

DOI 10.15589/jnn20160207

УДК 621.791.92

C13

DEVELOPMENT OF THE DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF BIMETALLIC FLANGES OF SHIP SEAWATER PIPELINES

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ФЛАНЦЕВ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ЗАБОРТНОЙ ВОДЫ

Volodymyr Ya. Sahan

welding.kherson@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4733-2489

Stanislav V. Drahan

stanyslav.dragan@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0001-8634-782X

В. Я. Сагань

доц., канд. техн. наук¹

С. В. Драган

канд. техн. наук²

¹*Kherson branch of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson*

²*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

¹*Херсонский филиал НУК, г. Херсон*

²*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

Abstract. When manufacturing the seawater pipelines of the MNZh 5-1 corrosion-resistant alloy, the welded flanges made of L90 brass are used. The use of brass flanges is characterized by significant material costs for their manufacture. Therefore, steel flanges with a sealing surface deposited with a corrosion-resistant copper alloy can be an alternative. Several ways of deposition are considered for manufacturing the bimetallic flanges. The most preferable among them are plasma-arc deposition with a conductive filler tape and manual argon-arc one with a nonconsumable (tungsten) electrode. The estimation of the chemical composition of the deposited layer showed that the plasma-arc deposition with a conductive tape provides normal corrosion resistance of the deposited surface in two passes, whereas the manual argon-arc deposition requires at least four passes. The production cost calculations also confirm the feasibility of mass manufacture of bimetallic flanges using plasma deposition. However, seal flange ring deposition and welding of the flange to the pipe by manual argon-arc welding are more efficient at unit production and ship repair.

Keywords: bimetallic flange; deposition; pipeline; technology; economic evaluation.

Анотация. Рассмотрены варианты изготовления биметаллических фланцев с применением дуговых способов наплавки уплотняющего кольца. Экономическими расчетами показана эффективность замены латунных фланцев биметаллическими при изготовлении и ремонте судовых трубопроводов забортной воды.

Ключевые слова: биметаллический фланец; наплавка; трубопровод; технология; экономическая оценка.

Анотація. Розглянуто варіанти виготовлення біметалевих фланців з використанням дугових способів наплавлення ущільнюючого кільця. Економічними розрахунками показано ефективність заміни латунних фланців біметалевими для виготовлення й ремонту судових трубопроводів забортної води.

Ключові слова: біметалевий фланець; наплавлення; трубопровід; технологія; економічна оцінка.

