

УДК 620.163.4

КРИТЕРІЇ ЗАСТОСОВНОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУРОВИХ ДОЛІТ

Ю.Д.Петрина, О.В. Корнута, Т.В. Лукань

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 4-53-69
e-mail: admin@ifdtung.if.ua

На сегодняшний день критерии выбора и применения безникелевых и низколегированных никелем долотных сталей, особенно с точки зрения одновременно высоких показателей износостойкости и прочности, обоснованы недостаточно. Механическими и фрактографическими исследованиями показано, что разрушение цементированных сталей имеет свои особенности. Изучением зависимостей работы распространения трещины на цементированных образцах стали 14ХНЗМА от относительной площади вязкой сердцевины установлено, что при относительной площади вязкой сердцевины 0,70...0,80 в производстве долот следует переходить с цементированных на нецементированные стали.

At present the criteria of choosing and application of nickel-free and low-alloyed bit steels from the point of view of simultaneous high indices of wear resistance and strength have not sufficiently been grounded. By means of mechanical and fractographical investigation it has been shown that destruction of cemented steels has its own peculiarities. Studying the dependence of cracks distribution on the cemented samples of steel of 14ХНЗМА type it was determined that with a relative point of viscid core of 0.7...0.8 when producing bits it is advisable to transform from cemented to non-cemented steels.

Потрібно також мати на увазі, що для виробництва бурових доліт застосовують високоякісні леговані сталі з високим вмістом нікелю [1]. Враховуючи дефіцит нікелю в Україні та їх високу вартість, одним із основних завдань сьогодення є створення нових безнікелевих [2,5] і низьколегованих нікелем [3] долотних сталей, а також композиційно армованих [4].

Однак критерії вибору та застосування таких сталей, особливо з точки зору одночасно високих показників зносостійкості та міцності, обґрунтовані недостатньо, а дослідження в цьому напрямку знаходяться на початковій стадії [5,6]. Розробка таких критеріїв дасть змогу закласти основи застосування сталей в долотобудуванні, скоротити номенклатуру використовуваних сталей і підвищити довговічність деталей бурових доліт, які працюють в умовах одночасного впливу складного зовнішнього силового навантаження і абразивного зношування. Тому це й стало метою нашого дослідження.

Вивчення залежності між структурою, механічними властивостями та зносостійкістю призвели до створення математичних моделей, за допомогою яких можна керувати механічними властивостями цілеспрямованим підбором хімічного складу сталей [5]. В результаті аналізу даних залежностей, експериментальних досліджень і практичного досвіду розв'язано важливу народногосподарську проблему: запропонована нова сталь 20ХГМ-Ш з пониженим вмістом нікелю для виготовлення деталей бурових доліт, що працюють в умовах одночасної дії високих зовнішніх навантажень та абразивного зношування (табл.1).

Виплавку сталі проводили на заводі "Дніпрореспецсталь". Дослідження оптимальних режимів термічної та ХТО нової сталі 20ХГМ-Ш проводилось паралельно з серійно використо-

Розвиток науково-технічного прогресу в області створення прогресивних видів породоруйнівних бурових інструментів неможливий без раціонального застосування матеріалів для виготовлення доліт, а також обґрунтованості використання режимів термічної та хіміко-термічної обробки (ХТО). В останні роки накопичений великий статистичний матеріал із застосування конструкційних сталей в долотобудуванні [1-5]. Проте аналіз цього матеріалу засвідчує, що використання високоякісних сталей не має наукового обґрунтування і носить випадковий характер. Таке положення унеможливає науковий підхід до вибору та застосування зносостійких сталей, що негативно відбивається на експлуатаційних показниках бурових доліт, які працюють в умовах абразивного зношування.

вуваними на Дрогобицькому долотному заводі сталями 14ХНЗМА та 16ХНЗМА.

Показано, що контактна довговічність при терті кочення з проковзуванням залежить від поверхневої твердості, глибини шару, градієнта твердості по глибині шару, концентрації вуглецю та профілю його розподілу, мікроструктури шару, а також міцності та твердості серцевини. Встановлено, що для лап і шарошок, виготовлених зі сталей 14ХНЗМА та 16ХНЗМА, поверхнева концентрація вуглецю після шліфування повинна бути в межах 0,85-1,05%, а на бігових доріжках шарошок – 0,7-0,9%. Падіння концентрації вуглецю на 1/3 глибини шару для лап і на 1/4 глибини шару для шарошок не повинно перевищувати 15% від заданої на робочій поверхні цементованого шару. Для деталей доліт, виготовлених зі сталі 20ХГМ-Ш, норма концентрації вуглецю в цементованому шарі бігових

доріжок після ХТО (до шліфування) на глибині 0,1-0,3 мм від поверхні повинна бути: для лап 0,75-1,05%; для шарошок 0,60-0,85%.

