

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСНОГО ДИФфуЗИОННОГО НАСЫЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ БОРОМ И ХРОМОМ

¹Гурьев А. М., ¹Иванов С. Г., ^{1,2}Грешилов А. Д., ¹Гурьев М. А., ^{1,2}Долгоров А. А.

¹*Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова,
г. Барнаул, Россия*

²*Восточно-Сибирский государственный технологический университет,
г. Улан-Удэ, Россия
gurievam@mail.ru*

Несмотря на многочисленные исследования, проблема повышения износостойкости режущего инструмента в настоящее время остается актуальной в связи с постоянно возрастающими требованиями металлообрабатывающей промышленности, касающимися повышения скоростей резания, обработки все более широкого спектра материалов, обладающих достаточно высокой твердостью и прочностью. Одним из путей повышения износостойкости режущего инструмента является нанесение покрытий, наиболее простыми из них и нетребовательными к технологиям являются процессы диффузионного упрочнения. При этом лидерство в плане повышения износостойкости, теплостойкости и поверхностной твердости принадлежит диффузионным покрытиям на основе бора.

Процессы многокомпонентного насыщения позволяют сформировать многофазную структуру поверхностного слоя, обладающего комплексом полезных свойств. В этом случае ХТО можно рассматривать не как определенную операцию изготовления детали, а как метод получения принципиально нового конструкционного материала.

В настоящей работе проведены эксперименты по исследованию влияния состава насыщающей смеси и технологических параметров процесса насыщения на микроструктуру, фазовый состав и свойства боридных слоев. В качестве объекта исследования была выбрана инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь Р6М5. Проведены комплексные исследования структуры и свойств стали после борирования и совместного насыщения бором и хромом из насыщающей обмазки на основе карбида бора.

Изучали кинетику формирования окончательной структуры основного металла и диффузионных слоев. Процесс химико-термической обработки осуществлялся из насыщающих обмазок (паст) нанесенных на поверхность упрочняемых деталей и образцов. После проведения процессов диффузионного насыщения изучали структуру, фазовый и химический состав упрочненных слоев металлографическим и микрорентгеноспектральными методами. Металлографическое исследование проводили на оптическом и электронном микроскопах. Идентификация фазового состава и определение размеров и объемной доли выделений проводилось по изображениям, подтвержденным микродифракционными картинками и темнопольными изображениями, полученными в соответствующих рефлексах. Для просмотра в микроскопе шлифы готовились методами химического и электрохимического травления. Рентгеноструктурный фазовый анализ проводили с помощью дифрактометра ДРОН-1,5. Механические свойства (твердость, прочность, пластичность, ударная вязкость) определяли по стандартным методикам. На универсальной испытательной машине «Instron» с максимальным усилием 50 кН определяли прочность и пластичность. Ударную вязкость определяли при испытании образцов без надреза на маятниковом копре типа 2130КМ-03. ДюрOMETрические исследования проводили на твердомере Роквелла ТР 5005 по шкале С согласно ГОСТ 9013-82 и на приборе ПМТ-3М по ГОСТ 9450-76.

Показана принципиальная возможность упрочнения высоколегированных вольфрам и молибденсодержащих быстрорежущих сталей методом комплексного диффузи-

онного насыщения поверхности бором и хромом из насыщающих обмазок на основе карбида бора. В результате анализа структуры исследуемых образцов установлено, что образуется диффузионный слой толщиной 25 – 50 мкм и переходная зона (рис.1). Слой имеет характерное для боридных слоев игольчатое строение, однако структура диффузионного слоя по сравнению с чистым борированием изменяется: боридные иглы становятся толще и имеют более закругленные концы. Между иглами заметно выделение других фаз, преимущественно карбоборидов сложного состава на основе хрома, молибдена и вольфрама.

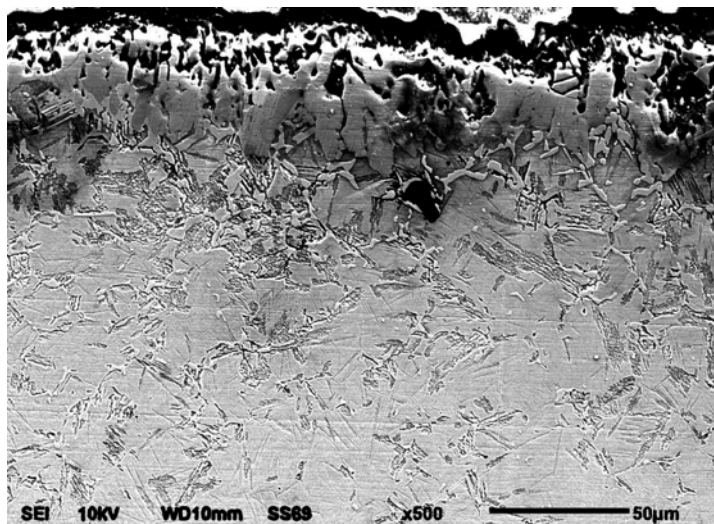


Рис. 1. Микроструктура боридного слоя

Установлено, что поверхностная структура в исследуемой стали фактически формируется тремя химическими элементами: железом, бором и углеродом. Железо является основным элементом, бор – основным легирующим элементом на поверхности, углерод присутствует в количестве, введенном в сталь.

