

В.И.Большаков, И.Б.Листопадов

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПОДАЮЩЕГО АППАРАТА ПРИ НЕСТАБИЛЬНОЙ ПРОКАТКЕ

Целью работы является исследование нестабильных режимов прокатки на пилигримовом стане в условиях возможного развития аварийных режимов работы подающего аппарата. Проведены исследования влияния увеличения диаметра прокатываемой гильзы на кинематику работы подающего аппарата, результаты которых создают предпосылки для разработки системы управления подающим аппаратом при прокатке труб, позволяют внести изменения в методики расчета конструктивных и энергосиловых параметров его работы.

пилигримовый стан, подающий аппарат, аварийные режимы работы, система управления, методики расчета, энергосиловые параметры

Современное состояние вопроса. Процесс прокатки труб на трубо-прокатных установках с пилигримовым станом представляет собой периодическую прокатку, совмещающую элементыковки и прокатки, выполняемые валками, вращающимися в противоположном подаче гильзы направлении. Периодичность прокатки проявляется в чередовании цикла деформации с циклом возврата и поворота гильзы.

Пилигримовые станы являются наиболее экономичными агрегатами для производства горячекатаных труб нефтяного сортамента. Основным недостатком пилигримовой прокатки является относительно низкое по сравнению, например, с непрерывными станами качество выпускаемых труб, что во многом зависит от работы механизмов пилигримового стана в заданных режимах. К параметрам, обеспечивающим эти режимы, относятся одинаковые в каждом цикле прокатки циклическое перемещение подвижных масс подающего аппарата ($S, м$) и непрерывное перемещение каретки механизма подачи ($h, м/об$).

Несоблюдение постоянства этих параметров приводит к дефектам труб, основными из которых являются: разностенность труб; закаты на трубах; зажимы на тонкостенных трубах в месте выпуска; бугры на трубах; пробоины (скворечни) на тонкостенных трубах; гармошка – случайные задержки подачи в середине прокатки, прекращение подачи.

Анализ причин появления брака показывает, что основной причиной является неравномерная и чрезмерно большая подача гильзы в валки стана, а также большой осевой подпор со стороны воздушного цилиндра на прокатываемую гильзу.

Для оценки величины деформации металла при пилигримовой прокатке используют понятия подачи h и объема подачи V_h . Величиной подачи h , согласно [1–3], называется длина кольцеобразного участка металла гильзы, обжимаемого и раскатываемого за один оборот валков. Величина подачи равна расстоянию от вершины (точка D на рис.1) пилигримовой

головки длиной L до линии центров прокатных валков в момент выхода на эту линию точки A конца радиуса – вектора валка r_0 (см. рис. 2).

На рис.1 приведен момент захвата гильзы валками. Круглый в поперечном сечении калибр валков имеет переменный радиус – вектор средней линии и переменный радиус сечения. Такой калибр позволяет раскатать гильзу на конус с криволинейной образующей, переходящей в цилиндрическую трубу. Рабочая часть поперечного сечения валка состоит из переднего конуса (бойка), характеризующегося переменным увеличивающимся от начала деформации гильзы радиусом сечения валка (радиус гребня); полирующего участка постоянного радиуса r_{II} ; и выходной участок (обратный конус), имеющий радиус, постоянно увеличивающийся к радиусу участка холостой части, что обеспечивает плавный отрыв валка от гильзы. Переменный радиус гребня бойка определяет форму пилигримовой головки, режим деформации, качество прокатываемых труб и износостойкость инструмента [1]. На рис.1 показано r_0 – радиус – вектор; точка A – конец радиуса – вектора на гребне; r_c – радиус бойка; C – точка встречи гильзы с валками; точка D – вершина пильгерголовки; точка B – начало полирующего участка калибровки с наибольшим радиус – вектором рабочей части r_{II} ; F_0 – площадь поперечного сечения гильзы; F_{II} – площадь поперечного сечения трубы; L – длина пилигримовой головки; l_3 – расстояние между точками D и C .

