

МЕТОД ОЦІНКИ ВІДПУСКНОЇ КРИХКОСТІ ДОЛОТНОЇ СТАЛІ 37ХН3А© Яким¹⁾ Р.С., Петрина²⁾ Л.Г., Пасинович³⁾ Т.Б., 2007¹⁾ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу²⁾ Івано-Франківський медичний університет³⁾ Дрогобицький долотний завод

Пропонується проводити ударні випробування зразків Менаже з наведеними у вершині концентраторів втомними тріщинами. Такі випробування загартованих і відпущених при різних температурах зразків дають можливість найбільш чітко виявити зону відпускнуї крихкості для долотної сталі 37ХН3А

Розвиток науково-технічного прогресу в галузі створення прогресивних видів породоруйнуючих бурових інструментів неможливий без раціонального застосування матеріалів для виготовлення доліт, а також обґрунтованості використання режимів термічної обробки. В процесі експлуатації елементи бурових доліт, як правило, піддаються одночасній дії зношування та зовнішнього силового навантаження, що приводить до втрати їх працездатності. Тому обґрунтований вибір сталей для виробництва деталей бурових доліт можливий тільки на основі комплексного вивчення закономірностей їх зношування та руйнування в різних умовах контактної взаємодії та зовнішнього силового навантаження. Сталь 37ХН3А є однією з тих, яка широко використовується у виробництві доліт. В останні роки при оцінці опору руйнуванню долотних сталей поряд з методами механіки руйнування широко використовуються методики, що ґрунтуються на визначенні ударної в'язкості зразків з різною гостротою концентратора [1, 2]. Окрім порівняльної простоти в техніці експерименту дані методи дають можливість оцінювати не тільки роботу поширення тріщини a_c^0 , але й роботу зародження – a_3 . Таким чином, появляється можливість підійти „в притул” до вирішення кардинального, але все ще дискусійного питання про вклад опору зародженню та поширенню тріщини в несучу здатність конструкційних матеріалів.

Гіпотезою даного дослідження є твердження про те, що формальний розподіл ударної в'язкості на складові може призвести до похибок при оцінці a_c^0 і a_3 .

Опір зародженню тріщини при випробуваннях зразків з концентратором оцінюють наступним шляхом. Перш за все, вимірюють ударну в'язкість KCU даного зразка з концентратором, потім

визначають роботу поширення тріщини a_c^0 для зразка з гранично гострим тріщиноподібним концентратором. Останню величину одержують в процесі випробування зразків з тріщинами, отриманими за допомогою циклічного навантаження [3]. Вираз для оцінки роботи зародження тріщини приймають звичайно у вигляді:

$$a_3 = KCU - a_c^0. \quad (1)$$

Такий спосіб обчислення a_3 ігнорує ту обставину, що характер росту тріщини, а, відповідно, і величина a_c^0 , може суттєво залежати від виду концентратора, збільшуючись із зменшенням його гостроти. Для перевірки даного твердження були проведені випробування зразків, які виготовлені з долотної сталі 37ХН3А.

Дослідження впливу температури відпуску на роботу руйнування за умов ударного згину проводили на балкових зразках з конструктивною виточкою, а також з наведеною в її вершині втомною тріщиною, що відповідає методиці Б. А. Дроздовського [3].

Результати вимірювань KCU і a_c^0 приведені на рис. 1, а. Видно, що в обох випадках сталь з мартенситною структурою після низького відпуску має, як правило, значно більшу чутливість до тріщини, ніж з сорбітною структурою після високого відпуску.

На рис. 2 показані види зломів зразків з концентратором і з наведеною тріщиною для різних температур відпуску. Візуальний аналіз показує, що поширення тріщини в зразку з конструктивною виточкою проходить звичайно з більшим боковим утягненням, ніж у зразку з готовою тріщиною. Це свідчить про більшу для першого випадку величину роботи поширення тріщини.

