

MAG.1.0. – ПОДСИСТЕМА САПР ДЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМА СВАРКИ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Рассматриваются вопросы использования и основные характеристики подсистемы САПР MAG 1.0 для расчета режима сварки в углекислом газе низколегированных сталей для соединений по ГОСТ 14771-76. Приведена упрощенная методика расчета режимов сварки низколегированных сталей плавящимся электродом в углекислом газе.

Программные автоматизированные информационно-справочные системы являются удобным и эффективным инструментом в производственной деятельности конструктора или технолога. Такие системы могут использоваться как в процессе ручной разработки сварочной технологии или сварных конструкций, так и в случае автоматизированного проектирования в качестве компонентов различных САПР.

Следует отметить, что для выхода отечественной промышленности из состояния развала и упадка необходимо пройти путь интенсивного внедрения современных информационных технологий на всех этапах подготовки, освоения и организации производства. В данной ситуации автоматизированные информационно-справочные системы способны играть важную роль в преодолении инерции мышления «ручного» проектирования работ и облегчить восприятие и освоение проектировщиками более мощных информационных технологий, т. е. САПР. Таким образом, практически невостребованные сегодня отраслевые автоматизированные информационно-справочные системы представляют собой важный задел для развития промышленности в ближайшем будущем.

Расчет параметров режима сварки

Основные параметры режима автоматической и полуавтоматической сварки плавящимся электродом в углекислом газе, оказывающие существенное влияние на размеры и форму швов, – сила сварочного тока, плотность тока в электроде, напряжение дуги, скорость сварки.

При решении производственных задач и определении режима сварки необходимо выбрать такие его параметры, которые обеспечат получение швов заданных размеров, формы и качества.

Расчет режима сварки производится в следующей последовательности.

В соответствии с ГОСТ 14771–76 [1] выбираются тип сварного соединения и конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей, задаются размеры шва.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла шва F_n задан определяется по формулам, приведенным в работе [2].

Исходя из заданного значения диаметра сварочной проволоки d_3 задаются минимальное I_{min} и максимальное I_{max} допустимые значения сварочного тока (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость величины сварочного тока и напряжения на дуге от диаметра электрода и пространственного положения сварки [3]

d_3 , мм	Нижнее		Вертикальное		Потолочное	
	I , А	U , В	I , А	U , В	I , А	U , В
0,8	50-110	15-18	50-100	15-17	50-100	14-16
1	50-180	17-22	50-160	18-20	60-110	15-18
1,2	120-250	19-26	110-220	19-22	110-170	17-20
1,4	140-300	19-28	120-220	19-22	120-180	18-21
1,6	150-350	20-30	–	–	–	–
2	200-500	25-35	–	–	–	–

Плотность тока на электроде рассчитывается по формуле [4]

$$j = \frac{4I}{\pi d_3^2}, \text{ А/мм}^2, \quad (1)$$

где I – текущее значение сварочного тока, первоначально принимаемое $I = I_{min}$, А.

Скорость сварки (м/ч) определяется по формуле [4]

$$v_{св} = A / I, \quad (2)$$

где A – коэффициент (табл. 2), А·м/ч.

Таблица 2

Область допустимых значений коэффициента A [4]

d_3 , мм	Коэффициент A , А·м/ч
1,2	2000 – 5000
1,6	5000 – 8000
2,0	8000 – 12000
2,5	11000 – 15000
3,0	12000 – 16000

Для определения коэффициента расплавления проволоки α_p используется выражение [5]

$$\alpha_p = (U_{\text{э}} + U_{\text{в}}) \frac{1}{H_{\text{кап}}}, \text{ г/(А·с)}, \quad (3)$$

где $U_{\text{э}}$ – падение напряжения на электроде, В; $U_{\text{в}}$ – падение напряжения на вылете электрода, В; $H_{\text{кап}}$ – теплосодержание капель электродного металла, Дж/кг.

По данным работы [5], для железа $H_{\text{кап}} = 2048 \cdot 10^3$ Дж/кг.

