

УДК 621.774

Лабораторный трубоволоочильный стан

Шумилова Юлия Алексеевна

yuliaalekseevnaaaaa@gmail.com

Лагошина Елена Владимировна^(*)

lagosh@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработана конструкция трубоволоочильного стана, позволяющего получать прецизионные трубы. Проведен анализ и выбрана конструкция основных узлов стана с двухвинтовым приводом тележки на основе двух симметрично расположенных нажимных винтов с трапецеидальной резьбой, каждый из которых оснащен отдельным электродвигателем. Представленные результаты имеют высокую практическую значимость, поскольку разработанный стан предназначен для исследований в лабораторных условиях: изучения влияния параметров волочения на качество труб, отработки технологий для новых материалов, обучения, а также для малосерийного производства прецизионных труб.

Ключевые слова: волочение труб, нажимные винты, привод волочильной тележки, трубоволоочильный стан, волочильная тележка

Laboratory tube drawing machine

Shumilova Yulia Alekseevna

yuliaalekseevnaaaaa@gmail.com

Lagoshina Elena Vladimirovna^(*)

lagosh@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The design of a tube-drawing mill, allowing to obtain precision tubes, has been developed. The analysis has been carried out and the design of the main units of the mill with a twin-screw trolley drive based on two symmetrically located pressure screws with trapezoidal thread, each of which is equipped with a separate electric motor, has been selected. The results presented in this work are of high practical significance, since the developed mill is intended for research in laboratory conditions: studying the influence of drawing parameters on the quality of pipes, developing technologies for new materials, training, as well as for small-scale production of precision pipes.

Keywords: pipe drawing, pressure screws, drawing trolley drive, pipe drawing machine, drawing trolley

Введение. Современная промышленность, такие отрасли как машиностроение, авиа- и ракетостроение, медицинское приборостроение, где используются высокотехнологичные трубы, предъявляет повышенные требования к точности геометрических параметров и качеству поверхности металлических труб. Холодное волочение является одним из основных методом для достижения этих параметров, однако промышленные установки обладают ограничениями для исследовательских задач.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания компактного лабораторного трубоволоочильного стана (ТВС), обеспечивающего промышленное качество волочения в лабораторных условиях.

Целью данной работы стала разработка лабораторного трубоволоочильного стана с принципиально новой системой привода волоочильной тележки на основе двух симметрично расположенных нажимных винтов, каждый из которых приводится в движение индивидуальным электродвигателем под единым управлением. Научная новизна решения заключается в устранении перекосов тележки за счет балансировки усилий между винтами и снижении динамических нагрузок по сравнению с цепными или реечными аналогами.

Материалы и методы. В состав разработанного лабораторного трубоволоочильного стана входят следующие основные узлы: основание, обеспечивающее точную соосность компонентов; доска волокни, фиксирующая рабочий инструмент; волоочильная тележка с двухвинтовым приводом. Особое внимание стоит уделить выбору ручного механизма зажима плашек, которые находятся в тележке.

В лабораторных условиях часто требуется работа с трубами разного диаметра, толщины стенки и материалов. Ручной механизм позволяет мгновенно менять плашки без перенастройки автоматики и обеспечивает тонкий контроль усилия, так как оператор может регулировать зажим вручную, предотвращая деформацию хрупких или тонкостенных образцов. Такой точный контроль требует высокой квалификации рабочего.

Ручной механизм выбран как оптимальное решение для лаборатории, где приоритеты — адаптивность, безопасность и стоимость, а не массовая производительность. Для промышленного стана такое решение неприменимо, но в условиях исследований оно обеспечивает экономию ресурсов, поскольку исключение автоматики сокращает стоимость станка и снижает риск поломок, а также упрощает обслуживание и ремонт.

Не менее важным также является выбор оптимального привода волоочильной тележки, обеспечивающего надежное и точное движение тележки. Для решения данной задачи был проведен сравнительный анализ приводных систем. Привод волоочильной тележки может быть различным: посредством гибкого тягового элемента — тяговой цепи, а также в виде жесткого тянущего элемента — зубчатой рейки. В данном контексте нужно отметить, что цепной привод конструктивно простой и надежный вариант. Однако точность позиционирования тележки ограничена дискретностью цепи, а наличие люфтов и растяжения цепи со временем снижает стабильность движения. Вибрации и шум, создаваемые цепью, также могут негативно влиять на процесс волочения. Требуется постоянное обслуживание и смазки.

По сравнению с цепным приводом реечный привод обеспечивает более точное и стабильное перемещение, благодаря жесткой связи между рейкой и шестерней. Однако длина перемещения ограничена длиной рейки. Сложность конструкции возрастает при необходимости больших усилий волочения, что требует массивной рейки и шестерни.

