

European Commission  
**TEMPUS**

*Advanced mode of valves № 14, 16 500 class thermostrengthening, allowed to increase the productivity of the mill 320 without degradation of mechanical properties, reduce the energy used to produce steel.*

М. А. МУРИКОВ, П. А. БОБКОВ, В. В. ГОРДИЕНКО, А. В. РУСАЛЕНКО, ОАО «БМЗ»

УДК 669.24

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ АРМАТУРЫ № 14, 16 КЛАССА 500 В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 320 ОАО «БМЗ»

В настоящее время термически и термомеханически упрочненный прокат является одним из самых эффективных и массовых видов продукции в черной металлургии. Широкий ассортимент и качество термоупрочненной арматуры производства ОАО «БМЗ» позволяют занимать достойное место на мировом рынке. Учитывая потребности и возможности рынка, коллектив предприятия стремится не только снизить себестоимость и увеличить производительность выпускаемой продукции, но, вместе с тем, сохранить высокие качественные характеристики готового проката. Одним из основных требований, предъявляемых к термически упрочненной арматуре, является высокая однородность и стабильность механических свойств как в пределах конкретных партий, так и в генеральной совокупности. Решение этой задачи возможно лишь при контроле и автоматическом управлении фазовыми превращениями в процессе охлаждения, так как именно они ответственные за формирование структурного состояния, обеспечивающего получение требуемого комплекса механических свойств.

В условиях наращивания объемов производства термоупрочненной арматуры в 2009 г. на стане 320 остро встал вопрос сохранения качества готового проката периодических профилей № 14, 16 класса 500. Данная продукция прокатывается слиттинг-процессом в три нитки из исходных заготовок двух форматов (сечениями 140×140 и 125×125 мм) марки СтЗсп, а также свариваемой стали с содержанием марганца до 1,6 %. Для охлаждения арматуры используется трасса термоупрочнения, состоящая из двух секций. Секции имеют по две автономные зоны охлаждения – 1, 2 и 3, 4, работу которых можно сочетать в разных комбинациях. В каждой зоне установлено по 10

охлаждающих устройств. До недавнего времени термоупрочнение арматуры № 14, 16 класса 500 осуществлялось одностадийным охлаждением по схеме «прерванное охлаждение» [1, 2]. Данный процесс состоит из нескольких периодов. Первый период – быстрое охлаждение, начинающееся сразу же после выхода прутков (3-х ниток) из последней чистовой клетки. В течение этого периода в каждом из прутков происходит закалка поверхностного слоя на некоторую глубину, при этом сердцевина находится в аустенитном состоянии. На втором периоде процесса прутки покидают зону быстрого охлаждения водой. Благодаря теплопроводности тепло из внутренних слоев передается к поверхности, нагревая ее. К концу этого периода происходит выравнивание температуры по сечению прутков с установлением среднемассовой температуры, которую принимают за температуру самоотпуска. Во время второго периода происходит отпуск закаленного приповерхностного слоя. Длительность данного процесса зависит от диаметра прутков и условий охлаждения на первом периоде. Таким образом, изменяя продолжительность охлаждения, можно управлять формированием структуры и свойств стали.

Рост производительности стана при производстве арматуры № 14, 16 класса 500 (рис. 1, 2) обеспечивался за счет увеличения скорости прокатки и, следовательно, удлинения зоны охлаждения. Как известно, ускоренное охлаждение арматурных стержней непосредственно за чистовой клетью стана вызывает в металле значительные термические напряжения, которые в сумме с напряжениями прокатного происхождения и микронапряжениями вокруг неметаллических включений способствуют образованию микрополости, которая под действием растягивающих усилий перерастает

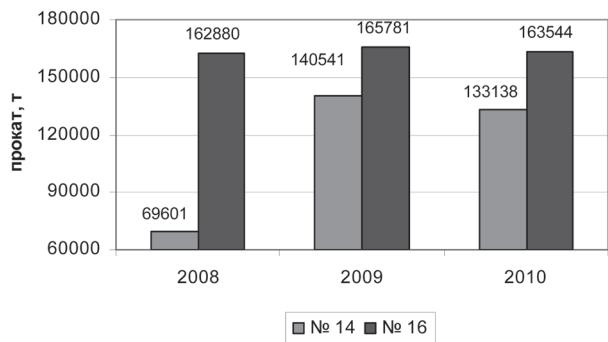


Рис. 1. Производство арматуры № 14, 16 класса 500 за период 2008–2010 гг.