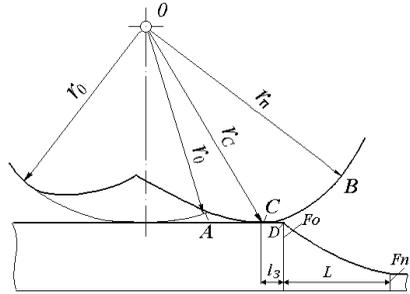


Рис.1. Момент захвата гильзы валками

Захват заготовки начинается в точке C гребня валка (рис.1), положение которой зависит от синхронности движения заготовки, валков и каретки механизма подачи [2]. В момент захвата имеет место встречный пластический удар гребней валков о гильзу. От момента касания валком металла в точке C до выхода точки A на линию центров валков происходит обжатие стенки гильзы, при этом процесс деформации сходен с процессомковки. При выходе точки A на линию центров валков (рис. 2) и дальнейшем повороте валков происходит обжатие гильзы непрерывно увеличивающимся радиусом–вектором калибра до величины, соответствующей радиусу r_1 (точка B на рис.1,2). Процесс деформации аналогичен продольной прокатке с обжатием в калибре переменного поперечного

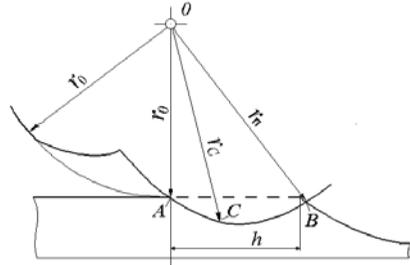


Рис.2 - Момент начала прокатки гильзы

прокатки с обжатием в калибре переменного поперечного

сечения. С момента выхода точки А (радиуса вектора r_0) на линию центров валков начинается прокатка и откат гильзы с дорном назад.

Следует заметить, что подача участка гильзы заданного объема подачи зависит от средней скорости перемещения каретки и координаты подвижных масс подающего аппарата относительно каретки. При натуральных измерениях, подача определяется как величина перемещения каретки между моментами захвата гильзы валками в смежных циклах прокатки. В зависимости от положения точки захвата гильзы валками C (рис.2) различают [1] три вида захвата. Принудительный режим – когда точка C захвата гильзы валками находится между вершиной пыльгерголовки (точка D на рис.1) и линией центров валков ($l_3 > 0$). Естественный режим – когда вершина пыльгерголовки совпадает с точкой C ($l_3 = 0$). Загравочный режим – когда точка C находится на пыльгерголовке ($l_3 < 0$).

Согласно [1–3], за один оборот валков обжимается и раскатывается одна подача (объем подачи) металла гильзы. При работе в оптимальном режиме прокатки механизм подачи должен подать к валкам гильзу на величину, обеспечивающую захват гильзы валками в точке C , совпадающую с вершиной пыльгерголовки. Тогда реализуется естественный режим захвата металла валками. Величина подачи (h на рис. 2) при этом равна длине пыльгерголовки.

Если точка C встречи металла гильзы находится между вершиной пыльгерголовки и линией центров валков, что происходит при подаче, величина которой больше заданной (оптимальной), то при прокатке необходимо обжать и раскатать смещенный объем металла (смещенная площадь [1]) больший, чем при оптимальном режиме прокатки. Прокатка осуществляется с принудительным захватом металла валками. В этом случае часть раскатанного на полирующем участке калибра валков смещенного металла выходит за пределы полирующего участка калибра и переходит на участок выходного конуса (продольного выпуска калибра) имеющего постепенно увеличивающийся диаметр калибра. Труба приобретает местное утолщение (бугор), что является дефектом. Кроме возможного дефекта типа бугров, повышенная величина подачи вызывает увеличение отката подвижных масс вследствие увеличения эффективной длины полирующего участка калибра валков и, как следствие, увеличение давления воздуха в воздушной камере (осевого подпора прокатке гильзы). Изменение величины отката и давления воздуха в воздушной камере нарушают установившийся режим работы подающего аппарата. Изменение режима работы подающего аппарата вследствие увеличения осевого подпора может служить причиной широкого спектра дефектов, вызванных потерей устойчивости гильзы (искривление, образование и последующая раскатка в складки волн металла) и проскальзыванием металла в валках с образованием пробоин. Изменение режима работы подающего аппарата может уменьшить скорость перемещения каретки, т.е. величину подачи, изменить в сторону увеличения динамическое воздействие на механизм

подачи, увеличить коэффициент динамичности в главной линии пильгерстана, вплоть до срабатывания предохранительного устройства (брехшпинделя). Вопросы влияния увеличенного осевого подпора на реакцию различных механизмов и технологический процесс прокатки частично рассмотрены в работах [2,4].

