

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС*

Л.М. Лобанов¹, Н.М. Махлин², В.Е. Водолазский², В.Е. Попов², Л.П. Муценко²

¹ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ГП «НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины». 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11.

E-mail: electro@paton.kiev.ua

Исследованиями и практикой установлено, что соответствующее современным требованиям качество сварных соединений трубопроводов в значительной степени зависит от качества предшествующей сварке обработки торцов кромок разделки их стыков и от качества сборки деталей трубопроводов непосредственно перед сваркой. В работе представлены результаты экспериментальных, опытно-технологических и опытно-конструкторских работ, проведенных в НИЦ СКАЭ, по созданию торцевателя для металлических труб диаметром от 76 до 108 мм. Показано, что по сравнению с лучшими зарубежными аналогами, разработанный торцеватель имеет ряд существенных технологических и эксплуатационных преимуществ. Библиогр. 7, табл. 2, рис. 1.

Ключевые слова: атомная энергетика, неповоротные сварные стыки трубопроводов, механическая обработка, пневмопривод, торцеватели, суппорты, резцы

При проведении исследований и опытно-технологических работ изучалось влияние на качество сварных соединений точности подготовки кромок деталей металлических трубопроводов с номинальным наружным диаметром 76, 89 и 108 мм, конструктивные элементы которых соответствуют требованиям ПН АЭ Г-7-009-89 и ОСТ 24.125.02-89, а также определялись области оптимальных режимов обработки этих кромок резанием.

Для исследований использовались образцы деталей трубопроводов из стали 08X18H10T и стали 20 с номинальными диаметрами 76; 89 и 108 мм, а также с номинальной толщиной стенки 7,0; 8,0 и 12,0 мм, соответственно. Кромки используемых для исследований и опытно-технологических работ образцов деталей трубопроводов обрабатывали с помощью токарно-винторезного станка 1М61 и фрезерного станка 6Р82Ш.

Обработку кромок разделок стыков испытуемых образцов деталей трубопроводов для имитации отклонений от линейных и угловых размеров, регламент-

ированных ПН АЭ Г-7-009-89 и ОСТ 24.125.02-89 для сварных соединений типа С-42, осуществляли в соответствии с табл. 1, при этом асимметрия углов скола кромок разделок образцов деталей трубопроводов для имитации отклонений от нормативных значений для труб с номинальными размерами 76×7,0; 89×8,0 и 108×12,0 мм составляла 4 и 8°.

В процессе обработки испытуемых образцов деталей трубопроводов из стали 08X18H10T и стали 20 контроль их линейных и угловых размеров выполняли с применением стандартных средств измерений, в частности, штангенциркулей ШЦ-П-160 и ШЦ-П-250 по ГОСТ 166 (наибольшая погрешность измерений ±0,07 и ±0,08 мм, соответственно), стенкомеров индикаторных С-10А и С-25 по ГОСТ 11358 (наибольшая погрешность измерений ±0,02 и ±0,10 мм, соответственно), угломера с нониусом УТ мод. 127 с диапазоном измерения от 0 до 18° и наибольшей погрешностью измерений ±2' [2].

Таблица 1. Линейные размеры кромок разделок образцов деталей трубопроводов для имитации отклонений от регламентированных значений

Номинальные размеры трубы (D×S), мм	Разделка кромок						
	Диаметр расточки d_p , мм		Толщина стенки в месте расточки, не менее	Притупление (S – M) при $S_1 = S_2$, мм			
	Номинальное значение	Наибольшее допустимое отклонение		$S_1 - M_1$	$S_2 - M_2$		
					$M_2 = M_1$	$M_2 = M_1 + 1$	$M_2 = M_1 + 1,5$
76×7,0	63	+0,23	5,6	2,3 ^{+0,4}	3,3 ^{+0,4}	3,8 ^{+0,4}	4,2 ^{+0,4}
89×8,0	74		6,5	2,7 ^{+0,3}	2,7 ^{+0,3}	3,7 ^{+0,3}	4,2 ^{+0,3}
108×12,0	88		8,8	3,0 ^{-0,3}	3,0 ^{-0,3}	4,0 ^{-0,3}	4,5 ^{-0,3}

Примечание. Пояснения условных обозначений размеров S_1 , S_2 , M_1 и M_2 приведены в [1].

