

**Л.А. Проц, к.т.н., доц., н.с.**  
*Інститут електронної фізики НАН України*  
**Н.Д. Гелеш, студ.**  
*Ужгородський національний університет*

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРАЦІ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ ПОЛІРУВАННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ МАТЕРІАЛІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ**

*Для економічної обґрунтованості проведення науково-дослідних робіт з виготовлення акустооптичних деталей високої якості було досліджено виробіток та трудомісткість процесів механічної обробки плоских поверхонь оптичних деталей з монокристалів талій тетратіоарсенату із застосуванням специфічного способу виконання технологічної операції полірування. Для здійснення запропонованого способу було виготовлено пристрій, що складався з інструмента та тримача оброблюваних деталей, використання якого дало можливість у чотири рази підвищити продуктивність праці при поліруванні.*

**Ключові слова:** *продуктивність; виробіток; трудомісткість; полірування; інструмент; монокристал; оптична деталь; талій тетратіоарсенат.*

**Вступ. Постановка проблеми.** У сучасних умовах розвитку науки і техніки особливо актуальними є доцільність, результативність та економічна обґрунтованість проведення будь-яких науково-дослідних робіт. Важливою передумовою визначення результативності праці є правильне обчислення рівня і динаміки її продуктивності. Вимірювання продуктивності праці ґрунтується на розумінні економічного змісту та визначенні показників, що характеризують її рівень у часі та просторі. Методи обліку продуктивності праці відповідають певним вимогам, зокрема, невикривлення показників продуктивності праці; повне враховування фактичного обсягу робіт і затрат робочого часу; забезпечування єдності методів вимірювання продуктивності праці. Також варто враховувати, що показники продуктивності праці мають бути наскрізними, зведеними, порівняльними, мати високий ступінь узагальнення, бути універсальними у застосуванні тощо [4]. Залежно від масштабності виконуваних трудових процесів розрізняють глобальну, локальну та індивідуальну продуктивність праці (П.П.). Глобальна продуктивність – це узагальнений показник народногосподарської ефективності праці по країні в цілому, що розраховується шляхом зарахування основних макроекономічних показників до чисельності зайнятих у суспільно-господарському виробництві. Локальна П.П. – це показник ефективності праці по галузях промисловості, по групі підприємств, що випускають однорідну продукцію [6]. В нашій роботі мова піде про індивідуальну продуктивність праці, тобто результативність праці на конкретному робочому місці при виготовленні певної деталі. Технологічні процеси механічної обробки, які є невід’ємною складовою при створенні будь-яких поверхонь робочих елементів – деталей функціональних пристроїв, стосуються лише одиничного, експериментально-дослідного виробництва, і вимагають індивідуальної праці персоналу, що можливо визначити як індивідуальну продуктивність.

**Постановка завдання.** Варто також враховувати, що в одиничному дослідному виробництві більшість операцій з виготовлення оптичних елементів вимагає кропіткої ручної праці, що у разі збільшує час виготовлення, а отже і вартість одержаної деталі [2]. Таким чином, коли мова йде про використання терміну продуктивність праці, то треба враховувати, що П.П. вимірюється відношенням обсягу виробленої продукції до затрат праці. Загальновідомо, що залежно від їх прямого або зворотного відношення є два показники індивідуальної продуктивності – виробіток та трудомісткість. У цій роботі ми зупинимося на дослідженні виробітку процесів механічної обробки при виготовленні робочих елементів функціональної електроніки, оскільки це найпоширеніший і універсальний показник. Саме у сфері послуг, до яких належить виготовлення оптичних деталей, продуктивність праці (виробіток) визначається відношенням вартості послуг без вартості матеріальних витрат на їх надання за певний період до середньооблікової чисельності персоналу сфери послуг за цей самий період [6]. Це один з найважливіших показників продуктивності праці, що враховується при розрахунках вартості виробництва одиниці продукції (оптичної деталі). Отже, саме на дослідження виробітку та трудомісткості індивідуальної продуктивності було спрямовано увагу під час виконання цієї роботи.

**Мета** досліджуваної роботи полягала у підвищенні продуктивності праці технологічної операції полірування процесів механічної обробки за рахунок збільшення виробітку та зменшення трудомісткості праці при виготовленні плоских поверхонь робочих елементів матеріалів функціональної електроніки.

