

NOVINE U TEHNOLOGIJI ZAVARIVANJA KOD FANUC ROBOTSKIH APLIKACIJA

Tehnologija, oprema, primjena

Aleksandar Vučerić, dipl.ing.
Trea Trade d.o.o., 51216 Viškovo, Blažići 2A
Tel: 091/330 3104
Fax: 051/ 681 088
E-mail: aleksandar.vuceric@treatrade.hr

Sažetak: *U radu su opisana osnovna obilježja nekih softverskih funkcija koje se danas mogu koristiti kod FANUC robota u zavarivanju, odnosno funkcija za traženje spoja, funkcija za praćenje spoja, funkcija za praćenje parametara električnog luka, te funkcija vizijskog 2D sistema, kroz postupak takvih funkcija u praksi, te definiranja područja primjene, uz napomene o potrebnoj dodatnoj opremi kod pojedinih funkcija*

Ključne riječi: FANUC, softver, zavarivanje, funkcija,

1. Uvod

Sve funkcije o kojima je riječ u ovom tekstu nisu standardne funkcije koje dolaze uz robotsku opremu kod aplikacija zavarivanja, već su opcije koje se dodaju po potrebi ovisno o tipu aplikacije o kojoj se radi. Kod pojedinih aplikacija neke od tih opcija se moraju uključiti standardno, odnosno nema izbora da se opcija ne koristi, jer bi se u suprotnom znatno povećali troškovi dodatne opreme kao i samo vrijeme programiranja zavarivanja objekta. Drugim riječima, neke od ovih funkcija zapravo zamjenjuju raznu dodatnu opremu koja je za realizaciju pojedine aplikacije inače potrebna, te je drugi proizvođači robota još uvijek koriste, što im zapravo bitno utječe na cijenu, fleksibilnost kod programiranja, te na kraju i samu konkurentnost na tržištu.

Funkcija za traženje spoja znatno olakšava i ubrzava rad kod serijske proizvodnje, ili kod komada koji se povremeno ponavljaju, jer se znatno vremena uštedi na pripremu, odnosno „snimanje“ objekta prije samog zavarivanja.

Funkcija za praćenje spoja nastala je uz kroz posebnu suradnju na području robotiziranog zavarivanja između tvrtki FANUC i Lincoln Electric (Slika 1.), iz potrebe brže komunikacije između robota i izvora za zavarivanje, što je još prije par godina bio najveći problem u robotiziranom zavarivanju. Spomenuta suradnja rezultira prelaskom sa tadašnje analogne komunikacije među uređajima na digitalnu, što je omogućilo pojavu cijelog niza novih funkcija, među kojima je ova najznačajnija. Brzom digitalnom komunikacijom omogućeno je praćenje parametara električnog luka u realnom vremenu, a time je moguće istovremeno utjecanje na trajektoriju kretanja gorionika za vrijeme rada na spoju. Ovom se funkcijom zapravo postiže dobar zavar, kada priprema nije savršena, bilo da se radi o pripremi kod rezanja materijala, bilo da se radi o pripremi spoja pripajanjem.



Slika1. Logotip FANUC-Lincoln

Funkcija za praćenje parametara električnog luka služi za kontrolu cijelog procesa za vrijeme zavarivanja na nekom komadu, a pohranom podataka, omogućava njihovo naknadno korištenje u bilo koje svrhe. Od toga je možda najinteresantniji pregled parametara za svaki pojedini komad na kojem se radilo, u slučaju nekih indikacija grešaka ili u svrsi održavanja kvalitete proizvoda kada se proizvod kontrolira prema nekoj od normi ISO kvalitete i sl.

Funkcija vizijskog 2D sistema, je opcija koja uvijek zahtijeva dodatnu opremu, što se može iz samog imena funkcije odmah zaključiti, a radi se o kameri koja slika radni komad iz više perspektiva. Te se slike digitalnom obradom onda pretvaraju u model objekta u memoriji robotskog računala, odnosno slikanjem objekta prepoznaje mu dimenzije i položaj u prostoru i vrlo brzo korigira trajektoriju kretanja kuda se robot mora kretati za vrijeme zavarivanja. Ova funkcija je zapravo pandan funkciji za traženje spoja, kada je to moguće, a može doprinijeti na još većoj produktivnosti u serijskoj proizvodnji.

