

В.Г.Пермяков, В.Ф.Лоскутов, В.Ф.Лабунец,
И.Х.Труш, В.Н.Писаренко, Ю.Е.Яковчук

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА И ТЕРМООБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ, БОРИРОВАННЫХ В ТЕХНИЧЕСКОМ КАРБИДЕ БОРА

Процесс борирования стали в техническом карбиде бора крайне прост с технологической точки зрения, не требует дорогостоящего оборудования и в последнее время находит широкое применение в промышленности. Особенностью насыщения стали в порошкообразных смесях является сравнительно низкая активность процесса, благодаря чему на поверхности борированных изделий в основном образуется фаза Fe_2B . Литературные данные о влиянии борирования в техническом карбиде бора на свойства сталей немногочисленны, что и побудило выполнить настоящее исследование.

В данной работе были определены коррозионная стойкость, износостойкость и окалиностойкость сталей 20, 45, У8 и У12 после их борирования в техническом карбиде бора при температуре $950^{\circ}C$ в течение 4 часов. В зависимости от содержания углерода в стали глубина борированного слоя составляла $0,12 \pm 0,17$ мм.

С целью определения коррозионной стойкости борированной стали испытания велись в ряде агрессивных сред при комнатной температуре в условиях естественной аэрации по методике, описанной в работе /1/.

О коррозионной стойкости образцов судили по их внешнему виду и потере в весе, по которой находили весовой показатель коррозии. Для сравнения коррозионной стойкости борированных сталей с неборированными такую же серию испытаний проводили и на улучшенных образцах сталей, не подвергавшихся борированию. Результаты коррозионных испытаний стали 45 приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Обработка поверхности	Коррозионная среда	Время выдержки, час	Весовой показатель коррозии, г/м ² . час
Улучшение Борирование	H ₂ O	168	0,015 0,0071
Улучшение Борирование	3% NaCl	90	0,115 0,0084
Улучшение Борирование	10% Na ₂ CO ₃	480	0,00152 0,000884
Улучшение Борирование	30% KOH	480	0,0041 0,001403
Улучшение Борирование	0,1н р-р HNO ₃	24	12,67 1,92
Улучшение Борирование	0,1н р-р H ₂ SO ₄	24	9,2 0,525

Как видно из приведенных данных, борирование стали в техническом карбиде бора приводит к значительному повышению коррозионной стойкости в воде и водных растворах соли, соды, щелочи и кислот. Это можно объяснить высокими антикоррозионными свойствами образовавшегося на поверхности борированных образцов плотного слоя

Fe₂B. Следует заметить, что в растворе щелочи и особенно в кислотах сталь корродирует значительно интенсивнее, чем в воде и растворе соды. Результаты испытаний на износостойкость борированных и улучшенных сталей приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Вид обработки образцов	Марка стали					
	Сталь 20	сталь 20X	сталь 45	сталь У8	сталь У12	сталь ШХ-15
	Весовая скорость износа, г/м ² . час					
Улучшение	13,9	12,1	10,4	9,6	7,2	4,6
Борирование	0,84	0,72	0,65	0,40	0,61	0,43

Как видно из приведенных данных, борирование всех исследованных марок сталей приводит к существенному повышению износостойкости. Абсолютные величины износа всех марок стали после борирования близки между собой, но значительно меньше величины износа улучшенных сталей. Легирование стали хромом, который растворяется в фазе Fe_2B , способствует повышению твердости слоя. Поэтому износостойкость борированных образцов сталей, легированных хромом, выше износостойкости углеродистых сталей (при одинаковом содержании углерода в сравниваемых сталях).

Изучение окислительности показало, что в процессе изотермической выдержки в интервале температур 750–800°C скорость окисления борированной поверхности невелика. Повышение температуры изотермической выдержки до 900+950°C приводит к значительному окислению борированной поверхности уже в первые 5 минут.

На рис. I показана кинетика окисления борированной поверхности стали 45 в течение 1 часа при различных температурах.

Методами высокотемпературной металлографии и высокотемпературной рентгенографии было показано, что:

1) при температурах изотермической выдержки 750+800°C на поверхности изделий возникает тонкий слой окислов, в состав которых входит борный ангидрид;

2) при повышении температуры изотермической выдержки на поверхности борированных изделий образуется пленка, состоящая из окислов железа;

3) в процессе окисления плотный слой разделяется на отдельные итлы, по границам которых происходит интенсивное окисление,

Т.е. диффузия кислорода происходит по границам игл.

