СУЧАСНІ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА І РЕМОНТУ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА НА ТРАНСПОРТІ

Асоціація технологів-машинобудівників України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Український державний університет залізничного транспорту
ТОВ «ТМ.ВЕЛТЕК»
ПАТ «Ільницький завод механічного зварювального обладнання»
Машинобудівний факультет Бєлградського університету
Грузинський технічний університет

СУЧАСНІ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ В ПРОМИСЛОВОСТІ І НА ТРАНСПОРТІ

Матеріали
26-го Міжнародного науково-технічного семінару

31 березня–02 квітня 2026 р.

Київ – 2026

Житомир – Рута – 2026

Сучасні питання виробництва та ремонту в промисловості і на транспорті: Матеріали 26 Міжнародного науково-технічного семінару, 31 березня–02 квітня 2026 р. – Київ: АТМ України; Житомир "Рута", 2026. – 154 с.

ISBN 978-617-581-713-1

Тематика семінару:

• Сучасні тенденції розвитку технології машинобудування
• Підготовка виробництва як основа створення конкурентоспроможної продукції
• Стан і перспективи розвитку заготівельного виробництва
• Удосконалення технологій механічної та фізико-технічної обробки в машино- і приладобудуванні
• Ущільнюючі технології та покриття
• Сучасні технології та обладнання в складальному і зварювальному виробництві
• Ремонт і відновлення деталей машин у промисловості і на транспорті, обладнання для виготовлення, ремонту і відновлення
• Стандартизація, сертифікація, технологічне управління якістю та експлуатаційними властивостями виробів машино- та приладобудування
• Впровадження стандартів ДСТУ ISO 9001 у промисловості, вищих навчальних закладах, медичних установах і органах державної влади
• Метрологія, технічний контроль та діагностика в машино- і приладобудуванні
• Екологічні проблеми та їх вирішення у сучасному виробництві

Матеріали представлені в авторській редакції

ISBN 978-617-581-713-1

© АТМ України, 2026 р.
© ПП «Рута», 2026 р.

ЗМІСТ

Андреєв І.В., Шеремет В.І., Шейкін С.Є., Студенець С.Ф., Клименко С.А.
НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОЛЬФРАМОВИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЯКОСТІ МАТЕРІАЛІВ КІНЕТИЧНИХ ПІНЕТРАТОРІВ 3

Антіпін Є.В., Дідковський О.В., Зяхор І.В., Левчук А.М., Шило Ю.А., Кавуніченко О.В.
ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗВАРНИХ СТИКІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ РЕЙОК, ВИКОНАНИХ КОНТАКТНИМ СТИКОВИМ ЗВАРЮВАННЯМ ОПЛАВЛЕННЯМ 6

Antonyuk V.S., Vislouh S.P., Voloshko O.V.
TECHNOLOGICAL PARAMETERS RESEARCH OF MILLING ORGANOPLASTICS 9

Балицька Н.О.
РЕЖИМ ЗМОЧУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ СПЛАВУ NiTi, ТЕКСТУРОВАНИХ МІКРОФРЕЗЕРУВАННЯМ 11

Беженар М.П., Пацик А.М., Соколов О.М., Романенко Я.М.
НОВІ PCBN КОМПОЗИТИ BL ГРУПИ – ПРОГРЕСИВНІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ЗАГАРТОВАНИХ СТАЛЕЙ 14

Береговець Б.С., Данюк О.О., Коваленко М.І., Ночвай В.М., Полонський Л.Г.
РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАНЬ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ РОБОЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА СУПОРТІ УСТАНОВКИ КНПА-1,2М 16

Візняк В.Г., Скурихін Д.Г.
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ДОКУМЕНТАЦІЙНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ 17

Вовк В.А.
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ КОМПОНОВОК МОБІЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИ РЕМОНТІ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ 19

Гнатенко І.О., Чернієнко О.І., Андреєв І.В.
ВПЛИВ БАРИЧНОЇ ОБРОБКИ СПЕЧЕНИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ WC-15% Me НА ЇХ КОЕРЦИТИВНУ СИЛУ 21

