

**Т. В. Емельянова<sup>1\*</sup>, В. И. Грызунов<sup>2</sup>, Е. Ю. Приймак<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ОАО «МК ОРМЕТО-ЮУМЗ»

<sup>2</sup>Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ, г. Орск

\**tatyana.emelyanova.90@mail.ru*

Научный руководитель – проф., д-р хим. наук *В. И. Грызунов*

## ДИФФУЗИОННОЕ НАСЫЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ БОРОМ

В ходе данной работы испытана технология упрочнения сталей, предназначенных для изготовления штампового инструмента, с помощью борирования в твердой среде. Рассмотрено влияние температуры насыщения на микроструктуру борированного слоя, его глубину; микроструктуру переходной зоны и основного металла.

*Ключевые слова:* борирование, температура насыщения, штамповые стали.

***T. V. Emelyanova, V. I. Gryzunov, E. Yu. Priymak***

## DIFFUSION SATURATION OF THE SURFACE LAYERS OF DIE STEELS WITH BORON

During this work tested the technology of hardening steels designed for production die tool with boriding in solid medium. The influence of the saturation temperature on the microstructure borated layer, its depth; the microstructure of the transition zone and the base metal.

*Keywords:* borating, saturation temperature, die steels.

Решение проблемы повышения стойкости штампов горячего деформирования, выходящих из строя вследствие износа или разгара, возможно с применением химико-термической обработки. Химико-термической обработкой называется процесс, заключающийся в нагреве и выдержке материалов при высоких температурах в химически активных средах с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя стали. Одним из перспективных способов ХТО, обеспечивающих получение высоких показателей твердости и микротвердости, является борирование.

В данной работе был проведен анализ образцов из сталей 4X5МФС и 5ХНМ, предварительно упрочненных посредством диффузионного насыщения в смеси борсодержащего порошка. В состав порошка входили: глинозем ( $Al_2O_3$ ) – 36 % + хлористый аммоний ( $NH_4Cl$ ) – 4 % + карбид бора ( $B_4C$ ) – 60 %. Карбид бора выбран в силу того, что данное соединение является наиболее распространенным борлирующим агентом в

подавляющем большинстве насыщающих сред. Борирование проводили при температурах от 950 до 1150 °С с выдержкой 6 часов.

В процессе борирования на поверхности сталей сформировался диффузионный слой (рис. 1). Слой исследуемых сталей отличается большой сплошностью и равномерностью по толщине. Игольчатость строения, характерного для борированных сталей на основе железа, в данном случае отсутствует.

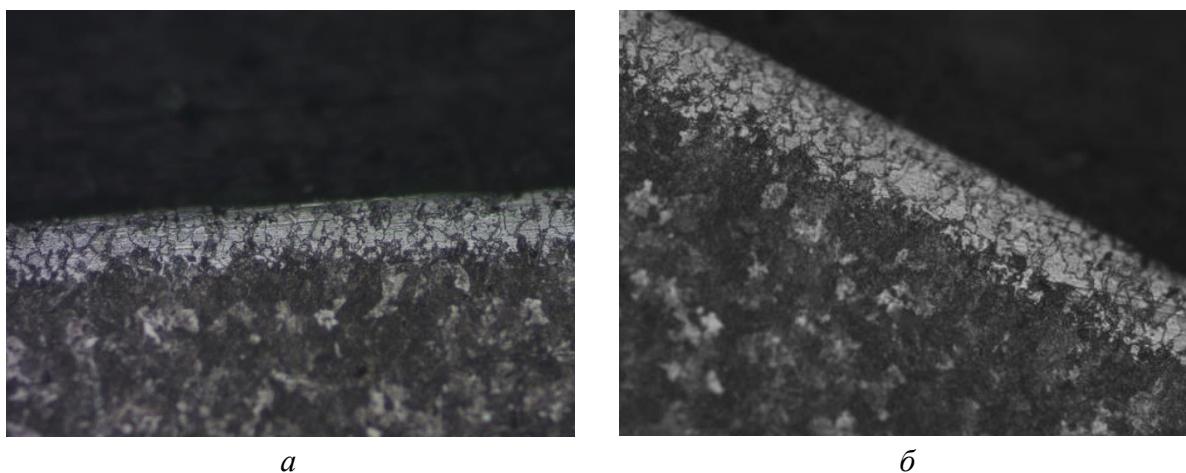


Рис. 1. Микроструктура упрочненного слоя на штамповых сталях, полученного борированием при температуре 950 °С с выдержкой 6 часов:  
*a* – 4X5MΦС, *б* – 5XНМ

При температуре насыщения 950 °С структура переходной зоны и зоны основного металла характеризуются мелкозернистым строением с включениями карбидов и борокарбидов, расположенных как в теле зерна, так и по его границам (рис. 2, *a*). Сохранение мелкого зерна обусловлено легированием сильными карбидообразующими элементами (хром, молибден).

