

1549731

На правах рукописи

КОМКОВА Татьяна Юрьевна

СОЗДАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
НОВОГО СПОСОБА И СТАНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОЧНЫХ
ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Специальность 05.03.05

"Процессы и машины обработки давлением"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Комков

Научный руководитель
к.т.н., доцент Соколова О.В.

Москва - 1996

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
СОКОЛОВА О.В.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
ШЕИХ-АЛИ А.Д.

кандидат технических наук, с.н.с.
ЗЕЛДОВИЧ Л.С.

Ведущее предприятие - МОСКОВСКИЙ ТРУБНЫЙ ЗАВОД

Защита диссертации состоится "6" марта 1996 г. на заседании диссертационного Совета К 053.15.13 в Московском государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по адресу: Москва, В-5, 2-я Бауманская ул., 5.

Ваш отзыв на автореферат в 1-м экземпляре, заверенный печатью, просим выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке государственного технического университета им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан "1" февраля 1996 г.

Телефон для справок 267-09-63.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета
К.Т.Н., доцент



И.Н.Шубин

Подписано к печати 19.I.96г. Объем 1,0 п.л. Тираж 100 экз.
Заказ N 17 Типография МГТУ им. Н.Э.Баумана

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Высокое качество холоднодеформированных труб, повышенная точность геометрических размеров, высокая чистота внутренней и наружной поверхностей, возможность получения особотонкостенных труб и труб переменного сечения, объясняют повышенный интерес к ним в таких отраслях современной техники, как атомная энергетика, котло и турбостроение, подшипниковая промышленность, авиастроение и многие другие.

Холоднодеформированные трубы могут быть получены различными методами обработки металлов давлением: волочение, продольной валковой прокаткой, продольной роликовой прокаткой, непрерывной продольной и поперечно-винтовой прокаткой, каждый из которых обладает определенными достоинствами и недостатками, делающими целесообразным их применение только в конкретных условиях.

Исследование процесса холодной поперечно-винтовой прокатки позволило сделать вывод о целесообразности его использования по двум направлениям: в подшипниковом производстве и производстве тонкостенных холоднодеформированных труб на непрерывных станах.

Для производства подшипников необходимо иметь высокоточные трубы с большой градацией размеров по диаметру. В настоящее время процесс получения таких труб ведется с большими материальными затратами и потерями металла. Анализ использования труб при изготовлении колец подшипников показал, что определенная часть их используется нерационально. Кольца подшипников малых размеров (менее 30 мм) и вовсе изготавливаются из сплошных прутков. При прокатке подшипниковых труб на станах ХПТ для каждого размера трубы нужно устанавливать соответствующий калибр сложной конфигурации, что требует большого парка дорогостоящего инструмента и ведет к потерям рабочего времени. В то же время использование механической обработки для получения заготовок колец подшипников разных типоразмеров из труб одного и того же диаметра приводит к нерациональному использованию материала.

Предлагаемый в данной работе новый способ производства подшипниковых труб методом холодного безоправочного редуцирования на стане поперечно-винтовой прокатки позволяет

1

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1549731

Комкова Т.Ю. Создание раз

М В Т У
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

устранить перечисленные выше недостатки. Для того, чтобы получить из стандартной холоднокатаной заготовки высокоточные трубы различного диаметра, достаточно обеспечить лишь радиальное перемещение валков в клетки поперечно-винтовой прокатки. Это позволяет не только повысить качество труб, но и снизить уровень остаточных напряжений, что очень важно при производстве подшипников.

Вторым направлением, представляющим значительный интерес, является производство тонкостенных холоднодеформированных труб на непрерывных станах, состоящих из клеток поперечно-винтовой и продольной прокатки. Редуцирование по диаметру предполагается осуществлять в клетях продольной прокатки без оправки, а деформацию по стенке - в планетарных клетях поперечно-винтовой прокатки на оправке.

