

УДК 621.785.532

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ИХ ГАЗОВОЙ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ю.М.Буравлев, М.П.Кушнир, А.Г.Милославский, А.Бархум*, Б.Аль-Араж*, Н.В.Чернявская, В.Аль-Хуссейн*

*Тирийский университет, г.Латтакия, Сирия

В связи с ускоренным развитием техники крайне актуальными стали вопросы повышения надёжности и долговечности деталей машин, приборов, установок, повышение их качества и эффективности работы, а следовательно, вопросы экономии металлов, борьбы с коррозией и износом. Решение этих проблем, прежде всего, связано с упрочнением поверхностных слоёв изделий. Роль их в долговечности машин и механизмов, приборов и др. особенно возросла в настоящее время, так как развитие большинства отраслей промышленности (авиационная, ракетная, теплоэнергетика, атомная энергетика, радиоэлектроника и др.) связана с повышением нагрузок, температур, агрессивности сред, в которых работает деталь.

Изменить свойства поверхности в необходимом направлении, в частности, можно подвергая поверхностные слои металла химико-физической обработке.

Данная работа посвящена исследованию особенностей комбинированного насыщения поверхностных слоёв сталей Ст3 и У8 азотом и углеродом из газовой фазы с использованием традиционного печного метода. Источником азота служил газ аммиак, а углерода – пропан-бутан..

Результаты исследования распределения микротвёрдости по толщине диффузионной зоны сталей Ст3 и У8, подвергнутых комбинированной химико-физической обработке при температурах 600 и 950°C, представлены на рис.1, 2.

Как видно из рис. 1 а, величина микротвёрдости поверхностной ϵ -фазы изменяется в широких пределах 150 – 300 кг/мм², что связано с её пористостью, то есть микротвёрдостью межпористого материала и пор заполненных атомарным азотом, углеродом, водородом. Основной вклад в увеличение микротвёрдости после комбинированной химико-физической обработки вносит γ' -фаза (твёрдый раствор на основе нитрида железа Fe₄N, рис.3) – примерно 300 кг/мм². Однако следует отметить, что толщина диффузионного слоя после комбинированной химико-физической обработки практически не изменяется по сравнению с диффузионным слоем азотированной стали Ст 3.

При повышении температуры азотирования до 950°C слой ϵ -фазы практически отсутствует, что согласуется с данными [2].

Процесс науглероживания стали Ст 3 практически не идёт (рис.1 б). Это связано с малой растворимостью углерода при данной температуре [1].

Следует отметить, что согласно литературным данным [3], углеродный потенциал насыщения атмосферы пропан-бутан составляет 1,01 атм. Кроме того, растворимость углерода в α -железе составляет 0,02% при 727°C, поэтому при температуре 600°C не приходится ожидать насыщения

Ст 3 углеродом из-за его ничтожно малой растворимости и малого градиента концентрации углерода в α -железе, что приводит к образованию на поверхности Ст 3 слоя углерода.

Однако, в данной ситуации науглероживанию подвергался не однородный слой α -железа, а пористая ϵ -фаза, поры которой находятся под давлением ~ 30 атм [2], поэтому процесс азотирования продолжается, так как поры в данном случае являются депо для диффузионно подвижного атомарного азота и углерода в межпористом пространстве, что и способствует дальнейшему процессу азотирования даже в отсутствие аммиачной атмосферы.

При увеличении температуры до 950°C содержание углерода в поверхностных слоях гораздо выше, чем при температуре 600°C, что вызывает повышение микротвёрдости.

