

Дослідження формостійкості зразків у формі кулі з отвором із напівфабрикату отриманого методом інжекційного формування з пластифікованого керамічного матеріалу на основі порошків SiC, WC, AlN

Т.О. Псярнецька¹; М.О. Цисар¹, О.О. Лещук¹, А.М. Бабак²

1 - Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАНУ, Київ, Україна

2 - КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

***Анотація.** Проведено експериментальну роботу згідно поняття формостійкості. На розробленій в Інституті надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАНУ установці для інжекційного лиття виготовлено напівфабрикат у формі кулі з отвором з термопластичної маси на основі порошків SiC, WC, AlN згідно встановлених технологічних параметрів, оптимізованих за результатами комп'ютерного моделювання. На основі розробленої схеми проведення механічних випробувань на установці FP-10 зразків із інжектваного напівфабрикату та проведено аналіз характеру руйнування. Експериментально доведено збільшення ущільнення термопластичної маси навколо точки інжектування. На основі експериментальних даних було створено схему фактичного руйнування розподілу тріщин на проміжних етапах випробувань до повного руйнування зразків. Показано, що руйнування відбувається в зоні наявності розрахованих ліній спаю, які стали концентраторами напружень.*

Ключові слова: формостійкість; стиск; інжекційне формування; границя міцності під час стиску; керамічний матеріал.

Керамічний виріб у формі кулі з отвором проектувався як частина запірної арматури, а саме шарового крана для використання в нафтопереробному та нафтохімічному виробництвах. Трубопровідна арматура для нафти і газу характеризується важкими умовами роботи в абразивних середовищах під дією активних динамічних навантажень і зміною температури [1]. Часті поломки, тріщини, втрати герметизації внаслідок зміни розмірів і конфігурації запірних елементів арматури призводять до виходу арматури з ладу. Високі вимоги до виробів, які працюють в екстремальних умовах, призводять до необхідності створення нових, більш перспективних матеріалів, одним з яких є кераміко-металічні композиційні матеріали [2].

Кульові крани є найбільш поширеним типом запірної арматури і мають ряд переваг перед іншими кранами завдяки сферичній формі затвора – це малі габарити і маса, простий монтаж і обслуговування крана. При виготовленні кульового крана навіть при деякому розбіжності радіусу сфери пробки і кільця ущільнювача, забезпечується досить щільний контакт поверхонь. Висока герметичність, міцність, жорсткість і низький гідравлічний опір кульового крана дають йому явну перевагу в порівнянні з іншими запірними пристроями. Поворотом рукоятки на 90° кран відкриває або перекриває потік робочого середовища.

До експлуатаційних характеристик відносять також режими і умови, в яких буде використовуватися арматура. Для роботи в особливих умовах, а саме в нафтопереробних і нафтохімічних виробництвах, до промислових арматури висувається ряд важливих вимог [3, 4]: корозійна стійкість матеріалу корпусних деталей, затвора і ущільнень, герметичність затвора для сальникових і прокладок ущільнень, вибухобезпечність. Перспективним матеріалом в арматуробудуванні [5] є технічна кераміка. Кераміка довговічна, має малий коефіцієнт тертя, демонструє високі корозійні здатності, володіє високим електричним опором. У порівнянні зі сталевими затворами і засувками керамічні матеріали мають ряд переваг. Наприклад, керамічні матеріали працюють в діапазоні температур від -200°C до +800°C, вони стійкі в агресивних і абразивних середовищах, можуть працювати при високому тиску до 40 МПа. Основні керамічні матеріали [5], які використовуються для арматури, – це Al₂O₃, ZrO₂, SiC і Si₃N₄.

Тому дуже важливим є етап перевірки міцності елементів такого типу запірної арматури. Випробування на міцність деталей, вузлів і виробів запірної арматури передбачають оцінку збереження цілісності об'єкту випробувань при дії докритичних і критичних навантажень, що виникають в процесі експлуатації арматури в технологічних системах. При випробуванні запірної арматури на міцність в якості основної середовища використовується технічна вода.

Процес ведеться при температурі 20 ± 5 С. Гідравлічному впливу піддаються всі елементи крану як збірної одиниці, що сприймають дію надлишкового тиску робочого середовища.

Випробування проводять в заданих умовах. Вони характеризуються основними параметрами робочого, керуючого і навколишнього середовищ (тиском, температурою, вологістю, витратою тощо). До цих параметрів при випробуваннях пред’являються більш високі вимоги, ніж зазначено в технічних умовах або в завданні на проектування [6]. В окремих випадках допускається зниження параметрів випробувальної середовища в порівнянні з робочими параметрами виробу, що викликано обмеженими можливостями стендового обладнання.

Як спрощеної розрахункової моделі в статті Савельєва С.С. пропонується варіант, коли вставка кульового крана стискається співвісним розподіленим тиском (див. рис. 1). Таким чином, для перевірки формостійкості вставки в формі кулі з отвором необхідно провести експеримент, де при використанні спеціального маніпулятора буде забезпечено гідростатичний стиснення на обмеженій частині бічної сторони цієї самої вставки.

