

УДК 621.793.6

А.Ю. НЕЖВЕДІЛОВ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Е. Жуковського «ХАІ», Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ДО 640 °С НА ЦИКЛІЧНУ МІЦНІСТЬ

У статті представлені результати експериментальних досліджень на втому. Представлені характеристики всіх експериментів. Визначено опір втомі зміцнених вакуумним термоциклічним азотуванням у плазмі пульсуючого тліючого розряду зразків та побудовані криві втоми. Визначена залежність від температури оточуючого середовища на кількісні характеристики й вигляд кривої, а також описана зумовленість цієї залежності. Встановлений вплив числа циклів навантаження та час знаходження зразка при високих температурах в умовах циклічного навантаження на опір втомі. Виявлено підвищення межі витривалості зразків на 15...20%.

Ключові слова: зразок, коливання, температура, втома, циклічні навантаження, руйнування.

Вступ

Для того щоб перевірити якість зміцненого поверхневого шару та визначити опір втомі, необхідно провести ряд експериментів, які дають характеристику якості зміцненого шару, виходячи з яких буде прийнято рішення про доцільність даної технології або про зміну параметрів технологічного процесу, або експериментального комплексу.

Експериментальні дослідження

Експериментальні дослідження проводились на основі експериментального комплексу для термомеханічних випробувань матеріалів за критерієм циклічної міцності та на основі методики термомеханічних високочастотних випробувань на втому сталевих матеріалів [1].

Під час проведення експериментальних досліджень використовувалися зразки зі сталі ЕІ 961 (рис. 1), що мали ширину 6 мм, довжину 37 мм та товщину 1 мм.

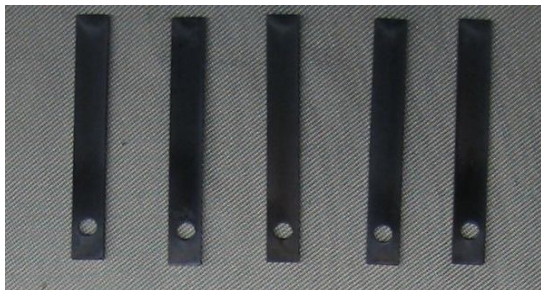


Рис. 1. Зовнішній вигляд зразків для дослідження

При дослідженні зразків на втому використовували третю форму коливань (рис. 2). База випробувань на втому $N = 10^7$ циклів навантаження.

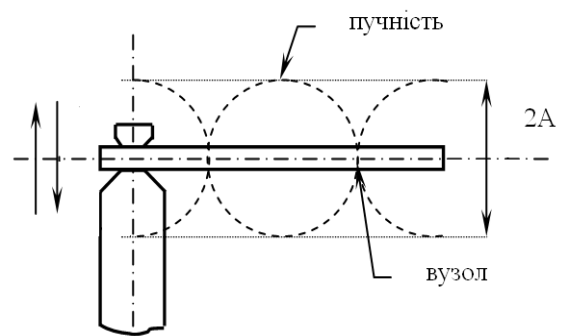


Рис. 2. Схема випробування зразків на втому

Для визначення опору втомі зміцнених вакуумним термоциклічним азотуванням у плазмі пульсуючого тліючого розряду (ВТАПШТР) зразків та побудови кривої втоми досліджували не менше 10...15 зразків. Кожний зразок доводили до руйнування, при цьому амплітуду коливання зразка й частоту навантаження на протязі всього часу дослідження майже до його руйнування підтримували постійною.

При дослідженні на втому в умовах підвищених температур зразок перед навантаженням (тобто до початку випробувань) нагрівали до заданої температури і витримували в камері нагрівання додатково на протязі 30 хв. З метою вирівнювання температурного поля у повітряному просторі камери та на поверхні зразка.

Момент початку руйнування зразка встановлювали за падінням резонансної частоти його коливань на 10...15 Гц [2].

Результати експериментальних досліджень зміцнених зразків термомеханічними високочастотними випробуваннями на втому представлено на рис. 3 – 6 [305, 306].

