

Obisk študentov Fakultete za strojništvo v podjetju Fronius v Welsu v Avstriji

Na povabilo predstavnikov avstrijskega podjetja Fronius so naši študentje Fakultete za strojništvo (iz varilske smeri na obeh smereh študija po starem študijskem programu) v dneh od 28. do 29. marca obiskali podjetje Fronius v Avstriji in si ogledali njihovo razvojnoraziskovalno delo in proizvodnjo. Na obisku je bilo 34 študentov skupaj z asistentom in laborantom ter predstavnik naše ustanove.

To svetovno priznano varilsko podjetje je za vse naše obiskovalce plačalo tudi prenočitev v hotelu v Welsu, bogato samopostrežno večerjo s pijačo in drugi dan kosilo v podjetju. Sami študenti so plačali le prevoz z avtobusom iz Ljubljane. Prvi dan ekskurzije pa so organizirali tudi ogled Salzburga.

Študenti so si v torek dopoldne do kosila ogledali prostore in dejavnosti na lokaciji v mestu Wels. Ogledali so si pet demonstracijskih mest s petimi različnimi varilnimi procesi. Za tem pa smo se odpeljali v 20 km oddaljeni Sattledt, kjer smo si ogledali proizvodnjo panelov s fotovoltaikami za proizvodnjo električne energije. Na *sliki 1* so prikazani paneli, nameščeni na njihovi proizvodni hali.

Kratek opis zgodovine Froniusa

Podjetje Fronius je v manjšem avstrijskem kraju Pettenbach ustanovil Günter Fronius leta 1945. Prva njihova proizvodnja so bili polnilci za akumulatorje in varilni transformatorji. Na *sliki 2* je prikazan eden izmed njihovih prvih varilnih transformatorjev, pri katerem se je jakost toka regulirala brezstopenjsko z magnetnim jarmom.

Prve varilne usmernike so izdelovali že leta 1955. Leta 1972 se je podjetje preselilo v Wels. Pomembno je leto

1980, ko postane vodja Klaus Fronius, in leto 1982, ko prvi na svetu pričnejo z vgradnjo tranzistorne in inverterske tehnologije v vire toka za obločna varjenja. Leta 1988 so se preselili v Wels na današnjo lokacijo. Eno njihovih pomembnejših odkritij v tistem času je bilo varjenje TIME (Transfer Ionizing Molten Energy). To je postopek visoko produktivnega varjenja MAG, pri katerem se za zaščito taline vara uporabi štirikomponentna mešanica plinov (CO_2 , Ar, O_2 , He). Pogon varilne žice je bil izveden s štirimi pogonskimi kolesčki, kar je zagotavljalo enakomeren in miren (brez tresljajev) dovod žice v varilni oblok. V eni uri je s tem postopkom možno pretaliti tudi do 20 kg dodatnega materiala. Postopek TIME je v začetku devetdesetih let predstavljal pravo revolucijo pri obločnem varjenju s tanko žico. V minulih dveh desetletjih so bile na to temo opravljene številne raziskovalne naloge v različnih delih sveta. V sami firmi Fronius pa so razvili tudi postopek Time Twin Digital, kar pomeni, da se vari s postopkom TIME z dvema žicama istočasno. Danes pa se ime TIME za visoko produktivno varjenje redkeje uporablja. Ugotovilo se je, da

ni bistvo postopka TIME v štirikomponentni mešanici, kot je bilo mišljeno ob predstavitvi, ampak v zelo stabilnem in enakomernem dovajanju varilne žice v varilni oblok, ki zaradi stabilnih pogojev gori izjemno stabilno z enako dolžino in z odtaljevanjem enako velikih kapljic v enakih časovnih presledkih. Vse to vpliva na stabilen proces varjenja skoraj brez brizganja in tudi na kakovost zvarov in zvarnih spojev.

