

УДК 655.3.062.2+667.526.8

ЕЛЕКТРОННО-МІКРОСКОПІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОФСЕТНИХ ВІДБИТКІВ ШТРИХОВИХ КОДІВ, НАДРУКОВАНИХ ФАРБАМИ З МАГНІТНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

О. Д. Конюхов, С. Ф. Гавенко

Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

Наведено результати електронно-мікроскопічних досліджень магнітних властивостей друкарської фарби для друкування штрихових кодів на поліграфічній та пакувальній продукції офсетним способом друку.

Сьогодні системи контролю та управління доступом отримали досить широке розповсюдження. Одним з основних елементів таких систем є ідентифікатори. До числа найбільш розповсюджених типів ідентифікаторів можна зарахувати і штрихові коди. Вони є представниками найстаріших методів автоматичної ідентифікації та достатньо широко використовуються на практиці. Це обумовлено їх невисокою вартістю з одного боку, а з іншого — широким спектром функціональних можливостей, які дають змогу оптимально вирішувати велике коло завдань у найрізноманітніших сферах — від поштового зв'язку до маркування товарів та створення і підтримання баз даних. Тобто, головним чином, вони використовуються для ідентифікації різноманітних предметів.

Об'єктами досліджень були вибрані відбитки штрихових кодів, надрукованих фарбами з магнітними домішками на офсетній аркушевій друкарській машині Heidelberg Sorm Z-74-2. Як домішку використовували нанопорошок оксиду нікелю, який у певних пропорціях змішували з друкарськими фарбами. Для визначення магнітної проникності було використано залежність індуктивності котушки від магнітних властивостей осердя (матеріалу всередині котушки).

У результаті досліджень було виявлено, що розмір намагнічуваних частинок тривалентного оксиду нікелю, тобто довжина частки, діаметр і т. д., залежно від передбачуваної форми частинки, дає більші або менші властивості залишкового магнітного поля (залишкової намагніченості). Важливе значення для якості штрихкоду, надрукованого фарбами з магнітними властивостями, має структура поверхні задруковуючого матеріалу. Як показали дослідження, кращим є варіант, коли пакувальний матеріал має поширову структуру (картон) або одношарову, таку як у полімерних плівок.

Ключові слова: електронно-мікроскопічні дослідження, штриховий код, друкарська фарба, офсетний друк, магнітні властивості.

Постановка проблеми. Досить популярні в усіх країнах світу різноманітні штрихкоди (двовимірні матричні штрихкоди, QR-коди, мобільні коди та інші), які

виступають на пакуваннях, етикетках носіями певної інформації. Їх популярність викликана, головним чином, швидким розповсюдженням мобільних телефонів, особливо смартфонів. Недолік цих кодів полягає в тому, що здебільшого вони не містять захисту від копіювання, тому їх застосування як захисних елементів дуже обмежене.

Однак актуальними є дослідження щодо можливості поєднання закодованої інформації в штрихкод і певного ступеня захисту товарів від підробки. Зокрема для цього можуть застосовуватися поліграфічні матеріали з магнітними властивостями, які дають змогу наносити закодовану приховану інформацію будь-яким способом друкування (офсетний, флексографічний та інші).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Наявні в природі речовини щодо магнітної проникності умовно можна поділити на три групи: діа-, пара- і феромагнетика, а фізичні принципи існування матеріалів із різними магнітними властивостями ґрунтуються насамперед на магнетизмі їх складових — атомів і молекул. Під час накладання зовнішнього магнітного поля відбувається впорядкування напрямків векторів магнітних моментів атомів і молекул речовини [1].

Аналіз літературних публікацій щодо визначення магнітної проникності матеріалів показує, що результати досліджень магнітної проникності епосикомпозитів із феромагнітними частками висвітлені недостатньо. Переважно у наукових періодичних виданнях наведено результати дослідження магнітної проникності вакууму в присутності електромагнітного поля [2] та визначення магнітної проникності феромагнетиків при силовому впливі імпульсних магнітних полів [3].

Як відомо, фізичні принципи існування матеріалів із різними магнітними властивостями полягають насамперед у магнетизмі їх складових — атомів і молекул. В атомах і молекулах будь-якої речовини існують колові струми, зумовлені рухом електронів по орбітах навколо ядер. У такий спосіб виникають орбітальні струми. Кожному такому орбітальному струму відповідає певний магнітний момент — орбітальний магнітний момент, який визначається добутком сили колового струму на площу, яку він охоплює. Вектор орбітального магнітного моменту напрямлений уздовж осі колового струму (збігається з напрямом індукції магнітного поля в центрі колового струму) [2].

