



УДК 621.771.23:621.785:669.15

Поступила 15.04.2014

В. А. ЛУЦЕНКО, Т. Н. ГОЛУБЕНКО, Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, П. А. БОБКОВ, Л. А. ДРОБЫШЕВСКИЙ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», О. В. ЛУЦЕНКО, А. С. КОЗАЧЕК, Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОРТОВОГО ЛЕГИРОВАННОГО ПРОКАТА НА СТАНЕ 850 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

На основании построенной карты распределения значений твердости от температурно-временных параметров термической обработки хромомолибденовой стали выявлено, что требуемые значения твердости достигаются при 680–650 °С уже в течение 4 ч. Показано, что снижение твердости происходит благодаря большому количеству карбидов, изменивших свою морфологию.

On the basis of the drawn card of the hardness values distribution according to the temperature and time parameters of heat treatment of chrome-molybdenic steel it is revealed that required values of hardness are reached at 680–650 °C within 4 hours. It is shown that decrease of hardness occurs due to large quantity of carbides which have changed their morphology.

Основной задачей металлургического производства в настоящее время является создание таких технологических процессов, которые обеспечивают снижение потребления энергоресурсов и высокое качество изготавливаемой металлопродукции.

Легированный прокат должен обладать однородной структурой и низкими значениями твердости, что улучшает обрабатываемость резанием. Обрабатываемость существенно влияет на технологичность процесса и расход режущего инструмента. Для обеспечения низких значений твердости легированного проката проводится предварительная смягчающая термическая обработка с нагревом до подкритических температур 680–700 °С с длительной изотермической выдержкой. На стане 850 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (ОАО «БМЗ–УКХ «БМК») режим термической обработки для проката диаметром 80–150 мм, в частности из хромомолибденовой стали, склонной к флокенообразованию, достаточно энергоемок, и его длительность составляет 33,5 ч. Поэтому сокращение продолжительности операции отжига в технологическом цикле производства сортового проката является актуальным.

На основании ранее полученных результатов исследований [1, 2] влияния температурно-времен-

ных параметров обработки на свойства хромомолибденовой стали построена прогнозная карта поверхностей распределения значений твердости (рис. 1).

По приведенной карте поверхностей отклика можно прогнозировать параметры режимов, необходимых для получения заданных свойств (твердости). Установлено, что на снижение значений твердости повышение длительности изотермической выдержки оказывает меньшее влияние, чем температура нагрева. Необходимую твердость для хромомолибденовой стали, сниженную на 20–25% по сравнению с исходным состоянием, можно га-

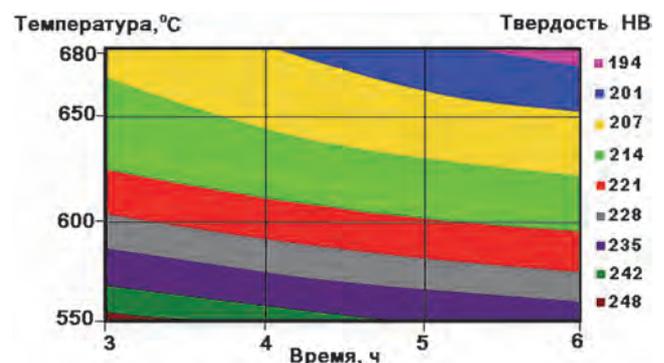


Рис. 1. Карта поверхности отклика зависимости твердости хромомолибденовой стали от температуры и времени выдержки при отжиге