Губатюк Р.С., Прокоф'єв О.С., Римар С.В., Пантелеймонов Є.О., Абдулах В.М., Коваленко Д.В., Нікрітін О.Л., Романенко І.М., Милашенко Н.В., Сорока Б.С., Згурський В.О. Воробйов М.В.
ЗАСТОСУВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕКУПЕРАТОРА УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛА ПОВОРОТНОЇ ПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ 23

Гущин К.В., Зяхор І.В., Завертанний М.С., Шило Ю.А., Левчук А.М., Кольцов В.В., Наконечний А.О.
ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНОЇ СХЕМИ НАГРІВАННЯ ПРИ КОНТАКТНОМУ СТИКОВОМУ ЗВАРЮВАННІ ОПЛАВЛЕННЯМ ПРОФІЛІВ ІЗ ВИСОКОМІЦНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ 25

Девін Л. М., Цисар М.О., Лєщук О.О., Ричев С.В., Ільницька Г.Д.
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ ВИСОКОМІЦНИХ ТЕРМОСТІЙКИХ МОНОКРИСТАЛІВ АЛМАЗУ ТИПУ Ib РОЗМІРОМ 1,5–3,0 ММ, ДЛЯ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНОГО БУРОВОГО ІНСТРУМЕНТУ 28

Зяхор І.В., Левчук А.М., Кольцов В.В., Шило Ю.А., Завертанний М.С.
ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ В ЗОНІ РІЗНОРІДНИХ З'ЄДНАНЬ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТЕРТЯМ 31

Кириченко І.О., Воронцов Б.С.
СЕРТИФІКАЦІЯ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 36

Клименко Г.П., Рева Є.С., Захаров Є.О., Чумаченко В.П.
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ОБРОБЦІ НА ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ 39

Клименко С.А., Манохін А.С., Клименко С.Ан., Чумак А.С., Копєйкіна М.Ю., Камчатна-Степанова К.В.
МОДЕЛЮВАННЯ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ЗАГАРТОВАНОЇ СТАЛІ ІНСТРУМЕНТАМИ ІЗ PcBN 42

Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Шаповалов М.В., Пономаренко О.В., Підгорний М.І.
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК 43

Ковальов В.Д., Міхеєв А.О.
ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕРТЯ В НАПРЯМНИХ ВАЖКИХ ВЕРСТАТІВ ПРИ РЕМОНТІ ТА ВІДНОВЛЕННІ 46

Кусий Я.М., Кусень Н.А., Климаш І.В., Брухаль П.Р., Конюх О.І.
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ВІБРАЦІЙНО-ВІДЦЕНТРОВОГО ЗМІЦНЕННЯ РІЗЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ВИРОБІВ 48

Кусков Ю.М., Нетяга А.В., Проскудін В.М., Римар С.В., Лентюгов І.П., Окопнік Л.Л., Осін В.В.
ЕЛЕКТРОШЛАКОВЕ НАПЛАВЛЕННЯ В СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ КВАДРАТНОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ БІМЕТАЛЕВИХ АРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КОВШІВ КАР'ЄРНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ 52

Куць Н.Г.
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ЇХ ВИРІШЕННЯ У СУЧАСНОМУ МАШИННОМУ ВИРОБНИЦТВІ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАНДАРТІВ 56

Лавріненко В.І., Скрябін В.В., Солод В.Ю., Музичка В.А., Проц Л.А.
СУЧАСНІ РОЗРОБКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПОЛІПШЕНИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ 59

Лавріненко В.І., Скрябін В.О., Солод В.Ю., Крикент І.І.
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СПРЯМОВАНОМУ ВПЛИВОВІ НА КОНТАКТНІ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ЗМІНИ ФРИКЦІЙНОГО КОНТАКТУ І ЗМЕНШЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ 64

