

## ПРОКАТКА ТРУБ ИЗ СТАЛИ МАРКИ 08X18H10T НА ТПА 70-270 С ДВУХВАЛКОВЫМ СТАНОМ ДЛЯ ПРОШИВКИ И РАСКАТКИ

**А.Р. Шамилов**<sup>✉</sup>, [vf\\_misis@isis.ru](mailto:vf_misis@isis.ru)  
**А.В. Король**, [vf\\_misis@isis.ru](mailto:vf_misis@isis.ru)  
**Е.Н. Обыденнов**, [vf\\_misis@isis.ru](mailto:vf_misis@isis.ru)  
**А.С. Алещенко**, [aleschenko.as@isis.ru](mailto:aleschenko.as@isis.ru)  
**А.В. Гончарук**, [gon@isis.ru](mailto:gon@isis.ru)

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,  
Москва, Россия*

**Аннотация.** Развитие производства бесшовных труб из нержавеющей марки стали для энергомашиностроительных компаний, которые поставляют комплексные решения для атомной и тепловой энергетики, газовой и нефтехимической отрасли, является сегодня одним из важных направлений развития технологии для производителей трубной продукции. А современные экономические реалии и санкционное внешнее давление на Россию делают эту задачу одной из приоритетных. Для изготовления горячекатаных труб из нержавеющей марки стали использование станом винтовой прокатки на сегодняшний день является наиболее перспективным направлением в сравнении с традиционным способом – прессованием. Данная технология позволяет существенно увеличить производительность, улучшить качество выпускаемых труб и снизить расходный коэффициент металла. Технология с использованием станом с двойной прошивкой и калиброванием на станах винтовой прокатки без использования станом продольной прокатки, реализованная на стане ТПА 70-270, является в настоящее время недостаточно изученной и применяемой на практике, так как данный стан является единственным в Российской Федерации. Основным недостатком технологии производства труб из «нержавежки» является низкая износостойкость прокатного инструмента, в частности оправок прошивного стана. Высокая интенсивность износа инструмента не позволяет обеспечить постоянства требуемого качества выпускаемой продукции. Одним из перспективных методов повышения износостойкости инструмента является использование смазок. В настоящее время потребность рынка в нержавеющей бесшовных трубах составляет 55 тыс. тонн в год, из которых на долю импорта приходится около 20 тыс. тонн. Используя современные технологии и возможности производства трубопрокатного инструмента, а также внедряя в технологические операции производства труб новые технические решения, возможно повысить износостойкость трубопрокатного инструмента, обеспечить стабильно высокое качество производимых труб и увеличить конкурентоспособность. В данной работе представлены результаты опытно-промышленного освоения прокатки труб из стали марки 08X18H10T на стане ТПА 70-270, где прошивка заготовки и раскатка гильзы осуществляется на одном и том же стане винтовой прокатки.

**Ключевые слова:** бесшовная труба, прошивка заготовок, оправка, износостойкость

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках комплексного проекта по теме «Разработка и внедрение комплексных технологий производства бесшовных труб из сталей нового поколения с управляемой коррозионной стойкостью при осложненных условиях эксплуатации для топливно-энергетического комплекса Российской Федерации» в рамках Соглашения № 075-11-2023-011 от 10.02.2023 по постановлению Правительства РФ № 218 от 09.04.2010.

**Для цитирования:** Прокатка труб из стали марки 08X18H10T на ТПА 70-270 с двухвалковым станом для прошивки и раскатки / А.Р. Шамилов, А.В. Король, Е.Н. Обыденнов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2024. Т. 24, № 2. С. 49–60. DOI: 10.14529/met240206

Original article

DOI: 10.14529/met240206

## ROLLING OF PIPE FROM STEEL GRADE 08X18H10T ON A TPA 70-270 WITH A TWO-ROLL MILL FOR SQUASHING AND ROLLING

**A.R. Shamilov**<sup>✉</sup>, [vfmissis@misis.ru](mailto:vfmissis@misis.ru)

**A.V. Korol**, [vfmissis@misis.ru](mailto:vfmissis@misis.ru)

**E.N. Obydenov**, [vfmissis@misis.ru](mailto:vfmissis@misis.ru)

**A.S. Aleshchenko**, [aleschenko.as@misis.ru](mailto:aleschenko.as@misis.ru)

**A.V. Goncharuk**, [gon@misis.ru](mailto:gon@misis.ru)

National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia

**Abstract.** The development of the production of seamless pipes from stainless steel grades for power engineering companies that supply integrated solutions for nuclear and thermal energy, gas and petrochemical industries is today one of the important areas of technology development for manufacturers of pipe products. And modern economic realities and external sanctions pressure on Russia make this task a priority. The use of screw rolling mills for the production of hot-rolled pipes from stainless steel grades is today the most promising direction, in comparison with the traditional method - pressing. This technology can significantly increase productivity, improve the quality of manufactured pipes and reduce the metal consumption coefficient. The use of mills with double piercing and calibration on screw rolling mills, without the use of longitudinal rolling mills implemented on the TPA 70-270 mill, is currently insufficiently studied and used in practice, since this mill is the only one in the Russian Federation. The main disadvantage of the technology for producing stainless steel pipes is the low wear resistance of rolling tools, in particular piercing mill mandrels. The high rate of tool wear does not ensure consistency of the required quality of the products. One of the promising methods for increasing tool wear resistance is the use of lubricants. Currently, the market demand for stainless steel seamless pipes is 55 thousand tons per year, of which imports account for about 20 thousand tons. Using modern technologies and production capabilities of pipe rolling tools, as well as introducing new technical solutions into the technological operations of pipe production, it is possible to increase the wear resistance of pipe rolling tools, ensure consistently high quality of produced pipes and increase competitiveness. This paper presents the results of the pilot development of rolling pipes made of steel grade 08X18H10T on the TPA 70-270 mill, where the piercing of the workpiece and the rolling of the liner are carried out on the same screw rolling mill.