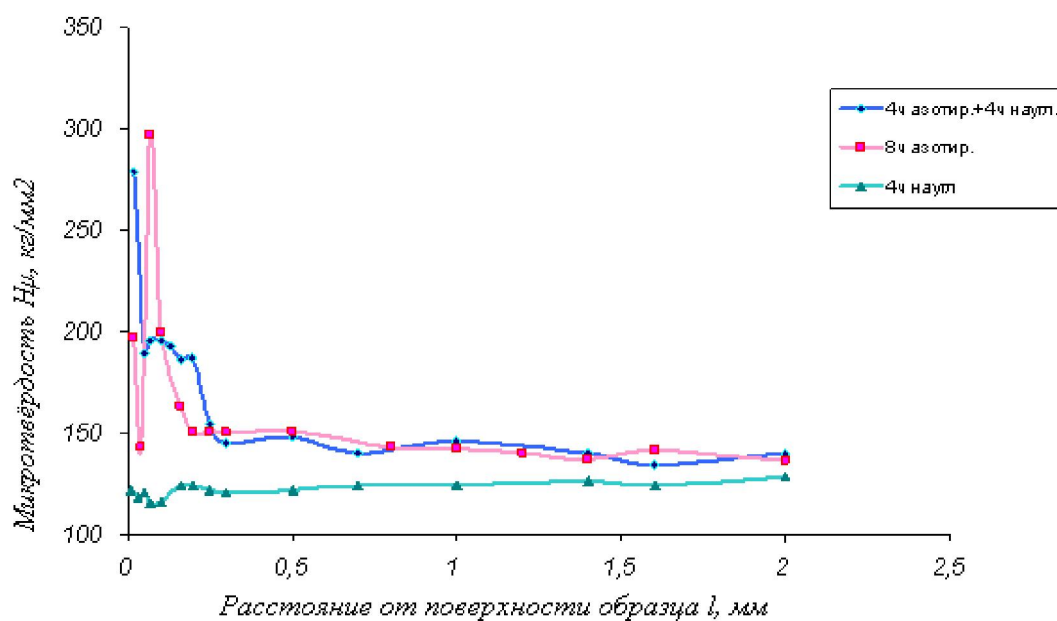
При насыщении углеродом стали У8 (950, 600°C) в течение 8 часов в атмосфере пропан-бутана микротвёрдость диффузионной зоны по её глубине составляет примерно 250 кг/мм² и не отличается от величины микротвёрдости основы стали (рис.2).

По нашему мнению, одинаковая величина микротвёрдости диффузионной зоны и основы свидетельствует об отсутствии и науглероживания, т. е. в данном случае мы имеем дело с режимом светлого отжига, осуществляемого с применением защитной атмосферы пропан-бутана [3].

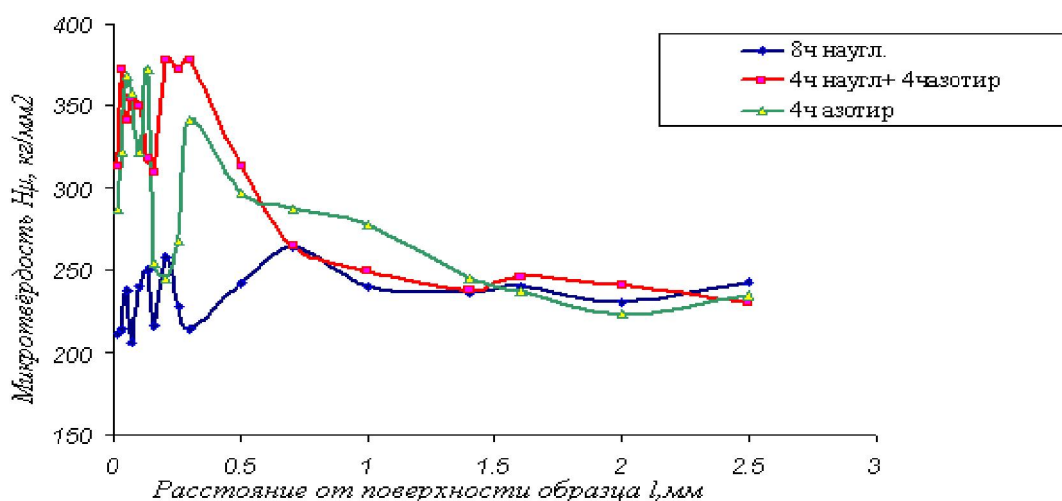
Повышение микротвёрдости стали У8 после комбинированной химико-термической обработки в атмосфере пропан-бутана и аммиака, по-видимому, связано с образованием слоя карбонитрида Fe₄(N, C) (5,7-6,1% N), обладающего в два раза большей величиной микротвёрдости, чем высокоазотистая ϵ -фаза Fe₃(N, C) (8-11,2% N) [2].

Повышение микротвердости стали У8 после комбинированной химико-физической обработки в атмосфере пропан-бутана и аммиака, по-видимому, связано с образованием слоя карбонитрида $Fe_4(N, C)$ (5,7-6,1% N), обладающего в два раза большей величиной микротвердости, чем высокоазотистая ϵ -фаза $Fe_3(N, C)$ (8-11,2% N) [2].