*В работе принимали участие инженеры Д.С. Олияненко и В.К. Смоляков (ГП «НИЦ СКАЭ ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины»), С.И. Лавров, А.А. Кириленко, В.Г. Притыка и А.В. Ковалюк (ОП «Атомэнергомаш» ГП «НАЭК «Энергоатом»).

© Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.Е. Водолазский, В.Е. Попов, Л.П. Муценко, 2019

Основную часть обработанных в соответствии с табл. 1 испытуемых образцов деталей трубопроводов из стали 08X18H10T и стали 20 подвергли многопроходной автоматической орбитальной сварке неплавящимся электродом в среде аргона (GTAW) с подачей присадочной проволоки и колебаниями неплавящегося электрода. При этом применяли опытный образец разработанного в НИЦ СКАЭ автомата орбитального АДЦ 628 УХЛ4 [3], а для некоторой части этих испытуемых образцов — многопроходную ручную сварку GTAW с подачей присадочной проволоки неплавящимся электродом в среде аргона (TIG) с подачей присадочной проволоки. Для осуществления сварки TIG применяли разработанные ранее в НИЦ СКАЭ опытные образцы источника питания ИЦ 617 УЗ.1 для TIG и GTAW сварки, модуля силового питания МПС-101 и электронного регулятора сварочного тока РДГ-201 УЗ.1 [4], а также горелку АВТIG GRIPP 26 (фирмы ABICOR BINZEL) с вольфрамовым электродом марки WT20 диаметром 3,15 мм. При опытных сварках стыков деталей трубопроводов из стали 08X18H10T в качестве присадочной использовали проволоку Св-04X19H11M3, а из стали 20 — проволоку Св-08Г2С, при этом диаметр этих проволок составлял 1,6 мм.

Качество сварных соединений испытуемых образцов деталей трубопроводов номинальным диаметром от 76 до 108 мм контролировали визуальным, радиографическим и капиллярным способами [5].

В результате выполнения нескольких серий опытных сварок установлено:

- асимметрия углов скоса кромок деталей металлических трубопроводов диаметром от 76 до 108 мм при выполнении сварных соединений типа С-42 не должна превышать 4° , так как при больших значениях асимметрии углов скоса характерны такие сплошные дефекты, как недопустимые нарушения формирования сварного шва, несплавления кромок и отдельных валиков, непровары в заполняющих проходах, «провисания» части шва возле кромки с завышенным углом скоса, подрезы в облицовочном шве;

- отклонения расточки внутренних диаметров от нормативных значений при выполнении сварных соединений типа С-42 не должны превышать +0,23 мм для труб с номинальным наружным диаметром от 76 до 108 мм включительно, а разность между притуплениями обеих кромок не должна превышать 0,5 мм, поскольку сварные соединения деталей трубопроводов, у которых притупление одной из кромок отличается от притупления другой более, чем на 0,5 мм, склонны к таким дефектам корневого шва, как нарушения его регламентированной формы, непровары, «проседания»

шва с одной его боковой стороны и «утяжины» или несплавления с другой. При этом следует отметить, что в случае использования при сварке деталей металлических трубопроводов диаметром от 76 до 108 мм режимов сварки модулированным током даже при разности между притуплениями кромок до 0,75 мм дефекты корневого шва встречаются крайне редко и в большинстве случаев их вовсе не выявлено, а при разности между притуплениями кромок до 0,60 мм эти дефекты практически полностью отсутствуют;

- исходя из рекомендаций, вытекающих из многолетних исследований в направлении механической обработки деталей из сталей аустенитного класса и имеющегося производственного опыта такой обработки [6], в случае тонкого внешнего продольного точения и поперечного подрезания деталей из сталей аустенитного класса (например, 08X18H10T) область оптимальных значений скорости резания ограничена диапазоном от 10 до 40 м/мин, значения поправочных коэффициентов K_m и K_{mv} (первый из которых учитывает влияние на скорость резания физико-механических свойств заготовки из коррозионностойкой стали, второй — влияние на скорость резания состояния поверхности этой заготовки) составляют 0,8 и 0,9, соответственно, а значения подачи для чистового точения деталей из жаростойких и нержавеющей сталей — от 0,04 до 0,12 мм/об.

