



Литвиненко О. А.

Кавун В. П.

Некоз О. І.

Бойко Ю. І.

**Національний  
університет  
харчових  
технологій**

УДК 620.193

## КАВІТАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ СПЕЧЕНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Приведены результаты экспериментальных исследований спеченных конструкционных материалов для изготовления гидродинамических кавитационных аппаратов. Описаны свойства и особенности изнашивания*

*The results of experimental researches of construction materials are resulted for making of hydrodynamic cavitation devices. Properties and features of wear are described*

Однією з найбільш важливих проблем, ефективно вирішення яких визначає технічний рівень і конкурентоспроможність технологічного обладнання харчових і переробних виробництв, є проблема надійності та довговічності. В більшості випадків довговічність обладнання визначається інтенсивністю спрацювання його окремих деталей і вузлів і забезпеченням належного рівня їх зносостійкості.

Відомо, що перспективним видом технологічного обладнання для харчової, переробної та багатьох інших галузей промисловості є кавітаційні апарати гідродинамічного типу. Інтенсивна ударно-хвильова дія на оброблювані середовища, а також інші фізико-механічні ефекти, які супроводжують захоплення кавітаційних бульбашок, суттєво підвищують ефективність процесів технологічного оброблення. Причому, режими розвиненої кавітації в ГКА є робочими [1]. Водночас, оптимальні режими кавітаційного оброблення неминуче викликають інтенсивне кавітаційно-ерозійне зношування робочих органів апаратів проточної камери і збудника кавітації [2].

В промислових умовах кавітаційні апарати виготовляють переважно з вуглецевих та корозієстійких сталей. Їх загальним недоліком є недостатня кавітаційно-ерозійна стійкість. Одним з шляхів її підвищення є поверхневе зміцнення робочих органів шляхом нанесення термодифузійних та газотермічних покриттів. Однак, для нанесення плазмових покриттів потрібне громіздке і специфічне в обслуговуванні обладнання, експлуатація якого доцільна лише на потужних підприємствах. Газополуменеві покриття, хоч і більш зручні при

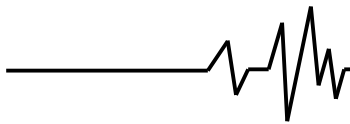
нанесенні, через багат шарову структуру інтенсивно руйнуються при порушенні цілісності шару внаслідок втомлюваності від стискаючих напружень. Технологія нанесення кавітаційностійких термодифузійних покриттів (цементация, азотування, хромування та ін.) [3] відзначається тривалістю та енерговитратністю.

Як показали дослідження [4] невисоку кавітаційну стійкість мають полімерні матеріали, хоча за хімічною стійкістю та інертністю до багатьох технологічних середовищ вони мають суттєві переваги перед металами.

В зв'язку з цим можуть бути перспективними спечені порошкові матеріали, зокрема на основі заліза. При їх пресуванні можна одержати робочі органи кавітаційних апаратів із заданими розмірами і легко замінювати їх при ремонті. Таким чином забезпечується економія конструкційних матеріалів і ремонтпридатність технологічного обладнання. Водночас, відомості про кавітаційну стійкість спечених металевих матеріалів обмежені та потребують уточнення.

З цією метою авторами були проведені дослідження кавітаційної стійкості зразків спечених матеріалів на основі заліза.

В роботі [5] наведено результати досліджень порошкових конструкційних матеріалів на основі заліза, одержані стіканням пресованих зразків. Одержані результати дозволили зробити висновок, що кавітаційна стійкість порошкових матеріалів залежить від хімічного складу, умов виготовлення зразків, температури, пористості і розміру частинок порошку.



В той же час дуже обмежені експериментальні дані про кавітаційну стійкість конструкційних матеріалів на основі оксидів металів. Відомо, що спікання при підвищених температурах сприяє відновленню оксидів на поверхні металевих частинок, внаслідок чого структура матеріалу не тільки ущільнюється, а й зміцнюється. Очевидно це може бути передумовою підвищення кавітаційної стійкості спеченого порошкового матеріалу.