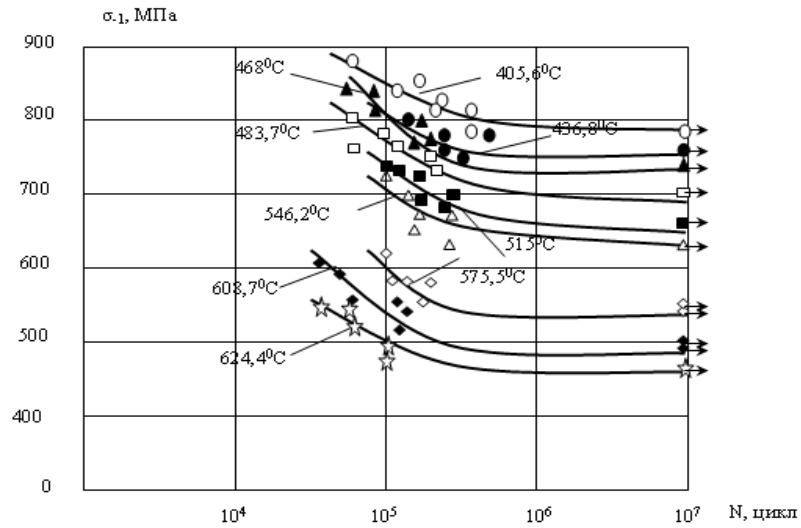


Рис. 3. Криві втоми сталевих зразків без ВТАПТР

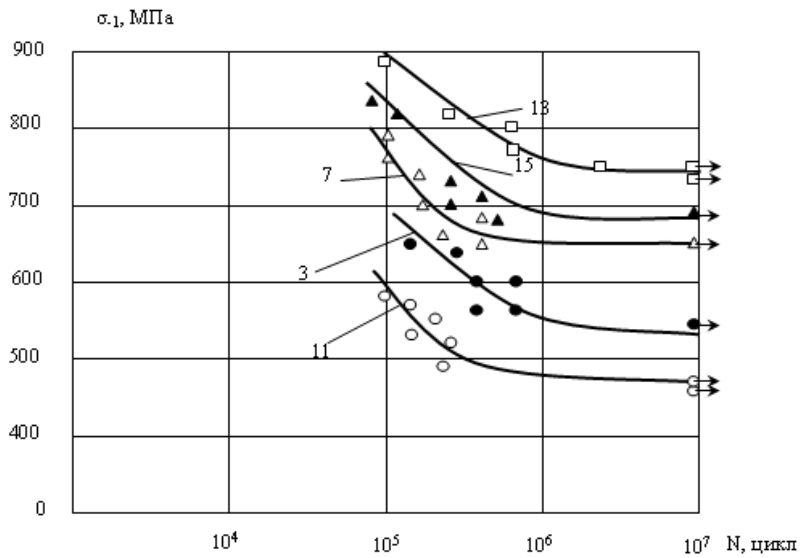


Рис. 4. Криві втоми зміцнених зразків ВТАПТР (номера кривих згідно табл. 1)

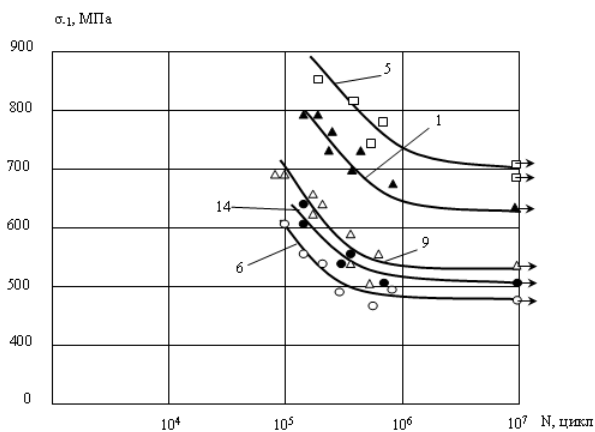


Рис. 5. Криві втоми зміцнених зразків ВТАПТР (номера кривих згідно табл. 1)

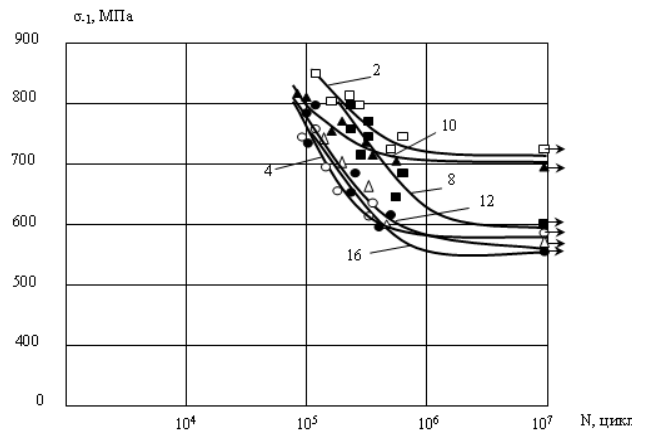


Рис. 6. Криві втоми зміцнених зразків ВТАПТР (номера кривих згідно табл. 1)