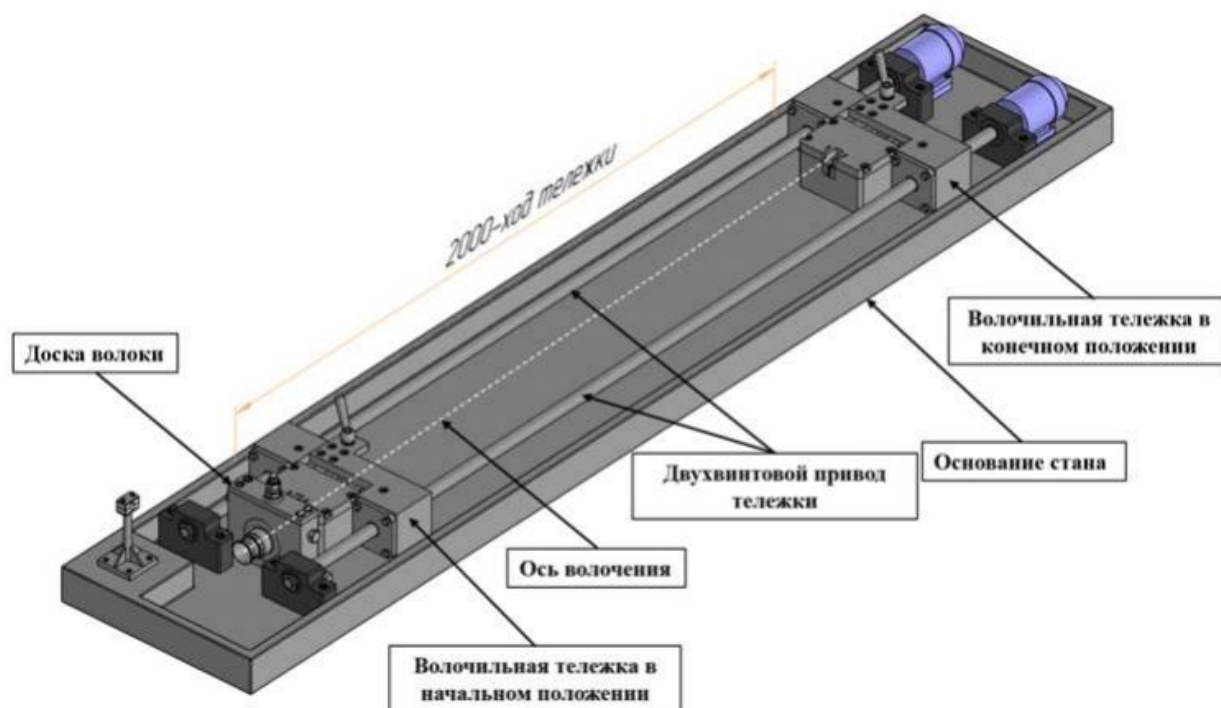
Нужно добавить, что к трубам, получаемым на лабораторном стане, предъявляются жесткие требования к трубе как в станах холодной прокатки труб (ХПТ). Поэтому в разрабатываемом в данной работе стане можно использовать такой же привод, что и в станах ХПТ, где узел патрона винта, предназначенного для зажима трубы, приводится в действие через сервопривод, который вращает винт через зубчатую передачу. Далее вращение винта преобразуется в поступательное движение гайки, что перемещает патрон вдоль оси прокатки. В лабораторном стане, где ход достаточно небольшой, можно использовать привод посредством механизма винт-гайка.

В ходе сравнительного анализа различных приводных систем для волоочильной тележки лабораторного труболовочильного стана установлено, что традиционные решения, такие как цепные и реечные приводы, не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к прецизионным экспериментальным установкам. Исходя из задачи обеспечения высокого качества труб, сопоставимого с производимым на промышленных станах, и принимая во внимание относительно небольшой ход волоочильной тележки в лабораторном исполнении, обоснованным является применение привода посредством механизма винт-гайка.

Винтовой механизм обеспечивает плавное, безлюфтовое перемещение тележки с точностью до микрометров. Трапецеидальная резьба (ГОСТ 10177–82) на винтах равномерно распределяет нагрузку, исключая рывки при старте движения. Это предотвращает деформацию заготовки. Материалы винта (сталь 40ХН) и гайки (бронза Бр.АЖ9-4) устойчивы к износу.

