

УДК. 537.531:621.539.3

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ НЕОДНОРІДНИХ, ВНАСЛІДОК ДІЇ ФІЗИЧНИХ ПОЛІВ, КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ**

О.В.Горик , А.В.Башта (ПДТУ ім.Ю.Кондратюка, м. Полтава)

Застосування різноманітних методів поліпшення характеристик міцності, таких як створення композитних матеріалів, напилення і обробки поверхонь елементів, пропитка різними речовинами дає можливість суттєво модифікувати сучасні конструкційні матеріали, в той же час викликає необхідність вивчення їх фізико-механічних властивостей. Такі методи технології призводять до технологічної неоднорідності структурної будови елементів конструкцій. Однією із ефективніших, а відповідно і прогресивних технологій є лазерно-радіаційно-акустична обробка поверхонь матеріалу, яка також змінює структуру приповерхневих шарів створюючи таким чином загальну неоднорідність перерізів елементів. Експериментальні дослідження характеристик міцності матеріалу зразків, які піддавалися впливу (дії) фізичних полів проводилися на модернізованій випробувальній машині ЧКЗ-1, що створена в Інституті проблем міцності НАН України. Вона складається із вузла циклічного навантаження, набору змінних ваг і металевої станини. Закріплення дослідного зразка і системи здійснюється в особливих шпindelних бабках, що обертаються. Шпindelна бабка шарнірно з'єднана з основою. Шпindelну бабку з системою врівноважування встановлено з можливістю осьового її переміщення. Зразок приводиться в обертання за допомогою електродвигуна, жорстко зв'язаного з корпусом шпindelної бабки. Передача обертання від двигуна до шпинделя здійснюється за допомогою пружної муфти. Система навантаження зразка дає змогу проводити випробування матеріалів на втомленість при чистому круговому згині, в умовах нормальних температур.

Особливістю вузла навантаження є не тільки широкий діапазон амплітуд повторно-змінних механічних напружень (від 100Па до 880МПа), але і відносно висока точність устанавлення та підтримання діючого на зразок зусилля навантаження. Відносна похибка визначення амплітуд змінних навантажень не перевищує 1,5% при частоті коливань від 10 до 120 гц. Для проведення досліджень було вибрано круглий стандартний зразок з концентратором конічного виду в його робочій зоні, а також круглий галтельний при довжині 140 мм.

У процесі роботи партія зразків ділилася на декілька рівних частин, які в подальшому підлягали дії різних за своєю природою фізичних полів. Тривалість, рівень впливу та його інтенсивність на кожну окрему партію зразків підбирались дослідним шляхом. Результати випробувань зразків попередньо підданих дії

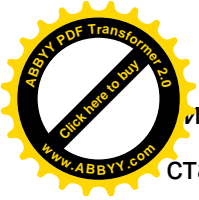


вибраного одного фактора, чи їх комбінації порівнювалися й аналізувалися з даною еталонної партії. З метою зменшення похибки вимірювань при статистичній обробленні результатів досліджень проводилися визначення основної відносної похибки і порівнювалися з нормативними значеннями.

Дослідження характеристик міцності матеріалу неоднорідної структури після лазерної, радіаційної та акустичної обробки проводилися на зразках, виготовлених із матеріалу 65Г, ТЛ5, ВТ8 і ВТ10. Для рівномірного розподілу енергії мілісекундних імпульсів лазерного опромінення по поверхні зразка і для запобігання плавленню металу в локальних місцях нами використовувалося епоксидополімерне, з наповненням алюмінієвим порошком, покриття його робочої зони.

Аналіз експериментальних даних, а також криві втомленості зразків із 65Г дозволяють стверджувати, що після лазерної обробки в приповерхневих шарах матеріалу відбувалося крихке руйнування, яке призводило до відчутного зменшення його міцності. За допомогою термопар встановлено, що зразки після лазерної обробки під час випробування нагрівалися набагато інтенсивніше порівняно із не обробленими.

Добре відомо, що величина температури нагрівання зразків під час циклічних навантажень залежить як від величини виникаючих напружень [1,2], так і від швидкості руху вільних дислокацій [3]. І тому можна стверджувати, що зменшення міцності на втомленість опромінених лазером зразків із 65Г, відбувалося через існування залишкових напружень внаслідок зміни структури матеріалу в його приповерхневих шарах. Аналіз даних показав, що для загартованих і оброблених лазером зразків із цього металу характерним є зниження витривалості при високих значеннях напружень. У той же час при напруженнях близьких до границі витривалості, де, як ми вважаємо, менше виявляється вплив залишкових напружень, її величина зростає на (10-15)%. Дослідження зразків після випробувань дали можливість встановити дві характерні зони їх руйнування: в приповерхневому об'ємі вона крихка, а в основному тілі зразка - в'язка. Відмічене незначне зниження мікротвердості поверхні зумовлене, на наш погляд, виникненням у периферійних шарах елементів додаткових напружень викликаних лазерним опромінюванням. Аналізуючи результати механічних випробувань на втомленість зразків із ВТ8 і ВТ10 в умовах дії симетричних циклічних навантажень, необхідно відмітити суттєве, до 18%, зростання значення величини границі їх витривалості. Дослідження показали зміцнення зразків після комбінованої дії, - спочатку лазерне азотування, а потім радіаційне опромінювання. Лазерне азотування зразків перед випробуваннями на втомленість проводилося в середовищі рідкого азоту. Промінь лазера падав на поверхню зразка і, пройшовши через шар рідкого азоту, спричиняв вибухове його



