

## КАВІТАЦІЙНО-ЕРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ В КОРОЗІЙНО-АКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*Розглянуто порівняльну кавітаційно-ерозійну зносостійкість пластмас та їх удароміцних аналогів в нейтральних, лужних та кислих середовищах. Отримані результати обґрунтовані з позиції крейзоутворення та механіки їх руйнування в середовищах.*

**Постановка проблеми.** Загальні втрати маси металів і сплавів на їх основі при кавітаційно-ерозійному зношуванні в корозійно-активних середовищах розглядаються як сума втрат від дії механічного і корозійного факторів руйнування. При цьому вклад корозії в загальні втрати маси, за даними різних авторів суттєво відрізняються. У наших дослідах [1] при кавітації зразків із сталі 45 нормалізований, у жорсткій воді і 3-відсотковому розчині хлориду натрію при амплітудах коливань вібратора від 5 до 40 мкм з частотою коливань 22 кГц корозійні втрати становили від 15 до 4 % в жорсткій воді і від 34 до 6,7 % в розчині хлориду натрію. При цьому електрохімічне розчинення мікрооб'ємів металів знижує поверхневі бар'єри виходу дислокацій на поверхню. У місцях виходу дислокацій виникають нові мікрогальванопари, що сприяє анодному розчиненню мікрооб'ємів металу в цих місцях і збільшує електрохімічну гетерогенність поверхні в цілому. Крім цього, місця виходу дислокацій є центрами початку зародження мікротріщин, що сприяє полегшенню і розширенню процесів втомного руйнування. У свою чергу, кавітація, зокрема, внаслідок створення нерівномірного поля напруженості мікрооб'ємів металу поверхні, активізує процеси протікання електрохімічних взаємодій системи поверхня-розчин. Власне корозійна стійкість, а в багатьох випадках і повна інертність до дії корозійно-активних середовищ, зумовила інтерес дослідників і практиків до застосування пластмас та до розробки їх нових видів. Крім того, пластмаси мають і ряд інших, суттєвих переваг над раніше освоєними матеріалами. По-перше, їх виробництво менш енерго- і матеріалоемне, а по-друге, їх легко, зручно і з меншими затратами праці можна переробляти у виробі. По-третє, вони мають ряд суттєвих експлуатаційних характеристик: висока корозійна стійкість, часто невисокий коефіцієнт тертя, здатність до заліковування мікротріщин при циклічних навантаженнях, невелику питому вагу і величезну кількість видів [2, 3]. Власне останнє і ускладнює вибір оптимального виду пластмаси залежно від умов експлуатації виробу: характер, умови і вид зовнішнього навантаження; температура та її розподіл в зоні контакту деталей та з середовищем, тип середовища тощо. Крім того, застосування пластмас для виготовлення кавітаційно-стійких деталей гальмується дуже обмеженою кількістю досліджень у цій області. У той же час, дослідження вказують на значну перспективність застосування полімерів і композицій на їх основі для підвищення зносостійкості пар тертя і в тому числі, пар тертя, що працюють в агресивних середовищах [3, 4].

Застосування пластмас стримується також нижчими, порівняно з металевими сплавами, механічними характеристиками, високою залежністю останніх від температури. Так, під впливом температури в зоні фрикційного контакту змінюється структура полімерів, що призводить до різкого зниження характеристик міцності. Полімери мають значно нижчі теплофізичні характеристики ніж метали і тепла енергія концентрується в приповерхневих шарах. Тому навіть незначне перевищення температури порогу теплостійкості полімеру може привести до його катастрофічного зношування [4]. Разом з тим, за даними різних авторів, температури детонації кавітаційних бульбашок, значно відрізняються, але у всіх випадках перевищують поріг теплостійкості досліджуваних пластмас. Так, за розрахунками Пірсола температура детонуючої бульбашки становить  $500 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , Богачев І.М. вважає, що вона знаходиться в межах  $230 \dots 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$  [5]. В роботі [6] вказується на можливість досягнення температури  $1000 \dots 3000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Таким чином, знаходження кавітаційно-стійких полімерів і композицій на їх основі, розробка методики проведення кавітаційно-ерозійних випробувань в рідких середовищах з контролем температури в зоні кавітації та обґрунтування отриманих результатів і є метою даної роботи.