Для подтверждения данного предположения нами были проведены исследования структуры стали У8 методом растровой электронной микроскопии с применением рентгеновского микроанализатора для определения распределения основных легирующих элементов по толщине диффузионного слоя после комбинированной химико-физической обработки в среде пропан-бутана и аммиака.

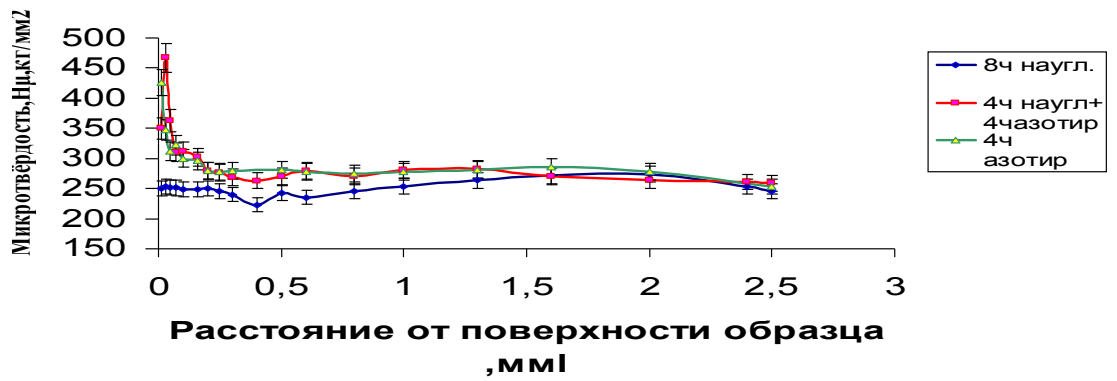


а)

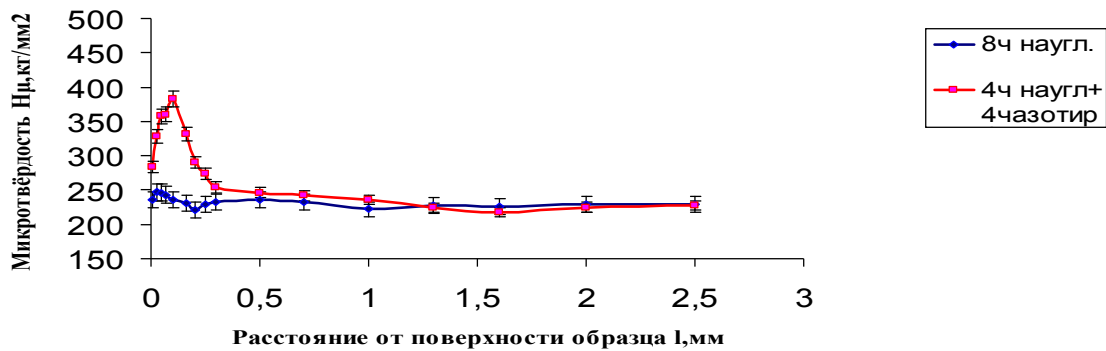


б)

Рис. 1. Распределение микротвёрдости в диффузионной зоне стали Ст3 после комбинированной химико-физической обработки: а) 600°C; б) 950°C



а)



б

Рис. 2. Распределение микротвердости в диффузионной зоне стали У8 после комбинированной химико-физической обработки: а) 600°C; б) 950° С

