



*The peculiarities of construction of thermomechanical hardening of rolled metal of operating line of the mill 320 cooling are considered, their merits and demerits are analyzed.*

С. М. ЖУЧКОВ, ИЧМ НАН Украины,  
В. А. МАТОЧКИН, Д. И. АНДРИАНОВ, М. А. МУРИКОВ,  
Н. И. АНЕЛЬКИН, А. В. РУСАЛЕНКО, РУП «БМЗ»,  
П. В. ТОКМАКОВ, А. И. ЛЕЩЕНКО, ИЧМ НАН Украины

УДК 621.771.22.06-71

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЛИНИИ ОХЛАЖДЕНИЯ СТЕРЖНЕВОГО АРМАТУРНОГО ПРОКАТА РУП «БМЗ»

Термомеханическая обработка проката в технологическом потоке мелкосортных и проволочных станов в металлургической отрасли СССР начала осваиваться в 60-х годах прошлого столетия в процессе массового строительства и пуска непрерывных станов. Реализация этого процесса происходила в условиях уже действующих станов, в проектах которых процесс поточной термомеханической обработки проката не был предусмотрен, т.е. соответствующего места для расположения охлаждающих секций требуемой длины не было. В связи с этим развивались два направления реализации этого процесса: в условиях комбината «Криворожсталь» специалисты Института черной металлургии (ИЧМ) шли по пути увеличения давления охлаждающей воды в прямооточных форсунках (до 30 бар), а специалисты Днепропетровского металлургического института (ныне Национальная металлургическая академия, НМетАУ) на Макеевском металлургическом комбинате использовали щелевые противоточные форсунки с давлением охлаждающей около 20 бар. В основном это были охлаждающие устройства с подачей охлаждающей воды в зону охлаждения через кольцевые форсунки [1–4]. Особенно интенсивно развивались средства для термомеханической обработки проката при концептуальном изменении конструктивно-структурного состава современных высокоскоростных мелкосортных и проволочных станов и реализации на них новых нетрадиционных технологических процессов прокатки [5]. Технические и технологические решения, направленные на совершенствование процес-

са термомеханического упрочнения проката с прокатного нагрева, которые создавались в процессе развития научных и технологических основ этого процесса, могут явиться базой для новых разработок и эффективно использоваться при совершенствовании технологии и оборудования для термомеханического упрочнения проката мелкого сечения, получаемого с применением процесса многоручьевого прокатки-разделения в условиях РУП «БМЗ».

В 70-е годы XX столетия специалистами ИЧМ была разработана прямооточная охлаждающая форсунка низкого давления (7–12 бар), которая использовалась вместо струйных форсунок. Использование новой форсунки на проволочном стане 150 Белорецкого металлургического комбината [6] повысило равномерность подачи охладителя в зону охлаждения через отверстия. Это обеспечило устранение местной подкалки проката в виде продольных полос на его поверхности от струй воды. Аналогичные форсунки были впоследствии установлены также на стане 250-2 Магнитогорского металлургического комбината. С учетом накопленного опыта разработаны предложения по совершенствованию охлаждающих устройств и режимов охлаждения с целью повышения прочностных и пластических характеристик арматурного проката мелких сечений на мелкосортном стане 320 РУП «БМЗ». При этом учитывалось, что температурно-скоростные параметры прокатки, имевшие место при использовании указанных разработок, охватывают весь диапазон изменения температурно-скоростных условий про-

катки и охлаждения арматурного проката № 10, 12 на мелкосортном стане 320 РУП «БМЗ», получаемых с применением процесса прокатки-разделения.

