

УДК 620.178.16.004

РУЙНУВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛУ ПРИ ТЕРТІ

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 - у роботі розглядаються питання руйнування мікронерівностей поверхні при мікроударах виступів шорсткості під дією розповсюдження пружних хвиль у металі при терті контактуючих поверхонь.

Ключові слова – мікроудар, руйнування, метал, нерівності.

Постановка проблеми. Поверхні деталей, як би чисто не були вони оброблені, мають шорсткість, виражену в чергуванні западин і виступів. Крім того, у процесі експлуатації деталей або навіть при їх виготовленні, відбувається переміщення дислокацій на поверхні деталей, що також змінює площинну мікрорельєфу поверхні тертя. При відносному переміщенні деталей сполучення (поверхонь тертя у процесі зношування) відбуваються мікроудари виступів нерівностей, що приводить до руйнування поверхневих шарів деталей. Дана робота присвячена встановленню аналітичних залежностей напруги, що викликаються мікроударами, і критичної швидкості мікроудару.

Аналіз останніх досліджень. Питання хвилевої структури пружних ударів абразивного зерна по мікронерівностях поверхонь металів у процесі зношування розглядалися багатьма вченими. Так Керман і Тейлор зв'язали деформації із критичною швидкістю удару [1]. Стронг ввів поняття - хвилева структура деформації [2], а Крагельським І.В. і Хрущовим М.М. розроблена кількісна оцінка напруги при руйнуванні поверхні при зношуванні [3,4].

Формулювання цілей статті. Метою статті є встановлення аналітичних залежностей впливу щільності металів і швидкості відносного переміщення контактуючих поверхонь на напругу, а також встановлення критичної швидкості удару, поверхні, що приводить до руйнування, у процесі зношування.

Основна частина. Дію пружної ударної хвилі фактично можна розглядати як розповсюдження двох незалежних хвиль. У одній з них зсув частинок матеріалів направлений уздовж розповсюдження самої хвилі. Така хвиля називається подовжньою і розповсюджується із швидкістю \vec{C}_e . Ця хвиля пов'язана із зміною об'єму, яка відбувається при взаємодії металу з ударними хвилями. При цьому нормальна напруга уздовж ударної хвилі буде

$$\delta = \rho \cdot \vec{C}_e \cdot U, \quad (1)$$

де C – щільність матеріалу;

U – швидкість переміщення частинок матеріалу під дією ударної хвилі.

Друга хвиля – поперечна. Зсув тут лежить в площині, перпендикулярно до напрямку розповсюдження цієї хвилі, і швидкість її розповсюдження \vec{C}_t приблизно у два-три рази менше, ніж \vec{C}_e .

Проходження поперечних хвиль приводить до утворення тангенціальної напруги τ , що викликають відносне переміщення окремих об'ємів металу (рис. 1).

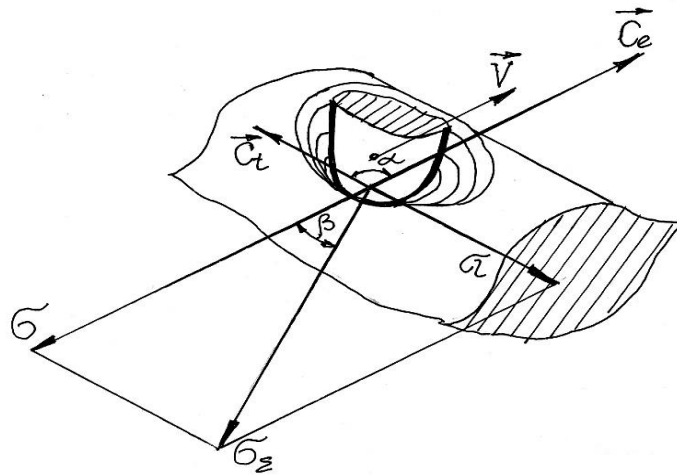


Рис.1. Швидкості розповсюдження хвиль та утворені напруги τ , σ при ударі абразивного зерна о виступ поверхні металу.

$$\tau = \rho \cdot \vec{C}_t \cdot U_{\tau}. \quad (2)$$

Удар по металу (по нерівності поверхні) може проводити не тільки нерівність поверхні, що сполучається, але і абразивне зерно, що знаходиться між поверхнями тертя.

В таблиці 1 приведені значення напруги, що виникає у різних металах при швидкості переміщення абразивного зерна (удару) 1 м/с.

Таблиця 1 - Значення напруги для різних металів при зовнішній деформації

Матеріал	Нормальна напруга σ , МПа	Тангенціальні напруга τ , МПа
Алюміній (Al)	17,1	9,3
Латунь	34,4	17,2
Мідь (Cu)	40,4	20,0
Свинець (Pb)	24,4	8,8
Сталь	45,1	24,2

Таким чином, на частинку металу нерівності поверхні діють дві сили, для напруги δ і τ , кут між векторами напруги складає $\alpha = 90^0$.

