

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СВАРОЧНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ

А.В. Пустовгар, асп.

Методики расчета сварочной порошковой проволоки (ПП), широко применяющиеся в сварочном производстве для сварки и наплавки изделий определенного химического состава, неоднозначны, а иногда и противоречивы.

Наиболее полно методика расчета ПП представлена в работах [1,2], однако в них не учитывается химический состав балластного компонента и оболочки. Кроме того, отсутствует возможность расчета ПП для ленты конкретного размера, поскольку количество балластного компонента определяется не расчетным путем, а подбором, что вносит существенную погрешность в расчет.

В работе [3] приведена методика более точного расчета коэффициента заполнения ПП для любого числа химических элементов с использованием математических методов теории матриц. Для решения задачи кинематического расчета ПП в работе [4] приводится использование аппарата приближенных методов решения на ЭВМ, что обеспечивает высокую точность вычисления. Недостатком этих работ, как и двух предыдущих, является то, что в них не учитывается степень заполнения шихтой деформированной желобком ленты, а это приводит к ошибочному расчету коэффициента заполнения ПП.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразной разработка методики расчета ПП, свободной от указанных недостатков. Предлагается следующий порядок расчета.

1 Выбирается химический состав наплавленного металла. С учетом коэффициентов перехода отдельных элементов при данном способе наплавки и доли участия основного металла определяется химический состав ПП.

2 Определяется требуемое количество вводимых компонентов P_i , г (на 100г проволоки):

$$P_i = \frac{a_j}{b_{ij}} \cdot 100, \quad (1)$$

где a_j - требуемое количество j -го элемента проволоки, %;

b_{ij} - содержание j -го элемента в i -м компоненте, %.

3 Определяется сумма весов компонентов SP:

$$SP = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2)$$

где n - количество компонентов.

4 Определяется сумма объемов компонентов SV, см³:

$$SV = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{\gamma_i}, \quad (3)$$

где γ_i - насыпной вес компонента соответствующей грануляции, г/см³.

Насыпной вес компонента определяется экспериментально в каждом отдельном случае после просушки в соответствии с известными методиками.

5 Определяется количество балластного компонента P_6 (как правило, это железный порошок):

$$P_{\sigma} = \frac{100 - SP - SV \cdot f}{1 + \frac{f}{\gamma_{\sigma}}}, \quad (4)$$

где γ_{σ} - насыпной вес балластного компонента;

$$f = \frac{8 \cdot \delta \cdot \gamma_{л}}{\left(1 - \frac{2 \cdot \pi \cdot \delta}{L}\right) \cdot \left[(1 + 2 \cdot k) \cdot \frac{L}{\pi} - 2 \cdot \delta\right]}; \quad (5)$$

$\gamma_{л}$ - удельный вес оболочки (для стальной ленты $\gamma_{л} = 7,8 \text{ г/см}^3$);

L и δ - ширина и толщина ленты соответственно, мм;

$k = 0,3 - 0,6$ - коэффициент, учитывающий степень заполнения шихты.

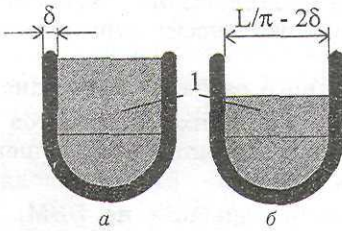


Рисунок 1 - Поперечное сечение деформированной желобком ленты после заполнения шихтой: а) $k=1$; б) $k=0,5$

На рисунке 1 представлено поперечное сечение деформированной желобком ленты после заполнения шихтой. Высоту прямоугольника 1 определяет коэффициент k . Точное значение коэффициента k определяется экспериментальным путем. Для этого изготавливается ПП с шихтой, состоящей из любого компонента с насыпным весом $\gamma_{\text{экс}}$. Тогда коэффициент k

определяется из формулы

$$k = \frac{4 \cdot \gamma_{л} \cdot K_{\text{з}}^{\Phi} \cdot \delta}{\gamma_{\text{экс}} \cdot \left(100 - K_{\text{з}}^{\Phi}\right) \cdot \left(\frac{L}{\pi} - 2 \cdot \delta\right)} - \frac{\pi}{2 \cdot L} \cdot \left(\frac{L}{\pi} - 2 \cdot \delta\right), \quad (6)$$

где $K_{\text{з}}^{\Phi}$ - фактическое значение коэффициента заполнения, %;

$$K_{\text{з}}^{\Phi} = \frac{P_{\text{экс}}}{P_{\text{ПП}}} \cdot 100; \quad (7)$$

$P_{\text{экс}}$ - масса шихты; $P_{\text{ПП}}$ - масса ПП.

