

Ю.Л.Білонога, Д.В.Чабан

ВПЛИВ ШОРСТКОСТІ КОНТАКТУЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ КОНСОЛЬНОЇ ЦИКЛІЧНОЇ БАЛКИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ФРЕТИНГ-ПРОЦЕСУ В ЗОНІ ЗАЩЕМЛЕННЯ

Відомо, що шорсткість поверхонь деталей суттєво впливає на їх циклічну довговічність. Чисельні експериментальні дані свідчать, що при кращій кінцевій обробці поверхні деталі мають вищу втомну довговічність [2, 4, 5]. І навпаки, при грубій обробці поверхні у впадинах мікронерівностей відбувається концентрація напружень, що при циклічному навантаженні деталей спричиняє появу мікротріщин, їх поширення, злиття у магістральну втомну тріщину. Зрозуміло, що така деталь швидко руйнується. Однак ситуація кардинально змінюється, коли на циклічну довговічність працюють дві або більше дсталей номінально нерухомого з'єднання. У таких випадках в зоні контакту виникає так зване фретинг-втомне пошкодження, яке стає концентратором зародження втомної тріщини [6].

Фретинг-втомне пошкодження виникає в циклічно навантажених пресових, шпоночних, шліцевих та інших номінально нерухомих з'єднаннях. При їх циклічному деформуванні проходять дуже незначні проковзування контактуючих поверхонь, амплітуда яких становить усього $10 \cdot 10^{-10}$ м, тобто близько 4-5 міжатомні відстані [9]. Однак навіть такі мікроскопічні переміщення викликають дуже інтенсивне фретинг-пошкодження, що веде до зменшення втомної довговічності у 2-3 рази. Вплив шорсткості контактуючих поверхонь для умов фретинг-втомного навантаження, за літературними джерелами, дуже суперечливий. Так, показано [7, 10], що зразки з меншою шорсткістю мали значно інтенсивніше пошкодження при фретингові, ніж зразки з більшою шорсткістю. Разом з тим, в дослідженнях [1] вказується, що зі збільшенням шорсткості посадочної поверхні ступиці опір втомному руйнуванню вала зменшується.

Нами показано, що, виходячи з дуалістичної природи тертя, на початковій стадії фретинг-процесу домінує адгезійна, а не механічна взаємодія. Дана робота є логічним продовженням попередньої [3].

Встановлено [3], що шорсткість контактуючих поверхонь впливає на інтенсивність фретинг-процесу і, як наслідок, на середню довговічність зразків. Зі зменшенням шорсткості від $R_z = 20-10$ мкм до $R_a = 0,32-0,16$ мкм інтенсивність фретинг-знос

збільшується в середньому в 3 рази, а довговічність зменшується на 50%. Зроблено висновок, що у фретинг-процесі превалює молекулярна складова сили тертя.

Зразки досліджували на розробленій у ФМІ ім. Г.В.Карпенка АН України установці ФК-10, що працює за схемою консольного згину балочного зразка, за методикою [3]. Інтенсивність фретинг-зносу в защемленні зразка і контрзразків оцінювали методом штучних баз [10]. Його основні методичні аспекти такі: на поверхні контрзразків за допомогою індентора мікротвердоміра ПМТ-3 наносилися відбитки при навантаженні на індентор $M = 0,2$ кг. Кількість відбитків - 105. Лунки наносилися у вигляді сітки, що складається з п'яти доріжок. Віддаль між ними $l = 1$ мм (рис. 1). Крок між відбитками в кожній доріжці $b = 0,5$ мм. Сітка відбитків наносилася таким чином, щоб вона охоплювала зони інтенсивного і помірного фретингу. Фретинг-знос та його інтенсивність вираховували за методикою [3].

Для підтвердження того, що при мінімальних параметрах шорсткості контактуючих поверхонь зона інтенсивного фретинга ширша (це підтверджує збільшення площі фактичного контакту спряжених поверхонь), була визначена середня інтенсивність фретинг-зносу за висотою защемлення зразка і контрзразка. Для цього підраховували математичне сподівання E_D і E_d довжин діагоналей відбитків (до і після фретинг-втомного навантаження) (рис. 2).

Розрахунок фретинг-зносу Δh проводили за формулою

$$\Delta h = E_D - E_d / 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

де Δh - фретинг-знос; α - кут між ребрами алмазної піраміди індентора мікротвердоміра ПМТ-3, рівний 148° . Середню інтенсивність фретинг-зносу визначали за формулою

$$I = \frac{\Delta h}{N},$$

де I - інтенсивність фретинг-зносу, мкм/цикл.; Δh - фретинг-знос, мкм; N - фретинг-втомна довговічність, цикли.

