

УДК 621.774.36

Дрожжа П. В.  
Угрюмов Ю. Д.  
Добряк В. Д.  
Угрюмов Д. Ю.  
Шилов А. К.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ НА ПИЛИГРИМОВЫХ СТАНАХ

На пилигримовых станах прокатывают трубы широкого сортамента по диаметру и толщине стенки из углеродистых и легированных сталей.

Признано, что пилигримовые установки целесообразно использовать для изготовления труб диаметром 194...530 мм ( $D/S = 3...47$ ) при средних объемах производства [1]. При изготовлении труб нефтяного сортамента диаметром более 400 мм, а также толстостенных труб диаметром 324...530 мм пилигримовым установкам нет альтернативы. Вместе с тем, трубы, получаемые на этих установках, не всегда удовлетворяют требованиям по точности и качеству наружной и внутренней поверхности, а прокатка тонкостенных труб приводит к существенному снижению производительности.

Анализ последних публикаций показывает, что главными направлениями повышения эффективности прокатки труб на пилигримовых установках являются: применение непрерывной заготовки, снижение технологической обрезки, совершенствование, эксплуатируемых в Украине подающих аппаратов, повышение точности и качества труб. Решению указанной проблемы посвящен ряд работ, в которых намечены пути модернизации и реконструкции пилигримовых установок, в том числе работы [2–4]. Настоящая работа предусматривает рассмотрение путей решения указанных задач для средней пилигримовой установки 168-377 ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ». Кроме того, предусматривается рассмотрение вопросов очистки труб от окалины перед калиброванием, которые частично освещены в работе [5].

Анализ публикаций показывает, что эксплуатируемые средние пилигримовые установки могут быть поэтапно модернизированы с минимальными капитальными затратами.

Повышение точности гильз на стане-элонгаторе можно обеспечить качественной центровкой дорнштанги с оправкой. Центрователь необходимо установить на выходной стороне стана-элонгатора с целью жесткого удержания дорнштанги с оправкой по оси прокатки в начальной стадии процесса прокатки. Жесткое фиксирование положения дорнштанги необходимо для уменьшения ее колебаний в начальной стадии процесса, что способствует повышению точности гильз по толщине стенки. Принципиальная схема устройства для центрирования дорнштанги элонгатора приведена на рис. 1.

При этом уменьшается вероятность наведения поперечной разностенности гильзы, особенно на ее переднем конце, что в свою очередь уменьшает брак и отсортировку труб по разностенности. Кроме того, жесткое удержание дорнштанги по оси прошивки является одним из необходимых условий при переходе на процесс прямой прошивки на стане-элонгаторе. Центрователь не должен противодействовать вращательному движению стержня дорнштанги, а лишь ограничивать ее поперечное перемещение и колебание. Удержание дорнштанги с оправкой необходимо лишь в начальной стадии процесса прошивки, при установившемся процессе при выходе гильзы из валков центрователь должен автоматически разводиться для обеспечения дальнейшего протекания процесса прошивки.

Целью настоящей работы является разработка эффективных технических решений, направленных на модернизацию отдельных агрегатов пилигримовой установки 168-377 ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ» с целью совершенствования прокатки труб на элонгаторе, пилигримовом и калибровочном станах.

Устройство должно иметь возможность корректировки фиксируемого положения по высоте, то есть в вертикальной плоскости на величину 100 мм вследствие вертикального изменения оси прошивки в зависимости от настройки прошивного стана для различных размеров исходной заготовки.

