

IMPLEMENTAREA SI PROGRAMAREA UNUI SISTEM DIGITAL DE MĂSURARE UTILIZAT PENTRU OPERAȚIILE DE SUDARE

Alin Geacăr

Conducător științific: Prof dr ing **Miron ZAPCIU**

REZUMAT:

Aceasta lucrare tratează implementarea și programarea unui sistem digital de măsurare utilizat pentru operațiile de sudură. Dezbătută din mai multe puncte de vedere această temă se dovedește de o importanță majoră. Printre punctele studiate putem enumera : sisteme de sudură robotizată, senzori pentru roboții de sudură, software și programare a roboților de sudură. Tema va fi însoțită și de un studiu de caz privind instalarea și programarea unui sistem digital dotat cu un senzor laser pentru reconfigurarea traiectoriilor de sudură.

CUVINTE CHEIE: sistem Keyence, robot, dispersie, traiectorie de sudură

1 INTRODUCERE

În prezent, un număr tot mai mare de roboți de sudură sunt utilizați în producția de automobile pentru procesele de sudură. Cu toate acestea, cei mai mulți dintre ei sunt roboți de tipul învățare – redare (care trebuie să învețe mai întâi să învețe) pentru a putea realiza traiectoriile de sudură. Acest tip de roboți are totuși o slăbiciune vitală, nu dețin funcția de a-și reconfigura traiectoria de sudură în funcție de dispersia care apare între piese în timpul procesului de sudură. Acești roboți au nevoie de un timp îndelungat pentru a fi învățați în avans fiecare traiectorie de sudură în funcție de îmbinarea și dispersia care apare între piese. Cu toate acestea se întâmplă adesea ca, la apariția dispersiei pieselor simple traiectoriile de sudură să fie neconforme din punct de vedere estetic și calitate. De aceea, este necesară dezvoltarea unei tehnologii de durată care să măsoare dispersia dintre piese înainte de sudură și să ajusteze traiectoriile în funcție de aceasta.

Pentru moment, urmărirea traiectoriilor de sudură în timp real se realizează în principal prin folosirea diferiților senzori în procesul de sudare cu arc, ca senzori arc [1-4], senzori acustici [5,6], senzori electromagnetici [7], senzori ultrasonici [8,9] și senzori de vedere [10 – 15].

Printre acești senzori, senzorul de viziune este cel mai frecvent utilizat în sudura robotizată [16, 17]. Aceștia au un mare avantaj în fața celorlalți senzori, ca viteză de răspuns, fiabilitate, precizie mare.

Roboți echipați cu senzori pot corecta deviații ale poziției pieselor sau ale grosimii materialului. Senzorii folosiți trebuie să reziste la condițiile dure dintr-un atelier de sudură: fum, scânteii, variații de temperatură.

2 STADIUL ACTUAL

Datorită condițiilor geometrice impuse la construirea dispozitivelor de asamblare, acestea trebuie alinate și reglate în conformitate cu geometria pieselor de sudat.

Pentru o reprezentare corectă a elementelor de sudat în poziția lor reală față de osie a fost adoptată convenția de reprezentare față de un sistem de coordonate absolut, cu origine comună pentru fiecare element al osiei și cu aceeași orientare a axelor. Această convenție ne conduce la următorul rezultat : având sistemul de coordonate absolut al autovehiculului stabilit într-un punct arbitrar (definit pentru fiecare producător/beneficiar în parte) și având fiecare element al osiei modelat în poziție corectă față de acest sistem, prin asamblarea diferitelor elemente de osie (suprapunând sistemele individuale peste cel absolut) obținem practic o osie completă, așa cum arată ea în realitate.

Unul din elementele principale într-un sistem de măsurare este partul de referință sau sistemul de localizare. Indiferent de tehnologia de măsurare folosită, aproape toate punctele măsurătorilor sunt relaționate la un sistem de puncte de referință ale

partului (elementul de osie) descrise în desenele de dimensionare și toleranțe geometrice.