2. Funkcija za traženje spoja

2.1. Primjena i princip rada

Ovaj softverski sistem za traženje spoja (eng. Touch Sensing) sve češće dolazi potpuno integriran u paketu sa robotom za zavarivanje, iako je to inače opcionalna oprema. Ova funkcija pomaže robotu u traženju spoja zavara, odnosno kompenzira tolerancije u dimenzijama, te u pripremi kod pričvršćivanja ili pripajanja radnog komada. Traženje je potrebno u situacijama kada su radni komadi dugački ili imaju deformacije uzrokovane utjecajem topline ili su pripremljeni uz velike tolerancije. Jednostavno se programira, uz konstantni nadzor robotskog računala, dok se sav posao programiranja samog traženja odvija preko ručnog terminala.

Ovo rješenje daje najbolju pristupačnost radnom komadu, jer nisu potrebni nikakvi dodaci na samom gorioniku i ne zahtijeva nikakvu zaštitu zbog utjecaja zavarivačkog procesa, jer kao senzor koristi samo slobodni kraj žice. Robot preko točno određene dužine slobodnog kraja žice dodiruje radni komad i osjeća gdje se nalazi zavareni spoj. Preciznije, izvor struje generira mali napon na žici za zavarivanje, te u dodiru na radni komad nastane manji kratki spoj, kojeg robot u tom trenutku snima kao poziciju u prostoru (Slika 2.).

Simple Search Example Program

INSTRUCTION	DESCRIPTION
1: J P[1] 100% Fine	Teach a point in space.
2: Search Start [4] PR[4]	Search uses schedule 4, position register 4, to store position
3: J P[2] 100% Fine	Teach a search starting position.
4: J P[3] 100% Fine Search [Y]	Do a search motion in the Y direction.
5: J P[4] 100% Fine Search [-Z]	Do a search in the -Z direction.
6: Search End	End of the search.
7: J PR[4] 100% Fine	Move the robot to the computed position PR[4].
8: ARC START[1]	

Slika 2. Primjeri programa traženja objekta

Prije početka rada (zavarivanja) robot odradi simulaciju kretanja kako bi provjerio točnost trenutne pozicije radnog komada. Ukoliko komad nije na poziciji gdje je to programom prethodno predviđeno, robot tada izvodi korekciju u samo par poteza, odnosno dotiče postavljene komad par puta na x-osi i par puta na y-osi, a kontroler izračuna razliku između programirane i stvarne situacije, te prilagođava zavarivački program novim koordinatama (Slika 3.). U tom slučaju, robot ponovo prije početka rada (zavarivanja) odradi simulaciju kretanja kako bi provjerio točnost sada nove pozicije radnog komada.

Tehnički podaci za aplikacije zavarivanja:

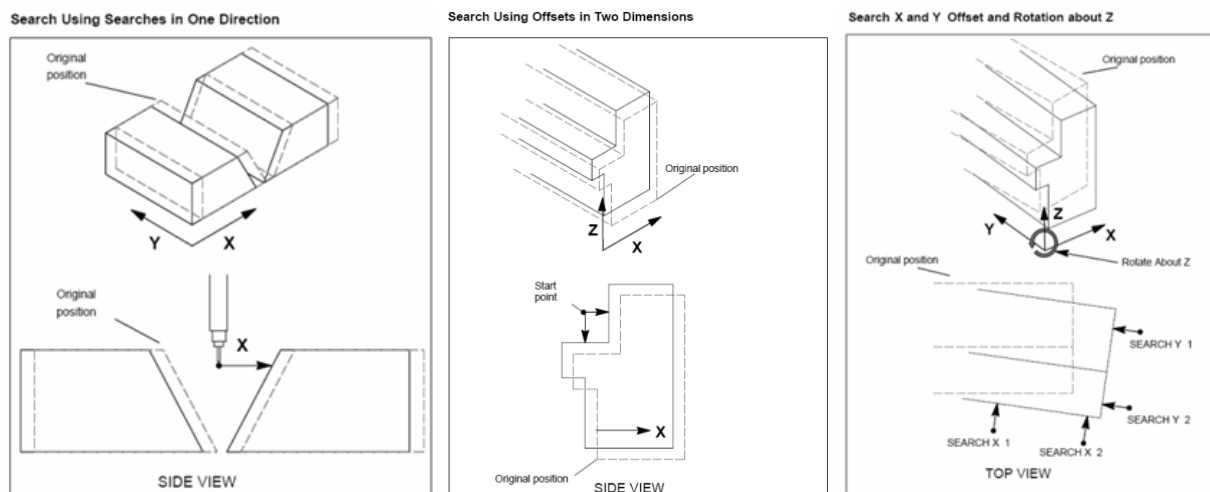
Konfiguracija spoja: kutni, nadglavni, T spoj, I spoj, V spoj.

