

С.М.Жучков, А.А.Горбанев

## ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ СТАНОВ

Показано, что основные тенденции развития высокоскоростных проволочных станов связаны с повышением скорости прокатки, использованием современных систем диагностики, улучшением качественных показателей катанки – точности, стабильности структуры и свойств.

В последние годы зарубежные фирмы–производители катанки интенсивно ведут работы по разработке и опытно–промышленной проверке новых технологий, которые смогут обеспечить существенное снижение затрат на производство, или создать новые потребительские свойства производимой продукции. Это позволит сохранить позиции предприятия на мировом рынке, близком к полному насыщению. Без заинтересованности отечественных производителей катанки в кардинальном решении актуальных технических задач в этой области и соответствующих инвестиций, направленных на разработку, исследование, опытно–промышленную проверку и освоение новых технологий, созданных отечественными учеными на основании результатов фундаментальных исследований, эти технологии не могут быть реализованы.

Конкурентоспособность катанки, которая обеспечивается путем строительства новых проволочных станов или реконструкции действующих с помощью зарубежных машиностроительных фирм, при всех положительных изменениях в качестве катанки не будет лучше той, которую сегодня предлагают передовые металлургические фирмы. Это обусловлено тем, что решение поставленных задач в этом случае осуществляется с использованием технологических схем, отработанных в зарубежной практике 30–35 лет назад на базе основного технологического оборудования, выпускаемого зарубежными машиностроительными фирмами практически серийно.

Развитие проволочных станов в течение последних 20–ти лет шло по пути увеличения сечения исходных заготовок, сокращения количества прокатываемых ниток и повышения скорости прокатки. За это время четырехниточные станы за рубежом были переоборудованы в двух– и однониточные, рабочие скорости прокатки возросли до 100 м/с, а в новых разработках фирм – изготовителей проволочных станов высокоскоростное оборудование (чистовые блоки клетей, трайбапараты, виткоукладчики) рассчитано на рабочие скорости более 100 м/с. В чистовых блоках клетей последнего поколения изменена приводная линия, уточнены передаточные числа от электропривода к валкам, отсутствуют

резонансные явления, используются современные системы диагностики и т.д.

Реконструктивными мероприятиями на проволочных станах, как правило, предусмотрена замена методических нагревательных печей с монолитным подом печами с шагающим подом, шагающими балками и комбинированными печами – с шагающим подом и шагающими балками. Вместе с тем, в практике известно и применение обычных методических толкательных печей с монолитным подом для нагрева заготовок увеличенного сечения. Так, на проволочном стане фирмы "Рехлинг–Бурбах" нагрев заготовок сечением 127x127 мм и длиной 18–22м производили в печи с монолитным подом.

Современные проволочные и мелкосортно–проволочные станы предприятий стран СНГ в настоящее время производят катанку, соответствующую мировому уровню качества. Это проволочные станы 150 Криворожского (КГГМК «Криворожсталь»), Белорецкого (БМК), Макеевского (МакМК) металлургических комбинатов, Белорусского металлургического завода (БМЗ), стан 320/150 Молдавского завода (ММЗ). Строятся современные проволочные станы на Урале, намечается реконструкция проволочных станов «Северстали» (г. Череповец) и Магнитки. Проектная производительность этих станов превышает потребность сталепроволочных заводов в катанке. При этом, учитывая, что мировой рынок катанки практически заполнен, перед предприятиями–производителями катанки стран СНГ возникнут трудности, связанные со сбытом своей продукции.

Оборудование стана после 15–20 лет работы, как правило, заменяют более современным. При решении задач расширения размерного и марочного сортамента, улучшения качества, повышения среднечасовой производительности и массы мотков, осуществляют более глубокую реконструкцию проволочных станов.

Для повышения качества катанки уже реконструированы станы в Белорецке, Молдавии и Белоруссии. В ближайшем будущем на проволочном стане 150 Белорусского металлургического завода планируется установка нового чистового блока и виткоукладчика, рассчитанных на скорость прокатки 130 м/с. Сейчас на этом стане используется блок, проработавший 20 лет со скоростью прокатки 70–90м/с.

#### **Анализ состояния проблемы.**

В табл.1. приведены среднечасовые производительности проволочных станов СНГ при прокатке катанки  $\varnothing$  5,5 мм, в табл. 2 – катанки  $\varnothing$  6,5–12 мм.