Лавріненко В.І., Смоквина В.В., Ільницька Г.Д., Островерх Є.В.
СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У СПРЯМОВАНОМУ СТВОРЕННІ ПОРИСТОСТІ У ПОЛІКРИСТАЛІЧНИХ І МОНОКРИСТАЛІЧНИХ АЛМАЗАХ ТА АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОМУ ІНСТРУМЕНТІ 67

Логінова Ю.В.
МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСУ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ НК ТА ТД ДЛЯ ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ 72

Lopata O.V., Pisarenko G.S., Katerinich S.Y., Rybak I.P.
DEPENDENCE OF THE ELASTIC MODULUS OF POWDER COATINGS ON THEIR POROSITY IN ELECTRICAL CONTACT HARDENING 76

Лопата Л.А., Рутковський А.В., Буйських К.П.
СПОСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ 78

Lopata V.M., Solovykh A.Y., Kachynska I.R., Pisarenko, G.S.
INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF COATINGS OBTAINED BY ELECTRIC ARC SPRAYING 82

Майданчук Т.Б., Лук'янченко Є.П., Степченко Д.М., Лаптєва Г.М.
ОТРИМАННЯ АНТИФРИКЦІЙНОГО ШАРУ НИЗЬКООЛОВЯНОЇ БРОНЗИ НА СТАЛІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ MIG-ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ 84

Манохін А.С., Клименко С.А.
МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМОСТІЙКИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА РІЗНИЦЮ ТЕМПЕРАТУР НА ЇХ ПОВЕРХНЯХ 87

Мельнійчук Ю.О., Чумак А.С., Клименко С.А., Манохін А.С., Клименко С.Ан., Мельнійчук Б.Ю.
ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ PcBN ПРИ ВИСОКОШВИДКІСНОМУ ТОЧІННІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ВЧ40 89

Наконечний А.О, Шевчук С.А., Гущин К.В., Шило Ю.А., Левчук А.М., Зяхор І.В., Завертанний М.С., Кольцов В.В.
ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНИХ ЗУБІВ РОЗПУШУВАЧА БАРОВОГО ЛАНЦЮГА 91

Нерубацький В.П., Геворкян Е.С., Комарова Г.Л.
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОЇ НАНОКЕРАМІКИ ZrO_2–WC ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ І ТРАНСПОРТУ 93

Олійник Н.О., Ільницька Г.Д., Петасюк Г.А., Базалій Г.А., Заболотний С.Д., Сизоненко О.М., Циба М.М.
ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКІВ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ ДЛЯ АЛМАЗНО-АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ 96

Пацик А.М., Беженар М.П., Романенко Я.М., Соколов О.М.
ФОРМУВАННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ PCBN КОМПОЗИТІВ СИСТЕМИ cBN–TiC–Al 99

Петасюк Г.А., Бочечка О.О., Сирота Ю.В., Петасюк О.У., Смірнова А.В.
ВІД АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОЕКЦІЇ ЗЕРЕН ШЛІФПОРОШКІВ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗУ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ 3D ЇХ ФОРМИ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ОКРЕМИХ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЕЛЕМЕНТІВ ШІ-ТЕХНОЛОГІЙ 102

Петасюк Г.А., Лавріненко В.І., Полторацький В.Г.
МІКРО- ЧИ НАНО: ЯКОЇ ДИСПЕРСНОСТІ ПОРОШКИ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ БАЖАНО ЗАСТОСОВУВАТИ ДЛЯ ПОКРИТТЯ ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН АЛМАЗНИХ ШЛІФПОРОШКІВ ДЛЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ: МОРФОМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД 106

Равлюк В.Г.
ПРОАКТИВНЕ МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕТАПУ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА 111

Равлюк В.Г., Захаров А.В.
АДАПТИВНІ ПІДХОДИ ДО МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ НЕСТАНДАРТНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ У РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ 113

Рябченко С.В., Бандуренко М.В., Клименко С. Ан., Чумак А.О.
ВИГОТОВЛЕННЯ КАТОДІВ ДЛЯ НАПИЛЕННЯ ЖАРОМІЦНИХ СПЛАВІВ 115

