

РАЗДЕЛ III ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ В МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.777.01

Вышинский В. Т.
Рахманов С. Р.
Сафонов Л. А.

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ДЛИННОМЕРНЫХ КОНИЧЕСКИХ ТРУБ ХОЛОДНЫМ ПИЛЬГЕРОВАНИЕМ

Длинномерные трубчатые изделия переменного сечения, являясь равнопрочными для определенного вида нагружения, позволяют достичь существенной экономии металла в случае применения их в качестве несущих элементов различных металлоконструкций или деталей машин. В ряде случаев трубы переменного сечения обеспечивают достижение определённого технического эффекта – например, в трубопроводах с изменяющейся по длине скоростью потока среды.

Несмотря на отсутствие достаточно полных представлений об образовании трубчатых изделий переменного сечения с учётом взаимосвязи технологических и кинематических характеристик процесса, наиболее перспективным способом их получения является процесс формообразования способом холодной пильгерной прокатки на станах валкового типа.

Целью работы является анализ и обобщение основ процесса производства длинномерных трубчатых изделий переменного сечения холодным пильгерованием, методик определения настроечных параметров станов ХПТ, выявления основных закономерностей, обеспечивающих возможность создания высокоэффективного оборудования для холодной прокатки конических труб (станов ХПТК).

Практика показала, что наибольшими технологическими возможностями из известных (горячая прокатка, в частности на пильгерстане; штамповка; прессование; обкатка; холодное волочение) для производства бесшовных труб переменного сечения обладает процесс холодной пилигримовой прокатки. Наиболее простым и производительным является процесс прокатки коротких конических труб, длина которых не превышает длину развертки ручья калибров. Этот способ нашел широкое применение при производстве конических труб для велосипедных и мотоциклетных вилок и рам [1, 2].

Коффом З. А. был разработан технологический процесс, позволяющий получать конические трубы с постоянным наружным диаметром практически любой длины. Сущность этого способа состоит в отводе назад (или подаче вперед) конической оправки в процессе прокатки трубы. В результате изменяется величина кольцевого зазора между ручьем калибров и оправкой. Перемещение оправки осуществляется специальным устройством. Подобные механизмы установлены на стане ХПТ-450 ЭЗТМ и на стане 18" фирмы "Блисс" (США). В Японии этот процесс используют при производстве ступенчатых по внутренней поверхности труб для мачт яхт [3], в России – для лонжеронов лопастей вертолётов [4, 5].

Во ВНИИМетмаше был разработан и опробован технологический процесс холодной прокатки труб переменного сечения [6], заключающийся в непрерывном изменении длины очага деформации трубной заготовки на стане ХПТ в результате изменения длины хода рабочей клетки. Максимальный и минимальный диаметры наружной и внутренней поверхностей прокатываемой трубы равны соответствующим диаметрам ручья калибров и оправки. Протяженность изделия зависит от интенсивности изменения длины очага деформации (длины хода рабочей клетки) – чем медленнее она изменяется, тем длиннее получаемая труба.

Он получил дальнейшее развитие во ВНИТИ, где впервые были разработаны и изготовлены специализированные станы холодной прокатки конических труб ХПТК-40 и ХПТК-75 с механическим регулируемым приводом рабочей клетки, а также основные положения технологического процесса холодной прокатки конических труб [7], схема которого приведена на рис. 1.

На рис. 1, *a* показано исходное (переднее) положение калибров, с которого начинается процесс прокатки трубы заданных размеров и формы. В положении калибров *II* (рис. 1, *б*), соответствующем раскрытию зева подачи и поворота (крайнее заднее положение клетки), происходит подача трубной заготовки на величину m и ее поворот. При движении клетки вперед происходит деформация поданного металла. Сечение 1 перемещается вперед на величину линейного смещения.

За время первого цикла прокатки происходит изменение длины хода клетки на величину Δx_1 (положение *III*, рис. 1, *в*) и формируется сечение 2 готовой трубы. Радиус этого сечения R_2 равен радиусу ручья калибров в сечении 2. Участок 1–2 готовой трубы состоит из части рабочего конуса и части мгновенного очага деформации и имеет длину:

$$I_{1-2} = m\mu_x^{(1)} + \Delta x_1, \quad (1)$$

где m – величина разовой подачи заготовки;

$\mu_x^{(1)}$ – коэффициент вытяжки на первом двойном ходе клетки.