До того ж для електронів характерний власний, або спіновий, магнітний момент. Власний магнітний момент мають ядра атомів. Геометрична сума орбітальних та спінових магнітних моментів електронів і власного магнітного моменту ядра утворює магнітний момент M_m атома (молекули) речовини. Під час накладання зовнішнього магнітного поля відбувається впорядкування напрямків векторів магнітних моментів атомів і молекул магнетика, внаслідок чого макроскопічний об'єм V магнетика набуває певного сумарного магнітного моменту — речовина намагнічується [2].

Наявність магнітних властивостей розроблених фарб для друкування штрихкодів характеризували магнітною проникністю матеріалу, в якому магнітна індукція лінійно залежить від напруженості магнітного поля.

Орієнтація магнітної стрілки у магнітному полі деякою мірою свідчить про те, що магнітному полю властивий напрямок, а силові його характеристики —

величини векторні. З'ясовано, що напрямок магнітного поля і його силової характеристики (індукції) вказує північний полюс магнітної стрілки. Графічно магнітне поле зображається лініями індукції — лініями, дотичні до яких у кожній точці збігаються з вектором індукції. Дослідники встановили, що лінії індукції завжди замкнуті. Для прямолінійного провідника зі струмом напрямок силових ліній можна визначити за правилом правого гвинта: коли поступальний рух правого гвинта збігається зі струмом, напрямок його обертання вказує напрямок ліній індукції.

Мета статті — дослідження впливу магнітних домішок у друкарській фарбі на якість штрихових кодів, надрукованих офсетним способом друку на картоні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктами досліджень вибрано відбитки штрихових кодів, надрукованих фарбами з магнітними домішками на офсетній аркушевій друкарській машині Heidelberg Sorm Z-74-2. Як домішку використовували нанопорошок оксиду нікелю, який у певних пропорціях змішували з друкарськими фарбами [4, 5]. Друк здійснювали на картоні марки Alaska GC-2 (щільність — 230 г/м²; глянець — >45 %; білизна — 90 %; вологопоглинання (COBB-60) — <55).

Для визначення магнітної проникності було використано залежність індуктивності котушки від магнітних властивостей осердя (матеріалу всередині котушки) [6]. Котушку, довжина якої набагато більша за діаметр, в першому наближенні можна вважати ідеальним соленоїдом, індуктивність якого визначається за формулою:

$$L = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot V \quad (1)$$

де μ_0 — магнітна стала ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); μ — магнітна проникність середовища всередині соленоїда; n — концентрація витків соленоїда (кількість витків на одиницю довжини соленоїда); V — об'єм соленоїда.

З формули (1) отримуємо:

$$\mu = \frac{L}{\mu_0 \cdot n^2 \cdot V} \quad (2)$$

Котушку виготовлено так: на трубку діаметром 8,6 мм і довжиною 102 мм, виготовлену з тонкого паперу, намотано одним шаром 260 витків мідного провідника діаметром 0,32 мм (рис. 1). Оскільки довжина котушки набагато більша за діаметр, то її можна вважати ідеальним соленоїдом. Трубку наповнену композитним матеріалом (сумішшю поліграфічної фарби і частинок оксиду нікелю тривалентного). Індуктивність отриманої котушки, виміряна мультиметром UNI-T UT58D, становить 65 мкГн (65 мкН). Отже, магнітна проникність композитного матеріалу, отримана за формулою (2), становить $\mu = 1,34$.

Ультратонкі зрізи надрукованого зображення штрихових кодів та структуру відбитків вивчали в електронному трансмісійному мікроскопі SELMI ПЭМ-100-01 за відомою методикою [7].

У результаті досліджень було виявлено, що розмір намагнічуваних частинок оксиду нікелю тривалентного, тобто довжина частки, діаметр і т. д., залежно від

передбачуваної форми частинки, дає більші або менші властивості залишкового магнітного поля (залишкової намагніченості). Щодо менші частинки з магнітними властивостями, тобто завбільшки 0,1 мкм, то більше вони можуть бути дисперговані. Проте кожна частинка, звичайно, буде підтримувати менше залишкове магнітне поле (залишкову намагніченість). Також, залежно від вибору розчинника й інших факторів, диспергування таких маленьких частинок на практиці може стати проблемою. З іншого боку, великі частинки, тобто частинки завбільшки в один або кілька мкм, звичайно, можуть не настільки диспергуватися, як менші частинки, але кожна частинка може підтримувати більше залишкове магнітне поле (залишкову намагніченість) і клубочки намагнічуваних частинок будуть менш помітними [3]. Було виявлено, що подальше підвищення розміру часток не підвищує сумарне залишкове магнітне поле (залишкову намагніченість).

