

**О.А. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, НУХТ, г. Київ

**О.І. НЕКОЗ**, докт. техн. наук, НУХТ, г. Київ

**В.П. КАВУН**, НУХТ, г. Київ

### КАВИТАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

У статті наведені результати досліджень кавітаційно-ерозійної стійкості конструкційної кераміки. Встановлено, що процес її руйнування має циклічний характер і визначається коефіцієнтами інтенсивності навантаження і критичною міцністю потужності деформації.

The results of researches of cavitation-erosive firmness of construction ceramics are resulted in the article. It is proved that the process of its destruction has cyclic character and concerns by the coefficients of intensity of loading and critical durability of power deformation.

В технологічних процесах хімічної, нафтопереробної, харчової та інших галузей промисловості значна увага приділяється інтенсифікації з одночасним забезпеченням надійності та довговічності роботи технологічного обладнання.

Гідродинамічні кавітаційні апарати (ГКА) є одним з найбільш перспективних пристроїв для інтенсифікації технологічних процесів у різних галузях промисловості. Результати практичного використання ГКА свідчать, що вони мають суттєві переваги порівняно з традиційним обладнанням. При своїй роботі вони реалізують явища, що супроводжують кавітацію: ударні хвилі, вібраторулізацію, акустичне випромінювання тощо. Внаслідок цього створюються сприятливі умови для оброблення технологічних середовищ, але робочі вузли, передусім, - проточна камера, зазнають кавітаційно-ерозійного руйнування. Зношування деталей вищевказаного обладнання відбувається в умовах впливу мікроударного навантаження на їхню поверхню. Руйнування поверхневих деталей призводить до зміни геометрії робочих поверхонь, а це в свою чергу спричинює зміну динаміки потоку, робочих параметрів устаткування, коефіцієнту корисної дії, а також впливає на якість кінцевого продукту. Інтенсивність зношування робочих поверхонь залежить від гідродинамічних та технологічних параметрів гідравлічного потоку.

Конструкційні вуглецеві сталі – традиційні матеріали для виготовлення робочих елементів ГКА зазнають інтенсивного кавітаційно-ерозійного зношування і не відповідають вимогам щодо надійності та довговічності, не

завжди можуть використовуватись за санітарно-гігієнічними вимогами. Дорогі корозієстійкі та кольорові метали теж не завжди задовольняють вимогам по зносостійкості.

Пошук нових конструкційних матеріалів є важливою науково-прикладною проблемою. Так, використання полімерних матеріалів обмежено умовами експлуатації, а окремі з них, наприклад фторопласт, нестійкі до кавітаційного впливу [1].

Крім високих експлуатаційних властивостей конструкційні матеріали для вузлів ГКА повинні бути недорогими, добре обробляться, а також нейтральними відносно оброблюваних середовищ. З перспективних конструкційних матеріалів таким вимогам задовольняють керамічні матеріали [2], однак, відомості про їх кавітаційну стійкість недостатні. Їх застосування для виготовлення робочих вузлів ГКА дозволить підвищити довговічність апаратів та розширити діапазон їх застосування. Крім того, керамічні матеріали зручні при виробництві виробів методом пресування і виключає подальше механічне оброблення.

Метою даної роботи було дослідження кавітаційно-ерозійної стійкості керамічних матеріалів. Дослідження кавітаційно-ерозійного зношування проводили на установці УЗДН-2Т з магнітострикційним вібратором (МСВ) при частоті 44 кГц, амплітуді коливань 20 мкм і відстані між зразком і торцем концентратора МСВ 0,5 мм. Інтенсивність зношування оцінювали ваговим методом. Вимірювання маси проводили на електронних вагах RADWAG WAA 210 з точністю  $10^{-4}$  г. Отримувані значення втрати маси переводили в об'ємні втрати. Для дослідження застосовували зразки, фізико-механічні властивості яких наведено в таблиці.

Таблиця

Характеристика зразків

Показник	Вид кераміки			
	ZrY	799	786	110
№ зразка	1	2	3	4
Хім. склад	ZrO <sub>2</sub> + Y	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 99 %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 92 %	Технічний фарфор
Густина	5,98	3,7	3,4	2,2
Міцність на прогин, МПа	950-1050	300	250	60
Модуль пружності, ГПа	210	300	220	60
Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	-	4,0	4,0	1,8

Одержані результати наведено у вигляді графічних залежностей (рис. 1 та рис. 2).

