

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ ТА ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ГРАВІЮВАННЯ ПОВЕРХОНЬ МАТЕРІАЛІВ З ОСОБЛИВИМИ ОРГАНОЛЕПТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОНТРАСТНИХ БАРВНИКІВ

В.В. Несін, О.С. Франков

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України.  
03113, м. Київ, вул. Миколи Василенка, 3. E-mail: [witnes@ukr.net](mailto:witnes@ukr.net)

Розглянуто застосування трьох методів досліджень оптичної густини матеріалів: спостереження, денситометричний та спектрометричний. За допомогою метода спостереження досліджено органолептичні властивості матеріалів, що впливають на їх сприйняття спостерігачами та виконавцями механічної обробки. Проаналізовано особливості виконання обробки гравіюванням, процесу перевірки якості такої обробки та втирання контрастної фарби. Визначено, що технологічна розмітка, неглибоке гравіювання, шорсткість поверхні, афінний простір з точок, сформованих на поверхні механічною обробкою, дефекти типу полос, рисок, заглиблень та виступів розміром близько 0,1 мм в матеріалах з особливими органолептичними властивостями не сприймаються спостерігачами внаслідок прояву психофізіологічного закону Вебера-Фехтнера щодо зорового відчуття оптичної густини матеріалу в межах сприйняття видимого діапазону електромагнітних хвиль довжиною від 380 до 750 нм. Рекомендовано загальний вигляд та геометричні характеристики гравіюваних написів та символів, що виконуються на матеріалах з особливими органолептичними властивостями. Бібліогр. 17, рис. 4.

*Ключові слова:* органолептичні властивості матеріалів, вплив на оптичне сприйняття задіяного персоналу, гравіювання, поверхневі методи контролю, оптична густина, втирання контрастної фарби, технологічний маршрут обробки

**Вступ.** Гравіювання активно використовується в приладобудуванні. Воно дозволяє наносити на поверхні панелей виробів різноманітні написи та символи для заміни написів [1–4]. Таке гравіювання здійснюється спеціальним різцем, заточеним під певним кутом, найчастіше 60°. Висока кутова швидкість шпинделя на рівні 7000...11000 об/хв дозволяє здійснювати вибірку матеріалу на глибину 0,1...0,3 мм, а іноді й на більшу глибину, що залежить від висоти шрифту напису чи величини символу. Гравіювання застосовується до більшості конструкційних матеріалів, що використовуються в приладобудуванні.

Проблемним є застосування поверхневої механічної обробки, яким є гравіювання, та наступної перевірки якості виконаної операції в матеріалах з особливими органолептичними властивостями [5]. Такими матеріалами є різноманітні пластики, зокрема поліаміди.

В приладобудуванні поліамід знаходить все більшого застосування, замінюючи там, де це доцільно, металеві сплави, зменшуючі загальну вагу виробів. Актуальність такої заміни впливає з достатніх механічних характеристик, стійкості до дії вологого середовища, меншої, ніж у металевих сплавів, густини, гарних антифрикційних та електроізоляційних властивостей пластмас [6].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Спостереження з використанням властивостей

людського зору є обов'язковим процесом контролю якості матеріалів та виробів. Воно застосовується в усіх методах руйнівного та неруйнівного контролю. Вимоги до стану зору кандидатів на атестацію та сертифікації в якості фахівців з контролю якості пред'являються в більшості відомих систем сертифікації персоналу [7–9].

Денситометричний метод дослідження прозорості матеріалів активно застосовується в рентгівському методі неруйнівного контролю якості. Оптична густина є властивістю матеріалу плівки та впливає на інтерпретацію результатів огляду внутрішньої структури досліджуваної деталі чи виробу. Застосовувалося таке дослідження як в системах сталої практики контролю, наприклад, по відміненому для обов'язкового застосування в Україні ГОСТ 7512-82 [10], так і по ДСТУ EN ISO 5579:2014 [11].

Застосування спектрометра із подвійним монохроматором і кремнієвим детектором при вивченні структури та оптичних властивості прозорих електропровідних плівок описано в [12].

**Метою роботи** є дослідження шляхів упередження впливу особливих органолептичних характеристик деяких полімерних матеріалів, зокрема поліамідів, на здатність основного виробничого та контрольного персоналу виконувати свої професійні функції та розробка науково обґрунтованих технологічних рекомендацій

для корекції маршрутів малосерійної механічної обробки та перевірки якості виготовленої з таких матеріалів продукції.

