

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 621.699

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. Басалай

Приведены результаты исследования эксплуатационных свойств инструмента и технологической оснастки, используемых при производстве строительных материалов, упрочненных методом химико-термической обработки.

Ключевые слова: износостойкие покрытия, строительные материалы, борирование, физико-механических характеристик

Переработка нерудных полезных ископаемых при производстве строительных материалов эффективна при использовании на предприятиях инструмента и технологической оснастки высокой надежности. Условия их эксплуатации определяют развитие поверхностно-инициируемых процессов разрушения, следовательно, работоспособность изделий определяется физико-химическими и механическими свойствами поверхности изделия. Учитывая отечественный и зарубежный опыт использования методов поверхностной обработки, предполагающих формирование износостойких покрытий, можно считать их наиболее перспективными с точки зрения повышения эксплуатационной стойкости инструмента и оснастки, используемых при производстве стройматериалов.

Анализ литературных данных свидетельствует о перспективности использования процессов термодиффузионной обработки для упрочнения оснастки и инструмента при производстве строительных материалов: борирования (для упрочнения форм прессования, шнеков, пустото- и пазообразователей, лопаток смесителей при производстве кирпича) [1-4]; кар-

бидизации (для упрочнения деревообрабатывающего инструмента) [5-7]; карбонитрации (для повышения стойкости литевых форм при производстве алюминиевых и ПВХ-профилей) [8-11].

Цель работы – создание износостойких покрытий на основе бора на поверхности углеродистых сталей и разработка технологии упрочнения высоконагруженной оснастки и инструмента боридными покрытиями с заданными характеристиками.

Для получения боридных покрытий использован способ термодиффузионной обработки из порошковых сред, полученных методом внепечной металлотермии, что немаловажно с точки зрения экономии энергоресурсов. Основой порошковых сред, полученных предлагаемым способом, является металлооксидная композиция. Использование метода внепечной металлотермии позволяет, не изменяя общей схемы процесса, в широких пределах варьировать исходными компонентами металлооксидной композиции и получать гомогенизированные порошковые насыщающие среды различных типов и активности. Иницирование реакции восстановления осуществлялось с помощью запала. Восстановление насыщающей смеси после иницирования реакции происходит по принципу процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. После прохождения реакции восстановления контейнеры с порошковой смесью охлаждали, порошковую смесь измельчали в шаровых мельницах и просеивали (размер фракции 0,2...0,3 мм), добавляли активатор и проводили с ее использованием режим химико-термической обработки.

Учитывая технологические аспекты получения металлотермических порошковых сред (термитность, скорость протекания реакции и скорость проплавления) и результаты термодиффузионной обработки из них, выбраны определенные составы смесей, позволяющие получать на углеродистых сталях однофазные (Fe_2B), двухфазные ($FeB+Fe_2B$) и однофазные, легированные хромом ($FeCr$) B диффузионные слои. Численные исследования неизотермических режимов борирования и математическое моделирование подтвердили, что при достаточно высоком химическом потенциале борировочной смеси возможны варианты как однофазного, так и двухфазного борирования, а при различных темпах нагрева смеси в одном и том же составе также можно получать как однофазные, так и двухфазные слои. Толщина исследуемых однофазных слоев составляет 160 мкм, двухфазных – 400 мкм, а однофазных, легированных хромом, – 500 мкм [12].

Исследования свойств покрытий проводили с использованием металлографического, дюрOMETрического, рентгеноспектрального и микро-рентгеноспектрального методов анализа.

Технологическая оснастка и инструмент, используемые при производстве цемента, керамического и силикатного кирпича, работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания и высоких давлений. Эффективность использования защитных покрытий на основе бора определяется правильностью выбора типа покрытия (однофазного или двухфазного), поскольку уровень его защитных свойств определяется фазовым составом.

Изучение свойств однофазных и двухфазных слоев проводили на стали У8 при их равной толщине ~ 140 мкм, причем в двухфазном слое соотношение фаз FeB и Fe₂B составляло 50:50. Твердость боридных фаз одно- и двухфазных покрытий, полученных при насыщении из разработанных порошковых смесей, составляет соответственно для FeB 17500...20000 МПа, для Fe₂B – 13500...16000 МПа, для (FeCr)B – 20000...22000 МПа.

Изучение микрохрупкости показало, что с увеличением содержания углерода в стали хрупкость фазы FeB в двухфазном покрытии и фаз Fe₂B и (FeCr)B в однофазном снижается. Результаты исследования микрохрупкости боридных фаз в двухфазных слоях показывают, что показатель хрупкости бориды FeB в 2 – 2,5 раза выше, чем аналогичная характеристика для бориды Fe₂B в однофазных слоях. При легировании диффузионного боридного слоя хромом (до 5 %) микрохрупкость фазы (FeCr)B снижается на 60 % по сравнению с фазой FeB. Проведено исследование хрупкого разрушения по сечению одно- и двухфазных боридных слоев на стали У8. При формировании однофазных боридных слоев как Fe₂B, так и (FeCr)B во всем интервале температур борирования (800...1100 °С) на изделиях формируются остаточные напряжения сжатия, поэтому хрупкость исследованного однофазного боридного слоя по сечению практически не меняется.

