

І.В. Маслов

Оптична система контролю якості зварних з'єднань

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна, тел. 4-80-00, E-mail: dim@il.if.ua

Запропонована конструкція двоканального оптичного пристрою, який забезпечує високу якість стикового зварного шва заданої геометрії при різній висоті кромки виробів, що підлягають зварюванню.

Ключові слова: навколонуговий простір, зварний шов, система слідування, кривизна зварного стику.

Стаття поступила до редакції 19.01.2004; прийнята до друку 12.04.2004.

Характер світіння навколонугового простору при сварці металевих виробів залежить від багатьох факторів. Так [1,2], ширина освітленої зони визначається діаметром зварного електроду, зазор між виробами, що зварюються, контрастно виділяється у вигляді темної смуги на вході в зоні плавлення, а зміщення кромки виробів відносно одна одної по висоті приводить до зміщення освітленої зони вздовж зазору між виробами.

Вказані особливості світіння дуги були використані при розробці оптичного сенсорного пристрою, за допомогою якого можна оцінити якість зварного шва і отримати інформацію про положення стику між виробами в безпосередній близькості від зварного електроду.

Структурна схема пристрою зображена на рис. 1. З метою підвищення якості зварного з'єднання система слідування за стиком між виробами, що зварюються, і різницею висот їх кромки відносно одна одної, оптоелектронний датчик випромінювання дуги виготовлений двоканальним. В нього входить два фотоприймача 2 і 3. двоканальна система дозволяє одночасно слідувати за положенням зварного електроду відносно границь зазору між виробами на вході в зону плавлення з врахуванням висоти їх кромки і кутом повороту зазору на деякій відстані від зони зварювання виробів. Останнє дозволяє надійно утримувати зварний шов в полі зору фотодатчика. Двоканальний фотоприймач одночасно слідує за електроодом і стиком в двох точках сканування.

Імпульси стику ближньої зони сканування (20 мм від входу в зону плавлення) від фотоприймача 2 датчика 1 використовуються для отримання сигналу розузгодження положення середини зазору відносно зварного електроду. Імпульси дальньої точки сканування (30 мм від входу в зону плавлення) від фотоприймача 3 застосовуються для отримання сигналу розузгодження у випадку різної висоти кромки ви-

рів і зміни кривизни зазору між виробами.

Логічний пристрій підключає блок формування сигналів управління обох систем слідування по стику і куту повороту корпусу датчика відносно електроду до відповідних виконавчих механізмів поперечного і кутового переміщення датчика. При відсутності сигналу від ближньої точки сканування оптичний датчик випромінювання може працювати в режимі сканування за стиком від дальньої точки сканування. При одночасній відсутності обох сигналів включається схема пошуку, яка діє на блок управління виконавчим механізмом кутового переміщення корпусу датчика і повертає його до тих пір, поки не з'явиться хоча б один із сигналів і логічний пристрій включить оптоелектронний датчик в режим слідування за стиком.

Сигнали з датчика 1 одночасно подаються на два

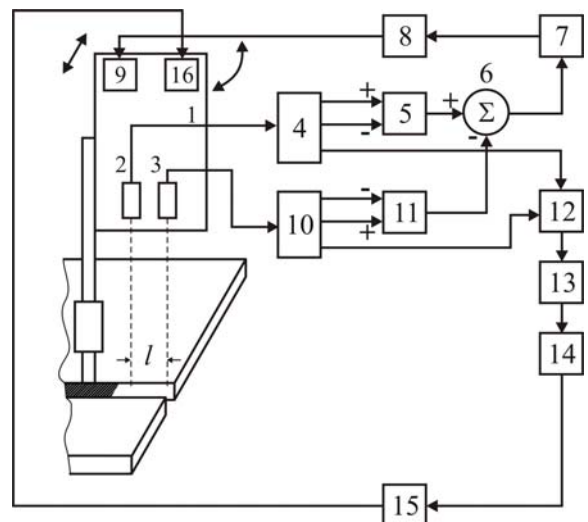


Рис. 1. Структурна схема пристрою контролю за стиковим зварним з'єднанням.

канали: на канал управління поперечним переміщенням зварного електроду, який жорстко зв'язаний з корпусом датчика, і на канал кутового повороту корпусу датчика відносно осі зварного електроду.

Канал управління поперечним переміщенням датчика складається з перетворювача 4, компаратора 5, суматора 6 сигналів обох каналів, блока управління 7 виконавчим механізмом 8 пристрою 9 поперечного переміщення, а канал управління кутовим поворотом корпусу датчика відносно осі зварного електроду складається з перетворювача 10, компаратора 11, корелятора 12, екстремального регулятора 13, блока управління 14 виконавчим механізмом 15 пристрою повороту 16 корпусу датчика.