REFERENCES

- [1] Abramovich V. R., Timofeev V. N. *Spravochnik po svarke i payke sudovykh truboprovodov* [Manual on welding and brazing of ship pipelines]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1982. 112 p.
- [2] Gitlevich A. D. *Metodika orientirovochnogo rascheta udelnykh pokazateley sebестоимости elektricheskoy svarki plavlением* [Technique of the approximate calculation of the specific indicators of the cost of electrical fusion welding]. *Svarochnoe proizvodstvo* [Welding International]. 1979, no 9, pp. 32–33.
- [3] GOST 16038-80. *Svarka dugovaya. Soedineniya svarnye truboprovodov iz medi i medno–nikelevogo splava. Osnovnye tipy, konstruktivnye elementy* [GOST 16038-80. Arc welding. Pipeline welded joints made of copper and copper-nickel alloy. Main types, constructive elements]. IPK, Izdatelstvo standartov Publ., 1999. 23 p.
- [4] Gurevich S. M. *Spravochnik po svarke tsvetnykh metallov* [Manual on welding of non-ferrous metals]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1981. 608 p.
- [5] Kravtsov T. G. *Vosstanovlenie detaley pri remonte sudov* [Restoration of parts in ship repair]. Moscow, Transport Publ., 1981. 120 p.
- [6] Nesvetaev Yu. A., Sherstyuk V. N. *Ekonomichnye sposoby svarki v sudoremonte* [Economical methods of welding in ship repair]. Moscow, Transport Publ., 1969. 200 p.
- [7] Andreev S. B., Golovchenko V. S., Gorbach V. D., Russo V. L. *Osnovy svarki sudovykh konstruksiy: Uchebnik* [Basics of welding of ship structures: Textbook]. Saint Petersburg, Sudostroenie Publ., 2006. 552 p.
- [8] Vaynerman A. Ye., Shorshorov M. Kh., Veselkov V. D., Novosadov V. S. *Plazmennaya naplavka metallov* [Plasma deposition of metals]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1969. 191 p.
- [9] Ryabtsev I. A. *Naplavka detaley mashin i mekhanizmov* [Deposition of machine parts and mechanisms]. Kyiv, Ekotekhnologiya Publ., 2004. 160 p.
- [10] Petrov G. L., Tumarev A. S. *Teoriya svarochnykh protsessov (s osnovami fizicheskoy khimii). Izd. 2-e, pererab.* [Theory of welding processes (with the basics of physical chemistry) 2nd edition, revised]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1977. 392 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сокращение продолжительности, повышение качества и снижение стоимости ремонта судов — основные направления совершенствования судоремонтного производства, частью которого является восстановление изношенных деталей судовой арматуры и трубопроводов, в том числе фланцевых соединений, или замена их новыми. При выполнении этих работ широко используют электродуговые способы наплавки, позволяющие восстановить геометрические размеры изношенных узлов и деталей, обеспечить требуемые эксплуатационные характеристики поверхностного слоя путём нанесения сплавов, обладающих необходимым комплексом свойств, изготовить биметаллические изделия с целью экономии дорогостоящих цветных металлов и высоколегированных сталей [4, 6, 8, 9].

Целесообразность применения различных методов наплавки при разработке конструкции биметаллических фланцевых соединений в судовых трубопроводах забортной воды определяется экономической эффективностью каждого варианта технологии. Расчёт эффективности тем более важен, что стоимость собственно процесса наплавки в 1,5–3 раза превышает стоимость электродной проволоки и прутков, которые, в свою очередь, дороже отливок и поковок, обычно используемых при изготовлении подобных

деталей. Поэтому разработка конструкции и оптимизация технологии наплавки при изготовлении и ремонте биметаллических фланцев представляет собой актуальную задачу.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ПУБЛИКАЦИЙ

Судовые трубопроводы забортной воды эксплуатируются в условиях воздействия коррозионной среды, причем их фланцевые соединения подвержены повышенной коррозии вследствие контакта разнородных материалов. Поэтому трубы изготавливают из коррозионностойкого сплава марки МНЖ 5-1, а приварные фланцы — из латуни марки Л90 [3]. Высокая стоимость латуни, а также сложная, с использованием литейного и кузнечного производств, технология изготовления фланцев, обуславливают значительные материальные затраты при изготовлении и ремонте таких трубопроводов [5].

Альтернативой латунным фланцам могут служить стальные с уплотнительной поверхностью, наплавленной коррозионностойким медным сплавом. Однако одним из негативных явлений, возникающих при наплавке меди и ее сплавов на сталь, является образование в стали под слоем меди (или ее сплавов) трещин вследствие расклинивающего действия жидкой меди, проникающей в микронадрывы по границам зерен стальной детали при одновременном действии термических напряжений растяжения [7].

При наплавке медных сплавов на низкоуглеродистые и низколегированные стали размер этих трещин и их количество невелики, поэтому для изготовления биметаллических фланцев трубопроводов забортной воды, не подверженных при эксплуатации знакопеременным нагрузкам, целесообразно применять именно такие стали в качестве основы.

Для оптимизации условий наплавки медных сплавов на сталь необходимо обеспечить минимальное проплавление стальной детали, что предопределяет выбор способа наплавки.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ — разработка конструкции биметаллических фланцев с оптимальной технологией наплавки уплотнительной поверхности и определение экономической эффективности замены латунных фланцев в судовых трубопроводах забортной воды.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

С целью снижения себестоимости биметаллических фланцев и упрощения процесса их изготовления рассмотрены два варианта конструкции фланцев (рис. 1) с наплавкой уплотнительной поверхности разными способами.