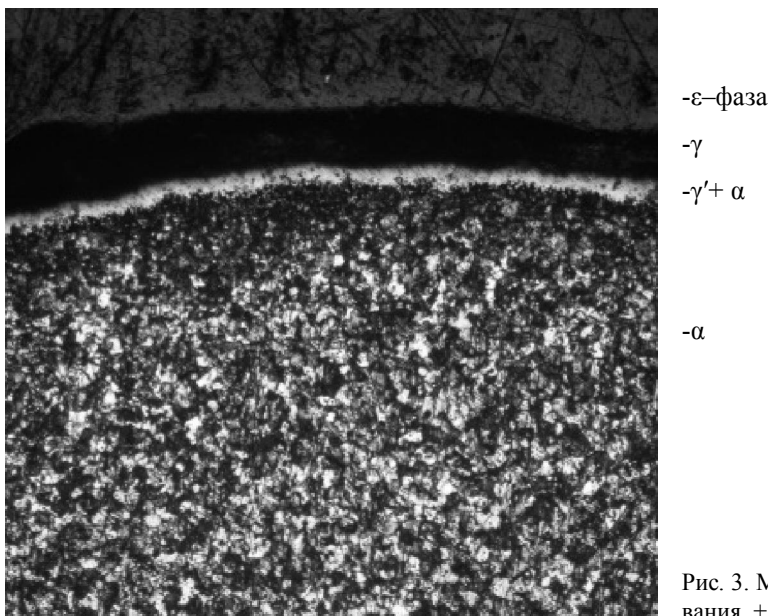


Рис. 3. Микроструктура Ст 3 после 4ч азотирования + 4ч цементации при 600°C. X100

Результаты данных исследований представлены на рис. 4, 5. Приведенные материалы свидетельствуют о неизменном составе углерода по толщине диффузионного слоя и основы стали при химико-физической обработке стали при температуре 950°C в атмосфере пропан-бутана.

Содержание азота в диффузионной зоне после комбинированной химико-термической обработки с применением пропан-бутана и аммиака возрастает в два раза по сравнению с содержанием азота в основе.

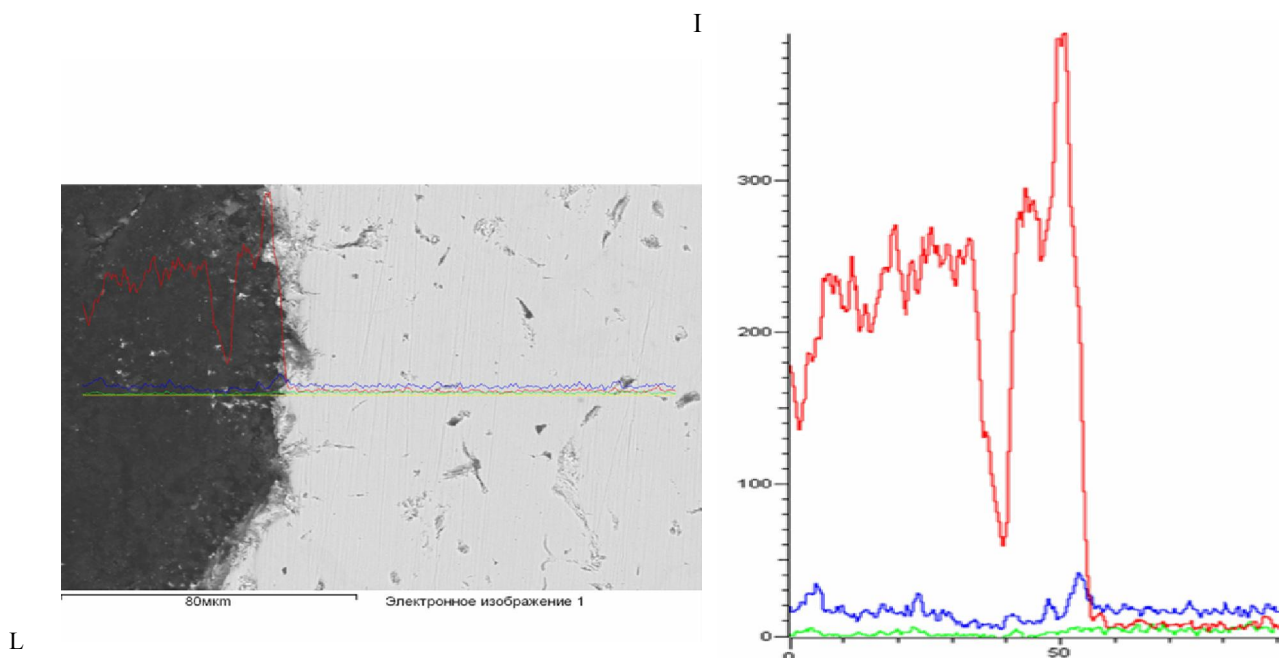


Рис. 4. Структура диффузионной зоны и распределение основных легирующих элементов по ее глубине в стали У8 после науглероживания в пропан-бутановой атмосфере при температуре 950°C в течение 8 часов