**Викладення основного матеріалу.** Об’єктом дослідження продуктивності праці при проведенні технологічних етапів механічної обробки були монокристали талій тетратіоарсенату ( $\text{Tl}_3\text{AsS}_4$ ). Це нові

перспективні матеріали, що кристалізуються в ромбічній сингонії з параметрами ґратки  $a = 8,98 \text{ \AA}$ ,  $b = 10,8 \text{ \AA}$ ,  $c = 8,86 \text{ \AA}$ , зі щільністю  $6, 20 \pm 0,04 \text{ г/см}^3$  та температурою плавлення  $692 \pm 2\text{К}$  [5]. Монокристали  $\text{Тl}_3\text{AsS}_4$  можуть знайти застосування в акустооптичних пристроях, у зв'язку з тим, що володіють унікальними акустооптичними властивостями, такими як високий показник пропускання, акустооптична добротність, низькі акустичні втрати при високих частотах тощо [8]. Важливою обставиною є і те, що монокристали талій тетратіоарсенату, які ми піддавали технологічним процесам механічної обробки, є надзвичайно шкідливими для організму людини.

Розрахунок виробітку — це розрахунок кількості виробленої продукції за одиницю часу або кількості продукції, що припадає на одного середньооблікового працівника чи робітника за рік, квартал, місяць. За одиницю виміру робочого часу при розрахунку показника виробітку нами було обрано виробіток на одну відпрацьовану людину-годину (люд.-год.), тобто — годинний виробіток.

Виробіток вимірювався відношенням кількості виробленої продукції до величини робочого часу, витраченого на його виробництво [4]:

$$B = \frac{Q}{T}, \quad (1)$$

де  $B$  — виробіток;  $Q$  — обсяг виробленої продукції;  $T$  — затрати робочого часу.

Чим більший виробіток продукції за одиницю часу або чим менші затрати часу на одиницю продукції, тим вищий рівень продуктивності праці. Проте відсоток підвищення виробітку не рівнозначний відсотку зниження трудомісткості. Трудомісткість — це показник, що характеризує затрати часу на одиницю продукції (тобто обернена величина виробітку) [4]:

$$T_p = \frac{T}{Q}, \quad (2)$$

де  $T_p$  — трудомісткість на одиницю продукції.

Співвідношення між цими показниками продуктивності виражається таким чином:  
 $\% \text{ зниження трудомісткості} = \% \text{ підвищення виробітку} / (100 + \% \text{ підвищення виробітку}) \times 100$ ;  
 $\% \text{ підвищення виробітку} = \% \text{ зниження трудомісткості} / (100 - \% \text{ зниження трудомісткості}) \times 100$  [6].

Використовуючи попередні технологічні схеми механічної обробки монокристалів талій тетратіоарсенату, процес полірування здійснювали на установці, що створена на базі шліфувального верстата настільного типу В1М3.105.000.ТО. Спосіб виконання цієї операції полягав у тому, що полірувальний інструмент з м'якою робочою основою та з послідовно нанесеною на неї алмазною синтетичною пастою АСМ 5/3 ВМО Г та АСМ 2/1 ВМО Г мав горизонтальний обертальний головний робочий рух. При цьому був відсутній тримач оброблюваного монокристалічного зразка, що вимагало 100 % використання затрат робочого часу на виготовлення однієї поверхні оптичної деталі. Значимо, що для полірування однієї поверхні витрачалася одна люд.-год. Таке максимальне використання затрат робочого часу на виготовлення однієї поверхні максимально знижує виробіток, що збільшує трудомісткість виготовлення оптичної деталі з монокристалів талій тетратіоарсенату.

Для збільшення виробітку та зниження трудомісткості, що, у свою чергу, призводить до збільшення продуктивності механічної обробки, нами було використано розроблений специфічний спосіб механічної абразивної обробки з виготовленням спеціального інструмента з тримачем [1, 12].

У зв'язку з тим, що завершальні стадії полірування з усього технологічного циклу механічної обробки надмірно кропіткі з максимальними затратами робочого часу та трудомісткості, вони є найвідповідальнішими з усіх етапів механічної обробки [9, 11]. Саме тому особливу увагу ми приділяли цим технологічним процесам і проводили дослідження продуктивності праці при операції полірування плоских поверхонь монокристалів талій тетратіоарсенату.