При реализации такой схемы процесса (сочетание продольной и поперечно-винтовой прокатки в одном стане) обеспечивается разделение деформации по диаметру и стенке, что ведет к чередованию направлений течения металла и задерживает образование продольной текстуры материала, приводя к повышению его технологической пластичности. Наличие в процессе элементов поперечно-винтовой прокатки значительно повышает точность и качество получаемых труб и позволяет достичь значительных деформаций по толщине стенки.

В настоящей работе предлагается принципиально новый способ получения холоднокатаных труб методом поперечно-винтовой прокатки. Реализация способа на планетарном стане поперечно-винтовой прокатки подтвердила целесообразность его использования для получения точных, высококачественных труб малого сечения с высокой гибкостью размеров из различных сталей и сплавов.

Предметом защиты является новый способ, технология и оборудование для производства точных холоднокатаных труб малого диаметра из различных сталей, а также методика определения основных энергосиловых параметров процесса прокатки и их влияние на точность и качество готовых изделий.

Работа выполнена на кафедре "Автоматизированные металлургические машины и агрегаты" МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Цель работы.

Создание, разработка и исследование нового способа и оборудования для производства точных холоднодеформированных труб малого диаметра.

Научная новизна.

Разработан новый способ холодной поперечно-винтовой прокатки точных труб малого диаметра, исключающий вращение трубы в процессе деформации.

Предложено два направления реализации новой технологии:

- производство высокоточных подшипниковых труб безоправочным редуцированием в планетарном стане поперечно-винтовой прокатки;
- производство тонкостенных труб на станах непрерывной прокатки, состоящих из клеток продольной и поперечно-винтовой прокатки, причем в клетях поперечно-винтовой прокатки труба в основном деформируется по стенке (до 50%), обжимаясь на оправке, в клетях продольной прокатки - по диаметру, без оправки.

Теоретически и экспериментально исследован процесс прокатки на оправке и безоправочного редуцирования труб в стане поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом. При этом установлена принципиальная возможность осуществления процесса непрерывной прокатки, сочетающего деформацию в клетях продольной и поперечно-винтовой прокатки.

Исследовано влияние безоправочного редуцирования в планетарном стане поперечно-винтовой прокатки на точность труб, изменение толщины стенки, механические свойства, структуру материала.

Исследования механических свойств труб после безоправочного редуцирования показали, что в рассматриваемом диапазоне деформаций (до 18,8%) прочностные характеристики находятся в пределах допускаемых стандартами, что позволяет производить дальнейшую механическую обработку труб без предельного отжига. Это относится к трубам, полученным как из термообработанных, так и из нетермообработанных заготовок.

Проведенные металлографические исследования подтвердили неизменность структуры металла после поперечно-винтового редуцирования, отсутствие трещин и складок на внутренней поверхности.

Практическая ценность работы.

Впервые спроектирован, изготовлен и опробован планетарный стан поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом валков, позволяющий исключить вращение трубы в процессе работы. Новый стан возможно использовать как самостоятельную единицу оборудования для безоправочного редуцирования подшипниковых труб и как составляющую непрерывного стана в сочетании с клетями продольной прокатки, где поперечно-винтовой прокаткой на оправке обеспечиваются высокие обжатия по толщине стенки (до 50%).

Разработан технический проект промышленного малогабаритного стана поперечно-винтовой прокатки для Никопольского Жнотрубного завода (НЮТЗ) и для Нижнеднепровского трубопрокатного завода им. К.Либенекта.

Апробация работы.

По теме диссертации были сделаны доклады: на юбилейной научно-технической конференции, посвященной 165-летию МГТУ им. Н.Э.Баумана 1995 г.; во ВНИИМЕТМАШ 1992 г.; на научных семинарах кафедры "Автоматизированные металлургические машины и агрегаты" МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1990 - 1995 г. Работа по данной тематике выиграла конкурс грантов в области машиностроения за 1995 г.

Публикации.

По основным положениям исследований и разработкам получено авторское свидетельство на изобретение, опубликовано четыре статьи.

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, семи глав, общих выводов по работе, списка литературы и приложения. Изложена на 148 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков, 9 таблиц, список литературы из 52 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована научная и практическая актуальность выбранной темы исследования.

