



## TRENING POSTUPAKA ZAVARIVANJA VIRTUALNIM SIMULATOROM – PRVI REZULTATI

### WELDING PROCEDURES TRAINING ON A VIRTUAL WELDING SIMULATOR – FIRST RESULTS

Josef KREINDL<sup>1)</sup>, Tomislav TUCMAN<sup>2)</sup>, Mirta SZÜGYI<sup>3)</sup>, Željko HABEK<sup>3)</sup>

**Ključne riječi:** virtualni simulator, zavarivanje, trening

**Key words:** virtual simulator, welding, training

**Sažetak:** Na početku rada opisan je virtualni simulator MAG postupka zavarivanja i njegove mogućnosti. Istraživanje je napravljeno s dvije skupine po 28 učenika. Svaki učenik je prošao tri osnovna treninga s četiri koraka. Prva skupina je osnovni trening prošla na virtualnom uređaju dok je druga skupina isti trening prošla na stvarnom MAG uređaju za zavarivanje. Analiziran je uspjeh skupina te izveden zaključak o opravdanosti uvođenja virtualnog simulatora u trening zavarivanja i procijenjena uloga simulatora u budućnosti.

**Abstract:** Virtual Welding Simulator for MAG procedure and its possibilities were described at the beginning of the paper. The research was done with two groups of 28 students. Each student went through three basic trainings containing four steps. The first group did the training on the virtual machine, whereas the second group did the same training on a real MAG welding machine. The success of both groups was analyzed, a conclusion was made as to how justifiable the introduction of the simulator into the welding training is, and its role in the future was estimated.

---

<sup>1)</sup> Fronius International GmbH, Buxbaumstrasse 2, 4600 Wels, Austria

<sup>2)</sup> Eurotehnika, Majstorska 11, Savica Šanci, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>3)</sup> Industrijsko-obrtnička škola, Eugena Kumičića 55, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska

---



## 1. UVOD

Trening zavarivača je skup i dugotrajan proces koji je opasan po zdravlje. Polazeći od zakonskih okvira koji u većini zemalja, upravo iz zdravstvenih razloga, ograničavaju početak profesionalnog rada zavarivača na 18 godina, postavlja se logično pitanje kada početi s obukom i kako privoljeti mlade ljude da se bave tim zanimanjem? Samo kratka analiza tržišta rada pokazuje da se na području zavarivanja i rezanja u Europi pojavljuje nedostatak zavarivača što je kvantificirano kroz desetak tisuća natječaja s najmanje duplo većim brojem zavarivača<sup>1)</sup>.

Osim toga, za zavarivačku obuku potrebno je osigurati znatna financijska sredstva. Osnovni materijal, dodatni materijali, električna energija, zaštitni plinovi, uređaji za zavarivanje i faktor vremena bitni su čimbenici kada se određuje cijena koštanja edukacije zavarivača. Poznato je naime, da je za obuku zavarivača za zavarivanje jedne vrste materijala u jednom položaju zavarivanja potrebno 60 sati treninga u zavarivačkoj kabini što potvrđuje tezu iz prve rečenice ovog odjeljka.

Primjena vrhunskih tehnologija dovela je u svijet zavarivanja virtualne simulatore koji znatno olakšavaju proces učenja. Iako, kao i kod primjene svih novih tehnologija, postoje određeni otpori i nastoji se zadržati tradicionalno, dolazi vrijeme sve veće primjene simulatora u obuci zavarivača.

Uvažavajući sve prethodno navedene činjenice, Industrijsko-obrtnička škola Slavonski Brod kupila je uređaj Fronius Virtual Welding. Budući da se radi o novoj tehnologiji, odluka o kupovini uređaja nije se temeljila na relevantnim činjenicama, nego na slijedećim pretpostavkama:

1. Obuku zavarivača u određenom opsegu moguće je obaviti u laboratorijskim ili učioničkim uvjetima čime se podižu ekološki standardi u učenju i okolini te štiti zdravlje učenika,
2. Računalna tehnika i virtualna realnost danas su sastavni dio okruženja učenika. Sva zanimanja u kojima obrazovanje ima doticaj, danas se ubrajaju u atraktivna zanimanja.
3. Što je duža primjena simulatora u pripremi za stvarne uvjete zavarivanja to su manji troškovi treninga (proizvođač kaže do 25 %).

