

Выводы

1. Разработанная методика позволяет проводить исследование влияния различных смазочных материалов на триботехнические характеристики шариковых и роликовых подшипников качения.
2. На основе полученных в результате исследования зависимостей представляется возможным подбирать оптимальные смазочные материалы для подшипников, работающих в конкретных условиях нагружения.

Литература

1. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
2. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность деталей машин / Ю.А. Розенберг. – М.: Машиностроение, 1970. – 315 с.

УДК 621.785.5

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ НА СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЯХ ИЗНОСОСТОЙКИХ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОНИЖЕННОЙ ХРУПКОСТЬЮ

М.В. Ситкевич

Белорусский национальный технический университет, Минск

В работе показаны некоторые результаты исследований, раскрывающие новые возможности структурного регулирования при использовании для повышения долговечности различных видов быстроизнашивающихся деталей разработанных технологических процессов многокомпонентного упрочнения с диффузионным насыщением в порошковых смесях и обмазках, не требующих применения специального оборудования.

Наиболее существенные структурные изменения в поверхностных слоях стальных деталей можно обеспечить процессами диффузионного насыщения бором и кремнием (борирование, боросилицирование) при температурах 900 – 1000 °С в специально разработанных обмазках, которые наносятся тонким слоем только на рабочую часть крупногабаритных деталей. В случае ХТО мелкогабаритных деталей или образцов целесообразно использование особого типа порошковых смесей, которые после засыпки ими изделий в негерметизируемых контейнерах эффективно функционируют в окислительной воздушной печной среде без использования каких либо защитных средств.

В работе представлены результаты исследований образцов ряда сталей после борирования и боросилицирования при температурах 900 – 1000 °С в смесях и обмазках, в которых поставщиком активных атомов бора являлся карбид бора, поставщиком атомов кремния – компонент на основе SiO_2 , в качестве газогенерирующего активатора использовался фтористый натрий. Типовые структурные изменения в зависимости от параметров ХТО, сказывающиеся на свойствах, четко проявляются на примере сталей 40Х и 9Х.

Боросилицирование образцов сталей 40Х и 9Х при температуре 900 °С приводит к формированию диффузионных слоев, которые по толщине заметно меньше, чем борированные. По микроструктуре боросилицированные слои, полученные при 900 °С, похожи на борированные, они имеют игольчатое строение, но иглы несколько более узкие, чем в случае борирования, и между ними просматривается небольшая доля включений других фаз.

В отличие от борированных слоев в структуре боросилицированных слоев рентгеноструктурным анализом не обнаружено фазы FeB. Увеличение температуры боросилицирования не столь заметно влияет на толщину диффузионных слоев, как в случае борирования, что можно связать с изменением характера диффузионного насыщения двумя элементами (бором и кремнием) с увеличением температуры ХТО. При увеличении температуры в поверхностный слой диффундирует наряду с бором повышенная доля атомов кремния, что приводит к появлению в структуре диффузионных слоев значительной доли силицидных фаз, причем такое строение присуще как после боросилицирования стали 40Х, так и ряда других углеродистых и низколегированных сталей.

Структурные изменения, имеющие место в результате борирования и боросилицирования при различных параметрах ХТО, существенно сказываются на показателях микротвердости и микрохрупкости диффузионных слоев. Наиболее высокие показатели микротвердости имеют место в случае борирования сталей. Причем высокая микротвердость поверхности (18 – 20 ГПа) отмечается как в случае борирования в обмазках, так и порошковых смесях. Следует отметить, что такая твердость характерна находящейся вблизи поверхности фазе FeB, которая образуется в борированных слоях как при температуре 900 °С, так при более высоких температурах. Под слоем фазы FeB располагается зона фазы Fe_2B , твердость которой несколько ниже – на уровне 13 – 15 ГПа. В случае боросилицирования при температуре 900 °С микротвердость поверхности как раз и соответствует

микротвердости фазы Fe_2B . При этом ХТО как в обмазках, так и порошковых смесях в негерметизируемых контейнерах дает практически аналогичные результаты.

Повышение температуры боросилицирования до $1000\text{ }^\circ\text{C}$, как отмечалось выше, приводит к появлению в структуре диффузионного слоя значительной доли силицидных фаз (по данным рентгеноструктурного анализа наряду с Fe_2B присутствует α' -фаза (твердый раствор на базе соединения Fe_3Si), микротвердость которой заметно ниже, чем у фазы Fe_2B . Средняя микротвердость поверхности после боросилицирования при $1000\text{ }^\circ\text{C}$ находится на уровне $10,7 - 11,5$ ГПа, что заметно ниже, чем в случае борирования ($18 - 20$ ГПа) и боросилицирования при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$ ($13 - 14$ ГПа), но значительно выше, чем твердость поверхности без ХТО.

Изменение структурного состояния боросилицированных слоев по сравнению с борированными очень заметно сказывается на их микрохрупкости. Определение микрохрупкости диффузионных слоев проводилось с использованием прибора ПМТ-3. Микрохрупкость оценивалась по напряжению скола $G_{ск}$ диффузионно упрочненной поверхности (чем ниже напряжение скола, тем выше хрупкость), которое зависит от l (минимальное расстояние от центра отпечатка алмазной пирамиды до края образца при нагрузке P) [1]: $G_{ск} = 0,17P/(2l^2 + lc)$, где c – длина диагонали отпечатка алмазной пирамиды.

