



На основі отриманих значень максимальних напружень виконуємо прогнозування довговічності елементів бурильної колони. Відповідно до запропонованого методу це можна зробити двома способами:

- аналітичним;
- експериментальним, що передбачає визначення параметрів кривих втоми натурних елементів, за допомогою випробовування моделей “вирізок”.

Експериментальна оцінка НДС елементів бурильної колони на криволінійних ділянках свердловини є більш точним способом визначення максимальних напружень в їх тілі, у порівнянні з аналітичним. Оскільки враховує особливості кожної ділянки зокрема. В результаті проведення вимірювань отримуємо певний спектр напружень, на основі чого визначаємо їх максимальні значення.

Після експериментальної оцінки НДС елементів бурильної колони, відповідно до розробленого методу, є такі ж два шляхи визначення довговічності, як після аналітичної оцінки (рис.1).

Таким чином розроблений метод оцінки втомної міцності елементів бурильної колони дає змогу оцінити накопичення пошкоджень в їх тілі під час буріння криволінійних ділянок свердловини. Перевагою методу є використання аналітичного чи експериментального способу визначення НДС елементів бурильної колони та дослідження довговічності їх натурних елементів за допомогою зменшених моделей “вирізок”.

УДК 622.24.053

СТАБІЛЬНІСТЬ І ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ СТИСКУ НА ВИТРИВАЛІСТЬ БУРИЛЬНИХ ТРУБ

Б.В. Копей, Ю.С. Сичов

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 76016 м. Івано-Франківськ вул. Карпатська, 15

Під час поверхневого зміцнення бурильних труб в верхніх шарах металу виникають залишкові напруження, які можуть суттєво впливати на витривалість виробу. Тому необхідно дослідити розподіл цих напружень в тілі деталі і визначити їх стабільність та вплив на корозійно-втомні характеристики виробу.

Визначали залишкові напруження першого роду, мікронапруження в кристалічній ґратці та мікротвердість структури в бурильних трубах. Мікронапруження (залишкові напруження 2-го роду) і розмір блоків мозаїки вимірювали рентгенівським методом, знімаючи відбиття 110 і 211. Реєстрація інтенсивності випромінювання проводилась на апараті Дрон-2,0. Випромінювання здійснювали в режимі сканування, крок



сканування 0,05. Розрахунок величини мікронапружень і блоків мозаїк проводили за допомогою комп'ютерної програми.

Величина залишкових напружень стиску суттєво залежить від часу обробки дробом [1]. При часі обробки зразків зі сталі 40XH, вирізаних з тіла бурильних труб, на протязі 10 с на поверхні труби переважали залишкові напруження розтягу, величина яких на глибині до 50 мкм досягала 380-420 МПа. Збільшення часу обробки до 30 і 60 с приводить до перерозподілу напружень і на поверхні виробу виникають сприятливі напруження стиску величиною до 650-700 МПа. В шарах металу на глибині біля 350-400 мкм напруження стиску переходять в розтягуючі і при глибинах 500-600 мкм вони мають величини порядку 100-150 МПа. Оптимальним режимом обробки вважається час біля 120 с, коли на поверхні труби виникають залишкові напруження величиною 750-800 МПа, а їх глибина переважає 600 мкм. Режим обробки тривалістю біля 180 с приводить до зменшення величини напружень стиску (порядку 400-500 МПа).

Таблиця 1 - Вплив часу обробки дробом на величини мікронапружень і розмір блоків мозаїк в бурильних трубах з сталі 40XH

№ з/п	Режим обробки дробом на протязі t, с	Величина мікронапружень, МПа	Розмір блока мозаїки, м
1	10	2,35 10 ³	1,89 10 ⁻⁵
2	30	1,24 10 ³	7,57 10 ⁻⁶
3	60	1,61 10 ³	1,06 10 ⁻⁵
4	120	8,14 10 ³	1,02 10 ⁻⁵
5	180	1,01 10 ³	1,13 10 ⁻⁵

За оптимальної тривалості обробки дробом мікронапруження другого роду практично відсутні і мікроструктура характеризується максимальною стабільністю (табл. 1).

Мікротвердість сталі H_{μ} при обдувці дробом за оптимальними режимами на поверхні зразка складає 3800-4000 МПа, тоді як на глибині коло 200 мкм вона понижується до 2200-2500 МПа.

