

СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Н. М. Мишустин, Н. Т. Кривочуров, В. В. Иванайский, А. В. Ишков
Алтайский государственный аграрный университет,
г. Барнаул, Россия

Показано, что при высокоскоростном борировании при ТВЧ-нагреве сталей 65Г и 50ХГА из смеси с карбидом бора и плавленного флюса для индукционной наплавки П-0,66, на их поверхности образуется многослойное монофазное износостойкое покрытие, структура и свойства которого позволяют использовать его для повышения износостойкости почвообрабатывающих органов сельхозтехники.

Почвообрабатывающие органы сельхозтехники (ПОО) работают в специфических условиях (знакопеременные нагрузки, удары, абразивный износ, коррозия), что вызывает быстрое затупление их режущих кромок, изменение формы, профиля и уменьшение размеров, приводящие к сокращению срока службы, увеличению времени и трудоемкости обслуживания почвообрабатывающих агрегатов и снижению общей экономической эффективности агромероприятий [1, 2]. Для увеличения ресурса, улучшения физико-механических характеристик ППО и повышения износостойкости, их поверхность подвергают упрочнению различными способами.

Наибольшее распространение получило упрочнение ПОО путем наплавки на них различных твердых сплавов и других материалов токами высокой частоты (ТВЧ), а также способы упрочнения в процессах химико-термической обработки (ХТО), когда основной металл диффузионно насыщается различными неметаллами или легирующими металлами [3, 4], в которых на поверхности детали образуются износостойкий слой наплавляемого материала, или слои различных бинарных или более сложных соединений железа. Однако упрочнение ПОО методом индукционной наплавки характеризуется высокой стоимостью наплавляемых материалов, трудоемкостью, наличием ярко выраженной границы раздела между поверхностью ПОО и износостойким покрытием, а процессы ХТО длительны (2–8 ч) и зачастую позволяют получать износостойкие слои ограниченной толщины. Особое место среди процессов ХТО занимают технологии

насыщения поверхностного слоя конструкционных и легированных сталей бором – борирование. При борировании на поверхности стальной детали удается получать слои толщиной 300–600 мкм, отличающиеся высокой твердостью и прочностью, абразивной и коррозионной стойкостью, а также высоким сопротивлением к изнашиванию [5]. Такие показатели боридных покрытий делают их перспективными для упрочнения ПОО, и, тем не менее, длительность процесса сильно сдерживает его применение.

Целью настоящей работы являлось исследование структуры и некоторых характеристик износостойких боридных покрытий для упрочнения поверхности почвообрабатывающих органов сельхозтехники, полученных в процессе высокоскоростного ТВЧ-нагрева марганцевых и хромистомарганцевых конструкционных сталей в обмазках на основе карбида бора и флюса для индукционной наплавки П-0,66.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве основного объекта исследования были выбрана марганцевая углеродистая сталь 65Г и хромомарганцевая углеродистая сталь 50ХГА, наиболее часто используемые при изготовлении ПОО. В состав борировочной обмазки входили технический карбид бора B_4C по ГОСТ 5744-85 и плавленный флюс для индукционной наплавки П-0,66. Борировочную обмазку свободно наносили на предварительно подготовленные, зачищенные образцы сталей размером $30 \times 50 \times 3$ мм и закреплялись на них с помощью жидкого стекла, казеинового клея или эпоксидного компаунда (1,5–2,0 %), вводимого в состав за счет уменьшения количества флюса.

ТВЧ-нагрев подготовленных образцов осуществляли в петлевом водоохлаждаемом медном индукторе диаметром 160 мм, подключенном к высокочастотному ламповому генератору ВЧГ 7-60/0,066. Настройка контура и геометрия индуктора обеспечивали нагрев исследуемых образцов до температуры 1300–1350 °С в течение 40–60 сек, с после-

дующей стабилизацией. После выдержки при указанной температуре в течение от 1 до 2 мин образцы вынимались из индуктора и остывали свободно.

