

у поверхности болта. Таким образом, для повышения износостойкости крепежных элементов корпусов плугов, была применена высокотемпературная нитроцементация из паст, с последующей закалкой, а также наплавка предварительно борированной пластины. Эти покрытия дают твердость 63 HRC и обеспечивают упрочненный слой от 0,3 до 1,0 мм.

УДК 621.785.5

Использование двухкомпонентного диффузионного упрочнения с участием бора и кремния для повышения свойств сталей

Ситкевич М. В., Кузменко Н. Н.

Белорусский национальный технический университет

Актуальными являются исследования по комплексному насыщению бором совместно с другими элементами, которые позволяют получить более высокие характеристики диффузионно-упрочненных материалов при эксплуатации в различных условиях.

В работе применялись образцы из сталей 45, У8. Насыщение образцов проводили в борлирующих и боросилицирующих смесях и обмазках в которых поставщиком активных атомов бора являлся карбида бора, поставщиком атомов кремния-пылевидной кварц, в качестве газогенерирующего активатора использовался фтористый натрий. Насыщение проводили при температурах 900, 950, 1000°C в течение 1-5 часов.

При насыщении в течении 1 часа в борлирующей смеси при 900° С на сталях 45 и У8 формируются слои толщиной 70 и 60 мкм соответственно. При насыщении в течение 1 часа в борлирующей обмазке, формируются слои 60 и 50 мкм соответственно. Увеличение времени насыщения до 5 часов дает увеличение толщины борированного слоя до 140 и 130 мкм при насыщении в смеси соответственно на сталях 45 и У8, а при ХТО в борлирующей обмазке толщина слоя уменьшается до 130 и 120 мкм соответственно.

Боросилицирование образцов сталей 45 и У8 при температуре 900°C приводит к формированию диффузионных слоев, которые по толщине заметно меньше, чем борированные. По

микроструктуре боросилицированные слои, полученные при 900°C, похожи на борированные. Боросилицированные слои 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. Результаты исследований показывают, что если при температуре 900°C за 4 часа на стали 45 образуются боросилицированные слои толщиной порядка 90 мкм, то при 950°C за это время они - 100 мкм, а при 1000°C — 130 мкм. На стали У8 толщина диффузионных слоев несколько меньше, чем на стали 45, но тоже с увеличением температуры с 900°C до 1000°C резкого роста толщины боросилицированных слоев не наблюдается, что можно связать с изменением характера диффузионного насыщения двумя элементами (бором и кремнием) при увеличении температуры ХТО. Микроструктурный анализ показывает, что в случае боросилицирования при температуре 900°C преобладает насыщение бором - диффузионные слои имеют характерное для борирования игольчатое строение. 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 45, так и стали У8.

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 45 и У8. 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 фазы FeB, которая образуется в борированных слоях как при температуре 900°C, 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°C микротвердость поверхности как раз и соответствует микротвердости фазы Fe_2B и находится на уровне 13 ГПа на образцах стали 45 и на уровне 14 ГПа на стали У8. При этом ХТО как в обмазках, так и порошковых смесях в негерметизируемых контейнерах дает практически аналогичные результаты.

Повышение температуры боросилицирования до 1000°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°C находится на уровне 10-11 ГПа, что заметно ниже, чем в случае борирования (18-20 ГПа) и боросилицирования при температуре 900°C (13-14 ГПа), но значительно выше, чем твердость поверхности без ХТО - всего 2-2,5 ГПа.

Изменение структурного состояния боросилицированных слоев по сравнению с борированными очень заметно сказывается на микрохрупкости поверхностных слоев, которая определялась по напряжению (рис.1., 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 13-14 ГПа, что характерно фазе Fe_2B) напряжение скола увеличивается в 3-3,5 раза (рис.1., 2.), что свидетельствует о значительном повышении сопротивлению хрупкому разрушению диффузионноупрочненных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания. Если получать боросилицированные детали при температуре ХТО 1000°C , то при относительно высокой микротвердости (10-11 ГПа), сопротивление сколу увеличивается в 5-5,5 раз по сравнению с борированными слоями и примерно в 2 раза по сравнению с

боросилицированными слоями полученными при температуре 900°C.

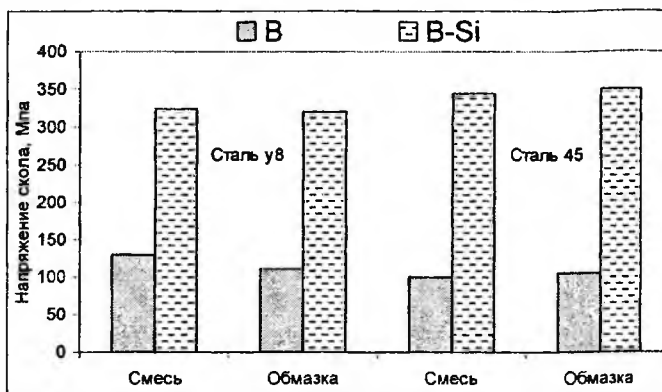


Рис.1. Влияние ХТО на микрохрупкость поверхностных слоёв, полученных при $T = 900^\circ\text{C}$, $t = 4$ часа.

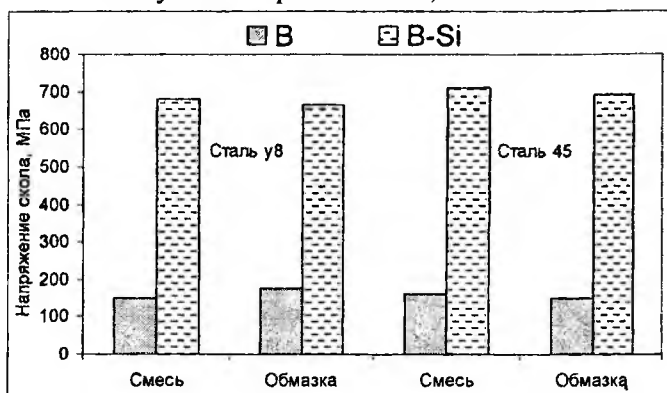


Рис.2. Влияние ХТО на микрохрупкость поверхностных слоёв, полученных при $T = 1000^\circ\text{C}$, $t = 4$ часа

Таким образом, изменяя параметры ХТО можно получить 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.