з низькими магнітними втратами та високою магнітною проникністю.

Недоліком відомого способу є застосування відносно високих тисків пресування, що призводить до збільшення втрат на перемагнічування одержаних композитів.

Найбільш близьким за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, що заявляється, є спосіб одержання нанокристалічного металевого порошку з покращеними високочастотними характеристиками та виробництво високочастотних магнітном'яких осердь з його використанням [патент JP4274896B2, "Manufacturing method of nanocrystalline metal powder

with excellent high frequency characteristics and manufacturing of high frequency soft magnetic cores using the same", publ. 10.06.2009. IPC (2006.01) H01F41/02, H01F1/26, B22F3/00, B22F9/04, B82B3/00], що включає відпалювання аморфної стрічки сплаву $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$ при температурі 400-600 °C впродовж 0,2-1,5 години, до одержання нанокристалічної структури стрічки сплаву, з подальшим подрібненням її у порошок, за допомогою механічного подрібнювача, сепарацію з відбором фракції порошку із розміром частинок 75-150 мкм, введення до одержаної порошкової суміші зв'язуючого компонента неорганічного походження, в якості якого використовують 1,5-5 мас. % оксиду магнію або оксиду ванадію, або легкоплавкого скла, при одночасному додаванні розчинника, при постійному перемішуванні всіх компонентів до одержання однорідної композитної суміші, сушіння отриманої суміші, повторне подрібнення конгломерованого порошку у кульовому млині, пресування одержаної композитної суміші при тиску 1,4-1,8 ГПа, з подальшим відпалюванням на повітрі одержаного композиту при температурі 300-500 °C впродовж 0,2-3,8 години.

Недоліком відомого способу є порівняно високі значення тиску пресування, що призводить до збільшення втрат на перемагнічування магнітних композитів.

В основу винаходу поставлено задачу розробити спосіб одержання магнітного композиту на основі сплаву типу FeCuNbSiB шляхом відпалювання аморфної стрічки сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, з наступним відбором, в процесі сепарації, фракції порошку сплаву із розміром частинок 70-160 мкм з подальшим відпалюванням відібраної фракції порошку сплаву у середовищі азоту при температурі 540-560 °C впродовж 1 години, здійснення віброформування заготовок впродовж 0,08-0,17 години, при кімнатній температурі та атмосферному тиску, сформованих з однорідної композитної суміші, яка містить порошок сплаву типу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, зв'язуючий компонент неорганічного походження та розчинник, розміщення оброблених заготовок у сушильній шафі з вакуумуванням її до тиску $2 \cdot 10^{-2}$ Па з подальшою витримкою впродовж 0,05-0,08 години, підвищення тиску у сушильній шафі до рівня атмосферного, з наступною витримкою оброблених заготовок в ній впродовж 48 годин, причому як зв'язуючий компонент неорганічного походження використовують портландцемент у кількості 10-30 мас. %, а як розчинник використовують воду, що дозволяє зменшити втрати на перемагнічування та підвищити міцність на стиснення магнітного композиту.

Поставлена задача досягається тим, що в способі одержання магнітного композиту на основі сплаву типу FeCuNbSiB , що включає відпалювання аморфної стрічки сплаву типу FeCuNbSiB при температурі 450 °C на повітрі впродовж 0,5 години, до одержання нанокристалічної структури стрічки сплаву, з подальшим подрібненням її у порошок, за допомогою механічного подрібнювача, з наступною сепарацією з відбором фракції порошку сплаву, введення до одержаної порошкової суміші сплаву зв'язуючого компонента неорганічного походження при одночасному додаванні розчинника та постійному перемішуванні всіх компонентів до одержання однорідної композитної суміші, здійснення відпалювання впродовж 1 години, згідно з винаходом, відпалюють аморфну стрічку сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, в процесі сепарації відбирають фракцію порошку сплаву із розміром частинок 70-160 мкм, здійснюють відпалювання відібраної фракції порошку сплаву у середовищі азоту при температурі 540-560 °C, формують однорідну композитну суміш у заготовки з подальшим їх віброформуванням впродовж 0,08-0,17 години при кімнатній температурі та атмосферному тиску, розміщують оброблені заготовки у сушильній шафі, вакуумують її до тиску $2 \cdot 10^{-2}$ Па з подальшою витримкою впродовж 0,05-0,08 години, підвищують тиск у сушильній шафі до рівня атмосферного, з наступною витримкою оброблених заготовок в ній впродовж 48 годин, а як зв'язуючий компонент неорганічного походження використовують портландцемент у кількості 10-30 мас. %, як розчинник використовують воду.