Acest sistem de date oferă un sistem de referință pentru toate suprafețele partului și componente folosind coordonatele osiei. În figura de mai jos (figura 1) este ilustrat un sistem tipic de coordonate pentru o osie. Acest sistem înlocuiește denumirile tradiționale ale direcțiile lui X, Y, Z cu front/rear (X), in/out (Y), și up/down sau high/low (Z).

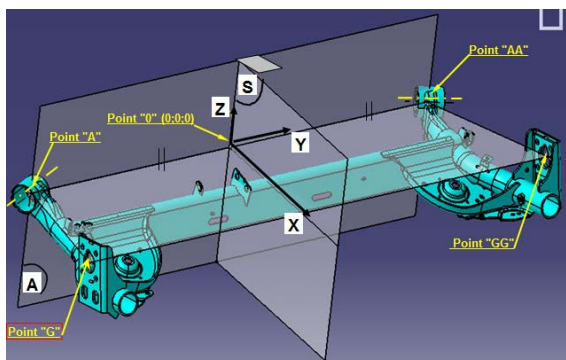


Figura 1. Sistem de măsura a osiei

Diferite tipuri de senzori pot obține informații despre poziția pieselor care urmează să fie sudate.

Pot fi împărțiți în senzori de contact și non-contact senzori. În cazul de față nu se pot utiliza senzori de contact din pricina temperaturilor ridicate ale pieselor în timpul sudurii.

Metoda non-contact, pe de alta parte, nu intră în contact cu piesa și folosește o undă laser pentru a determina poziția de îmbinare a pieselor ce urmează să fie sudate. Marele avantaj a acestei metode este că senzorul nu se apropie de suprafețe pentru a obține informațiile de care are nevoie pentru a realiza decalajul traiectoriilor de sudură.

Atâta timp cât senzorul nu intră în contact cu piesele nu există riscul ca acesta să fie deteriorat sau afectat. De asemenea este recomandată folosirea senzorilor laser acolo unde nu există accesibilitate. Din punct de vedere a fabricației este de recomandată folosirea lor, aceștia ajutând la obținerea randamentelor și atingerea timpilor de ciclu ale mașinilor datorită timpului de răspuns foarte rapid.

Lanțul de cote pentru zona de contact a celor două piese de sudat este neconform, deci procesul de sudare nu se pretează a fi un proces robotizat standard. În figura 2 avem un raport cu lanțul de cote pentru piesele de sudat.

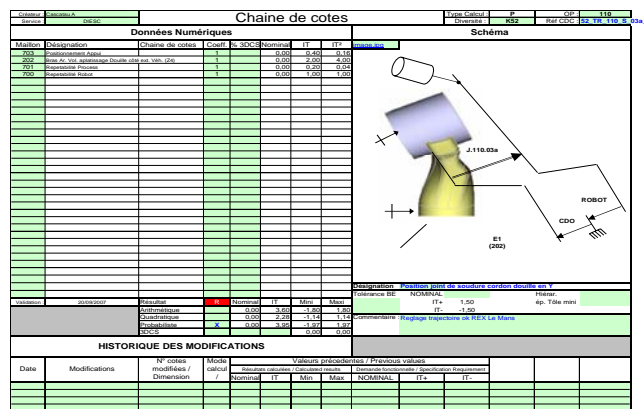


Figura 2. Raport lanț de cote pentru piesele de sudat

3 STRUCTURA GENERALĂ SISTEM

Principalele obiective ale acestei cercetări sunt de a investiga abordările recente, metodele și instrumentele folosite la reconfigurarea traiectoriilor de sudură; proiectarea și dezvoltarea unui sistem de viziune care este capabil să reconfigureze traiectoriile roboților folosind instrumentele de viziune; implementarea unui sistem de viziune pe un robot ABB și stabilirea comunicării între sistemul de viziune și robotul ABB, astfel încât robotul să poată recunoaște dispersia dintre piesele de sudat și să răspundă în mod adecvat într-o producție de serie.

