

УДК 621.793.6

М. М. ВЛАСЕНКО

Донецький національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СТАЛІ 20 ПРИ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОМУ БОРУВАННІ

При проведенні електролізного борування на поверхні зразків було отримано дві боридні фази: Fe_2B і FeB , але товщина шару FeB не перевищувала 10 мкм. Шар Fe_2B мав більш значну протяжність, яка залежить від тривалості процесу борування. Корозійна стійкість борованої сталі 20 зросла у 5 разів по відношенню до електрохімічної корозії і у 2 рази по відношенню до газової корозії.

сталь, борування, корозія, жаростійкість, мікроструктура, рентгеноструктурний аналіз

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ

Корозія металевих труб, особливо сталевих, призводить до величезних витрат металу, скорочує термін служби водопровідних ліній, є причиною аварій і витоків води, збільшує шорсткість внутрішньої поверхні стінок труб і, отже, втрати напору в них, що пов'язано з додатковими витратами на подачу води. Корозії піддається як зовнішня, так і внутрішня поверхні стінок труб. Таким чином, корозія труб спричиняє збільшення як будівельних, так і експлуатаційних витрат в системах водопостачання. Останнім часом широкого поширення набув метод нанесення неметалічних покриттів на поверхню сталевих виробів. Одним з таких методів є борування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Одним з ефективних способів поверхневого зміцнення і підвищення корозійної стійкості сталей є борування. Зусилля багатьох вітчизняних і зарубіжних учених спрямовані на удосконалювання цього процесу, про що свідчать сотні публікацій, узагальнених у монографіях [1, 2]. Підвищений інтерес до процесу борування обумовлений можливістю одержання в поверхневій зоні оброблюваних виробів моно- чи багатофазних боридних шарів, що характеризуються унікальним комплексом фізико-хімічних властивостей і його прийнятністю для оброблення широкої гами конструкційних і інструментальних сталей та сплавів [3, 4].

Ефективність процесу багато в чому залежить від режимів і параметрів даного оброблення. Саме тому розробка технології хіміко-термічного оброблення труб є важливим завданням виробничого процесу в цілому. Значна частина потужності металургійних підприємств витрачається на заповнення втрат металу внаслідок корозії. Проте це далеко не повністю відображає дійсний збиток, пов'язаний з виходом із ладу виробів з металу. Значні втрати обумовлені аваріями устаткування, простоями його, втратами і відходами в металообробленні, порушеннями якості продукції і кінець кінцем підвищенням її собівартості і зниженням продуктивності праці.

ЦІЛІ

Метою даної роботи є вивчення процесу рідинного борування сталі 20 для підвищення корозійної стійкості елементів трубопроводної водоохолоджувальної арматури електродугової печі ЕДП-120 з підвищеними техніко-експлуатаційними характеристиками, які повинні забезпечити надійне і безаварійне функціонування основного технологічного устаткування, підвищення економічності виробництва електроенергії і впровадження сучасних автоматизованих технологій.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Для проведення досліджень використовували зразки зі сталі 20. Хімічний склад сталі був визначений у ЦКЛ «ДМЗ» спектральним методом. Результати проведеного аналізу зведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 20, % (мас.)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,17–0,24	0,17–0,37	0,35–0,65	до 0,25	до 0,04	до 0,04	до 0,25	до 0,25	до 0,08

Сталь 20 використовується для виготовлення елементів труб водоохолоджувального склепінного патрубку печі ЕДП-120. Згідно з існуючою технологією через патрубок відводяться гази з температурою 1 000–1 200 °С, які омивають зовнішню поверхню труб. Труби є водоохолоджувальними елементами – усередині них тече вода з температурою 40 °С.

Для електролізного борування був виготовлений тигель з неіржавійної сталі Х18Н9Т. Така сталь має досить високу корозійну стійкість у розплаві бури і, через наявність в ній високого вмісту хрому, сама майже не піддається боруванню. Схема установки для електролізного борування наведена на рис. 1.

