

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРА БОРИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 20Л

Т.В. Мустафина, Г.А. Околович

Статья посвящена исследованию влияния борирования на деформационные характеристики стальных образцов. Установлено, что борирование уменьшает склонность стали к образованию остаточных деформаций, что благотворно сказывается на долговечность литейных многоразовых форм. Приведены микроструктуры борированной литой стали и показано ее изменение при длительном высокотемпературном нагреве.

Ключевые слова: борирование, деформация, структура, долговечность, литая сталь, многоразовая форма.

Одним из способов повышения долговечности металлических литейных форм-кокилей является химико-термическая обработка (ХТО) [1]. В литературе отсутствует исчерпывающая информация о режимах ХТО для литейных многоразовых форм, о поведении форм после ХТО. Это затрудняет выбор материалов и условий проведения ХТО и делает необходимым всестороннее изучение поведения материалов для многоразовых форм, изменение их свойств и структуры при повышенных температурах и в условиях воздействия многократных тепловых ударов. Влияние ХТО на свойства многоразовых форм оценивалось по изменению реологических свойств при нагревании и в результате воздействия теплосмен.

Для изучения деформационных (реологических) характеристик использовалась специальная установка, снабженная печью для нагрева образцов в диапазоне температур 20...1000⁰С. Величина прогиба образцов под действием постоянной нагрузки определялась с точностью 0.001 мм и фиксировалась цифровой видеокамерой. Из всех способов ХТО для улучшения реологических характеристик литой стали использовались борирование и алитирование.

Борирование стальных образцов проводилось из сухих борсодержащих смесей и обмазок при температурах от 800 до 970⁰С. Наилучшие результаты были получены после термоциклического борирования по известной технологии [2] путем последовательной выдержки образцов в изолирующей засыпке при 970⁰С и 700⁰С в различных печах. Такой режим ХТО формирует наиболее качественный борированный слой толщиной до 100 мкм (рис. 1 и 2). Металлографические исследова-

ния шлифов проводились на микроскопе ММР-4, а измерение микротвердости на приборе ПМТ-3. После борирования при печном нагреве образовался диффузионный слой, включающий боридную и переходную зоны. Боридный слой на низкоуглеродистых сталях имеет характерное игольчатое строение. При этом бориды имеют строго ориентированную, перпендикулярную поверхности насыщения, направленность. Отдельные кристаллы прорастают вглубь металла, с течением времени толщина игл увеличивается и кристаллы сливаются в сплошной слой. Боридная зона состоит из боридов FeB и Fe₂B. Твердость этих фаз составляет соответственно 2000 и 1800 HV. Борид FeB располагается в верхнем слое, Fe₂B под ним. Под боридной зоной располагается переходная зона которая представляет собой, твердый раствор бора в железе. На низкоуглеродистых сталях толщина переходной зоны в 5-6 раз превышает толщину боридного слоя [3]. Толщина полученного слоя на внутренней поверхности образца составила около 80-100 мкм, на внешней поверхности 50-70 мкм, что связано, возможно, с более высокой температурой внутри образца.

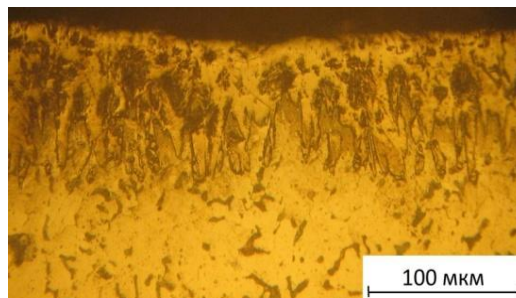


Рисунок 1 - Микроструктура борированной стали 20Л (внешняя поверхность)

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК 1/1-2012

цилиндрического образца)

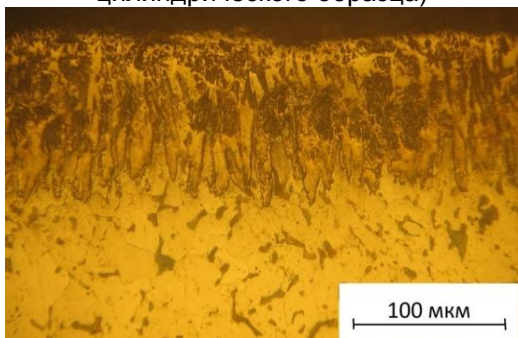


Рисунок 2 - Микроструктура борированной стали 20Л (внешняя поверхность цилиндрического образца)

Другим достоинством рассматриваемого способа является легкое отделение борированной смеси с образованием поверхности с равномерным микрорельефом, который благоприятно сказывается на адгезии обязательных изолирующих покрытий рабочей поверхности кокиля.

