

У журналі опубліковано статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і найзначніших прикладних досліджень у галузі харчових технологій.

Рукописи статей відрецензовано провідними спеціалістами відповідної галузі та членами редакційної колегії.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів різних галузей харчової промисловості.

Редакційна колегія: О.Б. Бутнік-Сіверський, В.С. Гуць, Л.С. Дегтярьов, В.А. Домарецький, О.А. Заїнчковський, В.М. Ковбаса (заступник головного редактора), А.М. Король, М.П. Купчик, А.П. Ладанюк, Л.В. Левандовський, І.Ф. Малежик, М.А. Мартиненко, Т.Л. Мостенська, М.О. Прядко, Н.М. Пушанко (відповідальний секретар), Г.О. Сімахіна, С.О. Гуткевич, О.П. Сологуб, Ю.Г. Сухенко, Н.М. Ткаченко, І.І. Тюрменко, А.І. Українець (головний редактор), М.Д. Хоменко, Л.М. Хомічак (перший заступник головного редактора), Л.М. Чернелевський, О.М. Поляков, В.М. Марченко.

Адреса редакції: 01033 Київ-33, вул. Володимирська, 68, тел. 287-21-54.

*Рекомендовано Вченою радою НУХТ
Протокол № 9 від 27.04.06 р.*

“Наукові праці НУХТ” включено до переліку наукових фахових видань України, з технічних (Бюлетень ВАК України, № 7, 2003) та економічних (Бюлетень ВАК України, № 6, 2005) наук, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів кандидата і доктора наук.

В.П. Кавун, асп.
О.А. Литвиненко, канд. техн. наук
О.І. Некоз, д-р техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРОЗІЇ НЕМЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено зносостійкість фторопластових зразків за умови кавітаційно-ерозійного впливу середовища на них. Наведено рекомендації щодо застосування фторопласта для виготовлення робочих вузлів гідродинамічних кавітаційних апаратів.

Ключові слова: ерозія, зносостійкість, кавітація, втрата маси, інтенсивність навантаження.

У харчовій, переробній, хімічній, нафтохімічній та інших галузях промисловості є важливою проблемою є інтенсифікація технологічних процесів. Переважно цю проблему вирішують вдосконаленням типового обладнання. Проте численні дослідження останніх років свідчать, що перспективним є також використання фізико-механічних ефектів та явищ, які їх супроводжують [6]. Серед таких ефектів заслуговує на увагу гідродинамічна кавітація, проявом якої є виникнення у потоці рідини пустот, заповнених паром або газами, розчиненими в рідині. Перемішувальна, диспергувальна, гомогенізувальна, а також ерозійна дія кавітації є наслідком значної кількості одиничних

It has been investigated the wearing qualities fluoroplastics samples under condition of cavitation-erosive influence of the environment on them. Recommendations concerning application fluoroplastic for manufacturing working units hydrodynamical cavitations apparatus are given.

Key words: erosion, wearproof, cavitation, loss of mass, intensity of point load.

силових впливів колапсуючих кавітаційних пустот (або бульбашок), енергетичний потенціал яких надзвичайно високий [5, 7].

Наведені впливи ефективно реалізуються в гідродинамічних кавітаційних апаратах (ГКА), де штучно створюються умови для виникнення кавітації та справляється ударно-хвильовий вплив на середовище [1].

Водночас захоплення кавітаційних бульбашок біля або на поверхні робочих вузлів ГКА призводить до кавітаційно-ерозійного зношування останніх і, як наслідок, виходу з ладу апаратів або зміни робочих характеристик, потрібних для їх нормальної експлуатації. Здебільшого для виготовлення робочих органів

ГКА використовують металеві матеріали. Однак вони характеризуються недостатніми зносостійкістю, корозійною стійкістю в агресивних середовищах і мають обмежений ресурс роботи.

З огляду на експлуатаційні недоліки металевих матеріалів перспективним напрямом досліджень є підбір таких конструкційних матеріалів, які мають задовільні характеристики при ерозійній дії гідродинамічної кавітації. Відомі літературні джерела та пошукові дослідження авторів свідчать [2, 3], що такі властивості мають неметалеві матеріали, зокрема полімерні та керамічні на основі оксиду алюмінію.

З великої гама полімерних матеріалів на увагу заслуговує фторопласт, який задовольняє більшість вимог, проте, відомості про його кавітаційно-ерозійну зносостійкість фторопласта практично відсутні.

У зв'язку з цим мета даної роботи полягає у визначенні кавітаційно-ерозійної стійкості фторопласта.

Для визначення зносостійкості вибраного матеріалу автори досліджували зразки з фторопласту-4 (ГОСТ 10007—72).

