

Лагошина Елена Владимировна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУКЦИИ СТАНА
ДЛЯ ПРОКАТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ТРУБ МАЛОГО ДИАМЕТРА**

Специальность 05.02.09 – Технологии и машины обработки давлением

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Москва – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» на кафедре оборудование и технологии прокатки и в АО АХК «Всероссийском научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте металлургического машиностроения имени академика Целикова» (АО АХК «ВНИИМЕТМАШ»).

Научный руководитель: Соколова Ольга Вадимовна
Кандидат технических наук, доцент.

Официальный оппоненты: Романцев Борис Алексеевич,
доктор технических наук, профессор кафедры
обработки металлов давлением ФГАОУ ВО
ННТУ «МИСиС»

Космацкий Ярослав Игоревич,
кандидат технических наук
заместитель начальника отдела по бесшовным
трубам в отделе технологии производства
труб – заведующий лабораторией волочения и
прессования ОАО «РосНИТИ»

Ведущая организация: ФГБУ ВО «Московский политехнический университет»

Защита состоится «19» декабря 2017 в 14 ч.30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.141.04 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д.5, стр. 1.

Телефон для справок: 8(499) 267-09-63

Ваш отзыв на автореферат в 2 экземплярах, заверенный печатью организации, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Баумана и на сайте www.bmstu.ru.

Автореферат разослан «08» нояб 2017 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
Д 212.141.04
канд.тех. наук, доцент



Семенов В.И.

Актуальность работы. Современные постоянно развивающиеся технологии ужесточают требования к качеству прецизионных и высокоточных труб. Прецизионные и высокоточные трубы чаще всего производят на станах холодной периодической прокатки труб валкового и роликового типов (ХПТ и ХПТР). В настоящее время станы холодной периодической прокатки, которые производятся в Российской Федерации (РФ), уступают зарубежным аналогам по своим характеристикам. Основные отличия состоят как в производительности и режимах работы станом, так и в качестве готовой продукции.

Современная политическая картина мира требует обезопасить высокотехнологичные области: атомная энергетика, самолетостроение и другие. Подтверждением этого является последняя редакция государственной программы РФ "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности". Одной из задач этой программы является снижение доли иностранной продукции, используемой российскими производителями, что безусловно относится и к созданию отечественных станом для производства прецизионных труб.

Целью работы является повысить производительность прокатки прецизионных труб малого диаметра с сохранением заданного качества изделий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. На основе исследования технологических процессов периодической холодной прокатки выявить основные технологические факторы, влияющие на качество выпущенных труб малого диаметра.

2. Провести экспериментальные исследования, направленные на изучение фактического закона изменения и величины осевых сил, действующих на трубу при прокатке на станах ХПТ. Разработать методику и оснастку, необходимые для проведения экспериментального исследования.

3. На основе экспериментальных и теоретических исследований разработать уточненную методику расчета калибровки рабочего инструмента.

4. Провести реконструкцию стана ХПТ, позволяющую интенсифицировать режимы прокатки и улучшить качество прецизионных труб.

Научная новизна работы:

1. Разработана уточнённая методика расчета калибровки рабочего инструмента стана ХПТ, предложена упрощенная формула определения катающего радиуса для инженерных расчетов.
2. Выявлена теоретическая и экспериментальные зависимости осевых сил от технологических параметров деформации.
3. Выявлен характер изменения осевых сил при прямом и обратном ходе клетки для станом ХПТ.

Практическая значимость работы.

1. Данные, полученные по результатам экспериментов, позволили уточнить методику расчета определения параметров калибровки рабочего инструмента и внедрить ее при проектировании промышленных станов ХПТ. Уточненная методика применяется при расчете нового реечного привода поворота валков рабочей клетки стана ХПТ. Внедрение станов с новым приводом позволило снизить осевые силы, возникающие при прокатке труб, что дало возможность интенсифицировать производительность процесса до 20%.

2. Для проведения экспериментальных исследований процесса прокатки труб на станах ХПТ по разработанной методике проведения эксперимента спроектирована универсальная оснастка оригинальной конструкции.

Методы исследований и достоверность результатов. Для определения величины и направления осевых сил были проведены экспериментальные исследования. Величина осевых сил определялась методом электротензометрического измерения сил. Из различных типов электротензометров были выбраны тензодатчики сопротивления, а именно проволоочный тензодатчик.