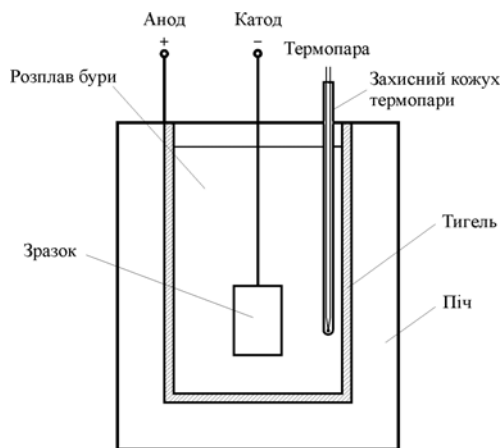


Рисунок 1 – Схема установки для електролізного борування сталі.

До схеми установки входили також регульовані джерела живлення печі і електролізної ванни, прибори контролю струму і напруги на зразку, цифровий вольтметр В7-21А для вимірювання термо ЕРС термопари, які на схемі не вказані.

Борування сталі проводили у розплаві чистої бури, яка при 950 °С має досить високу текучість. Крім того, періодично (раз у 2–3 хвилини) проводилось перемішування розплаву шляхом переміщення зразка у вертикальному напрямку безпосередньо у процесі борування.

Тривалість процесу борування при температурі 950 °С становила 2 і 4 годин при густині електролізного струму 50 мА/см². Для циліндричних зразків діаметром 20 мм і висотою 30 мм перерахунок на загальну площу зразка давав струм 1,5 А. Після завершення процесу борування зразки охолоджувались у воді для полегшення зняття зі зразків залишків розплаву бури.

На рисунках 2 та 3 наведені мікроструктури борованої сталі 20.

Якісний рентгенофазовий аналіз борованих зразків показав, що на їх поверхні чітко фіксується наявність дифракційних ліній, які відповідають двом боридним фазам заліза: Fe₂B і FeB. Дифракційні лінії, що відповідають α-Fe, на дифрактограмі, яка була знята з поверхні зразка, відсутні. Після зняття шару зразка товщиною 10 мкм шляхом абразивного зішліфовування фазовий аналіз показав повне зникнення на цій глибині від поверхні фази FeB. Відсутні також і лінії, що відповідають фазі α-Fe. При подальшому заглибленні у зразок з кроком 10 мкм на дифрактограмі залишаються лише лінії фази Fe₂B, інтенсивність яких поступово зменшується, а інтенсивність лінії (200) α-Fe починає зростати. Більш інтенсивна лінія (110) α-Fe, на жаль, має такий же кут дифракції, що і у ліній (200) FeB і (211) Fe₂B. Тому появу або зникнення фази α-Fe можна контролювати лише за лінією (200). На рисунках 4, 5, 6, і 7 наведені дифрактограми сталі 20 після електролізного борування при 950 °С протягом 2 годин при покроковому заглибленні в зразок до 80 мкм.

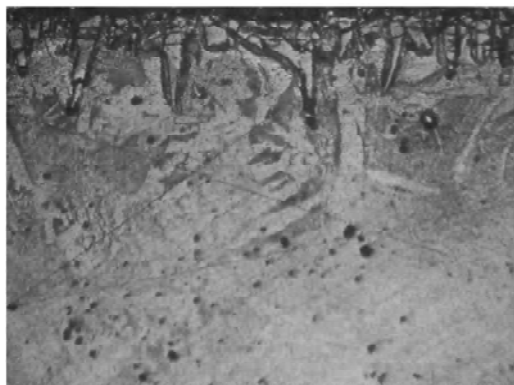


Рисунок 2 – Структура борованого шару сталі 20
($T = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 2\text{ год}$) $\times 400$.

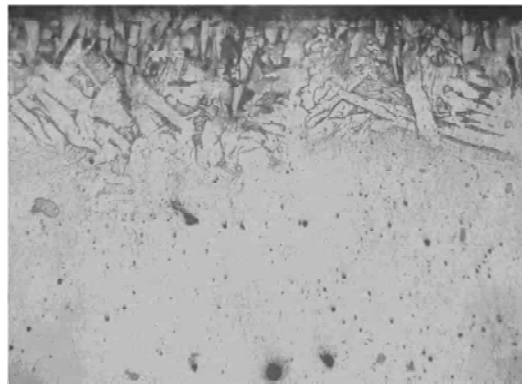


Рисунок 3 – Структура борованого шару сталі 20
($T = 950\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 4\text{ год}$) $\times 400$.