**Keywords:** seamless pipe, piercing of work pieces, plug, wear resistance

**Acknowledgments.** The work was carried out as part of a comprehensive project on the topic "Development and implementation of integrated technologies for the production of seamless pipes from new generation steels with controlled corrosion resistance under difficult operating conditions for the fuel and energy complex of the Russian Federation" within the framework of Agreement No. 075-11-2023-011 dated 02/10/2023 by decree of the Government of the Russian Federation No. 218 of 04/09/2010.

**For citation:** Shamilov A.R., Korol A.V., Obydenov E.N., Aleshchenko A.S., Goncharuk A.V. Rolling of pipe from steel grade 08X18H10T on a TPA 70-270 with a two-roll mill for squashing and rolling. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*. 2024;24(2):49–60. (In Russ.) DOI: 10.14529/met240206

Развитие производства бесшовных труб из нержавеющей марки стали, потребителями которых являются энергомашиностроительные компании, поставляющие современные комплексы для атомной и тепловой энергетики, газовой и нефтехимической отрасли, является сегодня одним из важных направлений экономического роста промышленности, а санкционное внешнее давление на Россию делают эту задачу одной из приоритетных.

Производство бесшовных труб из нержавеющей марки стали на станах винтовой про-

катки служит альтернативой технологии пресования, для которого характерны: низкая износостойкость инструмента, использование дорогостоящих технологических смазок, повышенная разностенность, значительный РКМ (из-за необходимости в операции сверления заготовки и образования пресс-остатка) и низкая производительность [1, 2]. Следовательно, исследования и совершенствование технологии прошивки и раскатки гильз из нержавеющей марки стали на агрегатах со станами винтовой прокатки являются актуальной задачей.

Вопросом изготовления труб из нержавеющей марки стали методом прошивки на станах винтовой прокатки начали заниматься в середине прошлого столетия на АО «Первоуральский новотрубный завод» на ТПА-140 и ТПА-220, а также на АО «Синарский трубный завод» на ТПА-140 и других заводах бывшего СССР.

Главными недостатками производства труб таким способом, выявленными в результате освоения технологии, стали:

- плены на внутренней поверхности готовых труб;
- неудовлетворительная износостойкость прошивной оправки и направляющего инструмента;
- возможность производить только короткие трубы из-за низкой износостойкости инструмента.

В данной работе представлены результаты опытно-промышленного освоения производства труб из стали марки 08X18H10T на ТПА 70-270. Главной особенностью производства труб на данном агрегате является то, что операция прошивки и раскатки осуществляется на одном и том же стане винтовой прокатки с чашевидными валками и направляющими линейками при одинаковых расстояниях между валками и линейками, с последующим калиброванием черновой трубы в трехвалковом стане винтовой прокатки. Данный ТПА 70-270, разработанный АО «ЭЗТМ» и введенный в эксплуатацию в 2009 году, является единственным агрегатом такого типа в РФ. Разработка технологии двойной прошивки заготовок из стали марки 08X18H10T была осуществлена без изменений конструкции оборудования [1–6].

Для определения принципиальной возможности получения труб из нержавеющей марки стали предложена опытная технология

получения труб двух типоразмеров, а именно 159 × 18 и 134 × 14 мм из заготовок диаметром 180 и 130 мм соответственно. Типоразмер труб выбран из условий ограничения существующего оборудования: 159 × 18 мм – из условия ограничения по энергосиловым параметрам процессов прошивки и раскатки; 134 × 14 мм – из условия ограничения по обеспечению жесткости оправки со стержнем во время прошивки и раскатки.

Исходя из опыта прокатки труб на данном стане можно заключить, что при определенных технологических режимах на наружной и внутренней поверхности трубы может образовываться дефект – винтовой след (волнистость) (рис. 1).

Наличие волнистости на поверхностях гильз и труб снижает их точность, особенно по толщине стенки [7]. Поскольку на ТПА 70-270 нет последующего передела (связанного со значительной пластической деформацией), обеспечивающего устранение винтового следа, было принято решение производить обточку и расточку труб. При определении величины расточки и обточки задавались исходной овальностью (допустимые отклонения по диаметру ±1 %) и разнотолщиностью труб (допустимые отклонения по толщине стенки ±10 %).

С учетом овальности наружного диаметра труб минимальный и максимальный диаметры трубы с учетом припусков составляют:

$$D_{\min} = 0,99 \cdot D_{\text{ном}}; \quad (1)$$

$$D_{\max} = 1,01 \cdot D_{\text{ном}}; \quad (2)$$

где  $D_{\min}$  – минимальный диаметр труб с учетом припуска на обточку, мм;

$D_{\max}$  – максимальный диаметр труб с учетом припуска на обточку, мм;

$D_{\text{ном}}$  – номинальный диаметр труб с учетом припуска на обточку, мм.

