

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 24 / 2018 / 4 / Avgust

Kalibracija linearnih
osi CNC-strojev

Toplotna obdelava vara
iz maraging jekla

Korekcijska očala v
ergonomiji

Vzdrževanje
hidravličnih naprav

Elektronske rešitve

SMARTDRIVE™

*Za hidrostatični pogon, ki opravlja
natančno tisto, kar zahtevate...*

KRMILNA PALICA



ARMATURNI PLOŠČA

- smer
- vožnja/delo
- način dela/hitrost motorja
- parkirna zavora
- krmiljenje vožnje
- nadzor spodsavanja

ZAVORNI VENTIL
- zaznavalo tlaka



ZAZNAVALO
HITROSTI

SPREMINJANJE
HITROSTI

PROTIZDRSNI
VENTIL

MOTOR

- TANDEM ČRPALKA
z SA krmiljem
- krmiljenje iztisnine
 - potenciometer povratne zveze
 - zaznavalo hitrosti
 - zaznavalo omejevalnika moči

KRMILNIK
SD Premier



POCLAIN
Hydraulics



PROTIZDRSNI VENTIL

POCLAIN
Hydraulics

www.poclain-hydraulics.com

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

OPL

OLMA
LUBRICANTS

Parker

IMI
Precision Engineering

MIEL OMRON
www.miel.si

S3C
pnevmatika | hidravlika

VISTA
HIDRAVLIKA

ppt commerce

Širok nabor hidravličnih ventilov

- Za odprte in zaprte tokokroge
- Zasnovani za delovanje z visokim tlakom in tokom
- Optimirani za delovanje s Poclain Hydraulics sistemi

> Ventili za zaprte tokokroge

→ Ventili za zagotavljanje oprijema koles

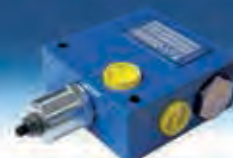
- Ventili za preprečevanje zdrsavanja
- Delinski teki
- "twilock" ventili



→ Ventili za prosti tek



→ Ventili za izpiranje tokokroga



> Ventili za odprte tokokroge

→ Protipovratni ventili



→ Tlačni ventili



→ Tokovni ventili



→ Potni ventili



> Ventili za zavore

→ Ventili za proženje zavore (zašilinske/parkirne in delovne zavore)



→ Ventil za polnjenje akumulatorja



→ Kompaktni multifunkcijski ventil (proženje zavore in polnjenje akumulatorja)



> Namenski krmilni bloki

- Ventili za odprte in zaprte tokokroge so lahko integrirani v kompakten blok, ki celovito izvaja želeno funkcijo hidravličnega krmiljenja.



IZOBRAŽEVANJA V NOVEM ŠOLSLEM LETU



S septembrom se prične novo šolsko leto in z oktobrom novo študijsko leto. Učenci osnovnih šol so izbrali najprimernejšo srednjo šolo in dijaki najustreznejši študij. Pa je res tako? Ali bodo vsi med študijem zadovoljni z izbrano smerjo? Predvsem pa je vprašanje, ali bodo kasneje po zaključku izobraževanja zadovoljni s pridobljenim poklicem in z delom, ki ga bodo opravljali. To so za mladega človeka najpomembnejša vprašanja, na katera pa verjetno v celoti ne zna odgovoriti prav nihče, niti oni sami ne. Danes so mladi pri izbiri študija v zelo težki situaciji. Izbor študija je izredno širok, možnost zaposlovanja pa se ne glede na poklic iz leta v leto zelo hitro spreminja. Pri izbiri študija mladi ne bi smeli biti sami. Pametna država bi se morala tega velikega problema lotiti zelo strokovno in zelo široko. Vključeni bi morali biti vsi pedagogi, psihologi, starši, gospodarstveniki in verjetno še kdo. Pri nas pa se odločitve za poklic vse preveč prepuščajo mladim. Prav je, da se mladi odločajo samostojno, vendar jih morajo pri tem starejši, ki so za to zadolženi, seznaniti z vsemi prednostmi in slabostmi, ki jih čakajo pri določeni odločitvi v času študija in kasneje pri opravljanju poklica.

Prav gotovo je primerno, da se nekdo, ki je nadarjen glasbenik, odloči za študij glasbe in bo verjetno tudi pri opravljanju tega poklica srečen. Ali pa, da gre talentiran oblikovalec, risar ali podobno študirat arhitekturo ali dizajn. Pa še bi lahko naštevali. Toda ali med mladimi ni talentiranih kuharjev, varilcev, bolničarjev? Prav gotovo so, a jih naša pedagoško-psihološka stroka ne odkrije. Če bi to znali in bi znali mlade ljudi prepričati, da so prej naštetih poklici zelo dobri, zanimivi, ustvarjalni in iskani, tudi dobro plačani, potem teh poklicev v praksi ne bi manjkalo.

Zakaj je danes na trgu veliko izobraženih ljudi brezposelnih? Ali je ta študij država mladim ljudem plačala brez potrebe?

Zakaj imamo Ministrstvo za šolstvo, če na tem področju ne naredi nič. Zakaj država še vedno plačuje študije, ki niso zaposljivi? Prav gotovo ne moremo v enem letu izvesti drastičnih ukrepov, postopoma pa bi jih lahko. Zakaj diplomirani ekonomisti in magistri ekonomije čistijo ulitke v slovenskih livarnah? To je dejstvo, pa se je kljub temu na Ekonomsko fakulteto v Ljubljani letos vpisalo za 5 odstotkov več dijakov kot lani. Zelo nezaposljivi so skoraj vsi diplomanti Filozofske fakultete v Ljubljani, a je letošnji vpis bodočih študentov na to fakulteto za 10 odstotkov višji kot prejšnja leta.

Lahko zapišemo, da je to zelo hudo norčevanje iz države in mladih ljudi in tudi iz davkoplačevalskega denarja.

Lahko, da se je nekdo po lastnem prepričanju odločil za študij ekonomije. Ali bo srečen po študiju, ko ne bo dobil službe? Če bi kdo od odgovornih za pedagoško dejavnost tistega diplomiranega ekonomista, ki čisti ulitke v livarni, pred študijem ustrezno usmeril in prepričal, da bi študiral strojno ali neko drugo tehnično smer, bi danes v istem podjetju opravljal bolj zahtevno in odgovorno opravilo, bil bi srečen in zadovoljen in bi koristil sebi in državi. Kdo je za to kriv? Ministrstvo za šolstvo, pedagogi v srednji in osnovni šoli, starši? V prvi vrsti je to Ministrstvo za šolstvo, ki ima pri nas glede na podatke OECD največ državnih nepedagoških služb, ki skrbijo za šolstvo v naši državi. Vse te službe so, kot kaže praksa, zelo neučinkovite.

V številnih razvitih državah otroke testirajo, anketirajo in na različne načine preskušajo njihove talente že od začetka izobraževanja v osnovni šoli. Pri nas je to zelo zanemarjeno. Predvsem so pri nas zastavljene gospodarske službe, ki bi morale imeti večji vpliv pri svetovanju mladim pri izbiri poklica. Te bi morale pokazati več interesa za sodelovanje z osnovnimi in s srednjimi šolami, pri iskanju kadrov. In obratno. Nekatera podjetja, predvsem zasebniki, so to počeli že v prejšnjem sistemu. Teh obrtnikov takrat ni bilo veliko, a so bili. Danes so to zelo uspešna družinska podjetja, ki jih vodi že druga generacija iste družine.

Če bomo želeli imeti uspešno družbo in uspešno državo, bomo morali narediti mnogo več pri usmerjanju mladim v poklice, ki prinašajo dodano vrednost družbi v celoti.

Janez Tušek

PPTcommerce d.o.o.

PPT commerce d.o.o., Celovška 334, 1210 Ljubljana-Šentvid, Slovenija
tel.: +386 1 514 23 54, faks: +386 1 514 23 55,
e-pošta: info@ppt_commerce.si, www.ppt-commerce.si

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA

PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

www.ppt-commerce.si



EMERSON[™]
Process Management



BETTIS[™]

Dantorque[™]

HYTORK[®]

Shafer[®]



| | |
|--|-----|
| DOGODKI • POROČILA • VESTI | |
| Mateja Maffi | |
| Uspešno izveden Teden evropskega HPC-vrha v Ljubljani | 266 |
| Mihael Debevec | |
| Sejem AUTOMATICA ponovno odlično uspel | 270 |
| NOVICE • ZANIMIVOSTI | 278 |
| TOČNOST CNC-STROJEV | |
| Luka Čerče, David Muženič, Vinko Rotar, Franci Pušavec, Davorin Kramar | |
| Merjenje pozicijske točnosti in kalibracija linearnih osi CNC-obdelovalnih strojev | 292 |
| NAPREDNE TEHNOLOGIJE | |
| Maja Lindič, Boštjan Podlipec, Matija Bušič, Damjan Klobčar | |
| Toplotna obdelava maraging jekla navarjenega s postopkom oblikovnega obločnega navarjanja z žico ... | 302 |
| ERGONOMIJA | |
| Zvone Balantič, Dejan Aljančič | |
| Uporaba zaščitnih korekcijskih očal v vizualni ergonomiji | 308 |
| HIDRAVLIKA • IZOBRAŽEVANJE | |
| Jožef Pezdarnik | |
| Izobraževanje za področje pogonsko-krmilne hidravlike (PKH) za vzdrževalce SIJ Acroni | 314 |
| VZDRŽEVANJE HIDRAVLIČNIH NAPRAV | |
| <b b="" franc="" majdič<=""> | |
| Vzdrževanje hidravličnih naprav – 1. del | 316 |
| INDUSTRIJA 5.0 | |
| Janez Škrlec | |
| Celovitejši pogled na prihajajočo Industrijo 5.0, ki že buri duhove | 320 |
| AKTUALNO IZ INDUSTRIJE | |
| Vretenske osi ELGC_BS in osi z zobatim jermenom ELGC-TB (FESTO) | 322 |
| Brizgani izdelki s kalupom, izdelanim s tehnologijo 3D-tiskanja (HENNLICH) | 323 |
| NOVOSTI NA TRGU | |
| Vrtalni stroj za izdelavo prebojev v betonu (ENERGE) | 324 |
| Fleksibilni osni sistem HS2 (HIWIN) | 325 |
| Optimalna nastavitve končnega dušenja cilindrov (La & Co) | 325 |
| Pnevmatski hidravlični valji Parker P1F (PARKER HANNIFIN) | 326 |
| Brezžični decentralizirani sistem EX600-W (SMC Industrijska avtomatika) | 327 |
| PREDSTAVITEV | |
| Slovenski zgodbi o uspehu 2017/18 na področju uporabe HPC- (ARCTUR) | 328 |
| LITERATURA • STANDARDI • PRIPOROČILA | |
| Kemijski slovar | 332 |
| Literatura - letalstvo | 333 |
| Certificiranje energijske učinkovitosti stisnjene zraka | 339 |
| PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI | |
| Zanimivosti na spletnih straneh | 341 |
| ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE | 342 |



USPEŠNO IZVEDEN TEDEN EVROPSKEGA HPC-VRHA V LJUBLJANI

Mateja Maffi

Teden evropskega HPC-vrha (*European HPC Summit Week – EHPCSW*), katerega del je bila tudi znanstvena in strokovna konferenca PRACEdays18, je potekal med 28. majem in 1. junijem na Pravni fakulteti v Ljubljani. Lokalni organizator je bil laboratorij LECAD s Fakultete za strojništvo v Ljubljani.



Ministrica za izobraževanje, znanost in šport dr. Maja Makovec Brenčič na otvoritvi Tedna evropskega HPC-vrha (Copyright: PRACE)

Mateja Maffi, mag. posl. ved., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Konferenčni teden je bil poln odličnih predavateljev iz akademskega okolja in iz gospodarstva. Konference se je udeležila tudi ministrica za izobraževanje, znanost in šport dr. Maja Makovec Brenčič, ki je izrazila veselje, da Slovenija lahko gosti Teden Evropskega HPC-vrha in da je članica evropska združenja PRACE. Od investicij v razvoj HPC-centrov, ki si jih je Slovenija zastavila, pričakuje »poleg prenosa znanja za bolj kvalitetno vsakdanje življenje ter sodelovanja med znanstvenim raziskovanjem in industrijo nenazadnje tudi to, da bi znanost uporabili na način, da bi vsak posameznik imel koristi v svojem življenju in da uporaba te infrastrukture ne bi bila samo za namen znanosti same po sebi«.

Na otvoritvi je podal enega glavnih nagovorov rektor Univerze v Ljubljani dr. Igor Papič. Ključna predavanja so imeli Leonard Flores Añover, predstavnik Evropske komisije, Sai Narasimhamurthy, podpredsednik za industrijo iz ETP4HPC, Lucian Rezzolla z Goethejeve univerze, Wolfgang Gentsch iz UberClouda, Jean-Pierre Panziera, predse-



Rektor Univerze v Ljubljani med nagovorom na torkovi uradni otvoritvi Tedna evropskega HPC-vrha (Copyright: PRACE)

dnik ETP4HPC, in Erik Lindahl, dosedanji predsednik znanstvenega upravnega odbora PRACE.

Teden evropskega HPC-vrha je gostil 343 udeležencev iz akademskega sveta in industrije iz Evrope, Azije in Združenih držav Amerike.

Plenarna predavanja so ponudila vpogled v vrsto znanstvenih dosežkov in industrijskih aplikacij, doseženih z uporabo superračunalnikov, kot tudi v evropsko in mednarodno strategijo superračunalništva. Vzporedne delavnice v okviru PRACEdays ter druge, ki so jih organizirale ostale superračunalniške iniciative, kot so ETP4HPC, EuroLab4HPC, Centers of Excellence (CoEs) in FETHPC, so potekale skozi ves teden. Delavnice so pokrile vse s superračunalništvom povezane teme – od superračunalni-

ške arhitekture do aplikacij, dale so tudi vpogled v zadnji razvoj na področju zmogljivosti nove exascale generacije superračunalnikov.

Letos je konferenca PRACEdays18 ponudila intenziven industrijski del, v katerem so med drugim uporabniki programa PRACE SHAPE, namenjenega industriji, predstavili svoje dosežke. Razpon tem paralelnih znanstvenih predavanj je bil širok: od astrofizike preko dinamike fluidov v inženirstvu, znanosti o življenju, kemije do energije. Predavatelji so podali vpogled v svoje raziskave, podprte s superračunalništvom.

Prof. dr. Božidar Šarler s Fakultete za strojništvo v Ljubljani je prvi dan na plenarnem predavanju predstavil svoje raziskave pod naslovom: Large Scale Multiphysics and Multiscale Simulations Based on Meshless Methods. V sklopu plenarnih predavanj tretjega dne je direktor podjetja Arctur Tomi Ilijaš predstavil superračunalništvo kot priložnost za mala in srednje velika podjetja.

Dr. Lee Margeets, predsednik industrijsko svetovalnega odbora PRACE, je povedal: »Na konferenci PRACEdays18 smo izvedeli, kako je Invent Medical s pomočjo programa PRACE SHAPE prvič uporabil superračunalniško infrastrukturo za razvoj 3D-natisnjenih čelad za preoblikovanje lobanj dojenčkov, starih med 3 do 12 mesecev; navdušujoča zgodba, kako PRACE pomaga najboljčutljivejši populaciji naše družbe.«

Odprta seja PRACE Forumu z naslovom PRACE Peer Review Process – How to write a good proposal? ter razprava med uporabniki in predstavniki



Udeleženci enega od plenarnih predavanj konference (Copyright: PRACE)

centrov odličnosti ter timom za strokovno podporo pod naslovom *CoEs and HLSTs – What problems can they solve for me?* sta bili oddajani v živo na spletu. Posnetka sta dostopna na: <http://www.prace-ri.eu/pracedays18>.

Letošnja novost so bile brezplačne delavnice za študente Hands-on, ki jih je organiziral laboratorij LECAD. Udeleženci so imeli brezplačen dostop tudi do vseh ostalih predavanj in delavnic konference, študentom iz tujine so bili povrnjeni stroški nastanitve in prevoza. Izr. prof. dr. Janez Povh, doc. dr. Leon Kos in Timotej Hrga iz laboratorija LECAD so vodili delavnico z naslovom: *Big data analysis with RHadoop*. Ostali dve delavnici sta bili s področja medicine in kemije: *Parallel computing in bioinformatics research*, organizator: Fakulteta za medicino, UL, in *Parallel computing in chemistry and chemical engineering*, organizator: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, UL.



Čelada za preoblikovanje lobanj dojenčkov podjetja Invent Medical, razvita s pomočjo programa PRACE SHAPE (Copyright: The Invent Medical Group (IMG), Czech Republic)



Visoka udeležba in prisotnost vseh najpomembnejših akterjev na področju superračunalništva sta za Slovenijo na tem področju velik uspeh.

Naslednje leto med 13. in 17. majem bosta Teden evropskega HPC-vrha in PRACEdays19 v Poznaniu na Poljskem.

Prof. dr. Jožef Duhovnik s Fakultete za strojništvo, UL med pogovorom s predsednikom PRACE Sveta prof. dr. Anwarjem Osseyranom (Copyright: PRACE)

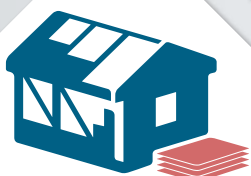


Predstavitev plakatov (Copyright: PRACE)

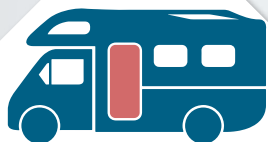


51. MOS

Teh



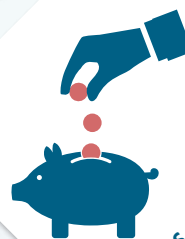
MOS Dom



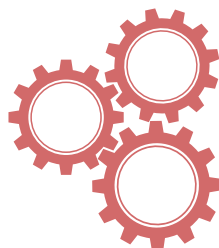
MOS Tur



MOS Biz



MOS Plus



MOS Teh

OPREMA IN
MATERIALI
ZA OBRT IN
INDUSTRIJO

STROJI, ROBOTI, MEHANIZACIJA,
PROFESIONALNO ORODJE,
OPREMA ZA PROIZVODNJO
IN VZDRŽEVANJE VOZIL

www.ce-sejem.si

11.-16. SEPTEMBER
2018
CELJSKI
SEJEM





SEJEM AUTOMATICA PONOVRNO ODLIČNO USPEL

Mihael Debevec

Sejem AUTOMATICA 2018, ki je potekal od 19. do 22. junija, je zopet postavil nove rekorde: več kot 46.000 obiskovalcev (+ sedem odstotkov) in 890 razstavljalcev (+ sedem odstotkov). Generalni direktor sejma Falk Senger je ob tem povedal: »AUTOMATICA obravnava aktualne teme sodelovanja med človekom in robotom, digitalno transformacijo v proizvodnji in servisno robotiko. In rezultati kažejo, da je zgodovina avtomatizacije in robotike napisana tukaj v Münchnu!« Gospod Senger meni, da je rast mednarodnega sejma še posebej impresivna: »Glede obiskovalcev je bilo 20-odstotno povečanje tistih, ki prihajajo iz drugih držav. To kaže, da AUTOMATICA postaja vse pomembnejša na globalni ravni,« je še dodal.

Predstavniki industrije dr. Norbert Stein, predsednik uprave VDMA Robotics + Automation in generalni direktor podjetja VITRONIC GmbH, je prepričan glede koncepta sejma: »AUTOMATICA je ponovno

postavila standarde. Prikazuje prihodnost avtomatizacije in zagotavlja znanje za orientacijo na najvišji ravni. Kakovost in količina obiskovalcev sta izjemni!«

Dr. Mihael Debevec, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Per Vegard Nersest, generalni direktor pri ABB Robotics, je pojasnil pomen AUTOMATICE za svoje podjetje: »AUTOMATICA je najpomembnejši sejem

na področju robotike in avtomatizacije. Tukaj je veliko pozornosti namenjene tehnologiji, usmerjeni v prihodnost. To je glavni razlog, zakaj smo bili prisotni na sejmu v Münchnu.«

Omrežna proizvodnja danes že realnost

Nova imena, izdelki in koncepti so obogatili razstavní portfelj. In moto je bil digitalizacija, preprosto upravljanje in večja fleksibilnost v proizvodnji z namenom odpiranja novih področij uporabe.

Ralf-Michael Franke, generalni izvršni direktor poslovne enote za avtomatizacijo tovarn (Factory Automation Business Unit) pri Siemens AG, je komentiral sejmsko premiero svojega podjetja: »Naš portfelj digitalnih podjetij se idealno prilega motu sejma AUTOMATICA, ki je 'Optimiraj svojo proizvodnjo' ('Optimize your Production'). Siemens ponuja celovite programske in strojne rešitve, s katerimi je mogoče integrirati in digitalizirati celotno vrednostno verigo. Kot rezultat tega lahko proizvajalci in uporabniki strojev že uporabljajo prednosti industrije 4.0.«

Wilfried Eberhardt, glavni direktor marketinga pri podjetju KUKA AG, vidi odločilno prednost sejma v omrežnem svetu proizvodnje: »Tematika IoT je del inteligentne avtomatizacije. AUTOMATICA je edini sejem na svetu, ki se osredotoča na to, in trdno stoji v smeri inovacij. Obiskovalci na sejmú dobijo vpogled v prihodnost.«



Start-Up Arena na AUTOMATICA

Vrhunec: IT2industrija

Z novimi razstavljalci, strokovnimi predavanji in predstavitvami je bila na sejmú osrednja tema »IT«. Iz IT-okolja je razstavljaló štiriinšestdeset podjetij v okviru področja IT2industrije (IT2Industry). Dr. Christian Schlögel, generalni izvršni direktor podjetja connyun GmbH, je izjavil: »AUTOMATICA 2018 je pokazala tehnološke priložnosti, ki jih imajo podjetja na voljo za implementacijo njihove digitalne transformacije. Zanimivo je, da vidimo velik obseg razvoja industrijskega IoT in kakšen potencial je še vedno na voljo.«



FANUC – najmočnejši robot na svetu



Inovativna naprava za pomoč delavcu pri dvigovanju bremen



Humanoidni robot v interakciji s človekom

Stroji govorijo skupni jezik

Glavni gonilnik rasti v prihodnosti je povezljivost med stroji. Odločilni dejavnik za to je standardizacija komunikacijskih vmesnikov. Kot rezultat pomembnosti sodelovanja med udeleženci v industriji je bil prikazan OPC UA Demonstrator iz združenja VDMA Robotics + Automation (VDMA Robotics + Automation Association), v katerem sodeluje 31 podjetij. »Interoperabilnost je ključnega pomena za razlikovanje naših izdelkov v omrežnem svetu industrije 4.0. OPC UA je določen standard, ki omogoča, da stroji v inteligentni tovarni prihodnosti govorijo isti jezik,« je dejal dr. Horst Heindel-Heikkinen, predsednik pri VDMA OPC Vision Initiative.

Sodelovanje prevladujoča tema

Kolaborativna robotika s hitrim tempom osvaja trg in odpira skoraj neomejene možnosti avtomatizacije. Od sensorja preko kobota (kolaborativni robot) do popolne instalacije, neposredna interakcija med človekom in strojem pa postaja vedno bolj sprejemljiva.