Отже, прийнятний розмір намагнічуваних частинок може становити 0,1–2,5 мкм. Досліджувані частинки оксиду нікелю тривалентного були в межах 0,4–1,5 мкм. Частинки розміром більше ніж 2–8 мкм було видно на поверхні відбитка. Найкраще проявили себе частинки розміром приблизно 0,35–1 мкм, що забезпечило прийнятну наявну величину магнітного поля. Звісно, що розміри частинок неоднорідні. Можна вибрати розмір частинок, що дорівнює половині мікрона, але такі частки будуть приготовлені шляхом розмелювання і будуть мати дещо нерегулярну форму.

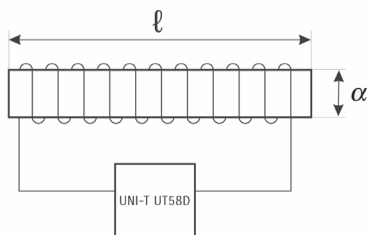


Рис. 1. Соленоїд для визначення магнітної проникності друкарської фарби з магнітними домішками

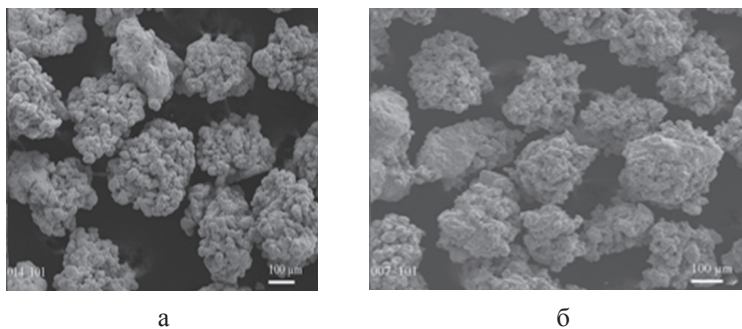


Рис. 2. Морфологія поверхні частинок оксиду нікелю:
а — у лаку; б — у фарбі

Як відомо, структура частинок впливає на коерцитивну силу H магнітної фарби і лаку, і може бути в межах від 470 до 580 А/м. Як бачимо, наявність пігменту (барвника) в структурі магнітної композиції (рис. 1а) надає поверхні відбитка темно-сірого кольору, що потрібно враховувати під час відтворення колірної гами зображень. Крім того, дослідження показали, що збільшення товщини фарби (лаку) на відбитку послаблюють феромагнітні властивості. Крім того, магнітна композиція позбавлена запаху й абсолютно нешкідлива і на стадії друкування штрихових кодів, і в процесі їх верифікації.

На рис. 3–5 представлено електронно-мікроскопічні дослідження відбитків штрихових кодів, надрукованих друкарськими фарбами з магнітними домішками оксиду нікелю тривалентного.

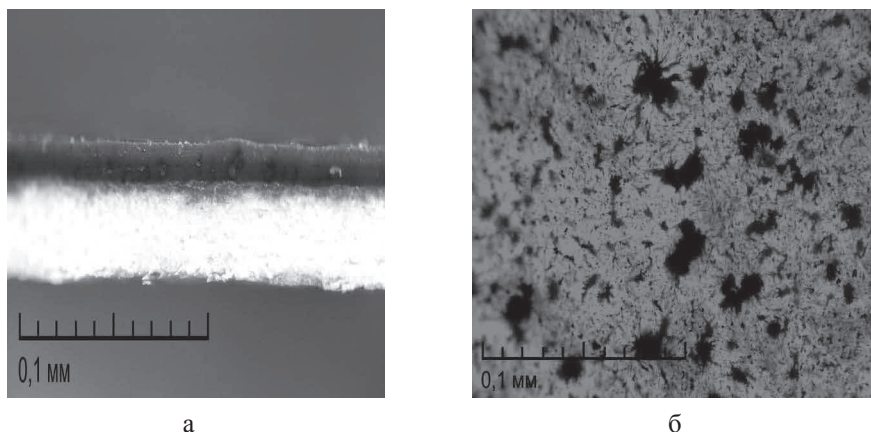


Рис. 3. Мікрофотографії друкарської фарби з магнітними домішками (1 %) на картоні Alaska GC-2:

