

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов*, Н.Ю. Малькова, О.В. Шаметкина,
В.И. Мосоров*, А.Р. Раднаев* (г. Барнаул, Россия, *г. Улан-Удэ, Россия)

Известно [1], что химико-термическая обработка (ХТО) сталей при некоторых циклически изменяющихся температурных режимах (ХТЦО) более эффективна, чем при постоянной температуре насыщения. ХТЦО позволяет получить упрочнённый диффузионный слой необходимой толщины за более короткое время, а разработанные нами новые способы ТЦО и ХТЦО, позволяют реализовывать их на стандартном оборудовании любого термического участка. Новые способы ТЦО и ХТЦО совмещены с закалкой в последнем цикле, последующий отпуск дает необходимую твёрдость, т.е. формирует окончательные свойства изделия.

Применение термоциклической (ТЦО) и химико-термоциклической (ХТЦО) обработок представляет значительный интерес с точки зрения повышения эксплуатационной стойкости деталей машин, за счёт улучшения структуры и комплекса физико-механических свойств стали. Причём, ТЦО позволяет улучшить механические свойства не только по рабочей поверхности, но и по всему объёму детали, что позволяет значительно повысить его работоспособность. В Алтайском государственном техническом университете совместно с Восточно-Сибирским государственным технологическим университетом раз-

работан новый способ ХТЦО, который позволяет получить упрочнённый слой необходимой глубины за более короткое время с сохранением высоких физико-механических свойств основного металла. Разработанные технологии ТЦО и ХТЦО позволяют реализовывать их на традиционном оборудовании (соляные ванны, камерные и шахтные печи) термического цеха без использования дополнительных приспособлений и создания специализированных участков. Более того, ТЦО и ХТЦО возможно совместить с закалкой в последнем цикле, последующий отпуск дает необходимую твёрдость.

Исследовали структуру борированных углеродистых (см. рис.1) и инструментальных сталей (см. рис.2, 3). Борирование проводили по традиционной технологии и в режиме ТЦО из насыщающей обмазки толщиной 2–5 мм (состав: B_4C , графит, NaF , бентонит) нанесенной на поверхность цилиндрических образцов (длина -30мм, диаметр-15 мм) по двум схемам. В первом случае проводили борирование при температуре 970°C с выдержкой в течение 2 часов. Во втором случае схема обработки состояла из четырех циклов $970 \rightleftharpoons 730^\circ C$. Время циклирования составляло 2 часа.

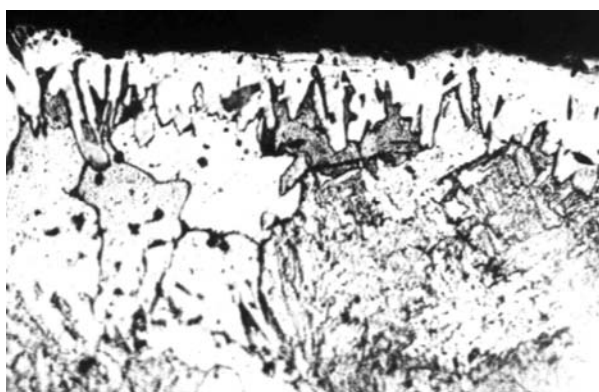
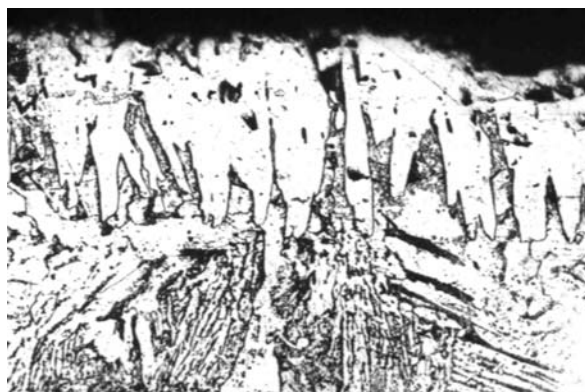