**Методика проведення досліджень.** Дослідження на кавітаційно-ерозійну зносостійкість полімерів проводили на установці з магніострикційним вібратором (МСВ). Ультразвукові коливання збуджувалися ультразвуковим генератором УЗДН-А перетворювалися в поздовжні коливання двома пластинами п'єзокераміки і підсилювалися за допомогою концентратора вібрацій.

Зразки з полімерних матеріалів кріпляться знизу у вузлі кріплення, який розташований в ємності для робочих середовищ, яка виготовлена із фторопласту (рис. 1,а). Зазор між торцями вібратора і зразка становив 0,6 мм, що за даними роботи [7] забезпечує максимальну інтенсивність руйнування поверхні зразка.

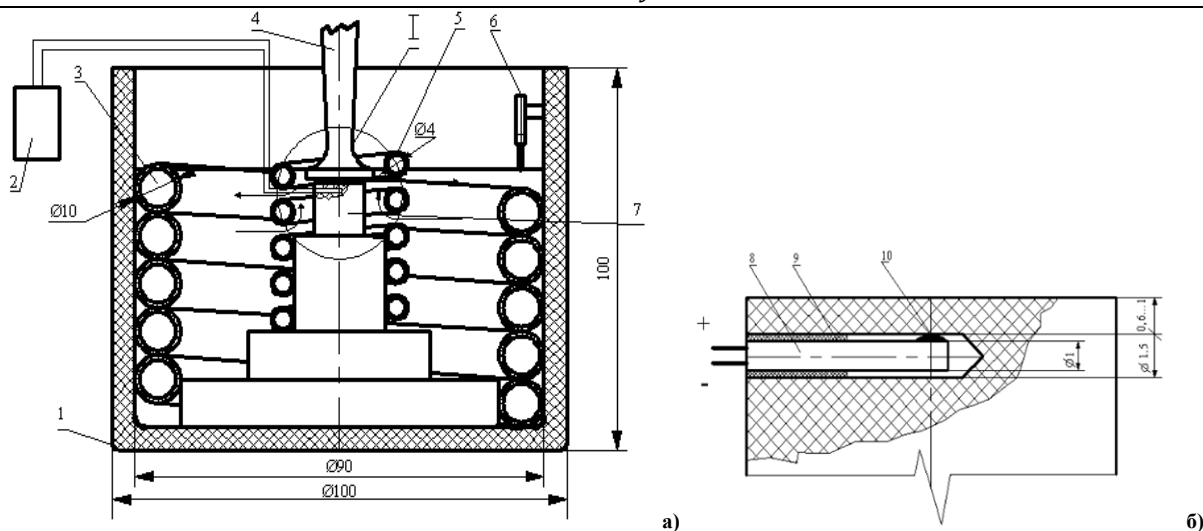


Рис. 1. Схема установки для проведення кавітаційно – ерозійних досліджень полімерних матеріалів (а – загальна схема; б – схема установки термопари у зразку): 1 – смінь для робочих середовищ; 2 – прилад для вимірювання приповерхневої температури зразка; 3 – контур охолодження робочого середовища; 4 – вібратор; 5 – контур охолодження зони кавітації; 6 – термометр контролю середньої температури робочого середовища; 7 – зразок; 8 – хром-копелева термопара; 9 – гумова втулка фіксації і ущільнення термопари; 10 – контакт термопари з поверхнею зразка

У фторопластовій ємності 1 (фторопласт абсолютно нейтральний по відношенню як до кислих так і лужних середовищ) встановлено два охолоджуючих контури 3 і 5. Перший контур 3 забезпечує термостатування всього об'єму робочого середовища, а другий 5 підтримує стабільність середньої температури середовища безпосередньо в зоні кавітації. Для підвищення ефективності охолодження зони кавітації експериментальним шляхом підібрано крок охолоджуючого контура 5, який становить 4 мм. Такий мінімальний крок забезпечує вільне переміщення різнонагрітих об'ємів середовища між витками контура.

Визначення температури в зоні контакту кавітаційних бульбашок між собою, ерозійних потоків і ударних хвиль з поверхнею зразка, а тим більше знаходження миттєвих локальних температур мікрооб'ємів поверхні в момент її навантаження ударною хвилею здійснити надзвичайно важко, тому вимірювали усереднену об'ємну приповерхневу температуру зразка хром-копелевою термопарою 8, яка розміщувалася на віддалі 0,6...1 мм від робочої поверхні зразка (рис. 1, б). Термопара фіксується і герметизується в отворі втулкою 9 та одночасно запобігає відриву контакту термопари 10 і зразка від дії ударних хвиль, що поширюються в робочому середовищі під час проведення досліджень. Термопара під'єднувалася до приладу вимірювання температури G – 890, який забезпечує похибку вимірювання в межах 0,75 %.