Случай затравочного режима захвата металла гильзы, когда точка *C* встречи металла гильзы находится за пильгерголовой, как правило, происходит в начале прокатки при набивке (формировании) пильгерголови и осуществляется в ручном режиме. В этом случае производится маневрирование кареткой механизма подачи для обеспечения кантовки гильзы при обкатке. В некоторых случаях, характерных для несинхронной работы системы «аппарат–валки» и механизма подачи, затравочный режим захвата металла может происходить и при прокатке гильзы. В этом случае, когда точка *C* встречи металла гильзы с валками находится вблизи вершины пильгерголови и подвижные массы подающего аппарата имеют конечную скорость (более 0,2м/с), происходит сдвиг металла участка гильзы, что приводит при дальнейшей прокатке к образованию закатов.

Анализ механизма образования некоторых видов дефектов труб показывает, что в известной научно–технической литературе, например, в работах [1–3,5] механизм образования дефектов рассматривается без учета некоторых особенностей прокатки труб на пильгерстанах.

Одной из особенностей работы пилигримового стана является изменение положения (дрейф) подвижных масс подающего аппарата относительно каретки механизма подачи во время прокатки гильзы. Явление дрейфа подвижных масс (отставания подвижных масс от крайнего переднего положения каретки механизма подачи), причины его возникновения, влияние на стабильность подачи и методы устранения приведены в работе [6]. В этой работе упомянуто, что одной из причин возникновения дрейфа подвижных масс является увеличение диаметра прокатываемой гильзы во время прокатки.

Пилигримовая прокатка совмещает элементы прокатки иковки металла. Согласно работе [1], при встрече заготовки с валками перед линией центров валков (см. рис.1) при захвате гильзы валками осуществляется операцияковки под действием усилия валков и осевой силы со стороны подающего аппарата. Ковке способствует и один из способов торможения гильзы валками [6] – «гильза бьет в валки», широко применяемый при обкатке пильгерголови и в установившемся режиме прокатки.

Начиная с обкатки пильгерголови происходит увеличение диаметра прилегающего к пильгерголовке участка гильзы (набивка пильгерголови). При значительном увеличении диаметра участка гильзы происходит изменение отношений входящего и выходящего периметров гильзы и изменение условий заполнения калибра валка металлом [7], что приводит к потере поперечной устойчивости круглого профиля гильзы и дефектам типа «ужим» и «продольный закат». По мере прокатки механизм увеличе-

ния поперечного сечения гильзы становится подобным деформации высоких заготовок при штамповке и ковке металла – с образованием бочки в середине с последующим распространением деформации по всей длине гильзы. Изменение диаметра гильзы зависит от температуры гильзы, площади ее сечения, вида захвата гильзы валками и режима торможения подвижных масс. Все выводы получены путем визуального наблюдения. Исследование этого процесса и измерение изменения площади сечения от различных параметров не проводилось.