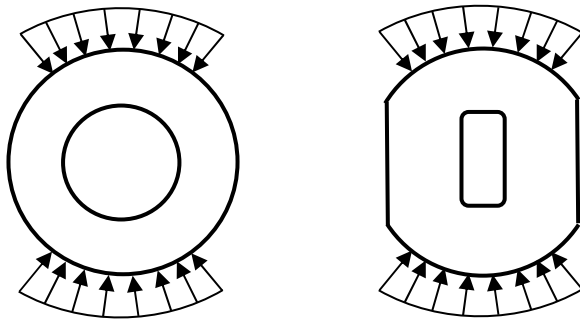


Рис. 1. Схема навантаження для 3D-моделювання рекомендована Соловійовим С.С. [6]

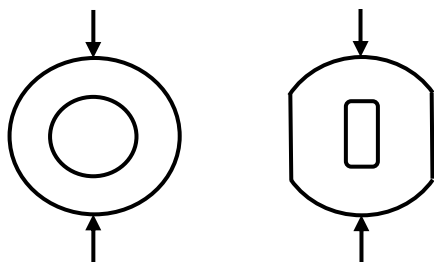


Рис. 2. Альтернативна схема навантаження

Дане модельне уявлення відповідає випробувань запірної арматури на надійність, оскільки в них найбільш широко застосовують схеми навантаження, аналогічні схемам навантаження арматури при випробуваннях на герметичність затвора. У зв’язку з тим, що площадка контакту досить мала, то в експерименті ми замінили розподілений тиск на співвісне стиснення локальною силою (див. рис. 2). Де напівфабрикат буде розташований проточною вздовж осі навантаження.

Реалізувати такий експеримент можна на установці FP-10 німецького виробництва з системою контрольованого силонавантаження до 1 тону. Результати вимірювань представлені у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення критичного зусилля в Н для напівфабрикату з пластифікованого керамічного матеріалу у формі кулі з отвором

Матеріал №	SiC	WC	AlN
1	720	930	1250
2	710	810	1150
3	730	850	1100
4	750	940	1200
5	680	890	1210
6	690	920	1230
7	700	910	1170
8	710	830	1220
9	670	870	1170
10	750	900	1190

Зразок ламається по лініях спаю. Додатковим концентратором напружень є прямокутна проточка, на зразках можна було спостерігати тріщини, що виникали на краях проточки.

Висновки

Запропоновано методику експериментального дослідження формостійкості зразків в формі кулі з отвором з пластифікованих керамічних матеріалів, отриманих методом ІФ.

Отримано експериментальні значення зусилля втрати формостійкості (зусилля руйнування) напівфабрикатів у формі кулі з отвором з керамічних пластичних мас на основі порошків SiC, WC, AlN.

В результаті дослідження керамічних пластичних зразків на стиск підтверджено задовільну відповідність експериментальних і розрахункових даних. Так, було показано, що руйнування відбувається в зоні наявності розрахованих ліній спаю, які стали концентраторами напружень.

Список літератури

1. Котелевский, Ю.М. Современные конструкции трубопроводной арматуры для нефти и газа: справочное пособие / Ю.М. Котелевский, Г.В. Мамонтов, Л.Н. Кисман и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1976. – 497 с.
2. Кислый, П.С. Керметы / П.С. Кислый, Н.И. Боднарук, М.С. Боровикова и др. – Киев: Наукова думка, 1985. – 272 с.
3. ДСТУ 3543-97. Арматура та з'єднання трубопроводів. Тиск номінальний. Визначення поняття. – Замінено на ДСТУ ISO 7268:2009, Київдержстандарт, 2011. – 21 с.
4. Тучинский, Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки / Л.И. Тучинский. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
5. Артемов, А.В. Разработка и производство узлов запорной арматуры из технической керамики / А.В. Артемов // Арматуростроение. – 2012. – №6(81). – С. 66 – 68.
6. Савельев С. С. Важность проведения расчетов основных узлов шаровых кранов // Экспозиция нефть газ. – 2013. – № 5. – С. 113–114.

Investigation of the stability of samples in the form of a sphere with a hole from a semi-finished product obtained by injection molding of plastic ceramic material based on powders SiC, WC, AlN

T. Psiarnetska, M. Tsysar, O. Leshchuk, A. Babak

Abstract. Experimental work was carried out according to the concept of shape stability. Developed at the Institute of Superhard Materials. VM Bakul NASU injection molding plant made a semi-finished product in the form of a ball with a hole of thermoplastic mass based on powders SiC, WC, AlN according to the established technological parameters, optimized by the results of computer modeling. Based on the developed scheme of conducting mechanical tests on the installation of FP-10 samples from the injected semi-finished product and analyzed the nature of the destruction. An increase in the compaction of the thermoplastic mass around the injection point has been experimentally proven. Based on experimental data, a scheme of the actual destruction of the crack distribution at intermediate stages of testing to complete destruction of the samples was created. It is shown that the failure occurs in the area of the calculated junction lines, which have become stress concentrators.

Keywords: shape stability; compression; injection molding; compressive strength; ceramic material.