

## ЗМІЦНЕННЯ НОЖІВ ЗІ СТАЛІ 20X13 ШЛЯХОМ БОРУВАННЯ З ПАСТ

Князєв С.А., НТУ «ХПІ»

*Анотація.* У роботі представлено результати борування сталі 20X13 з метою підвищення зносостійкості. Металографічно виявлені особливості структури борованого та перехідного шару. Виявлено наявність карбоборидів у основному шарі, а також мікро об'єми твердого розчину бору в підшарку.

**Ключові слова:** борування, мікротвердість, бориди, карбобориди, знос.

## УПРОЧНЕНИЕ НОЖЕЙ ИЗ СТАЛИ 20X13 ПУТЕМ БОРИРОВАНИЯ ИЗ ПАСТ

Князев С.А., НТУ «ХПИ»

*Аннотация.* В работе представлены результаты борирования стали 20X13 с целью повышения износостойкости. Металлографически выявлены особенности структуры борированного и переходного слоя. Выявлено наличие карбоборидов в основном слое, а также микро объемы твердого раствора бора в подслое.

**Ключевые слова:** борирования, микротвердость, бориды, карбобориды, износ.

## STRENGTHENING KNIFES MADE OF STEEL 20X13 BY WRESTLING WITH PASTE

Knyazev S.A, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

*Abstract.* The paper presents the results of drilling steel 20X13 in order to increase wear resistance. Metallographically revealed features of the structure of the boron layer and the transition layer. Carboborides were detected in the main layer, as well as micro-volumes of solid boron solution in the sublayer.

**Key words:** drilling, microhardness, borides, carboborides, wear.

### Вступ

Підвищення зносостійкості є актуальною проблемою прикладного матеріалознавства. Одним із способів вирішення такого роду задач є методи хіміко-термічної обробки (ХТО). В той же час економічна доцільність зміцнення стає на перший план. Удосконалення вже відомих методів робить їх привабливими і розширює потенційні сфери застосування для нових деталей та інструменту.

### Аналіз літературних джерел

Вибір виду хіміко-термічної обробки дуже важливий та відповідальний етап розробки. Його здійснюють опираючись на кінцеві експлуатаційні властивості, які повинен мати виріб, технологічні особливості ХТО, а також економічну доцільність. Метод борування відомий достатньо давно [1]. Основним його недоліком є досить велика тривалість процесу [2]. Більшість варіантів обробки по боруванню стосується маловуглецевих конструкційних сталей [2], хоча є інформація по боруванню високолегованих сталей з метою їх зміцнення [3].

### Мета роботи

Представлена робота присвячена вивченню можливості зміцнення кромки промислових ножів шляхом борування з паст. Ножі, котрі використовуються у харчовій промисловості виготовляються зі сталі 20X13, мають нетривалий термін експлуатації, що пов'язано зі значними процесами зношування внаслідок порівняно невеликої твердості після традиційної термічної обробки – гартування і відпуску.

## Методика експериментів і досліджень

Експериментами передбачалось традиційна зміцнююча термообробка, та технологія борування з паст з метою отримання високої поверхневої твердості, відсутності викрошування та зменшення часу обробки.

Для борування ножів на їх кромку наносилась насичуюча паста. Після чого ножі завантажувались у лоток та засипалися захисною засипкою. Лоток завантажувався у піч де проводився нагрів. Додатковий контроль проводився за допомогою інфрачервоного пірметра. Процес насичення проводився порівняно короткочасно і тривав 1,5 години (Рис.1). Прискорення насичення полягало у застосуванні активованої суміші, що дозволило отримати сильно насичений газовий прошарок у місці контакту з металом [4]. Після борування проводилась загартування, середній відпуск ножів, затиснутих у струбціні.

Для дослідження мікроструктури зразків і фотографування мікроструктури використовувався мікроскоп УПТ-102ВІІ. Вимір мікротвердості проведено на приладі ПМТ-3.

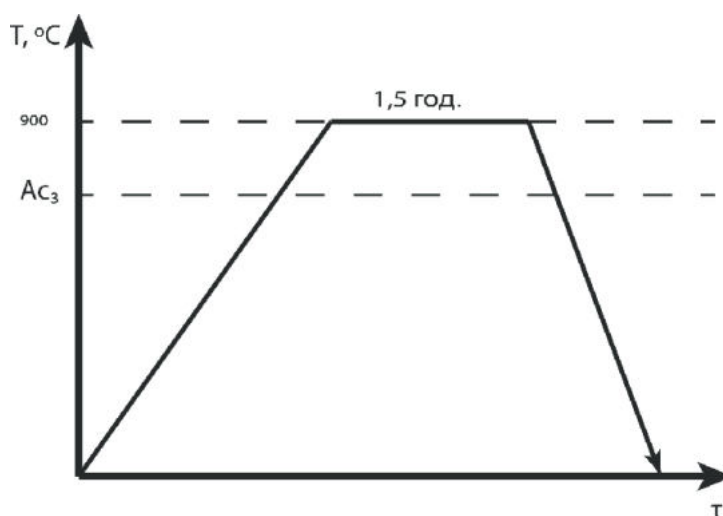


Рисунок 1 – Схема режиму борування

## Результати роботи

Результати обробки проводились з застосуванням металографічного аналізу, виміру мікротвердості та безпосередньої оцінки зношування у процесі експлуатації ножів.