Svrha ovog rada je analiza prednosti i nedostataka rada sa simulatorom nakon njegovog korištenja u tijeku cijele školske godine 2010./2011.

## 2. OPIS UREĐAJA I NAČINA UČENJA

Uređaj radi na principu magnetskog polja koje pomoću ugrađenih senzora detektiraju položaj gorionika i radnog komada i vizualiziraju ih na LCD ekranu i VR-naočalama<sup>2)</sup> (3D naočalama) ugrađenim u zaštitnu masku (slika 1). Virtualno zavarivanje se vrši na modelima koji odgovaraju standardnim epruvetama za zavarivanje i položaju zavarivanja koji se uvježbava.

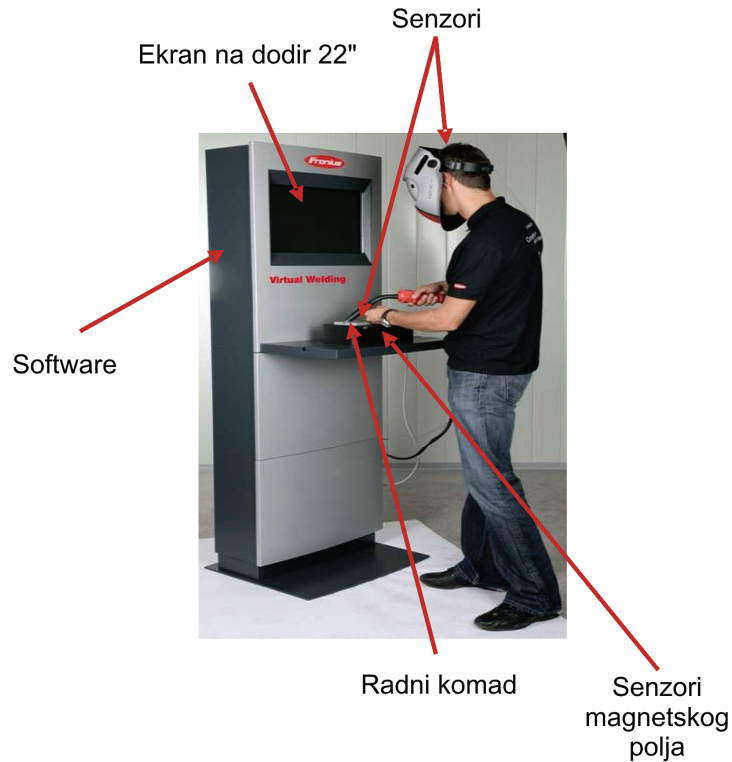
Didaktički koncept softvera sastoji se od dva dijela: koncepta treninga i koncepta simuliranja (slika 2).

Koncept treninga (slika 3) sastoji se od tri treninga:

1. trening rukovanja gorionikom u smislu točne brzine zavarivanja
2. trening rukovanja gorionikom u smislu točne brzine zavarivanja uzimajući u obzir i dužinu slobodnog kraja žice (visina električnog luka), i
3. trening točne brzine zavarivanja, visine električnog luka te kuta nagiba gorionika.

<sup>1)</sup> Izvor: EURES: The European Job Mobility Portal

<sup>2)</sup> VR – virtualna realnost



Slika 1.



Slika 2.



Slika 3.