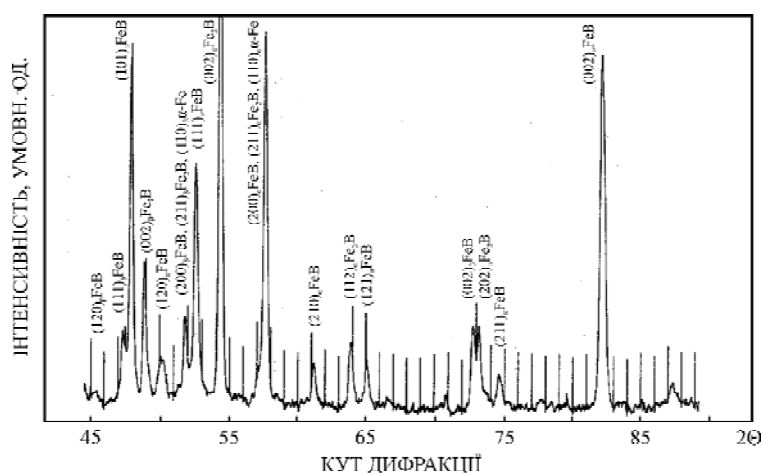


Рисунок 4 – Дифрактограма борованого покриття з поверхні зразка.

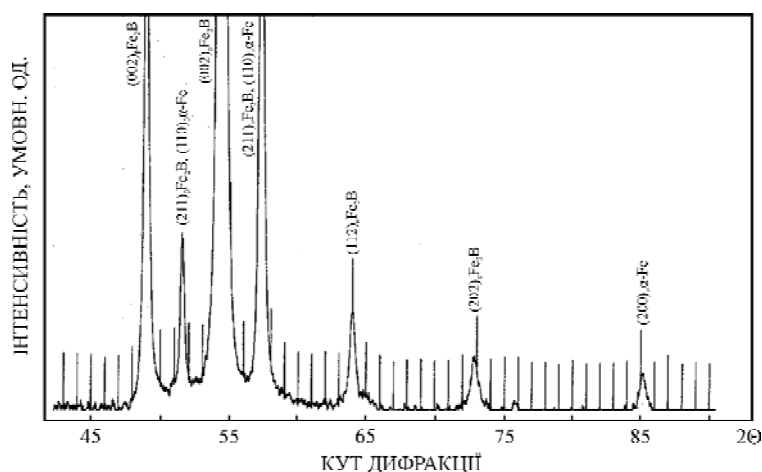


Рисунок 5 – Дифрактограма борованого покриття після зняття шару 10 мкм.

На зразках, борованих при тих же умовах протягом 4 годин, спостерігається така ж сама поведінка фазових складових, однак протяжність борованого шару у цьому випадку складає вже не 80, а 150 мкм.

Для того, щоб відстежити за кількісними змінами фазових складових борованого шару на сталі 20 при заглибленні у зразок, була використана програма X-Ray Graphic. Ця програма дозволяє на першому етапі оброблення даних «оцифрувати» дифрактограму, записану на діаграмній стрічці за допомогою модуля програми X-Ray Scanner.

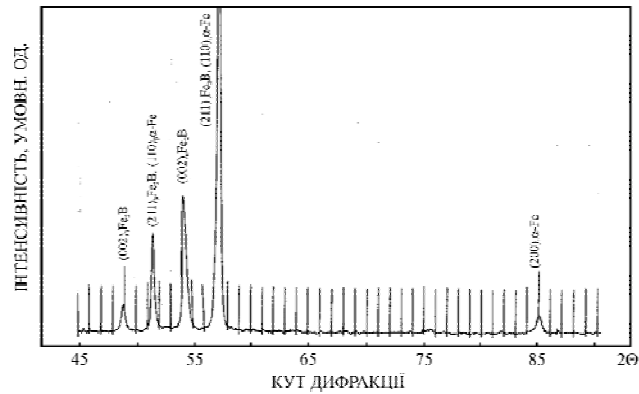


Рисунок 6 – Дифрактограма борованого покриття після зняття шару 50 мкм.

