

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ДИФфуЗИОННОГО БОРИРОВАНИЯ СТАЛИ 20ХЛ

Н.Ю. Малькова, А.М. Гурьев, А.М. Злобин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Химико-термоциклическая обработка является одним из эффективных и широко применяемых в промышленности методов повышения надежности и долговечности ответственных деталей машин, инструмента и технологической оснастки.

Целью настоящей работы является выбор оптимальных режимов диффузионного борирования, а также исследования структуры и процессов поверхностного борирования литой стали в условиях циклического изменения температуры насыщения. На заводе ОАО «ПО АМЗ» в цехе точного литья (ЦТЛ) для проведения исследований по оптимизации литых сталей были изготовлены отливки, из которых в дальнейшем были получены образцы. Выбранные стали марок 20ХЛ, 40ХЛ, 35Л и 55Л, широко применяются в цехе точного литья. Проведена оптимизация режимов диффузионного борирования всех четырех марок, в данной работе представлены результаты, полученные на примере одной стали - 20ХЛ.

Из литературы известно, что хромистые низкоуглеродистые стали (15Х, 20Х, 12ХР2, 18ХГТ) применяются для изготовления втулок, обойм, гильз, дисков и других деталей, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, а также для деталей, работающих в условиях износа при трении.

Схема процесса борирования заключалась в следующем: из полученных отливок из стали 20ХЛ были изготовлены образцы в форме параллелепипеда: длиной 15 мм, шириной 10 мм и высотой 10 мм. Борирование проводили из насыщающих обмазок. На поверхность образца наносилась обмазка следующего состава: V_4C – 78%, NaF – 4%, графит – 11%, бентонит – 7% при комнатной температуре. Дальнейшая обработка проводилась по режимам приведенных в таблице 1, где x_1 – минимальная температура в цикле, °С; x_2 – время выдержки при максимальной температуре, мин; x_3 – время выдержки при минимальной температуре, мин; x_4 – число циклов. Максимальная температура в цикле неизменна и равна 970 °С. После последнего высокотемпературного нагрева образцы охлаждались до комнатной температуры. ВРЕ-
ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №3 2008

мя циклирования менялось в зависимости от режима от 1 часа 40 минут до 5 часов 10 минут, без учета времени охлаждения после последнего высокотемпературного нагрева.

Таблица 1

№ опыта	X_1	X_2	X_3	X_4
1	720	50	5	3
2	680	30	5	3
3	720	30	5	5
4	680	50	5	5
5	720	50	15	5
6	680	30	15	5
7	720	30	15	3
8	680	50	15	3
9	700	40	10	4

Исследовали структуру образцов методом оптической микроскопии. Металлографические исследования шлифов выполнялись на микроскопе ММР-4. Шлифы готовились методом химического травления, что позволило выявить строение боридных слоев. Известно, что борированный слой состоит из двух зон: зоны боридов — химических соединений бора и железа и переходной зоны (рис. 1,2) [1-4]. Боридная зона (боридный слой) имеет характерное игольчатое строение. Иглы (конусы) боридов, направленные вершиной вглубь металла, срастаясь в основаниях, образуют сплошной боридный слой на поверхности обрабатываемой детали.

Металлографические исследования (рис. 2) позволило четко выявить зоны боридов и переходную, а также основного металла. Установлено, что в зависимости от режима проведения термоциклирования ширина этих зон варьируется в следующих пределах (табл. 2).

В результате математической обработки экспериментальных данных с использованием критерия Фишера, было выявлено, что наиболее оптимальным является способ термообработки № 3 ($t_{max} = 970^\circ C$, $t_{min} = 720^\circ C$, $T_{max} = 30$ мин, $T_{min} = 5$ мин, 5 циклов), который дает достаточную глубину зоны борирования и высокую микротвердость. При оптимальных режимах насыщения (рис. 2,3) боридная зона имеет толщину – 0,17 мм, а переходная зона около 0,2 мм.

Таблица 2

№ опыта	Зона боридов, мм	Переходная зона, мм	Микротвердость зоны боридов кгс/мм ²
1	0,154	0,266	1520
2	0,115	0,215	1313
3	0,17	0,22	2948
4	0,225	0,155	1733
5	0	0	180
6	0,18	0,11	1425
7	0	0	180
8	0,145	0,215	2029
9	0,25	0,1	1440
ХТО	0,1	0,45	2000

С целью установления влияния термоциклирования на глубину и твердость боридной зоны, повторно было проведено насыщение по оптимальному режиму (№ 3) без использования термоциклической обработки. При этом образец был борирован при использовании той же обмазки, по основному режиму, т.е. при температуре 970⁰С, в течение 3 часов. Полученные структуры представлены на рис. 1, а глубина боридного слоя составляет не более 95 мкм, а его микротвердость - 2000 кгс/мм². Полученные экспериментальные данные соответствуют исследованиям проведенным в работах 1-2.

При анализе полученных структур (рис. 1-2) видно, что при термоциклировании по оптимальным режимам глубина боридной зоны значительно больше, чем без циклирования. Однако при исследовании структуры образца обработанного по оптимальному режиму (рис. 3), было замечено, что на некоторых участках имеет место увеличение переходной зоны, что возможно связано с дефектами отливок литой структуры.

