

УДК 629.5.002: 621.721

Драган С. В., Лабарткава А. В., Сагань В. Я.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА СВАРКИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ С ФЛАНЦАМИ

Судовые трубопроводы предназначены для транспортировки жидкости и газообразных сред, а также для обеспечения жизнедеятельности команды судна. В зависимости от условий работы и назначения трубопроводов трубные узлы выполняют с применением как тавровых, так и стыковых соединений. Наиболее ответственными являются паропроводы, транспортирующие пар высокого давления и температуры, поэтому соединения таких трубопроводов выполняют с применением фланцев, привариваемых встык. Типоразмеры труб, применяемые в судостроении, позволяют выполнять сварку только с наружной стороны, то есть односторонним способом. Непровары, шлаковые включения и другие технологические дефекты сварки в указанных швах не допускаются, так как они служат концентраторами напряжений, и при наличии изгибающих нагрузок, характерных для работы паропроводов, способствуют возникновению и развитию трещин в процессе эксплуатации.

В зависимости от назначения трубного узла стыковое соединение с V-образной разделкой кромок может выполняться по разным технологическим вариантам: с подкладным остающимся кольцом, удаляемым кольцом, либо без него [1].

Анализ разработок, направленных на повышение экономичности сварки труб, позволяет рекомендовать следующие возможные решения при выборе технологии [2, 3, 4]:

- использование в качестве защитной среды смеси газов на основе аргона;
- применение порошковой проволоки;
- применение комбинированного способа сварки (ручная аргонодуговая при выполнении корня шва и механизированная или автоматическая – при заполнении фаски).

Принятие окончательного решения о выборе варианта технологии при ее многовариантности должно основываться на учете большого количества критериев оптимальности.

Цель данной работы – расчетное определение оптимального варианта сварки стальных судовых труб с фланцами с использованием автоматизированной системы оптимизации технологических процессов (АСОТП).

Данная система предполагает расчет некоторой обобщенной целевой функции, учитывающей влияние всех выбранных критериев оптимизации. Обязательным при этом является совпадение целей оптимизации – минимизация как обобщенной функции, так и составляющих ее основных и дополнительных целевых функций [5].

Условие оптимизации обобщенной целевой функции W_i , характеризующей i -й вариант технологического процесса сварки стыкового соединения труб с фланцем, можно представить как:

$$W_i = \sum_{j=1}^m A_j \cdot E_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

где A_j – коэффициенты значимости основных (локальных) и дополнительных (сублокальных) функций;

E_j – нормированные (приведенные) значения указанных функций.

Определение оптимального варианта технологии производится на основе автоматизированного расчета значения функции W_i [5]. Алгоритм решения задачи содержит следующие этапы.

1. Составление перечня вариантов технологического процесса сварки стыкового соединения трубы с фланцем (табл. 1). При этом, как исходные данные для последующих расчетов, вносятся сведения о конструктивных элементах сварного соединения, параметры режима сварки, технологические характеристики сварочных материалов, перечень необходимого оборудования и рабочих профессий для реализации технологического процесса.

Таблица 1

Технологические варианты сварки труб с фланцами

№ варианта	Перечень операций технологического процесса
1	1. Механизированная сварка проволокой сплошного сечения (Св-08Г2С) в среде CO_2 на стальной подкладке. 2. Удаление подкладки на фланцепроточном станке ФП-450. 3. Удаление остатков подкладки пневмотурбинкой.
2	1. Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в смеси газов ($Ar + CO_2$) на стальной подкладке. 2. Повторение операций 2 и 3 по варианту 1.
3	1. Механизированная сварка порошковой проволокой (Megafil-713R) на стальной подкладке. 2. Повторение операций 2 и 3 по варианту 1.
4	1. Ручная аргодуговая сварка корня шва без присадочной проволоки (пролудка) с поддувом аргона. 2. Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде CO_2 второго и последующих швов при заполнении разделки
5	1. Ручная аргодуговая сварка корня шва без присадочной проволоки с поддувом аргона. 2. Ручная аргодуговая сварка с присадочной проволокой Св-08Г2С второго и последующих швов.

2. Выбор показателей оптимальности – основных и дополнительных целевых функций.

В качестве основных (локальных) функций выбраны: технологическая себестоимость ($C_{тех. i}$) сварки (с учетом всех необходимых операций) стыкового соединения трубы сечением 102×6 мм и трудоемкость процесса ($T_{общ}$), включающая затраты на изготовление и удаление подкладки, зачистку остатков подкладки.

Дополнительными локальными целевыми функциями служили число рабочих профессий ($N_{раб. i}$) по видам работ, участвующих в выполнении техпроцесса, численность технологического оборудования ($N_{об. i}$); число технологических операций ($N_{оп. i}$) при выполнении сварки по i -му варианту и уровень механизации технологических операций ($N_{мех. i}$).

3. Расчет значений локальных целевых функций для всех выбранных вариантов технологического процесса сварки.

При расчете используются соответствующие исходные данные и учитываются фактические показатели организации производства (коэффициент основного времени – a_0 и коэффициент загрузки оборудования – κ_3).

4. Определение коэффициентов значимости каждой локальной функции методом экспертных оценок с обработкой данных по методике [6].

5. Переход от абсолютного значения каждой локальной функции к приведенному (нормированному) значению, например:

$$n_{\text{раб.}i} = \frac{N_{\text{раб.}i}}{N_{\text{раб.}i \text{ max}}} \cdot A_j, \quad (2)$$

где $n_{\text{раб.}i}$ – нормированное значение функции (число рабочих профессий i -го варианта технологии);

$N_{\text{раб.}i}$ – абсолютное значение функции;

$N_{\text{раб.}i \text{ max}}$ – максимальное (наибольшее) значение данной функции;

A_j – коэффициент значимости данной локальной функции.