Встановлено, що зміни інтенсивності фретинг-зносу від першої до п'ятої доріжки при параметрах шорсткості поверхонь $R_z = 20-10$ мкм до $R_a = 1,25-2,5$ мкм подібні за характером (рис. 3): інтенсивність фретинг-зносу в цих випадках максимальна на доріжці 3 і зменшується в бік доріжок 2, 1 і 4, 5. При шорсткості поверхонь зразка і контрзразків $R_a = 0,32-0,63$ мкм інтенсивність фретинг-зносу за висотою сітки на контрзразку розподіляється скачкоподібно (рис. 3): максимуми на доріжках 1, 3, 5, мінімуми - на доріжках 2, 4. Причому найвища середня інтенсивність фретинг-зносу спостерігається при мінімальній шорсткості фретинг-

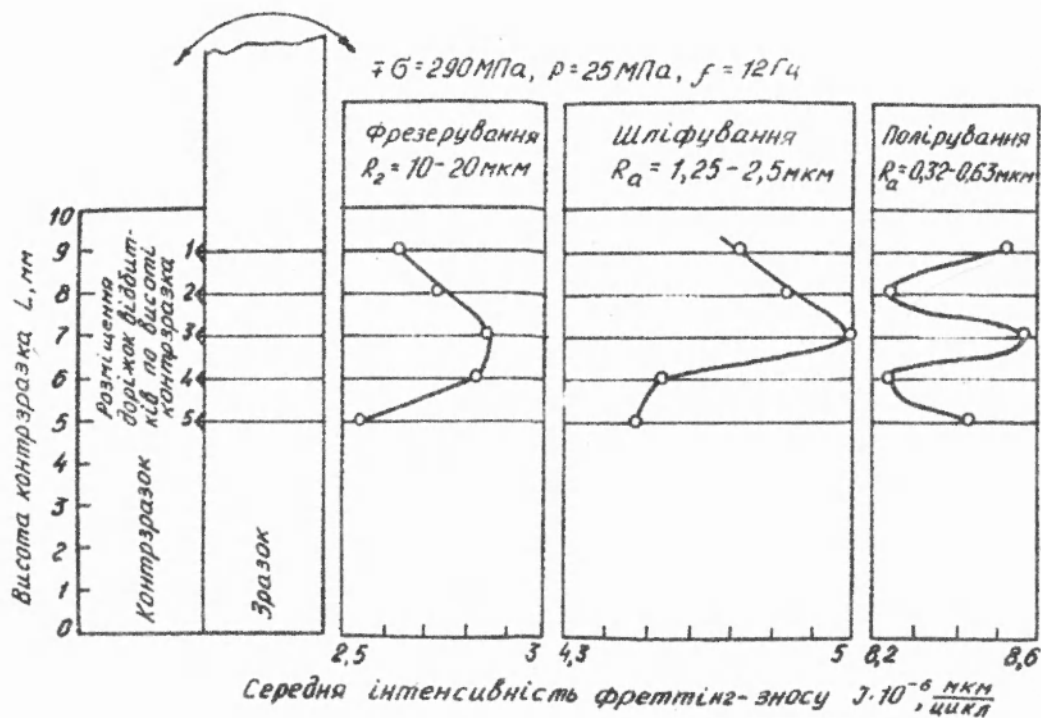


Рис. 1. Розташування сітки відбитків відносно спряжених поверхонь зразка і контрзразка:
 1 - контрзразок; 2 - зона інтенсивного фретингу; 3 - зона помірного фретингу; 4 - зразок.

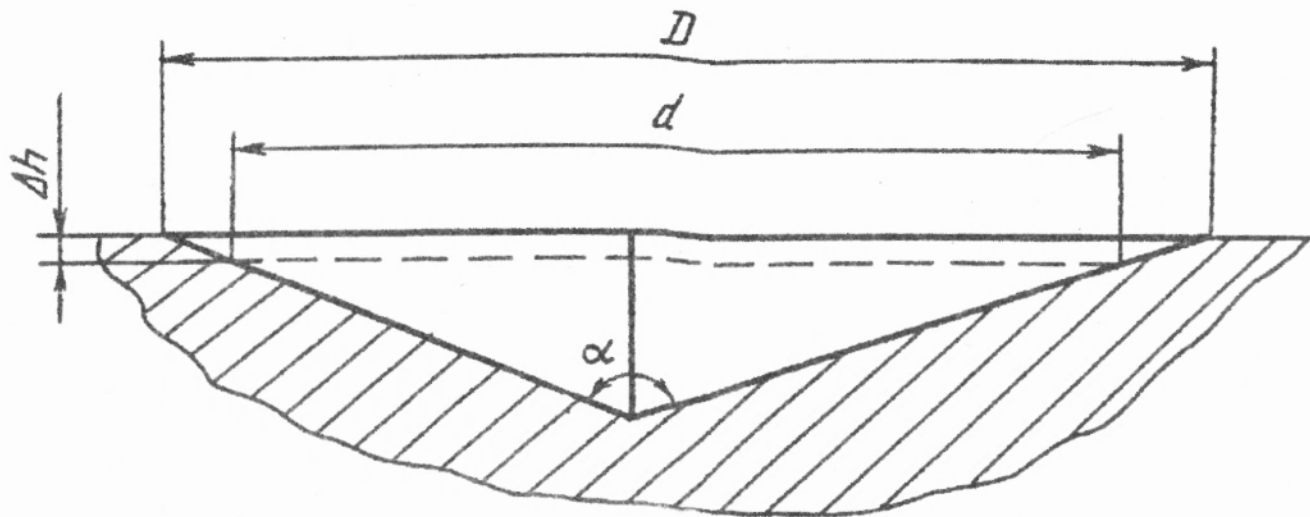


Рис. 2. Схематичне зображення відбитка з поверхнею до (суцільна) і після (штрихова) фретинг-зносу.

