

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ СПАЇВ ТА ВПЛИВУ ОРІЄНТАЦІЇ СПАЇВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ ВИРОБІВ

*Експериментальні дослідження процесу утворення спаїв підтвердили правомірність використання математичної моделі динаміки неізотермічної течії в'язкої рідини для визначення місць розташування та орієнтації спаїв у готовому виробі. Експериментально отримані функціональні залежності експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів від орієнтації спаїв у готовому виробі*

### **Постановка проблеми**

Велика частина виробів із полімерних матеріалів у легкій промисловості виготовляється методом лиття під тиском. Ці вироби містять спаї, тобто місця злиття потоків розплаву. В результаті чого після певного періоду експлуатації цих виробів вони руйнуються. Зазвичай утворення спаїв відбувається при заповненні прес-форми через декілька впускних каналів, а також при литті двошарових виробів і виробів з отворами.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

На сьогодні відома робота [1], в якій на основі розробленої математичної моделі [2] запропоновано інженерний метод проектування прес-форм литтєвих машин, що дозволяє визначати конструктивні параметри прес-форм, які забезпечують розташування спаїв в найменш навантажених в процесі експлуатації місцях виробу. Однак для подальшого використання результатів цих досліджень необхідна їх експериментальна перевірка. Крім того, при проектуванні прес-форм необхідно враховувати орієнтацію спаїв в готових виробів. З цього випливає мета статті.

### **Формулювання цілі статті**

Підтвердити правомірність використання математичної моделі, яка розроблена в [2], для дослідження процесу утворення спаїв при заповненні порожнини прес-форми полімерним матеріалом та дослідити вплив орієнтації спаїв на експлуатаційні властивості полімерних виробів.

### **Виклад основного матеріалу**

Як зазначається в [3], в місцях утворення спаїв виріб має низькі експлуатаційні властивості. Розташування спаїв у готовому виробі визначає його надійність. У процесі експлуатації різні місця деталей піддаються різним за величиною та за природою навантаженням. При литті під тиском виробів з полімерних матеріалів, якщо не можна уникнути утворення спаїв, необхідно, щоб у тих місцях виробу, де в процесі експлуатації виникають максимальні навантаження, спаї були відсутні.

З метою дослідження процесу утворення спаїв при заповненні порожнини прес-форми полімерним матеріалом був проведений експеримент, що полягав у безпосередньому спостереженні за рухом фронту вільної поверхні розплаву полімеру при обтіканні різних перешкод.

Експериментальні дослідження проводилися на установці (рис. 1), яка дозволяє візуально спостерігати за рухом полімерного матеріалу в порожнині прес-форми.

Для утворення спаїв в процесі заповнення прес-форми були спроектовані та виготовлені спеціальні деталі, які приєднуються до вкладиша (рис. 2) і тим самим відіграють роль перешкод, які обтікає розплав.

Для проведення експериментальних досліджень процесу утворення спаїв використовувався матеріал ПВХ, пластикат ОПЛП-2.

Експериментальні дослідження проводилися за допомогою відеозйомки процесу руху полімерного матеріалу в порожнині прес-форми. Одержаний відеофільм передавався комп'ютеру і за допомогою спеціального програмного забезпечення розбивався на кадри (рис. 3), що дозволило порівняти картину утворення спаїв при обтіканні полімерним матеріалом перешкоди, яка була отримана в результаті