Дослідження на зносостійкість зразків проводили в нейтральному (3 %-му розчин хлориду натрію), лужному (оксид кальцію CaO – 250 г/л + цукроза – 15 % від маси CaO) та кислому (двозаміщений натрій фосфат  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 10 г/л, лимонна кислота  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  – 5г/л) середовищах.

При виборі матеріалів для виготовлення деталей різного призначення, міцність часто є вирішальним фактором. Розширення використання пластмас в значній мірі обумовлено розробкою нових зміцнених композицій. В багатьох випадках необхідні порівняно недорогі полімери, вироби з яких мають достатню міцність у широкому інтервалі температур. Одним із підходів для вирішення цієї проблеми є зміцнення вже відомих полімерів волокнами пластмас, структурними пінопластами, каучуками, сополімерами [7]. У результаті цього отримуємо удароміцні пластмаси, які характеризуються жорсткістю і опором руйнуванню на злом.

Тому в роботі приведені результати кавітаційної стійкості відомих пластмас і модернізованих на їх основі – удароміцних пластмас. Наприклад, отримані дані про зносостійкість фторопласту Ф4 та удароміцної композиції на його основі – фторопласту Ф4С15 (фторопласт Ф4 + 15 % скловолокна).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Порівняльний аналіз зносостійкості удароміцного фторопласту Ф4С15 і фторопласту Ф4 при мікроударному навантаженні показує (рис. 2,а), що в усіх середовищах удароміцний фторопласт протягом 3 год кавітації має вищі показники стійкості (менші втрати маси). Найбільшу зносостійкість обидва матеріали показали в нейтральному середовищі (криві 4 і 2 на рис. 2,а), а найменшу фторопласт Ф4 у лужному і кислому середовищах (криві 1 і 3 на рис. 2,а). У нейтральному середовищі залежність втрати маси  $G$  – від часу випробувань ( $\tau$ ) має найбільш прямолінійний характер, особливо для фторопласту Ф4. Очевидно, це пов'язано зі сталою структурною будовою поверхневих шарів фторопласту, опір руйнуванню яких визначається лише структурно-механічними властивостями полімеру. Збільшення механічних властивостей удароміцного фторопласту, зокрема опору крихкому руйнуванню при ударному навантаженні мікрооб'ємів структури привело до збільшення кавітаційно-ерозійної стійкості фторопласту Ф4С15 в 1,3 рази порівняно з фторопластом Ф4 (криві 4 і 2 на рис. 2,а). Більш складний вигляд кривих руйнування маємо в кислих, а особливо в лужних середовищах. Так, фторопласт Ф4 в лужному середовищі має найбільші втрати маси (крива 3 рис. 2, а), а удароміцний фторопласт після 3-ох годин кавітації в лужному середовищі зрівнявся за втратами маси з

випробуваннями його в нейтральному середовищі (криві 2 і 6 рис. 2,а). Крім того, вид кривих 1, 3, 6 на (рис. 2,а) вказує на можливість зміни механізмів поверхневого руйнування в лужних та кислих середовищах.

