

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕЛИЧИНЫ ОСЕВЫХ СИЛ В СТАНЕ ХПТ

Пилипенко Станислав Владимирович

Доцент, ПГУ «Полоцкий государственный университет»

Штемпель Олег Пертрович

Доцент, ПГУ «Полоцкий государственный университет»

Проведен анализ конструкций станов холодной пильгерной прокатки труб, разработанных с целью минимизации величины осевых усилий. Большинство из рассмотренных конструкций либо несовершенны в техническом плане, либо экономически неэффективны. Наиболее реализованным и совершенным, с точки зрения минимизации осевых сил, является привод движения клетки стана ХПТ, через рычажную систему.

Ключевые слова: ХПТ, осевые силы, оптимизация, конструкция клетки, качество труб, производительность станов

Вступление. Холодная пильгерная прокатка один из сложнейших процессов обработки металлов давлением [1-3]. Клеть станов холодной пильгерной прокатки совершает возвратно-поступательное движение вдоль неподвижно зажатого рабочего конуса (пильгерголовки) и все кинематические условия деформации создаются искусственно. Катающий радиус в этом процессе – принудительный ($\rho_{п.к.}$). Он равенначальному диаметру ведущей шестерни ($\rho_{в.ш.}$, рис. 1). При этом, в процессе ХПТ различают так называемый естественный катающий радиус $\rho_{е.к.}$, т.е. тот, который создавался бы в мгновенном очаге деформации самопроизвольно, если бы рабочий конус не был неподвижно зажат [1-2].

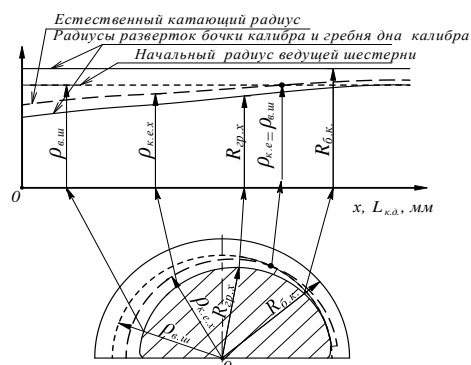


Рисунок 1 – Схема распределения вдоль рабочего конуса $L_{к.д.}$ естественного катающего радиуса $\rho_{е.к.}$ и принудительного катающего радиуса, равного начальному радиусу ведущей шестерни, $\rho_{в.ш.}$

Величина $r_{e.k.}$ изменяется вдоль рабочего конуса (см. рис. 1), вместе с изменением геометрических параметров ручья калибра. Разница между естественным и принудительным катающими радиусами вызывает значительные осевые силы, действующие на рабочий конус и оправку. Эти силы отрицательно влияют как на качество труб, так и на оборудование стана.

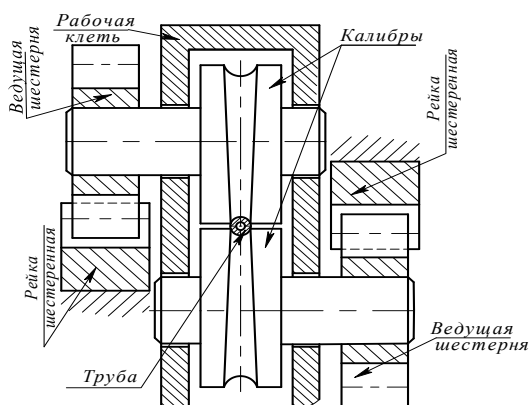


Рисунок 2 – Привод вращения валков и движения клетки стана ХПТ [3]

Целью работы является анализ методов оптимизации величины осевых сил.

В настоящее время предложено множество возможных конструкций приводов движения рабочей клетки станов ХПТ, позволяющих в той или иной степени приблизить величину $r_{п.к.}$ к $r_{e.к.}$. Часть из них связана с изменениями параметров ведущих шестерен и шестеренных реек (рис. 2) [1-5]. В данных случаях, для минимизации осевых сил необходимо, чтобы при движении клетки между перемещением x клетки и углом поворота φ рабочих валков соблюдалась следующая зависимость [2]:

$$\frac{dx}{d\varphi} = (0,995...1,005) r_{к.е.х} \quad 1)$$

Этого можно достигнуть, например, используя шестеренную рейку с переменным шагом, в расчете геометрических параметров которой используется скорректированная методика [2]. Также возможен вариант с постоянным шагом зубьев шестерни и рейки, но применять ведущую шестерню с переменным радиусом центроиды круглой шестерни [3] (рис. 3).

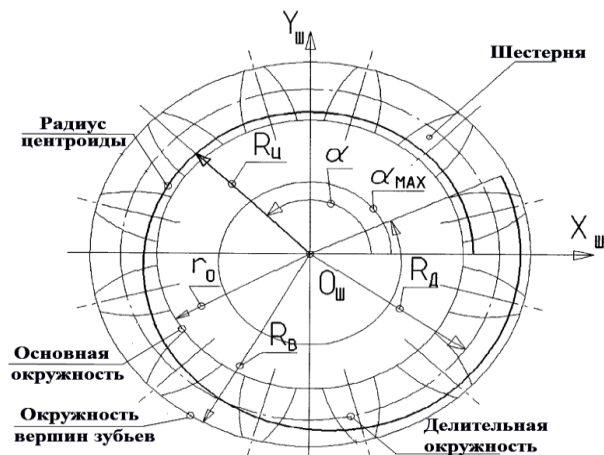


Рисунок 3 – Шестерня с переменным радиусом центроиды [5]

Недостаток этих методов в том, что для каждого возможного маршрута необходимо иметь свой комплект ведущих шестерен и реек. Более универсальными являются конструкции, показанные на рисунке 4.

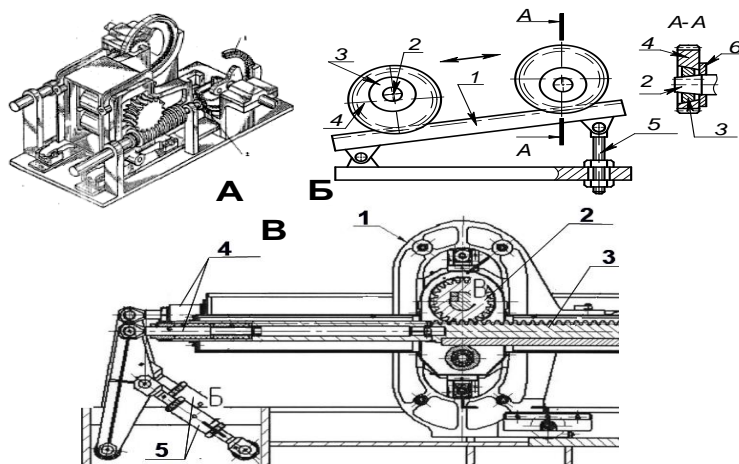


Рисунок 4 – Конструкции станов ХПТ, разработанные с целью уменьшения действия осевых сил [5-8]

Стан холодной прокатки с червячным механизмом привода (см. рис. 4, А), позволяет корректировать скорость вращения валков [7], это же позволяет делать вариант исполнения стана ХПТ с гидроцилиндрами [5] (см. рис. 4, В). В данном случае, положение шестеренной рейки (см. рис. 4, В, поз. 3) может изменяться прямо во время движения клетки (см. рис. 4, В, поз. 1), с помощью гидроцилиндров (см. рис. 4, В, поз. 5). Таким образом можно корректировать скорость вращения ведущих шестерен (см. рис. 4, В, поз. 2).

На рисунке 4 Б показан вариант привода с эксцентричными шестернями [6], которые катятся по наклонной шестеренной рейке (см. рис. 4, Б, поз. 1). Наклон шестеренной рейки может корректироваться в зависимости от маршрута прокатки. Эксцентриситет ведущих шестерен (см. рис. 4, Б, поз. 4) также может изменяться специальными вставками (см.

рис. 4, Б, поз. 3), которые, крепясь к шайбе (см. рис. 4, Б, поз. 6) болтами, заклинивают всю систему сборной эксцентричной шестерни на вале (см. рис. 4, Б, поз. 2, болты на рисунке не показаны).

Все перечисленные конструкции клеток станков ХПТ не нашли широкого распространения из-за тех, или иных недостатков конструкции, или по экономическим причинам. Относительно широкого применения получила конструкция привода движения клетки с применением рычажной системы. Одна из конструкций такой клетки показана на рисунке 5.