Minimalna visina vertikalne pregrade: 3 mm

Tip metala: Čelična baza

Zavarivački procesi: MIG, plinska mješavina, CO₂

Vrsta žice: puna, u zaštiti plina, PPŽ.



Slika 3. Primjeri traženja pomaka objekta u prostoru

Mana ovakvog sistema traženja objekta dolazi do izražaja kada se radi na većim i kompleksnijim objektima ili objektima sa puno spojeva, jer se tada zbog održavanja preciznosti kako bi dobili više točaka u prostoru, objekt mora više puta dodirnuti. Pri tome može doći do problema povlačenja slobodnog kraja žice na robotskom gorioniku, što može bitno utjecati konačan ishod zavarenih spojeva.

Uočavanjem ovog problema, razvijeni su pomoćni sistemi koji ga rješavaju, a potpuno su drugačijeg pristupa, što je dovelo do još veće fleksibilnosti u mogućnostima rada s robotom pri aplikacijama zavarivanja. Jedno od rješenja koje je FANUC razvio, naziva se „Servo Torch“. Ugradnjom dodatne opreme koja je u biti mehaničkog tipa, zapravo se postiglo da se dio žice između dodavača žice i vrha gorionika održava napetim, te da se ne dozvoli uvlačenje žice prema dodavaču kod mehaničkog dodirivanja žice sa objektom. Drugi tip rješenja, o kojem će više biti riječi u ovom tekstu pod točkom „5. Funkcija vizijskog 2D sistema“, koje osim što uključuje dodatnu opremu u obliku kamere koja je slikanjem objekta uz mogućnosti digitalne obrade slike smanjila potrebu za dodirivanjem objekta, čime se zapravo izbjegla mogućnost pojave problema povlačenja slobodnog kraja žice.

3. Funkcija za praćenje spoja

3.1. Općenito

TAST software (eng. Through Arc Seam Tracking) je također opcionalna oprema. Omogućava praćenje procesa zavarivanja u realnom vremenu, odnosno konstantno tijekom cijelog procesa zavarivanja, kako bi dobili povratnu informaciju, čime bi se po potrebi odmah moglo utjecati na korekciju putanje zavarivanja, te zadržati luk u šavu po cijeloj njegovoj dužini.

Ova opcija automatski podešava robotsku vertikalnu i horizontalnu trajektoriju kretanja tijekom zavarivanja, čime se kompenzira uvijanje, pogrešni smještaj radnog komada ili moguće nepravilnosti u pripremi na koje možemo naići tijekom zavarivanja. U slučaju da mjesto zavara nije gdje je bilo očekivano, ova opcija nam omogućava zadržavanje svih predviđenih pozicija za zavarivanje, čime se uštedi puno vremena na eventualno neko novo potrebno unošenje programskih izmjena u putanji kretanja ili izmjeni parametara. Programiranje se uvijek odvija uz konstantni nadzor robotskog računala, dok se sav posao programiranja samog traženja obavlja preko ručnog terminala. Ova opcija daje odličnu pristupačnost radnom komadu, jer nisu potrebni nikakvi dodaci na samom gorioniku i ne zahtijeva nikakvu zaštitu zbog utjecaja zavarivačkog procesa, jer koristi električni luk kao senzor. Dakle, moguća je jednostavna promjena parametara struje, napona, te brzine zavarivanja koji je u tijeku, u slučaju potrebe, bez utjecaja na definirane parametre za segmente zavarivanja koji slijede.