Для вивчення кінетики кавітаційного руйнування конструкційних матеріалів на основі оксидів металів авторами підготовлені і досліджені зразки феритів – комплексних металевих оксидів у вигляді суміші компонентів  $ZnO + Fe_2O_3$ . Зразки одержували за технологією кераміки з механічної суміші тонкодисперсних оксидів, змішаних з пластифікатором (полівініловий спирт) шляхом пресування та подальшого спікання при температурі 1250-1350 °С. При спіканні в кисневому середовищі утворюється ферит у вигляді твердого розчину оксидів.

Одержані зразки за фізико-механічними властивостями подібні до технічної кераміки, зокрема крихкістю, твердістю.

Дослідження кавітаційної стійкості керамічних конструкційних матеріалів проводили на установці УЗДН – 2Т з магнітострикційним вібратором (рис. 1) при частотах його коливань 22 і 44 кГц та амплітуді 20 мкм.



Рис. 1. Установа УЗДН – 2Т з магнітострикційним вібратором (МСВ)

Зразки встановлювали на відстані 0,5 мм від торця концентратора у водопровідній воді при температурі  $20 \pm 0,5$  °С. Досліджувані поверхні зразків попередньо шліфували.

Інтенсивність зношування визначали за втратою маси зразків через фіксовані проміжки часу за допомогою лабораторних електронних ваг Radwag 210 з точністю до 0,0001 г. Перед зважуванням зразки попередньо послідовно промивали у дистильованій воді та спирті, просушували при температурі 70...80 °С протягом 90 хв в сушильній шафі, охолоджували та зберігали в ексікаторі.

Одержані результати наведені на рисунках 2, 3.

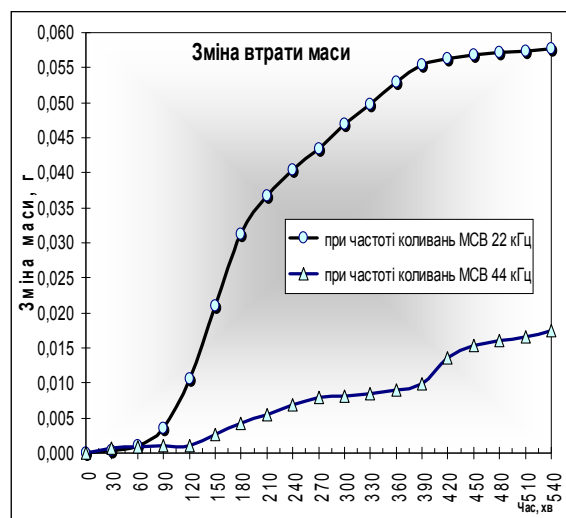


Рис. 2. Зміна втрати маси зразком при частотах коливань МСВ 22 та 44 кГц

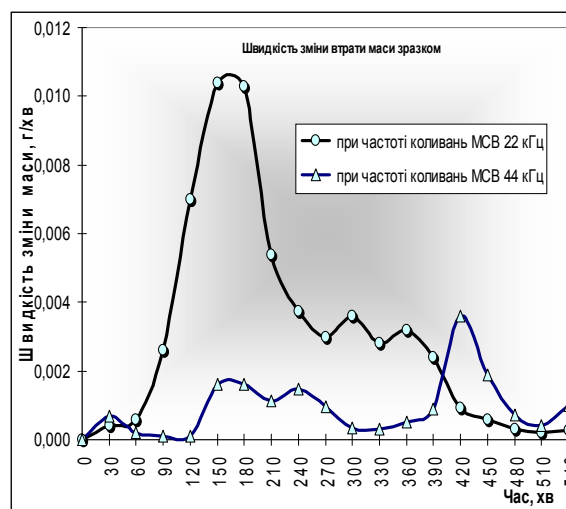
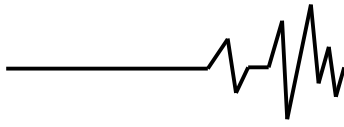


Рис.3. Швидкість зміни втрати маси зразком при частотах коливань МСВ 22 та 44 кГц



Їх аналіз дозволяє визначити загальні закономірності та особливості кавітаційного зношування зразків феритів при різних умовах ударно-хвильової дії. При частоті коливань концентратора МСВ 22 кГц вже після 30 хв спостерігається поступова втрата маси зразка, а після 60 хв швидкість руйнування стрибкоподібно збільшується, через 150 хв досягає максимуму і поступово знижується протягом наступних 120 хв. В подальшому втрата маси поступово зростає і циклічно повторюється, але з меншою швидкістю. Через 420 хв досліджень швидкість втрати маси стабілізується з тенденцією до зменшення.