Заявлений спосіб пояснюється таблицями та фігурами, де наведено:

- на фігурі 1 наведено залежність міцності на стиснення магнітного композиту на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$ від кількості портландцементу;
- на фігурі 2 наведена мікроструктура досліджуваного магнітного композиту на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$;
- на фігурі 3 наведена температурна залежність магнітної проникності (μ) у відношенні до проникності при кімнатній температурі (μ_{20}) магнітного композиту на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$;
- в таблиці наведена залежність магнітних властивостей магнітних композитів від кількості портландцементу.

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

Аморфний сплав складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$ у вигляді стрічки одержують методом швидкого загартування із розплаву. Одержану стрічку відпалюють при температурі 450 °C на повітрі

впродовж 0,5 години до досягнення нанокристалічної структури. Розмелом, здійсненим за допомогою механічного подрібнювача, одержують поліфракційний порошок сплаву та здійснюють його сепарацію з відбором фракції порошку сплаву розміром 70-160 мкм. Здійснюють відпалювання відібраної фракції порошку сплаву у середовищі азоту при температурі 540-560 °C впродовж 1 години. До одержаної порошкової суміші сплаву вводять, у якості зв'язуючого компоненту неорганічного походження, портландцемент марки "СЕМ І" [ДСТУ Б EN 197-1:2015], у кількості 10-30 мас. %, при одночасному додаванні розчинника, в якості якого використовують воду, та постійному перемішуванні всіх компонентів до одержання однорідної композитної суміші. Формують однорідну композитну суміш у заготовки з подальшим їх віброформуванням впродовж 0,08-0,17 години при кімнатній температурі та атмосферному тиску, розміщують оброблені заготовки у сушильній шафі, вакуумують її до тиску $2 \cdot 10^{-2}$ Па з подальшою витримкою впродовж 0,05-0,08 годин, підвищують тиск у сушильній шафі до рівня атмосферного з наступною витримкою оброблених заготовок в ній впродовж 48 годин.

Для випробувань на міцність на стиснення та визначення магнітних властивостей композиту були виготовлені зразки у вигляді кільцевих осердь такого розміру: внутрішній діаметр 18,5 мм; зовнішній діаметр 32 мм; висота 12,5 мм. Міцність на стиснення до руйнування для зразків із різним вмістом зв'язуючого компоненту, досліджували, прикладаючи напруження по висоті осердя. Для визначення магнітних характеристик зразків у змінних магнітних полях було використано вимірювальний комплекс для тестування тороїдальних магнітопроводів "MS-02 B-H Аналізатор" [Nosenko A, Mika T, Rudenko O, Yarmoshchuk Y, and Nosenko V. Soft magnetic properties of nanocrystalline $\text{Fe}_{73}\text{B}_7\text{Si}_{16}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ alloy after rapid heating under tensile stress. *Nanoscale Res. Lett.*, 10, 136 (2015). <https://doi.org/10.1186/s11671-015-0837-z>].

Портландцемент, якій використовується як зв'язуючий компонент неорганічного походження, має високу адгезію з частинками порошку сплаву $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, що демонструє графік залежності міцності на стиснення магнітном'якого композиту від кількості портландцементу, введеного до порошкової суміші сплаву (фіг. 1).

Введення портландцементу до порошкової суміші сплаву сприяє утворенню нових електрично непровідних фаз, таких як: гідросилікати кальцію, гідроалюмінати кальцію та гідроксид кальцію (фіг. 2), які перешкоджають виникненню вихрових струмів за рахунок ізоляції частинок феромагнітного порошку одна відносно одної, що в свою чергу також призводить до зменшення втрат на перемагнічування магнітном'яких композитів (таблиця).

