

УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ТВЧ-НАГРЕВА

**В. В. Зобнев, А. М. Марков, С. Г. Иванов,
Ю. П. Аганаев, Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев**

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

Для поверхностного упрочнения конструкционных и легированных сталей и рабочих органов сельскохозяйственных машин широко применяют методы создания различных износостойких покрытий из функциональных материалов (порошковые покрытия, керамика, одно- и многокомпонентные металлические и композиционные покрытия, твердосплавные покрытия и пр.).

Химико-термическая обработка (ХТО) является одним из наиболее эффективных и простых методов поверхностного упрочнения, используемых на заключительных стадиях изготовления и совместимых с термической обработкой. Такие виды ХТО как цементация, азотирование, а также их совмещенные варианты, прочно вошли в производство, а структура, эксплуатационные и механические характеристики покрытий, получаемых этими методами достаточно хорошо изучены за уже более чем 100 лет исследований, то процессы насыщения бором, хромом, титаном, а также совмещенные процессы все еще недостаточно исследованы. При борировании на поверхности сталей, возможно получать получать слои, имеющие толщину до 300 мкм, однако зачастую эти процессы длительны (от 4 до 24 ч), трудоемки и практически несовместимы с существующими технологическими процессами современных производств. В случае диффузионного борирования образуются хрупкие покрытия, имеющие низкую пластичность и ударную вязкость. Интенсификация процессов борирования, повышение эксплуатационных свойств боридных покрытий, исследование их структуры с целью получения заданных свойств является актуальной задачей современного материаловедения. В современном сельском хозяйстве стойкость различных рабочих органов сельскохозяйственных машин оставляет желать лучшего и внедрение диффузионных покрытий на основе бора с высокими показателями износостойкости и пластичности позволит получать миллиардный экономический эффект.

Целью настоящей работы являлась исследование физико-химических процессов, происходящих при поверхностном легировании сталей бором, хромом и титаном, осуществляемом в условиях ТВЧ-нагрева и разработка способа упрочнения стрелчатых лап из конструкционных и легированных сталей с использованием ТВЧ-нагрева.

Для исследования конструкционных (Ст 3, сталь 45, сталь 55) и легированных сталей (30Х, 40Х, 65Г), химического и фазовый состава, макро- и микроструктуры, свойств диффузионных покрытий на основе бора, получаемых на вышеуказанных сталях с использованием ТВЧ-нагрева, а также эксплуатационных свойств упрочненного почвообрабатывающего инструмента в работе использовались методы химической термодинамики, энергодисперсионного и рентгеноспектрального анализа, металлографии, электронной просвечивающей и растровой микроскопии, рентгенофазового анализа.

В работе исследованы физико-химические процессы, протекающие при борировании стали с использованием ТВЧ-нагрева, исследовано влияние состава насыщающей смеси, химического состава стали, а также технологических параметров на фазовый состав, структуру и свойства покрытий, получаемых при использовании ТВЧ-нагрева, экспериментально изучен износ полученных покрытий на стрелчатых лапах из конструкционных и легированных сталей с использованием ТВЧ-нагрева.

Проведены расчеты и экспериментально исследовано влияния состава борированной смеси на структуру покрытия, состава стали и параметров борирования на структуру и механические свойства боридных покрытий, исследования фазового и химического состава основных компонентов покрытий.

Изучена кинетика процесса борирования в условиях ТВЧ-нагрева при различных температурах. На рисунке 1 приведена гистограмма, показывающая удельные показатели диффузии, на рисунке 2 представлена микроструктура боридных покрытий.

