

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МИКРОСТРУКТУРА ЗАКАЛЕННОЙ БОРИРОВАННОЙ СТАЛИ 20Л

Г. А. Мустафин, Т. В. Мустафина, Г. А. Околович

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

Различия в коэффициентах линейного расширения боридных фаз и неборированной сердцевины изделия может привести к скалыванию боридного слоя и образованию в нем трещин. Частичного или полного устранения этих дефектов можно добиться путем проведения различного рода термических обработок до и после борирования. Известен случай, когда после закалки с 900°C в воде и низкотемпературного отпуска при 170°C в течение одного часа боридный слой на стали 20 не имел сколов и трещин [1]. В связи с этим было принято решение провести закалку и низкотемпературный отпуск литой борированной стали 20Л по указанному режиму.

Так как сталь 20Л широко применяется для изготовления многоразовых металлических форм-кокилей, необходимо исследовать ее способность к образованию остаточных деформаций. Как известно, накопление больших остаточных деформаций может привести к преждевременному выходу кокиля из строя [2].

Для изучения влияния термообработки на борированные образцы совместно с ними аналогичную термообработку и испытания проводили на неборированных образцах. Борированные и неборированные образцы также совместно подвергались воздействию многократных термических ударов путем нагрева в расплаве силумина с температурой 740°C и охлаждения в воде. Реологические исследования проводились после каждого испытания на специальной установке в температурном интервале $650\text{--}800^{\circ}\text{C}$ при действии постоянной изгибающей нагрузки. Деформации (прогиб) фиксировались с точностью 1 мкм.

На рисунке 1 показана зависимость прогиба образцов от температуры нагрева при действии постоянной нагрузки в течение 3 минут до закалки и отпуска, а на рисунке 2 – деформация с учетом испытаний после механической обработки. Из рисунков следует, что при температуре 650°C деформации обеих образцов близки. Однако при дальнейшем нагреве деформации неборированного об-

разца превышают деформации борированного и при температуре 800°C эта разница уже двухкратная.

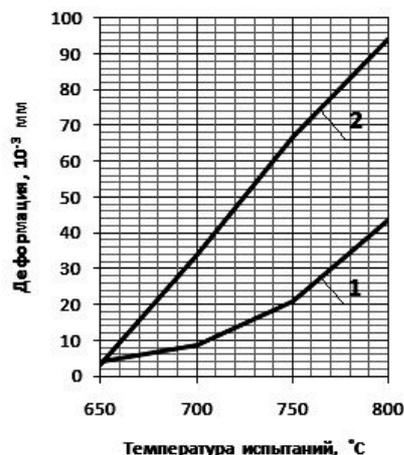


Рисунок 1 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов до закалки

На рисунке 3 показана структура борированного образца. Толщина полученного борированного слоя 90 мкм стабильна по всей поверхности образца в исследованном сечении. Слой состоит из тонких сросшихся в основании игл боридов FeB и Fe_2B .

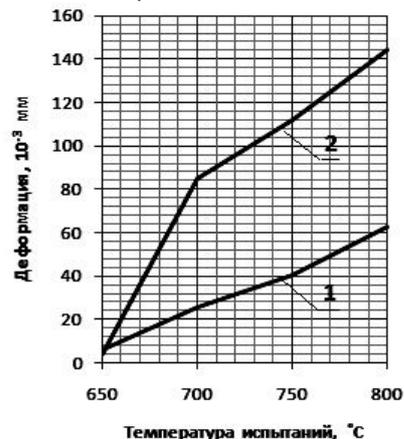


Рисунок 2 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов до закалки с учетом деформаций, полученных при испытании после механической обработки.

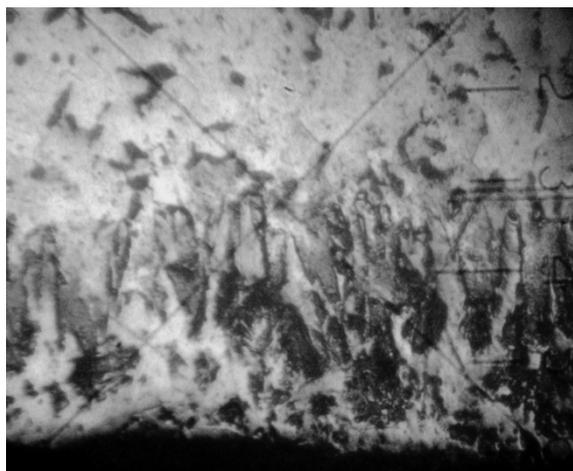


Рисунок 3 – Структура борированного слоя до закалки.

