

тельствую, что при проектировании сварных конструкций необходимо учитывать не только статические механические характеристики, но и циклическую прочность, а также дефектность соединения.

Литература.

1. V.N. Kuskov. Peculiarities of fatigue failure of pipe steels of different strength classes (pipes with welds)/ V.N. Kuskov, I.M. Kovenskiy, K.V. Kuskov // Energy production and management in the 21st century. 2014. Vol. 2. Pp. 889-894.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ-МОДИФИКАТОРОВ В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ

*М.А. Кузнецов**, *С.А. Баранникова***, *д. ф-м. н., профессор*, *Е.А. Зернин**, *к.т.н., доцент*

**Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8(38451)5-09-06

***Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования*

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: kuznechik_85@mail.ru

При традиционных методах постановки эксперимента предусматривалось фиксирование на принятых уровнях всех переменных факторов, кроме одного, значения, которого определенным образом изменяли в заданном диапазоне его варьирования (однофакторный эксперимент); это требовало постановки очень большого числа опытов, многие из которых впоследствии оказывались ненужными, так как выполнялись в далекой от оптимальной области. При этом считалось, что математические методы следует использовать только на последней стадии исследования при математической обработке их результатов [1].

При многофакторном оптимальном планировании экспериментов математические методы используются на всех стадиях научного исследования, в том числе при постановке задачи и построении плана выполнения совокупности экспериментов [2].

Одним из достоинств математического планирования многофакторных экспериментов является достаточно четкое последовательное распределение выполняемых операций [2].

Задача данного исследования – разработка методики по определению оптимальной концентрации наноструктурированных порошков в защитном газе при сварке плавящимся электродом в среде аргона.

Введение нанопорошков в сварочную ванну осуществлялось через устройство [3]. Устройство предназначено для получения смеси Ar с нанопорошком. Оно осуществляет регулирование концентрации частиц нанопорошков в объеме защитного газа, подающегося в зону горения дуги. В устройстве смесь образуется за счет инжектирования нанопорошка защитным газом.

Оптимизация концентрации наноструктурированных порошков в защитном газе была проведена по следующим параметрам:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1. Толщина дендрита | s (мм) |
| 2. Ширина дендрита | e (мм) |
| 3. Объем капли электродного металла | v (мм ³) |

До начала оптимизации концентрации наноструктурированных порошков в защитном газе было установлено влияние параметров режима сварки плавящимся электродом в среде аргона на микроструктуру наплавленного металла. Результаты исследований показали, что минимальный размер зерен наблюдается при силе тока $I_{CB}=240-260$ А и напряжении дуги $U_D=28-30$ В (рис. 1).

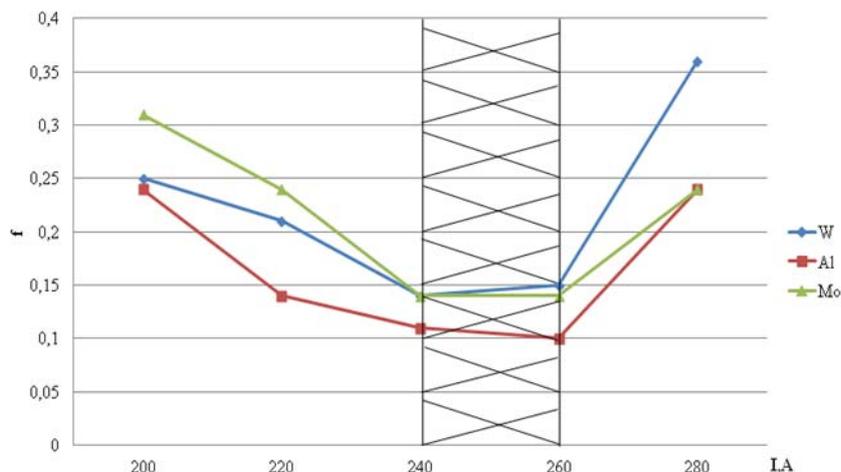


Рис. 1. Оптимальные режимы сварки

Собственно на этих режимах были проведены исследования по выбору оптимальной концентрации наноструктурированных порошков в защитном газе.

Каждому наноструктурированному порошку присваиваем обозначение:

1. Концентрация наноструктурированных порошков (вольфрам) X
2. Концентрация наноструктурированных порошков (оксид алюминия) Y
3. Концентрация наноструктурированных порошков(молибден) Z

Предварительно были проведены эксперименты, по которым были определены границы изменения концентрации X, Y, Z , а также шаг изменения (результаты приведены в таблице 1). Концентрация приведена в миллиграммах на один метр сварного шва.