Сахнюк І.О., Битков М.Х., Кириленко Л.В., Федосєєва І.К., Тітова Г.М.
ПРОПОЗИЦІЇ ДО ВИРІШУВАННЯ ПЕВНИХ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ДЛЯ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ 116

Смоквина В.В., Лавріненко В.І., Ільницька Г.Д., Зайцева І.М., Шейко М.М., Тимошенко В.В., Діюк В.Є.
ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ МАРКИ АС80 ЗЕРНИСТОСТІ 315/250 НА ЇХ ОДНОРІДНІСТЬ ЗА ЛІНІЙНИМИ РОЗМІРАМИ ТА МІЦНІСТЮ 119

Тимофеєва Л.А.
ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ 121

Тимофеєва Л.А., Сайчук К.О.
ІНТЕГРАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ МЕТРОЛОГІЧНИХ ТА ЕКСПЕРТНИХ ПОСЛУГ 123

Тимофеєва Л.А., Устименко О.Г.
КОМПЛЕКСНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОНІТОРИНГ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВТРАТ 125

Тимофеєва Л.А., Шипіло Р.Г.
ІНТЕГРАЦІЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ В СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА 127

Томашевський О.О.
ВІБРАЦІЇ ПРИ МІКРОФРЕЗЕРУВАННІ СПЛАВУ NiTi 129

Хітров І.О.
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЧИХ І РЕМОНТНИХ ПРОЦЕСІВ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ 131

Цисар М.О., Псярнецька Т.О., Девін Л. М., Ричев С.В., Ільницька Г.Д., Зайцева І.М.
ПОХИБКА ВИМІРЮВАННЯ, ЩО ВИНИКАЄ ПРИ ОБЧИСЛЕННІ ХАОРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ ТЕРМОСТІЙКИХ МОНОКРИСТАЛІВ АЛМАЗУ ТИПУ Ib 133

Шейкін С.Є., Студенець С.Ф., Дідковський Т.М.
ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВТУЛОК З КРУГЛИМ ТА ФАСОННИМ ОТВОРОМ ЗАСТОСУВАННЯМ ХОЛОДНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ 137

Шепеленко І.В., Красота А.М., Красота М.В., Немировський Я.Б., Посвятенко Н.І.
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ 141

Яценко І.В., Ващенко В.А., Колінько С.О., Цибулін В.В.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВИРОБІВ З ОПТИЧНОГО СКЛА 144

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

СУЧАСНІ ПИТАННЯ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ В ПРОМИСЛОВОСТІ І НА ТРАНСПОРТІ

Матеріали 26 Міжнародного науково-технічного семінару

30 березня – 02 квітня 2026 р.

Мови семінару: українська, англійська

Компьютерна верстка
Марина КОПЄЙКІНА

Асоціація технологів-машинобудівників України
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2

Tel. +38044-4308500, +38050-3311922, +38050-3311923
www.atmu.net.ua
E-mail: atmu@ism.kiev.ua, atmu@meta.ua, atmu1@meta.ua

Підписано до друку 20.03.2026 р.
Формат 60x84/16.
Папір офсет.
Гарнітура Times New Roman.
Умов. надр аркуш. 9,25.
Зам. № 3967.

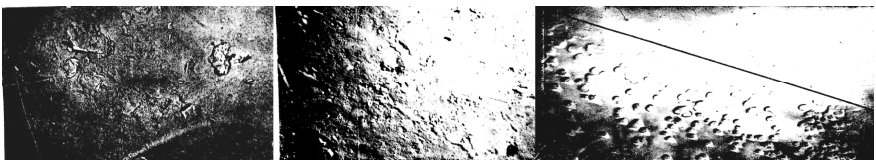
Віддруковано в ПП «Рута»
10014, Україна,
м. Житомир, вул. Мала Бердичівська, 17 а,
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3671
від 14.01.2010
E-mail: ruta-bond@ukr.net
тел. 0679621687

