

Практичне заняття 6

Якість обробленої поверхні й експлуатаційні властивості оптичних полімерних виробів

Мета роботи: набути знань з особливостей обробки виробів полімерної оптики.

Якість обробки виробів полімерної оптики оцінюється комплексом параметрів, що характеризують мікронерівність і стан матеріалу поверхневого прошарку. Загальна кількість мікро- і макроушкоджень значною мірою впливає на експлуатаційні характеристики готового виробу. Тому виникає необхідність розробки таких критеріїв оцінки якості поверхні, які зв'язували б механічні й оптичні характеристики як на етапі механічної обробки, так і в процесі експлуатації.

Для оптичних виробів розроблений критерій достатньої шорсткості ($KRz = Rz < \lambda \times 10^3$), який зв'язує чисельним співвідношенням параметр шорсткості та довжину оптичної хвилі (λ , НМ), що пропускається через детектор світлового пучка. Параметр достатньої шорсткості повинен бути забезпечений на етапі лезової обробки, а величина шорсткості за параметром Ra повинен знаходитися в межах значень, що не перевищують $0,06 \div 0,05$ мкм.

1. Вплив умов обробки на шорсткість поверхні

Особливості формування мікронерівностей поверхні визначаються комплексом технологічних факторів і фізико-хімічної взаємодії оброблюваного та інструментального матеріалу. В результаті оцінки оптимальним інструментальним матеріалом визнано природний монокристал алмазу, що перевершує синтетичний алмаз марки СКМ-Р, надтверді нітриди бору Ельбор-Р і Гексаніт-Р (рис. 1).



Рис. 1. Вплив інструментального матеріалу на шорсткість.
 Умови: 1 – природний алмаз; 2 – синтетичний алмаз;
 3 – Ельбор-Р; 4 – Гексаніт-Р

З графіків видно, що залежність $Ra = f(v)$ для всіх інструментальних матеріалів має яскраво виражений параболічний характер. Відхилення від оптимуму призводить до погіршення шорсткості поверхні. Причому для синтетичного алмазу оптимум знаходиться в діапазоні швидкостей різання 1500–2000 м/хв, а для монокристалічного алмазу 1500–2500 м/хв. У цих інтервалах швидкостей різання параметр Ra знаходиться в рамках критерію достатньої шорсткості.

Ельбор-Р і Гексаніт-Р мають вузький діапазон мінімуму значень, що не укладається в діапазон критерію достатньої шорсткості. Дані інструментальні матеріали, маючи більш низький коефіцієнт теплопровідності в порівнянні з алмазом, сприяють виникненню в зоні різання високих температур, що призводить до утворення полімерних налипаних на різальному інструменті та збільшення шорсткості обробленої поверхні.

На рис. 2 поданий вплив на шорсткість поверхні низьких і середніх швидкостей різання. У зоні низьких швидкостей різання шорсткість знаходиться в зоні критерію достатності. В інтервалі швидкостей різання 100–650 м/хв шорсткість збільшується в 2 рази. Це пояснюється зростанням температури в зоні різання і виходом із зони сталості технологічної системи. Температура в зоні різання перевищує критичне для полімерів

значення, відбувається необоротне порушення структури матеріалу. Частки полімеру налипають на оброблену поверхню, йде інтенсивне зародження тріщини, що призводить до катастрофічного порушення експлуатаційних характеристик оптичних полімерних виробів.

Збільшення подачі понад 0,01 мм/об призводить до значного збільшення шорсткості, коли у всьому діапазоні параметр Ra виходить за межі припустимого критерію. Встановлено, що погіршення оптичної прозорості пов'язано з просторовим розвитком мікрорельєфу і структурних змін поверхневого прошарку. Причиною відсутності прозорості оптичного полімеру є порушення кінематично-геометричної проекції мікронерівностей нижчого ряду. На зображеннях 3D поверхні оптичного матеріалу (рис. 3) показана прозора а) і матова поверхні (в).

