

УДК 621.785.5

Заблоцкий В. К., Лапченко А. В.

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ БОРОТИТАНОАЛИТИРОВАНИЯ В ПОРОШКОВЫХ СМЕСЯХ

Замена легированных сталей углеродистыми, подвергнутыми химико-термической обработке, является актуальной проблемой промышленности.

Применение химико-термической обработки при поверхностном легировании позволяет в значительной мере изменять свойства углеродистых сталей и получать положительные результаты в повышении эксплуатационной надежности изделий [1].

Насыщение в порошковых смесях является наиболее простым, универсальным, безопасным и экологически чистым способом упрочнения изделий. В литературе имеется много информации об особенностях строуктурообразования и свойствах поверхностных слоев, полученных в результате одноэлементного диффузионного насыщения поверхности изделий бором (борирование), титаном (титанирование), алюминием (алитирование) [1, 2]. Однако в условиях постоянного развития промышленности одноэлементные покрытия уже не всегда могут обеспечить необходимый комплекс эксплуатационных свойств изделий.

Перспективным является многокомпонентное насыщение, позволяющее изменять структуру и свойства поверхностных слоев в широких пределах при энергосберегающем однократном комплексном насыщении всеми компонентами.

В работе [3] представлены систематизированные данные о структурах поверхностных слоев, полученных в результате комплексного насыщением сталей бором, титаном и алюминием, а также указана возможность их применения для упрочнения различных типов изделий.

В литературе имеются данные о влиянии температуры насыщения и длительности выдержки на формирование поверхностных слоев, а также о воздействии упрочняющей термообработки и абразивного износа на состояние поверхности изделий, подвергнутых комплексному боротитаноалитированию [4–6].

В работе [4] показано, что типичной структурой поверхностных слоев после комплексного насыщения бором, титаном и алюминием есть трехзонная структура. После теплового травления, в глубине слоя наблюдается светлая зона на границе с основным металлом, потом, в направлении к поверхности образца – бирюзовая зона с повышенным количеством углерода, которая представляет собой эвтектоид, образовавшийся вследствие распада аустенита, насыщенного углеродом при нагреве выше A_{c1} . За бирюзовой зоной следует зона твердого раствора титана и алюминия в Fe_{α} , которая выходит на поверхность. Этот раствор образовывается в период интенсивного появления галогенидов.

Расширение каждой из зон при повышении температуры насыщения свидетельствует об увеличении скоростей самодиффузии атомов железа и диффузии насыщающих элементов. Тот факт, что твердый раствор титана и алюминия, а возможно и других элементов, имеет переменную микротвердость по глубине слоя, свидетельствует о том, что самодиффузия атомов железа значительно превышает диффузию насыщающих элементов.

Эти выводы сделаны на основе микроанализа поверхностных слоев, подвергнутых тепловому травлению. Метод теплового травления позволяет очень четко дифференцировать фазовые составляющие и их распределение по всей глубине слоя за счет различной цветовой окраски. Сопоставление окраски с фазовыми составляющими делалось на основе данных рентгеноструктурного фазового анализа широко изученных однокомпонентных процессов [1, 7].

Для подтверждения результатов микроанализа многокомпонентных покрытий необходимо дополнительное проведение послойного рентгеноструктурного фазового анализа. Данные о таких исследованиях в литературе отсутствуют.

Целью данной работы является исследование фазового состава поверхностных слоев, полученных путем комплексного насыщения углеродистой стали бором, титаном и алюминием в порошковых смесях.

Для сохранения внутренней структуры и получения на поверхности слоя боридов, насыщение проводили в порошковой смеси, содержащей 24 % B_4C , 36 % Ti , 5 % Al , 28 % Al_2O_3 , 7 % Na_3AlF_6 .

Насыщению подвергали образцы из стали Ст. 3 по такому режиму: температура выдержки 1000 °С, длительность выдержки 5 ч, охлаждение с печью.

После указанного режима боротитаноалитирования получен слой, микроструктура которого представлена на рис. 1.

