

Сравнительный анализ структуры и свойств поверхностных слоев низколегированных горячештамповых сталей после борирования и боросилицирования в порошковых смесях и обмазках

Ситкевич М.В.

Белорусский национальный технический университет

В работе представлены результаты исследований борированных и боросилицированных образцов сталей 5ХНМ и 5ХНВ. Указанные горячештамповые стали наиболее широко используются для изготовления как сравнительно мелкогабаритных, так и крупногабаритных, в том числе многотонных деталей горячештамповой оснастки. Данная инструментальная оснастка работает в условиях изнашивания рабочих поверхностей, зачастую сопровождающегося динамическими воздействиями. Для повышения стойкости такой оснастки целесообразно создавать на их рабочих поверхностях высокотвердые фазы, обеспечивающие повышенную износостойкость в сочетании с приемлемым сопротивлением хрупкому растрескиванию в процессе штамповки. В этом плане в первую очередь заслуживают внимания процессы боридного упрочнения (борирование, боросилицирование), которые проводятся при температурах сопоставимых с температурами нагрева под закалку инструмента и технологической оснастки (880-900°C). При упрочнении мелкогабаритных деталей их помещают в любую емкость, засыпают диффузионноактивной смесью и выдерживают в камерных печах при температурах нагрева под закалку. Упрочнение крупногабаритного инструмента осуществляется с помощью диффузионноактивных обмазок. Обмазка наносится тонким слоем на рабочую поверхность, после чего изделия выдерживают при закалочных температурах несколько часов в печах с воздушной атмосферой. В случае боридного упрочнения обеспечивается совмещение диффузионное насыщение в обмазках с нагревом изделий под закалку [1].

В настоящей работе борирование и боросилицирование проводили при температуре 900 °С в порошковых смесях и обмазках, в которых поставщиком активных атомов бора являлся карбида бора, поставщиком атомов кремния – компоненты на основе SiC? SiO₂, в качестве газогенерирующего активатора использовался фтористый натрий.

Боросилицирование образцов сталей 5ХНМ и 5ХНВ при температуре 900°C приводит к формированию диффузионных слоев, которые по толщине меньше, чем борированные. В структуре борированных слоев рентгеноструктурным анализом обнаружены фазы FeV и Fe₂V. В отличие от борированных слоев в структуре боросилицированных слоев рентгеноструктурным анализом фиксируются фазы Fe₂V, Fe₃Si и не обнаружена фаза FeV. По микроструктуре боросилицированные слои, полученные при 900°C, похожи на борированные, они имеют игольчатое строение, но иглы боридов несколько более узкие, чем в случае борирования и между ними просматривается небольшая доля включений фаз типа Fe₃Si.

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 (18,5-19,5 ГПа) отмечается как в случае борирования в обмазках, так и порошковых смесях. Следует отметить, что такая твердость характерна находящейся вблизи поверхности фазе FeV, которая образуется в борированных слоях как при температуре 900°C, так при более высоких температурах. Под слоем фазы FeV располагается зона фазы Fe₂V, твердость которой несколько ниже - на уровне 13,5-14,5 ГПа. В случае боросилицирования при температуре 900°C микротвердость поверхности как раз и соответствует микротвердости фазы Fe₂V. При этом ХТО как в обмазках, так и порошковых смесях в негерметизируемых контейнерах дает практически аналогичные результаты.

Изменение структурного состояния боросилицированных слоев по сравнению с борированными очень заметно сказывается на их микрохрупкости. Определение микрохрупкости диффузионных слоев проводилось с использованием прибора для измерения микротвердости ПМТ-3. Микрохрупкость оценивалась по напряжению скола $G_{ск}$ 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). $G_{ск} = 0,17P/(2l^2 + lc)$, где c – длина диагонали отпечатка алмазной пирамиды [2].

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°C при снижении микротвердости всего на 20-25% (до уровня 13,5-14,5 ГПа, что характерно фазе Fe₂B) напряжение скола увеличивается в 2,8-3,5 раза (рис.1), что свидетельствует о значительном повышении сопротивлению хрупкому разрушению боросилицированных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания.

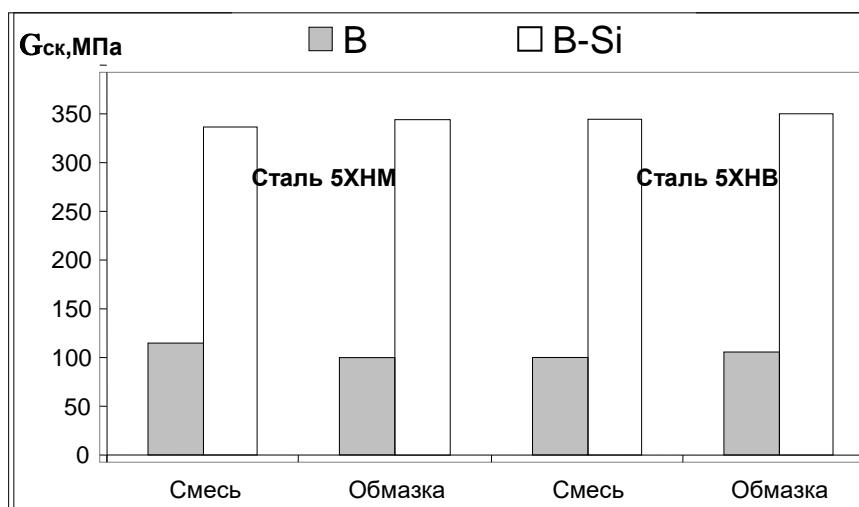


Рисунок 1 - Микрохрупкость диффузионных слоёв, полученных при 900 °С за 4 часа

Таким образом, изменяя виды боридного упрочнения (боросилицирование, борирование) можно получать отличающиеся по структуре диффузионные слои с различным соотношением фаз FeB, Fe₂B, Fe₃Si, 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 после, которого в структуре диффузионного слоя отсутствует фаза Fe₂B, заметно более эффективно по сравнению с борированием.

Литература

1. Ситкевич М.В., Бельский Е.И. Совмещенные процессы химико-термической обработки с использованием обмазок.- Мн.: Выш.шк., 1987.
2. Григоров П.К., Катханов А.И. Методика определения хрупкости борированного слоя. - В кн.: Повышение надежности и долговечности деталей машин. Ростов на Дону, 1972, вып. 16.