

## О возможности использования борсодержащих диффузионных покрытий на режущих инструментах из быстрорежущих сталей.

*Д. В. Емельянов<sup>1</sup>, И.Н. Гилязов<sup>2</sup>, В.И. Астащенко<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева,*

*г. Набережные Челны*

*<sup>2</sup>«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Набережночелнинский филиал*

**Аннотация.** Повышение работоспособности инструментов за счет модификации их структурного состояния поверхности методом борирования и термической обработкой позволит использовать более рациональное применение легированных материалов для изготовления режущего инструмента с рабочей частью, обладающей высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками, что, безусловно, является актуальной задачей для современного машиностроительного производства.

**Ключевые слова:** режущий инструмент, химико-термическая обработка, борирование.

На сегодняшний момент развитие машиностроительного производства связано, как с созданием совершенно нового, так и с модернизацией уже имеющего станочного оборудования, вспомогательного и металлорежущего инструмента. Режущий инструмент является одним из наиболее важных объектов технологии металлообработки. Различные условия эксплуатации и, следовательно, разнообразные условия нагружения его режущей кромки вызывают многообразные виды повреждений и отказов технологической системы, а скорости изнашивания инструмента значительно выше, чем скорости изнашивания деталей и узлов станка [1,2,9]. Поэтому работоспособность технологической системы в целом в первую очередь зависит от состояния режущей кромки инструмента.

В подавляющем большинстве случаев разупрочнение начинается с поверхности или в приповерхностных слоях, поэтому в решении проблемы надежности и долговечности режущего инструмента важна роль упрочняющей обработки [4]. Во многих случаях достаточно защитить лишь внешнюю поверхность деталей износостойкими, коррозийно-устойчивыми

---

или жаростойкими покрытиями. Химический состав, микроструктура и основные физико-механические характеристики и методы формирования износостойких покрытий изучаются материаловедомы уже более 100 лет, однако процессы диффузионного насыщения поверхностного слоя инструментальных материалов бором и получения соответствующих износостойких борсодержащих покрытий все еще недостаточно исследованы [3,6].

Борирование является процессом химико-термической обработки, заключающимся в насыщении поверхностных слоев изделий бором при нагреве их в той или иной борсодержащей среде, осуществляемым с целью повышения твердости и стойкости.

Необходимым условием формирования диффузионного слоя является наличие у насыщаемой поверхности активного атомарного бора. Кроме того, температура и длительность выдержки в насыщающей среде должны обеспечить протекание диффузии атомарного бора в стали с образованием химических соединений – боридов железа. Последние 15 лет интенсивно внедряется экологически чистый метод электролитно-плазменной обработки металлических деталей, инструментов и т.д.

В составах электролитов, содержащих борфтористый аммоний -  $NH_4BF_3$ , тетраборнокислый натрий -  $Na_2B_4O_7$  и карбид бора -  $B_4C$  после осуществления процесса борирования проведенный анализ показал наличие боридных фаз  $FeB$ ,  $Fe_2B$ . Глубина слоя, полученная при  $U = 110—120V$  и токе  $I = 2,6A$  при составила 0,11-0,14 мм, а скорость насыщения в 3-10 раз превышает по сравнению с традиционными способами обработки [7,8].

Рассмотрим стали разного состава, применения, конфигурации; а именно - Ст3, 7ХМФС, 4Х5МФС, 12Х18Н10Т, 55Х6В3СМФ, У8, ШХ15 [5].

На углеродистой стали Ст3 модифицированный слой представляет собой многослойную композицию: внешний слой боридов  $FeB$  в виде вытянутых зерен (более темная окраска – **рисунок 1а**); основу же модифици-

---

рованной структуры составляет борид  $\text{Fe}_2\text{B}$  (соответствует светлым игла на **рисунке 1а**); на приграничной зоне со сталью образуется переходный слой твердого раствора бора в железе. Обратив, внимание на строение модифицированного борсодержащего слоя на стали У8 (**Рисунок 1б**). Стали подобного класса склонны к перегреву и растрескиванию при закалке, следовательно температура их борирования должна строго соответствовать температурам нагрева под закалку, при которых скорость насыщения бором невелика, что в свою очередь приводит к появлению довольно узкой борсодержащей зоны  $\text{Fe}_2\text{B}$ , под которой расположен слой твердого раствора бора в железе.