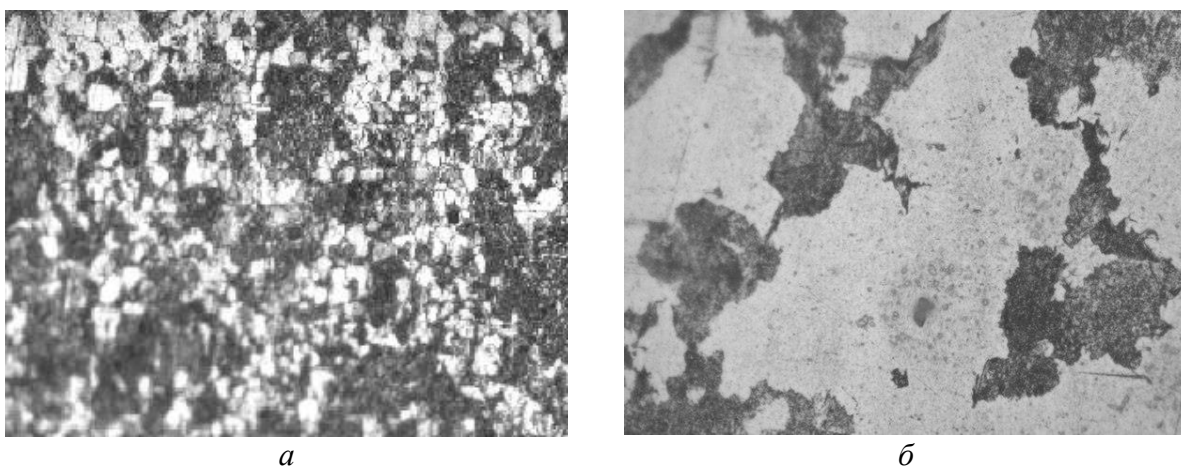


Рис. 2. Микроструктура основного металла после борирования:  
*a* – 950 °С, 6 часов; *б* – 1150 °С, 6 часов

Повышение температуры борирования до 1150 °С способствует росту зерна сердцевины (рис. 2, б), что в свою очередь приводит к снижению ее физико-механических свойств: уменьшается вязкость, пластичность.

Влияние температуры насыщения сказывается также и на глубину слоя. В результате насыщения низколегированной стали 5ХНМ при высоких температурах формируется слой глубиной до 280 мкм (рис. 3). Однако формирование столь развитого слоя не всегда является рациональным, поскольку значительно уменьшается сопротивление его скалыванию, повышается микрохрупкость.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что оптимальной температурой борирования следует считать 900–950 °С.

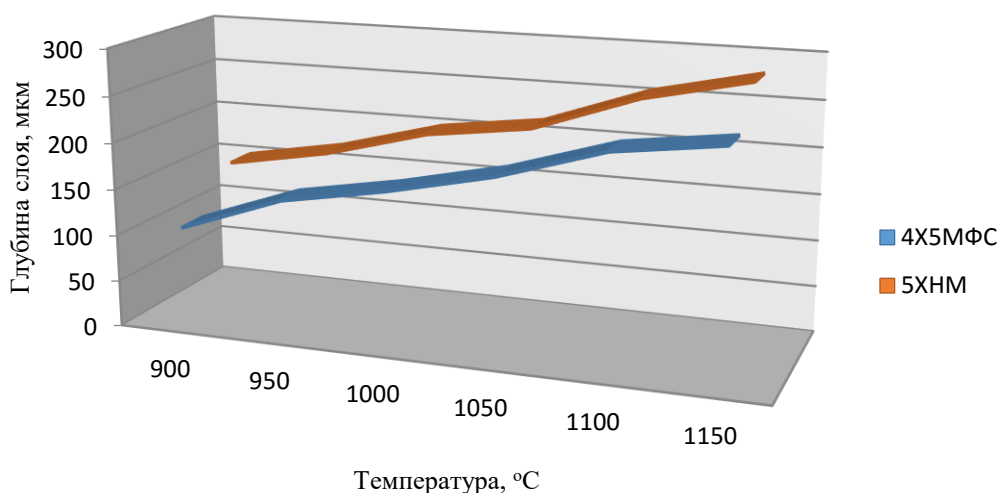


Рис. 3. Глубина упрочненного слоя после борирования

Как видно из рис. 3, глубина слоя, образующегося на стали 5ХНМ, заметно выше, что связано с присутствием в составе стали 4Х5МФС ванадия, а также повышенного содержания хрома и молибдена. Упомянутые легирующие элементы замедляют диффузионную подвижность атомов бора и способствуют снижению величины слоя борирования.