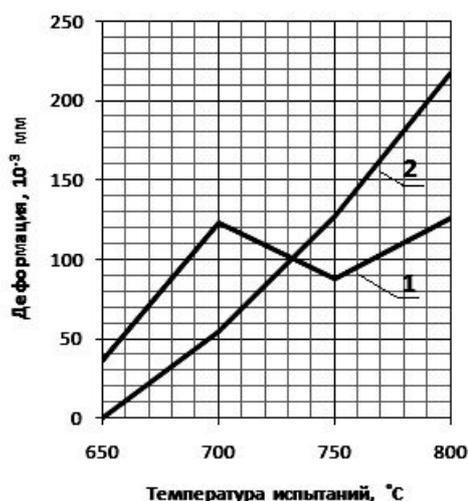


Рисунок 4 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов после закалки

После закалки и отпуска величина и характер деформаций меняется. При тех же температурах величина деформаций увеличивается в 2...3 раза (рисунок 4). При температурах 650...700°C деформации неборированного образца меньше, но при температурах более высоких температурах деформации этого образца превышают деформации борированного почти в два раза.

После проведения закалки и отпуска толщина боридного слоя увеличилась до 135 мкм (рисунок 6), концы боридных игл скруглились. Микротвердость слоя на глубине до 30-60 мкм от поверхности составляет около 2000 HV₁₀₀, на большей глубине – в среднем 1000 HV₁₀₀, основы 140-150 HV₁₀₀.

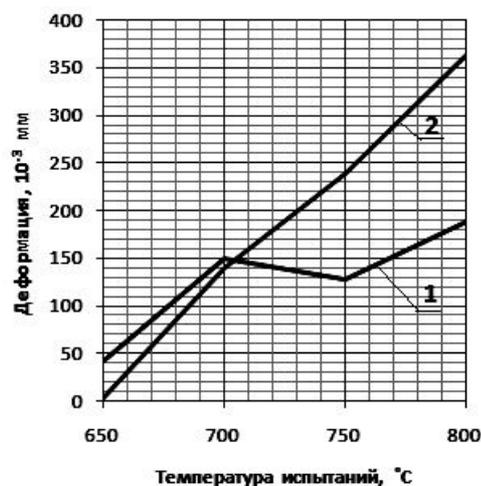


Рисунок 5 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов после закалки с учетом деформаций предыдущих испытаний

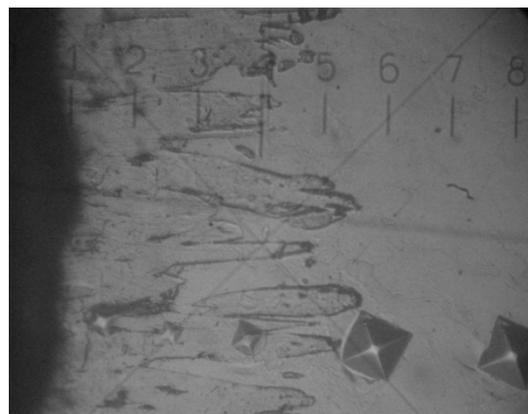


Рисунок 6 – Структура борированного слоя после закалки

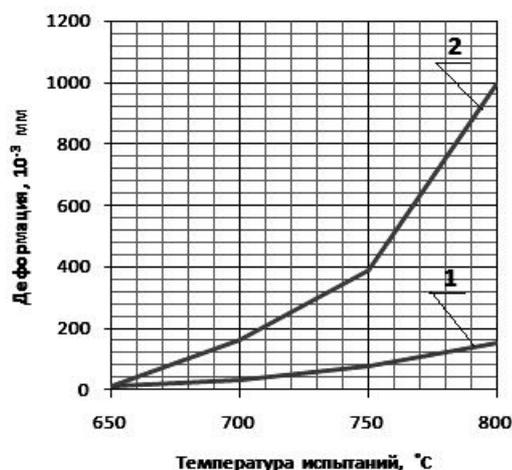


Рисунок 7 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов после 200 теплосмен

