

УДК 620.178.16.004

РЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В КОНТАКТІ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА З ПОВЕРХНЕВИМ ШАРОМ МЕТАЛУ ПРИ ЗНОШУВАННІ

Юдовинський В.Б., к.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Пеньов О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: +38(0619) 42-13-54

Анотація - робота присвячена реологічним процесам, що протікають в контактi абразивного зерна з поверхневими шарами металів у процесі зношування, пов'язаних із накопиченням деформацій, що приводить до скорочення періоду припрацювання.

Ключові слова – метал, зношування, абразивні зерна, деформація.

Постановка проблеми. Розглядаючи зміни коефіцієнта зносу матеріалів деталей сполучення в часі (рис. 1), видно, що період припрацювання складається з двох періодів: 1- накопичення деформацій у поверхневому шарі металу, 2- прискореного припрацювання деталей сполучення. Причому, чим швидше і більше пройде період накопичення деформацій, тим менше буде весь період припрацювання деталей сполучення.

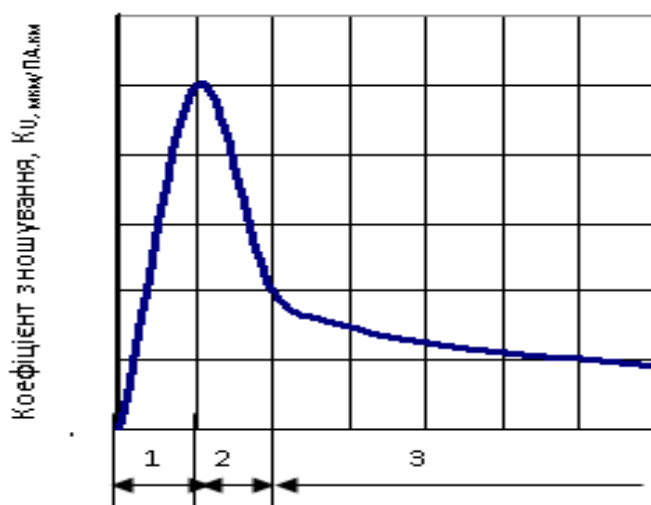


Рис.1. Зміни коефіцієнту зношування в часі: 1 – період накопичення деформації, 2 – період припацювання, 3 – період роботи.

Накопичення деформацій у поверхневому шарі металів деталей, зокрема, пов'язане із дією абразивного зерна.

Аналіз останніх досліджень. Одним з визначальних процесів зношування деталей сполучень є абразивне зношування. Водночас, поведінка абразивного зерна у процесі зношування і властивостей поверхні металевої основи матеріалу деталі, а також реологічні процеси в контакті «абразивне зерно – металева основа металу» вивчені недостатньо.

Цьому питанню присвячені роботи Левіна Б.М., Марочкіна В.Н., Тейбора, Ішлинського А.Ю., Барвела і Строга. Вони розкривають основні положення взаємодії абразивного зерна з поверхневими шарами металів у процесі абразивного зношування.

Формулювання цілей статті. Встановлення основних залежностей процесу накопичення деформацій в поверхневих шарах деталей сполучень при абразивному зношуванні.

Основна частина. При впровадженні окремого абразивного зерна в поверхню металу спочатку відбуватиметься пружна деформація поверхневого шару, а потім пластична. Питання про умови переходу розглядається багатьма ученими. За Б.М. Левіним виглядає він так [1]:

при зіткненні абразивного зерна з абсолютно жорсткою площиною контактний тиск в центрі п'ятна контакту по Герцу виражається таким чином

$$q = 0,918 \sqrt[3]{\frac{N_1}{D^2 \Gamma^2}}, \quad (1)$$

де N_1 – навантаження на зерно, Н;
 D – середній діаметр (параметр) абразивного зерна, м;
 Γ – характеристика матеріалу, визначується по формулі

$$\Gamma = \frac{1 - \mu^2}{E}, \quad (2)$$

де μ – в'язкість металу або його складової;
 E – модуль пружності металу або його складової.
 Деформація стиснення

$$h_1 = 1,04 \sqrt{N_1^2 \Gamma^2}. \quad (3)$$

Якщо нехтувати μ^2 , як величиною меншою в порівнянні з одиницею, то

$$h_1 = 1,2 D \Gamma^2 q^2 \approx 2,4 R \left(\frac{q}{E} \right)^2. \quad (4)$$

По досягненню критичного значення деформація перейде з пружної у пластичну. Якому ж значенню відповідає перехід у пластичний стан?

Розгляньте завдання теорії пластичності за умови повної пластичності (дотримання умов Хаару і Кишені), виконані В.Н. Марочкиним [2] стосовно усіченого конуса, показала, що тиск на контакт q_m відповідний переходу в пластичний стан, залежить від кута між основою конуса і твірною γ таким чином

$$q_m = (\gamma + K) \sigma_s = C \cdot \sigma_s, \quad (5)$$

де K – коефіцієнт осе симетричності;

σ_s – межа текучості граничного наклепаного матеріалу.

Величина C для одного і того ж матеріалу залежно від величини кута γ сплющення або впровадження змінюється в межах від 1 до 4,7. Подібний результат раніше експериментально отримав Тейбор [3]

При розрахунку площі торкання можна з відомим наближенням прийняти коефіцієнт $c=3$, що теоретично обґрунтовується дослідженнями А.Ю. Ішлінського [4] по кульовій пробі Бринеля.