На всех современных станах предусмотрена возможность как ускоренного, так и замедленного охлаждения катанки (табл. 3). Это позволяет производить высококачественную катанку широкого марочного сортамента.

Таблица 1. Данные по прокатке катанки Ø 5,5 мм (по технологическим инструкциям и таблицам калибровок)

Стан	Исходная заготовка	Калибровка ниток			Черновая группа		1 промежут. группа			2 промежут. группа			Чистовой блок				Вытяжка по стану $\mu_{\text{ст}}$	Количество клетей на одну нитку	Средняя часовая производительность по нитку (расчетная) $T_{\text{прод}} = 5 \text{ с}$
		Количество клетей	Средняя вытяжка, $\mu_{\text{ст}}$	Площадь сечения на выходе, $\text{мм}^2$	Количество клетей	Средняя вытяжка, $\mu_{\text{ст}}$	Площадь сечения на выходе, $\text{мм}^2$	Количество клетей	Средняя вытяжка, $\mu_{\text{ст}}$	Площадь сечения на выходе, $\text{мм}^2$	Количество клетей	Средняя вытяжка, $\mu_{\text{ст}}$	Суммарная вытяжка, $\mu_{\text{ст}}$	Скорость прокатки, м/с					
150 БМЗ	125x125x 12000 мм $F_{\text{заг.}}=15780$ $\text{мм}^2$ , масса 1365 кг	1	6	1,327	2890	6	1,331	520	4	1,23	227	10	1,25	9,3	70– 90	647 1,28	26	при 70 м/с (табл. кал.) 42,4 т/ч при 90 м/с (ТИ) 53,8 т/ч	
		2	9	1,302	2260	4	1,358	665	4	1,308	227	10	1,25	9,3	прое кт 100 факт. 85	1000 1,291	27	проект. 60,1 т/ч факт 51,4 т/ч	
150 «Крив прожст аль»	150x150x11460 $\text{мм}$ $F_{\text{заг.}}=22505$ $\text{мм}^2$ , масса 1858 кг	2	8	1,307	2649	6	1,308	530	4	1,236	227	10	1,25	9,3	прое кт. 100	926,1 1276	28	проект. 60,2 т/ч	
		4	9	1,357	617	4	1,316	206	4	1,213	140 Ø 13,4	8	1,249	5,91	50	405,7 1,298	23	табл. кал. 30,6 т/ч	

Таблица 2. Данные по среднечасовым производительностям при прокатке катанки  $\varnothing$  6,5–12,0 мм по одной нитке (по заготовке). Пауза – 5 с.

Стан	$\varnothing$ 6,5	$\varnothing$ 8,0	$\varnothing$ 10,0	$\varnothing$ 12,0
150 БМЗ	по таблицам калибровки			
	70 м/с; 58,1 т/ч	70 м/с; 85,6 т/ч	44,7 м/с; 85,4 т/ч	28,6 м/с; 78,2 т/ч
	По технологической инструкции			
	65 м/с; 54,2 т/ч	55 м/с; 68,5 т/ч	52,0 м/с; 108,8 т/ч	32,0 м/с; 86,7 т/ч
150 МакМК	По проекту и технологической инструкции			
	100 м/с; 82,8 т/ч; 85 м/с; 71т/ч;	80 м/с; 98,6 т/ч	50,9 м/с; 98,6 т/ч	35,2 м/с; 98, т/ч
	По проекту и технологической инструкции			
	95,4 м/с; 79,4 т/ч;	63,3 м/с; 79,5 т/ч;	40,2 м/с; 79,3 т/ч;	27,9 м/с; 79,4 т/ч;
150 "Криворожсталь "	По проекту и технологической инструкции			
	41 м/с; 34,9 т/ч;	27 м/с; 34,7 т/ч;	17 м/с; 34,2 т/ч;	12 м/с; 34,7 т/ч;

### Постановка задачи.

Решение задачи снижения себестоимости катанки и, тем самым, повышения ее конкурентоспособности возможно различными путями. Эту задачу можно решить уменьшением расхода металла при производстве катанки, применением энергосберегающих технологий, например, прокатки катанки из заготовок с пониженным теплосодержанием, модернизацией оборудования с целью стабилизации работы стана и др. Однако на действующих станах с определенными характеристиками установленного оборудования, соответствующего проектной технологии, возможности снижения затрат на производство катанки весьма ограничены.