Таблиця 1

Параметри режимів при проведенні експериментальних досліджень

№ режиму	Час дифузійного насичення, хв.	Тиск реакційного газу, Па	Склад реакційного газу	Температура газу, °К	Експлуатаційна температура, °К
1	180	125	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	773	788
2	150	200	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	873	725,5
3	210	75	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	673	850,5
4	150	175	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	873	819,2
5	210	50	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	773	694,3
6	180	100	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	673	881,8
7	240	225	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	773	756,8
8	90	250	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	673	709,9
9	180	125	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	873	834,9
10	150	50	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	773	772,4
11	210	175	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	673	897,3
12	150	100	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	873	803,6
13	210	225	80%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 15%Ar	673	678,6
14	180	150	95%N ₂ + 5%C ₃ H ₈	773	866
15	240	25	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	873	741
16	90	150	90%N ₂ + 5%C ₃ H ₈ + 5%Ar	673	780

З графіків видно, що на кількісні характеристики й вигляд кривої втоми впливає температура оточуючого середовища [3]. З підвищенням температури випробування, починаючи з 500 °С, межа витривалості зменшується. Це зумовлено не тільки зниженням характеристик статичної міцності, але також і зниженням міцності кристалічної решітки, перехід структури в менш стабільний стан й посилення негативного впливу зовнішнього середовища.

Активізуються дифузійні процеси на поверхні зразка під неадитивним впливом температури та зовнішнього середовища, що призводить до появи мікроскопічних поверхневих тріщин, які є початком руйнування від втоми. На опір втоми здійснює

вплив як число циклів навантаження, так і час знаходження зразка при високих температурах в умовах циклічного навантаження. Наявність зміцненого поверхневого шару ВТАПШТР обмежує швидкість проходження дифузійних процесів, що значно впливає на підвищення межі витривалості.

Висновки

Підсумовуючи слід сказати, що завдяки технологічному процесу ВТАПШТР вдалося підвищити межу витривалості зразків на 15...20% зі збільшенням кількості циклів до руйнування у умовах одночасної дії циклічних навантажень та температури.

Література

1. Нежведілов, А.Ю. Аналіз методів підвищення корозійної стійкості сталевих лопаток компресора ГТД [Текст]/ А.Ю. Нежведілов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – № 2 (89). – С. 45 – 49.

2. Кузьменко, В.А. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения [Текст]/ В.А. Кузьменко, Л.Е. Матохнюк, Г.Г. Писаренко. – К.: *Наук. думка*, 1979. – 335 с.

3. Трапезон, А.Г. Циклическая прочность титановых сплавов при нормальных и повышенных температурах в условиях высокой частоты нагружения [Текст]/ А.Г. Трапезон, В.И. Мирненко, А.В. Бондарь // *Вібрації в техніці та технологіях*. – 2004. – № 5 (37). – С. 73 – 79.

Надійшла до редакції 25.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інтегрованих технологій О.Я. Мовшович, Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДО 640 °С НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

А.Ю. Нежведілов

В статье представлены результаты экспериментальных исследований на усталостную прочность. Представлены характеристики всех экспериментов. Установлено сопротивление усталостному разрушению упрочненных вакуумным термоциклической азотированием в плазме пульсирующего тлеющего разряда образцов и построены кривые усталости. Определена зависимость от температуры окружающей среды на количественные характеристики и вид кривой, а также описана обусловленность этой зависимости. Установлено что влияние числа циклов нагрузки и время нахождения образца при высоких температурах в условиях циклического нагружения на сопротивление усталости. Выявлено повышение предела выносливости образцов на 15...20%.

Ключевые слова: образец, колебания, температура, циклические нагрузки, усталость, разрушение.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE UP TO 640 °C CYCLING STRENGTH

A. Y. Nezhvedilov

The paper presents experimental results on fatigue. Presents characteristics of all experiments. Determined resistance to fatigue of reinforced vacuum plasma nitriding thermocyclic pulsating glow discharge samples and constructed curves of fatigue. The dependence of ambient temperature on the quantitative characteristics and appearance of the curve, and described conditionality of this dependence. The influence of the number of loading cycles and time of the specimens at high temperatures under cyclic loading in fatigue resistance. Detected increase endurance limit of samples at 15 ... 20%.

Key words: design, vibration, temperature, fatigue, load cycle, fracture.

Нежведілов Артур Юсупович – аспірант кафедри технології виробництва двигунів літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М.Е. Жуковського «ХАІ», Україна, e-mail: nezhvedilov77@mail.ru.