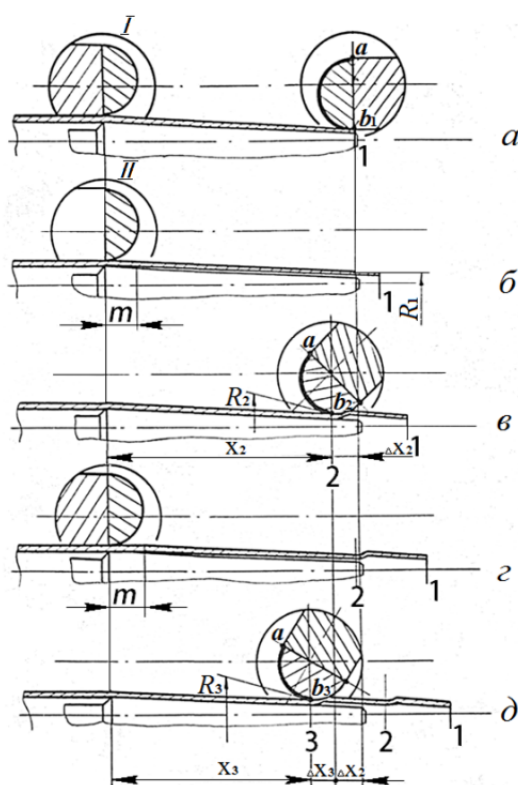


Рис. 1. Схема технологического процесса холодной прокатки длинных конических труб на станах с изменяющейся длиной хода клетки

Радиус внутренней поверхности сечения 2 определяется соответствующим размером оправки. Аналогичным образом формируется третье и последующие сечения прокатываемого изделия. Таким образом прокатанную на стане ХПТК трубу переменного сечения можно представить как последовательность элементарных участков, каждый из которых сформирован за один двойной ход клетки.

Отсутствие калибрующего участка на ручье обусловлено подвижностью передней границы рабочего конуса. Поэтому каждый элементарный участок готового изделия геометрически представляет собой комбинацию соответствующей части рабочего конуса, сформированного за предыдущий двойной ход, и элемента мгновенного очага деформации трубной заготовки, «замороженного» в крайнем переднем положении рабочей клетки (рис. 1, в).

В работе [7] были получены зависимости для установления предельного значения величины разовой подачи, исходя из заданной волнистости наружной поверхности; общее число двойных ходов, в течение которых должно формироваться заданное изделие; некоторая усредненная величина изменения длины хода рабочей клетки.

На этих станах могут быть прокатаны трубы переменного сечения, представляющие собой рабочий конус (или сочетания их), различного рода ступенчатые трубы, цилиндрические с переменной толщиной стенки (при наличии механизма перемещения оправки), различные профильные изделия переменного сечения с криволинейной образующей.

В состав основного технологического оборудования станов ХПТК, как и станов ХПТ, входят несущие валки рабочей клетки, механизмы их возвратно-поступательного перемещения и устройства периодических подач и кантовки обрабатываемого изделия. Особенностью станов ХПТК является наличие механизмов возвратно-поступательного движения рабочих клеток с возможностью регулирования величин их перемещений, кинематические и скоростные параметры которых во многом определяют точность форм, размеров и конфигурацию готовых изделий.

На рис. 2 представлены схемы механизмов возвратно-поступательного движения рабочих клеток с возможностью регулирования величин их перемещений.

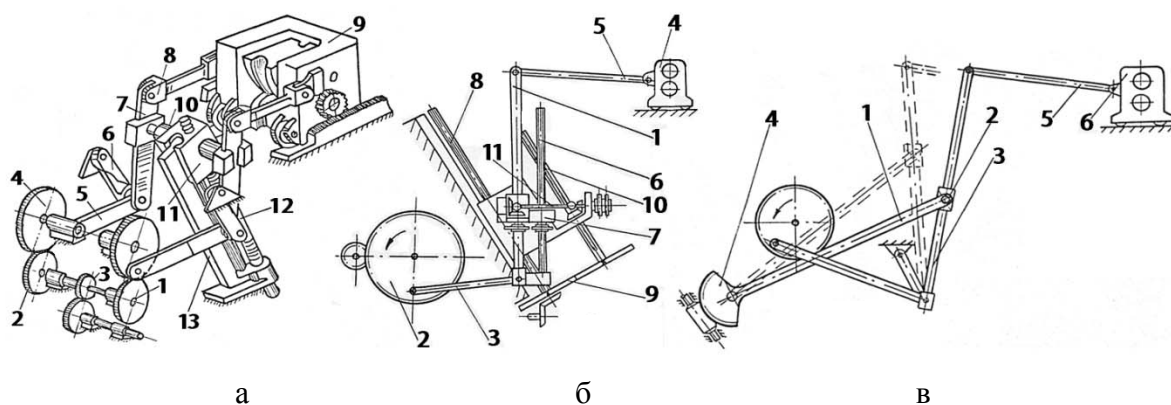


Рис. 2. Схемы рычажных приводных механизмов стана ХПТК:

а – согласно А. с. № 232914; б – согласно А. с. № 371996; в – согласно А. с. № 1196047

Эти механизмы представляют собой пространственные спаренные системы силовых рычагов, приводимых в движение от кривошипно-коромысловых механизмов [8–10]. Станы ХПТК-40 и ХПТК-75 оснащены механизмом, схема которого приведена на рис. 2, а.