В первой главе дан анализ современных способов производства холоднодеформированных труб. В настоящее время для получения таких труб используют различные способы холодной обработки металлов

давлением: вальцовую, продольную валковую и продольную роликую прокатку, поперечно-винтовую и непрерывную продольную прокатку. Однако, каждый из них обладает некоторыми достоинствами и недостатками, делающими целесообразным его применение только в определенных условиях.

Процесс холодной поперечно-винтовой прокатки труб является очень перспективным способом производства высокоточных труб. Холодной поперечно-винтовой прокаткой можно получать высокоточные изделия из различных материалов диаметром от 4 до 450 мм в металлургическом производстве и более 6000 мм в специальном производстве с толщиной стенки от 0,05 до 25 мм, длиной свыше 30 м, с высокой чистотой поверхности ($Ra 0,08 - 0,16$). Однако холодная поперечно-винтовая прокатка наибольшее развитие получила в области производства труб и трубчатых изделий большого диаметра с малой толщиной стенки ($d > 200$). Она обладает рядом серьезных преимуществ, таких как: высокая степень деформации за проход, непрерывность процесса (отсутствие возвратно-поступательного движения элементов оборудования в процессе прокатки по сравнению со станами ХПТ и ХППР), высокая производительность, сравнительно малые усилия на рабочий инструмент (в связи с малыми размерами очага деформации), возможность прокатки труб с большим отношением d/t , простота изготовления и смены инструмента.

Анализ литературных источников и имеющихся результатов научно-исследовательских работ ВНИИМЕТМАШ (г.Москва), ДТИ (ВНИТИ, г.Днепропетровск), АО ЭЗТМ (г.Электросталь) и других показал, что производство труб большого диаметра методом холодной поперечно-винтовой прокатки практически выпало из поля зрения специалистов. При поперечно-винтовой прокатке производительность процесса зависит от диаметра прокатываемого изделия, этим, отчасти, и объясняется существующая тенденция к производству труб больших диаметров. Прокатка же на станах ХППР и ХПТ при всех преимуществах процесса обеспечивает низкую производительность при высокой себестоимости.

Однако широкое использование поперечно-винтовой прокатки ограничивается вращением трубы в очаге деформации, что не позволяет создать непрерывный процесс производства труб. Это принципиальное требование, определяющее возможную

производительности процесса прокатки, связано с малой жесткостью (моментом сопротивления поперечного сечения) трубы и обязательным наличием кривизны трубы, что резко ограничивает допустимую частоту вращения проката.

Кроме того, анализ изобретений показывает, что отечественные специалисты не связывали возможности станов холодной поперечно-винтовой прокатки с перспективами осуществления высоких деформаций за проход при прокатке изделий с небольшим поперечным сечением.

Таким образом, вопрос об использовании клеток поперечно-винтовой прокатки, в которых отсутствует вращение заготовки, для производства высококачественных холоднокатаных труб малого диаметра оставался открытым, несмотря на его актуальность в промышленном производстве.

Анализ проведенных патентных исследований показал, что усилиями специалистов, как отечественных, так и зарубежных, было создано оборудование поперечно-винтовой прокатки, обеспечивающее отсутствие вращения трубы или при горячей прокатке или при холодной прокатке специальных изделий (больших сечений). Однако, в случае производства холодной поперечно-винтовой прокаткой труб малого диаметра его использование не представляется возможным.

Вторая глава посвящена созданию нового способа производства холоднокатаных труб.