Structura generală a sistemului este ilustrată în figura 3, constă dintr-un număr de unități hardware, inclusiv, senzorul laser, amplificatorul senzorului, controlerul robotului ABB și robotul ABB. Fiecare dintre acestea efectuează un set unic de funcții interdependente.

Sistemul de viziune are integrat un număr de componente hardware și software; cele hardware sunt folosite pentru a oferi conexiune fizică între diferite părți ale sistemului, colectare de informații utile pentru procesul de reconfigurare a traiectoriilor și efectuarea mișcări necesare pentru a facilita procesul. Software-ul este utilizat pentru îndeplinirea sarcinilor de măsurare, și face posibilă comunicarea între module, ia decizii de sistem și de control hardware. Există mai multe componente instalate pe acest sistem de viziune.

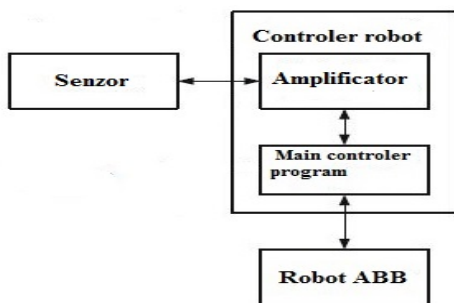


Figura 3. Structura generală a sistemului

3.1 Configurația sistemului

Pentru a permite robotului ABB să detecteze zona de intersecție a pieselor, laserul este fixat pe ultima axa a robotului, după cum arată în figura 4.



Figura 4. Laserul montat pe robot

Robotul ABB este un sistem foarte flexibil care are șase grade de libertate (3 de rotație și 3 de rotație). Brațul său se poate deplasa de-a lungul intersecției pieselor, acest lucru permițându-i să detecteze toată zona de intersecție. Prin instalarea senzorului pe ultima axă a robotului ABB, este posibilă utilizarea la maxim a acestuia prin posibilitatea montării tuturor componentelor necesare configurării robotului.

Din moment ce robotul este programat ca de fiecare dată să se ducă în aceeași poziție, se poate trata de asemenea ca un sistem fix. Dezavantajul montării senzorului pe ultima axă a robotului, este

aceea ca din cauza vibrațiilor pot apărea erori în momentul măsurării. Această problemă este însă rezolvată prin instalarea unui absorbeur de șoc între axa robotului și suportul laserului.

3.2 Robotul ABB

Robotul ABB are șase axe și o sarcină utilă maximă de 15 kg la distanțele nominale de 150 mm și 120 mm în direcțiile y și respectiv z. În acest sistem, timpul de procesare este unul din factorii cheie pentru determinarea performanței. Dacă robotul se mișcă prea încet, acesta va crește timpul total. Totuși, dacă robotul se mișcă prea repede vibrațiile vor afecta calitatea măsurătorilor și pot apărea erori.

Prin urmare, viteza și accelerația robotului ABB trebuie luate în considerare cu atenție.

În multe sisteme de reconfigurare traiectorie, este important să avem o mișcare liniară a robotului în momentul măsurătorii. Un algoritm adecvat de programare este necesar pentru a decide unde trebuie să se oprească robotul pentru a măsura decalajul, iar în cazul în care diferența de decalaj este prea mare să repete măsurătoarea, și să furnizeze informații suficiente pentru a putea realiza traiectoria. Acest lucru poate preveni senzorul să aibă erori de măsură și să realizeze traiectorii neconforme. Senzorul măsoară pe direcția z, decalajul dintre cele două piese, decalajul putând apărea doar în cazul brațului, dulia fiind componenta care se regăsește mereu în aceeași poziție.

În figura 5 avem măsurătoarea decalajului dintre piese, înainte de sudură.