Кривошипно-коромысловый механизм, состоящий из кривошипных колес 4, нижних шатунов 5 и коромысел 6, сообщает качательное движение двуплечим рычагам 7 относительно скользящей шарнирной опоры 10. Это движение посредством шатунов 8, связанных с верхними шарнирами рычагов, преобразуется в возвратно-поступательное перемещение рабочей клетки 9.

Величина хода клетки зависит от соотношения длин плеч рычагов 7, то есть от положения скользящей шарнирной опоры 10, установленной на подвижной каретке 11. Перемещение каретки 11 по неподвижным наклонным направляющим 13 осуществляется винтовым механизмом 12. Неподвижность заднего положения клетки обеспечивается соответствующим наклоном направляющих 13 (направляющая должна быть параллельна двуплечим рычагам в их крайнем положении). Вращение винтов осуществляется посредством кинематического редуктора, связывающего их с главным двигателем стана. Интенсивность изменения длины

хода клетки, а значит и длина формируемых труб, определяется передаточным отношением кинематического редуктора. Основной отличительной чертой кинематики рассматриваемого технологического процесса является программное изменение длины хода рабочих валков (клетей), то есть длины очага деформации трубной заготовки. Это обуславливает изменимость коэффициентов вытяжки, а, следовательно, и всех энергосиловых и геометрических параметров в течение цикла прокатки готового изделия.

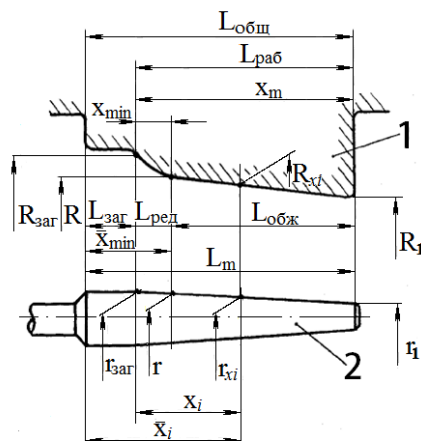


Рис. 3. Схема калибровки прокатного инструмента станков ХПТК:
1 – развертка гребня ручья калибров; 2 – оправка

Из-за отсутствия математических моделей, описывающих взаимосвязь конструктивных особенностей стана ХПТК с условиями протекания процесса формообразования, калибровка инструмента устанавливалась исходя из условия получения заданной геометрии изделия. Так, для станков ХПТК с рычажными приводными механизмами наилучшее соответствие технолого-механических параметров имеет место при использовании линейно-конусной калибровки.

Калибры станков ХПТК по длине развертки $L_{общ}$ имеют 3 участка (рис. 3): зев подачи и поворота длиной $L_{заг}$ (в крайнем заднем положении клетки), участки редуцирования $L_{ред}$ и обжатия $L_{обж}$. Чтобы обеспечить производство труб с максимальным перепадом диаметров, протяженность участка редуцирования принимается минимальной, исходя из радиусов наружной $R_{заг}$ и внутренней $r_{заг}$ поверхностей используемой заготовки. Участки редуцирования $L_{ред}$ и обжимной $L_{обж}$ вместе составляют рабочую часть калибра $L_{раб}$, а на их общей границе радиусы калибров R и оправки r равны максимальным радиусам формируемого изделия. В конце зоны обжатия радиусы R_1 и r_1 равны максимальным радиусам трубы. На построенной таким образом калибровке прокатка изделия осуществляется при изменении длины хода рабочей клетки \bar{x}_i от максимального значения $L_m = L_{общ}$ до минимального $\bar{x}_{min} = L_{заг} + L_{ред}$.

Для отыскания необходимого закона изменения длины хода клетки использован дискретный подход, при котором прокатываемую трубу переменного сечения представляют как последовательность элементарных конических участков длиной l_i . В результате уменьшения (увеличения) длины хода клетки на Δx_i происходит изменение радиуса формируемой наружной поверхности на величину ΔR_i , определяемую через усредненную конусность ручья калибров a_i на участке ручья:

$$\Delta R_i = a_i \Delta x_i. \quad (2)$$

Таким образом, конусность γ_i наружной поверхности элементарного участка, сформированного на i -ом с начала прокатки двойном ходу, равна:

$$\gamma_i = \frac{\Delta R_i}{\Delta l_i} = \frac{\Delta R_i}{m\mu(x_i) + \Delta x_i} \quad (3)$$

Здесь $\mu(x_i)$ – максимальное значение вытяжки в течение рассматриваемого двойного хода клетки.

Коническая труба, состоящая из элементарных участков постоянной конусности, может быть сформирована только при соответствующем выборе закона изменения величины Δx_i и калибровки прокатного инструмента (величины $a_i(x_i)$). Зависимость $\Delta x_i(x_i)$ является механической характеристикой приводного механизма.