Одной из характеристик хрупкого разрушения боридных покрытий является их склонность к скалыванию. Скалываемость боридных слоев определяли по удельной потере массы цилиндрических образцов (диаметр d = 16 мм, высота h = 20 мм) при различной степени деформации методом осаживания. Обычно скалывание покрытия происходит или по границе FeB - Fe₂B в случае двухфазного слоя, или по границе сплошных зон Fe₂B или (FeCr)B в случае однофазных слоев. Из экспериментальных данных следует, что однофазные боридные слои значительно меньше склонны к скалыванию, чем двухфазные.

Испытания на износостойкость боридных покрытий в условиях трения скольжения проводили на машине трения по двум схемам контактирования: «палец – втулка» и «втулка – плоскость». Схемы контакта и условия испытаний приведены в таблице.

В ходе исследований установлено, что боридные покрытия значительно превосходят стойкость термообработанной стали, однако при низких скоростях скольжения целесообразнее применять однофазные, а при высоких – двухфазные боридные слои. Испытания, проведенные по схеме 2 (рис. 1), показали, что при принятых условиях работы износостойкость пары втулка – плоскость определяется, прежде всего, хрупкостью покрытия, а потом уже твердостью. Вид кривой 2 объясняется хрупким разрушением двухфазного боридного слоя на первых 4000 метрах пути трения.

Условия испытаний образцов на износостойкость

Схема контактирования	Условия испытаний
1. Палец-втулка	Втулка изготовлена из твердого сплава ВК29. Температура испытаний 20 °С. Максимальная масса груза 20 кг. Износостойкость оценивали по интенсивности изнашивания I_h , определяемую отношением величины линейного износа h к пути трения L
2. Втулка-плоскость	Температура испытаний –20 °С. Испытывали пары: втулка из стали 45 с твердостью 50 HRC и плоскость из стали 40X с твердостью 45 HRC без покрытия и соответственно пары с однофазным и двухфазным покрытием и на втулке (сталь 45) и на плоскости (сталь 40X). Износостойкость оценивали по потере массы и уменьшению линейных размеров втулки

Частицы боридов, являясь сильным абразивом и попадая в зону контакта втулки с плоскостью, резко увеличивают скорость износа, и поэтому втулка с двухфазным слоем изнашивается быстрее, чем втулка, подвергнутая закалке и отпуску.

После 6000 метров пути трения двухфазный слой истирается полностью, в то время как однофазные примерно на 1/3 первоначальной толщины, и износостойкость их в 2,6 раза выше износостойкости термообработанной стали.

Как отмечалось выше, в результате термодиффузионной обработки стали У8 в борлирующей смеси опытных составов на ее поверхности формируется диффузионный слой, состоящий из борида железа с поверхностной твердостью 16000...18500 МПа.

Для деталей, работающих в жестких условиях эксплуатации, в частности, абразивного и гидроабразивного износа, такая твердость поверхности не обеспечивает требуемую эксплуатационную стойкость и необходимый ресурс работы.

Испытаниям на гидроабразивный износ подвергали образцы из стали У8, борированные при температуре 950 °С в течение 6 часов. Относительная износостойкость определялась как отношение интенсивности из-

нашивания материала, принятого за эталон (в данном случае это сталь 45 в нормализованном состоянии) к интенсивности изнашивания испытываемого материала. В качестве несущей среды использовалась вода при скорости течения 85 м/с жидкость подавалась в сопло под давлением 40 атм. В качестве абразива применялся кварцевый песок с зернистостью 0,1...0,3 мм. Характеристикой интенсивности изнашивания являлась потеря массы образца на 1 кг сухих абразивных частиц, попавших на образец.