Tehnološki razvoj je tako uspešen zaradi tesnega sodelovanja med znanostjo in industrijo in München je mednarodno srečanje za te aktivnosti. Prof. Oussama Khatib s stanfordske univerze je pojasnil: »AUTOMATICA je letos na široko odprla vrata za nastajajoče aplikacije v robotski industriji. Roboti s povečanimi zmogljivostmi, ki delajo v bližini ljudi, so zgrajeni za aplikacije v resničnem svetu in pričajo o plodnem sodelovanju in prenosu tehnologije med raziskavami in industrijo.«

Ljudje v pametni tovarni

Vprašanje, ki presega sam sejem: Kako bodo ljudje delali v prihodnosti? S posebno razstavo »Ljudje v pametni tovarni« (»People in the Smart Factory«) je strokovno združenje VDMA Robotics + Automation ustvarilo oprijemljivo delovno okolje 4.0: digitalni asistenčni sistemi kot podporniki pri ročni

montaži, dopolnjena realnost, nadzor gibov, eksoskeletoni in nosljive naprave, ki poenostavljajo interakcijo med človekom in strojem. Patrick Schwarzkopf, generalni direktor pri VDMA Robotics + Automation, je pojasnil: »Delovna mesta bodo privlačnejša in ergonomična. Ustrezna moč ljudi in strojev je komplementarna! To odpira odlično priložnost za boljše oblikovanje delovnega mesta. Ta tema je določala trend na AUTOMATICI kot skoraj noben drug sejem.«

Kaj je pred nami – umetna inteligenca

Umetna inteligenca (Artificial Intelligence – AI) je naslednji tehnološki preskok. AUTOMATICA je posredovala ustrezno strokovno znanje s številnimi pogovori na to temo. Podatkovne analize, ki temeljijo na umetni inteligenci, lahko industriji prinesejo ogromno rast. Ključnega pomena je interdisciplinarni dialog. »Za uspešno uporabo poslovnega potenciala morajo ponudniki avtomatizacije in IT v prihodnosti tesneje sodelovati s strokovnjaki AI,« je komentiral Ralf Bucksch, tehnični direktor pri Watson IoT Europe, IBM Sales & Distribution, Software Sales.



Moderni optični pripomočki olajšajo delo v proizvodnji



Primer uporabe modernih pripomočkov v proizvodnji

Novoustanovljena podjetja in promocija mladih

Na areni zagonskih podjetij se je predstavilo 23 mladih podjetnikov z vsega sveta. S tem AUTOMATICA spodbuja izmenjave v industriji in mlade podjetnike podpira na poti do uspeha.

S formati Makeathon, Integration Islands in Escape Game se sejem usmerja na mlade ljudi. Več kot 120 Makeathon udeležencev Makeathon ain 200

študentov je v industrijo prineslo svež zrak. Generalni direktor sejma gospod Senger v zvezi s tem vidi pomembno vprašanje: »Pomanjkanje kvalificiranih delavcev v industriji in SMEs je dandanes na žalost realnost. Za reševanje tega problema bomo še naprej krepili svojo zavezo na področju spodbujanja mladih in nadarjenih ljudi.«

Najboljše ocene obiskovalcev in razstavljalcev

Positivno razpoloženje v industriji se je lahko začutilo povsod: 96 odstotkov razstavljalcev in 98 odstotkov obiskovalcev je ocenilo sejem kot odličen, zelo dober ali dober. Kar

97 odstotkov obiskovalcev AUTOMATICE je potrdilo, da je ta sejem poslovna platforma za konkretne investicije.

Čez dve leti je napovedan naslednji sejem AUTOMATICA, ki bo potekala od 16. do 19. junija 2020 prav tako v Münchnu.

Vir:

www.automatica-munich.com

SVETOVNI PRVAKI

Roboti MOTOMAN serije MA so podjetju Yaskava priborili prvo mesto na področju obločnega varjenja. Stavite na te robote. Navdušeni boste.



YASKAWA

ŠTUDENTI FAKULTETE ZA STROJNITVO UL IZDELALI VRHUNSKI MODEL LETALA IN Z NJIM OSVOJILI ČETRTO MESTO NA LETALSKEM TEKMOVANJU DESIGN/BUILD/FLY

Ekipa študentov FS UL Edvard Rusjan Team Slovenia je na 22. tekmovanju Design/Build/Fly, ki je potekalo med 19. in 22. aprilom v Wichiti (Kansas, ZDA), pod mentorstvom doc. dr. Viktorja Šajna in izr. prof. dr. Tadeja Kosela dosegla 4. mesto v konkurenci 91 ekip s celega sveta. V preteklih letih je ekipa že posegala po stopničkah – v letu 2015 je dosegla 1. mesto in v letu 2017 3. mesto.

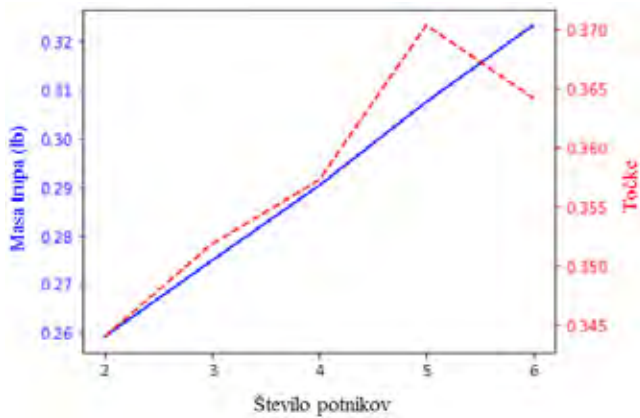


Slika 1: Ekipa Edvard Rusjan Team Slovenia 2018: (zgoraj) Jan Klanjšček, Domen Lipnik, Nejc Bračko, Lucija Perne, Timotej Hofbauer (pilot), doc. dr. Viktor Šajn, Jan Časl, Luka Selan, Matic Medvešek, Rok Štante (vodja ekipe), Miha Jakič, Matej Drobnič, Filip Plešnik, Miha Nagode, Vid Pugelj, Andraž Kladnik, Andraž Vene (spodaj) David Pekolj, Jaka Romih, Tilen Košir, Nace Pavlin (na sliki manjka izr. prof. dr. Tadej Kosel)

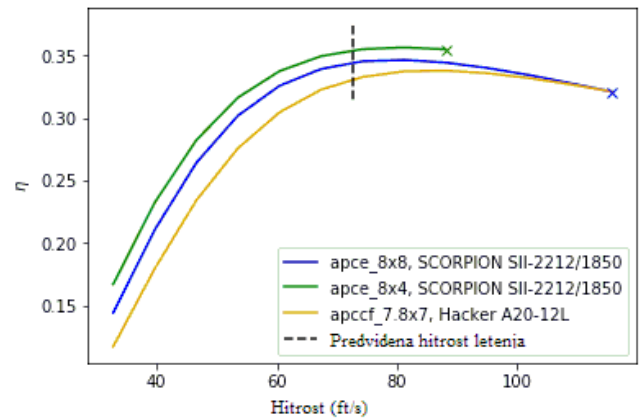
AIAA/Textron Aviation/Raytheon Missile Systems Design/Build/Fly je študentsko tekmovanje, ki vsako leto poteka pod okriljem AIAA – Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronavtiko. Vsaka ekipa mora izdelati brezpilotno letalo, ki ustreza vnaprej določenim zahtevam, nato pa z njim tekmuje še

v letenju – opravljanju zahtevanih nalog. Na letošnjem tekmovanju je sodelovalo preko 750 študentov, mentorjev in ostalih gostov.

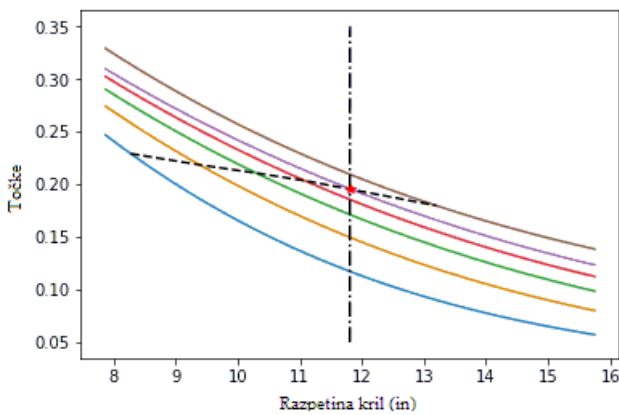
Projekt DBF je precej kompleksen in zahteven, saj je potrebno v kratkem času poiskati številne inova-



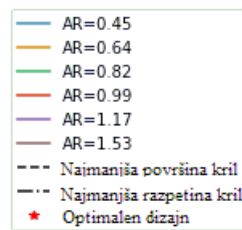
Slika 2 : Število točk in masa modela v odvisnosti od števila potnikov



Slika 4 : Izkoristek v odvisnosti od konfiguracije pogona



Slika 3 : Točke v odvisnosti od razpetine in površine kril

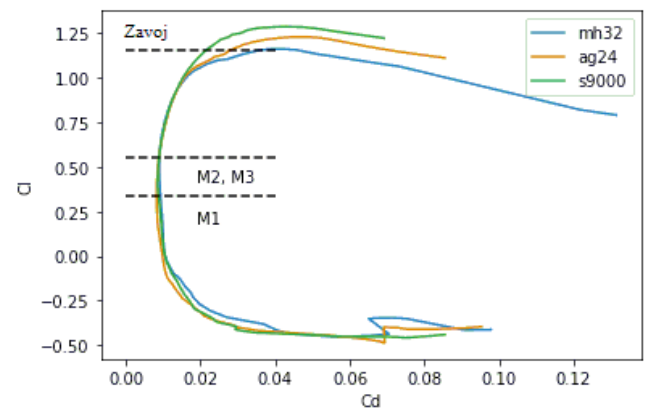
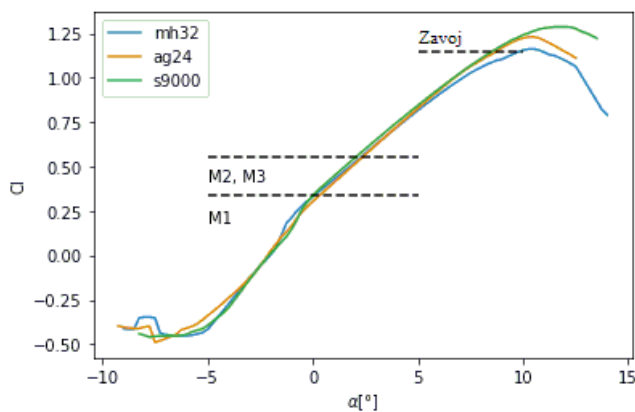


in tovrno klado. Na končnem tekmovanju je moralo opraviti tri naloge, in sicer letenje šolskih krogov z različno obtežitvijo (s potniki in tovorom), seveda v čim krajšem času. Poleg letenja je ekipa morala v osmih minutah zamenjati nekaj naključno izbranih komponent letala (krmilne površine, propeler, elektronske komponente). Celoten sistem točkovanja je bil precej kompleksen in odvisen od rezultatov najboljših ekip, saj se je pri vsaki nalogi rezultat normiral glede na najbolje opravljeno nalogo. Točke, pridobljene z opravljanjem nalog, so se pomnožile s točkami, pridobljenimi s končnim poročilom, in delile z zmnožkom razpetine kril in mase praznega modela.

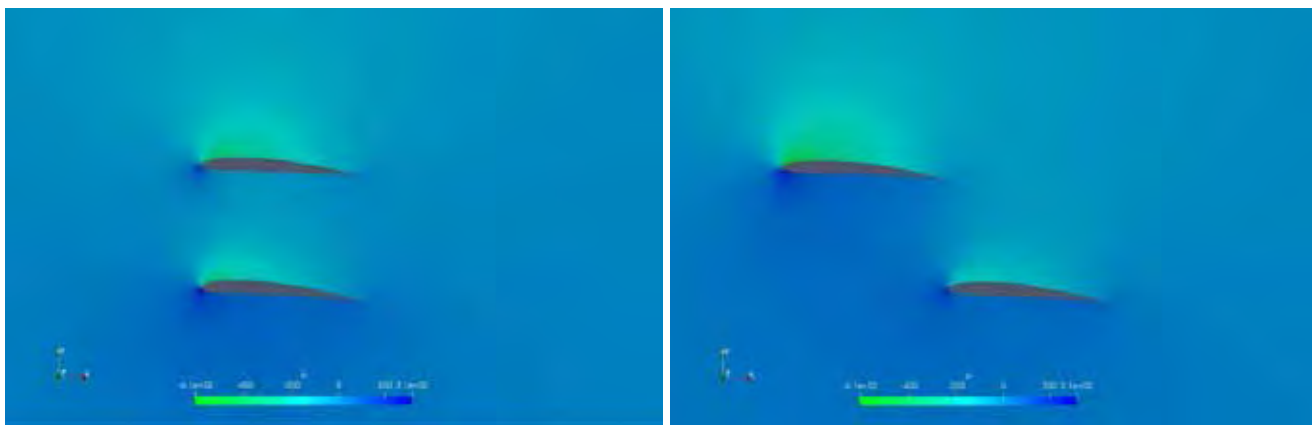
tivne rešitve in jih uporabiti v praksi. V septembru so znana pravila tekmovanja in zahtevane naloge, ekipa pa ima čas do sredine aprila, da je letalo pripravljeno na tekmo.

V letošnjem letu je bilo potrebno izdelati model letala, ki je prevažalo potnike in tovor – žogice skokice

V prvi fazi smo izdelali algoritem, ki nam je glede na kompleksen sistem točkovanja poiskal optimalno izbiro števila potnikov (slika 2). Pri izbiri optimuma



Slika 5 : Odvisnost koeficienta vzgona C_l od vpadnega kota α za različne profile kril (levo) in koeficienta vzgona C_l od koeficienta upora C_d za iste profile krila



Slika 6 : FD-simulacija tlačnega stanja okoli profilov kril pri različnem razmiku (in konstantnih ostalih pogojih), izvedena v programu SimScale



Slika 7 : Kalupi iz purenita, uporabljeni za izdelavo trupa

pa smo naredili napako, ki nas je stala stopničk, saj nismo upoštevali možnosti, da bo na tekmovanje prišla ekipa (seveda brez realnih možnosti za dobro uvrstitev), ki bo imela več kot 50 potnikov, in tako so se točke vseh ekip pri drugi in tretji misiji limitirale proti nič. Naša ekipa se je sicer odločila za izdelavo letala za pet potnikov.

Prav tako je bila izdelan algoritem, s katerim smo izbrali optimalen razpon kril (*slika 3*). Zaradi majhne razpetine kril smo se odločili za model dvokrilca, saj smo s tem pridobili večji vzgon.

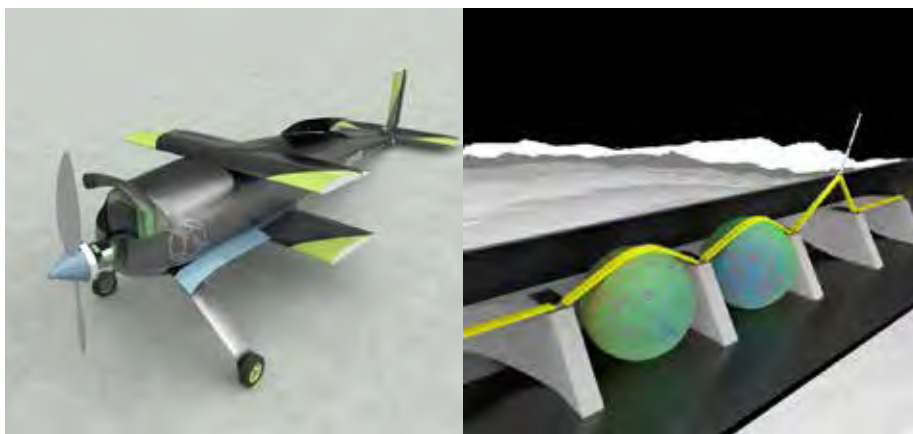
Za pravilno izbiro pogona in propelerja smo izvedli številne preračune in teste. Za pogon smo uporabili brezkrtačni elektromotor Scorpion SII 2212/1850 s 326 W moči in 1850 rpm/volt. Za napajanje smo morali izbrati NiMH celice, in sicer 7 celic XCell 1600mAh. Pri testih se je najbolje izkazala konfiguracija s propelerjem apce 8x4, kot je prikazano na *sliki 4*.

Pri konstrukciji sta bili ključnega pomena tudi postavitev kril in izbira pravega profila. Na podlagi primerjave sedmih profilov pri vrednosti Reynoldsovega števila 200 000 smo izbrali profil S9000, saj je imel najboljše karakteristike v vseh fazah leta (*slika 5*). Vpadna kota kril sta bila 3° (spodnje krilo) in 4° (zgornje krilo).

Za optimalno postavitev oziroma zamik kril pa smo izvedli simulacije v programu SimScale (*slika 6*).

Model smo zaradi pozitivnih izkušenj in znanja iz preteklih let izdelali v sendvič konstrukciji iz kompozitov. Trup smo izdelali iz dveh plasti karbonske tkanine 80 g/m² in vmesnega sloja 1,5-milimetrskega satovja. Za izdelavo smo uporabili kalupe, ki smo jih na 3-osnem CNC-stroju izdelali iz purenita (*slika 7*). Krila in repne površine pa smo izdelali v sendvič konstrukciji karbonskih vlaken in sredice iz XPS-plošč, ki smo jih izrezali na CNC-stroju z vročo žico.

Končni model je imel maso 462 g (prazen) in je bil zmožen leteti s hitrostjo preko 100 km/h. Prevažal je lahko do 5 potnikov in en kos tovara. Dolžina le-



Slika 8 : Render končnega modela (levo) in detajl pritrditve potnikov – žogic (desno)



Slika 9 : Končni tekmovalni model

tala je bila 700 mm in razpetina kril 350 mm. Pri izdelavi smo uporabili številne inovativne rešitve, kot na primer pritrditev potnikov (slika 8), dodani so bili turbulatorji na krilih, ki so izboljšali stabilnostne lastnosti med letom, ultralahka kolesa itd.

Za uspešno izveden projekt so v veliki meri zaslužna tudi številna slovenska podjetja, ki so večinoma

v obliki donacij različnih materialov podprla naše delo in nam omogočila razvoj in izdelavo prototipov ter končnega modela. Potovanje v ZDA pa nam je omogočil Javni štipendijski, razvojni, invalidski in preživninski sklad Republike Slovenije.

Študenti smo na tekmovanju ponovno dokazali, da imamo dovolj znanja, da lahko konkuriramo vrstnikom z vsega sveta oziroma da slovensko znanje dosega sam svetovni vrh.

Matej Drobnič, Rok Štante, Timotej Hofbauer, Nejc Bračko, Jan Časl, Miha Jakič, Andraž Kladnik, Jan Klanjšček, Tilen Košir, Domen Lipnik, Matic Medvešek, Miha Nagode, Nace Pavlin, David Pekolj, Lucija Perne, Filip Plešnik, Vid Pugelj, Jaka Romih, Luka Selan, Andraž Vene, izr. prof. dr. Tadej Kosel, doc. dr. Viktor Šajn; vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

JAKŠA
MAGNETNI VENTILI

od 1965



www.jaksa.si



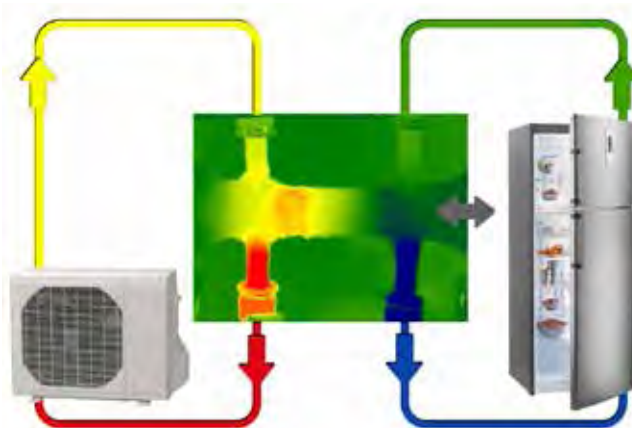
- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu

Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana
T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E info@jaksa.si

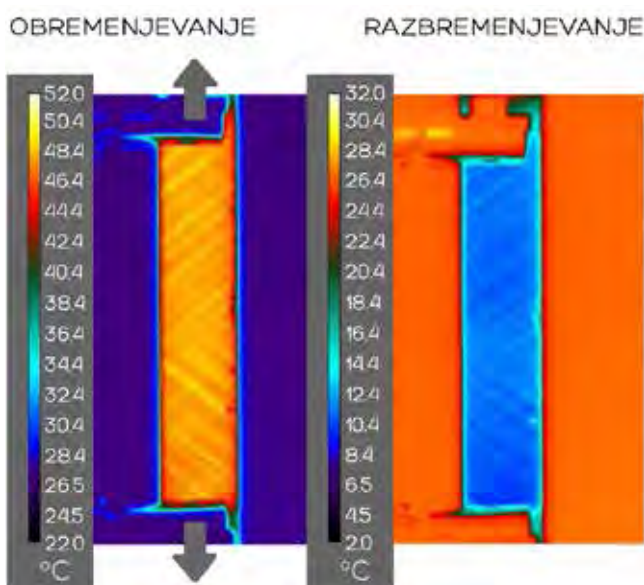
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO ŽE DRUGIČ PREPRIČALA EVROPSKI RAZISKOVALNI SVET, TOKRAT DOC. DR. JAKA TUŠEK S PROJEKTOM SUPERCOOL

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani je s prebojnimi idejami že drugič prepričala Evropski raziskovalni svet (ERC), ki ji je podelil financiranje, tokrat v višini skoraj 1,4 milijona evrov za projekt z akronimom SUPERCOOL – Superelastične porozne strukture za učinkovito elastokalorično hlajenje (angl. *Superelastic porous structures for efficient elastocaloric cooling*). Končni cilj projekta je razviti elastokalorično hladilno napravo, ki bi lahko predstavljala prvi večji preboj na področju hlajenja v zadnjih sto letih z večjo učinkovitostjo ter manjšim onesnaževanjem okolja. Ob uspešnem razvoju bo predlagani koncept hlajenja lahko široko uporaben na različnih področjih hladilne tehnike – vse od miniaturnega hlajenja do velikih hladilnih sistemov in toplotnih črpalk.

Nosilec projekta doc. dr. Jaka Tušek je prvi v Sloveniji pridobil financiranje za ERC starting grant (za začetek samostojne raziskovalne kariere) znotraj programa Obzorje 2020 ter tako postal že drugi raziskovalec Fakultete za strojništvo, poleg prof. dr. Matevža Dularja, ki je prejel financiranje Evropskega raziskovalnega sveta. V okviru 5-letnega projekta bo raziskoval ključne elemente elastokalorične hladilne tehnologije, ki po številnih ocenah kaže največji potencial kot alternativa dandanes široko uporabne parno-kompresorske tehnologije hlajenja. Slednja je kljub več kot 100-letnemu razvoju še vedno relativno slabo energetska učinkovita in ekološko sporna.



Slika 2 : Prikaz delovanja elastokalorične hladilne naprave, posnete s termokamero



Slika 1 : Prikaz elastokaloričnega učinka, posnetega s termokamero, kjer je vidno segrevanje elastokaloričnega materiala med obremenitvijo ter njegovo ohlajanje med razbremenitvijo.

Elastokalorično hlajenje temelji na elastokaloričnem učinku, ki ga zaznamo kot segrevanje in ohlajanje superelastičnih materialov z oblikovnim spominom. Cilj projekta SUPERCOOL je premesti dva ključna izziva elastokalorične tehnologije hlajenja. Prvi izziv je razvoj superelastične oz. elastokalorične strukture, torej ključnega elementa elastokaloričnega hladilnega sistema, ki bo zagotavljala dovolj dolgo življenjsko dobo in mehansko stabilnost ter hiter in učinkovit prenos toplote. Drugi izziv pa je razvoj kompaktnega in učinkovitega pogonskega sistema za obremenjevanje elastokaloričnih struktur, ki bo omogočal tudi učinkovito izrabo energije. Predlagani koncept elastokalorične tehnologije hlajenja se bo lahko uporabljal od miniaturnega hlajenja (npr. za hlajenja elektronskih komponent), klimatskih naprav pa vse do velikih hladilnih sistemov in toplotnih črpalk.