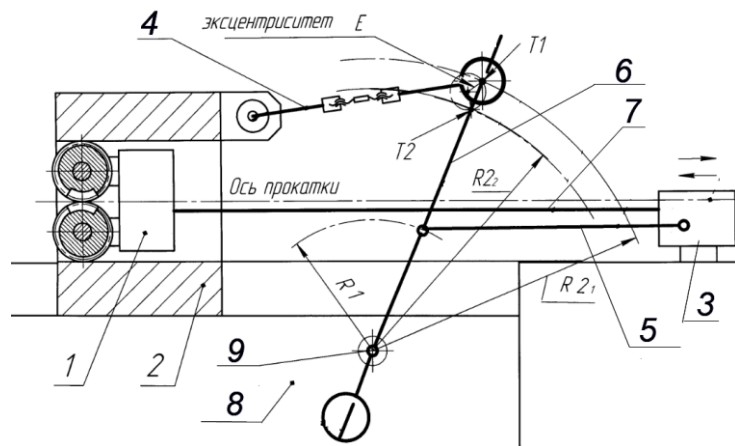


Рисунок 5 – Рабочая линия холодно-пильгерного стана [9]: 1 – сепаратор с вальками (роликами); 2 корпус; 3 – прямолинейный узел привода; 4-7 – рычажная (кулисная) система привода взаимного перемещения корпуса и сепаратора; 8 – станина; 9 – точка крепления кулисного механизма к станине

Данный вид привода позволяет, изменяя плечи настроек рычажной системы (см. рис. 5, Б, поз. 4-7), получать необходимый характер распределения величины принудительного катающего радиуса вдоль конуса деформации. Методика расчета величины принудительного катающего радиуса в любом контрольном сечении конуса деформации изложена в [10].

Выводы. Большинство из изложенных в работе методов оптимизации величины осевых сил при прокатке труб в станках ХПТ, либо слишком сложны для реализации, либо несовершенны в техническом плане, либо экономически не эффективны. Наибольшего распространения в конструкциях станков ХПТ и ХПТР, из рассмотренных, получил привод через рычажную (кулисную) систему. Современные методы расчета параметров кулисного механизма позволяют найти оптимальные настройки, для достижения минимальной разницы между принудительным и естественным катающими радиусами. Методы оптимизации конструкции станков ХПТ, с целью минимизации действия осевых сил, требуют дальнейшего развития.

Список использованных источников

1. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб [Монография] / Ю.Ф.Шевакин. - М: Metallurgizdat, 1963. - 269 с.

2. Лагошина Е.В. Исследования осевых усилий в станах периодической холодной прокатки труб валкового типа (ХПТ) / Инновации и импортозамещение в трубной промышленности (Трубы-2016). Труды XXII Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.Ю. Пышминцева. – 2016. – С. 10-13.

3. Пат. 2 482 933 Зубчато-реечный привод вала стана периодической прокатки труб: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2011131603/02; заявл. 28.07.2011; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15. 13 с.

4. 2 436 640(13) Способ холодной периодической прокатки труб: пат. 2187888 Рос. Федерация. № 2010132648/02; заявл. 04.08.2010; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. 6 с.

5. Рабочая линия холодно-пильгерного стана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://edrid.ru/rid/216.013.20f2.html>.

6. Привод валков стана холодной прокатки труб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://patents.su/3-554898-privod-valkov-standa-kholodnoj-prokatki-trub.html>.

7. Данченко, В. М. Аналіз механізмів зниження вісьових сил на станах ХПТ / В. М. Данченко, В. Т. Вишинський, А. В. Сьомічев, Я. В. Фролов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2007. – №1. – С. 46-49.

8. Рабочая линия холодно-пильгерного стана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <https://edrid.ru/rid/216.013.20f2.html>

10. Пилипенко, С.В. Метод расчета параметров настройки станов холодной пильгерной прокатки труб, в приводе которых используется рычажная система / С.В. Пилипенко, И.В. Маркевич // *Журнал инженерных наук*. – 2014. – Т. 1, № 1. – С. В19-В25.

METHODS FOR OPTIMIZING THE MAGNITUDE OF AXIAL FORCES IN A CPR MILL

The analysis of the structures of cold pilger pipe rolling mills designed to minimize the value of axial forces is carried out. Most of the considered designs are either technically imperfect or economically ineffective. The most realized and perfect, from the point of view of minimizing axial forces, is the drive of motion of the stand of the CPR mill, through a lever system.

Key words: CPR, axial forces, optimization, stand design, pipe quality, mill productivity.

***Пилипенко Станислав Владимирович,
Штемпель Олег Петрович, 2021***