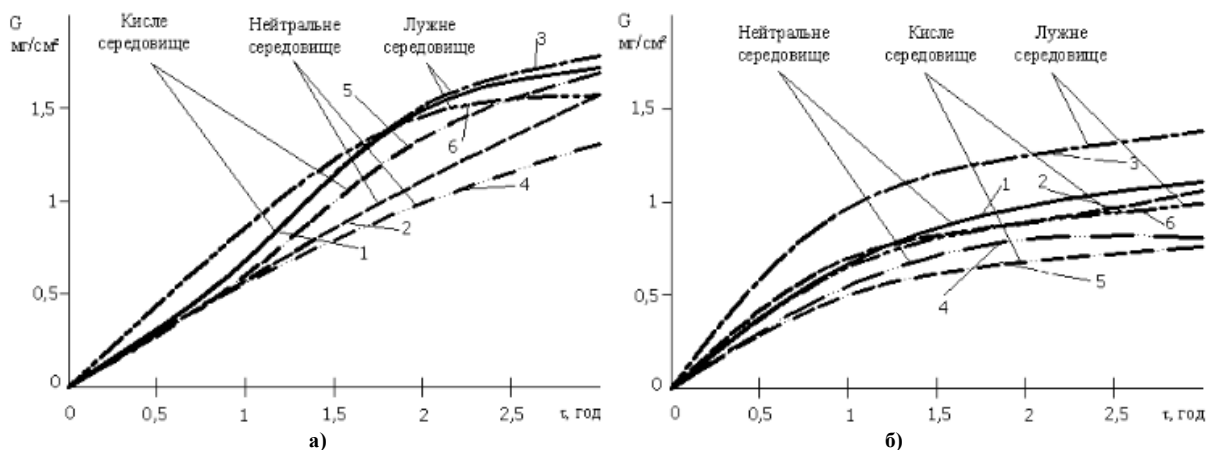


Рис 2. Кінетична зносостійкість полімерів (за втратами маси) при мікроударному навантаженні: а) фторопласт Ф4: 1 – кисле середовище; 2 – нейтральне середовище; 3 – лужне середовище; фторопласт Ф4С15: 4 – нейтральне середовище; 5 – кисле середовище; 6 – лужне середовище б) поліпропілен: 1 – нейтральне середовище; 2 – кисле середовище; 3 – лужне середовище; поліпропілен УДС-1М: 4 – нейтральне середовище; 5 – кисле середовище; 6 – лужне середовище

У всіх середовищах втрати маси удароміцного поліпропілену УДС-1М менші аніж поліпропілену. При цьому удароміцний поліпропілен має найменші втрати маси в кислому середовищі (крива 5 на рис. 2,б), а найбільші в лужному середовищі (крива 6 на рис. 2,б). За зростанням зносостійкості поліпропілен і удароміцний поліпропілен розміщуються в ряд: кисле, нейтральне та лужне середовища.

Порівняння зносостійкості при кавітації (втрати маси за 3 год випробувань) показує, що поліпропілен порівняно з фторопластом має вищі показники стійкості на 55 %, 48 % і 34 %, відповідно, в нейтральному, кислому і лужному середовищах. Те саме порівняння між удароміцним поліпропіленом і фторопластом показує значення 50 %, 210 % і 60 %.

Отже, очевидним є той факт, що для виготовлення деталей обладнання, які підлягають мікроударному навантаженню в нейтральних, лужних і кислих середовищах перевагу слід віддавати удароміцному поліпропілену УДС-1М. Особливо перспективним є його застосування для виготовлення деталей, які зазнають кавітаційного руйнування в кислих середовищах (підвищення зносостійкості порівняно з фторопластом Ф4С15 сягає 210 %). Разом з тим, удароміцний фторопласт має високу, а часто абсолютну корозійну стійкість в усіх середовищах, високий модуль пружності, твердість, а його коефіцієнт тертя в 6,25 разів менший за коефіцієнт тертя поліпропілену. Технологічність виготовлення деталей і високі механічні характеристики удароміцного фторопласту роблять його дуже перспективним матеріалом у машинобудуванні і, зокрема, для виготовлення кавітаційно-стійких деталей, які працюють в агресивних середовищах з високими механічними напруженнями. При цьому чим вища корозійна активність середовища, тим ефективніше застосування удароміцних фторопластів.

Аналіз характеру кінетики зношування фторопласту вказує на можливість зміни механізмів поверхневого руйнування, особливо у відношенні фторопласту Ф4 у кислому середовищі (криві 1 і 5 рис. 2,а). У той же час, характер зміни кінетики зношування поліпропіленів описується однаковими кривими (рис. 1,б), що може бути свідченнями незмінності механізму руйнування протягом часу проведення випробувань.

Як відомо з [8], усі агресивні середовища за характером їх дії на полімери поділяються на фізично і хімічно активні. Перші приводять до зворотніх змін в структурі матеріалу (набухання, розчиненню і т.д.), які після видалення середовища зникають. Другі приводять до незворотніх змін у будові полімерів. Випробувані нами композиційні полімери відносяться до хімічно-стійких матеріалів у досліджених середовищах, особливо, фторопласт [9].