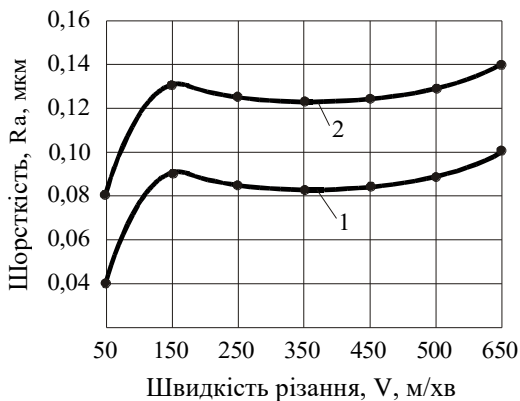


Рис. 2. Вплив швидкості різання на шорсткість поверхні полістиролу. Обробка природним алмазом: 1 подача – $S = 0,005$ мм/об, глибина $t = 0,15$ мм; 2 подача – $S = 0,03$ мм/об, глибина $t = 0,15$ мм

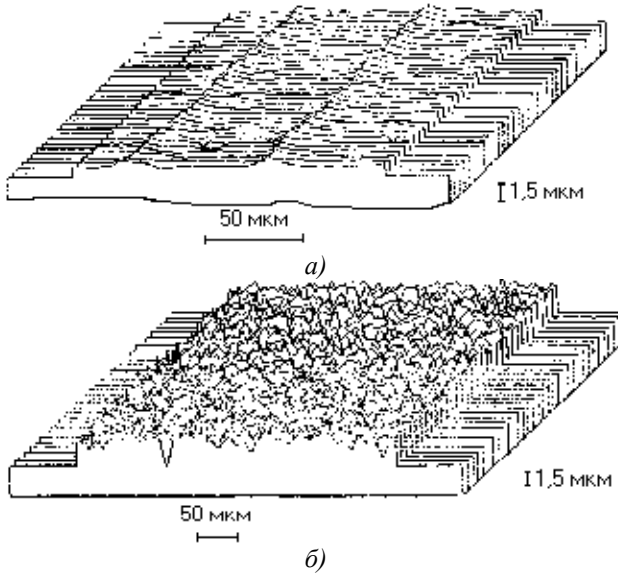


Рис. 3. Профілограми 3D поверхні оптичного полімеру після обробки монокристалічним алмазом:
а) прозора поверхня, б) матова поверхня

2. Експлуатаційні властивості оптичних полімерних виробів

Під експлуатаційними властивостями оптичних полімерних виробів розуміють стабільно високі світлові (функціональні) характеристики при максимально можливих термінах їхньої працездатності.

Функціональні характеристики оптичних виробів залежать від складу і властивостей полімерної композиції, від умов і особливостей процесу механічної обробки оптичних поверхонь. До вихідних властивостей оптичних полімерів можна віднести їх хімічну побудову, молекулярну масу і склад функціональних домішок. У процесі експлуатації готового виробу під впливом атмосферно-кліматичних факторів і фізичних впливів відбувається старіння полімеру зі зміною його властивостей. Швидкість старіння, зміна експлуатаційних характеристик

оптичного полімеру в часі ініціюється умовами механічного впливу на оброблюваний матеріал у процесі заготовочних операцій і операцій механічної обробки. *Найважливішими показниками якості оптичних полімерів є їхня прозорість у видимій області спектра (величина світлового виходу) і висока випромінювальна спроможність (люмінесценція), а також довговічність, спроможність готових виробів зберігати рівень цих характеристик протягом тривалого терміну експлуатації.*

Вплив основних параметрів обробки на *величину* світлового виходу довгомірних оптичних виробів оцінюється за рівнем світлового виходу (в умовних одиницях) при порушенні детектора радіоактивним джерелом.

На рис. 4 поданий вплив режимів різання. Максимальне значення світлового виходу спостерігається в діапазоні швидкостей різання 30–50 м/хв. Збільшення подачі найбільше впливає на зниження значень світлового виходу за рахунок погіршення якості поверхневого прошарку (збільшення шорсткості та структурні зміни полімеру). При цьому інтенсивність погіршення якості настільки велика, що контроль величини світлового виходу оптичних виробів можливий тільки при мінімальних значеннях подачі.