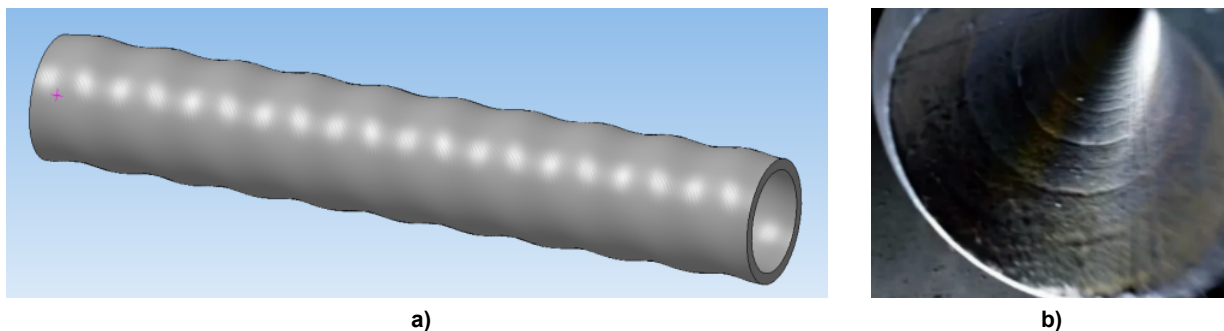


Рис. 1. Винтовой след на поверхности труб: а – на наружной поверхности; б – на внутренней поверхности  
Fig. 1. Screw mark on the surface of the pipes: a – on the outer surface; b – on the inner surface

С учетом допустимого отклонения по толщине стенки минимальная и максимальная толщины стенки труб равны:

$$t_{\min} = 0,9 \cdot t_{\text{ном}}, \quad (3)$$

$$t_{\max} = 1,1 \cdot t_{\text{ном}}, \quad (4)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная толщина стенки труб с учетом припуска на обточку и расточку, мм;

$t_{\max}$  – максимальная толщина стенки труб с учетом припуска на обточку и расточку, мм;

$t_{\text{ном}}$  – номинальная толщина стенки труб с учетом припуска на обточку и расточку, мм.

Съем металла трубы по наружному радиусу при обточке наружного диаметра определяется по следующим выражениям:

$$C_{\min}^o = \frac{D_{\min} - D_o}{2}, \quad (5)$$

$$C_{\max}^o = \frac{D_{\max} - D_o}{2}, \quad (6)$$

где  $C_{\min}^o$  – минимальный съем металла по наружному радиусу трубы при обточке наружного диаметра, мм;

$C_{\max}^o$  – максимальный съем металла по наружному радиусу трубы при обточке наружного диаметра, мм;

$D_o$  – номинальный наружный диаметр трубы после обточки наружного диаметра, мм.

Съем металла трубы по внутреннему радиусу при расточке внутреннего диаметра равен:

$$C_{\min}^p = \frac{(D_o - 2 \cdot t_o) - (D_{\max} - 2 \cdot t_{\min})}{2}, \quad (7)$$

$$C_{\max}^p = \frac{(D_o - 2 \cdot t_o) - (D_{\min} - 2 \cdot t_{\max})}{2}, \quad (8)$$

где  $C_{\min}^p$  – минимальный съем металла по внутреннему радиусу трубы при расточке внутреннего диаметра, мм;

$C_{\max}^p$  – максимальный съем металла по внутреннему радиусу трубы при расточке внутреннего диаметра, мм;

$t_o$  – номинальная толщина стенки трубы после обточки наружного диаметра и расточки внутреннего, мм.

С учетом выражений (1)–(8) были определены размеры получаемых труб с учетом припусков на обточку и расточку труб на ТПА 70-270. При этом главным ограничением является обеспечение минимального съема металла как при обточке, так и при расточке.

Для трубы 159×18 мм предложены два варианта типоразмера с учетом обточки и расточки. Два варианта выбраны для исследования степени тонкостенности труб на технологию проката нержавеющей марки стали, а также влияние на качество поверхностей. Схема обточки представлена на рис. 2. В табл. 1

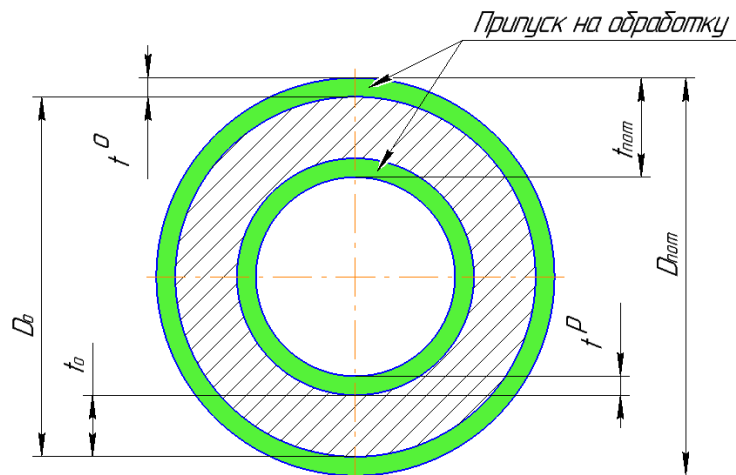


Рис. 2. Схемы обточки и расточки для получения требуемых труб  
 Fig. 2. Schemes of turning and boring to obtain the required pipes

