

## **ФІЗИЧНІ МЕХАНІЗМИ ДИСИПАЦІЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРНО-КОЛИВАЛЬНОМУ НАВАНТАЖЕННІ МАТЕРІАЛІВ РІЗНИХ КЛАСІВ**

*Чаусов М.Г., д.т.н., проф.*

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Багаточисельні дослідження, проведені на кафедрі механіки НУБіП України, по оцінці впливу динамічних незрівноважених процесів (ДНП) за рахунок ударно-коливального навантаження на зміну початкових механічних властивостей матеріалів виявили, що це пов'язано, в першу чергу, з кардинальною зміною початкового структурного стану матеріалів. Таким чином, встановлено, що за умов нелінійної динаміки (хаотична динаміка) не тільки в будь-яких фізико-хімічних системах, а також і в механічних системах виникає самоорганізація структури матеріалів і проявляються нові фундаментальні властивості матеріалів за умов значного відхилення від рівноваги.

За рахунок раптового накопичення надлишкової енергії в деяких елементах механічної системи активується динаміка внутрішніх процесів в матеріалах. Це зумовлює дисипацію надлишкової енергії в матеріалі механічної системи. В цей період в системі виникає певна неупорядкованість, а динамічний незрівноважений процес активує екстремальні дисипативні процеси в матеріалах, які пов'язані із самоорганізацією структури. У загальному випадку самоорганізація структури матеріалу механічної системи виникає внаслідок необхідності додаткового розсіювання енергії, набутої внаслідок зовнішнього впливу. За таких умов самоорганізація інтенсифікує механізм передачі енергії через систему.

Аналізуючи основні класи матеріалів: алюмінієві сплави, сталі різних марок і двофазні титанові сплави, на яких проводились дослідження по впливу ДНП різної інтенсивності на зміну механічних властивостей, виявлено кардинально різні фізичні механізми дисипації енергії при реалізації динамічних незрівноважених процесів за рахунок ударно-коливального навантаження.

На основі одержаних ТЕМ - структур алюмінієвих сплавів вперше заявлено і експериментально підтверджено [1], що дислокаційне ковзання не є єдиним можливим механізмом пластичної деформації кристалічних матеріалів. Пластична формозміна матеріалу при реалізації ДНП можлива і без

участі дислокацій. При реалізації ДНП в механічному полі виникає так звана структурна нестійкість – повне руйнування дислокаційних меж. У дислокаційному хаосі окремі дислокації можуть переміщатися на невеликі відстані, породжуючи вакансії. Під дією зовнішнього механічного поля відбувається самоорганізація вакансійних дефектів з утворенням смугастих аморфних структур в кристалічній матриці. Ці утворення можна розглядати як зародки гідродинамічних каналів, а локалізація вакансійних дефектів створює рідиноподібну структуру всередині цих утворень, які можуть зростати в процесі навантаження. Їх некристалічна структура експериментально підтверджена.

Гідродинамічні канали відіграють важливу роль в процесах масопереносу речовини за умов, коли дислокаційне ковзання гальмується або субструктурою, що раніше виникла, або початково не може відбуватися при деяких орієнтуваннях кристалів.

Слід звернути увагу, що утворення дисипативних структур після реалізації ДНП у вигляді локалізованих смуг (гідродинамічних каналів) проявляється також на багатьох марках сталі зі своїми особливостями. Конкретно, можуть змінюватися розміри і кількість гідродинамічних каналів. Матеріал між каналами теж набуває різних властивостей. Так, при випробуванні нержавіючої сталі матеріал між гідродинамічними каналами набував властивості субструктури (структурні елементи мають розміри нанокоморок і нанозерен).

