

УДК 004.8

І. Коноваленко, к.т.н., доц., П. Марущак, д.т.н., проф., Г. Козбур, к.т.н., доц.,
О. Ясній

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ВПЛИВ ЧАСТОТИ ВІБРАЦІЙ ТА ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ НА КІЛЬКІСНІ
ПОКАЗНИКИ ДЕФЕКТІВ, ВИЯВЛЕНИХ НА ПОВЕРХНІ МЕТАЛОПРОКАТУ З
ЗАСТОСУВАННЯМ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

**I. Konovalenko, PhD., Assoc. Prof., P. Maruschak, D.Sc., Prof.; H. Kozbur, PhD., Assoc.
Prof., O. Yasniy**

Ternopil National Ivan Puluj Technical University

**EFFECT OF VIBRATION FREQUENCY AND LIGHTING QUALITY ON
QUANTITATIVE INDICATORS OF DEFECTS IDENTIFIED ON THE SURFACE
OF ROLLED METAL WITH THE APPLICATION OF DEEP NEURON NETWORKS**

Abstract. The system of technical diagnostics of technological defects in the surface of sheet metal-roll based on deep neuron networks was tested. The dependence of geometrical parameters in diagnosing technological defects was established in terms of the magnitude of illumination of the surface and the frequency of vibrations. It has been shown that the main contribution to the result of the recognition of lightness on the surface may be the value of illumination. Vibrations in the extended range of frequencies and amplitudes are less influenced on the values of identified geometrical parameters of defects.

Оптико-цифрові методи контролю стану поверхні смуг металопрокату забезпечують швидке виявлення та локалізацію дефектів. Камери, які зараз застосовують забезпечують для одержання кісних зображень смуг металопрокату, які є вхідної інформацією для оцінювання дефектності [1,2]. Дослідження впливу вібродинамічних процесів у вузлах металургійного обладнання, за високих швидкостей прокатування є окремою науковим і практичним завданням. Підвищення вібрації до небезпечного рівня обмежує продуктивність металопрокатного обладнання, знижує якість готових смуг по поздовжньої різнотовщинності та формує періодичні дефекти поверхні типу «ребристість», «поперечні тіньові смуги», а також підвищує зношення валків.

На нашу думку, важливо оцінити вплив частоти вібрацій на якість розпізнавання дефектів смуг металопрокату за різних умов освітлення. Це дозволить сформулювати умови оптимального виявлення дефектів різної геометрії.

Для дослідження впливу вібрацій та освітлення на результат розпізнавання дефектів металеву пластину з дефектами типу "подряпина" фотографували у лабораторних умовах. При цьому змінювали освітленість, а пластину циклічно переміщували у вертикальному напрямку з частотою 10-30 Гц та амплітудою переміщень 0,1-03, мм. Циклічне переміщення пластини виконували на сервогідравлічній установці СТМ-100. Фіксували значення вертикального переміщення штока. Схема дослідної установки для отримання зображень металеві поверхні з пошкодженнями типу "подряпина" зображена на рис.1. Освітлення поверхні аналізованої металеві смуги, розділеної на ділянки, виконано зверху. Зображення одержується внаслідок того, що різні ділянки металеві смуги неоднаково відхиляють падаюче на них світло, а відбиті промені мають різну інтенсивність. За пропонованої схеми освітлення камера одержує більшу частину відбитого світла, це так званий аналіз "у світлому полі". Направлене освітлення є майже перпендикулярним до досліджуваної

металевої поверхні. За таких умов зйомки поверхня буде яскраво сірою, а дефекти – добре видимими.

Для одержання зображень цих зон використовували камеру Nikon D5600. Для освітлення металевої пластини використовували лампу розжарювання потужністю 60 Вт.

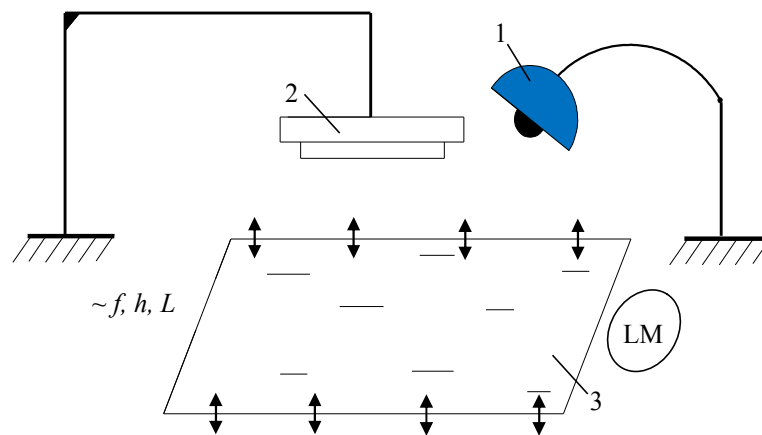


Рис. 1. Схема одержання зображень ділянок металевої смуги під час циклічного вертикального переміщення: 1 – лампа; 2 – фотокамера; 3 – металева смуга з пошкодженнями; LM – люксметр

Під час одержання зображень яскравість світла змінювали регулятором та контролювали люксметром, який залишався нерухомим. Фотозображення всіх ділянок були одержані у фіксованій точці зйомки, так як показано на рис. 1.