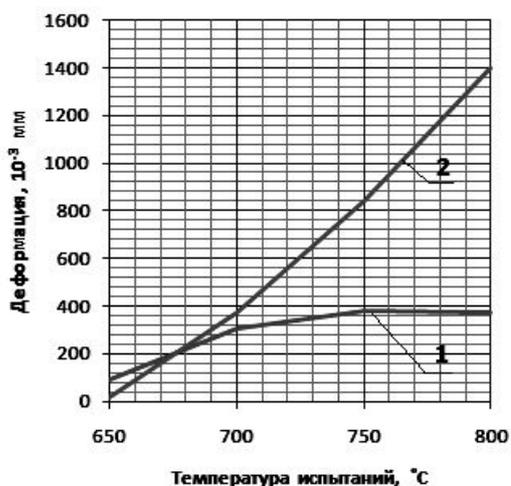


Рисунок 8 – Деформации борированного (1) и неборированного (2) образцов после 200 теплосмен с учетом предыдущих испытаний

Увеличение деформаций после закалки свидетельствует о снятии напряжений литого состояния и улучшения структуры. Воздействие теплосмен приводит к дальнейшему увеличению остаточных деформаций. Однако, деформации, измеренные после 200 теплосмен (рисунки 7, 8) свидетельствуют о том, что борированный образец имеет деформации меньше деформаций неборированного образца в 4-6 раз.

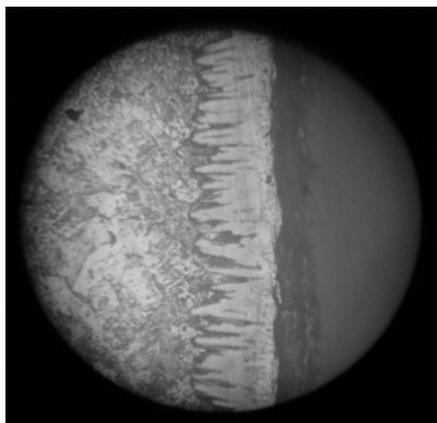


Рисунок 9 – Структура борированного образца после 200 теплосмен, цветное травление, ×100

После термоциклирования в расплаве силумина толщина борированного слоя 120-

130 мкм. Толщина слоя немного уменьшилась, очевидно, из-за воздействия агрессивной среды – жидкого силумина. Слой не имеет трещин, сколов и отслоений. Для предотвращения уменьшения толщины боридного слоя при контакте с расплавом необходимо использовать традиционные защитные покрытия. Структура основы – феррит+ перлит без существенных изменений в процессе термоциклирования.

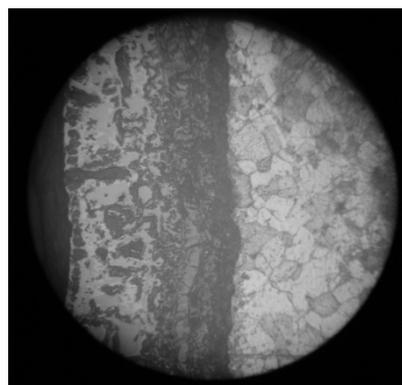


Рисунок 10 – Структура неборированного образца после 200 теплосмен, ×100

Суммарный слой обезуглероженного слоя поверхности неборированного образца (рисунок 10) составил около 1 мм (50% толщины стенки образца). Микротвердость около 120 HV₁₀₀. Отсутствие защиты боридного слоя приводит к значительному ухудшению структуры (рост зерна, окисление границы зерна). Такие изменения структуры приводят к образованию термических напряжений локального характера [2].

Список литературы:

1. Ворошнин Л.Г. Борирование промышленных сталей и чугунов.-Минск.: Беларусь, 1981.-204 с
2. Литье в кокиль; монография/ С.Л. Бураков и др.; под ред. А.И.Вейника; М., Машиностроение, 1980.-415 с.