Падение напряжения на электроде $U_{\text{э}}$ зависит от рода тока и полярности, от поверхности и состава газовой фазы в сварочной дуге. Так как сварку плавящимся электродом в защитном газе низколегированных сталей ведут на постоянном токе обратной полярности, то для определения $U_{\text{э}}$ можно воспользоваться выражением [5]

$$U_{\text{э}} = U_{\text{а}} + \phi_{\text{в}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{а}}$ – анодное падение напряжения, В; $\phi_{\text{в}}$ – работа выхода электрона, эВ.

По данным [6], при МАГ-сварке низколегированных сталей падение напряжения на аноде мало зависит от материала анода и состава газовой фазы и может быть принято постоянным и достигающим

$$U_{\text{а}} = 2,43 \pm 0,29 \text{ В.}$$

При сварке низколегированных сталей $\phi_{\text{в}}$ может быть принята равной работе выхода электрона для железа [5], $\phi_{\text{в}} = 4,31$ эВ.

Падение напряжения на вылете электрода рассчитываем, полагая неизменным удельное электросопротивление, приближенно равное среднему расчетному значению $\rho_{\text{ср}}$ для диапазона температур на вылете электродной проволоки от температуры окружающей среды до температуры плавления материала электрода [5]:

$$U_{\text{в}} = \frac{4\rho_{\text{ср}} l_{\text{в}} I}{\pi d_{\text{э}}^2}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{ср}} = 7,5 \cdot 10^{-6}$ Ом·мм – удельное электросопротивление материала сварочной проволоки; $l_{\text{в}}$ – вылет сварочной проволоки, мм.

Величина коэффициента наплавки $\alpha_{\text{н}}$ при сварке в защитных газах может существенно отличаться от величины коэффициента расплавления $\alpha_{\text{р}}$ в связи с потерями электродного металла [4]:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} (1 - \psi), \quad (6)$$

где ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание.

Величина коэффициента потерь для сварки при оптимальных напряжениях дуги зависит от плотности тока j в электроде [4]:

$$\psi = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} j - 4,48 \cdot 10^{-4} j^2, \% . \quad (7)$$

Уравнение (7) позволяет рассчитать ожидаемую среднюю величину коэффициента потерь в диапазоне плотностей тока 60 – 320 А/мм².

Площадь наплавки можно определить по формуле [4]

$$F_{\text{н}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I}{3600 v_{\text{св}} \gamma}, \text{ мм}^2. \quad (8)$$

где γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

Для расчета напряжения на дуге используется зависимость, полученная путем обработки экспериментальных данных [3],

$$U_{\text{д}} = 12,4 + 0,1 \cdot d_{\text{э}}^{0,2} \cdot I^{0,86}. \quad (9)$$

Скорость подачи сварочной проволоки

$$v_{\text{пп}} = \frac{4F_{\text{н}} v_{\text{св}}}{\pi d_{\text{э}}^2}, \text{ м/ч}. \quad (10)$$

Дальнейшая процедура расчета режима сварки включает в себя вычисления по циклу по I (от I_{min} до I_{max}), причем условием окончания цикла является выполнение соотношения $F_{\text{н}} \geq F_{\text{н задан}}$.

Описание программного обеспечения

Программа MAG 1.0 представляет собой автоматизированную справочную систему (подсистему САПР), предназначенную для использования технологическими службами машиностроительных предприятий, а также студентами вузов.

Подсистема САПР MAG 1.0 содержит информацию о конструктивных элементах подготовленных кромок свариваемых деталей и сварных швов всех типоразмеров по ГОСТ 14771 – 76.

После ознакомления с информацией о различных типах сварных соединений пользователь может получить информацию о конструктивных элементах подготовленных кромок свариваемых деталей и сварного шва для конкретного соединения (рис., а).

Для расчета режима сварки необходимо задать размеры конструктивных элементов подготовки кромок под сварку и параметры шва (для стандартных швов) или площадь наплавки (для нестандартных швов), пространственное положение сварки, диаметр и вылет сварочной проволоки. Пользователь дополнительно может задать скорость сварки и количество проходов (рис., б).

Результатами расчета являются: параметры режима сварки (сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки, скорость подачи сварочной проволоки), плотность сварочного тока, размеры шва (для однослойного шва), площадь наплавленного металла, количество проходов (рис., в). Для распечатки справочной информации, полученной в результате работы программы, необходимо подключение матричного, струйного или лазерного принтера.

