

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ РОЛИКАМИ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Вышинский В. Т.¹⁾, Рахманов С. Р.¹⁾, Лысенко А. В.²⁾, Кагаловский В. М.²⁾, Гасанов М. И.³⁾

¹⁾Национальная металлургическая академия Украины

²⁾ООО НПФ "ВОСТОК ПЛЮС"

³⁾ООО "МЕДСПЕЦТРУБ"

Грунтуючись на оцінці ролі і місця холоднокатаних труб спеціального призначення, що є найточнішою і високоякісною продукцією трубного виробництва, сформульовані завдання і напрямки подальшого розвитку обладнання для холодної прокатки труб роликами. Показана можливість вирішення цих завдань не тільки шляхом розробки нового обладнання, але і модернізації існуючих з використанням базових деталей і вузлів. Наведено варіанти конструктивних рішень валкових клітей, що забезпечують розширення технологічних можливостей станів ХПТР; фрагмент експериментальних досліджень, що показує необхідність корінних змін особливостей функціонування механізмів машинного агрегату; порівняльний аналіз схем організації взаємодії механізмів існуючого виконання і пропонуваного.

Ключові слова: стан холодної прокатки труб роликами, головна силова лінія, рухома робоча кліть, спарений кривошипно-повзунний механізм, пристрій періодичної подачі, осередок деформації, лінія повороту, сила прокатки.

Based on an assessment of the role and place of cold-rolled tubes for special purposes, which are the most accurate and high-quality production pipe production, formulated tasks and directions of further development of equipment for cold rolling rolls pipes. The possibility of solving these problems, not only by developing new equipment and modernization of the existing base using the parts and assemblies. Variants of constructive solutions roll cages, providing expansion of technological capabilities HPTR mills; fragment of experimental studies showing the need for a fundamental change of the functioning of the machine set mechanisms; comparative analysis of schemes of interaction mechanisms of the existing and the proposed execution.

Key words: cold rolling mill rolls of pipes, the main power line, mobile working stand, twin crank-slider mechanism, the periodic feeder, deformation zone, turning line, rolling force.

Основываясь на оценке роли и места холоднокатаных труб специального назначения, являющихся самой точной и высококачественной продукцией трубного производства, сформулированы задачи и направления дальнейшего развития оборудования для холодной прокатки труб роликами. Показана возможность решения этих задач не только путём разработки нового оборудования, но и модернизации существующих с использованием базовых деталей и узлов. Приведены варианты конструктивных решений валковых клетей, обеспечивающих расширение технологических возможностей станом ХПТР; фрагмент экспериментальных исследований, показывающий необходимость коренных изменений особенностей функционирования механизмов машинного агрегата; сравнительный анализ схем организации взаимодействия механизмов существующего исполнения и предлагаемого.

Ключевые слова: стан холодной прокатки труб роликами, главная силовая линия, подвижная рабочая клеть, спаренный кривошипно-ползунный механизм, устройство периодической подачи, очаг деформации, линия поворота, сила прокатки.

Введение. На рынке потребления трубной продукции особое место занимают холодно-катаные трубы специального назначения, являющиеся самой точной и высококачественной продукцией трубного производства. Обеспечение повышенных требований к точности размеров является одной из важнейших задач при организации производства этих труб, в первую очередь предназначенных для использования в машиностроении и установках ответственного назначения. Зачастую эти требования находятся на уровне нормативов прецизионного машиностроения, предъявляемых к цилиндрическим деталям, изготавливаемым путем механической обработки.

Основным способом производства таких труб является прокатка их на станах холодной пилигримовой прокатки. Возрастающие требования к геометрическим параметрам труб, их прочностным характеристикам, жаропрочности и устойчивости к воздействию агрессивных сред (в том числе и сопротивление проникающей радиации высоких

уровней), необходимость изготовления тонкостенных и особо тонкостенных труб привело в начале 60-х годов к возникновению такого направления холодной пилигримовой прокатки как способ холодной прокатки труб роликами (ХПТР). Станы для реализации этого способа были разработаны во ВНИИМЕТМАШе и в дальнейшем изготавливались преимущественно на Алма-атинском заводе тяжелого машиностроения (АЗТМ).