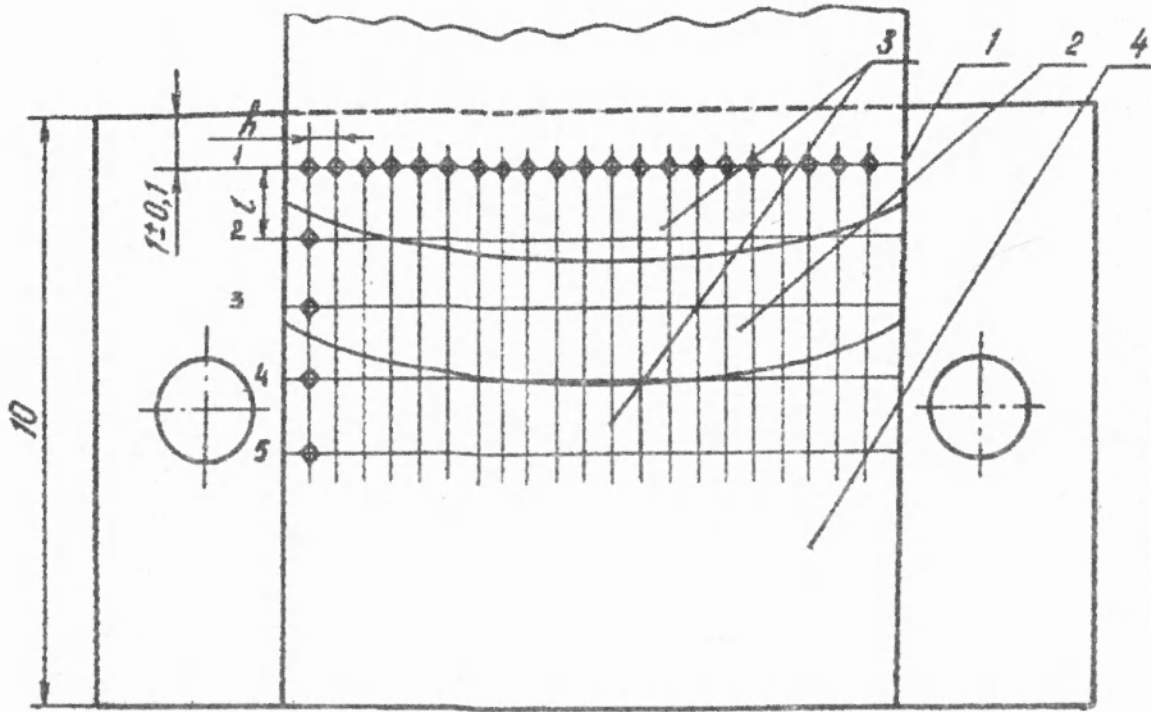


Рис. 3. Розподіл інтенсивності фретинг-зносу в зоні защемлення зразка і контрозразка (Сталь 65Г).

зносу говорить про те, що грубше оброблені поверхні в умовах фретинг-втоми мають вищий індекс пластичності при сприйманні напружень зсуву. Характер розподілу інтенсивності фретинг-зносу на полірованих поверхнях говорить про "розмитість" зони інтенсивного фретингу при високих абсолютних значеннях інтенсивності фретинг-зносу в межах всієї області защемлення, що негативно впливає на фретинг-втомну довговічність зразків [3].

1. Балацкий Л.Т. Прочность прессовых соединений. К., 1982.
2. Балацкий Л.Т., Мелехов О.К., Филимонов Г.И. Выносливость прессовых соединений валов при консольном изгибе // Судостроение. 1975. № 9. С. 20-26.
3. Билонога Ю.Л. Влияние шероховатости контактирующих поверхностей на фретинг-усталостную долговечность соединений из стали 65Г // ФХММ. 1985. № 3. С. 95-97.
4. Веллер В.А., Грсчицев Е.С., Рогожкина А.Е. Усталостная прочность осей // Повышение прочности колесных пар подвижного состава железных дорог. Сер. III-56. 1963. С. 3-91.
5. Влияние диффузионных покрытий на прочность стальных изделий / Карпенко Г.В., Похмурский В.И. и др. К., 1971.
6. Выносливость прессовых соединений валов при консольном изгибе // Судостроение. 1975. № 9. С. 20-26.
7. Уотерхауз Р.-Б. Фреттинг-коррозия. Л., 1976.
8. Хруцлев М.М., Беркович Е.С. Точное определение износа деталей машин. М., 1953.
9. Tomlinson G.A. The rusting of steel surfaces in contact // Proc. Roy. Soc. 1927. № 115 P. 472-480.
10. Waterhouse R.B., Taylor E.E. Fretting fatigue in steel ropes // Lubrikation Eng. 1971. P. 123-127.

Стаття надійшла до редколегії 15.01.93.