Достоверность результатов исследований обеспечивалась применением стандартных методов и оригинальных приспособлений с использованием современных приборов и средств измерений.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были представлена на следующих конференциях и конкурсах:

1. 8-ая Всероссийская научно-техническая конференция «Студенческая весна 2014: Машиностроительные технологии» (Москва, 2014);
2. 9-ая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» (Москва, 2015);
3. Конкурс «Молодые ученые» в рамках XXI международной промышленной выставки «Металл-экспо 2015» (Москва, 2015);
4. XXII международная научно-практическая конференция «Трубы-2016» (Челябинск, 2016);
5. Девятая всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» (Москва, 2016)
6. VIII конференция молодых специалистов «Перспективы развития металлургических технологий» (Москва, 2017).

Публикации. Основное содержание работ изложено в 10 публикациях, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных научных результатов диссертации на соискание степени кандидата наук.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация общим объемом 117 страниц состоит из введения, четырех глав, выводов, списка

использованной литературы. Работа содержит 58 рисунков, 2 таблицы, список использованной литературы включает 102 наименований.

Основное содержание работы

В первой главе рассмотрены основные положения теории холодной периодической прокатки труб на станах валкового и роликового типов (ХПТ, ХПТР). Установлена и проанализирована одна из основных причин, влияющих на качество и производительность прокатки прецизионных труб, а именно – осевые силы, возникающие при прокатке. Проведен сравнительный анализ станов ХПТ и ХПТР.

Долгое время минимальный диаметр трубы, прокатываемой на отечественных станах ХПТ, был 16мм. Трубы меньшего диаметра производились исключительно на станах ХПТР. Дело в том, что настройка для каждого маршрута прокатки рычажной системы стана ХПТР, связывающей сепаратор и корпус клетки, благодаря более точному согласованию окружной и поступательной скоростей роликов вдоль прокатываемой трубы позволяет минимизировать осевые силы при прокатке. Минимизация осевых сил и позволяет получить тонкостенные трубы малого диаметра на станах ХПТР. Однако конструкция стана ХПТР, обусловленная способом прокатки труб в незамкнутом калибре, не позволяет повысить степень деформации трубы за ход клетки и ограничивает тем самым рост производительности.

В станах ХПТ прокатка ведется в «закрытом» калибре, что позволяет увеличивать степень деформации за ход клетки. Поэтому станы ХПТ обладают большей производительностью, чем станы ХПТР, однако величина осевых сил, возникающих при прокатке, гораздо выше. Возможность регулировки согласования скоростей окружной и поступательной скоростей валков в станах ХПТ отсутствует.

Рассмотрим причину возникновения осевых сил, возникающих при прокатке на станах ХПТ. На станах ХПТ процесс прокатки ведется с постоянным принудительным катающим радиусом заданным радиусом начальной окружности ведущей шестерни. Под действительным катающим радиусом понимается радиус, проведенный в точке на калибре валка, где окружная скорость валков равна скорости выхода металла из валков. Будем принимать за действительный катающий радиус - фактическое значение катающего радиуса при прокатке в каждый момент времени, за принудительный катающий радиус – радиус, равный выбранному значению радиуса начальной окружности ведущей шестерни (Рисунок 1 поз.2), а за расчетное значение катающего радиуса – значение, полученное при расчете по какой-либо методике. Несовпадение значения принудительного и действительного катающих радиусов приводит к возникновению разнонаправленных осевых сил.

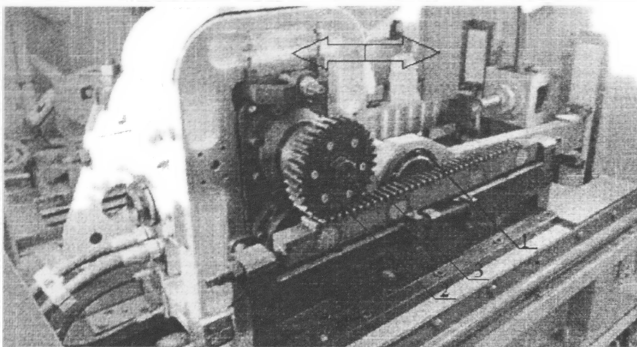


Рисунок 1. Привод клетки стана ХПТ. 1- шатун, 2-рейка, 3- ведущая шестерня

Осевые усилия определяются путем суммирования на ось прокатки проекций всех сил, действующих на заготовку в мгновенном очаге деформации (Глава 1. Рисунок 1.16).

В главе представлен обзор существующих конструктивных решений, которые позволяют минимизировать несовпадение принудительного и действительного катающих радиусов по всей длине хода клетки. Ранее для этого предлагались следующие конструктивные решения: использование в приводе клетки шестерни с дробным числом зубьев, перемещение рейки в направлении прокатки, эксцентриковую установку шестерен, некруглые шестерни, рычажный механизм перемещения клетки стана ХПТ и другие. Одним из последних предложенных способов по снижению осевых усилий было применение в приводе клетки стана ХПТ рейки с переменным наклоном зубьев и шагом. При использовании рейки такой конструкции в некоторых точках по длине хода клетки может произойти заклинивание передачи или ее замыкание с ударом при переходе контакта на каждую следующую пару зубьев шестерни. Вышеуказанные сбои при прокатке прецизионных труб недопустимы.