Запропонований нами спосіб полірування зі збільшенням виробітку та зменшенням продуктивності механічної обробки з розробленим пристроєм схематично зображено на рисунку 1.

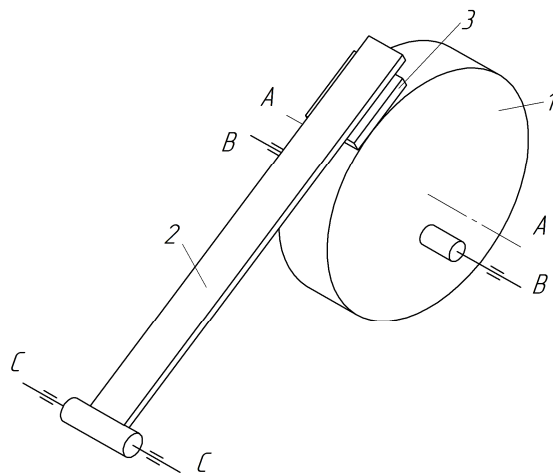


Рис. 1. Загальна схема способу полірування: 1 - полірувальний інструмент; 2 - тримач оброблюваної деталі; 3 - оброблюваний елемент з монокристалу  $Tl_3AsS_4$

Як показано на рисунку 1, спеціальний пристрій складається з інструмента 1, виконаного у формі циліндра, вісь обертання якого В–В розташована горизонтально та паралельно його осі симетрії А–А. Для встановлення оброблюваного елемента 3 з монокристалу  $Tl_3AsS_4$  застосовано тримач 2, що одним кінцем закріплений шарнірно С–С і встановлений з можливістю повороту навколо осі, паралельної до осі обертання робочого інструмента В–В, яка, в свою чергу, розташована в горизонтальній площині, паралельно осі його симетрії А–А. Тримач для оптичної деталі з монокристалу талій тетратіоарсенату, яка обробляється, шарнірно закріплена на осі С–С, при цьому оптична деталь, що піддається механічній обробці, зафіксована на вільному кінці тримача.

Оптичну деталь з монокристалів талій тетратіоарсенату, що піддавали процесам полірування, прикріпляли до тримача та повільно опускали на робочу поверхню інструмента, що виконана із м'якої робочої основи з послідовно нанесеною алмазною синтетичною пастою АСМ 5/3 ВМО Г та АСМ 2/1 ВМО Г. При обертанні інструмента відбувалося рівномірне знімання шару монокристалу з усієї оброблюваної поверхні за рахунок циклоїдальних робочих рухів інструмента та зворотно-поступових допоміжних рухів оптичної деталі по лінії дотику [10]. Варто зазначити, що при обертанні інструмента за рахунок вказаних рухів відбувається постійна зміна зони його контакту з робочим оброблюваним елементом по всій поверхні зі зніманням верхнього шару з плоского вихідного профілю монокристалу  $Tl_3AsS_4$ . Після пуску запропонованої установки втручання людини у процес полірування значно обмежується.

За рахунок використання запропонованого способу було зменшено затрати робочого часу до 0,25 люд.-год., що на 75 % знизило використання затрат робочого часу на виготовлення однієї поверхні оптичної деталі з монокристалу  $Tl_3AsS_4$ . Вказане застосування затрат робочого часу на виготовлення однієї поверхні майже у три рази збільшує виробіток, що зменшує до 15 люд.-год./опер. трудомісткість виготовлення оптичної деталі з монокристалів талій тетратіоарсенату [3]. Така зміна показників виробітку та трудомісткості у чотири рази підвищує продуктивність технологічних операцій полірування плоских поверхонь з  $Tl_3AsS_4$  для деталей функціональної електроніки, при цьому якість оброблюваних поверхонь відповідає дуже високим вимогам, на яких одержані опубліковані у [7] результати.

**Висновок.** У результаті проведених досліджень було встановлено, що застосування запропонованого способу полірування з використанням спеціального інструмента та тримача оптичної деталі у чотири рази підвищує продуктивність праці при виконанні технологічних операцій полірування плоских поверхонь монокристалів талій тетратіоарсенату для оптичних деталей функціональної електроніки.