Геометрические параметры труб (размеры в мм)

Таблица 1

Geometric parameters of pipes (dimensions in mm)

Table 1

$D_o$	$t_o$	$D_{\text{ном}}$	$t_{\text{ном}}$	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$C_{\min}^o$	$C_{\max}^o$	$C_{\min}^p$	$C_{\max}^p$	$t^o$	$t^p$
159	18	168	28	166,32	169,68	25,2	30,8	3,66	5,34	1,86	9,14	4,5	5,5
		165	24,5	163,35	166,65	22,05	26,95	2,175	3,825	0,225	6,775	3	3,5
133	14	140	21,5	138,6	141,4	19,35	23,65	2,8	4,2	1,15	6,85	3,5	4

приведены данные по геометрическим параметрам получаемых труб и по схемам обточки и расточки.

На рис. 3 показана схема деформирования заготовки диаметром 180 мм для получения труб 168×28 и 165×24,5 мм. Здесь  $D_3$  – диаметр заготовки;  $D_г$  – диаметр гильзы;  $S_г$  – толщина стенки гильзы;  $S_р$  – толщина стенки трубы после раскатки;  $D_р$  – диаметр трубы после раскатки;  $S_к$  – толщина стенки трубы после калибрования;  $D_к$  – диаметр трубы после калибрования;  $S_т$  – толщина стенки трубы после охлаждения;  $D_т$  – диаметр трубы после раскатки.

В табл. 2 представлена схема деформирования заготовки диаметром 180 мм в трубы 168×28 и 165×24,5 мм.

На рис. 4 показана схема деформирования заготовки диаметром 130 мм для получения трубы 140×21,5 мм. Здесь  $D_3$  – диаметр заготовки;  $D_г$  – диаметр гильзы;  $S_г$  – толщина стенки гильзы;  $S_к$  – толщина стенки трубы после калибрования;  $D_к$  – диаметр трубы по-

сле калибрования,  $S_т$  – толщина стенки трубы после охлаждения;  $D_т$  – диаметр трубы после раскатки.

В табл. 3 представлена схема деформирования заготовки диаметром 130 мм в трубу 140×21,5 мм.

На основе разработанных схем деформирования были рассчитаны требуемые настройки технологического оборудования. При этом стоит отметить, что для труб 168×28 и 165×24,5 мм использовался штатный инструмент, а для трубы 140×21,5 мм были разработаны новая калибровка прошивной оправки и направляющих линейек [8–10].

На стане применяются стальные валки, стальные водоохлаждаемые оправки (прошивные и раскатные) и стальные восстанавливаемые (наплавка жаростойких сплавов [11]) направляющие линейки [3, 4]. Освоение производства труб из коррозионностойкой марки стали (в частности 08Х18Н10Т) в значительной мере зависит от стойкости трубопрокатного инструмента, который влияет на произ-

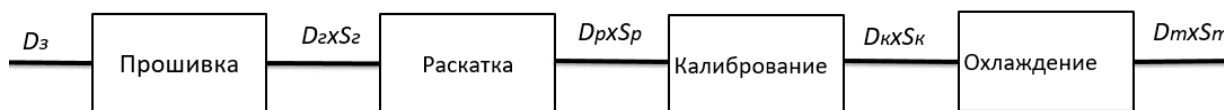


Рис. 3. Схема деформирования заготовки диаметром 180 мм для получения труб 168×28 и 165×24,5 мм  
Fig. 3. Scheme of deformation of a workpiece with a diameter of 180 mm to obtain pipes 168×28 mm and 165×24.5 mm

Таблица 2

Схема деформирования заготовки диаметром 180 мм  
в трубы 168×28 мм и 165×24,5 мм (размеры в мм)

Table 2

Diagram of deformation of a workpiece with a diameter of 180 mm  
into pipes 168×28 mm and 165×24.5 mm (dimensions in mm)

$D_т$	$S_т$	$D_к$	$S_к$	$D_р$	$S_р$	$S_г$	$D_г$	$D_3$
168	28	169,5	28,5	173,5	28,5	40	174	180
165	24,5	166,5	25	170,5	25	39	172	180

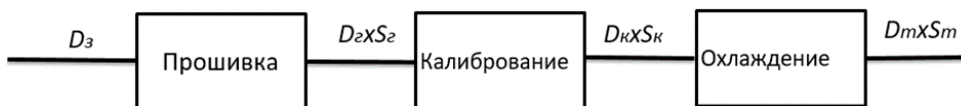


Рис. 4. Схема деформирования заготовки диаметром 130 мм для получения трубы 140×21,5 мм  
Fig. 4. Diagram of deformation of a workpiece with a diameter of 130 mm to obtain a pipe 140×21.5 mm

Таблица 3

Схема деформирования заготовки диаметром 130 мм  
в трубу 140×21,5 мм (размеры в мм)

Table 3

Diagram of deformation of a workpiece with a diameter of 130 mm  
into a pipe 140×21.5 mm (dimensions in mm)

$D_т$	$S_т$	$D_к$	$S_к$	$S_г$	$D_г$	$D_3$
140	21,5	141	22	22	145	130

водительность стана и качество выпускаемой продукции, а в некоторых случаях и на возможность принципиальной организации такого технологического процесса. Особое внимание следует уделить износостойкости прошивной оправки.

