

осями дендритов, можно установить скорость охлаждения при закалке — 10^4 К/с. На некоторых участках структуры наблюдается выклинивание осей второго порядка.

На характер формирующейся структуры существенное влияние оказывают условия контакта между лентой и металлической подложкой. При хорошем контакте наблюдается формирование тонкодисперсного конгломерата α -твердого раствора и интерметаллидов, при снижении коэффициента теплопередачи — переход к дендритному затвердеванию.

Сплавы, содержащие литий, интересны с точки зрения снижения массы изделий. Анализ микроструктур сплава $\text{Al} - 4,5\% \text{Cu} - 0,5\% \text{Mn}$, содержащего добавки лития, показывает, что интерметаллические фазы равномерно распределены в α -твердом растворе. Фазы, которые могут формироваться в таком сплаве, включают Al_2CuLi , Al_7CuFe , $\text{Al}_{20}\text{Cu}_2\text{Mn}_3$, также Al_6Mn . Размеры включений — 1–5 мкм.

Таким образом, результаты исследований показывают благоприятное воздействие высоких скоростей охлаждения при закалке из жидкого состояния на структуру лент.

УДК 621.785.539.062

М.С.КРАСНЕР, Э.П.ПУЧКОВ, канд.техн.наук
(БПИ)

БОРИРОВАНИЕ В ПОРОШКОВЫХ СМЕСЯХ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИТНЫХ АТМОСФЕР

Традиционный метод борирования в порошковых смесях на основе технического карбида бора с использованием герметизируемых плавкими затворами контейнеров обладает рядом недостатков. Один из них — невозможность регулирования в процессе насыщения состава газовой среды, образующейся в контейнере. Кроме того, все газообразные соединения бора в присутствии влаги и кислорода переходят в оксид бора (B_2O_3). Поэтому состав газовой среды будет зависеть от объема воздуха, оставшегося в контейнере после герметизации, и длительности процесса насыщения. Указанный недостаток можно устранить путем применения защитных атмосфер.

В данной работе исследовали процесс борирования в порошковой смеси, состоящей из 95 % карбида бора и 5 % фторбората калия. В качестве защитной атмосферы использовали баллонный азот, содержащий 0,2–0,4 % кислорода и 0,013 % влаги (температура точки росы -40°C), который продували через порошковую смесь. Для повышения скорости нагрева и охлаждения образцов подачу азота на этих стадиях осуществляли в объемах, достаточных для псевдооживления порошковой смеси. На стадии насыщения азот подавался в объеме, необходимом для поддержания избыточного (20–50 мм вод. ст.) давления в контейнере. Порошковая смесь при этом находилась в неподвижном состоянии. Схема установки для насыщения приведена на рис. 1.

Основной активной составляющей газовой атмосферы, образующейся в контейнере при использовании данной порошковой смеси, является фторид бора. Он образуется за счет разложения фторбората калия: $\text{KBF}_4 \rightarrow \text{BF}_3 + \text{KF}$.

Для ускорения реакций с участием фторида бора в порошковую смесь добавляли алюмоникелевый катализатор.

На основании проведенных исследований установлено, что добавки алюмоникелевого катализатора при борировании в герметичных контейнерах без применения защитной атмосферы (азота) не инициируют процесс насыщения (рис. 2). Введение в порошковую смесь алюмоникелевого катализатора и использование защитной атмосферы (азота) позволяет значительно повысить скорость насыщения.

Все это можно объяснить следующим образом. При борировании в герметичных контейнерах без применения защитной атмосферы образующийся фторид бора взаимодействует с влагой, оставшейся в контейнере: $2BF_3 + 3H_2O = B_2O_3 + 6HF$. В результате его содержание резко уменьшается. Насыщение бором в основном происходит за счет взаимодействия стали с газообразными оксидами бора (BO и B_2O_3), образующимися в результате реакции восстановления оксида бора карбидом бора. Алюмоникелевый катализатор в этом случае играет роль инертной добавки, уменьшающей содержание активной составляющей — карбида бора, поэтому процесс насыщения замедляется.

При продувке порошковой смеси азотом влага и кислород удаляются из рабочей зоны, что способствует сохранению в ней фторида бора. Скорость насыщения при этом повышается.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: 1) применение защитной атмосферы (азота) позволяет ускорить про-

цесс насыщения.