Повторяя основные технологические и конструктивные решения способа и оборудования валковой холодной пилигримовой прокатки на станах ХПТР кинематически реализована возможность значительного уменьшения параметров рабочего инструмента, что позволяет изготавливать трубы со стенкой до 0,1 мм и менее. Однако при этом профиль ручья, образованный роликами, ограничивает абсолютную деформацию по диаметру (до 2,0...2,5 мм) и рабочий ход клетки используется всего лишь на 60% его длины, что обуславливает малую производительность

станов ХПТР (не превышает 10...20 м/ч). Дальнейшее совершенствование в виде использования двухрядного сепаратора позволило увеличить деформацию по диаметру до 3...3,5 мм с повышением точности и двукратным повышением производительности. Такие показатели были приемлемы при решении задач, возникающих в недрах промышленного комплекса, где себестоимость продукции не являлась определяющим фактором существования технологии. Вопросы производительности и номенклатурной широты продукции решались количеством агрегатов, устанавливаемых в трубопроводных цехах.

Цель работы. Эволюционное развитие холодной пильгерной прокатки ставит задачи создания станом нового поколения, отличающихся как повышенной надежностью и производительностью относительно станом предыдущих поколений, так и расширением технологических возможностей. Достижение этих результатов осуществляется путем реализации на станах нового поколения ряда решений:

- переход от группового привода к многодвигательному приводу (многодвигательный привод включает в себя главный привод; привода подачи заготовки в очаг деформации; поворота оправки, заготовки и готовой трубы);

- осуществление непрерываемого процесса прокатки (подача трубной заготовки на линию прокатки без остановки процесса прокатки);

- увеличение количества технологических режимов работы стана;

- безступенчатое регулирование величин подачи и углов поворота в процессе прокатки.

Разработка новых систем электропривода и средств автоматики [1-4] способствуют реализации этих решений не только при создании станом новых поколений, но и при модернизации существующих.

Актуальный уровень техники и исследований. На предприятиях Украины (заводы, образовавшиеся на базе трубопроводных цехов (ТВЦ) Никопольского Южнотрубного завода, ОАО "НТЗ", Днепровский трубный, Днепровский прецизионных труб, Днепровский специальных труб, Бахмутский завод по обработке цветных металлов и др.) функционирует более 200 станом холодной пильгерной прокатки труб. Не менее половины этого количества технологического оборудования составляют станы роликотного типа (станы ХПТР).

Основной материал исследования. Расширение технологических возможностей станом холодной прокатки труб роликами реализуется установкой в линии главного привода взамен роликотной валковой клетки и заменой цилиндрической оправки на коническую оправку либо криволинейную. Следует отметить, что используемый на станах ХПТР поворотнo-подающий комплекс (ППК) с мальтийским крестом, обеспечивает более высокий уровень точности подач, чем кулачково-рычажный ППК с механизмами свободного хода.

На рис. 1 представлены различные конструктивные решения валковых клеток для станом ХПТР 15-30.

В условиях СМПО (г. Сумы), специализирующегося на изготовлении машиностроительной продукции, содержащей теплообменники, были выполнены исследования холоднопильгерного процесса на стане ХПТР 15-30, оснащенного валковой клетью. Из заготовок диаметром 25 мм прокатывались трубы диаметрами 16...12 мм (деформация по диаметру 4,5...6,5 мм).

На рис. 2 представлена типовая картина формирования процесса воздействия на обрабатываемое изделие из анализа которой следует, что левые и правые (по ходу прокатки) подшипниковые узлы воспринимают воздействие инструмента (полукалнбров валков) по-разному.

Хотя картины нагружения конгруэнтны, соотношения значений модулей в каждом мгновенном очаге деформации различны, несмотря на симметричное расположение опорных узлов относительно оси прокатки. Как было показано в [5] такая особенность взаимодействия обрабатываемого изделия с полукалнбрами обуславливает искажение мгновенных очагов деформации, приводящее к непредсказуемой изменямости геометрических характеристик готового изделия. Если жесткая кинематическая связь функционирования линии подачи с развитием процесса взаимодействия валков и обрабатываемого изделия в мгновенных очагах деформации (практическое отсутствие разброса величин подач) стабилизирует холоднопильгерный процесс, то процесс ориентации равнодействующих контактных сил, определяемый как геометрией части ручьев так и особенностями кантовки и характеристик жесткости связи валков с другими элементами на оси прокатки, должен настраиваться применительно к особенностям каждого текущего режима.

На базе использования материалов а. с. СССР № 532413, а. с. СССР № 818683, а. с. СССР №1409359 разработана унифицированная техническая документация для модернизации станом ХПТР15-30, ХПТ, ХПТ-75 и ХПТ-90 второй и третьей моделей с использованием поворотнo-подающих комплексов (ППК) с эпициклическими преобразователями [6]. В настоящее время на различных заводах эксплуатируются ряд станом ХПТР различных типоразмеров и исполнений, оснащенных ППК с эпициклическими преобразователями.

Следует отметить, что осуществляемая в процессе модернизации станом ХПТР конструкции ВНИИМЕТМАШ и АЗТМ замена распределительно-подающего механизма комплексом со специальными преобразователями уже в 70-х годах прошлого столетия положила начало процессу трансформации агрегата холодного пильгерования в многодвигательную механическую систему, обеспечивающую независимую реализацию технологических операций процесса без потери их качественных характеристик во всем диапазоне рабочих темпов (независимость регулирования величин подачи и поворота без остановки стана, исключение взаимовлияния изменяемого темпа работы элементов привода перемещения клетки и ведомых звеньев линий подачи и поворота) [7].

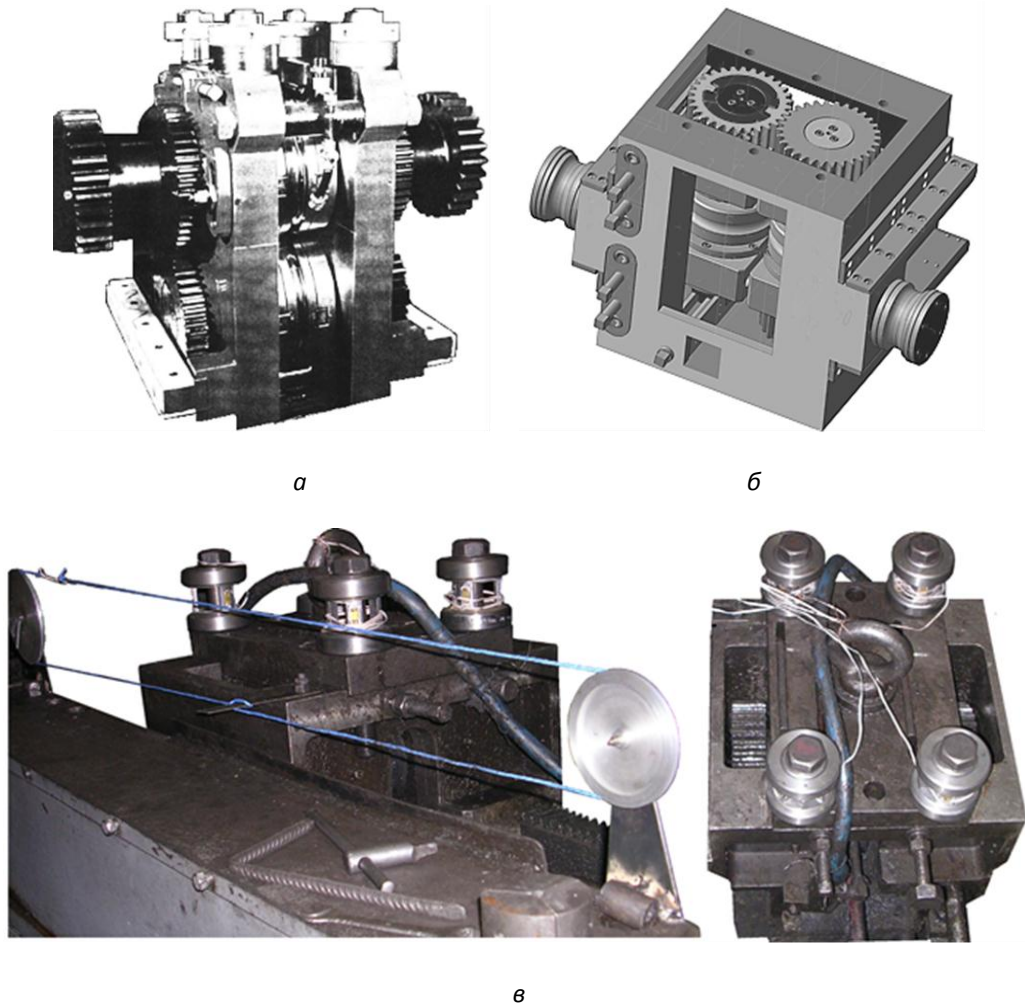


Рис. 1. Валковые клетки для стана ХПТР 15-30: а – с горизонтально ориентированными валками (конструкция ВНИИМЕТМАШ); б – с вертикально ориентированными валками; в – с горизонтально ориентированными валками, оснащенная силоизмерителями для фиксации силы прокатки