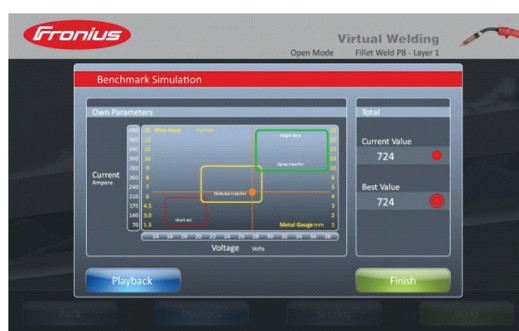


Slika 4.

U konceptu treninga virtualni instruktor (kružić oko gorionika ili strelica u simetrali gorionika) pomoću boje (zelena=dobro, crvena=loše) pokazuje što zavarivač treba činiti. On ponavlja trening sve dok se ne ustalili na ili iznad minimalne granice bodova koja je zadana kurikulumom.

Koncept simuliranja je simulacija stvarnog zavarivanja nakon kojeg se u vizualnom polju dobije zavar blizak stvarnome (slika 4), ustvari to je vježbanje procesa zavarivanja kroz nepromjenjive i idealne parametre zavarivanja.

Uređaj ima mogućnost video analize koja mu daje mogućnost analize upravo završenog treninga u smislu korektivnih akcija za novi trening. Postoji također mogućnost vježbanja biranja parametara zavarivanja i biranje pravilnog odnosa napona i struje zavarivanja i biranje odgovarajućeg luka za zavarivanje (slika 5).



Slika 5.

### 3. ISPITIVANJE UTJECAJA VIRTUALNOG ZAVARIVANJA NA TRENING ZAVARIVAČA

Istraživački zadatak je postavljen tako da je potrebno potvrditi hipotezu da se uvođenjem virtualnog zavarivanja u trenažni proces postiže brža obuka, dobiju kvalitetniji zavarivači uz znatan doprinos ekologiji i zdravstvenoj zaštiti.

#### 3.1. Istraživanje

##### 3.1.1. Istraživački kurikulum

- Naziv kurikuluma: "Osnovni IOŠ"
- Postupak zavarivanja: MAG – 135

Treninzi:

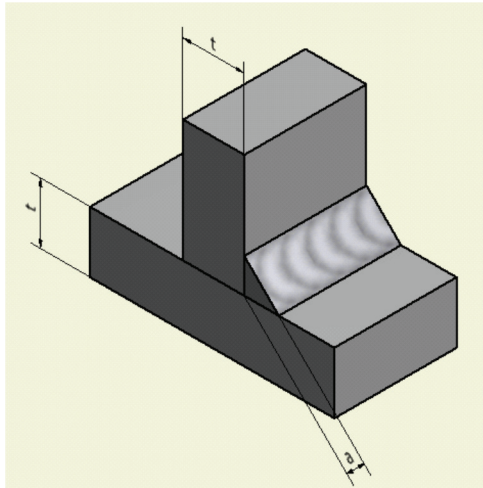
- 1. trening: Vrsta spoja – kutni spoj  $a=4$ , jedan sloj, položaj zavarivanja: PB (slika 6)
- 2. trening: Vrsta spoja – sučeljeni V spoj, jedan sloj, položaj zavarivanja: PA (slika 7)
- 3. trening: Vrsta spoja – sučeljeni V spoj, 2 sloja, položaj zavarivanja: PA.

Svaki trening sastoji se od 4 koraka:

1. korak: vježbanje rukovanja gorionikom u smislu točne brzine zavarivanja,
2. korak: vježbanje rukovanja gorionikom u smislu točne brzine zavarivanja uzimajući u obzir slobodni kraj žice,
3. korak: vježbanje rukovanja gorionikom u smislu točne brzine zavarivanja uzimajući u obzir slobodni kraj žice i kut nagiba gorionika,