Сочетание материалов в узле фланцевого соединения представлено в табл. 1. В качестве материала для наплавки фланцев и последующей сварки с трубой рационально использовать проволоку марки МНЖКТ5 1-0,2-0,2 [1].

Для выбора оптимальной технологии изготовления биметаллических фланцев рассмотрены следующие способы наплавки уплотнительной поверхности:

- автоматическая под флюсом;
- механизированная плавящимся электродом в среде аргона;
- ручная аргоно-дуговая неплавящимся (вольфрамовым) электродом;
- плазменно-дуговая с токоведущей присадочной лентой.

Установлено [9], что необходимая прочность сцепления металла наплавки с основным металлом и статическая прочность наплавленного соединения обеспечиваются практически всеми выбранными способами наплавки, однако для дуговых способов характерно большее проплавление основного металла (от 15% до 60%) и подмешивание в наплавленный слой железа, что отрицательно влияет на его коррозионную стойкость.

Коррозионная стойкость биметаллических фланцев имеет главное значение, поэтому для ее сохранения химический состав наплавленного металла должен быть близок по химическому составу к электродному металлу, а содержание железа в наплавке не должно превышать 1,4% [4].

Для определения химического состава наплавленного слоя выполнены расчеты с использованием известной методики [10] и с учетом того, что металл

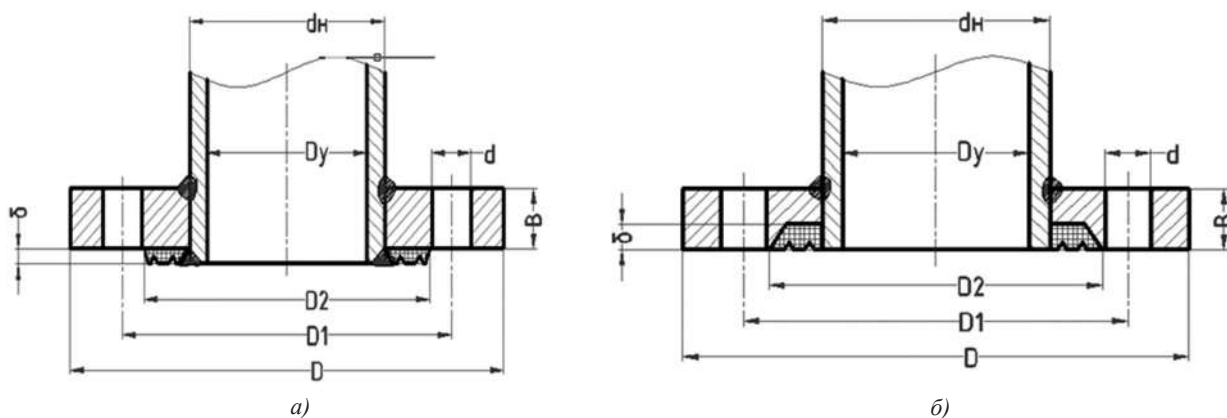


Рис. 1. Конструкции биметаллических фланцев, изготовленных путём наплавки уплотнительных колец: а) плазменной дугой с токоведущей присадочной лентой; б) ручным аргонодуговым способом неплавящимся вольфрамовым электродом

Таблица 1. Сочетание и химический состав материалов для изготовления трубопроводов с биметаллическими фланцами

Наименование детали, марка материала	Химический состав, %							
	Fe	Cu	Si	Ni	Ti	Mn	C	Zn
Трубопровод, МНЖ 5-1	1,0 – 1,4	90,6 – 93,7	0,15 – 0,30	4,5 – 5,5	–	0,30 – 0,80	–	≤ 0,5
Фланец, ВСт.Зсп	98,2 – 98,7	≤ 0,3	0,15 – 0,30	≤ 0,3	–	0,40 – 0,65	0,14 – 0,22	–
Металл наплавки, МНЖКТ 5-1-0,2-0,2	1,0 – 1,4	92,7 – 94,5	0,15 – 0,30	4,5 – 5,5	0,1 – 0,3	0,30 – 0,80	–	–

первого прохода при наплавке формируется за счёт расплавления и смешивания присадочного материала с основным.