Если по формуле (4) P_{σ} окажется меньше нуля, необходимо использовать коэффициенты с большим содержанием варьируемых химических элементов, увеличить коэффициент k или изменить параметры ленты: увеличить ширину или уменьшить толщину.

6 Определяется масса ленты $P_{л}$, расходуемой на 100 г проволоки:

$$P_{л} = 100 - SP - P_{\sigma}. \quad (8)$$

7 Определяется количество сопутствующих элементов C_{ij} , вносимых компонентами, балластным компонентом и лентой:

$$C_{ij} = \frac{P_i \cdot b_{ij}}{100}. \quad (9)$$

8 Определяется суммарное количество j -го элемента S_j , содержащегося в компонентах, балластном компоненте и ленте:

$$S_j = \sum_{i=1}^{n+P_{\sigma}+P_{л}} C_{ij}. \quad (10)$$

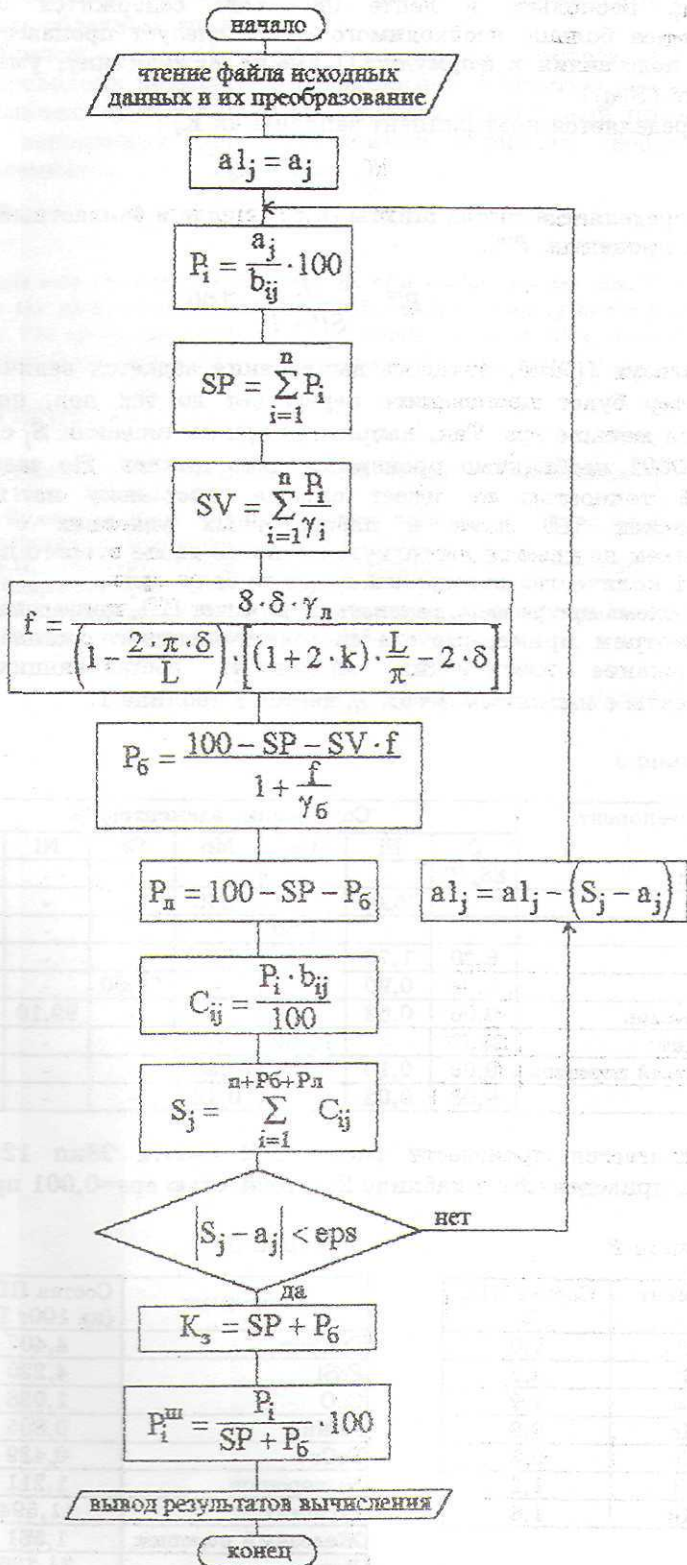


Рисунок 2 - Блок-схема программы

В том случае, если содержание какого-либо элемента S_j (например, углерода, поскольку в ленте 08кп его содержится около 0,08%) оказывается больше необходимого a_j , то следует произвести повторный расчет, подставляя в формулу (1) вместо a_j величину, уменьшенную на значение $(S_j a_j)$.