Інша кінетика руйнування спостерігається при частоті коливань концентратора МСВ 44 кГц. Втрата маси зразка одразу збільшується після початку досліджень, причому її швидкість також періодично змінюється після 30, 60 і 150 хв досліджень, але практично не змінюється в діапазоні від 150 до 270 хв, досягає максимуму через 420 хв кавітаційної дії. Після цього швидкість раптово зменшується зі збереженням загальної тенденції поступової втрати маси зразка. Як в першому так і другому випадках швидкість втрати маси має циклічний характер, що можна пояснити руйнуванням поверхневого дефектного шару, відділенням сколів окремих спечених частинок. При їх виносі з поверхні зразка його основна структура набуває більшої твердості і процес руйнування тимчасово сповільнюється. Відомо [6], що дія кавітаційних бульбашок приводить до утворення поверхневого шару з граничною величиною статичних напружень, внаслідок чого накопичуються мікротріщини втомлювального характеру, що приводить до подальшого раптового крихкого руйнування поверхні зразка.

Встановлений циклічний характер поверхневого руйнування добре узгоджується зі структурно-енергетичною теорією зношування Л. І. Погодаєва [7], за якою інтенсивність зношування матеріалів при динамічному навантаженні визначається відношенням густини потоку енергії деформації (навантаження), яка вноситься в матеріал мікроударами кумулятивних мікрострумків чи абразивних часток, до критичної густини потужності деформації (руйнування)  $W_{кр}$ . Для таких матеріалів остання визначається не лише складом і узагальненими фізико-механічними

характеристиками, а й структурою матеріалу і врешті решт енергією активації окремих актів стрибкоподібного розвитку дислокаційних мікротріщин і коефіцієнтом інтенсивності напружень  $K_{1C}$ .

Аналіз одержаних результатів свідчить, що спечені конструкційні матеріали схильні до прискореного кавітаційного руйнування, що є суттєвим обмеженням для їх використання при виготовленні робочих органів кавітаційних апаратів.

### Література

1. Федоткин И. М. Кавитация: кавитационная техника и технология, их использование в промышленности [Текст] / И. М. Федоткин, И. С. Гулый. – К.: Полиграфкнига, 1987. – 839 с.
2. Некоз А. И. Взаимосвязь эрозионной и технологической активностей гидродинамической кавитации [Текст] / А. И. Некоз, О. В. Козюк // Проблемы. трения и изнашивания: Науч.-техн. сб. – 1990. – Вып. 38. – С. 17–20.
3. Сухенко Ю. Г. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості [Текст] / Сухенко Ю. Г., Некоз О. І., Стечишин М. С. – К.: Елерон, 1993. – 108 с.
4. Кавун В. П. Дослідження ерозії неметалевих конструкційних матеріалів [Текст] / В. П. Кавун, О. А. Литвиненко, О. І. Некоз // Наукові праці національного університету харчових технологій. – 2006. – №18. – С. 57–59
5. Євтушенко, О. В. Стойкость порошковых материалов на основе железа при кавитации [Текст] / О. В. Євтушенко, С. М. Чернеча // Порошковая металлургия – 1988. – №10. – С.55-60.
6. Литвиненко О. А. Кавітаційна стійкість керамічних матеріалів [Текст] / О. А. Литвиненко, О. І. Некоз, В. П. Кавун // Вісник національного технічного університету «ХПІ» – 2009. – Вип. 25. – С. 18 – 23.
7. Погодаев Л. И. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин / Л. И. Погодаев В. Н. Кузьмин. – С-Пб.: Академия транспорта РФ, 2006. – 608 с.