Разом з тим, це стосується лише по відношенню до корозійних випробувань проведених без зовнішнього навантаження полімерів. Так, при дії напружень розтягу різко зростає дифузія дистильованої води в поліформальдегід. Зі збільшенням напружень розтягу збільшується і дифузія дистильованої води і при певному критичному значенні напруження, перестає виконуватися закон Фіка. Крім цього, як показали дослідження, зі збільшенням концентрації води в об'ємі матеріалу зменшуються його модуль пружності, границя міцності та характеристики циклічної витривалості [8]. Очевидно, що при кавітації коли місцеві, локальні тиски можуть перевищувати статичний тиск в 150000 разів, а температура в зоні порожнини кавітаційної бульбашки при адиабатній детонації становить, за даними різних авторів, від 230 до 700 °C [5,10], а в умовах резонансу паро-газових бульбашок – до 1000°C і більше [6, 11], відповідно такі температури і тиски здатні ініціювати хімічні реакції між полімером, його структурними складовими та робочим середовищем. Таким чином, сумісне протікання механічних і хімічних процесів у полімерах призводить до так званих механохімічних явищ [12]. Механічні напруження сприяють розриву зв'язків у макромолекулах полімера, розрихленню структури і тим самим призводять до зміни кінетичних параметрів процесу деструкції полімерів при дії середовища. В свою чергу, процес деструкції полімерів при дії хімічно-

активних середовищ призводить до зміни механічних властивостей матеріалу.

Вказані зміни механічних властивостей полімерів після експозиції в хімічно-активних середовищах під напруженням приводить до окрихчування і, спочатку, до появи мікротріщин, а далі до їх росту. Цей процес називають корозійним розтріскуванням, або розтріскування при дії хімічно-активного середовища [8]. Згідно з [7] появою мікротріщин передують утворення пластичних зон на поверхнях полімеру-крейз (тріщин срібла). В роботі [13] експериментально виявлено наявність крейз в поліпропілені після 3 год кавітації в 3 %-му розчині натрій хлориду, та на основі моделі Дагдейла знайдено критерій розкриття тріщини (КРТ). За Дагдейлом при досягненні КРТ критичного значення тріщина починає рости, а при менших значеннях КРТ ріст тріщин не відбувається. Такий механізм руйнування характерний для кристалічних (удароміцних) полімерів. Однак Бартєнев Г.М [14] заперечує, що накопичення крейз (розтріскування) і є власне руйнування полімерів, яке приводить до повного руйнування його об'єму. Автори роботи погоджуються з цим, але лише по відношенню до об'ємної міцності полімерів і при відсутності дії рідких середовищ. Так, Костецький Б.І [15] розрізняє об'ємну і поверхневу міцність полімерів при терті, відповідно, розглядає механізми їх об'ємного і поверхневого руйнування. Дослідження також показали полегшення проникнення рідких середовищ в область скупчення крейз, а також інтенсивну хімічну взаємодію між середовищем і полімером. Згідно грубої оцінки питома величина новоутвореної поверхні, внаслідок хімічних реакцій на поверхні зразків під напруженням з поліпропілену, пентапласту і дифлону в 96-відсотковій сірчаній кислоті, складає 100...200 см<sup>2</sup> на 1 см<sup>3</sup> об'єму крейз [8]. Ця поверхня містила підвищений вміст реакційно здатних центрів (у вигляді радикалів, нестійких розрізнених хімічних груп, фібрил, глобулів тощо). Тому автори [8, 15] стверджують, що поява навіть невеликої області скупчення крейз у присутності хімічно-активного середовища і механічних напружень здатні привести до швидкого руйнування поверхневого шару полімеру. Товщина зруйнованого поверхневого шару відповідає глибині залягання крейз.

Застосування уточненої моделі руйнування полімерів – модель Дагдейла-Леонова-Панасюка з врахуванням результатів роботи по знаходженню розмірів зони крейз у вершині тріщини [16] показав, що абсолютний розмір зони крейз (зони розрихлення) пропорційний квадрату коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_I$ , який розраховували за формулою:

для односторонньої тріщини

$$K_I = \sigma \sqrt{\pi h} \xi(h/b), \quad (1)$$

для двохсторонньої симетричної тріщини

$$K_I = \sigma \sqrt{2btg(\pi h/2b)} \eta(h/b), \quad (2)$$

де  $\sigma$  - напруження розтягу;  $2b$  – товщина зразка;  $h$  – глибина тріщини;

$\xi(h/b)$  і  $\eta(h/b)$  – функції уточнення геометричних параметрів зразка, прийняті за даними [17].

