

ФРЕТИНГ-УТОМА СТАЛІ 30ХГСА З ДИСКРЕТНО-СТРУКТУРОВАНОЮ ЛУНКОВОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Загальна постановка проблеми. Сьогодні дослідження в області трибології і механіки контактного руйнування металів при змінних режимах навантаження є актуальним напрямком. Вони зумовлюють значну частину експлуатаційних відмов елементів конструкцій технічних об'єктів різного призначення. Якщо зношування призводить до великих матеріальних утрат, то втомні пошкодження можуть призвести до раптового руйнування деталей відповідальних вузлів і механізмів, що окрім матеріального збитку може мати більш катастрофічні наслідки.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. Важливим напрямком надійності й довговічності технічних об'єктів є науково-обґрунтований пошук сучасних, прогресивних і маловитратних методів формування заданих експлуатаційних властивостей деталей і вузлів, упровадження яких зумовлює необхідність моделювання роботи трибосполучень, виявлення впливу зовнішніх факторів на їх працездатність, вивчення процесів, які розвиваються на поверхнях.

Серед великої кількості методів формування дискретно-структурованих поверхонь, що застосовуються для підвищення зносостійкості деталей на сьогодні активно досліджуються механічні методи створення регулярно розташованих мікрозаглибин (лунок) шляхом поверхнево-пластичного деформування при динамічно-ударній дії індентора. Вибір оптимальної глибини лунок і їх розташування дозволяє знизити напружено-деформований стан поверхні, поліпшити умови змащування, за рахунок чого досягається суттєве скорочення періоду припрацювання і підвищення зносостійкості [1 - 6].

Мета дослідження. Дослідження границі витривалості сталі 30ХГСА з дискретно-структурованою лунковою поверхнею в умовах втоми і фретинг-втоми.

Методика досліджень. Як досліджувані матеріали використовували сталь 30ХГСА як для зразка, так і для контртіла. Лунки наносили на спеціальній установці, сконструйованій на базі токарного верстата [1]. Оптимальне розташування лунок на поверхні було вибрано за умов мінімізації напружено-деформованого стану поверхні [5]. Зразки зі сталі 30ХГСА для дослідження характеристик опору втомі було піддано термообробці за такими режимами: загартування при температурі 910°C і охолодження в маслі, відпуск при 500°C протягом однієї години. Для зміцнення поверхневого шару дискретно-

структурованої лункової поверхні (ДСЛП) використовували метод іонно-плазмового термоциклічного азотування (ІПТА).

Випробування виконували на установці ВЛ-3 (на базі електродинамічного вібростенда, сертифікаційний № UA 6.001.Н.313) в режимі резонансних коливань за нормальних лабораторних умов. Плоскі зразки корсетного типу випробували в умовах симетричного поперечного консольного вигину.

Як критерій руйнування зразків брали падіння власної частоти коливань на 1% порівняно з початковим резонансним значенням, що відповідало появі в «небезпечному» перерізі зразка поверхневої напівеліптичної макротріщини глибиною до 0,1 мм. Частота резонансних коливань зразків при випробуваннях на втому становила ~ 130 Гц, на фретинг-утому - ~ 75 Гц. Визначення амплітуди напружень, при якій руйнувався зразок від утоми і фретинг-утоми докладно описано в роботі [2]. Номінальне контактне навантаження при випробуваннях на фретинг-утому задавали на рівні 140 МПа.

Результати досліджень та їх аналіз. У табл. 1 подано результати випробувань на втому і фретинг-утому трьох партій зразків зі сталі 30ХГСА з різними варіантами обробки поверхні.

Таблиця 1 – Границі витривалості партій зразків зі сталі 30ХГСА

Види досліджень	Границі витривалості зразків з різними варіантами обробки поверхонь σ_{-1} , МПа		
	Полірування без лунок	ДСЛП	ДСЛП+ІПТА
Втома	718	390	520
Фретинг-утома	375	320	-

Отримані результати свідчать про те, що ДСЛП для даного режиму її формування істотно знижує характеристики опору втомі сталі 30ХГСА порівняно зі зразками без лунок (границя витривалості зменшилася в 1,84 раза). В умовах фретинг-утоми це зниження незначне і складає близько 15%, що свідчить про деякий позитивний ефект ДСЛП відносно характеристик опору втомному руйнуванню в умовах фретингу.

Фрактографічний аналіз поверхонь зламів зразків з лунками показав, що в умовах фретинг-утоми зародження тріщин відбувається в одному, двох чи трьох осередках на поверхні небезпечного перерізу і не пов'язане з розташуванням лунок. Розвиток тріщин на контурах лунок спостерігався на одному зразку. У цьому випадку край контакту контртіла збігався з лінією розміщення лунок. Очевидно, це пояснюється

відмінністю шорсткості робочих поверхонь зразків з лунками порівняно зі зразками вихідної партії, поверхня яких полірувалася.

Значне зниження характеристик опору втомі сталі 30ХГСА в області границі витривалості при формуванні ДСЛП пов'язане з впливом концентрації в лунковому просторі залишкових напружень розтягу. З огляду на невисокі значення залишкових напружень при оптимальному формуванні дискретного покриття [4, 7] зниження границі витривалості сталі 30ХГСА, оцінене за діаграмою Хейя через залишкові напруження, як асиметрію циклу, може складати близько 3%.

Як видно з табл. 1, істотний позитивний ефект на характеристики опору фретинг-втомі має зміцнення поверхневого шару ДСЛП. Такий висновок був зроблений на підставі наступних фактів, отриманих експериментально. При випробуваннях на фретинг-утому трьох зразків цієї партії жоден з них не зруйнувався від фретингу, тобто руйнування відбувалося від «чистої» втоми в зоні дії максимальних напружень по лінії розташування лунок (рис. 1).