Аналіз отриманих даних свідчить, що кількість портландцементу, введеного до порошкової суміші сплаву суттєво впливає на механічні та магнітні властивості магнітном'якого композиту. Так, при кількості портландцементу менше 10 мас. % спостерігається різке зниження міцності на стиснення (фіг. 1), що унеможливорює практичне застосування магнітном'яких композитів. Водночас, збільшення кількості портландцементу понад 30 мас. % призводить до зниження міцності на стиснення (фіг. 1) і до зростання втрат на перемагнічування (таблиця), що негативно позначається на функціональних характеристиках магнітном'яких композитів.

Таким чином, для забезпечення оптимального поєднання механічних та магнітних властивостей магнітном'яких композитів на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, кількість портландцементу, введеного до порошкової суміші сплаву повинна бути в діапазоні 10-30 мас. %.

Температурний інтервал 540-560 °C є оптимальним для відпалювання сплавів системи Fe-Cu-Nb-Si-B, оскільки в цьому діапазоні відбувається формування нанокристалічної структури. Утворюються ультрадисперсні зерна ОЦК фази Fe-Si розміром 10-15 нм, які рівномірно розподілені в залишковій аморфній матриці. Така структура сприяє досягненню високих магнітних характеристик, зокрема підвищеної початкової проникності ($\sim 10^5$) та низької коерцитивної сили (< 1 А/м). Якщо температура нижча за 540 °C, процес кристалізації відбувається повільніше, а зерна залишаються меншими, що може призводити до недостатньої стабільності структури та не досягнення оптимального співвідношення між аморфною і кристалічною фазами. Натомість, при нагріванні понад 560 °C починається утворення боридних фаз Fe_2B і Fe_3B , які погіршують магнітні властивості, а також, відбувається ріст зерен, що призводить до зменшення ефективного розсіювання доменної стінки та зростання коерцитивної сили [Handbook of Magnetic Materials (Eds. K. H. J. Buschow), Elsevier Science B.V. Vol. 10 (Netherlands: North-Holland: 1997)].

Вибір фракції порошку з розміром частинок 70-160 мкм обґрунтований необхідністю досягнення оптимального балансу між магнітними, механічними та технологічними властивостями магнітном'якого композиту. Частинки порошку розміром менше 70 мкм мають високе відношення поверхні до об'єму, що сприяє збільшенню питомого електричного опору матеріалу та зменшенню вихрових струмів. Проте, в таких частинках значну роль відіграє

краєвий ефект, спричинений підвищеною концентрацією дефектів, неоднорідністю внутрішньої напруженості магнітного поля та порушенням доменної структури, що призводить до зниження магнітної проникності й підвищення магнітних втрат у магнітом'якому композиті. Натомість, частинки розміром понад 160 мкм зазвичай мають лусковидну форму, що зумовлює значну магнітну анізотропію та ускладнює їх рівномірний розподіл у матриці прес-форми. Лусковидні частинки важче орієнтувати в необхідному напрямку під час формування магнітом'якого композиту, що спричиняє нерівномірність магнітного потоку, а також погіршує ущільнення матеріалу при пресуванні, збільшуючи пористість і знижуючи механічну міцність магнітом'якого композиту. Отже, оптимальний розмірний діапазон 70-160 мкм забезпечує достатню однорідність розподілу частинок, зменшення магнітних втрат, збереження високої магнітної проникності та механічної міцності магнітом'якого композиту [M. Anhalt, Systematic investigation of particle size dependence of magnetic properties in soft magnetic composites, / Magn. Mater., 320: e366-e369 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2008.02.072>].