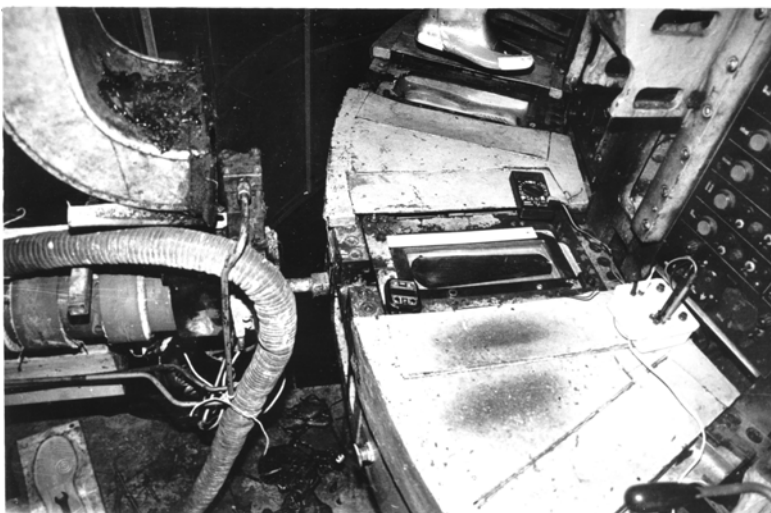


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження процесу заповнення прес-форми полімерним матеріалом

експериментальних та аналітичних досліджень.