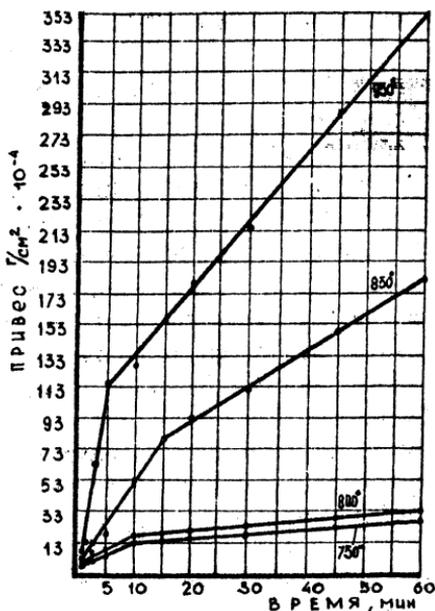


Рис. I. Зависимость привеса борированных образцов стали 45 в процессе окисления от времени выдержки при различных температурах

Результаты проведенных исследований показывают, что содержание углерода в стали не оказывает существенного влияния на коррозионную стойкость, износостойкость и окислостойкость борированных углеродистых сталей. Это подтверждает литературные данные о том, что углерод практически не растворяется в боридах.

Анализ имеющихся литературных данных позволяет утверждать, что возникновение дефектов в результате термообработки борированных деталей обусловлено неправильным выбором ее режима и метода.

В связи с этим нами было проведено исследование, целью которого являлось изучение влияния поверхностной термообработки

токама высокой частоты на износостойкость борированной стали 45 в условиях сухого трения скольжения.

Оценка результатов термообработки борированной стали проводилась по следующим признакам:

- 1) структуре диффузионных слоев, переходной зоны и сердцевины;
- 2) микротвердости диффузионных слоев, их фаз, переходной зоны и сердцевины;
- 3) склонности к образованию микротрещин.

Поверхностная термообработка борированной стали 45 проводилась на установке конструкции авторов работы /2/.

В зависимости от величины подводимой удельной мощности и времени нагрева в значительной степени изменяется глубина термообработанного слоя. В связи с этим для наиболее оптимального режима электротермообработки борированной стали 45 были выбраны следующие параметры: время нагрева 8 сек; скорость нагрева 150 град/сек; охлаждение в воде.

При электротермообработке по данному режиму глубина термообработанной зоны составляла 1,5 мм. Переходная зона имела структуру мартенсита с участками троостита. Структура сердцевины включала перлит и феррит.

Исследование микроструктуры боридных фаз после термообработки борированной стали при поверхностном нагреве токами высокой частоты показало, что это не вызывало каких-либо видимых изменений в их структуре, микротвердость фаз не изменилась. Микротвердость переходной зоны вблизи боридного слоя составляла 800-820 кг/мм², а сердцевины - 180-200 кг/мм².

Борированные и термообработанные образцы из стали 45 испытывались на трение и изнашивание на машине трения /3/, в широком диапазоне скоростей скольжения от 0,05 до 5,0 м/сек при постоянной удельной нагрузке 10 кг/см². Образцы имели форму колец с торцевыми рабочими поверхностями. В качестве контртела использованы образцы из металлокерамического твердого сплава ВК-2. В процессе трения и изнашивания замерялись количественные характеристики трения (сила трения, износ, температура), которые подтверждались качественным металловедческим анализом.

В таблице 3 приведены результаты испытания на трение и изнашивание борированных образцов из стали 45 с последующей поверхност-

ной термообработкой. Для сравнения показаны результаты испытания в аналогичных условиях трения борированной стали 45 без термообработки.

Т а б л и ц а 3

Способ упроч- нения	Коэффициент трения						Приведенный износ, мк/км					
	скорость скольжения, м/сек											
	0,05	0,1	0,5	1	3	5	0,05	0,1	0,5	1	3	5
Бори- рова- ние	1,1	1,06	0,8	0,55	0,32	0,25	49	40	8	3,5	2	1
Бори- рова- ние + термо- обра- ботка	1,04	1,0	0,48	0,3	0,2	0,19	23	12	3	1,8	1	0,2

Анализ полученных данных показывает, что износостойкость борированной и термообработанной стали, также как и борированной, /4/ зависит от скорости скольжения. Однако износостойкость борированной стали с последующей поверхностной термообработкой в 2-5 раз выше по сравнению с борированной. Это связано, по-видимому, с тем, что поверхностная термообработка борированной стали повышает твердость и прочность материала подложки (переходной зоны), а также способствует увеличению связи диффузионного слоя с основным металлом.

Л и т е р а т у р а

1. Белозцкий А. В., Лоскутов В. Ф., Чермяков В. Г., Погребова И. С. В сб. "Технология и организация производства", № 1, 1971.
2. Голетто Н. Н., Лабунец В. Ф. В сб. "За-

щитные покрытия на металлах", вып.5, "Наукова думка", Киев, 1970.

3. Г о л е т о Н. Н. , Л а б у н е ц В. Ф. , М е л ь -
н и к Л. В. В сб. "Вопросы повышения надежности и долговечнос-
ти деталей и узлов авиационной техники", вып.1, изд. "Книга"
Киевский ин-т гражд. авиации, Киев, 1969.

4. Г о л е т о Н. Н. , Э п и к А. П. , Д е р -
к а ч В. Д. , Л а б у н е ц В. Ф. В сб. "Защитные покры-
тия на металлах", вып.5, "Наукова думка", Киев, 1971.