**Вклад основного матеріалу.** Особливими органолептичними характеристиками, про які йде мова, є ефект неправильного сприйняття поверхневого рельєфу предметів з певних матеріалів спостерігачами [5, 13]. Через прозорість таких матеріалів в межах малих товщин поверхневі виступи та впадини сприймаються оком спостерігача непевно (рис. 1). Поліамід блочний білий, як приклад матеріалу з особливими органолептичними характеристиками, в тонких шарах є прозорим для електромагнітного випромінювання видимого діапазону.

У дослідженні використовувався метод спостереження, що здійснювався в умовах, рекомендованих для візуального контролю. Рівень освітленості не менше 500 люкс створювався комбінацією природного та штучного освітлення загальними та місцевими джерелами світлового випромінювання в діапазоні 380...750 нм.

Певне збільшення товщини матеріалу викликає розсіювання світла. Прозорість поступово замінюється помутнінням. Зі збільшенням товщини додається молочний відтінок. Наявність молочного відтінку залежить від партії матеріалу та тривалості його зберігання після виготовлення. Зрештою, білий блочний поліамід товщиною від 0,3 мм стабільно сприймається спостерігачем шматком матеріалу білого кольору з можливим молочним жовтуватим відтінком.

Прозорість тонких шарів призводить до унеможливлення сприйняття персоналом, задіяним в технологічних операціях, таких поверхневих дефектів, як подряпини, тріщини, інші незначні нерівності рельєфу поверхні та афінний простір з точок, сформованих на поверхні механічною обробкою, що виходять за межі шорсткості. Розмітка на поверхні матеріалу з описаними властивостями не сприймається зором. Гравіювання глибиною 0,1 мм також не сприймається оком людини в зазначених матеріалах за нормальних умов спостереження внаслідок прояву психофізіологічного закону Вебера–Фехтнера щодо зорового відчуття оптичної густини матеріалу в межах сприйняття видимого діапазону електромагнітних хвиль довжиною 380...750 нм.

Момент врізання гравіювального різця в поверхню матеріалу важко помітити внаслідок



Рис. 1. Схема умовної заготовки з поліаміду ПА6 марки Б з виділеною штрихом зоною непрозорості матеріалу для видимого світла

прозорості тонких поверхневих шарів білого блочного поліаміду. Досягання потрібної глибини обробки та виконання напису можуть бути порушеними. На схемі, представленій на рис. 2, виділяються ділянки: 0-I – прозорий прошарок; 0-II – мало прозорий прошарок білого (іноді жовтуватого молочного) кольору; 0-III – прошарок з розсіяним світлом та набутим стабільним розсіяним білим кольором.

Виконані механічним гравіюванням поверхневі елементи з цієї ж причини мало помітні виконавцям (рис. 3, ліворуч). Важко роздивитись та оцінити якість такого маркування без внесеної фарби. Натомість всі характерні елементи гравіюваних символів і написів з контрастним барвником доступні для одночасної перевірки якості та процедур гравіювання і втирання фарби (рис. 3, праворуч).

Поліамід інших кольорів має схожі органолептичні характеристики [6]. Відмінність полягає лише в наявності основного тону кольору замість білого з молочним відтінком, який дозволяє віднести його до того чи іншого кольору спектру видимого випромінювання.

Аналогічна ситуація до білого блочного поліаміду спостерігається зі сприйняттям органолептичних характеристик поверхні виробів з білого фторопласта.

Гравіювання символів та написів виконується конічними заглибленнями на поверхнях виробів з метою втирання контрастної фарби (рис. 4). Фарба, як правило алкідна пентафталієва емаль, в рідкому стані капілярною силою розташовується в гравіюваних заглибленнях і утримуються там до висихання [14–16]. Висушені емалі в гравіюванні тримаються, відповідно до характеристик фарби, не менше 1 року.