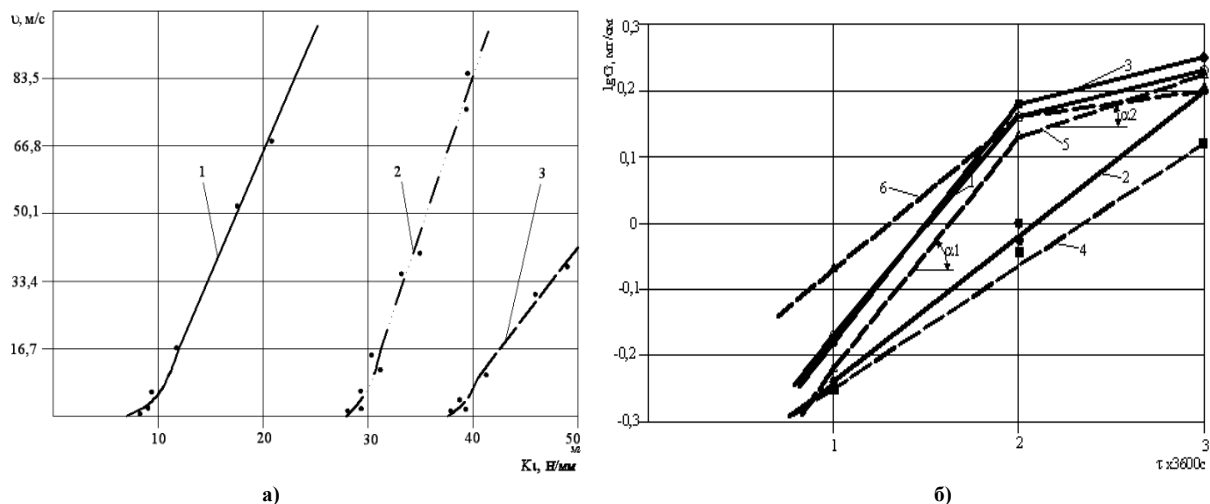


Рис. 3. Залежність швидкості росту тріщини від коефіцієнту інтенсивності напружень: а) поліпропілену в лужному (1), удароміцного поліпропілену в кислому (2) і фторопласту Ф4С15 в нейтральному (3) середовищах; б) кінетика зносостійкості полімерів у напів-логіфічних координатах

Дослідження на довговічність надрізаних зразків з поліпропілену в лужному і удароміцного поліпропілену в кислому середовищі (рис. 3, а) показали, що швидкість росту тріщини різко зростає з підвищенням коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_I$ . При цьому існує його критичне значення перевищення якого приводить до інтенсивного об'ємного руйнування матеріалу. Для поліпропілену в лужному (крива 1 на рис. 3,а)  $K_I \approx 10 \text{ Н/мм}^{3/2}$ , для удароміцного поліпропілену  $K_I \approx 30 \text{ Н/мм}^{3/2}$  в кислому (крива 2, на рис. 3,а) середовищах. Результати роботи [18] свідчать, що помітне прискорення процесу переносу рідини у вершині тріщини проходить у поліпропілені (96 %-му розчині сірчаної кислоти) при  $K_I > 6,5...7,0 \text{ Н/мм}^{3/2}$ , що співпадає з нашими даними. Отримані значення  $K_I$  також підтверджуються

результатами зносостійкості досліджених полімерів відповідно, поліпропілен в лужному (крива 3 на рис. 2,б), удароміцний поліпропілен в лужному (крива 5 на рис. 2,б) і удароміцного фторопласту Ф4С15 в нейтральному (крива 4 на рис. 2, а) середовищах. Таким чином, критичне значення коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_I$  практично співпадає зі значенням при якому прискорюється процес переносу рідини в зону вершини тріщини. Отже, критерій  $K_I$  знайдений за уточненою моделлю Дагдейла–Леонова–Панасюка, можна використовувати для інженерних розрахунків об'ємного руйнування полімерів, які перебувають в контакт з агресивними середовищами.

На рис. 3,б показана кінетика зносостійкості фторопластів Ф4 і Ф4С15 в досліджуваних середовищах. На всіх графіках є точки перелому, що вказує, як згадано вище, на зміну механізму зношування. Очевидно на першому етапі (до точки перелому кривих) мікроударної дії середовища утворюються крейзи і коли їх кількість досягає критичної величини, різко збільшується площа і об'єм поверхні, що бере участь в опорі руйнуванню, як видно з рис. 3,б, зменшується. Швидкість руйнування поверхні тут можна оцінити за величиною тангенса кута нахилу прямої до осі абсцис. Швидкість руйнування на першому етапі, наприклад для фторопласту Ф4С15 дорівнює  $tga_1$ , а для другого етапу  $tga_2$  і  $tga_1 > tga_2$ . Аналогічно ведуть себе інші полімери.