Химический состав металла первого прохода ($X_{\text{мш1}}$) в зависимости от доли участия и коэффициента перехода химических элементов основного и электродного металлов рассчитывается по формуле [10]:

$$X_{\text{мш1}} = \Psi^1 [X_{\text{ом}}] \cdot K_y + (1 - \Psi^1) \cdot X_{\text{нм}}, \quad (1)$$

где Ψ^1 ; $(1 - \Psi^1)$ — доля основного и электродного металла; $X_{\text{мш1}}$; $X_{\text{ом}}$; $X_{\text{нм}}$ — концентрация элементов: $X_{\text{ом}}$ — в основном металле; $X_{\text{нм}}$ — в наплавленном металле; K_y — коэффициент перехода.

Для большинства элементов, входящих в состав основного металла (см. табл. 1) и обладающих незначительной химической активностью, коэффициент перехода может быть принят за единицу. Тогда

$$X_{\text{мш1}} = \Psi^1 \cdot X_{\text{ом}} + (1 - \Psi^1) \cdot X_{\text{нм}}. \quad (2)$$

При многопроходной наплавке для расчета химического состава каждого последующего прохода в качестве основного металла следует принимать предыдущий слой, т. е.:

$$X_{\text{мш2}} = \Psi^1 \cdot X_{\text{мш1}} + (1 - \Psi^1) \cdot X_{\text{нм}}. \quad (3)$$

Расчёты по формулам (2) и (3) показывают (табл. 2), что для всех рассмотренных способов наплавки характерно снижение содержания железа в каждом последующем проходе. Однако при плазменно-дуговой наплавке с токоведущей лентой нормативная коррозионная стойкость наплавленной поверхности достигается практически за два прохода, тогда как при других способах требуется от четырех до девяти проходов.

По результатам анализа данных табл. 2 для дальнейших исследований были выбраны три варианта технологии наплавки и приварки биметаллических фланцев к трубе.

Вариант 1. Использование плазменно-дуговой наплавки для создания уплотнительной поверхности

фланца с последующей приваркой фланца к трубе двусторонним швом плазменно-дуговой сваркой.

Плазменная наплавка обеспечивает минимальное проплавление основного металла, получение необходимого состава наплавленного металла при минимальном числе проходов [1], но выполнение второй операции — приварки фланца к трубе данным способом затруднительно из-за сложности доступа к сварному соединению, особенно для труб малого диаметра. Поэтому изготовление биметаллических фланцев по 1 варианту в трубомедницком производстве не целесообразно.

Вариант 2. Наплавка фланца и сварка его с трубой одним из следующих дуговых способов в среде аргона: механизированным плавящимся электродом или вручную вольфрамовым электродом.

Работы при этом выполняются в такой последовательности. Вначале одним из указанных выше дуговых способов наплавляется уплотнительная поверхность фланца, а затем он приваривается к трубе.

Для обеспечения коррозионной стойкости необходимо применять многопроходную наплавку. Предпочтительной является ручная аргоно-дуговая наплавка, так как позволяет получить необходимый химический состав наплавленного металла уже в четвёртом проходе, а при механизированной наплавке плавящимся электродом это качество достигается лишь в девятом проходе (см. табл. 2). Однако экономичность данного варианта технологии низка вследствие высокой трудоемкости ручной наплавки и большой длительности процесса механизированной наплавки.

Вариант 3. Автоматическая плазменно-дуговая наплавка в среде аргона с последующей сваркой фланца с трубой ручным аргоно-дуговым способом.

