Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Механіко-технологічний факультет

Представництво Польської академії наук в Києві
Відділення в Любліні Польської академії наук
Академія інженерних наук України
Українська асоціація аграрних інженерів

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ "Агроінженерія: сучасні проблеми та перспективи розвитку"

(7–8 листопада 2019 року)

присвячена 90-й річниці з дня заснування механіко-технологічного факультету НУБіП України

Київ – 2019

УДК 539.3:4

НОВИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА РАХУНОК ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Чаусов М. Г., Пилипенко А. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В останні роки отримані нові експериментальні дані про особливості механічної поведінки пластичних матеріалів при імпульсному введенні енергії (так звані динамічні незрівноважені процеси (ДНП)).

При ДНП за рахунок імпульсного введення енергії в матеріал спостерігається нестійкість раніше створеної структури і наступна самоорганізація матеріалу у вигляді дисипативної структури, пов’язаної на

різних масштабних рівнях. Зміна вихідної структури матеріалу призводить до змін вихідних механічних властивостей матеріалу, в тому числі, пластичної деформації, ударної в'язкості і тріщиностійкості при повторному навантаженні [1].

Для виготовлення сучасних відповідальних конструкцій, в тому числі і в техніці агропромислового виробництва, широко застосовують листові алюмінієві сплави. Протягом експлуатації вони піддаються складним видам навантаження, зокрема, циклічним. Тому проблема підвищення втомної довговічності алюмінієвих сплавів є дуже актуальною.

На теперішній час розроблено багато нових технологічних методів підвищення втомної довговічності матеріалів шляхом поліпшення їх вихідних фізико-механічних властивостей, зокрема, їх поверхневих шарів за рахунок впливу різних енергетичних полів – лазерних, електромагнітних, ультразвукових та ін. Ускладнення методів модифікування поверхонь, з одного боку, забезпечує зростання втомної довговічності матеріалів, а з іншого боку – потребує використання складного технологічного обладнання та суттєвого збільшення грошових затрат.

Розроблення і апробація нового ефективного способу підвищення втомної довговічності сучасних матеріалів з використанням імпульсного введення силової енергії в матеріали при ударно-коливальному навантаженні (УКН) дозволяє технологічно простіше та дешевше добитися позитивного впливу на фізико-механічні властивості матеріалів, і, відповідно, на підвищення їх втомної довговічності, порівняно з відомими способами. Особливо важливим є те, що цей процес є швидкісним і керованим, його параметри регулюються зміною інтенсивності імпульсного введення енергії в матеріал, а також той факт, що ця процедура реалізується за кімнатної температури.

В даній роботі подані нові експериментальні дані з впливу змін структурного і механічного стану листового промислового алюмінієвого сплаву 2024-Т3 товщиною 3 мм при УКН на зміну в широкому діапазоні його втомної довговічності при орієнтовних частотах випробувань 110 Гц.

Всі дослідження з імпульсного введення силової енергії в алюмінієвий сплав 2024-Т3 за рахунок УКН були проведенні на модернізованій випробувальній машині ZD 100Pu. Основна ідея запропонованої методики полягає у високошвидкісному розтязі матеріалу з накладенням на нього коливального процесу з високою частотою (кілька кілогерц), яка відповідає власній частоті випробувальної машини.

Відповідні дослідження з оцінки втомної довговічності сплаву проведенні на резонансній випробувальній машині RUMUL TESTRONIC 50kN при кімнатній температурі. Режими випробувань зразків із алюмінієвого сплаву після імпульсного введення енергії для оцінки його втомної довговічності були аналогічні випробуванням зразків у вихідному стані: режим навантаження м'який; коефіцієнт асиметрії циклу R=0,1; орієнтовна частота навантаження 110 Гц, максимальні динамічні навантаження F, відповідно, 13,2 кН; 12 кН; 11,1 кН; 10,2 кН.

Інтенсивність імпульсного введення енергії в сплав контролювалась проскакуванням динамічної деформації $\varepsilon_{імп}$ за рахунок УКН. Вибір $\varepsilon_{імп}$ у якості параметра, якій характеризує інтенсивність імпульсного введення енергії в сплав, значно спрощує процедуру випробувань. Так як режими УКН можна створювати на гідравлічних випробувальних машинах різної жорсткості, зникає необхідність у складних розрахунках з передачі конкретного силового впливу безпосередньо на зразок залежно від сумарного імпульсу на механічну систему. Крім того, з використанням такої процедури дуже просто оцінити вплив інтенсивності імпульсного введення енергії на втомну довговічність матеріалів при заданому режимі змінного навантаження, що і буде показано в подальшому.

