

Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, В.Ю. Сухенко
Кавітаційна стійкість неметалевих конструкційних матеріалів

*Український державний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ-33, 01033, Україна,*

Наведено результати досліджень неметалевих конструкційних матеріалів для експлуатації в умовах кавітаційно-ерозійного зношування. Показано, що полімерні і керамічні матеріали перспективні для виготовлення вузлів технологічного обладнання, призначеного для оброблення харчових середовищ в гідродинамічних кавітаційних апаратах (ГКА).

Ключові слова: кавітація, зносостійкість, полімери, керамічні матеріали.

Стаття поступила до редакції 17.02.2003; прийнята до друку 26.08.2003.

В машинобудуванні для харчової та переробної промисловості важливого значення набуває раціональний вибір конструкційних матеріалів. Їх застосування обмежене санітарно – гігієнічними вимогами і обумовлене доступністю та вартістю. Для експлуатації в харчовій промисловості дозволений вузький асортимент матеріалів. Використання кольорових сплавів, легованих і високолегованих сталей не завжди економічно оправдане.

Відомо, що зносостійкість конструкційних матеріалів в харчових середовищах часто зумовлена їх антикорозійними властивостями, а характеристики міцності не завжди мають першорядне значення [1]. Через це заслуговують на увагу полімерні, композитні та керамічні матеріали для виготовлення деталей і вузлів технологічного обладнання, в роботі якого кавітаційні режими є нормальними.

У харчовому машинобудуванні конструкційні матеріали з полімерів і композитів та захисні покриття на їх основі використовують давно. Вони недорогі, зручні при механічному обробленні, мають високу корозійну і достатню абразивну зносостійкість. Такі властивості забезпечують полімерам задовільні експлуатаційні характеристики в технологічних середовищах харчових і переробних виробництв. Полімерні матеріали і композити використовують для виготовлення ущільнень, втулок, шестерень, зубчастих коліс, різьбових деталей різного призначення тощо. Зносостійкість полімерних матеріалів і покриттів в різних технологічних середовищах досліджено досить повно, однак, літературні відомості про кавітаційну стійкість полімерних матеріалів і композитів обмежені та недостатні. Зокрема, в [2] встановлено, що під дією гідродинамічної кавітації руйнування зразка з поліетілену почалося вже після п'ятої

хвилини досліджень. Аналогічні результати спостерігали при дослідженні зразків з епоксидної смоли. Відомо [3], що кавітаційна стійкість полімерів, зокрема, поліхлорвінілу (ПХВ), фторопласту значно вище стійкості алюмінію, але поступається зносостійкості легованої сталі. Кавітаційно-ерозійну стійкість полімерів, що складаються з матриці на основі епоксидної смоли і наповнювачів, досліджували в 3%-ному водному розчині NaCl [4]. Встановлено, що зносостійкість полімерів визначається також властивостями наповнювача. Так, тривалість інкубаційного періоду при кавітаційному руйнуванні полімерів (тобто до початку інтенсивної ерозії) з наповнювачами у вигляді карбідів важкоплавких металів з розмірами 20...100 мкм становить 35...50 хв. Для полімерів з силіконовим наповнювачем – 30 хв, а для епоксидної смоли без наповнювача – лише 25 хв. Очевидно, що кавітаційна стійкість зразків обумовлена їх фізико-механічними властивостями.

Авторами досліджено кавітаційну стійкість деяких полімерних конструкційних матеріалів у водопровідній воді, температуру якої підтримували $20 \pm 2^\circ\text{C}$. На установці з магнітострикційним вібратором (МСВ) при частоті коливань 22 кГц обробленню піддавали зразки з поліуретану, поліетилену, епоксидної смоли та композицій на її основі. Їх зносостійкість визначали ваговим методом за об'ємними втратами маси зразків протягом чотирьох годин.

Встановлено, що найбільш високу зносостійкість мають зразки з композицій "епоксидна смола + силікон". Об'ємні витрати їх маси за час досліджень становлять 0,03...0,05 мм³ залежно від вмісту наповнювача, що в 2,5...4 рази менше втрат маси зразків з поліуретану, в 7...10 разів – зразків з

поліетилену і майже в 100 разів – зразків з алюмінію за аналогічних умов досліджень.