Более перспективным является второй путь – улучшение потребительских свойств готовой продукции за счет применения новых процессов термообработки катанки с прокатного нагрева.

### Изложение основных материалов исследования.

В настоящее время на современных проволочных станах наиболее широко применяют системы двухстадийного охлаждения катанки типа Стелмор – ступенчатое охлаждение водой после прокатки в чистовом блоке клетей с участками выравнивания температуры по сечению между ступенями охлаждения, и охлаждение воздухом в разложенных витках на роликовом транспортере.

Таблица 3. Данные по установкам двухстадийного охлаждения на проволочных станах СНГ

Стан	Длина линии охлаждения, м			Скорость транспортирования витков	Тип транспортера витков	Количество секций транспортера	Количество вентиляторов	Максимальное количество воздуха на 1 нитку тыс. м <sup>3</sup> /ч	Наличие теплоизолирующих крышек
	Всего	Участок водяного охлаждения	Участок воздушного охлаждения						
150 комбината «Криворожсталь»	104,2	34	70,2	0,05–1,2	Роликовый	9	17	735	есть
150 Белорусского металлургического завода	124,3	44	80,3	0,05–1,2	Роликовый	5	12	1554	есть
150 Белорусского металлургического комбината	100	27	73	0,05–1,2	Роликовый	5	12	735	есть
150 Макеевского металлургического комбината	108,2	38	70,2	0,05–1,2	Роликовый	9	15	735	есть
Череповецкого металлургического комбината	101	47	57	рабочая 0,3–0,6	Сегчатый	–	11	87,5	нет

Для охлаждения катанки из некоторых сталей (низкоуглеродистые, низко- и высоколегированные, специальные) применяется замедленное охлаждение на участке перемещения витков катанки на роликовом транспортере. Для этого устанавливаются теплоизолирующие крышки, отключается подача воздуха и даже организуется подогрев.

Преимущественное распространение систем Стелмор объясняется достаточно широкими возможностями регулировки процесса и простота конструкции по сравнению с другими процессами, например, с процессами ЕД и ЕДС, используемыми на некоторых проволочных станах Японии [1]

Недостатками существующих линий Стелмор, как показывает длительный опыт их эксплуатации в мировой практике, являются:

- большая протяженность трассы;
- различие свойств и структуры металла по длине витков;
- относительно низкие скорости охлаждения (до  $25^{\circ}\text{C}/\text{с}$ ), не позволяющие получить требуемую структуру металла и соответствующие прочностные свойства проката ряда марок сталей, и определяющие неоднородность структуры металла и неравномерность свойств проката различных диаметров одного назначения;
- относительно узкий диапазон регулирования скоростей воздушного охлаждения.

Поэтому в различных странах ведутся работы по совершенствованию линий двухстадийного охлаждения с целью улучшения свойств и структуры катанки и повышению их равномерности по длине мотков.

Так, в Швеции разработан способ охлаждения витков катанки возвратно-поступательно пульсирующими струями воздуха с инфразвуковой частотой (до 20 Гц). Это позволяет существенно увеличить скорость воздушного охлаждения за счет повышения коэффициента теплоотдачи. При этом сокращается длина транспортера витков, уменьшаются капитальные затраты при строительстве станов и снижается расход электроэнергии на производство 1 тонны катанки [2, 3]. Данный способ эффективен при производстве катанки узкого марочного сортамента, то есть катанки, не требующей замедленного охлаждения. Однако, в связи с тем, что в настоящее время с учетом требований рынка строятся станы для производства катанки широкого марочного сортамента, этот способ распространения не получил

Для получения свойств катанки, соответствующих патентированной, в Японии был разработан процесс *DLP*, реализованный на одном из проволочных станов [4]. Для реализации этого процесса после стана была установлена печь для выравнивания температуры по сечению и длине катанки, после которой витки охлаждались в двух соляных ваннах с температурой раствора  $550^{\circ}\text{C}$  и  $450\text{--}500^{\circ}\text{C}$ . За соляными ваннами был установлен бак для промывки катанки и регенерации соли. Обработка

катанки с применением процесса *DLP* обеспечивает получение свойств и структуры, а также их равномерность, как у катанки, патентованной в расплавленном свинце. Однако эта технология требует значительных капитальных затрат, а ее реализация чрезвычайно усложнена. Поэтому на новых проволочных станах продолжают применять линии Стелмор.

Результаты исследований, выполненных в Институте черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, показали, что с увеличением скорости воздушного потока, подаваемого на разложенные витки катанки, улучшается микроструктура и свойства высокоуглеродистой катанки, в том числе, катанки для изготовления металлокорда [5]. Для практической реализации этого положения, ИЧМ совместно с металлургическими предприятиями, специализирующимися на производстве катанки широкого марочного сортамента, и предприятиями, изготавливающими средства воздушного охлаждения, была разработана универсальная технология двухстадийного охлаждения катанки широкого марочного сортамента, лишенная недостатков, присущих линиям Стелмор. Разработано основное и вспомогательное технологическое оборудование для реализации этой технологии [6].

Отличительными особенностями новой линии двухстадийного охлаждения катанки является оснащение ее камерами струйного охлаждения тоннельного типа (КСО), состоящих из блоков струйного охлаждения, в которых интенсивность охлаждения можно изменять от изотермической выдержки при 550–650<sup>0</sup>С в течение трех–четырёх минут до скорости охлаждения 50<sup>0</sup>С/с. Каждый блок оборудован отдельным вентилятором, расположенным под рольгангом, и аэродинамически нейтрален по отношению к смежным объемам, то есть, потоки воздуха каждого из блоков в КСО не смешиваются. Подачу воздуха в КСО можно регулировать по ширине транспортера, что обеспечивает получение равномерной структуры и свойств катанки по длине витков и мотков. При реконструкции линий охлаждения катанки станов 150 БМК и ММЗ конструкции КСО были разработаны и изготовлены научно–производственным предприятием «Аэротермические технологии и агрегаты» (НПП «АТТА», г. Екатеринбург). В настоящее время здесь разработаны новые конструкции блоков струйного охлаждения, в которых производительность вентиляторов увеличена, по сравнению с блоками, установленными на ММЗ и БМК. При этом скорость истечения воздуха, подаваемого на витки катанки, может достигать 90 м/с. Это позволяет охлаждать с одинаковой скоростью катанку малых и больших диаметров одного назначения и получать одинаковые структуру и свойства. Вентиляторы, изготовленные НПП «АТТА», обладают более высокой эффективностью воздухораспределительной системы ( $K_3 = 0,77$ ) по сравнению с вентиляторами, применяемыми в системах Стелмор ( $K_3 = 0,50$ ), что дает возможность при одинаковой скорости воздушного потока снизить мощность электропривода и расход энергии.

Реализация технологии, разработанной для применения на новой линии двухстадийного охлаждения катанки широкого марочного сортамента, обеспечивает комплекс преимуществ по сравнению с традиционной линией Стелмор. Ускоренное охлаждение водой и интенсивное охлаждение воздухом в первых секциях КСО при производстве катанки из низкоуглеродистых сталей дает возможность переохладить витки катанки до температуры  $450^{\circ}\text{C}$ . Это, в сочетании с изотермической выдержкой при температуре  $650^{\circ}\text{C}$ , создает благоприятные условия для формирования оптимальной структуры и исключает термообработку катанки в метизном переделе при производстве крепежных изделий методом холодной высадки.

При производстве катанки из низколегированных сталей типа 08Г2С обеспечивается получение равномерной ферритно–перлитной структуры с бейнитно–мартенситными участками и пониженное отношение предела текучести к пределу прочности, соответствующее структуре катанки после термической обработки в метизном переделе.

При производстве катанки из углеродистых сталей (канатных, конструкционных) обеспечивается получение равномерной структуры сорбитообразного перлита с межпластиночным расстоянием меньшим, чем у катанки, получаемой на стандартных линиях Стелмор. Кроме того, возможность быстрого перехода интервала температур  $600\text{--}200^{\circ}\text{C}$  после изотермической выдержки способствует получению на поверхности катанки окалины, состоящей из вюстита, обладающего способностью пластически деформироваться, не отделяясь от основного металла. Катанка с таким составом окалины, кроме прочего, легко стравливается при дальнейшем переделе.

Высокие скорости воздушного охлаждения при производстве катанки из подшипниковых сталей сохраняют мелкодисперсную структуру и уменьшают карбидную сетку, а последующая изотермическая выдержка обеспечивает полный распад аустенита в тонкодисперсный перлит и предупреждает возможность образования бейнитных и мартенситных структур.

Изотермическая выдержка эффективна также при производстве катанки из сталей с высокой устойчивостью аустенита (стали типа 51ХФА, ХНВА, ХНМА и др.)

К достоинствам разработанной технологии двухстадийного охлаждения катанки и оборудования для ее реализации следует отнести:

1. Высокую технологическую гибкость при широком марочном и размерном сортаменте. Расширение возможности организации различных вариантов охлаждения по сравнению с традиционными линиями Стелмор. В новых линиях предусмотрена возможность повышения равномерности свойств и структуры по длине витков.

2. Современный уровень автоматизации. Линии оборудованы средствами автоматического регулирования температурного режима охлаждения.

3. Компактность и низкие капитальные затраты. Новые линии менее протяженны, чем линии «замедленный Стелмор», что снижает капитальные затраты на их установку.

В последние годы реконструированы линии охлаждения катанки, предусматривающие увеличение до 80 м/с скорости воздушного потока, подаваемого на витки, на станах БМК, БМЗ и ММЗ с привлечением западных (СКЭТ, Фест–Альпине) и отечественных организаций и фирм (ИЧМ, ВНИИМТ, НПП «АТТА» и др.)

В результате реконструкции, выполненной, в частности, на БМЗ, улучшение качества катанки позволило увеличить объемы, направляемые на экспорт, улучшить технико–экономические показатели переработки такой катанки в проволоку для металлокорда. В настоящее время спрос на металлокорд производства БМЗ превышает предложения. Аналогичные результаты достигнуты и на БМК.

К недостаткам существующих технологических линий Стелмор следует отнести также то, что поверхность катанки после такого охлаждения покрыта окалиной (окислами железа) в количестве 3–8 кг/т в зависимости от марки стали [7]. Эта окалина подлежит химическому (кислотное травление) или механическому удалению перед дальнейшей ее переработкой. Из–за несовершенства техники и технологии очистки поверхности катанки от окалины указанный передел является экологически вредным.

В этой связи одним из путей повышения конкурентоспособности катанки за счет снижения затрат на ее производство и создания новых потребительских свойств является использование технологии безокислительного охлаждения катанки (производство катанки с поверхностью, подготовленной к волочению). По прогнозам специалистов катанка с неокисленной поверхностью будет пользоваться повышенным спросом [8,9]. Исследования, направленные на разработку такой технологии выполняются в Японии, Франции, Англии [10–14].

В ИЧМ совместно со специалистами других предприятий и организаций выполнен комплекс научно–исследовательских и опытно–конструкторских работ по разработке принципиально нового процесса безокислительного охлаждения катанки из углеродистых и низколегированных сталей. Создано оборудование для его осуществления в условиях современных проволочных станов. Разработаны две технологические схемы реализации предложения: с применением восстановительных атмосфер типа эндогаза и затем защитного газа (двухстадийный вариант) и с применением только защитного газа (одностадийный вариант).

При реализации первого, двухстадийного варианта, катанку после выхода из чистовой клетки блока со слоем окислов на поверхности, достигающим 5 мкм (до 2 кг/т), обрабатывают в камере изотермической выдержки в среде восстановительного газа на роликовом транспортере без предварительного охлаждения водой. Из камеры восстановления плоскую спираль витков катанки направляют в камеру регулируемого безокислительного охлаждения, где охлаждают высокоскоростными струями азотного защитного газа до температуры 150–180<sup>0</sup>С. После этого катанку подвергают окончательному водовоздушному охлаждению. На этом этапе на поверхность катанки наносят защитное антикоррозионное покрытие, выполняющее одновременно функции подмазочного слоя. Сборка витков в мотки осуществляется так же, как и на обычных линиях Стелмор. При реализации этого варианта технологии на поверхности катанки образуется тонкий (до 5 мкм) слой губчатого железа, прочно соединенного с основным металлом. Этот слой при волочении равномерно распределяется по поверхности проволоки и способствует захвату смазки.

При реализации второго, одностадийного варианта, катанка после чистовой клетки сразу же поступает в среду защитного азотного газа. В этой среде осуществляется раскладка катанки в витки и ее регулируемое охлаждение до температуры 200–250<sup>0</sup>С. Остальные операции осуществляются так же, как и при двухстадийном охлаждении после выхода катанки из камеры струйного охлаждения. Поверхность катанки в этом случае покрыта слоем окалина (вюстит) толщиной 1,5 – 2,0 мкм (до 1 кг/т), обладающего способностью пластически деформироваться, не отделяясь от основного металла.

Эти технологические решения отличаются от известных еще и тем, что при их использовании исключается из технологического потока ускоренное охлаждение катанки водой при температурах фазовых превращений. Это повышает пластические свойства металла и его деформируемость при волочении.

Технологические линии безокислительного охлаждения катанки по обоим вариантам собираются из унифицированных блоков струйного охлаждения, аналогичных блокам, установленным на проволочных станах 150 БМК и ММЗ. Блоки подобной конструкции, разработанные ВНИИМТом и НПП «АТТА», в настоящее время успешно эксплуатируются также на ряде трубных заводов в линиях безокислительного охлаждения труб после их светлого отжига в проходных роликовых печах, а также при безокислительном охлаждении электротехнической полосы после обезуглероживающего отжига в проходных агрегатах.

Основное и вспомогательное технологическое оборудование, необходимое для реализации технологии может быть спроектировано и

изготовлено на любом машиностроительном заводе по технологическим и техническим заданиям специалистов ИЧМ НАН Украины.

Применение блоков струйного охлаждения, которые могут работать с использованием защитного, защитно–восстановительного газов или воздуха сокращает длину технологических линий управляемого охлаждения по сравнению с линиями Стелмор на 35–40 метров. Секционный принцип компоновки этих блоков обеспечивает высокую технологическую гибкость, что позволяет управлять механическими свойствами катанки в широких пределах. Затраты на сооружение линий безокислительного охлаждения и текущие расходы на осуществление технологии, по предварительным оценкам, не превысят уровня затрат на установку системы Стелмор.

Сравнительный анализ эффективности различных способов охлаждения катанки в сочетании с химическим и механическим удалением окалины показал, что безокислительное охлаждение катанки, без учета экологических выгод, может обеспечить наиболее высокую эффективность в метизном переделе по сравнению с другими способами охлаждения.

Первый вариант технологии проверен на теплофизической модели в лаборатории ИЧМ НАН Украины с использованием мотков катанки массой до 500 кг, которые затем перерабатывались на Днепропетровском метизном объединении с диаметра 6,5 мм на 1,6 мм без промежуточного отжига.

Обработка параметров промышленного варианта технологии (по обеим схемам) может быть осуществлена на опытно–промышленной установке, которая может быть сооружена на любом действующем проволочном стане. Проектные работы могут быть выполнены специалистами ИЧМ НАН Украины с привлечением специалистов других предприятий и организаций.

Реализация этих разработок дает возможность поставлять на рынок новый эффективный металлопрокат (катанку), не имеющий аналогов в мировой практике.

Таким образом, основной тенденцией развития технологии и оборудования проволочных станов в мировой практике является дальнейшее увеличение скорости прокатки до 130–150 м/с, расширение марочного (с включением углеродистых и высокоуглеродистых сталей) и размерного (менее  $\varnothing$  5,0 мм и более  $\varnothing$  20,0 мм) сортамента и повышение качества продукции. Эти тенденции необходимо учитывать при реконструкции отечественных проволочных станов, в частности, ОАО «Енакиевский металлургический завод», ОАО Макеевский металлургический комбинат и ОАО «Криворожсталь». Как уже отмечалось, для выведения проволочных станов на новый современный уровень за рубежом станы реконструируют после 15–20 лет эксплуатации.

Такой подход принят при реконструкции проволочных станов БМЗ, ММЗ, пущенных в эксплуатацию в 1984 году.

### **Результаты исследования.**

Реализация реконструктивных мероприятий, направленная на повышение скорости прокатки на проволочных станах до 130–150 м/с, потребует:

- совершенствования конструкции чистовых блоков (уточнения передаточных чисел от электродвигателя к клетям, калибровки, совершенствования линии привода и привалковой арматуры);
- совершенствования конструкции виткоукладчика для раскладки витков катанки больших и малых диаметров при повышенных скоростях прокатки;
- совершенствования конструкции участка водяного охлаждения.