Методика определения настроечных характеристик приводного механизма для прокатки конических труб заданных параметров приведена в работе [9], а некоторые результаты представлены на рис. 4–7.

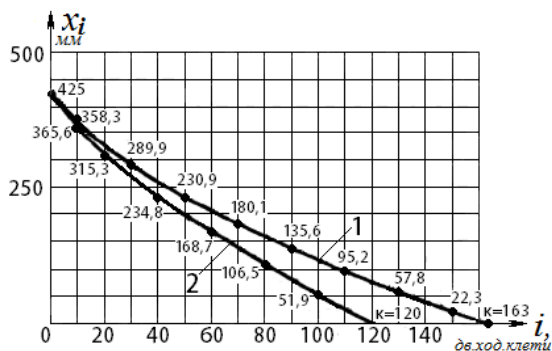


Рис. 4. Изменение длины хода рабочей клетки при прокатке конической трубы $40 \times 4-20 \times 1,0$ длиной 2000 мм (1) и 1070 мм (2)

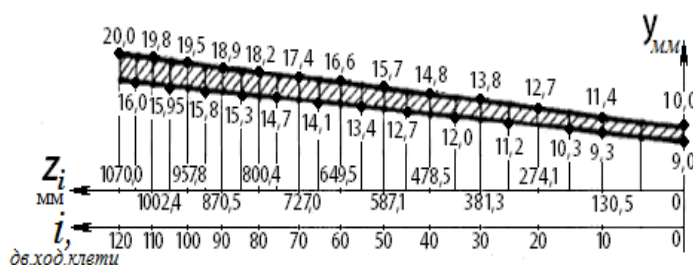


Рис. 5. Построение профиля трубы $40 \times 4-20 \times 1,0$ длиной 1070 мм по координатам и Z_i

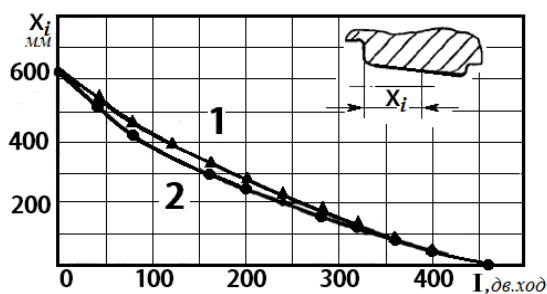


Рис. 6. Изменение длины хода рабочей клетки при прокатке конической трубы $56 \times 6,0-31 \times 2,5$ длиной 3000 мм, полученное экспериментально (кривая 1) и теоретически (кривая 2)

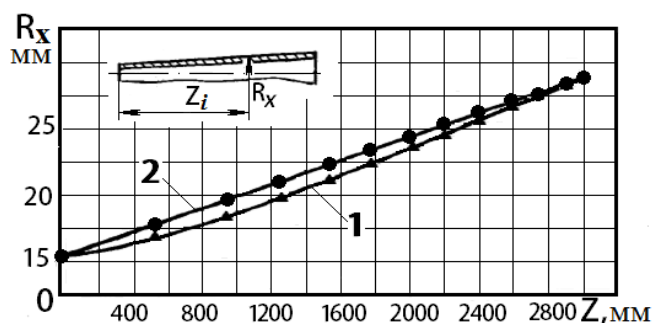


Рис. 7. Изменение величин радиуса наружной поверхности конической трубы $56 \times 6,0-31 \times 2,5$ длиной 3000 мм, прокатанной на стане ХПТК-75 (кривая 1) и определенные при изменении длины хода по зависимостям работы [11], (кривая 2)

Исследования (рис. 7) показали, что для прокатки конической трубы с прямолинейной образующей надо осуществить неравномерное движение центра качания двухплечего рычага, обеспечивающего изменчивость величины хода клетки (каретки 11 по направляющим 13 рис. 2, а). Это обуславливает необходимость установки в кинематической цепи механизмов с регулируемым передаточным отношением, что существенно усложняет конструкцию стана и снижает его надежность.

Одним из наиболее существенных препятствий для интенсификации процесса производства труб переменного сечения на станках ХПТК является невозможность достижения значительных обжатий прокатываемого металла. Это обусловлено использованием нерациональной, с точки зрения распределения обжатий по длине очага, линейно-конусной калибровки.

Все более широкое использование в промышленности трубчатых изделий рациональной формы выдвигает задачу производства на станках ХПТК изделий с криволинейной образующей наружной или (и) внутренней поверхностей, описываемой какой-либо заданной зависимостью.

На рис. 8 приведена схема к определению законов изменения величин хода клетки при прокатке труб переменного сечения.