Проведенный в первой главе анализ показал, что представляет значительный интерес разработка новых способов производства холоднокатаных труб методом поперечно-винтовой прокатки, без вращения заготовки. При этом наметилось два направления реализации предлагаемой технологии:

- производство высокопрочных подшипниковых труб в сочетании станов поперечно-винтовой прокатки со станами периодической прокатки (ХПТ). На станах ХПТ предлагается обеспечивать требуемую толщину стенки заготовки, а диаметральные размеры с высокой точностью получать путем безоправочного редуцирования в клетях поперечно-винтовой прокатки;

- производство тонкостенных труб на непрерывных станах, состоящих из клеток поперечно-винтовой и продольной прокатки. Деформация по толщине стенки (с обжатиями до 50%) осуществляется в клетях поперечно-винтовой прокатки на оправке, а редуцирование

в клетях продольной прокатки без оправки;

Предварительные исследования показали, что при редуцировании подшипниковых труб обеспечивается требуемая точность диаметральных размеров трубы и чистота наружной поверхности. Анализ показал, что за счет разделения функций по получению стенки и точного диаметра между станами ХПТ и поперечно-винтовой прокатки, на станах ХПТ при прокатке труб диаметрами 20 - 50 мм можно прокатывать заготовки с интервалами по диаметру в пределах 5 - 10 мм, с требуемой толщиной стенки получаемой путем осевого перемещения оправки без замены калибров. Такое ограничение на сортамент заготовок по наружному диаметру позволит резко сократить число переэточ станов ХПТ при одновременном уменьшении требуемого парка инструмента (калибров). Сокращение числа переэточ, которе весьма трудоемки, ведет к значительному повышению производительности станов ХПТ.

Кроме того, немаловажен тот факт, что анализ исследований уровня остаточных напряжений в трубах, полученных комбинацией способов ХПТ и поперечно-винтовой прокатки показал, что при редуцировании в стане холодной поперечно-винтовой прокатки даже с небольшими обжатиями (ϵ_d 8-12%) наблюдается резкое снижение (на порядок) уровня остаточных напряжений по сравнению с уровнем остаточных напряжений замеренных в трубах после холодной продольной прокатки с последующей термической обработкой. Как известно, уровень остаточных напряжений в трубах определяет припуски на последующую механическую обработку и выход годного при изготовлении колец подшипников из трубы. Этим объясняется интерес исследователей и технологов к использованию процесса холодной поперечно-винтовой прокатки при производстве труб, используемых как готовое изделие, так и в качестве заготовки для последующей механической обработки.

Реализация этих направлений требует создания высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего отсутствие вращения трубы при прокатке труб малого диаметра.

В данной главе сформулированы основные требования к созданию оборудования для осуществления предлагаемого способа производства труб малого диаметра методом холодной поперечно-винтовой прокатки. Предложена новая конструкция стана поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным

приводом валков, дан его кинематический анализ. На рис.1 представлена кинематическая схема планетарного стана поперечно-винтовой прокатки, его конструкция, исключающая вращение заготовки в процессе деформации, защищена авторским свидетельством.

В третьей главе описывается апробация нового планетарного стана холодной поперечно-винтовой прокатки, которая проходила на стенде Экспериментального цеха АО ЭЗТМ.

Основной задачей испытаний являлось опробование прокатки без оправки труб с малыми обжатиями, с целью обеспечения отсутствия вращения проката и определения максимальной частоты вращения клетки, не вызывающей вибрации.

Испытания показали полную пригодность данной конструкции для осуществления прокатки без вращения заготовки. Экспериментально была достигнута частота вращения клетки, лимитируемая допускаемой частотой вращения базовых подшипников, равная 800 об/мин. Эта частота не вызывала заметной вибрации и обеспечивала нормальную работу машины. Частота вращения клетки кратковременно поднималась до 840 об/мин и при этом вибрация не превышала 0,003 - 0,005 мм, что соответствует стандартам. На клетку обеспечивалась возможность сведения валков в требуемом диапазоне диаметров (от 20 до 50 мм) и заданный разворот валков на углы подачи от 0 до 10. В ходе апробации проверена и подтверждена практическая возможность управления процессом синхронизации частот вращения валков и клетки.

Первые исследования показали, что новый стан поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом полностью обеспечивает стабильность процесса прокатки.

В четвертой главе рассматривается вопрос определения энергосиловых параметров при поперечно-винтовой прокатке труб на оправке. Проведен анализ известных способов определения среднего контактного давления при холодной поперечно-винтовой прокатке труб на оправке. Предложена уточненная методика определения усилия и момента прокатки при различных соотношениях между подачей и обжимным участком входного конуса.