Исходя из вышеизложенного возникла необходимость провести комплекс исследований по созданию нового привода вращения валков рабочей клетки стана ХПТ. Задачей данного комплекса исследований было обеспечить вращение вала с переменной угловой скоростью, пропорциональной величине действительного катающего радиуса.

Новый конструктивный способ снижения значения осевых сил предложен во второй главе.

В настоящее время самый распространенный вариант привода валков клетки стана ХПТ состоит из неподвижной рейки и круглой шестерни, имеющих постоянный угловой шаг зубьев (Рисунок 2).

При использовании стандартной рейки угловая скорость вращения валков, пропорциональна радиусу начальной окружности ведущей шестерни. Однако валок стремится вращаться со скоростью, пропорциональной действительному катающему радиусу. Несовпадения действительного

катающего радиуса и радиуса начальной окружности ведущей шестерни, а следовательно и рассогласование скоростей, приводит к возникновению осевых сил. Исследования показали, что самым простым и эффективным решением было бы использование в конструкции привода клетки станков ХПТ рейки с переменным линейным шагом зубьев и круглой шестерни с постоянным угловым шагом зубьев. Это способ позволит поддерживать равенство катающего радиуса и радиуса полюсов зацепления в системе шестерня-рейка.

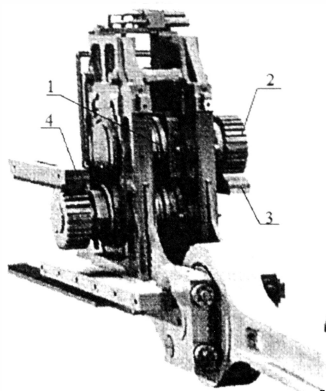


Рисунок 2. Привод клетки стана ХПТ. 1- валок с переменным ручьем калибра, 2 – ведущая шестерня, 3 – нижняя рейка, 4- верхняя рейка

На Рисунок 3 показаны фактический контур, описываемый катающим радиусом валка ($R_{кат}$), с которым связана система координат $X^B O^B Y^B$, и уравнение центроиды шестерни ($R_{ц}$), которое совпадает с уравнением (1) катающего радиуса валка.

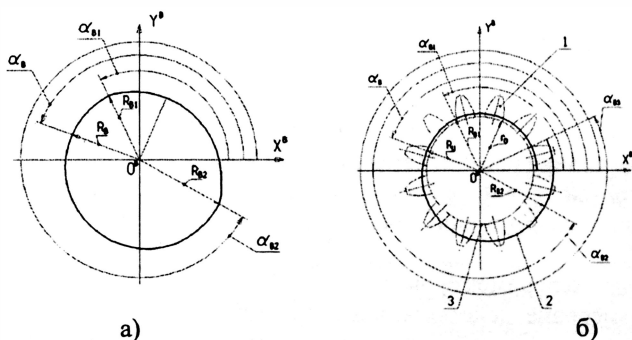


Рисунок 3. Контур, описываемый катающим радиусом валка (а); круглая шестерня с центроидой. 1 – шестерня; 2 – центроида шестерни; 3 – основная окружность шестерни (б)

Уравнение центроиды шестерни в полярной системе координат:

$$R_{ц} = R_{кат} = R_B(\alpha). \quad (1)$$

Переменный шаг зубьев рейки позволяет валку вращаться с переменной скоростью, пропорциональной действительному катающему радиусу, по всей длине хода клетки. Это должно обеспечить снижение осевых сил, возникающих при прокатке. Подробно представлено в диссертации.

Процесс изготовления новой рейки с переменным линейным шагом зубьев происходит на станке для нарезания зубчатых реек с постоянным шагом, оснащенным оригинальным приспособлением (Рисунок 4).

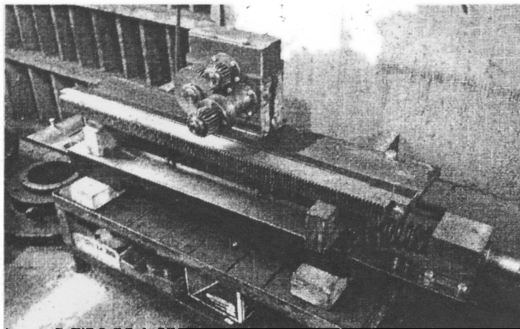


Рисунок 4. Специальное приспособление для нарезания рейки с переменным шагом (в разобранном виде)

Шаг рейки должен быть не только переменным, но и изменяющимся по определенному закону. Необходимый закон изменения зубьев заложен в профиле кулачка, который установлен в специальном приспособлении. При вращении кулачка рейке сообщается дополнительное продольное перемещение. Поэтому эффективность работы новой рейки напрямую зависит от корректности расчета профиля кулачка, в алгоритм расчета которого входит определение величины катающего радиуса по длине хода клетки.

Пробная прокатка с использованием рейки с переменным шагом не привела к снижению осевых сил, возникающих при прокатке на стане ХПТ.

Исходя из выше перечисленного был сделан вывод о необходимости проверки методики расчета катающего радиуса.

В **третьей** главе дается описание и результаты экспериментального исследования по снижению осевых сил, которое проводилось на серийном стане ХПТ.

Целью эксперимента было:

а) измерение действительных осевых сил, действующих на трубу при прокатке, используя рейку с постоянным шагом для различных маршрутов прокатки, подачи трубы-заготовки в зону деформации и числа двойных ходов клетки в минуту;

б) получение данных о значении и распределении величины осевых сил.

Этапы проведения работы представлены в блок-схеме (Рисунок 5).



Рисунок 5. Блок-схема основных этапов проведения эксперимента

Сложность выбора места расположения месдозы в линии стана заключается в том, что вспомогательное оборудование станов холодной периодической прокатки валкового типа вовлечено в процесс прокатки. Также необходимо принимать во внимание, что эксперимент проводился на промышленном прокатном стане ХПТ 10-45. Это значит, что изменения в конструкции стана, связанные с расположением месдозы, недопустимы.

Исходя из всего вышеперечисленного и необходимости максимально точно измерить осевые силы, месдоза располагалась между рабочей линией и патроном подачи. Один конец месдозы был зажат в патроне подачи секции промежуточной, вторым концом месдоза соединялась с прокатываемой трубой-заготовкой (Рисунок 6, 7).

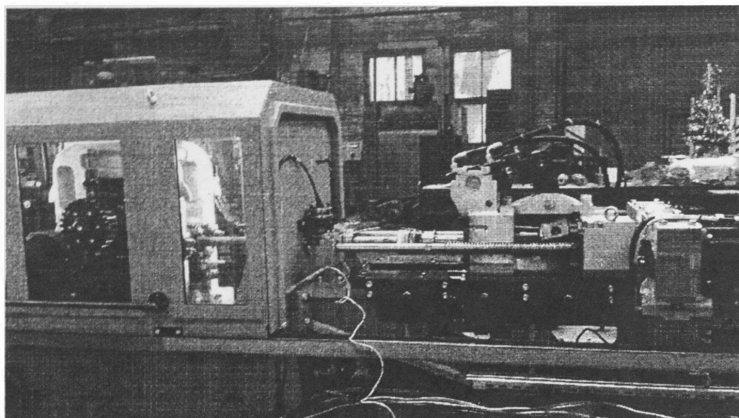


Рисунок 6. Расположение месдозы в линии стана

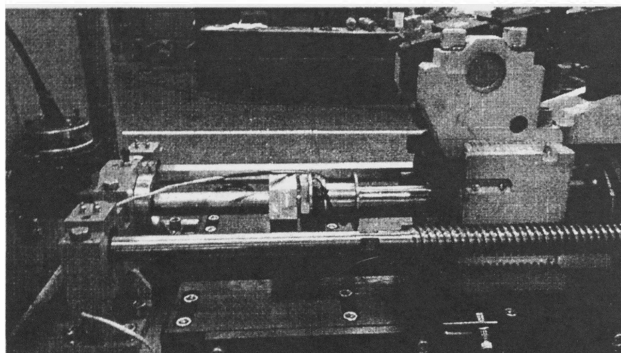


Рисунок 7. Месдоза с патроном подачи

Месдоза была спроектирована с учетом ее расположения в линии стана. Месдоза такой конструкции воспринимает сжимающие и растягивающие осевые силы и может быть использована для любых типоразмеров труб-заготовок (Рисунок 8). Тарировка месдозы осуществлялась на устройстве, позволяющем проводить тарировку как на растяжение, так и на сжатие (Рисунок 9).

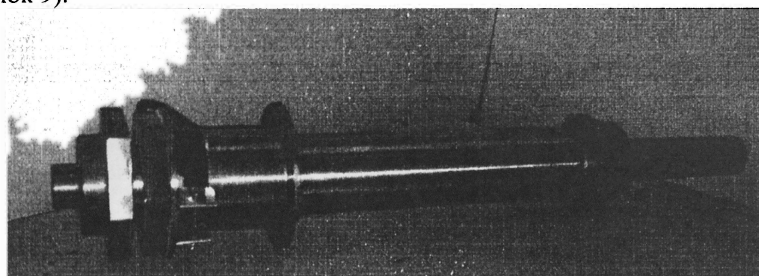


Рисунок 8. Месдоза с хвостовиком и переходной гайкой

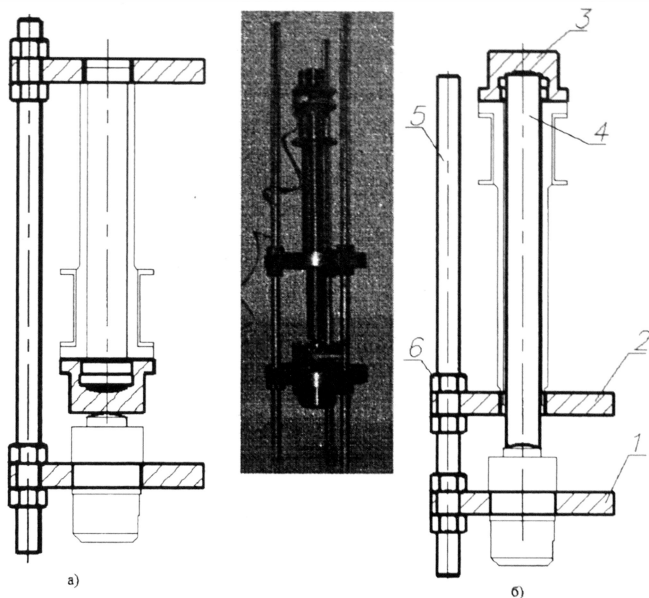
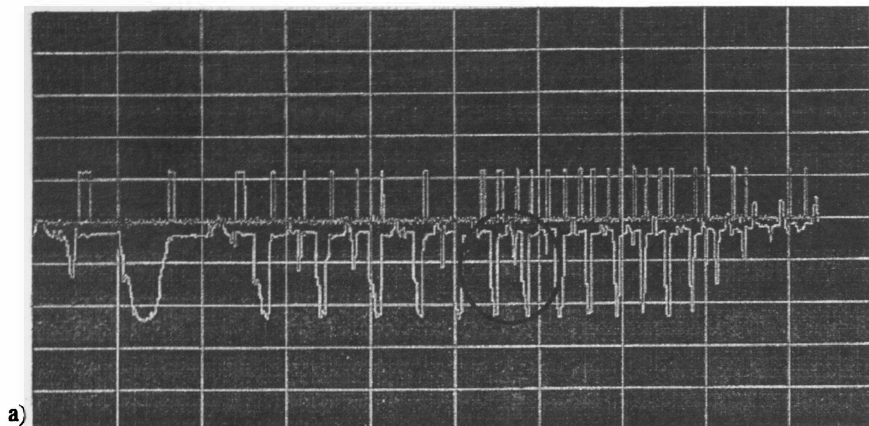


Рисунок 9. Тарировочное устройство с месдозой. 1-нижнее основание, 2-верхнее основание, 3-упорная гайка, 4-ось, 5-направляющая, 6 – гайка; тарировка на сжатие (а); тарировка на растяжение (б)

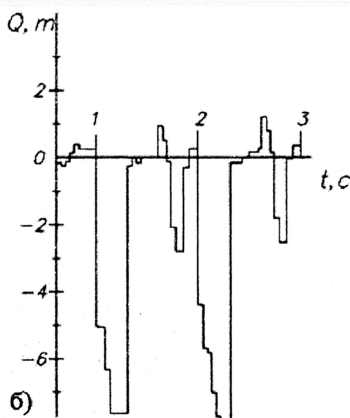
При прокатке на трубу начинают действовать осевые силы, которые передаются на месдозу. Сигнал с тензодатчиков, размещенных на месдозе, поступает на тензоуселитель, а с него на компьютер.

На Рисунок 10 приведены значения осевых усилий для самого «тяжёлого» из рассматриваемых маршрутов прокатки. Размеры заготовки: диаметр 60мм, толщина стенки 6 мм, диаметр готовой трубы 30 мм с толщиной стенки 3 мм, материал - сталь 08х18н9т. Во время проведения эксперимента при получении из заготовки диаметром 20мм с толщиной стенки 1,6мм в трубу с диаметром 10.4мм с толщиной стенки 0.8мм процесс прокатки был невозможен, потому что труба сильно изгибалась в зоне между патроном подачи и линией рабочей (Глава 3. Рисунок 3.16)

В полученных экспериментальных данных направление действия осевых сил по длине хода клети не соответствовало общепринятой теории периодической прокатки. Анализ результатов эксперимента показал, что причиной такого несоответствия является методика расчета катающего радиуса, которая дает приблизительные результаты. Таким образом, необходимо было внести корректировки, позволяющие максимально приблизить значение расчетного катающего радиуса к действительному.