У полученных покрытий была исследована микроструктура и определены: толщина и структура борированного слоя (МИМ-7, Neophot-30), микротвердость (ПМТ-3, нагрузка 50, 100 г), и износостойкость при трении и нежестко закрепленные абразивные частицы (ГОСТ 23.208-79).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В экспериментах, проведенных ранее, была исследована возможность получения боридных покрытий на выбранных сталях при ТВЧ-нагреве в обмазках с различными борировочными агентами и активаторами. Для лучшего раскисления, удаления окисных пленок и перевода твердофазного процесса в квазижидкостное борирование в состав борировочных обмазок был введен плавильный флюс для индукционной наплавки П-0,66, приготовленный по методике, описанной в [3]. Также было установлено, что при скоростном ТВЧ-нагреве стали 65Г, покрытой борировочными составами как на основе аморфного бора, так и на основе карбида бора, при выбранных параметрах процесса ($T=1200-1350\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдержка 1–2 мин) на всех образцах образуются покрытия, по внешнему виду напоминающие наплавленный твердый сплав. Их рентгенофазовый анализ показал присутствие в них FeB и Fe₂B (с выраженным преобладанием одной из фаз), а также следов других продуктов, образовавшихся при борировании на воздухе (мета- и ортобораты железа – Fe₃BO₃, Fe₃BO₆, Fe₃BO₅, вюстит – FeO, шпинель – FeO·Fe₂O₃), что свидетельствует об образовании поверхностно-упрочненного слоя сложного состава и структуры (рисунок 1).

Для дальнейших исследований была выбрана борировочная смесь на основе В₄С (состав II), так как аморфный бор является дефицитным и дорогим реагентом, требует обязательного применения токсичных активаторов, а процесс борирования с его участием сильно экзотермичен и плохо поддается регулированию. Состав исследованной смеси следующий, мас. %: карбид бора – 84–90, флюс П-0,66 – 16–10. При борировании выбранных сталей указанной смесью при ТВЧ-нагреве в течение 1–2 мин на их поверхности образуется не классический двухфазный слой боридных игл, а более стойкая в условиях тяжелого абразивного, знакопеременного и ударного износа пластичная боридная эвтектика с диффузионной границей.

Изменений структуры основного металла из-за перегрева не наблюдается. Исследование распределения микротвердости полученного покрытия по глубине показало наличие в нем двух зон – более твердого поверхностного слоя и менее твердого слоя, лежащего под ним, протяженность и характеристики которых различаются (рисунок 2).



Рисунок 1 – Структура боридного покрытия (x300) на стали 65Г, полученного за 1 мин при ТВЧ-нагреве в смеси 90 % В₄С, 10 % флюс П-0,66

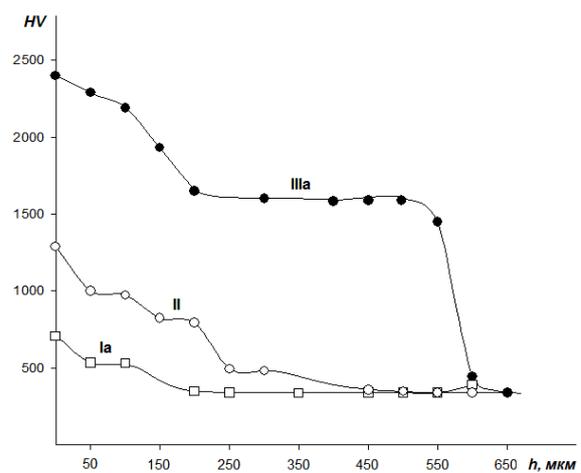


Рисунок 2 – Распределение микротвердости по глубине покрытия, полученного из различных борировочных смесей

СТРУКТУРА И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРГАНОВ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Существование такой слоистой структуры в полученных покрытиях в нашем случае объясняется не наличием двух фаз FeB и Fe₂B, расположенных в материале друг за другом [5], а различающимся содержанием одной упрочняющей фазы по глубине покрытия.