При разработке торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1 принимались во внимание результаты анализа информации о параметрах, характеристиках и построении предлагаемых рынком лучших зарубежных образцов оборудования для обработки торцов и кромок подлежащих сварке деталей трубопроводов и присущие этим аналогам основные недостатки [1]. Также учитывалось стремление к унификации основных составных частей отечественного оборудования для механической обработки для сварки торцов и кромок деталей трубопроводов.

Нами была использована кинематическая схема, аналогичная схеме торцевателя ТРЦ 76 УЗ.1 [1], а также выполнены расчеты трансмиссий и механизмов планшайбы этого торцевателя, расчеты прочности и долговечности элементов таких трансмиссий и механизмов и расчеты сил резания. Это обеспечило осуществление выбора необходимых материалов основных частей торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1 и позволило принять относительно его основных составных частей конструктивные решения, аналогичные тем, которые были приняты при проектировании торцевателя ТРЦ 76 УЗ.1 [1, 7], в том числе касательно наружного одноразового базирования, построения планшайбы, самоцентрирования соосно с продольными осями обрабатываемой трубы и механизма базирования.

Таблица 2. Основные параметры и характеристики опытных образцов торцевателей ТРЦ 76 УЗ.1 и ТРЦ 108 УЗ.1 и некоторых их иностранных аналогов

Наименование параметра или характеристики	Модель			
	ТРЦ 76 УЗ.1	ТРЦ 108 УЗ.1	Мангуст-2Т (Россия)	PROTEM PUS40 (Франция)
Наименьший внешний диаметр обрабатываемой трубы, мм	38	76	45	43
Наибольший внешний диаметр обрабатываемой трубы, мм	76	108	120	219
Наибольшая толщина стенки обрабатываемой трубы, мм	7,0	12,0	5,0	16,0
Длина расточки внутреннего диаметра обрабатываемой трубы, мм, не менее	15	20	Опция расточки отсутствует	
Базирование	На внешней поверхности обрабатываемой трубы		Внутреннее	
Максимальное возможное количество резцов в резцедержателях, шт.	4		1	1
Способ подачи резцов	Вручную			
Подача резца, мм/об, не более	0,15		0,20	
Частота вращения планшайбы номинальная, об/мин	100	70	70	25
Расход сжатого воздуха во время холостого хода, м ³ /мин, не более	1,5		1,7	1,6
Масса с приводом, кг, не более	12,6	13,4	9,5	16,0

Для обеспечения торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1 воздушно-масляной смесью использован унифицированный блок подготовки воздуха, применяемый в торцевателях ТРЦ 38 УЗ.1, ТРЦ 76 УЗ.1 и трубо-резу разъемном ТТЦ 660 УЗ.1.

В табл. 2 приведены основные параметры и характеристики опытных образцов торцевателей ТРЦ 76 УЗ.1 и ТРЦ 108 УЗ.1, а также некоторых их иностранных аналогов из числа лучших зарубежных образцов.

