сти восприятия обучающихся. Цветовое решение способствует повышению интереса студентов к учебной информации, «оживляет» процесс обучения.

Применение электронных УМК показало, что сочетание традиционных методов обучения с современными информационными технологиями позволяет повысить качество общетехнической подготовки специалиста.

ИССЛЕДОВАНИЕ В ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЯХ ФАЗОВОГО СОСТАВА МЕТОДОМ МЕССБАУРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Гадалов В.Н., Емельянов С.Г., Балабаева Е.Ф., Романенко Д.Н.
Курский государственный технический университет
Курск, Россия

Металлографические и рентгеноструктурные анализы образцов изготовленных из доэвтектоидных сталей и подвергнутых электролизному борированию одновременно на одной подвеске, показали, что интенсивность борирования и характер полученных на разных сталях диффузионных слоев различаются. Бор при высоких температурах, диффундируя в металл на определенную глубину, образует на поверхности ромбический борид железа FeB – зона сплошных боридов; далее твердый раствор бора в железе – переходная зона. Сплошной боридный слой имеет двухфазное строение (FeB + Fe_2B); борид FeB расположен в поверхностной части зоны сплошных боридов, Fe_2B формируется у ее основы. В техническом железе оба борида имеют характерное игольчатое строение. С увеличением содержания углерода до 0,2-0,5% (рис. 1 а-в) между иглами появляется новая фаза, обогащенная углеродом типа $Fe_2B(C_xB)$.

В высокоуглеродистых сталях перед сплошным боридным слоем формируется слой карбоборидной фазы – борного цементита $Fe_3B(C_xB)$. Это обусловлено тем, что при электролизном борировании сталей углерод не растворяется в образующихся боридах железа, а оттесняется с поверхности в глубь металла, вызывая науглероживание промежуточной зоны – подслоя. Для всех исследованных сталей науглероженная зона имеет небольшую толщину, и уже на глубине 0,5 мм перераспределение элементов не наблюдается.

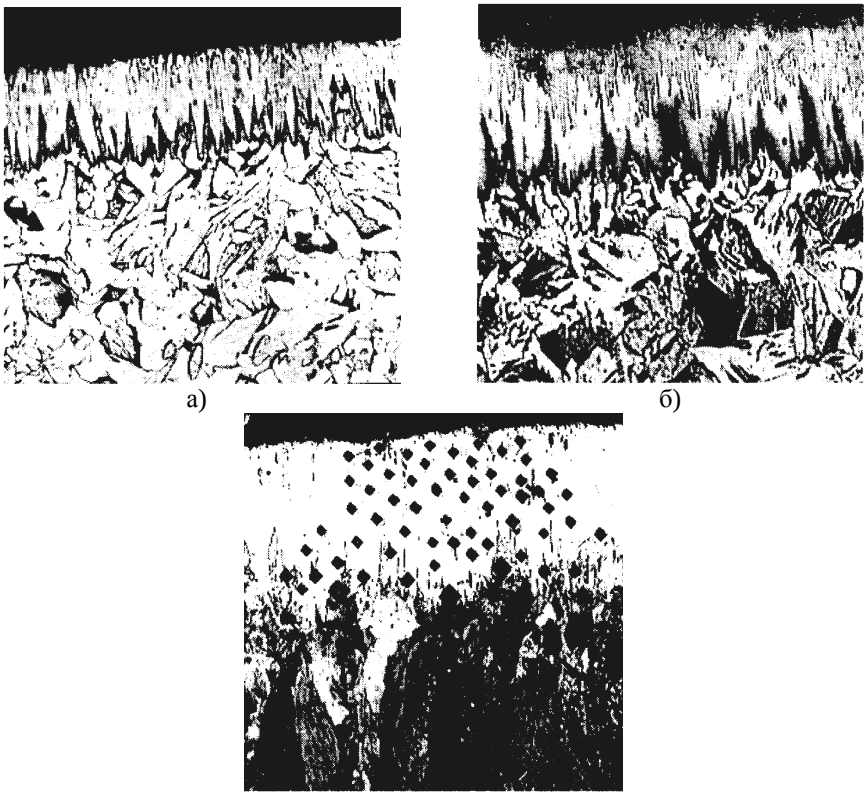

Рис. 1. Структура боридных покрытий и переходной зоны в доэвтектоидных сталях после электролиза при 1173 К в течение 120 минут: а - сталь 20; б - сталь 30; в - сталь 50

Толщина боридного слоя образца из стали 50 после электролизного борирования ≈ (0,15-0,2) мм и стали 20 ≈ (0,3-0,35) мм. Боридный слой на стали 20 характерезуется большой неравномерностью глубины проникновения отдельных боридных игл в подслой, вследствие чего граница, отделяющая боридный слой от ферритно-перлитной сердцевины, извилистая. Присутствие отдельных прожилок, в жидкости по границам отдельных игл с подслоем, говорит о том, что на этих микроучастках процесс борирования развивается и по границам аустенитных зерен. Это предопределило образование более развитой корневой системы боридных игл, обеспечивающей более качественное сцепление с металлом.