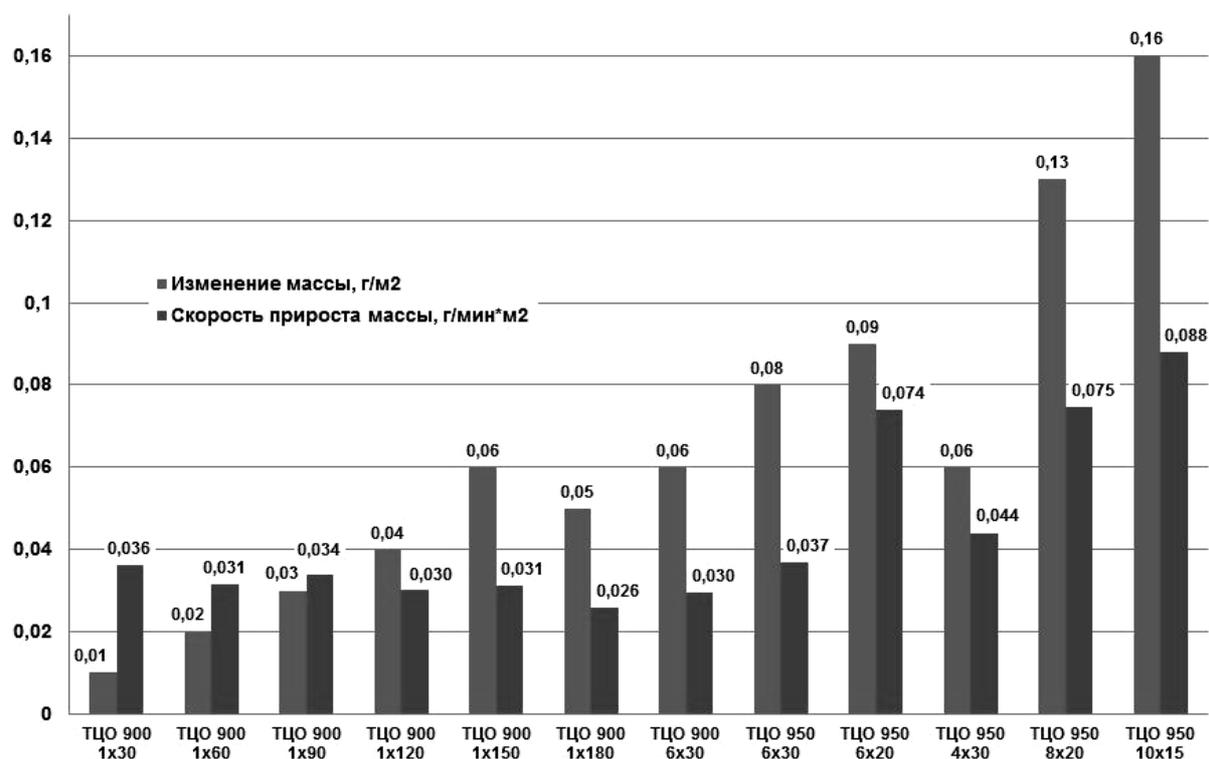


Рисунок 1 – Удельные показатели диффузии в зависимости от температуры насыщения и количества циклов нагрева

Таблица 1 – Составы обмазок борохромирования в условиях ТВЧ-нагрева

Состав	V ₄ C, масс. %	Поставщик хрома, масс. %	Активатор, масс. %	Стабилизатор*, масс. %
1	52	FeCr, 20	NaF, 3	12
2	55	FeCr, 20	NaF, 3	12
3	60	FeCr, 20	NaF, 3	12
4	75	FeCr, 20	NaF, 3	12
5	52	CrB ₂ , 15	NaF, 3	12
6	55	CrB ₂ , 15	NaF, 3	12
7	60	CrB ₂ , 15	NaF, 3	12
8	75	CrB ₂ , 15	NaF, 3	12

* В качестве стабилизатора был взят чешуйчатый графит

Исследованные составы борирующих смесей, наносимые на образцы сталей Ст3, 45, 55, 30Х, 40Х, 65Г в виде обмазок для борохромирования в условиях ТВЧ-нагрева представлены в таблице 1.

Установлено, что для сталей с относительно небольшим содержанием углерода (Ст3, сталь 45) в условиях ТВЧ-нагрева в течение времени до 7 мин. при температуре, не превышающей 1170 °С, происходит формирование диффузионных покрытий на

основе бора, имеющих характерное игольчатое строение. Толщина данных покрытий составляет в среднем 320 мкм на стали Ст3, 200 мкм на стали 55 и до 160 мкм на стали 65Г. Причем приблизительно 60 % от толщины слоя формируется в первой половине фазы нагрева, остальные 40 % формируются во второй половине фазы нагрева и в течение времени остывания нагретой поверхности до температуры 820 – 850 °С.

УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ТВЧ-НАГРЕВА

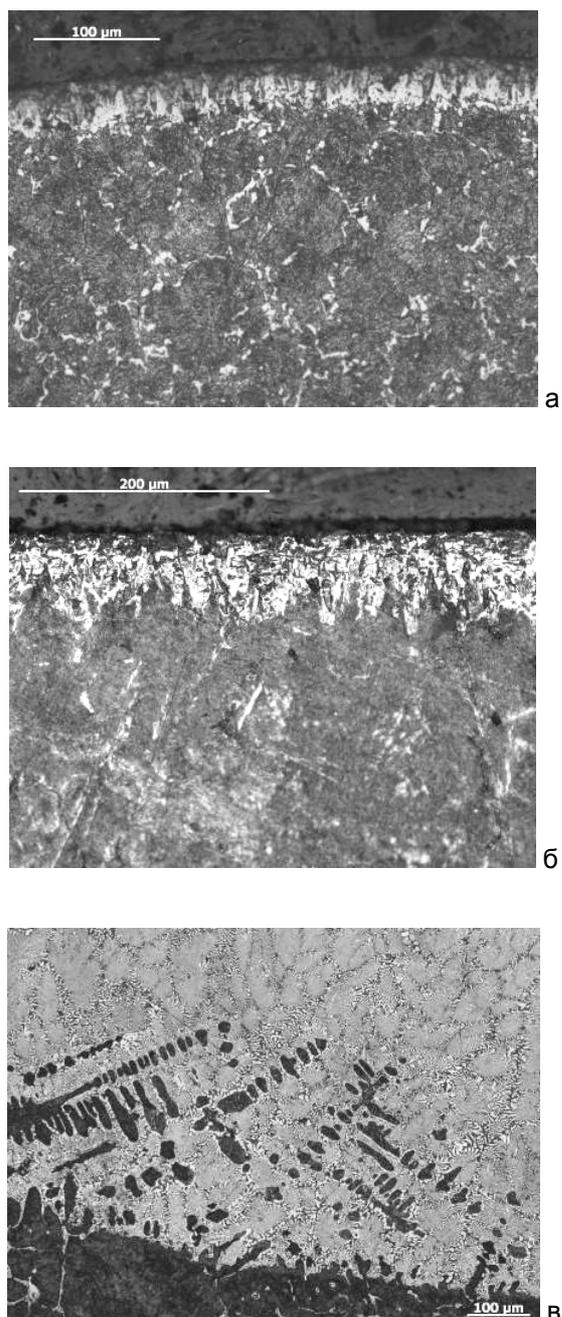


Рисунок 2 – Микроструктура боридных покрытий, получаемых на конструкционной Стале 55 в условиях ТВЧ-нагрева: а – после 2 минут нагрева, б – после 3 минут нагрева, в – после 12 минут нагрева

Таким образом, во-первых, показана возможность многокомпонентного насыщения сталей Ст3, 45, 55, 30Х, 40Х, 65Г в условиях ТВЧ-нагрева за 0,2–5 мин на глубину до 300 мкм из смесей на основе карбида бора, во-вторых показано, что при использовании в качестве второго насыщающего компонента боридов хрома, либо титана, скорость процесса борирования увеличивается на 7–12 %, а пластичность получаемых покрытий – на 30–250 %. Также установлены оптимальные время нагрева и мощность индуктора ТВЧ, которые для культиваторных лап из сталей 65Г и 55 составляет 12–180 сек и 45–90 кВт соответственно. Следует отметить, что проведение борирования в условиях ТВЧ-нагрева позволяет увеличить ресурс работы стрелчатых лап с 25 га/лапу до 86 га/лапу.

Список литературы:

1. Зобнев В. В., Иванов С. Г., Гармаева И. А., Андросов А. П., Гурьев А. М., Марков В. А. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1 – 1. – С. 106-108
2. Зобнев В. В., Гурьев А. М., Иванов С. Г. Гурьев М. А. Иванов А. Г. Способ нанесения керамического покрытия на детали из чугунов и сталей. // Патент на изобретение № 2482215 по Заявке № 2011148197/02, 25.11.2011. Опубликовано 20.05.2013 Бюл. № 14
3. Зобнев В. В., Гурьев А. М., Марков А. М. Многокомпонентное упрочнение поверхности сталей бором совместно с титаном, хромом и вольфрамом // Инновации в машиностроении: сборник трудов 2-ой Международной научно-практической конференции / под ред. В. Ю. Блюменштейна. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – С. 323 – 330
4. Зобнев В. В., Гурьев А. М., Иванов С. Г., Кириенко А. М. Особенности физико-химических свойств мелкодисперсных материалов // Ползуновский альманах – № 4 – 2011. – С. 195-196
5. Зобнев В. В., Иванов С. Г., Гурьев А. М., Марков А. М. Технологические основы создания износостойкого инструмента // Ползуновский альманах. – 2012. – № 1. – С. 271-273