Таблица 1

Границы изменения содержания компонентов

Границы изменения компонентов	Шаг изменения параметров
$5 < X < 40$	$\Delta X = 5$
$5 < Y < 40$	$\Delta Y = 5$
$5 < Z < 40$	$\Delta Z = 5$

При планировании исследований была использована идея факторного планирования [4, 5, 6]. Главным условием факторного планирования является обеспечение ортогональности используемого «латинского (магического) квадрата» (факторный эксперимент) [7, 8].

В итоге, по концентрации X, Y, Z были рассмотрены восемь значений. Варианты факторов обозначили индексами 1, 2, 3, ... ($X_1, X_2 \dots X_8; Y_1, Y_2 \dots Y_8; Z_1, Z_2 \dots Z_8$). Варьирование факторов приведено в таблице 2.

Таблица 2

Варьирование факторов.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8

Далее были проведены эксперименты по влиянию концентрации наноструктурированных порошков-модификаторов на размер дендрита и объем капли электродного металла.

Для нахождения оптимальной концентрации наноструктурированных порошков в защитном газе определяли безразмерную функцию f из выражения:

$$f = s_{\delta} \cdot e_{\delta} v, \quad (1)$$

где s_i – безразмерная величина толщины дендрита; e_i – безразмерная величина ширины дендрита; v_i – безразмерная величина объема капли электродного металла.

Безразмерная величина для толщины дендрита находится из выражения:

$$s\bar{b} = \frac{s_i}{s_c}, \quad (2)$$

где s_i – действительное значение толщины дендрита при i -ом эксперименте; s_c – системное значение толщины дендрита (принимается для сварки без наноструктурированных порошков 1,5 мм).

Безразмерная величина для ширины дендрита:

$$e\bar{b} = \frac{e_i}{e_c}, \quad (3)$$

где e_i – действительное значение ширины дендрита при i -ом эксперименте; e_c – системное значение ширины дендрита (принимается для сварки без наноструктурированных порошков 21 мм).

Безразмерная величина для объема капли электродного металла:

$$v\bar{b} = \frac{v_i}{v_c}, \quad (4)$$

где v_i – действительное значение объема капли электродного металла при i -ом эксперименте; v_c – системное значение объема капли электродного металла (принимается для сварки без наноструктурированных порошков 3 мм³).

Для обеспечения качественного сварного соединения при сварке параметры s и e должны стремиться к минимуму. Стабильный процесс сварки обуславливается переходом капель электродного металла с торца сварочной проволоки в сварочную ванну, следовательно, параметр v также должен стремиться к минимуму.

Следовательно, оптимальная концентрация наноструктурированных порошков в защитном газе будет такой при, которой безразмерная функция (f) будет иметь минимальное значение (рис.2):

$$f = s\bar{b} \cdot e\bar{b} \cdot v\bar{b} \rightarrow \min \quad (5)$$

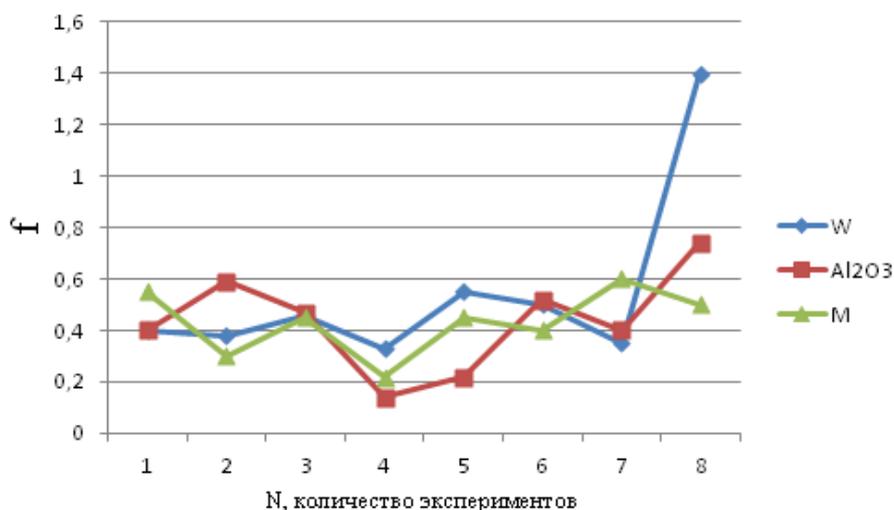


Рис. 2. Определение оптимальной концентрации наноструктурированных порошков-модификаторов в защитном газе: N – номер эксперимента

Выводы

На основе проведенного многофакторного эксперимента по влиянию различной концентрации наноструктурированных порошков-модификаторов в защитном газе на качество сварных соединений, была получена оптимальная концентрация X_4 , Y_4 и Z_4 . Минимальное значение безразмерной функции f было получено при $N=4$ (рис.2).