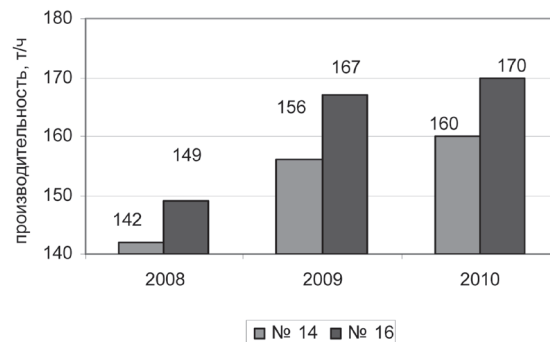


Рис. 2. Рост производительности стана при производстве арматуры № 14, 16 класса 500 за период 2008–2010 гг.

сначала в микротрещину, а затем и макротрещину. При аттестационных испытаниях арматуры на растяжение в зоне разрыва образцов обнаруживались дефекты прокатного происхождения в виде трещин и пустот (рис. 3, 4), при этом полученный комплекс механических свойств и испытания на изгиб соответствовали требованиям нормативной документации для класса 500. Изготовленные поперечные шлифы прутков арматуры № 14 имели кольцо самоотпуска толщиной 1,3–1,4 мм, арматуры № 16 – толщиной 1,70–1,80 мм. В центре исследуемых образцов наблюдалась структура феррито-перлитная, у поверхности – структура отпуска.

Отечественные и зарубежные стандарты на арматурную сталь косвенно предъявляют требования к макроструктуре проката. В данном случае оговариваются требования к испытаниям на усталостную прочность, которая, как известно, зависит от наличия концентраторов напряжений. Кроме того, потребители обращают внимание на товарный вид и качество продукции.

С учетом накопленного опыта в 2009 г. на стане 320 были усовершенствованы и в 2010 г. доработаны схемы настройки трассы термоупрочнения для производства арматуры № 14, 16 класса 500. С целью уменьшения внутренних напряжений в области температур мартенситного превращения,

а также для повышения производительности стана без ухудшения качественных характеристик (механических свойств, макро и микроструктуры) готового проката термоупрочнение данных профилей на класс 500 в настоящее время осуществляется методом двухстадийного охлаждения по схеме «прерывистое охлаждение» (рис. 5).

По принятой схеме термообработки между участками охлаждения имеется промежуточный участок отпуска, на котором устанавливаются трубы с заглушенными форсунками. Это способствует снижению максимального перепада температур между центром тела и поверхностью настолько, что в заключительный момент охлаждения суммарные напряжения (температурные, структурные и прокатного происхождения) снижаются до уровня, заметно меньшего пределов прочности и текучести.

Термоупрочнение арматуры № 14, 16 на класс 500 методом двухстадийного охлаждения позволило исключить образование внутренних дефектов прокатного происхождения (рис. 6, а, б). В лабораторию металловедения для металлографического исследования были представлены образцы данного вида проката. Изготовленные поперечные шлифы прутков арматуры имели два слоя кольца самоотпуска, при этом на № 14 – общей толщиной от

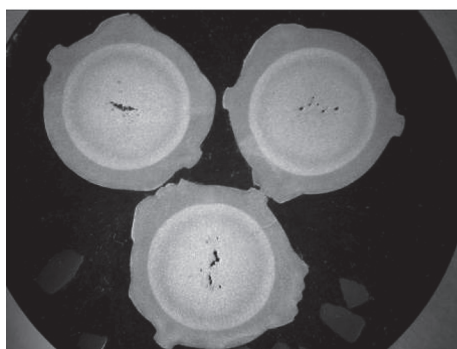


Рис. 3. Макроструктура образцов арматуры № 14 класса А500С при термоупрочнении по схеме «прерывное охлаждение»

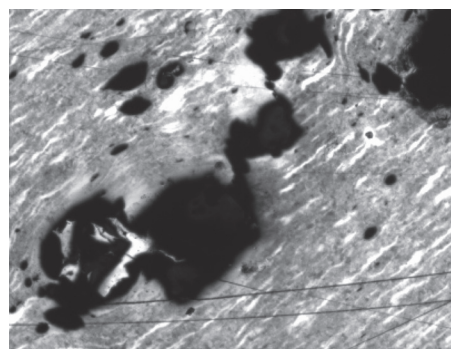


Рис. 4. Микроструктура в зоне дефектов в поперечном сечении образцов арматуры № 14. Травление в реактиве Обергоффера. Ликвационные полосы отсутствуют