Для проволочных станов обязательным условием их безаварийной работы является применение современных систем диагностики. В настоящее время ужесточаются требования к точности катанки. Разброс размеров сечения катанки должен быть менее  $\pm 0,1$  мм. Это чрезвычайно сложно обеспечить на современных десятиклетевых блоках даже при точном соблюдении технологии и правил эксплуатации оборудования. По-видимому, для повышения точности прокатки потребуется установка калибрующих двухклетевых блоков или изменение калибровки дисковых шайб клеток блоков таким образом, чтобы в десятиклетевом блоке две последних клетки были калибрующими.

Для снижения суммарного расхода энергии на нагрев и прокатку температура начала прокатки должна быть понижена до  $850\text{--}900^{\circ}\text{C}$ , для чего первые клетки станом должны обладать запасом прочности и мощности.

Одним из основных недостатков существующей технологии производства катанки на современных проволочных станах является высокая температура конца прокатки. Температура конца прокатки является одним из важнейших параметров, определяющих совместно с последующим двухстадийным охлаждением, структуру и свойства катанки. Для получения равномерной по сечению температуры готовой катанки в пределах точек  $A_{r1}$ – $A_{r3}$ , вероятно, также потребуется разделение десятиклетьевого блока. При этом длина стана не должна существенно увеличиться. То есть, уже сейчас необходим комплекс исследований, направленных на создание новых компоновок хвостовой части проволочного стана. Такие работы в настоящее время выполняются в ИЧМ и за рубежом.

### **Выводы.**

Современные тенденции развития проволочных станом обязательно должны учитываться при формировании требований металлургических предприятий к фирмам–изготовителям оборудования для реконструкции проволочных станом. При этом необходимо наиболее полно использовать

в проектах реконструкции станов передовые отечественные разработки. Только в этом случае отечественные проволочные станы будут соответствовать самому передовому уровню техники и технологии, а их продукция будет конкурентоспособна на мировом рынке.

1. *Schlosser V., Lundgren Ch.* Direktpatentierung und Walzdraht mit dem ED – und EDC-Verfahren.– Fuchberichte Huttenpraxis.– 1982.– vol.20.– №2.– S.106–115
2. *Low frequency sound cools wire bar.* // *Steel Times Ent.*–1989.– 13.– №1.– P.38.
3. *Mode and advantages of controlled infrasonic cooling of wire rod / Donovan John* // *Ind.heat.*– 1989.– 56.– №9.– P.52
4. *Wire Journal International.*– February.– 1985.– P.62–72
5. *Формирование структуры и свойств катанки при охлаждении высокоскоростными воздушными потоками / Б.Ф.Марцинив, А.А.Горбанев, А.Ю.Борисенко и др.*// *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2001.– №6.– С.66–70
6. *Режимы двухстадийного охлаждения проката на стане 150 после реконструкции.* / А.А.Горбанев, Б.Н.Колосов, Е.А.Евтеев и др.// *Сталь.* – №10.– 1997.– С.56–59
7. *Исследование толщины структуры и состава окалины на прокате в зависимости от сортамента и термической обработки стали./ В.А.Вихлевщук, Л.А.Шевченко, Ю.Н.Омесь и др.* // *Металл и литье Украины.* – 1997.– №11–12.– с.44–46.
8. *Manufacturing of wire rod for drawing without descaling.* *Wire Journal.*– 1979.– №5.– P.56–60.
9. *Новый способ очистки поверхности горячекатаного проката от окалины.* // *Iron and Steel Engineer.*– 1984.– v.61.– №1.– P.83
10. *Заявка 58–32506 Япония МКИ В21В 9/00, В21В 1/46.* Способ горячей прокатки с малым окалинообразованием. N 56–131206. Заявлено 21.08.81
11. *Патент 1286221 Великобритания МКИ С23С 5/00, С23С 11/06.* Способ удаления окалины с изделий черных металлов. Осаждение кремниевых покрытий. N 20853/71. Заявлено 09.02.70
12. *Авт. свид. 484664 СССР МКИ В21В 45/04.* Способ удаления окалины со стального проката и защиты его от окисления в ходе горячей прокатки. N 1614846/22–2. Заявлено 08.02.71
13. *New route from black bar to bright steel.* // *Iron and Steel Engineer.*– 1984.– v.61.– №1.– P.83
14. *Заявка 1918063 Англия МКИ С21С 9/41.* Способ охлаждения катанки с прокатного нагрева. Заявлено 24.05.79

*Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. В.В.Парусовым*