Figura 5. Măsurarea decalajului

3.3 Programare robot

Prima etapă de proiectare a rutinei de calibrare este formată din mai multe secțiuni importante. În primul rând, trebuie să fie studiate tehnicile de calibrare existente și modul în care acestea sunt utilizate. De asemenea, o bună înțelegere a modului de lucru a roboților cu 6 axe și modul în care instrumentele și, în special, senzori de distanță funcționează când sunt montați pe un robot. Următorul pas este familiarizarea cu programarea robotului în secțiunea RAPID, atât pe consola de programare, cât și în programul software de simulare, Robot Studio. Pentru partea de proiectare a obiectivului, trebuie găsită o metodă pentru calibrarea senzorului laser. Această metodă poate fi :

folosirea de rutine deja construite în programul robotului ABB, proceduri care deservește special senzorul, intrări analogice și digitale din senzor și o calibrare pe o piesă care să fie utilizate în celula robotului pentru calibrare automată. O a doua piesă sau segment al primei piese poate fi de asemenea utilizat pentru verificarea TCP. Odată ce programarea este terminată, trebuie implementată în secțiunea RAPID, pentru a putea fi utilizată de robot. Acest lucru implică scrierea mai multor proceduri în Robot Studio pentru a efectua diferite sarcini necesare pentru calibrarea senzorului. Pentru etapa de depanare se va apela codul de ciclu scris pentru calibrarea senzorului și se va verifica de erori folosind unitatea de testare. Prin testarea fiecare combinație posibilă de intrări și secvențe de cod de rutină poate fi utilizat în mod fiabil. În timpul fazei de optimizare avem o rutină de lucru; cu toate acestea, eficiența sau acuratețea rutinei ar putea fi redusă. Prin realizarea testelor și optimizarea lor rutina va fi mai eficientă și fiabilă.

După realizarea rutinei de test se va crea o rutină pentru detectarea caracteristicile specifice pieselor de sudat folosind senzorul distanță cu laser. Aceste caracteristici sunt piesele importante pentru a obține o traiectorie conformă exact la îmbinarea celor două piese ce urmează a fi sudate, drept fapt sistemul robotic trebuie să știe locația exactă pentru a realiza o sudură de precizie. Pașii parcurși până acum au fost : proiectarea, scrierea codului de ciclu, depanare, optimizarea și testarea finală. Faza de proiectare a constat în găsirea unei poziții optime a îmbinării pieselor și memorarea acestor puncte în programul robot. Apoi, scrierea procedurii de lucru în Robot Studio și salvarea acesteia în RAPID. Pentru depanare, aceeași abordare este folosită de obiectivul principal, la fel ca optimizarea. În timpul testării finale, rutina de căutare este testată pe mai multe componente pentru a se vedea dacă rutina va

returna date valide și, de asemenea, valoarea corectă a punctului de îmbinare a pieselor de sudat.