а — розріз; б — поверхня відбитка

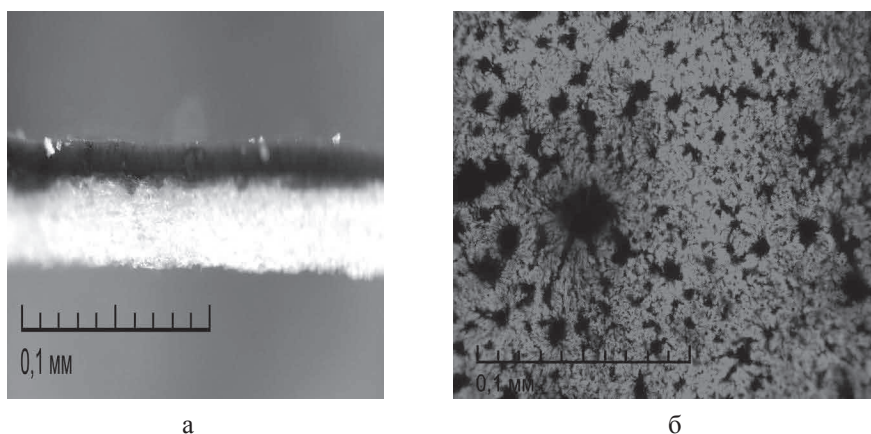


Рис. 4. Мікрофотографії друкарської фарби з магнітними домішками (1,5 %) на картоні Alaska GC-2:

а — розріз; б — поверхня відбитка

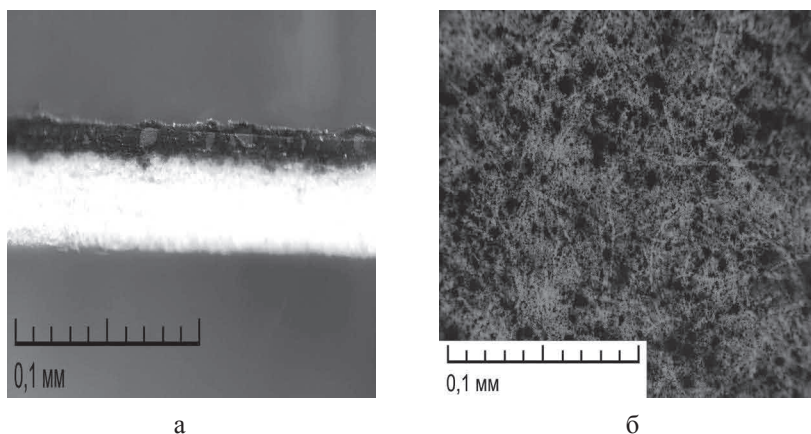


Рис. 5. Мікрофотографії друкарської фарби з магнітними домішками (2 %) на картоні Alaska GC-2:
а — розріз; б — поверхня відбитка

Висновки. Електронно-мікроскопічні дослідження засвідчили (рис. 2–5), що середній розмір частинок повинен становити 0,5 мк за його найбільш можливим напрямком. Розмір за найменшим напрямком повинен становити не менше 0,35 мкм. Крім того, для найбільшого напрямку 80 відсотків частинок можуть мати розкид від 0,45–0,55 мкм, тоді як решта — 20 відсотків — можуть перебувати поза цим діапазоном.

Важливе значення для якості штрихкоду, надрукованого фарбами з магнітними властивостями, має структура поверхні задруковуючого матеріалу. Як показали дослідження, кращим є варіант, коли пакувальний матеріал має пошарову структуру (картон) або одношарову, таку як у полімерних плівок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кожухар П. В. Оцінка чутливості і роздільної здатності контролю магнітного захисту документів магнітооптичною телевізійною системою. *Вісник Національного технічного університету України «КПІ»*. (Серія «Радіотехніка. Радіоапаратобудування»). 2013. № 53. С. 126–135.
2. Магнітне поле в речовині. URL: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/395> (дата звернення: 10.12.2018).
3. Скирденко В. О., Мініцький А. В. Дослідження магнітної проникності епоксикомпозитів з частками феро- і парамагнітної природи. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2014. № 2 (11). С. 203–212.
4. Фарба з магнітними властивостями : пат. на корисну модель UA105037U / Гавенко С. Ф., Конюхов О. Д., Хаджинова С. ; номер заявки : u 2015 11787. Дата подання заявки: 30.11.2015 ; опуб. 25.02.2016, Бюл. № 4. 2 с.
5. Друкарська фарба з магнітними властивостями : пат. на корисну модель UA105038U / Гавенко С. Ф., Конюхов О. Д., Хаджинова С. ; номер заявки : u 2015 11788. Дата подання заявки: 30.11.2015; опуб. 25.02.2016, Бюл. № 4. 2 с.