O docentu Jaki Tušku



Doc. dr. Jaka Tušek se je rodil leta 1983, diplomiral je leta 2007 in doktoriral leta 2012 na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani. Po doktoratu je več kot 2 leti delal na Danski tehnični univerzi kot poddoktorski raziskovalec, kjer je skupaj s kolegi kot prvi tudi eksperimentalno dokazal izjemen potencial elastokalorične tehnologije hlajenja. Raziskava je bila objavljena v prestižni reviji Nature Energy (<https://www.nature.com/articles/nenergy2016134>) s faktorjem vpliva kar 46 (osma najboljša revija na svetu in druga med revijami, ki niso s področja medicine). Hkrati pa je ta preliminarna raziskava pokazala tudi dva ključna izziva elastokalorične tehnologije hlajenja za prihodnost, ki ju bo doc. dr. Jaka Tušek s predlagano prebojno idejo raziskoval v projektu SUPERCOOL.

Nosilec projekta doc. dr. Jaka Tušek je povedal: *»Poleg elastokalorične tehnologije hlajenja bodo dognanja projekta SUPERCOOL vplivala tudi na številna druga, širša področja, kot so predvsem medicina, gradbeništvo in strojništvo, kjer so materiali z oblikovnim spominom že široko prisotni, a njihov potencial in omejitve še niso dovolj dobro poznani.«*

Univerza v Ljubljani je do sedaj pridobila štiri ERC-projekte v višini več kot 7,5 milijona evrov, od tega sta kar dva na Fakulteti za strojništvo UL. Doc. dr. Jaka Tušek je tudi prvi v Sloveniji, ki je bil že v prvem poskusu prijave uspešen.

www.fs.uni-lj.si



Upoštevanje človeka
je prvo pravilo robotike.

Man and Machine

www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

Kontakt: Brane Čenčič, Tel.: 00386 41 747 536, brane.cencic@domel.com



POCLAIN HYDRAULICS IŠČE MOTIVIRANE SODELAVCE V VEDNO BOLJ AVTOMATIZIRANI IN ROBOTIZIRANI PROIZVODNJI

V žirovski družbi Poclain Hydraulics letos namenjajo veliko pozornosti posodabljanju strojne opreme v proizvodnji, ki vključuje tudi robotizacijo, hkrati pa stremijo k optimizaciji procesov in dviganju ravni avtomatizacije, s katero lahko zagotavljajo višji nivo produktivnosti. Z naložbenimi aktivnostmi tako sledijo svojim načrtom glede systemskega vpeljevanja novih tehnologij in pristopov po standardih industrije 4.0, da bi z dvigom kakovosti izdelkov dosegali načrtovano ekonomičnost poslovanja. Zaposlene bodo tako v proizvodnih procesih ob dodatnem usposabljanju lahko vključevali na druga, pretežno zahtevnejša delovna mesta, hkrati pa ob dodatnem zaposlovanju tehničnih kadrov skušali zadostiti kar za tretjino večjemu povpraševanju svetovnega trga po hidravličnih ventilih in napravah.



Gorazd Leban

»Posodabljanje strojne opreme v letu 2018 vključuje nove obdelovalne stroje z robotskimi celicami, kar praktično pomeni investicijo v 10 novih naprav, od katerih jih osem že vpeljujemo na naše proizvodne linije,« pojasnjuje Gorazd Leban, novi vodja enote Operations v družbi Poclain Hydraulics. »Obseg dela se nam nenehno povečuje, zato nameravamo do konca leta v proizvodnji na dveh obdelovalnih strojih implementirati še dve robotski celici v vrednosti 250.000 evrov, ocenjujemo pa, da se nam bo ta naložba povrnila že v dveh, treh letih. Vsi pa se seveda dobro zavedamo, da strmi rasti prodaje naših izdelkov lahko sledimo prav zaradi prizadevnosti vseh zaposlenih v našem podjetju.«

Skrb za digitalizacijo in nenehno tehnološko posodabljanje proizvodnje z uporabo CNC-krmilnikov in inteligentnih industrijskih obdelovalnih strojev ter robotov tako pomeni, da bodo na nekaterih proizvodnih linijah pri izdelavi ventilov lahko občutno

skrajšali delovne procese, saj bodo izdelki ob manj fazah dela tako že pripravljene za končno montažo. Systemske izboljšave z investicijami v najsodobnejšo strojno opremo na eni strani toplo pozdravljajo svetovni kupci, ki Poclain Hydraulics prepoznajo kot referenčnega ponudnika za hidravlične ventile, na drugi pa tudi zaposleni v podjetju, saj roboti prevzemajo določene rutinske postopke, ki so jih morali ob nujnih varnostnih protokolih doslej izvajati sami ročno in z veliko mero natančnosti. »Tako se bodo lahko ti zaposleni odslej raje posvetili drugim izzivom in nalogam, kar jim bo v prihodnosti ob hitrejšem napredovanju omogočilo karierno rast, na drugi strani pa bo višja tudi kakovost izdelkov ob zmanjšanem tveganju za morebiten pojav napak,« poudarja **Gregor Govekar**, ki v proizvodnji bdi nad tehnološkimi procesi. »V podjetju smo že tradicionalno zavezani k inovacijam in dosledno nagradujemo vse, ki s svojim znanjem pripomorejo k izboljšavam, hkrati pa motiviramo tudi operaterje, ki jih pri napredovanju usmerjamo z dodatnimi internimi



Direktor Aleš Bizjak



Martin Miklavčič (levo) in Darjan Mlinar (desno) sta v podjetju Poclain Hydraulics svojo kariero začela kot štipendista, danes pa v enoti Operations že vodita večja proizvodna oddelka. Oba zagotavljata, da mladim in drugim potencialnim sodelavcem vključevanje v njihov kolektiv ob ustreznem nagrajevanju prinaša vrsto prednosti in jim hkrati ponuja obilo možnosti za karierni razvoj

izobraževanju in usposabljanju. Da bomo lahko zadostili povečanemu naročilom, že danes v proizvodnji potrebujemo več novih predanih in motiviranih sodelavcev.«

Med tehničnimi kadri tako Poclain Hydraulics že išče izkušene in tudi manj izkušene strojne tehnike in metalurge za delo z večfunkcijskimi CNC-obdelovalnimi stroji. Tiste, zlasti mlajše, ki še nimajo tovrstnih izkušenj, bodo pod vodstvom mentorjev v delo uvajali približno dva meseca, da bi v tem času lahko pridobili vsa potrebna znanja. Za delo v razvojnem oddelku hkrati iščejo tudi visoko usposobljene strokovne sodelavce strojne smeri.

Direktor Aleš Bizjak poudarja: »Z ventili, ki jih razvijamo in proizvajamo tu v Žireh, podjetje Poclain Hydraulics hitro prodira na tržišče transmisij in intenzivno vstopa na druge kontinente. Zaposleni moramo biti v teh procesih izjemno prilagodljivi, odzivni in učinkoviti, saj naše delo tako pri razvoju kot pri proizvodnji ventilov in naprav temelji na zadovoljstvu kupcev. Da bi letos lahko zadostili precej večjemu povpraševanju, kot smo ga predvideli v lanskem decembru, pospešeno posodabljammo proizvodnjo in zaposlujemo nove kadre. Kot uspešno mednarodno podjetje svojim zaposlenim nudimo stimulatívno delovno okolje in jim omogočamo možnost dodatnega izobraževanja. Zaposlitev za nedoločen čas je ob primernem nagrajevanju ter odpiranju kariernih priložnosti v podjetju z več kot

300 zaposlenimi zadosten razlog, ki bo prepričal potencialne kandidate tehnične smeri, da se čim prej odzovejo, pridejo k nam na razgovor in se prijavijo na aktualna razpisana delovna mesta.«

Martin Miklavčič, ki se v Žiri vozi iz bližnje, 12 km oddaljene Gorenje vasi, je v letu 2010 kot štipendist dijak začel s praktičnim usposabljanjem, zatem dve leti pridobival izkušnje na proizvodni liniji in kasneje še na preizkuševališčih. Podjetje mu je omogočilo tudi dodatna strokovna izobraževanja na področju strojnega inženirstva, pred tremi leti pa je v enoti Operations že prevzel mesto vodje montaže (ABU) in v oddelku vodi 70 zaposlenih. V procesu montaže zaposleni sestavljajo izdelke tako, da združujejo komponente v enovite sklope, nato izdelke še testirajo in pakirajo. Za testiranje izdelkov uporabljajo namensko prilagojene linije z avtomatskim testiranjem, torej preizkuševališča, in namenske linije za posebne izdelke, kjer delajo njihovi najbolj usposobljeni kadri. Zaposlene usposabljujejo tudi za opravljanje več delovnih nalog na različnih napravah.

Darjan Mlinar, domačin iz Žirov, je v podjetju zaposlen že od leta 2008, pred tem pa je v srednji šoli in na fakulteti v podjetju najprej opravljal prakso kot štipendist. Danes je kot vodja obdelovalnice odgovoren za več kot 90 zaposlenih v oddelku, ki sestoji iz 5 manjših dinamičnih enot. Njihova naloga je obdelava glavnih sestavin končnih izdelkov ter pravočasna dobava komponent oddelku montaže, kar pri



zagotavljanju rokov dobave pogojuje dobro organizacijo kadrov in opreme za načrtovano dnevno ali tedensko proizvodnjo.

Inovativno žirovsko podjetje Poclain Hydraulics, ki 90 odstotkov svojih prihodkov ustvari z izvozno dejavnostjo, v zadnjem desetletju z novimi francoskimi lastniki uspešno vstopa na nove trge k največjim svetovnim igralcem in je danes v svetu med najbolj prepoznavnimi na področju ventilov za hidravlične transmisije ter med štirimi vodilnimi pri proizvodnji ventilov za zavore. Njihov celoten proizvodni program zajema ventile za zaprte in odprte tokokroge, ventile za zavore ter hidravlične naprave in preizkuševališča, proizvajajo pa tudi bate za motorje in črpalke ter aksialne motorje. Z njimi že

prodirajo na tržišče transmisij in vzporedno z avtomatizacijo in robotiko za nadgradnjo proizvodnje sledijo smernicam in industrijskim standardom 4.0. Skladno s politiko skupine Poclain in z razvojem ključnih znanj stremijo k boljši učinkovitosti, odličnosti poslovanja in vrhunski kakovosti izdelkov. Tovarna v Žireh je danes pomemben kompetenčni center za hidravlične ventile in hidravlične naprave znotraj skupine Poclain, obenem pa tudi tehnološki center za avtomatske preizkuševalne naprave hidravličnih sestavin.

Poclain Hydraulics,
Služba za odnose z javnostmi

Foto: Anže Petkovšek

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2018 - ASM '18

6. decembra 2018

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

SMART INDUSTRY
12.-14.02.2019
Ljubljana, Slovenia, GR
www.icm.si

3. mednarodna konferenca o
TRIBOLOGIJ POLIMEROV**PolyTrib**
201824. – 25. september 2018
Grand Hotel Bernardin, Portorož

| KONTAKT |

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJO

Prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik konference
Joži Sterle – tajništvoBogišičeva 8
1000 Ljubljana
SlovenijaTel.: +386 1 4771 460
Fax: +386 1 4771 469E-mail: polytrib@tint.fs.uni-lj.si
Web: www.tint-polytrib.com

| VABLJENI PREDAVATELJI |

Prof. dr. Valentin Popov
*Tehnična univerza v Berlinu, Nemčija*Prof. dr. Yoshinori Sawae
*Univerza Kyushu, Japonska*Prof. dr. Roland Larsson
*Tehnična univerza v Lulei, Švedska*Prof. dr. Tetsuo Yamaguchi
*Univerza Kyushu, Japonska*Dr. Ing. Ulrich Kissling
KISSsoft, Švica

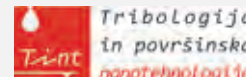
| | |
|--------------------------|--------------------------|
| 22. junij 2018 | Preliminarni program |
| 29. junij 2018 | Rok za predčasno prijavo |
| 3. september 2018 | Končni program |
| 24. – 25. september 2018 | Konferenca |

Prispevek za udeležbo na konferenci (predčasna prijava) znaša 280 €. Po 29. juniju znaša prispevek 330 € (250 € za študente).

| TEME |

- ⚙️ Trenje in obraba polimernih materialov
- ⚙️ Metode preizkušanja polimernih materialov
- ⚙️ Polimerni materiali, kompoziti in nano-kompoziti za tribološke aplikacije
- ⚙️ Mazanje in tribo-kemija polimerov in mejnih filmov
- ⚙️ Adhezija, omočljivost in površinska energija
- ⚙️ Ekološki vidik polimerov in njihova povezava s tribologijo
- ⚙️ Nanotehnologija v povezavi s tribologijo polimerov
- ⚙️ Snovanje in modeliranje polimerov, izzivi v proizvodnji
- ⚙️ Tribološke aplikacije, polimerne komponente
- ⚙️ Topografija polimernih materialov

| SPONZORJI |



METTLER TOLEDO



VENTIL

Sponzorje/razstavljalce vljudno vabimo k sodelovanju na konferenci. Za več informacij nas prosim kontaktirajte na polytrib@tint.fs.uni-lj.si.

DOGODKI, KI SO SE ZAPISALI V ZGODOVINO OZS IN KLIČEJO PO NADALJEVANJU

V vsaki družbi je povezovanje znanosti in gospodarstva izjemno pomemben proces, ki spodbuja inovacije, razvoj novih izdelkov in storitev ter uporabo novih tehnologij in procesov. V Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije (OZS) smo se učinkovitega povezovanja znanosti in gospodarstva lotili že leta 2003, ko smo se najprej povezali s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru.



Utrip z 11. Nanotehnološkega dne, organiziranega na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani

Izjemen interes članstva zbornice je v tistem času sprožil proces povezovanja z mnogimi razvojnoraziskovalnimi in izobraževalnimi institucijami. Začeli smo sodelovati z Institutom Jožef Stefan, s Kemijskim inštitutom v Ljubljani, Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, z Univerzo v Mariboru in številnimi drugimi. Zaradi intenzivnosti povezovanja OZS z razvojnoraziskovalnimi in izobraževalnimi institucijami smo januarja 2006 ustanovili Odbor za znanost in tehnologijo, ki sem ga vodil celih 10 let. V tem času smo organizirali več kot 80 strokovnih dogodkov.

Povezovanje znanosti in gospodarstva je izjemno zapleten proces in tega smo se v OZS zelo zavedali, zato smo poiskali način, kako znanost, nove tehnologije in tehnološke procese približati sodobni obrti in podjetništvu. V ta namen smo začeli organizirati tehnološke in energetske dneve na fakultetah. Izjemen interes za tovrstne dogodke pa me je spodbudil k organizaciji Nanotehnoloških dnevov, ki pa so preseglji vsa pričakovanja. Zanimanje članstva zbornice za tovrstne dogodke je naraščalo iz dogodka

v dogodek in na 11. Nanotehnološkem dnevu smo zabeležili celo 273 udeležencev.

Mala in mikro podjetja so bila izjemno zainteresirana za sodelovanje

Strokovni dogodki, ki smo jih v preteklosti organizirali predvsem za člane zbornice, so bili osredotočeni na različna področja, kot so: elektronika, avtomatika, mehatronika, robotika, strojništvo, energetika, IKT itd. Nanotehnološki dnevi pa so bili namenjeni predvsem novim materialom, nanotehnologiji in v zadnjem času tudi bioniki, biomimetiki, podporne mu tehnološkemu svetu sodobne medicine in drugim področjem. S pomočjo strokovnih dogodkov so se ustvarjale tudi povezave med podjetji in razvojnoraziskovalnimi institucijami. V interesu učinkovitega povezovanja znanosti in gospodarstva smo se prijavi na pet javnih razpisov oz. projektov: INO-09, INO-10, INO-11, Innovation 2020 in E-Pragmatik projekt. Uspešno smo se vključili tudi v sodobno mednarodno e-izobraževanje mehatronike in sorodnih ved na daljavo. V letih 2009 in 2010 smo iz-

vedli prvo raziskavo tehnološke razvitosti malih in mikro podjetij pri nas s ciljem, da ugotovimo, kakšno je dejansko stanje na tem področju in s kakšnimi ukrepi in mehanizmi bi lahko stanje bistveno izboljšali. V iskanju rešitev smo ugotovili, da žal nekatere stvari pri nas niso sistemsko rešene, še zlasti pa bi potrebovali intenzivnejšo podporo tudi v lastni stanovski organizaciji.

Zgodilo se je Stičišče znanosti in gospodarstva

V času oblikovanja slovenske Strategije pametne specializacije (SPS) se je začela oblikovati strategija razvoja Slovenije, še zlasti pa strategija črpanja evropskih kohezijskih sredstev. Strategija pametne specializacije je nastala iz štirih že prej obstoječih strategij (S4). Ena izmed teh je bila RISS, ki pa se žal v preteklosti ni izvajala in bi lahko pomembno vplivala tudi na uspešno povezovanje znanosti in gospodarstva. V OZS je z ukinitvijo tehnoloških, energetskih in Nanotehnoloških dnevov nastala praznina in vrzel, ki je prekinila intenzivno in učinkovito povezovanje znanosti in gospodarstva. V interesu ohranitve nekaterih uspešnih in že utečenih procesov je nastal projekt Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport, imenovan Stičišče znanosti in gospodarstva. S projektom se spodbujajo inovacije, njihova implementacija v izdelke z visoko dodano vrednostjo in možnost povezovanja razvojnoraziskovalnih in izobraževalnih inštitucij z gospodarstvom, tudi malimi in mikro podjetji. Kot vodja projekta Stičišče znanosti in gospodarstva se zavedam, da bo ta projekt potrebno razvijati naprej in ga tudi nadgraditi v obliki takšnih strokovnih dogodkov, kot so bili na primer uspešni Nanotehnološki dnevi.



Utrip na Stičišču znanosti in gospodarstva (arhiv iz leta 2016)

V okviru projekta Stičišče znanosti in gospodarstva se je ustvarilo prepričanje, da bo potrebno intenzivirati procese povezovanja znanosti in gospodarstva, in to na vseh področjih, k sodelovanju pa pritegniti še bistveno več razvojnoraziskovalnih in izobraževalnih inštitucij ter predvsem inovativnih in razvojno naravnanih podjetij. Malim in mikro podjetjem pa bo potrebno omogočiti vključitev v procese inoviranja. Potrebne bodo velike napore, da se malim in mikro podjetjem omogoči vključitev v projekte in učinkovitejše oblike črpanja evropskih sredstev. Mala in mikro podjetja bo potrebno tudi bolj učinkovito vključiti v digitalno preobrazbo in jim približati Industrijo 4.0 in 5.0.

Janez Škrlec, inž.,
Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Polskava,
član Sveta za znanost in tehnologijo RS

brezplačna
spletna PDF revija



brez naročnine
(plačilo samo PTT stroški)



REVIIJA JE
BREZPLAČNA

WWW.SVET-ME.SI

poišči si svoje
točke
po sloveniji



VODA AQUA & RECYCLING – SEJEM B2B, KI DODAJA NOVO VREDNOST VAŠEMU POSLOVANJU

V Sloveniji bo prvič letos potekal strokovni sejmski dogodek, namenjen vodam, vodovodu in komunalni ter recikliranju. Problematika voda, recikliranja, ekologije in na splošno čistoče ne samo pri nas, ampak tudi v svetu, postaja eden največjih in perečih problemov. S sejmom B2B – VODA AQUA & Recycling, ki je zasnovan tako, da poudarja, da je varstvo okolja zelo pomembna naloga, želimo organizirati strokovno prireditev, na kateri bodo razstavljalci prikazali, kako s svojo dejavnostjo trajnostno prispevajo k ohranjanju okolja za prihodnje generacije.

Sejem VODA AQUA & Recycling združuje na enem mestu 3 platforme delovanja – promocijsko, edukacijsko in komunikacijsko.



Promocijska platforma omogoča, da se strokovni publiki predstavijo najnovejši proizvodi in tehnologije na posameznih področjih.

Business Forum kot osnovni modul **edukacijske platforme** je odlična priložnost za širitev praktičnega znanja v obliki referatov, prezentacij, demonstracij in delavnic. Preplet teoretičnih in znanstvenih del omogoča prenos kvalitetnega znanja.

Komunikacijska platforma kot naslednji modul v celoti sledi geslu organizatorja podjetja ICM, d. o. o.: »Povezovanje ljudi in zagotavljanje poslovnih stikov. (*Connecting people and delivering business contacts.*)«

Cilj, da strokovni sejem VODA AQUA & Recycling postane osrednje tradicionalno poslovno srečanje strokovnjakov industrije in storitev ter ponudnikov rešitev v regiji, je osnovna naloga or-

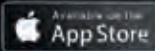
ganizatorja. Sejmski dogodek bo združeval in povezoval ponudnike in uporabnike in omogočal, da se bodo seznanili z novostmi in se poslovno medsebojno še bolj povezali in dopolnjevali aktivnosti za doseganje čim večjih učinkov.

VODA AQUA & Recycling je strokovni sejem, na katerem ne smete manjkati! Planirajte vašo aktivno udeležbo in s tem soustvarjajte osrednjo regijsko strokovno sejmsko prireditev – VODA AQUA & Recycling. Ne zamudite priložnosti in se seznanite z najnovejšimi dosežki razvoja v industriji, poiščite rešitve za delovne izzive in dodajte vrednost vašemu poslovanju!

Sejem B2B VODA AQUA & Recycling bo potekal od 2. do 4. oktobra 2018 v Ljubljani na Gospodarskem razstavišču.

Vabljeni!

PH catalogue
available as
app for Android
and iPad



SAFETY FIRST

STAINLESS STEEL CONNECTORS FROM PH.



PH Industrie-Hydraulik GmbH & Co. KG
Wuppermannshof 8, 58256 Ennepetal, Germany
Tel. +49 (0) 2339 6021, Fax +49 (0) 2339 4501
info@ph-hydraulik.de, www.ph-hydraulik.de



EDELSTAHL / STAINLESS STEEL
VERBINDUNGSTECHNIK
FLUID CONNECTORS

PRIMOPREDAJA V AACHNU

Aachenski inštitut za fluidno tehniko (*Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen – IFAS*) ima novo vodstvo. Takoj po letošnjem 11. Mednarodnem kolokviju v fluidni tehniki, ki je zasedal od 19. do 20. marca, je vodenje inštituta od *prof. dr. Hubertusa Murrenhoffa* prevzela *prof. dr. Katharina Schmitz*.



Slika 1 : Nova predstojnica IFAS-a *prof. dr. Katharina Schmitz* in stari predstojnik *prof. dr. Hubertus Murrenhoff*

Področje raziskav in visokošolskega izobraževanja ima v Nemčiji svojo posebnost. Predpriprava za prevzem vodenja raziskovalne enote ali katedre na univerzi, visoki šoli traja običajno do pet let. To je upošteval tudi odhajajoči vodja IFAS-a *prof. dr. Hubertus Murrenhoff*, ki je za svojo naslednico predlagal mlado kandidatko *dr. Katharina Schmitz*, pred tem tehnično voditeljico pri firmi *Hunger Maschinen*. S 1. marcem 2018 je prevzela dolžnosti univerzitetne profesorice za področja fluidnotehničnih

pogonov in sistemov (nem.: Fluidtechnische Antriebe und Systeme). Ob enaki kratici kot prej ima IFAS nekoliko spremenjeno vsebino.

Gospa Schmitzeva (takrat še Schrank) je študirala in 2010 leta diplomirala iz strojništva na RWTH Aachen, smer procesna tehnika. Od leta 2013 je delovala na IFAS-u kot namestnica glavnega inženirja. Doktorirala je leta 2015 s temo Masno konzervativne simulacije večfaznih tokov in postala predavateljica na IFAS-u za predmet Fluidna tehnika za mobilno uporabo. Med tem je opravljala različne dolžnosti v industriji.

Nova metla že dobro pometa

S tem prevzemom vodstva inštituta sta dolgoročno zagotovljena mednarodno uveljavljena raziskovanja in študij fluidne tehnike. Da se bo novi veter čutil tudi navzven, so katedro in raziskovalna področja takoj tudi preimenovali iz fluidnotehničnih pogonov in krmilij v pogone in sisteme. Kratica pa je ostala ista in pomeni: *Institut für fluidtechnische Antriebe und Systeme – IFAS*. Krmilja so torej postala sistemi, kar je pravilno še posebej, če upoštevamo digitalizacijo. Skladno s tem so preoblikovali tudi logotip inštituta (*slika 2*).