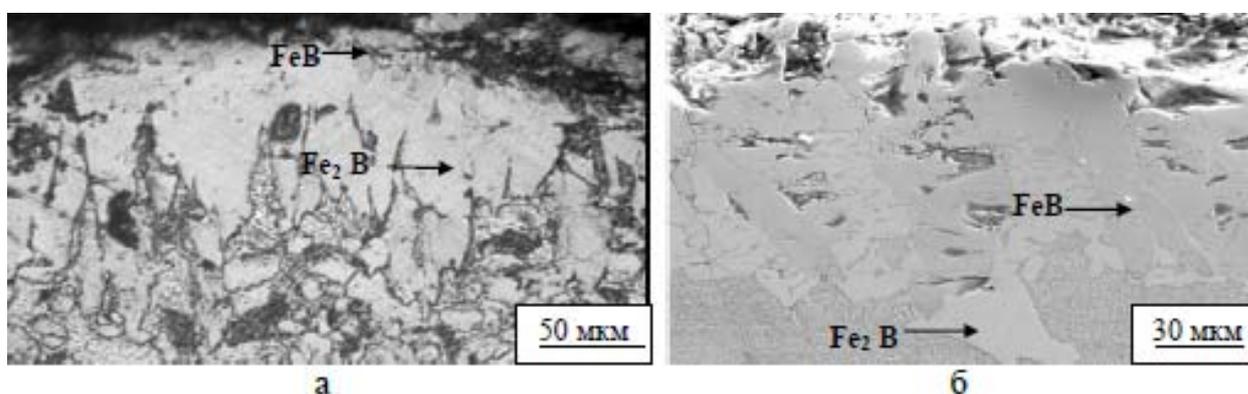


Рисунок 1 – Микроструктура боридных покрытий: а – Ст3; б – У8

На легированных сталях боридные иглы фазы  $\text{Fe}_2\text{B}$  скругляются. Фазы  $\text{FeB}$  и  $\text{Fe}_2\text{B}$  содержат хром в количествах, близких к его содержанию в основном материале, т.е. по сути являются легированными боридами  $(\text{Fe,Cr})\text{B}$  и  $(\text{Fe,Cr})_2\text{B}$ . Переходная зона представляет механическую смесь борированного феррита, в котором содержание бора плавно убывает до нуля, и глобулярных частиц боридов хрома, вольфрама, молибдена и титана (**Рисунок 1в,г,д**). В стали ШХ15 диффузионная активность бора снижена в связи с высоким процентным содержанием углерода (С), поэтому борсодержащий слой состоит, в основном из борида  $\text{FeB}$ , узкой зоны борида  $\text{Fe}_2\text{B}$ , под которой расположен слой твердого раствора бора в железе (**Рисунок 1е**), а на стали марки 12Х18Н10Т –  $(\text{Fe,Cr,Ni})\text{B}$  и  $(\text{Fe,Cr,Ni})_2\text{B}$ , поэтому в дальнейшем эти бориды

обозначены в общем виде как MB и  $M_2B$  (M – металлы Fe, Cr, Ni) [10].  
(Рисунок 1ж)