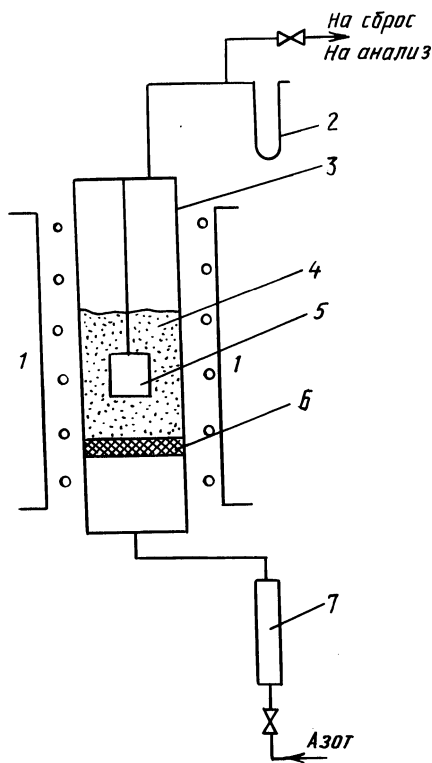


Рис. 1. Установка для насыщения с использованием защитной атмосферы: 1 — электропечь; 2 — манометр; 3 — муфель; 4 — диффузионная смесь; 5 — образец; 6 — газораспределительная решетка; 7 — ротаметр

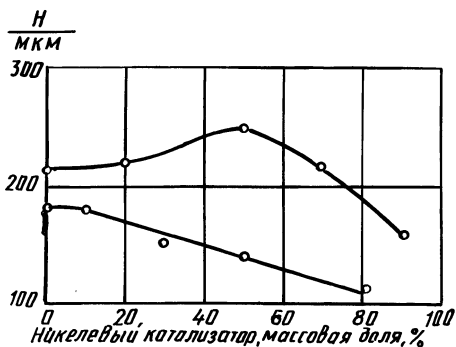


Рис. 2. Влияние условий насыщения на толщину боридного слоя: ● — с защитной атмосферой (950 °С — 3 ч); ○ — без защитной атмосферы (950 °С — 3,5 ч)

цесс насыщения в порошковых смесях на основе карбида бора; 2) добавление алюмоникелевого катализатора в сочетании с применением защитной атмосферы (азота) приводит к значительной интенсификации процесса борирования в исследованной смеси; 3) применение защитной атмосферы повышает технологичность процесса борирования и улучшает условия труда.

УДК 621.785.5

Н.И.ПИРИЖНЯК (БПИ)

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ОДНОФАЗНОГО БОРИРОВАНИЯ

Бесперебойная работа и эффективность использования машин и механизмов, инструмента и технологической оснастки зависят от их долговечности и износостойкости. В ряде случаев детали машин должны обладать комплексом рабочих свойств, получение которых путем объемного легирования сталей невозможно или экономически нецелесообразно. В таких случаях на поверхность изделий наносят диффузионные покрытия.

Однофазные диффузионные слои возникают в результате работы короткозамкнутых гальванических элементов: деталь (катод) — расплавленный электрод — восстановитель (анод). Причем, если оценивать электрохимические восстановители по стационарному электродному потенциалу, то приемлемыми будут те, которые имеют больший положительный потенциал, чем фазы FeB, и больший отрицательный потенциал, чем формируемые фазы Fe₂B. К ним относятся широко используемые силикомарганец и карбид кремния (CMn17, SiC).

Задача исследования заключалась в выборе оптимальных электрохимических восстановителей, способствующих интенсификации процесса безэлектролизного жидкостного насыщения, уменьшению микрохрупкости и повышению износостойкости однофазных боридных покрытий.

Были предложены добавки к указанным восстановителям активных веществ: алюминия, силикокальция (CK25), карбида бора (B₄C). При этом суммарный электродный потенциал смещался в сторону большей электроотрицательности относительно фазы Fe₂B, но одновременно был больше электроположительного потенциала FeB. Электрохимические восстановители: CMn17 + CK25, CMn17 + Al, CMn17 + B₄C, SiC + CK25, SiC + Al, SiC + B₄C отвечают предъявляемым требованиям.

В процессе насыщения на поверхности изделий формировались однофазные боридные слои, что подтвердили металлографический и рентгеноструктурный анализы. Микрохрупкость однофазных боридных слоев уменьшилась в 2 раза по сравнению с однофазным слоем из широко используемого состава с силикомарганцем, и в 3 раза — с карбидом кремния. Как показал спектральный анализ, это связано с дополнительным легированием боридного слоя марганцем и кремнием. Износостойкость однофазных боридных слоев при трении скольжения без смазочного материала увеличилась в 2,2 раза, что связано с