Изменению диаметра гильзы при прокатке зачастую сопутствует изменение ее геометрии, вызванное потерей гильзой продольной устойчивости. Механизмы образования различных видов дефектов на трубах и нарушения стабильности процесса пилигримовой прокатки рассмотрены в работе [8]. В ней показано, что к условиям нарушения стабильности процесса прокатки в первую очередь относятся потеря продольной или поперечной устойчивости деформируемого профиля гильзы (трубы) и срыв–восстановление процесса прокатки. При этом срыв–восстановление процесса пильгерования происходит при достаточно жестком деформируемом профиле и малых деформациях по толщине стенки, что характерно для прокатки толстостенных труб, а потеря устойчивости профиля обычно наблюдается на тонкостенных трубах. В некоторых случаях эти явления могут происходить одновременно [7]. В работе [8] показан механизм возникновения срыв–восстановления пильгерования. Процесс зависит от соотношения сил подпора со стороны подающего аппарата и сил со стороны валков: трения и нормального давления. При полном выклинивании зон геометрического и деформационного опережения должна произойти пробуксовка валков относительно раската и остановка последнего. Однако, при пробуксовке изменяется характер сил трения между валками и раскатом, в результате чего, по всей области контакта возрастают силы трения, направленные в сторону вращения валков. В этом случае, если суммарная величина сил в направлении проката больше усилия подпора, процесс прокатки восстанавливается. Дальнейший откат гильзы и увеличение подпора до величины, превышающей суммарные силы в очаге деформации, направленные в сторону прокатки, вновь приводят к срыву процесса пильгерования (пробуксовке) валков. Процесс пробуксовки вызывает снижение производительности из-за уменьшения подачи металла в следующем цикле и, следовательно, эффективной длины полирующего участка.

Постановка задачи. Увеличение диаметра гильзы по мере прокатки приводит к изменению условий захвата гильзы валками и кинематики работы подающего аппарата. Для предотвращения попадания в очаг деформации чрезмерного количества металла, оператор стана уменьшает давление воздуха в воздушной камере, уменьшая осевой подпор. Уменьшение осевого подпора приводит к увеличению времени возврата гильзы к валкам. Захват заготовки валками переводится в затравочный режим,

что уменьшает объем раскатанного металла и величину отката подвижных масс. Скорость перемещения каретки и, следовательно величина подачи остается неизменной, что приводит к отставанию подвижных масс от крайнего переднего положения. Устанавливается новый режим работы пилигримового стана, при котором подвижные массы тормозятся в режиме «гильза бьет в валки», способствуя ковке гильзы и увеличению ее диаметра и раскатке большего объема металла. Откат подвижных масс начинает увеличиваться и, при увеличении отставания подвижных масс от крайнего переднего положения, подвижные массы достигают крайнего заднего положения (максимально-возможный откат составляет $S=1,3\text{м}$). Наступает аварийный режим работы подающего аппарата. Выводя работу подающего аппарата из аварийного режима оператор останавливает перемещение каретки механизма подачи и гильза некоторое время подается в валки сжатым в воздушной камере воздухом, пока не прокатается участок гильзы, длина которого равна отставанию подвижных масс от крайнего переднего положения. Теоретически, величина отставания может достигать $0,3\text{м}$.

Изложение основных материалов исследования.

Рассмотрим изменение параметров прокатки в одном цикле работы стана при увеличении диаметра гильзы для труб наружного диаметра 168мм с толщиной стенки 7мм (168×7) и 377×8 . При изменении сечения гильзы изменяется коэффициент вытяжки $\mu = (D_c^2 - d_\delta^2) / 4\delta(D_{mp} - \delta)$, где D_c – наружный диаметр гильзы, м; d_δ – диаметр дорна, м; δ – толщина стенки трубы после пильгерстана; D_{mp} – наружный диаметр трубы после пильгерстана. Задавая изменение наружного диаметра гильзы ΔD_c получим изменение коэффициента вытяжки, который увеличивается по мере увеличения диаметра гильзы за счет увеличения объема подаваемого в валки металла при неизменной величине подачи. При этом увеличивается длина участка трубы раскатанной за один оборот валков. Качество трубы при прокатке увеличенного объема металла зависит от длины полирующего участка калибра валков, определяемой углом полирующего участка и радиусом калибра валка R_n на полирующем участке. Требуемый угол полирующего участка калибра валков при заданном катающем радиусе калибра на этом участке определяется из выражения $\varphi_n = Kh\mu / (R_{ид.} - R_n) * \omega_n$, где $K=2,8$ – коэффициент полировки; $R_{ид.} = R_\delta + 0,01\text{м}$ – идеальный радиус валка, где R_δ – радиус бочки валка, м; $\omega_n = 1,06 - 1,1$ – коэффициент опережения на полирующем участке калибра валков.

