

3. Туркдоган Е.Т. Металлургические последствия усвоения кальция жидкой и затвердевшей сталью // Обработка стали кальцием. - Киев: ИЭС им. Е.С.Патона - 1989 - С. 19-44.
4. Банненберг Н., Харсте К., Боде О. Поведение проволоки с порошковым наполнителем в процессе расплавления // Черные металлы. - 1992 - №12. - С. 25-33.
5. Шервуд Е., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. - М.: Химия, 1982 - 655с.
6. Плюшкель В., Реденс Б., Шюрманн Э. Кинетика окисления алюминия при продувке жидкой стали. // Инжекционная металлургия-80. Труды конференции ScanInject II. - М.: Металлургия, 1982. - С. 116...127
7. Казачков Е.А., Рудакова С.Г. Моделирование процессов выравнивания температуры металла и содержания легирующих добавок в металле при продувке инертным газом // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту. - Сб. науч. тр. - Мариуполь, 2001.- Вип. 11 - С. 55-60.
8. Физико-химические расчеты электросталеплавильных процессов / Григорян В.А., Стомахин А.Я., Пономаренко А.Г. и др. // М.: Металлургия, 1988. - 288 с.
9. Закономерности десульфурации чугуна гранулированным магнием // Носоченко О.В., Баптизманский В.И., Иванов Е.А. и др. / Сталь. - № 8, 1993. - С. 25-29.

пост. 30.05.08

Автоматизована система проектування технологічних процесів складання-зварювання

ПАВЛЮЧЕНКОВ І.О., ПЕРЕМІТЬКО В.В., НОСОВ Д.Г., РЕЙДЕРМАН Ю.І., ВОЛОШИН Р.В.

Дніпродзержинський державний технічний університет

Автоматизована система проектування технологічних процесів складання-зварювання АСПТПСЗ передбачає використання комп'ютерної техніки при розв'язуванні наступних функціональних завдань: форматування тексту операцій; визначення режимних характеристик; призначення встаткування; перевірка виконання умов стабільності горіння дуги й забезпечення заданого виду переносу металу при зварюванні; обчислення технічних норм; формування технологічної карти.

The automated system of planning of technological processes of drafting-welding ASPTPW foresees the use of computer technique at uniting of the following functional tasks: text formatting of operations; determination of regime descriptions; setting of equipment; verification of implementation of terms of stability of burning of arc and providing of the set type of transfer of metal at welding; calculation of technical norms; forming of technological card.

Автоматизированная система проектирования технологических процессов сборки-сварки АСПТПСС предусматривает использование компьютерной техники при решении следующих функциональных заданий: форматирование текста операций; определение режимных характеристик; назначение оборудования; проверка выполнения условий стабильности горения дуги и обеспечения заданного вида переноса металла при сварке; вычисление технических норм; формирование технологической карты.

Визначення режимних характеристик

З метою забезпечення заданих параметрів шва можуть використовуватися табличний і розрахунковий способи визначення режимів зварювання.

Суть першого способу полягає у попередньому формуванні таблиці значень режимних характеристик для конкретних технологічних умов. Призначення при цьому виробляється шляхом пошуку відповідного рядка стовпця режимної таблиці, тобто аналогічно тому, як це робить технолог. Цей спосіб припускає наявність великої кількості матеріалів про результати зварювання аналогічних сталей, тому що застосування комп'ютерної техніки виключає майже повністю використання досвіду технолога через обмеженість зворотного зв'язку між оператором і машиною.

Розрахунковий спосіб складається у використанні технологічних й експериментальних залежностей, що зв'язують параметри шва та характеристики режиму. У роботі [1] приводяться результати досвіду застосування комп'ютерної техніки для розрахунку режимів зварюван-

ня. Опишемо алгоритм розрахунку. На (рис. 1) надані види зварних з'єднань, режим зварювання яких розраховується. Вхідні величини при розв'язанні завдання механізації й автоматизації проектування технології та розрахунку параметрів режиму зварювання: S - товщина металу, що зварюється, діаметр електрода d_e , тип з'єднання - стикове без розроблення або з V -подібним розробленням або таврове, довжина шва L : швидкість зварювання $V_{зв}$, м/год; швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д}$, м/год; напруга на дузі U_d , В; число проходів n .

У математичних виразах прийняті наступні позначення: $I_{зв}$ - зварювальний струм, А; l_e - вильот електрода, мм; $t_{зв}$ - час зварювання, с; m_p - продуктивність плавлення електродного дроту, г/с.