Виявлена мікроструктура засвідчила про отримання значного за товщиною борованого шару, який досягає ста мікрометрів.

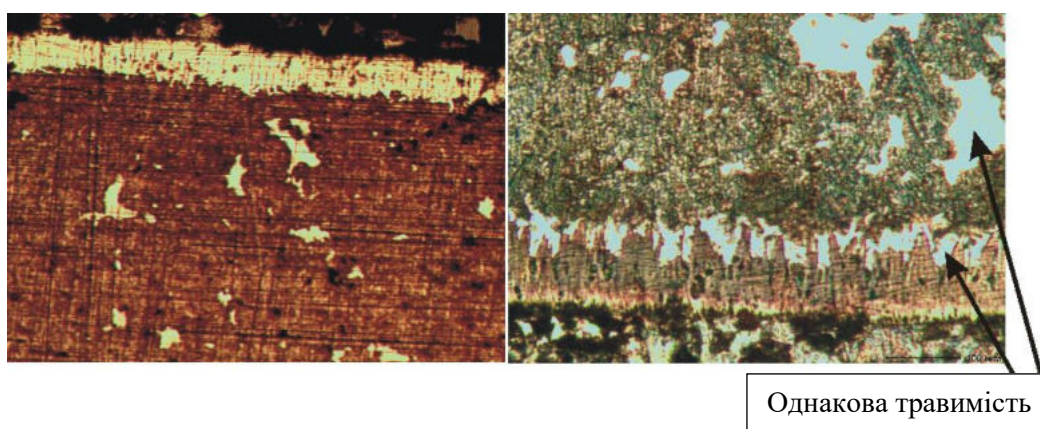


Рисунок 2 – Мікроструктура поверхні ножа після кольорового травлення

На борованих шарах отримано високі рівні мікротвердості, а саме, на поверхні мікротвердість становила 18000 МПа яка характерна для бориду  $\text{FeB}$  та 14000 МПа у середині та на кінці шару

(відповідає бориду  $Fe_2B$ ) (рис. 3).

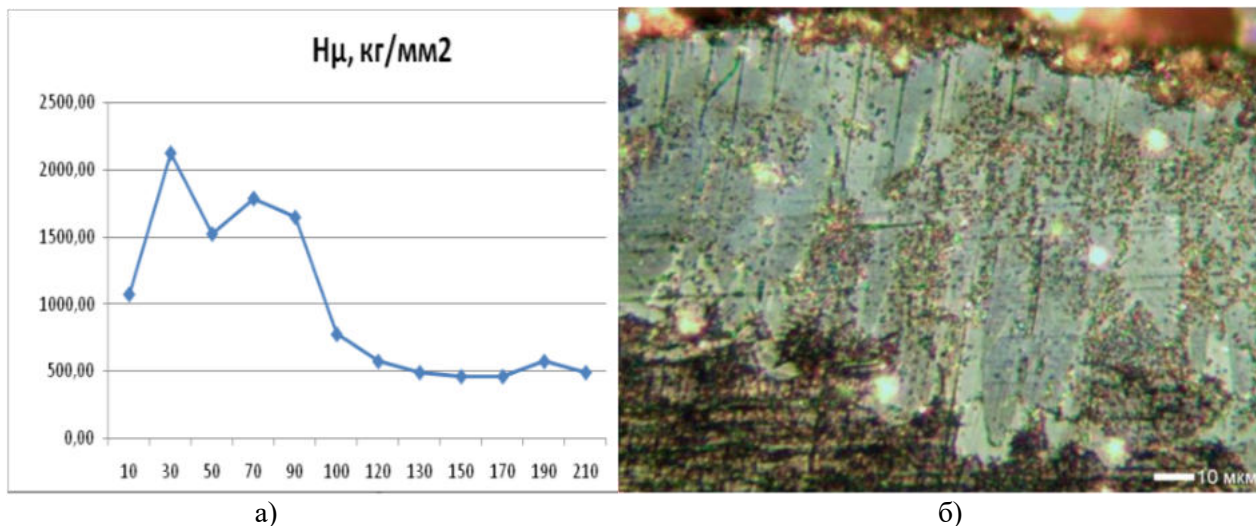
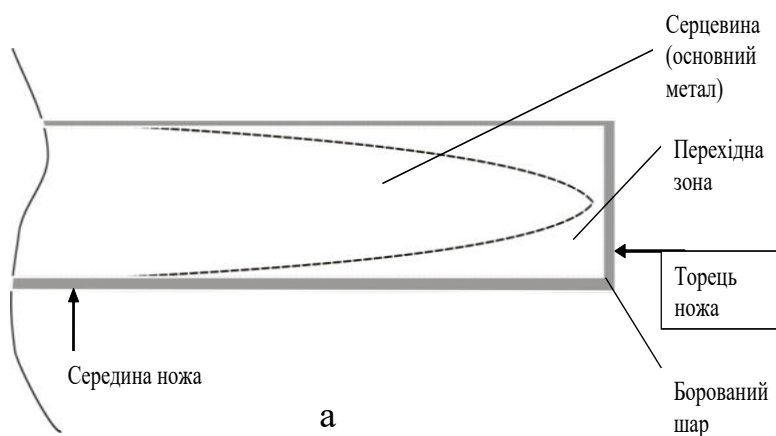
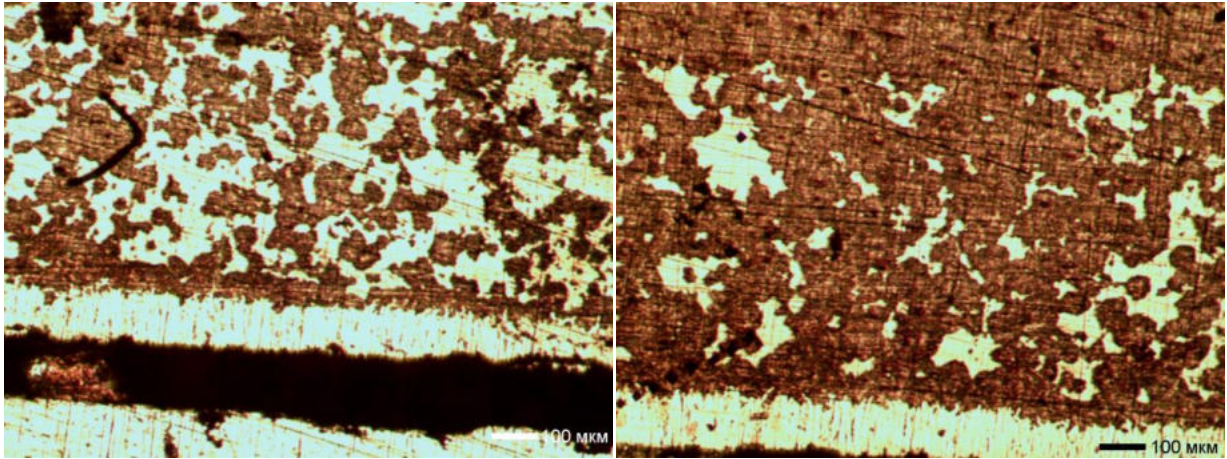