Раскатка увеличенной длины участка трубы увеличивает величину отката подвижных масс (S), которая является определяющей (наряду с углом холостого хода и числом оборотов валков) величиной при определении настроечных параметров работы подающего аппарата. Величина отката согласно работы [5] определяется по формуле

$S = K\mu_n h / \omega_n + \varphi_\sigma Rv\omega_\sigma$, где φ_σ – угол участка бойка; R_σ – катающий радиус калибровки валка, $R_\sigma = R_\sigma - R_k$, м; $\omega_\sigma = 1,35$ – коэффициент опережения на участке бойка калибра валка. Результаты вычислений сведены в таблицу.

Таблица. Параметры прокатки при изменении диаметра гильзы

Параметры												
По таблице прокатки			Расчетные параметры при изменении D_r									
Размер готовой трубы	168x7	377x8	168x7				377x8					
Нар. диам. гильзы, D_r , м	0,31	0,51	ΔD_r	μ_n	$\varphi_n, ^\circ$	$S, м$	$\alpha_{px}, ^\circ$	μ_n	$\varphi_n, ^\circ$	$S, м$	$\alpha_{px}, ^\circ$	
Диам. дорна, D_d , м	0,12	0,365	0	14,7	98	0,943	166	9,4	115,60	9,61	183,6	
Угол хол. хода, $\alpha_{xx}, ^\circ$	180	180	0,001	14,8	98,8	0,947	166,8	9,4	116,60	9,65	184,6	
Диам. валка, D_b , м	0,73	0,905	0,002	14,9	99,5	0,951	167,5	9,5	117,5	0,97	185,5	
Диам. калибра, D_k , м	0,182	0,385	0,003	15	100,3	0,954	168,3	9,6	118,40	9,74	186,4	
Угол бойка, $\varphi_\sigma, ^\circ$	68	68	0,004	15,1	101	0,958	169	9,7	119,40	9,79	187,4	
Угол пол. участка, $\varphi_n, ^\circ$	112	112	0,005	15,2	101,80	0,962	169,8	9,8	120,30	9,83	188,3	
Угол выпуска, $\varphi_{пр.в}, ^\circ$	22	22	0,006	15,3	102,50	0,966	170,5	9,8	121,30	9,88	189,3	
Об. валков, n , об/мин	68	52	0,007	15,5	103,3	0,97	171,3	9,9	122,20	9,92	190,2	
Откат, $S, м$	0,93	0,968	0,008	15,6	104	0,974	172	10	123,10	9,96	191,1	
Подача, h , м	0,013	0,022	0,009	15,7	104,80	0,978	172,8	10,1	124,1	1,001	192,1	
Кат. радиус, R_k , м	0,274	0,26	0,01	15,8	105,60	0,982	173,6	10,1	125	1,005	193	

Анализ приведенных в таблице расчетных данных показывает, что при увеличении диаметра гильзы на 0,01м полный коэффициент вытяжки μ_n увеличивается на 7,5%. Увеличение коэффициента вытяжки связано с увеличением объема подачи при постоянной расчетной величине подачи. С увеличением объема подачи прокатываемого металла в валки увеличивается и используемый для раскатки участка гильзы угол полирующего участка калибра валков. Следует отметить, что для труб легкого сортамента (168x7) значение используемого полирующего участка калибра валков более чем на 12% меньше, чем заложено в калибре валков (при увеличении диаметра гильзы на 0,01м). При прокатке труб тяжелого сортамента (377x8) с заданной величиной подачи требуется (расчетно) большая, чем в калибре валков длина полирующего участка, увеличивающаяся с увеличением диаметра гильзы. В данном случае раскатка трубы производится не только на полирующем участке калибра, но и на участке продольного выпуска калибра, что увеличивает вероятность появления продольной разнотолщинности труб в связи с постепенным увеличением диаметра калибра на участке продольного выпуска. Увеличение фактического угла калибра валка при раскатке заданной величины подачи приводит к уменьшению заданного в калибровке угла холостого хода валков и уменьшению времени, отведенного на перемещение подвижных масс по инерции от валков и их возврат в переднее (к валкам) положение. Фактическое уменьшение времени холостого хода не учитывается в существ-

вующих методиках определения настроечных параметров подающего аппарата и конструкции тормозного устройства. Для обеспечения синхронной работы системы подающий аппарат – валки пильгерстана требуется увеличение давления воздуха в воздушной камере подающего аппарата, что увеличивает скорость разгона подвижных масс и изменяет условие их торможения в гидротормозе.