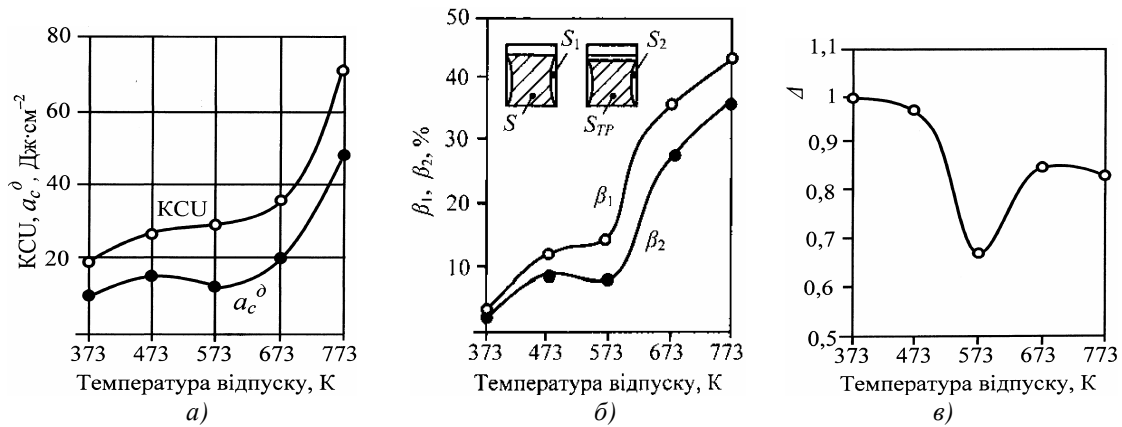
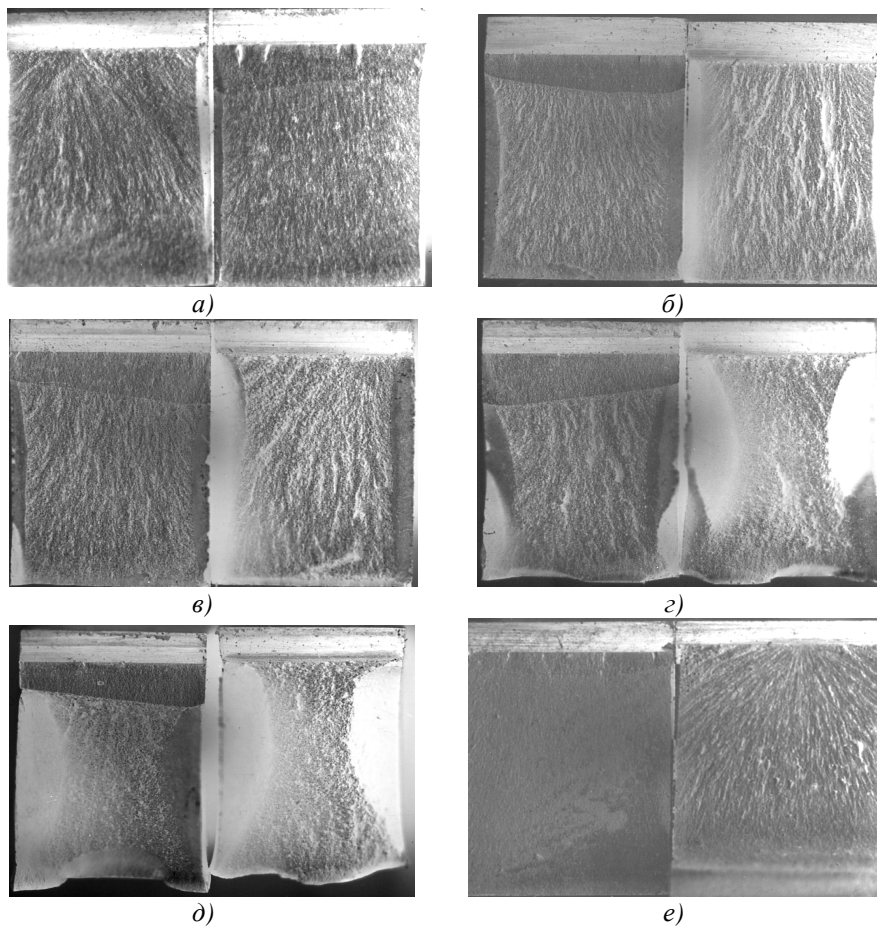


Рис. 1. Вплив температури відпуску на роботу та характер руйнування сталі 37ХН3А



а) – відпуск при 373 К; б) – відпуск при 473 К; в) – відпуск при 573 К; г) – відпуск при 673 К; д) – відпуск при 773 К; е) – зразки після ВТМО ($\epsilon = 40\%$), відпуск при 453 К

Рис. 2. Відмінності в зломах балкових зразків (сталь 37ХН3А) з конструктивною виточкою при наведеній тріщині і без тріщини