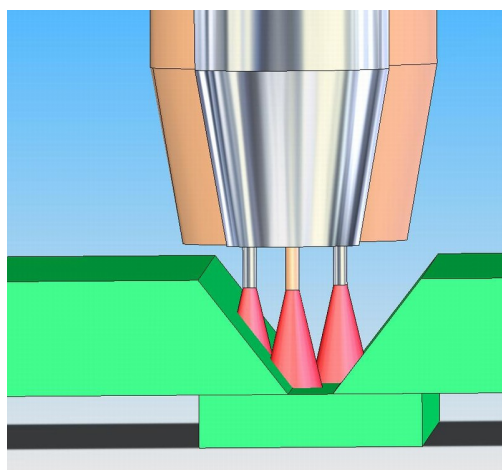
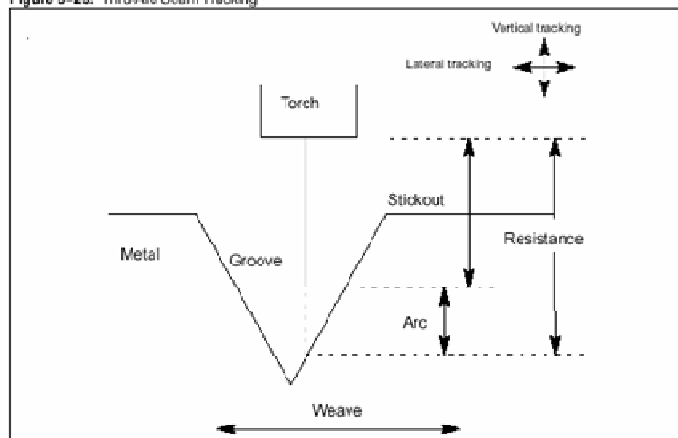


Figure 9-28. Thru-Arc Seam Tracking



Slika 4. Tehnološko načelo praćenja spoja

3.2. Način rada

Sistem za praćenje spoja bazira se na povratnoj informaciji parametrima električnog luka kod zavarivanja koja se konstantno dobiva za vrijeme rada, oscilirajućom kretnjom žice preko kosine šava, a po cijeloj njegovoj dužini. Mjerene vrijednosti napona i struje dobivene za vrijeme zavarivanja između dvije ivice u šavu, koje se analiziraju u realnom vremenu robotskim računalom, te se proslijeđuju ovom posebnom programskom sustavu kontrole koji ih konvertira u nove pokrete robotske ruke, kako bi se korigirala unaprijed programirana putanja. Posebnim se tehnikama filtriranja dobivenih povratnih informacija, uklanjaju se šumovi uzrokovani kratkim spojevima zavarivačkog luka (Slika 4.).

Tehnički podaci za aplikacije zavarivanja:

Konfiguracija spoja: kutni, nadglavni, T spoj, I spoj, V spoj.

Minimalna visina vertikalne pregrade: 6 mm

Minimalna struja/napon zavarivanja: MIG 50 A/16 V

Tip metala: na bazi čelika

Zavarivački procesi: MIG, plinska mješavina, CO₂

Vrsta žice: puna, u zaštiti plina, PPŽ.

Brzina rada: do 50 cm/min. (ovisi o procesu i o širini osciliranja).

Ova funkcija bitno utječe na performanse zavarivanja, jer ubrzava rad neovisno o načinu njihanja, te sukladno standardima zadržava kvalitetu zavara. Primjerice standardni uzorci njihanja (Slika 5.) (sinusoidalni, kružni, osmica i L-uzorak), se u potpunosti nadopunjuju upotrebom funkcije za praćenje spoja. Parametri kao što su promjena veličine centra, azimut i kut, također se mogu vrlo jednostavno podešavati po potrebi.

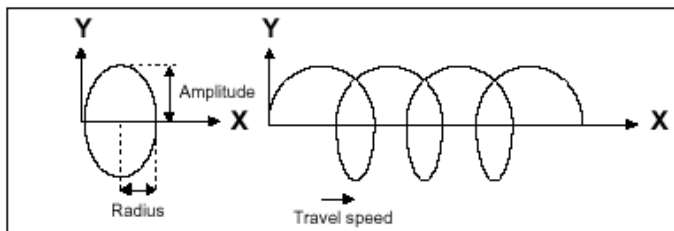
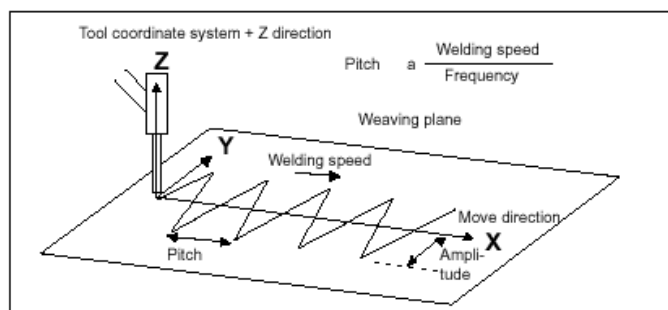
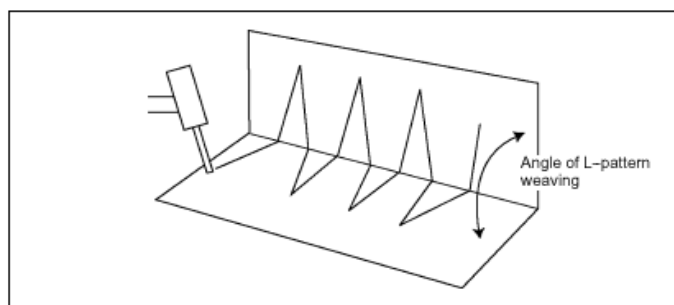
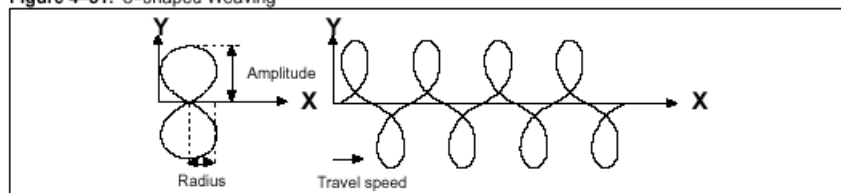