Для виявлення пошкоджених зон на отриманих зображеннях використовували згорткову нейронну мережу, навчену на зображеннях металопрокату [3]. Нейромережа має архітектуру U-net [4] з декодером ResNet152 [5]. Архітектура U-net складається з енкодера, який виявляє карти ознак, притаманні шуканим пошкодженням, і декодера, який проектує зони зображення, які найбільше відповідають знайденим ознакам, на зображення початкового розміру. Енкодер має 5 стадій. Кожна з них містить послідовно з'єднані згорткові шари, після яких виконується батч-нормалізація. Декодер також містить п'ять стадій, кожна з яких зв'язана з виходами відповідних стадій енкодера та виконує розширення й узагальнення його карт ознак. Вихідний шар нейромережі має розмір 256×256 нейронів з функцією активації sigmoid. Це дозволяє отримувати значення на в діапазоні $[0,1]$, яке відображує ступінь достовірності, з якою модель розпізнає відповідний піксель як частину пошкодження.

Приклад початкового зображення пошкодженої поверхні та зображення з розпізнаними пошкодженнями приведено на рис. 2,а,б.

З метою кількісного оцінювання пошкоджень на поверхні важливо отримати числові показники, які характеризуватимуть вид наявних пошкоджень. Окремі об'єкти (об'єднані групи пікселів), розпізнані нейромережевою моделлю, представляють фрагменти поверхневих пошкоджень. З метою виявлення особливостей пошкоджень визначали їх геометричні параметри, що описують особливості кожного знайденого фрагмента пошкодження. Насамперед обчислювали площу як базовий параметр, що характеризує розмір пошкодження. Крім цього, розраховували периметр, який в поєднанні з площею описує нерівність краю об'єкта. Для розрахунку інших параметрів використали підхід "еквівалентного" еліпса [6].

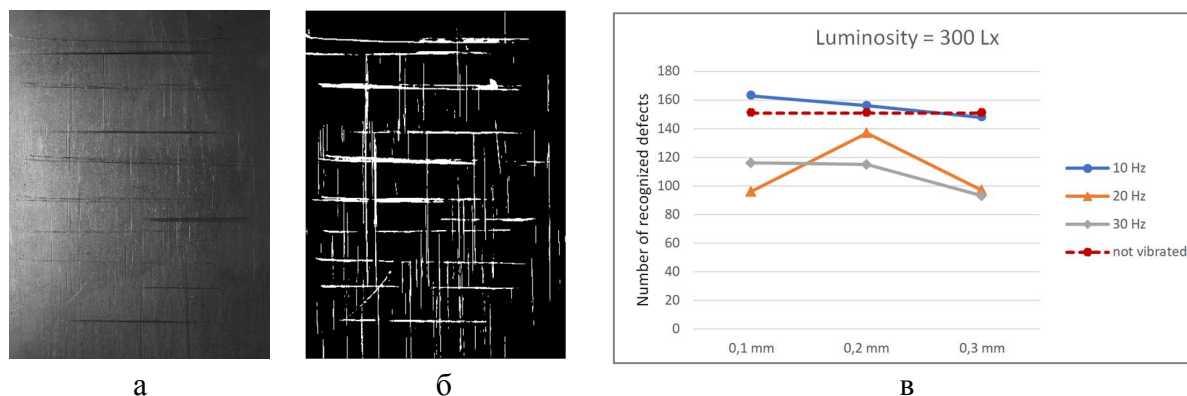


Рис. 2. Початкове зображення (а), зображення з розпізнаними пошкодженнями (б) та залежність кількості розпізнаних дефектів від амплітуди коливань за різної частоти (в)

Досліджували вплив вібрацій та освітлення на результат розпізнавання пошкоджень. Із збільшенням освітленості поверхні площа ділянок, розпізнаних як пошкодження, збільшується. Зростає і кількість фрагментів пошкоджень. Це в першу чергу пояснюється тим, що при яскравішому освітленні більш видимими стають дрібні подряпини та елементи фактури поверхні. В нашому випадку особливо помітним є перехід від дуже низького рівня освітлення (2 лк) до вищого (50 лк). Якщо у першому випадку вертикальні подряпини на зображенні не видимі взагалі, то при 50 лк більша половина з них вже розпізнається. При освітленні 50 лк практично всі вертикальні пошкодження виявляються. Подальше зростання освітленості від 100 до 800 лк мало впливає на виявлення нових подряпин, але разом з цим робить об'єкти пошкоджень більшими, тому загальна площа пошкоджень із збільшенням освітленості зростає.

Побудовано залежності геометричних параметрів дефектів від величини освітлення досліджуваної поверхні та частоти її вібрацій (рис. 2,в). Виявлено, що головний вплив на результат розпізнавання пошкоджень на поверхні має величина освітленості. Вібрації у дослідженому діапазоні частот та амплітуд менше впливають на отримані геометричні параметри пошкоджень, ніж освітленість.

Література.

1. Мазур, И. П. Контроль качества поверхности горячекатаных полос / И. П. Мазур // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування: збірник наукових праць. – 2010. – № 60. – С. 174–178.
2. Мазур И.П. Проблемы контроля качества поверхности при производстве листового проката // Сталь. – 2011. – № 4. – С. 31-36.
3. Konovalenko, I.; Maruschak, P.; Brezinová, J.; Prentkovskis, O.; Brezina, J. Research of U-Net-Based CNN Architectures for Metal Surface Defect Detection. *Machines* 2022, 10, 327. <https://doi.org/10.3390/machines10050327>.
4. Ronneberger, O.; Fischer, P.; Brox, T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention 2015*; Navab, N., Hornegger, J., Wells, W.M., Frangi, A.F., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland. – 2015. – pp. 234–241.
5. He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J. Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, USA, 26 June–1 July 2016. – pp. 770–778.
6. Konovalenko, I.; Maruschak, P.; Kozbur, H.; Brezinová, J.; Brezina, J.; Nazarevich, B.; Shkira, Y. Influence of Uneven Lighting on Quantitative Indicators of Surface Defects. *Machines* 2022, 10, 194. <https://doi.org/10.3390/machines10030194>.