

ВЗАИМОСВЯЗЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛЯХ 45 И 45Л

**М. А. Гурьев¹, С. Г. Иванов¹, Д. Л. Алонцева²,
Т. Г. Иванова¹, А. М. Гурьев^{1,3}**

¹ Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

² Восточно-Казахстанский государственный технический университет
им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

³ Уханьский текстильный университет, г. Ухань, Китай

Проведено сравнение элементного состава насыщающей среды для комплексного насыщения бором, хромом, титаном и, соответственно диффузионного и легированного слоев на сталях 45 и 45Л. Кроме элементного состава покрытий выполнено картирование распределения элементов по линии и по площади.

Ключевые слова: диффузия, упрочнение, бор

INTERRELATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE MEDIUM AND SATURATING DIFFUSION COATING ON STEELS 45 AND 45L

**M. A. Guriev¹, S. G. Ivanov¹, D. L. Alontceva²,
T. G. Ivanova¹, A. M. Guriev^{1,3}**

¹ Altai state technical university, Barnaul, Russia

² D. Serikbayev East-Kazakhstan state technical university,
Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan

³ Wuhan Textile University, Wuhan, China

The comparison of the elemental composition of saturating comprehensive environment for saturation with boron, chromium, titanium and accordingly diffusion and doped layers on steels 45 and 45L. In addition elemental composition of the coatings fulfilled by charting distribution of the elements on the line and space.

Keywords: diffusion hardening, boron

Проблема повышения ресурса работы инструмента и деталей машин современной промышленностью решается преимущественно производством дорогих объемнолегированных сталей. Наравне с объемным легированием начинают приобретать все большее распространение и способы поверхностного легирования, нанесение различных покрытий.

Из известных методов химико-термической обработки, диффузионное борирование является одним из более перспективных способов упрочнения сплавов на основе железа. Боридные слои, полученные

диффузионным борированием на стальных деталях, значительно (в 5–30 раз) повышают их износостойкость, теплостойкость (в 1,5–2 раза) и коррозионную стойкость. Недостатком боридных покрытий является их высокая хрупкость.

В качестве объекта изучения были выбраны боридные покрытия на углеродистой стали 45, полученные различными методами:

1) Методом химико-термической обработки (ХТО) в твердой фазе. При этом методе деталь с предварительно нанесенной обмазкой помещали в термическую печь и выдерживали в ней при температуре 950 °С в течение

ВЗАИМОСВЯЗЬ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАСЫЩАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛЯХ 45 И 45Л

ние времени, равного 2,5 ч, необходимого для получения диффузионного покрытия;

2) Методом поверхностного легирования путем литья по газифицируемым моделям (ЛГМ). В этом случае пенополистирольную модель с нанесенной на нее обмазкой заливали расплавленным металлом.

В качестве насыщающей смеси (обмазки) и в первом, и во втором случае, применяли смесь на основе карбида бора.

Микроструктуру полученных покрытий изучали с помощью оптического микроскопа Carl Zeiss AxioObserver Z1m и электронного микроскопа JEOL JSM-7001F, оборудованного энергодисперсионным анализатором. Элементный состав полученных покрытий и среды определяли с помощью энергодисперсионного анализатора X-MAX Pro и рентгенофлуоресцентного анализатора X-MET 7500.

Диффузионный слой, полученный твердофазным борированием стали 45 практически не содержит пор и обладает значительной хрупкостью, в результате чего его поверхность разрушается в процессе приготовления шлифа. Покрытие, полученное поверхностным легированием (сталь 45Л), является менее плотным и содержит большое количество пор, но является более пластичным по сравнению с покрытием, полученным первым способом – разрушения поверхностного слоя при шлифовке не происходит.

Размеры образцов определяли при помощи микрометра с точностью 0,01 мм, вес – взвешиванием на аналитических весах ВЛР-200 с точностью 0,005 г. На каждый параметр приходилось не менее трех измерений. Для исключения искажений, вносимых возможным короблением образца из-за анизотропии свойств по разным направлениям, по результатам измерения размеров вычислялся объем образца, затем из объема вычислялся удельный эквивалентный параметр размера, соответствующий стороне куба равного объема. Прирост размера и массы обратно пропорционален содержанию легирующих элементов в стали.

Проведенные исследования показали, что все легирующие элементы в диффузионном покрытии стали 45 и прилегающей к нему переходной зоне распределены равномерно. В случае поверхностного легирования при литье по газифицируемым моделям (сталь 45Л) имеет место зонированное распределение элементов. Легкие элементы, такие как углерод, кремний, бор преимущественно располагаются в приповерхностной зоне толщиной 7–12 мкм, под этой зоной их распределе-

ние более равномерно и в меньшем количестве. Более тяжелые элементы – железо и хром расположены преимущественно начиная с 8–14 мкм от поверхности. При этом, на поверхности литых слоев присутствуют в значительном количестве соединения одновременно трех элементов: углерода, бора и железа – карбиды и карбобориды железа и бора. Такое перераспределение легирующих элементов приводит к снижению хрупкости упрочненного поверхностного слоя.

Работа поддержана грантом РФФИ №13-08-98107, Заданием Министерства образования и науки Российской Федерации по приоритетным направлениям развития науки и техники – тема № 885 и грантом Президента РФ Договор 14.Z56.14.656-МК.

