

На металлическую поверхность наносят слой пасты, содержащей ферробор или оксид бора, из расчета 0,9-4,8% бора в смеси с оксидом железа и алюминия. При горении пасты образуется ферроборное покрытие, металлургически связанное с основой. Поверхность, на которую наносят покрытие, может быть из черного металла и иметь любую конфигурацию. По периметру обрабатываемой поверхности устанавливают экран из огнеупорного материала.

В ряде случаев сверху экрана помещают графитовые пластины, в одной из которых оставлено отверстие для введения заряда. Пластины служат для предотвращения выплескивания вещества заряда, удержания теплоты реакции заряда и более полного ее использования для образования покрытия. Заряд воспламеняют обычными способами.

Кроме алюминия в таких пастах топливом могут служить магний, кальций, кремний или сплав кальция с кремнием. Топливо можно частично заменять на алюминиевый порошок. Заряд состоит приблизительно из трех частей оксида железа, предпочтительно  $Fe_2O_3$  (может быть взят другой оксид железа –  $Fe_3O_4$ ). Ферробор вводят в виде дробинки. Покрываемую поверхность металла целесообразно предварительно нагреть до 780-1100 °С. В результате экзотермической реакции образуется плотный металлический слой покрытия, металлургически связанный с основанием. Менее плотный слой шлака собирается сверху металлического слоя.

После завершения реакции графитовые пластины удаляют с огнеупорного экрана. На корку шлака помещают слой песка, шамотного порошка или другого подобного материала. Расплав покрытия начинает затвердевать со дна. Это способствует образованию прочного беспористого слоя. Поверхность изделия может быть охлаждена до того, как твердый поверхностный слой затвердеет. Разбив шлак, его удаляют с поверхности.

Ферроборное покрытие в основном содержит 20-90%  $Fe_2B$ , предпочтительно 45-80%  $Fe_2B$ , но лучше 60-80%  $Fe_2B$  и имеет толщину 2,5-6,2 мм.

Покрытие может быть получено не только на стальной поверхности, но и на меди, олове, никеле, хrome, кобальте, молибдене, латуни, бронзе, различных ферросплавах и легированных сталях.

### Насыщение бором и медью

Комплексное диффузионное насыщение поверхности металла соединениями бора и меди, выполняемое для увеличения толщины диффузионного слоя и повышения его пластичности в условиях эксплуатации при температуре до 850-900 °С, называют *боромеднением*. Процесс используют при упрочнении штампового инструмента для горячей штамповки. Боромеднение проводят до основной термической обработки. Стойкость боромедненных штампов, например, изготовленных из стали 7ХЗ, в сравнении со стойкостью закаленных штампов из этой же стали повышается до 4 раз.

Смесь для боромеднения содержит 96-98%  $B_4C$  и 2-4%  $Cu$ . Перед приготовлением смеси карбид бора прокаливают при температуре 400-450 °С в течение 1 – 1,5 ч. Режим боромеднения: температура 910-920 °С, время выдержки с момента достижения рабочей температуры в контейнере 6 ч, охлаждение в печи до 400-450 °С, затем – на воздухе до температуры не ниже 50-80 °С. После выгрузки из контейнера детали очищают от следов карбида бора сухой ветошью. Для повышения

твердости основы до 45-50 HRC боромедненные штампы подвергают термической обработке в режиме: нагрев в безокислительной среде (древесном угле) до температуры 840-860 °С, выдержка в течение 3 ч с последующим охлаждением в масле и немедленный отпуск при 430 °С в течение 3,5 ч (для стали типа 7Х3).

Свойства диффузионного боромедного слоя можно улучшить [а. с. 724602 (СССР)]. Для этого изделие упаковывают в контейнер с насыщающей смесью, состоящей из 85-90% технического карбида бора и 10-15% порошка меди, загружают в печь, нагревают до температуры насыщения (900-1050 °С) и выдерживают в печи 2-6 ч. После этого контейнер с изделиями вынимают из печи, охлаждают в воде и распаковывают. В результате на поверхности изделий образуется диффузионный слой толщиной до 240 мкм, микротвердостью 1450-1550 HV, содержащий 0,7% меди. Спекание состава и припекание его к насыщаемой поверхности не наблюдается. Устраняется необходимость дополнительной очистки изделий в кипящей воде.

Состав позволяет при прочих равных условиях увеличить толщину боромедного слоя в 1,5-2 раза и повысить его пластичность в 1,4-1,6 раза по сравнению с известными составами. Боромедненные изделия подвергают дальнейшей термической и механической обработке.

### **Насыщение бором и алюминием**

*Бороалитирование* – обработка поверхностей металлических деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания и трения без смазочного материала, состоящая в диффузионном насыщении соединениями бора, алюминия и азота [а. с. 581168 (СССР)].

Повышение прочности, износостойкости и сопротивления схватыванию бороалитированных изделий из конструкционных и инструментальных сталей достигается благодаря содержанию в рабочем слое металла до 1,5% Al в алюминидных железах и сложных алюмоборидных фазах, составляющих бороалитированный слой, а также дополнительного легирования азотом твердого раствора бора и алюминия в железе.

Способ состоит в следующем. Стальные изделия бороалитируют в течение 2-2,5 ч в расплаве буры с добавлением 10% оксида алюминия при температуре  $(930 \pm 10)$  °С и плотности тока электролиза 0,15-0,20 А/см<sup>2</sup>. Затем изделия в зависимости от требуемых свойств сердцевины основного металла охлаждают на воздухе или закаляют. После промывки и очистки их помещают в печь для газового азотирования. Процесс газового азотирования проводят при  $(510 \pm 10)$  °С в среде диссоциированного аммиака со степенью диссоциации 25-30% в течение 25 ч.

Поверхности изделий из сталей ШХ15, У8А, 40А И 45, обработанные по указанному режиму, имеют глубину упрочненного слоя 0,25-0,4 мм. Характерная особенность микроструктуры – наличие темно-травящейся зоны непосредственно под слоем. Такая зона твердого раствора бора и алюминия в железе, дополнительно легированного азотом, наиболее отчетливо проявляется в сталях карбидного класса, например ШХ15.

Азотирование повышает твердость бороалитированных покрытий. Если после бороалитирования твердость поверхности стали ШХ15 не более 950 HV 10, то после азотирования она увеличивается до 1650 HV 10.