Отже, напруга сколу або, точніше, руйнування поверхні проводиться у результаті сумарної напруги, яка зміщується від δ на кут β , тангенс якого дорівнює

$$\operatorname{tg} \beta = 1/3 \div 1/2 . \quad (3)$$

Сумарну напругу можна записати у вигляді

$$\sigma_{\tau} = \frac{\sigma}{\cos \beta} = \frac{\rho \vec{C}_e \cdot U}{\cos \beta} .$$

$$\sigma_{\tau} = \frac{\delta}{\sin \beta} = \frac{\rho \vec{C}_t \cdot U}{\sin \beta} . \quad (4)$$

Звідси рівність правих частин

$$\frac{\rho \vec{C}_e \cdot U}{\cos \beta} = \frac{\rho \vec{C}_t \cdot U}{\sin \beta} , \quad (5)$$

з яких видно зв'язок швидкостей розповсюдження хвилі в металі

$$\vec{C}_t = \vec{C}_e \operatorname{tg} \beta . \quad (6)$$

Але оскільки $\operatorname{tg} \beta = 1/3 \div 1/2$, то

$$\vec{C}_t = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{2} \right) \cdot \vec{C}_e . \quad (7)$$

Таким чином, швидкість розповсюдження хвилі на швидкість переміщення частинок матеріалу під дією ударної хвилі, є функцією щільністю матеріалу ρ та напруги нормальної σ і тангенціальної τ .

Ці залежності представлені на рисунку 2.

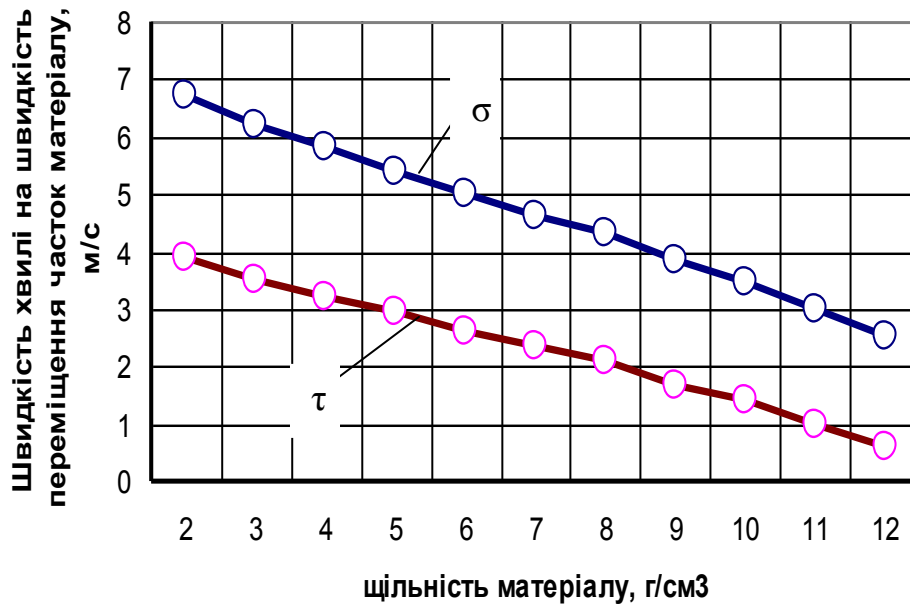


Рис. 2. Вплив щільності матеріалу на добуток швидкості хвилі на швидкість переміщення часток матеріалу.

Добуток швидкості хвилі на швидкість переміщення часток матеріалу від щільності матеріалу описуються емпіричними залежностями:

Для нормальної напруги

$$\bar{C}_\sigma \cdot U = 7,64 - 0,42 \cdot \rho.$$

Для тангенціальної напруги

$$\bar{C}_\tau \cdot U = 4,66 - 0,33 \cdot \rho.$$

Швидкість хвилі залежить від щільності матеріалу. Чим менше щільність матеріалу, тим більше швидкість хвилі у металі, тим більше руйнування нерівностей поверхні при зношуванні.

По Керману і Тейлору, повинна існувати критична швидкість удару $U_{кр}$, досягши якої поверхня контакту, що сприймає удар, руйнується. Така швидкість удару є функцією ступеня і швидкості деформації і виражається залежністю

$$U_{кр} = \int_0^{\varepsilon_m} \sqrt{\frac{d\sigma / d\varepsilon}{\rho}} d\varepsilon, \quad (8)$$

де ε – ступінь поточної деформації;

ε_m – ступінь деформації, відповідний межі текучості;

$\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ – нахил кривої δ - ε при статичному розтягуванні.

Висновки. Із вищевикладеного виходить, що руйнування нерівностей поверхні при зношуванні відбуваються за рахунок удару виступу нерівності, або абразивного зерна, що викликає критичну напругу, яка виникає при критичній швидкості розповсюдження хвилі деформації.

Література.

1. *Tabor D.The. Hard ness of metals/ D.The. Tabor. - Oxford, 1956. – 56 p.*
2. *Strong C.D. On empirical low of adhesive wear/ C.D. Strong. - “I.Appl. Phys.”. -1952. - № 1. - vol.23.*
3. *Крагельский И.В. Основные положения молекулярно-механической теории трения и изнашивания/ И.В. Крагельский// Сб. «Развитие теории трения и изнашивания». - Изд. АН СССР. 1957. - 213 с.*
4. *Хрущов М.М. Классификация условий и видов изнашивания деталей машин: «Трение и износ в машинах»/ Хрущов М.М. - Изд. АН СССР, 1953. - Сб.VIII. – 135 с.*

РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛА ПРИ ТРЕНИИ

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

Аннотация

В работе рассматриваются вопросы разрушения неравенств поверхности при микроударах выступлений шероховатости под действием распространения упругих волн в металле при трении контактирующих поверхностей.

DESTRUCTION OF METAL SURFACE LAYERS AT FRICTION

V. Yudovynskiy, S. Kyurchev, O. Penyov

Summary

The problems of a surface unevenness destruction at micro impacts of a roughness ledges under the process of distribution of elastic waves in the metal at friction of surfaces coming into contact are described in the article.