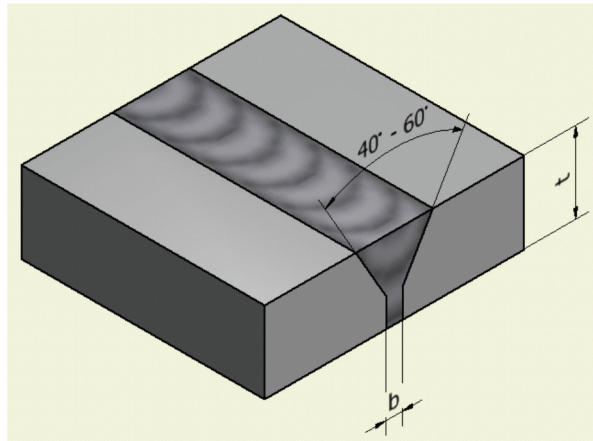


4. korak: vježbanje procesa zavarivanja kroz nepromijenjene i idealne parametre zavarivanja.



$a = 4, t = 10 \text{ mm}$

Slika 6.



$t = 10 \text{ mm}, b = 2 \text{ mm}$

Slika 7.

Princip rada je takav da se na slijedeći korak ne prelazi dok se ne prijeđe bodovni prag zadan kurikulumom (50 %).

Kurikulum provode dvije skupine učenika u Praktikum zavarivanja Industrijsko-obrtničke škole Slavonski Brod.

Prva skupina su učenici prvog razreda bez iskustva u zavarivanju. Njihov zadatak je trenirati na virtualnom uređaju za zavarivanje FRONIUS Virtual Welding i nakon toga prijeći na stvarne uvjete zavarivanja na uređaju ESAB.

Druga skupina su učenici drugog razreda s iskustvima u REL zavarivanju s već usvojenim načinom treniranja na stvarnom uređaju. Njihov zadatak je treniranje na uređaju za MAG zavarivanje ESAB i izrada probnog uzorka na istom uređaju.

Vremenski period treninga diktirala je prva skupina. Trening bi se prekidao u obje skupine onog trenutka kada zadnji član prve skupine na simulatoru bodovno prijeđe zadani prag.

Slijedeća faza za obje skupine bila je izrada probnog uzorka na uređaju za zavarivanje ESAB na principima atestiranja zavarivača. Svih 56 učenika radilo je na istovjetnom uzorku, istu vrstu zavara sa samostalno izabranim parametrima zavarivanja.

### 3.1.2. Rezultati

Cjelokupno istraživanje provela su dva tima nastavnika i stručnih učitelja.

Zadatak prvog tima bio je asistiranje učenicima pri izradi uzoraka na uređaju ESAB i označavanje uzoraka odgovarajućom brojčanom oznakom.

Zadatak drugog tima bio je ocjenjivanje uzoraka. U svom radu, ocjenjivački tim nije imao nikakve poveznice s izradom uzoraka. Dodijeljena ocjena povezana je s brojčanom oznakom uzorka. Ocjena je davana vizualnom metodom kroz četiri elementa: povezivanje zavara s osnovnim materijalom, poroznost, zajedni i ukupna ocjena zavara. Raspon ocjena je od ocjene 1-loše do ocjene 5 – izvrsno bez primjedbi.

**Probni uzorci prve skupine učenika**



Slika 7. Probni uzorak kutnog spoja



Slika 9. Probni uzorak sučeljenog  
V spoja – 2 sloja



Slika 12. Probni uzorak sučeljenog  
V spoja – 1 sloj

**Probni uzorci druge skupine učenika**



Slika 8. Probni uzorak sučeljenog  
V spoja – 1 sloj



Slika 11. Probni uzorak kutnog spoja



Slika 13. Probni uzorak sučeljenog  
V spoja – 2 sloja

Nakon grupiranja rezultata po treninzima i koracima, dobiveni podaci su statistički obrađeni.