В борированной стали 50 с уменьшением толщины борированного слоя до 0,15 мм изменяется вид боридных игл. Так, глубина их проникновения в подслой уменьшается и профиль границы выравнивается. Все это приводит к уменьшению сцепления боридного слоя с металлом, что обусловлено более слабым развитием корневой системы боридных игл в доэвтектоидных сталях с повышением содержания углерода. При этом толщина подслоя колеблется в значительных пределах.

Для уточнения фазового состава боридного слоя на стали 50 нами был применен метод конверсионной мессбауровской спектроскопии [1-4].

Эффект Мессбаура - эффект резонансного поглощения γ-квантов решеткой (системой связанных ядер) без потери энергии на отдачу, открытый в 1958 г., является основой развития метода исследования твердых тел. Он получил название метода ядерной гамма-резонансной спектроскопии (ЯГРС) [1-2]. Суть, этого селективного по глубине, неразрушающего метода заключается в том, что на мессбауровском спектрометре в геометрии обратного рассеяния с помощью пропорционального газопроточного детектора регистрируются резонансные конверсионные электроны, которые дают спектральную информацию о приповерхностном слое боридных покрытий на железе и сталях, в частности стали 50, толщиной до 0,25...0,35 мкм или резонансное конверсионное рентгеновское излучение, дающее информацию о слое до 18...22 мкм. Математическая обработка полученных спектров и их анализ позволяет проводить количественный фазовый анализ приповерхностных слоев боридных покрытий.

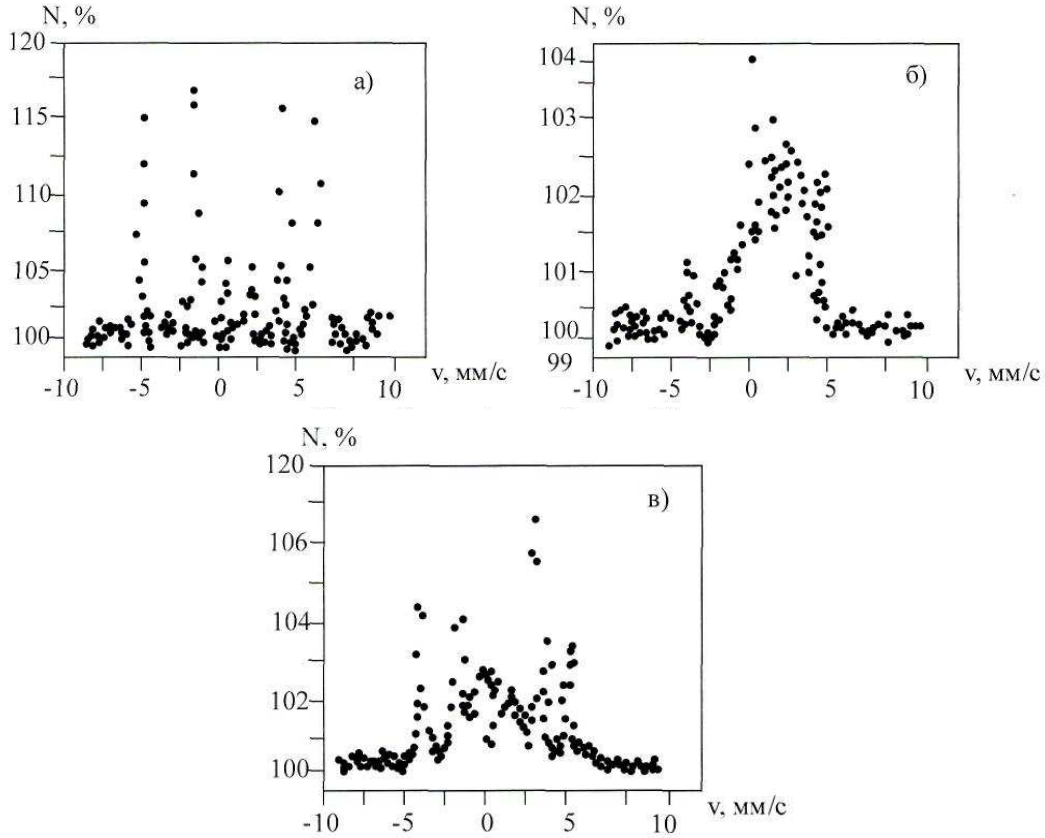

Рис. 2. Конверсионные мессабауэровские спектры стали 50: а) - исходное состояние; (б и в) - после электролизного борирования поверхностный слой (0,25...0,35) и 22 мкм соответственно