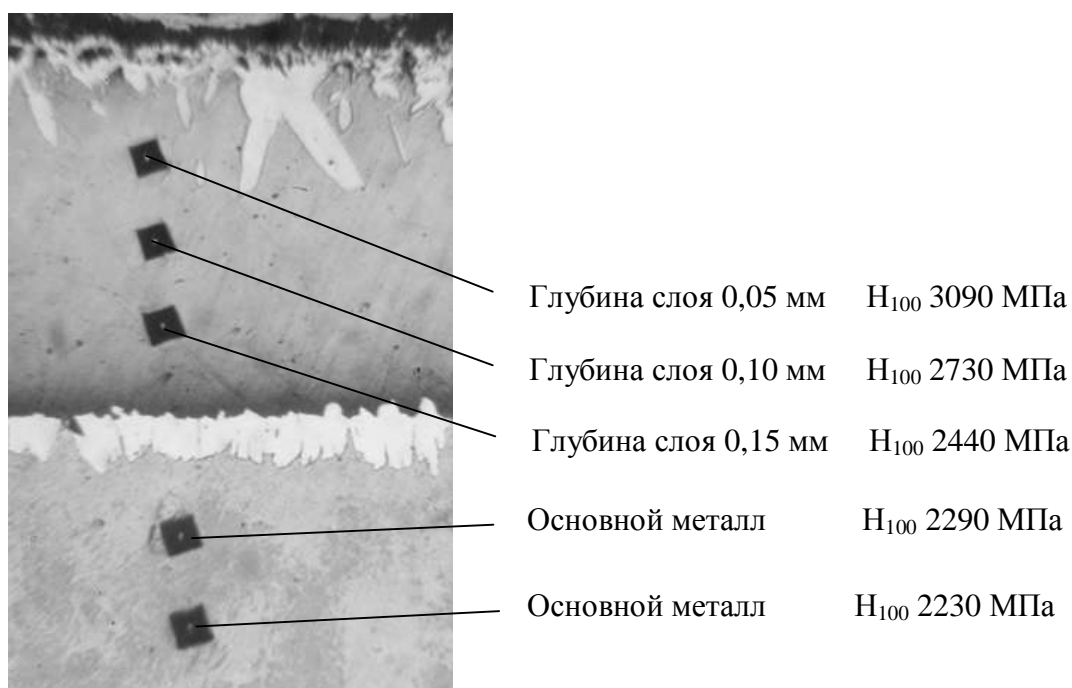


Рис. 1. Микроструктура поверхностного слоя стали Ст. 3, подвергнутого комплексному боротитаноалитированию, $\times 100$

Она представляет собой слой боридов на поверхности металла, внутри – зону твердого раствора и слой боридов на границе с основным металлом.

Столь характерное строение слоя изучали с помощью послойного рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3М, с применением железного $Fe\ k_{\alpha,\beta}$ нефильтрованного излучения.

Результаты исследований приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, в верхней части слоя содержатся бориды титана и железа. В нижней части, в основном – бориды железа. Твердый раствор титана в α -железе распространяется на всю глубину слоя. Характер изменения микротвердости твердого раствора по глубине от поверхности до основного металла указывает на переменное содержание титана по глубине слоя, а именно, больше у поверхности и значительно меньше – на границе с основным металлом. Этот алгоритм насыщения подтверждается результатами исследования параметра кристаллической решетки твердого раствора по глубине слоя (рис. 2).