Процес корозійно-втомного руйнування зразків зі сталі 40XH складається з двох стадій - зародження і розвитку тріщини. Сповільнення однієї з цих стадій сприяє підвищенню довговічності виробу. Для в'яснення факту, на яку стадію руйнування впливає поверхневий наклеп дробом, проводили наступні експерименти: зразки, зміцнені при різних режимах, випробовували на опір корозійній втомі, не доводячи до руйнування (до 60-80 % довговічності). Після цього зразки знімали з машини і під оптичним мікроскопом фіксували появу тріщин. Встановлено, що при випробуванні ненаклепаних зразків тріщини в корозійному середовищі зароджуються, як правило, з поверхні. На поверхні



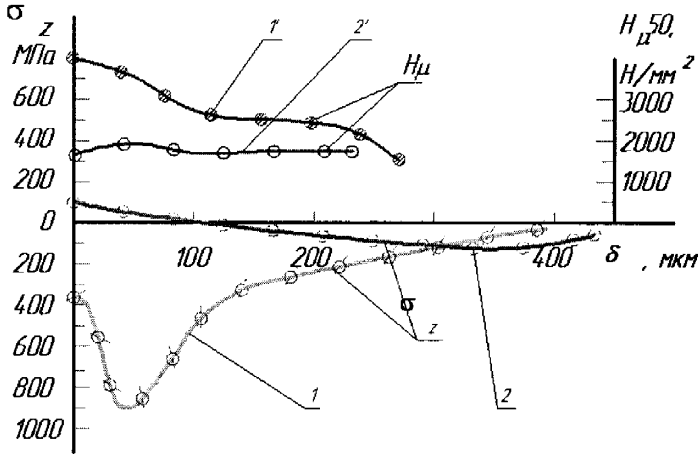
наклепаних зразків тріщин практично не спостерігали, хоча після стравлювання поверхневого шару кислотним розчином під наклепаним шаром можна було знайти окремі втомні тріщини. Проте швидкість росту тріщин, які розвивались під наклепаним шаром, нижча в порівнянні зі швидкістю росту тріщин, які контактують безпосередньо з середовищем. Для підтвердження цього факту провели додаткові досліді. Партію зразків випробовували на протязі 10 млн. циклів при напруженнях, які приводять, як правило, до зародження тріщин. Після чого зразки знімали з випробувальної машини, нагрівали до 200 °С, витримували при даній температурі на протязі двох годин для часткової десорбції і рівномірного розподілу водню, після чого випробовували дану партію зразків на опір втомі на повітрі. Паралельно випробовували партію зразків без наклепаного шару з попередньо виведеними втомними тріщинами. Проведені досліді показали, що границя втоми у обох партій зразків приблизно однакова. В той же час при випробуванні в сірководневому середовищі необроблених дробом зразків спостерігається різке пониження їх довговічності в порівнянні з випробуваннями в повітрі. На основі проведених експериментів можна запропонувати схему руйнування наклепаних зразків в корозійному середовищі.

Внаслідок протікання сірководневої корозії на поверхні наклепаного шару виділяється протон водню, який і проникає в метал, а внаслідок високих напружень стиску в поверхневих шарах протони водню не нагромаджуються, тобто не досягається їх критична концентрація, а тому і не зароджуються тріщини в поверхневому шарі. Внаслідок перерозподілу напружень по глибині зразка максимальна концентрація водню спостерігається на границі розділу основного і наклепаного металу, де і проходить зародження тріщини (тобто під наклепаним шаром). Найбільш негативний вплив на властивості сталі чинить протон водню, який виділяється на поверхні наклепаного шару під час протікання корозійного процесу, а зародження і розвиток тріщин проходить під наклепаним шаром. Тому негативна дія водню на наклепаних зразках виявляється в значно меншій мірі.

При тривалому перебуванні зміцнених за оптимальними режимами бурильних труб в свердловинах проходить корозія і стравлювання поверхневих зміцнених шарів, позитивні залишкові напруження стиску поступово зменшуються і після 3-4 років роботи переходять в негативні розтягуючі. Значення мікротвердості практично нівелюється і становить коло 1500-1800 МПа на всіх глибинах попередньо зміцненого зразка. Зрозуміло, що в зразках з стравленими зміцненими шарами швидше зароджуються корозійно-втомні тріщини. Випробовування зміцнених дробомі покритих поліуретановим покриттям вирізаних з бурильних труб зразків на опір



корозійній втомі після 3-4 років експлуатації їх в свердловинах показують, що їх витривалість практично дорівнює витривалості зразків з серійних труб. Наприклад, границі витривалості зразків зі зміцнених бурильних труб, відпрацьованих в свердловинах, при базі випробувань 20 млн. циклів складала відповідно 40 і 70 МПа. В той же час зразки з нових зміцнених труб при базі 50 млн. циклів мали границю витривалості, рівну 250 МПа.



1, 1' – зразки з нових зміцнених труб;
2, 2' – зразки з зміцнених труб після трьох років експлуатації в свердловині

Рисунок 1 – Розподіл залишкових напружень стиску σ_z в поверхневих шарах після комплексного зміцнення дробом і нанесенням поліуретанового покриття(1, 2) і мікротвердості H_μ (1', 2') у зразках, вирізаних з бурильних труб

Таким чином, сприятливі залишкові напруження стиску і мікротвердість, отримані при поверхневому зміцненні, під час експлуатації в свердловинах поступово зменшуються, тому необхідне періодичне відновлення характеристик труб, що дозволить надовго зберегти їх витривалість, закладену при виготовленні.

Літературні джерела

1 Северинчик Н.А. Долговечность и надежность геолого-разведочных бурильных труб. / Северинчик Н.А., Копей Б.В. - М.: Недра, - 1979. - 176 с.