

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЦНОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ПОКРИТЬ НА ЗСУВ ТА ВІДРИВ

© Матвійків М.Д., Сташко А.І., 2008

Досліджено взаємозв'язок міцностей поверхневих покриттів на зсув та відрив. Показано, що міцність на відрив приблизно в 3...4 рази більша за міцність на зсув.

The article deals with exploring intercommunication of adhesion of surface coatings on a moving and tearing away. It is shown that durability on tearing away approximately in 3...4 times greater than durability on a moving.

І. Вступ

Нині широко використовуються різноманітні поверхневі покриття. Умови їхньої роботи бувають різними. В одних випадках на них діють відривні зусилля, в інших – зсуваючі. Далеко не завжди є можливість визначити їхню міцність одночасно на відрив і на зсув. Труднощі можна обійти, якщо врахувати, що між обома міцностями існує взаємозв'язок, і визначити коефіцієнт перерахунку однієї міцності на іншу. Крім того, перерахунок полегшить виявлення впливу пружних деформацій на адгезію, оскільки пружні та зсуваючі сили діють в одній площині.

Отже, у цій роботі досліджено взаємозв'язок міцностей на відрив та зсув. В літературі з питань характеру та величини взаємозв'язку немає єдиної думки [1]. Зокрема, порівнявши міцності на зсув та відрив у різних джерелах, отримаємо розбіжність у значеннях коефіцієнтів перерахунку ($k = 4$ [1]; $k = 2,3...2,5$ [2, 3]).

ІІ. Основна частина

На наш погляд, наявність взаємозв'язку не викликає сумніву, оскільки як міцність на відрив, так і міцність на зсув залежать від виду зв'язку між атомами покриття і основи. З цієї самої причини характер взаємозв'язку повинен бути прямо пропорційним, тобто збільшення міцності на відрив супроводжує збільшення міцності на зсув і навпаки. Що стосується співвідношення міцності на відрив σ_B та зсув σ_3 , то з рис. 1 випливає, що при відриві одночасно руйнуються зв'язки в більшій кількості атомів, ніж при зсуві, тому міцність на зсув буде меншою, ніж міцність на відрив, тобто

$$\sigma_3 < \sigma_B. \quad (1)$$

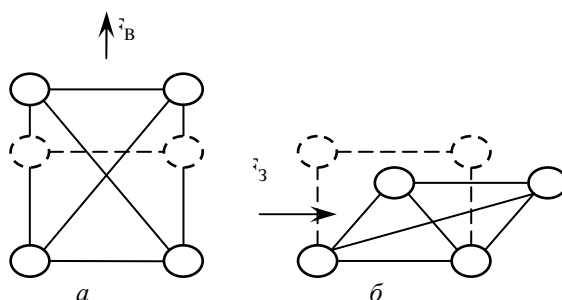


Рис. 1. Кулькова модель елементарної ґратки кубічного кристала до та після деформації розтягу (а) та зсуву (б)

Для встановлення величини взаємозв'язку σ_B та σ_3 використано два взаємодоповнюючі методи. Один з них – метод аналогій між зусиллями міцності на відрив та зсув із силами, які виникають під час руху одного тіла по поверхні іншого. Підставою для його використання є сили міжатомної взаємодії, які в обох випадках перешкоджають зміні відстані між атомами (рис. 2) [4].

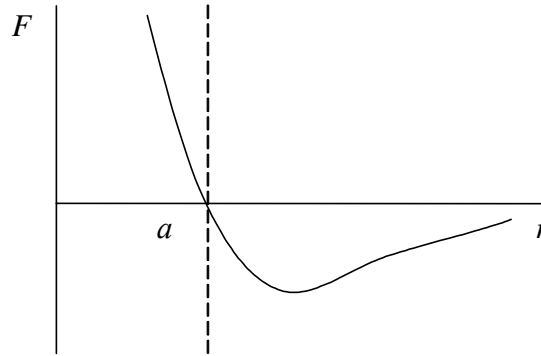


Рис. 2. Залежність сили взаємодії між атомами F від відстані між ними r (a – стала кристалічної ґратки)

Як відомо, під час руху одного тіла по поверхні іншого тіла виникає тертя (рис. 3).

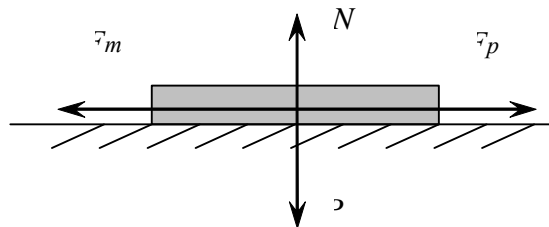


Рис. 3. Сили, які діють під час руху одного тіла по поверхні другого (P – сила нормального тиску; N – реакція на тиск поверхні стола; F_p – рушійна сила; F_m – сила тертя)

Для гладких поверхонь впливом шорсткості можна знехтувати. У цьому разі перешкоджають рухові лише сили міжатомної взаємодії. Під час рівномірного руху

$$F_m = F_p \quad (2)$$

Коефіцієнт тертя k_m визначається відношенням сили тертя до сили нормального тиску, тобто

$$k_m = \frac{F_m}{P} = \frac{F_p}{P} \quad (3)$$

Аналіз показує, що ті самі причини викликають появу зчеплення плівки з підкладкою (рис. 4).