Низкая стойкость прошивных оправок приводит к образованию на внутренней поверхности гильзы таких дефектов, как плены, порезы, раковины. А с увеличением длины прокатываемой заготовки возрастает риск «закатать» оправку, т. е. стойкость оправки является фактором, ограничивающим длину прошиваемой заготовки.

Одним из самых распространённых способов повышения стойкости оправок является нанесение на рабочую поверхность оправки слоя окислов при термической обработке. При его отсутствии происходит сваривание материалов заготовки и оправки при первой же прошивке. Слой окислов является в первую очередь изолирующим покрытием, которое препятствует свариванию между собой заго-

товки и инструмента, а также из-за своей структуры выступает в качестве теплового барьера и снижает риск перегрева поверхности оправки. Самой нагруженной и разогреваемой частью оправки является торец носика оправки (рис. 5). В качестве одного из способов повышения его износостойкости предлагается металлизация или наплавка тугоплавким материалом.

В некоторых случаях из-за сваривания материалов процесс прошивки может остановиться (рис. 6). По этой причине при прокатке труб из нержавеющей марок сталей для прошивки использовалась новая оправка (при прошивке относительно коротких заготовок могла использоваться повторно).

Еще одним способом повышения износостойкости оправки прошивного стана является ее эффективное охлаждение. Действующая конструкция оправки имеет внутреннюю полость с выходом воды в основании носика оправки. В связи с тем, что прошивка нержавеющей марок сталей с выходом воды недопусти-

## Материал оправки

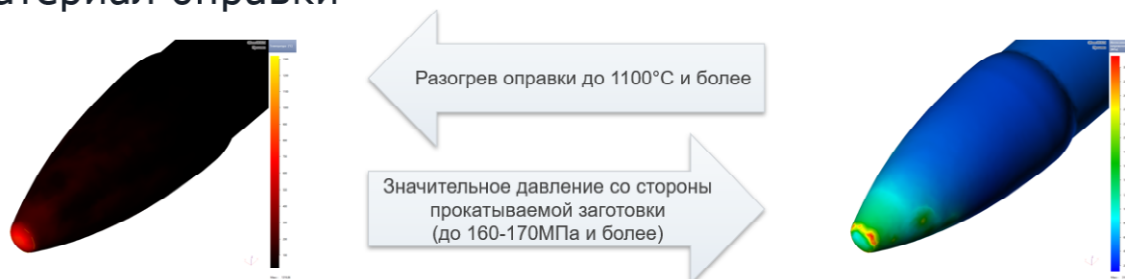


Рис. 5. Результаты моделирования условий эксплуатации прошивной оправки  
Fig. 5. Results of modeling the operating conditions of the piercing mandrel



Рис. 6. «Закат» оправки в заднем конце гильзы из-за сваривания материала оправки с прошиваемой заготовкой  
Fig. 6. “Rolling” of the mandrel at the rear end of the liner due to welding of the mandrel material with the workpiece being stitched

ма из-за риска возможного переохлаждения прошиваемого материала, отверстия необходимо заварить или не изготавливать [12–14].

Известно, что помимо снижения свариваемости и теплоизолирующих свойств окалина снижает коэффициент трения. Но наиболее эффективным средством для снижения негативного воздействия сил трения являются технологические смазки, которые вводятся между деформируемой заготовкой и рабочей поверхностью инструмента. Технологические смазки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- создавать на контактной поверхности надежную и прочную пленку;
- обеспечивать низкий коэффициент трения при обработке и минимум усилий деформации;
- иметь определенную вязкость, выдерживать высокие удельные нагрузки и деформироваться вместе с металлом без разрушения образованной пленки;
- не менять своих свойств в условиях высоких давлений и температуры;
- не влиять на деформируемый металл;
- быть технологичной, легко наноситься;
- легко удаляться с изделия после деформации;
- обладать хорошим теплоизолирующими свойствами и снижать риск перегрева поверхности инструмента;
- обеспечивать повышение износостойкости трубопрокатного инструмента.

Наиболее эффективный смазочный материал, применяемый для горячей обработки, а в частности прессования труб, – это стеклосмазка (стеклянный порошок). Применение стеклосмазки приводит к значительным изменениям силовых и скоростных условий процесса прошивки нержавеющей марок сталей. Усилие на оправку уменьшается в среднем на 20–25 %, а скорость прошивки увеличивается на 20–24 % в результате снижения величины осевого скольжения. При этом отмечается снижение (до 15 %) давления на валки и потребляемой мощности. Данные результаты подтверждаются при экспериментальных прошивках на лабораторных станах [15].

Таким образом, применение стеклосмазки меняет силовые и тепловые условия работы прошивной оправки, что благоприятно сказывается на ее износостойкости и качестве выпускаемой продукции. На основании сказанного выше, исходя из особенностей оборудова-

ния прошивного/раскатного стана ТПА 70-270, предложены следующие решения.

1. Перед прокаткой отверстия для выхода воды на оправках должны быть заварены, а поверхность покрыта слоем окислов.

2. Во время прошивки/раскатки в полость оправки должна подаваться охлаждающая жидкость (вода) под максимальным давлением (до 20 атм).