Послідовність технологічних операцій передбачає виконання візуального огляду заготовок і після механічного гравіювання, і після втирання фарби. Чіткість, доступність та зрозуміла видима

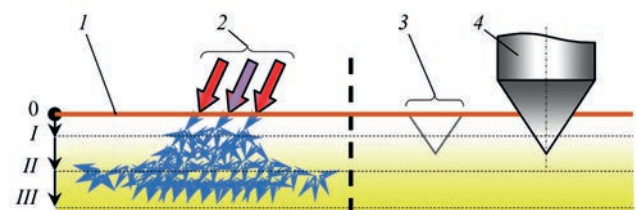


Рис. 2 – Схема розповсюдження видимого світла в поліаміді блочному та формування напису гравіюванням: 1 – поверхня виробу; 2 – видиме світло та його розповсюдження в матеріалі; 3 – переріз символу в матеріалі; 4 – гравіювальний різець



Рис. 3. Загальний вигляд гравіювання (ліворуч) та символу з емаллю (праворуч)

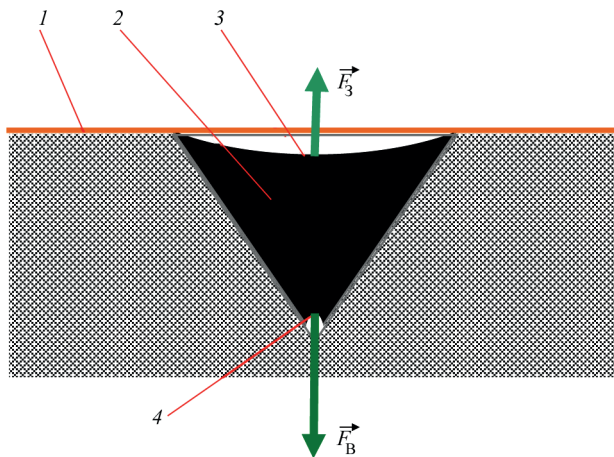


Рис. 4. Схема дії капілярних сил на фарбу в гравійованих заглибленнях: 1 – поверхня виробу з матеріалу з особливими органолептичними властивостями; 2 – гравійоване заглиблення із внесеною контрастною фарбою; 3 – зовнішній меніск фарби та сила  $F_3$ , що витягує фарбу за межі заглиблення; 4 – внутрішній меніск фарби та сила  $F_в$ , що утримує фарбу

ідентифікація символів користувачами виробів є основними вимогами, які висуваються до гравійованих символів і написів. Виконати огляд після гравіювання та перевірити якість виконаної роботи за характерними ознаками через описані органолептичні властивості зазначених матеріалів неможливо.

Контрастна фарба, внесена в поверхневі заглиблення, дозволяє чітко побачити, сприйняти, зрозуміти спостерігачами інформацію, що подається на панелях виробів символами та написами. Втерта фарба дозволяє також перевірити геометрію механічного гравіювання поверхні заготовки [17].

Фактично операція втирання контрастної емалі чи іншого виду фарби, будучи окремою операцією, стає складовою контрольною операцією гравіювання. Візуальний контроль доповнюється елементарними діями капілярного контролю. Функцію проникаючої рідини виконує контрастна фарба. Якість втирання фарби перевіряється за стандартною процедурою.

### Висновки

Подальші дослідження матеріалів з особливими органолептичними характеристиками потребують розробки моделей плоских зразків. Візуальне спостереження таких матеріалів можна доповнити дослідженнями прозорості із застосуванням денситометра.

Враховуючи наведенні в роботі припущення та обґрунтування, для досягнення практичного ефекту пропонується наступна послідовність операцій гравіювання та втирання фарби: стандартний маршрут технологічних операцій «гравіювання–контроль–втирання–контроль» замінити послідовністю «гравіювання–втирання–контроль».

