

# АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ЕЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

В.А. Медюшко, О.Н. Разорёнов, В.И. Криворотов, Ю.В. Медюшко

Химический состав сварочной проволоки играет важнейшую роль в получении заданного химического состава наплавленного металла шва, обладающего необходимыми механическими свойствами, значения которых определяют уровень требований к показателям прочности сварного соединения с учетом прочности основного металла. Поэтому стабильность химического состава является одним из важнейших показателей качества сварочной проволоки.

Кроме того, при полуавтоматической сварке в газозащитной среде, благодаря комплексу сварочно-технологических свойств, проволока должна обеспечивать стабильное горение дуги, минимальное разбрызгивание электродного металла и требуемое формирование металла шва. При этом весьма важно иметь надежный поверхностный электрический контакт между проволокой и токоподводящими элементами сварочной горелки, который определяется толщиной и качеством медного покрытия, степенью отклонения от поля допусков по диаметру (овальностью), стабильностью диаметра и равномерностью механических свойств по длине проволоки, а также другими показателями.

Особые требования к перечисленным выше показателям качества сварочной проволоки для полуавтоматической сварки должны быть предъявлены при производстве сварных металлоконструкций ответственного назначения. По мнению наших потребителей, сравнительные данные по показателям качества импортных и отечественных сварочных проволок, в настоящее время, к сожалению, далеко не всегда в пользу отечественных производителей сварочной проволоки.

Качество сварочной проволоки как конечного продукта «закладывается» еще в самом начале металлургического передела – при выплавке слитков для получения катанки (заготовки для последующего волочения проволоки). И далее обеспечивается на всех операциях технологического процесса производства сварочной проволоки: горячая прокатка катанки – предварительное волочение катанки на проволоку – термическая обработка – окончательное волочение проволоки, как правило, совмещенное с нанесением поверхностного медного покрытия – перематка проволоки (рядная или не рядная) на кассеты или каркасы. При этом должен быть документально предписан и фактически осуществлен пооперационный контроль качества полуфабриката со стороны служб, сертифицированных на соответствующий

уровень общеизвестными и признанными международными надзорными обществами и организациями. Однако следует также обратить внимание на существование и ряда сложностей другого порядка в решении проблем повышения качества отечественной сварочной проволоки.

Прежде всего, необходимо учитывать, что нормативно-техническая документация мирового и европейского уровня предъявляет повышенные требования к качеству сварочной проволоки по сравнению с ГОСТ 2246 «Проволока стальная сварочная. Технические условия». В частности, по таким важным показателям качества, которые определяются механическими свойствами – отсутствию «спиральности» и наличию требуемой «жесткости» сварочной проволоки. Подающие механизмы сварочных полуавтоматов (в том числе и четырехроликковых) не способны обеспечивать равномерную подачу проволоки, не обладающей заданным комплексом физико-механических свойств. Такая проволока выходит из токосъемного мундштука горелки «рывками» и с изгибом в виде спирали. Это практически исключает получение заданных геометрических размеров сварного шва даже при сварке в нижнем положении.

Вместе с тем, многолетний опыт работы на рынке сварочных материалов свидетельствует о том, что далеко не все зарубежные производители способны обеспечить высокое качество производимой проволоки. В этом смысле можно поделить положительным опытом многолетнего сотрудничества с венгерским заводом «Weld-Team» – производителем проволоки W-10, IS10 и других марок.

Стабильность химического состава наиболее известной проволоки W-10 для полуавтоматической сварки в газах оценивали по результатам анализа данных статистической обработки заводских (сдаточных) сертификатов качества по основным элементам за период выпуска проволоки заводом «Weld-Team» в 2004-2006 годах. Обработаны данные 158 (объем выборки) заводских сертификатов, в которых указано количество содержания в проволоке углерода, марганца, кремния, серы и фосфора по результатам химического анализа каждой плавки, из металла которой изготовлена конкретная партия сварочной проволоки.

Обработку массива данных по каждому из указанных выше элементов выполняли с использованием компьютерной программы Excel. Получены значения статистических показателей стабильности «плавочного» химического состава по содержанию в проволоке основных легирующих элемен-

тов, определяющих уровень ее сварочно-технологических свойств и механических характеристик металла шва.

Основные формулы для расчетов:

Среднее статистическое:

$$S = 1/n * \sum \Xi m_i \quad (1)$$

$$\text{Дисперсия: } D = \sum (S_i - S) * \eta_i \quad (2)$$

Среднее квадратичное отклонение:

$$A = \sqrt{D} \quad (3)$$

В формулах (1-3):

$\Xi_i$  – текущее значение содержания соответствующих элементов, %;

$n = 158$  – объем выборки;

$m_i$  – количество значений по каждому элементу отдельно;

$\eta_i$  – удельная частота значений по каждому элементу.

Результаты расчетов представлены в таблице 1.

Выбираем область рассеяния равную двум стандартам кривой распределения, чтобы вероятность появления всех результатов по каждому из элементов составляла более 95 %, а именно,  $A * 2$  [1-3]. Это дает основание с вероятностью более 95 % утверждать, что содержание основных элементов в проволоке W-10 составляет:

углерод:  $0,074 \pm 0,01$  (0,064–0,084);

марганец:  $1,435 \pm 0,092$  (1,343–1,527);

кремний:  $0,855 \pm 0,044$  (0,415–0,899);

сера:  $0,0113 \pm 0,0044$  (0,0069–0,0157);

фосфор:  $0,011 \pm 0,004$  (0,007–0,015).