Крім того, крейзи не є тріщинами у звичайному розумінні цього слова, так як вони заповнені видозміненим полімером. Внаслідок мікроударної будови полімерів, структури яких містить мікрозони надсегментальної і надмолекулярної організації, перед тріщиною проходить розшарування полімера на мікро тяжі, між якими утворюються мікропустоти. При цьому крейзи являють собою клиновидні області розшарованого і сильно деформованого полімеру, що зазнав значної витяжки і зміцнення. Зміцнені ділянки матеріалу (тяжі) укріплюють створи тріщин. Приймаючи на себе навантаження, вони перешкоджають значному росту перенапружень у вершинах мікротріщин. Останнє також пояснює зменшення швидкості руйнування полімерів (рис. 3,б).

**Висновки.** 1. При дії мікроударного навантаження в рідких середовищах поверхнева міцність визначає довговічність полімерних матеріалів.

2. Сумісна дія зовнішнього навантаження і корозійного середовища активізують хімічні процеси і змінюють структуру і склад полімеру. Цей процес особливо пришвидшується при утворенні крейз.

3. Уточнена модель Дагдейла-Леонова-Панасюка придатна для розрахунків об'ємної і поверхневої міцності полімерів.

4. Удароміцний поліпропілен є одним з перспективних матеріалів для виготовлення кавітаційно-стійких деталей, особливо для деталей які працюють в кислому середовищі. Для деталей які зазнають значних зовнішніх механічних напружень, та мікроударних навантажень в агресивних середовищах, перевагу слід надавати удароміцному фторопласту.

### Література

1. Стечишин М.С. Методи оцінки та прогнозування довговічності при корозійно-механічному руйнуванню металів і сплавів // Вісник ТУП. – № 3. – 2001. – С.61 – 63.
2. Шалкаускас М.И. Металлизация пластмасс. – М.: Знание, 1983. – 64 с.
3. Белый В.А., Довгяло В.А., Юркевич О.Р. Полимерные покрытия. – Минск: Наука и техника, 1976. – 414с.
4. Трение и износ материалов на основе полимеров / В.А. Белый, Свириденко, М.И. Петракович и др. – Минск: Наука и техника, 1976. – 430с.
5. Богачев И.Н. Кавитационное разрушение и кавитационностойкие сплавы. – М.: Металлургия, 1972. – 192с.
6. Эрозия: Пер. с англ. / Под. ред. К.Прис. – М.: Мир, 1982. – 464 с.
7. Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики [Пер. с англ.] – Л.: Химия, 1981. – 328 с.
8. Степанов Р.Д. Расчет на прочность конструкций из пластмасс, работающих в жидких средах / Степанов Р.Д., Шлёнский О.Ф. – М.: Машиностроение, 1981. – 136 с.
9. Материалы в машиностроении. Выбор и применение: в 5т. / Под. общ. ред. В.А. Попова. – М.: Машиностроение, 1969 -. – Т.5: Неметаллические материалы. – М.: Машиностроение, 1969. – 544 с.
10. Мартинюк А.В. Методика проведення досліджень на зносостійкість полімерних матеріалів при мікроударних навантаженнях // Проблеми трибології. – 2009. – № 1. – С.35-38.
11. Гороховский Г.А. Полимеры и технологии обработки металлов. – К.: Наукова думка, 1975. – 224 с.
12. Зуев Ю.С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. – М.: Химия, 1972. – 229 с.
13. Стечишин М.С. Мартинюк А.В., Сорока І.І. Вплив температури поверхні на руйнування полімерних матеріалів під дією мікро ударних навантажень в рідких середовищах // Вісник ХНУ. Техн.. науки. – № 2. – 2008. – С.157-161.
14. Баргенов Г.М. Прочность и механизм разрушения полимеров. – М.: Химия, 1984. – 280 с.
15. Поверхностная прочность материалов при трении / Костецкий Б.И., Носовский И.Г., Караулов А.К., и др.; Под общ. ред. Костецкого Б.И. – К.: Техника, 1976. – 296 с.
16. Лялин А.О. Построение зоны Дагдейла для одностороннего надреза в бесконечной полосе / Лялин А.О., Муров В.А., Степанов Р.Д. – Труды МИХМ, 1977. – № 8. – С. 86-88.

17. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.  
 18. Лялин А.О. Исследования развития трещин в полипропилене и дифлоне под действием агрессивных сред / Ляшин А.О, Муров В.А., Степанов Р.Д // Химическое и нефтяное машиностроение, 1978. – № 7. – С. 23-24.

Надійшла 22.3.2009 р.

УДК 677.055

О.М. ХОМЯК, Б.Ф. ППА

Київський національний університет технологій та дизайну

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РУКАВИЧНОГО АВТОМАТУ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПІД ЧАС ЙОГО ПУСКУ

*Представлено результати досліджень впливу параметрів приводу рукавичного автомату ПА-8-33 на динамічні навантаження, що виникають під час його пуску. Результати досліджень дозволяють вибрати раціональні параметри рукавичного автомату, які забезпечують ефективне зниження пускових динамічних навантажень.*

*he results of researches of influence of parameters of occasion are presented mitten the automat of PA-8-33 on the dynamic loadings which arise up during his starting. The results of researches allow to choose the rational parameters of mitten an automat, which provide the effective decline of the starting dynamic loadings.*

### Вступ

Одним із актуальних завдань трикотажного машинобудування є зниження пускових динамічних навантажень в механізмах в'язальних машин, що благотворно впливає на підвищення надійності та довговічності їх роботи. Зниження пускових динамічних навантажень в в'язальних машинах забезпечує також підвищення якості трикотажного полотна та готових виробів за рахунок підвищення стабільності їх петельної структури, що, наряду з підвищенням надійності та довговічності роботи в'язальних машин і автоматів, заслуговує особливої уваги.

Вирішення даної проблеми не можливе без аналізу впливу параметрів приводу в'язальної машини на величину динамічних навантажень, що виникають під час її пуску. Відомо ряд робіт [1], присвячених визначенню впливу основних параметрів приводу круглов'язальних машин (пусковий момент електродвигуна; моменти сил опору механізмів; моменти інерції обертальних мас машини; жорсткість пружних в'язей обертальних мас приводу) на пускові динамічні навантаження. Однак подібних досліджень стосовно плосков'язальних машин та автоматів, не дивлячись на їх актуальність, до цього часу не проводилося.

Дані дослідження присвячені аналізу впливу параметрів приводу рукавичного автомату типу ПА на динамічні навантаження, що виникають під час його пуску. Дослідження проведені на прикладі рукавичного автомату ПА-8-33.

Об'єктом досліджень обрано рукавичний автомат ПА-8-33 та вплив його параметрів на пускові динамічні навантаження. При вирішенні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії динаміки механічних систем з пружними в'язями.

Враховуючи доцільність підвищення ефективності роботи рукавичних автоматів шляхом зниження динамічних навантажень, що виникають під час їх пуску, стаття присвячена аналізу впливу параметрів одного із перспективних видів рукавичних автоматів, до яких відноситься рукавичний автомат ПА-8-33, на пускові динамічні навантаження.

### Основний розділ

Аналіз конструктивних особливостей рукавичних автоматів типу ПА показує, що до основних його параметрів, які впливають на динамічні навантаження, що виникають під час пуску, слід віднести:

$T_1$  – пусковий момент електродвигуна приводу (тут і надалі враховані приведені величини параметрів);

$T_3$  – статичний момент сил опору механізмів рукавичного автомату;

$J_1$  – момент інерції ротора електродвигуна з урахуванням моменту інерції ведучого шківів першої клинопасової передачі;

$J_2$  – момент інерції обертальних мас веденого шківів першої клинопасової передачі, редуктора і ведучого шківів другої клинопасової передачі;

$J_3$  – момент інерції інших обертальних мас рукавичного автомату;

$C_{12}$  – жорсткість пасів першої клинопасової передачі;

$C_{23}$  – жорсткість пасів другої клинопасової передачі.

Беручи до уваги особливості реальної конструкції рукавичного автомату ПА-8-33 [2], можливості конструктивних змін його вузлів та механізмів, а також перспективи подальшого удосконалення рукавичних автоматів, у якості діапазону й інтервалу варіювання параметрів прийнято: