

дослідження на прикладі ударних пошкоджень стільникової панелі показали можливість використання запропонованого методу для інтерпретації результатів неруйнівного контролю композитів.

Список літератури: 1. Фудзиси, Т. Механика разрушения композиционных материалов / Т. Фудзиси, М. Дзако; пер.с япон. – М.: Мир, 1982. – 232 с. 2. Krajcinovic, D. Statistical aspects of the continuous damage theory / D. Krajcinovic, M. D. Silva // Int. J. Solids Struct. – 1982. – №18. – P. 551-562. 3. Hudson, J. A. Tensile strength, Weibulls theory and a general statistical approach to rock failure / J. A. Hudson, C. Fairhurst // The Proceedings of the Civil Engineering: Materials Conference (Part 2), Teeni, M., 1969. – Southampton, 1969. – pp. 901-904. 4. Еременко, В. С. Обнаружение ударных повреждений сотовых панелей методом низкоскоростного удара / В. С. Еременко, В. М. Мокийчук, А. М. Овсянкин // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. – №1. – С. 24 – 27. 5. Cawley, P. The mechanics of the coin-tap method of non-destructive testing / Cawley P., Adams R. D. // Jourural of sound and vibration. – № 2 (122). – 1988. P. 299 – 313.

УДК 621.314

Метод оцінювання ступеня ушкодження композиційних матеріалів / Єременко В. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.21-26 . – Бібліогр.: 5 назв.

В статье рассмотрены вопросы разрушения композиционных материалов, предложена методика определения интегрального параметра, характеризующего изменение физико-механических свойств в дефектных зонах изделия – коэффициента поврежденности материала. Представлены результаты экспериментальных исследований проведенных на сотовых панелях с ударными повреждениями.

Ключевые слова: композиционные материалы, неразрушающий контроль, степень поврежденности.

This paper overview problem of fracture of composite materials and presents technique of estimation the integral parameter called the coefficient of material damage which characterizes changes of physic-mechanical properties in defective zones of composite material. Experimental results obtained in studies of honeycomb sandwich panels with impact damages.

Keywords: composite materials, non-destructive testing, the degree of damage.

УДК 669.1.002.5:621.78

В. Г. ЛЯСОВ, директор прокатного департамента, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

А. В. МАМАЕВ, менеджер, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

И. А. ГУНЬКИН, инженер-технолог, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;

С. О. МАЦЫШИН, аспирант, Металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛИНИИ УСКОРЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНОГО СТАНА 250-4 ПАО «АМКР»

В статье рассмотрено предложение по реконструкции линии ускоренного охлаждения для обеспечения гибкого управления процессом термомеханического упрочнения арматурного проката.

Ключевые слова: реконструкция, линия ускоренного охлаждения, гибкое управление, термомеханическое упрочнение, арматурный прокат.

Введение. На сегодняшний день повышение качества продукции является одной из основных задач металлургического производства, последовательное

решение которых способно обеспечить продукции необходимую конкурентоспособность на рынках сбыта продукции [1-6].

Пути решения указанных задач заключаются в разработке и освоении новых технологий и оборудования для термомеханического упрочнения проката, что в свою очередь дает возможность управлять процессом формирования физико-механических и потребительских свойств продукции, соответствующей международным требованиям.

Термическое упрочнение арматурного проката в потоке прокатки непрерывных станов в свое время явилось одним из наиболее прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих существенное повышение комплекса механических и эксплуатационных свойств готового проката, изготавливаемого из низкоуглеродистых и низколегированных марок сталей [2].

Цель работы. Целью работы было разработка новой линии ускоренного охлаждения с гибкой системой управления процессом термомеханического упрочнения арматурного проката, соответствующего различным требованиям международных стандартов.

Методика экспериментов. Исследования проводились в условиях мелкосортного стана 250-4 СПЦ-2 ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог».

Обсуждение результатов. Арматурный прокат на МС 250-4 производят методом прокатки с разделением. По каждой стороне стана из чистой клетки выходит две нитки проката.

Используемая в настоящее время линия ускоренного охлаждения (далее – ЛУО) (рис. 1) состоит из нагнетающей форсунки (1) с двумя входами (для каждой нитки) и двумя выходами. После форсунки прокат вместе с водой попадает в камеры отдельного охлаждения (2). Эти две камеры постепенно сближаются и заканчиваются так называемой "сводкой". После сводки раскат (обе нитки одновременно) движется в камерах совместного охлаждения (3). Заканчивается ускоренное охлаждение после того, как вода отводится от раската узлом сброса отработанной воды (4). После линии ускоренного охлаждения располагаются двухбарабанные ножницы (5).

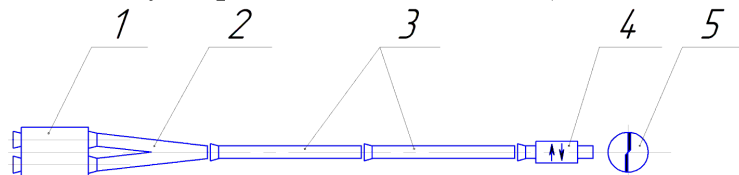


Рис. 1 - Существующая линия ускоренного охлаждения МС 250-4

При такой схеме степень охлаждения в значительной мере зависит от организации потока на первой стадии ускоренного охлаждения. Именно на этом участке происходит формирование омывающего раската потока охлаждающей воды. В первую секунду охлаждения происходит очень быстрое снижение температуры поверхности раската (в теории - до температуры охлаждающей воды). Эти процессы происходят сразу после форсунок в камерах отдельного охлаждения. А в камерах совместного охлаждения процесс теплосъема происходит менее интенсивно. Первоначальное различие температур по ниткам уже создано в камерах отдельного охлаждения, и не может быть устранено даже идеальным совместным охлаждением.

В любой ЛУО степень охлаждения (т.е. конечную температуру раската) можно регулировать двумя способами: изменять интенсивность и время охлаждения.

Интенсивность охлаждения чаще всего изменяют путем изменения давления охлаждающей воды в коллекторе перед форсункой. Примерно тот же эффект

получается при изменении степени заполнения камеры охлаждения, т.е. регулировки целевого зазора, через который в форсунке подается вода. Такой подход интуитивно понятен и обладает кажущейся простотой. Однако, это кажущаяся простота. На рис. 2 схематично показана зависимость температуры конца ускоренного охлаждения от давления воды перед форсункой.

Как видно из рис.2, возможность регулирования степени охлаждения давлением крайне ограничена. Во-вторых, существует некое насыщение.

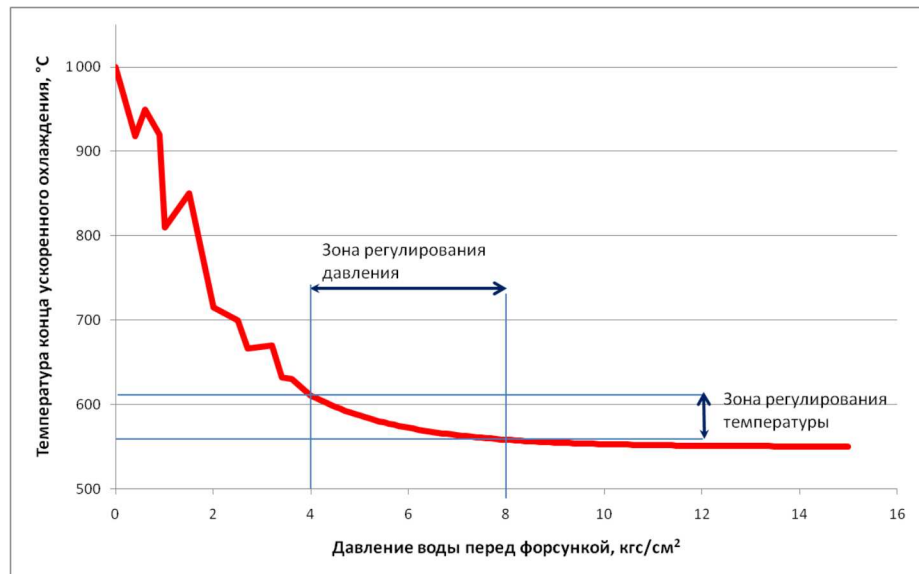


Рис. 2 - Схематичное отображение зависимости температуры конца ускоренного охлаждения от давления воды в коллекторе перед форсункой при регулировании степени охлаждения путем изменения его интенсивности

На приведенной диаграмме видно, что при давлении порядка 8 кгс/см² температура самоотпуска раската практически стабилизируется. Дальнейшее повышение давления воды не приводит к снижению температуры раската. Зато появляются перерасход воды и разгон раската после его выхода из чистой клетки за счет гидротранспортирования. А, во-первых, зона, в которой можно уверенно регулировать температуру крайне узкая. На приведенной схеме видно, что при давлении воды перед форсункой ниже 4 кгс/см² охлаждение становится нестабильным. Зависимость "температура, как функция давления" перестает быть монотонной. Строго говоря, такая зависимость пропадает, как таковая. В итоге для регулировки температуры у нас остается участок с давлением 4 ÷ 8 кгс/см², который позволяет изменять температуру в интервале Δ 50 °C.

Время охлаждения изменяют путем изменения длины зоны активного охлаждения (ЗАО). Поскольку раскат после последней клетки движется с постоянной скоростью, время охлаждения однозначно определяется скоростью прокатки и длиной ЗАО. Если отвлечься от второстепенных факторов, то длина ЗАО - это расстояние от форсунки до узла сброса отработанной воды. Т.е. для того, чтобы изменить время охлаждения необходимо передвигать либо форсунку, либо узел сброса.

Можно считать, что на "Криворожстали" в свое время была создана уникальная конструкция узла сброса отработанной воды (отсечки), не требующего для своей работы подвода воды высокого давления. Отсутствие необходимости в подаче воды высокого давления позволяет сравнительно просто перемещать отсечку в требуемое место. Единственный необходимый для работы узла энергоноситель - сжатый воздух при давлении до 3 кгс/см².

Применяемая в настоящее время схема изменения длины зоны активного охлаждения в линии МС 250-4 показана на рис. 3. Отсечка стоит после камеры

совместного охлаждения. В нее входят оба раската двух ниток. При установке отсечки в крайнее дальнее положение обеспечивается максимальная степень охлаждения раската. Передвигая узел сброса ближе к форсункам, можно уменьшать длину зоны активного охлаждения, как следствие - время и степень охлаждения. Установка узла сброса сразу за сводкой дает минимальную степень охлаждения.

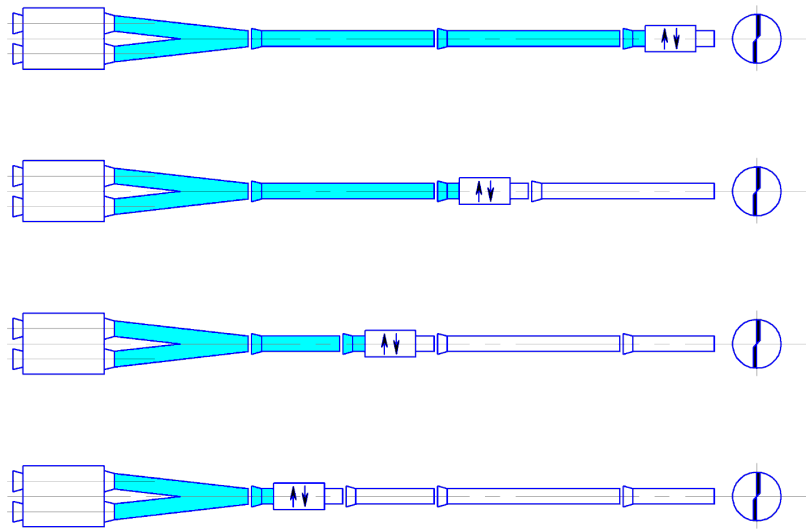


Рис. 3 - Принципиальная схема изменения степени охлаждения проката в существующей ЛУО

Анализ (рис. 3) сразу показывает нам основной недостаток существующей ЛУО. Самая малая степень охлаждения ограничивается длиной камер отдельного охлаждения. Т.е. существует некая "мертвая зона", в которой невозможно установить отсечку (см. рис. 4). Этот недостаток ЛУО не был критическим в то время, когда она создавалась. На тот момент времени МС 250-4 специализировался на производстве арматурного проката диаметром 12 мм классов А400С и А500С по ДСТУ 3760. Расширение сортамента стана и необходимость производства горячекатаных видов арматурного проката классов А400 по ГОСТ 5781 и Grade 40 по ASTM 615 привели к необходимости уменьшать длину камер отдельного охлаждения, передвигать сводку ближе к форсункам. Однако такие мероприятия имеют границы. Существуют разумные пределы углов, по которым можно изменять направление движения раската. Дальнейшее снижение степени охлаждения за счет длины ЗАО стало невозможным. Снижать степень охлаждения пришлось за счет уменьшения давления воды перед форсункой. Трудности, возникающие при таком подходе, описаны выше. Как следствие, возникла технологическая проблема кривизны прутков и увеличения доли некондиции.

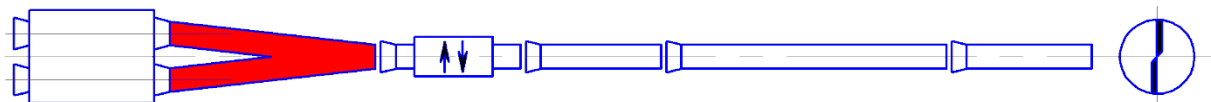


Рис. 4 - Основная проблема существующей ЛУО. Красным цветом показана "мертвая зона"

В результате проведенного анализа был предложен следующий вариант реконструкции линии ускоренного охлаждения. Главная задача, поставленная при разработке проекта, была возможность поэтапного внедрения проекта. Каждая стадия внедрения проекта позволяет решить свой круг задач:

1. Реконструкция второго блока линии ускоренного охлаждения, что даст возможность освоить высокопрочный арматурный прокат №№ 10-14 (классы А800 и А1000).
2. Внедрение средств автоматизации, с целью автоматизации процесса

термомеханического упрочнения проката.

3. Изготовление линии ускоренного охлаждения с параллельным расположением камер.

4. Внедрение гибкой линии ускоренного охлаждения по принципу "Телескоп".

Первый этап внедрения проекта заключается в изготовлении узлов ЛУО, обеспечивающих параллельное движение раската в отдельных камерах (рис. 5).

После первого этапа внедрения МС 250-4 будет способен производить арматурный прокат Ø8-16 мм.

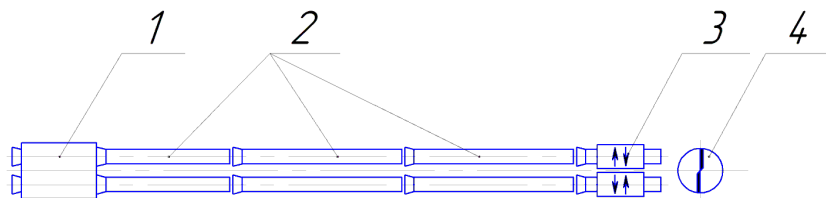


Рис. 5 - ЛУО второй секции первого блока

Предлагаемая линия ускоренного охлаждения

арматурного проката состоит из форсунки (1). Форсунка спаренная, имеет два входа для охлаждаемого проката и два выхода на камеру ускоренного охлаждения для проката и охлаждающей воды. Камеры ускоренного охлаждения (2) располагаются параллельно. Раскат каждой нитки движется по отдельной камере. Узел сброса отработанной воды (3) может передвигаться, за счет чего изменяется длина зоны активного охлаждения (рис. 7). Перемещение осуществляется как дискретно (остановка стана и установка узла сброса в соответствующее положение), так и непрерывно (оперативное изменение длины ЗАО устройством типа "телескоп").

Для того чтобы уйти от недостатка, связанного с наличием «мертвой зоны» (описано выше), предлагается предусмотреть два типа установки узла сброса:

стационарно и "телескопом".

При стационарной установке отсечки мы можем передвинуть ее вплотную к форсунке (самое нижнее положение на рис. 6). Это положение обеспечивает охлаждение горячекатаного проката малых (8, 10 мм) диаметров. Кроме этого важна возможность установки отсечки на максимальную длину для Ø 14, 16 мм.