Очередность выполнения операций в этом варианте следующая. Вначале выполняется плазменная наплавка уплотнительной поверхности фланца на установке УПНС-304 (или подобной), затем фланец приваривается к трубе двусторонним швом ручным аргоно-дуговым способом.

Таблица 2. Содержание железа в наплавленном слое, %, в зависимости от способа наплавки и количества проходов

Способ наплавки	Доля участия основного металла, %	Содержание железа								Номер прохода, обеспечивающий требования ТУ (1,4% Fe)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Автоматическая под флюсом	50,0	49,95	25,68	12,84	7,11	4,26	2,83	2,11	1,76	9
Механизированная плавящимся электродом в среде аргона	40,0	40,24	16,94	7,61	3,89	2,40	1,80	1,64	1,50	9
Ручная аргонодуговая вольфрамовым электродом	10,0	9,85	2,15	1,48	0,27	–	–	–	–	4
Плазменно-дуговая с токоведущей лентой	2,0	1,50–2,00	0,07	–	–	–	–	–	–	–

Для расчетного выбора оптимального способа наплавки в качестве критерия принята минимальная сумма приведенных затрат, включающая технологическую себестоимость и затраты, связанные с капиталовложениями [2]:

$$C_{\text{нап}} = C_{\text{тех}} + C_{\text{кап}} = (C_{\text{м}} + C_{\text{эл}} + C_3) + (C_{\text{об}} + C_{\text{а}}), \quad (4)$$

где $C_{\text{м}}$ — затраты на сварочные материалы; $C_{\text{эл}}$ — затраты на технологическую электроэнергию; C_3 — затраты на заработную плату электросварщиков; $C_{\text{об}}$ — расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; $C_{\text{а}}$ — амортизационные отчисления по оборудованию.

Расчеты выполнены по исходным данным (табл. 3).

Затраты на сварочные материалы включают расходы на присадочную проволоку (электродную ленту) и защитный газ:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{пр}}(C_{\text{лен}}) + C_{\text{газ}}. \quad (5)$$

Затраты на сварочную проволоку (ленту) определяются по формуле:

$$C_{\text{пр}} = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d^2)\delta\gamma\beta\Pi_{\text{пр}}, \quad (6)$$

где γ — плотность металла; $\gamma = 8,94 \text{ г/см}^3$.

Затраты на защитный газ рассчитываются следующим образом:

$$C_{\text{газ}} = T_{\text{оп}} \cdot P_{\text{г}} \cdot \Pi_{\text{г}} \cdot K_{\text{п.х.}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{п.х.}}$ — потери газа при работе наплавочной установки на холостом ходу, $K_{\text{п.х.}} = 1,17$.

Затраты на технологическую электроэнергию при наплавке находим из:

$$C_{\text{эл}} = (S \cdot \delta \cdot \gamma) \cdot Q_{\text{напл}} \cdot \Pi_{\text{эл}} = G_{\text{н.м.}} \cdot Q_{\text{напл}} \cdot \Pi_{\text{эл}}. \quad (8)$$

Затраты на заработную плату определяются способом наплавки, величиной оперативного времени, коэффициентом основного времени и тарифной ставкой электросварщика:

$$C_3 = \frac{T_{\text{оп}} \cdot Q \cdot r}{a_{\text{м}}}, \quad (9)$$

где Q — коэффициент, учитывающей доплаты к тарифной ставке и начисления на социальное страхование, $Q = 1,27$.