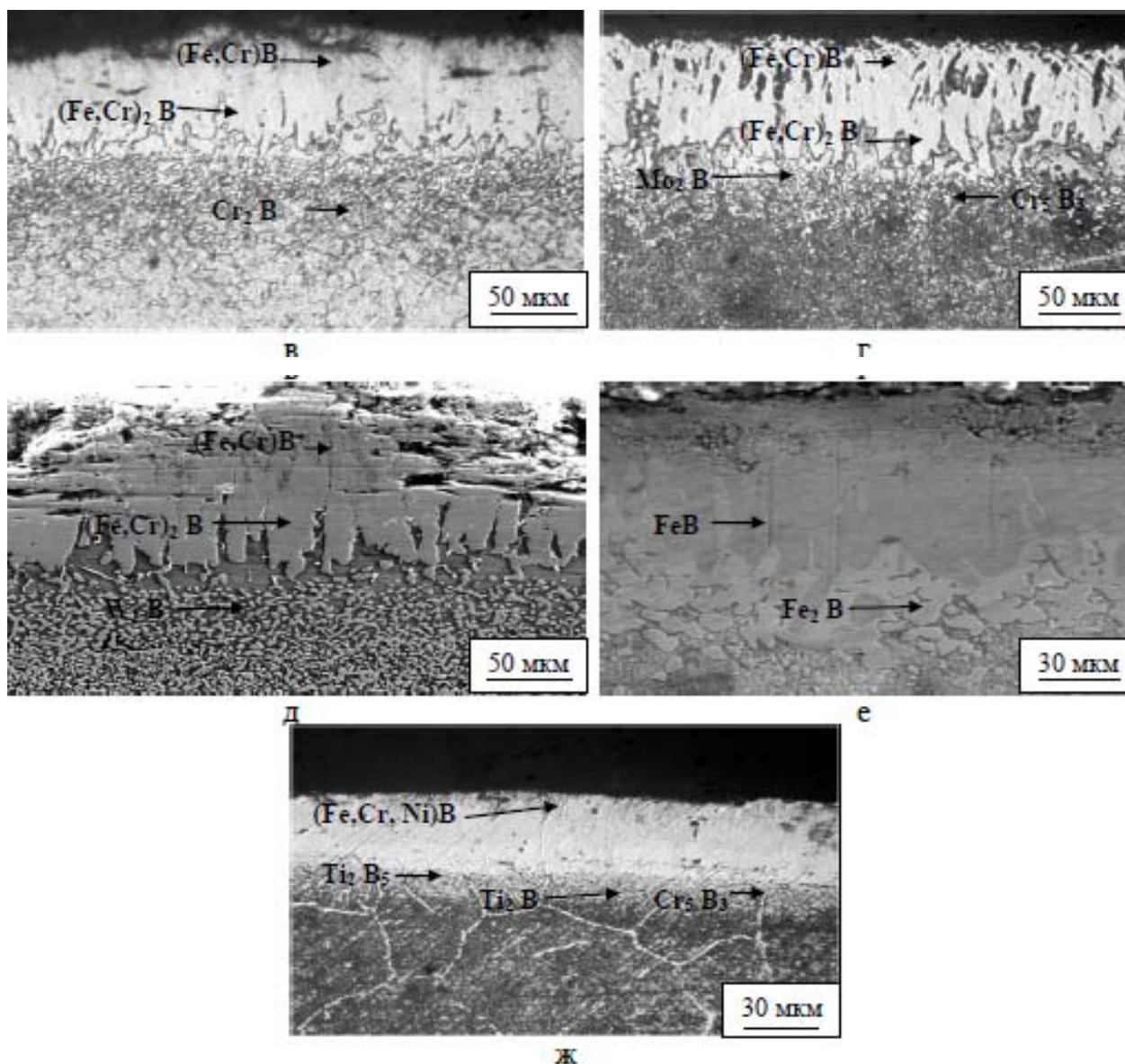


Рисунок 1(продолжение) – Микроструктура боридных покрытий: в – 4Х5МФС; г – 7ХМФС; д – 55Х6В3СМФ; е – ШХ15; ж – 12Х18Н10Т.

Исходя из проведенного выше анализа можно сделать следующие выводы:

1. применение борированных инструментов позволяет в некоторых случаях отказаться от дорогостоящей инструментальной стали. Это связано с возможностью отказа от применения дорогостоящих легирующих элементов в виде вольфрама, молибдена, кобальта.

2. Испытание борированных инструментов из стали У8 показало, что их стойкость не отличается от стойкости резцов из быстрорежущей стали.