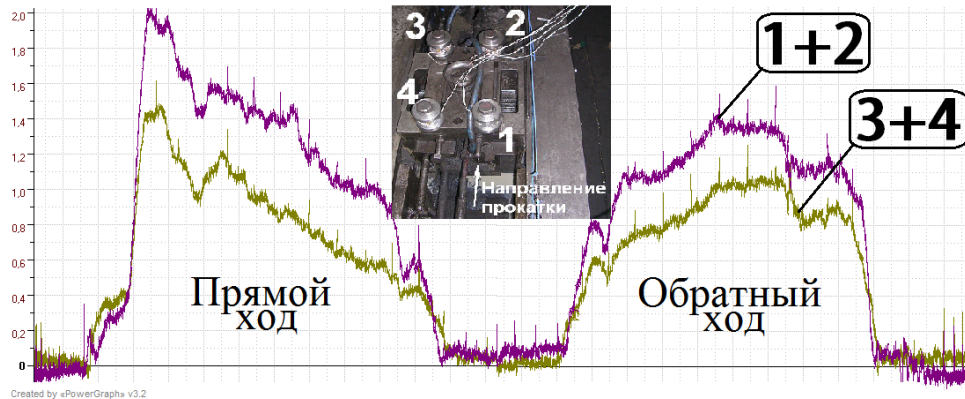


Рис. 2. Суммарные значения усилий в силоизмерителях, фиксирующих силу прокатки в валковой клетке стана ХПТР 15-30, при изготовлении изделия из стали 20 по маршруту 25x2,5-11,95x1,45 (подача 3 мм, угол поворота 60°)

Применение в металлургическом машиностроении синхронных серводвигателей с постоянными магнитами на роторе, оснащенных системами обратной связи, позволяет существенно упростить реализацию операций периодического линейных и угловых перемещений обрабатываемого изделия в очаге деформации. Высокая перегрузочная способность двигателей с магнитами Ниодим-Железо-Бор открывает возможность использования в линии подачи шарико-винтовой передачи (ШВП), обеспечивающей как реализацию высокоточных перемещений, так и любых режимов подпора. Эти возможности были использованы при модернизации стана ХПТР 15-30 в условиях ООО "МЕДСПЕЦТРУБ"

(г. Санкт-Петербург), в результате которой существенно уменьшилась материалоемкость агрегата, повысилась его производительность за счет как повышения темпов работы, так и использования рациональных режимов прокатки.

На рис. 3 представлены кинематические схемы станков ХПТР 15-30 до и после модернизации. В таблице представлено сравнение их основных характеристик. Существенное изменение металлоёмкости достигнуто заменой поворотного-подающего комплекса двумя независимыми системами механизмов, реализующих поступательные и вращательные движения заготовки, оправки и готовой трубы.

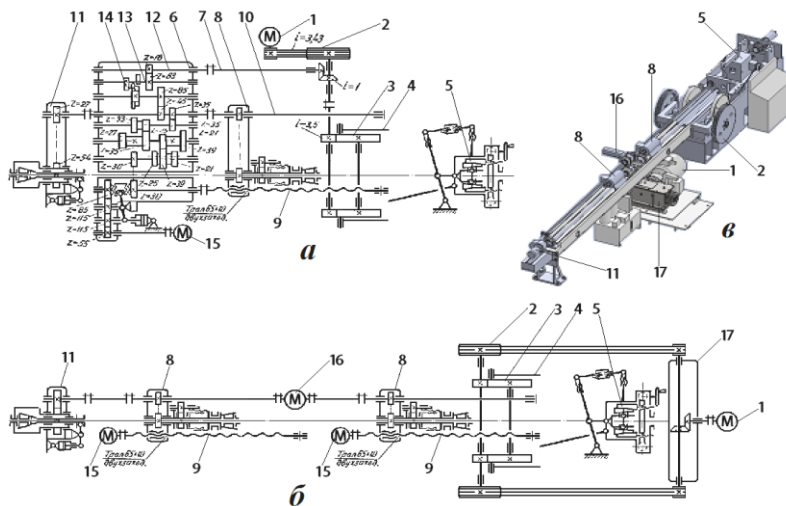


Рис. 3. Кинематические схемы стана ХПТР 15-30: а – разработка ВНИИМТАШ; б – разработка ООО НПФ "ВОСТОК ПЛЮС"; в – реализация в условиях ООО "МЕДСПЕЦТРУБ"