Практика експлуатації доліт з твердосплавним озброєнням свідчить, що твердість серцевини шарошок нижче 35 HRC₃ призводить до випадання твердосплавних зубків, вище 45 HRC₃ – до руйнування шарошок в тонкому перерізі. Враховуючи результати досліджень та стендових випробувань, рекомендовано рівень твердості бігових доріжок цапф лап HRC₃ 59...63, шарошок HRC₃ 58...62; твердість на 1/2 глибини шару лап і шарошок повинна бути >56 HRC₃, що визначає необхідний профіль твердості по глибині цементованого шару. Встановлено, що твердість цементованої поверхні та перепад її по глибині шару значною мірою визначаються режимами ХТО і залежать перш за все від ступеня насиченості вуглецем, профілю йо-

Таблиця 1 - Хімічний склад сталі 20ХГМ-Ш

№ плавки	Вміст елементів, %											
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	W	Va	Mo	Cu	Ti
1	0.21	0.18	0.98	0.007	0.019	0.93	0.29	0.15	0.02	0.15	0.20	0.01
2	0.20	0.23	1.05	0.006	0.018	1.02	0.17	0.02	0.02	0.26	0.21	0.01

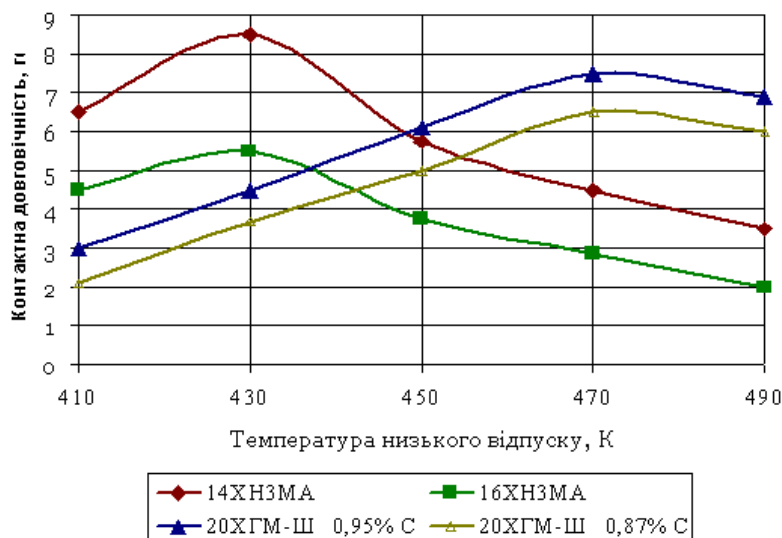
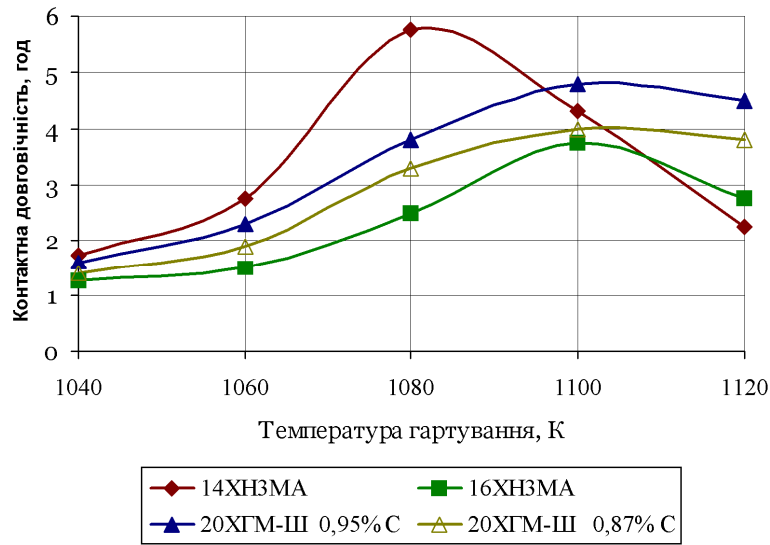
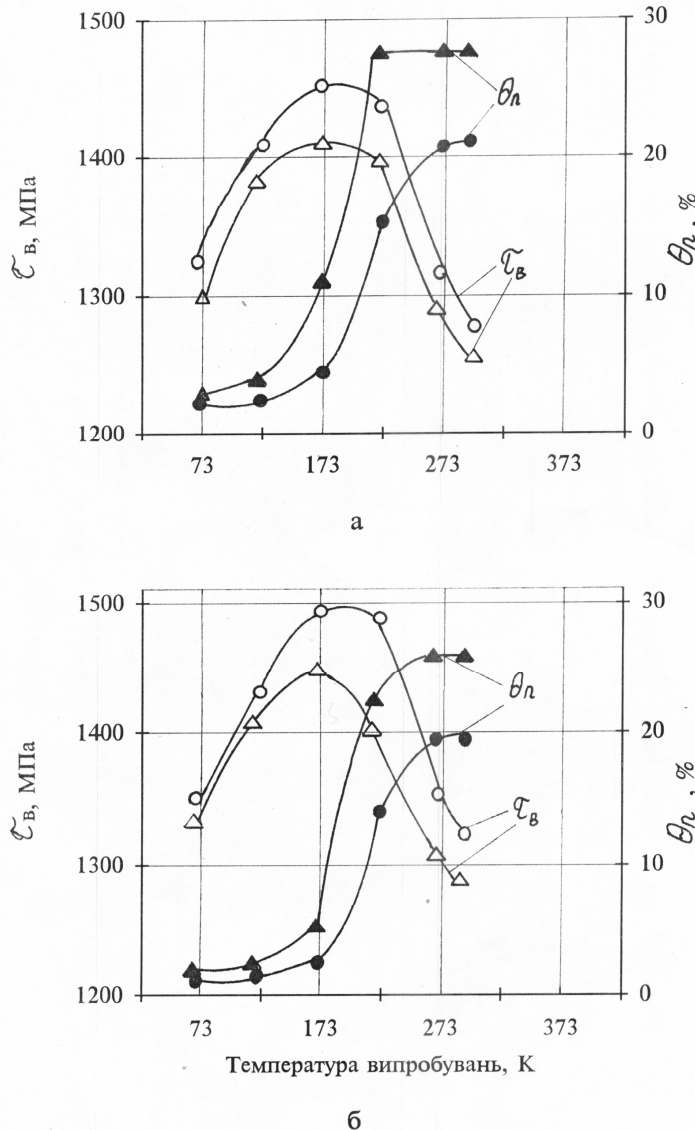


