

УДК 539.213:621.778.011

Шепеленко І.В., докт. техн. наук, доцент,  
 Гуцул В.І., канд. техн. наук, доцент,  
 Магопець М.С., студент,

Центральноукраїнський національний технічний університет, kntucpfzk@gmail.com

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Розвиток сучасного машинобудування нерозривно пов'язано зі створенням захисних покриттів, які за своїм призначенням поділяються на такі категорії: зносостійкі, корозійностійкі, антифрикційні, жаростійкі, теплозахисні, ущільнювальні та ін. [1]. Особливе місце серед покриттів займають антифрикційні, нанесені на поверхню тертя з метою забезпечення сприятливих антифрикційних властивостей.

Великий вибір матеріалів, що використовуються для створення антифрикційних покриттів, дозволяють забезпечувати задані властивості поверхні або комплекс властивостей для будь-яких деталей сучасного машинобудування [2]. Причому вибір матеріалу визначається способом та технологією формування покриття, його призначенням та областю використання та ін. На наш погляд, доцільним виглядає вибір матеріалів покриття з позиції оцінки їх напружено-деформованого стану (НДС).

В роботі [3] розглянуто поверхню чавунної гільзи з тонким покриттям, на яку діють нормальні  $q$  та дотичні  $\tau$  контактні напруження (рис. 1).

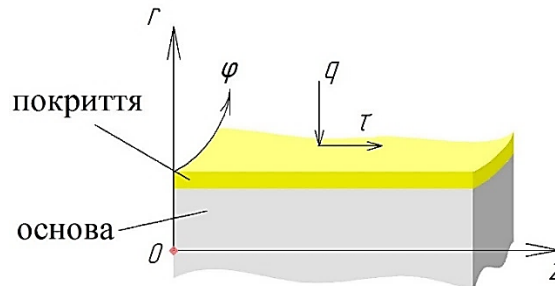


Рис. 1 – Розрахункова схема покриття

У системі координат  $rOz\varphi$  (рис. 1) представлено:  $r$  – радіальна координата;  $z$  – осьова координата;  $\varphi$  – окружна координата.

Отримано система рівнянь дозволила визначити напруження в покритті за умови, що напруження на поверхні основи відомі [3]:

$$\sigma_{zn} = -\frac{\mu_n}{1-\mu_n}q + \frac{1}{1-\mu_n^2} \frac{E_n}{E_z} [(\mu_n - \mu_z)\sigma_{\varphi z} + (1 - \mu_n\mu_z)\sigma_{zz} + \mu_z(1 + \mu_n)q]; \quad (1)$$

$$\sigma_{\varphi n} = -\frac{\mu_n}{1-\mu_n}q + \frac{1}{1-\mu_n^2} \frac{E_n}{E_z} [(\mu_n - \mu_z)\sigma_{zz} + (1 - \mu_n\mu_z)\sigma_{\varphi z} + \mu_z(1 + \mu_n)q], \quad (2)$$

де  $\mu_n, \mu_z$  – коефіцієнт Пуассона покриття та основи;

$E_n, E_z$  – модуль пружності покриття та основи;

$\sigma_{\varphi n}, \sigma_{zn}$  – окружні та осьові напруження основи.

Рішення (1), (2) використано автором [3] для розрахунку НДС латунного покриття на чавунній поверхні. Такий підхід можна використати для визначення напруження для інших антифрикційних матеріалів.

Розглянемо характер напружень, що виникають при фрикційному методі нанесення покриттів із пластичних матеріалів – фінішної антифрикційної безабразивної обробки. В якості матеріалу покриття обрано: латунь Л63, мідь М1, бронза ОЦС 5-5-5. Графічна інтерпретація розподілу напружень представлена на рис. 2.