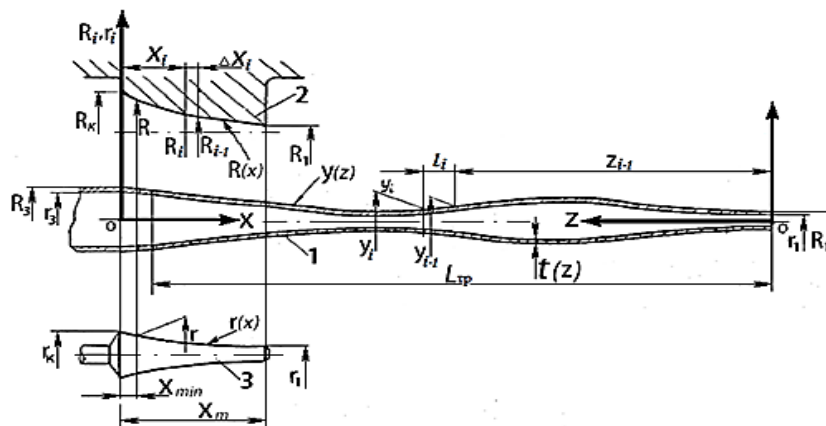


Рис. 8. Схема к определению закона изменения длины хода клетки при прокатке трубы переменного сечения:

1 – труба; 2 – развертка гребня ручья; 3 – оправка

Рассматривая процесс формообразования трубы 1, образующая наружной поверхности которой описывается произвольной зависимостью $Y(z)$ в системе координат YOZ (рис.8), отметим, что особенности технологического процесса накладывают ряд ограничений на поведение функции $Y(z)$ в выбранном интервале аргумента z ($0 \leq z \leq L_{mp}$) – например, непрерывность функции и ее первой производной во всем диапазоне изменения z .

Особо следует отметить, что максимальное значение первой производной $\frac{dY(z)}{dz}$ выбранной функции $Y(z)$ не должно превышать максимального значения конусности гребня ручья используемых калибров.

Процесс формирования конических труб на линейно-конусной калибровке рассматривается итерационно, начиная от первого двойного хода рабочей клетки, когда формировался передний торец изделия. В результате просчета каждого последующего двойного хода, определялся закон изменения его длины. Длительность прокатки одной трубы N может составлять сотни (и даже десятки тысяч) двойных ходов клетки, поэтому установление закона изменения хода $x_i(i)$ связано с огромным объемом вычислений.

Основополагающее значение таких характеристик, как закон изменения длины хода клетки $\Delta x_i(x_i)$ и исходный настроечный параметр Δx_i обуславливает необходимость осуществления синтеза приводного механизма с целью обеспечения наилучшего соответствия его конструктивных параметров требованиям и условиям технологического процесса.

Задача кинематического синтеза была сформулирована следующим образом – в заданном диапазоне изменения длины хода ведомого звена привода подобрать соотношения размеров звеньев таким образом, чтобы изменения длин хода клетки, обрабатываемые приводным механизмом, минимально отличались от изменений, необходимых для формирования изделия заданной формы и размеров. По ходу решения поставленной задачи была создана

программа направленного поиска при синтезе рычажных приводных механизмов станков ХПТК, определены их сортаменты исходя из условий обеспечения прокатки конических труб заданных точностей форм.

В результате обобщения опыта эксплуатации и проектирования приводных механизмов станков ХПТК сформулированы требования, которым они должны удовлетворять, сформирована структурная блок-схема приводных механизмов станков ХПТК, представленная на рис. 9.

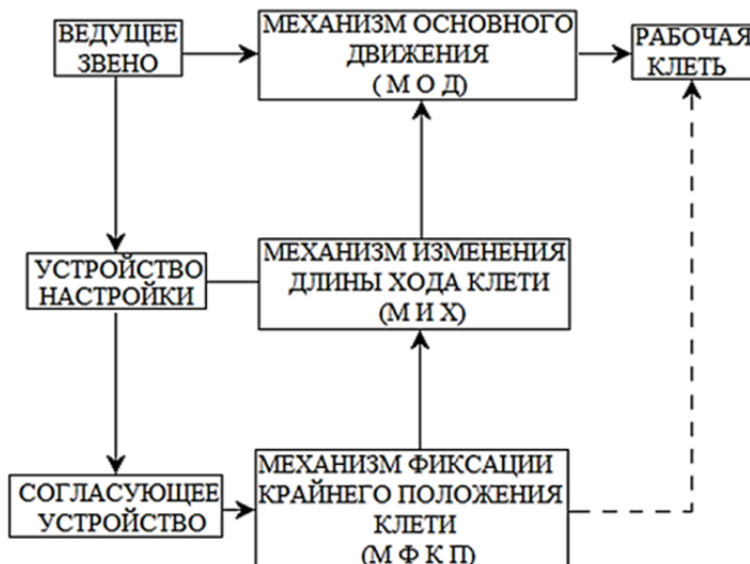


Рис. 9. Структурная блок-схема приводных механизмов станков ХПТК

Основное (силовое) движение от начального звена сообщается рабочей клетки через МОД. Варьирование параметров прокатки осуществляется в функции либо порядкового номера двойного хода (с момента начала прокатки изделия), либо его длины, поэтому МИХ связан с ведущим звеном посредством устройства настройки, которое предназначено для фиксации определенной интенсивности изменения длины хода. Механизм фиксации крайнего заднего положения МФКП приводится также от ведущего звена через устройство настройки и особое согласующее устройство, устанавливающее заданное соотношение между перемещениями выходных звеньев МИХ и МФКП. МИХ оказывает воздействие на одно или несколько звеньев МОД, а МФКП взаимодействует с выходным звеном непосредственно или через МИХ и МОД.