Рисунок 1 – Вплив температури гартування і низького відпуску на контактну довговічність долотних сталей

го розподілу по глибині шару, обраної схеми ХТО деталей, інтенсивності охолодження при проведенні кінцевого гартування.

16ХНЗМА з вмістом вуглецю 0,72% на глибині шару 0,1-0,3 мм – при гартуванні з температури 1100К при температурі низького відпуску в



○ –цементовані зразки; Δ – нецементовані зразки
Рисунок 2 - Вплив цементованого шару на КВП в сталях 14ХНЗМА (а) і 20ХГМ-Ш (б)

Враховуючи викладені фактори, розроблені технологічні режими термічної та ХТО деталей бурових доліт: цементация при 1320 К, охолодження до кімнатної температури, гартування з повторного нагрівання. Друге кінцеве гартування дає можливість отримати необхідну твердість і мікроструктуру працездатного цементованого шару, міцність і в'язкість серцевини деталей бурових доліт. Це залежить від правильно вибраних температурних режимів другого гартування та наступного відпуску. З аналізу рис.1 випливає, що цементована сталь 14ХНЗМА з вмістом вуглецю 1,05% на глибині шару 0,1-0,3 мм має максимальну контактну довговічність та поверхневу твердість при другому гартуванні з температури 1080 К, а сталь

обох випадках 430К, сталь 20ХГМ-Ш – при гартуванні з температури 1100К при температурі низького відпуску 470К. Слід відзначити, що при дослідженні мікроструктур деталей доліт, виготовлених зі сталі 20ХГМ-Ш, встановлена їх повна відповідність вимогам технологічного процесу, які розроблені ВНДІБТ і використовуються на Дрогобицькому долотному заводі (ДДЗ). На ДДЗ температура цементация лап і шарошок була в діапазоні 1200...1220 К. Нами встановлено, що підвищення її до 1320 К не погіршує показників зносостійкості деталей бурових доліт порівняно з цементацияю при звичайно прийнятій температурі.

Проведена порівняльна оцінка механічних властивостей долотних сталей, цементованих

при 1220 К і 1320 К. Результатами випробувань на розтяг, згин, кручення, ударну в'язкість, в'язкість руйнування та втомну міцність доведено, що підвищення температури цементації до 1320 К змінює ці характеристики в допустимих межах (їх механічні властивості відповідають вимогам технологічного процесу). Такі комплексні дослідження дали можливість заводу пере-

14ХНЗМА (рис.2). Крихко-в'язкий перехід (КВП) сталі 14ХНЗМА зсунутий в бік нижчих температур порівняно зі сталлю 20ХГМ-Ш. Цементация зразків нівелює різницю КВП обох сталей.