Figure 4-31. 8-shaped Weaving



Slika 5. Tehnološko načelo praćenja spoja

4. Funkcija za praćenje parametara električnog luka

4.1. Mogućnosti i prednosti

Funkcija za praćenje parametara električnog luka, također opcija (eng. Arc Data Monitor) omogućuje robotu kontrolu zavarivačkog procesa.

Ovo je trenutno jedini sistem u svijetu koji nam može točno pokazati gdje je nastala greška na proizvodu !

Software omogućava praćenje i spremanje podataka do 5 različitih parametara, što može doprinijeti značajnoj uštedi kod potrebe ispitivanja kvalitete nekim drugim nezavisnim sistemom. Zapis se može spremiti kao ASCII u memoriju robota ili putem neke vanjske PCMCIA memorijske kartice.

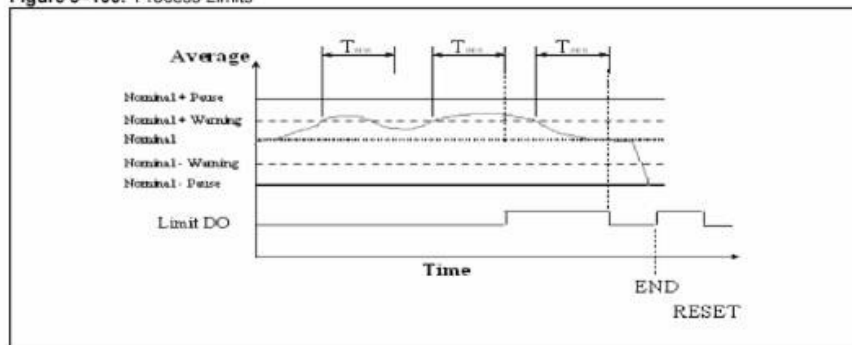
Parametrima zavarivanja odrede se tolerancije i robot će oglasiti alarm ukoliko parametri prijeđu zadanu gornju ili donju dopuštenu granicu. Uz to mogu se postaviti i relativni alarmi kojima je moguće utjecati na zaustavljanje procesa zavarivanja. Na taj način sprječava se proizvodnja proizvoda sa greškom, te se ostvaruju značajne uštede u proizvodnji.

Druga prednost je zapis o parametrima zavarivanja, koji se snimaju, te je iste moguće ispisati za svaki pojedinačni proizvedeni dio (Slika 6.). Na taj način tvrtkama je omogućeno certificiranje proizvoda, što proizvodu u konačnici daje veću vrijednost.

Figure 9-99. Report Example

DATA MONITOR REPORT					
Number	Tick	Time	Program Line	Voltage [Volts]	Wire Feed [IPM]
1	48	.192	TEST 2	0.000	0.000
2	98	.392	TEST 3	20.000	200.000
3	148	.592	TEST 3	20.000	200.000
4	198	.792	TEST 3	20.000	200.000
5	248	.992	TEST 3	20.000	200.000
6	298	1.192	TEST 3	20.000	200.000
7	348	1.392	TEST 4	0.000	0.000