Дослідження показали, що магнітом'який композит, виготовлений за заявленим способом, зберігає стабільні магнітні властивості у широкому діапазоні температур. Зокрема, ефективна магнітна проникність залишається практично незмінною до температури 200 °C, після чого спостерігається її поступове зменшення. При температурах понад 300 °C зниження магнітної проникності не перевищує 3 %, від її значення при кімнатній температурі (фіг. 3). Це свідчить, про високу термостабільність магнітних характеристик, що робить магнітом'які композити на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$ придатними для застосування в умовах підвищених температур.

Таким чином, реалізація запропонованого способу одержання магнітом'якого композиту на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$ досягається за рахунок наступних чинників. По-перше, введення портландцементу до порошкової суміші сплаву, в якості зв'язуючого компоненту неорганічного походження, сприяє утворенню нових електрично непровідних фаз, які перешкоджають виникненню вихрових струмів за рахунок ізоляції частинок феромагнітного порошку одна відносно одної, що в свою чергу призводить до зменшення втрат на перемагнічування. По-друге, в процесі твердіння композитної суміші (витримка заготовок у сушильній шафі), утворюються кристалогідрати, які є стійкими до підвищених температур та забезпечують необхідну міцність на стиснення магнітом'якого композиту.

Отже, запропоновані магнітом'які композити на основі сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$ можуть бути використані як аналог порошкових пресованих магнітодіелектриків як традиційних (кристалічних), так і нанокристалічних та аморфних, в пристроях силової електроніки, а також в умовах, при яких зв'язуючі компоненти органічного походження в більшості відомих магнітодіелектриках можуть зруйнуватись, наприклад, у концентраторах магнітного поля індукційних печей.

Таблиця

Залежність магнітних властивостей магнітом'яких композитів від кількості портландцементу

Зразок (№ з/п)	Кількість портландцементу, мас. %	Втрати на перемагнічування, мВт/см ³		Початкова магнітна проникність $\mu_{\text{поч.}}$ ($H=100$ А/м)
		(200 кГц, 0,01 Тл)	(10 кГц, 0,05 Тл)	
1	5	37,5	13,5	34,9
2	10	36,0	17,2	30,9
3	15	46,3	30,1	24,5
4	20	50,7	35,3	22,0
5	25	61,7	47,6	21,0
6	30	68,4	66,5	19,3
7	35	69,1	71,7	19,0
8	40	69,3	73,5	18,3
9	45	69,8	75,7	15,0

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- Спосіб одержання магнітнотімкого композиту на основі сплаву типу FeCuNbSiB, що включає
- 5 відпалювання на повітрі аморфної стрічки сплаву типу FeCuNbSiB при температурі 450 °C впродовж 0,5 години до одержання нанокристалічної структури стрічки сплаву, з подальшим подрібненням її у порошок, за допомогою механічного подрібнювача, з наступною сепарацією з відбором фракції порошку, введення до одержаної порошкової суміші зв'язуючого компонента неорганічного походження при одночасному додаванні розчинника та постійному перемішуванні
 - 10 всіх компонентів до одержання однорідної композитної суміші, який **відрізняється** тим, що відпалюють аморфну стрічку сплаву складу $\text{Fe}_{73}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{16}\text{B}_7$, в процесі сепарації, відбирають фракцію порошку сплаву із розміром частинок 70-160 мкм, здійснюють відпалювання відібраної фракції порошку сплаву у середовищі азоту при температурі 540-560 °C впродовж 1 години, формують однорідну композитну суміш у заготовки з подальшим їх віброформуванням
 - 15 впродовж 0,08-0,17 години при кімнатній температурі та атмосферному тиску, розміщують оброблені заготовки у сушильній шафі, вакуумують її до тиску $2 \cdot 10^{-2}$ Па з подальшою витримкою впродовж 0,05-0,08 години, підвищують тиск у сушильній шафі до рівня атмосферного, з наступною витримкою оброблених заготовок в ній впродовж 48 годин, а як зв'язуючий компонент неорганічного походження використовують портландцемент у кількості 10-30 мас. %, як розчинник використовують воду.
 - 20

