

ДО ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ МЕМБРАН ПРИСТРОЇВ ГІДРОІМПУЛЬСНОЇ ІМПЛОЗІЙНОЇ ДІЇ НА ПЛАСТ

¹Я.Б. Тарко, ²Я.Я. Тарко

¹ІФНТУНГ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019; тел. (03422) 42195
e-mail: jart_b@ukr.net

²НГВУ „Охтирканафтогаз” ВАТ „Укрнафта”,
вул. Київська, 119, м. Охтирка Сумської обл., 42700; e-mail: yarosl1@mail.ru

Приведено краткую характеристику оборудования и технологии гидроимпульсного воздействия на призабойную зону пласта и область их применения. Изложено результаты металлографических и рентгеноскопических исследований структуры мембран устройств импlosionного воздействия. Даны рекомендации по выбору мембран для проведения работ в скважинах.

The short characteristics of the equipment and the technology of hydroimpulse action on the bottom hole zone of the layer and the field of their use have been given. The results of metallographical and X-ray scope researches of the structure of membranes of the devices of implosion action have been given. The recommendations on the choice of membranes for conducting works in the wells have been given.

Одним із шляхів збільшення продуктивності свердловин є дія на привибійну зону пластів з метою відновлення їх проникності. Вивчення керну, результати гідродинамічних та промислово-геофізичних досліджень нафтогазонасичених пластів свідчать, що однією з основних причин зниження проникності у привибійній зоні є кольматация. Особливо інтенсивно цей процес відбувається на стадії первинного розкриття і в подальшому поглиблюється під час вторинного розкриття та в процесі експлуатації свердловин. Вміст у нафті високомолекулярних вуглеводнів, смол та асфальтенів під час зміни термобаричних умов за рахунок кристалізації парафінів та адсорбції полярних компонентів на поверхні фільтраційних каналів ще більше інтенсифікує кольматацийні процеси. Закачування в продуктивний пласт рідин глушіння та інших технологічних розчинів приводить до забруднення пласта зваженими в них твердими механічними домішками, а також до випадання труднорозчинних осадів при взаємодії цих рідин з пластовою водою.