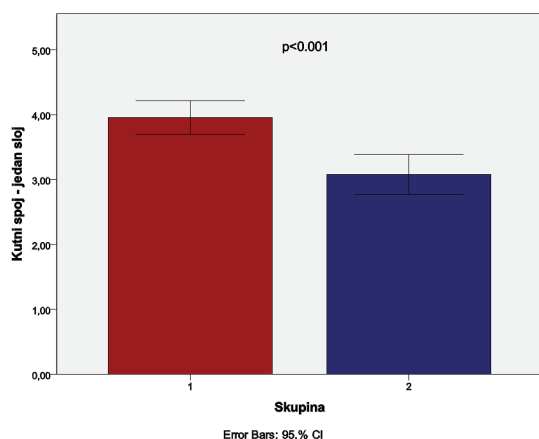
Statističke metode: prilikom obrade podataka srednje vrijednosti ocjena uspoređene su dvosmjernim t-testom za nezavisne uzorke. Vrijednost p varijable manje od 0,05 smatrala se statistički značajnom. U analizi podataka koristio se IBM SPSS Statistic softver, verzija 19.

Rezultati su prikazani u sljedećoj tablici:

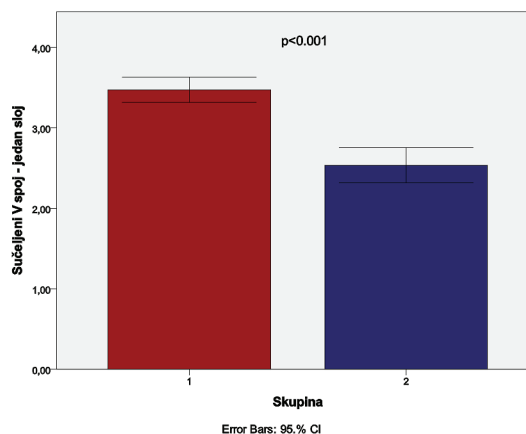
	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b><i>p</i> vrijednost</b>
Kutni spoj – 1 sloj	3,96 (3-5)	3,08 (2-4,25)	$p < 0,001$
Sučeljeni V spoj – 1 sloj	3,47 (3-4)	2,54 (2-3,75)	$p < 0,001$
Sučeljeni V spoj – 2 sloja	3,91 (3-5)	3,04 (2-4,5)	$p < 0,001$
Ukupna ocjena:	3,79 (3-4,67)	2,89 (2-4,17)	$p < 0,001$

Sve vrijednosti prikazane su kao srednja vrijednost skupine te raspon u zagradi

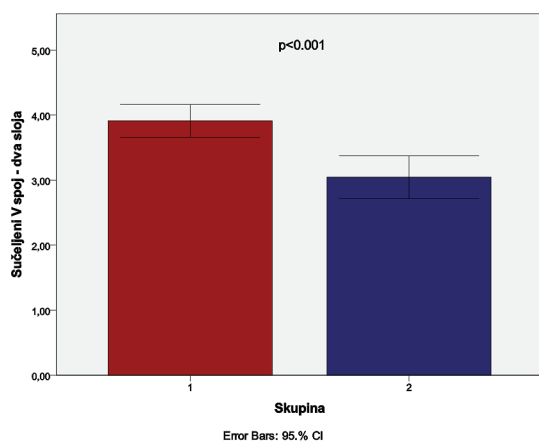
Grafički prikaz rezultata:



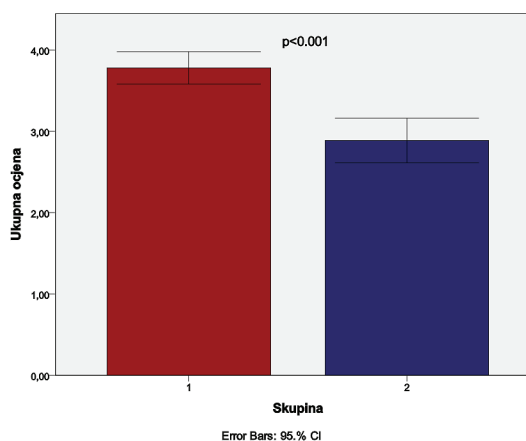
Slika 14. Kutni spoj – jedan sloj



Slika 15. Sučeljeni V spoj – jedan sloj



Slika 16. Sučeljeni V spoj – 2 sloja



Slika 17. Ukupna ocjena

Budući da je u svim segmentima statističke obrade podataka vrijednost  $p$  varijable manja od 0,001 smatra se statistički značajnom, što znači da je potvrđena opravdanost uvođenja simulatora zavarivanja u obuku zavarivača.