Борирование из обмазок зачастую приводит к образованию поверхностных дефектов, ухудшающих состояние поверхности образцов. Кроме того обмазка в процессе обработки приваривается к борированной поверхности. Эти недостатки требуют дополнительных операций по очистке поверхности металлической формы после ХТО.

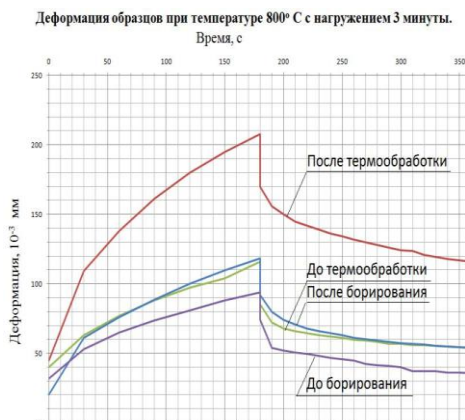


Рисунок 3 – Прогиб образцов при температуре 750°C

На рисунках 3 и 4 приведены результаты измерения прогиба экспериментальных образцов при различных температурах. Из приведенных результатов видно, что борирование уменьшает все виды деформаций, в том числе и остаточные (почти в три раза), которые склонны к накоплению в процессе длительного термоциклирования. Следует отметить, что после борирования образцы с кон-

тейнером извлекались из печи и охлаждались на воздухе.

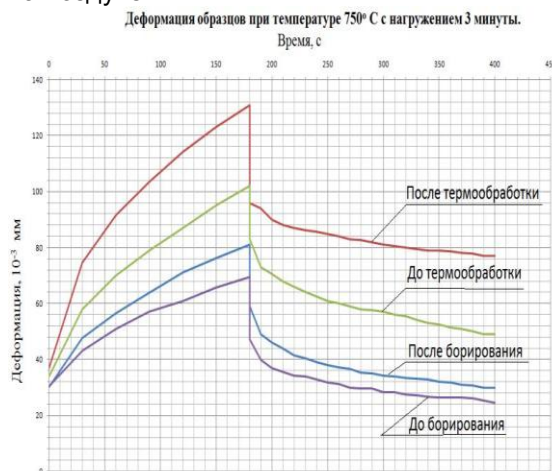


Рисунок 4 – Прогиб образцов при температуре 800°C

Образцы для сравнения (эталонные образцы) испытывались дважды: после изготовления с литой структурой и после нагрева и охлаждения совместно с борированным образцом. Образец с литой структурой имеет меньшую склонность к образованию остаточных деформаций по сравнению с образцом, прошедшим тепловую обработку по режиму борирования. В результате сравнительных испытаний борированных и эталонных образцов установили, что при борировании протекают два процесса. Образование боридных соединений в поверхностном слое уменьшает склонность к образованию остаточных деформаций, а укрупнение зерна в процессе нагрева для борирования приводит к росту этих деформаций.

Укрупнение зерна в структуре стали после борирования требует применения термообработки для ее измельчения. Для этого принят следующий режим термообработки [3]: закалка путем нагрева до 900°C с последующим охлаждением в воде и низкотемпературный отпуск при 170°C. После такой закалки реологические свойства борированных и неборированных образцов различаются незначительно (рис. 5). Из этих результатов следует, что принятая термообработка неблагоприятно влияет на свойства борированного образца и следует разработать более приемлемый режим.

Для определения стойкости борированной стали против термических напряжений образцы окунались в жидкий алюминиевый расплав при температуре 800°C и охлаждались в воде при температуре 20°C. На рис. 6

приведены результаты замеров деформации образца после закалки и теплосмен.