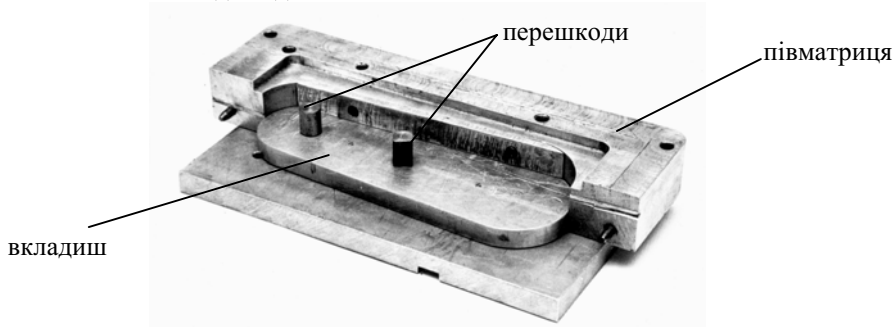


Рис. 2. Розташування перешкод в порожнині прес-форми

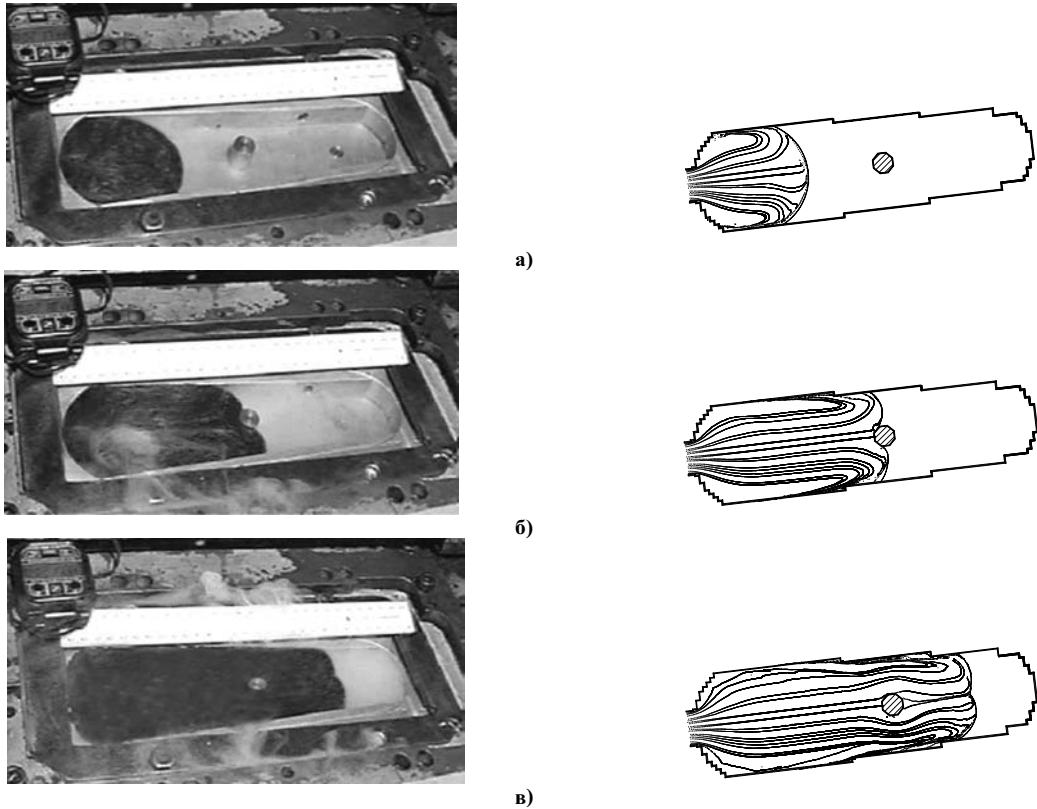


Рис. 3. Положення розплаву полімеру при обтіканні перешкоди, що отримане експериментально та аналітично в момент часу: а)  $t = 0,88$  с; б)  $t = 1,85$  с; в)  $t = 2,16$  с.

З рисунків видно, що в певні моменти часу положення та орієнтація лінії спаю при експериментальних дослідженнях практично не відрізняються від положення та орієнтації спаю при числовому моделюванні. Цей факт підтверджує правомірність використання математичної моделі, яка розроблена в [2], для дослідження процесу утворення спаїв при заповненні порожнини прес-форми полімерним матеріалом.

З метою дослідження впливу орієнтації спаїв на експлуатаційні властивості полімерних виробів були проведені випробування зразків на міцність та втому при різних значеннях кута між спаєм і напрямком руйнівного впливу.

Для вибору досліджуваних параметрів був проведений аналіз апріорної інформації. На основі даного аналізу за контрольовані параметри прийняті фізико-механічні властивості матеріалу, що визначають довговічність низу взуття в процесі його експлуатації: міцність на розрив при розтягу  $F$  та кількість циклів багаторазового згину  $N$ , що передують руйнуванню від втоми.

За основний фактор вибраний кут  $\varphi$  між напрямками орієнтації спаїв та руйнівного впливу. Фактор  $\varphi$  варіювали в межах від  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ .

Враховуючи, що розташування ліній спаю в готовому виробі практично не залежить від властивостей полімеру, вибір матеріалу зразка відбувався довільно.

Зразки для випробування виготовлялися з деталей низу взуття, що виливалися з ПВХ (пластикат ОПЛП-2). Підшви обробляли на машині ДН-2 для одержання зразків заданої товщини. Після цього, за допомогою спеціальних різаків, на пресі ПВГ-8-0 із заготовок вирубали зразки для випробувань.

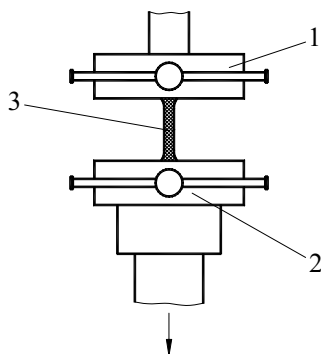


Рис. 4. Схема розтягу зразків при випробуванні на міцність: 1 – нерухомий захват; 2 – активний захват; 3 – зразок для випробування

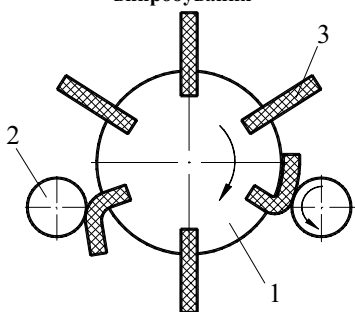


Рис. 5. Схема згину зразків при випробуванні на втоми: 1 – диск; 2 – притисні ролики; 3 – зразки для випробування

де  $F$  – міцність на розрив при розтягу;  $N$  – кількість циклів багаторазового згину, що передують руйнуванню від втоми.

За отриманими рівняннями побудовані графіки залежностей експлуатаційних характеристик виробу від кута між спаєм та напрямком руйнівного впливу (рис. 6).

З наведених на рис. 6 графіків видно, що міцність на розрив та кількість циклів багаторазового згину, які передують руйнуванню від втоми, зростають із зменшенням кута між лінією спаю та напрямком дії навантаження.