Вплив глибини цементованого шару на міцність та пластичність при розтягу носить складний характер (рис.3). Для оцінки впливу гли-

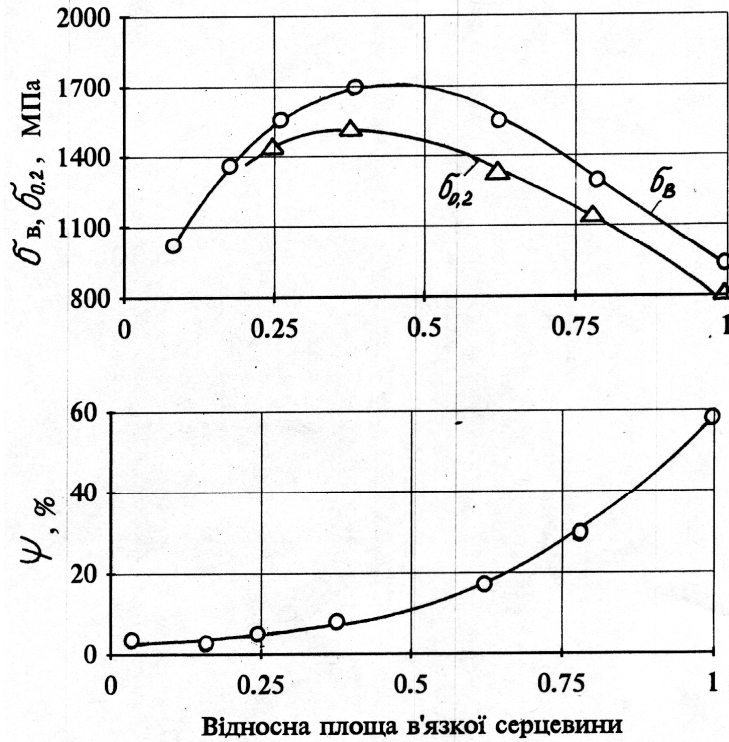


Рисунок 3 - Вплив відносної площі в'язкої серцевини на механічні властивості сталі 14ХНЗМА

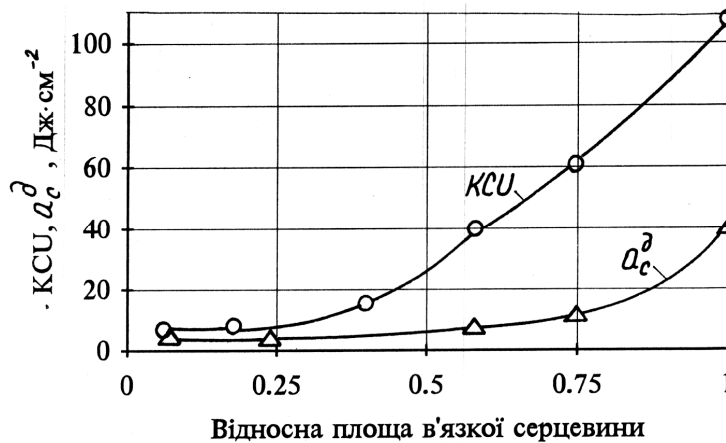


Рисунок 4 - Вплив відносної площі в'язкої серцевини на ударну в'язкість і роботу поширення тріщини сталі 14ХНЗМА

йти на проведення цементації деталей бурових доліт при температурі 1320 К, чим значно підвищилась продуктивність цього процесу.

Аналіз температурних залежностей границі міцності та пластичності при крученні засвідчив, що нецементована сталь 20ХГМ-Ш більш схильна до крихкого руйнування, ніж сталь

бини цементації на механічні властивості зразків використали запропонований С.М.Бобровим коефіцієнт, який враховує геометричні розміри зразка – відносну площу в'язкої серцевини [5]. Цей показник визначається відношенням площі нецементованої серцевини до всієї площі зразка в площині руйнування.

Встановлено, що максимальні значення границі міцності та границі текучості відповідають відносній площі в'язкої серцевини в межах 0,40...0,50 (рис.3). За інших значень відносної площі в'язкої серцевини ці параметри падають. При випробуваннях зразків з відносною площею в'язкої серцевини, меншою за 0,25, руйнування проходить в області пружних деформацій без помітних слідів пластичного деформування, що характерно для високовуглецевих сталей. Підвищення відносної площі в'язкої серцевини вище 0,50 призводить до зниження механічних властивостей з одночасним ростом відносного звуження, що характерно для сталей середньої міцності.