Оперативное время наплавки будет равняться:

$$T_{\text{оп}} = \frac{G_{\text{н.м.}}}{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}. \quad (10)$$

Таблица 3. Исходные конструкторские, технологические и экономические данные при проектировании и изготовлении биметаллических фланцев ($D_y = 65 \text{ мм}$)

Параметры	Способы наплавки	
	Ручная аргоно-дуговая	Плазменно-дуговая
Наружный диаметр уплотнительного кольца D_2 , мм	110	
Внутренний диаметр уплотнительного кольца d_n , мм	75	
Толщина наплавленного слоя уплотнительного кольца, δ , мм	10,0	6,0
Площадь наплавленного кольца, S , см ²	50,83	50,83
Масса наплавленного металла, $G_{\text{н.м.}}$, г	454,42	272,67
Коэффициент наплавки, α_n , г/А·ч	20,0	32,3
Основное (оперативное) время наплавки, $T_{\text{оп}}$, ч	0,227	0,07
Штучно-калькуляционное время наплавки $T_{\text{ш-к}}$ при коэффициенте основного времени сварки a_m :	0,3	0,756
	0,5	0,454
	0,8	0,284
Расход присадочного материала на 1 кг наплавленного металла, β , %	104	110
Расход защитного газа (Аг), P_g , м ³ /ч	0,48	1,32
Сварочное оборудование	Пост с установкой УДГУ-301	Установка УПНС-304
Стоимость сварочного оборудования, K_o , грн.	31040	191530
Величина сварочного тока, $I_{\text{св}}$, А	100	120
Цена 1 кг присадочной проволоки или ленты, $\Pi_{\text{пр}}$, грн./кг	650	730
Цена 1 м ³ аргона, Π_g , грн.	38,7	
Цена 1 кВт·ч электроэнергии, $\Pi_{\text{эл}}$, грн.	1,5	
Расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, $Q_{\text{напл}}$, кВт·ч	5	
Часовая тарифная ставка электросварщика 4-го разряда, r , грн.	25	

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования — $C_{об}$ и затраты, вызванные капиталовложениями — C_a , на 1 фланец определены по формулам:

$$C_{об} = \frac{T_{оп} K_o A_{рем}}{\Phi_d 100}, \quad (11)$$

$$C_a = \frac{T_{оп} K_o A_o}{\Phi_d 100 b a_m}, \quad (12)$$

где Φ_d — действительный годовой фонд времени работы оборудования, $\Phi_d = 1935$ ч; K_o — стоимость оборудования, грн.; $A_{рем}$ — годовая стоимость ремонта и содержания оборудования (10% от стоимости), грн.; A_o — норма годовых амортизационных отчислений по оборудованию (15% от стоимости), грн.; b — коэффициент загрузки оборудования, $b = 0,5$.

Остальные обозначения в формулах (6–12) приведены в табл. 3.

Результаты расчётов (табл. 4) показывают, что экономически предпочтительным является вариант изготовления биметаллических фланцев с применением плазменной наплавки, что это связано, прежде всего, со снижением затрат на сварочные материалы, так как при ручной аргоно-дуговой наплавке для получения коррозионностойкой поверхности уплотнительного кольца необходимо выполнить не менее четырех проходов, а при плазменной — достаточно трех. При этом затраты на заработную плату также меньше в 3 раза, а затраты на технологическую электроэнергию — в 1,7 раза (см. табл. 4). Такие соотношения затрат и структура технологической себестоимости характерны для массового производства и использования биметаллических фланцев.

В судоремонте при единичном использовании биметаллических фланцев стоимость их изготовления резко возрастает ввиду повышения затрат на капитальные вложения из-за высокой стоимости применяемого сварочного оборудования — установки УПНС-304. Стоимость оборудования для плазменной наплавки выше в 6 раз, чем для ручной аргоно-

дуговой, а основное время наплавки меньше только в 3 раза, поэтому при изготовлении и ремонте медно-никелевых трубопроводов забортовой воды, наплавку и сварку биметаллических фланцев экономически выгодно выполнять с применением ручной аргоно-дуговой сварки, широко используемой в трубомедницком производстве.

Для возможности выполнения сборочных операций не только при изготовлении, но и при ремонте трубопроводов, конструктивные и присоединительные элементы, а также размеры биметаллических фланцев должны быть такими же, как и у латунных фланцев. Эти требования относятся к наружному диаметру — D ; количеству (n), расположению (D_1) и диаметру отверстий под сборочные болты (d); внутреннему диаметру — D_y ; толщине фланцев — B (рис. 2).