Список литературы

1. Способ упрочнения деталей из конструкционных и инструментальных сталей [Текст]: пат. 2345175 Рос. Федерация, МПК / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, Б. Д. Лыгденов, С. А. Земляков, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев. – № 2007112368/02; заявл. 03.04.07; опубл. 27.01.09. – Бюл. № 3.
2. Способ упрочнения деталей из штамповых сталей [Текст]: пат. 2360031 Рос. Федерация: / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, С. А. Земляков, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев – № 2007127587/ 02: заявл. 18.07.2007: опубл. 27.06.2009. – Бюл. № 18.
3. Способ упрочнения стальных деталей [Текст]: пат. 2381299 Рос. Федерация. / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, М. А. Гурьев, Б. Д. Лыгденов. – №2008118705/02; заявл. 12.05.08; опубл. 10.02.10. – Бюл. № 4.
4. Гурьев, А. М. Диффузионное термоциклическое упрочнение поверхности стальных изделий бором, титаном и хромом [Текст] / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, С. Г. Иванов, О. А. Власова, Е. А. Кошелева, И. А. Гармаева, М. А. Гурьев // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. – № 1. – Т. 4. – С. 26-32.
5. Гурьев, А. М. Физические основы химико-термоциклической обработки сталей [Текст] / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, Н. А. Попова, Э. В. Козлов. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. – 256 с.
6. Гурьев, А. М. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ [Текст] / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, А. Г. Иванов, Б. Д. Лыгденов, С. А. Земляков, А. А. Долгоров // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2010. – Т. 7. – № 1. – С. 27–31.
7. Лыгденов, Б. Д. Влияние состава насыщающей среды на структуру и свойства диффузионного слоя при титанировании сталей [Текст] / Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев // Известия высших

учебных заведений. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 11. – С. 269.

8. Куркина, Л. А. Влияние времени диффузионного насыщения на размеры борированных образцов [Текст] / Л. А. Куркина, А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, С. А. Земляков, А. Д. Грешилов, Ю. П. Хараев // Ползуновский альманах. – 2012. – № 1. – С. 256–258.

9. Куркина, Л. А. Влияние фракционного состава насыщающей смеси на изменение размеров образцов при борировании [Текст] / Л. А. Куркина, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, С. А. Земляков, А. Д. Грешилов, Ю. П. Хараев // Ползуновский альманах. – 2012. – № 1. – С. 268–270.

10. Ворошнин, Л. Г. Борирование стали [Текст] / Л. Г. Ворошнин, Л. С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978. – 239 с.

11. Иванов, С. Г. Особенности кинетики диффузионного насыщения углеродистых сталей бором и хромом [Текст] / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Н. Г. Бильтриков, Е. А. Кошелева, Т. Г. Иванова, А. А. Левченко // Ползуновский альманах. – 2013. – № 2. – С. 157–160.

12. Иванов, С. Г. Термодинамическое моделирование реакций в насыщающей среде при диффузионном борировании сталей [Текст] / С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Е. В. Черных, М. А. Гурьев, Т. Г. Иванова, И. А. Гармаева, В. В. Зобнев, В. Гонг // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 13–16.

13. Гурьев, А. М. Многокомпонентное диффузионное упрочнение поверхности деталей машин и инструмента из смесей на основе карбида бора [Текст] / А. М. Гурьев, А. Д. Грешилов, Е. А. Кошелева, С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, А. Г. Иванов, А. А. Долгоров // Обработка металлов (технология оборудования инструмента). – 2010. – № 2. – С. 19–23.

14. Лыгденов, Б. Д. Влияние состава насыщающей среды на структуру и свойства диффузионного слоя при титанировании сталей [Текст] / Б. Д. Лыгденов, А. М. Гурьев // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 11. – С. 269.

15. Гурьев, А. М. Теория и практика получения литого инструмента [Текст] / А. М. Гурьев, Ю. П. Хараев. – Барнаул, 2005. – 220 с.

16. Гурьев, А. М. Механизм диффузии бора, хрома и титана при одновременном многокомпонентном насыщении поверхности железоуглеродистых сплавов [Текст] / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2011. – Т. 8. – № 3. – С. 92–96.

17. Гурьев, А. М. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом карбоборировании феррито-перлитной стали [Текст] / А. М. Гурьев, Э. В. Козлов, А. И. Крымских, Л. Н. Игнатенко, Н. А. Попова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2000. – Т. 43. – № 11. – С. 60.

18. Гурьев, А. М. Механизм образования боридных игл при диффузионном комплексном борхромовании из насыщающих обмазок [Текст] / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, А. Д. Грешилов, С. А. Земляков // Обработка металлов (технология оборудования инструмента). – 2011. – № 3. – С. 34–40.

19. Гурьев, А. М. Диффузионные покрытия сталей и сплавов [Текст] / А. М. Гурьев, С. Г. Иванов, И. А. Гармаева. – Барнаул, 2013. – 221 с.

20. Гурьев, М. А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали [Текст] / М. А. Гурьев, Д. С. Фильчаков, И. А. Гармаева, С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, Г. А. Околович // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1–1. – С. 73–78.

Гурьев Михаил Алексеевич¹ – к.т.н.

Иванов Сергей Геннадьевич¹ – к.т.н., докторант

Алонцева Дарья Львовна² – д.ф.-м.н., профессор

Иванова Татьяна Геннадьевна¹ – аспирант

Гурьев Алексей Михайлович^{1,3} – д.т.н., профессор, зав. кафедрой

¹ ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия

² РГП «Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева», г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан

³ Уханьский текстильный университет, г. Ухань, Китай