Показано, что боридный слой на всех полученных образцах имеет игольчатое строение (рис. 1-6). С повышением температуры борирования отрицательное влияние хрома на скорость роста боридного слоя усиливается. Хром значительно сильнее уменьшает толщину сплошного слоя боридов, поэтому компактность боридного слоя растет, а иглы боридов приобретают более сложное строение. Кроме того, наблюдаются участки, на которых значительно изменилось строение боридного слоя, т.е. боридные иглы укрупнились, а концы их скруглились (рис. 4-5). Однако, это не привело к ухудшению свойств слоя, а также снижению микротвердости на этом участке. Такой эффект возможен и по данным литературных источников, на высоколегированных сталях (типа 12Х18Н9Т) [2,4].

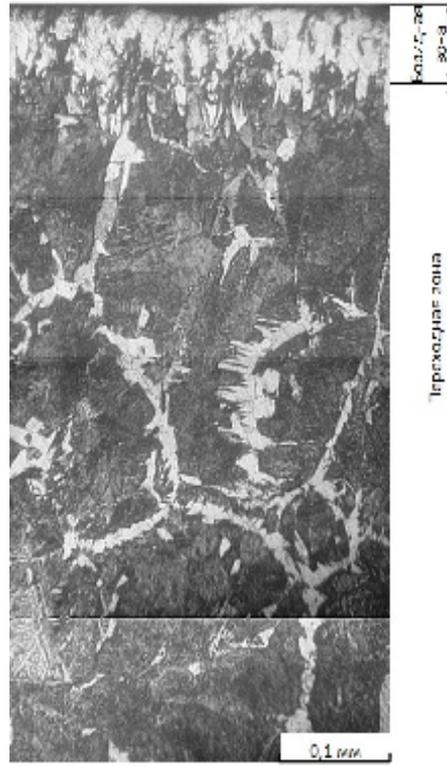


Рисунок 1 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ ($t = 970^{\circ}\text{C}$, $\tau = 3$ часа)



Рисунок 2 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ (опыт №3: $t_{\text{max}} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{min}} = 720^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{max}} = 30$ мин, $T_{\text{min}} = 5$ мин, 5 циклов)

Проанализировав режимы обработки, применяемые в данном исследовании, установили, что оптимальное время циклирования составляет 3 часа.

Примерно тоже время понадобилось для проведения опытов по режимам № 8 и № 9 (рис. 6-8). Сравнив полученные экспериментальные данные, выше названных режимов, можно сделать следующие выводы:

1. на микротвердость образцов, существенное влияние оказывает количество циклов, оптимальным можно считать 5 циклов, в режиме №3 ($t_{\max} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\min} = 720^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 30$ мин, $T_{\min} = 5$ мин);

2. термоциклирование оказало положительное влияние на равномерность и глубину зоны боридов.



Рисунок 3 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ (опыт №3: $t_{\max} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\min} = 720^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 30$ мин, $T_{\min} = 5$ мин, 5 циклов)

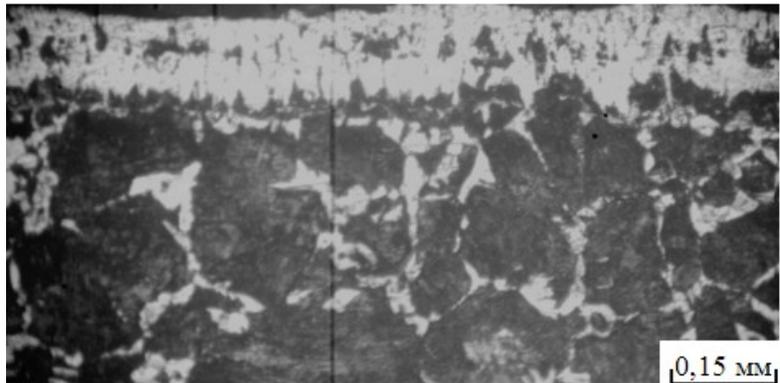


Рисунок 4 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ (опыт №8: $t_{\max} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\min} = 680^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 50$ мин, $T_{\min} = 15$ мин, 3 цикла)

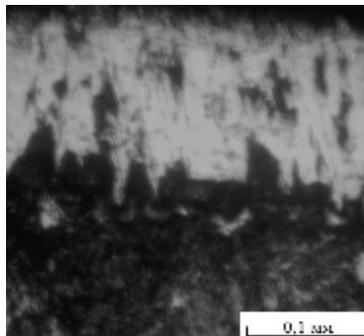


Рисунок 5 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ (опыт №8: $t_{\max} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\min} = 680^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 50$ мин, $T_{\min} = 15$ мин, 3 цикла)

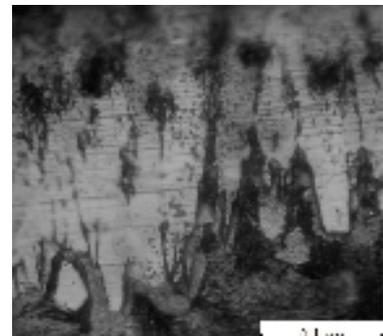


Рисунок 6 - Микроструктура борированной стали 20ХЛ (опыт №9: $t_{\max} = 970^{\circ}\text{C}$, $t_{\min} = 700^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 40$ мин, $T_{\min} = 10$ мин, 4 цикла)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник/ Борисенко Г.В., Васильев Л.А., Ворошнин Л.Г. и др. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.

2. Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов: (Справ.пособие). – Мн: Беларусь, 1981. – 205с.

3. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования сталей. – Барнаул: изд-во АлтГТУ, 2000. – 216с.

4. Тихонов А.С., В.В. Белов, Леушин И.Г. и др. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов. М.: Наука, 1984. – 188с