



It is shown that improved regime of thermostrengthening of fittings No 14, 16 of class 500 enabled to improve the mill 350 efficiency without worsening of the finished rolled metal quality and to reduce the power inputs for production of this type of products.

А. В. РУСАЛЕНКО, В. В. ГОРДИЕНКО, РУП «БМЗ»

УДК 669.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ АРМАТУРЫ № 14, 16 КЛАССА 500 В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 320 РУП «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 РУП «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 являются ответственными за формирование структурного состояния, обеспечивающего получение требуемого комплекса механических свойств.

В условиях наращивания объемов производства термоупрочненной арматуры 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) марок СтЗсп и СтЗГсп. 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 (трех 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 средне-массовой 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.

Повышение производительности стана при производстве арматуры № 14, 16 класса 500 (рис. 1, 2) привело к увеличению скорости прокатки и, следовательно, удлинению 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 сначала в микро-, а затем и в макротрещину. При аттестационных испытаниях арматуры на растя-

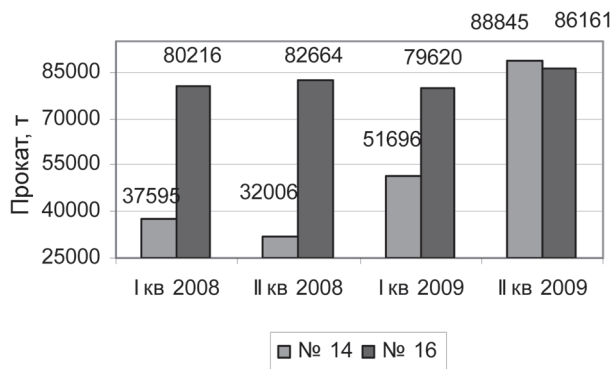


Рис. 1. Рост производства арматуры № 14, 16 класса 500 за период 2008–2009 гг.

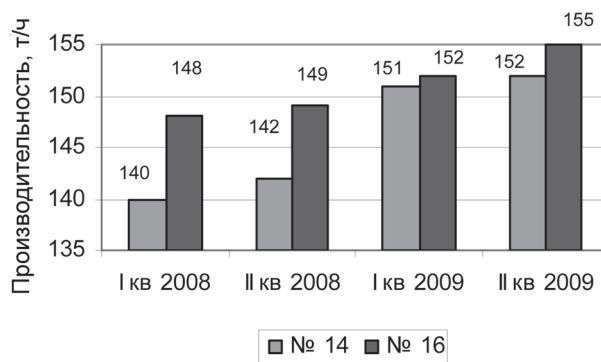


Рис. 2. Рост производительности стана при производстве арматуры № 14, 16 класса 500 за период 2008–2009 гг.

жение 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 существующие схемы настройки трассы термоупрочненной 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 1,45 до 1,60 мм при среднем значении 1,54 мм; на

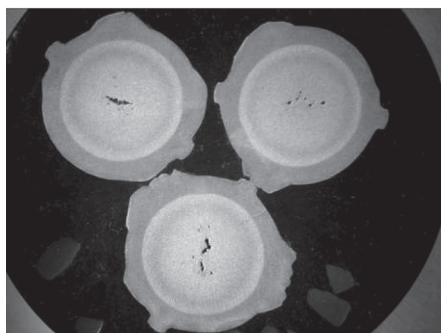


Рис. 3. Макроструктура образцов арматуры № 14 класса А500С при термоупрочнении по схеме «прерыванное охлаждение»

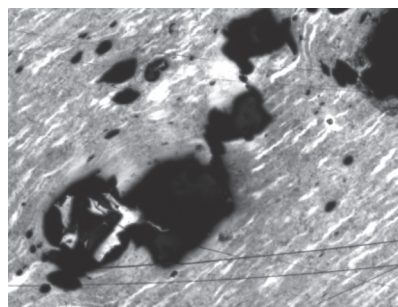


Рис. 4. Микроструктура в зоне дефектов в поперечном сечении образцов арматуры № 14. Травление в реактиве Обергоффера. Ликвационные полосы отсутствуют. ×50

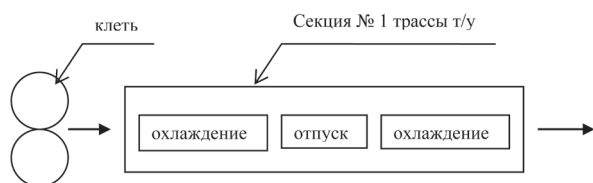


Рис. 5. Схема «прерывистого охлаждения» арматуры № 14, 16 на класс 500

№ 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.

В результате внедрения усовершенствованного режима термоупрочнения практическая производительность стана 320 достигла 154 т/ч (норма 140 т/ч) на № 14 и 160 т/ч (норма 150 т/ч) на № 16 без ухудшения механических свойств, макро- и микроструктуры готового проката.

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 РУП «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 на 240–250 м³/ч и примерно на 1 м³/т при термоупрочнении арматуры № 14, на 150–200 м³/ч и примерно на 0,8 м³/т при термоупрочнении арматуры № 16.

Для решения данного вопроса в зоне охлаждения трассы термоупрочнения наряду со стандартными охлаждающими трубами, имеющими длину до 1 м, в зависимости от диаметра арматуры устанавливается одна или две охлаждающие трубы длиной до 2,1 м. Использование «длинных» охлаждающих труб позволяет уменьшить расход воды в трассе термоупрочнения в среднем на 100–150 м³/ч.

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 м³/ч относительно данных 2008 г.

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

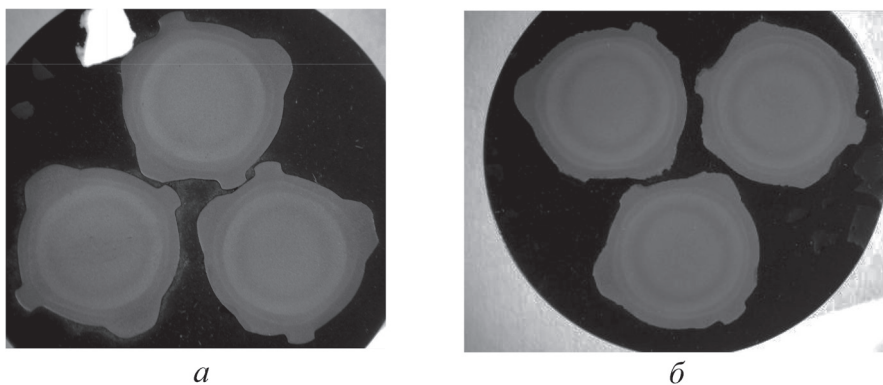


Рис. 6. Макроструктура образцов арматуры класса 500 при термоупрочнении по схеме «прерывистое охлаждение»: а – профиль № 14; б – профиль № 16

Литература

1. Производство арматурной стали / Л. Н. Левченко, А. С. Натапов, Л. Ф. Машкин, Ю. Т. Худик, С. Л. Баскин. М.: Металлургия, 1984. С. 59–98.
2. Высокопрочная арматурная сталь / А. А. Кугушин, И. Г. Узлов, В. В. Калмыков, С. А. Мадатян, А. В. Ивченко. М.: Металлургия, 1986. С. 70–75.