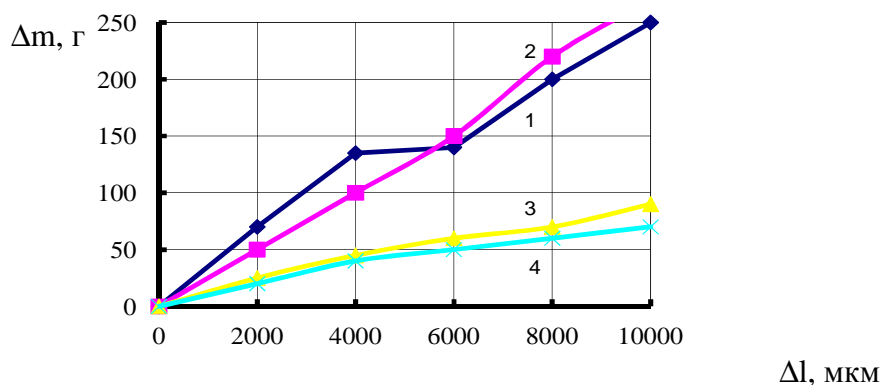
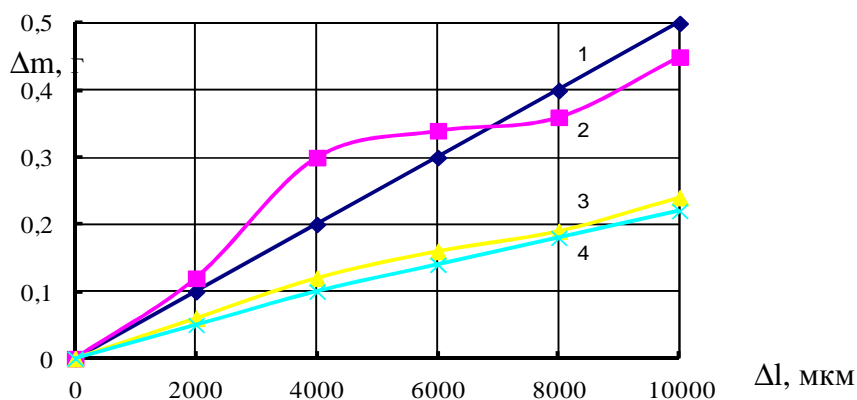


Рис. 1. Влияние борирования на износостойкость сталей при испытании пары образцов втулка – плоскость: 1 – закалка с последующим отпуском, 50 HRC; 2 – двухфазный боридный слой ($FeB + Fe_2B$); 3 – однофазный боридный слой (Fe_2B); 4 – однофазный боридный слой ($FeCr$)B

Сравнительные результаты по испытанию образцов в разработанных составах приведены на рис 2. Как видно, введение оксида меди в насыщающую смесь в количестве 5...7 %, увеличивая микротвердость боридного слоя на углеродистых сталях, позволяет повысить их стойкость к гидроабразивному износу.

Как показывают проведенные исследования, боридные покрытия на углеродистых сталях обладают высоким комплексом физико-механических характеристик и могут быть с успехом использованы в отрасли производства строительных материалов для упрочнения быстроизнашивающихся деталей строительных машин и механизмов, инструментальной и технологической оснастки (направляющие при производстве керамических изделий, пресс-формы, пустото- и пазообразователи, керны).

Таким образом, проведенные исследования по изучению взаимосвязи между составами насыщающих смесей, условиями термодиффузионной обработки и основными характеристиками борсодержащих диффузионных покрытий позволили найти их оптимальные параметры для получения диффузионных покрытий с высокими физико-механическими свойствами.

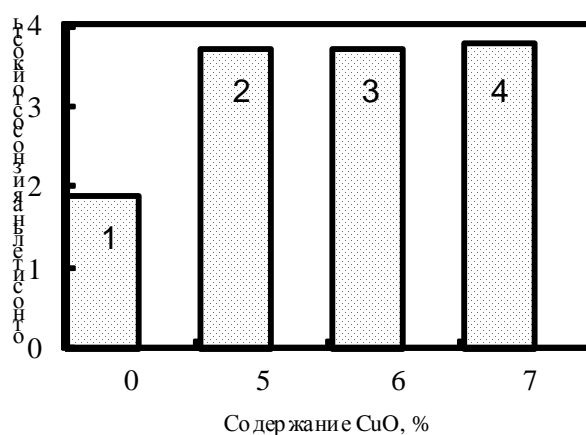


Рис. 2. Влияние содержания оксида меди в исходной шихте на гидроабразивную износостойкость боридных покрытий на стали 45: 1 – двухфазный слой ($FeB - Fe_2B$); 2 – 4 – однофазный слой, легированный хромом ($FeCr$)B

Установлено, что износостойкость боридных покрытий в условиях сухого трения скольжения определяется, прежде всего, схемой контактирования и характером относительного перемещения образцов, а также поверхностной твердостью и хрупкостью диффузионных слоев.

Подтверждена целесообразность использования процессов диффузионного борирования для упрочнения инструмента и технологической оснастки, работающих в условиях производства строительных материалов.

Список литературы

1. Мишаков Г.А., Родионов А.М. Диффузионное и лазерное борирование инструментальных и конструкционных сталей // Тр.НГТУ. 2004. №45. С. 117-120.