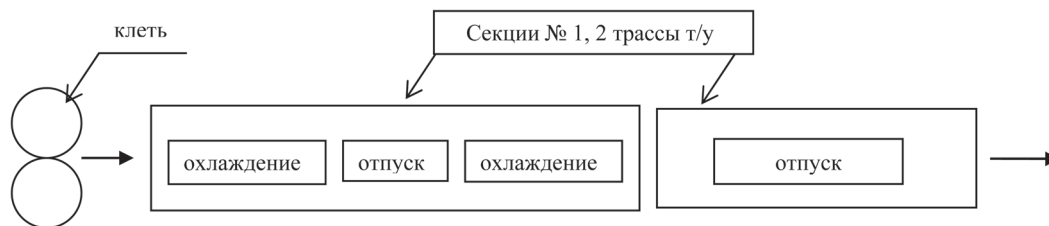


Рис. 5. Схема «прерывистого охлаждения» арматуры № 14, 16 на класс 500

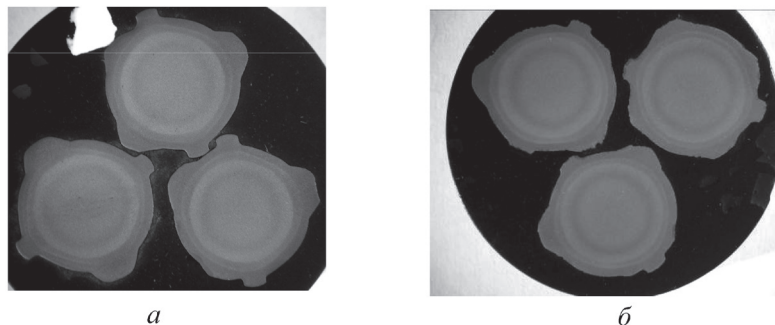


Рис. 6. Макроструктура образцов арматуры класса 500 при термоупрочнении по схеме «прерывистое охлаждение»: а – профиль № 14; б – профиль № 16

1,45 до 1,60 мм при среднем значении 1,54 мм; на № 16 – общей толщиной от 1,70 до 1,90 мм при среднем значении 1,78 мм. В центре исследуемых образцов наблюдалась структура феррито-перлитная, у поверхности – структура отпуска.

Снижение энергоресурсов на производство является одним из факторов, позволяющих предприятию динамично развиваться в сложных экономических условиях и высокой конкуренции на рынке металлопродукции. Перед инженерными и технологическими службами технического управления и сортопрокатного цеха ОАО «БМЗ» была поставлена задача по сокращению затрат на производство арматуры № 14, 16 класса 500, так как в результате перехода на двухстадийное охлаждение данного вида проката общий и удельный расход воды в трассе термоупрочнения увеличились в среднем соответственно при термоупрочнении арматуры № 14 – на 240–250 м<sup>3</sup>/ч и примерно на 1 м<sup>3</sup>/т; при термоупрочнении арматуры № 16 – на 150–200 м<sup>3</sup>/ч и примерно на 0,8 м<sup>3</sup>/т.

Существенным вкладом в снижение энергозатрат при термоупрочнении арматуры № 16 явилась замена в 2009 г. используемых ранее рабочих труб внутренним диаметром 38 мм на трубы внутренним диаметром 29 мм, что позволило в условиях двухстадийного охлаждения снизить общий расход воды примерно на 100 м<sup>3</sup>/ч относительно данных 2008 г.

Кроме того, для решения данного вопроса в зоне охлаждения трассы термоупрочнения наряду со стандартными охлаждающими трубами, имеющими длину до 1,0 м, в зависимости от диаметра арматуры устанавливаются 1 или 2 охлаждающие трубы длиной до 2,1 м. Использование «длинных» охлаждающих труб позволяет уменьшить расход воды в трассе термоупрочнения в среднем на 100–150 м<sup>3</sup>/ч.

Таким образом, усовершенствованный режим термоупрочнения арматуры № 14, 16 класса 500 позволил увеличить производительность стана 320 без ухудшения качества механических свойств, макро- и микроструктуры готового проката и снизить энергозатраты на производство данного вида продукции.

### Литература

1. Производство арматурной стали / Л. Н. Левченко, А. С. Нагапов, Л. Ф. Машкин, Ю. Т. Худик, С. Л. Баскин М.: Metallurgia, 1984.
2. Высокопрочная арматурная сталь / А. А. Кутушин, И. Г. Узлов, В. В. Калмыков, С. А. Мадатян, А. В. Ивченко. М.: Metallurgia, 1986.