3. Использование стеклосмазки в виде порошка, засыпанного в центровочное отверстие. Для того чтобы стеклосмазка на выпалась (или не вытекла при нагреве), отверстие необходимо заварить заглушкой из углеродистой марки стали толщиной 2,5 мм.

Разработка режима нагрева заготовок проводилась с использованием математической модели печи с шагающим подом, где нестационарная теплопроводность по сечению заготовки круглого сечения рассчитывалась методом Кранка – Николсона для конечно-разностной двумерной расчетной схемы при граничных условиях третьего рода. Целевая среднеассовая температура нагрева заготовок на выходе из печи принята 1200 °С [16].

Для проведения исследований были приобретены заготовки диаметрами 180 и 130 мм. Заготовки получены горячей деформацией из слитков: три заготовки диаметром 180 мм (суммарный коэффициент вытяжки равен 13,31); одна заготовка диаметром 130 мм (суммарный коэффициент вытяжки равен 26,38). Заготовки поставлены в обточенном состоянии. Перед опытными прокатками заготовки были порезаны на мерные длины. Три заготовки диаметром 180 мм порезаны на шесть штук длиной по 2000 мм. Две заготовки диаметром 130 мм порезаны на четыре штуки длиной по 2100 мм.

Исходные заготовки имели зацентровочные углубления с переднего и заднего торцов, выполненные засверливанием в холодном состоянии. Зацентровка на заднем торце применяется для исключения возможности заката оправки задним концом гильзы, снижает уровень разностенности заднего конца гильзы и исключает возможность образования дефекта типа «серьга».

На переднем торце зацентровочное углубление помимо функции повышения точности гильз/труб и улучшений условий вторичного захвата выполняет функцию «доставки» стеклосмазки в очаг деформации при прошивке. Для обеспечения необходимого объе-

ма стеклосмазки в очаге деформации выполнили зацентровку глубиной 100 мм и диаметром углубления 40 мм. В полученное зацентровочное углубление на переднем торце заготовки помещали стеклопорошок в целлофановом пакете при условии полного заполнения пространства зацентровочного углубления. Для предотвращения вытекания расплавленного стеклопорошка при нагреве заготовки в нагревательной печи, а также при последующей транспортировке заготовки от печи до входного желоба прошивного/раскатного стана к основанию зацентровочных отверстий со стеклопорошком были приварены заглушки из углеродистой марки стали размерами 50 × 50 мм толщиной 2–3 мм (рис. 7).

Согласно разработанной технологии была проведена опытная прокатка по получению труб 168 × 28, 165 × 24,5 и 140 × 21,5 мм из стали 08X18H10T. Поскольку данные типоразмеры труб не являются штатными для данного трубопрокатного агрегата, в начале проводили эксперимент (для отработки режимов деформации на стане) с использованием заготовки диаметром 180 и 130 мм из стали Д. Заготовки из стали Д согласно действующей технологии имели зацентровочное углубление только на переднем торце заготовки.

Среднее отклонение полученных труб по диаметру от номинального изменяется от

–0,29 до +0,61 %. А толщина стенки относительно номинального размера изменяется от –2,0 до +9,6 %. Средняя кривизна труб не более 0,2 % от общей длины трубы.

Глубина винтового следа по наружной поверхности трубы не более 0,2 мм, а глубина винтового следа на внутренней поверхности составила не более 2,5 мм. При прокатке стали 08X18H10T происходит увеличение диаметра и толщины стенки гильзы (по сравнению со сталью Д) из-за повышения сопротивления деформации и большего уширения металла при деформации, приводящего к более позднему сходу деформированного металла с поверхности оправки и большей «усадке» металла при охлаждении.

Во время проведения эксперимента при прошивке заготовки из стали 08X18H10T пиковая нагрузка больше в 1,47–1,81 раза по сравнению с прошивкой стали Д.

Средняя стойкость прошивных оправок во время опытных прокаток труб из нержавеющей марки стали на ТПА 70-270 составила:

- 3 прохода – при прокатке трубы  $\varnothing 168 \times 28$ ;
- 1 проход – при прокатке трубы  $\varnothing 168 \times 24$ ;
- 1...2 прохода – при прокатке трубы  $\varnothing 140 \times 21,5$ .



a)



b)

Рис. 7. Зацентрированная заготовка со стеклопорошком: а – зацентрированная заготовка со стеклопорошком; б – заготовки с приваренной заглушкой

Fig. 7. Centered workpiece with glass powder: а – centered blank with glass powder; б – blank with a welded plug





Рис. 8. Оправки после прошивки третьей и четвертой заготовок для трубы 140 × 21,5 из нержавеющей стали  
Fig. 8. Mandrels after flashing the third and fourth blanks for a 140 × 21.5 stainless steel pipe



Рис. 9. Внешний вид и внутренний винт на трубах 168 × 28 мм  
Fig. 9. Appearance and internal screw on pipes 168 × 28 mm

Стоит отметить, что средняя общая стойкость прошивных оправок составила 1,43 прохода.

Фактическая стойкость раскатных оправок в данном эксперименте не определена, так как оправки после окончания опытно-промышленной прокатки пригодны для дальнейшей эксплуатации, и составляет не менее 4 проходов.

