



УДК 669.14.018.2:622.24.051.004.6

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ ШАРОШОК ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ

*Р. С. Яким, Д. Ю. Петрина, І. С. Яким*

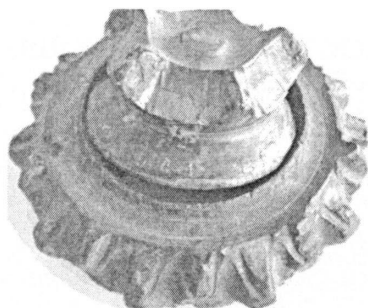
*Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка, 82100, м. Дрогобич, вул. І. Франка, 24, тел. 0679070484, e-mail: Jakym.r@online.ua; ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел., e-mail: Дрогобицький коледж нафти і газу, Україна, 82100, м. Дрогобич, вул. Грушевського, 57, тел. 0980817547, e-mail: jakymigor@ukr.net*

У сучасному долотобудуванні існує важлива проблема попередження раптових відмов тришарошкових бурових доліт. Однією з основних причин таких відмов є крихке руйнування шарошок, що веде до аварій та прямих економічних збитків при бурових роботах.

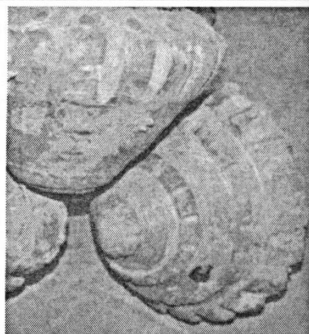
Причинами крихкого руйнування шарошок, як правило, є: експлуатаційні (перегрів долота на вибої, удар долота об вибій), конструкторсько-технологічні (недосконалість конструкції та технології виготовлення шарошок, невідповідність фізико-механічних властивостей сталі шарошок). Зокрема виявлено, що шарошки, виготовлені з різних плавок сталі 14ХНЗМА-В, по різному виявляють схильність до тріщиноутворення. Відтак постає актуальна задача обґрунтування критеріїв до вибору плавок долотних сталей. Одночасно, розробка ефективних способів підвищення довговічності шарошок має важливе практичне значення у створенні сучасних бурових доліт.

За останні роки окресленій проблемі присвячено багато досліджень, зокрема в [1] обґрунтовано застосування критеріїв вибору долотних сталей та їх зміцнення. Тим не менше, сучасне долотобудування вимагає оновлення та підвищення способів забезпечення якості шарошок доліт на етапах вхідного контролю плавок долотної сталі та хіміко-термічної обробки.

Відомо, що вимоги до фізико-механічних та експлуатаційних показників долотних сталей є не тільки суперечливими, а подекуди і взаємно заперечними. Так при забезпеченні високої зносостійкості сталі шарошок інколи отримують їх крихке руйнування (рис. 1, а), а при заходах щодо попередження крихкого руйнування інколи спостерігають пришвиджене абразивне зношування (рис. 1, б).



а



б

- а – крихке руйнування в небезпечному перерізі  
б – катастрофічний абразивний знос фрезерованого породоруйнівного оснащення

### Рисунок 1 – Руйнування шарошок виготовлених зі сталі 14ХНЗМА-В

Дані вхідного заводського контролю якості (по хімічному складі, прогартовуванню, твердості у стані поставки, ударній в'язкості, показниках міцності та пластичності) плавок сталі 14ХНЗМА показують, що в середньому невідповідність може складати 25 – 75% з усього прокату. У багатьох випадках невідповідність долотної сталі виявляється на етапах механічного оброблення (важкість лезового оброблення), а також при експлуатації (непрогнозовані раптові руйнування через розколювання), що веде до значних економічних втрат.

Вивчення причин раптового руйнування через розколювання виявило дві причини. Перша – це утворення поверхневих і підповерхневих тріщин спричинених неоптимальною технологією механічного оброблення і зміцнення. Друга – утворення тріщин в тілі шарошки при повній відповідності фізико-механічних показників регламентованим вимогам технічних умов до долотних сталей. Відтак існуюча технологія виготовлення доліт потребує вдосконалення у плані забезпечення якості заготовок під поковки шарошок.

Оскільки плавки сталі 14ХНЗМА на вхідному заводському контролі показують різні фізико-механічні властивості та різну тріщиностійкість, то на зарубіжних підприємствах придатність плавок долотних сталей оцінюють критерієм міцності  $D_I$ , що прийнятий в ASTM, тому практичне значення може мати зв'язок між критеріями  $D_I$  і  $K_{Ic}^{oc}$  [1]. Тим не менше, у практиці долотобудування велика увага приділяється встановленню вимог до структури прокату долотної сталі.