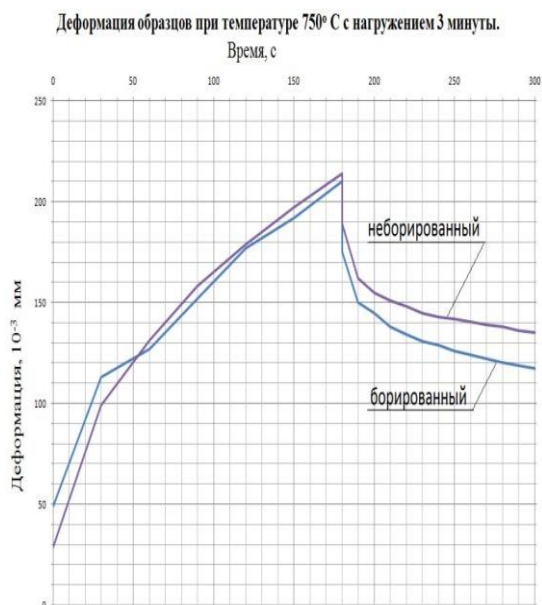


Рисунок 5 – Прогиб образцов после закалки и отпуска

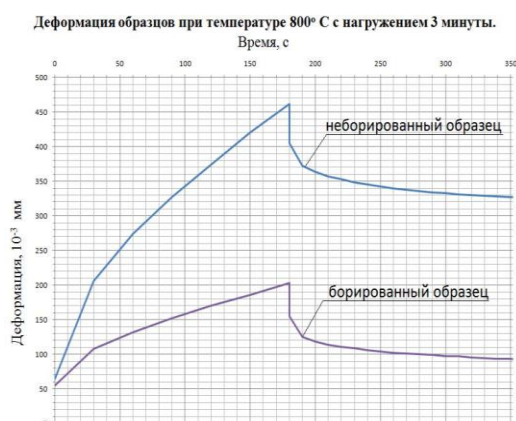


Рисунок 6 – Деформация образцов после 100 теплосмен

Из приведенных результатов видно, что не смотря на то, что после закалки деформационные характеристики борированных и неборированных материалов близки, борированный образец имеет при температуре испытания меньшие деформации. Это свидетельствует о том, что борированная поверхность многократно литейной формы не будет накапливать больших остаточных деформаций. Это благоприятно скажется на ее долговечности.

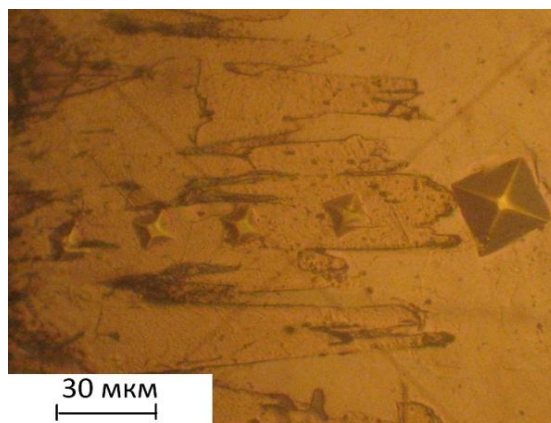


Рисунок 7 – микрошлиф борированного образца после длительного нагрева

После проведения испытаний, при температуре 650-800С, строение боридного слоя изменилось (рис 7), боридные иглы укрупнились, в сплошном слое исчезли границы кристаллов, концы кристаллов скруглились, но это не привело к снижению микротвердости, свойства слоя не ухудшились. HV_{100} от поверхности вглубь изменяется соответственно (кг/мм²): 1530, 1100, 946, 824 в боридном слое и 160 в переходной зоне

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Литье в кокиль/ С.Л. Бураков, А.И.Вейник, Н.П. Дубинин и др.. Под ред. А.И. Вейника. – Машиностроение, 1980, 415 с., ил.
- 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.
- 3 Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов: (Справ. Пособие). – Мн: Беларусь, 1981. 205 с., ил

Мустафина Т.В., аспирантка,
e-mail: mystaphina@mail.ru
Околович Г.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой МТuO,
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»