

*Технические науки***СОВМЕСТНАЯ ДИФФУЗИЯ АТОМОВ  
МЕТАЛЛОВ И НЕМЕТАЛЛОВ  
В ПРОЦЕССЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ**

Гурьев А.М., Гармаева И.А., Иванова С.А.

*Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова, Барнаул,  
e-mail: serg225582@mail.ru*

Химико-термическая обработка (ХТО) по-прежнему является основным способом получения упрочняющих покрытий, ряд из которых получить другими способами либо невозможно, либо экономически невыгодно.

В данной работе проведены эксперименты по ХТО штамповой стали 5ХНМ и углеродистой стали 45. Процесс насыщения методами ХТО производили при температуре 950 °С в течение 2,5 ч в камерной печи типа СНОЛ. В качестве насыщающей среды использовали оригинальную обмазку, содержащую карбид бора, диборид титана, карбид титана и ферротитан. После проведения процесса насыщения обмазку удаляли, образцы очищали металлическими щетками и промывали в горячей (50–60 °С) воде [1-5]. Поверхность упрочненного слоя и поперечные металлографические шлифы исследовали с помощью электронного микроскопа Phenom G2 Pro.

До насыщения шероховатость поверхности образцов не превышала 0,2 мкм. После насыщения, шероховатость выросла до 4,5 мкм. Большая часть поверхности упрочненного образца покрыта кристаллическими образованиями, предположительно состоящими из боридов железа и титана. Темные «островки» содержат более высокие концентрации бора (содержание бора в них достигает 35 ат. %) Данные предположения основываются на результатах микронзондового анализа с помощью анализатора X-MAX premium с активной площадью детектора 80 мм<sup>2</sup>. Места диффузии бора сильно фрагментированы и представляют собой поликристаллические образования. В результате преимущественной диффузии бора в этих местах преобладает «реакционный» тип образования боридов – когда они образуются из простых веществ. Поэтому на поверхности этих участков происходит образование моноборида железа FeB, имеющего больший объем, чему способствуют растягивающие усилия внутри фазы. Границы раздела между поликристаллами имеют более высокую поверхностную энергию, в результате чего на них становится возможным захват более тяжелых атомов титана а также встречная диффузия железа с образованием сложных боридов и твердых рас-

творов, о чем свидетельствует более светлый фон границ. В местах совместной диффузии бора и титана преобладает диффузионный механизм образования покрытия: когда диффундирующие элементы образуют фазы внедрения либо замещения. Так например, бор в этом случае способен легировать карбид железа Fe<sub>3</sub>C с образованием карбоборида Fe<sub>3</sub>(C,B) вплоть до образования борного цементита Fe<sub>3</sub>B, являющегося нестабильной фазой и распадающейся по перитектической реакции на моно- и гемиборид железа. Диффундирующий титан замещает железо в карбидах и карбоборидах железа, таким образом повышая их устойчивость [6].

Там где прослеживается более сильная концентрация бора (эти области несколько темнее на электронном изображении), наблюдается более высокая концентрация феррита, так как бор является сильным ферритообразующим элементом. В местах одновременной диффузии бора и титана наоборот, повышено содержание перлита. Объясняется это тем, что титан является сильным карбидообразующим элементов и в данном случае карбиды титана выступают центрами зарождения легированных титаном карбидов и карбоборидов железа с участием углерода, вытесненного из соседних областей диффундирующим бором.

**Список литературы**

1. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали 08 кп / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, В.И. Мосоров, Б.С. Инхеев // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 5. – С. 35-36.
2. Влияние параметров борохромирования на структуру стали и физико-механические свойства диффузионного слоя / А.М. Гурьев, С.Г. Иванов, Б.Д. Лыгденов, О.А. Власова, Е.А. Кошелева, М.А. Гурьев, И.А. Гармаева // Ползуновский вестник. – 2007. – № 3. – С. 28-34.
3. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, О.А. Власова // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2009. – № 1. – С. 14-15.
4. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ / 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.
5. Новый способ диффузионного термоциклического упрочнения поверхностей железоуглеродистых сплавов / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, С.Г. Иванов, О.А. Власова, Е.А. Кошелева, М.А. Гурьев, С.А. Земляков // Ползуновский альманах. – 2008. – № 3. – С. 10.
6. Диаграммы состояния двойных металлических систем; под общ. ред. академика РАН Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – т.1.

Работа представлена на Международную научную конференцию «Фундаментальные исследования», Хорватия, 25 июля – 1 августа 2012 г. Поступила в редакцию 10.09.2012.

