

кого содержания хрома, что приводит к некоторому увеличению подзоны σ -фазы в слое. При наличии в смеси 30 % окиси кремния диффузионные слои были слаботравящимися, с четкой границей раздела и крупными порами, выходящими на поверхность. С увеличением концентрации кремния количество пор увеличивалось, граница раздела слой — матрица отсутствовала. Поры в слое были мелкими, вытянутыми в направлении диффузии. В теле матрицы и на поверхности пор наблюдались нетравящиеся выделения силицидов хрома и никеля. Состояние поверхности образцов при содержании в смеси более 30 % SiO_2 было неудовлетворительным: наблюдались поры, видимые невооруженным глазом.

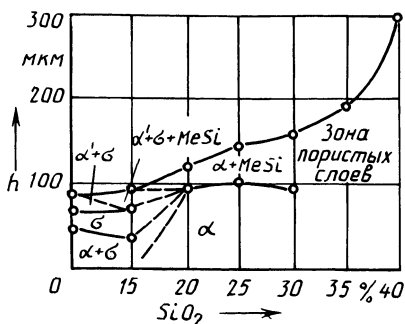


Рис. 3. Структурная диаграмма слоя при насыщении стали 12X18H10T хромом и кремнием

Поверхностная твердость диффузионных слоев с увеличением концентрации в насыщающей смеси кремния снижается от 950...1000 HV в области преимущественно хромирования до 750 HV у силицированных слоев. Твердость хромосилицированных слоев в подзоне σ -фазы была несколько ниже, чем у хромированных в аналогичной зоне.

УДК 621.785.539

В.Ф. ПРОТАСЕВИЧ, канд.техн.наук,
Л.В. КУЧЕЕВА, И.К. ШЕВЧИК (БПИ)

БОРОТИТАНИРОВАНИЕ СТАЛЕЙ В ПОРОШКОВЫХ СРЕДАХ

Образование на поверхности образцов из стали диффузионного слоя из боридов железа обеспечивает их высокую твердость и износостойкость. Однако применение борированной стали в производстве ограничено из-за ее низкой стойкости при динамических нагрузках, в условиях высоких температур и агрессивных сред. Анализ физико-механических свойств боридов переходных металлов показал, что они превосходят бориды железа по твердости и коррозионной стойкости. Поэтому имеет смысл попытаться получить их на поверхности образцов из стали. Была сделана такая попытка для углеродистых сталей.

В работе представлены результаты последовательного насыщения бором и титаном образцов из стали в порошковых средах по четырем схемам:

- 1) борирование однофазное с последующим титанированием в среде на основе порошка титана ($B_I + Ti$);
- 2) борирование однофазное с последующим титанированием в среде на основе окиси титана ($B_I + TiO_2$);
- 3) борирование двухфазное с последующим титанированием в среде на основе порошка титана ($B_{II} + Ti$);
- 4) борирование двухфазное с последующим титанированием в среде на основе окиси титана ($B_{II} + TiO_2$).

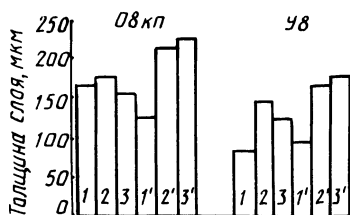


Рис. 1. Толщина диффузионного слоя в зависимости от вида обработки:

1, 1' — B_I, B_{II} ; 2, 2' — $B_I + Ti, B_{II} + Ti$;
3, 3' — $B_I + TiO_2, B_{II} + TiO_2$

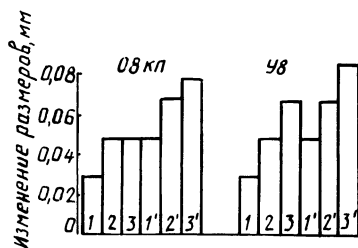


Рис. 2. Изменение линейных размеров образцов в зависимости от вида их обработки

На рис. 1 представлены результаты анализа изменения толщины диффузионных слоев на образцах из сталей 08кп и У8 после титанирования предварительно борированной стали. Наиболее значительное (примерно на 50 %) увеличение толщины боридного слоя на образце из стали 08кп наблюдается после химико-термической обработки по схемам ($B_{II} + Ti$) и ($B_{II} + TiO_2$).