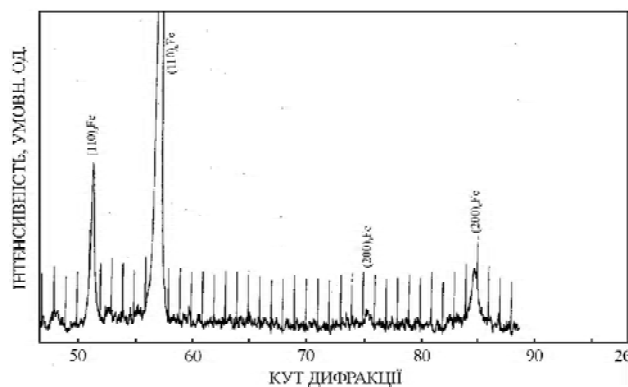


Рисунок 7 – Дифрактограма борованого покриття після зняття шару 80 мкм.

Отримані за допомогою цих програм результати досліджень зразків сталі 20, борованих 2 години, наведені на рисунку 8, а борованих 4 години – на рисунку 9.

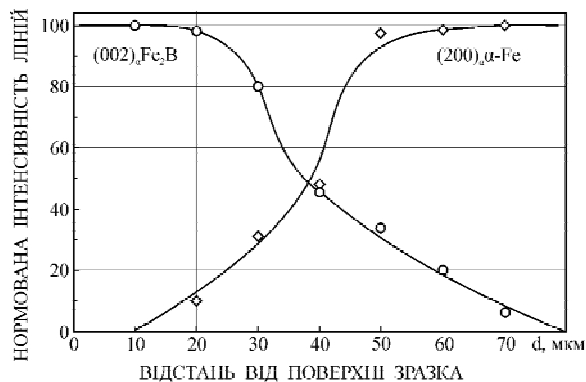


Рисунок 8 – Інтенсивність дифракційних ліній при заглибленні у борований протягом 2 годин зразок.

Випробування на корозійну стійкість проводили в 10 % розчині сірчаної кислоти впродовж 30 хвилин при кімнатній температурі. Випробуванню піддавалися борований протягом 4 годин та неборований зразки із сталі 20. Результати узагальнені на рисунку 10.

З цих випробувань видно, що при кімнатній температурі корозійна стійкість борованої сталі 20 приблизно у 5 разів вища від корозійної стійкості неборованої сталі.

Випробування на газову корозію проводили шляхом нагрівання зразків в печі до температури 750 °C протягом 15 годин з подальшим зважуванням зразків на аналітичних вагах. Результати порівняльних випробувань борованої та неборованої сталі 20 на газову корозію наведені на рисунку 11.

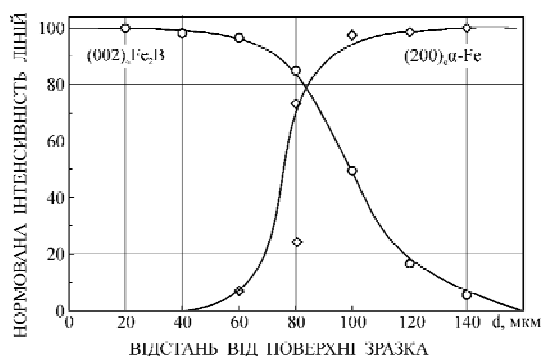


Рисунок 9 – Інтенсивності дифракційних ліній при заглибленні у борований протягом 4 годин зразок.

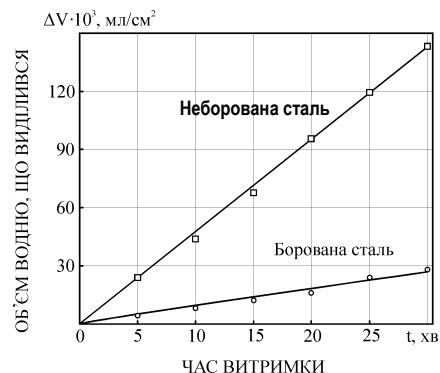


Рисунок 10 – Графік залежності виділення водню від часу дії розчину.