При определении экономического эффекта от применения биметаллических фланцев взамен латунных были рассмотрены два из выше приведенных способов наплавки: ручным аргоно-дуговым и плазменно-дуговым с токоведущей присадочной лентой.

Расчет экономического эффекта, обеспечивающий экономию материалов и снижение капитальных вложений от применения биметаллических фланцев взамен латунных, выполняется по формуле:

$$\Theta = Z_{л} - Z_{бм}, \quad (13)$$

где $Z_{л}$ и $Z_{бм}$ — приведенные затраты на единицу продукции (фланец), производимой по базовой и предлагаемой технологии с учетом изменения конструкции изделия соответственно.

Затраты на изготовление фланца из латуни марки Л90 рассчитываются:

$$Z_{л} = G_{лат} \cdot K_1 \cdot Ц_{л}, \quad (11)$$

где $G_{л}$ — масса латунного фланца после мехобработки, $G_{л} = 2,53$ кг; K_1 — коэффициент расхода металла литой заготовки фланца на мехобработку, $K_1 = 3,09$; $Ц_{л}$ — стоимость 1 кг литой заготовки, $Ц_{л} = 250$ грн.

Затраты на изготовление биметаллического фланца $Z_{бм}$ приведены в табл. 5.

Таблица 4. Расчет стоимости изготовления одного биметаллического фланца ($d_y = 65$ мм) при разных способах наплавки, грн.

Технологическая себестоимость			Капитальные вложения			Трудо-емкость наплавки уплотнительного кольца ($a_m = 0,5$), Т, н-ч	Стоимость заготовки стального фланца после механической обработки $C_{зап}$	Стоимость изготовления биметаллического фланца $C_{бм}$
Затраты на сварочные материалы, C_m	Затраты на заработную плату сварщиков, C_3	Затраты на электроэнергию, $C_{эл}$	Затраты на амортизационные отчисления по оборудованию, C_a	Затраты на ремонт и обслуживание оборудования, $C_{рем}$				
Ручная аргоно-дуговая наплавка								
307,19	4,93	13,96	3,99	2,40	0,72	0,454	220	553,19
Плазменная наплавка с токоведущей лентой								
218,93	2,51	4,31	2,39	5,58	1,38	0,14	220	455,1

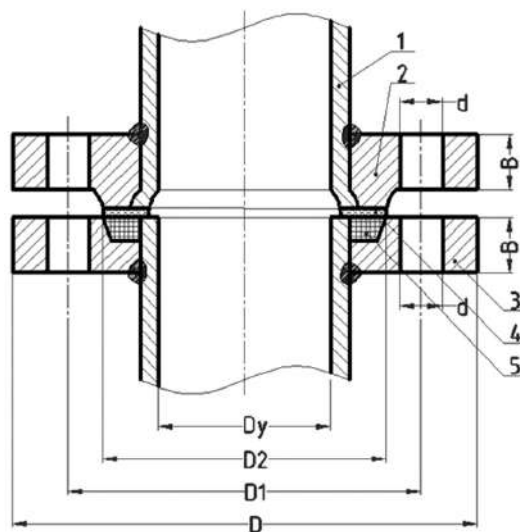


Рис. 2. Монтаж латунного фланца с биметаллическим при ремонте трубопроводов:
 1 — Медно–никелевая труба (МНЖ 5–1); 2 — латунный фланец (Л90); 3 — стальной фланец (ВСт. 3сп); 4 — наплавленный металл (МНЖКТ 5–1–0,2–0,2); 5 — сборочная уплотнительная прокладка

Таблица 5. Экономические показатели замены литого латунного фланца биметаллическим

Вариант технологии изготовления	Показатели, грн.		
	Стоимость изготовления		Экономический эффект от замены латунного фланца биметаллическим
	Латунный фланец	Биметаллический фланец	
Из литой заготовки путем мехобработки	1955,0	–	–
С применением ручной аргоно-дуговой наплавки	–	553,19	1401,81
С применением плазменной наплавки	–	455,1	1499,9

Из табл. 5 следует, что замена латунного фланца биметаллическим является экономически оправданной, так как обеспечивает снижение расходов в 1,3 – 1,4 раза в зависимости от способа наплавки, причем больший экономический эффект достигается в случае применения ручной аргоно-дуговой наплавки при ремонтных работах на трубопроводах забортной воды.