Po letu 1990 se je podjetje odprlo v svet. Že leta 1991 so v Kijevu v Ukrajini odprli svojo prodajalno in proizvodnjo varilnih naprav. Že leto za tem so na Češkem prav tako odprli prodajalno in proizvodnjo. Leta 1993 so v svoje naprave kot prvi na svetu začeli vgrajevati mehko logiko za kontrolo in nadzor varilnih parametrov. Leta 1995 so na trg lansirali najlažji inverterski vir toka za obločno varjenje z oplaščeno elektrodo. Istega leta so začeli z izdelavo fotovoltaike za proizvodnjo električne energije iz svetlobne energije. Kot prvi so v varilne naprave in kontrolo varilnih parametrov vnesli digitalno tehniko v povezavi z mehko logiko. Leta 2000 se je podjetje ločilo v štiri



Slika 1. Nameščeni paneli s fotovoltaikami na strehi proizvodne hale



Slika 2. Eden izmed prvih varilnih transformatorjev z začetka petdesetih let, krmiljen brezstopenjsko z magnetnim jarmom

divizije, med katerimi je varilska tehnologija najboljšejša. Pomembno je leto 2001, ko so prvi na svetu razvili enotno varilno glavo in varilni postopek, imenovan hibridno varjenje. Postopek je sestavljen iz varjenja MAG/MIG in iz laserskega varjenja. Z varilno glavo za hibridno varjenje, ki je prikazana na sliki 6, je možno doseči hitrosti varjenja do 9 m/min. Približno v istem času je Fronius varilskemu trgu ponudil nov inverterski vir toka za obločna varjenja.

Na ameriškem trgu so začeli prodajati leta 2002.

Pravo revolucijo pa naredijo leta 2004, ko na trgu predstavijo in ponudijo postopek varjenja, imenovan

CMT (Cold Metal Transfer). To je različica postopka MAM/MIG, pri katerem varilna žica potuje naprej in nazaj, kar omogoča relativno hladno varjenje in zato tudi tako ime postopka. Postopek je shematsko prikazan na sliki 4.

Leta 2006 ponudijo trgu novo napravo z inovativnim sistemom za uporovno točkovno varjenje z gibajočim trakom. Imenujejo ga DeltaSpot.

V zadnjih letih stalno razvijajo nove produkte in tehnologije, izboljšujejo stare in širijo prodajo in proizvodnjo tudi v druge države in na druge kontinente. Na tem mestu bi omenil simulator za virtualno učenje varilcev, nove zmogljivejše inverterske vire toka in pa dvodelno kontaktno šobo za varjenje MAG/MIG, ki zagotavlja stabilnejše varjenje in daljšo uporabno dobo od klasične enodelne kontaktne šobe.

Eksplozivne varilne enote v podjetju Fronius

Podjetje je izjemno razvojno in razi-

skovalno usmerjeno. Seveda pa tudi tržno, če želi biti poslovno uspešno. Svoje produkte in storitve za trg bodočim kupcem praktično prikažejo in prilagodijo njihovim potrebam. Podjetje ima za obiskovalce in poslovne partnerje pet pomembnejših enot za demonstracije eksperimentalnega varjenja. Tudi med našim obiskom je bilo tako.

Študente sta na vhodu pričakovala predstavnika Froniusa iz Avstrije in zastopnik Froniusa za Slovenijo. Osnovne informacije o poslovanju podjetja, zaposlenih, proizvodnji in podobnem so študenti dobili že v avli na vhodu v podjetje. Nato so se razdelili v štiri skupine za ogled posameznih demonstracijskih točk.

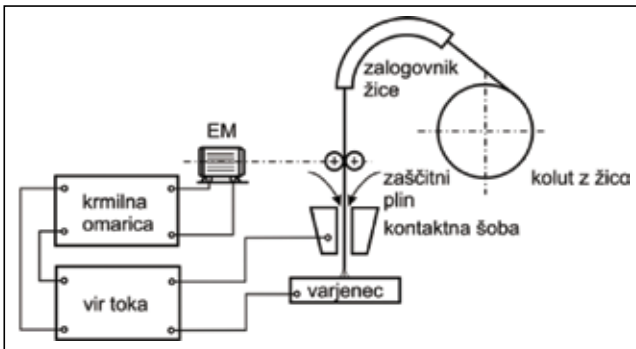
Sam sem bil v skupini, ki si je najprej ogledala virtualno učenje varjenja na simulatorju obločnega varjenja. Napravo in princip njenega delovanja so naši študenti že poznali, saj jo je Fronius že dvakrat v zadnjem letu posodil Fakulteti za strojništvo za učenje študentov. Naprava je sestavljena iz posebne induktivne enote, iz virtualnega gorilnika, ekrana in namenske računalniške enote, ki ovrednoti, shranjuje in beleži pridobljene podatke. Podatek pa je lega gorilnika, ki ga učenec vodi po varjencu oziroma v primerni razdalji od njega med virtualnim učenjem. Učenec mora za dober rezultat čim bolj enakomerno s primerno hitrostjo in primerno razdaljo voditi gorilnik po varjencu. Ta naprava se razlikuje od drugih naprav po fizikalnem principu, na katerem deluje. Nekatere druge naprave delujejo na principu odboja ultrazvoka in druge na odboju svetlobe, medtem ko ta deluje na principu spremembe induktivnosti pri spremembi razdalje ali pa pri spremembi hitrosti premikanja. Edina slabost tega principa je v motenju induktivnosti v virtualnem varjencu z različnimi električnimi napravami v bližini simulatorja med samim učenjem.