Так, наиболее твердая поверхностная зона из фазы FeB боридного слоя обладает и наиболее высокой хрупкостью (минимальный уровень напряжения скола). В случае боросилицирования при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$ при снижении микротвердости всего на $20 - 25\%$ (до уровня $13 - 14$ ГПа, что характерно фазе Fe_2B) напряжение скола увеличивается в $3 - 3,6$ раза (рис. 1), что свидетельствует о значительном повышении сопротивлению хрупкому разрушению боросилицированных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания.

Если получать боросилицированные детали при температуре ХТО $1000\text{ }^\circ\text{C}$, то при относительно высокой микротвердости ($10,7 - 11,5$ ГПа) сопротивление сколу увеличивается в $5 - 5,4$ раза по сравнению с борированными слоями (рис. 2) и примерно в 2 раза по сравнению с боросилицированными слоями, полученными при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2).

Таким образом, изменяя параметры ХТО, можно получать отличающиеся по структуре диффузионные слои с различным соотношением фаз FeB , Fe_2B , Fe_3Si , что в значительной степени влияет на сопротивление

хрупкому разрушению поверхностных слоев деталей, эксплуатирующихся в реальных условиях в парах трения при периодических или постоянных ударных воздействиях. Причем использование боросилицирования заметно более эффективно по сравнению с борированием.

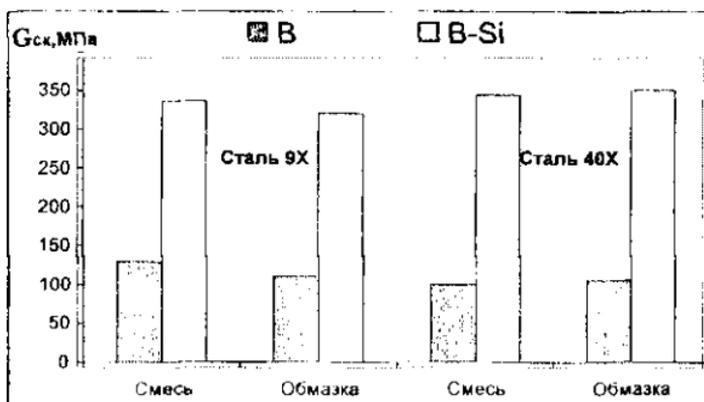


Рис. 1. Влияние ХТО на микрохрупкость поверхностных слоев, полученных при температуре 900 °С за 4 часа

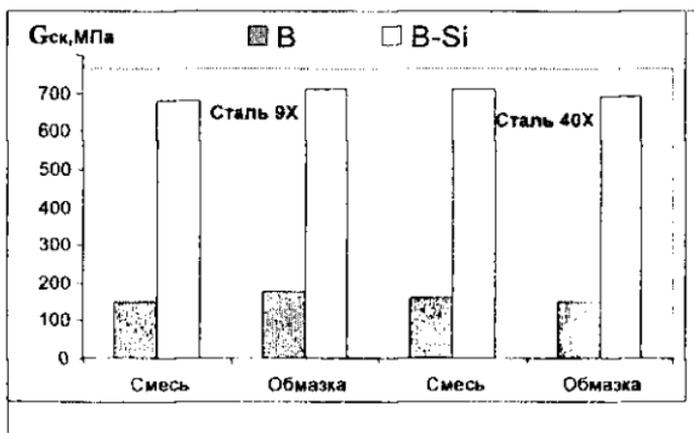


Рис. 2. Влияние ХТО на микрохрупкость поверхностных слоев, полученных при температуре 1000 °С за 4 часа

По разработанным технологиям упрочняются партии деталей деформирующей оснастки и инструмента на ряде предприятий. Так, на Минском тракторном заводе боросилицированные по предложенным параметрам

рам запрессовочные, распрессовочные и осалочные штамповые вставки, применяемые при сборке шарнирных соединений, обеспечивают более чем в 3 раза высокую стойкость по сравнению со штампами без ХТО. После боросилицирования фильеры для протягивания металлопроката круглого сечения также показывают увеличение стойкости не менее чем в 3 раза.

Литература

1. Григоров, П.К. Методика определения хрупкости борированного слоя / П.К. Григоров, А.И. Катханов. // В кн.: Повышение надежности и долговечности деталей машин. – Ростов н/Д, 1972. – Вып. 16.

УДК 621.357

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

О.В. Шумов

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Введение. Материалы на основе меди в настоящее время широко используются для получения защитных покрытий на рабочих поверхностях деталей машин. Это объясняется их высокой теплопроводностью, низким коэффициентом трения, хорошей прирабатываемостью и т.д. [1, 2]. Однако высокая стоимость защитных покрытий на основе меди в значительной степени ограничивает их применение. Продление службы таких покрытий за счет повышения их износостойкости является актуальной задачей.

Постановка задачи. Анализ существующих способов упрочнения позволил сделать вывод, что повысить износостойкость деталей возможно при нанесении гетерогенных гальванических покрытий на основе меди, легированных различными элементами (фосфором, кремнием, цинком, оловом и др.) [3, 4].

Так, легирование оловом обеспечивает получение высокого комплекса физико-механических свойств получаемого покрытия, но существенно повышает его стоимость. Таким образом, задачей данного исследования является разработка технологии получения износостойких гетерогенных безоловянистых покрытий на основе меди.

Результаты и их обсуждение. Повышение износостойкости покрытий в большинстве случаев достигается за счет повышения их эксплуатационных свойств: повышения твердости покрытий и прочности сцепления с основой, снижения коэффициента трения. При диффузионном насыще-