Програма повинна передбачати реалізацію впровадження розрахунку в наступному порядку:

1. За критерій оптимальності прийнята площа поперечного перерізу наплавленого металу F_n (см², мм²) за умови досягнення максимальної продуктивності плавлення електродного дроту

$$m_p = \frac{FHL\gamma}{t_{св}} \quad (1)$$

2. Беручи до уваги, що $L_{св} = V_{св}/3600$, знаходимо

$$V_{зв} = \frac{3600m_p}{F_H\gamma} \quad (2)$$

3. Підставивши у вираз (1) $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$, $\eta = 0,9$ та

$$F = \frac{\pi d_s^2}{4}, \text{ одержимо, що } m_p = F_{эл} V_{п.п} \gamma \eta$$

$$V_{п.п} = 649,1 \frac{m_p}{d_s} \quad (3)$$

4. Методами регресивного аналізу отримані залежності

$$I_{зв} = f(V_{п.п.}), \quad U_{д} = f(I_{зв.})$$

Залежності ці різні для різних способів зварювання (ручне дугове, механізоване в захисних газах і під шаром флюсу; електрошлакове), тому при складанні програми рекомендується використати залежності наведені в літературі [2], [3], [4], уточнивши для передбачуваного діапазону робочі величини $V_{п.п.}$, $I_{св}$.

5. Визначається необхідна глибина проплавлення основного металу

$$h_{п.п.} = \delta - 1,8 \quad (\text{без розроблення})$$

$$h_{п.п.} = \delta - 1,375\epsilon - 0,14 \text{ з } \text{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (\text{V-подібне оброблення})$$

Для таврового з'єднання знаходять мінімально припустиму висоту шва $a_{\text{мін}} = 0,7k$;

α - кут розкриття шва

$$c = \delta - p$$

p - притуплення крайки;

ϵ - гарантований зазор між зістикованими кромками;

k - катет шва.

6. Обчислюється фактична глибина проплавлення з урахуванням відомих параметрів режиму зварювання, використовуючи функцію, що відповідають залежність глибини проплавлення й площі поперечного перерізу наплавленого металу від значення струму, швидкості зварювання й вильоту електрода. Залежності ці отримані [5] фахівцями для різних матеріалів (низькоуглеродистая й низьколегована сталі, алюміній і його сплавів і т.д.) і способів зварювання. При відсутності відомостей в довідковій літературі ці залежності вводяться у попередньо до початку складання програми експериментально.

7. Рівняються значення $h_{п.п.}$ й $h_{п.п.ас.}$; $a_{\text{мін}}$ й a . При $h_{п.п.} \neq h_{п.п.ас.}$, $a_{\text{мін}} \geq a$ шляхом введення виправлень у значення $I_{св}$, $V_{св}$ й " ϵ " додаються рівності необхідної й розрахункової глибинами проплавлення. Для довідки приведемо, що при зварюванні в середовищі вуглекислого газу

$$I_{св} = 378 \lg V_{п.п.} + 26; \quad (\text{для } d_s = 1,6 \text{ мм}),$$

$$I_{св} = 308 \lg V_{п.п.} - 17; \quad (\text{для } d_s = 1,2 \text{ мм}),$$

$$U_g = 14 + 0,05 I_{св};$$

$$h_{п.п.} = 0,1043 \sqrt{\frac{I_{св}}{V_{св} U_g}} - 1,66 + 1,8 \epsilon; \quad (\text{без розроблення крайок});$$

$$h_{п.п.} = 0,1043 \sqrt{\frac{I_{св}}{V_{св} U_g}} + 1,375 \epsilon + 0,14 \epsilon^2 \text{tg} \frac{\alpha}{2};$$

(V- подібне оброблення)

$$a = \sqrt{\frac{F_{эл} V_{п.п.} \eta}{k_y V_{св}}} + K_1 \sqrt{\frac{I_{св}^4}{V_{св} U_g^2}}$$

де k_y - коефіцієнт, що враховує форму шва; для нормального кутового шва $k_y = 1$; $k_y = 0,104$.

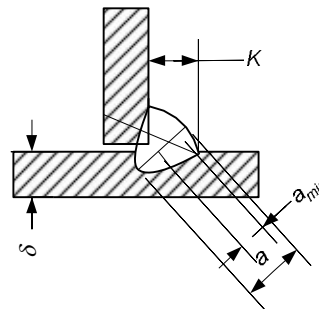
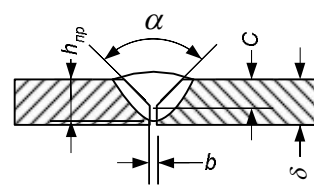
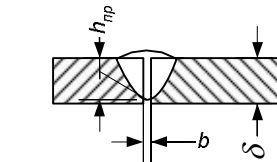


Рис. 1. Види з'єднань

На рис. 2, 3 представлені блок-схеми розрахунку режимів зварювання з'єднань, відповідно стикового й кутового.