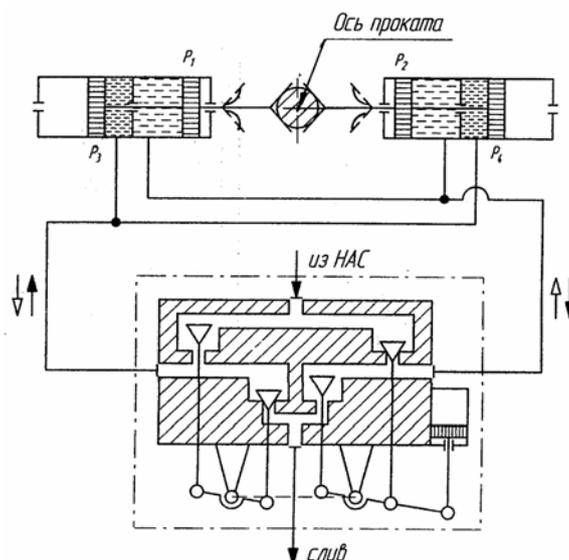


Рис. 1. Центрователь дорштанги

Первым недостатком подающих аппаратов ТПЦ № 4 является отсутствие эффективного регулируемого торможения подвижных частей форголлера при накате, что не позволяет повысить производительность стана и снизить динамические нагрузки на его главную линию. Другим недостатком является разброс углов кантовки гильзы при накате в пределах  $110 \dots 130^\circ$ , при оптимальном значении  $90^\circ$ , что снижает точность труб и увеличивает количество дефектов типа «закат». Третьим недостатком является нестабильность величины подачи металла в валки в каждом пильгерном цикле, что снижает производительность стана. Четвертым недостатком является отсутствие какой-либо индикации положения калибров валков и гильзы в момент захвата гильзы валками, что отражается на колебаниях величины подачи металла в валки.

С учетом характеристики описанных недостатков подающих аппаратов, основными направлениями их модернизации будут следующие:

Первое направление – восстановление эффективного регулируемого торможения подвижных частей форголлера в стадии наката. Для этого необходимо выполнить следующее:

1. В каналы, соединяющие тормозную камеру с водяным баком, установить два обратных клапана надежной конструкции. Один из вариантов такой конструкции показан на рис. 2.

Он выполнен на базе существующих клапанов всасывания и нагнетания плунжерных насосов типа МНР, много лет работающих в насосно-аккумуляторной станции трубопрокатного цеха № 4.

2. Непригодные для регулирования расхода и давления в широких пределах дроссели квадратичного типа, предусмотренные проектом, заменить на дроссели линейного типа с равномерной и широкой шкалой регулирования расхода и давления. Простейший вид такого дросселя показан на рис. 3.

3. Отказаться от профилированной тормозной втулки и заменить ее на более простую и дешевую в изготовлении и восстановлении после износа втулку с цилиндрической внутренней поверхностью, поскольку основную роль регулятора расхода и давления в модернизированном аппарате будет играть линейный дроссель.

Второе направление – уменьшение угла кантовки гильзы в стадии наката до рационального  $99^\circ < \varphi < 111^\circ$ . Эта задача может быть решена путем создания реактивного тормозного момента, приложенного к шпинделю в фазе линейного торможения при накате. Тормозной момент возникает в результате реактивного действия струй жидкости, выдавливаемой из тормозной камеры по специальным каналам в теле шпинделя

Каналы имеют вход на уступе шпинделя, образующем подвижную стенку тормозной камеры, а выход – на поверхности шпинделя с поворотом оси канала под прямым углом к образующей в сторону кантовки гильзы.

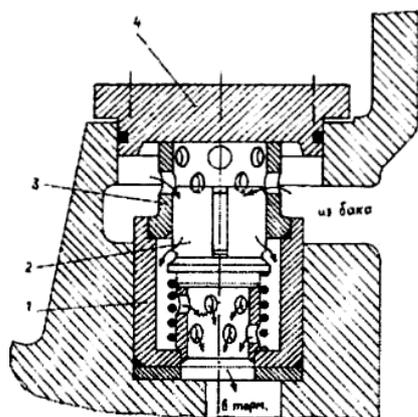


Рис. 2. Обратный клапан в канале между тормозной камерой и водяным баком:

1 – стакан; 2 – трехперый клапан; 3 – седло; 4 – крышка

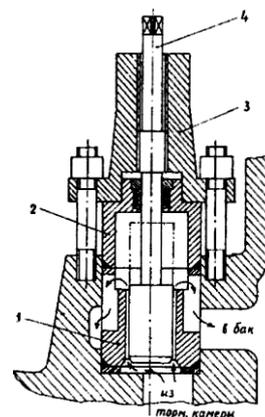


Рис. 3. Дроссель линейного типа в канале между тормозной камерой и водяным баком:

1 – стакан с окнами; 2 – манжетница; 3 – крышка; 4 – винт с поршнем

Третье направление – стабилизация величины подачи гильзы в калибр. Одним из малозатратных способов уменьшения колебаний каретки при прокатке трубы может быть установка гидрозамка в линии питания цилиндра подачи, рис. 5.