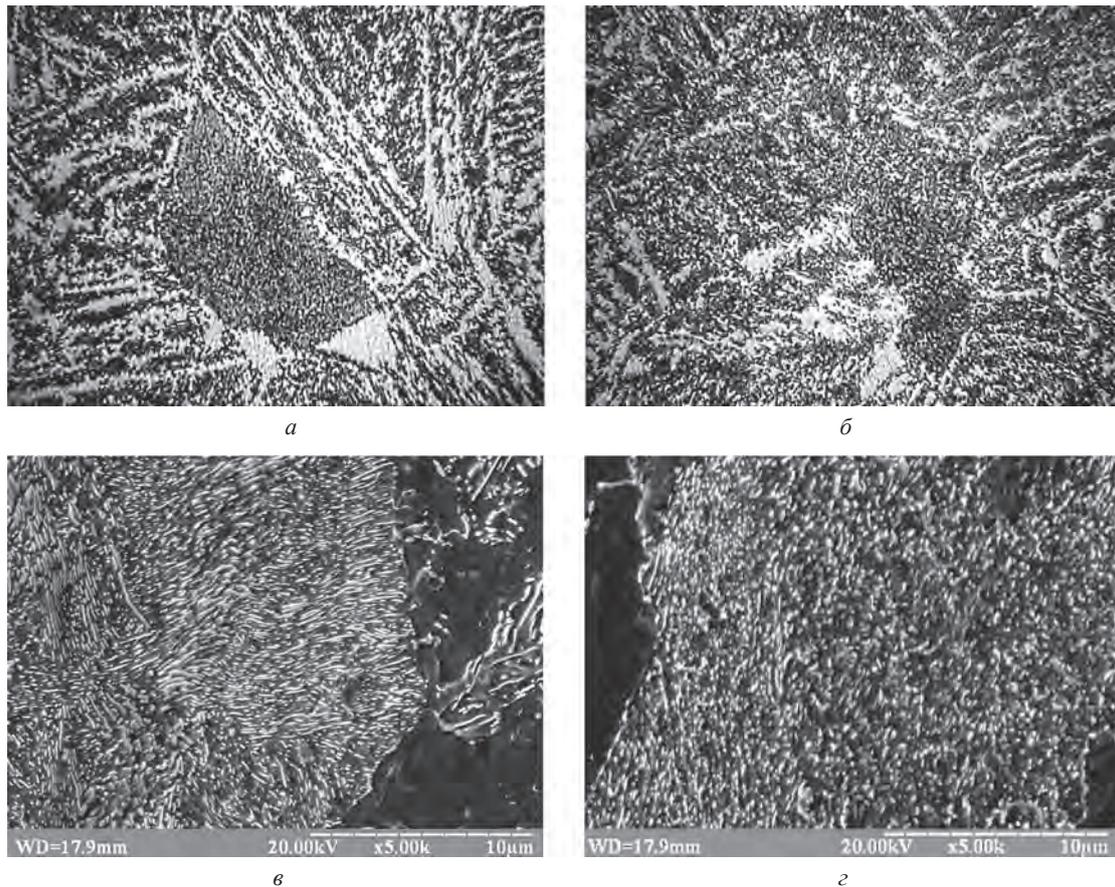


Рис. 2. Микроструктура хромомолибденовой стали после термической обработки с изотермическими выдержками 4 ч (*а, в*) и 6,5 ч (*б, г*). *а, б* – $\times 500$; *в, г* – $\times 5000$

рантировано обеспечить при нагреве до 680–650 °С и выдержке в течение 4 ч. Дальнейшее повышение выдержки не приводит к существенному снижению твердости.

Проведение термической обработки хромомолибденовой стали по режиму с охлаждением после горячей прокатки со скоростью около 0,6–0,8 °С/с и нагревом до подкритических температур с изотермическими выдержками 4 ч (рекомендуемый режим) и 6,5 ч (стандартный режим) показало, что структура стали (рис. 2) существенно не отличается, а максимальные значения твердости составляют 207 и 203 НВ соответственно (при норме не более 250 НВ [2]).

После термической обработки с изотермической выдержкой 4 ч доля цементита, изменившего морфологию с пластинчатой на сферическую, составляет 30–40%, а после выдержки 6,5 ч – 45–55%. Повышение объемной доли зернистого цементита приводит к значительному снижению обшей твердости.

На основании полученных данных термическую обработку проката из непрерывнолитой вакуумированной конструкционной стали рекомендовано проводить с уменьшением длительности изотермической выдержки до 4 ч.