Режими імпульсного введення енергії в сплав за параметром $\varepsilon_{імп}$ в даній роботі були наступні $\varepsilon_{імп}$ =2…10%. Це пояснюється тим, що при малих значеннях $\varepsilon_{імп}$ дисипативна структура ще не встигає сформуватися при реалізації ДНП в сплаві, а при значеннях $\varepsilon_{імп}$ більше 10% практично вичерпується запас пластичності на висхідній ділянки діаграми деформації сплаву.

Аналіз отриманих результатів механічних випробувань показав, що при вибраних, дуже небезпечних режимах змінного навантаження, можна добитися позитивних змін в підвищенні втомної довговічності сплаву за рахунок попереднього імпульсного введення енергії.

На рис. 1, для прикладу, подані експериментальні дані зі зміни кількості циклів до руйнування сплаву при зміні інтенсивності імпульсного введення силової енергії за параметром $\varepsilon_{імп}$ при конкретному режимі змінного навантаження. Тут при $\varepsilon_{імп}$ = 0 подані дані випробувань на втому по трьом зразкам сплаву в вихідному стані.

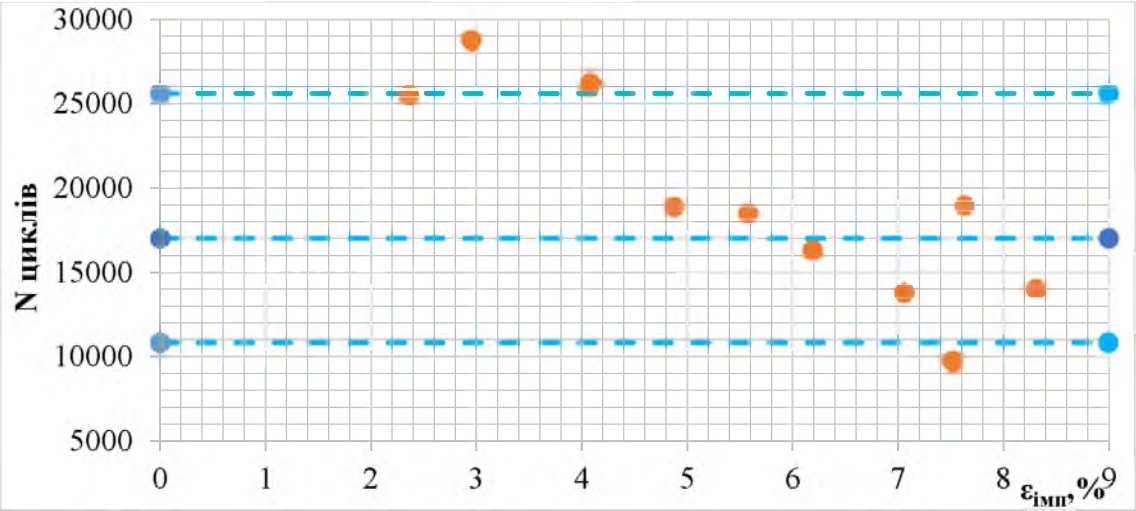

Рис. 1. Зміна кількості циклів до руйнування сплаву 2024-Т3 в залежності від інтенсивності імпульсного введення силової енергії за параметром $\varepsilon_{імп}$ (максимальне динамічне навантаження F = 12 кН).

Встановлено, що кількість циклів до руйнування сплаву 2024-Т3 після заданого попереднього технологічного режиму обробки у діапазоні $\varepsilon_{імп}$ =2,36%...4,08% зростає, в середньому на 33,6% (див. рис. 1). Причому, що теж дуже важливо, розкид експериментальних даних кількості циклів до

руйнування сплаву після попереднього імпульсного деформування у даному діапазоні $\varepsilon_{імп}$ становить всього 11,3 %, водночас, в вихідному стані, цей розкид значно більший, близько 57,8 %. Тобто поверхневі шари сплаву після УКН стають одноріднішими, що має принципове значення при зародженні поверхневих втомних тріщин.

Одержані результати можуть бути враховані під час реалізації технологічних операцій з підвищення втомної довговічності сучасних матеріалів за рахунок попереднього ударно-коливального навантаження.

Список літератури

1. *Чаусов М. Г., Марущак П. О., Пилипенко А. П., Березін В. Б.* Особливості деформування і руйнування пластичних матеріалів при ударно-коливальному навантаженні: монографія. Тернопіль: ТзОВ «Термо-граф». 2018. 288 с.