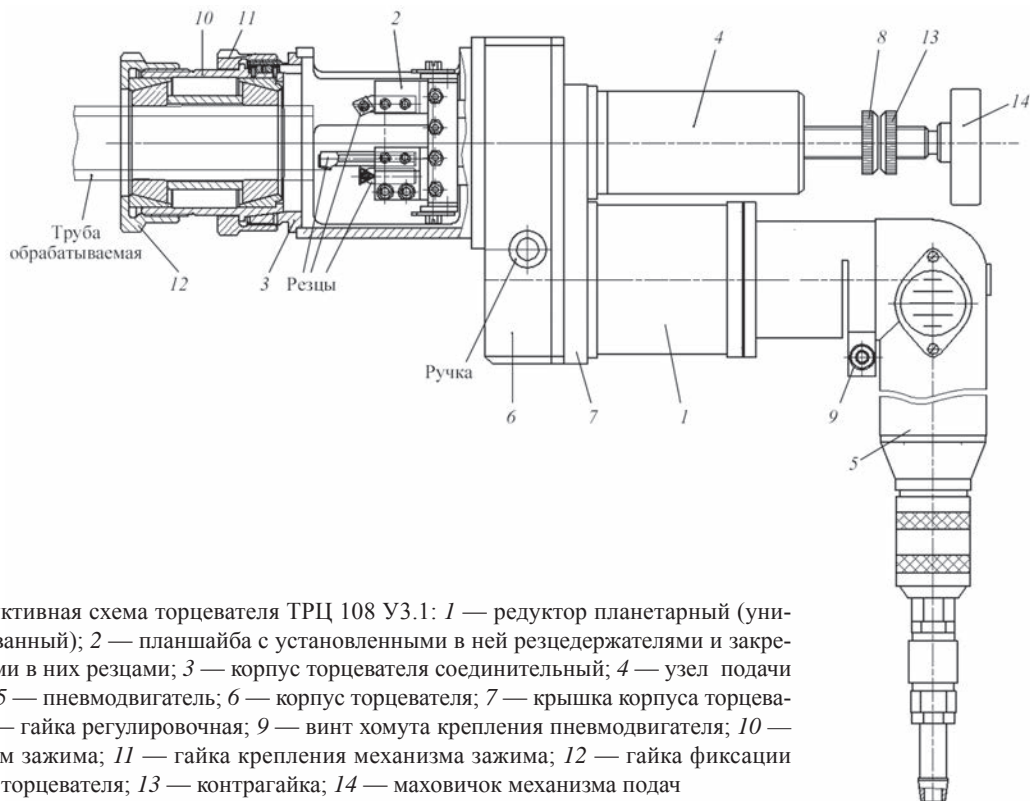
Конструктивная схема торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1, построенная с использованием технического решения, приведенного в [7], показана на рисунке.

Выводы

1. Разработан новый импортозамещающий торцеватель ТРЦ 108 УЗ.1 для подготовки к сварке неповоротных стыков трубопроводов диаметром от 76 до 108 мм энергоблоков АЭС и объектов других отраслей экономики Украины.

2. В результате разработки торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1 достигнуто:

– расширение технологических возможностей отечественного оборудования для подготовки к сварке деталей неповоротных стыков металлических трубопроводов и повышение производитель-



Конструктивная схема торцевателя ТРЦ 108 УЗ.1: 1 — редуктор планетарный (унифицированный); 2 — планшайба с установленными в ней резцедержателями и закрепленными в них резцами; 3 — корпус торцевателя соединительный; 4 — узел подачи резцов; 5 — пневмодвигатель; 6 — корпус торцевателя; 7 — крышка корпуса торцевателя; 8 — гайка регулировочная; 9 — винт хомута крепления пневмодвигателя; 10 — механизм зажима; 11 — гайка крепления механизма зажима; 12 — гайка фиксации головки торцевателя; 13 — контрагайка; 14 — маховичок механизма подач

ности процессов механической обработки торцов и кромок;

– повышение качества и точности подготовки к ручной или автоматической сварке этих торцов и кромок;

– упрощение и удешевление технического обслуживания торцевателей, снижение не менее чем в 1,5...2,0 раза себестоимости изготовления подобных изделий.

Список литературы

1. Лобанов Л.М., Махлин Н.М., Смоляков В.К. и др. (2015) Оборудование для подготовки торцов труб применительно к сварке неповоротных стыков трубопроводов. *Автоматическая сварка*, **9**, 38–47.
2. Троицкий В.А. (2012) *Визуальный и измерительный контроль металлоконструкций и сооружений*. Киев, Феникс.
3. Махлін Н.М., Коротинський О.Є., Свириденко А.О. (2013) Апаратно-програмні комплекси для автоматичного зварювання неповоротних стиків трубопроводів атомних електростанцій. *Наука та інновації*, **9**, **6**, 31–45.
4. Махлин Н.М., Коротынский А.Е., Богдановский В.А. и др. (2011) Одно- и многопостовые системы для автоматической сварки неповоротных стыков трубопроводов атомных электростанций. *Автоматическая сварка*, **11**, 34–44.
5. Троицкий В.А. (2006) *Краткое пособие по контролю качества сварных соединений*. Киев, Феникс.
6. Дальский А.М., Сулов А.Г., Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. (редакторы) (2001) *Справочник технолога-машиностроителя*. Т. 2. Москва, Машиностроение.
7. Лобанов Л.М., Смоляков В.К., Водолазський В.Є., Махлін Н.М. (2015). *Портативний пристрій для обробки торців та крайок труб при їх підготованні до зварювання*, Україна, Пат. 102582.

