УДК 621.793.6

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ НАСЫЩЕНИИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ БОРОМ И ТИТАНОМ

^{1,3}Лыгденов Б.Д., ^{1,2}Гурьев А.М., ¹Мэй Шунчи, ²Гармаева И.А.

¹Уханьский текстильный университет, Ухань, e-mail: lygdenov59@mail.ru; ²Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул; ³Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ

В работе приведены результаты комплексного насыщения бором и титаном углеродистой стали. В зависимости от температуры и выдержки получены диффузионные слои с высокими эксплуатационными свойствами. Полученные диффузионные слои актуальны для поверхности деталей, для которых необходим низкий коэффициент трения с сопряженной рабочей поверхностью.

Ключевые слова: диффузия, титан, твердый раствор, температура

FEATURES OF A DIFFUSION LAYER FORMATION AT THE COMPLEX SATURATION WITH BORON AND TITANIUM OF CARBON STEEL

^{1,3}Lygdenov B.D., ^{1,2}Guriev A.M., ¹Mei Shunqi., ²Garmaeva I.A.

¹Uchanski textile University, Wuhan, e-mail: lygdenov59@mail.ru; ²Altaisky state technical University I.I. Polzunov, Barnaul; ³Vostochno-Siberian state University of technology and management, Ulan-Ude

The results of the complex saturation with boron and titanium of carbon steel are presented in work. The diffusion layers with high service properties are formed according to the temperature and duration of the process. These diffusion layers can be used for to the surface of the parts with a low coefficient of friction with the connected working surface.

Keywords: diffusion, titan, solid solution, temperature

Применение комплексного насыщения поверхности одновременно бором и титаном обусловлено, прежде всего, необходимостью улучшения механических свойств диффузионного слоя [1, 2]. В случаях, когда поверхность с диффузионным слоем высокой микротвердости интенсивно изнашивает рабочую поверхность сопрягаемой детали.

В качестве диффузантсодержащих компонентов использовались карбид бора (B_4C) и оксид титана (TiO_2). Оксид титана был предварительно восстановлен методом алюмотермии. Подготовленные компоненты смешивались в соотношении 1:1.

На первом этапе изучали влияние состава насыщающей смеси на механические свойства получаемого покрытия на стали (состав, толщина, микротвердость, пластичность). Затем, после оптимизации состава смеси изучали влияние температуры насыщения на состав, толщину и микротвердость диффузионных слоев. После чего изучали влияние времени выдержки на физико-механические свойства упрочненной поверхности. На рис. 1 показана микроструктура боротитанированного слоя на стали У8.

Боротитанирование стали У8 при температуре насыщения 900 °C привело к образованию сплошного диффузионного слоя, без образования характерных боридных игл (рис. 1). Тем не менее, верхняя часть этого слоя имеет большую микротвердость, чем в нижней части. Это объясняется формированием на поверхности фаз, состоящих из карбидов титана.

Повышение температуры боротитанирования до 1000 °С привело к образованию «пирогообразного» диффузионного слоя. После верхнего сплошного слоя, отчетливо виден «игольчатый» слой, характерный для боридов (рис. 2). Дюрометрические измерения подтверждают наличие боридного слоя (рис. 3).

При титанировании сталей на поверхности зачастую образуются диффузионные слои, состоящие из карбидов титана и титанатов железа [3–5]. Как сильный карбидообразующий элемент, титан вытягивает углерод из стали, при этом под титанированным слоем образуется обезуглероженный подслой, имеющий пониженную твердость [6–9]. При комплексном насыщении по результатам измерения микротвердости диффузионного и переходного слоев, обезуглероженного подслоя обнаружено не было.

Наиболее наглядно формирование боротитанированного слоя показано на примере стали 45 (рис. 4 и 5).