### Особенности конструкции средств термомеханического упрочнения проката действующей линии охлаждения стана 320

Действующая линия термомеханического упрочнения проката с прокатного нагрева стана 320 состоит из ряда последовательно расположенных по ходу технологического процесса однотипных устройств для поверхностной обработки проката. Общий вид одного такого устройства схематично показан на рис. 1. К особенностям охлаждающих устройств действующей линии термомеханического упрочнения проката стана 320 необходимо отнести следующее. Быстросъемные охлаждающие устройства состоят из корпуса со вставной форсункой и включают набор сопел, расположенных по периметру рабочей камеры, охлаждающую трубу и перфорированный насадок типа «сито». Максимальная длина охлаждающего устройства около 1,3 м. Диаметр цилиндрических участков проходного сечения охлаждающего устройства для термомеханической обработки арматурных профилей №10, 12 составляет 18–21 мм. Охлаждающее сопло, устанавливаемое в корпусе форсунки, выполнено с отверстиями диаметром 6–8 мм.

К достоинствам действующего охлаждающего устройства необходимо отнести следующее.

1. Относительно небольшая длина охлаждающей камеры, что способствует улучшению условий транспортирования раската.

2. Удачный выбор соотношения диаметра проходного сечения форсунки и номинального диаметра готового арматурного профиля. Это соотношение, составляющее 1,8–2,2, соответствует современным конструкциям форсунок, используемым в настоящее время на мелкосортных и проволочных станах.

3. Наличие в конструкции устройства насадки типа «сито», обеспечивающего удаление воды с поверхности охлаждаемого проката.

В качестве недостатков действующего охлаждающего устройства отметим следующее.

1. Струйная подача охлаждающей воды в рабочую зону охлаждения, принятая в конструкции устройства, может создавать условия для местной подкалки поверхности проката.

2. Отсутствие условий для разрыва «паровой рубашки» на охлаждаемой поверхности раската. При длине трубы около 1,3 м и узкой кольцевой щели между прокатом и внутренним диаметром рабочей зоны охлаждающей трубы отсутствует возможность вариации давления охладителя, что

ухудшает условия отвода тепла от охлаждаемого проката.

Указанные недостатки действующего охлаждающего устройства могут являться причиной образования неравномерности структуры по сечению проката, ухудшающей показатели качества готового арматурного проката при испытании на изгиб.

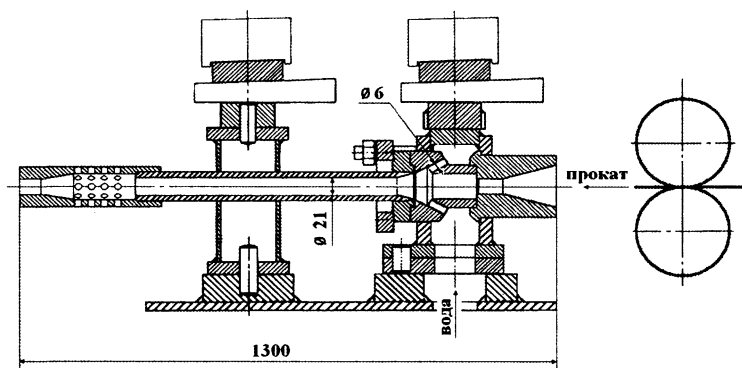


Рис. 1. Общий вид устройства для поверхностной обработки проката линии термомеханического упрочнения стана 320

Известные в технической литературе исследования, направленные на интенсификацию теплообмена при совершенствовании конструкции охлаждающих устройств [4], не позволяют решить эффективно эту задачу с одновременным снижением расхода охлаждающей жидкости. Так, при внутреннем диаметре рабочей камеры 27 мм и длине камеры охлаждения 4 м поверхность проката круглого сечения диаметром 6,5 из Ст. 3 охлаждалась от температуры 1050 °С только до 650 °С, что выше точки мартенситного превращения углеродистых и низколегированных сталей. При этом давление воды перед камерой составляло 30 бар.

Для улучшения охлаждающей способности действующих секций участка термомеханической обработки арматурного проката, получаемого с применением процесса многоручьевой прокатки-разделения на стане 320 РУП «БМЗ», разработаны предложения по совершенствованию конструкции устройства, направленные на интенсификацию теплообмена между горячим прокатом и охлаждающей средой. Реализация этих предложений обеспечивает охлаждение проката, в том числе арматурных профилей, до температур ниже точки мартенситного превращения (для сталей углеродистых и низколегированных типа 25Г2С точка мартенситного превращения 320 °С) при одновременном уменьшении давления охладителя, подаваемого в рабочую камеру.