Сравнительные характеристики станков ХПТР 15-30 исполнения АЗТМ и модернизированного ООО "НПФ "ВОСТОК ПЛЮС"

Сравниваемые показатели	Наименование показателя	Исполнение АЗТМ	Исполнение ООО "НПФ "ВОСТОК ПЛЮС"
Параметры заготовки	Наружный диаметр, мм	20...33	20...35
	Толщина стенки, мм	0,5...4 (±6%)	0,5...4 (±6%)
	Длина, м	1...5	1...5
Параметры готовой трубы	Наружный диаметр, мм	15...30	8...30
	Толщина стенки, мм	0,3...3	0,1...4
	Длина, м	до 18	18 и более
Подача	Величина мм/дв. ход	1,3; 2,1; 3,0; 4,0; 6,4; 9,0	0...20 (+5%)
	Способ регулирования	в переднем положении клетки, дискретно с остановкой стана	плавно без остановки стана по заданной программе
Поворот системы "заготовка-оправочный стержень-готовая труба"	Величина угла поворота в градусах	39, 60,90	0...240 (+5%)
	Способ регулирования	в переднем положении клетки, дискретно с остановкой стана	плавно без остановки стана по заданной программе
Привод перемещения клетки	Темп работы дв. ход/мин.	61; 83; 124	0...240
	Способ регулирования	дискретно с остановкой стана	плавно без остановки стана
Электродвигатели			
Количество		2	4
Установленная мощность, кВт		43,5	37

Возможность дальнейшей модернизации с целью организации непрерываемого процесса обеспечена установкой двух механизмов (15-9-8) периодической подачи при удвоении механизмов фиксации стержня оправки (11) в линии поворота (16-8-11).

Для реализации рациональных режимов работы механизма возвратно-поступательного движения клетки претерпели изменения элементы линии главного привода. Так односторонняя схема передачи вращательного движения от двигателя на кривошипные колёса трансформирована в двухстороннюю симметричную. При этом валу шкивов 2 обеспечена возможность продольного вдоль его оси перемещения [8], что позволяет нивелировать

проявления пагубных для протекания холодного пильгерного процесса галлопирования и рыскания клетки, обуславливаемые неизбежной разницей линейных размеров звеньев спаренных кривошипно-шатунных механизмов (КШМ).

ВЫВОДЫ

Изготовление конкурентоспособной продукции в условиях трубного производства Украины может быть обеспечено не только за счет приобретения нового оборудования (станов нового поколения), но и (что менее затратно) модернизацией существующих агрегатов при сохранении не исчерпавших свой ресурс базовых деталей.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Боровик А. А. Многодвигательный электропривод стана холодной прокатки труб. Журнал "Электротехника". Москва. Изд. ЗАО "Знак". 2010г. №3. – С. 20-25.
2. Усынин, Ю. С. Применение индивидуального электропривода в механизмах подачи станов холодной прокатки труб / Ю. С. Усынин, В. В. Остроухов // Научно-технические ведомости. Наука и образование. – СПб. : Издательство политехнического университета, 2010. №4 (110). – С. 96–100.
3. Усынин, Ю. С. Оптимизация быстродействия электропривода подачи стана холодной прокатки труб / Ю. С. Усынин, В. В. Остроухов // Наука ЮУрГУ: материалы 62-й науч. конф. Секции техн. наук. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. Т. 2. – С. 205–208.
4. Остроухов В. В. Исследование электропривода подачи стана холодной прокатки труб как объекта автоматизации / В. В. Остроухов // Научный поиск: материалы третьей научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – С. 136–140.
5. Вышинский В. Т. Влияние на выходные параметры изделий кинематических и силовых особенностей формирования очага деформации при холодной пилигримовой прокатке. //Теория и практика металлургии. – 2000. – №5. – С. 25-26.
6. Вышинский В. Т. Анализ возможностей управления холодной прокаткой труб. //Обработка материалов давлением: Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2016. – №1 (42). – 318 с. С. 242-249.
7. Вышинский В. Т. Анализ подходов к созданию станов холодной прокатки труб /В. Т. Вышинский, В. Н. Данченко, С. Р. Рахманов, Я. В. Фролов // Пластична деформація металів. Колективна монографія. Вид. тов "Акцент ПП" 2014. С. 218 – 235.
8. Вишинський В. Т. Привідний механізм стану холодної прокатки труб / В. Т. Вишинський, С. Р. Рахманов, В. В. Поворотний // Патент на корисну модель № 104223 25. 01. 2016 Бюл. №2.