ISSN: 0368–0797. Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Том 58. № 3. С. 214 – 215.
© 2015. *Домбровский Ю.М., Степанов М.С.*

УДК 621.793

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО БОРИДНОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ ПРИ МИКРОДУГОВОЙ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Домбровский Ю.М., *д.т.н., профессор*
Степанов М.С., *к.т.н., доцент* (stepanovms@yandex.ru)

Донской государственный технический университет
(344010, Россия, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

Аннотация. Повышение пластичности стальных изделий после диффузионного борирования достигнуто с помощью формирования композиционной гетерогенной структуры в поверхностном слое. Борирование осуществляли с помощью микродугового нагрева. На поверхность изделия из низкоуглеродистой стали наносили обмазку, содержащую борную кислоту, затем изделие погружали в порошок каменного угля и нагревали электрическим током. В результате обработки образовалось композиционное покрытие толщиной 0,2 мм, состоящее из областей высокодисперсной эвтектоидной смеси с микротвердостью 4500 – 4700 МПа и боридной эвтектики с микротвердостью 15,0 – 17,0 ГПа. Под композиционным слоем расположена науглероженная зона с эвтектоидной структурой, переходящая в исходную феррито-перлитную структуру.

Ключевые слова: поверхностное упрочнение, химико-термическая обработка, диффузионное борирование, микродуговой нагрев.

Диффузионное борирование позволяет значительно повышать твердость, износостойкость и коррозионную стойкость стальных изделий [1]. Недостатком борированного слоя является его низкая пластичность, повышение которой возможно за счет формирования поверхностных слоев, состоящих из эвтектических и псевдоэвтектических композиционных структур, включающих высокодисперсные фазы различной твердости [2].

В настоящей работе исследована возможность формирования композиционного боридного покрытия при микродуговой химико-термической обработке (МДХТО), которая включает в себя электронагрев изделия, погруженного в контейнер с порошком каменного угля [3]. Угольный порошок выполняет функцию электропроводной среды в электрической цепи источник питания – контейнер – порошковая среда – образец, а также является источником атомарного углерода при МДХТО.

На поверхность образцов из стали 20 диам. 12 и длиной 35 мм наносили гелеобразную электропроводную обмазку, содержащую борную кислоту H_3BO_3. Глубина погружения образцов в угольный порошок составляла 15 мм. Процесс МДХТО проводили при питающем напряжении 260 В и электрическом токе в цепи 3 А в течение 3 мин.

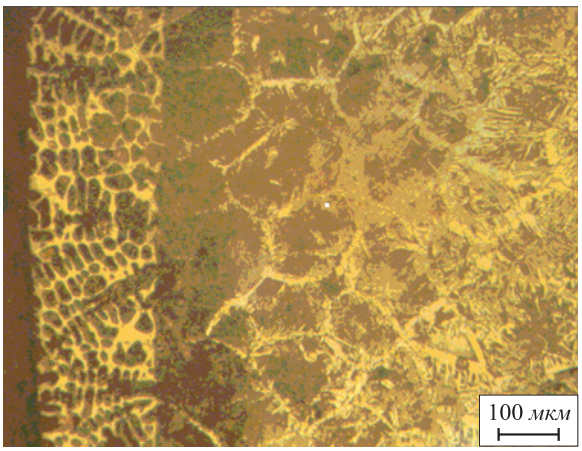
При нагревании борной кислоты происходит образование борного ангидрида, который затем восстанавливается до атомарного состояния:

$$2H_3BO_3 = B_2O_3 + 3H_2O;$$

$$B_2O_3 + 3C = 2B + 3CO.$$

Совместная диффузия атомарного бора и углерода происходит преимущественно по границам зерен благодаря превалирующей роли зернограничной диффузии по сравнению с объемной. Такой характер диффузии приводит к достижению предельных концентраций на межфазных границах и формированию в этих участках легкоплавких двойных (железо – бор) или тройных (железо – бор – углерод) эвтектик с температурами образования 1177 и 1100 °С соответственно.

Обнаружено формирование композиционного покрытия толщиной 0,2 мм (см. рисунок), состоящего из областей высокодисперсной эвтектоидной смеси с микротвердостью 4500 – 4700 МПа и боридной эв-



Микроструктура поверхностного слоя стали 20 после диффузионного насыщения бором и углеродом

The microstructure of the surface layer of steel 20 (Russian grade) after diffusion saturation of boron and carbon

тектики с микротвердостью 15,0 – 17,0 ГПа (светлые участки борированного слоя). Под композиционным слоем расположена науглероженная зона с эвтектоидной структурой, переходящая в исходную феррито-перлитную структуру.

Таким образом, полученный результат свидетельствует о возможности применения технологии МДХТО для формирования композиционного боридного слоя на поверхности стальных изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки. – М.: Новое знание, 2010. – 304 с.
2. Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г. Пластичность борированных слоев. – М.: Физматлит, 2010. – 384 с.
3. Домбровский Ю.М., Степанов М.С. Микродуговая цементация стальных изделий в порошковых средах // Упрочняющие технологии и покрытия. 2013. № 12. С. 25 – 29.

Поступила 2 июля 2014 г.

Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya – Ferrous Metallurgy. 2015. Vol. 58. No. 3, pp. 214–215.

FORMATION OF COMPOSITE BORIDE COATING ON STEEL AT MICROARC THERMOCHEMICAL TREATMENT

Dombrovskii Yu.M., *Dr. Sci. (Eng.), Professor*
Stepanov M.S., *Cand. Sci. (Eng.), Assist. Professor*
(stepanovms@yandex.ru)

Don State Technical University (1, Gagarina sqr., Rostov-on-Don, 344010, Russia)

Abstract. Plasticity increase of steel products after diffusion boriding was achieved by the formation of the composite heterogeneous structures in the surface layer. Boriding was carried out by microarc heating. Coating was applied on the surface of the item of low carbon steel containing boric acid. Then it was plunged into coal powder and was heated by electric current. Composite coating with the depth of 0.2 mm was formed as a result of treatment. It consists of the areas of eutectoid mixture with microhardness of 4500 – 4700 MPa and boride eutectic with microhardness of 15.0 – 17.0 HPa. The carburized area with eutectoid structure was formed under the composite layer. It passed to the original ferrite-pearlite structure.

Keywords: surface hardening, thermochemical treatment, diffusion boriding, microarc heating.

REFERENCES

1. Voroshnin L.G., Mendeleeva O.L., Smetkin V.A. *Teoriya i tekhnologiya khimiko-termicheskoi obrabotki* [Theory and technology of thermochemical treatment]. Moscow: Novoe znanie, 2010. 304 p. (In Russ.).
2. Krukovich M.G., Prusakov B.A., Sizov I.G. *Plastichnost' borirovannykh sloev* [Plasticity of borated layers]. Moscow: FIZMATLIT, 2010. 384 p. (In Russ.).
3. Dombrovskii Yu.M., Stepanov M.S. Microarc cementation of steel items in powder medium. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya*. 2013, no. 12, pp. 25–29. (In Russ.).

Received July 20, 2014