Найбільш яскраво гідродинамічні канали (смуги, взаємно пов'язані на різних структурних рівнях) проявляються на чистих металах, наприклад, при випробуванні армко-заліза. При випробуванні двофазних високоміцних титанових сплавів виявлений інший фізичний механізм дисипації енергії, пов'язаний з фрагментацією структури [2]. Так, наприклад, при реалізації ударно-коливального навантаження у двофазному титановому сплаві ВТ22 у внутрішніх об'ємах крупнозернистих ( $D_z = 15 \dots 75$  мкм)  $\beta$  – фазових складових сплаву під час ударно-коливального навантаження формувалися локальні зони (обсягом до 40%) зі значним подрібненням (в 2...3 рази) початкових розмірів зерен. Цей процес супроводжувався фрагментацією структури в таких локальних об'ємах з утворенням субзерен розмірами 0,6...3,0 мкм. Крім значних змін розмірів  $\beta$  – фази, в подібних внутрізеренних і субзеренних мікрооб'ємах спостерігали суттєві градієнти густини дислокацій.

За перебігом структурних змін можна стверджувати, що за умов реалізації ударно-коливального навантаження до описаних вище структурних перетворень долучаються процеси релаксаційного характеру. Вони пов'язані не лише з активізацією досить інтенсивних дислокаційних перерозподілів,

наслідком яких є анігіляція внутрішньоб'ємних дислокацій, але й формуванням дрібніших структурних елементів (зерен, субзерен, фрагментів).

При випробуванні двофазного титанового сплаву ВТ23 в умовах ударно-коливального навантаження також зафіксовані ротаційні процеси деформування, що приводить до додаткових затрат енергії.

Таким чином, всі виявленні фізичні механізми дисипації енергії при ударно-коливальному навантаженні в матеріалах різних класів інтенсифікують механізм передачі надлишкової енергії через механічну систему.

#### **Список використаних джерел**

1. Zasimchuk, E.; Turchak, T.; and Chausov, M. Hydrodynamic plastic flow in metal materials, *Results in Materials*, 2020, 6, doi:100090 10.1016/j.rinma.2020.100090.
2. Особливості деформування і руйнування пластичних матеріалів при ударно-коливальному навантаженні / М.Г.Чаусов, П.О.Марущак, А.П.Пилипенко, В.Б.Березін. – Тернопіль: ТЗОВ «Терно-граф», 2018. – 288 с.

**Національний університет біоресурсів і  
природокористування України**

**Факультет конструювання та дизайну**



## **ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

**XXII МІЖНАРОДНОЇ ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ НАУКОВО-  
ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ, НАУКОВИХ СПІВРОБІТНИКІВ  
ТА АСПІРАНТІВ**

**«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНИХ ТА  
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ:  
КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙН»**

**(19-20 квітня 2023 року)**

Київ-2023

**УДК 631.17+62-52-631.3**  
**ББК40.7**

Збірник тез доповідей ХХІІ Міжнародної онлайн-конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн». – К., 2023. – 112 с.

Збірник рекомендовано до друку рішенням вченої ради факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18.04.2023 р., протокол № 9.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів факультету конструювання та дизайну НУБіП України, провідних закладів вищої освіти, в яких розглядаються завершені етапи розробок з машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, промислового і цивільного будівництва, робототехніки, механізації сільського господарства, будівництва сільських територій, конструювання і надійності машин для сільського і лісового господарств, удосконалення та нових розробок біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Редакційна колегія: Ружи́ло З.В. – голова, к.т.н., доц.; Афтандія́нц Є.Г., д.т.н., проф.; Бакулі́н А.Є., к.т.н., доц.; Булгако́в В.М., д.т.н., проф.; Лове́йкін В.С., д.т.н., проф.; Лопатько́ К.Г., д.т.н., проф.; Марус О.А., к.т.н., доц.; Несвідо́мін А.В., к.т.н., доц.; Несвідо́мін В.М., д.т.н., проф.; Новицький А.В., к.т.н., доц.; Пилипа́ка С.Ф., д.т.н., проф.; Роговський І.Л., д.т.н., проф.; Чаусо́в М.Г., д.т.н., проф.; Яковенко І.А., д.т.н., проф.; Ромасевич Ю.О. – секретар, д.т.н., проф.