Інтенсивність ерозії й загальні закономірності руйнування матеріалів, а також відносну стійкість різних матеріалів під дією кавітації вивчають за допомогою дослідних установок: у гідродинамічних трубах, магнітострикційних (МСВ), з дисками, що обертаються (УВД), і ударно-ерозійних (УЕС).

Результати досліджень, які одержують в гідродинамічних трубах, найбільш відповідають реальним умовам зношення, але час дослідження кожного зі зразків досить тривалий.

Використання МСВ дає змогу досліджувати процес кавітаційно-ерозійного зношення з мінімальними витратами часу в невеликих об'ємах робочих середовищ. Це сприяє виявленню впливу їх фізико-хімічних властивостей та інших факторів на зношення конструкційних матеріалів, одержанню порівняльних результатів їх зносостійкості у досить жорстких умовах досліджень. Перевагою УВД є більш швидке зношення зразків порівняно з гідродинамічними трубами, а кавітаційна ерозія найподібніша до реальних умов. Недоліком таких установок є незручність спостереження кавітаційної зони і ускладнення при визначенні дійсного значення швидкості потоку рідини відносно зразків.

Спосіб дослідження на УЕС ґрунтується на фізико-механічній гіпотезі, за якою кавітаційно-ерозійне зношення є наслідком безпосередніх ударів мікрооб'ємів рідини. Досліджувані зразки зношуються при перетинанні ними струменя технологічної рідини з високою швидкістю. Ці установки конструктивно прості, компактні й забезпечують відносно прискоренні дослідження.

Встановлено, що порядок розподілу кавітаційної стійкості великої групи конструкційних матеріалів при дослідженнях на гідродинамічному стенді, УЕС, УВД і МСВ приблизно однаковий. Водночас можлива відмінність величини відносної стійкості матеріалів пояснюється тим, що за різних поєднань середовище — температура — матеріал хімічна дія оброблюваного середовища виявляється по-різному залежно від інтенсивності мікроударного навантаження.

Попередні пошукові дослідження кавітаційно-ерозійної стійкості фторопластових зразків на МСВ з амплітудою коливань концентратора 20 мкм і частотою 22 кГц підтвердили перспективність використання фторопласту для виготовлення робочих органів ГКА.

Для ґрунтовніших досліджень, враховуючи зазначене, була використана установка з УЕС (рис. 1), яка складається з герметичної місткості 1, на кришці якої встановлено електродвигун з консольними кронштейнами 6 і з закріпленими зразками 5.

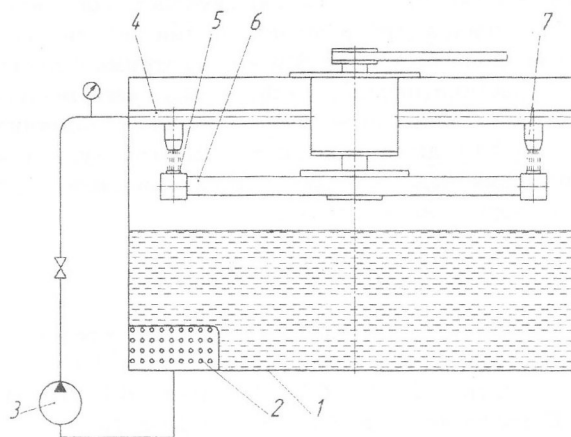


Рис. 1. Дослідна установка з УЕС

Під час обертання кронштейнів з фіксованою швидкістю 50 м/с зразки перетинали струмені води, що витікали під тиском 0,3 МПа з сопел 7, які входили до системи струменерозподільників 4. Необхідний швидкісний напір рідини забезпечувався відцентровим насосом 3, включеним у циркуляційну систему. В місткості 1 встановлювали фільтр 2 для очищення рідини від продуктів ерозії зразків. Зразки виготовляли у вигляді шайб діаметром 20 мм завтовшки 5 мм. Через кожні 10 хв досліджень УЕС зупиняли, знімали зразки і визначали кінетику ерозійних руйнувань.

Графічну залежність втрати маси зразків ΔG , мг, від часу дії t , хв, наведено на рис. 2.

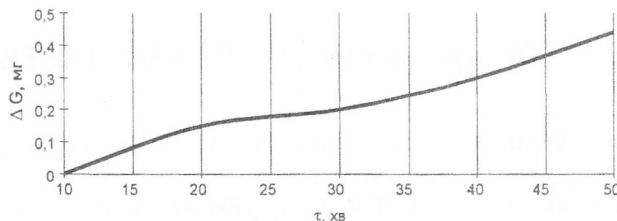


Рис. 2. Графік залежності втрати маси зразків від тривалості кавітаційно-ерозійної дії

На початковому етапі ударно-хвильового впливу видима ерозія зразків починається після 10 хв досліджень (див. рис. 3,а).