Величина отката при прокатке труб увеличивается при увеличении диаметра гильзы. Следует заметить, что в исследованном диапазоне изменения диаметров гильзы величина отката превышает величину отката по таблице прокатки. Различие в величине отката по расчету и по таблице прокатки происходит потому, что при расчете таблиц прокатки учитывается только тот участок калибра валков на котором производится раскатка трубы. В действительности при определении величины отката подвижных масс необходимо учитывать полную длину полирующего участка и часть участка продольного выпуска калибра. После окончания раскатки части гильзы в одном цикле прокатки контакт трубы с прокатным валком сохраняется до момента, пока сила трения между трубой и поверхностью валка не становится равной силе осевого подпора со стороны воздушной камеры подающего аппарата. Сила трения поддерживается силой, создаваемой пружиной (упругой деформацией) клетки, которая уменьшается с увеличением диаметра калибра на участке продольного выпуска.

Для проверки полученных результатов вычислений величины отката и фактического угла рабочего хода при изменении диаметра гильзы, свидетельствующих о несоответствии значений этих параметров значениям используемых в известных методиках определения настроечных параметров подающего аппарата, содержащихся, например, в работе [2], были проведены расчеты времени рабочего хода. При расчетах использовалась формула для средней скорости прокатки [2,5] $U_{np} = \pi R_e \omega_n / 3 \leftarrow 0$ с помощью ко-

торой определялось время отката подвижных масс при прокатке $t = S/U_{np}$, где использовалось табличное значение величины отката S . Результаты вычислений приведены в виде графиков на рис.3, где t/t_b – отношение времени отката подвижных масс к времени рабочего хода (по таблице прокатки $t_b = 120/n$ – время полуоборота рабочих валков); S/S_b – отношение величины отката подвижных масс к величине отката по таблице прокатки. Видно, что с увеличением диаметра гильзы увеличиваются величина и время отката подвижных масс, причем начальные значения этих параметров превышают параметры заданные таблицей прокатки.

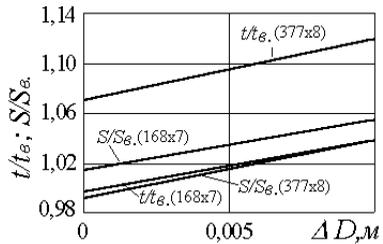


Рис.3. Изменение величины и времени отката при увеличении диаметра гильзы.

Выводы. Установлено, что при захвате гильзы валками происходит увеличение диаметра прилегающего к пильгерголовке участка гильзы (набивка пильгерголовки). Причиной увеличения диаметра является ударное взаимодействие между валками, играющими роль наковальни и гильзой, которая подается в валки под действием осевой силы со стороны подающего аппарата. Увеличению диаметра гильзы способствует конечная скорость встречи гильзы с валками. По мере прокатки механизм увеличения поперечного сечения гильзы становится подобным деформации высоких заготовок при штамповке и ковке металла – с образованием бочки в середине с последующим распространением деформации по всей длине гильзы. Изменение диаметра гильзы зависит от температуры гильзы, площади ее сечения, вида захвата гильзы валками и режима торможения подвижных масс.

На примере исследования прокатки труб легкого (168x7) и тяжелого (377x8) сортамента установлено, что при увеличении диаметра гильзы на 0,01м:

- полный коэффициент вытяжки μ_n увеличивается на 7,5%. Увеличение коэффициента вытяжки связано с увеличением объема подачи при постоянной расчетной величине подачи;

- откат подвижных масс подающего аппарата S увеличивается на 4,1% для труб легкого и на 4,8% для труб тяжелого сортамента;

- используемая длина полирующего участка (угол полирующего участка) калибра валков увеличивается на 7,75% для труб легкого и на 8,1% для труб тяжелого сортамента. Увеличение используемой длины полирующего участка вынуждает использовать для полной раскатки труб часть участка продольного выпуска калибра валков, повышая тем самым вероятность (для труб тяжелого сортамента) образования продольной разнотолщинности по длине труб с периодом, равным длине трубы раскатанной за один цикл прокатки;

- время рабочего хода валков увеличивается на 4,6–5%, уменьшая тем самым время необходимое для перемещения гильзы к валкам.