Традиционно площадь контактной поверхности при поперечно-винтовой прокатке определялась исходя из усредненной по длине очага деформации ширине. Проведенный нами анализ показал,

что во всех предложенных различными авторами выражениях, по определению F_{2op} ширина контактной поверхности (b_1, b_2, b_3) на различных участках контакта металла с валком определяется только для случ. 1, когда подача на валок (m) меньше длины участка обжатия конусом валка ($\Delta t / \operatorname{tg} \alpha$), то есть при:

$$m < \Delta t / \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

В общем случае возможны различные сочетания между подачей и абсолютным обжатием. Так, при прокатке заготовок диаметром 25-50 мм со стенкой 1,5 - 5 мм и максимальной деформацией по стенке до 50 % обжатия могут изменяться от 0 до 2,5 мм, а величина подачи, определяемая требуемой производительностью процесса, качеством поверхности трубы, частотой вращения клетки может меняться от очень малой (близкой к нулю) до значительной (5-10 мм).

Для случая, когда подача m больше $\frac{\Delta t}{\operatorname{tg} \alpha}$ известные выражения по определению F_{2op} теряют смысл, а значения F_{2op} , подсчитанные таким образом оказываются весьма завышенными.

В настоящей работе предлагается следующий подход к решению этой задачи, позволяющий создать универсальную методику, по которой можно определять F_{2op} при любом соотношении. Мы рассматриваем два варианта соотношения между подачей и длиной участка обжатия конусом валка:

$$\begin{aligned} \text{а) } m < \Delta t / \operatorname{tg} \alpha \\ F'_{2op} = (b_1 + b_3) \frac{m}{2} + (l_1 - m) \cdot \frac{1}{2} (b_1 + b_2) + \\ + m \mu \cdot \frac{1}{2} (b_2 + 2b_3) + 2b_3 (l_{ag} - l_1 - m \mu) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{б) } m \geq \Delta t / \operatorname{tg} \alpha \\ F_{2op} = (b_1 + b_3) \cdot \frac{1}{2} l_1 + b_1 (m - l_1) + (l_1 + m \mu - m) \cdot \\ \cdot \frac{1}{2} (b_1 + 2b_3) + 2b_3 (l_{ag} - l_1 - m \mu) \end{aligned} \quad (3)$$

В результате предложенного подхода к рассмотрению этого вопроса с точки зрения различного соотношения между m и $\frac{\Delta t}{\operatorname{tg} \alpha}$ для случая б), который весьма типичен при холодной поперечно-винтовой прокатке труб малого диаметра, значительно повышается точность в определении площади контактной поверхности. Значение F_{2op} для варианта б), подсчитанное по

используемой ранее формуле, оказывается завышенным на 19%. Применение же в этом случае предложенной методики позволяет избежать такой ошибки.

Момент прокатки традиционно определяется по усредненной ширине очага деформации (b_p) и при его определении известными способами так же как и при определении $F_{зпр}$, не учитывалось соотношение между m и $\Delta t/t_{gd}$, и момент определялся для общего случая прокатки. Значение $M_{пр}$ подсчитанное таким образом оказывается заниженным по сравнению с истинным, причем ошибка в определении увеличивается с уменьшением абсолютного значения m , т.е. $m \rightarrow 0$. Поэтому предлагается определять момент прокатки также для двух вариантов по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} &\text{для варианта а) } m < \Delta t/t_{gd} \\ M_{пр}^z &= \rho_{ст} \cdot n \cdot \frac{D_0}{R_{пр}} \left[\frac{1}{6} b_1 (b_1 + b_3) m + \frac{1}{2} \left(\frac{b_1 + b_3}{2} \right)^2 (l_1 - m) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{6} b_2 (l_1 + 2b_3) m \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{для варианта б) } m \geq \Delta t/t_{gd} \\ M_{пр}^z &= \rho_{ст} \cdot n \cdot \frac{D_0}{R_{пр}} \left[\frac{1}{6} (b_1 + b_3) b_1 l_1 + \frac{1}{2} b_1^2 (m - l_1) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{6} b_1 (b_1 + 2b_3) (m - m + l_1) \right] \end{aligned} \quad (5)$$

В пятой главе проанализирована предлагаемая в литературе методика определения энергосиловых параметров при безоправочном поперечно-винтовом редуцировании труб, дан анализ напряженного состояния по периметру заготовки и рассмотрен механизм деформации при поперечно-винтовой безоправочной калибровке труб.