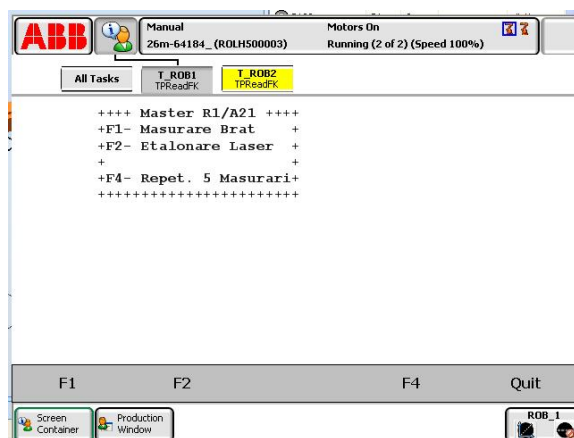


Figura 6. Masurare piesă și etalonare laser

Pentru roboți ABB, Tool Center Point "este punctul matematic prin care robotul se mișcă în spațiu", și este ceea ce metoda de calibrare își propune să creeze pentru un senzor laser. Metoda de bază presupune o calibrare manuală folosind un punct fix în spațiu. Această metodă se bazează în întregime pe capacitatea operatorului de a poziționa torch-ul robotului într-un punct fix în spațiu din 4 poziții diferite ale robotului și un punct de întindere la punctul fix. Punctul de întindere și punctul său corespunzător sunt responsabile pentru calcularea datelor de rotație, în timp ce, celelalte 3 puncte sunt responsabile pentru calcularea datelor de poziție. Pentru calcularea poziției sunt necesare numai 3 puncte pentru că în spațiul 3D, fiecare punct, care este reprezentat în unghiurile axelor robotului, are o serie de valori care cuprinde TCP, iar prin rotirea de 3 ori din diferite poziții ale robotului și comparând intervalul de valori pentru fiecare poziție, o valoare aproximativă poate fi determinată.

Cercetarea a fost făcută folosind un senzor de distanță cu laser Keyence IL-300. Acest senzor fabricat de Keyence, folosește un laser pentru a găsi distanța dintre el și un obiect dedesubt, în calea laserului. Acesta face parte din seria IL un "CMOS Multi-Function Analog Senzori laser", care este un "senzor de deplasare cu laser low-cost, compact și ușor". Senzorul IL-300 are un domeniu de lucru de 160-450mm, lungimea de undă de 655nm, și clasa laser 2, are 6 intrări digitale opționale, precum și 4 ieșiri digitale și 1 ieșire analogică. Datele distanță sunt transmise folosind acest semnal analogic și are opțiunea de a utiliza fie 4-20mA, 0-10V sau tipuri de semnal. Toate aceste semnale sunt procesate prin unitatea amplificator - IL 1000. Acest modul primește datele brute de la senzorul, afișează datele distanță pe un ecran și oferă butoane pentru diverse

setări și opțiuni. În figura 7 avem o schemă electrică a intrărilor - ieșirilor I / O, care pot fi integrate în sistemul robotului.