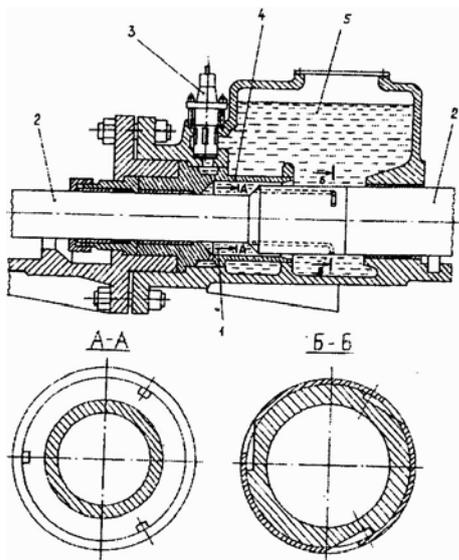


Рис. 4. Форголлер (продольный разрез, фрагмент):

1 – тормозная камера; 2 – шпindelь; 3 – дроссель; 4 – тормозная втулка; 5 – водяной бак

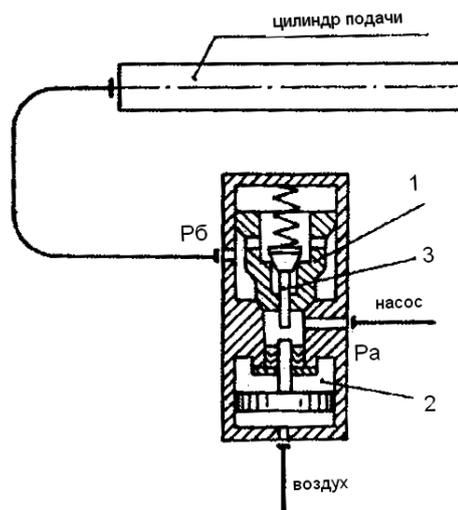


Рис. 5. Схема установки гидрозамка в линии питания цилиндра подачи:

1 – основной клапан; 2 – пневмоцилиндр управления; 3 – уравнильный клапан

При отсутствии гидрозамка расчетная величина отдачи каретки составляет:

$$\Delta L = \psi \cdot \Delta P \cdot L = 0,47 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 100 = 33 \text{ мм}, \quad (1)$$

где  $\psi = 0,47 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}^{-1}$  – коэффициент сжатия воды;  $\Delta p = 0,7 \text{ МПа}$  – скачок давления при отдаче;  $L = 100 \text{ м}$  – длина столба жидкости от цилиндра подачи до насосно-аккумуляторной станции.

Гидрозамок должен быть установлен как можно ближе к цилиндру подачи. В условиях трубопрокатного цеха № 4 величина  $L$  составляет 19 м. Тогда при наличии гидрозамка величина отдачи составит  $\Delta L' = 0,47 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 19 = 6 \text{ мм}$ , что в  $33/6 = 5,5$  раз меньше, чем при отсутствии гидрозамка.

Уменьшение величины отдачи каретки повлечет за собой уменьшение начальной подачи  $m_0$  и скорости подачи каретки, что, в свою очередь, приведет к уменьшению внеконтактной деформации металла в калибре.

Гидрозамок работает следующим образом. Когда оператор стана включает холостой ход каретки вперед, давление за гидрозамком становится меньше, чем перед замком ( $P_6 < P_a$ ). Основной клапан 1 открывается и вода поступает в цилиндр подачи. При встрече гильзы с валками давление в цилиндре подачи растет и становится больше давления на входе в гидрозамок ( $P_6 > P_a$ ). Под действием разности давлений ( $P_6 - P_a$ ) и усилия пружины основной клапан закрывается, благодаря чему волна сжатия воды от цилиндра подачи не распространяется далее по трубопроводу через гидрозамок. Если оператор включает ход каретки назад, то с некоторым опережением включается линия управления замком. Воздух поступает в цилиндр управления 2, шток поршня открывает уравнивающий клапан 3 и давление на основной клапан выравнивается с двух сторон. При дальнейшем движении поршня шток открывает основной клапан и жидкость из цилиндра подачи идет на слив.

Четвертое направление – оснащение прокатной клетки пильгерстана датчиками положения калибров валков, а форголлера – датчиками переднего положения шпинделя; построение системы измерения и визуализации показаний датчиков.