Рисунок 3 – Розподіл мікротвердості за глибиною (а) та карбобориди у поляризованому світлі (б)

Додаткові металографічні дослідження, у тому числі з застосуванням поляризованого світла, дозволили виявити нову структурну складову у борваному шарі, а саме дисперсні часточки складних карбоборидів середнім розміром 0,5 мкм. Провали у мікротвердості на графіку пов'язані саме з утворенням карбоборидів на фоні боридної фази (Рис.3).

В ході металографічного аналізу виявлено, незвичну для борванних дифузійних шарів, перехідну структуру, яка може бути пов'язана зі структурою твердого розчину бору в залізі. Вимір мікротвердості підтверджує це припущення. На рис. 4 – представлено схему рис. 4 а, та мікроструктури в залежності від відстані до торця ножу рис 4 б та рис. 4 в (далі і ближче до торця відповідно).





б

в

Рисунок 4 – Зміна кількості твердого розчину бору в залізі у перехідній зоні в залежності від відстані до торця

Експлуатаційні випробування трьох оброблених ножів показали високі результати по їх зносостійкості. Час безперервної роботи оброблених ножів збільшився в 5 разів в порівнянні з простою зміцнюючою термообробкою. При цьому слідів крихкого руйнування та викрощування не спостерігалось.

#### Висновки

Таким чином проведене порівняно короткочасне борування дозволило отримати достатньо глибокий (100 мкм) боридний шар, який при детальному розгляді має складну будову внаслідок формування карбоборидів. Наявність карбоборидів призводить до локальних понижень мікротвердості. У перехідній зоні формуються ділянки з твердим розчином бору в залізі, які мають чіткі границі поділу з трооститною структурою матриці. Можна припустити, що наявність карбоборидів у основному шарі і наявність перехідної зони сприяють відсутності крихкого руйнування внаслідок утворення можливостей до релаксації напруги у пластичних структурних складових.

#### Література

1. Kulka M. Current Trends in Boriding [Text] / Techniques. – 2019. – 282 p.
2. Matuschka A. Boronizing [Text]. Hanser. – 1980. – 97 p.
3. Yunus S. Effect of boronizing medium on dispersion layer of austenitic stainless steel [Text] / S. Yunus, S. Alias, F. Wong, A. Rashid & N. Abdullah // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2015. – № 10 (17). – P. 7821 – 7824.
4. Погрібний М. Борування конструкційних сталей з використанням насичуючих паст [Текст] / М. Погрібний, С. Князев // Металознавство та обробка металів. – 2011. – № 1. – С. 33 – 38.