Вид упрочняющей фазы в нашем случае определяется природой борировочного агента и составом смеси. Об этом свидетельствуют как структура полученных покрытий, так и зависимость их свойств от времени борирования (таблица 1).

Таким образом, хотя наиболее эффективной в процессе высокоскоростного борирования при ТВЧ-нагреве и оказалась обмазка на основе состава IIIa, содержащая аморфный бор, который в присутствии флюса П-0,66 и активатора CaF₂ образует с основным металлом самые протяженные и твердые покрытия, однако из-за наличия выраженной границы раздела с основным металлом, наличием в покрытии остатков флюса и высокой стоимости аморфного бора для получения износостойких покрытий при ТВЧ-нагреве для ПОО сельхозтехники с приемлемым соотношением цена/качество следует рекомендовать обмазки на основе составов с карбидом бора и флюса П-0,66.

Таблица 1 – Некоторые характеристики покрытий

Состав обмазки (B ₄ C : флюс П-0,66), масс. %	Материал основы	τ, мин	h, мкм	МКТ	W, мг
84:16	65Г	1	260	2300	100
		2	280	1060	150
90:10	50ХГА	1	160	1000	200
		2	190	1100	300
84:16	50ХГА	1	100	950	600
		2	150	1100	300
90:10	65Г	1	280	2150	150
		2	350	2200	250

Примечание: τ – время выдержки детали в индукторе при 1250–1300 °С, мин; h – толщина упрочняющего боридного покрытия, мкм; МКТ – микротвердость рабочей поверхности, измеренная на ПМТ-3 при нагрузке 100 г, HV; W – износ образца на 10 000 м пути при трении о не жестко закрепленные абразивные частицы, мг.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы процессы получения износостойких покрытий для почвообрабатывающих органов сельхозтехники при ТВЧ-нагреве сталей 65Г и 50ХГА до температуры 1200–1300 °С с выдержкой 1–2 мин в различных борировочных обмазках.

2. Введение в состав борировочных обмазок, содержащих B₄C, B_{аморфн.}, активаторы NH₄Cl, CaF₂ плавленного флюса для индукционной наплавки П-0,66 позволяет перевести процесс борирования из твердой в квазижидкую фазу, увеличить его скорость и глубину превращения.

3. Показано, что в этих условиях образуются поверхностные слои упрочненного металла, состоящие из боридов FeB и Fe₂B распределенных в матрице эвтектики Fe–B, с толщиной от 100 до 350 мкм, микротвердостью от 700 до 2300 HV, износ которых при трении о незакрепленный абразив составляет от 100 до 600 мг на 10 000 м пути, в зависимости от природы борировочного агента, состава обмазки, времени выдержки и вида стали.

4. Для получения износостойких покрытий для почвообрабатывающих органов с оптимальным соотношением цена/качество рекомендовано использовать борировочные обмазки на основе карбида бора и флюса П-0,66.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Шитов А. Н., Веденеев А. А. Влияние различных факторов на изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих машин. // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2002. - № 7. - С. 21-23.
- Сидоров С. А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. -1998. -№ 3. -С. 29-33.
- Ткачев В. Н., Фиштейн Б. Ч., Казинцев Н. В., Алдырев Д. А. Индукционная наплавка твердых сплавов. - М.: Машиностроение, 1970.
- Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник. / Под ред. Л. С. Ляховича. - М.: Металлургия, 1981.
- Ворошнин Л. Г., Ляхович Л. С. Борирование стали. - М.: Металлургия, 1978.
- Белый А. В., Карпенко Г. Д., Мышкин К. Н. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев. - М.: Машиностроение, 1991.
- Гурьев А. М., Козлов Э. В., Игнатенко Л. Н., Попова Н. А. Физические основы термоциклического борирования. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000.
- Методы повышения долговечности деталей машин. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие для вузов. / Под ред. В. Н. Ткачева. - М.: Машиностроение, 1971.