### Висновки

Підтверджено правомірність використання розробленого числового методу моделювання течії розплаву полімеру для дослідження процесу заповнення прес-форми та визначення місць розташування і орієнтації спаїв у готових виробах.

Встановлено, що максимальна міцність на розрив відповідає розтягу в напрямку орієнтації спаю, а мінімальна – в перпендикулярному напрямку до орієнтації спаю (рис. 6 а).

Встановлено також, що кількість циклів навантаження, що передують руйнуванню від втоми, найбільша в напрямку, паралельному до орієнтації спаю і найменша – в перпендикулярному (рис. 6 б).

### Перспективи подальших розвідок

Орієнтацію спаїв слід враховувати при проектуванні прес-форм для лиття полімерних виробів. При проектуванні прес-форм для отримання виробів підвищеної якості, необхідно домогтися розташування спаїв під мінімальними кутами до напрямків дії руйнівних навантажень.

Отримані результати можуть послужити підставою для розробки способу виготовлення полімерних виробів з підвищеними експлуатаційними властивостями.

Напрямок орієнтації спаю варіювався в процесі вирубки зміною кута між лінією спаю та віссю різача.

Випробування на міцність проводились відповідно до методики [4] на експериментальній машині РТ-250 М. Схема розриву зразків при розтягу наведена на рис. 4.

Втомну витривалість при багаторазовому згині зразків визначали відповідно до методики [5] на експериментальній машині типу Торренса. Схема згину зразків при випробуванні наведена на рис. 5.

Дослідження впливу орієнтації спаїв на експлуатаційні властивості низу взуття будувалися за однофакторними планами. Для отримання точної однофакторної моделі використовувався алгебраїчний поліном другого порядку [6]. Експериментальні дослідження проводились на семи рівнях фактора. На кожному з семи вибраних рівнів проводилося по три виміри. Значення перевірялися на однорідність дисперсій похибок за критерієм Кохрена [7]. Коефіцієнти рівняння регресії знаходилися за допомогою матричного методу [6], а також перевірялась їх значимість по довірчих границях за допомогою критерію Стьюдента при 5 % рівні значимості [6]. Адекватність моделі перевірялась за критерієм Фішера [7].

У результаті проведення експериментальних досліджень отримано функціональні залежності експлуатаційних властивостей підосви (розривної міцності при розтягу та кількості циклів багаторазового згину, що передують руйнуванню) від орієнтації спаїв:

$$F = 4,879 - 0,005 \cdot \varphi - 0,00012 \cdot \varphi^2; \quad (1)$$

$$N = 9,637 \cdot 10^5 - 616,543 \cdot \varphi - 24,691 \cdot \varphi^2, \quad (2)$$

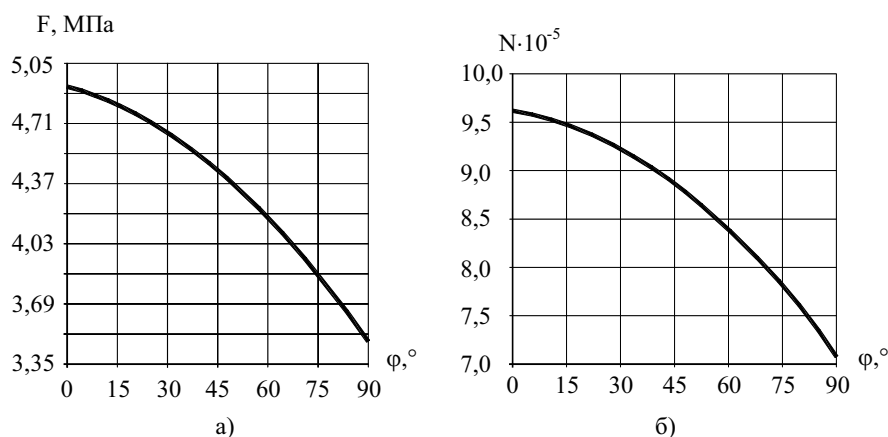


Рис. 6. Графіки залежностей від орієнтації спаю: а) – міцності на розрив; б) – кількості циклів багаторазового згину, що передують руйнуванню