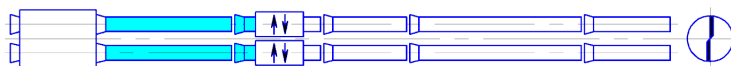


Рис. 6 - Схема изменения степени охлаждения проката в ЛУО второй секции I блока

Для автоматизации процесса изменения длины охлаждения проката производится по принципу «телескопа» в I блоке ЛУО. С целью реализации производства высокопрочной арматуры

классов А800, А1000 предусматривается использовать второй блок ЛУО с охлаждением двух раскатов в одной охлаждающей трубе (рис. 7).

Работы по расчету ЛУО, определение параметров и размеров были произведены в ходе подготовки предложений по организации реконструкции ЛУО МС 250-4.

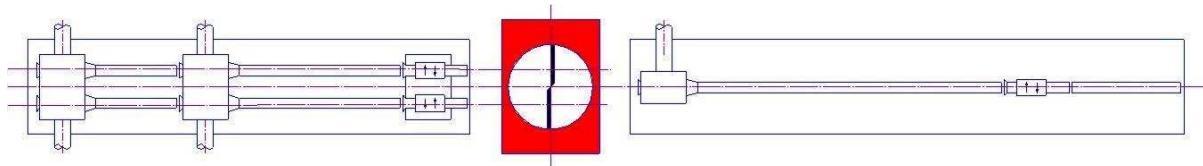


Рис. 7 – Схема ЛУО для получения арматуры класса А800, А1000

Выводы. Таким образом, показана принципиальная возможность оперативного управления процессом термомеханического упрочнения по принципу увеличения длины активного охлаждения.

Список литературы: 1. Григорьев, А. К. Термомеханическое упрочнение стали в заготовительном производстве. [Текст] / А. К. Григорьев, Г. Е. Коджаспиров. – Л.: Машиностроение, 1985. - 143 С. 2. Стародубов, К. Ф. Термическое упрочнение проката. [Текст] / К. Ф. Стародубов, И. Г. Узлов и др. – М.: Металлургия, 1970. - 368 С. 3. Савенков, В. Я. Технологические основы и оборудование для термического упрочнения непрерывнодвижущегося мелкосортного профиля [Текст] / В. Я. Савенков // Упрочняющая термическая и термомеханическая обработка проката. - Вып. 1, Киев. - 1968. - С.7-14. 4. Стародубов, К. Ф. Влияние скорости охлаждения на свойства термически упрочненной арматурной стали [Текст] / К. Ф. Стародубов, В. Я. Савенков, В. И. Спиваков // Термическая обработка проката. - Вып. 36. - М.: Металлургия. – 1970. - С. 9-14. 5. Гуль, Ю.П. Влияние способа термического упрочнения на низкотемпературную прочность стержневой арматурной стали [Текст] / Ю. П. Гуль, А. С. Гулевский, А. П. Ярмоленко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1973. – Вып. 5. - С. 31-32. 6. Бернштейн, М.Л. Термомеханическая обработка стали [Текст]/ М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский, Л. М. Капуткина. – М.: Металлургия, 1983. - 480 С.

Поступила в редколлегию 25.09.2013

УДК 669.1.002.5:621.78

Модернизация линии ускоренного охлаждения в условиях мелкосортного стана 250-4 ПАО «АМКР» / Лясков В. Г., Мамаев А. В., Гунькин И. А., Мацьшин С. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 56 (1029). – С.26-31. – Бібліогр.: 6 назв.

В статті розглянута пропозиція по реконструкції лінії прискореного охолодження для забезпечення гнучкого керування процесом термомеханічного зміцнення арматурного прокату. **Ключові слова:** реконструкція, лінія прискореного охолодження, гнучке керування, термомеханічне зміцнення, арматурний прокат.

Proposal of reconstruction of line of the accelerated cooling for provision the flexible control of thermomechanical hardening process of rebar is considered in article.

Keywords: reconstruction, a line of the accelerated cooling, flexible control, thermomechanical hardening, rebar.

УДК 621.37/39.029.3

С. В. СОТНИК, канд. техн. наук, ст. преп., ХНУРЭ, Харьков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ

В данной работе предложена математическая модель литниковых систем по трем степеням абстрагирования: теоретико-множественной, логической и количественной, что позволит повысить качество, получаемых методом литья под давлением пластмассовых деталей.

Ключевые слова: литниковые каналы, системы, пластмассы, метод литья, модель.

© С. В. СОТНИК, 2013