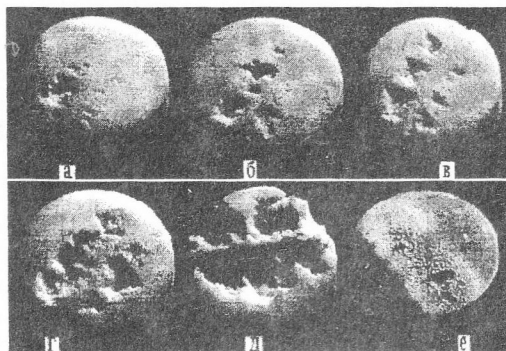


Рис. 3. Мікрофотографії досліджуваних зразків

Макроскопічний аналіз показує, що розподіл ерозійних руйнувань нерівномірний по поверхні зразка і

пов'язаний переважно з можливими дефектами структури поверхневого шару. Протягом наступних 10 хв кавітаційної дії ерозійні ушкодження поширюються — збільшуються їх площа і глибина (див. рис. 3,б).

Відомо, що за своєю природою кавітаційна ерозія — переважно механічна. Особливістю її дії є локальне прикладання навантаження, тобто вплив на мікроділянки [7]. Розподіл і поширення напружень, які є наслідком ударів кумулятивних мікроструменів, що виникають при захопленні кавітаційних бульбашок, відбуваються нерівномірно. Через це в локальних мікрооб'ємах структури поверхні матеріалу, що зазнає силової дії, напруження, які виникають при цьому, можуть перевищити границю плинності матеріалу, а багаторазова ударно-хвильова дія кавітації призводить до його пластичного деформування. Подальші напруження спричиняють утворення нових дефектів, які знижують міцність матеріалу, зумовлюють їх накопичення і нетривалий інкубаційний період, коли втрати маси зразка незначні (див. рис. 3,в). Однак після 40 хв ударно-хвильової дії (див. рис. 3,г) починається прискорена ерозія зразка, а ще через 10 хв втрата маси набуває лавиноподібного катастрофічного характеру, і зразок практично повністю руйнується (див. рис. 3,д).

Такий характер зношування подібний до руйнувань металів, а графічна залежність втрати маси зразків у інтервалі 25—50 хв має аналогічний характер. Відмінність характеру руйнувань на початковому етапі до 25 хв досліджень пояснюється, на нашу думку, різними структурою і фізико-механічними властивостями досліджуваних матеріалів.

Для порівняння на рис. 3,е наведено фотографію поверхні зразка з дюралюмінію Д16, який піддавали ударно-хвильовій кавітаційній дії протягом 50 хв за аналогічних умов. Оскільки алюмінієві сплави мають відносно невисоку кавітаційно-ерозійну стійкість, очевидно, що фторопластові матеріали не забезпечують протидію інтенсивному мікроударному навантаженню.

Висновки. На підставі проведених досліджень можна вважати, що для роботи з агресивними середовищами при невеликій інтенсивності мікроударного навантаження (до 1 Вт/м^2 , що відповідає умовам навантаження на МСВ з амплітудою 20 мкм) можна рекомендувати застосування фторопласту для виготовлення робочих вузлів ГКА.

У разі більшої енергії мікроударної дії середовища (понад 10 Вт/м^2), що відповідає умовам дослідження на УЕС, доцільніше використовувати металеві сплави.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості* / О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович та ін. — К.: РВЦ УДУХТ, 1997. — 87с.
2. *Кавітаційна стійкість неметалевих конструкційних матеріалів* / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз та ін. // Фізика і хімія твердого тіла. — 2003. — Т.4. — №3. — с. 583—584.
3. *Кондрат З., Некоз О.І., Литвиненко О.А.* Дослідження кавітаційно-ерозійної стійкості полімерних матеріалів і композитів // Наук. праці Укр. держ. ун-ту харч. технологій. — 2001. — №10, стор. 62—63.
4. *Сухенко Ю.Г., Некоз О.І., Стечишин М.С.* Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості. — К.: Елерон, 1993. — 108с.
5. *Федоткин И.М., Гулый И.С.* Кавитация: кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. — К.: Полиграфия, 1997. — 839с.
6. *Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування* / А.І. Соколенко, В.Б. Костін, К.В. Васильківський та ін.; За ред. А.І. Соколенка. — К.: АртЕк, 2000. — 306с.
7. *Эрозия: Пер с англ.* / Под ред. К. Прис. — М.: Мир, 1982. — 464 с.

Надійшла до редколегії 10.10.05 р.