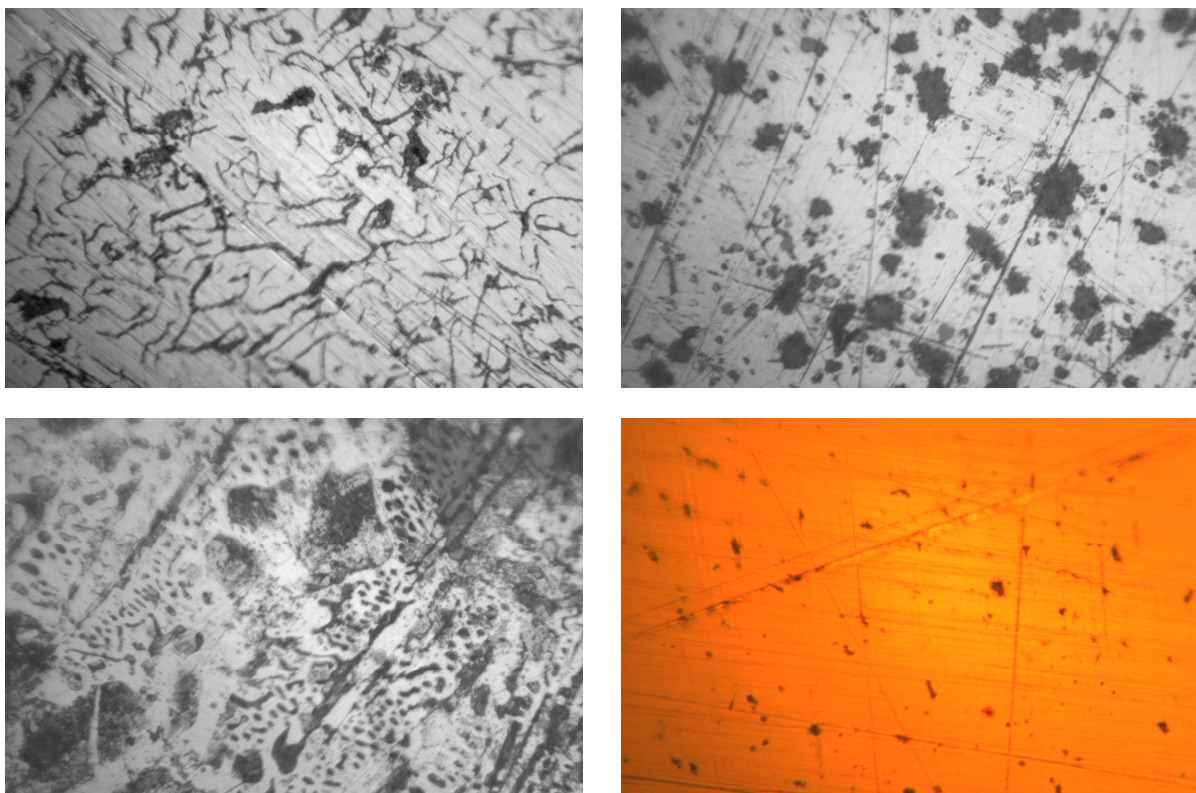
Аналіз літературних джерел та промислового досвіду свідчить, що і у вітчизняній практиці, і за кордоном для декольматизації привибійної зони пластів застосовують гідроімпульсні методи, які ґрунтуються на створенні високих миттєвих депресій та репресій тиску [1]. Подальший розвиток гідроімпульсних технологій та технічних засобів інтенсифікації продуктивності свердловин пов'язаний з розробкою методів, які поєднують депресійно-репресійну та імпульсний дії на привибійну зону пласта. Суть даних технологій полягає в тому, що у свердловині здійснюється процес миттєвого сполучення привибійної зони пласта з високим тиском з пустотілими емностями різних конструкцій, в яких відсутній надлишковий тиск або є навіть вакуум. В момент цього з'єднання під дією миттєвої депресії тиску та гідроудару пластова рідина з великою швидкістю поступає

у свердловину, виносячи з собою продукти забруднення привибійної зони.

Нами розроблено низку нових технічних рішень, направлених на удосконалення конструкцій устаткування для створення миттєвих депресій тиску імпульсний типу та технологій їх застосування [2]. Вони ґрунтуються на тому, що у свердловину опускають насосно-компресорні труби, в нижній частині яких встановлюють пристрій з мембраною, розрахованою на відповідний тиск руйнування. Мембрана герметично перекриває внутрішнє січення труб, чим забезпечується практично відсутність тиску в трубах. Після встановлення пристрою та додаткового спеціального обладнання на проектній глибині, як правило на рівні нижніх отворів інтервалів перфорації, гідравлічним чи механічним способом руйнують мембрану, чим створюють на пласт миттєву депресію тиску імпульсний типу.

Технологію реалізують як із встановленням пакера, так і без нього. У першому випадку процеси, які протікають у свердловині, практично аналогічні тим, що мають місце під час застосування устаткування типу УСМД [3]. Конструкція розробленого пристрою дає змогу припинити перетік свердловинної рідини з затрубного простору в труби та забезпечує виключну дію гідродинамічних імпульсів тиску на пласт. За відсутності пакера, після руйнування мембрани, в насосно-компресорні труби з великою швидкістю спрямовується рідина з пласта та затрубного простору. За таких умов одночасною дією потоку пластової і свердловинної рідин досягається очищення вибою, перфораційних каналів і привибійної зони пласта, покращується виніс продуктів забруднення на поверхню та скорочується тривалість процесу.