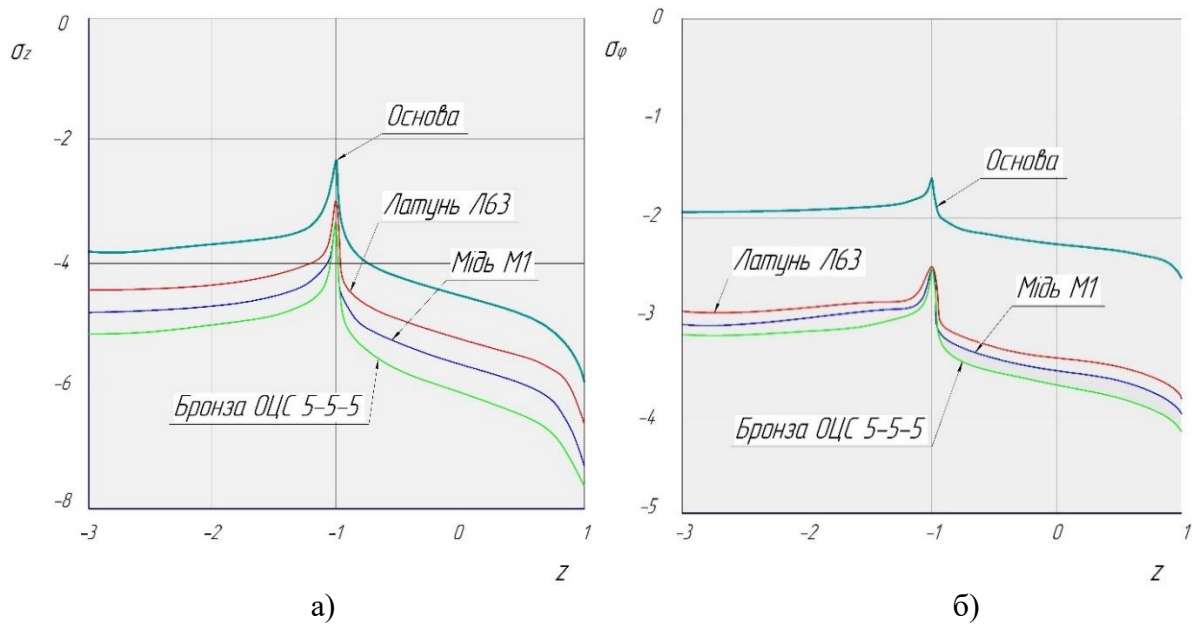


Рис. 2 – Епюри осьових  $\sigma_z$  (а) і окружних  $\sigma_\phi$  (б) напружень для основи і покриття

Отримані дані дозволяють стверджувати про створення в зоні тертя між антифрикційним покриттям та чавунної основи сприятливих напружень стискання. Отже, відомо [4], що при від’ємних значеннях  $\sigma$  вірогідність руйнування або накоплення мікродфектів мала. Як можна побачити (рис.2) антифрикційні покриття на основі латуні Л63, міді М1 і бронзи ОЦС 5-5-5 мають саме такі напруження. З точки зору створення більших напружень стискання деяку перевагу мають покриття на основі бронзи.

#### Список посилань

1. Черновол М.И. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения/ М.И. Черновол, И.В. Шепеленко// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету», Кіровоград, – 2012. – Вип.25 (1). – С.3–8.
2. Чернец М.В. Трибомеханика, триботехника, триботехнологии/ / М.В. Чернец, Л.П. Клименко, М.И. Пашечко. – Т.1. Механика трибоконтактного взаимодействия при скольжении. – Николаев: Изд-во НГТУ им. Петра Могилы, 2006. – 476 с.
3. Шепеленко І.В. Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування: Автореф. дис....д-ра техн. наук: 05.02.08 / НТУУ „КПІ ім. І. Сікорського”. – К., 2021. – 43 с.
4. Посвятенко Е.К. Инженерия деталей, обработанных протягиванием: монография/ Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировский, С.Е. Шейкин, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 466 с.

УДК: 669.1.017:621.78

Кушнірчук А.С., аспірант  
Хмельницький національний університет, kyshnir98@gmail.com

### АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЛИВАРНМУ ВИРОБНИЦТВІ

Лиття - один з основних способів виробництва заготовок в машинобудуванні, який дозволяє одержати відливку практично будь-якої форми і маси з необхідними фізико-механічними властивостями. Лиття часто не тільки простіший, але й економічніший за інші способи виробництва (литі деталі складають близько 50 % маси машини, а частина витрат на них 15 — 25 %).

З метою скорочення витрат на підготовку та виготовлення ливарних моделей в цеху ТОВ «ЄВРОПА-ЕКСПОРТ ПЛЮС» м. Хмельницький, запропоновано використати технології