Študenti so poslušali razlago predstavnika podjetja in se kasneje tudi sami preizkusili v tej zahtevni veščini.

Naprava, ki je prikazana na sliki 3, je primerna za učenje varilca v stoječi



Slika 3. Naprava za virtualno učenje obločnega varjenja



Slika 4. Shematski prikaz naprave za varjenje po postopku CMT (Cold Metal Transfer)

legi. Poznana pa je tudi verzija za varjenje v drugih legah.

Na drugi eksperimentalni točki smo si ogledali varjenje CMT (Cold Metal Transfer), ki je izboljšana verzija varjenja MAG/MIG. Shema naprave in postopka je prikazana na *sliki 4*. Kot smo že zapisali, je postopek poznan slabo desetletje. Naprava pa je na trgu dobrih pet let. Veliko pove podatek, da je bilo v razvoj naprave in postopka vloženi 39 človeka/let. V tem času pa so razvili že izboljšano verzijo, ki jo imenujejo CMT advance in omogoča varjenje z minus polom na elektrodi, kar poveča talilni učinek, zniža količino vnesene energije v varjenec in izboljša produktivnost.

Na prvi pogled je podobna opremljenosti za varjenje MAG/MIG ali pa za spajkanje MIG. Bistvena in zelo pomembna razlika je v posebni dodatni enoti, ki jo imenujemo zalogovnik žice, in v namenski napravi za pogon žice. Sinergetski vir toka omogoča varjenje z enosmernim tokom s tokovnimi pulzi (tokovnimi utripi) različnih oblik. Pri najnovejši napravi

poljubno frekvenco in s poljubno amplitudo na pozitivni in na negativni polperiodi. Vir toka je povezan s krmilno omarico, s kolutom za žico, z zalogovnikom žice, z računalniško enoto in s cevnim paketom. Posebno enoto predstavlja sistem za pogon žice. Ta omogoča premik žice naprej in nazaj. Frekvenca nihanja pogona žice je nastavljiva od 50 do 70 Hz pri klasičnih napravah, pri novejših pa celo do 120 Hz. Ta sistem ima, kot smo že omenili, poseben cevni sistem z zalogovnikom žice (glej *sliko 4*), v katerem se ta »shrani« za tisti čas, ko se pomika nazaj. To pomeni, da kolut žice ni obremenjen s pomikom naprej in nazaj.

S spreminjanjem pomika žice naprej in nazaj se spreminja električna upornost v celotnem tokokrogu. Ko se žica med spajkanjem dotakne obdelovanca, se ustavi in pomakne nazaj. S tem se poveča upornost v obloku in skozi žico in oblok teče manjši tok. Vse to pa pomeni, da se v varjenec ali v spajkanec vnese manj energije in da je »uvar« zelo nizek.