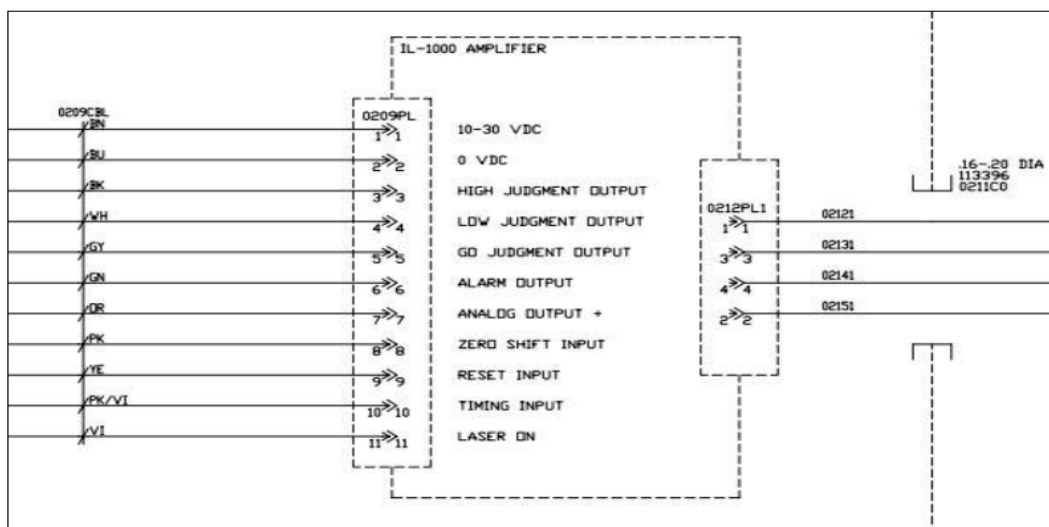


Figura 7. Schema electrică pentru amplificatorul IL1000

3.4 Calibrare senzor

Metoda de calibrare este proiectată să aibă loc într-o celulă de sudare standard. Robotul ABB cu 6 axe trebuie să fie dotat cu un senzor laser Keyence IL-300. Senzorul laser trebuie să fie montat pe axa 6 a robotului, pe suportul sau. Singura componentă utilizată în plus față de senzorul de detecție este o placă metalică dreptunghiulară. Această placă trebuie să fie prelucrate pentru a avea cât mai aproape de 90 de grade la colțuri, o față bună, suprafață plană, și o înălțime de cel puțin 3 milimetrii. Lungimea și lățimea plăcii pot varia, atâta timp cât placa este un patrat de 25 centimetrii. Întreaga suprafața a plăcii trebuie să fie în raza senzorului montat pe brațul robotului. Unul dintre motivele pentru care s-a ales să se folosească o placă de metal pentru calibrare este că aceasta poate fi integrată foarte ușor pe mașină, în acest fel reducându-se costurile sistemului de calibrare.

Primul pas în metoda de calibrare este montarea plăcii metalice folosită pentru calibrare pe stația de curățire robot, cu condiția ca placa să fie în intervalul de lucru al brațului robotului. De exemplu, în cazul în care baza robotului este fixată în podea, placa ar putea fi plasată pe podea sau pe o masă în apropierea robotului (în cazul de față pe stația de curățire). Dacă baza robotului este montată pe un perete al celulei de sudură, atunci placa poate fi montată în același plan cu robotul. Odată ce placa este poziționată, aceasta nu poate fi deplasată în timpul calibrării.

După faza de montaj, urmează programarea manuală a robotului de către operatorul uman. Acesta orientează brațul robotului, astfel încât fasciculul senzorului să fie perpendicular pe placă. În plus, distanța dintre senzor și placă trebuie să se situeze în intervalul de lucru al laserului. Această distanță trebuie să fie între 200 și 400 milimetrii. O pată roșie de laser trebuie să fie vizibilă pe fața plăcii. În figura 8 avem reprezentată calibrarea senzorului pe placă.

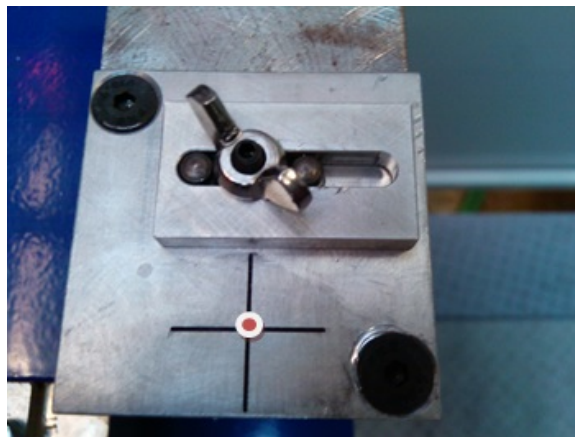


Figura 8. Placa calibrare senzor

3.5 Senzorul Keyence IL – 300

Deoarece senzorul de distanță folosește un laser, există unele considerente de reținut. Laserul folosit este un laser clasa 2, ceea ce înseamnă că expunerea accidentală a ochilor nu este dăunătoare, ca reflexul de clipire poate proteja ochiul de expuneri lungi. Totuși, dacă cineva se uită în mod intenționat cu laser pentru mai mult de câteva secunde, pot apărea leziuni oculare. Clasa 2 lasere nu au nici un efect asupra pielii umane, astfel încât singurul pericol este expunerea ochilor. Laserul este marcat cu marcaje corespunzătoare IEC pentru un laser clasa 2. Toate celulele de sudură robotizate sunt echipate cu caracteristici de siguranță pentru a preveni pe cineva de a fi strivit de un robot, electrocutat sau susține orice altă formă de accident. Aceste caracteristici includ scanere de securitate, perdele de lumină, PLC-uri de securitate, și alte dispozitive.[18]

4 CONCLUZII

S-a constatat o îmbunătățire considerabilă a cordoanelor de sudură și o scădere a rebutului folosind acest sistem de măsură digital cu ajutorul laserului.