**О ВЛИЯНИИ СРЕДЫ  
РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН  
НА ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ  
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ  
ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Денисенко Д.Т.

Ставропольский технологический институт  
сервиса, Ставрополь, e-mail: diniy@mail.ru

Одним из направлений радиомониторинга является определение назначения, типа и местоположения радиоэлектронных средств (РЭС) по данным измерения параметров принятых сигналов. При этом вероятность распознавания образца РЭС зависит от радиоэлектронной обстановки в районе действия РЭС, точности измерения параметров сигнала РЭС, их количества и алгоритма обработки принятого сигнала.

Возможно вычисление вероятности правильной идентификации образца РЭС на основании анализа спектральных характеристик либо параметров излучаемого этим РЭС сигнала (так называемые, спектральный и сигнальный подходы). Альтернативный спектральному сигнальный подход обеспечивает решение задачи оценки возможности идентификации РЭС при меньшей трудоемкости измерений и вычислений [1, 2]. В этом случае выявляются различия параметров  $\lambda$  и  $\lambda_0$  фактически наблюдаемого и опорного сигналов и определяется показатель  $\gamma$ :

$$\gamma = \left[ \frac{\delta_a^2}{P_{sg}} \frac{1}{T} + \left( \frac{\delta_f}{f} \right)^2 \frac{4\pi^2}{3} f^2 T^2 + \delta_\phi^2 + \frac{1}{2T} \frac{\delta_{asg}^2}{P_{sg}} \right],$$

где  $\frac{\delta_a^2}{P_{sg}}$  – относительное значение разброса мощности сигнала от образца к образцу РЭС одного

и того же типа;  $\frac{\delta_{asg}^2}{P_{sg}}$  – относительный уровень

мощности  $n$ -й (паразитной) спектральной составляющей;  $\delta_f/f$  – относительное различие номиналов несущей частоты, являющееся относительной нестабильностью частоты задающего генератора РЭС;  $f^2 \cdot T^2$  – квадрат безразмерного времени наблюдения сигнала, т. е. квадрат числа периодов сигнала в наблюдаемой реализации;  $\delta_\phi^2$  – относительное различие фазового сдвига;  $T$  – время наблюдения сигнала.

В качестве признаков идентификации можно (и рекомендуется) применять максимальные значения разброса параметров РЭС, приводимые в технических условиях на РЭС и измеряемые в процессе проведения регламента РЭС. Но

измерения в процессе приемки РЭС проводятся в условиях, которые можно считать идеальными. При прохождении сигнала через неоднородную среду распространения радиоволн его параметры изменяются случайным образом, что искажает результаты идентификации. В настоящее время нет полной информации о влиянии параметров ионосферы на объективность идентификации радиоэлектронных средств системами космического радиомониторинга.

Вероятность ошибки обнаружения различий в сигналах однотипных РЭС определяется из выражения:

$$P_{ou} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \Phi \left( \frac{1}{2} \frac{P_{sg}}{P_n} \frac{1}{\gamma} \right) \right].$$

Таким образом, для вычисления вероятности ошибки различения однотипных РЭС по их сигналам, необходимо знать мощность сигнала в точке его приема средством радиомониторинга  $P_{sg}$ , мощность шума на входе приемника  $P_n$ , а также коэффициент  $\gamma$ , который вычисляется по результатам измерений при техническом регламенте РЭС. Но данный показатель защищенности образца РЭС, вычисляемый по максимальным значениям разброса параметров из технических условий на РЭС, получается завышенным. Действительно, в реальных условиях распространения радиоволн информативные параметры изменяются, причем случайным образом. Таким образом, объективность показателя защищенности образца РЭС от несанкционированной идентификации вызывает сомнения. Для повышения объективности оценки вероятности правильной идентификации РЭС по результатам анализа излучаемого РЭС сигнала требуется решить следующие задачи:

- уточнение коэффициента уменьшения энергии  $\gamma$  с учетом влияния реальной среды распространения радиоволн;
- уточнение оценки вероятности правильной идентификации РЭС с учетом влияния среды распространения радиоволн.

**Список литературы**

1. Демин В.П., Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронная разведка и радиомаскировка. – М.: Изд-во МАИ, 1997.
2. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Радиоэлектронные системы в информационном конфликте. – М.: Вузовская книга, 2003.

Работа представлена на Международную научную конференцию «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники», Египет (Хургада), 15-22 августа 2011 г. Поступила в редакцию 14.07.2011.