

УДК 621.371

Філатов Ю.Д., докт. техн. наук, професор,
Сідорко В.І., докт. техн. наук, доцент,
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ, filatov@ism.kiev.ua
Ковальов С.В., канд. техн. наук,
Ковальов В.А., канд. техн. наук, доцент,
Юрчишин О.Я., канд. техн. наук, доцент,
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського»,
urchyshynoks@ukr.net

ПОЛІРУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПОЛІМЕРНИХ ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Підвищення якості полірованих поверхонь оптико-електронних елементів з полімерних оптичних матеріалів та забезпечення їх відповідності сучасному рівню розвитку науки і техніки можливі лише за удосконалення технології їх механічної обробки та розробки нових полірувальних дисперсійних систем, які б забезпечували високу якість обробки та повну відсутність дефектів на оброблених поверхнях за достатньої швидкості зняття оброблюваного матеріалу [1–2].

Метою даного дослідження є вивчення закономірностей впливу фізико-хімічних властивостей оброблюваного матеріалу та дисперсної системи на продуктивність полірування та шорсткість полірованих поверхонь оптико-електронних елементів з полімерних оптичних матеріалів.

Дослідження закономірностей полірування елементів оптоелектроніки за допомогою дисперсних систем з мікро- та нанопорошків здійснювалось при поліруванні плоских поверхонь деталей з оптичних полімерних матеріалів діаметром 60 мм на верстаті мод. 2ШП-200М за допомогою притиру з пінополіуретану діаметром 100 мм при зусиллі притискання деталі до притиру 50 Н, частоті обертання притиру 90 об/хв., зміщенні 30 мм та довжині штриха 80 мм, середній температурі в зоні контакту оброблюваної деталі та притиру 298 К. Оброблювались полімерні матеріали, які використовуються для виготовлення сцинтиляторів з полістиролу ПС (густина $\rho_1=1,06$ г/см³, діелектрична проникність $\epsilon_1=2,5$, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1=0,15$ Вт/(м·К)), контактних та інтраокулярних лінз з поліметилметакрилату ПММА ($\rho_1=1,18$ г/см³, $\epsilon_1=3,9$, $\lambda_1=0,19$ Вт/(м·К)), лінз для окулярів з поліаллідігліколькарбонату CR-39 ($\rho_1=1,32$ г/см³, $\epsilon_1=10,0$, $\lambda_1=0,20$ Вт/(м·К)). Полірування здійснювалось за допомогою дисперсної системи з мікро- та нанопорошків (ДС1) ($\rho_2=3,86$ г/см³, $\epsilon_2=6,1$, $\lambda_2=1,0$ Вт/(м·К)) та водяної суспензії двооксиду церію (ДС2) ($\rho_2=6,62$ г/см³, $\epsilon_2=21,2$, $\lambda_2=3,0$ Вт/(м·К)), яка традиційно застосовується для полірування оптичних матеріалів. Підготовка плоских поверхонь оптичних деталей під полірування здійснювалась за допомогою традиційних методів тонкого та надтонкого шліфування. Частоти власних коливань молекулярних фрагментів частинок полірувального порошку дисперсної системи ДС1, визначені за спектрами ІЧ-поглинання (Фур'є-спектрометр Nicolet 6700), склали (см⁻¹): 597, 733, 777, 850, 870, 943, 984, 1085, а дисперсної системи ДС2 – 465, 521, 848. Досліджувані полімерні оптичні матеріали характеризувались частотами власних коливань молекулярних фрагментів, які визначались за відповідними ІЧ-спектрами: ПС – 537, 696, 753, 905, 1027 (см⁻¹), ПММА – 481, 750, 840, 960, 1065 (см⁻¹), CR-39 – 495, 621, 792, 839 (см⁻¹). Довжина шляху тертя частинки полірувального порошку по оброблюваній поверхні і швидкість відносного переміщення деталі та притиру, усереднювались за кінематичними параметрами налагодження верстату (зміщення та довжини штриха). Середні розміри частинок полірувального порошку визначались за зображеннями, отриманими за допомогою растрового електронного мікроскопу Zeiss-EVO50 з системою мікроаналізу AZtec, і

складали 409 нм – для ДС1 і 910 нм – для ДС2. Зняття оброблюваного матеріалу визначалось ваговим методом за допомогою аналітичних терезів в мг/30 хв. Параметри шорсткості полірованих поверхонь визначали методом комп'ютерного моделювання та контролювали за допомогою безконтактного інтерференційного 3D профілографа Micro-alpha.