6. Бушкова В. С. Визначення комплексної магнітної проникності ферит-п'єзоелектричних композитів. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2014. Т. 15. № 3. С. 648–652.
7. Трансмiсійний електронний мiкроскоп. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення: 10.12.2018).

REFERENCES

1. Kozhukhar, P. V. (2013). Otsinka chutlyvosti i rozdilnoi zdatnosti kontroliu mahnitnoho zakhystu dokumentiv mahnitooptychnoiu televiziinoiu systemoiu: Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI». (Serii «Radiotekhnika. Radioaparotobuduvannia»), 53, 126–135 (in Ukrainian).
2. Mahnitne pole v rechovyni. Retrieved from <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/395> (data zvernennia: 10.12.2018) (in Ukrainian).
3. Skyrdenko, V. O., & Minitskyi, A. V. (2014). Doslidzhennia mahnitnoi pronyknosti epoksykompo-zytiv z chastkamy fero- i paramahnitnoi pryrody: Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii, 2 (11), 203–212 (in Ukrainian).
4. Havenko, S. F., Koniukhov, O. D., & Khadzhyanova, S. Farba z mahnitnyimi vlastyvostyami : pat. na korysnu model UA105037U ; nomer zaiavky : u 2015 11787. Data podannia zaiav-ky: 30.11.2015 ; opub. 25.02.2016, Biul. № 4. 2 s. (in Ukrainian).
5. Havenko, S. F., Koniukhov, O. D., & Khadzhyanova, S. Drukarska farba z mahnitnyimi vlastyvostyami : pat. na korysnu model UA105038U ; nomer zaiavky : u 2015 11788. Data podannia zaiavky: 30.11.2015; opub. 25.02.2016, Biul. № 4. 2 s. (in Ukrainian).
6. Bushkova, V. S. (2014). Vyznachennia kompleksnoi mahnitnoi pronyknosti feryt-p'iezoelektrychnykh kompozytiv: Fizyka i khimiiia tverdoho tila, 15, 3, 648–652 (in Ukrainian).
7. Transmisiinyi elektronnyi mikroskop. Retrieved from <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (data zvernennia: 10.12.2018) (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2019-1-58-20-27

ELECTRONIC-MICROSCOPIC RESEARCH OF OFFSET IMPRINTS OF BAR CODES, PRINTED WITH INKS WITH MAGNETIC PROPERTIES

O. D. Konyukhov, S. F. Havenko

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom, St., Lviv, 79020, Ukraine
asdf1966@meta.ua*

The article presents the results of electronic-microscopic research of magnetic properties of printing ink for bar codes printing on printing and packaging products by offset printing technique.

At present, control and access management systems have become quite widespread. One of the key elements of such systems is an identifier. One can refer bar codes to

the most common types of identifiers. They are representatives of the oldest methods of automatic identification and they are widely used in practice. This is due to their low cost, and on the other hand, they have got a wide range of functionalities that allow the optimal solution of a wide range of tasks in a wide variety of areas – from postal service to goods marking and databases formation and maintenance. Thus, they are mainly used to identify various items.

The imprints of bar codes printed with inks with magnetic impurities on the offset sheet printing press Heidelberg Sorm Z-74-2 have been selected as the objects of the research. The nano powder of nickel oxide has been used as impurity, which has been mixed with printing inks in certain proportions. The dependency of the coil inductance on the magnetic properties of the core (the material inside the coil) has been used to determine the magnetic penetrability.

As a result of the research, it has been found out that the size of the magnetized particles of trivalent nickel oxide, that is, the length of the particle, the diameter, etc., depending on the predicted shape of the particle, gives greater or lesser properties of the residual magnetic field (residual magnetization). The structure of the printing material surface is really significant for the barcode quality printed with inks with magnetic properties. As the studies have shown, the preferred option is when the packaging material has a layered structure (cardboard) or a single layer structure, such as in polymer films.

Keywords: *electronic-microscopic research, bar code, printing ink, offset printing, magnetic properties.*

Стаття надійшла до редакції 11.04.2019

Received 11.04.2019