

УДК 621.791

В.М. Белоконь, канд. техн. наук, доц., М.О. Поморцева**УЧЕТ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ПРИ СВАРКЕ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ
УГЛОВЫХ ШВОВ**

Предложен метод определения глубины проплавления основного металла при сварке угловых швов с целью повышения производительности и снижения расхода сварочной проволоки.

При производстве сварных конструкций широко применяются угловые швы, образуемые гранями соединяемых элементов. Размер угловых связующих угловых швов назначается исходя из толщины металла. Рабочие угловые швы (фланговые, лобовые, тавровые) выбираются согласно расчету. При этом следует учитывать, что фланговые и тавровые швы работают на срез. Лобовые одиночные швы под действием продольного усилия находятся в более сложном напряженном состоянии. Усилие круто перетекает через шов с одного соединяемого элемента на другой, линии силового потока резко искривляются и поэтому в шве одновременно возникают напряжения от осевой силы, изгиба и среза. При наличии двух лобовых швов соединения внахлестку, в основном, работают на срез.

Разрушение швов во всех случаях происходит по поверхности, проходящей примерно по биссектрисе шва, имея высоту, равную катету шва, умноженного на коэффициент, равный: при ручной сварке – 0,7; полуавтоматической сварке – 0,8; автоматической однопроходной сварке – 1,0. Применяемые в расчетах приведенные значения коэффициентов являются усредненными и частично определяют глубину проплавления основного металла. Действительное значение глубины проплавления определяется режимом сварки и изменяется в значительных пределах.

Точный расчет прочности углового шва требует знания конкретных режимов сварки. Режимы сварки могут быть приняты на основе табличных или графических данных, полученных опытным путем [1], или рассчитанных по формулам.

Режимы сварки в защитных газах определяем по следующим формулам:

- сварочный ток:

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} i, \quad (1)$$

где d – диаметр электрода, мм; i – плотность тока, А/мм²;

- напряжения на дуге:

$$U_{CB} = 20 + \frac{50 \cdot 10^3}{d^{0,5}} \cdot I_{CB} \pm 1; \quad (2)$$

- скорость сварки V_{CB} , см/с:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{\gamma \cdot F_H \cdot 3600}, \quad (3)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/(А·ч); γ – плотность металла, г/см³; F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см².

Площадь наплавленного металла для угловых швов:

$$F_H = \frac{k^2}{2} \cdot a, \quad (4)$$

где k – катет шва, мм; a – коэффициент, учитывающий форму шва (для выпуклых швов $a = 1,2$; для вогнутых $a = 0,9$; прямоугольных $a = 1,0$).

По известным режимам сварки определяется:

- погонная энергия q_n , кал/см [2]:

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_{CB} \cdot \eta_H}{V_{CB}}, \quad (5)$$

где η_H – эффективный КПД процесса нагрева, при сварке в защитных газах $\eta_H = 0,7...0,95$.

Для случая сварки в углекислом газе проволокой диаметром 1,4 мм η_H может быть принят согласно данным табл. 1.

Табл. 1. Эффективный КПД процесса нагрева

Сварочный ток, А	Эффективный КПД в процентах при напряжении на дуге		
	25 В	30 В	35 В
200	78	72	72
250	81	81	75
300	83	88	78
350	86	91	80
400	88	94	82

По значению величины погонной энергии представляется возможность определить глубину проплавления:

$$h = 0,0165 \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi}}, \quad (6)$$

где ψ – коэффициент формы провара.

Коэффициент формы провара зависит от режимов сварки:

$$\psi = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d \cdot U_{CB}}{I_{CB}}, \quad (7)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода и полярности тока.

Величина коэффициента K' при плотности тока $i < 120$ А/мм² и сварке постоянным током обратной полярности равна:

$$K' = 0,367 \cdot i^{0,1925}.$$

При $i \geq 120$ А/мм² величина коэффициента остается постоянной, а при сварке в защитных газах на обратной полярности $K' = 0,92$.

После объединения формул (3)...(5), (7) получим:

$$h = 0,343 \cdot k \cdot \sqrt{\frac{V_{CB} \cdot \gamma \cdot a \cdot \eta_H}{\alpha_H \cdot \psi}}. \quad (8)$$

Для решения уравнения (8) необходимо знание ряда величин. Коэффициент наплавки определяется экспериментально или рассчитывается по формуле

$$\alpha_H = \alpha_P \cdot (1 - K_{II}),$$

где α_P - коэффициент расплавления, г/(А·ч); K_{II} - коэффициент потерь.

При известной скорости подачи проволоки и сварочном токе:

$$\alpha_P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \gamma \cdot V_{под},$$

где $V_{под}$ - скорость подачи сварочной проволоки по экспериментальным данным, см/ч.

Коэффициент потерь электродного металла для случая сварки в защитном газе:

$$K_{II} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot i - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot i^2.$$

Рассчитанные значения коэффициента расплавления, коэффициента потерь и коэффициента наплавки для сварки проволокой Св08Г2С диаметром 1,4 мм при оптимальном напряжении дуги приведены в табл. 2.

Табл. 2. Значения коэффициентов

Сварной ток $I_{св}$, А	200	250	300	350	400
Скорость подачи сварочной проволоки $V_{под}$, см/ч	25 000	40 000	50 000	65 000	80 000
Коэффициент расплавления α_P , г/(А·ч)	15,7	19,2	20,0	22,3	24,0
Коэффициент потерь K_{II} , %	10,6	12,1	12,6	12,1	10,8
Коэффициент наплавки α_H , г/(А·ч)	13,5	16,9	17,5	19,6	21,7

Аналогично возможны расчеты для других диаметров проволоки и режимов сварки.

Приведенная формула (8) позволяет определить действительный катет шва K_0 :

$$K_0 = 1,14 \cdot K_1 - 1,4 \cdot h, \quad (9)$$

где K_1 - катет шва из условия высоты плоскости разрушения.

Результаты анализа позволяют рекомендовать размеры угловых швов с учетом глубины проплавления. Рекомендуемые катеты швов приведены в табл. 3.

Табл. 3. Рекомендуемые катеты швов для различной глубины проплавления металла

Глубина плавления, мм	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Рекомендуемый катет шва, мм	3,0	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0

Данные табл. 3 позволяют при выполнении углового шва сваркой в углекислом газе проволоками сплошного сечения, вследствие большой глубины проплавления основного металла, применить меньшие катеты угловых швов. Последнее позволяет увеличить производительность сварки и сэкономить расход электродной проволоки до 20...30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Потапьевский, А. Г.** Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. - М. : Машиностроение, 1974. - 240 с.
2. **Акулов, А. И.** Технология и оборудование сварки плавлением / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. - М. : Машиностроение, 1977. – 432 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 20.11.2005

V.M. Belokon, M.O. Pomorceva
The accounting of depth flux at welding
in carbon dioxide of angular seams
Belarusian-Russian University

Propose the method of the real accounting depth of flux of the basic metal at welding angular seams with for rise performance and reduction of the expense of a welding wire.