Представление приводного механизма как результата наложения МИХ и МФКП на МОД позволяет существенно упростить задачу поиска его передаточной функции $P_m(\varphi, \psi)$ и ее производных $P'_m(\varphi, \psi)$ и $P''_m(\varphi, \psi)$, являющихся аналогами соответственно скорости и ускорения выходного звена.

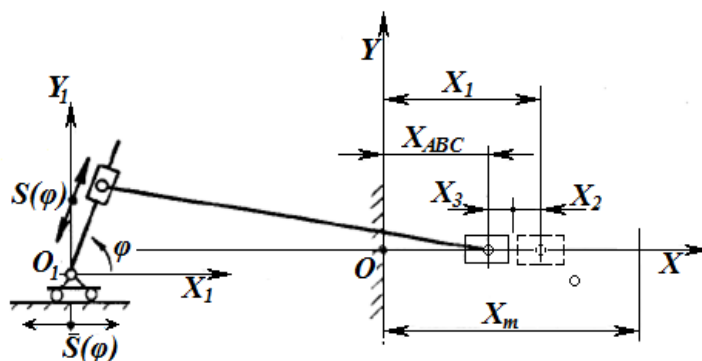


Рис. 10. Условная схема приводного механизма стана ХПТК в виде регулируемого кривошипно-ползунного механизма

Условно представим привод стана ХПТК в виде кривошипно-ползунного механизма (МОД) с подвижными кривошипным пальцем (аналог МИХ) и осью вращения кривошипа (аналог МФЗП) (рис. 10). Так как входные звенья МИХ и МФЗП связаны через устройство согласования, то такой механизм имеет две независимые координаты (две степени свободы) – углы поворота ведущего кривошипа φ и ведущего вала МИХ – ψ (строго говоря, эти координаты связаны через механизм настройки, однако для установления кинематических характеристик привода эта связь не рассматривается).

В системе координат ХОУ с началом в крайней задней (неподвижной) точке траектории рабочей клетки (рис. 10) ее текущая координата x_{abc} может быть найдена следующим образом:

$$x_{abc} = x_1(\varphi) + x_2(\varphi; \psi) + x_3(\varphi; \psi), \quad (4)$$

где $x_1(\varphi)$ – координата рассматриваемой точки при функционировании только МОД;
 $x_2(\varphi; \psi)$ – координата точки при работе только МИХ для значений аргументов φ и ψ ;
 $x_3(\varphi; \psi)$ – аналогично для МФЗП.

Представим каждое слагаемое из (4) в следующем виде:

$$x_1 = P_1(\varphi); \quad x_2 = P_2(\varphi; \psi); \quad x_3 = P_3(\varphi; \psi), \quad (5)$$

где $P_1(\varphi)$ – первая передаточная функция МОД (при неподвижных МИХ и МФЗП);
 $P_2(\varphi; \psi)$ – первая передаточная функция МИХ (при неподвижных МОД и МФЗП);
 $P_3(\varphi; \psi)$ – аналогично для МФЗП (при неподвижных МОД и МИХ).

Таким образом:

$$x_{abc} = P_1(\varphi) + P_2(\varphi; \psi) + P_3(\varphi; \psi). \quad (6)$$

Определив передаточные функции составляющих устройств по зависимости (6) легко найти общую характеристику привода. Для решения поставленной задачи на ЭВМ с применением численных методов более удобно их матричное представление.

Так $P_2(\varphi; \psi)$ МИХ описывается прямоугольной матрицей:

$$P_2(\varphi; \psi) = \left\| P_2[\varphi_i \psi_j] \right\|, \quad (7)$$

где $i = 0, 1, 2 \dots m; j = 0, 1, 2 \dots n$.

Число столбцов $(N+1)$ строк $(m+1)$ этой матрицы зависит от точности решаемой задачи и равно количеству точек, в которых найдено значение $P_2(\varphi; \psi)$.