Визначення виконання умов стабільності горіння дуги й забезпечення заданого виду переносу металу при зварюванні

Після визначення розрахункових параметрів режиму зварювання, при яких забезпечується глибина й площа проплавлення, а також устаткування, на якому буде виконані зварювання, необхідно перевірити чи відповідають ці режими умовам стабільного горіння дуги при переміщенні конкретного зварювального устаткування. Це нескладно, якщо відомо область значень напруг і струму, що є геометричним місцем точок перетинання характеристик джерела живлення й статичної характеристики системи саморегулювання, побудованих у координатах $I_{св}$, U_g . Можлива також розрахункова перевірка, якому виду переносу металу (струминний, крупно або мекокрапельный, з короткими замиканнями

або без) відповідають обрані режими. Для цього процес зварювання електродом, що плавиться, представлений у

виді математичної моделі, представленою системою 2-х диференціальних рівнянь із двома невідомими:

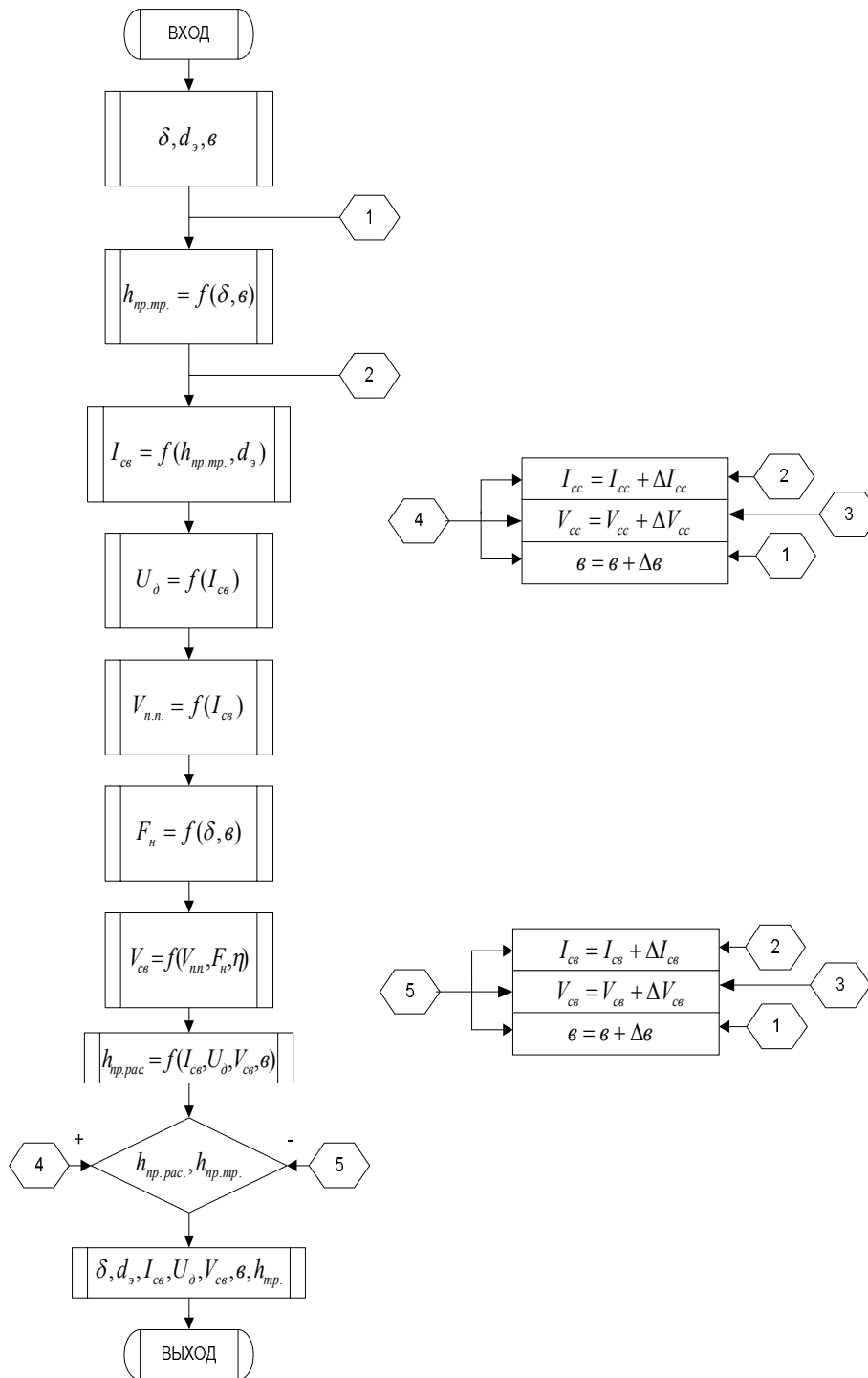


Рис. 2. Схема розрахунку режиму зварювання стикового з'єднання

а) рівняння, що описують закон зміни струму протягом стадії горіння

$$L \frac{dI}{dt} + I_{cv}(R + r_3) = U(I_{cv}) - U_g; \quad (4)$$

б) управління нагрівання й плавлення електродного дроту

$$\frac{\partial}{\partial x} (\lambda(T) F_{эл} \frac{\partial T}{\partial x}) + g_{эл}^2 F_{эл} = F_{эл} C \gamma \frac{\partial T}{\partial t}; \quad (5)$$

де R та L – активний опір й індуктивність зварювального ланцюга; $r_э$ - активний опір електродного вильоту; (I_{cc}) - зовнішня характеристика джерела живлення; U_g - напруга на дузі; T – температура ділянки вильоту довжиною δx , зміна по довжині X ; $L_э$ - довжина вильоту.

БЛОК – СХЕМИ

На рис. 2, 3 представлені блок-схеми розрахунку режимів зварювання з'єднань, відповідно стикового й кутового.

На рис. 4 наведено блок-схему моделі зварювання електродом, що плавиться.