Стыковые соединения (С16, С17, С18, С19)

Закреть Очистить << >>

Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. ГОСТ 14771 - 76

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения		Толщина деталей, мм	Обозначение соединения
		подготовленных кромок	выполненного шва		
С двумя симметричными косоугольными скосами одной кромки	Двухсторонний			30 - 120	C16
Со скосом двух кромок	Односторонний			3,0 - 80,0	C17
Со скосом двух кромок	Односторонний на стальной подкладке			3,0 - 80,0	C18
Со скосом двух кромок	Односторонний на остающейся подкладке			3,0 - 80,0	C19

а

Расчет режима сварки

Стыковое соединение C18

Конструктивные элементы подготовленных кромок

Конструктивные элементы сварного шва

Толщина тонкой детали, S **31,5** мм

Ширина шва, e **34,0** мм

Высота усиления шва, g **2,0** мм

Зазор, b **2,0** мм

Припуски кромок, c **2,0** мм

Угол скоса кромок, α **18** °

Ширина обратного формирования шва, e1 **6,0** мм

Высота усиления обратного формирования шва, g1 **1,0** мм

Площадь наплыва, Fн **401,3** мм²

Количество проходов **11**

Площадь наплыва за один проход **36,5** мм²

Положение сварки: Горизонтальное

Сварочный ток: Обратная полярность

Скорость сварки, Vc: **20,0** м/ч

Диаметр проволоки, мм: **1,2**

Вылет, мм: **15**

OK

б

Стыковое соединение C18 09.11.2006 18:20:42

(Толщина детали S = 32,0 мм)

Конструктивные элементы подготовленных кромок

Конструктивные элементы сварного шва

Параметры режима сварки

Параметры прохода

Положение сварки - горизонтальное

Диаметр сварочной проволоки, мм d = 1,2

Обратная полярность

Плотность сварочного тока, A/mm² j = 221,0

Сварочный ток, A I = 249

Напряжение на дуге, В U = 24,2

Скорость сварки, м/ч Vc = 12,6

Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч Vп = 405,5

Параметр соединения	Заданное значение, мм
Зазор, b	2,0
Ширина шва, e	34,0
Высота усиления шва, g	2,0
Припуски кромок, c	2,0
Угол скоса кромок, α °	18

3/5 Page 1 of 2

в

Страницы интерфейса программы MAG 1.0:
 а, б – ввод исходных данных для расчета параметров
 режима сварки, в – протокол расчета

Верификация программы выполнена путем сравнения результатов расчетов с табличными данными [3, 4].

Программа выполнена в системе программирования Delphi 5.0 и функционирует на IBM-совместимых компьютерах с операционной системой Windows 9x/2000/XP.

Разработанная программа Mag 1.0 позволяет быстро и удобно подобрать режим сварки низколегированных сталей плавящимся электродом в углекислом газе для заданного типа сварного соединения по ГОСТ 14771 – 76 или нестандартного шва. Параметры режима сварки рассчитываются исходя из требования обеспечения максимальной производительности процесса сварки.

Библиографический список

1. ГОСТ 14771–76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 60 с.
2. Юрьев В.П. Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники / В.П. Юрьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 52 с.
3. Сварка в смеси активных газов / А.Е. Аснис [и др.]. – Киев: Наукова думка, 1982. – 216 с.
4. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
5. Коринец И.Ф. Математическая модель плавления электродной проволоки при дуговой сварке / И.Ф. Коринец // Автоматическая сварка. – 1995. – №10. – С. 39–43.

Получено 17.07.08.

УДК 621.791. 052

В. А. Судник, С. В. Рогов (Тула, ТулГУ)

ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИИ ШВА С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЕРИФИКАЦИИ МАГ-СВАРКИ СТАЛЕЙ С РАЗДЕЛКОЙ КРОМОК

Рассмотрена методика оценки брака при использовании функции Лапласа для определения вероятности выхода размеров шва за допуски. Методика применена для оценки геометрии стыкового сварного шва при МАГ-сварке стали 09Г2С, полученной с помощью компьютерной программы MAGSIM и экспериментальной верификации.

Введение

Внедрение автоматизированных и роботизированных технологий сварки связано с повышением интеллектуального уровня систем обеспече-