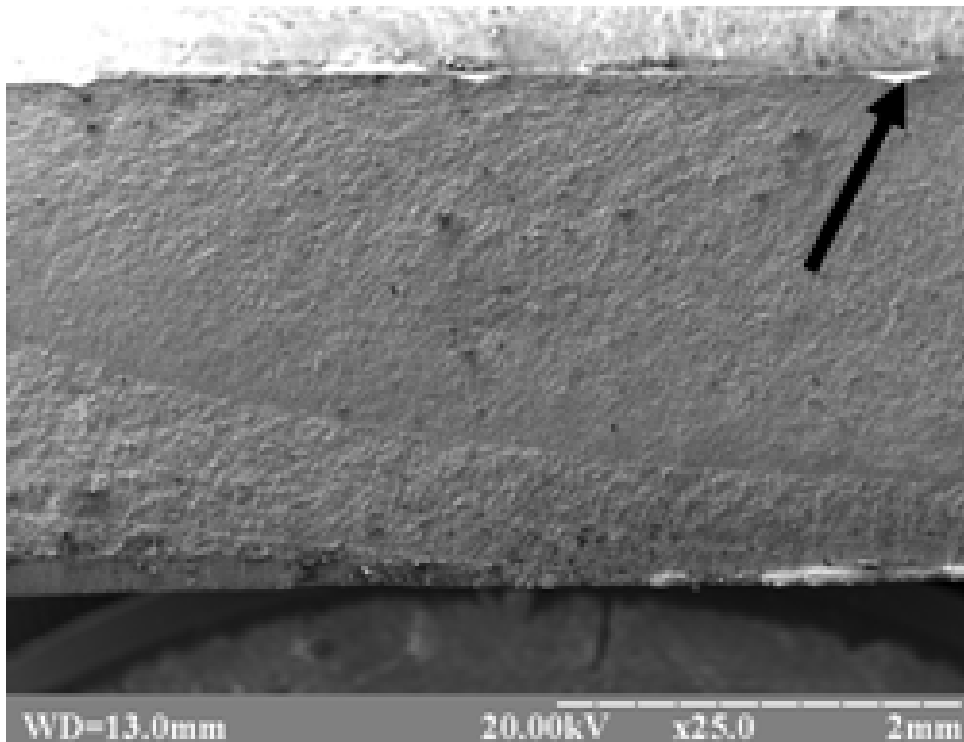


Рисунок 1 – Фрактографія зразка з лунками з наступним іонним азотуванням (стрілкою позначено осередок зародження втомної тріщини)

При цьому на лінії перетину контакту з контртілом напруження були приблизно на 20% меншими. Незважаючи на це, дані напруження істотно вищі, ніж напруження, за яких відбувалося руйнування від фретинг-утоми і втоми зразків з лунками. Тому логічно зробити висновок, що передбачувані значення характеристик фретинг-утоми зразків з ДСЛП,

зміцнених методом ІПТА, близькі до значень характеристик «чистої» втоми і характеристики опору фретинг-втоми істотно вищі, ніж у зразків з ДСЛП і у вихідних полірованих зразків.

Висновок

Таким чином, поєднання технології формування ДСЛП і їх поверхневого зміцнення методом ІПТА може бути перспективним для підвищення експлуатаційних характеристик деталей і вузлів авіаційної техніки при одночасній дії циклічного навантаження і фретингу.

Список використаних джерел

1. Пат. Україна, F01L 1/20, F01L 1/46. Пристрій для утворення на плоскій поверхні тертя рельєфу заглибин, що утримують мастильні матеріали / Марчук В.Є., Шульга І.Ф., Шульга О.І., Плюснін О.Є. (Україна); НАОУ. – № 13762; Заявл. 24.10.2005; Опубл. 17.04.2006. Бюл. № 4.
2. Цибаньов, Г.В. Фретинг-втома деталей авіаційної техніки [Текст] / Г.В. Цибаньов, В.Є. Марчук, О.М. Герасимчук, В.В. Жигінас // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 49. – Т. 2. – С. 176 – 190.
3. Цыбанев, Г.В. Фреттинг-усталость поверхностей с дискретными покрытиями [Текст] / Г.В. Цыбанев, В.Е. Марчук, О.Н. Герасимчук // Проблемы трибологии. – 2009. - № 1. – С. 97 – 104.
4. Шевеля, В.В. Развитие фреттинг-коррозии в условиях граничного трения [Текст] / В.В. Шевеля, В.А. Кириллов, В.П. Федина // Проблеми трибології. – 2007. – № 22. – С. 102 – 108.
5. Марчук, В.Є. Моделювання напружено-деформованого стану дискретної поверхні [Текст] / В.Є. Марчук, Б.А. Ляшенко, В.І. Калініченко // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2008. – Вип. 49. – Т. 2. – С. 25 – 30.
6. Голего, Н.Л. Фреттинг-коррозия металлов [Текст] / Н.Л. Голего, А.Я. Алябьев, В.В. Шевеля. – К.: Техніка, 1974. – 272 с.
7. Лабунець, В.Ф. Вплив геометрії поверхні сталі 30ХГСА на зносостійкість в умовах гідроабразивного зношування [Текст] / В.Ф. Лабунець, В.Є. Марчук, В.В. Жигінас // Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2007. – Вип. 47. – С. 49 – 57.

Поступила в редакцію 13.09.2012.

*Рецензент: канд. техн. наук, проф. Н.И. Семишов,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*