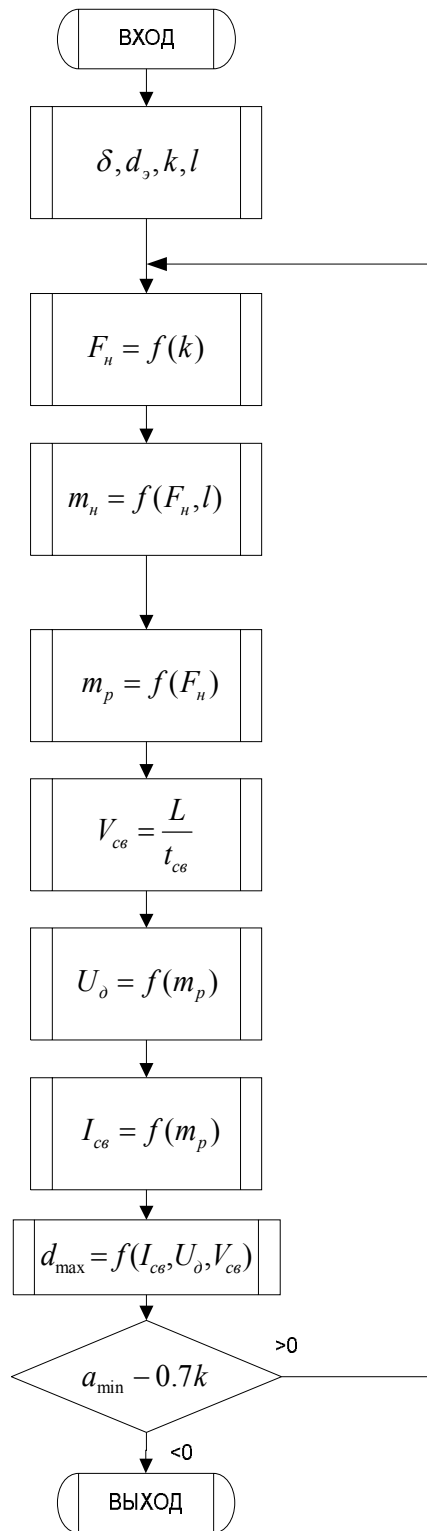


Рис. 3. Схема розрахунку режиму зварювання кутового з'єднання

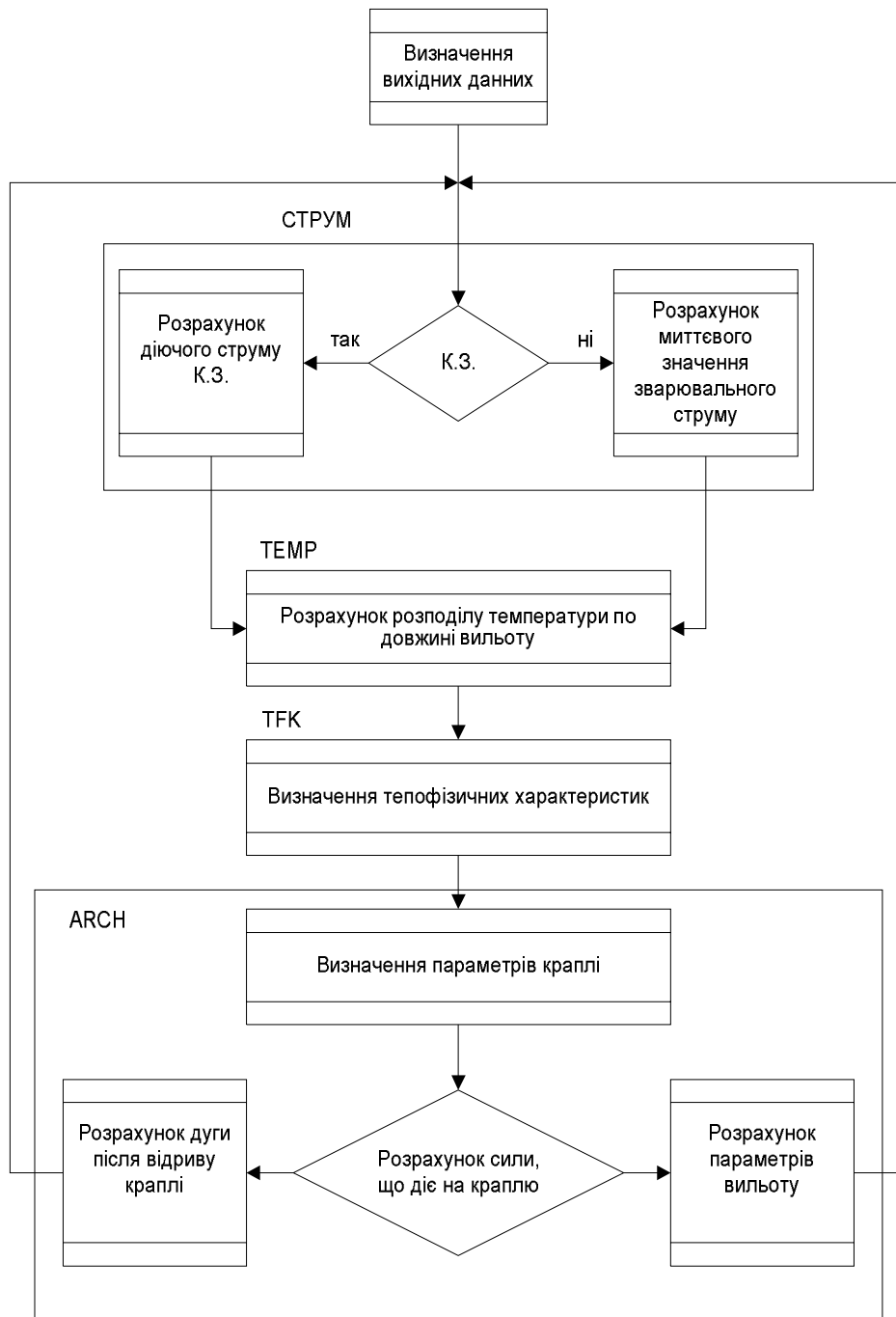


Рис. 4. Блок-схема реалізації на ЕОМ математичної моделі перехідних процесів при електродуговому зварюванні електродом, що плавиться

Висновки

Викладено розроблені за участю авторів методи машинного розрахунку режимів зварювання електродом, що плавиться, з наступним визначенням дотримання умов стабільного горіння дуги. Розроблено програмне забезпечення, що реалізує запропоновані алгоритми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Г.И. Сергацкий, Автоматизация технологической подготовки производственного процесса сварки в CO_2 , // «Автоматическая сварка». - 1999. - с. 42-47.

2. Лившиц М.Г., Исследование процесса плавления электродной проволоки и основного металла при сварке в углекислом газе, // «Сварочное производство». - 1999. - №10.
3. РТМ 14-12-5-99, Руководящий технический материал. ВНИИМехчермет, Сварка в CO_2 , Конструктивные элементы сварных швов, режимы сварки и нормативные данные, Главремонт Минчермета России, 2005.
4. Лившиц М.Г., О прочности угловых швов, // «Сварочное производство». 1999. - №2. - с. 13-14.