При проведении в металлургическом технологическом потоке термической обработки проката следует стремиться максимально использовать остаточную теплоту предобработок. Особенно это важно для крупного проката, для которого характерно различное протекание структурных превращений по сечению. Использование остаточной теплоты сокращает длительность нагрева, экономит энергию и топливо, способствует выравниванию скоростей нагрева поверхности и центра заготовки, а также равномерности протекания превращений. Поэтому рекомендовано после прокатки температуру конца охлаждения проката установить не ниже 300 °С. Фазовые превращения при достижении этой температуры в легированном прокате, как правило, уже завершены [3–5].

Термическую обработку конструкционного легированного проката на ОАО «БМЗ–УКХ «БМК» проводят в колодцах замедленного охлаждения. Разработанный режим термической обработки, включающий охлаждение после прокатки до температуры 300 °С, нагрев в колодцах до подкритических температур с сокращением продолжительности изотермической выдержки и дальнейшим замедленным охлаждением с печью, внедрен на ОАО «БМЗ–УКХ «БМК» при производстве на ста-

не 850 конструкционного легированного проката. В результате повышения температуры посадки проката в колодцы и сокращения продолжительности изотермической выдержки при подкритических температурах общая продолжительность термообработки сократилась на 5,5 ч.

Внедрение усовершенствованной технологии термической обработки легированного проката на стане 850 ОАО «БМЗ–УКХ «БМК» позволяет на каждом отжиге сократить потребление электроэнергии на 230 кВт и расход природного газа до 800 м³, при этом дополнительно увеличивается производительность колодцев замедленного охлаждения.

Выводы

1. Построена карта поверхности распределения значений твердости от температурно–временных параметров термической обработки. Показано, что значительное снижение (на 20–25%) значений твердости достигается при температурах 680–650 °С и выдержке 4 ч.

2. Сравнительными исследованиями микроструктуры и твердости хромомолибденовой стали,

обработанной с изотермическими выдержками 4 и 6,5 ч, установлено, что структура мало отличается, а значительное снижение твердости происходит благодаря большому количеству карбидов, изменивших свою морфологию.

3. Для легированного сортового проката предложена новая технология комбинированной термической обработки, включающая после горячей прокатки охлаждение до температуры 300 °С, нагрев в колодцах до подкритических температур с сокращением на 2,5 ч продолжительности изотермической выдержки и дальнейшее замедленное охлаждение с печью. Общая продолжительность режима смягчающей термической обработки сократилась на 5,5 ч.

4. Внедрение усовершенствованной технологии термической обработки легированного проката на стане 850 ОАО «БМЗ–УКХ «БМК» позволило повысить производительность термического оборудования, снизить на каждом отжиге расход природного газа на 800 м³ и электроэнергии на 230 кВт.

Литература

1. Изменение морфологии структуры углеродистой хромомолибденовой стали под влиянием термической обработки / В. А. Луценко, Н. И. Анелькин, Т. Н. Голубенко и др. // *Литье и металлургия*. 2010. Спец. выпуск № 3. С. 183–185.
2. Особенности структурообразования конструкционной легированной стали при термической обработке сортового проката / В. А. Луценко, П. А. Бобков, Т. Н. Голубенко и др. // *Литье и металлургия*. 2013. № 1. С. 38–42.
3. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана: справ. термиста / Л. Е. Попова, А. А. Попов. М.: Металлургия, 1991.
4. Особенности формирования структуры в сортовом прокате из конструкционной легированной электростали / В. А. Луценко, П. А. Бобков, Т. Н. Голубенко и др. // *Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и эконом. информации*. 2013. № 1. С. 63–66.
5. Изменение структурного состояния горячекатаного сортового проката из хромомолибденовой стали при отжиге / В. А. Луценко, П. А. Бобков, Т. Н. Голубенко и др. // *Черные металлы*. 2013. № 1. С. 13–17.