9 Определяется коэффициент заполнения K_3 :

$$K_3 = SP + P_6. \quad (11)$$

10 Определяется состав шихты (в том числе и балластный компонент) в весовых процентах P_i^w :

$$P_i^w = \frac{P_i}{SP + P_6} \cdot 100. \quad (12)$$

Используя ПЭВМ, точность вычисления задается величиной ϵ_{ps} , т.е. компьютер будет производить перерасчет до тех пор, пока $|S_j a_j|$ не окажется меньше ϵ_{ps} . Так, например, при вычислении S_j с точностью до $\epsilon_{ps}=0,00001$ необходимо произвести пять циклов. Но задаваться такой высокой точностью не имеет смысла, поскольку на практике при изготовлении ПП даже в лабораторных условиях с современным оснащением не удастся достигнуть точности выше второго порядка. И для $\epsilon_{ps}=0,01$ количество повторений будет не более трех.

Блок-схема программы, реализующая расчет ПП, приведена на рисунке 2.

Рассмотрим пример расчета многокомпонентного состава ПП.

Содержание химических элементов, составляющих выбранные компоненты с насыпным весом γ_i , дается в таблице 1.

Таблица 1

Компонент	Содержание элементов, %							γ_i г/см ³
	C	Si	Ca	Mn	Cr	Ni	Mg	
Графит	88,70	-	-	-	-	-	-	0,77
FeSi	-	75,00	-	0,40	-	-	-	1,20
CaO	-	-	54,00	-	-	-	-	0,71
FeMn	6,20	1,78	-	70,00	-	-	-	2,79
FeCr	0,04	0,90	-	-	70,00	-	-	3,78
Ni порошок	0,06	0,03	-	-	-	99,10	-	3,10
Доломит	25,70	-	11,60	-	-	-	13,80	0,90
Железный порошок	0,03	0,10	-	0,35	-	-	-	2,60
Лента	0,08	0,02	-	0,42	-	-	-	7,80

Предлагается произвести расчет ПП (лента 08кп 12×0,3 мм) для состава, приведенного в таблице 2, с точностью $\epsilon_{ps}=0,001$ при $k=0,5$.

Таблица 2

Элемент	Состав ПП, %
C	7,0
Si	3,2
Ca	1,9
Mn	0,9
Cr	0,3
Ni	1,2
Mg	1,6

Таблица 3

Компонент	Состав ПП, г (на 100г ПП)	Состав шихты, %
Графит	4,407	17,437
FeSi	4,220	16,696
CaO	1,028	4,067
FeMn	0,805	3,186
FeCr	0,429	1,696
Ni порошок	1,211	4,791
Доломит	11,594	45,873
Железный порошок	1,581	6,253
Лента	74,725	-

Расчет состава на 100г ПП и состав шихты представлены в таблице 3. Коэффициент заполнения составляет $K_3=25,275\%$. Правильность расчета легко проверить обратным счетом.

Таким образом, разработанная методика расчета сварочной порошковой проволоки позволяет с необходимой точностью рассчитать по заданному химическому составу состав шихты порошковой проволоки и коэффициент заполнения при независимой вариации любого числа химических элементов.

SUMMARY

The article deals with the methods of calculation of a welding powder wire. These methods allow to calculate the furnace composition of a powder wire according to the predetermined chemical structure. The completion coefficient of any number of the chemical elements under an independent variation is also calculated with the necessary accuracy.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочева Г.Н., Разиков М.И. Методика расчета порошковой проволоки // Сварочное производство, 1968.- №8.- С.34-37.
2. Кочева Г.Н., Кулишенко Б.А. Методика расчета порошковой проволоки с внутренней защитой // Сварочное производство, 1980.- №6.- С.16.
3. Перегудин Б.П. Кинематический расчет коэффициента заполнения порошковой проволоки // Сварочное производство, 1980.- №6.- С.13-15.
4. Калашников Е.А., Перегудин Б.П. Расчет коэффициента заполнения порошковой проволоки // Сварочное производство, 1996.- №4.- С.17-20.

Поступила в редколлегию 28 декабря 1999 г.