В итоге получили концентрацию наноструктурированных порошков-модификаторов в защитном газе (в граммах на один метр сварного шва):

Оптимальная концентрация различных наноструктурированных порошков-модификаторов в защитном газе 20.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ (Российский фонд фундаментальных исследований) в рамках проекта «Исследование строения, морфологии и дисперсности металла, наплавленного сваркой, в присутствии наноструктурированных модификаторов», проект № 14-38-50297-мол_нр.

Литература.

1. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 7т. Том 1. Математическое моделирование и информационные технологии, модели сварочной дуги и формирования шва. / Б.М. Березовский // – Челябинск: Из-во. ЮУрГУ, 2002. – 85 с.
2. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Детерминированно-статистическая модель формы шва // Сварка и Диагностика. - 2011 - №. 6 - С. 31-35.
3. Кузнецов М.А., Журавков С.П., Зернин Е.А., Колмогоров Д.Е., Яворовский Н.А. Влияние наноструктурированных порошков-модификаторов на структуру сварного шва // Известия вузов. Физика. - 2013 - Т. 56 - №. 7/2. - С. 260-264.
4. Статистические методы в инженерных исследованиях. / Под ред. Г.К. Круга. М.: Высш. шк., 1983. 216 с.
5. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
6. Налимов В.В. Статистические методы описания химических и металлургических процессов. М.: Металлургиздат, 1962. 61 с.
7. Федько В.Т., Слистин А.П. Разработка состава покрытия для защиты поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла. // Сварочное производство. 1998. № 6. С.40 – 42.
8. Федько В.Т., Слистин А.П. Оптимизация конструкции отсекаателя в системе подачи в зону сварки. // Сварочное производство. 1997. № 5. С. 26–28.

МЕТАЛЛУРГИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАНА

А. Серикбол студент, руководитель: доцент, к.т.н. Валуев Д.В.

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: aikosha94s@mail.ru; valuevden@rambler.ru*

Во многих бывших республиках металлургическая промышленность является важной экономической отраслью. Не исключение и республика Казахстан.

В последние годы металлургическая промышленность в Казахстане стала одной из ведущих отраслей, после нефтедобывающей, которой уделяется особое внимание правительства. Сегодня это государство состоит в числе мировых лидеров по металлургии. Казахстанские предприятия обеспечивают металлургической продукцией, как собственный рынок, так и экспортируют разные цветные металлы в другие страны.

Металлургическая промышленность в Казахстане развивалась не за один год, сегодняшнему экономическому благополучию отрасли предшествовала многолетняя работа. Большой вклад в развитие металлургии в Казахстане принесли металлурги страны. Металлург – это человек, который работает в отрасли производства металла из горных пород или металлолома. Эти специалисты – представители важнейшей профессии в экономике государства.

Кабидолла Зулкашевич Саркенов – казахский ученый, металлург, профессор, доктор технических наук (2005), член-корреспондент Национальной инженерной Академии Республики Казахстан (2004). Лауреат Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники (2003). В 1966 окончил Карагандинский политехнический институт, в 1968 – завод ВТУЗ при Карагандинском металлургическом комбинате. В 1968 – 1974 обучался в аспирантуре при химико-металлургическом институте Академии наук Казахской ССР. В 1960 – 1968 работал чугуновником, горновым доменного цеха Карагандинского металлургического комбината. В 1974 – 1978 – газовщиком, затем производственным мастером доменного цеха города Темиртау. В 1978 – 1985 – заместитель секретаря парткома Карагандинского металлургического комбината, секретарь райкома Компартии Казахстана, горкома города Темиртау. В 1985 – 1988 работал председателем горисполкома Темиртау. С конца 2007 на пенсии. В 2008 продолжил работу главным научным сотрудником химико-металлургического института имени Д. Абишева. Автор более 38 научных трудов и одного изобретения в области черной металлургии. Награды: орден «Знак Почёта», орден «Курмет» (2000), орден