В шестой главе дано описание экспериментальных исследований, проведенных для более детального изучения процесса деформации при поперечно-винтовой прокатке на оправке в ровном планетарном стане, в т.ч. оптимальных режимов работы стана и подтверждения возможности его использования в непрерывной линии с клетями продольной прокатки.

Эксперименты проводились на базе лабораторного многоклетьевого редуцирующего стана, состоящего из клетки поперечно-винтовой прокатки с приводными вальками, где непосредственно происходило обжатие трубы по толщине стенки на 10

оправке, и двух редуционных клетей продольной прокатки, установленных перед планетарной клетью и выполняющих роль задающего устройства. Деформация заготовки по толщине стенки осуществлялась на держиваемой оправке.

Исследование процесса поперечно-винтовой прокатки на оправке проходило в два этапа: исследование возможных режимов прокатки и определение энергосиловых параметров процесса прокатки. В ходе испытаний варьировались следующие параметры: размер и материал заготовки, угол подачи валков, степень деформации по толщине стенки. Заготовкой служили бесшовные холоднокатаные трубы из сталей: сталь 10 с покрытием из меди на внутренней поверхности, сталь 20, сталь 2Х18Н9Т.

В результате проведенных экспериментов установлена принципиальная возможность осуществления процесса непрерывной прокатки, сочетающего деформацию в клетях продольной и поперечно-винтовой прокатки без вращения трубы.

Здесь же дано сравнение результатов расчета давления металла на валки и момента прокатки с использованием формул различных авторов, предложенной методики (Глава 4) и результатов эксперимента, откуда видно, что наилучшую сходимость экспериментальных и расчетных значений мы имеем при определении энергосиловых параметров по предложенной методике (Глава 4.2) Максимальная ошибка при расчетах в этом случае не превышает 11,5%, а расчетные данные хорошо коррелируются с экспериментом, что позволяет рекомендовать использовать предложенную методику для инженерных расчетов.

Седьмая глава посвящена экспериментальному исследованию процесса холодного безоправочного редуцирования труб малого сечения в планетарном стане поперечно-винтовой прокатки.

Так как изготовление колец подшипников предполагает их предварительную механическую обработку (обточку), которая приводит к значительным потерям металла в случае большой поперечной разностенности и овальности труб, представляет большой интерес исследование точности труб, получаемых методом холодного поперечно-винтового редуцирования и определение их соответствия требованиям ГОСТа 800-78 и стандартам зарубежных стран на холоднокатаные подшипниковые трубы. Исследование точности проводилось по следующим параметрам: определение

поперечной, продольной разностенности и овальности труб. В связи с тем, что к подшипниковым трубам так же предъявляются жесткие требования по кривизне, то исследовался и этот фактор.

Отсутствие в литературе данных о характере изменения толщины стенки в процессе холодного поперечно-винтового редуцирования труб обусловило целесообразность проведения необходимых исследований.

Для подшипниковых труб большое значение имеет уровень их твердости и механические свойства, регламентируемые требованиями стандартов. Кроме того интерес представляет изменение величины предела текучести и относительного удлинения, определяющих возможности механической обработки и дальнейшей деформируемости материала. Поэтому в работе были исследованы зависимости механических свойств от степени деформации. Для этого использовали холоднодеформированные трубы из стали ШХ15 в двух состояниях: после рекристаллизационного отжига по традиционному режиму ($\sim 720^\circ\text{C}$) и без термической обработки, непосредственно со стана ХПТ. Суммарная степень деформации в планетарной клетке варьировалась от 3% до 22%.