Однією з основних вимог до роботи пристроїв гідроімпульсний імпульсний дії є достовірність проектного тиску руйнування мембрани [4]. Розрив мембрани за тиску нижчого, ніж



*а) структура сірого чавуну; б) структура ковкого чавуну;
в) структура білого доєвтектичного чавуну; г) структура бронзи
1 – металева (стальна) матриця; 2 – графіт (пластинчата форма включень);
3 – графіт (неправильна форма включень); 4 – графіт (пластівчаста форма включень);
5 – перліт; 6 – евтектика ледебурит; 7 – інтерметалічні включення.*

Рисунок 1 – Результати металографічних досліджень структури мембран пристроїв депресійно-імпульсійної дії (1 x 400)

проектний тиск, може привести до розгерметизації труб у процесі їх опускання у свердловину, що зменшить імпульсно-депресійний вплив на пласт і відповідно ефективність очищення привибійної зони. За умови необладнання гирла свердловини противикидним обладнанням, це може призвести і до створення аварійних ситуацій. Слід зазначити, що причиною передчасного руйнування мембран під час опускання пристрою у свердловину може бути також і недотримання проектних швидкостей спуску та виникнення у зв'язку з цим додаткових гідродинамічних навантажень.

У випадку, коли фактичний тиск руйнування мембрани перевищує проектний тиск, то під час реалізації другої технологічної схеми без встановлення пакера частина рідини глушіння потрапляє в продуктивний пласт, що збільшує його водонасиченість та привносить механічні домішки, знижуючи тим самим його абсолютну та фазову (для вуглеводнів) проникність. Негативними чинниками в таких умовах є і можливий неконтрольований гідророзрив пласта, а також пошкодження цементного кільця і порушення герметичності розмежування пластів за експлуатаційною колоною, що приводить до виникнення заколонних циркуляцій та передчасного обводнення свердловин. Над-

мірний тиск розриву мембран може перевищувати і тиск опресування експлуатаційної колони, тому в цьому разі створення необхідного надлишкового тиску в затрубному просторі неприпустимо і проводити роботи в свердловині та реалізувати технологію імпульсно-депресійного впливу неможливо.

Під час застосування пристроїв типу УОП мембрани виготовляють здебільшого в майстернях нафтогазовидобувних підприємств, як правило, з чавуну. Використовують чавун як виробництва крупних заводів, так і невеликих ліварних підприємств, що впливає на якість матеріалу. Практика свідчить, що мембрани, виготовлені з заготовок чавуну однієї марки, але різних виробників, можуть мати різні фактичні механічні характеристики. Також проводились гідралічні випробування мембран, виготовлених з бронзи.

На рис.1 зображено виконані за допомогою металографічного мікроскопа ММР-4 з використанням камери DCM-510 фотографії структури декількох зразків чавуну та бронзи, з яких виготовлялись мембрани. Як відомо, чавун є сплавом заліза та вуглецю, причому останній представлений в кількості від 2,14 до 6,67%. Але за однакового хімічного складу його властивості можуть сильно різнитися.