Slika 3 : Opredelitev raziskovalnih področij IFAS-a po predlogu nove predstojnice *prof. dr. Katharine Schmitz*



Slika 2: Stari in novi logotip IFAS-a

Povezano s preimenovanjem pa so na novo opredelili tudi pet področij raziskovanja (glej *sliko 3*), to so:

- ▶ mobilni in stacionarni sistemi,
- ▶ digitalizacija in avtomatizacija,
- ▶ fluidnotehnične sestavine,
- ▶ tribologija in fluidi ter
- ▶ simulacije, razvoj in vrednotenje.

Pri tem bo močan poudarek na digitalizaciji!

Jeseni v novi zgradbi z novo opremo

Če bo šlo vse po načrtih prof. dr. Schmitzeve, naj bi že jeseni pričeli z delom v povsem novi dvorani laboratorija za obdelovalne stroje (*Werkzeugmaschinenlabors - WLZ*) na RWTH. Ta dvorana je bila žrtev velikega požara v noči s 4. na 5. februar leta

2016. K sreči brez človeških izgub. V IFAS-u so bili takrat popolnoma uničeni prostori za zvočne meritve in klimatska komora. Velike poškodbe pa so utrpeli tudi drugi prostori ter električne, elektronske in prezračevalne instalacije. Laboratoriji po februarju 2016 niso bili več uporabni. V prihodnje pa naj bi raziskovalci IFAS-a dobili na voljo laboratorije v skupni površini okoli 1 000 m², s petimi zvočno izoliranimi prostori, klimatsko komoro z možnostjo nastavljanja temperature med -70 in +70 °C ter ustreznimi prostori za zvočne, površinske raziskave ter preskušanje hidravličnih fluidov.

Ob tej priliki želi uredništvo revije *Ventil*, kot je to že storilo uredništvo revije *Fluid*, izraziti spoštljivo priznanje in zahvalo za večkratno sodelovanje prejšnjemu predstojniku IFAS-a prof. dr. Hubertusu Murrenhoffu v času njegovega 24-letnega vodenja v svetu zelo uveljavljenega inštituta za fluidno tehniko kot izvrstnemu nasledniku njegovega ustanovitelja prof. dr. Backéja. Želimo mu zdrave, zadovoljne in uspešne upokojske dneve. Njegovi naslednici pa želimo obilo zanimivih raziskav ter uspešno delo in nadaljnje svetovno uveljavljanje inštituta.

Vir:

Krauslich W. gl. ur: Neuer Name und frischer Wind in Aachen - *Fluid* 52 (2018) 04 - str. 18

IZREDNA KONJUNKTURA NA TRGU GRADBENIH STROJEV

V svetovnih razmerah gre industriji gradbenih strojev tako dobro kot že dolgo ne. To kaže že število posvetovanj - povpraševanj, ki je objavljeno v raziskovalnem poročilu *Off-Highway Research*. V letu 2017 je v primerjavi s predhodnim letom prodaja narasla za 27 % in dosegla število okoli 894 000 strojev. Od kod tak porast?

Večinski del svetovne rasti prodaje prihaja iz Azije, predvsem iz Kitajske. Tam so enormno povečali število infrastrukturnih gradbenih projektov, ki so kar za 50 % povečali povpraševanje po gradbenih strojih. Močno so se povečala predvsem naročila goseničnih bagerjev.

Zanimiv je tudi porast povpraševanja v ZDA. Po predsedniških volitvah leta 2016 je tudi tam oživelo gospodarstvo in pri tem posebej število gradbenih projektov. Čuti se zlasti zastarelost flote gradbenih strojev, ki jo je treba obnoviti.

Podobno je tudi v zahodnoevropskih državah, posebej rekordni sta Nemčija in Skandinavija, zlasti Norveška in Švedska.

Nadaljnjo rast prodaje predvidevajo tudi v naslednjih letih. Če je bilo za leto 2017 izhodišče že omejeno število strojev, jih za leto 2020 predvidevajo okoli 951 000, v letu 2022 pa okoli 1 027 000.

Vir:

Baumaschinenmarkt boomt - O + P Fluidtechnik 62 (2018) 6 - str. 59

DIGITALNI VENTIL NA POTI V PRIHODNOST

Brez kisika človek ne more preživeti in medicina ne more rešiti nobenega življenja. Podjetje *Linde Healthcare*, ki je med vodilnimi ponudniki medicinskih plinov, je v sodelovanju z uveljavljenim podjetjem za merilno tehniko na področju tlakov *Keller A. G.* zagotovilo pomemben napredek v tehniki snovanja in izdelave jeklenk za kisik.



Že več kot 20 let temelji medicinska oskrba s kisikom na jeklenkah, opremljenih z analognimi manometri. Uporabnik lahko ugotavlja preostanek kisika v jeklenki z odčitanjem tlaka in pregledom ustrezne tabele, seveda v odvisnosti od velikosti jeklenke. Pri uporabi skoraj 1 000 jeklenk samo v nemških bolnišnicah to zahteva prizadevnost precejšnjega števila osebja. Ideja o

digitalnem kazalniku na jeklenki je nastala v podjetju *Linde Healthcare* z namenom, da se poenostavi oskrba bolnišnic s kisikom, saj podjetje skrbi za to v bolnišnicah in klinikah v več kot 50 državah na svetu. Projektna definicija je predvidevala razvoj ustreznega digitalnega ventila, primerne za trajno opremo jeklenk za kisik. K realizaciji projekta je pritegnjena firma *Keller A.G.*, uveljavljeno podjetje za tehniko merjenja tlaka.

Poleg kompatibilnosti z jeklenkami v uporabi naj novi digitalni ventil ne bi imel spremenljive oblike. Medicinska uporaba kisika pa predpostavlja najvišjo čistočo in ustrezno zanesljivost in varnost delovanja merilnih senzorjev. Da bi temu ustregli, so pri Kellerju morali razviti popolnoma nove senzorje z merilnim območjem do 300 bar in jih izdelovati v popolnoma čistem prostoru. Razviti dajalnik tlaka je robusten in izdelan samo iz materialov, kompati-

bilnih s kisikom. S svojo kompaktno obliko je tako Kellerjev senzor PA-5 postal osrednja sestavina Lindejeve jeklenke za kisik.

V ventil je vgrajeno analogno zaznavalo tlaka, ki posreduje signal preko elektronike na zaslon, ki v vsakem trenutku enoznačno prikazuje podatke o stanju, kot so tlak, tok in nivo. Poleg digitalnega prikazovalnika ima ventil vgrajeno še varnostno napravo z akustičnim in vizualnim varnostnim alarmom, če nastopi kritično nizek nivo ali tok plina.

Ta novi sistem Lindejevih jeklenk za kisik z oznako LIV IQ (*Linde Integrated Valve*) se je že uveljavil na trgu. Njegova velika prednost je vgrajena samokontrola, primerna tudi za mobilno uporabo, kot so npr. reševalna vozila. Poleg tega v veliki meri razbremenjuje medicinsko osebje, saj lahko do minute natančno sklepa, koliko časa je še na voljo aktualna poraba kisika.

Optimizacija oskrbe z medicinskim kisikom je v teku. Sistem LIV IQ naj bi postal sposoben uveljavljanja IoT. Digitalni podatki ventila se bodo pri tem lahko povezali v bolnišnični telekomunikacijski sistem in s tem dodatno zagotovili dobrobit uporabnikov in njihovih pacientov. Nadzor delovanja sistema na daljavo pa se s tem zelo poenostavi.

Dodatne informacije so na voljo na spletnem naslovu: www.keller-druck.com.

Vir:

Digitales Ventil auf dem Weg in die Zukunft – O + P Fluidtechnik 62 (2018) 6 – str. 20

SPLETNA TRGOVINA www.s3c.si



V spletni trgovini podjetja S3C, d. o. o., (www.s3c.si) je mogoče kupiti pnevmatične in hidravlične valje kakor tudi hidravlična tesnila različnih proizvajalcev.

Med njimi so valji podjetij FESTO, Bosch, SMC, Parker in AVENTICS. Na zalogi je široka paleta različnih oblik, eno- in dvostransko delujočih valjev, valjev iz nerjavnih materialov ter valjev različnih dimenzij. Skoraj vse je na zalogi in v le 3 dneh na naslovu kupcev.

Vir:

S3C, d. o. o., Tržaška cesta 116, 1000 Ljubljana, 01/423-22-22, faks 01/423-22-00, e-pošta info@s3c.si



FLUIDNA TEHNIKA IN RAZVOJNE PERSPEKTIVE INDUSTRIJE IN GOSPODARSTVA

Na letošnji ameriški konferenci o razvojnih izgledih industrije in gospodarstva – *The Industry & Economic Outlook Conference (IEOC)* – se bo posebej predstavila fluidna tehnika. Organizacijo in vsebine predstavitve pripravlja njihovo nacionalno združenje – *National Fluid Power Association (NFPA)*. Prepričani so, da je konferenca, ki bo zasedala v avgustu v Chicagu, zelo ustrezno mesto za izmenjavo pomembnih informacij med člani združenj za fluidno tehniko in predstavniki industrije in gospodarstva, njenimi najpomembnejšimi uporabniki.

Letošnji poudarki bodo predvsem na priložnostih in razmerah v industriji fluidne tehnike v gospodarstvu. Industrijski strokovnjaki bodo izmenjali analize, podatke in kritične poglede, ki jih poslovni voditelji fluidne tehnike morajo razumeti in upoštevati za konkurenčno in uspešno sodelovanje z industrijo in gospodarstvom ter ustrezno načrtovanje razvoja.

V program konference so vključene naslednje teme, pomembne za fluidno tehniko:

- ▶ industrija fluidne tehnike – razvojne napovedi,
- ▶ trg in uporabniki fluidne tehnike – pregled,
- ▶ gradbeni stroji – razvojne napovedi,
- ▶ kmetijski stroji – razvojne napovedi,

- ▶ transportni stroji in težka vozila – razvojne napovedi,
- ▶ industrijski stroji in oprema – razvojne napovedi,
- ▶ kovinska industrija/obdelovalni stroji – razvojne napovedi,
- ▶ združenje za proizvodno tehniko,
- ▶ analiza NFPA o navpičnih in področnih trgih fluidne tehnike.

Več informacij dobite na spletnem naslovu byt.ly/HPO418IEOC.

Vir:

NFPA Announces – Schedule for Popular Conference, *Hydraulics & Pneumatics* 71 (2018) 04 – str. 10

AKTUALNO PRI RAZVOJU O-TESTNILK



Na strokovnih srečanjih, sejmih in konferencah o O-tesnilkah kljub njihovemu izrednemu pomenu obravnavajo le redko ali samo obrobno. V Man-

nheimu je zato 20. in 21. junija zasedal zanimiv *O-Ring Forum* (forum o O-tesnilkah). Obravnavali so za vse uporabnike zanimiva vprašanja o stanju tehnike, problemih njihove izdelave, uporabe in vzdrževanja. Forum je vodil *Bernard Richter* iz laboratorija za preskušanje O-obročkov (*O-Ring Prüflabor Richter*), v hotelu Mercure, Friedensplatz v Mannheimu. Predstavljeno je bilo več kot 20 referatov, ki so obravnavali vsa vprašanja od uporabe materialov, zagotavljanja kakovosti in analize poškodb do njihove standardizacije. Predavanja so obravnavala tudi problematiko in izkušnje sodobne izdelave takšnih tesnilk s postopki 3D-tiskanja.

Na prihodnje seminarje se lahko prijavite po spletu pri organizatorju *Isgatec*.

Vir:

Seminar – Aktuelle Entwicklungen bei O-Ringen – *Fluid* 52 (2018) 05 – str. 7

MERJENJE POZICIJSKE TOČNOSTI IN KALIBRACIJA LINEARNIH OSI CNC-OBDELOVALNIH STROJEV

Luka Čerče, David Muženič, Vinko Rotar, Franci Pušavec, Davorin Kramar

Izveček:

Potrebe moderne industrije po doseganju vse ožjih toleranc ter zahteve mednarodnih standardov kakovosti so privedle k temu, da je zmogljivost proizvodne opreme pomembna kot še nikoli prej. Zahtevana dimenzijska točnost izdelkov neposredno kaže na pozicijsko točnost CNC-stroja. Poleg klasične meritve z merilnimi uricami lahko geometrijsko točnost obdelovalnih strojev preverimo s testom Ballbar. Dodatno lahko linearno pozicijsko točnost osi izmerimo z laserskim interferometrom. Na podlagi rezultatov testov lahko določene napake odpravimo s popravki parametrov v krmilniku CNC-stroja ter tako izboljšamo pozicijsko točnosti in krožnost CNC-stroja. S tem odločilno vplivamo na kakovost obdelane površine in dimenzijsko natančnost izdelkov. V prispevku sta na primeru iz prakse predstavljeni meritev geometrijske točnosti obdelovalnega stroja in izvedba kalibracije linearnih osi.

Ključne besede:

geometrijska natančnost, pozicijska točnost, CNC-stroj, naprava Ballbar, laserske meritve, umerjanje CNC-strojev

1 Uvod

V Laboratoriju za zagotavljanje kakovosti Fakultete za strojništvo na Univerzi v Ljubljani izvajamo meritve geometrijske točnosti in ponovljivosti obdelovalnih strojev, iz katerih lahko razberemo razloge za nastale odstopke od idealne pozicije. Tako lahko naročniku predlagamo možne ukrepe za njihovo odpravo ali zmanjšanje in s tem povečanje točnosti obdelovalnega stroja in posledično izdelkov.

Naročnik meritev se je zanimal za nakup rabljenega 5-osnega frezalnega stroja Deckel Maho DMU 100T (slika 1). 5-osni CNC-frezalni stroj ima delovno območje 1250 mm × 560 mm × 560 mm (X × Y × Z). Delovna miza se pomika v osi Z. V njej je integrirana NC-rotacijska miza premera 800 mm, ki rotira okrog osi C. Obdelovalna glava se pomika v osi X in Y ter rotira okrog osi B od -30 do +120°. Stroj lahko v zalogovniku orodij shrani 32 orodij tipa SK40. Frezalni stroj je opremljen s krmilnikom Heidenhain iTNC 530.

Na podlagi ogleda in opravljenih meritev geometrijske točnosti stroja z merilnim sistemom Ballbar so se naročniki odločili za nakup rabljenega stroja.



Slika 1: 5-osni frezalni stroj Deckel Maho DMU 100T

dr. **Luka Čerče**, univ. dipl. inž., **David Muženič**, univ. dipl. inž., **Vinko Rotar**, mag. inž., izr. prof. dr. **Franci Pušavec**, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. **Davorin Kramar**, univ. dipl. inž., vsi Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

Po postavitvi in priklopu stroja v proizvodne prostore podjetja smo opravili nivelacijo ter z uporabo mehanskih merilnih uric in drugega merilnega pribora po priporočilu proizvajalca stroja preverili njegovo začetno stanje (slika 2).



Slika 2 : Mehanske meritve točnosti stroja

Večina izmerjenih vrednosti je bila v predpisanih tolerancah. Po opravljeni nivelaciji stroja smo za natančnejšo analizo stanja stroja opravili test Ballbar ter laserske meritve točnosti linearnih osi, na podlagi katerih so bile opravljene kompenzacije.

2 Uporabljeni merilni sistemi

Poleg klasičnih merilnih uric in orodjarskih libel smo za meritve točnosti stroja uporabili merilni sistem Renishaw Ballbar QC20-W in laserski interferometer Renishaw ML10 Gold Standard.

2.1 Sistem Renishaw Ballbar QC20-W

Ballbar QC20-W proizvajalca Renishawa (slika 3) je merilni sistem, prirejen za uporabo na različnih CNC-obdelovalnih strojih.

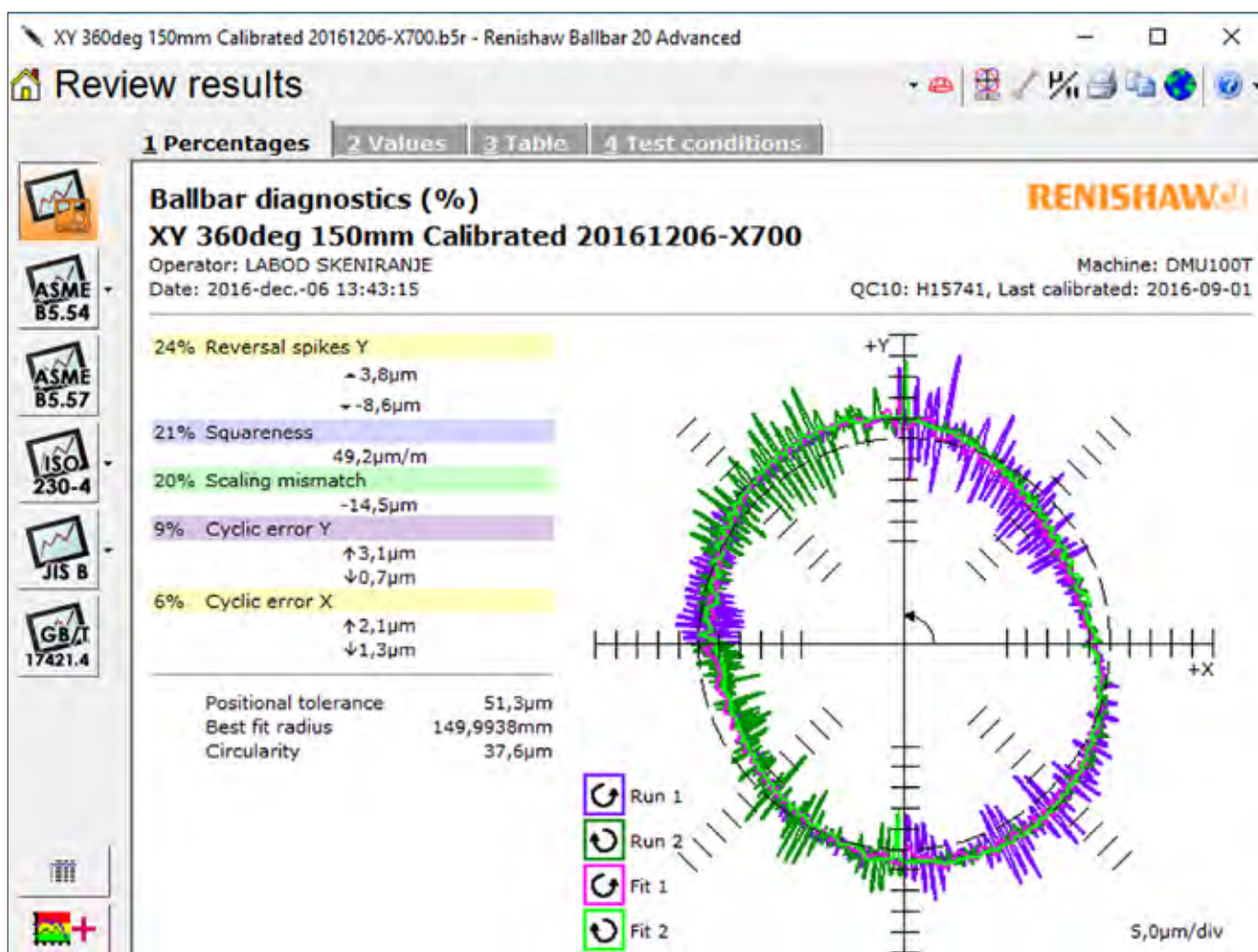
Osrčje naprave predstavlja LVDT-senzor (ang. Linear Variable Differential Transformer). Merilnik se s pomočjo dveh jeklenih kroglic ($\varnothing = 12,7 \text{ mm} \pm 2,5 \mu\text{m}$) vpne v magnetni sedali na vretenu (A) in mizi (B) obdelovalnega stroja.

LVDT-senzor je brezžično povezan z računalnikom in ustreznim programom, ki zajema majhne radialne pomike sensorja med izvajanjem krožnega testa. Glede na omejitve oz. namembnost obdelo-



Slika 3 : Ballbar QC20-W

valnih strojev lahko naredimo različne teste: krožne (360°), polkrožne (180°) ali četrtinske (90°) v ravnini X-Y, X-Z in Y-Z. Glede na vrsto in smer testa je potrebno napisati NC-program, ki je v bistvu zapis programirane idealne krožne poti vretena (B) okoli središča (A). Radij krožnega testa je za različne velikosti strojev mogoče prilagajati; najmanjši polmer je 100 mm, z različnim sestavljanjem podaljškov merilne palice pa je pri osnovnem kompletu naprave mogoče radij povečati na 150, 300 oz. 600 mm. Če izvajamo polni krožni test (360°), je ta sestavljen iz dveh delov meritev, in sicer: dva obhoda vretena (A) okoli središča kroglice (B) v smeri urnega kazalca in nato dva obhoda vretena v nasprotni smeri. Med menjavo smeri zaradi pravilnega zajemanja podatkov upoštevamo pavzo najmanj 3 sekunde [1].



Slika 4 : Primer rezultata meritve Ballbar

Odstopanja dejanske krožne poti vretena od idealne krožnice, zapisane z NC-kodo v krmilniku, zajame merilnik in jih sproti prikazuje na zaslonu PC-računalnika (slika 4).

Na osnovi teh rezultatov se lahko določi trenutno stanje sposobnosti stroja, iz analize rezultatov pa se kasneje lahko izvajajo tudi različni ukrepi za njihovo izboljšanje.

2.2 Laserski interferometer Renishaw ML10 Gold

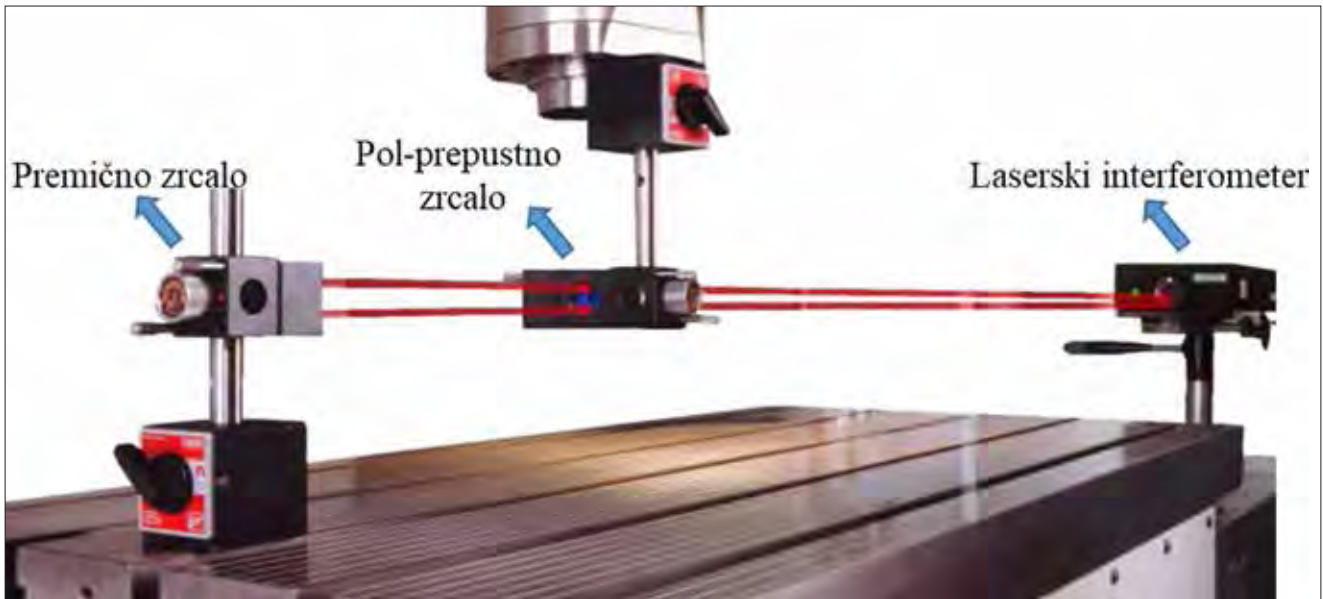
Laserski sistem ML10 Gold Standard proizvajalca Renishawa (slika 5) predstavlja drugi način za vrhunsko preverjanje in umerjanje natančnosti obdelovalnih strojev ter tudi koordinatnih merilnih strojev. Sistem ML10 Gold Standard je zasnovan za vrednotenje natančnosti vseh sistemov, pri katerih je bistvena natančnost pozicioniranja. Z visoko natančnostjo enofrekvenčnega laserskega vira, ki vsebuje elektroniko za stabilizacijo žarka, interpolacijo in štetje interferenčnih prog, lahko z nanometriško ločljivostjo merimo velikost napak oz.

odstopanj na obdelovalnih strojih in koordinatnih merilnih napravah. S pomočjo priloženega programskega paketa se nato iz meritev odstopkov izdelajo kompenzacijske tabele odstopanj, ki se s podatkovnim kablom lahko avtomatsko ali ročno vnesejo v krmilnik stroja [1]. Na tak način se lahko zagotovi natančnost delovanja obdelovalnega stroja oz. koordinatne merilne naprave na celotnem delovnem območju naprave.