На рис. 2 показаны мессабаэуровские конверсионные спектры образцов стали 50 до и после электролизного борирования. В исходном состоянии стали 50 мессбауровский спектр (рис. 2, а) имеет сверхтонкое магнитное расщепление с параметрами эффективного магнитного поля и изомерного сдвига, характерными для армко-железа. В то время как у борированного образца (рис. 2. б) полученного слоя толщиной ~ 0,35 мкм, наблюдается более сложная форма спектра, которая позволяет говорить об образовании в приповерхностном слое магнитно-упорядоченных железоборидных фаз. В работе [5] представлены исследования по изучению методом ЯГРС мессбауровских параметров этих фаз. У таких фаз параметры ЯГР спектра четко выражены и резко отличаются друг от друга. Это позволяет осуществлять качественный фазовый анализ. Проведенное разложение спектра на составляющие компоненты позволило установить, что он является суперпозицией ряда подспектров магнитно-упорядоченных фаз, а именно: боридов FeB-Fe_2B, Fe_3B, твердого раствора FeB_{1+x}; с концентрацией бора $x < (0,35...0,45)$ и парамагнитного умеренного дублета, который соответствует неупорядоченному квазиморфному твердому раствору FeB_{1+x} с концентрацией бора $x > (0,35...0,45)$. На (рис. 2. в) представлен конверсионный спектр этого же образца для борированного слоя толщиной (18...22) мкм видно, что его спектр очень сильно отличается по форме и значениям его величин. Так в нем практически отсутствует центральная парамагнитная часть, при этом происходит перераспределение интенсивностей магнитных составляющих компонента боридных фаз.

По результатам количественного фазового анализа на большой глубине на расстоянии 22 мкм доминирующей кристаллической фазой является борид Fe_2B (56...58)%, то на малом расстоянии ~ 0,35 мкм приповерхностный слой на (65...68)% состоит из обогащенных бором боридных фаз. Подтверждено положение, что с увеличением расстояния от поверхности количество богатых бором фаз быстро уменьшается. Выше сказанное подтверждается результатами электрохимического фазового анализа [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вертхейм, Г. Эффект Мессбаура [Текст] / Г. Вертхейм // Пер. с англ. М.: Мир. 1966. 172 с.

2. Шпинель, В.С. Резонанс гамма-лучей в кристаллах [Текст] / В.С. Шпинель // М.: Наука. 1969. 382 с.

3. Киселев, А.А. Метод конверсионной мессбауэровской спектроскопии [Текст] / А.А. Киселев, Р.Н. Кузьмин, А.А. Новакова // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12. С. 32-36.

4. Новакова, А.А. Мессбауэровская конверсионная спектроскопия и ее применение [Текст] / А.А. Новакова, Р.Н. Кузьмин // М.: Изд-во МГУ. 1989. 72 С.

5. Sanchez, F.H. [Text] / F.H Sanchez, J.I. Budnik, J.D. Zhand // Phys.Pev. B. 1986. V 34, №7. P. 4738-4741.

6. Лашко, Н.Ф. Физико-химический анализ сталей и сплавов [Текст] / Н.Ф. Лашко, Л.В. Заславская, М.Н. Козлова [и др.] // М.: Металлургия. 1978. 336 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ И ГОРЕНИЯ

Гилев В.М., Батурин А.А., Добровольская Т.Н., Гаранин А.Ф.

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН

Новосибирск, Россия

Введение

В процессе создания современных сверхзвуковых летательных аппаратов важную роль играет экспериментальное моделирование двигательных установок этих аппаратов. Для проведения подобных исследований в ИТПМ СО РАН создана специальная аэродинамическая установка – труба смешения, в которой изучаются процессы смешения и горения при сверхзвуковых режимах обтекания [1 – 2].

Труба смешения (ТС) является трубой периодического действия с закрытой рабочей частью, работающей от газгольдеров среднего давления $P_p = 20$ ати. Труба предназначена для исследования физических процессов горения в сверхзвуковом холодном потоке вблизи поверхности различных тел (температура торможения $T_o = (290 – 300)$ К^o, давление торможения $P_o = 2 – 13$ ата, сечение рабочей части (в плоскости среза сопла) – 200×200 мм^2).

Установка может перестраиваться на дозвуковые режимы течения с получением скорости потока, соответствующей числам Маха $M = 0.2 \div 0.8$.

1. Назначение и основные функции информационно-измерительной системы. Информационно-измерительная система установки ТС предназначена для сбора экспериментальных данных с различных датчиков (манометров, термопар, тензовесов и пр.), калибровки датчиков, преобразования полученных данных в необходимую форму (из вольт в градусы Кельвина, *ата*, *кг/с* и т.п.), отображения и сохранения результатов эксперимента. Количество измерительных каналов – от 1 до