References

1. Lobanov, L.M., Makhlin, N.M., Smolyakov, V.K. et al. (2015) Equipment for preparation of pipe ends to welding of position butt joints of pipeline. *The Paton Welding J.*, **9**, 36-44.
2. Troitsky, V.A. (2012) *Visual and measuring testing of metal structures and constructions*. Kiev, Fenix [in Russian].
3. Makhlin, N.M., Korotynsky, O.E., Svyrydenko, A.O. (2013) Hardware-software complexes for automatic welding of position butt joints of nuclear power plant pipelines. *Nauka ta Innovatsii*, **9(6)**, 31-45 [in Ukrainian].
4. Makhlin, N.M., Korotynsky, A.E., Bogdanovsky, V.A. et al. (2011) Single- and multioperator systems for automatic welding of position butt joints of nuclear power plant piping. *The Paton Welding J.*, **11**, 28-36.
5. Troitsky, V.A. (2006) *Concise manual on testing of welded joint quality*. Kiev, Fenix [in Russian].
6. (2001) *Handbook of technologist-mechanical engineering*. Vol. 2. Ed. by A.M. Dalsky et al. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
7. Lobanov, L.M., Smolyakov, V.K., Vodolazsky, V.E., Makhlin, N.M. (2015) *Portable device for treatment of ends and edges of pipes in their preparation for welding*. Pat. 102582, Ukraine [in Ukrainian].

НОВЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЗВАРЮВАННЯ НЕПОВОРОТНИХ СТИКІВ ТРУБОПРОВОДІВ АЕС

Л.М. Лобанов¹, Н.М. Махлін², В.Є. Водолазський², В.Є. Попов², Л.П. Муценко²

¹ІЕЗ ім. С.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ГП «НДЦ ЗКАЕ ІЕЗ ім. С.О. Патона НАН України». 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11.

E-mail: electro@paton.kiev.ua

Дослідженнями та практикою встановлено, що якість зварних з'єднань трубопроводів, яка відповідає сучасним вимогам, в значній мірі залежить від якості обробки торців крайок оброблення їх стиків, що передують зварюванню, та від якості збірки деталей трубопроводів безпосередньо перед зварюванням. В роботі представлено результати експериментальних, дослідно-технологічних і дослідно-конструкторських робіт, проведених в НДЦ ЗКАЕ зі створення торцювача для металевих труб діаметром від 76 до 108 мм. Показано, що, в порівнянні з кращими закордонними аналогами, розроблений торцювач має ряд істотних технологічних та експлуатаційних переваг. Бібліогр. 7, табл. 2, рис. 1.

Ключові слова: атомна енергетика, неповоротні стики трубопроводів, механічна обробка, пневмопривід, торцювач, супорти, різці

NEW EQUIPMENT FOR PREPARATION OF STATIONARY BUTTS OF NPP FOR WELDING

L.M. Lobanov¹, N.M. Makhlin², V.E. Vodolazskiy², V.E. Popov², L.P. Mutsenko²

¹E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 03150, 11 Kazimir Malevich Str., Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

²SE «Scientific and Engineering Center of Welding and Control in the Field of Nuclear Energy of Ukraine of E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11, Kazimir Malevich str., 03150, Kiev, Ukraine. E-mail: electro@paton.kiev.ua

The carried out investigations and practice established that the quality of welded joints of pipelines, meeting the modern requirements largely depends on the quality of treatment of ends of groove edges of their butt joints prior to welding and on the quality of assembly of pipeline components directly before welding. The paper presents the results of experimental, technological and design works carried out at the Scientific and Engineering Center of Welding and Control in the Field of Nuclear Energy, on creating a facing tool for metal pipes of a diameter from 76 to 108 mm. It is shown that, in comparison with the best foreign analogues, the designed facing tool has a number of significant technological and operational advantages. 7 Ref., 2 Tabl., 1 Fig.

Key words: nuclear power engineering, stationary welded butts of pipelines, mechanical treatment, pneumatic drive, facing tools, rests, cutters

Поступила в редакцію 21.01.2019