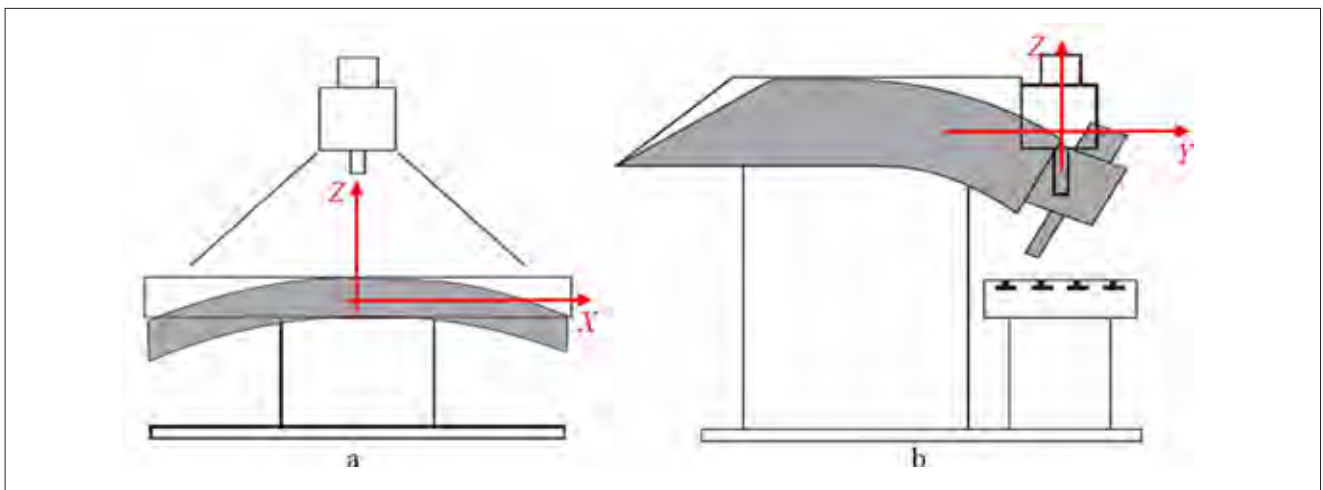
3 Možnosti izvedbe kalibracije

Stroj je opremljen s Heidenhainovim krmilnikom iTNC 530, ki omogoča poleg linearnih korekcij posameznih osi tudi korekciji osi Z proti X oziroma in osi Y ter kompenzacijo osi X proti osi Y [2]. Tako lahko odpravimo naslednje napake, ki vplivajo na pozicijsko točnost:

- ▶ upogib mize v Z-smeri po osi X (slika 6 levo),
- ▶ uklon vretena v Z-smeri (slika 6 desno) pri pomikanju po osi Y,
- ▶ pravokotnost vretena X in Y.



Slika 5 : Postavitev laserskega interferometra ML10 Gold Standard



Slika 6 : Kompenzacije osi Z proti osi X (a) in osi Y (b) [2]

4 Analiza rezultatov

4.1 Rezultati testa Ballbar

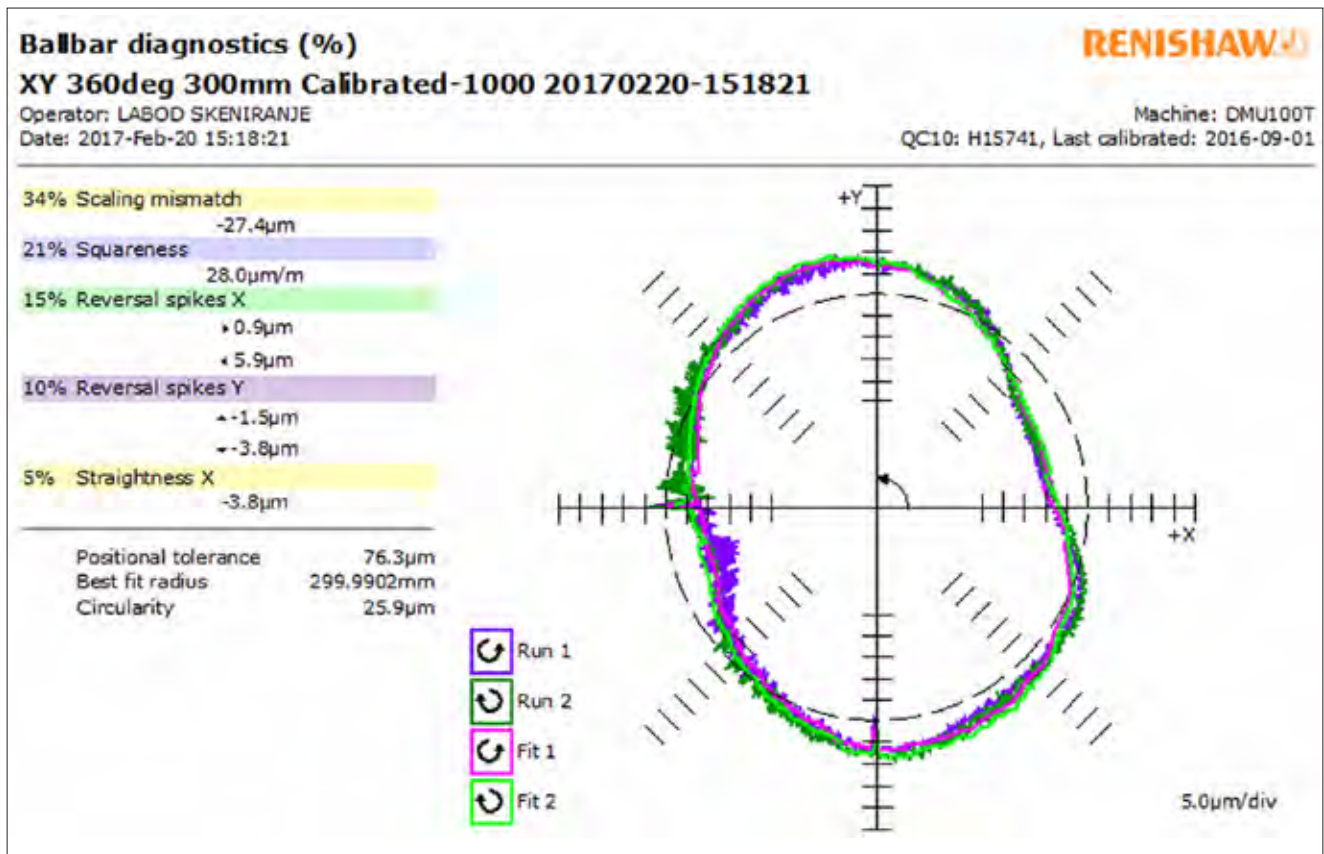
Iz rezultatov testa Ballbar, izvedenega v ravnini XY (slika 7), je razvidno, da sta pozicijska točnost (Positional tolerance) v ravnini XY po nivelaciji $76 \mu\text{m}$ ter krožnost (Circularity) $25,9 \mu\text{m}$. Prisotni sta napaka skale (Scaling mismatch) v osi X in Y ter napaka pravokotnosti (Squareness) med osjo X in Y. Ti dve napaki imata največji vpliv na končno točnost stroja.

V osi X se pojavljajo »napake pri prehodu med osmi« (Reversal spikes X), ki nastanejo zaradi »lepljenja vodila«, ko se to pri prehodu iz pozitivnega gibanja v negativno za kratek čas ustavi. Prav tako se pojavljajo vibracije, ki so mogoče posledica minimalne zračnosti v navojnem vretenu/matici.

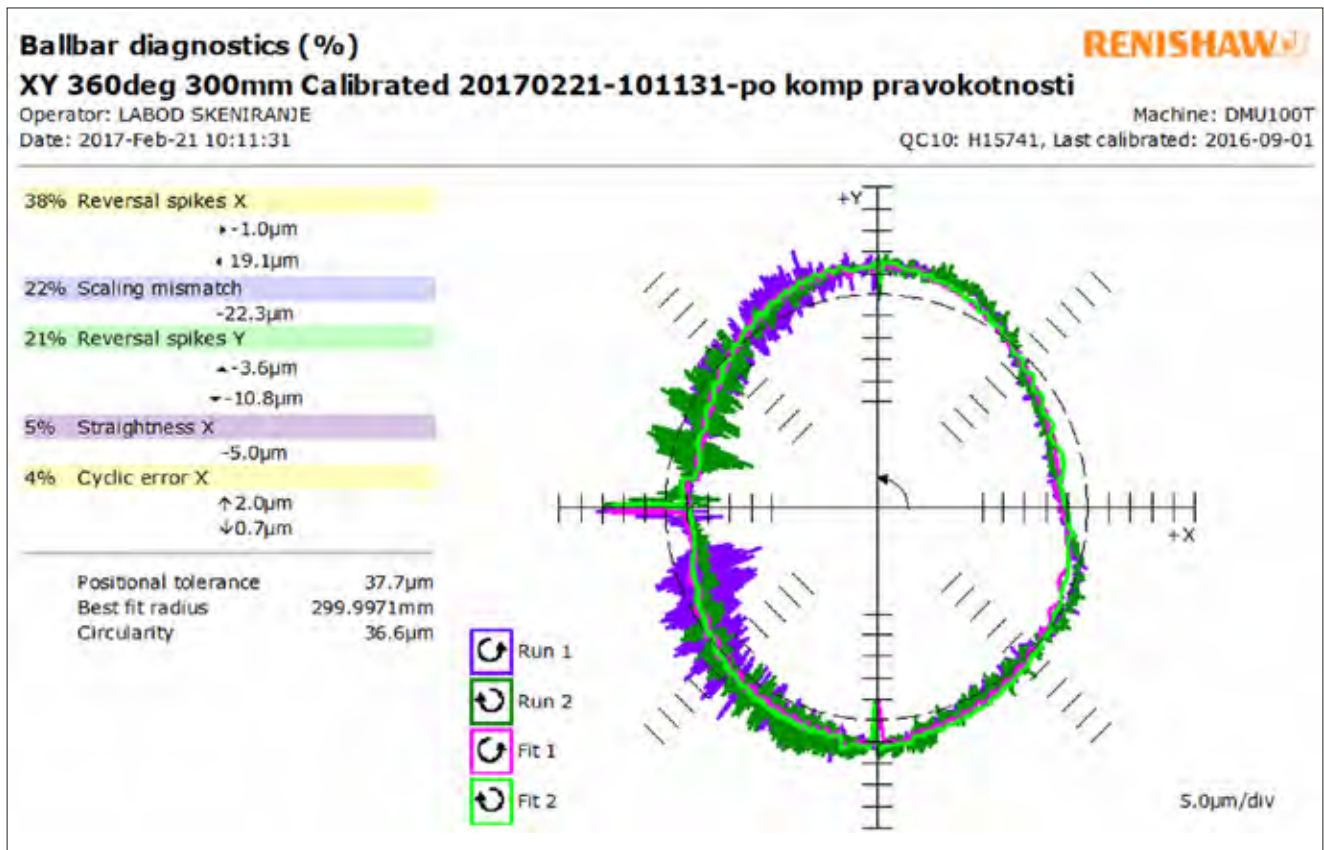
V prvem koraku je bila izvedena kompenzacija pravokotnosti osi X in Y. Izračunane linearne kompenzacije so bile vnesene v kompenzacijsko tabelo osi Y (QUER.COM).

Slika 8 prikazuje rezultat testa Ballbar po vneseni kompenzaciji pravokotnosti, kjer je razvidno, da smo omenjeno napako odpravili. S tem se je občutno izboljšala tudi pozicijska točnost stroja, ki znaša $38 \mu\text{m}$.

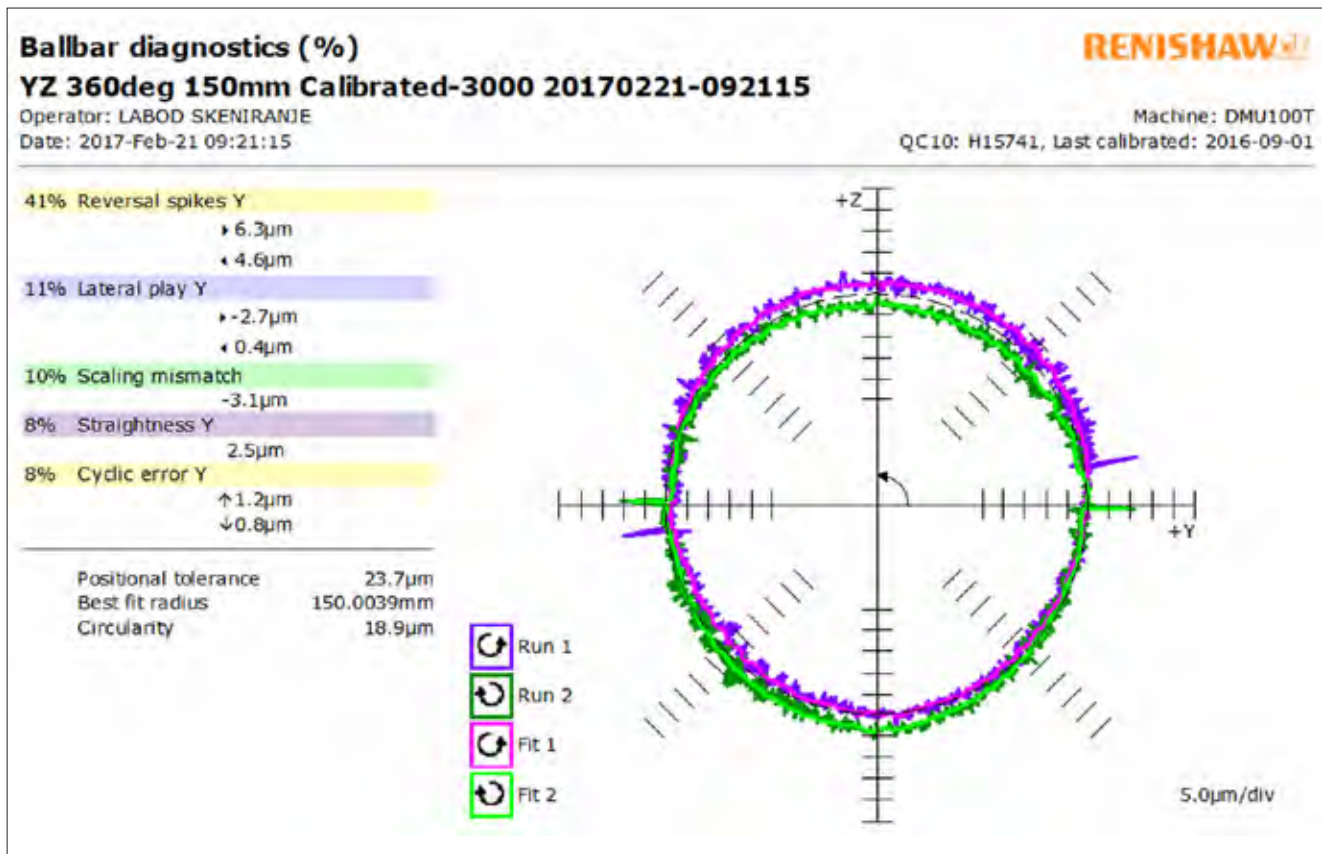
Iz rezultatov testa Ballbar v ravnini YZ (slika 9) je razvidno, da sta pozicijska točnost in krožnost stroja boljši kot v ravnini XY. Prisotne so manjše vibracije in »napake pri prehodu med osmi«, vendar v manjši meri kot v ravnini XY. Razvidna je tudi napaka skale v osi Z.



Slika 7 : Rezultat testa Ballbar v ravnini XY



Slika 8 : Rezultat testa Ballbar v ravnini XY po kompenzaciji pravokotnosti osi X in Y

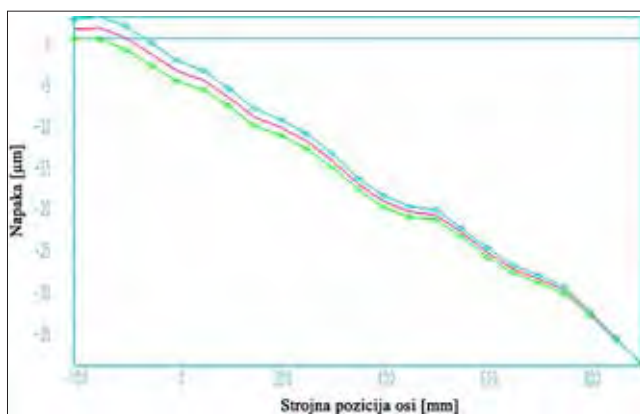


Slika 9 : Rezultat testa Ballbar v ravnini YZ

Iz predstavljenih rezultatov je razvidno, da je prisotna napaka skale v osi X, Y in Z. Zato je bila v naslednjem koraku izvedena kompenzacija skale vseh treh linearnih osi.

4.2 Rezultati laserske meritve in izvedbe kalibracije točnosti linearnih osi

Začetna pozicijska točnost osi X znaša 42 µm (slika 10). Na podlagi izvedene meritve so bile generirane

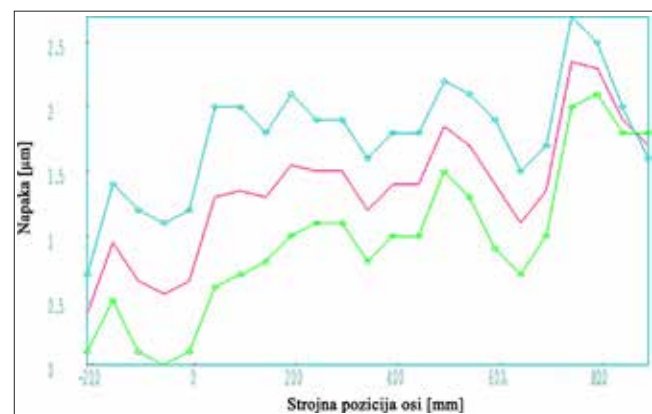


Slika 10 : Rezultat meritve pozicijske točnosti začetnega stanja osi X

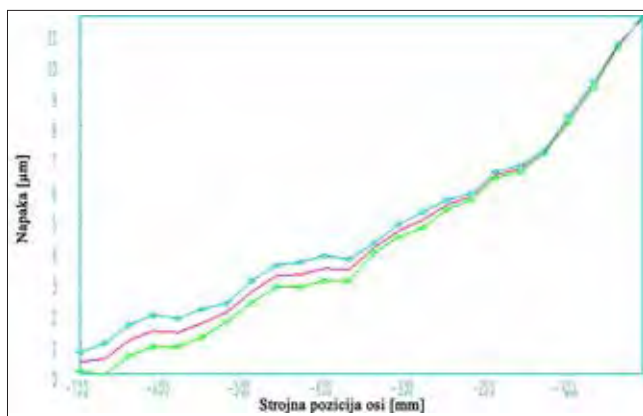
kompenzacije, ki smo jih vnesli v kompenzacijsko tabelo osi X (LAENGS.COM).

Po vnesenih kompenzacijah se je pozicijska točnost stroja v osi X občutno povečala in znaša 2,7 µm, kot je razvidno na sliki 11.

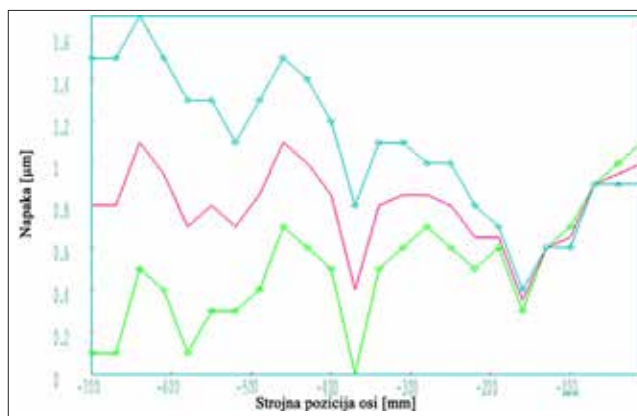
Iz rezultatov meritev osi Y (slika 12) je razvidno, da je začetna pozicijska točnost osi Y 11 µm. Na podlagi izvedene meritve so bile generirane kompenzacije, ki smo jih vnesli v kompenzacijsko tabelo osi Y (QUER.COM).



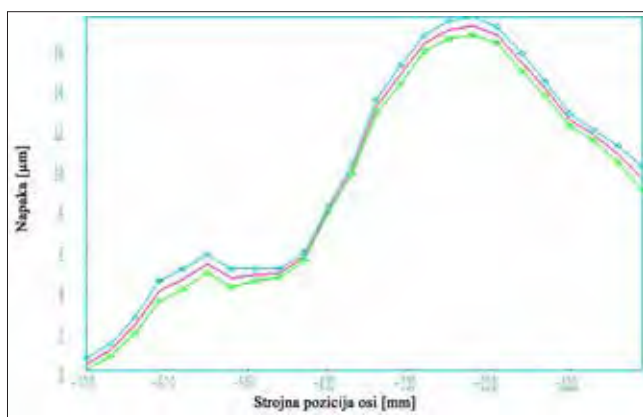
Slika 11 : Rezultat meritve pozicijske točnosti osi X po vnesenih kompenzacijah



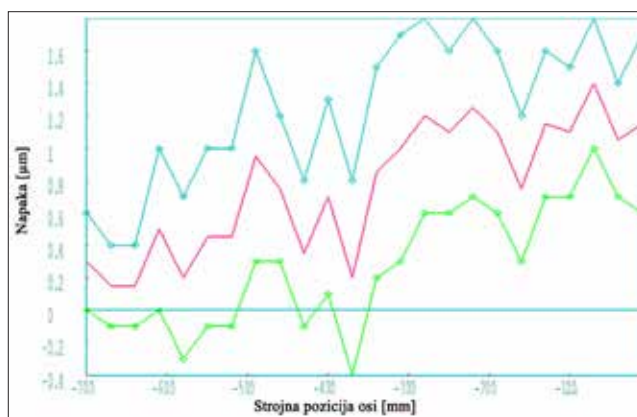
Slika 12 : Rezultat meritve pozicijske točnosti začetnega stanja osi Y



Slika 13 : Rezultat meritve pozicijske točnosti osi Y po vnesenih kompenzacijah



Slika 14 : Rezultat meritve pozicijske točnosti začetnega stanja osi Z



Slika 15 : Rezultat meritve pozicijske točnosti osi Z po vnesenih kompenzacijah

Po vnesenih kompenzacijah se je pozicijska točnost stroja v osi Y občutno povečala in znaša 1,7 µm, kot je razvidno na *sliki 13*.

Začetna pozicijska točnost osi Z znaša 17 µm.

Na podlagi izvedene meritve so bile generirane kompenzacije, ki smo jih vnesli v kompenzacijsko tabelo osi Z (SENK.COM). Po vnesenih kompenzacijah se je pozicijska točnost stroja občutno povečala in znaša 2,2 µm, kot je razvidno na *sliki 15*.