Імпульси $U_1(t)$ від фотоприймача 2 з тривалістю $t_1 - t_2$ і $t_3 - t_4$ (рис. 2) від ближньої точки сканування диференціюються на вході перетворювача 4 і перетворюються в два імпульси $U_{п1}(t)$ і $U_{п2}(t)$, тривалість кожного з яких (відповідно $t_1 - t_3$ і $t_2 - t_4$) залежить від положення середини зазору між виробами відносно осі фотоприймача 2. Імпульс $U_{п3}(t)$ тривалістю $\Delta\tau = t_3 - t_2$ визначається шириною зазору між виробами. Якщо середина зварного стику співпадає з віссю фотоприймача 2, то тривалість імпульсів $t_1 - t_2$ і $t_3 - t_4$ однакова (рис. 2 а), якщо вони не співпадають, то імпульси $t_1 - t_2$ і $t_3 - t_4$ мають різну тривалість (рис. 2 б).

Імпульси $U_{п1}(t)$ і $U_{п2}(t)$ з тривалістю

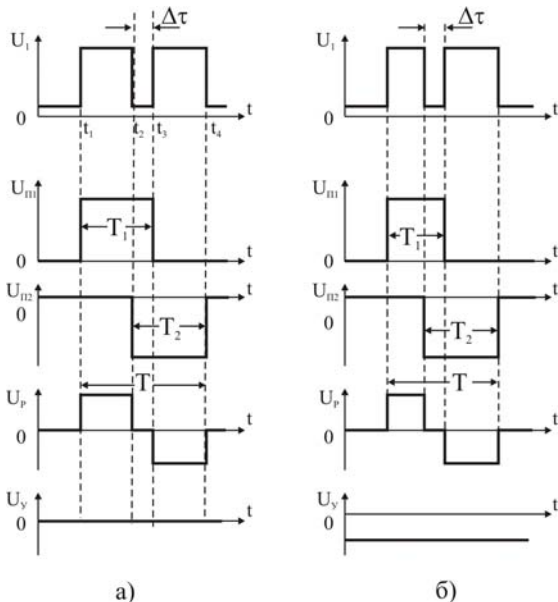


Рис. 2. Часові діаграми напруг каналу управління поперечним переміщенням зварного електроду при відсутності перевищення кромки виробів.

$$T_1 = t_3 - t_1 = \frac{T}{2} - \Delta t + \frac{\Delta\tau}{2} \quad \text{і} \quad T_2 = t_4 - t_2 = \frac{T}{2} + \Delta t + \frac{\Delta\tau}{2},$$

де Δt – відхилення середини зазору від осі розташування датчика 2; $\Delta\tau$ - імпульс, пропорційний ширині зазору; поступають на компаратор 5, який формує сигнал розузгодження $U_p(t)$. Його середньовипрямлене значення пропорційне відхиленню середини зазору між виробами від оптичної осі фотоприймача 2. Блок 7 формує сигнал U_y управління виконавчим механізмом поперечного переміщення зварного електроду. При зміщенні середини зварного стику відносно осі фотоприймача 2 $T_1 - T_2 = 2\Delta t$. Тоді з виходу компаратора 5 знімається сигнал розузгодження (рис 2. б). Він подається на блок управління 7 і далі через виконавчий механізм 8 на пристрій поперечного зміщення зварного електроду, внаслідок чого зварний електрод переміщується з середини зазору.

У випадку появи перепаду кромки виробів по висоті (рис. 3) зварний шов може проплавити верхню кромку одного з виробів і буде кластися несиметрично відносно середини зазору між виробами. Застосування в пристрої дальньої зони сканування зазору дозволяє змістити зварний електрод ближче до нижньої кромки і тим самим підвищити якість зварного шва.

При перепаді висот кромки виробів випромінювання від дуги, розповсюджуючись вздовж зазору між виробами, буде більше відбиватись від бокової поверхні верхньої кромки. Тоді на виході фотоприймача 3 сигнал стає несиметричним ($t_3 - t_4$) і на виході компаратора 11 появиться сигнал розузгодження.

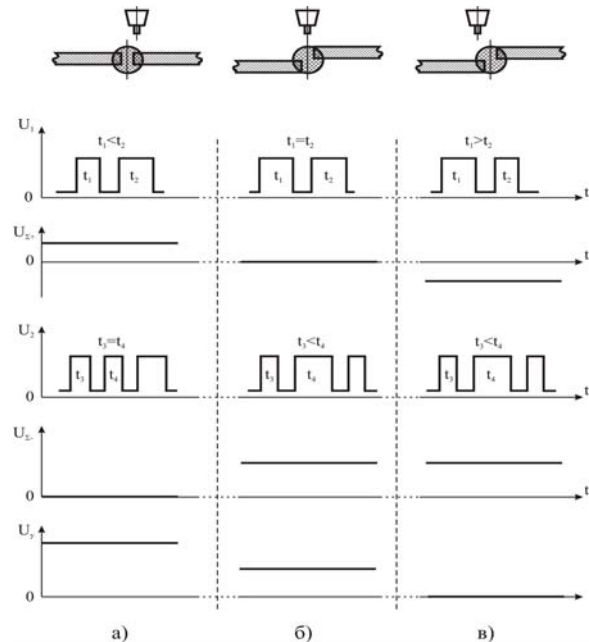


Рис. 3. Часові діаграми напруг каналу управління поперечним переміщенням зварного електроду при перевищенні кромки виробів.