Интенсификация теплообмена между горячим прокатом и охладителем с одновременным снижением расхода охлаждающей жидкости в охлаждающем устройстве усовершенствованной конструкции обеспечивается за счет применения вариатора давления охлаждающей воды, способствующего разрыву «паровой рубашки» на поверхности

охлаждаемого раската. Вариаторы давления представляют собой систему трех повторяющихся элементов: конфузора, цилиндрического участка и диффузора, расположенных внутри рабочей камеры охлаждающего устройства. Вариатор давления должен быть выполнен с нормированными параметрами. Этим достигается необходимая интенсивность теплообменных процессов между горячим металлом и охладителем.

Общий вид (схема) устройства для охлаждения арматурного проката для охлаждения арматурного проката усовершенствованной конструкции, предназначенного для использования в линии термомеханического упрочнения стана 320, показан на рис. 2.

Это устройство работает следующим образом. Горячий прокат после выхода из чистового калибра последней клетки стана поступает в устройство через вводную проводку. Одновременно в устройство через патрубок (рабочий канал) вводится обрабатывающая среда, в качестве которой могут быть использованы вода, пар, растворы, сжатые газы, газожидкостная смесь и др. Обрабатывающая среда, например вода, под давлением от 3 до 15 бар (практически используемое давление на мелкосортных станах) подается в рабочую камеру (охлаждающую трубу) в направлении движения проката через кольцевое сопло 4. В охлаждающей трубе происходит охлаждение проката за счет скоростного воздействия потока обрабатывающей среды на его поверхность. После прохождения рабочей камеры обрабатывающая среда поступает в перфорированный насадок и удаляется из устройства. Из полости рабочего канала часть охлаждающей среды под давлением поступает в сопловые отверстия, одновременно с подачей основного ее количества через кольцевое сопло в полость проводки. Здесь происходит высокоскоростное смешивание охлаждающей воды с подсосывающим воздухом, диспергирование распяленного потока и истечение его через выходную часть проводки в рабочую камеру. Здесь осуществляется форсированное охлаждение проката путем активного высокоскоростного воздействия двух потоков охладителя: центрального газожидкостного и периферийного жидкостного. Механизм процесса охлаждения при этом следующий. Сформированный центральный поток охладителя поступает в охлаждающую трубу, примыкая непосредственно к поверхности горячего проката в виде кольца одинаковой толщины. При соприкосновении с горячей поверхностью тонкодисперсные капли интенсивно испаряются и эффективно отбирают тепло от проката. Вблизи обрабатываемой поверхности создается ламинар-

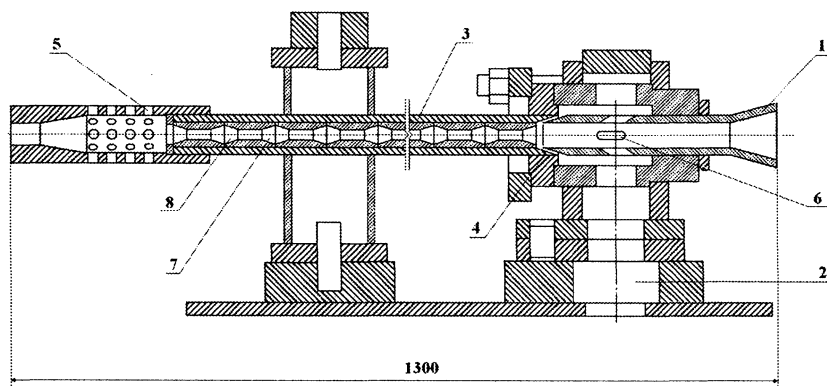


Рис. 2. Усовершенствованное устройство для охлаждения арматурного проката, предназначенного для использования в линии термомеханического упрочнения стана 320: 1 – вводная проводка; 2 – патрубок; 3 – рабочая камера; 4 – кольцевое сопло; 5 – перфорированный насадок; 6 – сопловые отверстия

ный слой смеси охлаждающей воды и пара, в результате чего отвод тепла от поверхности проката замедляется за счет воздействия так называемой "паровой рубашки". Местные изменения диаметра (сужения и расширения) внутреннего пространства рабочей камеры, образованные вариаторами давления, способствуют повышению последнего в цилиндрической части рабочей камеры. При этом соответственно повышается температура кипения жидкости. В результате этого затрудняется образование "паровой рубашки" на поверхности проката и, следовательно, интенсифицируется теплоотдача от горячего проката к охлаждающей жидкости. Кроме того, рабочая камера со сложным профилем внутренней поверхности способствует меньшему расходу охлаждающей воды за счет повышения коэффициента теплоотдачи в турбулентном потоке.

Интенсивность теплоотдачи изменяется при изменении соотношения диаметров цилиндрических частей трубы с перфорированным насадком и номинального диаметра чистого калибра последней клетки стана.

Расчетно-аналитическая оценка эффективности работы устройства термомеханического упрочнения проката усовершенствованной конструкции в условиях стана 320 при прокатке и охлаждении арматурных профилей №10 и 12 позволила установить основные соотношения геометрических параметров устройства. Как показал анализ, конструктивные особенности и соотношения параметров устройства проката дают возможность интенсифицировать теплообменные процессы при ускоренном охлаждении проката, в частности, арматурных профилей № 10 и 12 при одновременном уменьшении давления охладителя, подаваемого в рабочую камеру. Наличие перфорированного насадка на конце рабочей камеры улучшает условия по удалению (отсечке) охлаждающей воды с поверхности проката, что является необходимым условием при входе проката в "сухие" проводки для его самоотпуска после

переохлаждения поверхности. Это способствует повышению равномерности структуры по сечению готовой продукции.

### **Выводы**

Дан краткий анализ развития процесса термомеханической обработки проката в технологическом потоке мелкосортных и проволочных станов.

Рассмотрены особенности конструкции средств термомеханического упрочнения проката действующей линии охлаждения стана 320. Проанализированы их достоинства и недостатки.

На основании анализа технической литературы и патентной документации, результатов расчетно-аналитических исследований, математической обработки результатов экспериментальных исследований, анализа особенностей производства арматурного проката малых сечений, получаемых методом прокатки-разделения в условиях стана 320 РУП «БМЗ», разработаны технические и технологические предложения по совершенствованию процесса термомеханической обработки проката и оборудования для его реализации. Реализация технологических предложений может быть выполнена на существующей линии термомеханической обработки проката, а конструктивные

изменения действующей установки не требуют значительных капитальных затрат.

Использование разработанных технологических и технических предложений повысит показатели качества арматурного проката, технологическую гибкость оборудования, уменьшит расход воды.

### **Литература**

1. Губинский В.И., Минаев А.Н., Гончаров Ю.В.. Уменьшение окалинообразования при производстве проката. Киев: Техника, 1981.
2. Принудительное охлаждение сортового проката в потоке мелкосортных станов / Н.А. Гуров, В.А. Сацкий, В.В. Гетманец и др. // Сталь. 1974. №8. С. 716–719.
3. Разработка промышленной технологии производства арматурной стали класса Ат-III в потоке прокатного стана / Ю.Т. Худик, В.А. Сацкий, А.В. Ивченко и др. Сталь. 1978. №4. С. 331–336.
4. Разработка устройств для ускоренного охлаждения катанки из углеродистых и легированных сталей / К.Ф. Стародубов, Ю.Т. Худик, В.Т. Худик и др. // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1973. № 2(80). С. 28–30.
5. Совершенствование технологии и оборудования двухстадийного охлаждения катанки / С.М. Жучков, А.А. Горбанев, Б.Н. Колосов и др. // Бюл. «Черная металлургия». М.: ОАО «Черметинформация». 2004.
6. А.с. 1002371 СССР: Устройство для поверхностной обработки проката.