4.3 Končno stanje geometrijske točnosti CNC-obdelovalnega stroja po umerjanju

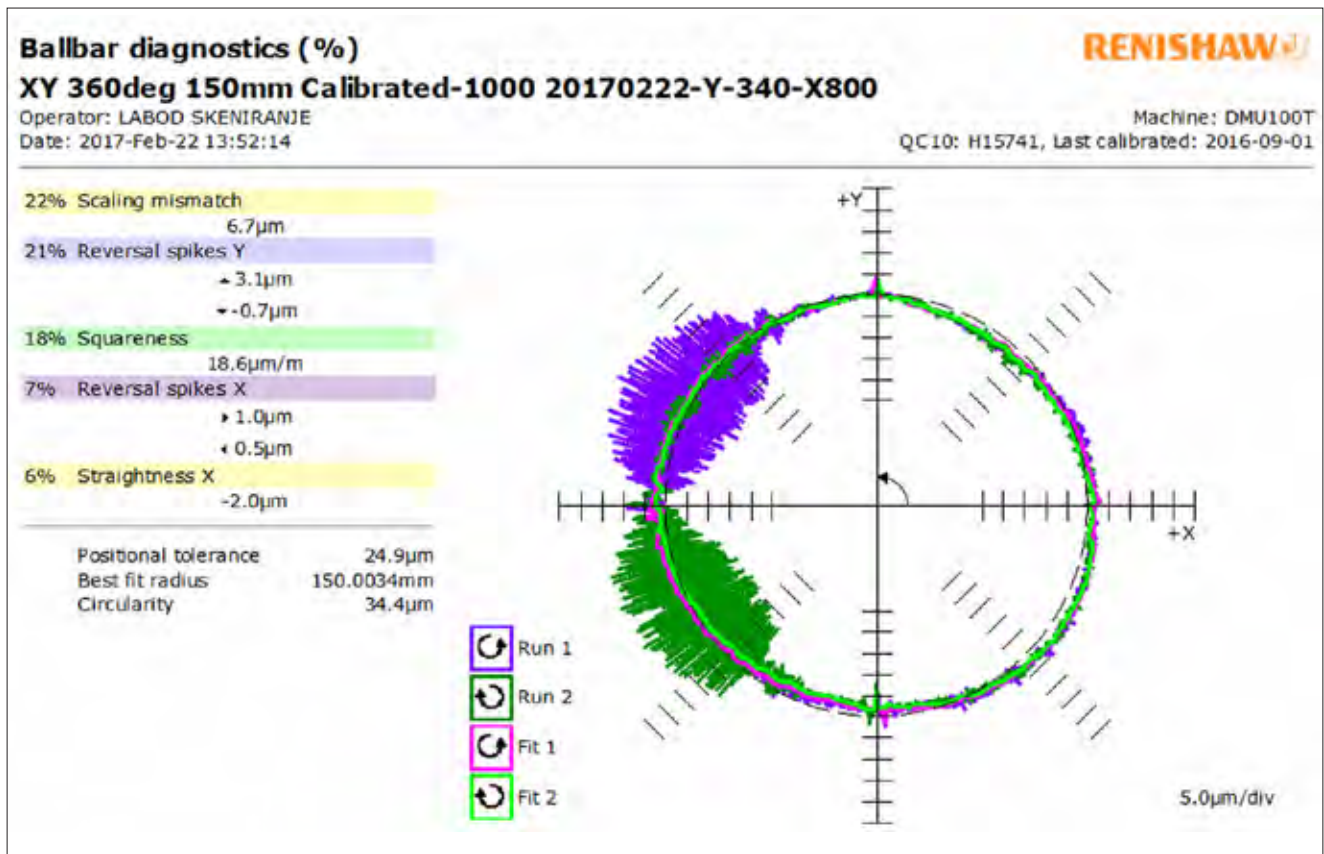
Po opravljenih linearnih kompenzacijah osi X, Y in Z smo končno stanje geometrijske točnosti CNC-obdelovalnega stroja ponovno preverili s testom Ballbar. Iz rezultatov, predstavljenih na *sliki 16*, je razvidno, da se je po vnosu linearnih kompenzacij napaka skale zmanjšala z začetnih 22,3 µm na 6,7 µm. Tako se je izračunana končna

pozicijska točnost stroja v ravnini XY z začetnih 76 µm zmanjšala na 25 µm.

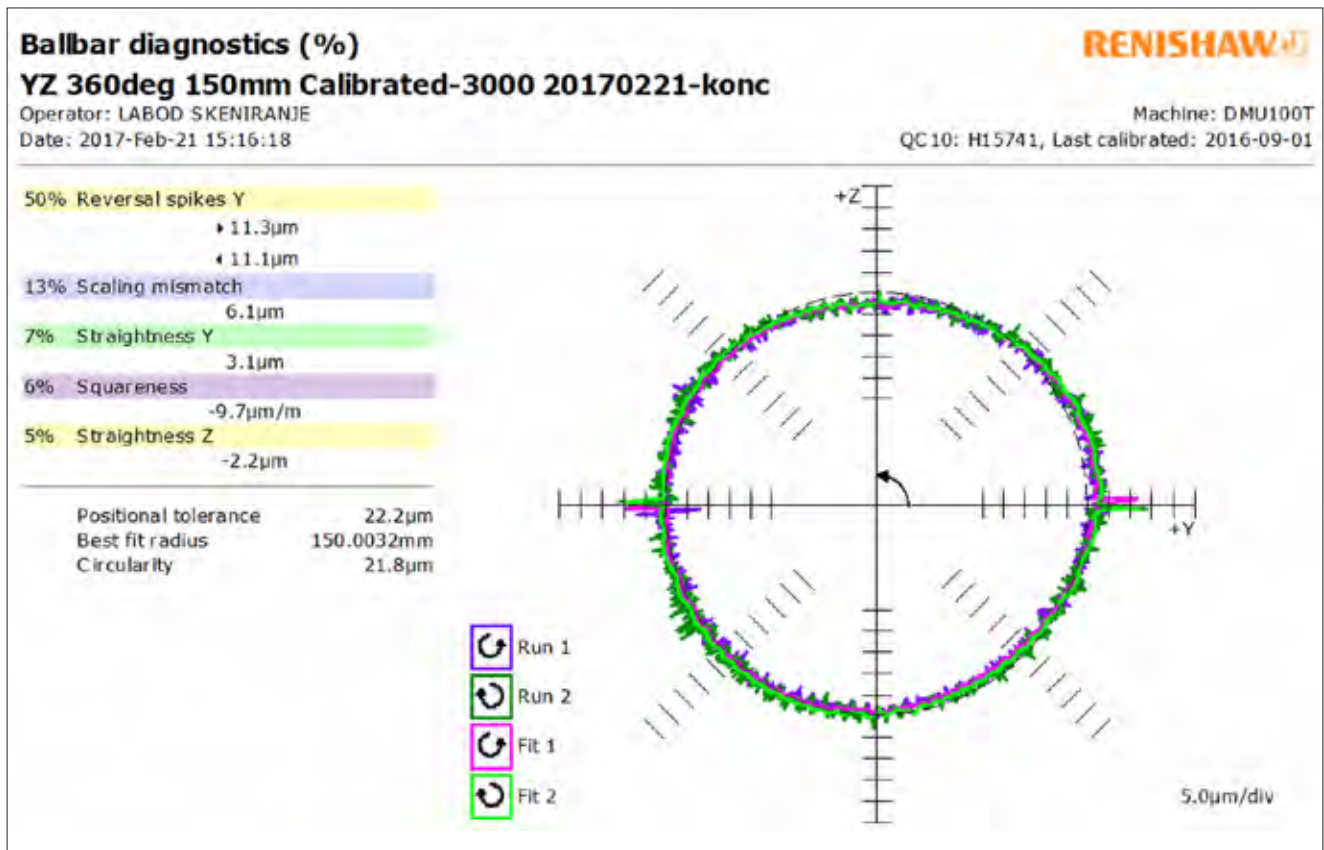
Kot glavna napaka se pojavljajo »napake pri prehodu med osmi« (Reversal spikes) in vibracije, ki so večje na območju osi X od centra delovne mize (rotacijska) v negativno smer gibanja. Glede na tip stroja je to pričakovano, saj je stroj zaradi rotacije vretena okrog osi B največ časa obratoval na tem območju. Ti dve napaki imata največji vpliv na izračunano krožnost, ki znaša 35 µm.

Prav tako sta se po izvedbi kompenzacije skale pozicijska točnost stroja in krožnost v ravnini YZ izboljšali in znašata cca 22 µm (*slika 17*). Kot glavna napaka se pojavljajo »napake pri prehodu med osmi« (Reversal spikes) v osi Y.

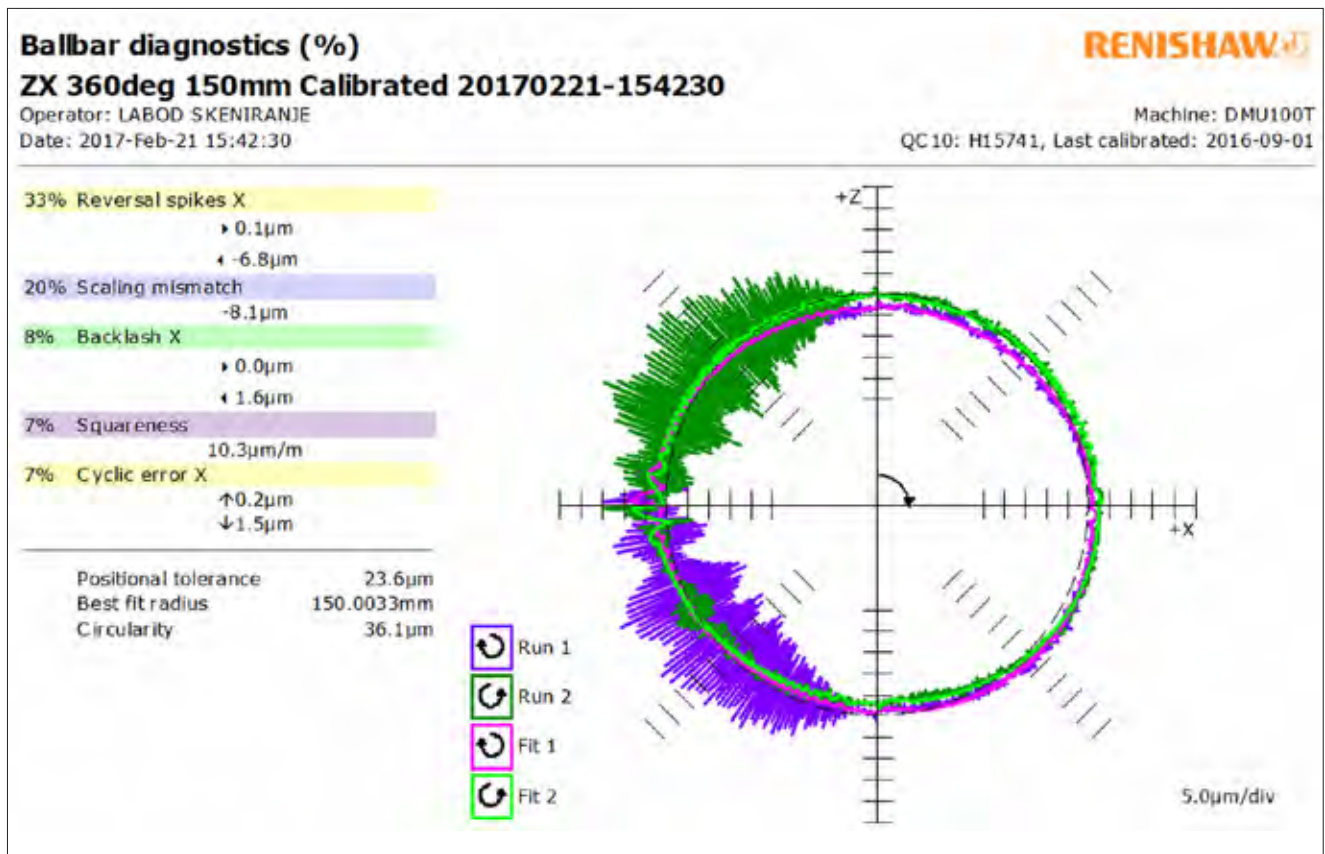
V ravnini XZ (*slika 18*) znaša pozicijska točnost po vnosu linearnih kompenzacij skale stroja cca 24 µm, krožnost pa 36 µm. Kot glavna napaka se pojavljajo »napake pri prehodu med osmi« v osi X in vibracije.



Slika 16 : Končni rezultati testa Ballbar v ravnini XY



Slika 17 : Končni rezultati testa Ballbar v ravnini YZ



Slika 18 : Končni rezultati testa Ballbar v ravnini XZ

5 Končne ugotovitve

Kakovost vsakega izdelka, izdelanega na CNC-obdelovalnem stroju, je nedvomno odvisna od točnosti stroja. Težave s točnostjo strojev neizbežno privedejo do podaljšanja časa obdelave, do izmeta in nepričakovanih izpadov v proizvodnji.

Postopki kontrole in zagotavljanja kakovosti pogosto identificirajo nastale težave šele tedaj, ko so proizvodi že izdelani, torej prepozno, da bi se izognili izmetu in stroškom izpada proizvodnje. Zato je bistveno, da zmogljivost stroja kontroliramo že pred začetkom dela ter nato periodično med obratovanjem. S stalnim nadzorom natančnosti stroja si lahko ustvarimo kronologijo stroja, opazujemo morebitno napredovanje napak, s tem pa tudi predvidimo potrebna vzdrževalna dela.

V delu je predstavljen primer umerjanja CNC-stroja. Uporabljena merilna sistema sta hitra in učinkovita rešitev za preverjanje geometrijske natančnosti obdelovalnih strojev in njihovo umerjanje.

Iz predstavljenih rezultatov je razvidno, da sta bili izboljšani pozicijska točnost in krožnost v vseh ravninah. V večini primerov so rezultati sedaj boljši od začetnih (merjenih pred nakupom). Izboljšanje gre poleg izvedbi ponovne kompenzacije stroja

pripisati tudi mehanskim posegom, ki so bili opravljeni na stroju.

V splošnem bi lahko pozicijsko točnost stroja ocenili na cca 20 µm in krožnost na cca 30 µm pri predpostavki, da so meritve opravljene v neobremenjenem stanju stroja. Pozicijsko točnost lahko teoretično direktno primerjamo z zmožnostjo doseganja geometrijskih toleranc na izdelku, medtem ko krožnost vpliva na točnost izdelave izvrtin z uporabo krožne interpolacije.

Viri

- [1] H. Schwenke, W. Knapp, H. Haitjema, A. Weckenmann, R. Schmitt, F. Delbressine, Geometric error measurement and compensation of machines—an update. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 57 (2) (2008), pp. 660-675.
- [2] Heidenhain iTNC 530 technical manual. Heidenhain, November 2008.

CNC Machine Tools Positional Tolerance Measurement and Linear Axis Calibration

Abstract:

The needs of modern industry to meet narrow tolerances and requirements of international quality standards have led to the fact that the capacity of product machines is more important as ever. Accurate product reflects a geometric accuracy of a CNC machine-tool. In addition to traditional measurements with a measuring gauge, the accuracy test of the CNC machine tool can be performed with a Ballbar test. Additionally, the positional tolerance of the axis movement can be measured with the high accurate laser interferometer. Based on the results, different errors can be eliminated with the correction of parameters in the CNC machine tool controller, and thus improve the positioning accuracy and circularity of CNC machine tool. These parameters have a decisive impact on the surface quality and dimensional accuracy of products. In the paper, an industrial case study of measurement of geometrical accuracy and linear axis positional tolerance compensation is presented.

Keywords:

Geometrical accuracy, positional tolerance, CNC machine-tool, Ballbar device, CNC machine-tool calibration.

Za uspešno delo s strojem, njegovo vzdrževanje in varno uporabo, kot tudi za razumevanje posebnosti v delovanju ter za prepoznavanje napak in nevarnosti..., so potrebna specialna znanja. Ta z leti zbledijo, ali pa jih je šele potrebno pridobiti. Nenehno izobraževanje je danes nuja!

Komu so tečaji namenjeni?

Tečaji so namenjeni strokovnemu in vodstvenemu kadru, serviserjem in monterjem naprav z vgrajeno hidravlično in pnevmatično opremo ter krmiljem... oz. vsem, ki se pri svojem delu srečujejo s tovrstnimi napravami in tovrstno tehniko.

Tečaji so zasnovani tako, da v okviru osnovnega tečaja spoznamo osnove, ki jih nato v okviru nadaljevalnega tečaja nadgradimo ali razširimo z drugimi tematskimi tečaji.

Način podajanja znanja in oprema

Vsak tečaj sestoji iz teoretičnega in praktičnega dela, pri čemer pomen teoretičnih osnov podkrepimo s kratkimi izračuni in v nadaljevanju še z obsežnim praktičnim delom. Slednje izvajamo na realni industrijski opremi in ob realnih obratovalnih pogojih. Izvedba tečaja je prijazna udeležencu in naravnana na čim bolj učinkovito pridobivanje znanja.



IZOBRAŽUJEMO ZA INDUSTRIJO

Hidravlika

Pnevmatika

Uvod v tribologijo in maziva

Nega maziv

Uvod v avtomatizacijo

FS

Fakulteta za strojništvo

Znanje z leti zbledi, ga enostavno ni
ali pa se pojavijo potrebe po novih znanjih.

Obnovite ali pridobite ga!

Več informacij o tečajih najdete na:

e-mail: laoh@um.si

<http://laoh.fs.um.si/>

Tel.: (02) 220 7611

TOPLOTNA OBDELAVA MARAGING JEKLA, NAVARJENEGA S POSTOPKOM OBLIKOVNEGA OBLOČNEGA NAVARJANJA Z ŽICO

Maja Lindič, Boštjan Podlipec, Matija Bušič, Damjan Klobčar

Izvleček:

Oblikovno obločno navarjanje z žico (ang. WAAM – wire arc additive manufacturing) je postopek dodajalnih tehnologij, ki ima velik potencial tudi pri izdelavi in popravilu orodij. Maraging jeklo v primerjavi s klasičnimi orodnimi jekli odlikujeta dobra varivost in enostavna toplotna obdelava. Zaradi neenakomernega ohlajanja taline med varjenjem in toplotne obdelave predhodno nanosenih varkov je mikrostruktura materiala po navarjanju nehomogena, zato je za doseg optimalnih mehanskih lastnosti izdelka nujna naknadna toplotna obdelava. Žico iz maraging jekla smo navarjali na osnovni material po postopku obločnega oblikovnega navarjanja z uporabo varilnega programa MIG CMT+pulz. Tako izdelane vzorce smo toplotno obdelali v dveh sklopih: s toplim žarjenjem in z izločevalnim žarjenjem. Analizirali smo mikrostrukturo in izmerili trdoto po posameznih fazah toplotne obdelave. Rezultati bodo služili za določitev vpliva pogojev toplotne obdelave na strukturo materiala in za primerjavo z deklariranimi vrednostmi.

Ključne besede:

oblikovno obločno navarjanje z žico (WAAM), maraging jeklo, toplotna obdelava

1 Uvod

Oblikovno obločno navarjanje – WAAM (ang. *Wire and Arc Additive Manufacturing*) – je postopek dodajalnih tehnologij, ki kot vir energije za taljenje dodatnega materiala v obliki žice uporablja varilni oblok. Sistem za izdelavo po postopku WAAM je sestavljen iz vira varilnega toka in CNC-naprave, običajno robota, ki zagotavlja gibanje varilnega gorilnika. Roboti se običajno uporabljajo zaradi cenovne dostopnosti, fleksibilnosti, velikega delovnega prostora. Kot vir varilnega toka se lahko uporablja katerakoli tehnologija obločnega navarjanja, npr. varjenje TIG, plazemsko navarjanje in varjenje MIG/MAG, pri katerem lahko avtomatsko dodajamo varilno žico. Uporabljajo pa se lahko tudi hibridni postopki obločnega varjenja [1, 2].

Maja Lindič, mag. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo;

Boštjan Podlipec, univ. dipl. inž., Razvojni center Jesenice, d. o. o., Jesenice;

dr. **Matija Bušič**, Univerza v Zagrebu, Fakulteta za strojništvo in ladjedelništvo;

Doc. dr. **Damjan Klobčar**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Navarjati je mogoče širok spekter dodatnih materialov: različne vrste konstrukcijskih, nerjavnih in legiranih jekel [3–9], aluminijevih [10–13], titanovih zlitin [14–21] ter ostalih materialov (npr. magnezijevih zlitin [22]). Zaradi različnih fizikalnih lastnosti materialov, ki se uporabljajo pri navarjanju, so izzivi, s katerimi se srečujemo pri tem, za vsak tip materiala povsem specifični. Pojavljajo se npr. izzivi, povezani z vnosom energije, vključki v materialu, s poroznostjo itd. Med raziskavami se je kot prednost postopka WAAM izkazala predvsem možnost izdelave izdelkov z velikim volumnom, izdelkov, ki dopuščajo nizko ločljivost izdelave oz. omogočajo naknadno obdelavo z odrezavanjem za doseganje ustreznih geometrijskih toleranc. Velika prednost se kaže pri klasični izdelavi izdelkov, pri kateri bi sicer z odrezavanjem odvzeli veliko količino materiala [23]. Smiselna je uporaba tistih materialov, pri katerih cena materiala predstavlja velik del končnih stroškov izdelka, zato se velik potencial za navarjanje po postopku WAAM kaže tudi pri uporabi maraging jekel.

Maraging jekla so posebna vrsta visoko trdnih jekel, pri katerih je visoka trdnost posledica izločanja intermetalnih spojin – precipitativ in martenzitne transformacije, ki ne izhaja iz prisotnosti ogljika kot pri ostalih jeklih [24]. Zaradi dobrih mehanskih lastnosti se pogosto uporabljajo v orodjarski industriji, so tudi dobro variva in jih za razliko od klasičnih orodnih jekel ni potrebno predgrevati [25, 26]. Ma-

raging jekla je potrebno variti s čim nižjim vnosom energije (< 1,8 kJ/mm [26]) in vzdrževanjem nizke medvarkovne temperature (< 120 °C). Večji vnos energije vpliva na nastanek bolj grobe, segregirane strukture z nizko trdnostjo. Prav se tako podaljša čas, ko je zvar segret na visoko temperaturo, in čas ohlajanja. To spodbuja formacijo precipitativ na mejah kristalnih zrn, zaradi česar lahko material postane krhek. Trdnost lahko izboljšamo z ustrezno toplotno obdelavo, običajno topilnim in izločevalnim žarjenjem oz. staranjem [25, 27].

Izbira pogojev in ciklov toplotne obdelave je v veliki meri odvisna od kemične sestave jekla in vnosa energije med varjenjem. Če zagotavljamo dovolj nizek vnos energije, topilno žarjenje ni potrebno in lahko varjenju takoj sledi staranje [26]. Glede na stanje, v katerem je material dobavljen, ločimo dve vrsti toplotne obdelave: za lite in kovane strukture.

Topilno žarjenje za lite strukture se običajno izvaja v treh fazah. Najprej predgrejemo material na 1150 °C za 1 uro in ga ohladimo na zraku do temperature okolice. S tem homogeniziramo strukturo. Nato material segrejemo na 595 °C, pri čemer se formira povratni avstenit, ki zagotavlja nukleacijska mesta za rekristalizacijo, ko izvajamo 3. fazo topilnega žarjenja – raztopno žarjenje. V tej fazi se v avstenitu raztopijo legirni elementi [26, 29].

Topilno žarjenje za kovane materiale obsega le eno fazo. Poteka pri enakih pogojih kot raztopno žarjenje (3. faza) za lite strukture – običajno 815–950 °C (1 uro). Temperatura, pri kateri poteka, ima zanesljivi vpliv na trdnost materiala po staranju [26, 28]. V primeru obdelave velikih kosov je lahko cena toplotne obdelave zelo visoka, zaradi česar se material v praksi velikokrat samo stara na temperaturi okrog 480 °C [25, 27].