Яценко І.В., Ващенко В.А., Колінько С.О.,
Цибулін В.В. Черкаський державний технологічний університет, Черкаси

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВИРОБІВ З ОПТИЧНОГО СКЛА

Для виявлення закономірностей процесу впливу електронного потоку на оптичні матеріали та керування режимами їх обробки необхідним є знання змін структури модифікованих шарів матеріалів, висоти залишкових мікронерівностей на оброблених поверхнях оптичного скла та глибини їх проплавлення в залежності від режимів обробки, що реалізуються на практиці (густини теплового впливу СЕП $F_n = 10^6$–$5 \cdot 10^8$ Вт/м^2 та швидкості його переміщення відносно виробу $V = 0$–$0{,}1$ м/с при коефіцієнті зосередженості $k = 3{,}5$–$4{,}0 \cdot 10^6$ м$^{-2}$).

В результаті аналізу електронно-мікроскопічних досліджень поверхні виробів з оптичного скла марок К-8, К-208 та ін., представлених на рис. 1, встановлено, що на поверхні виробів після механічної обробки є неоднорідності типу подряпин, мікротріщин та нерівностей, кількість яких помітно зменшується після електронної обробки.



а *б* *в*

Рис. 1 – Електронно-мікроскопічні знімки поверхні скла К-8:
а – поверхня скла К-8 після механічної обробки, ×3700; *б* – поверхня скла К-8 після електронної обробки, ×4500; *в* – для скла К-208: зверху – поверхня скла К-208 після електронної обробки, ×20000; знизу – поверхня скла К-208 після механічної поліровки, ×20000

При вивченні поверхонь зломів (фрактограм) виробів з оптичного скла до та після електронної обробки встановлено, що більш дрібнозернистий злам має місце у виробах, які піддані впливу електронного потоку.

Аналіз поперечних шліфів, відколів – зламів виробів з оптичних стекол після механічної поліровки та електронної обробки по-

казує, що: чіткої границі між обробленою потоком поверхнею та самою основою матеріалу виробу не спостерігається; є суттєва відмінність сторін виробу – обробленої та необробленої; відбувається модифікація структури поверхні на глибину 200–220 мкм з найбільш суттєвою її зміною у оплавленому шарі з елементами "в'язкого" руйнування.

Результати досліджень поверхонь виробів з оптичного скла методом РЕМ показали, що на поверхні механічної обробки скла (К-108, К-208 та ін.) найбільш характерним є наявність різних мікронерівностей – дрібних тріщин глибиною до 0,1–1,0 мкм, тонких подряпин довжиною до 2–10 мкм, а також "горбиків", пухирців та ін., розміри яких складають $2\cdot10^{-3}$–10^{-2} мкм. Після ж електронно-променевої обробки розміри пухирців (діаметри) на поверхні скла зменшуються у 2–4 рази, при цьому "горбики" та інші мікронерівності розміром менше 1–2 мкм не спостерігаються, тобто в результаті обробки електронним променем поверхня скла "очищується", дрібні дефекти усуваються.

Аналіз електронно-мікроскопічних знімків поверхонь виробів з оптичного скла, вивчення сканограм поверхонь шліфів з відколів виробів до та після електронно-променевої обробки показують, що у першому випадку висота мікронерівностей складає 30–40 нм, а у другому – знижується до рівня 0,5–1,2 нм.

Детальні дослідження структури поверхні виробів з оптичного скла дозволили визначити наступний вплив технологічних параметрів електронного потоку на висоту залишкових мікронерівностей (рис. 2, 3): збільшення густини теплового впливу електронного потоку F_n від 10^6 Вт/м^2 до $5\cdot10^8$ Вт/м^2, наприклад, для використаної на практиці швидкості його руху $V = 3\cdot10^{-3}$ м/с, призводить до зменшення висоти залишкових мікронерівностей від 3,6–5,0 нм до 0,5–1,2 нм; при цьому, характер впливу F_n та V на Ra не залежить від марки скла.