Таблица 1

Распределение фаз по глубине слоя

Расстояние от поверхности, мм	Фазы						
0-0,05	Fe _α (Ti) (1,00) 110 (0,38) 211 (0,1) 220	TiB ₂ (ср.С) 112		Ti ₂ B ₅ (С) 110 (ср.) 103	FeB (ср.) 110 (О.С) 111	Fe ₂ B (ср.сл.) 002 (ср.) 112 (ср.) 202 (ср.) 310 (С.) 123 (ср.) 400 (ср.С) 411	
0,07-0,12	Fe _α (Ti) (1,00) 110 (0,38) 211 (0,1) 220	TiB ₂ (ср.С) 112	Ti ₂ B (ср.) 330	Ti ₂ B ₅ (ср.) 103 (сл.) 200		Fe ₂ B (ср.сл.) 002 (С.) 123	
0,14-0,19	Fe _α (Ti) (1,00) 110 (0,38) 211 (0,1) 220	TiB ₂ (ср.) 110	Ti ₂ B (ср.) 330				
0,21-0,26	Fe _α (Ti) (1,00) 110 (0,15) 200 (0,38) 211 (0,1) 220	TiB ₂ (ср.С) 112			FeB (ср.) 110	Fe ₂ B (ср.) 112 (С.) 123	Fe ₃ C (С.) 112 021 (ср.С.) 121

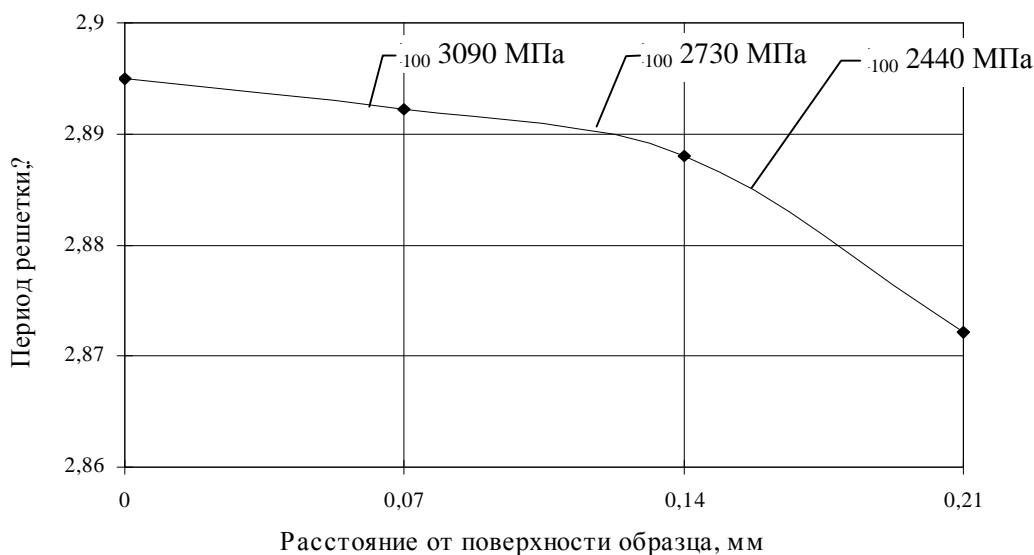


Рис. 2. Изменение периода решетки Fe(Ti)_α по глубине слоя

По литературным данным [8], параметр решетки феррита составляет 2,8664 Å. Как следует из рис. 2, по мере увеличения глубины слоя параметр решетки твердого раствора уменьшается аналогично уменьшению микротвердости, что можно объяснить уменьшением содержания титана в твердом растворе по мере увеличения глубины слоя.

Значения дифракционных спектров отражения от плоскости (220), по которым определялись параметры решетки, указаны на рис. 3.