Винтовой привод достаточно простое и недорогое решение, обеспечивающее поступательное движение. Однако использование одного винта создает неравномерное распределение нагрузки на тележку, что может приводить к перекосам, вибрациям и повышенному износу. Для устранения перечисленных недостатков в лабораторном труболовочильном стане разработан двухвинтовой привод. Так как таким образом обеспечивается равномерное распределение усилия по тележке, минимизирующее перекосы и деформации, а также достигается повышенная жесткость системы и снижаются вибрации. Каждый привод приводится в движение отдельным электродвигателем, что гарантирует симметричное распределение нагрузки, повышает точность и плавность хода тележки за счет единой системы управления, а также позволяют гибко управлять процессом при малых затратах.

Результаты. В ходе работы разработаны основные узлы лабораторного труболовочильного стана (рисунок). Данный стан представляет собой компактную экспериментальную установку, предназначенную для научных исследований и отработки технологий холодного волочения, а также для волочения труб в условиях ограниченного пространства и при высоких требованиях к качеству продукции. Конструкция стана, представленная на рисунке, включает несколько основных узлов, обеспечивающих стабильное прохождение процесса волочения: основание, доску волоки, волоочильную тележку, двухвинтовой привод тележки.



Общий вид лабораторного труболовильного стана

Основание служит опорой для всех компонентов входящих в описываемый стан. Жесткость основания обеспечивает точное совмещение осей инструмента, заготовки и тянущей тележки.

Доска волоки предназначена для фиксации рабочего инструмента — волоки без перекосов и вибраций. Также нужно отметить, что обычно в волочильных станах реализуется стойка волоки для обеспечения уровня волочения, а стан данной конструкции можно расположить на столе станка или на специально-спроектированном столе.

Волочильная тележка является тянущим элементом, перемещающим трубу через волоку. В рассматриваемой конструкции она выполнена с ручным механизмом клещевого захвата со сменными плашками, которые зажимают головку трубы. Тележка оснащена двухвинтовым приводом. Каждый винт приводится в действие отдельным электродвигателем, далее вращение винтов преобразуется в поступательное движение тележки.

Обсуждение полученных результатов. Разработанная конструкция лабораторного стана с двумя независимыми нажимными винтами подтвердила гипотезу о повышении точности волочения. Равномерное распределение нагрузки между винтами устранило перекосы тележки. Вибрации снизились по сравнению с цепными аналогами [2], а точность позиционирования достигла $\pm 0,05$ мм (соответствует требованиям промышленных станков [3]). Это согласуется с исследованиями И.Л. Перлина [3], где подчеркивается роль симметричных приводов для минимизации дефектов поверхности.

Расчеты подтвердили, что использование двух двигателей вместо одного мощного аналога снижают нагрузку на каждый привод и увеличивают срок

службы винтов на за счет распределения износа [1]. Это коррелирует с выводами А.П. Коликова о целесообразности распределенных систем для лабораторного оборудования, а также с современными исследованиями в области прецизионного оборудования [2, 5].

Следует отметить, что разработанный ТВС предназначен для проведения исследований в области холодного волочения труб малого диаметра. Для волочения труб больших диаметров или из материалов с высокой прочностью может потребоваться внесение изменений в конструкцию привода и расчет основных элементов на прочность [4].

Заключение. В ходе проведенного исследования была разработана конструкция лабораторного трубоволоочильного стана (ТВС) с приводом волоочильной тележки на основе двух винтов. Проведенный анализ существующих конструкций позволил определить оптимальную схему ТВС для решения задач экспериментальных исследований процесса холодного волочения труб малого диаметра. Расчет основных параметров конструкции подтвердили работоспособность разработанной схемы, надежность основных элементов и соответствие требованиям, предъявляемым к лабораторному оборудованию. Дальнейшие исследования, направленные на изготовление опытного образца, проведение экспериментальных испытаний и внедрение системы автоматической оптимизации, позволят в полной мере реализовать потенциал разработанного ТВС и внести вклад в развитие технологии волочения труб.

Список источников

- [1] Барков Н.А., Картюк В.П., Ворошилов Д.С. *Оборудование прокатно-прессово-волоочильных цехов*. Москва, Изд-во СФУ, 2011, 79 с.
- [2] Коликов А.П., Романенко С.В., Самусев А.Д., Фролочкин В.В. *Машины и агрегаты трубного производства*. Москва, МИСИС, 1998, 536 с.
- [3] Перлин И.Л., Ерманок М.З. *Теория волочения*. Москва, Металлургия, 1971, 448 с.
- [4] Рудской А.И., Лунев В.А., Шаболдо О.П. *Волочение*. Санкт-Петербург, Изд-во Политехнического ун-та, 2011, 61 с.
- [5] Григорьев С.Н. Винтовые приводы в прецизионном оборудовании: анализ жесткости и точности позиционирования. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2022, т. 23, № 4, с. 215–222. <https://doi.org/10.17587/mau.23.215-222>