Большое значение для стойкости подшипников, изготавливаемых из трубной заготовки, имеет микроструктура материала. С целью выявления влияния холодного поперечно-винтового редуцирования на микроструктуру получаемых труб были исследованы образцы также из стожженной и неотожженной заготовки. Исследования наружной, средней и внутренней поверхностей исходной и прокатанной заготовки показали отсутствие изменений в микроструктуре получаемых труб, отсутствие складок и трещин на внутренней поверхности.

Разработка нового процесса редуцирования потребовала определения энергетических параметров, необходимых для расчета узлов и деталей проектируемого стана. Особенности конструкции планетарной клетки, связанные с наличием вращения самой клетки и приводных валков от различных двигателей постоянного тока, в значительной степени затрудняют проведение тензометрических исследований традиционными методами замера крутящего момента на шпинделе рабочих валков. Был использован метод, основанный на идентичности условий свободного редуцирования труб во вращающейся клетке при отсутствии вращения заготовки в очаге

деформации и в заторможенной неподвижной клетке при деформации трубы приводными вальками.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Анализ современных способов получения точных труб показал, что в настоящее время не существует оборудования и технологии для холодной поперечно-винтовой прокатки труб малого диаметра, обеспечивающих отсутствие вращения заготовки.

2. Современный уровень развития металлургической промышленности позволяет считать, что целесообразно получать высокоточные трубы малого диаметра методом холодной поперечно-винтовой прокатки. Для решения этой задачи необходимо создать оборудование, обеспечивающее высокую производительность процесса холодной поперечно-винтовой прокатки труб.

3. Предложен новый способ получения холоднодеформированных труб малого сечения, обеспечивающий прямолинейное движение заготовки и два направления реализации новой технологии:

- производство высокоточных подшипниковых труб безоправочным редуцированием в планетарном стане поперечно-винтовой прокатки;
- производство высокоточных труб на станах непрерывной прокатки, состоящих из клеток продольной и поперечно-винтовой прокатки, причем в клетках поперечно-винтовой прокатки труба в основном деформируется по стенке (до 50%), обжимаясь на оправке.

4. Создана конструкция нового стана поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом валков. Проведен кинематический анализ стана и выбраны оптимальные характеристики.

5. Впервые спроектирован, изготовлен и опробован планетарный стан поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом валков, позволяющий полностью исключить вращение трубы в процессе работы. Испытания показали полную пригодность данной конструкции для осуществления стабильного процесса прокатки.

6. Предложена методика расчета основных энергосиловых параметров поперечно-винтовой прокатки, достоверность которой подтверждена экспериментальными исследованиями. Максимальная

ошибка достигает 11,5%.

7. Проведены экспериментальные исследования процессов прокатки на оправке и безоправочного редуцирования в планетарном стане поперечно-винтовой прокатки.

8. В результате проведенных экспериментальных исследований установлена принципиальная возможность осуществления процесса непрерывной прокатки, сочетающего деформацию в клетях продольной и поперечно-винтовой прокатки. При прокатке на оправке величина обжатия по стенке достигала 50% за проход.

9. Опробование различных типов оправок выявило целесообразность применения подвижных или подвижно-удерживаемых цилиндрических оправок.

10. При поперечно-винтовом безоправочном редуцировании было достигнуто значительное повышение точности готовых труб:

- абсолютная разностенность снизилась на 0,1 - 0,25 мм;
- дисперсия уменьшилась на 30 - 80 % в зависимости от степени деформации;
- относительная поперечная разностенность снизилась на 1,5 - 3 %;
- овализация не превышала норм установленных стандартами и по сравнению с исходной заготовкой уменьшилась на
- концевая кривизна, достигающая 5 - 7 мм на длине 400 мм в ходе поперечного винтового редуцирования была полностью устранена.

11. В ходе эксперимента было выявлено влияние отношения (d/t) на характер изменения средней толщины стенки при поперечно-винтовом редуцировании.