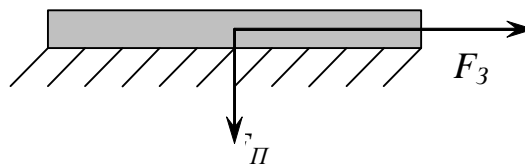


Рис. 4. Сили, які діють під час зсуву покриття з основи (F_3 – сила зсуву; F_{II} – сила притягання покриття до основи)

За аналогією з (3) можна записати, що

$$\frac{F_3}{F_{II}} = k = k_m \quad (4)$$

де k – коефіцієнт взаємозв'язку між F_3 та F_{II} , який числово дорівнює k_m для гладких поверхонь. З виразу (4) випливає, що

$$F_3 = k \cdot F_{II} \quad (5)$$

або

$$F_{II} = \frac{F_3}{k}. \quad (5')$$

У виразах (5) та (5') k – коефіцієнт перерахунку F_3 у F_{II} , який числово дорівнює коефіцієнту тертя. Для гладких поверхонь $k_m = k \approx 0,25$. Це значить, що коефіцієнт перерахунку F_3 у F_{II} k теж приблизно дорівнює 0,25. У такому разі можна записати, що

$$F_{II} \approx \frac{F_{II}}{0,25} \approx 4F_3. \quad (5'')$$

Під час відривання сила відриву F_B дорівнює за абсолютною величиною силі притягання, тобто $F_B = F_{II}$. В цьому випадку

$$F_B = 4F_3. \quad (5''')$$

Помноживши обидві частини виразу (5''') на ε , отримаємо:

$$\sigma_B = 4\sigma_3. \quad (6)$$

До аналогічного висновку можна прийти, враховуючи закони Гука для деформації розтягу і зсуву та відомий зв'язок між модулями пружності при розтягу E та зсуві G [5]. Відповідно до цих законів маємо, що:

– міцність на відрив

$$\sigma_B = \varepsilon \cdot E; \quad (7)$$

– міцність на зсув

$$\sigma_3 = \gamma \cdot G; \quad (8)$$

– взаємозв'язок між G і E

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad (9)$$

де ε , γ – відносні деформації при розтягу і зсуві; ν – коефіцієнт Пуассона.

Прийнявши $\varepsilon = \gamma$ і враховуючи (9), отримаємо

$$G \cdot \gamma = \frac{E}{2(1+\nu)} \varepsilon, \quad (10)$$

звідки

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_B}{2(1+\nu)} \varepsilon, \quad (11)$$

або

$$\sigma_B = 2(1+\nu)\sigma_3 = k \cdot \sigma_3. \quad (11')$$

Оцінимо значення коефіцієнтів перерахунку σ_B на σ_3 . Типове значення ν у межах 0,3...0,5. В цьому випадку $k = 2(1+\nu) = 2,6...3,0$.

Деяко відмінний результат від попереднього ($k \approx 4$ і $k \approx 2,8$) пояснюється прийнятим наближенням ($\varepsilon = \gamma$). Загалом можна вважати, що значення коефіцієнту перерахунку σ_B в σ_3 лежить у межах від 2,8 до 4,0.

III. Висновки

Виконані дослідження показують, що:

1. Міцність поверхневих покриттів на відрив є приблизно в 2,8...4 рази більшою за міцність на зсув.
2. Основною причиною меншої механічної міцності на зсув є менша кількість примежових атомів, зв'язки між якими одночасно руйнуються.

1. Углов А. А., Анищенко Л. М., Кузнєцов С. Е. Адгезионная способность пленок. – М.: Радио и связь, 1987. – 104 с. 2. Веселовський Д.Р., Савицький Н.В., Ляшенко Б.А., Веселовський Р.А., Коротков О.С. Исследования прочности металлических пластин с наклеенным армированным полимерным покрытием. – <http://www.npkpolidon.com.ua/5.html>. – 2008. 3. Полиэфирные смолы. – <http://www.ximik.ru/encyklopedia/2/3618.html>. – 2008. 4. Епифанов Г. И., Мома Ю. А. Физические основы конструирования РЭА и ЭВА. – М.: Советское радио. – 1979. – 350 с. 5. Таблицы физических величин / Справочник под ред. академика Н.К. Киконна. – М.: Атомиздат, 1976. – 1002 с.