Рисунок 1 – Структура диффузионного слоя стали 10 после борирования из обмазки: а – после ХТЦО (2 часа), б- изотермическое борирование (2 часа)

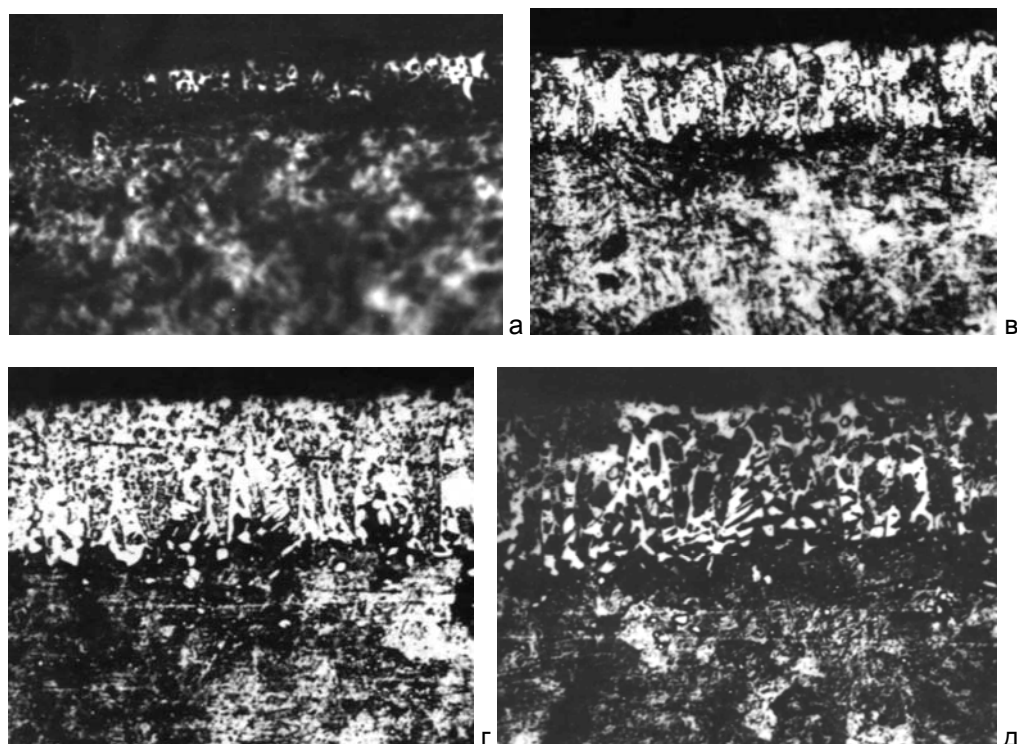


Рисунок 2 – Структура диффузионного слоя стали У8 после борирования из обмазки: а – после двух циклов, б - после трех циклов, в - после четырех циклов, д - изотермическое борирование