Потери металла в технологическую обрезь на пильгерстане, в так называемые затравку и пильгер-головку, составляет 6...9 % массы исходного металла. При этом доля потерь металла в пильгер-головку составляет 75...77 %, а в затравку – 23...25 % (рис. 6). Особую актуальность снижение этих потерь приобретает в связи с использованием непрерывнолитой заготовки.

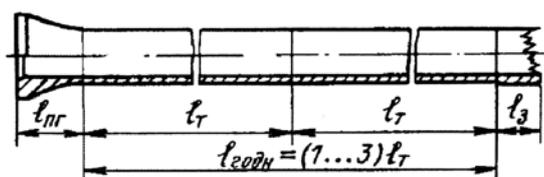


Рис. 6. Вид пилы после прокатки на пильгеримовом стане:

$l_m$  – мерная часть трубы;  $l_{nc}$  – длина пильгеримовой головки;  $l_3$  – длина затравочного конца

Наименее затратным является решение использования дорнов с увеличенным диаметром хвостовика под пильгер-головкой.

Одним из эффективных вариантов снижения технологической обрезь на пильгеримовом стане является сочетание подготовки переднего конца гильзы на дорне с применением дорна с коническим хвостовиком (рис. 7).

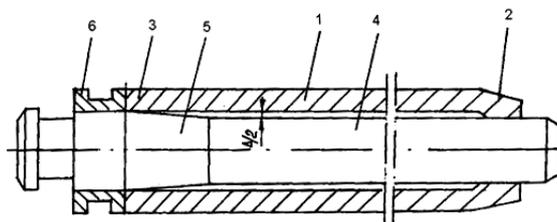


Рис. 7. Положение гильзы на дорне перед пильгеримовой прокаткой:

1 – основная часть гильзы; 2 – подготовленный передний конец гильзы; 3 – задний конец гильзы; 4 – основная часть дорна; 5 – конический хвостовик дорна; 6 – дорновое кольцо

Применение такого решения позволит улучшить процесс затравки за счет подготовленного переднего конца гильзы, снизить массу пильгер-головки за счет раскатки заднего конца гильзы на увеличенном диаметре хвостовика дорна по сравнению с его основной частью, а также, что немаловажно, обеспечить центровку гильзы и дорна, что снизит разностенность по длине трубы.

Подготовка передних концов гильз и плотной посадки ее на дорн на затравочном участке, с одновременным центрированием заднего конца гильзы, позволит увеличить скорость прокатки в затравочном режиме и значение средней скорости прокатки гильзы по ее длине.

Для повышения качества поверхности труб после прокатки на калибровочном стане ТПЦ № 4 необходима очистка труб от окалины после подогрева их в печи с шагающими балками.

Из множества известных способов обработки (очистки) поверхности металлических изделий (дробеструйная, абразивная, щеточная, пучковым инструментом, обкатка, иглофризерование, вибрационная и др.) выбираем динамическую зачистку щетками (крацевание), как наиболее приемлемый способ в условиях ТПЦ № 4.

В настоящее время в металлургии металлические изделия очищают в основном механическим способом. Широко применяют вращающиеся металлические щетки, у которых в качестве рабочих элементов используют металлическую проволоку диаметром 0,2...0,8 мм из прядей стальных канатов. Материал проволоки принимают высшей В или первой 1 марок. Применяют следующие режимы обработки: скорость на конце провололок 15...45 м/с, скорость подачи от 0,5 до 30 м/мин, натяг 0,5...5 мм. Чтобы получить динамический эффект при обработке, должно быть выполнено условие  $\eta_{\phi} \leq 0,2$ . при таком коэффициенте заполнения возможен ударный эффект в момент соприкосновения провололок с обрабатываемой поверхностью. На рис. 8 показан простейший механизм для динамической зачистки трубы вращающейся секционной щеткой. Максимальный диаметр щетки  $D_{max} = 400$  мм, минимальный диаметр (после износа)  $D_{min} = 300$  мм.

Принимаем окружную скорость щетки при минимальном диаметре  $V = 15$  м/с. Тогда угловая скорость щетки будет равна:

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{15}{0,15} = 100 \text{ 1/с}, \quad (2)$$

или:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 100}{3,14} = 955 \text{ об/мин.} \quad (3)$$

Окружная скорость новой щетки:

$$V_{max} = \omega \cdot R = 100 \cdot 0,2 = 20 \text{ м/с.} \quad (4)$$

Ширина щетки определяется по выражению:

$$b = \Delta b + \pi D_{тр} \frac{V_{тр}^{oc}}{V_{тр}^{ок}}, \quad (5)$$

где  $\Delta b$  – величина перекрытия;  $D_{тр}$  – наружный диаметр трубы;  $V_{тр}^{oc}$  – осевая скорость трубы на рольганге;  $V_{тр}^{ок}$  – окружная скорость трубы на рольганге.