### Список літератури

1. ISO 7000. *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis.*
2. ДСТУ ГОСТ 25874:2008. *Аппаратура радиоэлектронная, электронная и электротехническая. Условные функциональные обозначения.*
3. OST 4.270.001-84. *Приборы электронные измерительные. Условные графические обозначения для замены надписей.*
4. Несін В.В. (2016) Нестандартні символи для заміни написів в приладобудуванні: розробка, виконання гравіюванням та контроль якості. *Збірка тез доповідей IX науково-практичної конференції «Погляд у майбутнє приладобудування», 17–18 квітня 2016 р.*, Київ. ПФФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 64.
5. Підпригора Ю.А., Франков О.С., Несін В.В. (2019) Особливості неруйнівного контролю гравіюваних символів на деталях з білого блочного поліаміду. *Збірка тез доповідей XVIII міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», 15–16 травня 2019 р. м. Київ.* ПФФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 155–156.
6. Полиамид. <https://aplast.com.ua/poliamid>.
7. ДСТУ EN ISO 9712:2014 (UA ISO 9712:2012, IDT; ISO 9712:2012, IDT). *Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу з неруйнівного контролю.*
8. НПАОП 0.00-1.63-13. *Правила сертифікації фахівців з неруйнівного контролю.* Затверджені наказом МНС України 10.12.2012 р. № 1387, зареєстровані в Мін'юсті України 02.01.2013 р. за № 10/22542, введені в дію з 05.02.2013 р.
9. СТТУ УТНКТД 01-2000. *Система сертифікації персоналу з неруйнівного контролю. Основні положення.* Чинний з 12.10.2000 р. Київ, УТНКТД.
10. ГОСТ 7512. *Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.*
11. ДСТУ EN ISO 5579:2014. *Неруйнівний контроль. Радиограйфичний контроль металевих матеріалів із застосування плівки та рентген та гамма випромінювання. Основні правила.*
12. Готра З.Ю., Тейт Дж., Кікінеші Р. та ін. (2007) Структура та оптичні властивості прозорих електропровідних плівок на основі ВаCuTeF. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка: Електроніка», 592*, 13–17.
13. Франков О.С., Несін В.В., Шабетя С.А. та ін. (2019) Органолептичні властивості поліаміду блочного та спосіб зменшення їх впливу на суб'єктивні можливості оператора при механічній обробці деталей. *Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології в машинобудуванні». Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 207–208.*
14. Яковлев А.Д., Яковлев С.А. (2016) *Лакокрасочные покрытия функционального назначения.* СПб, Химиздат.
15. Каміньський Ю. (2020) *Емалева фарба ПФ-115 – технічні характеристики, склад, застосування.* <https://isu.org.ua>.
16. Емаль алкідна ПФ-115. <https://farbex.ua>.
17. Несін В.В., Підпригора Ю.А., Франков О.С. (2021) *Зміна технології маркування полюсів на неконтрастних бокових поверхнях колодок блоку живлення виробу «Радіус-Е» з білого блочного поліаміду.* Рационалізаторська пропозиція 91 ІСТЕ СБУ, подана 08.02.2021 р., визнана 02.03.2021 р., свідоцтво від 12.04.2021 р.

### References

1. ISO 7000. *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis.*
2. DSTU GOST 25874:2008. *Radioelectronic, electronic and electrotechnical equipment. Conventional functional designations [in Russian].*
3. OST 4.270.001-84. *Electronic instruments. Reference graphic symbols for legend replacement [in Russian].*
4. Nesin, V.V. (2016) Nonstandard symbols for legend replacement in instrument engineering: Development, engraving and quality control. In: *Abstr. of Papers of 9th Sci.-Pract. Conf. on Future Outlook of Instrument Engineering (Kyiv, 17-18 April, 2016), NTUU Igor Sikorsky KPI*, 64 [in Ukrainian].
5. Pidoprygora, Yu.A., Frankov, O.S., Nesin, V.V. (2019) Features of non-destructive control of engraved symbols on parts from white block polyamide In: *Abstr. of Papers of 9th Sci.-Pract. Conf. on Instrument Engineering: State-of-the-art*

- and Prospects (15-16 May, 2019), NTUU Igor Sikorsky KPI, 155–156 [in Ukrainian].
6. Polyamide. <https://aplast.com.ua/poliamid> [in Russian].
  7. DSTU EN ISO 9712:2014 (UA ISO 9712:2012, IDT; ISO 9712:2012, IDT). *Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT* [in Ukrainian].
  8. NPAOP 0.00-1.63-13. *Rules of certification of personnel of non-destructive testing. Approved by the order of the Ministry of Emergencies of Ukraine on 10.12.2012 No.1387, registered in the Ministry of Justice of Ukraine on 02.01.2013 on No. 10/22542, entered into force on 05.02.2013* [in Ukrainian].
  9. STTU USNDT 01-2000. *System of certification of non-destructive testing personnel. Basic provisions. Valid from 12.10.2000*, Kyiv, USNDT [in Ukrainian].
  10. GOST 7512. *Non-destructive testing. Welded joints. Radiographic method*. [in Russian].
  11. DSTU EN ISO 5579:2014. *Non-destructive testing. Radiographic testing of metallic materials using film and X- or gamma rays. Basic rules* [in Ukrainian].
  12. Gotra, Z.Yu., Teit, J., Kikineshi, R. et al. (2007) Structure and optical properties of transparent conducting films based on BaCuTeF. *Visnyk NU Lvivska Politekhnika: Elektronika*, **592**, 13–17 [in Ukrainian].
  13. Frankov, O.S., Nesin, V.V., Shabetia, S.A. (2019) Organoleptic properties of block polyamide and decrease of their influence on subjective possibilities of operator in mechanical treatment of parts. *In: Proc. of Int. Sci.-Tech. Conf. on New Materials and Technologies in Mechanical Engineering*. Kyiv, NTUU Igor Sikorsky KPI, 207–208.
  14. Yakovlev, A.D., Yakovlev, S.A. (2016) *Paint-and-lacquer coatings of functional purpose*. St.-Petersburg, KhIMIZDAT [in Russian].
  15. Kaminskyi, Yu. (2020) *Enamel paint PF-115: Technical characteristics, composition, application* [in Ukrainian]. <https://isu.org.ua>
  16. *Alkyd enamel PF-115* [in Ukrainian]. <https://farbex.ua>.
  17. Nesin, V.V., Pidprygora, Yu.A., Frankov, O.S. (2021) *Change of technology of pole marking on low-contrast side surfaces of block power supply sockets of “Radius-E” product from white polyamide*. Innovative proposal 91 ISTE SBU, submitted on 08.02.2021, recognized on 02.03.2021, certificate dated 12.04.2021 [in Ukrainian].