Установлено, что в диапазоне изменения диаметра гильзы $\Delta D_g = 0 - 0,01$ м значения величины и времени отката подвижных масс превышают значения заданные таблицей прокатки. Такое явление происходит потому, что после окончания раскатки части гильзы в одном цикле прокатки контакт трубы с прокатным валком сохраняется до момента, пока сила трения между трубой и поверхностью валка не становится равной силе осевого подпора со стороны воздушной камеры подающего аппарата. Сила трения поддерживается силой, создаваемой пружиной (упругой деформацией) клетки, которая уменьшается с увеличением диаметра калибра на участке продольного выпуска. Этот факт ранее не упоминался в научно-технической литературе. Несоответствие основных параметров таблицы прокатки фактическим параметрам изменяет методику определения начальных условий для расчета настроечных параметров работы подающего

аппарата и определения длины и тормозного профиля буксы, базирую-
 щуюся на определении реальной величины и времени отката подвижных
 масс при прокатке.

Вывод. Таким образом, результаты исследований позволили
 уточнить механизм влияния увеличения диаметра гильзы на изменение
 кинематики работы подающего аппарата. Это создает предпосылки для
 создания системы управления подающим аппаратом, обеспечивающей
 стабильный режим его работы, позволяет внести коррективы в известные
 методики определения настроечных параметров работы аппарата и пара-
 метров гидравлического тормозного устройства (буксы), что улучшит
 качество работы комплекса механизмов пилигримового стана.

1. *Виноградов А.Г.* Трубное производство. – М.: Металлургия, 1981. – 344 с.
2. Оборудование цехов с пилигримовыми трубопрокатными установками / С.Н.Кожевников, А.В.Праздников, А.М.Июффе и др. – М.: Металлургия, 1974. – 256 с.
3. *Ваткин Я.Л., Ваткин Ю.Я.* Трубное производство. – М.: Металлургия, 1970. – 510 с.
4. *Большаков В.И., Листопадов И.Б.* Особенности переходных процессов в электрогидромеханической системе периодического действия // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр. ИЧМ.* – Вып.10. – 2005. – С.307–312.
5. *Емельяненко П.Т.* Пильгерстаны. –Харьков, Гостехиздат Украины,1937.– 639 с.
6. *Большаков В.И., Листопадов И.Б., Коноваленко К.В.* Особенности взаимодействия пневмогидравлических и гидромеханических систем тяжелых металлургических машин // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр. ИЧМ.* – Вып.17. – 2008. – С.258–266.
7. *Геометрическое опережение и некоторые особенности прокатки труб на пилигримовом стане / А.А.Чернявский, В.Н.Данченко, Ю.Г.Крупман, В.А.Постный // Металлургия и коксохимия. . – Вып.34. – К.: Техніка, 1973. – С.86–90.*
8. *Чернявский А.А., Умеренков В.Н.* Определение коэффициента полировки при горячем пильгервании труб // *Сталь.* – №12. – 1963. – С.– 1105–1107.

Статья рекомендована к печати:

*Заместитель ответственного редактора
 раздела «Металлургическое машиноведение»
 канд.техн.наук В.В.Веренев*

В.И.Большаков, И.Б.Листопадов

Особенности работы подающего аппарата при нестабильному прокатуванні

Метою роботи є дослідження нестабільних режимів прокатування на пилигримовому стані в умовах можливого розвитку аварійних режимів роботи подавального апарату. Проведено дослідження впливу збільшення діаметру прокатуваної гильзы на кінематику роботи подавального апарату, результати якого створюють передумови для розробки системи управління подавальним апаратом під час прокатування труб, дозволяють внести зміни в методики розрахунку конструктивних і енергосилових параметрів його роботи.