При дослідженні стійкості композицій “епоксидна смола + силікон” з різним вмістом наповнювача встановлено, що домішки силікону в епоксидній смолі змінюють її модуль пружності, який зменшується зі збільшенням вмісту силікону. Внаслідок цього кавітаційна стійкість таких конструкційних матеріалів підвищується.

Порівняльні дослідження кавітаційної стійкості еластомерів показали, що тривалість інкубаційного періоду зразків з гуми майже в 10 разів більша за стійкість сталі 45 в аналогічних умовах досліджень. Причому, зносостійкість гум визначається їх фізико-механічними властивостями, зокрема, ступенем наповнення технічним вуглецем. Але, через недостатню жорсткість гуми застосовують переважно як захисні покриття і використовують для захисту робочих вузлів технологічного обладнання, зокрема, відцентрових насосів.

Перспективними конструкційними матеріалами для виготовлення деталей обладнання, які працюють в умовах кавітаційно-ерозійного зношування, вважаються керамічні матеріали. Вони відрізняються достатньою твердістю, питомою міцністю, хімічною інертністю тощо. При дослідженнях та з досвіду промислового використання накопичено певні дані про їх властивості за різних умов експлуатації [3,5]. Однак, відомості про кавітаційну стійкість керамічних матеріалів обмежені. Зокрема, встановлено, що в керамічних матеріалах, як і в металах, внаслідок ударно-хвильової дії

колапсуючих кавітаційних бульбашок виникають пружні деформації, які спричиняють виникнення поверхневих тріщин на поверхні та їх поступове крихке руйнування [3]. Експериментальні дослідження кавітаційного зношування зразків з керамічних матеріалів внаслідок їх руйнування під дією ультразвукової кавітації показують, що за зносостійкістю вони перевищують традиційні конструкційні матеріали. Найбільшу зносостійкість мають керамічні матеріали на основі карбіду бора, дещо меншу – на основі оксиду алюмінію [6]. Однак, зважаючи на економічні показники, використання матеріалів на основі оксидів алюмінію більш раціональне.

Авторами проведені пошукові дослідження зносостійкості керамічних зразків з вмістом оксиду алюмінію 92...96% у водопровідній воді при температурі $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Для досліджень використовували установку з МСВ при частоті його коливань 22 кГц. Встановлено, що зі зменшенням твердості зразків лише на 2,5% швидкість їх руйнування збільшується майже на 12%. При цьому ударна в'язкість зразків була практично однаковою. Водночас, втрати маси зразків з типової конструкційної сталі 45 за аналогічних умов досліджень в 7...8 разів більші, ніж керамічних. Одержані результати свідчать про можливість використання керамічних конструкційних матеріалів для виготовлення деталей технологічного обладнання, які працюють в умовах кавітаційно-ерозійного зношування.

- [1] Г.А. Прейс, Н.А. Сологуб, А.И. Некоз. *Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности*. Машиностроение, М. 208 с. (1979).
- [2] М.А. Аскеров. *Кавитационное разрушение металлов и полимеров*. Сабчота Сакартвелло, Тбилиси, 140 с. (1973).
- [3] К.М. Прис. Кавитационная эрозия // *Эрозия*, Мир, М., сс. 269-230 (1982).
- [4] М.С. Стечишин, Е.Н. Кальба. Кавитационно-эрозионная стойкость полимер-композиций в солевых растворах // *Пробл. трения и изнашивания*, 24, сс. 70-74 (1983).
- [5] Ю.А. Пилиповский, Т.В. Грудина, А.Б. Сапожникова и др. *Композиционные материалы в машиностроении*, Техника, К., 141 с. (1990).
- [6] Н.Ф. Опанащук, А.И. Некоз, А.Б. Жидков и др. Кавитационная стойкость порошковых материалов на основе тугоплавких соединений // *Пробл. трения и изнашивания*, 24, сс. 70-74 (1983).

Y.G Sukhenko, A.A. Litvinenko, A.I. Nekoz, V.Y. Sukhenko

Cavitation Resistance Of Non-Metal Constructional Materials

Ukrainian State University of food technologies
68, Vladimirska Str., Kyiv, 01033, Ukraine

The results of the research of operation of non-metal constructional materials in the conditions of cavitation and erosion wear process of wear are demonstrated. The polymeric and ceramic materials perspective for manufacturing of the units of the engineering equipment set for the surroundings in the hydrodynamic cavitation devices are displayed.