### Литература

1. Емельянов Д.В., Хабиров А.А., Галиев Л.Д. Определение технологических параметров процесса формообразования стружечных канавок спиральных сверл //Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Курск, 2015. С. 81-85
  2. Емельянов Д.В. Определение силомоментных характеристик при обработке отверстий в зависимости от глубины сверления //Омский научный вестник -.2016 № 5(149). с.55-58
  3. Емельянов Д.В. Борирование как способ повышения эксплуатационных характеристик быстрорежущих сталей / Д.В. Емельянов, Д.З. Мавляев// «Автоматизация технологических процессов механической обработки, упрочнения и сборки в машиностроении»: Сборник научных статей Международной научно-технической конференции (3-5 ноября 2016 года), / Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2016. 275 с.
  4. Емельянов Д.В., Блинова А.С. Критерии работоспособности инструментов из быстрорежущих сталей // «Автоматизация технологических процессов механической обработки, упрочнения и сборки в машиностроении»: Сборник научных статей Международной научно-технической конференции (3-5 ноября 2016 года), / Юго-Западный гос. ун-т, Курск, 2016. 275 с.
  5. Быкова Т.М. Влияние химического состава стали на структуру и свойства диффузионных боридных покрытий. // Диссертация на соискание ученой степени. 2016. Екатеринбург. 164 с.
  6. Савин И.А. Формирование базы данных вариантов материала режущей части инструмента и метода его поверхностного упрочнения //Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева/НГТУ им. Р.Е. Алексеева. -Нижний Новгород, 2012. №3. С. 97-105
-



7. Sarkar, A.D. Wear of metals: Int. series in materials sci. and technol / A.D. Sarkar. N.Y.: Pergamon Press, 1976. 164 p.
8. Shibuje J. Immersion boriding of steel by boric acid and potassium borate / J Shibuje // Trans. Iron and Steel Inst. Jap., –1981. V. 21. pp. 429 – 432.
9. Емельянов Д.В. Изучение работоспособности сверл с переменным шагом винтовой линии // Инженерный вестник Дона, 2012, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/653](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/653).
10. Акуличев А.Г. Остаточные напряжения в нитроцементованной стали 20Х3МВФ-ш // Инженерный вестник Дона, 2010, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/264](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/264).

### References

1. Emel'yanov D.V., Khabirov A.A., Galiev L.D. Sovremennye instrumental'nye sistemy, informatsionnye tekhnologii i innovatsii. Kursk, 2015. pp. 81-85
2. Emel'yanov D.V. Omskiy nauchnyy vestnik, 2016, № 5(149). pp.55-58
3. Emel'yanov D.V., Mavlyaveev D.Z. «Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov mekhanicheskoy obrabotki, uprochneniya i sborki v mashinostroenii»: Sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (3-5 noyabrya 2016 goda), Yugo-Zapadnyy gos. un-t, Kursk, 2016. 275 p.
4. Emel'yanov D.V., Blinova A.S. «Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov mekhanicheskoy obrabotki, uprochneniya i sborki v mashinostroenii»: Sbornik nauchnykh statey Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (3-5 noyabrya 2016 goda), Yugo-Zapadnyy gos. un-t, Kursk, 2016. 275 p.
5. Bykova T.M. Vliyanie khimicheskogo sostava stali na strukturu i svoystva diffuzionnykh boridnykh pokrytiy [Effect of the chemical composition of steel on the structure and properties of diffusion boride coatings]. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni. 2016. Ekaterinburg. 164 p.



6. Savin I.A. Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. R.E. Alekseeva/NGTU im. R.E. Alekseeva.-Nizhniy Novgorod, 2012. №3. pp. 97-105.
7. Sarkar, A.D. Wear of metals: Int. series in materials sci. and technol. N.Y.: Pergamon Press, 1976. 164 p.
8. Shibuje J. Trans. Iron and Steel Inst. Jap., 1981. V. 21. pp. 429 – 432.
9. Emel'yanov D.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/653](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/653)
10. Akulichev A.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/264](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/264)