Зазвичай кут при вершині абразивного зерна знаходиться в межах $120-150^\circ$, тому $c=3,5-4,0$. Враховуючи наклепання, що отримується у процесі зношування поверхні металу, прийємо $c=10$. Тоді формулу (4) можна представити таким чином

$$h_i = 240 \frac{\sigma_s^2}{E^2} R. \quad (6)$$

Як бачимо, глибина впровадження, відповідна переходу в пластичний стан, може бути виражена в долях радіуса. Для сталей і чавунів критична деформація дорівнює приблизно $1/100$ радіусу або параметра абразивного зерна [4].

Запропонована методика дозволяє теоретично визначати глибину впровадження абразивного зерна i , у результаті, величину зношування матеріалу.

Значна контактна напруга приводить до появи реологічних процесів в контакті. При цьому спостерігається перебіг матеріалу, що приводить до збільшення впровадження одиничних абразивних зерен в метал, що деформується.

Для аналітичного розрахунку цього явища слід скористатися якою-небудь моделлю, що описує властивості реологій контакту.[5].

Як показав аналіз, виконаний Ю.І. Костеріним, найбільша відповідність з експериментом дає рівняння Ішлінського, що зв'язує напругу σ , відносну деформацію ε і швидкості зміни напруги і деформації $d\sigma/dt$ і $d\varepsilon/dt$

$$\frac{d\sigma}{dt} + 2\sigma = b \left(U_\varepsilon + \frac{d\varepsilon}{dt} \right), \quad (7)$$

де b - коефіцієнт пропорційності параметрів.

Цьому рівнянню відповідає наступна механічна модель, в якій
 E – коефіцієнт швидкої пружності;
 C – коефіцієнт сповільненої пружності;
 μ – коефіцієнт в'язкості.

Відповідно швидкість наслідку

$$U = \frac{c}{\mu} . \quad (8)$$

Швидкість релаксації

$$V = \frac{E + C}{\mu} . \quad (9)$$

Кожна з таких моделей замінює одиничний контакт абразивного зерна з металевою поверхнею. Оскільки абразивні зерна мають різні параметри, то у міру деформації поверхневого шару металу (зближення контактуючих поверхонь) все більше і більше абразивних зерен вступатиме в контакт, і відповідно напруга, що доводиться на одне зерно, зменшуватиметься.

Якщо прийняти, що напруга на контактні одиничного абразивного зерна залишається незмінною і під впливом цієї напруги абразивне зерно упродовжується в поверхневий шар металу, причому величина відносного впродовження збільшується з часом.

В цьому випадку $\nu = 0$ і відповідно рівняння (7) спрощується, прийнявши наступний вигляд

$$r_{\sigma} = b \cdot U_{\varepsilon} + b \frac{d\varepsilon}{dt} , \quad (10)$$

тобто перетвориться на рівняння Томсона.

Інтегруючи рівняння (10) і вважаючи при цьому, що початковий момент $t = 0$ і $\varepsilon = \varepsilon_0$, отримаємо

$$\varepsilon = \frac{r}{bu} \sigma + \left(\varepsilon_0 - \frac{r}{bu} \sigma \right) e^{-ut} . \quad (11)$$

Якщо відповідно ввести величину ε_{∞} , що відповідає часу деформації поверхневого шару металу, то відповідно отримаємо

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{\infty} - \left(\varepsilon_{\infty} - \varepsilon_0 \right) e^{-ut} . \quad (12)$$

Звідси видно, що деформація є функцією часу.

Висновки. Деформаційні процеси, що протікають в поверхневих шарах металів при абразивному зношуванні, приводять до накопичення деформацій, скорочуючи період припрацювання або прискорюючи процеси в період аварійного зношування деталей сполучень. Запропоновані аналітичні залежності дозволяють в подальшому визначати час накопичення деформацій і скорочення періоду припрацювання.

Література.

1. *Левин Б.М.* Контактный метод измерения микрогеометрии поверхности: Основы метода и оптические профилографы/ *Б.М. Левин.* - М.: Машгиз, 1950. – 132 с.
2. *Марочкин В.Н.* Осесимметричное напряженное состояние зоны контакта шероховатостей в условиях полной пластичности: автореф. дис. канд. техн. наук/ *В.Н. Марочкин.* - М.: ИМАШ, 1957. – 22 с.
3. *Tabor D.* The Hardtss of metals/ *D. Tabor.* - Oxford clarendos press, 1951. – 175 p.
4. *Ишлинский А.Ю.* Осесимметричная задача теории пластичности и проба Бринеля/ *А.Ю. Ишлинский*// В кн.: Прикладная математика и механика. – М.-Л.: Из-во АН СССР. 1944. - Т.8., вып.3. - С. 201-224.
5. *Burvel J.T.* On the empirical law of adhesive wear/ *J.T. Burvel, C.D. Strong.* - J.Appl.Phys, 1952. -No1,vol 23. - P. 18-28.

**РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОНТАКТЕ
АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА С ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ
МЕТАЛЛА ПРИ ИЗНАШИВАНИИ**

Юдовинский В.Б., Кюрчев С.В. Пенев О.В.

Аннотация

Работа посвящена реологическим процессам, которые протекают при контакте абразивного зерна с поверхностными слоями металлов в процессе изнашивания, связанных с накоплением деформаций, что приводит к сокращению периода наработки.

**REOLOGICAL PROCESSES IN THE CONTACT OF AN
ABRASIVE GRAIN WITH THE SURFACE LAYER OF METAL AT
DETERIORATION**

V.Yudovynskiy, S Kyurchev, O.Penyov

Summary

The article is dedicated to reological processes which occur in the contact of an abrasive grain with surface layers of metals during deterioration, connected with accumulation of deformations, that cause the reduction of a running-in period.