В дальнейших расчетах принимаем практические установленные средние значения коэффициента перехода элементов из проволоки в шов (таблица 2).

Ожидаемую прочность металла шва рассчитываем по известным формулам в соответствии со средней величиной содержания основных легирующих элементов в шве:

**при сварке в  $CO_2$ :**

$$\begin{aligned} &\text{- временное сопротивление } \sigma_{\text{в.ш.}} = 48 + 500C + \\ &252Mn + 175Si = 48 + 500 * 0,074 + 252 * 1,435 * 0,85 \\ &+ 175 * 0,855 * 0,69 = 48 + 37 + 307,4 + 103,2 = \\ &495,6 \text{ МПа;} \end{aligned}$$

**при сварке в M21:**

$$\begin{aligned} &\text{- временное сопротивление } \sigma_{\text{в.ш.}} = 48 + 500C + \\ &252Mn + 175Si = 48 + 500 * 0,074 + 252 * 1,435 * \\ &0,94 + 175 * 0,855 * 0,77 = 48 + 37 + 339,9 + 97,2 = \\ &540,1 \text{ МПа;} \end{aligned}$$

Полученные расчетные характеристики механических свойств соответствуют данным, указанным в сдаточных сертификатах на продукцию и являются вполне обоснованными, учитывая высо-

Наименование	C	Mn	Si	S	P
Среднее статистическое, $S = 1/n * \sum \Delta m_i$	0,074	1,435	0,855	0,01135	0,11
Среднее квадратичное отклонение, $A = \sqrt{D}$	0,005	0,046	0,022	0,0022	0,002

Коэффициент перехода элементов при полуавтоматической сварке:			
в CO <sub>2</sub> - 100 % (C1)		в смеси M21 (20 % CO <sub>2</sub> + 80 % Ar)	
по марганцу	по кремнию	по марганцу	по кремнию
0,85	0,69	0,94	0,77

кую надежность (более 95 %) данных по химическому составу проволоки и металла шва.

В результате выполненного статистического анализа показателей качества и фактического приемочного контроля качества продукции следует, что проволока W-10 отличается весьма узким диапазоном разброса по химическому составу. Высокая надежность соблюдения постоянства химического состава (с вероятностью более 95 %) обеспечивается строгим соблюдением технологии изготовления и регламентированными процедурами приемки и контроля. Постоянство химического состава «от плавки к плавке» является предопределяющим в обеспечении высокого качества проволоки W-10. Это практически исключает химическую макронеоднородность, а также наличие дефектов в готовой проволоке и заготовке, образованию которых способствуют ликвационные явления и процессы [4,5].

Постоянство химического состава способствует получению равновесной сорбитизированной структуры в горячекатаной заготовке (катанке) для последующего волочения проволоки. Это весьма необходимо для создания максимального ресурса пластичности заготовки перед волочением [6]. Заготовку с «сорбитизированной» [4,5] равновесной металлографической структурой можно под-

вергать волочению с требуемыми степенями частной и суммарной деформации, обеспечивающими минимальное количество термических обработок (отжигов) для снятия деформационного упрочнения. Проволока, волочение которой выполняли по рациональному маршруту, обладает высокой точностью геометрических размеров (по наружному диаметру и отсутствию «овальности»), а также высоким качеством медного покрытия (по толщине медного слоя, силе сцепления, блеску и т.д.). Перемотка такой проволоки не вызывает особых проблем, проволока наматывается на кассеты или каркасы с «рядной» намоткой.

Кроме того, реализация схемы деформации, основанная на максимальном использовании ресурса пластичности проволоки при волочении, позволит получать этот продукт с регламентируемой степенью «наклепа» что исключит образование «спиральности» проволоки при перемотке и при последующем использовании при сварке.

Вполне понятно, что в объеме данной публикации не представляется возможным даже кратко перечислить все технологические параметры изготовления сварочной проволоки, в значительной мере, определяющие качественные показатели ее сварочно-технологических свойств. Поэтому, в настоящей статье представляется целесообраз-

ным ограничиться представлением результатов статистической оценки постоянства химического состава проволоки, выполненной нами по данным заводских сдаточных сертификатов на готовую продукцию. Результаты анализа остальных, подлежащих статистической обработке данных, будут освещены в последующих публикациях.

Полученные результаты достаточно убедительно показывают, что стабильность «плавочного» химического состава проволоки является гарантией высокого уровня ее сварочно-технологических свойств.

Литература:

1. А.С. Каплан. Стандартизация качественной стали. М. «Металлургия» 1972, стр. 391.
2. Э.А. Гейвандов, Д.О. Кузнецов, А.М. Фаткина. Классификация свойств сталей и сплавов, М., 1975, стр. 52.
3. Стандартизация металлических материалов и изделий металлургического производства. Под ред. Бойцова В.В., Издательство стандартов. 1973, стр. 328.
4. Ю.М. Лахтин. Металловедение и термическая обработка металлов, М. «Металлургия», 1977, стр. 407.
5. Технологические основы обеспечения качества машин. Под общей редакцией акад. АН СССР К.С. Колесникова, М. «Машиностроение», 1990, стр. 254.
6. И.Л. Перлин. Теория волочения, М. «Металлургия», 1957, стр. 424.

#### Компания «Сварка-Трейд»

Россия, 198095, г. Санкт-Петербург,  
 ул. Швецова, дом 23.  
 Тел./факс: +7 (812) 337-29-97  
 (многоканальный)  
 e-mail: svarka-trade@mail.ru  
[www.svarka-trade.ru](http://www.svarka-trade.ru)