Він віднімається від сигналу на виході компаратора 5 в каналі фотоприймача 2. Це приводить до зміни сигналу на вході схеми управління 7 поперечним переміщенням електроду. Зварний електрод починає зміщуватись в бік нижньої кромки.

Пересування зварного електроду в бік нижньої кромки продовжується до тих пір, поки сигнали на виходах компараторів 5 і 11 не зрівнюються. Зварювання із зміщенням зварного електроду відносно середини зазору між виробами буде тривати до зникнення перевищення кромки виробів.

Після цього сигнал компаратора 11 зникає і під дією каналу ближньої точки сканування зазору зварний електрод знову повертається до його середини.

Фотоприймач 3 застосовується в пристрої також для сканування кривизни зазору. Для цього він встановлюється на відстані l від фотоприймача 2 по ходу зварювання виробів. Якщо кривизни зазору немає, або вона незначна, то вихідні сигнали $U_1(t)$ і $U_2(t)$ фотоприймачів 2 та 3 практично однакові і зсунуті один відносно другого по часу на величину $\tau = \frac{l}{V}$, де V - швидкість зварювання.

Для слідкування за кривизною зазору сигнали $U_3(t)$ з пеертворювача 4 і $U_4(t)$ з перетворювача 10 подаються на вхід компаратора 12. Вихідний сигнал корелятора

$$U(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T U_3(t) U_4(t) dt$$

буде максимальним, якщо зазор між виробами сприймається обидвома фотоприймачами. При появі кривизни зазору між виробами, сигнал $U_4(t)$ зменшується. Для корекції кутового положення корпусу оптоелектронного датчика відносно зварного електроду по максимальному значенню автокореляційної функції $U(\tau)$ вихід корелятора з'єднаний з одноканальним кроковим екстремальним регулятором 13. Він призначений для підтримки максимального зна-

чення вихідної напруги корелятора. Екстремальний кроковий регулятор є найбільш перспективним серед інших екстремальних регуляторів при управлінні інерційними процесами. Він виконаний на основі компенсаційного вимірювача розмаху змінної напруги [3]. Екстремальний регулятор через блок управління 14 діє на виконавчий механізм 15, який здійснює кутовий поворот корпусу датчика до середини стику між виробами і тим самим підвищує сигнал на виході корелятора до максимального значення.

Дослідження розробленого пристрою в умовах виробництва Івано-Франківського ВО „Карпати” при зміні ширини зазору між виробами з сплавів алюмінію і нержавіючої сталі від 0,1 до 2 мм та зміні перепаду кромки по висоті від нуля до 2 мм показало його працездатність і практичну можливість застосування при зварюванні стиків значної кривизни.

Фотоприймач датчика пристрою виконаний на основі фотозонду радіометра РП-МТ-1 з пасивним волоконним кварцовим світловодом [4,5]. Він дозволяє відслідкувати температуру об'єктів від 290 до 1273 К з основною похибкою $\leq 1\%$ і швидкодією 0,01 с. Поле зору головки регулюється в діаметрі від 0,1 до 30,5 мм при відстані від об'єкту 25,4 мм. Обидва фотоприймача складені по диференціальній схемі з кремнієвого і германієвого фоторезисторів, що дозволяє виключити вплив коефіцієнта чорноти випромінювання, оскільки кремній і германій чутливі до випромінювання на різних ділянках оптичного спектру. Фотоприймач не вимагає охолодження оптичної частини, що забезпечує зручність у роботі. Застосування світловода дозволяє виключити вплив агресивного середовища навколо об'єкта (пил, водяні пари, газ, плазма тощо) на роботу датчика і знімати покази незалежно від кута нахилу оптичної осі світловоду до контрольованої поверхні.

Маслов І.В. – кандидат технічних наук, доцент.

- [1] В.Г. Котова. Исследование околодугового пространства для построения датчиков положения стыка // *Сварочное производство*, **12**, сс. 63-65 (1975).
- [2] Ю.В. Бонахевич, В.А. Осадчук, А.Р. Дзюбик. Діагностування стикових зварних з'єднань розрахунково-експериментальним методом // *Методи і прилади контролю якості*, **10**, сс. 10-15 (2003).
- [3] Пристрій для вимірювання перепаду амплітуди змінної напруги. Україна. МПК G01R19/04 / Маслов І.В., Заміховський Л.М. Заявка на патент України № 2003065061; Заявл. 02.06.2003.
- [4] В.Г. Хазаров. *Автоматизация высокотемпературных процессов*. Энергия, Л. 209 с. (1994).
- [5] Е.С. Авдошин. Светодиодные радиометры // *Приб. и техн. экспер.*, **2**, сс. 5-24 (1988).

I.V. Maslov

Optical Checking Quality System of the Welded Connections

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
15, Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, tel: 4-80-00, E-mail: dim@il.if.ua*

Construction of two-channel optical device, which provides high quality of the joint welded stitch of the set geometry at a different height of edges of wares which are subject to welding, is offered in the article.