В общем виде кинетика формирования боридного слоя представлена на рисунке 2, однако высокими эксплуатационными характеристиками обладают слои, полученные при времени насыщения, не превышающими 2,5–3 часов. При большем времени насыщения на поверхности боридного слоя начинает формироваться сплошной слой моноборида, в то время как слой высокодисперсных включений карбидов и карбоборидов растворяется, что ведет к снижению эксплуатационных показателей упрочненного изделия. При времени насыщения около 10 часов возможно получение диффузионных слоев толщиной до 70–80 мкм. Однако вследствие больших напряжений, возникающих в процессе упрочнения и высокой хрупкости диффузионного слоя, происходит его практически полное самоскалывание уже при охлаждении с температуры насыщения.

При борохромировании химический состав быстрорежущей стали претерпевает значительные изменения в направлении от поверхности вглубь. Так, содержание бора изменяется от 22,67% на поверхности до 7,35% на глубине 80 мкм, содержание вольфрама, молибдена и хрома изменяется соответственно в пределах 6,68 – 6,41; 5,10 – 5,32 и 7,25 – 4,27.

Проведенные в лабораторных условиях испытания на износостойкость показали 2,5 кратный рост ресурса работы упрочненного изделия по сравнению с закаленной сталью Р6М5 при нагрузке вплоть до 40 МПа/мм². Однако при нагрузках, превышающих эту величину, происходит продавливание упрочненного слоя и снижение износостойкости до значений в 1,5 – 2 раза меньших, чем у не упрочненного изделия. Это связано с тем, что в процессе высокотемпературного диффузионного насыщения сердцевина подвергается разупрочнению, в результате чего под упрочненным слоем находят-

ся мягкий металл. Увеличение нагрузки выше установленного значения приводит к продавливанию слоя (рис.3), а мелкие осколки твердой фазы, образовавшиеся в результате разрушения зоны сплошных боридов, значительно ускоряют износ.

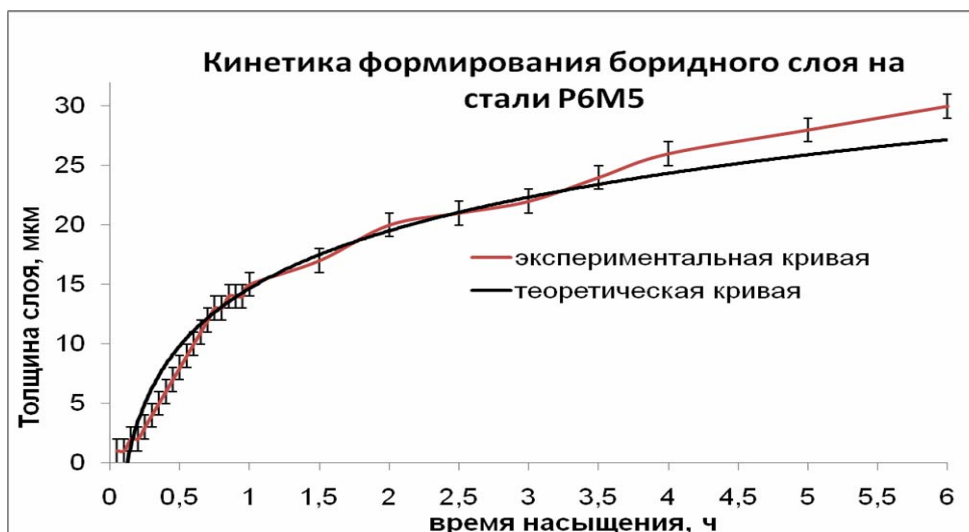


Рис. 2. Кинетика роста боридного слоя на быстрорежущей стали Р6М5

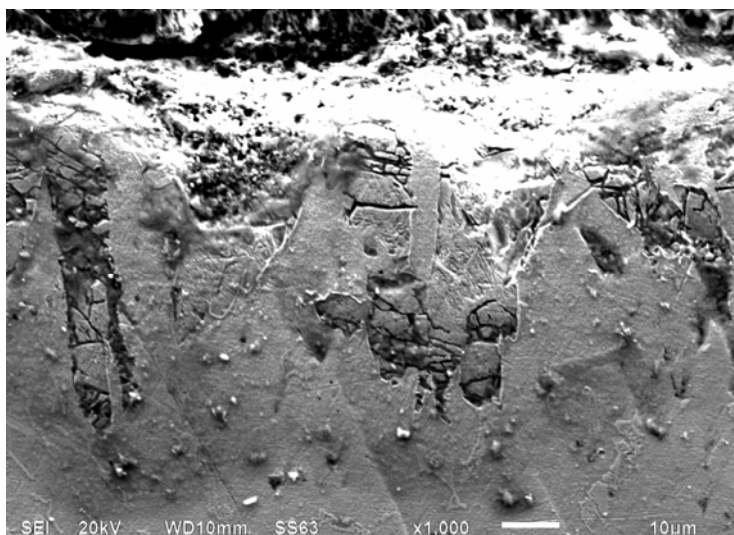


Рис. 3. Разрушение боридного слоя на быстрорежущей стали Р6М5

Список литературы

1. Ворошнин Л. Г. Борирование промышленных сталей и чугунов. Минск: Беларусь, 1981, 205с.
2. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. Исследование процессов диффузионного насыщения сталей из смесей на основе карбида бора. Современные наукоёмкие технологии - №3, 2008, С 55–56.
3. Гурьев М.А., Иванов С.Г., Кошелева Е.А., Нестеренко Е.А., Иванов А.Г., Гурьев А.М. Комплексное диффузионное упрочнение тяжело нагруженных деталей машин и инструмента. Ползуновский вестник - №1, 2010, С 64-71.
4. Гурьев А.М., Грешилов А.Д., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Долгоров А.А. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора. Обработка металлов - №2.- 2010.- С. 19-23.