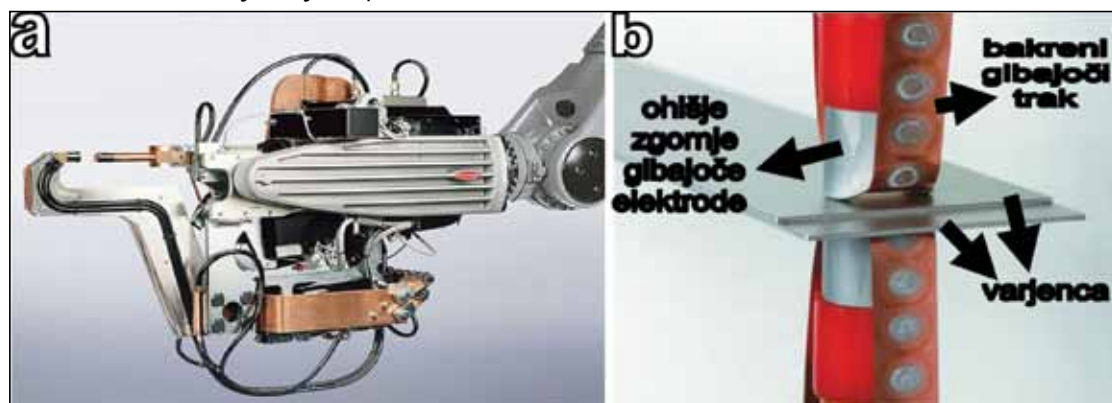
pa je celo možno variti z obema poloma električnega toka. Ta novejša naprava omogoča, da se oblok vžge s plus polom na elektrodi in se v nadaljevanju preklopi, da se vari z negativnim polom na varilni žici ali pa z izmeničnim tokom s skoraj

Postopek je primeren za varjenje zelo tankih materialov, za spajkanje in premoščanje špranj pri izdelavi korenskega vara. Zavedati se moramo, da postopek CMT ni visoko produktiven in ni primeren za zalivanje večjih varilnih špranj.

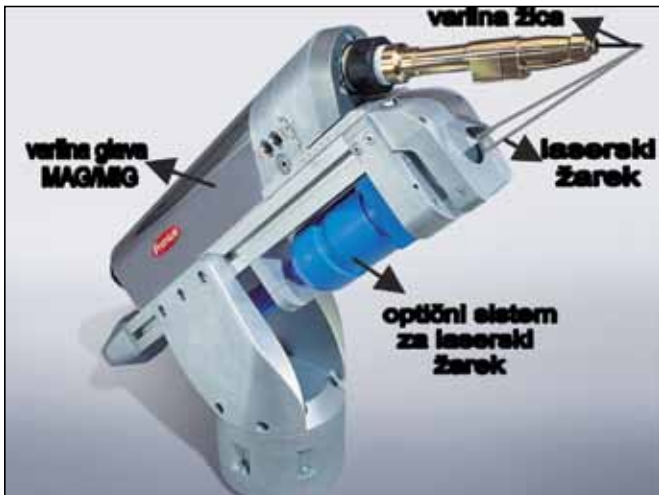
Na naslednji postaji je bilo predstavljeno uporovno točkovno varjenje s premikajočim trakom.

To je prav gotovo ena večjih in pomembnejših inovacij na področju uporovnega varjenja v zadnjih desetletjih. Trak, izdelan iz bakrove ali pa tudi druge zlitine, kar pa v podjetju ne povedo, je nameščen med varjenecem in elektrodo. Po vsaki zavitvi točke se trak premakne tako, da se ponovna točka izdela čez »sveži« trak. Trak je izredno tanek, da se na eni strani prilagodi površini varjenca, na drugi pa elektrodi. Tudi elektroda je v samem ohišju nihajoča. Pri izdelavi vseh komponent gre za visoko vrhunsko tehnologijo, da se preko vseh površin in stikov prevaja visoka jakost toka brez brizganja ali oprijemanja. Oprema za opisani postopek je prikazana na *sliki 5*. Na *sliki 5a* vidimo varilne klešče z inverterskim virom toka, s servomotorjem za zapiranje in odpiranje klešč in del robotske roke, na kateri so nameščene varilne klešče.

Slika 5b pa prikazuje spodnjo in zgornjo elektrodo z dvema varjencema s tankim gibajočim se trakom in z ohišjem, v katerem so elektrode za uporovno varjenje. Na tej sliki lahko ugotovimo, da je trak izdelan iz bakra. V praksi pa uporabljajo tudi trakove



Slika 5. Oprema za uporovno točkovno varjenje z gibajočim se trakom, imenovanim varjenje Delta-Spot; a – varilne klešče z vso potrebno opremo, b – namestitev elektrod med varjenjem dveh tankih varjencev



Slika 6. Varilna glava za hibridno varjenje, sestavljena iz varilne glave za varjenje MAG/MIG in iz optičnega sistema za krmiljenje laserskega žarka

pomembnejšimi deli prikazana na sliki 6. Za prvo hibridno varjenje se je uporabilo lasersko varjenje in varjenje MAG. To je danes v praksi tudi

