

МАШИНОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК 621.791.754

П.Л. Жилин¹, Б.П. Конищев¹, В. Осипов², П.А. Латаев³

ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ 12Х18Н10Т

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева¹,
ФГУП «ФНПЦ им Ю.Е. Седакова»²,
ОАО ПКО «Теплообменник»³

В данной статье рассмотрены проблемы автоматизации основных и вспомогательных сварочных операций в условиях серийного производства. Произведена оценка существующего уровня технологии сварки изделий из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Особое внимание уделено сведению количества дефектов к минимуму или полному их исключению. Для этого использована модернизация сварочной установки с целью одновременного выполнения двух сварочных швов, а также выполнен подбор оптимальных скоростей сварки для двух одновременно протекающих технологических процессов. Опытным путем получены математические модели оптимальных скоростей сварки, которые в совокупности объединены в одну систему. Осуществлен поиск оптимальных решений полученной системы уравнений с наложением последующих ограничений. С помощью использования графического метода найдена оптимальная скорость сварки и получены соответствующие ей значения тока и напряжения. В итоге, по результатам проверки на герметичность уровень брака значительно ниже при лучшем внешнем виде сварного шва, меньшем разбрызгивании и экономии производственных ресурсов.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, автоматическая сварка, нержавеющая сталь, одновременная сварка двух швов, оптимизация скорости сварки, увеличение качества шва, снижение уровня брака, экономия ресурсов.

Введение

Технологии не стоят на месте. В полной мере это касается и проведения сварочных работ. Совершенствуются имеющиеся методы сварки, разрабатываются новые способы, расширяется перечень свариваемых материалов. В связи с широким применением сварки в атомной, энергетической, судостроительной, химической промышленности, где крайне важно получение сварных соединений высочайшего качества, значительное внимание в последние годы уделяется автоматизации основных и вспомогательных сварочных операций.

Управление сварочными процессами посредством автоматизированных систем упрощает их выполнение, снижает влияние субъективных факторов, таких как уровень квалификации рабочего, его утомляемость и т.д., увеличивает показатели выхода готовой продукции. С учетом того, что от качества сварных соединений зависит эксплуатационная надежность сварных конструкций, автоматизация сварочных работ приобретает особое значение. При наличии труднодоступных участков сварки, предъявлении высоких требований при приемке готовых изделий (например в ходе изготовления мостовых конструкций), необходимости серийного производства сварной продукции автоматизация сварочных процессов становится тем более актуальной.

Автоматизация сварки направлена на получение сварных соединений со строго

регламентированными характеристиками. Благодаря высокой точности управления и контроля за выполнением сварных швов количество дефектов сводится к минимуму или полностью исключается. В итоге предприятие выигрывает на экономии производственных материалов (например, при сварке черного металлопроката – сортовой или фасонный прокат, сварочная проволока, технические газы и т.д.), энергетических, временных, трудовых ресурсов и повышении производительности труда. Автоматизация сварочного производства также позволяет освободить сотрудников от выполнения рутинных операций или работ, связанных с вредными или опасными для здоровья условиями труда.

Следует понимать, что автоматизация сварочных процессов может быть эффективна только при условии подготовки максимально соответствующих производственному заданию заготовок и их точной предварительной сборки, т.е. механизации и автоматизации заготовительных и сборочных работ. Без соблюдения указанного условия высока вероятность передачи на сварочный участок деталей с отклонениями от чертежей, которые будут существенными при потоковой сварочной обработке. Превышение кромок, наличие зазубрин, неточные линии стыков способны свести на нет все усилия по оптимизации работы сварочного участка.