Износостойкость линеек прошивного стана – неудовлетворительная.

Средняя износостойкость линеек прошивного стана при прокатке труб  $\varnothing 168 \times 28$  и  $\varnothing 168 \times 24$  составляет 2 мм толщины рабочего слоя на одну прокатанную заготовку (прошивка и раскатка). Средняя износостойкость линеек при прокатке труб  $\varnothing 140 \times 21,5$  составила 1 мм толщины рабочего слоя на одну прокатанную заготовку (прошивка).

Интенсивный износ рабочей поверхности линейки приводит к необходимости корректировки положения линеек для компенсации износа (рис. 8, 9).

### Заключение

Разработана технология получения труб из нержавеющей марки стали (в данной ра-

боте 08X18H10T) на ТПА со станами винтовой прокатки. Проведённая опытно-промышленная прокатка показала принципиальную возможность производства труб на данном ТПА 70-270, где операция прошивки и раскатки осуществляется на одном и том же стане винтовой прокатки с чашевидными валками и направляющими линейками при одинаковых расстояниях между валками и линейками, а последующее калибрование черновой трубы выполняется в трехвалковом стане винтовой прокатки. Установлена возможность производства труб из коррозионностойких сталей за две операции: прошивка и калибрование на станах винтовой прокатки.

Недостаточная износостойкость оправок требует дальнейшего исследования технологического процесса и материалов оправок. Возможными вариантами решения данной проблемы могут быть:

- использование жаростойких сплавов (в том числе наплавка рабочей поверхности);
- изменение конструкции внутренней полости оправки для улучшения охлаждения;
- подбор смазок и их количества (за счет размеров зацентровочного отверстия).

### Список литературы

1. Получение горячекатаных труб из стали X18H10T на станах винтовой прокатки / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, А.С. Алешенко, М.А. Минтаханов // Производство проката. 2014. № 8. С. 14–17.
2. Гуляев Г.И. Прессование стальных труб и профилей. М.: Metallurgiya, 1977. 192 с.
3. Разработка и исследование процесса прошивки с использованием охлаждаемых направляющих линеек / Д.А. Орлов, Ю.В. Гамин, А.В. Гончарук, Б.А. Романцев // Metallurg. 2021. № 4. С. 26–32. DOI: 10.52351/00260827\_2021\_04\_26
4. Анализ особенностей процесса прошивки труб на ТПА 70-270 с применением метода конечных элементов / Д.А. Орлов, А.В. Гончарук, О.А. Кобелев и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2020. Т. 63, № 10. С. 848–855. DOI: 10.17073/0368-0797-2020-10-848-855
5. Трубное производство: учеб. / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издат. Дом МИСиС, 2011. 97 с.
6. Освоение производства бесшовных труб в ОАО «Выксунский металлургический завод» / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, В.Я. Зимин и др. // Производство проката. 2009. № 6. С. 32–34.
7. Клемперт Е.Д., Столетний М.Ф. Точность труб. М.: Metallurgiya, 1975. 240 с.
8. Обработка металлов давлением / Б.А. Романцев, А.В. Гончарук, Н.М. Вавилкин, С.В. Самусев. М.: МИСиС, 2008. 960 с.
9. Чекмарев А.П., Матвеев Ю.М., Выдрин В.Н. Интенсификация поперечно-винтовой прокатки. М.: Metallurgiya, 1970. 184 с.
10. Потапов И.Н., Полухин П.И. Новая технология винтовой прокатки. М.: Metallurgiya, 1975. 343 с.
11. Материаловедение: учебное пособие / И.М. Жарский, Н.П. Иванова, Д.В. Куис, Н.А. Свидунович. Минск: Высшая школа, 2015. 557 с.
12. Вавилкин Н.М., Бухмиров В.В. Прошивная оправка. М.: МИСИС, 2000. 128 с.
13. Бодров Д.В. Исследование теплового состояния водоохлаждаемых оправок для увеличения их износостойкости при прошивке заготовок из легированных сталей: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.05 / Бодров Даниил Валерьевич. Москва, 2012. 159 с.
14. Сазоненко И.О., Земцов В.А., Юрчак А.Н. К вопросу повышения стойкости оправок прошивных станков // Литье и металлургия. 2012. № 4 (68). С. 135–138. DOI: 10.21122/1683-6065-2012-4-135-138
15. Манегин Ю.В. Стекло смазки и защитные покрытия для горячей обработки металлов. М.: Metallurgiya, 1978. 223 с.
16. Остапенко А.Л., Забира Л.А. Сопротивление деформации сталей при прокатке и методики его расчета // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2009. № 3. С. 54–79.

### References

1. Romantsev B.A., Goncharuk A.V., Aleshchenko A.S., Mintakhanov M.A. [Production of hot-rolled pipes from steel X18H10T on screw rolling mills]. *Rolling*. 2014;(8):14–17. (In Russ.)
2. Gulyaev G.I. *Pressovanie stal'nykh trub i profiley* [Pressing steel pipes and profiles]. Moscow: Metallurgiya; 1977. 192 p. (In Russ.)
3. Orlov D.A., Gamin Yu.V., Goncharuk A.V., Romantsev B.A. Development and investigation of piercing process with using cooled guide shoes // *Metallurg*. 2021;(4):26–32. (In Russ.) DOI: 10.52351/00260827\_2021\_04\_26
4. Orlov D.A., Goncharuk A.V., Kobelev O.A., Komarnitskaya O.G., Bunits N.S. Analysis of pipe piercing on PRP 70-270 with FEM modeling. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2020;63(10):848–855. (In Russ.) DOI: 10.17073/0368-0797-2020-10-848-855.
5. Romantsev B.A., Goncharuk A.V., Vavilkin N.M., Samusev S.V. *Trubnoe proizvodstvo: ucheb.* [Pipe production: textbook]. 2nd ed., revised. and additional. Moscow: Publishing House MISiS; 2011. 97 p. (In Russ.)