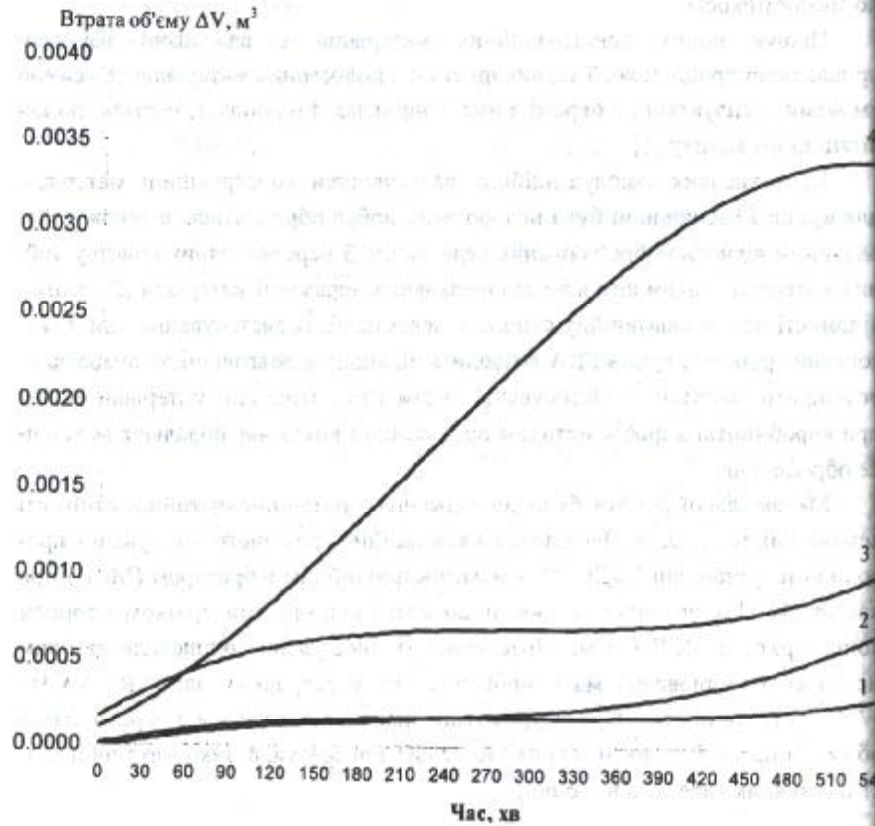


Рис. 1. Залежність сумарних втрат об'єму зразків  $\Delta V$  від часу випробувань  $\tau$  (1, 2, 3, 4 – номери зразків за таблицею).

Аналіз даних свідчить (рис. 1), що найбільшій об'ємній втраті зазнає зразок № 4, а найменшій – зразок № 1. На нашу думку, це пов'язано з характером і вмістом фазових складових та фізико-хімічними властивостями, зокрема, міцністю на прогин та густиною. Зразки № 2 та № 3 з приблизно однаковими властивостями мають схожу кінетику руйнування. Більш наочним є залежність швидкості втрати об'єму за період досліджень (рис. 2). Стосовно зразка № 4 треба відмітити, що початкова швидка втрата об'єму з початку досліджень триває до 3,5 год., а потім різко зменшується і поступово починає

збільшуватись через 7,5 – 8 год. Це може бути пояснено руйнуванням дефектного шару, відділенням та виносом з поверхні матеріалу продуктів ерозії. При очищенні поверхні зразка від дефектного шару, його основна структура має більшу твердість і, відповідно, кращу кавітаційну стійкість.

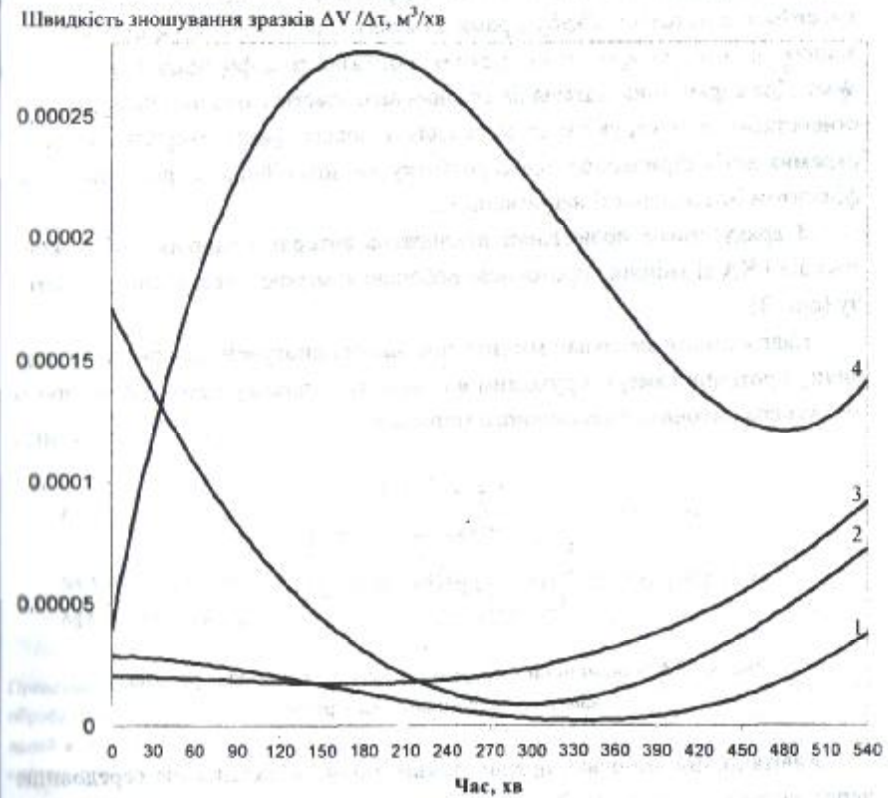


Рис. 2. Кінетичні залежності швидкості зношування зразків,  $\Delta V/\Delta t$  (1, 2, 3, 4 – номери зразків за таблицею).