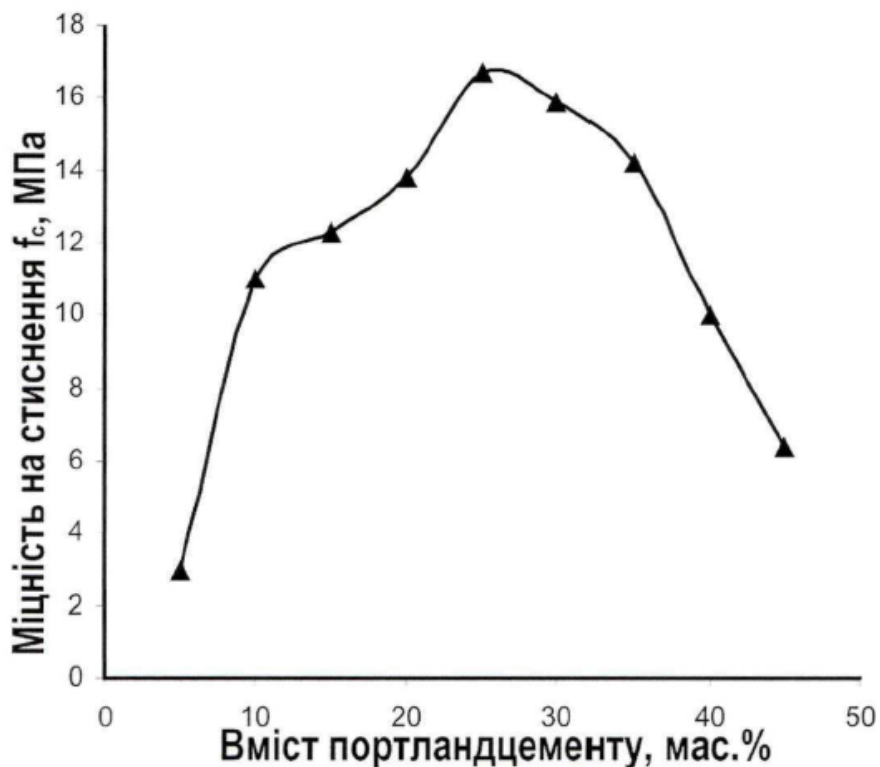


Fig. 1

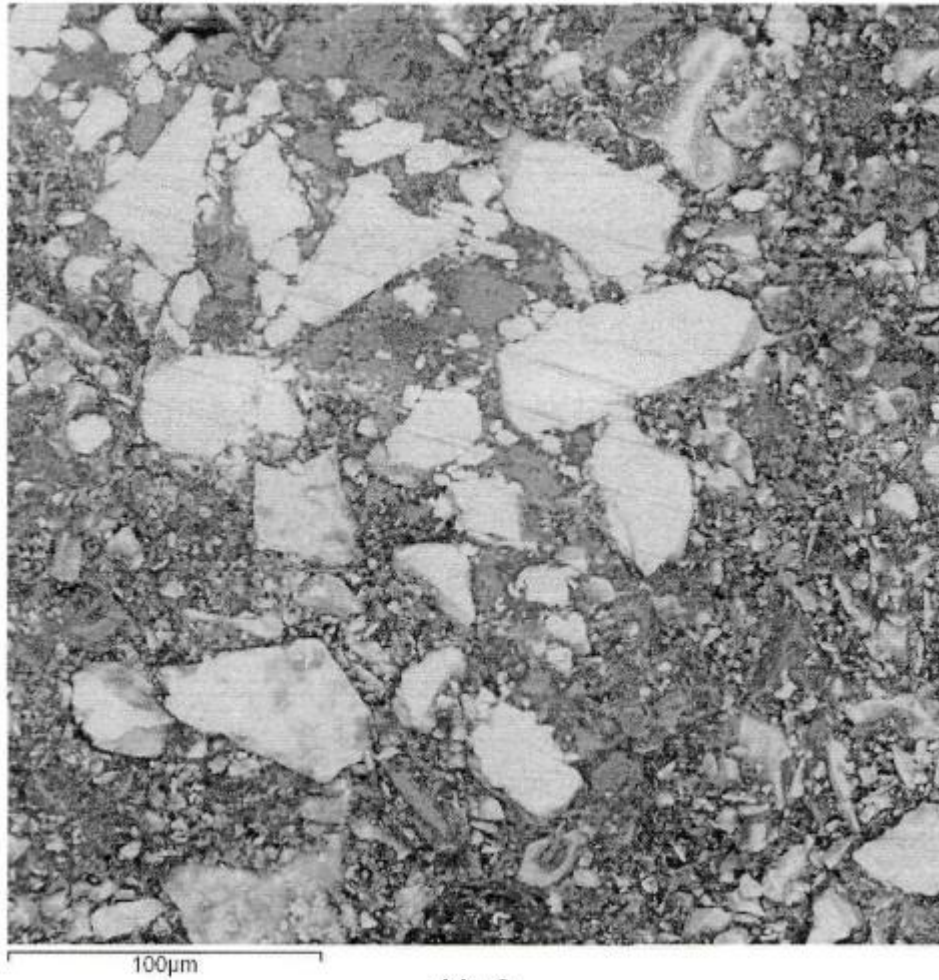