В зависимости от поставленных целей автоматизация сварочного производства может быть реализована в различных масштабах. В одном случае достаточно решения простейших задач, таких как автоматизированное перемещение источника нагрева, изменение силы сварочного тока при контактной сварке, подача присадочного материала при сварке плавлением и т.д. В таком случае можно ограничиться применением полуавтоматов для дуговой сварки с автоматизированным режимом горения дуги, сварочных автоматов, в которых автоматизировано также и перемещение сварочной головки вдоль стыка, или иного оборудования, оснащенного программным управлением, отвечающего требованиям производства. В другом случае автоматизация сварки подразумевает внедрение адаптивного программного управления всей последовательностью операций сварочного цикла: от перемещения сварочного инструмента до изменения режимов сварки. С помощью различных электромеханических, магнитных, фотоэлектрических датчиков, видеосенсоров и др. устройств система контролирует текущее состояние процесса, при наличии отклонений или возмущений принимает решение о необходимости корректировки заданной программы и осуществляет принятое решение.

Автоматизация сварки считается в настоящее время приоритетным направлением оптимизации производства, осуществляющего выпуск сварных конструкций, так как позволяет существенно повысить эффективность предприятия.

Основой разработки и оптимизации существующих технологических процессов является эксперимент. Заметное повышение эффективности экспериментальных исследований и инженерных разработок достигается использованием математических методов планирования экспериментов. Использование математико-статистических методов при постановке задач, в процессе экспериментирования и при обработке полученных данных существенно сокращает сроки решения, снижает затраты на исследования и повышает качество полученных результатов.

В данной работе представлены результаты исследований по оптимизации скорости сварки цилиндрического кожуха.

Кожух является защитной оболочкой нагревательного прибора, который работает в жидкой агрессивной среде в условиях температурных перепадов и вибраций. Конструктивно кожух состоит из тонкостенной трубы 48x1,5 длиной 830 мм, фланца и доньшка. Материалом изделия является нержавеющей сталь марки 12Х18Н10Т.

Как правило, при изготовлении таких конструкций применяют сварку в среде защитных газов, которая позволяет сравнительно просто механизировать и автоматизировать процесс соединения металлов, находит в последние годы широкое и все возрастающее применение во всех промышленно развитых странах мира. [2]

Для сварки кожуха с фланцем и доньшком применяется установка автоматической

сварки в среде защитных газов на базе стандартной установки ТТ–132Б научно-производственного предприятия «Технотрон».

Установка предназначена для качественной одновременной сварки тонкостенной трубы, доньшка и фланца с целью повышения производительности сварочных работ.

Использовали следующие виды сварки:

- для сварки доньшка с кожухом – аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;
- для сварки фланца с кожухом – аргонодуговая сварка плавящимся электродом.

Математическая модель

Задача состояла в том, чтобы получить оптимальную скорость сварки для двух одновременно протекающих технологических процесса. Для нахождения оптимальной скорости использовали полный факторный эксперимент 2^2 с равномерным дублированием опытов, после чего нашли математическую модель для каждого метода сварки, которые в совокупности объединены в одну систему [3].

Для факторов по результатам предварительного эксперимента и теоретическим положениям была принята следующая область существования:

1. Неплавящийся электрод:

$$140 < I_{св} < 240 \text{ (А)};$$

$$18 < U_{д} < 22 \text{ (В)}.$$

2. Плавящийся электрод:

$$260 < I_{св} < 275 \text{ (А)};$$

$$27 < U_{д} < 30 \text{ (В)}.$$

Таким образом, после реализации полного факторного эксперимента 2^2 получены следующие математические модели:

$$V_{НЭ} = -105,48 + 0,2332I_{св} + 3,24U_{д}, \quad (1)$$

$$V_{ПЭ} = 9,2318 + 0,083I_{св} + 0,83U_{д}. \quad (2)$$

Нахождение оптимальной скорости графическим методом

Осуществлен поиск оптимальных решений системы двух уравнений (математических моделей процессов), полученных на основе математического планирования с наложением последующих ограничений. Рассматривались две математические модели для оптимизации скорости сварки (1) и (2). Ограничения на параметры представлены в табл. 1, а ограничения на факторы – в табл. 2.