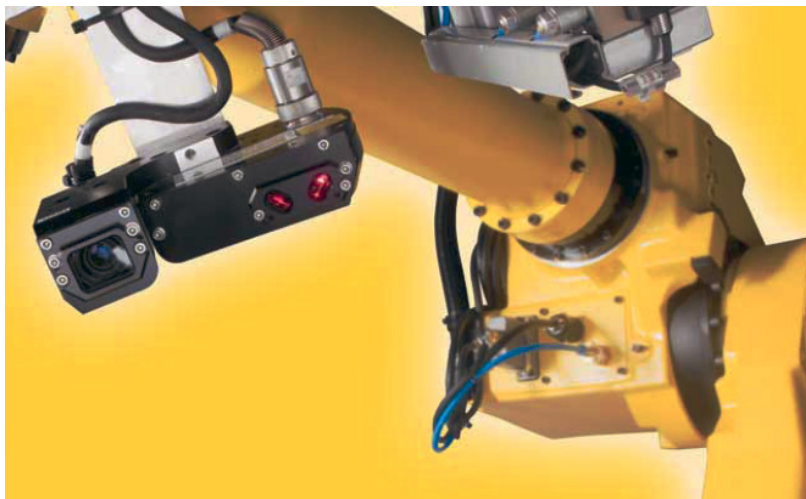
Figure 9-100. Process Limits



Slika 6. Primjer izvješća i prikaz limita nekog procesa

5. Funkcija vizijskog 2D sistema

5.1. Vizualna informacija



Slika 7. FANUC Robotska kamera

Ovaj 2D prikaz procesa omogućuje preciznu analizu velikih radnih komada. Vizualna informacija sa kamere koristi se za pronalazak željene pozicije na radnom komadu. Ovo je jedina funkcija iz ovog teksta koja uvijek zahtijeva dodatnu opremu, a čije je postavljanje i korištenje je vrlo jednostavno i brzo (Slika 7). Sav software je u potpunosti integriran u robotskom kontroleru, a osim kamere nije potreban nikakav drugi hardver ni u kontroleru ni izvan njega, niti je potreban PC ili niti je potrebna veza sa PC-om. S obzirom da je sve u potpunosti razvijeno u tvrtci FANUC, ne postoje problemi sa posebnim podrškama kod ove dodatne opreme.

Ova funkcija uz pomoć kamere koja slika radni komad iz više perspektiva, za koje se radi digitalna obrada slika koje se onda pretvaraju u model objekta u memoriji robotskog računala, odnosno slikanjem objekta prepoznaje (mjeri) mu dimenzije i položaj u prostoru. Zatim vrlo brzo korigira trajektoriju kretanja kuda se robot mora kretati za vrijeme zavarivanja.

Ova funkcija je zapravo pandan funkciji za traženje spoja, kada je to moguće, a može doprinijeti na još većoj produktivnosti u serijskoj proizvodnji. Podsjetimo da je upravo ova funkcija smanjila potrebu za dodirivanjem objekta kao kod funkcije za traženje spoja, čime se zapravo izbjegla mogućnost pojave problema povlačenja slobodnog kraja žice.

Mogućnosti ovog 2D vizijskog sistema dostupne su samo ako objekt nije u pokretu.

5.2. Digitalna obrada slike

Slika koja se dobije ovakvom kamerom je monokromatska uz 256 nijansi sive, rezolucija 512x480 ili 640x480 piksela.

Neki od posebnih algoritama za digitalnu obradu slike, kojom robot dobiva mjere objekta su: „GPM Locator Tool“, „Caliper Tool“, „Measurement Output Tool“, „Histogram Tool“, „Different Exposure Tool“, itd.