Провідні виробники шарошкових доліт, як: „Hughes Christensen Co.”, „Smith International Inc.”, „Reed Tool Co.”, „Security DBS Dresser Industries Inc.”, „Varel Manufacturing Co.”, застосовують сталі зі строго регламентованим хімічним складом, чистотою і фізико-механічними властивостями та здатністю до прогартовування згідно ASTM Standard A 304-78 „Steel Parts, Flloy, Subject to End-Quench Hardenability Requirements”, а також ASTM Standard A 8720 „Steel Forging Bar Specification” [1]. Існуючі у вітчизняному долотобудуванні технічні умови допускають більші значення сірки, а також мають ширше поле варіювання значень легуючих елементів. Також допускається, що долотна сталь 14ХНЗМА після нормалізації  $900\pm 20^{\circ}\text{C}$ , охолодження на повітрі та гартування з  $840\pm 20^{\circ}\text{C}$ , охолодження у воду, буде мати прогартовування в межах які подані на рис. 2.

Оскільки експлуатаційні властивості шарошок бурових доліт суттєво залежать від якості прокату, то до його хімічного складу та фізико-механічних показників висувають жорсткі вимоги. Зокрема забрудненість сталі неметалевими включеннями контролюється згідно ASTM E45-97, метод А (табл.2). Оскільки сталь піддають модифікованій обробці кальцієм та його сплавами, то важливою вимогою є недопущення вмісту кальцію більше 0,02% у пробі з ковша.

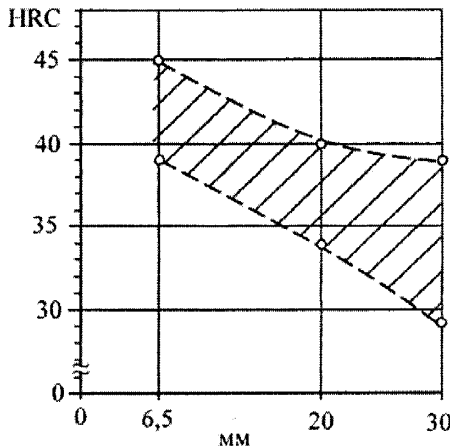


Рисунок 2 – Поле допустимих значень прогартовування сталі 14ХНЗМА що відповідає існуючій технології

Проведений аналіз на вміст кисню, азоту і водню в плавках сталей 14ХНЗМА-В показав [2], що вміст цих хімічних елементів в окремих плавках може дорівнювати 0,0023-0,0025%O; 0,011-0,012%N; 0,0003-0,0004%Н, що свідчить про підвищений і недопустимий їх рівень у



прокати. Одночасно, вакуумування рідкої сталі 14ХНЗМА-В уможливило знижувати вміст водню до 0,0002%, а азоту – до 0,008%.

Відомо, що в сталях Fe-Cr-Ni-Mo може утворитися крихка фаза складу Fe<sub>3</sub>CrMo та ін. Також наявність у плавці високого вмісту P спричинює підвищення холодноломкості (кожен 0,01%P підвищує поріг холодноломкості на 20-25°C. А завищений вміст сірки підвищує поріг червоноломкості (розплавлення евтектики FeS). Відтак сталь 4813Н забезпечує вищу міцність. Тобто тенденції у виборі плавок сталі передових виробників цілком обґрунтовуються вимогами до забезпечення високої тріщиностійкості. При цьому цементовані і загартовані шари деталей імпорتنих доліт виявляють високу твердість, а серцевина поряд з високою міцністю володіє сприятливими показниками в'язкості й пружності.

Встановлено [2], що прокат різних плавок сталі 14ХНЗМА-В має широке розсіювання фізико-механічних та технологічних показників. У окремих випадках це створює передумови високої схильності шарошок бурових доліт до крихкого руйнування. Для недопущення таких явищ необхідно:

Звузити допустиме поле розсіювання прогартовування долотної сталі, а також перейти на сталі підвищеної якості типу 9315Н і 4813Н згідно ASTM A 304-78.

Для встановлення придатності плавок сталі вести контроль за неоднорідністю структури прокату.

Контролювати сталь у стані поставки не тільки по чистоті хімічного складу, а й по показниках міцності й пластичності, тріщиностійкості. При значеннях показника міцності близьких до  $D_I=4,0$  чи виявленні схильності плавки долотної сталі до тріщиноутворення, прокат піддавати високотемпературному нагріву, здійснюючи дифузійний відпал перед виготовленням кованки.

#### Літературні джерела

1 Яким Р. С. Теорія і практика забезпечення якості та експлуатаційних показників цементованих деталей шарошкових бурових доліт: монографія / Р. С. Яким, Ю.Д.Петрина. – Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2011. – 189 с.

2 Яким Р. С. Підвищення довговічності шарошок тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким // *Машинознавство*. – 2013, – №7-8 (193-194). – С. 67–69.