Temperatura transformacije avstenita v martenzit – M_s – pri maraging jeklih znaša 200–300 °C. Pretvorba avstenita v martenzit je neodvisna od hitrosti ohlajanja in poteče tudi pri počasnem ohlajanju na zraku. Nizko temperaturo začetka transformacije je mogoče doseči z ustreznimi legirnimi elementi. Večini maraging jekel se dodajajo Ni, Co, Ti, Al, Mo itd. Precipitate tvorita Ti in Mo, ostali legirni elementi pa so zgolj vključeni v reakcije, ki potekajo pri njihovem izločanju.

Običajno se kot legirni element dodaja tudi Co, ki v osnovi vpliva na zvišanje temperature M_s in omogoči večjo stopnjo izločanja ostalih legirnih elementov [25] ter prav tako tvori intermetalno fazo [29].

2 Eksperiment

Varilno žico premera 1,2 mm s komercialno oznako Capilla 2709 MAG in kemično sestavo po standardu EN 14700: <0,03 % C, 17–19 % Ni, 10–12 % Co, 4–4,5 % Mo, <0,3 % Mn, <0,8 % Si, ravnovesni delež Fe, smo navarjali na blok z enako kemično sestavo. Uporabili smo varilni vir Fronius Trans Pulse Synergic 3200, gibanje gorilnika smo izvajali z varilnim robotom ABB IRB 140. Program za gibanje varilnega robota smo izdelali z uporabo programa SprutCAM.

Na osnovi preliminarnih testov smo ugotovili, da sta linijski vnos energije in medvarkovna temperatura ključna za razlivanje materiala ter s tem preprečitev makro poroznosti in neprevaritev. V fazi optimizacije procesa navarjanja žice iz maraging jekla smo izbrali varilni program CMT+pulz pri procesnih parametrih, ki so prikazani v tabeli 1. Navarjali smo steno dimenzij 120 × 70 × 14 mm z izmeničnim menjavanjem smeri navarjanja za vsako posamezno navarjeno plast.

Tabela 1 : Procesni parametri

| | |
|---------------------------------|----------|
| Hitrost gibanja [mm/s] | 3 |
| Varilni tok [A] | 172 |
| Medvarkovna temperatura [°C] | 250 |
| Zaščitni plin | 100 % Ar |
| Pretok zaščitnega plina [l/min] | 12 |

Vzorke za toplotno obdelavo dimenzij 10 × 10 × 10 mm smo izrezali iz navarjene stene in jih toplotno obdelali. Na istih vzorcih smo opravili tudi meritve trdote in analizo mikrostrukture. Glede na podatke iz literature [29] in opravljene preliminarne teste smo se odločili za pogoje toplotne obdelave, ki so prikazani v tabeli 2. Toplotna obdelava je sestavljena iz dveh sklopov: iz topilnega žarjenja in izločevalnega žarjenja oz. staranja.

Tabela 2 : Parametri topilnega žarjenja in izločevalnega žarjenja

| Št. vzorca | Topilno žarjenje | | | Izločevalno žarjenje ali staranje |
|------------|---------------------------|--|-------------------|-----------------------------------|
| | 1. faza | 2. faza | 3. faza | |
| | Homogenizacijsko žarjenje | Zmanjšanje velikosti kristalnih zrn z ogrevanjem | Raztopno žarjenje | |
| 1 | | | | 490 °C, 4 h |
| 2 | 1150 °C, 1 h | 595 °C, 1 h | 850 °C, 1 h | 480 °C, 3 h |
| 3 | | | | 480 °C, 5 h |

Pogoji topilnega žarjenja, ki smo ga izvedli, ustrezajo tistim za lite strukture, saj takšne strukture s toplotno obdelavo, namenjeno materialom v kovnem stanju, ne moremo homogenizirati. Mikrostruktura v navarjenem stanju je imela nehomogeno mikrostrukturo z velikimi in usmerjenimi zrni.

Toplotno obdelavo smo izvajali v zračni atmosferi. Med posameznimi fazami so bili vzorci hlajeni na zraku do sobne temperature. Ohlajali smo jih na šamotnih podlogah.

Vzorci smo pripravili za metalografsko analizo in jih jedkali z jedkalom Kalling (100 ml etanol, 100 ml HCl, 5 g CuCl₂). Trdoto materiala smo merili na treh naključno izbranih mestih na vsakem vzorcu po Vickersu s 5-kilogramsko utežjo - HV5. Meritve smo izvajali na napravi Struers Duramin A300. Za analizo mikrostrukture smo uporabili optični mikroskop Zeiss Axio Imager M2.

3 Rezultati in diskusija

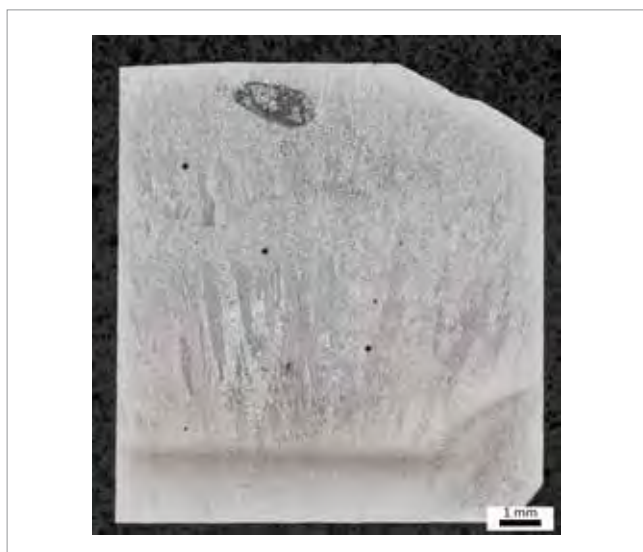
Za določitev vpliva toplotne obdelave smo analizirali vzorec v navarjenem stanju, katerega mikrostruktura je prikazana na *sliki 1*. Po pričakovanjih so bili v vzorcu razvidni dolga usmerjena kristalna zrna in izrazita segregacija, kar je posledica neenakomernega ohlajanja varkov med varjenjem. Mikrostruktura je bila vzdolž prereza nehomogena. Z navarjenjem višjih plasti je prišlo do delnega staranja spodnjih varkov, zaradi česar je raztros izmerjenih meritev trdote na vzorcu v navarjenem stanju večji. Povprečna vrednost trdote vzorca v navarjenem stanju znaša 394 HV.

Mikrostruktura je po homogenizacijskem žarjenju (1. faza topilnega žarjenja) postala homogena (*sli-*

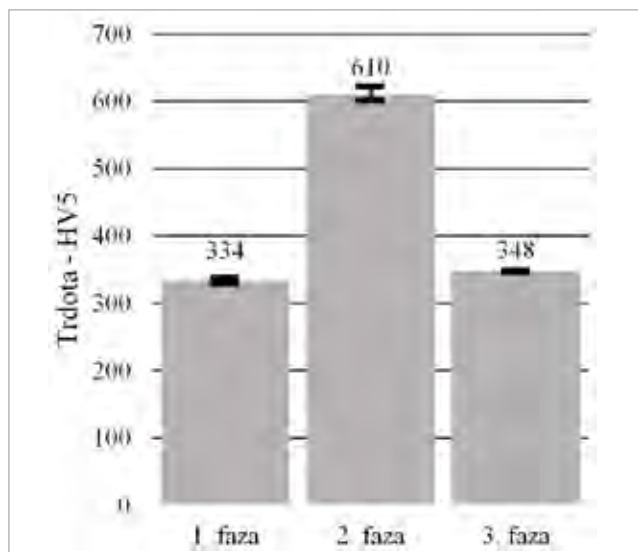
ka 3a), saj smo vzorec segreli nad linijo AC1 v faznem diagramu. Mikrostruktura se je med toplotno obdelavo delno pretvorila v avstenit, ki se je pri ohlajanju transformiral v nikljev martenzit. V drugi fazi topilnega žarjenja so se začeli na mejah kristalnih zrn izločati precipitanti, ki so blokirali meje ter tako preprečili rast kristalnih zrn med nadaljnjo toplotno obdelavo (*slika 3b*). Zaradi izločanja precipitativ se je po drugi fazi povečala tudi trdota, kot je razvidno iz diagrama na *sliki 2*. V fazi raztopnega žarjenja (3. faza topilnega žarjenja) smo segreli material nad linijo AC1, vendar ne tako visoko v avstenitno področje kot pri homogenizacijskem žarjenju v prvi fazi. Legirni elementi so se enakomerno porazdelili po strukturi materiala. Pri ohlajanju se je tvoril martenzit z nizko trdoto, ki je nasičen z legirnimi elementi.

Trdota se je po tej fazi zmanjšala skoraj za 100 % (*slika 3c*). Zaradi nizke trdote, če je to potrebno, postopki odrezavanja potekajo po končani tretji fazi topilnega žarjenja. Odrezavanje po končani toplotni obdelavi je zahtevnejše, ker staranje vpliva na povečanje trdote materiala [28].

Staranje smo izvedli pri treh različnih pogojih. Iz mikrostruktur na *sliki 5* je razvidno, da je struktura materiala homogena, kristalna zrna vseh treh vzorcev pa so primerljive velikosti. S staranjem smo dosegli, da so se iz strukture izločili precipitanti, ki so povzročili utrjevanje materiala, zato se je trdota materiala povečala skoraj za 100 %. Trdoti vzorcev 1 in 3 sta večji od trdote vzorca 2 za približno 12 %. Kar se sklada s tem, da daljši čas oz. višja temperatura staranja vpliva, da se izloči več precipitativ, kar ima za posledico tudi večjo trdoto materiala. Povprečna vrednost trdot vzorcev, ki smo jih merili po staranju, je prikazana na *sliki 4*.



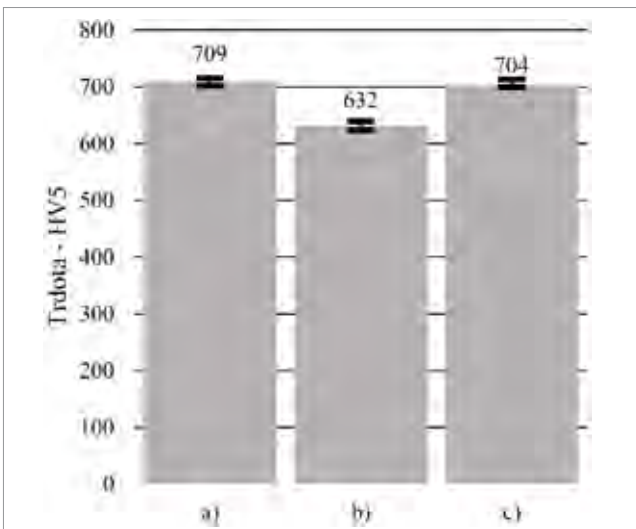
Slika 1: Vzorec iz maraging jekla, navarjen po postopku CMT+pulz; 50-kratna povečava



Slika 2: Povprečne vrednosti trdot, izmerjene po posamezni fazi topilnega žarjenja



Slika 3 : Mikrostrukture po posamezni fazi topilnega žarjenja pri 50-kratni povečavi: a) 1. faza homogenizacijsko žarjenje, b) 2. faza – zmanjšanje velikosti kristalnih zrn z ogrevanjem, c) 3. faza – raztopno žarjenje

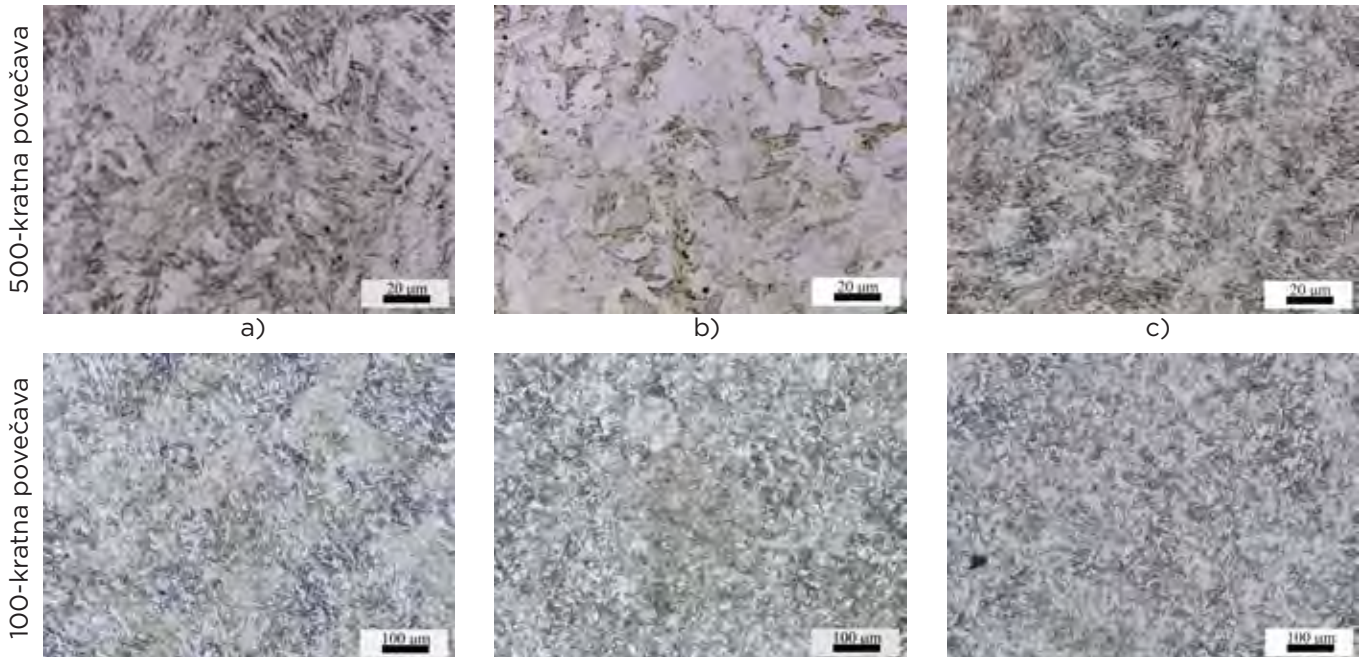


Slika 4 : Povprečne vrednosti trdot, izmerjene po staranju pri različnih pogojih: a) vzorec 1 (490 °C, 4 h), b) vzorec 2 (480 °C, 3 h), c) vzorec 3 (480 °C, 5 h)

Če material prestavimo, to pomeni, da poteka toplotna obdelava predolgo ali pri previsoki temperaturi, začno kristalna zrna rasti in dobimo grobozrnatost, kar vpliva na znižanje trdote in običajno tudi natezne trdnosti in žilavosti. Pri prestaranju pride tudi do raztapljanja metastabilnih nikljevih precipitativ in nastaja povratni avstenit. S prestaranjem lahko zato dobimo mikrostrukturo z veliko vsebnostjo avstenita (tudi do 50 %) [30].

Izmerjena trdota vzorca 2, ki je bil staran pri pogojih 480 °C, 3 h, znaša 632 HV in je za 10 % višja od vrednosti, ki jo pri enakih pogojih staranja navaja proizvajalec (559-576 HV [31]). Materiala predhodno niso topilno žarili.

Na osnovi preliminarnih testov smo ugotovili, da zgolj staranje vzorcev iz maraging jekla, navarjenih z izbranimi procesnimi parametri, ne odpravi nehomogenosti v strukturi, saj so dobljeni varki veliki in struktura preveč usmerjena. Zato je pred staranjem



Slika 5 : Mikrostrukture vzorcev po staranju, ki je bilo izvedeno pri različnih pogojih – 100-kratna, 500-kratna povečava: a) vzorec 1 (490 °C, 4 h), b) vzorec 2 (480 °C, 3 h), c) vzorec 3 (480 °C, 5 h)

potrebno izvesti topilno žarjenje za lite strukture. Najprimernejši proces toplotne obdelave se razlikuje glede na dobljeno mikrostrukturo. Če bi varili z nižjim vnosom energije, bi bil vpliv usmerjene mikrostrukture manjši in bi lahko zadostovala že toplotna obdelava za materiale v kovanem stanju ali zgolj izločevalno žarjenje. Posledično bi se razlikovala tudi izmerjena trdota po toplotni obdelavi, izvedeni pri enakih pogojih.

Zgolj meritev trdot in analiza mikrostrukture nista zadosten kriterij za določitev optimalnih pogojev toplotne obdelave. Za to bi bilo potrebno pridobiti podatek o natezni trdnosti in žilavosti materiala pri različnih pogojih.

4 Zaključek

Ugotovili smo, da je s postopkom WAAM ob primeri izbiri varilnega programa in ustreznih procesnih parametroh mogoče uspešno navarjati maraging jeklo. Zaradi visokega vnosa energije med procesom navarjanja smo izvedli naknadno toplotno obdelavo, ki je primerna za lite strukture:

- ▶ Izmerjena trdota materiala v navarjenem stanju (394 HV) je primerljiva tisti, ki jo o materialu podaja proizvajalec (370–390 HV [31]) ob upoštevanju velikega raztrosa meritev, saj se trdota močno razlikuje glede na mesto merjenja v navaru.
- ▶ Mikrostruktura materiala v navarjenem stanju je nehomogena in grobozrnata. Z ustreznim topilnim žarjenjem za lite strukture je mogoče odpraviti nehomogenost, izceje in zmanjšati velikost kristalnih zrn.
- ▶ Po homogenizacijskem žarjenju postane mikrostruktura homogena z nizko trdoto v vrednosti okoli 330 HV. Po 2. fazi topilnega žarjenja se zaradi izločenih precipitativ trdota v mikrostrukturi poveča na okoli 610 HV. Pri raztopnem žarjenju se tvori martenzit, ki je nasičen z legirnimi elementi. Njegova trdota se zniža na okrog 350 HV.
- ▶ Temperatura in čas izločevalnega žarjenja močno vplivata na trdoto materiala. Pri daljšem času oz. višji temperaturi smo zaradi večje količine izločenih precipitativ v strukturi izmerili višjo trdoto materiala.
- ▶ Analiza mikrostrukture in merjenje trdote nista zadostna kriterija, da bi lahko z gotovostjo sklepali o najprimernejši izbiri parametrov toplotne obdelave za maraging jeklo, navarjeno po postopku WAAM.

Viri

- [1] Wong, K. V., Hernandez, A.: A review of additive manufacturing, ISRN Mechanical Engineering, New York, 2012.
- [2] Williams, S. W., Martina, F., Addison, A. C., Ding, J., Pardal, G., Colegrove, P.: Wire + arc

- additive manufacturing, Materials Science and Technology 21/2016/7, str.: 641–647.
- [3] Wang, J., Sun, Q. J., Wang, H., Liu, J. P., Feng, J. C.: Effect of location on microstructure and mechanical properties of additive layer manufactured Inconel 625 using gas tungsten arc welding, Materials Science and Engineering: A 676/2016/, str. 395–405.
- [4] Coules, H. E., Colegrove, P., Cozzolino, L. D., Wen, S. W., Ganguly, S., Pirling, T.: Effect of high pressure rolling on weld-induced residual stresses, Science and Technology of Welding and Joining 17/2012/5, str. 394–401.
- [5] Adebayo, A., Mehnen, J., Tonnellier, X.: Effects of solid lubricants on wire and arc additive manufactured structures, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 228/2014/4, str.: 563–571.
- [6] Colegrove, P. A., Coules, H. E., Fairan, J., Martina, F., Kashoob, T.: Microstructure and residual stress improvement in wire and arc additively manufactured parts through high-pressure rolling, Journal of Materials Processing Technology 213/2013/10, str.: 1782–1791.
- [7] Youheng, F., Gulian, W., Haiou, Z., Liye, L.: Optimization of surface appearance for wire and arc additive manufacturing of Bainite steel, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 91/2017/1-4, str. 301–313.
- [8] Stockinger, J., Wieding, C., Enzinger, N., Sommitsch, C., Huber, D., Stocklinger, M.: Additive Manufacturing via Cold Metal Transfer, Metal Additive Manufacturing Conference 2016: Industrial perspectives in Additive Technologies, 2016, str. 117–125.
- [9] Zhao, H., Zhang, G., Wu, L.: A 3D dynamic analysis of thermal behavior during single-pass multi-layer weld-based rapid prototyping, Journal of Materials Processing Technology, 211/20113, str.: 488–495.
- [10] Haselhuhn, A. S., Buhr, M. W., Wijnen, B., Sanders, P. G., Pearce, J. M.: Structure-property relationships of common aluminum weld alloys utilized as feedstock for GMAW-based 3-D metal printing, Materials Science and Engineering, 673/2016/A, str.: 511–523.
- [11] Cong, B., Ding, J., Williams, S.: Effect of arc mode in cold metal transfer process on porosity of additively manufactured Al-6.3% Cu alloy, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 76/2015/9-12, str.: 1593–1606.
- [12] Ayarkwa, K., Williams, S., Ding, J.: Investigation of pulse advance cold metal transfer on aluminium wire arc additive manufacturing, International Journal of Rapid Manufacturing, 5/2015/1, str.: 44–57.
- [13] Gu, J., Cong, B., Ding, J., Williams, S. W., Zhai, Y.: Wire+ arc additive manufacturing of aluminium, Proceedings of the 25th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, 2014, str.: 4–6.
- [14] Ma, Y., Cuiuri, D., Hoye, N., Li, H., Pan, Z.: The

- effect of location on the microstructure and mechanical properties of titanium aluminides produced by additive layer manufacturing using in-situ alloying and gas tungsten arc welding, *Materials Science and Engineering*, 631/2015/A, str.: 230-240.
- [15] Donoghue, J., Antony, A. A., Martina, F., Colegrove, P., Williams, S. W., Pragnell, P. B.: The effectiveness of combining rolling deformation with Wire-Arc Additive Manufacture on beta-grain refinement and texture modification in Ti-6Al-4V, *Materials Characterization* 114/2016/, str.: 103-114.
- [16] Martina, F., Roy, M., Colegrove, P., Williams, S. W.: Residual stress reduction in high pressure interpass rolled wire+ arc additive manufacturing Ti-6Al-4V components, *Proc. 25th Int. Solid Freeform Fabrication Symp*, 2014, str.: 89-94.
- [17] Szost, B. A., Martina, F., Boisselier, D., Prytulak, A., Pirling, T., Hofmann, M., Jarvis, D. J.: A comparative study of additive manufacturing techniques: Residual stress and microstructural analysis of CLAD and WAAM printed Ti-6Al-4V components, *Materials & Design* 89/2016/, str.: 559-567.
- [18] Zhang, J., Zhang, X., Wang, X., Ding, J., Traore, Y., Paddea, S., Williams, S.: Crack path selection at the interface of wrought and wire+ arc additive manufactured Ti-6Al-4V, *Materials & Design* 104/2016/, str.: 365-375.
- [19] Zhang, J., Wang, X., Paddea, S., Zhang, X.: Fatigue crack propagation behaviour in wire+ arc additive manufactured Ti-6Al-4V: Effects of microstructure and residual stress, *Materials & Design* 90/2016/, str.: 551-561.
- [20] Martina, F., Colegrove, P. A., Williams, S. W., Meyer, J.: Microstructure of interpass rolled wire+ arc additive manufacturing Ti-6Al-4V components, *Metallurgical and Materials Transactions*, A46/2015/12, str.: 6103-6118.
- [21] Yilmaz, O., Uglu, A. A.: Shaped metal deposition technique in additive manufacturing: A review, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 230/2016/10, str.: 1781-1798.
- [22] Guo, J., Yong, Z., Changmeng, L., Qianru, W., Xianping, C., Jiping, L.: Wire arc additive manufacturing of AZ31 magnesium alloy: Grain refinement by adjusting pulse frequency, *Materials*, 9/2016/10: str.: 824-836.
- [23] Recent developments in fusion processing of aluminium alloys (www.latest2.manchester.ac.uk/documents/2011joining/S.Williams.pdf).
- [24] Totten, G.N.E.: *Steel heat treatment: metallurgy and technologies*, Taylor and Francis Group, Oregon, 2006.
- [25] Lang, F. H., Kenyon, N.: *Welding of maraging steels*, WRC Bulletin, Toronto, 1971.
- [26] Klobčar, D., Tušek, J.: Mehanske lastnosti zvara iz jekla maraging po izločevalnem žarjenju, *Materiali in tehnologije* 41/2007/4, str.: 167-171.
- [27] INCO Data: 18 Percent Nickel Maraging Steels-Engineering Properties, *INCO Databook*, 1976.
- [28] Hashmi, S.: *Comprehensive Materials Finishing*, Elsevier, Oxford, 2016.
- [29] *ASM Handbook*, Vol. 4 - Heat Treating, ASM International, 1964.
- [30] *ASM Handbook*, Vol. 1 - Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys, ASM International, 1990.
- [31] *Capilla special welding consumables*, Leopoldshoehe, 2013.