Результати визначення показників полірування – продуктивності зняття оброблюваного матеріалу та параметрів шорсткості оброблених поверхонь наведено в таблиці.

Таблиця 1 – Показники полірування полімерних оптичних матеріалів

Показники полірування	Оброблюваний матеріал					
	ПС	ПММА	CR-39	ПС	ПММА	CR-39
Дисперсна система	ДС1			ДС2		
Продуктивність полірування, мг/хв.	0,25	1,10	0,04	0,002	2,57	0,06
мкм/год.	5,0	19,8	0,6	0,03	46,0	0,9
Параметри шорсткості поверхні						
<i>Ra</i> , нм	8,9±0,4	12,0±0,8	7,3±0,2	5,2±0,2	29,1±2,1	7,6±0,3
<i>Rq</i> , нм	9,6±0,4	12,8±0,9	7,7±0,3	5,5±0,2	31,3±2,8	7,9±0,4
<i>Rmax</i> , нм	17,1±1,7	20,3±2,2	13,0±1,4	9,6±0,9	51,1±8,6	13,1±1,9

В результаті досліджень вивчено механізм міжмолекулярної взаємодії оброблюваної поверхні з частинками дисперсної фази полірувальної дисперсної системи [3], встановлено, що перенос енергії між ними відбувається за ферстерівським механізмом [4] і показано, що на показники полірування полімерних оптичних матеріалів найбільше впливають реологічні властивості дисперсної системи [5], параметри структури оброблюваного матеріалу [6] та спектроскопічні характеристики оброблюваного матеріалу та дисперсної системи з мікро- та нанопорошків [7].

Список посилань

1. Filatov Yu.D. Modeling and experimental study of surfaces optoelectronic elements from crystal materials in polishing. Simulation and Experiments of Material-Oriented Ultra-Precision Machining. Springer Tracts in Mechanical Engineering / eds. J. Zhang, Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019. P. 129–165.
2. Filatov Yu.D. Polishing of precision surfaces of optoelectronic device elements made of glass, siall, and optical and semiconductor crystals: A review. J. Superhard Mater. 2020. Vol. 42, no. 1. P. 30–48.
3. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., Effect of Interaction between Polishing Powder Particles and a Treated Material on Polishing Characteristics of Optical Surfaces. J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 4. P. 296–302.
4. Філатов Ю.Д., Сидорко В.І., Бояринцев А.Ю., Ковальов С.В., Кулич В.Г., Ковальов В.А., Юрчишин О.Я. Гаращенко В.В. Перенесення енергії між оброблюваною оптичною поверхнею та дисперсною системою при поліруванні. Збірник наукових праць «Інструментальне матеріалознавство». Вып. 24. – Київ: ІНМ ім. В.М.Бакуля, 2021.– С. 417–424.
5. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., [Effect of the Rheological Properties of a Dispersed System on the Polishing Indicators of Optical Glass and Glass Ceramics](#). J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 1. P. 65–73.
6. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Kovalev S.V., Kovalev V.A., Effect of the Processed Material Structure on the Polishing Quality of Optical Surfaces. J. Superhard Materials, 2021, Vol. 43, no. 6. P. 435–443.
7. Filatov Yu.D., Sidorko V.I., Boyarintsev A.Y., Kovalev S.V., Garachenko V.V., Kovalev V.A., Effect of the Spectroscopic Parameters of the Processed Material and Polishing Powder on the Parameters of Polishing. J. Superhard Materials, 2022, Vol. 44, no. 1. P. 37–45.