#### Список використаної літератури:

1. А. с. 1465267 СССР, МПК В24В 1/00. Способ абразивной обработки и очистки / Г.Н. Штырко, А.Д. Ониско, Л.А. Зюбина, Т.Ф. Полякова (СССР). – № 4220454/31-08 ; заяв. 06.04. 1987 ; опубл. 15.03.1989. – Бюл. № 10.
2. Акустооптическая ячейка на кристалле парателлурита с поверхностным возбуждением объемных акустических волн / В.Б. Волошинов, П.А. Никитин, А.С. Трушин, Л.Н. Магдыч // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 37, Вып. 16. - С. 22–28.

3. Гелеш Н.Д. До питання продуктивності праці при деяких процесах механічної обробки матеріалів функціональної електроніки / Н.Д. Гелеш, Л.А. Проц // Конференція молодих учених і аспірантів ІЕФ-2015 : матер. конф. (м. Ужгород, 18–25 трав. 2015 р.). – Ужгород : ФОП Бреза А.Е., 2015. – С. 210.
4. Гетьман О.О. Економіка підприємства : навч. посібник / О.О. Гетьман, В.М. Шаповал. — 2-ге вид.— К. : Центр навч. літ-ри, 2010. – 488 с.
5. Синтез и выращивание монокристаллов  $Tl_3AsS_4$  / М.И. Головей, И.Ю. Роман, И.М. Некрасова, Ю.В. Ворошилов // Химия и физика халькогенидов. – К. : Наукова думка, 1977. - С. 40–41.
6. Завіновська Г.Т. Економіка праці : навч. посібник / Г.Т. Завіновська. — К. : КНЕУ, 2003. — 300 с.
7. Acoustic anisotropy of acoustooptic  $Tl_3AsS_4$  crystals / I.Martynyuk-Lototska, M.Kushnirevych, B.Zapeka at al. // J.Applied Optics. - 2015. – Vol. 54, Iss.6. – Pp. 1302–1308.
8. Electron energy structure of the semiconductors  $TlAsS_2$ ,  $Tl_3AsS_3$ ,  $Tl_3AsS_4$ ,  $Tl_3PS_4$  and  $Tl_3TaS_4$  / А.А. Lavrentyev, А.Н. Gusatinskii, I.Ya. Nikiforov at al. // Journal of Physics: Condensed Matter. – 1993. – Vol. 5, № 9. - Pp. 1447–1453.
9. Поперенко Л.В. Технологія обробки оптичних поверхонь / Л.В. Поперенко, Ю.Д. Філатов. – К. : Вид.-поліграф. центр «Київський університет», 2004. – 166 с.
10. Проц Л.А. Дослідження процесів виготовлення оптичних елементів з акустооптичних монокристалів / Л.А. Проц // Проблемы машиностроения. – 2013. – Т. 16, № 6. – С. 66–70.
11. Основи формування поверхонь при механічній обробці : навч. посібник / Н.С. Равська, П.П. Мельничук, О.В. Мамлюк та ін. - К. : СКД «Друк», 2013. – 215 с.
12. Способ абразивной обработки и очистки / Г.Н. Шпырко, А.Д. Ониско, Л.А. Зюбина и др. // Внедренные изобретения. Библиографическая информация. – М., 1990. – Т. 1, Ч. 1. – С. 330.

ПРОЦ Лариса Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник відділу матеріалів функціональної електроніки, Інститут електронної фізики Національної академії наук України.

Наукові інтереси:

- механічна обробка при виготовленні робочих елементів функціональної електроніки;
- розробка фізико-хімічних основ і технологій одержання перспективних для використання у пристроях функціональної електроніки макроскопічних і мезоскопічних кристалів.

E-mail: laprots@mail.ru.

ГЕЛЕШ Наталія Душанівна – студентка кафедри технології машинобудування Інженерно-технічного факультету Ужгородського національного університету.

Наукові інтереси:

- технологічні процеси отримання захисних і просвітлюючих покриттів оптичних елементів із монокристалів;
- композитні матеріали з інкорпорованими халькогенідними нанокристаллами.

Стаття надійшла до редакції 04.06.2015