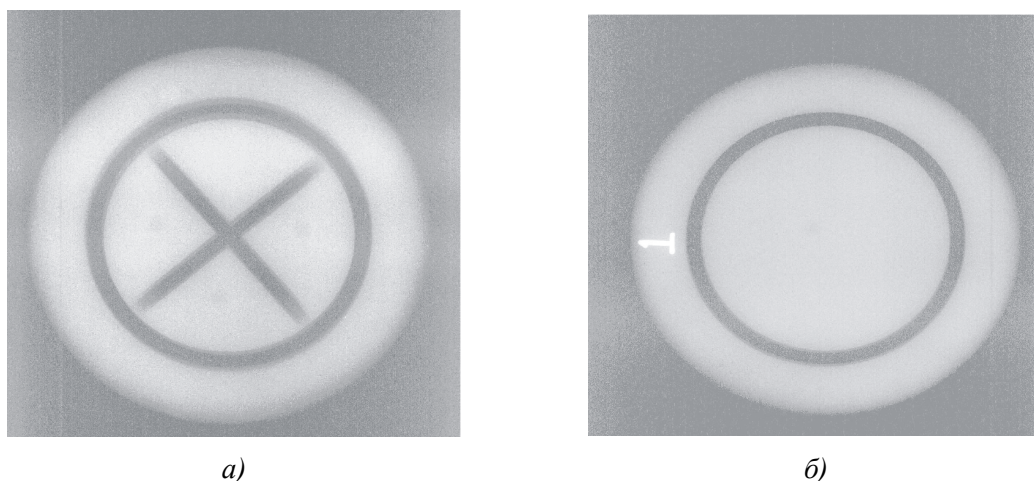


Рисунок 2 — Рентгенограми мембран, отримані на апараті РАП-150/130 з хрестоподібною (а) та коловою (б) послаблюючою канавкою

Дослідження свідчать, що механічні характеристики чавуну значно більшою мірою визначає його структура.

У білих чавунах вуглець зв'язаний у вигляді карбиду, а в сірих та ковких чавунах весь вуглець або значна його частина знаходиться у вільному стані. Оскільки механічні властивості графіту порівняно з металевою основою є надзвичайно низькі, то в металознавстві їх розглядають як порожнечу чи тріщини. Чим більше вільного графіту, тим нижчі міцнісні властивості чавуну. Ці властивості також залежать від форми графітних включень та їх розташування.

У сірих чавунах вільний графіт має переважно пластинчасту форму. В міру округлення графітних включень, їх вплив на механічні характеристики зменшується. Сферичні включення графіту не являються „тріщинами” і не створюють різних концентрацій напружень. Такі сплави мають найвищі механічні властивості і відносяться до категорії високоміцнісних чавунів. У ковких чавунах графітні включення мають форму пластівців і ці сплави займають проміжне становище між звичайним сірим та високоміцнісним чавунами.

Металографічний аналіз першого зразка (рис. 1а) показав, що графітові включення розподілені у сталій матриці нерівномірно, більшість з них мають пластинчасту форму, характерну для сірих чавунів, однак є і такі, що мають іншу форму. Форма та характер розподілу графітових включень свідчить про анізотропію властивостей матеріалу в цілому. На поверхні шліфа, показаного на рис. 1б, графітові включення пластівчастої форми розподілені рівномірно, що відповідає ковким чавунам. На поверхні іншого зразка (рис. 1в) виявлено евтектику ледобурит, що характеризується високою твердістю та крихкістю, а також евтектоїд перліт. За цими ознаками сплав можна віднести до білого доевтектичного чавуну.

Також вивчалась структура мембран, виготовлених із бронзи. Як видно з рис. 1, г, на поверхні шліфа бронзи рівномірно розподілені

включення, що можуть бути інтерметалічними сполуками (наприклад CuAl) на основі міді, алюмінію та заліза, які утворюються для зміцнення бронзи. Однак однорідність структури бронзи та її висока пластичність виключають дискретність руйнування цього матеріалу, що не дає можливості рекомендувати його для виготовлення мембран у пристроях депресійно-імпульсної дії.

Проведення всього комплексу металографічних досліджень на нафтогазовидобувних підприємствах є складним і нераціональним. Тому на першому етапі для підтвердження марки чавуну можна рекомендувати визначення твердості матеріалу мембран за Брінелем чи Роквеллом, оскільки цей параметр має лінійну кореляцію ($r^2 \approx 0,95$) з величиною граничної міцності на розтяг [5, 6].