На образцах из стали У8 при всех исследованных схемах последовательного насыщения толщина слоя увеличивается примерно на 50 % по сравнению с толщиной первичного боридного слоя.

На образце из стали 08кп слой имеет многозонное строение. Рентгеноструктурным анализом после боротитанирования в нем обнаружены три фазы: Fe_2Ti , TiB_2 и Fe_2B . На поверхности формируется тонкая, не более 7 мкм, зона титанида железа Fe_2Ti , далее идет зона TiB_2 , а на границе с основой — зона Fe_2B с микротвердостью 1300...1450 HV (в зависимости от схемы насыщения).

На поверхности образцов из стали У8 после борирования формируется тонкий в 3 мкм слой карбида титана TiC . Под ним располагается зона толщиной 60...80 мкм, содержащая, по данным рентгеноструктурного анализа, фазы TiB_2 и FeB . Ее микротвердость — 1400...1700 HV. На границе с основой формируется зона с микротвердостью 1100...1280 HV (в зависимости от схемы насыщения).

Увеличение толщины слоя после его двойной обработки (борирование с последующим титанированием) приводит к значительному росту линейных размеров изделий, что может быть использовано для восстановления размеров

деталей. На рис. 2 представлены результаты замера толщины образцов после различных видов их обработки. После борирования их линейные размеры увеличиваются на 0,03...0,05 мм, а после боротитанирования — на 0,05...0,9 мм.

Анализ микроструктур и измерение микротвердости показали, что боротитанированные слои не имеют существенных преимуществ по твердости и износостойкости перед борированными. Кроме того, двойная обработка образцов из высокоуглеродистых сталей приводит к образованию трещин и сколов в диффузионном слое.

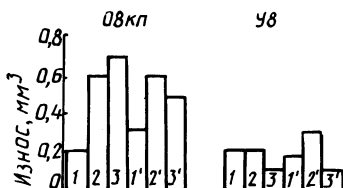


Рис. 3. Износостойкость сталей в зависимости от вида обработки

Исследование износостойкости сталей с диффузионными слоями проводили на машине Шкода—Савина при трении скольжения без смазочного материала. В качестве контртела использовали твердосплавный диск. На рис. 3 представлены результаты испытаний образцов из сталей после различных видов их обработки. Так, сталь 08кп после боротитанирования по всем схемам насыщения имеет более низкую стойкость, чем борированная. В то же время сталь У8 после обработки по схемам ($B_1 + TiO_2$) и ($B_{II} + TiO_2$) обладает в 2 раза большей износостойкостью, чем после однофазного или двухфазного борирования, что объясняется формированием на образцах зоны с более высокой микротвердостью, чем при борировании.

УДК 661.811.41.018.54

Г.М. ЛЕВЧЕНКО, канд. техн. наук,
А.В. ЛОМАКО (БПИ)

ПОЛУЧЕНИЕ БОРИДОВ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ АЛЮМИНОТЕРМИИ

Анализ диаграммы системы кремний — бор приведен в работах [1, 2]. Установленными фазами в системе являются бориды SiB_4 и SiB_6 . Борид SiB_4 изоморфен B_4C с широкой областью гомогенности в сторону кремния — от 39,3 до 48 % (по массе) и отвечает формульному составу $SiB_{2,82...4}$. Борид SiB_6 также почти всегда точно отвечает формульному составу этой фазы. Температуры диспропорционирования боридов SiB_4 — 1870 °С, а SiB_6 — 1950 °С.

Бориды кремния характеризуются рядом ценных свойств: высокими жаро- и термостойкостью; способностью изделий, полученных из них обычными методами порошковой металлургии, спекаться на воздухе без изменения размеров; высокой прочностью как при комнатной, так и при повышенных температурах; прочностью и плотностью сплавов Si—B, сравнимыми с лучшими керметами; химической стойкостью в ряде агрессивных сред при комнат-