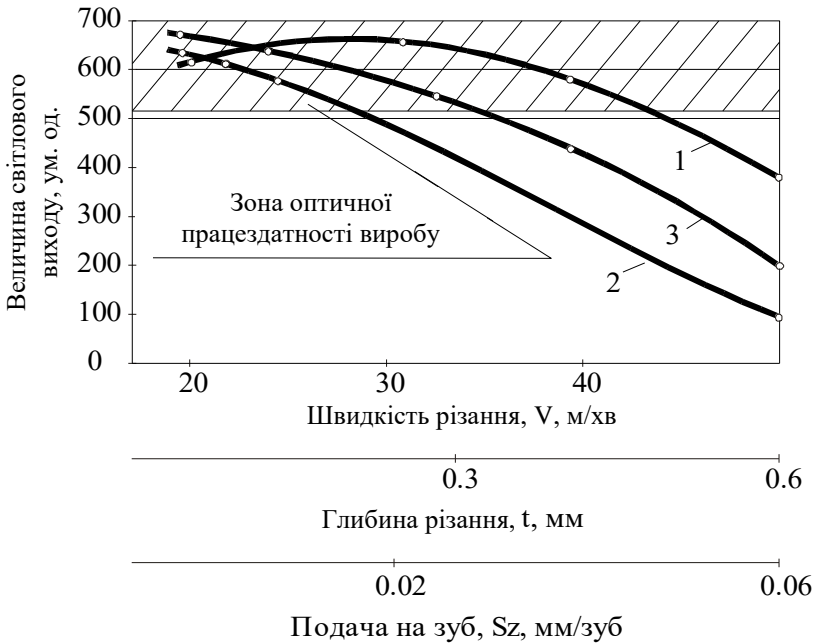


Рис. 4. Вплив швидкості різання, подачі і глибини різання на величину світлового виходу

Менш інтенсивно йде зменшення світлового виходу зі зростанням глибини різання. Таким чином, оптимальна працездатність оптичних виробів може забезпечуватись невисокими швидкостями різання та мінімального перетину зрізаного прошарку.

Проведено статистичні дослідження партії оптичних полімерних виробів типу "Tile".

Проведений аналіз партії з 240 виробів показує (рис. 5), що середній показник люмінесценції (кількість фотоелектронів) коливається в межах 0,3, що відповідає нормативним вимогам на експлуатаційні характеристики даних виробів. У той же час очевидно, що існує значний розкид отриманих результатів. Це потребує, з одного боку, жорсткості технологічної дисципліни при виготовленні виробів типу "Tile" (полімеризація та механічна обробка), а з іншого, – селективного добору пластин для комплектації їх у єдиний вузол.

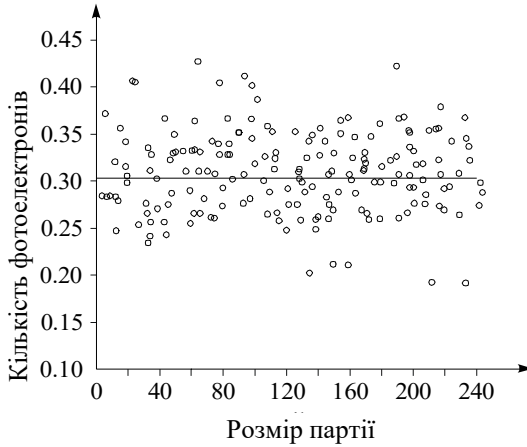


Рис. 5. Показники світлового виходу в партії виробів типу «Tile»

Важливим фактором при виготовленні оптичних виробів є застосування змащувально-охолоджувальних технологічних середовищ (ЗОТС), які, як показали наші дослідження, покращують якість поверхневого прошарку. Кращі результати отримані із застосуванням охолодженого повітря в зоні різання.

Проведені дослідження підтверджують можливість обробки полімерних виробів як у рідинному, так і в повітряному середовищах.

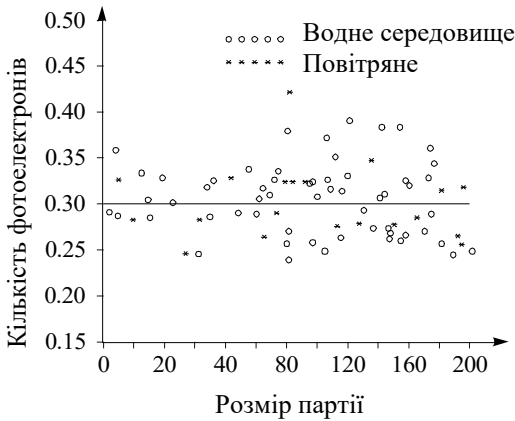


Рис. 6. Вплив ЗОТС на показники світлового виходу

3. Порядок виконання роботи

1. Розглянути фізико-механічні характеристики оптичних полімерів та зазначити проблеми їх оброблюваності.
2. Дати визначення критерію достатньої шорсткості при обробці полімерів та мікрогеометричних параметрів оброблюваних поверхонь.
3. Пояснити вплив інструментального матеріалу на шорсткість обробленої поверхні оптичних полімерів.
4. Пояснити вплив режимів різання на шорсткість обробленої поверхні оптичних полімерів.
5. Розглянути вплив різноманітних параметрів обробки на експлуатаційні характеристики оптичних виробів.