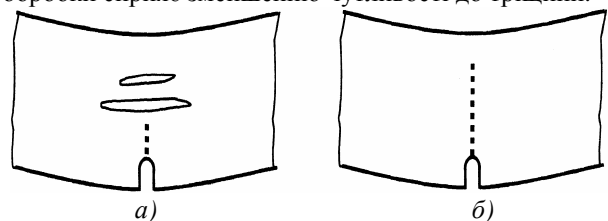
Відповідно до схеми на рис. 1, б введемо для зламу з конструктивною виточкою відношення $\beta_1 = S_1/S$, де S_1 – площа проекції бокового утягнення на площину, перпендикулярну осі зразка; S – вся площа зламу. Аналогічно для зразків з наведеними тріщинами: $\beta_2 = S_2/S_{TP}$, де S_2 і S_{TP} – площі бокового утягнення та всього зламу відповідно. На рис. 1, б представлені залежності β_1 та β_2 від температури відпуску досліджуваної сталі. Як показник подібності характеру поширення тріщини в зразках з конструктивним концентратором і наведеною тріщиною приймемо коефіцієнт $\Delta = \beta_1/\beta_2$. Є всі підстави вважати, що чим більше значення Δ наближується до 1, тим більш подібні умови поширення тріщини в зразку з виточкою і з тріщиною. На рис. 1, в проілюстрована залежність Δ від температури відпуску. Із згаданої залежності випливає, що найбільш подібні умови поширення тріщини для двох типів зразків мають місце за умов низького відпуску (373 К). При більш високих температурах відпуску характер поширення тріщини в досліджуваних зразках може суттєво відрізнятись. В цьому відношенні найбільш показова сталь після відпуску при 573 К, коли виявлено різке зниження Δ . У загальному випадку зразки з наведеними тріщинами, на відміну від зразків без тріщини, виявили високу чутливість до відпускну крихкості, що проявилось у значному падінні a_c^0 . Це узгоджується з твердженням [5], коли проявляється відпускуна крихкість, величина ударної в'язкості завжди знижується. Якщо тепер використати співвідношення (1) для підрахунку a_3 , то можна навіть прийти до парадоксального висновку про екстремальне підвищення a_3 в зоні відпускну крихкості. У дійсності мають справу з різною чутливістю до відпускну крихкості зразків з різною концентрацією напружень і різним характером поширення тріщини. Тому такий вид випробовувань доцільно рекомендувати для оцінки відпускну крихкості сталей, зокрема, долотної сталі 37ХН3А.

Необхідно відзначити, що подібна невідповідність спостерігається також і при більш високих температурах відпуску.

Відмінності в характері поширення тріщини різних зразків будуть особливо суттєвими для матеріалів, у яких залежність роботи руйнування від гостроти концентратора набуває вид кривих холодноламкості, як це було, зокрема, показано в роботі [4] на зразках сталі 17Г1С, яка широко використовується для виробництва труб нафтогазопроводів. Очевидним є те, що зразки з концентраторами, які відповідають верхньому порозу на кривій *KCU*, будуть зазнавати в'язке руйнування, в

той час як в зразках з натуральною тріщиною поширення її буде мати відривний характер.

Є ще один практично важливий випадок, коли не можна говорити про подібний характер поширення тріщини в зразках, що використовуються для випробовувань на ударну в'язкість і при оцінці опору поширенню тріщини. Це волокнисті анізотропні матеріали, піддані інтенсивним обтисканням в процесі попередньої обробки тиском (наприклад термомеханічно оброблені сталі). Встановлено, що чим менша гострота концентратора, тим більша схильність анізотропного матеріалу до розшарування при ударі. Таке розшарування відбувається в стисненій зоні зразка (рис. 3, а). Оскільки розшарування відбувається попереду процесу поширення основної тріщини, останнє утруднюється, а робота поширення тріщини збільшується. В той самий час, при наявності гострої тріщини схильність матеріалу до розшарування зменшується і характер поширення тріщини значно ближчий до того, який спостерігається в ізотропних матеріалах (рис. 3, б). Наведені вище міркування проілюструємо видом зломів (рис. 2, е) зразків з сталі 37ХН3А після високотемпературної термомеханічної обробки (ВТМО) при обтискуванні $\epsilon = 40\%$ на лабораторному прокатному стані ДУО-150 і відпуску 453 К. На відміну від зразка з тріщиною, в стисненій зоні зразка з виточкою проявляються специфічні уступи, які свідчать про складний характер поширення тріщини в розшарованому матеріалі. Отже використання для сталей термомеханічної обробки сприяє зменшенню чутливості до тріщини.



а) – зразок з конструктивною виточкою; б) – зразок з наведеною тріщиною

Рис. 3. Схема поширення тріщини в анізотропному матеріалі

Таким чином, у зв'язку з якісними відмінностями в характері поширення тріщини в ударних зразках з різною концентрацією напружень формальне визначення a_3 за рівнянням (1) може привести до суттєвих похибок. Разом з тим, ударні випробування зразків з наведеними у вершині концентраторів втомними тріщинами проявили себе дуже чутливими до оцінки відпускну крихкості загартованої долотної сталі 37ХН3А.

1. Петрина Ю.Д., Корнута О.В., Лукань Т.В. Критерії застосовності конструкційних сталей для виготовлення бурових доліт // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* –2005. –№2(15). –С.54-58.
2. Бобров С.Н. Основы комплексного использования высокопрочных сталей как износостойкого материала: Автореф. диссертации д-ра техн. наук: 05.02.04, 05.02.01 / Московский институт нефти и газа им. И.М.Губкина. –М., 1990. –55с.
3. Дроздовский Б.А., Фридман Я.Б. Влияние трещин на механические свойства конструкционных сталей. –М.: Металлургиздат, 1960. –260с.
4. Оцінка тріщиностійкості магістральних трубопроводів за критичними коефіцієнтами інтенсивності напружень / Є.І.Крижанівський, В.П. Рудко, О.О. Онищук, Д.Ю. Петрина // *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* –2003. –№1(6). –С.6-11.
5. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. Изд.3-е перераб. и доп. В двух частях. Ч. 2. Конструкционная прочность. –М.: Машиностроение, 1974. –368с.