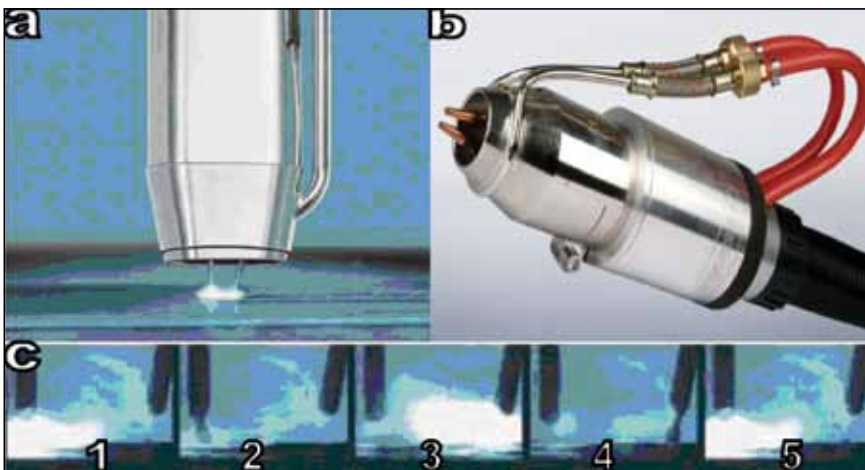
iz varilne žice, da se tvori zvarni spoj. Za hibridno varjenje pa lahko uporabljamo tudi druge kombinacije. V praksi se uporabljajo kombinacije

najbolj pogosto uporabljen postopek. Varijo se predvsem daljši varjenci iz različnih vrst jekel. V smeri varjenja najprej potuje laserski žarek, s katerim se izdelata korenski varek. Takoj za njim pa varimo MAG s taljivo elektrodo. Korenski varek se komaj strdi, ko v zvarni žleb dovedemo raztaljene kapljice

laserskega varjenja in varjenja TIG ali MIG ter laserskega varjenja in varjenja s plazmo.

Zadnja demonstracija, ki smo si jo ogledali, je bilo varjenje z dvojno žično elektrodo v zaščitnem plinu.

Postopek prikazuje slika 7. Z oznako **a** je prikazan princip varjenja, z oznako **b** nekaj posnetkov s hitrotekočo kamero, s **c** pa ena izmed izvedb varilnih glav za varjenje z dvojno žično elektrodo. Pri tem varjenju se uporabljata dva vira varilnega toka, ki sta med seboj usklajena, da nekaj časa varilni tok teče po eni žici in nato po drugi. Ko teče po eni žici varilni tok, teče po drugi samo osnovni za vzdrževanje obloka. Na posnetku na sliki 7c1 vidimo, da varilni oblok gori na levi žici in na desni le pilotni oblok za vzdrževanje taline na žici. Na naslednjem posnetku vidimo, da se je na levi žici odtrgala kapljica, ki potuje iz žice v talino vara. Posnetek z oznako 7c3 kaže, kako je oblok zagorel na desni žici. V tem trenutku teče po levi žici le osnovni tok. In že v naslednjem trenutku (slika 7c4) se iz desne žice odtrga kapljica in potuje v talino vara. Posnetek 7c5 pa je podoben posnetku 7c1, ker se je celotni cikel že zavrtel.



Slika 7. Varjenje z dvojno žično elektrodo v zaščitnem plinu ali plinski mešanici; a – prikaz procesa varjenja, b – zunanji videz varilne glave, c – posnetki s hitrotekočo kamero med varjenjem z dvojno žično

Prednost postopka v primerjavi z varjenjem z eno žico je predvsem v hitrosti varjenja in v visoki produktivnosti.

Študenti so bili z obiskom izjemno zadovoljni. Videli so vrhunske naprave, ki se danes uporabljajo za najkakovostnejše varjene produkte v vseh vejah industrije. Zadovoljstvo študentov se vidi tudi na fotografiji (slika8).



Slika 8. Fotografija naših študentov pred proizvodnimi prostori Froniusa

Ob tej priliki se predstavniku Froniusa v Avstriji in v Sloveniji, predvsem g. Pečlinu, v imenu študentov in vodstva Fakultete za strojništvo v Ljubljani za organizacijo obiska lepo zahvaljujem.

Prof. dr. Janez Tušek, UL, Fakulteta za strojništvo