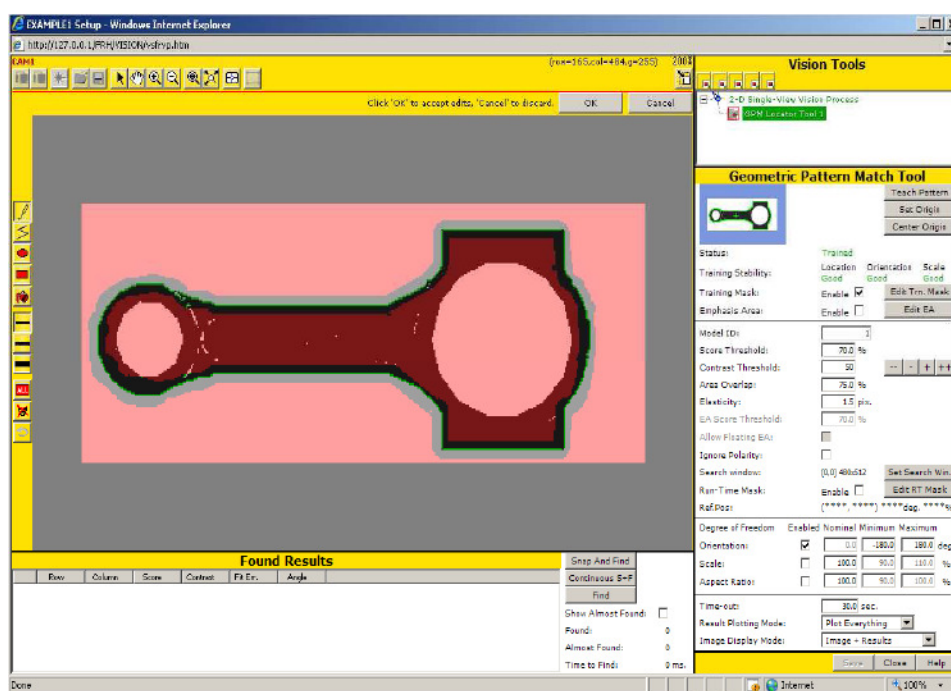
GPM (Geometric Image Pattern Matching) Locator Tool detektira razliku između nove i prethodno memorirane slike, a vrlo brzo detektira linearni pomak, rotaciju, povećanje i smanjenje dimenzije (Slika 8).

Caliper Tool mjeri udaljenost između dva ruba (Slika 9).

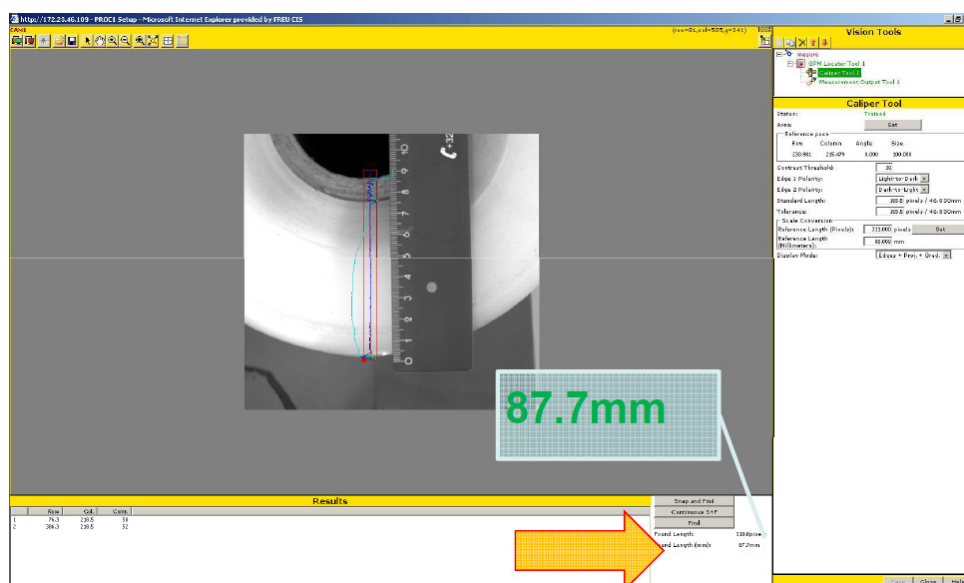
Measurement Output Tool pretvara vrijednosti dimenzije iz Caliper Tool-a u „vizijski“ registar, čije se vrijednosti mogu kopirati u „numerički“ registar, kako bi se slobodno koristile pomoću ručnog terminala (eng. Teach Pendant) (Slika 10).

Histogram Tool mjeri svjetlinu pojedine slike, kako bi se dobili prijelazi sivih tonova i time dobila kontrola nad detaljima na površini objekta (Slika 11).