а)



б)

Рисунок 10. Экспериментальные данные для маршрута 60х6-30х3 для стали 08х18н9т (а); График изменения осевых сил при установившемся режиме прокатки (б)

В **четвертой главе** приводится скорректированная методика расчета калибровки рабочего инструмента.

Последовательность корректировки расчета выполнялась по приведенной блок-схеме (Рисунок 11).

Проведенный эксперимент показал, что при прокатке по всей длине хода клетки были замечены сжимающие осевые силы (Рисунок 9). Согласно теории периодической прокатки в начале хода клетки должны наблюдаться сжимающие осевые силы, а в конце — растягивающие. Анализируя полученные экспериментальные данные и основные положения теории холодной периодической прокатки, был сделан вывод, что значение катающего радиуса в начале хода клетки занижено.

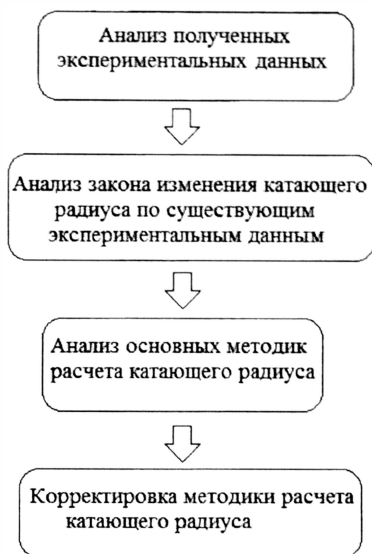


Рисунок 11. Блок-схема основных этапов корректировки методики расчета катающего радиуса.

Для корректировки методики расчета катающего радиуса, был проведен анализ уже существующих методик его расчета. Двумя основными принятыми методиками являются методики П.Т. Емельяненко и Ю.Ф. Шевакина.

Рассмотрена формула для расчета катающего радиуса, предложенная П.Т. Емельяненко:

$$R_k = R_o - 0,7R_T, \quad (2)$$

где R_o – радиус бочки валка,

R_T – среднеарифметическая величина максимальных и минимальных радиусов заготовок и готовых труб, прокатываемых на данном стане. По рассчитанному по формуле Емельяненко катающему радиусу может быть получено значение радиуса ведущей шестерни для стандартного привода клетки с использованием рейки с постоянным шагом.

В случае расчета изменения значения катающего радиуса по длине хода клетки необходимо выполнить предварительную калибровку ручья калибра. В таком случае R_T принимается равным радиусу ручья калибра R_x для каждого сечения согласно калибровке (Рисунок 12).

Это значит, что значение расчетного катающего радиуса зависит только от калибровки рабочего инструмента, а характер изменения катающего радиуса повторяет характер изменения радиуса ручья калибра.

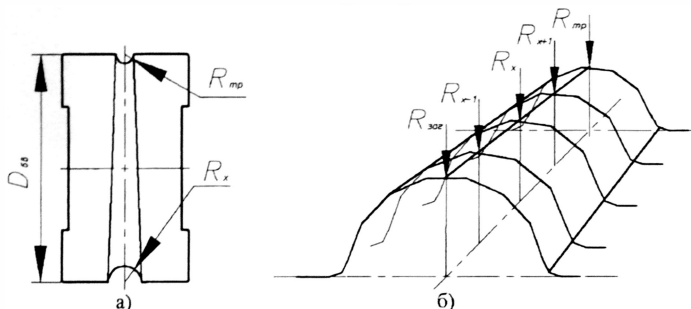


Рисунок 12. Кольцевой калибр валков стана ХПТ (а) и развертка переменного радиуса ручья калибра по длине хода клетки (б)

Достоинство данной формулы в простоте. Однако в калибровке рабочего инструмента характерно резкое изменение значения диаметра ручья калибра в начале хода клетки, что противоречит результатам эксперимента.

При расчете по этой формуле значение катающего радиуса в начале хода клетки сильно занижено.

Позже была предложена методика расчета катающего радиуса Ю.Ф. Шевакиным. Она предназначена для уточнения значения радиуса начальной окружности ведущей шестерни.

Радиус начальной окружности ведущей шестерни при использовании методики Ю.Ф. Шевакиным рассчитывается по формуле:

$$R_{но} = \rho_{zp} + \sqrt{\rho_{zp} \cdot \frac{\Delta t_{np}}{t_x} \cdot R_x \cdot \frac{1}{\lambda_1^2}}, \quad (3)$$

$$\text{где} \quad \lambda_1 = \frac{1,18\pi}{\left(\pi - 2k_\phi \cdot \phi_p\right) \left(1 - \frac{\sin \varepsilon_1}{1,57 \cdot f}\right)}, \quad (4)$$

ρ_{zp} – радиус гребня;

R_x – радиус ручья в сечении;

t_x – толщина стенки трубы в сечении;

Δt_{np} – обжатие в мгновенном очаге деформации;

k_ϕ – коэффициент прямого/обратного хода;

f – коэффициент трения;

ϕ_p – угол развала;

ε_1 – угол наклона равнодействующей элементарных сил давления к вертикальной оси.

Данная формула учитывает процессы прокатки на ХПТ, однако она предназначена для определения радиуса начальной окружности ведущей шестерни, и все привязки выполнены к ней. Ранее основной задачей был подбор комплекта шестерен для каждого стана согласно прокатываемым маршрутам.

В продольной прокатке в калибрах во всех расчетах используется привязка к катающему радиусу. Расчет относительно катающего радиуса по аналогии стал использоваться и в холодной периодической прокатке и приравнивается к радиусу начальной окружности ведущей шестерни.

Особенностью прокатки на станах ХПТ является то, что на валке нарезан ручей переменного сечения, и значение катающего радиуса постоянно меняется. Причем изменение катающего радиуса по длине хода клетки сложная пространственная кривая (Рисунок 2). Поэтому привязка к радиусу начальной окружности ведущей шестерни при холодной периодической прокатке ошибочна. При прокатке на практике не выполняется равенство скорости вращения валков и скорости выхода металла из валков в точке, принятой за принудительный катающий радиус, значит в этой точке возникает скольжение. С этой целью решено было выполнить привязки относительно бочки валка и внести связанные с этим коррективы в расчеты катающего радиуса.

Проведя расчет по всем трем методикам видно, что расчет катающего радиуса по уточненной методике дает плавное изменение его значения по всей длине хода клетки, и значение катающего радиуса завышено в первых сечениях (Рисунок 13).

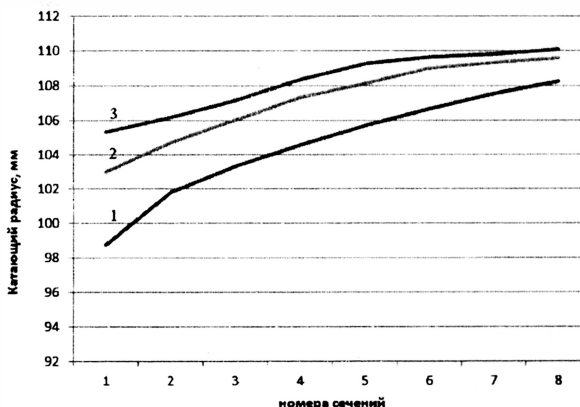


Рисунок 13. Расчет катающего радиуса 1- по методике П.Т.Емельяненко; 2- по методике Ю.Ф.Шевакиным; 3 – по уточненной методике.

Расчет по скорректированной методике достаточно трудоемкий и требует большого количества времени. Проведя ряд вычислений по уточненной методике, возникла идея использовать более простую формулу Емельяненко с введением уточняющих коэффициентов. Однако выведение общего коэффициента для формулы (2) оказалось затруднительным. Поэтому для

каждого сечения обжимной зоны предложен свой уточняющий коэффициент. Значение коэффициента максимально в начале хода клетки и уменьшается по длине хода клетки, а в предотделочным и калибровочных участках равен единице ($k=1$).

Формула Емельяненко с уточняющим коэффициентом:

$$R_K = k(R_0 - 0,7R_T), \quad (5)$$

Где R_0 – радиус бочки вала, мм;

$R_T = R_X$ - радиус ручья калибра, мм;

k – уточняющий коэффициент (Таблица 1).

Таблица 1

Номер сечения обжимной зоны	1	2	3	4	5	6	7	8
k	1,05	1,035	1,03	1,028	1,025	1,02	1,014	1,008

По уточненной методике был проведен расчет катающего радиуса, который использовался для формирования профиля кулачка. С помощью специального приспособления была нарезана зубчатая рейка с переменным линейным шагом. Пробная прокатка показывает, что построение профиля кулачка по уточненной методике позволяют эффективно использовать реконструкцию привода рабочих валков. Применение нового привода рабочих валков клетки позволило добиться решения основной причины возникновения осевых сил: обеспечить вращение вала с переменной угловой скоростью, пропорциональной величине действительного катающего радиуса.

Выводы:

1. На основе исследования технологических процессов периодической холодной прокатки выявлены основные факторы, влияющие на производительность прокатки и качество прецизионных труб.

