

**УДК 620.192.49**

**Павло Марущак, д.т.н., проф.; Володимир Медвідь, к.т.н., доц.; Олександр Шовкун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МАЛОГАБАРИТНА УСТАНОВКА ДЛЯ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ТА УМОВ ОСВІТЛЕННЯ ПРИ КОНТРОЛІ  
ДЕФЕКТІВ МЕТАЛОПРОКАТУ**

Анотація. Розроблено малогабаритну лабораторну установку, яка дозволяє відтворювати експлуатаційні режими вібрування та умови освітлення листового прокату. Проведено апробацію розробленого стенду, що дозволило підтвердити його високі технічні характеристики та можливість використання для оцінювання впливу технологічних факторів металургійного виробництва на якість дефектометрії.

Ключові слова: вібрація, дефекти, умови освітлення.

**Pavlo Maruschak, Ph.D., Prof.; Volodymyr Medvid, Ph.D., Assoc. Prof.; Oleksander Shovkun**

**SMALL-SIZED INSTALLATION FOR PHYSICAL MODELING OF  
VIBRATION PROCESSES AND ILLUMINATION AT MONITORING DEFECTS IN  
ROLLED METAL PRODUCTS**

Abstract. A small-sized laboratory installation has been developed that allows to reproduce the operating modes of vibration and lighting conditions of rolled sheet metal. Approbation of the developed stand was carried out, which made it possible to confirm its high technical characteristics and the possibility of use for evaluating the influence of technological factors of metallurgical production on the quality of defects measurements.

Key words: vibrations, defects, lighting conditions.

Підвищення якості листового металопрокату вимагає розроблення нових методів контролю його поверхні. Сьогодні, оптико-цифрові діагностичні системи дозволяють в режимі реального часу виявляти, розпізнавати та класифікувати дефекти. Це також створює передумови визначення їх розмірів та оцінювання пошкодженості аналізованої поверхні. Оптико-цифрові підходи, які сьогодні використовують на металургійних підприємствах мають низку переваг порівняно із іншими методами контролю поверхневих дефектів, це:

- чутливість до типів дефектів;
- висока продуктивність;
- можливість безперервної безконтактної дефектометрії під час технологічного процесу.

Аналітична частина дефектометричної системи виявляє та класифікує наявні дефекти та оцінює їх допустимість з точки зору чинних стандартів (наприклад, ГОСТ 21014-88). Разом з тим, метод чутливий до умов освітлення та режимів прокатування [1]. Це обумовлено тим, що максимальна точність методу досягається за оптимальних умов освітлення та мінімальної вібрації контрольованої поверхні. Таким чином, важливим технічним завданням є пошук оптимальних умов оптико-цифрового контролю, які забезпечать точність виявлення дефектів металопрокату, а для практичної реалізації методу дозволять використовувати уніфіковане та недороге обладнання.

Основне завдання діагностичних систем на металургійному виробництві - вчасно виявити дефект, що дозволяє визначити причину їх утворення. Це дає можливість

скоригувати роботу агрегату, усунути причину появи браку (скоригувати технологічний процес) та/або відбракувати готову продукцію. Аналізуючи відомі дослідження, можна дійти висновку, що на даний час є певна система методів, моделей і засобів виявлення дефектів виробництва листового прокату, розроблено методологічні принципи їх використання, які дозволяють вирішувати широкий спектр завдань. Разом з тим, інтенсифікація прокатування зумовлює виникнення нових видів дефектів та необхідність підвищення точності діагностування відомих, що зумовлює необхідність розроблення нових параметрів та алгоритмів. Саме тому розроблення лабораторної установки, яка забезпечить відтворення впливу умов освітленості та частот вібрації листів металопрокату під час лабораторної апробації діагностичних систем є актуальним завданням.

Було спроектовано та виготовлено малогабаритну установку яка забезпечує:

- створення високочастотних вібрацій;
- створення контрольованого рівномірного освітлення в зоні контролю дефектності.