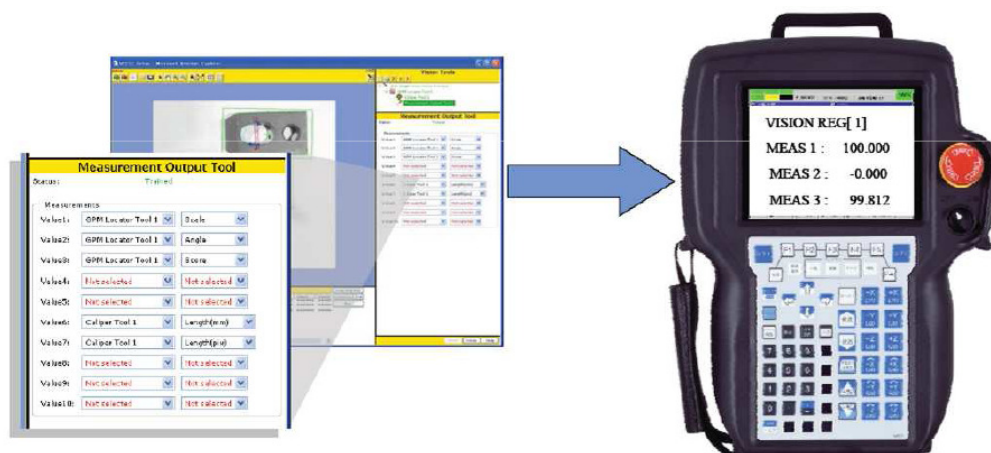
Different Exposure Tool automatski korigira ekspoziciju kako bi se kompenzirale varijacije u osvjetljenju okolnog ambijenta



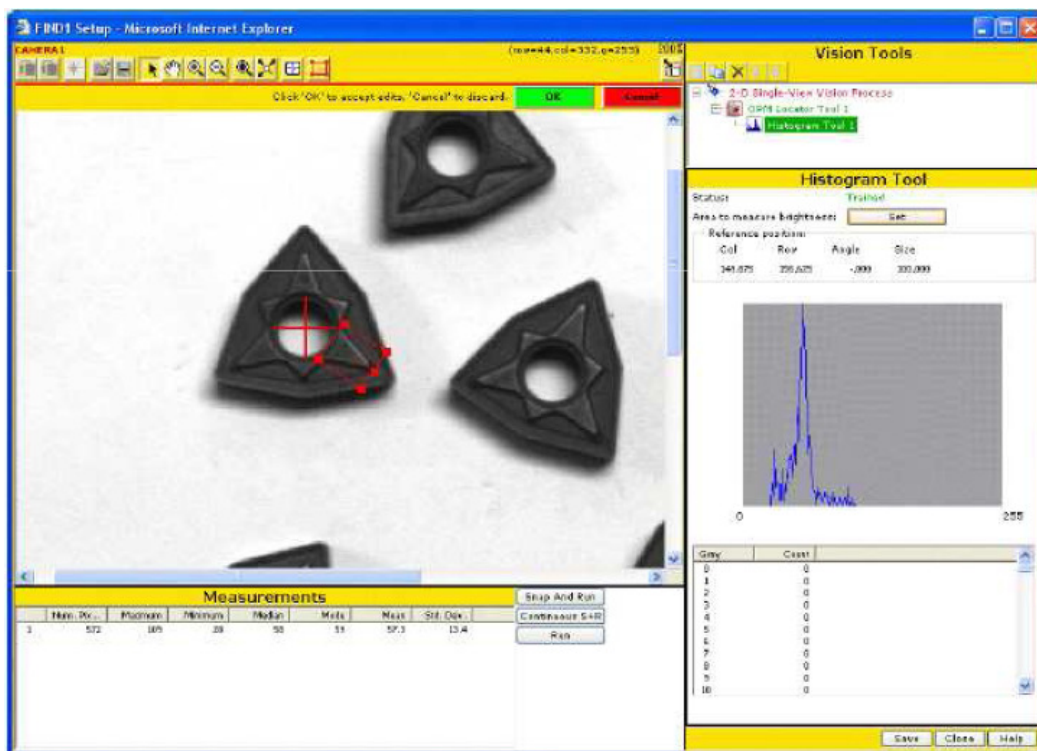
Slika 8. GPM Locator Tool



Slika 9. Caliper Tool



Slika 10. Measurement Output Tool



Slika 11. Histogram Tool

6. Zaključak

Kod FANUC robota u zavarivanju najznačajnije softverske funkcije koje se danas mogu koristiti su funkcija za traženje spoja, funkcija za praćenje spoja, funkcija za praćenje parametara električnog luka, te funkcija vizijskog 2D sistema (Slika 12).

Sve funkcije znatno olakšavaju i ubrzavaju rad kod serijske proizvodnje ili kod komada koji se povremeno ponavljaju, jer se znatno vremena uštedi na pripremu, odnosno „snimanje” objekta prije samog zavarivanja, dok su neke od funkcija isključivo u ulozi održavanja ili povećavanja kvalitete zavara, odnosno završnog proizvoda.



Slika 12. FANUC-Lincoln Electric u praksi