ВЫВОДЫ. 1. Разработанная конструкция и технология изготовления биметаллических фланцев с наплавкой уплотнительного кольца проволокой МНЖКТ 5-1-0,2-0,2 плазменной дугой с токоведущей присадочной лентой или ручным аргонодуговым способом неплавящимся вольфрамовым электродом являются экономически оправданной заменой латунных фланцев, изготавливаемых из литой заготовки.

2. При изготовлении биметаллических фланцев основная часть общих затрат приходится на сварочные материалы, поэтому критерием выбора оптимального способа наплавки должно служить достижение необходимого химического состава наплавленного слоя при минимальном количестве проходов.

3. Для изготовления и монтажа биметаллических фланцев на трубопроводах забортной воды рекомендуется:

- в условиях массового производства фланцев наплавку уплотнительного кольца выполнять автоматом плазменной дугой в аргоне, а последующую приварку фланца к трубе — ручным аргоно-дуговым способом;
- в условиях единичного производства фланцев и при выполнении ремонтных работ для наплавки и сварки фланцев с трубой применять ручную аргоно-дуговую сварку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] **Абрамович, В. Р.** Справочник по сварке и пайке судовых трубопроводов [Текст] / В. Р. Абрамович, В. Н. Тимофеев. — Л. : Судостроение. — 1982. — 112 с.

- [2] **Гитлевич, А. Д.** Методика ориентировочного расчёта удельных показателей себестоимости электрической сварки плавлением [Текст] / А. Д. Гитлевич // Сварочное производство, 1979. — № 9. — С. 32–33.
- [3] ГОСТ 16038-80. Сварка дуговая. Соединения сварные трубопроводов из меди и медно–никелевого сплава. Основные типы, конструктивные элементы [Текст] / ИПК, Издательство стандартов. — 1999. Введен 01.07.1981. — 23 с.
- [4] **Гуревич, С. М.** Справочник по сварке цветных металлов [Текст] / С. М. Гуревич. — К. : Наукова думка. — 1981. — 608 с.
- [5] **Кравцов, Т. Г.** Восстановление деталей при ремонте судов [Текст] / Т. Г. Кравцов. — М. : Транспорт. — 1981. — 120 с.
- [6] **Несветаев, Ю. А.** Экономичные способы сварки в судоремонте [Текст] / Ю. А. Несветаев, В. Н. Шерстюк. — М. : Транспорт. — 1969. — 200 с.
- [7] Основы сварки судовых конструкций: Учебник [Текст] / С. Б. Андреев, В. С. Головченко, В. Д. Горбач, В. Л. Руссо. Под общ. ред. В. Л. Руссо. — СПб. : Судостроение. — 2006. — 552 с.
- [8] Плазменная наплавка металлов [Текст] / А. Е. Вайнерман, М. Х. Шоршоров, В. Д. Веселков, В. С. Новосадов. — Л. : Машиностроение. — 1969. — 191 с.
- [9] **Рябцев, И. А.** Наплавка деталей машин и механизмов [Текст] / И. А. Рябцев. — К. : Экотехнология. — 2004. — 160 с.
- [10] **Петров, Г. Л.** Теория сварочных процессов (с основами физической химии). Изд. 2-е, перераб. [Текст] / Г. Л. Петров, А. С. Тумарев. — М. : Высшая школа. — 1977. — 392 с.

© В. Я. Сагань, С. В. Драган

Надійшла до редколегії 03.03.2016

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
канд. техн. наук, проф. *Ю. М. Король*