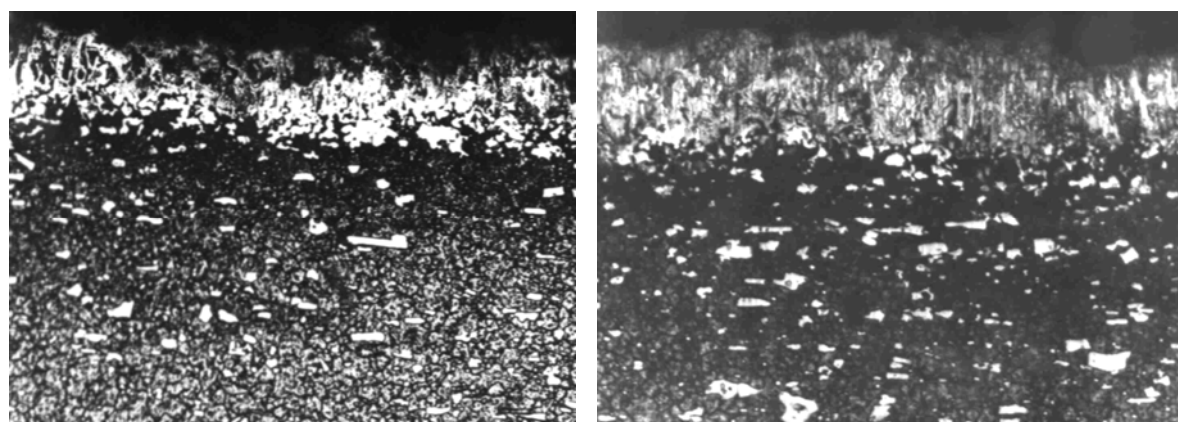


Рисунок 3 – Структура диффузионного слоя стали X12M после борирования из обмазки: а – после ХТЦО (2 часа), б- изотермическое борирование (4 часа)

Установлено, что термоциклирование при борировании приводит к увеличению толщины слоя до 80% на углеродистых сталях, с увеличением степени легированности эффект снижается с 70% (литая сталь 5ХНМ) до 20% (сталь X12M). С увеличением содержания углерода в стали снижается глубина борированного слоя, как после изотермического высокотемпературного борирования, так и после термоциклического борирования.

Исследовали структуру и процессы диффузионного борирования ферритно-

перлитной стали в условиях термоциклирования. Это позволило иметь детальную картину протекающих в ходе борирования процессов.

Исследования проводились методами оптической и электронной дифракционной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. Идентификация фазового состава и определение размеров и объемной доли выделений проводилось по изображениям, подтвержденным микродифракционными картинками

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

и темнопольными изображениями, полученными в соответствующих рефлексах.

Исследования показали, что фазовый состав образцов подвергнутых изотермическому и термоциклическому насыщению одинаков. Термоциклирование привело только к увеличению боридной зоны. Боридная зона в термоциклированном образце более плотная, иглы более разветвленные, плотность малоугловых границ, образованных в переходной зоне в результате диффузии бора и вытеснения углерода с поверхности образца оказалась выше. Глубина переходного слоя возросла (в 1,5 раза). Наиболее интенсивные изменения происходят в переходной зоне до глубины 500 мкм.

Установлено, что истинная картина структуры поверхностно борированного материала более сложная, чем предполагалось в ранее описанных исследованиях, в первых, переходную зону следует называть карбоборидной. Фазовый состав внутри всей карбоборидной (переходной) зоны не меняется. Однако механизм формирования в различных ее участках (слоях) различен [2].

Термоциклирование привело и к существенным качественным изменениям в структуре стали. Бор более активно проникает при термоциклировании на большую глубину в больших количествах. В частности, фазовый состав на глубине 2,5мм в первом содержит один карбоборид железа $Fe_{23}(C,B)_6$, в то время как в втором образце присутствуют два карбоборида $-Fe_3(C,B)$ и $Fe_{23}(C,B)_6$. Чистого

(не борированного) цементита даже на глубине 2,5мм после термоциклического борирования нет, в то время как в первом образце он начал появляться на глубине 500мкм. Кроме того, о более активной диффузии бора в объем материала во втором случае свидетельствует несколько повышенная суммарная плотность границ зерен, как исходных, так и возникающих в процессе борирования с ТЦО. Эти границы служат основными каналами проникновения бора в глубь стали.

Проведенные исследования впервые позволили детально изучить кинетику образования борированного слоя и выявить механизм его формирования на стали простого химического состава. В настоящее время нами ведутся исследования по изучению влияния различных химических элементов на процесс образования диффузионных покрытий при ХТО и ХТЦО среднелегированных и высоколегированных сталей в литом и деформированном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюкин В.К. Метод термоциклической обработки металлов.– 2-е изд., перераб., доп. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 192с.
2. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 216 с., ил.