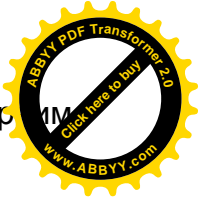
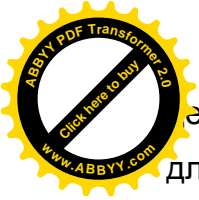
мпаровування з утворенням нітридів титану. Довгостроковість лазерного імпульсу становила 50н.с. Довжина хвилі та щільність потужності випромінювання складала

відповідно  $\alpha=1,06\text{см}$  і  $P=210^9 \text{ Вт/см}^2$ . При такому методі обробки зразка мікротвердість титанового сплаву в приповерхневих шарах зросла на (35-38)%. Падіння ж міцності при значних величинах діючих напружень зумовлене, вважаємо, утворенням твердих нітридів титану в цих шарах, що призводить до утворення далекодіючих полів залишкових напружень. Наступне ж радіаційне опромінювання, що, як уже відмічалось, дає змогу суттєво змінювати структуру сплаву і впливати на поля виникаючих залишкових напружень шляхом подріблення нітридних зерен, усереднюючи і навіть знижуючи при цьому величини цих напружень. Отже, лазерно-радіаційна обробка поверхні зразка дає можливість, з одного боку, поліпшити його зносостійкість, а з другого - помітно зменшити вплив залишкових напружень. Тому при напруженнях, близьких до границі витривалості, де вагомість їх впливу значно зменшується, її величина помітно зростає. Таким чином, є підстави стверджувати, що комбінована лазерно-радіаційна обробка елементів конструкцій із вольфрамтитанових сплавів дає можливість суттєво підвищити їх опір руйнуванню від дії різних механічних факторів.

Експериментально встановлено також, що лазерно-акустична обробка робочої зони зразків, виготовлених із сплаву ТЛ5, дозволяє досягти відчутного збільшення витривалості практично протягом всього діапазону випробувань. Величина границі витривалості зросла на (12-18)% від її початкового значення для зразків у вихідному стані. При цьому знову ж таки змінюється сам характер руйнування матеріалу від втомленості. Так, якщо у вихідному стані матеріал руйнувався з ознаками крихкого руйнування, то після лазерно-акустичного оброблення зразків спостерігалися вже характерні ознаки пластичного руйнування. В епіцентрах виникнення акустичних хвиль великої амплітуди, як показали подальші дослідження, метал не вступає в реакцію з кислотою травлення шліфів, гістограми розподілу мікротвердості по поверхні зразка, вказують на незначне її збільшення. Щільність потужності лазерного випромінювання при цьому становила  $P=10^9 \text{ Вт/см}^2$ .

На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Поверхнева лазерна обробка більшості досліджуваних матеріалів (65Г, ВТ8, ВТ10) негативно впливає на їх характеристики втомленості при значних величинах діючих навантажень. Це зумовлено, на наш погляд, зміною структури приповерхневих шарів, досить значними полями залишкових напружень, а також більш інтенсивним окисленням граней мікротріщин, поверхонь пустот, раковин, одночасним існуванням



декількох фаз металів, складним розподілом легуючих елементів, що є характерним для "складних" матеріалів.

2. Комбінована обробка поверхні зразка лазерно-радіаційним та лазерно-акустичним опромінюванням дозволяє суттєво підвищити границю витривалості досліджуваних матеріалів, їх зносостійкість та корозійну стійкість.

3. Для однорідних матеріалів (ТЛ5) об'ємне радіаційно-акустичне опромінювання за рахунок зміни структурних характеристик, дає можливість значно поліпшити їх витривалість в усьому діапазоні повторно-змінних навантажень.

#### Література

1. Harog H. Warmeercheimenges bei der Verformung von metallen und derer. Nutzung zur Danerfestingkeitsabshatzung //Gefuge und Bruch. - 1977 - №3 -S. 300-310.

2. Матаке Т., Имаси Я. Усталостное тепловыделение в стали при изгибе, кручении, комбинированном напряжении // -1976.-№ 45, С.31-43

3. Писаренко Г.С. Леонец, В.А. Бега М.Д. Протекание пластических деформаций стали 12Х18Н10Т при циклическом симметричном изгибе образцов разной длины //Проб, прочности - 1983. - №8. -С.20-23.