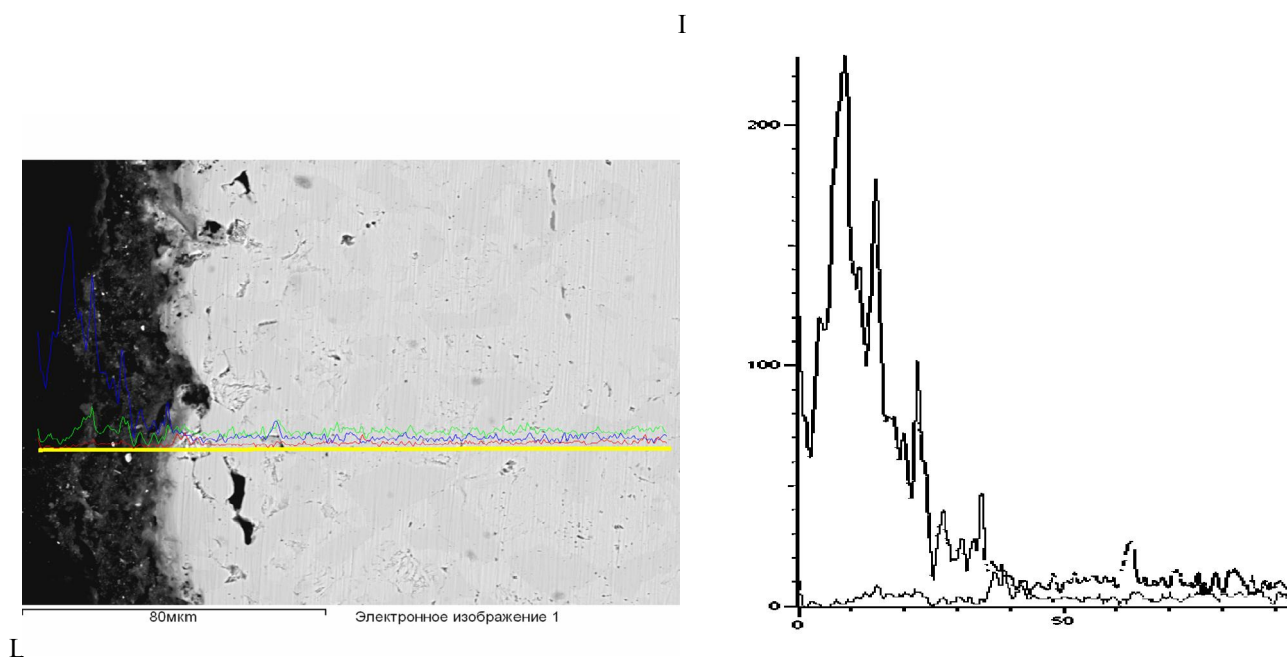


Рис. 5. Структура диффузионной зоны и распределение основных легирующих элементов по ее глубине в стали У8 после комбинированной химико-физической обработки при температуре 950°C: 4 часа науглероживания в смеси пропан-бутана + 4 часа азотирования в атмосфере аммиака

Обобщая экспериментальные результаты влияния газового азотирования, цементации, последовательного азотирования и цементации, цементации и азотирования на формирование фазового состава и

прочности поверхности двух сталей Ст 3 и У 8 при температурах 600 и 950°C, следует отметить определяющую роль азота, который насыщает ϵ -фазу, являющуюся источником азота для диффузии в глубь материала, и создает слой нитридов и карбонитридов, повышающий микротвердость.

РЕЗЮМЕ

У роботі розглянуто особливості формування реакційно-дифузійної зони при газовій хіміко-фізичній обробці сталей Ст3 та У8. Обговорюються питання впливу вуглецю та азоту на процеси, що мають місце в поверхневих шарах.

SUMMARY

The work considers the peculiarities of reactionary-diffusion zone formation in terms of gas chemical and physical treatment of the steels St3 and U8. The influence of carbon and nitrogen on the processes taking place in upper layers were discussed.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология металлов / Б.В.Кнорозов, Л.Ф.Усова, А.В.Третьяков и др. – М.: Металлургия, 1979. – 904 с.
2. Лахтин Ю.М. Азотирование стали / Ю.М.Лахтин, Я.Д.Коган. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
3. Буравлев Ю.М. Опроцессах в реакционно-диффузионной зоне металлов и сплавов при их газовой химико-физической (термической) обработке // Буравлев Ю.М., Милославский А.Г., Кушнир М.П. и др. // Вестник Донецкого университета. Серия физическая, 2009. – Вып.1. – С.272-277.

Поступила в редакцию 13.10.2009 г.