Fig. 2

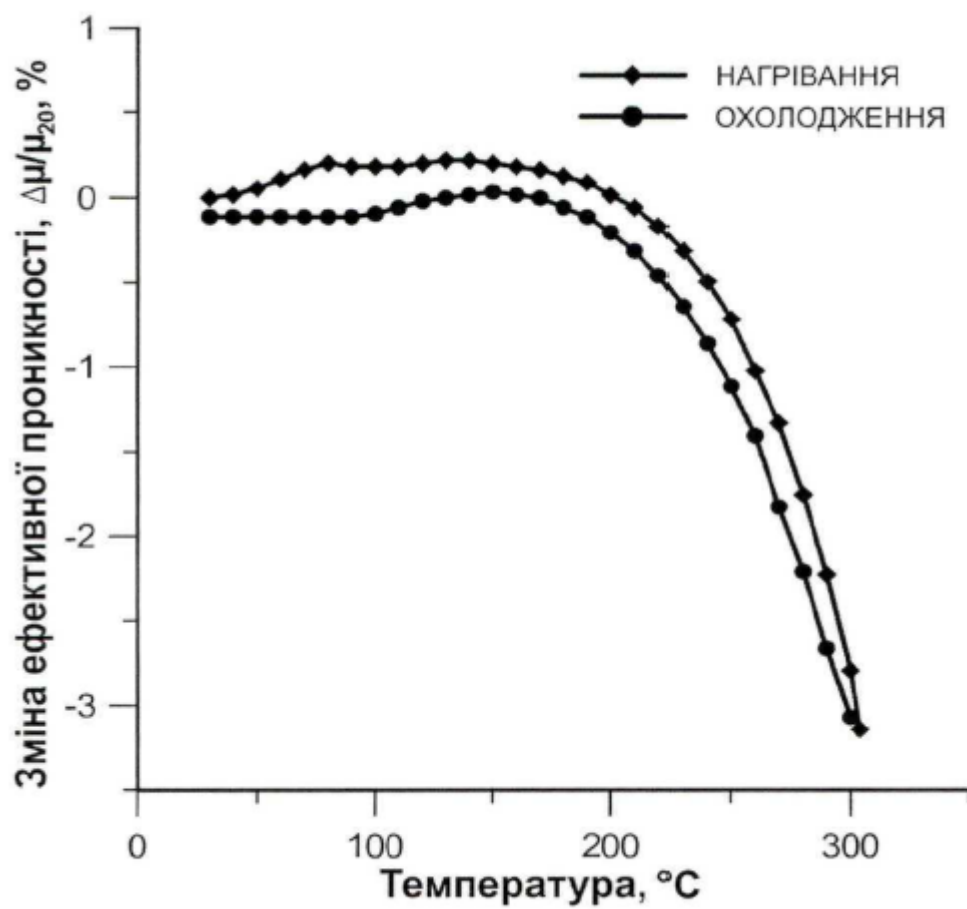


Fig. 3