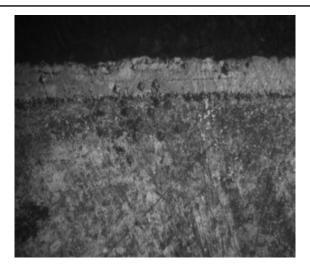


Рис. 1. Микроструктура боротитанированного слоя на стали У8, при температуре насыщения $900\,^{\circ}$ С, толщина слоя $45\,$ мкм. $x\,200\,$

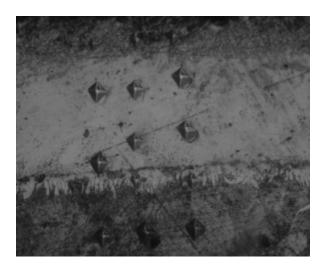


Рис. 2. Микроструктура боротитанированного слоя на стали У8, при температуре насыщения $1000\,^{\circ}$ С. Толщина слоя $120\,$ мкм. x $400\,$

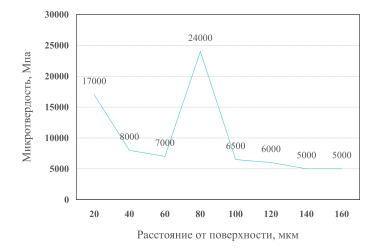


Рис. 3. Микротвердость диффузионного слоя на стали У8 в зависимости расстояния до поверхности



Рис. 4. Микроструктура боротитанированного слоя на стали 45. $T = 1000\,^{\circ}\mathrm{C}$, $\tau = 4$ часа. x 200

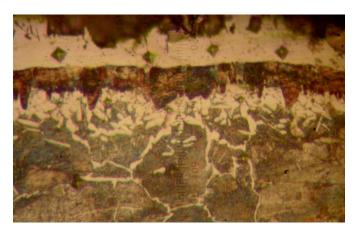


Рис. 5. Микроструктура боротитанированного слоя на стали 45. $T=1000\,^{\circ}\text{C}$, au=4 часа. x 400

Выводы

- 1. Проведены исследования механизма и кинетики формирования диффузионных покрытий на сталях 45, У8.
- 2. Установлено, что независимо от содержания углерода и легирующих элементов возможно получение износостойких диффузионных слоев.
- 3. Комплексное (одновременное) насыщение бором и титаном на основе карбида бора и оксида титана является перспективным методом повышения эксплуатационных свойств поверхности деталей машин. Комплексные диффузионные слои особенно актуальны для поверхности деталей, работающих в условиях гидроабразивного износа. Износостойкость возрастает до 7 раз, вследствие изменения коэффициента трения. При этом особую роль играет «мягкая» сердцевина диффузионного слоя, способствующая «притирке» сопряженных рабочих поверхностей.

Список литературы

1. Ворошнин Л.Г. Борирование стали / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия. – 1978. – 240 с.

- 2. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Попова Н.А. и др. / Физические основы химико-термоциклической обработки сталей. Барнаул, $2008.-250~\rm c.$
- 3. Гурьев А.М., Хараев Ю.П., Гурьева О.А. и др. /Исследование процессов диффузии в стали при циклическом тепловом воздействии. // Современные проблемы науки и образования. -2006. -№ 3. C. 65–66.
- 4. Лыгденов Б.Д. Фазовые превращения в сталях с градиентными структурами, полученными химико-термической и химико-термоциклической обработкой: дис.... канд. техн. наук. Новокузнецк, 2004. 226 с.
- 5. Гурьев М.А., Иванов С.Г., Кошелева Е.А. и др. / Комплексное диффузионное упрочнение тяжелонагруженных деталей машин и инструмента // Ползуновский вестник. 2010. № 1. С. 114—121.
- 6. Лыгденов Б.Д. Интенсификация процессов химико-термической обработки при диффузионном титанировании. Барнаул, 2006. 135 с.
- 7. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Мосоров В.И. и др. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали $08\mathrm{K}\Pi$ // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 5. С. 35–36.
- 8. Лыгденов Б.Д., Хараев Ю.П., Грешилов А.Д. и др. Термоциклирование. Структура и свойства. Барнаул, 2014. 252 с.
- 9. Грешилов А.Д., Хараев Ю.П., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Мэй Шун Чи Влияние термоциклической обработки на свойства литейных сплавов на основе алюминия, инструментальной стали и на диффузионные процессы при химико-термической обработке // Вестник ВСГУТУ. 2014. N 5 (50). С. 59–66.