Вплив відносної площі в'язкої серцевини на ударну в'язкість наведений на рис.4. Цей параметр найбільше залежить від цементації зразків. Насичення поверхневих шарів вуглецем навіть на незначну глибину викликає суттєве зниження ударної в'язкості. Це наочно проявляється в макрозламах ударних зразків (рис.5).

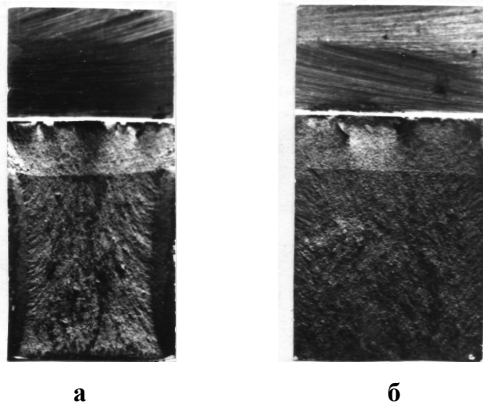


Рисунок 5 - Характерні макрозлами ударних зразків з наведеними втомними тріщинами сталі 14ХНЗМА нецементованих (а) і після цементації (б)

На бокових поверхнях зламів нецементованих ударних зразків утворюються великі зрізові губи (рис.5а), що свідчить про суттєву пластичну деформацію при руйнуванні. На поверхнях зламів цементованих ударних зразків такі зрізові губи повністю зникають (рис.5б). Це свідчить про пластично деформований стан поверхні руйнування. У зв'язку з відсутністю залишкової пластичної деформації ударна в'язкість цементованих зразків різко падає.

В роботах [2,5,6] показано, що при відносній площі в'язкої серцевини меншій 0,50 застосовувати поверхневе зміцнення недоцільно, тому що це призводить до різкого спаду характеристик міцності, пластичності та ударної в'язкості. В цьому випадку краще переходити на нецементовані сталі.

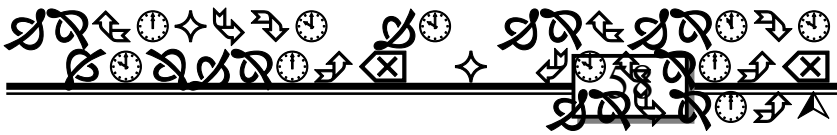
Нашими дослідженнями доведено, що руйнування цементованих сталей має свої особливості. Дослідження зламів при невеликих збільшеннях виявили тріщини, які беруть початок в перехідній зоні незалежно від виду навантаження при випробуваннях. Це явище зумовлює особливості руйнування цементованих сталей в різних умовах. Вивчення залежності роботи поширення тріщин на цементованих зразках зі сталі 14ХНЗМА від відносної площі в'язкої серцевини приводить до висновку, що перехід на нецементовані сталі необхідно проводити при відносній площі в'язкої серцевини 0,70...0,80, а не при 0,50 (рис.4).

В подальшому передбачається провести експериментальну оцінку із забезпечення одночасно високих показників зносостійкості та міцності нецементованих сталей за рахунок оптимального вибору режимів їх термічної обробки.

Література

1. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М., Доценко В.А. Абразивное изнашивание бурильного инструмента.- М.:Недра,1990.-207 с.
2. Бобров С.Н. О применении высокопрочных сталей как износостойкого конструкционного материала// Металловедение и термическая обработка металлов.- 1993.- №8.-С.13-17.
3. Петрина Ю.Д., Артим В.І., Ілик В.Т. Розробка долотних сталей з низьким вмістом нікелю //Методи і засоби технічної діагностики.-Івано-Франківськ.-1995.-С.128-131.
4. Петрина Ю.Д., Борушак Л.О., Борушак Б.О. Комп'ютерне моделювання процесу композиційного армування //Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта 2004".-Дніпропетровськ.-2004.-Т.72.-С.29-31.
5. Бобров С.Н. Основы комплексного использования высокопрочных сталей как износостойкого конструкционного материала: Автореф.дис. ... д-ра техн.наук: 05.02.04; 05.02.01/Московский институт нефти и газа.- М.,1990.-55 с.
6. Бобров С.Н. Критерии применения сталей в машиностроении // Металловедение и термическая обработка металлов.- 1988.- №3.- С.54-58.

© 2005 № 2(15) • 2005
 Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ



Редакція журналу запрошує до співпраці спеціалістів нафтогазової галузі, котрі бажають опублікувати свої матеріали.

Будемо раді допомогти Вам налагодити ділові контакти через опублікування у нашому журналі реклами продукції та розробок