На другому етапі потрібно провести дослідження мембран за допомогою методів неруйнівного контролю для виявлення скритих тріщин та каверн, різкого порушення структури сплаву та інших дефектів, які можуть вплинути на тиск руйнування. Більшість дефектоскопічних методів з використанням ультразвукового сканування при дослідженні чавунів малоефективні, оскільки через зернисту структуру матеріалу отримується складний характер сигналів, що не дозволяє провести їх однозначну інтерпретацію. Дослідження внутрішніх дефектів мембран проводили за допомогою рентгеноскопічних досліджень з різною величиною експозиції стаціонарним апаратом РАП-150/300, результати яких представлено на рис. 2. Ці дослідження мають перевагу над іншими методами неруйнівного контролю, в першу чергу тим, що рентгенівські знімки можна візуально оцінити і на основі цього зробити необхідні висновки. Рентгеноскопічні дослідження мембран, виконаних з хрестоподібною та коловою послаблюючими канавками, показали, що виготовлені мембрани не мають внутрішніх дефектів.

Найбільшою мірою фактичним умовам використання мембран відповідають гідравлічні випробування з визначення залежності критичного тиску їх руйнування від мінімальної товщини і саме вони є обов'язковими для кожної нової виготовленої партії. Випробовуваннями на стенді і в умовах свердловин встановлено, що залежності тиску розриву мембран, виготовлених з сірого чавуну, від їх товщини в послаблюючій канавці мають лінійний характер з коефіцієнтом кореляції 0,91 [4].

Слід зазначити також, що пружні властивості чавуну дещо знижуються з підвищенням температури і це потрібно враховувати під час здійснення робіт у високотемпературних свердловинах. Наприклад, для чавуну марки СЧ-12-28 зі збільшенням температури з 20 до 100°C модуль Юнга зменшується на 2,1%, а за температури 200°C – на 4,8% [7].

Таким чином, вивчення структури мембран, виготовлених з чавуну різних заготовок та з бронзи показало, що вона змінюється в залежності від видів сплавів та якості вибраних матеріалів. Проведені дослідження дають можливість зробити висновок, що за характером розриву і досягненням необхідного ступеню дискретності руйнування матеріалу, найкраще відповідають мембрани, виготовлені з сірого чавуну. Графітові включення у сірому чавуні мають форму пластинок, які є концентраторами напружень, що під дією відповідної величини механічних чи гідравлічних навантажень спричиняє інтенсивне утворення мікротріщин і як наслідок дрібнодисперсне руйнування мембран. Врахування викладених рекомендацій підвищить надійність роботи пристроїв та ефективність технології імпульсно-депресійної дії на привибійну зону пластів.

Література

1 Тарко Я.Б. Аналіз гідродинамічних методів впливу на привибійну зону пласта / Я.Б. Тарко // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ: держ. міжвід.наук.-техн. зб. – Івано-Франківськ, 2001. – Вип. 38. – С. 128-133.

2 Тарко Я.Б. Технологія декольматації продуктивних пластів імпульсно-депресійною дією на привибійну зону свердловин / Я.Б. Тарко // Вісник Сумського державного університету. Суми, 2004. – С. 185-189. (Сер.: Технічні науки, №13(72)).

3 Тарко Я.Б. Технологія та устаткування для створення багаторазових циклів депресійно-репресійної дії на пласт / Я.Б. Тарко, Я.Я. Тарко // Науковий вісник Івано-Франківського Національного технічного університету нафти і газу, 2008. – №1(17). – С.40-43.

4 Тарко Я.Б. Дослідження процесу руйнування мембранних запірних механізмів пристроїв імпульсно-депресійної дії / Я.Б. Тарко // Методи та прилади контролю якості (Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу, 2004. – Вип. №12. – С. 22-24.

5 Чугун с пластинчатым графитом для отливок: ГОСТ 1412-85. – [Действует с 1987-01-01]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 6 с.

6 Отливки из чугуна. Методы механических испытаний: ГОСТ 27208-87. – [Действует с 1988-01-01]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 12 с.

7 Чугун. Упругие свойства: ГСССД 11-80. [Действует с 1981-01-01] – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. – 2 с.