Таблица 1

Ограничения на расчетные значения параметров оптимизации

Параметр оптимизации, см/мин	Ограничения по минимуму	Ограничения по максимуму
$V_{НЭ}$	36,01	47,71
$V_{ПЭ}$	42,74	55,97

Таблица 2

Ограничения факторов

Фактор		Ограничения по минимуму	Ограничения по максимуму
НЭ	$I_{св}$, А	140	240
	$U_{д}$, В	18	22
ПЭ	$I_{св}$, А	260	275
	$U_{д}$, В	27	30

Из ограничений на расчетные параметры оптимизации можно сделать вывод, что оптимальная скорость будет находиться в следующих пределах:

$$42,74 < V_{\text{опт}} < 47,71.$$

Для упрощенных моделей построим графики зависимостей скорости $V_{\text{св}}$ от сварочного тока $I_{\text{св}}$ и графики зависимостей скорости $V_{\text{св}}$ от напряжения на дуге $U_{\text{д}}$ (рис. 1 и рис. 2). Данные для построения графиков приведены в табл. 3 и табл. 4.

Таблица 3

Данные для построения графика $V_{\text{св}}=f(U_{\text{д}})_{\text{нэ}}$ и $V_{\text{св}}=f(I_{\text{св}})_{\text{нэ}}$

НЭ в Ar		
$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{св}}$, см/мин
240	22	47,71
220	21,2	45,37
200	20,4	43,03
180	19,6	40,69
160	18,8	38,35
140	18	36,01

Таблица 4

Данные для построения графика $V_{\text{св}}=f(U_{\text{д}})_{\text{пэ}}$ и $V_{\text{св}}=f(I_{\text{св}})_{\text{пэ}}$

ПЭ в Ar		
$I_{\text{св}}$, А	$U_{\text{д}}$, В	$V_{\text{св}}$, см/мин
275	30	55,97
272	29,4	53,324
269	28,8	50,678
266	28,2	48,032
263	27,6	45,386
260	27	42,74

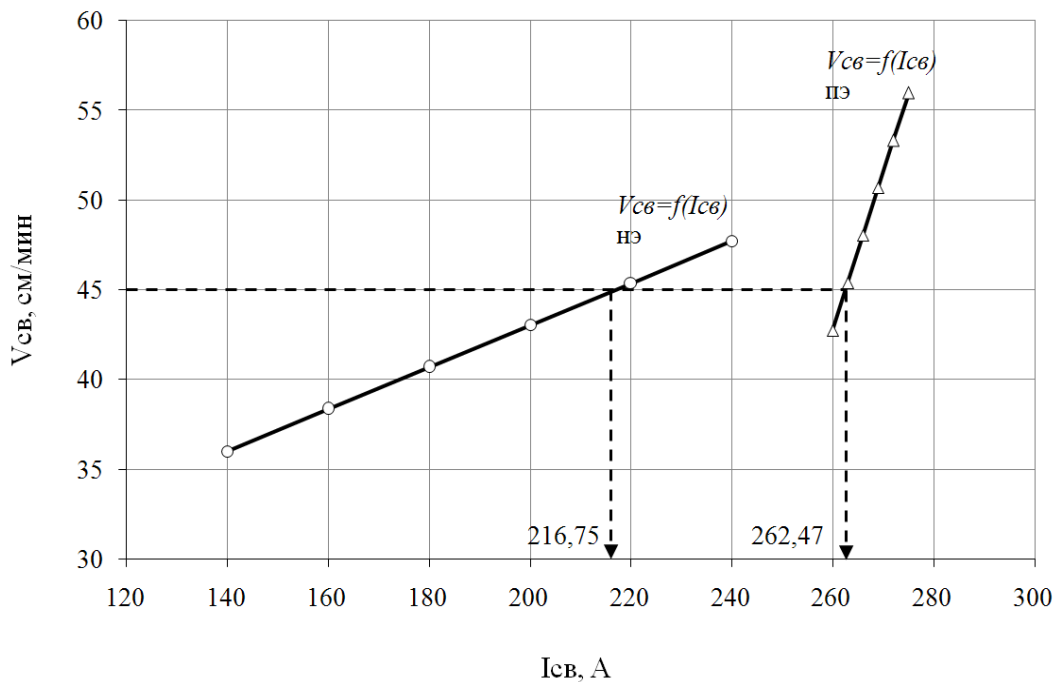


Рис. 1. Зависимости $V_{\text{св}}=f(I_{\text{св}})_{\text{нэ}}$ и $V_{\text{св}}=f(I_{\text{св}})_{\text{пэ}}$