#### 4. ZAKLJUČAK

Istraživanje je potvrdilo opravdanost uvođenja simulatora zavarivanja u praktičnu obuku zavarivača. Pri tome je potrebno napomenuti kako virtualno zavarivanje ni u kom slučaju ne umanjuje vrijednost obuke zavarivača u stvarnim uvjetima. Virtualnim zavarivanjem



uvježbava se motorika zavarivanja i stječu se saznanja o stvarnom postupku zavarivanja. S druge strane, promatrajući postupak zavarivanja s psihološkog aspekta znatno je lakše trenirati u uvjetima koji nisu povezani s pojavama bljeskova, visoke temperature radnih komada, raznih oblika zračenja itd. Međutim, naše je zapažanje, da se treninzi na virtualnom uređaju moraju održavati u radioničkim uvjetima, što znači kako zavarivač na sebi mora imati kompletnu zavarivačku opremu, te da se virtualno zavarivanje mora odvijati gledanjem kroz masku, a ne gledanjem u ekran. Jedino na ovakav način, virtualno zavarivanje se može približiti stvarnim uvjetima zavarivanja. Ovo je istraživanje rađeno upravo na taj način, što pokazuju i potvrđuju dobiveni rezultati.

Uvođenje virtualnog zavarivanja u obuku zavarivača je neosporna činjenica potvrđena smjernicama Međunarodnog instituta za zavarivanje. Iako je u tim smjernicama maksimizirano učešće virtualnog zavarivanja u treningu zavarivača na 20 %<sup>3)</sup>, ono je podložno provjeri jer se radi o potpuno novom načinu treninga. Bitno je stoga napomenuti potrebu za optimalizacijom odnosa virtualnog i stvarnog zavarivanja u obuci zavarivača, kako bi se utvrdio stvarni odnos virtualnog i realnog treninga i na kraju stvarnih ekonomskih efekata. Ti efekti su neosporni ali njihova razina je za sada na teorijskim pretpostavkama.

## 5. LITERATURA

- [1] Fronius International GmbH: "Training document", SUP07 Virtual Welding, Version 03 06/2010 jk
- [2] Kreindl, J. "Virtual welding ein modernes, innovatives Simulationssystem für die Aus- und Weiterbildung in der Schweißtechnik", Fronius International GmbH, 2010.
- [3] Heston, T. "Virtually welding: Training in a virtual environment gives welding students a leg up" FMA thefabricator.com, 2008.  
<http://www.thefabricator.com/article/arcwelding/virtually-welding>
- [4] Fast, K.; Gifford, T.; Yancey R.: "Virtual Training for Welding"  
<http://doi.ieeeecomputersociety.org/10.1109/ISMAR.2004.65>
- [5] Kobayashi, K.; Ishigame, S.; Kato H.: "Simulator of Manual Metal Arc Welding with Haptic Display" ICAT 2001, December 5 – 7, Tokyo, Japan [www.ic-at.org/papers/01175.pdf](http://www.ic-at.org/papers/01175.pdf)
- [6] "Minimum Requirements for the Education, Training, Examination and Qualification of International Welder", Guideline of the International Institute of Welding, IAB-089r4-10 Draft 1, IIW, June 2010

<sup>3)</sup> "Minimum Requirements for the Education, Training, Examination and Qualification of International Welder", Guideline of the International Institute of Welding, IAB-089r4-10 Draft 1, IIW, June 2010, str. 27/106.