2. Genel K., Ozbek I., Bindal C. Kinetics of boriding of AISI W1 steel // Mater. Sci. and Eng. A. 2003. V. 347. № 1-2. P. 311-314.
3. Савинцев М.И. Упрочнение сталей термодиффузионным борированием // Технол.мет. 2004. №9. С. 20-23.
4. Баландин Ю.А. Многокомпонентные борсодержащие слои на штамповых сталях, полученные в псевдооживленном слое // Сталь. 2005. №3. С. 98-100.
5. Stratton P.F., Segerberd S.A. comparative study of dry and lubricated adhesive wear after various thermochemical surface treatments // Heat Treat. Metals. 2004. 31. № 2. С. 37-41.
6. Shimosato Yoshikazu. Газовая цементация в среде с высоким содержанием СО // J. Jap. Soc. Treat. 2004 44. № 5. P. 311-314.
7. Mayr Randschi-chtschadigung beim Harten und Einsatzharten von Stahlen. (Повреждение поверхностного слоя при закалке и цементации) / В. Clausen, F. Hoffmann, H.W. Zoch, P. // HTM: Harter.-techn.-Mitt. 2005. 60. № 1-2. P. 12-18.
8. Gaseous nitriding process of surface nanocrystallized (SNCed) steel (Газовое азотирование поверхности стали с нанокристаллической структурой) / Bei Duohui, Gu Jianfeng, Pan Jiansheng, Lü Jian, Lu Ke. // J. Mater. Sci. and Technol. 2002. 18. № 6. P. 566-568.
9. Блинков В.А., Ермакова В.С., Шевляков В.А. Повышение стойкости прессового инструмента методом карбонитрации // Технол. легк. сплавов. 1995. № 4. С. 55.
10. Huskic A., Eckel M., Berg S. Verschleißminderung an Schmiedege- senken mittels Kombinationsbehandlungen bestehend aus einer Plasmanitrie- rung und PACVD-Viellagenbeschichtung // Galvanotechnik. 2002. 93. №1. P.214-222.
11. Ключев В.Н., Григорьев Е.В., Мнацаканян И.У. Исследование влияние параметров процесса карбонитрации на толщину диффузионного слоя. // Упрочняющ. технол. и покрытия. 2006. № 1. С18-21.
12. Упрочнение инструмента и технологической оснастки, использующихся при производстве строительных материалов / И.А. Басалай, Н.Г. Кухарева, С.Н. Петрович, Г.В. Стасевич // Строительная наука и техника. 2008. № 5(20) . С. 16-21.

Басалай Ирина Анатольевна, канд. техн. наук, доц., irgrig@tut.by, Республика Беларусь, Минск, Белорусский национальный технический университет

INCREASED WEAR RESISTANCE INDUSTRIAL EQUIPMENT FOR PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

I.A. Basalai

The results of the study of operational properties Instrument and tooling, used in the manufacture of building materials, hardened by thermochemical treatment.

Key words: wear-resistant coatings, building materials, borating, physical and mechanical properties

Basalai Irina Anatolevna, candidate of technical sciences, docent, irgrig@tut.by, Belarus republics, Minsk, Belarusian National Technical University

УДК 504.55.054:622(470.6)

КОНЦЕПЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ В ДЕЗИНТЕГРАТОРЕ

В.И. Голик, В.И. Комащенко, И.М. Лавит

Показано, что традиционные обогатительные процессы не обеспечивают глубокого извлечения металлов из хвостов обогащения. Доказано, что метод механохимической активации повышает эффективность обогащения за счет увеличения количества и видов применяемой энергии. Применение технологии механохимической активации обостряет ряд проблем ее обеспечения: повышение стойкости рабочего органа дезинтегратора, выбор реагентов, извлечение металлов из коллективного раствора. Основным достоинством технологии является исключение необходимости хранения хвостов переработки на земной поверхности с минимизацией или предотвращением ущерба экосистемам окружающей среды.

Ключевые слова: дезинтегратор, извлечение металлов, механохимическая активация, хвосты обогащения, окружающая среда.

В течение двух последних столетий, кроме основных компонентов технологии: температура, давление, диспергирование и катализ, используется феномен изменения состояния вещества с получением новых свойств – активация. У истоков концепции находится Й. Хинт (середина прошлого века) [1], который доказал, что в результате обработки при скорости удара 250 м/с, вещества приобретают новые технологические свойства. Это направление развивалось в конце прошлого века на Северном Кавказе и продолжает развиваться учеными СКГТУ и ГИ ВНЦ РАН (г. Владикавказ) [2]. Физико-химические и технологические процессы в твёрдых веществах протекают тем эффективнее, чем больше поверхность участвующего в процессе вещества. К. Хесс, Е. Штойнер и Х. Фромм (1942 г.) выдвинули понятие «механохимия» – разложение карбонатов, хлоридов и других веществ при помолё в мельницах с образованием сернистых соединений и