6. Romantsev B.A., Goncharuk A.V., Zimin V.Ya., Mintakhanov M.A., Pakhomov V.P. [Mastering the production of seamless pipes at OJSC Vyksa Metallurgical Plant]. *Rolling*. 2009;(6):32–34. (In Russ.)
7. Klempert E.D., Stoletniy M.F. *Tochnost' trub* [Pipe accuracy]. Moscow: Metallurgiya; 1975. 240 p. (In Russ.)
8. Romantsev B.A., Goncharuk A.V., Vavilkin N.M., Samusev S.V. *Obrabotka metallov davleniem* [Pressure processing of metals]. Moscow: MISIS; 2008. 960 p. (In Russ.)
9. Chekmarev A.P., Matveev Yu.M., Vydrin V.N. *Intensifikatsiya poperechno-vintovoy prokatki* [Intensification of cross-helical rolling]. Moscow: Metallurgiya; 1970. 184 p. (In Russ.)
10. Potapov I.N., Polukhin P.I. *Novaya tekhnologiya vintovoy prokatki* [New technology of screw rolling]. Moscow: Metallurgiya; 1975. 343 p. (In Russ.)
11. Zharskiy I.M., Ivanova N.P., Kuis D.V., Svidunovich N.A. *Materialovedenie: uchebnoe posobie* [Materials science: textbook]. Minsk: Vysheyshaya shkola; 2015. 557 p. (In Russ.)
12. Vavilkin N.M., Bukhmirov V.V. *Proshivnaya opravka* [Stitching mandrel]. Moscow: MISIS; 2000. 128 p. (In Russ.)
13. Bodrov D.V. *Issledovanie teplovogo sostoyaniya vodookhlazhdaemykh opravok dlya uvelicheniya ikh iznosostoykosti pri proshivke zagotovok iz legirovannykh staley: dis. kand. tekhn. nauk* [Study of the thermal state of water-cooled mandrels to increase their wear resistance when piercing workpieces made of alloy steels. Cand. sci. diss.]. Moscow; 2012. 159 p. (In Russ.)
14. Sazonenko I.O., Zemtsov V.A., Yurchak A.N. To the matter of stabilization of saddles of punch mills. *Litiyo i Metallurgiya (Foundry Production and Metallurgy)*. 2012;4(68):135–138. (In Russ.) DOI: 10.21122/1683-6065-2012-4-135-138
15. Manegin Yu.V. *Steklosmazki i zashchitnye pokrytiya dlya goryachey obrabotki metallov* [Glass lubricants and protective coatings for hot metal processing]. Moscow: Metallurgiya; 1978. 223 p. (In Russ.)
16. Ostapenko A.L., Zabira L.A. [Resistance to deformation of steels during rolling and methods of its calculation]. *Ferrous metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economic Information*. 2009;3:54–79. (In Russ.)

### **Информация об авторах**

**Шамилов Альберт Рамильевич**, старший преподаватель кафедры технологии и оборудования обработки металлов давлением, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия; [vfmsis@misis.ru](mailto:vfmsis@misis.ru).

**Король Алексей Валентинович**, канд. техн. наук, доц. кафедры технологии и оборудования обработки металлов давлением, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия; [vfmsis@misis.ru](mailto:vfmsis@misis.ru).

**Обыденнов Евгений Николаевич**, старший преподаватель кафедры технологии и оборудования обработки металлов давлением, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия; [vfmsis@misis.ru](mailto:vfmsis@misis.ru).

**Алещенко Александр Сергеевич**, канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой обработки металлов давлением, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия; [aleschenko.as@misis.ru](mailto:aleschenko.as@misis.ru).

**Гончарук Александр Васильевич**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры обработки металлов давлением, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва, Россия; [gon@misis.ru](mailto:gon@misis.ru).

### **Information about the authors**

**Albert R. Shamilov**, Senior Lecturer of the Department of Technology and Equipment for Metal Forming, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia; [vfmsis@misis.ru](mailto:vfmsis@misis.ru).

**Aleksey V. Korol**, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Technology and Equipment for Metal Forming, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia; [vfmsis@misis.ru](mailto:vfmsis@misis.ru).

**Evgeniy N. Obydenov**, Senior Lecturer of the Department of Technology and Equipment for Metal Forming, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia; vfmisis@misis.ru.

**Alexander S. Aleshchenko**, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof., Head of the Department of Metal Forming, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia; aleschenko.as@misis.ru.

**Alexander V. Goncharuk**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Prof. of the Department of Metal Forming, National University of Science and Technology “MISIS”, Moscow, Russia; gon@misis.ru.

*Статья поступила в редакцию 30.04.2024*

*The article was submitted 30.04.2024*