Малогабаритна установка для дослідження впливу вібрацій (рис. 1) містить електродинамічний вібростенд 1, на вібраційному столі якого встановлювали досліджуваний зразок (металевий лист з дефектами) Амплітуду та частоту коливань стола вібростенда записували за допомогою тензометра, одна з ніжок якого перебувала в контакті з модельним листом металопрокату, а інша кріпилась до корпусу випробувальної камери 2.

Основним елементом вібростенду 1 є вібраційна головка, що містить нерухому котушку намагнічування, довкола якої під дією постійного струму створюється постійне магнітне поле та рухому котушку, розташовану всередині котушки намагнічування, яка створює змінне магнітне поле і до якої прикріплений вібраційний стіл. Взаємодія постійного та змінного поля обох котушок забезпечує переміщення вібраційного стола вібростенду. На котушку намагнічування подавали постійну напругу 12-30 В, що дозволило змінювати частоту та амплітуду створюваної вібрації.

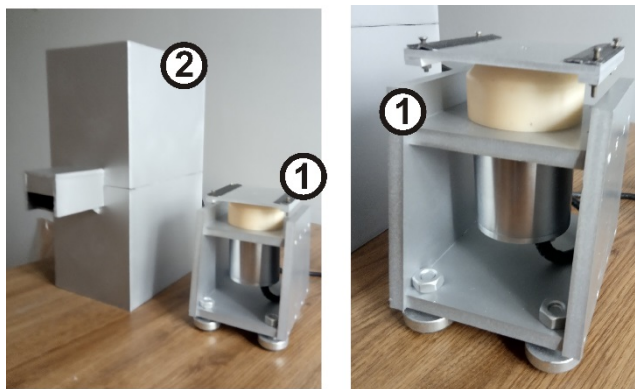


Рисунок 1. Стенд для дослідження впливу вібрацій: 1- вібростенд, 2- камера для досліджень

Вібраційний стіл з рухомою котушкою через пружну мембрану кріпиться до корпусу вібраційної головки, який виконує функцію магнітопроводу її електродинамічної системи. Від генератора низькочастотних коливань через аналоговий підсилювач класу АВ вихідною потужністю до 100Вт на рухому котушку подавали змінну синусоїдальну напруга з частотою 10-1000 Гц амплітудою 0-30В. При потребі змінна напруга може бути трикутної, пілкоподібної форми, або у вигляді прямокутних імпульсів.

Під час експерименту, вібростенд з досліджуваним зразком встановлювали у камері 2. Камера 2, яка з середини пофарбована в чорний колір, представляє собою короб, що складається з двох частин- верхньої та нижньої. На кришці верхньої частини є отвір діаметром 90 мм, через який за допомогою фотокамери здійснювали фотофіксацію досліджуваного зразка. З внутрішньої частини верхньої кришки навколо отвору розташовані світлодіодні модулі smd2835, закриті розсіювачем світла з молочного пластику. Змінюючи напругу джерела живлення, до якого під'єднані світлодіоди, змінювали освітленість поверхні зразка  $E$  в межах 100-600 лк, під час проведення експерименту.

Форму змінної напруги, що подавалась на вібраційну головку, контролювали осцилографом, її частоту та амплітуду задавали генератором. В процесі досліджень контролювали також постійну напругу на котушці намагнічування та на світлодіодах, змінну напругу на рухомій котушці вібраційної головки, вимірювали амплітуду вібрації стола вібраційної головки.

### **Перелік посилань**

1. Maruschak, P.; Konovalenko, I.; Osadtsa, Y.; Medvid, V.; Shovkun, O.; Baran, D.; Kozbur, H.; Mykhailyshyn, R. Surface Illumination as a Factor Influencing the Efficacy of Defect Recognition on a Rolled Metal Surface Using a Deep Neural Network. *Appl. Sci.* 2024, 14, 2591. <https://doi.org/10.3390/app14062591>