6. Расчет значения обобщенной целевой функции W_i по формуле (1) для каждого варианта технологии и ранжирование вариантов.

Варианту с наименьшим значением функции W_i автоматически присваивается первый ранг, и он признается оптимальным при заданных значениях коэффициентов a_0 и κ_3 .

С целью сокращения затрат времени на расчет разработана программа определения оптимального варианта технологии.

По результатам расчетов (табл. 2) из рассмотренных вариантов технологического процесса наименьшее значение обобщенной целевой функции W_i имеет вариант 5, так как:

$$W_5 = 0,45 \cdot 0,500 + 0,25 \cdot 0,416 + 0,06 \cdot 0,028 + 0,09 \cdot 0,045 + 0,09 \cdot 0,500 + 0,06 \cdot 1,000 = 0,502.$$

Данный вариант технологии, которому присвоен первый ранг, обеспечивает требуемое качество соединения с формированием обратной стороны шва при относительно невысоких значениях трудоемкости ($T_{\text{общ.}} = 0,208$ н-ч) и технологической себестоимости ($C_{\text{тех.}} = 7,85$ грн).

Таблица 2

Расчет обобщенной целевой функции и ранжирование технологических вариантов сварки стыкового соединения трубы с фланцем

Наименование целевой функции (основной или дополнительной)	Значение функции	Коэффициент значимости функции	Вариант техпроцесса согласно табл. 1				
			на удаляемой подкладке			на весу с поддувом аргона	
			1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
Технологическая себестоимость сварки $C_{\text{тех.}}$	абсолютное, грн	0,45	12,18	11,48	15,63	7,50	7,85
	нормированное		0,351	0,328	0,450	0,220	0,225
Трудоемкость работ $T_{\text{общ.}}$	абсолютное, н-ч	0,25	0,500	0,450	0,393	0,204	0,208
	нормированное		0,250	0,230	0,196	0,102	0,104
Число рабочих профессий $N_{\text{раб.}}$	абсолютное	0,06	1,6	1,7	1,5	1,2	0,8
	нормированное		0,056	0,060	0,053	0,043	0,028

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Число единиц технологического оборудования $N_{об.}$	абсолютное	0,09	2,0	2,0	2,0	1,3	0,9
	нормированное		0,090	0,090	0,090	0,059	0,040
Число технологических операций $N_{оп.}$	абсолютное	0,09	2,0	2,0	2,0	1,4	1,0
	нормированное		0,090	0,090	0,090	0,063	0,045
Уровень механизации процесса $N_{мех.}$	абсолютное	0,06	0,2	0,2	0,2	0,5	1,0
	нормированное		0,012	0,012	0,012	0,030	0,060
Значение обобщенной целевой функции W_i			0,849	0,810	0,891	0,517	0,502
Ранг варианта технологического процесса			4	3	5	2	1

Автоматизированный расчет на ПЭВМ значений обобщенных целевых функций и определение оптимального варианта сварки стыковых соединений труб с фланцами способствует сокращению времени на технологическую подготовку сварочного производства на судостроительных и судоремонтных предприятиях. При изменении какого-либо технического, экономического или организационного фактора производства (объема работ, финансово-экономического состояния предприятия, его оперативных задач, стоимости сварочных материалов, оборудования, тарифных ставок по оплате труда и т. п.) ранги вариантов сварки автоматически пересчитываются.

ВЫВОДЫ

Использование АСОТП для расчета показателей технологического процесса сварки стыкового соединения стальных труб с фланцем позволяет инженеру-технологу оперативно определять необходимое число электросварщиков нужной квалификации, потребности в сварочных материалах и оборудовании, оценивать трудоемкость и технологическую себестоимость любого из приемлемых вариантов технологии.

Из рассмотренных вариантов технологии оптимальным является вариант ручной аргонодуговой сварки, при котором корневого шов выполняется с поддувом аргоном без присадки, а заполнение разделки – с присадочной проволокой марки Св-08Г2С.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулов Б. А. Автоматическая сварка корневых швов в поворотных трубных стыках [Текст] / Б. А. Меркулов. – М. : НИИинформтяжмаш. – 1972. – № 10-72-28. – С. 36.
2. Алимов А. Н. Механизированная сварка порошковой проволокой – пути повышения эффективности изготовления сварных конструкций [Текст] / А. Н. Алимов // Сварщик. – 2002. – № 5. – С. 42–45.
3. Римский С. Т. Преимущество механизированной сварки конструкционных сталей в смесях защитных газов на основе аргона [Текст] / С. Т. Римский, В. И. Галинич, И. Я. Филинюк // Сварщик. – 2001. – № 5. – С. 6–7.
4. Тераи К. Современное состояние односторонней автоматической сварки. [Текст] / К. Тераи, М. Арикава. – Л. : Судостроение, 1974. – 136 с.
5. Бункин В. А. Решение задач оптимизации в управлении машиностроительным производством [Текст] / В. А. Бункин, Б. Я. Курицкий, Ю. А. Сокурено. – Л. : Машиностроение, 1976. – 232 с.
6. Рыхальский М. А. Разработка комплексного показателя оптимизации технологии сборки и сварки судовых корпусных конструкций [Текст] / М. А. Рыхальский // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2007. – № 3 (414). – С. 68–77.

Статья поступила в редакцию 22.08.2012 г.