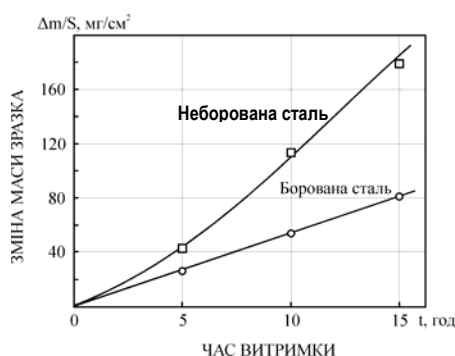


Рисунок 11 – Результати випробувань сталі 20 на газову корозію.

З наведеного графіка видно, що при температурі 750 °С корозійна стійкість борованої сталі 20 відносно газової корозії перевищує корозійну стійкість неборованої сталі 20 більше, ніж у 2 рази.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. При проведенні електролітичного боровання на поверхні зразка були виявлені дві боридні фази: Fe₂B і FeB (півборид і борид заліза), але шар FeB досить тонкий, менше 10 мкм. Шар Fe₂B мав більш значну протяжність, яка залежить від тривалості процесу боровання.
2. Проведені дослідження підтвердили можливість отримання монофазного боридного покриття при густині струму, що не перевищує «критичного» для даного складу розплаву, яке при гартуванні не утворює на поверхні зразка тріщин і відколів.
3. Корозійна стійкість борованої сталі 20 зросла у 5 разів по відношенню до електрохімічної корозії і у 2 рази по відношенню до газової корозії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ворошнин, Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов [Текст] : Справ. пособие / Л. Г. Ворошнин. – Минск : Беларусь, 1981. – 205 с. – ISBN 5-1426723-A.
2. Белкин, П. Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов [Текст] / П. Н. Белкин. – М. : Мир, 2005. – 336 с. – ISBN 5-03-003713-6.
3. Комплексные боридные покрытия применительно к повышению коррозионной стойкости стальных труб в условиях воздействия кавитационно-эрозионных сред [Текст] / В. И. Змий, Г. Н. Картмазов, Н. Ф. Карцев и др. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. – 2010. – № 5(96). – С. 84–88.
4. Мамонова, А. А. Особенности фазового состава и тонкой структуры боридных слоев спеченных порошковых сталей [Текст] / А. А. Мамонова // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні : Збірник наукових праць. – Луганськ, 2012. – № 1. – С. 124–133. – ISSN 2218-1806.

5. Мовчан, В. А. Микроскопическая неоднородность в литых сплавах [Текст] / В. А. Мовчан. – Киев : гос. Изд-во техн. лит-ры УССР, 1962. – 340 с.

Отримано 29.05.2013

Н. Н. ВЛАСЕНКО

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛИ 20 ПРИ
ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ БОРИРОВАНИИ

Донецкий национальный технический университет

При проведении электролитического борирования на поверхности образцов было получено две боридные фазы: Fe_2B и FeB , но толщина слоя FeB не превышала 10 мкм. Слой Fe_2B имел более значительную протяженность, которая зависит от продолжительности процесса борирования. Коррозионная стойкость борированной стали 20 выросла в 5 раз по отношению к электрохимической коррозии и в 2 раза по отношению к газовой коррозии.

сталь, борирование, коррозия, жаростойкость, микроструктура, рентгеноструктурный анализ

MYKOLA VLASENKO

INCREASE OF CORROSION STABILITY OF STEEL 20 AT ELECTROLYTIC
BORATING

Donetsk National Technical University

During realization of the electrolytic borating on the surface of samples two boride phases were got: Fe_2B and FeB , but the thickness of layer of FeB did not exceed 10 mkm. The layer of Fe_2B had more considerable extension that depends on duration of process of borating. Corrosion resistance of the borated steel 20 grew in 5 times in relation to electrochemical corrosion and in 2 times in relation to gas corrosion.

steel, borating, corrosion, heat resistance, microstructure, X-ray analysis

Власенко Микола Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичного матеріалознавства Донецького національного технічного університету. Наукові інтереси: фазові перетворення, модифікування поверхні металів і сплавів при хіміко-термічній обробці.

Власенко Николай Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры физического материаловедения Донецкого национального технического университета. Научные интересы: фазовые превращения, модифицирование поверхности металлов и сплавов при химико-термической обработке.

Vlasenko Mykola – PhD (Eng.), Associate Professor, Physical Materials Science Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: phase transformations, modification of metal and alloy surfaces at the chemical heat treatment.