По графикам, на которых изображены зависимости $V_{св}=f(I_{св})_{пэ,нэ}$ и $V_{св}=f(U_{д})_{пэ,нэ}$, определим оптимальные режимы для скоростей от 42 см/мин до 48 см/мин – диапазона оптимальных скоростей для сварки плавящимся и неплавящимся электродом. На графиках показан пример определения режимов для $V_{опт} = 45$ см/мин, для других скоростей будем определять так же, с помощью пересекающихся линий.

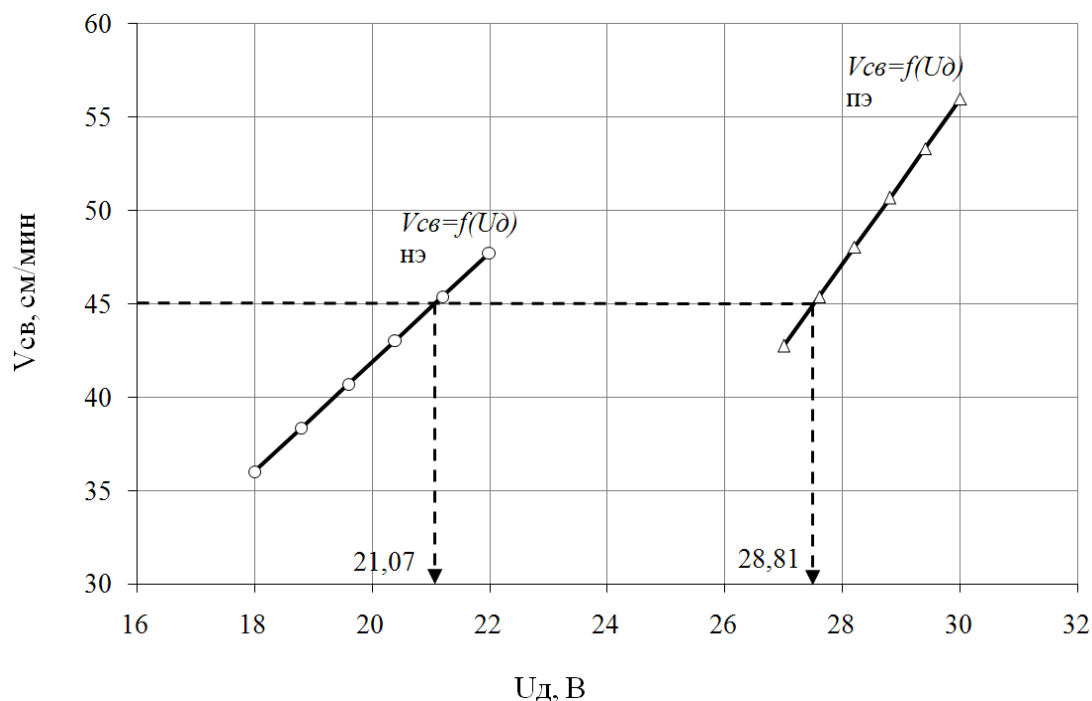


Рис. 2. Зависимости $V_{св}=f(U_{д})_{пэ}$ и $V_{св}=f(U_{д})_{нэ}$

Полученная область оптимальных режимов для сварки неплавящимся электродом приведена в табл. 5, плавящимся электродом в табл.6.