Для чисельного прогнозування та оптимізації ступеня впливу технологічних параметрів електронного потоку на висоту залишкових мікронерівностей оброблених поверхонь виробів з оптичного скла (К-8, К-108, К-208, ТФ-110, БК-10) за допомогою розробленого спеціалізованого пакета прикладних програм по методам регресії та інтерполяції була отримана наступна експериментально-статистична модель (відносна похибка 5–8%):

$$R_a = 15{,}123 \cdot F_n^{\,0{,}056-46{,}847\cdot V+558{,}735\cdot V^2} \cdot V^{-0{,}478},$$

де Ra – нм; F_n – Вт/м^2; V – м/с.

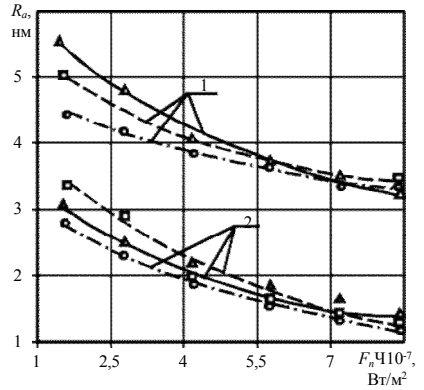


Рис. 2 – Залежність висоти залишкових мікронерівностей поверхні оптичного скла від густини теплового впливу електронного потоку:
1 – V = 8·10^{-2} м/с; 2 – V = 3·10^{-3} м/с; ——— – скло К-8; – – – – – скло ТФ-110; —— · —— · —— – скло БК-10; Δ, ○, □ – експериментальні точки

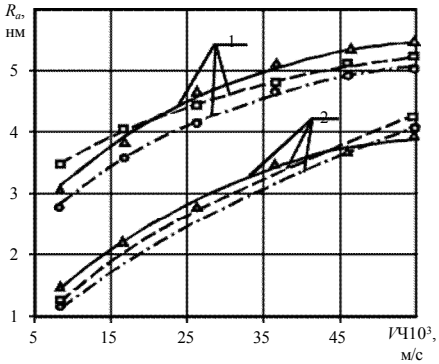


Рис. 3 – Залежність висоти залишкових мікронерівностей поверхні оптичного скла від швидкості руху електронного потоку:
1 – F_n = 10^6 Вт/м^2; 2 – F_n від 4·10^8 Вт/м^2; ——— – скло К-8; – – – скло ТФ-110; – — · —— – скло БК-10; Δ, ○, □ – експериментальні точки

Література

1. Основи електронної обробки виробів з оптичних матеріалів : монографія / В. А. Ващенко та ін. – Київ : Наукова думка, 2011. – 562 с.

2. Handbook of Optical Engineering / ed. by Daniel Malacara. – CRC Press, 2020.

3. Бочок М. П., Будко Н. П., Ващенко В. А. Спеціальні методи обробки оптичного скла. – Чернігів : ЧДТУ, 2001. – 215 с.

4. Yatsenko I. V., Antonyuk S. V., Gordienko V. I., Vaschenko V. A. Determining the Critical Parameters of the Electron Beam with Surface Melting of the Optical Elements of Precision Instrumentation // J. Nano-Electron. Phys. – 2017. – Vol. 9, no. 1. – P. 01010.

5. Yatsenko I. V., Antonyuk V. S., Gordienko V. I., Kiritchenko O. V., Vaschenko V. A. The Increase in the Probability of Failure-Free Operation of the IR-Devices Homing and Tracking by the Electron Beam Processing of Optical Fairings on the Areas // J. Nano-Electron. Phys. – 2018. – Vol. 10, no. 4. – P. 04028.

6. Yatsenko I. V., Antonyuk V. S., Vashchenko V. A., Gordienko V. I., Kolinko S. O., Butenko T. I. Determination of Optimal Modes of Electron-Beam Micro-Treatment of Surfaces in Optic Elements // J. Nano-Electron. Phys. – 2022. – Vol. 14, no. 4. – P. 04012.