12. Исследования механических свойств труб после безоправочного редуцирования показали, что при редуцировании до 18,8% прочностные характеристики находятся в пределах допускаемых стандартами, что позволяет производить дальнейшую механическую обработку труб без предварительного отжига. Причем это относится к трубам, полученным как из термообработанных заготовок, так и из нетермообработанных.

13. Металлографические исследования полностью подтвердили то, что после поперечно-винтового редуцирования структура металла сохраняется неизменной. Кроме того, внутренняя поверхность трещин и складок не имеет.

14. По результатам исследований разработан технический проект промышленного малогабаритного стана поперечно-винтовой прокатки с планетарно-дифференциальным приводом валков.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

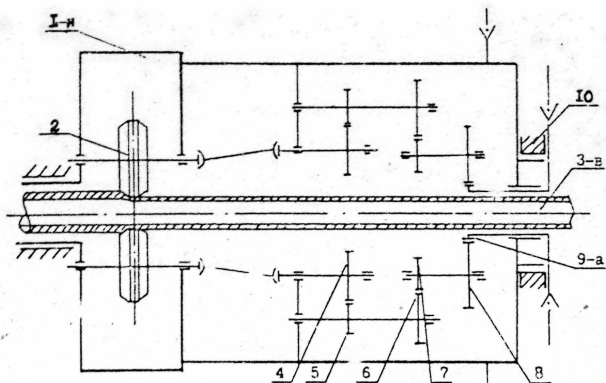
1. А.с. 1680425 СССР, МКИ В21Н 7/14. Стан поперечно-винтовой прокатки /О.В.Соколова, Т.Ю.Комкова, Ю.И.Казаха, Н.С.Коптелкина. - // Открытия, изобретения и товарные знаки. - 1991. - № 36.

2. Получение холоднодеформированных подшипниковых труб путем редуцирования в планетарной клетке поперечно-винтовой прокатки /М.В.Попов, О.В.Соколова, Т.Ю.Комкова, Ю.И.Казаха // Сталь. - 1992. - № 11. - С.59-61.

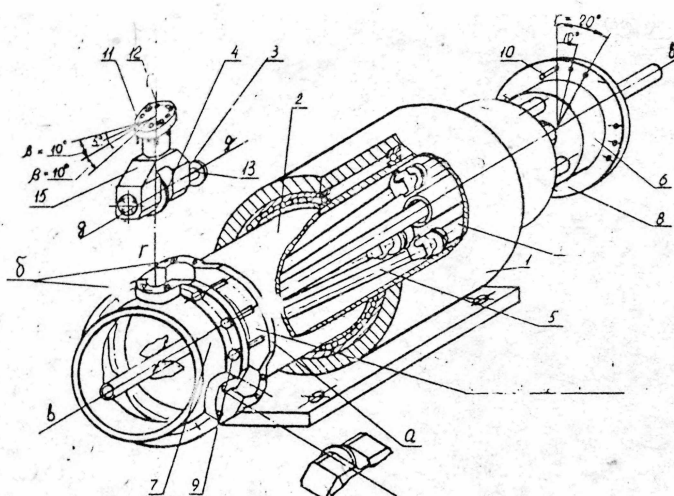
3. Экспериментальные исследования нового способа планетарной прокатки / О.В.Соколова, М.И.Ханин, Ю.И.Казаха, Т.Ю.Комкова // Сталь. - 1994. - № 5. - С.62-65.

4. Соколова О.В., Комкова Т.Ю., Казаха Ю.И. Новый способ получения подшипниковых труб и его исследование // КИП. - 1995. - № 5. - С.22- 23.

5. Соколова О.В., Чехин А.Ф., Комкова Т.Ю. Разработка новых процессов непрерывного холодного деформирования труб// Тезисы докладов научно-технической конференции, посвященной 165-летию МГТУ им. Н.Э.Баумана.-М., 1995.- С.59.



Кинематическая схема планетарного стана



Общая схема планетарного стана поперечно-винтовой прокатки

И.З.И