Чтобы осуществить крацевание труб согласно рис. 8, необходимо придать трубе не только поступательное, но и вращательное движение. Это достигается применением гиперболоидальных роликов, аналогичных роликам правильной машины. Если соотношение  $\frac{V_{тр}^{oc}}{V_{тр}^{ок}} = 0,5$ , то ширина щетки для обработки трубы диаметром 168 мм должна быть ( $\Delta b = 10$  мм):

$$b_{168} = 10 + 3,14 \cdot 168 \cdot 0,5 = 274 \text{ мм.}$$

Ширина щетки для обработки трубы диаметром 377 мм составляет:

$$b_{377} = 10 + 3,14 \cdot 377 \cdot 0,5 = 602 \text{ мм.}$$

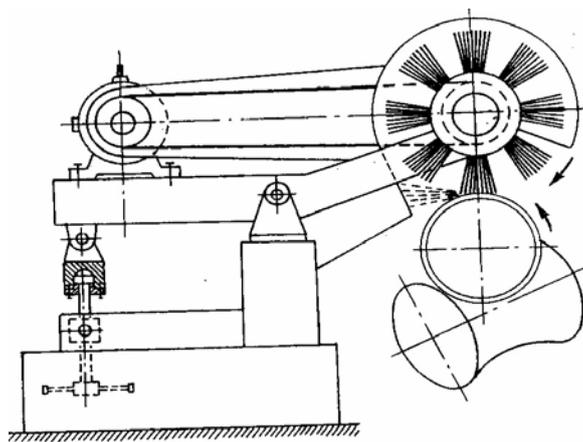


Рис. 8. Схема динамической очистки поверхности труб щетками

Конструктивно такая щетка должна быть двухопорной. Как видно из рис. 8, щетка располагается на одном конце качающейся рамы и приводится во вращение с помощью клиноременной передачи. Винтом, шарнирно соединенным через качающуюся гайку с неподвижной рамой машины, вручную можно устанавливать щетку в разное положение по высоте, выбирать натяг и компенсировать износ провололочек. Под щеткой должна быть установлена вытяжка системы аспирации. При переходе на тот или иной диаметр трубы надо винтом выставлять щетку на расчетную высоту за вычетом натяга. Ожидаемая стойкость щетки примерно 200 часов. Для повышения стойкости полезно охлаждение щетки брызгами воды.

### ВЫВОДЫ

Предложенные технические решения позволяют повысить эффективность прокатки труб на пилигримовой установке 168-377 ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ» с минимальными затратами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев В. В. Экономически целесообразные границы применения различных способов производства горячедеформированных труб / В. В. Сергеев // *Сталь*. – № 11. – 1966. – С. 68–71.
2. Пути повышения эффективности работы ТПА с пилигримовыми станами / В. В. Сергеев, В. П. Сокуренок, Ю. Д. Угрюмов [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – № 4 (249). – С. 43–47.
3. Совершенствование процессов горячей прокатки труб / В. Ф. Балакин, Ю. С. Кривченко, В. В. Перчик [и др.] // *Сталь*. – 2006. – № 9. – С. 73–79.
4. Пути снижения расхода металла на пилигримовых трубопрокатных установках / Ю. Д. Угрюмов, П. В. Дрожжа, А. В. Губинский [и др.] // *Сучасні проблеми металургії*. – 2008. – Т. 11. – С. 216–222.
5. Перетичка Е. В. Очистно-упрочняющая обработка изделий щетками / Е. В. Перетичка. – М. : Машиностроение, 1989. – 135 с.

Дрожжа П. В. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ;

Угрюмов Ю. Д. – канд. техн. наук, вед. инженер ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ»;

Добряк В. Д. – инженер ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ»;

Угрюмов Д. Ю. – вед. инженер ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ»;

Шилов А. К. – студент НМетАУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

ОАО «ИНТЕРПАЙП – НТЗ» – «ИНТЕРПАЙП – Нижнеднепровский трубопрокатный завод», г. Днепропетровск.

E-mail: petdrozhzha@gmail.com