

БОРИРОВАНИЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

^{1,2}Гурьев А.М., ²Иванов С.Г., ²Гурьев М.А.,
²Иванова С.А., ¹Мэй Шунчи

¹Уханьский текстильный университет,
Ухань, Китай;

²Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова, Барнаул,
e-mail: gurievam@mail.ru

Титановые сплавы находят широкое применение благодаря более низкому весу, прочности, сравнимой со сталью, и коррозионной стойкости, в некоторых случаях, превышающую стойкость специальных нержавеющих сталей в различных агрессивных средах. Однако, в некоторых случаях помимо коррозионной стойкости необходимо наличие специальных свойств, например, высокой тепло- и электропроводности, которые у титана ниже, чем у сталей. Наиболее перспективным материалом, имеющим высокие показатели твердости, коррозионной и износостойкости, тепло- и электропроводности являются бориды титана. Так, электропроводность диборида титана (TiB_2) более чем в 5 раз превышает электропроводность чистого титана, а его теплопроводность при температуре $600^\circ C$ и более – в 3–3,5 раза выше. Наиболее часто применяемые способы получения боридов титана в отечественной промышленности и науке – плазменный [1] и химико-термическая обработка (ХТО) в расплавах [2]. Каждый из этих способов имеет недостатки. При плазменном способе получение монолитного покрытия на титановых деталях невозможно, а при ХТО в расплавах имеются сложности с обработкой деталей сложной формы и последующая их отмычка от остатков расплава, кроме того, высокая активность титана требует применения защитных сред для изоляции титановых заготовок от атмосферы в процессе получения покрытия. Наиболее перспективным способом нам видится ХТО из порошковых сред [3] и насыщающих обмазок [4–17], однако это направление исследований в России мало изучено.

В работе изучали возможность получения диффузионных боридных покрытий на титановом сплаве ВТ 1-0 из насыщающих обмазок, содержащих в качестве основного насыщающего компонента карбид бора (B_4C). Проведен сравнительный анализ микроструктуры, морфологии и элементного состава, диффузионных боридных покрытий на титане марки ВТ 1-0, полученных насыщением из обмазок.

Упрочнение образцов размерами $10 \times 20 \times 5$ мм вели в камерной печи типа СНОЛ, в качестве насыщающей среды использовали обмазку на основе карбида бора с добавлением соединений хрома и кремния [4, 5], а также отдельный подслоя обмазки, содержащий, в качестве борировочного агента аморфный бор марки А. Микроструктуру упрочненных изделий исследовали

на поперечных шлифах при помощи инвертированного микроскопа Carl Zeiss Axio Observer Z1m. Для измерения толщины диффузионного покрытия использовали программный комплекс «Thixomet Pro®». Исследование элементного состава проводили при помощи рентген-флуоресцентного анализатора «Х-МЕТ 7500». Фазовый состав получаемых покрытий исследовали при помощи рентгеновского дифрактометра «ДРОН-6». ХТО (борирование) проводили из двухслойной обмазки, нижний слой которой состоял из аморфного бора, верхний слой – из карбида бора [5–8] и из обмазки, содержащей карбид бора [5–8]. В результате высокотемпературного диффузионного насыщения титана ВТ1-0 были получены покрытия.

Установлено, что толщина диффузионного покрытия, полученного насыщением из двухслойной обмазки, примерно соответствует толщине покрытия, полученного в однослойной обмазке (52 и 49 мкм соответственно). Однако концентрация диффундирующих элементов и фазовый состав покрытий существенно различаются в зависимости от химического состава насыщающих сред. Исследования показали, что при изменении химического состава насыщающей среды, структура диффузионного покрытия изменяется. В первом случае насыщения из обмазки, содержащей подслоя аморфного бора, боридный слой имеет ярко выраженное однофазное строение и по результатам рентгенофазового анализа, представляет борид Ti_2B_5 . Во втором случае (насыщение из однослойной обмазки, содержащей в качестве борировочного агента карбид бора) покрытие имеет двухфазное строение и поданным рентгеноструктурного анализа, верхняя часть покрытия толщиной 14–17 мкм соответствует бориду Ti_2B_5 , а нижняя часть представлена боридом TiB .

Таким образом показана возможность получения упрочняющих боридных слоев на титановом сплаве ВТ 1–0 из насыщающих обмазок на основе аморфного бора и многокомпонентных смесей на основе карбида бора. Установлено, что в условиях насыщения титана из обмазок процессы диффузии идут достаточно интенсивно и формируются покрытия толщиной 40–50 мкм.

Список литературы

1. Расплав для борирования изделий из титана и его сплавов. Жабров В.А., Свиридов С.И., Лапис Н.Д., Сулейманова Н.А., Лопатина Н.П. патент на изобретение RUS 2031972 Заявка № 4932682/02 от 04.04.1991, Оpubl. 27.03.1995 бюл. № 17.
2. Формирование износостойких и коррозионностойких покрытий на титане Тюрина З.Г., Тюрина Н.Г. // Физика и химия стекла. – 2012. – Т. 38. – № S6. – С. 905–909.
3. Accelerated kinetics and mechanism of growth of boride layers on titanium under isothermal and cyclic diffusion. Biplab Sarma. A dissertation of Doctor of Philosophy University of Utah May 2011. – 167 p.
4. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борхромирования / С.Г. Иванов, А.М. Гурьев, М.Д. Старостенков, Т.Г. Иванова, А.А. Левченко // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57. – № 2. – С. 116–118.

5. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Крымских А.И., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термодиффузионном карбоборировании феррито-перлитной стали // Известия высших учебных заведений Физика. – 2000. – Т. 43. – № 11. – С. 60.

6. Иванов С.Г., Гармаева И.А., Андросов А.П., Зобнев В.В., Гурьев А.М., Марков В.А. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1–1. – С. 106–108.

7. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Особенности формирования диффузионного слоя при термодиффузионном борировании углеродистой стали // Эволюция дефектных структур в конденсированных средах: сборник тезисов докладов 5-й Международной школы-семинара. – 2000. – С. 149–150.

8. Гурьев А.М., Хараев Ю.П. Теория и практика получения литого инструмента. – Барнаул, 2005. – 158 с.

9. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Грешилев А.Д., Земляков С.А. Механизм образования боридных игл при диффузионном комплексном борхромировании из насыщающих обмазок // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2011. – № 3. – С. 34–40.

10. Ivanov S.G., Guriev A.M., Starostenkov M.D., Ivanova T.G., Levchenko A.A. Special features of preparation of saturating mixtures for diffusion chromoborating // Russian Physics Journal. – 2014. – Т. 57. – № 2. – С. 266–269.

11. Корнопольцев В.Н., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д. Разработка технологии борирования в порошковой среде, содержащей борную кислоту // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2011. – № 2. – С. 40–42.

12. Гурьев М.А., Иванов А.Г., Иванов С.Г., Гурьев А.М. Упрочнение литых сталей поверхностным легированием из борсодержащих обмазок // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 3. – С. 123.

13. 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 наукоемкие технологии. – 2008. – № 3. – С. 33.

14. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Бруль Т.А. Диффузионное насыщение сталей из насыщающих обмазок // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 4. – С. 38.

15. Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Гурьев А.М. Влияние добавок легирующих элементов в обмазку на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного насыщения стали // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 170–172.

16. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Особенности формирования диффузионного слоя при термодиффузионном борировании углеродистой стали // Эволюция дефектных структур в конденсированных средах: сборник тезисов докладов 5-й Международной школы-семинара. – 2000. – С. 149–150.

17. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борхромирование // Ползуновский альманах. – 2008. – № 3. – С. 53.

ИНКАПСУЛИРОВАНИЕ ГИДРОСИЛИКАТНЫХ НЕСТАБИЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Сидоренко Ю.В.

*Самарский государственный
архитектурно-строительный университет, Самара,
e-mail: sm-samgasa@mail.ru*

Особенность современной строительной индустрии – не только выработка продукции, но и потребление образующихся промышленных отходов для изготовления качественных, экологически безопасных материалов и изделий общестроительного и специального назначения. Поскольку основные затраты связаны с высокоэнергоемкими технологическими переделами,

важное значение приобретают принципы энерго- и ресурсосбережения. Например, при производстве неавтоклавных контактно-конденсационных известково-силикатных материалов вызывают интерес вопросы предварительной подготовки нестабильного вяжущего и последующего пролонгированного сохранения активности [1–5]. Микрокапсулирование нестабильного гидросиликатного вяжущего позволяет повысить устойчивость его характеристик на стадии прессования сырьевых изделий, обеспечить стабильность технологического процесса, качество выпускаемой продукции в целом. Данное направление является принципиально новым в плане научного подхода к решению практических задач, созданию теоретической базы для получения микрокапсулированных сложноставленных вяжущих [1, 3]. Среди рекомендаций по проектированию составов [1–6]:

1) многокомпонентность смеси, составляющие частично находятся в нестабильной активной форме, частично являются кристаллическими соединениями;

2) первоосновой твердения являются нестабильные компоненты, содержащие Al_2O_3 , SiO_2 , основные оксиды, образующие со щелочными группами новообразований различной активности;

3) предпочтительно применять (помимо основного известково-силикатного и кремнеземистого сырья) химически активные наноаппендители;

4) приготовление изделий желательнее осуществлять методом прессования или гиперпрессования, обеспечивая контакт между частицами в условиях дефицита воды (включая свободную) в системе;

5) условия твердения при $t \sim 85 \dots 105^\circ C$.

Процесс деформирования при прессовании нестабильных гидросиликатных систем сопровождается спонтанностью, и основные положения синергетики применены при изучении механизмов структурообразования [4, 7]. Рассматривается механизм создания фазовых контактов на уровне структурных элементов (СЭ). Исследуемая область является наиболее напряженной при движении двухфазного потока от истока (объемной области) к стоку. Отмечается принципиальная разница между формированием силовой связи между СЭ для изделий автоклавного и неавтоклавного производства. Если автоклавная технология связана с процессом растворения исходных фаз, созданием пересыщения, нуклеации и роста зародышей, их срастанием в межграницной зоне, то в неавтоклавной технологии основную роль выполняет энергия активации, происходит перемещение частиц в процессе их движения по каналу, синергизис жидкой фазы. По аналогии с фронтом горения вводится понятие фронта перколяции – узкой зоны малой толщины, в которой осуществляется топологический переход к бесконечному силовому кластеру между СЭ. Формирование силовой перемычки основано на