Аналогично передаточная функция МФЗП численно представляется прямоугольной матрицей:

$$P_3(\varphi; \psi) = \left\| P_3[\varphi_i \psi_j] \right\|. \quad (8)$$

Координата x_1 зависит только от координаты φ , поэтому представляется матрицей – столбцом. Для процесса прокатки трубы переменного сечения особое значение имеют крайние положения рабочего инструмента, где происходит формирование текущего сечения готового участка изделия. Поэтому, исследуя кинематические характеристики приводного механизма, иногда бывает достаточно рассмотреть матрицы в виде:

$$x_{abc} = \left\| \begin{array}{c} 0 \\ P_1\left(\frac{\varphi_m}{2}\right) \end{array} \right\| + \left\| \begin{array}{c} P_2(\varphi_0; \psi_0) \dots P_2(\varphi_0; \psi_N) \\ P_2\left(\frac{\varphi_m}{2}; \psi_0\right) \dots P_2\left(\frac{\varphi_m}{2}; \psi_N\right) \end{array} \right\| + \left\| \begin{array}{c} P_3(\varphi_i; \psi_0) \dots P_3(\varphi_0; \psi_N) \\ P_3\left(\frac{\varphi_m}{2}; \psi_0\right) \dots P_3\left(\frac{\varphi_m}{2}; \psi_N\right) \end{array} \right\|, \quad (9)$$

где $\frac{\varphi_m}{2}$ – угол, соответствующий крайнему переднему положению рабочей клетки.

Исходя из найденного (либо аналитически, либо численно) параметра x_{abc} , могут быть определены основные технолого-механические характеристики приводного механизма – коэффициент относительного изменения длины хода клетки, зависимость длины хода от положения начального звена МИХ и другие.

Представленные выше общие принципы практически были реализованы при поэтапном синтезе приводного механизма стана ХПТК-15. Этот стан предназначен для производства высокоточных трубчатых изделий переменного сечения с диаметром наружной поверхности от 3 до 15 мм. Предусматривалась возможность выпуска трапецеидальных конических труб, которые были использованы в специальных энергетических установках НПО «ТЕХНОМаш».

ВЫВОДЫ

Рассмотрены основные вопросы процесса формообразования длинномерных изделий переменного сечения на станах холодной прокатки конических труб, включающие разработку математических моделей, описывающих процесс формирования трубных изделий переменного сечения с учетом взаимосвязи комплекса технологических параметров и механических характеристик основного оборудования. Показано, что форма и размеры изделий определяются законом изменения длины хода рабочей клетки, величиной разовой подачи и калибровкой инструмента.

На основании разработанных моделей получены зависимости для расчета технологических параметров настройки рычажных приводных механизмов действующих станов ХПТК. Реализация рациональных технологических параметров позволяет осуществить прокатку труб заданных геометрических размеров и точности с максимальной производительностью.

На основе структурной блок-схемы устройства создана методика поэтапного синтеза кинематических схем приводных механизмов, отвечающих заданным требованиям и ограничениям, заключающаяся в блочном соединении отдельных узлов с заданными характеристиками в целостную систему. Методика использовалась для создания приводного механизма стана ХПТК-15, отвечающего исходным требованиям – минимальная динамическая нагруженность звеньев, возможность достижения нулевой длины хода рабочей клетки, минимальные габаритные размеры, минимальная неравномерность изменения длины хода и другие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 144134 СССР, кл. 7а, 1б. Автоматизированный стан холодной прокатки конических труб для велосипедных вилок / М. В. Бабасов, Б. А. Фурс, А. П. Горюн, А. В. Кириленко (СССР). – Заявл. 09.04. 61 ; опубл. 02.02. 62. – 3 с. : ил.
2. Производство труб переменного сечения для велосипедов / Бабасов М. В., Семенов О. А., Горюн А. П., Беликов Ю. М. // Трубы экономичных видов. – М. : Металлургия, 1982. – С. 36–40.
3. Пат. 57–130708 Япония, МКИ В21 б21/00. Способ производства длинных конических труб и прутков. – 1981. – 3 с. : ил.
4. Станкевич В. А. Холодная прокатка труб / В. А. Станкевич, А. П. Усенко, А. А. Павлов. – М. : Металлургия, 1982. – 256 с.
5. Остроухов В. В. Электропривод подачи стана холодной прокатки труб : дис. ... канд. техн. наук / Остроухов В. В. – Челябинск, 2012. – 154 с.
6. Новый способ холодной прокатки труб переменного сечения / Анисифоров В. П., Вердеревский В. А., Богатов Н. Н. [и др.] // Труды ВНИИМетмаш. – 1964. – Вып. 13. – С. 21–27.
7. Горюн А. П. Создание и исследование стана и технологии холодной прокатки конических и других сложных трубчатых профилей : дис. ... канд. техн. наук / А. П. Горюн. – Днепропетровск. – 1968. – 199 с.

8. А. с. 232914 СССР, М.кл³ В21 б35/06. Механический привод рабочей клетки станов холодной прокатки труб переменного профиля / А. П. Горюн (СССР). – № 939396/22-2 ; заявл. 23.01.65 ; опубл. 18.12.68 ; Бюл. № 2. – 1 с. : ил.