Зразок № 1 руйнується з набагато меншою швидкістю, мінімум якої припадає на 6 год. кавітаційної дії, а потім поступово збільшується.

Порівнюючи графіки для зразків № 4 та № 1 треба знову підкреслити суттєву залежність від фізико-механічних властивостей. Загалом, характер залежностей, наведених на рис. 2 показує циклічний характер поверхневого руйнування.

Подібний характер зміни властивостей поверхневих шарів встановлено Л.І. Погодаєвим і при гідроабразивному зношуванні [3].

Згідно структурно-енергетичної теорії зношування Л.І. Погодаєва [4] інтенсивність зношування матеріалів при динамічному навантаженні визначається відношенням густини потоку енергії деформації (навантаження), яка вноситься в матеріал мікроударами кумулятивних мікроструминок чи абразивних часток, до критичної густини потужності деформації (руйнування)  $W_{кр}$ . Для керамічних матеріалів остання визначається не лише складом і властивостями, а й структурою матеріалу і врешті решт енергією активації окремих актів стрибкоподібного розвитку дислокаційних мікротріщин і коефіцієнтом інтенсивності напружень  $K_{IC}$ .

З врахуванням проведених досліджень авторами запропонована конструкція ГКА зі змінною проточною робочою камерою з керамічного матеріалу (рис. 3).

Кавітаційний змішувач містить послідовно сполучені конфузори, циліндричну проточну камеру з рухомих в осьовому напрямку кавітатором, проточна камера виконана з керамічного матеріалу.



Кавітаційний змішувач працює таким чином: оброблюване середовище через патрубок підведення 2 надходить у проточну камеру 7 і натікає на розміщений у ній конусоподібний кавітатор 6, за яким утворюються кавітаційні каверни, що генерують поле кавітаційних бульбашок, які насичують потік середовища за кавітатором 6. Захлопуючись, кавітаційні бульбашки утворюють пульсуючі ударні хвилі і кумулятивні мікрострумки, що здійснюють інтенсивне перемішування і спричиняють кавітаційно-ерозійний вплив на оброблюване середовище і проточну камеру. Крім того, переміщуючи кавітатор 6, закріплений на штоці 1, вздовж осі проточної камери 7, можна змінювати положення кавітатора 6 в робочій камері регулюючи тривалість її зношування і, відповідно, експлуатації.

Застосування запропонованого технічного рішення для одержання емульсій, суспензій у гідродинамічному кавітаційному полі дозволяє знизити кавітаційне зношування робочої камери.

**Список літератури:** 1. Кавун В.П. Дослідження ерозії неметалевих конструкційних матеріалів / В.П. Кавун, О.А. Литвищенко, О.І. Нехоз // Наук. пр. Нац. ун-ту харч. технологій. – 2006. – № 18. – С. 57 – 59. 2. Лукасик К. Научно-технические основы повышения эффективности работы и долговечности клапанных гомогенизаторов: дис. ... докт. техн. наук. / К. Лукасик. – Киев: НУХТ, 2003. 3. Погодаев Л.И. Режимы работы и долговечность деталей землесосных снарядов / Л.И. Погодаев, Н.В. Лукин. – М.: Транспорт, 1990. – 192 с. 4. Погодаев Л.И. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин / Л.И. Погодаев, В.Н. Кузьмин. – СПб.: Академия транспорта РФ, 2006. – 608 с.

Надійшла до редакції 12.06.09

УДК 669.01: 621.9

Е.В. ШТЕФАН, канд. техн. наук, НУХТ, г. Киев, Украина

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлены основные принципы и методика построения математической модели процессов механической обработки дисперсных материалов. Рассмотрены примеры практического использования разработанных моделей в технологиях прессования керамических масс, процессах обработки влажных насыщенных дисперсных систем, формовании и уплотнении сыпучих материалов.

The basic principles and technique of mathematical model construction of processes of machining disperse materials are submitted. The examples of practical application of the developed models in technologies of pressing of ceramic weights, processes of the sated by a moisture disperse systems processing, forming and condensation of loose materials are considered.

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными и практическими заданиями.** Многие типы технологического оборудования горнорудной, энергетической, химической, фармацевтической и пищевой отраслей промышленности предназначены для измельчения, смешивания, разделения и уплотнения дисперсных материалов (ДМ) в зависимости от