

СТРУКТУРА СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОГО БОРИРОВАНИЯ

И. А. Гармаева, О. А. Власова, А. М. Гурьев, Н. Ю. Малькова
Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Диффузионное насыщение поверхности стали, чаще всего, производят при высокотемпературной изотермической или изотермически-ступенчатой выдержке с полной перекристаллизацией стали в аустенитное состояние. Это приводит к перегреву – структура и механические свойства, кроме твердости и износостойкости, ухудшаются. Есть и другие недостатки в технологии ХТО с высокотемпературной выдержкой в процессе насыщения: коробление от обычной ползучести, высокая энергоёмкость и т.д. Указанные недостатки можно устранить при диффузионном насыщении поверхности сплава в режиме термоциклирования (ТЦО).

Исследовали структуру борированных из насыщающей обмазки сталей. Борирование углеродистых и легированных инструментальных сталей У8, Х12М, 5ХНВ и 5ХНВЛ проводили по традиционной технологии и в режиме термоциклирования из обмазки толщиной 2–5 мм (состав, %: В4С -75, графит-14, NaF -4, бентонит -7) нанесенной на поверхность цилиндрических образцов (длина – 30мм, диаметр-15 мм) по двум схемам. В первом случае проводили борирование при температуре 980⁰С с выдержкой в течение 2 часов. Во втором случае схема обработки состояла из четырех циклов 980 ⇔ 730⁰С. Время циклирования составляло 2 часа.

Исследования показали, что ТЦО во время борирования приводит к увеличению толщины слоя до 80% на углеродистой стали (сталь У8), с увеличением степени легированности эффект снижается с 70% (литая сталь 5ХНВ) до 20% (сталь Х12М). С увеличением содержания углерода в стали снижается глубина борированного слоя, как после изотермического высокотемпературного борирования, так и после термоциклического борирования.

Как показали исследования, проведенные методами рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии, фазовый состав

и объемная доля фаз по мере продвижения в глубь образца меняется. Бориды Fe₂B и FeB образуются путем реакционной диффузии вслед за движущейся межфазной границей, которая смещается в глубь α-Fe.

Направленная кристаллизация привела к существенным качественным изменениям в структуре стали. Бор более активно проникает при таком строении на большую глубину и в больших количествах. В частности, фазовый состав на глубине 2,5мм в первом образце содержит один карбоборид железа Me₂₃(C,B)₆, в то время как во втором образце присутствуют два карбоборида - Me₃(C,B) и Me₂₃(C,B)₆. Установлен следующий фазовый состав:

- на поверхности : α+ Me₂B+ MeB+ В4С + Me₃(C,B) + Me₂₃(C,B)₆
- на расстоянии от поверхности образца 100 мкм: α + Me₃(C,B) + Me₂₃(C,B)₆
- на расстоянии - 500 мкм: α + Me₃C + Me₃(C,B) + Me₂₃(C,B)₆
- на расстоянии – 2500мкм: α + Me₃C + Me₂₃(C,B)₆

Чистого (не борированного) цементита даже на глубине 2,5мм после борирования литой стали 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. Эти границы служат основными каналами проникновения бора в глубь стали. Проведенные исследования позволили детально изучить кинетику образования борированного слоя и выявить механизм его формирования.

Исследования структуры борированной стали в литом (5ХНВЛ) и деформированном состоянии (5ХНВ) показали, что фазовый состав обоих образцов одинаков. Термоциклирование привело только к увеличению боридной зоны. Боридная зона в термоцикли-

рованном 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). Полученные результаты свидетельствуют о значительно более высокой скорости диффузии углерода и бора при химико-термической обработке сталей в литом состоянии по сравнению с деформированными сталями аналогичного химического состава.

Исследованы структуры диффузионных слоев инструментальных сталей, полученных в условиях изотермического насыщения и в условиях, когда насыщение велось при циклическом изменении температуры. Показано, что циклический нагрев и охлаждение значительно ускоряют кинетику процесса ХТО железоуглеродистых сплавов, как в литом так и в деформированном состоянии. Установлено, что диффузия по границам зерен является главным механизмом борирования за исключением наружного слоя, где решающим фактором является реакционная диффузия.

Таким образом, химико-термическая обработка 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.

Список литературы

1. Бондарь Б.С. Влияние термоциклирования при борировании на ударную вязкость углеродистых сталей // Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Минск, 1977. С. 185 – 186.
2. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. Физические основы термоциклического борирования.- Барнаул, Изд-во АлтГТУ.- 2000.-216 с.
3. Гурьев А.М., Козлов Э.В., Попова Н.А. Изменение фазового состава и механизма формирования структуры переходной зоны при термоциклическом карбоборировании феррито-перлитной стали // Известия высших

учебных заведений. Физика. 2000. Т. 43. № 11. С. 60.

4. Лыгденов Б.Д., Обунеев И.Б., Гурьев А.М. Повышение износостойкости углеродистой феррито-перлитной стали // Ползуновский альманах. 2003. № 3-4. С 100.

5. Лыгденов Б.Д., Грешилов А.Д., Хараев Ю.П., Гурьев А.М. Оптимизация состава смеси для химико-термической обработки цанг токарных полуавтоматов и кондукторных втулок // Ползуновский альманах. 2003. № 3-4. С. 105-107.

6. Раднаев. А.Р, Мосоров В.И., Гурьев А.М. Термоциклическая обработка стали 3Х2В8Ф // Ползуновский альманах. 2003. № 3-4. С. 126-127.

7. Раднаев А.Р., Мосоров В.И., Гурьев А.М. Термоциклическая обработка изделий из высокопрочного чугуна с наплавленным слоем стали // Ползуновский альманах. 2003. № 3-4. С 140.

8. Transition zone forming By different diffusion techniques in borating process of ferrite - pearlite steels Under the thermocyclic conditions A.M. Guriev, E.V. Kozlov, B.D. Lygdenov, A.M. Kirienko, E.V. Chernykh // Фундаментальные проблемы современно-го материаловедения, №2.- 2004.- С.54 – 60.

9. Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Хараев Ю.П., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Гурьева О.А., Колядин А.А., Попова О.В Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение инструментальных сталей. // Ползуновский вестник. 2005. № 2. С. 36

10. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А., Иванов С.Г., Козлов Э.В., Гармаева И.А. Фазовый состав и механизм образования диффузионного слоя при борировании сталей в условиях циклического теплового воздействия // Упрочняющие технологии и покрытия. 2008. № 1. С. 20-27

11. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Иванов С.Г., Власова О.А., Кошелева Е.А., Гурьев М.А., Земляков С.А. Новый способ диффузионного термоциклического упрочнения поверхностей железоуглеродистых сплавов // Ползуновский альманах. 2008. № 3. С. 10-16.

12. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. 2009. № 1. С. 14-15.