5 MULȚUMIRI

Doresc să mulțumesc domnului Miron Zapciu pentru susținerea și ajutorul acordat în această cercetare.

6 BIBLIOGRAFIE

[1] Kim JW, Na SJ. A self-organizing fuzzy control approach to arc sensor for weld joint tracking in gas metal arc welding of butt joints. *Weld Res Suppl* 1993; 2:60–6.

[2] Jeong SK, Lee GY, Lee WK, Kim SB. Development of high speed rotating arc sensor and seam tracking controller for welding robots. *Ind Electron* 2001; 2:845–50.

[3] Shi YH, Yoo WS, Na SJ. Mathematical modeling of rotational arc sensor in GMAW and its applications to seam tracking and end point detection. *Sci Technol Weld Joining* 2006; 11:723–30.

[4] Xu YL, Zhong JY, Ding MY, Chen HB, Chen SB. The acquisition and processing of real time information for height tracking of robotic GTAW process by arc sensor. *Int J Adv Manuf Technol* 2013; 65:1031–43. GTAW process by arc

sensor. *Int J Adv Manuf Technol* 2013; 65:1031–43.

[5] Estochen EL, Neuman CP. Application of acoustic sensors to robotic seam tracking. *Ind Electron* 1984; 3:219–24.

[6] Lv N, Xu YL, Zhang ZF, Wang JF, Chen B, Chen SB. Audio sensing and modeling of arc dynamic characteristic during pulsed Alalloy GTAW process. *Sens Rev* 2013; 33:141–56.

[7] Kim JW, Shin JH. A study of a dual-electromagnetic sensor system for weld seam tracking of I-butt joints. *Proc Inst Mech Eng Part B: J Eng Manuf* 2003; 217:1305–13.

[8] Maqueira B, Umeagukwu CI, Jarzynski J. Application of ultrasonic sensors to robotic seamtracking. *IEEE Trans Rob Autom* 1989; 5:337–44.

[9] Mahajan A, Figueroa F. Intelligent seamtracking using ultrasonic sensors for robotic welding. *Robotica* 1997; 15:275–81.

[10] Kawahara M. Tracking control system using image sensor for arc welding. *Automatica* 1983; 19:357–63.

[11] Chen SB, Zhang Y, Qiu T, Lin T. Robotic welding systems with vision sensing and self-learning neuron control of arc weld dynamic process. *J Intell Rob Syst* 2003; 36:191–208.

[12] Shen HY, Ma HB, Lin T, Chen SB. Research on weld pool control of welding robot with computer vision. *Ind Robot* 2007; 34:467–75.

[13] Kong M, Chen SB. Al alloy weld pool control of welding robot with passive vision. *Sens Rev* 2009; 29:28–37.

[14] Xu YL, Yu HW, Zhong JY, Lin T, Chen SB. Real-time seam tracking control technology during welding robot GTAW process based on passive vision sensor. *J Mater Process Technol* 2012; 212:1654–62.

[15] Ye Z, Fang G, Chen SB, Dinham M. A robust algorithm for weld seam extraction based on prior knowledge of weld seam. *Sens Rev* 2013; 33:125–33.

[16] Ye Z, Fang G, Chen SB, Zou JJ. Passive vision based seam tracking system for pulse-MAG welding. *Int J Adv Manuf Technol*. 2013; 67:1987–96.

[17] Dinham M, Fang G. Autonomous weld seam identification and localisation using eye-in-hand stereo vision for robotic arc welding. *Rob Comput Integr Manuf* 2013; 29(5):288–301.

[18] Keyence Catalog for sensor IL300 and IL1000