2. В результате экспериментальных исследований выявлены величина и направление осевых сил, действующих на трубу при прокатке на станах ХПТ. Проведенный эксперимент показал, что при прокатке на обжимной зоне по длине очага деформации были замечены только сжимающие осевые сил, что противоречит теории современной периодической прокатки.

3. По результатам экспериментальных исследований по минимизации осевых сил, анализа теории современной холодной периодической прокатки, в том числе используемых методик расчета катающего радиуса, предложена уточненная методика расчета калибровки рабочего инструмента. Внедрение этой методики позволит интенсифицировать режимы прокатки на стане ХПТ.

4. На основе многократных вычислений по уточнённой методике расчета катающего радиуса была предложена упрощённая формула определения катающего радиуса для инженерных расчетов.

5. Предложена конструкция нового реечного привода вала рабочей клетки стана холодной периодической прокатки, в котором рейка имеет переменный шаг зубьев, позволяющего валу вращаться с переменной скоростью,

пропорциональной действительному катающему радиусу по всей длине хода клетки, что может позволить повысить производительность станов ХПТ.

6. Проведена реконструкция привода валков рабочей клетки промышленного стана ХПТ 10-45, позволяющая повысить производительность станов за счет интенсификации режимов прокатки с сохранением заданного качества трубы.

7. Новый привод клетки стана ХПТ внедрен и эксплуатируется в ООО «ТМК - ИНОКС». Эксплуатация в промышленных условиях доказала, что использование нового реечного привода поворота валков рабочей клетки стана ХПТ 10-45 позволяет увеличить производительность стана на 20% при получении трубной продукции в соответствии с требованиями ГОСТ.

Основные публикации по теме диссертации.

1. Способы снижения осевых усилий на станах ХПТ/ **Е.В Лагошина** [и др.] // Производство проката. 2014. №12. С. 21–24.(0,375 п. л./0,31 п. л.)
2. **Лагошина Е.В.,** Филатов А.А., Соколова О.В. Экспериментальное исследование осевых усилий в станах холодной периодической прокатки труб // Производство проката. 2015. №10. С.39–41. (0,375 п. л./0,34 п. л.)
3. **Лагошина Е.В.,** Целиков Н.А., Филатов А.А. Модернизация зубчато-реечного привода стана холодной прокатки труб// Тяжелое машиностроение. 2015. №10. С. 12-18. (0,875 п. л./0,41 п. л.)
4. Лагошина Е.В. Повышение качества холоднодеформированных труб. [Электронный ресурс] // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Студенческая весна 2013: Машиностроительные технологии», тезисы докладов. М.: МГТУ им. Н.Э Баумана. № гос. Регистрации 0321300796. URL:studvesna.qform3d.ru?go=articles&id=858 (дата обращения: 19.10.2015). (0,11 п.л.)
5. Лагошина Е.В., Соколова О.В., Комков А.Е. Пути повышения качества тонкостенных холоднодеформированных труб// В сборнике: Современные тенденции в образовании и науке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 26 частях. 2013. С. 119-121. (0,19 п. л./0,08 п. л.)
6. Лагошина Е.В. Снижение осевых усилий при прокатке на стане ХПТ. [Электронный ресурс] // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Студенческая весна 2014: Машиностроительные технологии», тезисы докладов.– М.: МГТУ им. Н.Э Баумана.– № гос. регистрации 0321400749.– URL: studvesna.ru?go=articles&id=917 (дата обращения: 19.10.2015). (0,16 п.л.)
7. Лагошина Е.В., Филатов А.А. Зубчато-реечный привод валка стана ХПТ новой конструкции//В сборнике: Перспективы развития науки и образования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2014. С. 151-152. (0,11 п. л./0,08 п. л.)

8. Лагошина Е.В., Соколова О.В. Экспериментальное исследование осевых усилий в станах периодической холодной прокатки// В сборнике: Будущее машиностроения России Сборник докладов Восьмой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов. 2015. С. 350-352. (0,19 п. л./ 0,14 п. л.)
9. Е.В. Лагошина. Исследование осевых усилий в станах холодной периодической прокатки труб валкового типа(ХПТ)// В сборнике: Инновации и импортозамещение в трубной промышленности (Трубы-2016) Труды XXII Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.Ю. Пышминцева. 2016. С. 10-13. (0,19 п.л.)
10. Лагошина Е.В., Пахомов В.В., Черепанов А.С. Станы холодной периодической прокатки труб (опыт и перспективные направления их развития) // В сборнике: VII Конференции молодых специалистов Перспективы развития металлургических технологий. 2017. С. 25-27. (0,125 п.л./ 0,09 п.л.)

—