Таблица 5

Область оптимальных режимов сварки неплавящимся электродом

V , см/мин	43	44	45	46	47
$I_{св}$, А	199,65	208,2	216,75	225,29	233,84
$U_{д}$, В	20,38	20,73	21,07	21,41	21,75

Таблица 6

Область оптимальных режимов сварки плавящимся электродом

V , см/мин	43	44	45	46	47
$I_{св}$, А	260,2	261,33	262,47	263,6	264,73
$U_{д}$, В	28,34	28,58	28,81	29,05	29,29

Исходя из того, что при $V_{опт}=45$ см/мин мы получили более оптимальные формы и размеры шва относительно других скоростей, входящих в диапазон, будем использовать для сварки кожуха с фланцем и кожуха с доньшком данную скорость.

В результате графического решения получены следующие значения тока и напряжения сварки для $V_{опт} = 45$ см/мин:

- для сварки неплавящимся электродом $I_{св}=216,75$ А; $U_{д}=21,07$ В;
- для сварки плавящимся электродом $I_{св}=262,47$ А; $U_{д}=28,81$ В.

Выводы

В итоге проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Произведена оценка существующего уровня технологии сварки кожуха с фланцем из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т.
2. В соответствии с техническими требованиями проработана возможность одновременной сварки двух швов.
3. Предложена модернизация сварочной установки с целью выполнения одновременной сварки кожуха с фланцем и доньшком.
4. Анализ полученных результатов по сварке опытной партии образцов показывает, что сварка плавящимся электродом в среде Аг позволяет обеспечить по результатам проверки на герметичность уровень брака значительно ниже при лучшем внешнем виде сварного шва и меньшем разбрызгивании.
5. На основе опытных данных получены математические модели для расчета скорости сварки двух швов. По уравнениям нашли соответствующие режимы, при которых скорости сварки будут одинаковыми, для возможности сварки двух швов одновременно.
6. Подобран оптимальный режим для синхронной сварки:
 - для сварки кожуха с доньшком: сила тока $I_{св}=217$ А, время сварки $t_{св}=21$ с, $U_{д}=21$ В, $V_{св}=45$ см/мин;
 - для сварки кожуха с фланцем: сила тока $I_{св}=262$ А, время сварки $t_{св}=21$ с, $U_{д}=29$ В, $V_{св}=45$ см/мин;

Библиографический список

1. Сидорина, И.И. Основы материаловедения / И.И. Сидорина. – М.: Машиностроение, 1976. – 436 с.
2. Новожилов, Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах / Н.М. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1979. – 239 с.
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976.

Дата поступления
в редакцию 15.10.2013

P.L. Zhilin¹, B.P. Konishchev¹, I.V. Osipov², P.A. Lataev³

OPTIMIZE THE SPEED OF TIG WELDING CYLINDRICAL PARTS STAINLESS STEEL 12X18H10T

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.Y. Alekseev¹,
FSUE FNPC n.a. Y.E. Sedakova²,
JSC PDC TEPLOOBMENNİK³

Purpose: Upgrade welding machine for the simultaneous execution of two welds, as well as perform a selection of the best welding speeds for the two simultaneously occurring processes.

Design/methodology/approach: To find the optimum speed using full factorial 2² with a uniform duplication of experiments, and then find a mathematical model for each welding method, which together are combined into one system.

Findings: Empirically derived mathematical models of optimum welding speeds, which together are combined into one system. Used to search for optimal solutions of the resulting system of equations, with the imposition of further restrictions. Through the use of the graphical method found the optimal welding speed and obtained its corresponding values of current and voltage.

Research limitations/implications: In the end, the results of the leak test the level of marriage is much lower with the best appearance of the weld seam, less spatter and cost of inputs.

Originality/value: Welding automation is now considered a priority optimization of production, carrying out production of welded structures, as can significantly improve the efficiency of the

Key words: argon arc welding, automatic welding, stainless steel, simultaneous welding of two joints, the optimization of the welding speed, increasing the quality of the weld, defects reduction, saving resources.