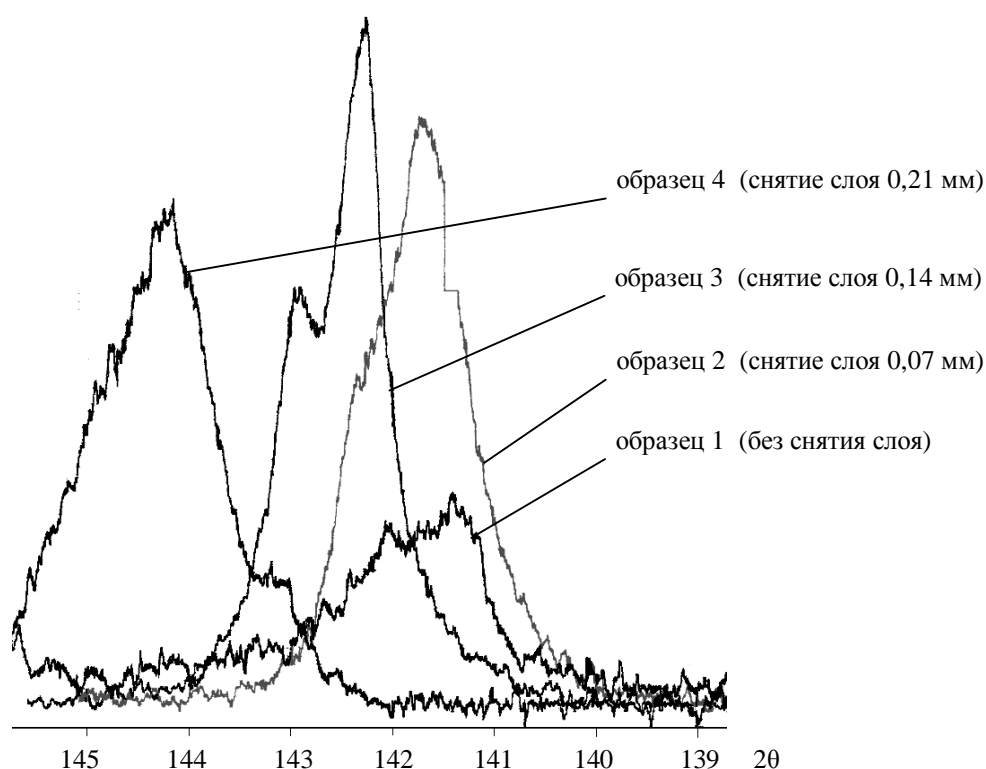


Рис. 3. Дифракционные спектры отражения от плоскости 220 в зависимости от глубины слоя

ВЫВОДЫ

При помощи рентгеноструктурного фазового анализа установлено, что на поверхности, в основном, образуются бориды титана, а на границе слоя с основным металлом – бориды железа. Поскольку бориды титана имеют более высокие показатели коррозионной стойкости, чем бориды железа, то такие покрытия будут иметь более высокую коррозионную стойкость по сравнению с боридными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенко Г. В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов [справочник] / [Борисенко Г. В., Васильев Л. А., Ворошинин Л. Г. и др.]. – М. : Металлургия, 1981. – 424 с.
2. Кухарев Б. С. Применение химико-термической обработки в промышленности / Б. С. Кухарев, Е. И. Соколовский // *МиТОМ*. – 1987. – № 3. – С. 2–6.
3. Заблоцкий В. К. Обоснование области эффективного использования процессов насыщения сталей В, Ti и Al в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, А. В. Лапченко // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. – 2009. – № 1(15). – С. 134–137.
4. Заблоцкий В. К. Структурные превращения при боротитаноалитировании углеродистых сталей в порошковых смесях / В. К. Заблоцкий, А. В. Лапченко // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. – 2006. – № 3(5). – С. 71–76.
5. Заблоцкий В. К. Влияние упрочняющей термической обработки на структуру комплексных В – Ti – Al покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, А. В. Лапченко // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2007. – № 3/1(27). – С. 71–75.
6. Заблоцкий В. К. Особенности абразивного износа комплексных В – Ti – Al покрытий на углеродистых сталях / В. К. Заблоцкий, А. В. Лапченко // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2006. – № 4/1(22). – С. 57–59.
7. Ouyang Meng Lan The structure of the boroaluminized layer, which had been generated from INSYCONT 90 slush / Ouyang Meng Lan, Xie Cong Xin // 3 Miedzianar symp. «Zag. tribol. elementow w spolpr. Stykowo», Krakow 25–27 rzes, 1990. – С. 105–112.
8. Миркин Л. И. Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов [справочник] / Л. И. Миркин. – М. : Машиностроение, 1979. – 134 с.