9. А. с. 371996 СССР, М.кл3 В21 б35/06. Регулятор величины перемещения клетки в главном приводе стана холодной прокатки труб / О. А. Семенов, А. П. Горюн, Г. Т. Никульшин [и др.] (СССР). – № 1634061/22-2 ; заявл. 24.03.71 ; опубл. 01.03.73 ; Бюл. № 13. – 2 с. : ил.

10. А. с. 1196047 СССР, М.кл3В21 Б36/06. Привод рабочей клетки стана холодной прокатки труб переменного профиля / А. П. Горюн, Е. А. Бруева, А. Г. Чубарь [и др.] (СССР). – Заявл. 21.06.84 ; опубл. 23.11.85 ; Бюл. № 45. – 2 с. : ил.

11. Сафонов Л. А. Повышение эффективности процесса холодной прокатки труб переменного сечения на основе установления рациональных параметров и разработки новых конструктивных решений основного технологического оборудования : дис. ... канд. техн. наук / Л. А. Сафонов. – Днепропетровск, 1992. – 229 с.

REFERENCES

1. А. s. 144134 SSSR, kl. 7a, 16. Avtomatizirovannyj stan holodnoj prokatki konicheskikh trub dlja velosipednyh vilok / M. V. Babasov, B. A. Furs, A. P. Gorjun, A. V. Kirilenko (SSSR). – Zajavl. 09.04. 61 ; opubl. 02.02. 62. – 3 s. : il.

2. Proizvodstvo trub peremennogo sechenija dlja velosipedov / Babasov M. V., Semenov O. A., Gorjun A. P., Belikov Ju. M. // Truby jekonomichnyh vidov. – M. : Metallurgija, 1982. – S. 36–40.

3. Pat. 57–130708 Japonija, MKI V21 b21/00. Sposob proizvodstva dlennyh konicheskikh trub i prut-kov. – 1981. – 3 s. : il.

4. Stankevich V. A. Holodnaja prokatka trub / V. A. Stankevich, A. P. Usenko, A. A. Pavlov. – M. : Metallurgija, 1982. – 256 s.

5. Ostrouhov V. V. Jelektroprivod podachi stana holodnoj prokatki trub : dis. ... kand. tehn. nauk / Ostrouhov V. V. – Cheljabinsk, 2012. – 154 s.

6. Novyj sposob holodnoj prokatki trub peremennogo sechenija / Anisiforov V. P., Verderevskij V. A., Bogatov N. N. i dr. // Trudy VNIIMetmash. – 1964. – Vyp. 13. – S. 21–27.

7. Gorjun A. P. Sozdanie i issledovanie stana i tehnologii holodnoj prokatki konicheskikh i drugih slozhnyh trubchatyh profilej : dis. ... kand. tehn. nauk / A. P. Gorjun. – Dnepropetrovsk. – 1968. – 199 s.

8. А. s. 232914 SSSR, M.kl3 V21 б35/06. Mehanicheskij privod rabochej kleti stanov holodnoj pro-katki trub peremennogo profilja / A. P. Gorjun (SSSR). – № 939396/22-2 ; zajavl. 23.01.65 ; opubl. 18.12.68 ; Bjul. № 2. – 1 s. : il.

9. А. s. 371996 SSSR, M.kl3 V21 б35/06. Reguljator velichiny peremeshhenija kleti v glavnom privode stana holodnoj prokatki trub / O. A. Semenov, A. P. Gorjun, G. T. Nikul'shin [i dr.] (SSSR). – № 1634061/22-2 ; zajavl. 24.03.71 ; opubl. 01.03.73 ; Bjul. № 13. – 2 s. : il.

10. А. s. 1196047 SSSR, M.kl3V21 "Zb/06. Privod rabochej kleti stana holodnoj prokatki trub per-mennogo profilja / A. P. Gorjun, E. A. Brueva, A. G. Chubar' [i dr.] (SSSR). – Zajavl. 21.06.84 ; opubl. 23.11.85 ; Bjul. № 45. – 2 s. : il.

11. Safonov L. A. Povyshenie jeffektivnosti processa holodnoj prokatki trub peremennogo sechenija na osnove ustanovlenija racional'nyh parametrov i razrabotki novyh konstruktivnyh reshenij osnovnogo tehnologicheskogo oborudovanija : dis. ... kand. tehn. nauk / L. A. Safonov. – Dnepropetrovsk, 1992. – 229 s.

Вышинский В. Т. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;

Рахманов С. Р. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;

Сафонов Л. А. – канд. техн. наук, вед. констр. НПО «Восток-Плюс».

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр.

НПО «Восток-Плюс» – Научно-производственное объединение «Восток-Плюс», г. Днепр.

E-mail: npfvostok@mail.ru

Статья поступила в редакцию 11.03.2017 г.