## INVESTIGATIONS OF ENGRAVING TECHNOLOGY AND CHECKING THE QUALITY OF ENGRAVING THE SURFACES OF MATERIALS WITH SPECIAL ORGANOLEPTIC PROPERTIES WITH APPLICATION OF CONTRASTING DYES

V.V. Nesin, O.S. Frankov

Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Science of the Security Service of Ukraine.

3 Mikoly Vasylenka, 03113, Kyiv. E-mail: [witnes@ukr.net](mailto:witnes@ukr.net)

Application of three methods of investigation of optical density of materials, namely observation, densitometric and spectrometric is considered. Observation method was used to study the organoleptic properties of characteristic materials, which influence their perception by observers and machining operators. Features of engraving performance, procedure of checking the quality of such processing, and rubbing in contrast paint, were analyzed. It is determined that the technological marking, shallow engraving, surface roughness, affine space made up by points, formed on the surface by machining, defects of the type of bands, lines, depressions and protrusions of approximately 0.1 mm size in materials with special organoleptic properties are not perceived by observers, as a result of manifestation of psychophysiological Weber – Fechner law as to visual perception of optical density of the material within the visible range of perception of electromagnetic waves of 380 – 750 nm length. The general appearance and geometrical characteristics of engraved inscriptions and symbols, made on materials with special organoleptic properties, are recommended. 17 Ref., 4 Fig.

*Keywords: organoleptic properties of materials, influence on optical perception of involved personnel, engraving, surface control methods, optical density rubbing in contrasting paint, technological processing route*

Надійшла до редакції 07.12.2021

## Календар міжнародних конференцій та виставок 2022

16.08 – 17.08 Subang Jaya, Malaysia – postponed	The 6 <sup>th</sup> Malaysia International NDT Conference and Exhibition	Malaysian Society for Non-Destructive Testing (MSNT)
16.08 – 18.08 Zurich, Switzerland	NDT-CE 2022 - International Symposium on Nondestructive Testing in Civil Engineering	SVTI
12.09 – 16.09 Одеса, Україна	XI Міжнародна конференція «Математичне моделювання та інформаційні технології в зварюванні та споріднених процесах»	ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, МАС
12.09 – 16.09 Одеса, Україна	III Міжнародна конференція «Неруйнівний контроль та моніторинг технічного стану»	ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАНУ, МАС
13.09 – 16.09 Ljubljana, Slovenia	35 <sup>th</sup> European Conference on Acoustic Emission Testing & 10 <sup>th</sup> International Conference on Acoustic Emission Testing	University of Ljubljana
20.09 – 21.09 Dortmund, Germany	Fachseminar Dichtheitsprüfung und Lecksuche	DGZfP
26.09 – 26.09 Berlin, Germany	Seminar NDT in Railway	DGZfP
24.10 – 26.10 Berlin, Germany – postponed	International Conference on NDE 4.0	DGZfP
07.11 – 08.11 Singapore	Singapore International NDT Conference & Exhibition	NDTSS
15.11 – 18.11 Київ, Україна	XXI Міжнародний Промисловий Форум	Міжнародний виставковий центр

Продовження. Початок дивись на стор. 46