Heat treatment of maraging steel deposited by WAAM process

Abstract:

Wire and arc additive manufacturing is one of the additive manufacturing processes, which show great potential for die tool manufacturing and repairing, because of the excellent weldability, unnecessary pre-heating and simple post heat treatment in comparison to tool steels. Because of the uneven cooling conditions during welding process and heat treatment of previous deposited welds is material structure inhomogeneous and post heat treatment is absolutely necessary to achieve appropriate optimal mechanical properties of product. We were deposited maraging steel welding wire by WAAM process using GMAW CMT+puls welding program to base material and heat-treating specimens in two stages: solution annealing and age-hardening. Microstructure were analysed and hardness were measured after each stage of heat-treating process. Results were used for determination of influence of heat treatment conditions on material microstructure and for comparison to characteristic given by the manufacturer.

Keywords:

Wire and additive manufacturing (WAAM), maraging steel, heat treatment

Zahvala

Avtorji se za finančno pomoč zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (raziskovalni program št. P2-0270 in raziskovalna projekta št. L2-8181 in L2-818). Prispevek je delno sofinanciran iz Strategije pametne specializacije v okviru projekta Materiali in tehnologije za nove aplikacije - MARTINA. Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj. Avtorji se zahvaljujejo tudi podpori akcije COST (European Cooperation in Science and Technology) v sklopu projektov CRM-EXTREME in AFLaser.

UPORABA ZAŠČITNIH KOREKCIJSKIH OČAL V VIZUALNI ERGONOMIJI

Zvone Balantič, Dejan Aljančič

Izvleček:

Človeški vid se z leti spreminja in v določenem trenutku je lahko potrebna njegova korekcija. Ker človek več kot 80 % informacij pridobi z vidom, je vizualna ergonomija izjemno pomembna na slehernem koraku. Delo in delovni pogoji pogostokrat niso idealni in primerni za izpostavljene oči, zato je potrebno organ vida zaščititi z uporabo ustreznih in najbolj kakovostnih zaščitnih očal.

Človek svoje delo nemalokrat opravlja v agresivnem okolju, ki je lahko nevarno za poškodbe organa vida. Oko moramo zaščititi z zaščitnimi očali, pri tem pa poskrbeti za ustrezno ločljivost in ostrino vida. Človekove vizualne zmožnosti se z uporabo zaščite nekoliko spremenijo. S pravilno in ustrezno izbiro zaščitnih korekcijskih očal bomo odpravili neuravnoteženost med človekovimi individualnimi lastnostmi, okoljem in delovno nalogo. Neuravnoteženost lahko povzroči neugodje, pojav napak, nesreč in poškodb pri delu. Današnja tehnologija omogoča uporabo najsodobnejših materialov za izdelavo zaščitnih korekcijskih očal, ki ustrezajo najbolj zahtevnim standardom.

Naš cilj je proučiti in uporabiti zanesljive in inovativne rešitve za zaščito organa vida pred vplivi zunanjega okolja. Osredotočamo se na integracijo najsodobnejše tehnologije pri izdelavi zaščitnih korekcijskih očal in pri ustvarjanju pogojev, ki ustrezajo človekovim individualnim vizualnim zmožnostim. Pri tem sodelujejo človekove vizualne sposobnosti, okolje in delo.

Teoretično in eksperimentalno smo dokazali, da skozi korekcijska očala, kombinirana z običajnimi zaščitnimi očali, prehaja bistveno manj svetlobe kot pri uporabi zaščitnih korekcijskih očal. Če na površino korekcijskih zaščitnih očal nanese še antirefleksni sloj, še dodatno pridobimo pri transmisivnosti, tako da bo svetlobna prehodnost dosegla celo 98 %.

Ključne besede:

vizualna ergonomija, zaščitna korekcijska očala, dioptrijska očala, zaščitna očala, refleksija

1 Uvod

Vidna svetloba je elektromagnetno valovanje, ki ga zaznava človeško oko. Področje vidnih žarkov je v primerjavi s celotnim elektromagnetnim spektrom zelo majhno in obsega valovne dolžine od 400 do 760 μm . Infrardeči žarki, katerih valovna dolžina je večja od 760 μm , in ultravijolični žarki, katerih valovna dolžina je manjša od 400 μm , lahko povzročajo posebne okvare človeškega organizma [1]. Jakost svetlobe se v toku dneva spreminja, prav tako se zaradi različnih vpadnih kotov sončnih žarkov spreminja tudi intenziteta različnih valovnih dolžin. Svetlobni spekter v jutranjih urah je intenziviran na rdečem delu spektra, čez dan pa se valovne dolžine z najvišjo amplitudo pomikajo proti oranžni in rumeni svetlobi.

Prof. dr. **Zvone Balantič**, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj; **Dejan Aljančič**, stroj. teh., Alcom, d. o. o., Kranj

Čutilo za vid je oko, ki skupaj s čutnimi celicami – fotosenzorji opravlja t. i. fizično zaznavanje svetlobe. Fotosenzorji vpadlo svetlobo spremenijo v živčne impulze, ki se preko vidnih živcev prenesejo v možgane. Poznamo dve vrsti fotosenzorjev. To so čepki in paličice.

Čepki so skoncentrirani v rumeni pegi v področju ostrega vida in so za svetlobo slabše občutljivi. Z njimi ločimo barve in oblike. Paličice so razporejene na periferiji mrežnice in imajo veliko občutljivost na svetlobo. Z njimi vidimo gibanje in obrise v slabi svetlobi. Barve z njimi ne razpoznamo [1].

Oku zaznava le predmete, ki sami oddajajo svetlobo ali pa svetlobo odbijajo. Če zelo majhna površina svetila izžareva veliko količino svetlobe, taka svetloba slepi [2].

Svetloba ima na človeka kompleksen učinek. Poleg slikovnih informacij, ki jih prinaša, vpliva tudi na vegetativno živčevje, ki ni direktno povezano z vidom. Na človeka ima t. i. »biološki učinek«. Svetloba, ki

pade na mrežnico, vpliva tudi na občutljive ganglijske celice mrežnice, imenovane »tretji fotoreceptor«. Informacije iz teh celic potujejo v suprakiazmatsko jedro (SCN), ki je v hipotalamusu v naši t. i. »telesni uri«. Izmenični cikli svetlobe in teme vplivajo na delovanje suprakiazmatskega jedra in posledično povzročajo ciklično izločanje hormona melatonina iz češerike [3, 4].

Človek več kot 80 % informacij pridobi preko vida, zato je vizualna ergonomija izjemno pomembna na slehernem koraku. Dobra razsvetljava ima pozitiven vpliv na izvajanje delovne naloge. Delavec, ki dela na delovnem mestu, kjer je dobro vidno zaznavanje in kjer se počuti prijetno, bo bolj motiviran in osredotočen na delo. To prispeva k večji učinkovitosti. Kakovost dela s tem narašča, zmanjša se število napak in tveganj za nastanek nesreč pri delu [5].

Delo in delovni pogoji pogostokrat niso idealni in primerni za izpostavljene oči, zato je potrebno organ vida zaščititi z uporabo ustreznih in najbolj kakovostnih zaščitnih očal.

V svetu obstaja veliko študij in analiz vpliva nivoja osvetljenosti na produktivnost. Največji skok v produktivnosti dosegamo pri povečanju svetlobnega toka pri slabo osvetljenih delovnih površinah [6]. Prav v takih primerih je uporaba ustreznih zaščitnih očal z veliko svetlobno prepustnostjo še toliko bolj pomembna. Človekove vizualne zmožnosti se z uporabo zaščite nekoliko spremenijo.

Pri objektivni presoji uporabe zaščitnih očal RX je potrebno ustreči mnogim kriterijem: široko vidno polje, visoka svetlobna učinkovitost, zagotavljanje hitre adaptacije, akomodacije in ostrine vida. Človeško oko prepozna svetlost oziroma dobi svetlobni vtis o bolj ali manj svetli, svetleči ali osvetljeni okolici [1]. Informacijo o svetlosti pa seveda pridobimo na podlagi svetlobnega toka, ki s svetilnostjo osvetljuje delovno okolje. Svetlobni tok, ki potuje proti očesu, lahko izmerimo ali izračunamo s predpostavko, da poznamo snov, ki jo prehaja svetloba na svoji poti.

2 Materiali in metode

Posebno obravnavo zahtevajo zaposleni, ki za kakovosten vid potrebujejo korekcijska (dioptrijska) očala (*slika 1*), ki jih predpiše zdravnik (angl. Prescription glasses – RX). Najpogosteje so v praksi uporabljena klasična zaščitna očala brez dioptrije (*slika 2*).

Ko se tak delavec pojavi v okolju in za delo potrebuje še zaščito proti zunanjim mehanskim ali kemijskim vplivom, se pojavi težava.

Vse prevečkrat opazimo, da zaposleni in njihovi nadrejeni situacijo poenostavijo in preko osebnih



Slika 1 : Korekcijska (dioptrijska) očala (očala RX)



Slika 2 : Klasična zaščitna očala brez dioptrije

očal RX namestijo klasična zaščitna očala brez dioptrije (OTG, Over the Glasses) (*slika 3*).

Taka kombinacija prinaša nemalo nevšečnosti, saj je namestitev zaščitnih očal marsikdaj neustrezna. Uporabnik očal lahko izbere oblikovno neustrezen in premalo globok okvir, neustrezne ročke, naglavni trak ter neustrezen povezovalni most. Skratka, težava se pojavi, ko ob potrebni zaščiti oči potrebujemo še očala RX.

Izpostaviti moramo predvsem dejstvo, da s kombinacijo očal RX in zaščitnih očal pred oči postavljamo dve plasti, kar prinaša bistveno povečano odbojnost (refleksivnost), zmanjšano prepustnost (transmisivnost) in s tem manjšo svetlobno energijo, ki prihaja v človeško oko. Vsa ta dejstva govorijo v prid celoviti rešitvi – uporabi zaščitnih enoplastnih očal RX (*slika 4*).



Slika 3 : Očala RX in zaščitna očala (OTG)



Slika 4 : Zaščitna očala RX

Pri dokazovanju prednosti uporabe zaščitnih očal RX pred kombinacijo očal RX in zaščitnih očal smo izhajali iz predpostavke, da uporabimo dve plasti enakega materiala (organsko steklo / organsko steklo) z lomnim količnikom $n_2 = 1,58$. V izračunu smo upoštevali, da je lomni količnik zraka $n_1 = 1$. Omejili smo se na manjše optimalne vidne kote (ergonomske vpadne kote v območju $\pm 15^\circ$) od srednjice smeri pogleda [1]. Preverili smo tudi večje vpadne kote. Uporaba lomnega zakona (Snellov zakon) predvideva določanje lomnega kota žarka (θ_2) glede na njegov vpadni kot (θ_1), kot to kaže enačba (1).

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

Pri izračunu smo predpostavili velik radij krivine stekla in tako upoštevali zakonitosti ravnega svetlobnega vala na planparalelni plasti. Do odboja prihaja pri vstopu v plast stekla in pri izstopu iz plasti stekla.

S pravilno in ustrezno izbiro zaščitnih očal RX bomo odpravili neuravnoteženost med človekovimi individualnimi lastnostmi, okoljem in delovno nalogo. Neuravnoteženost lahko povzroči neugodje, pojav napak, nesreč in poškodb pri delu. Današnja tehnologija omogoča uporabo naj sodobnejših materialov za izdelavo zaščitnih očal RX, ki ustrezajo najbolj zahtevnim standardom.

Eksperimentalni del smo opravili na spektrofotometru (Perkin-Elmer GmbH - Lambda 2 spektrofotometer) - instrumentu, ki temelji na kvantitativni analizi vzorca, odvisno od tega, koliko svetlobe reflektira. Spektrofotometrija uporablja fotometre, ki lahko merijo intenzivnost svetlobnega žarka kot funkcijo njene barve (valovne dolžine).

Omenjeni spektrofotometer meri na območju široke valovne dolžine od 190 nm do 1100 nm. Hitrost skeniranja je od 7,5 nm/min do 2880 nm/min. Merilni instrument je povezan z računalnikom za beleženje merjenih vrednosti. Točnost valovne dolžine je 0,3 nm.

3 Rezultati

3.1 Prepustnost in odbojnost

Proučili smo svetlobne spremembe v primeru, ko smo uporabili očala RX, preko katerih namestimo zaščitna očala, in v primeru, ko uporabimo le zaščitna očala RX.

Najprej smo s pomočjo enačbe (2) izračunali povprečno odbojnost (R) v ergonomskem področju vpadnih vidnih kotov ($\pm 15^\circ$) za $n_1 = 1$ in $n_2 = 1,58$.

$$R = \frac{(n_1 - n_2)^2}{(n_1 + n_2)^2} \times 100 \quad (2)$$

$$R = 5,05 \%$$

Prepustnost (T) izračunamo po enačbi (3)

$$T = 1 - R \quad (3)$$

$$T = 94,95 \%$$

Ko svetloba prihaja iz optično redkejše snovi (zrak) v optično gostejšo snov (steklo), velja, da je $\theta_1 > \theta_2$. Ob prehodu se del svetlobe odbije, del pa se lomi in prehaja naprej v drugo sredstvo. Odbiti del svetlobe je odvisen od odbojnosti, kar pa je posledica polarizacije vpadne svetlobe. Odbojni koeficient je različen za svetlobo, ki je polarizirana v ravnini, ki leži pravokotno na vpadno ravnino (R_s), in svetlobo, ki je polarizirana v ravnini, ki leži vzporedno glede na vpadno ravnino (R_p). Ker se vpadni koti spreminjajo, lahko v določenem trenutku R_p pade na vrednost 0 (Brewsterjev kot - θ_B).

Če predpostavimo, da je 50 % svetlobe polarizirane v eno, 50 % pa v drugo smer, lahko zapišemo enačbo (4) in tako izračunamo odbojni koeficient R, ki v območju optimalnih oziroma manjših vpadnih vidnih kotov ($\pm 15^\circ$) znaša 0,05 (5 %), kar v splošnem potrdimo tudi z enačbo (2).

$$R = \frac{R_s + R_p}{2} \quad (4)$$

Pri velikih vpadnih kotih se odbojni koeficient hitro povečuje, kar včasih predstavlja motnjo (refleksno sliko) pri vstopanju svetlobe iz okolice pod velikimi vpadnimi koti.

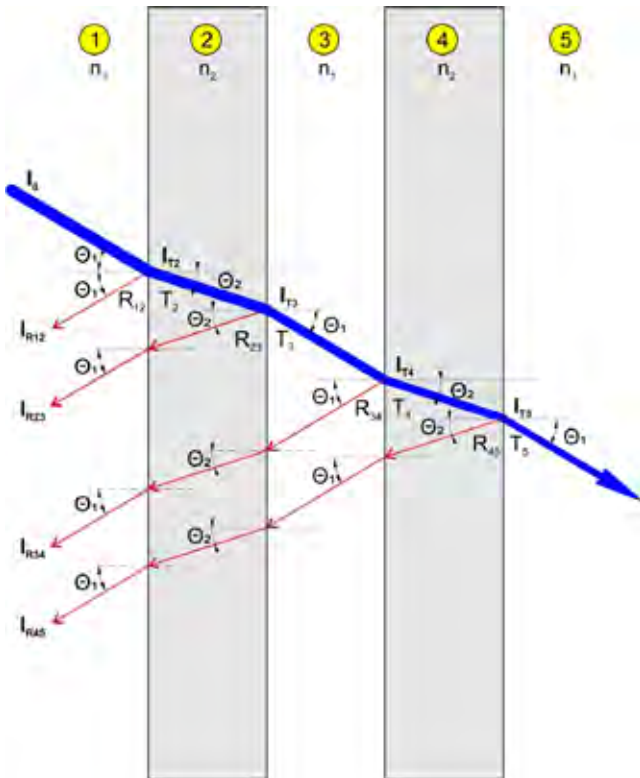
3.2 Očala RX in zaščitna očala

Istočasna uporaba očal RX in zaščitnih očal pomeni, da pred oči namestimo dve plasti gostejše snovi (steklo). Zaradi tega na teh mestih prihaja do lomljenja žarkov in tudi do odboja in prehoda. V praksi se žal zelo pogosto najde kombinacija cenениh očal RX in najcenejših zaščitnih očal brez kakršnega koli antirefleksnega sloja. Do visokega odboja svetlobe tako vedno prihaja pri vsakem prehajanju snovi z različnim lomnim količnikom - pri vstopu in pri izstopu iz steklene plasti - prehod med polji 1-2, 2-3, 3-4 in 4-5 (*slika 5*). Energija vpadle svetlobe se pri prehodu iz polja 1 v polje 2 zmanjša za odbojni koeficient (0,05) in znaša 0,95 vstopne energije I_0 - enačba (5, 6):

$$I_{R12} = I_0 R_{12} \quad (5)$$

$$I_{T_2} = I_0 T_2$$

(6)



Slika 5 : Odbojnost in prepustnost svetlobe skozi dve plasti (očala RX in zaščitna očala brez antirefleksnih slojev)

Energija vpadle svetlobe se pri prehodu iz polja 2 v polje 3 zmanjša za nov odbojni koeficient (0,05) in znaša 0,90 vstopne energije I_0 , odbojna energija pa 0,048 vstopne energije - enačba (7, 8). Pri zapisu enačb upoštevamo dejstvo, da so vsi odbojni koeficienti enaki ($R_{12} = R_{23} = R_{34} = R_{45} = R$). Podobno lahko ugotovimo tudi za prepustnost ($T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T$):

$$I_{R_{23}} = I_{T_2} R_{23} = I_0 T_2 R_{23} = I_0 T R$$

(7)

$$I_{T_3} = I_{T_2} T_3 = I_0 T^2$$

(8)

Pri prehodu iz polja 3 v polje 4 lahko zapišemo podobno, kjer prehodna energija znaša 0,856 vstopne energije I_0 , odbojna energija pa 0,0456 vstopne energije - enačba (9, 10):

$$I_{R_{34}} = I_0 T^2 R$$

(9)

$$I_{T_4} = I_0 T^3$$

(10)

Pri prehodu iz polja 4 v polje 5 pa lahko zapišemo ugotovitev, ki kaže, da prehodna energija znaša 0,8127 vstopne energije I_0 , odbojna energija pa 0,0433 vstopne energije - enačba (11, 12):

$$I_{R_{45}} = I_0 T^3 R$$

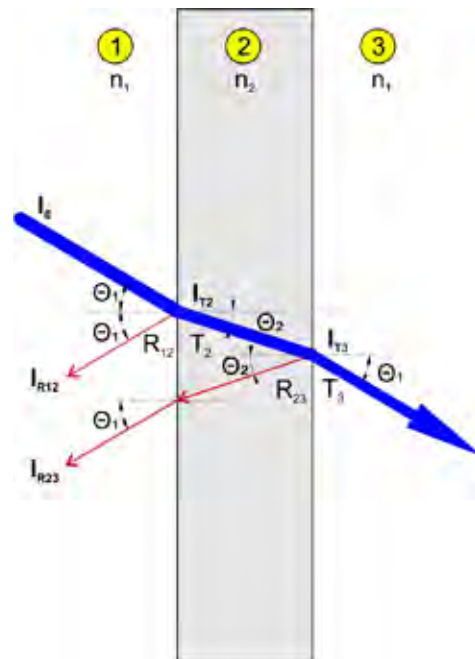
(11)

$$I_{T_5} = I_0 T^4$$

(12)

3.3 Zaščitna očala RX

Pri zaščitnih očalih RX je le ena plast stekla, kar omogoča precej večjo prepustnost svetlobe in manj odbite energije, ki bi povzročala svetlobne motnje



Slika 6 : Odbojnost in prepustnost svetlobe skozi eno plast (zaščitna očala RX)

(moteča refleksija) (slika 6).

Pri izračunu uporabimo enačbe (6-8) in tako lahko ugotovimo, da se energija vpadle svetlobe pri prehodu iz polja 1 v polje 3 spremeni za faktor 0,9015 vstopne energije I_0 , odbojna energija pa znaša 0,048 vstopne energije I_0 .

3.4 Eksperimentalna meritev na spektrofotometru

S pomočjo spektrofotometra smo izvedli meritev refleksije posameznih stekel, ki jih uporabimo pri izdelavi očal (slika 7).

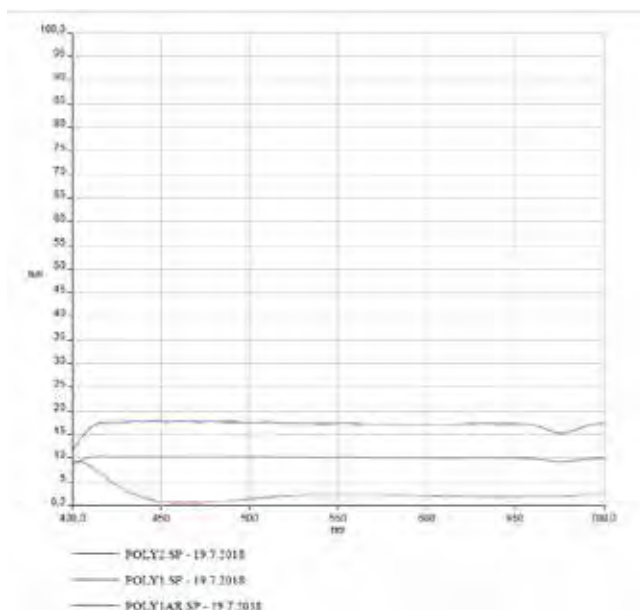


Slika 7 : Namestitvev stekla v spektrofotometer

Meritve smo opravili za naslednje kombinacije (slika 8):

- ▶ 2 polikarbonatni stekli brez antirefleksnega sloja (simulacija osnovnih zaščitnih očal preko običajnih korekcijskih očal brez antirefleksnega sloja – RX): modra črta – POLY2.SP. Izmerjena refleksija v celotnem vidnem območju, 380–700 nm, je približno 18 % (teoretično 18,7 %).
- ▶ 1 polikarbonatno steklo brez antirefleksnega sloja (simulacija osnovnih zaščitnih očal: zelena črta – POLY1.SP. Izmerjena refleksija v celotnem vidnem območju je približno 10 % (teoretično 9,85 %).
- ▶ 1 polikarbonatno steklo z antirefleksnim slojem (simulacija zaščitnih korekcijskih očal RX): rdeča črta – POLY1AR.SP. Izmerjena refleksija v celotnem vidnem območju je manj kot 2 % (teoretično 2 %). Refleksija se glede na prvi primer zmanjša za približno 89 %.

Na abscisni osi (slika 8) je vrednost valovne dolžine svetlobe [nm], na ordinati pa vrednost refleksije [%].



Slika 8 : Meritev refleksije [% R] s spektrofotometrom

4 Razprava

V prispevku smo se osredotočili v del celovitega pogleda na ergonomijo, posebno na vizualno ergonomijo [1]. Trikotnik vizualne ergonomije tvorijo človekove značilnosti (zdravje oči, nošenje očal, globinska zaznava, ločevanje barv, ostrina vida), okolje (osvetlitev, nevarnosti poškodb oči, kakovost zraka, psihosocialni faktorji in zadovoljstvo pri delu) ter delo (vizualni prikazovalniki, nastavitve računalniških zaslonov, ureditev delovnih mest, velikost in barva ter kontrast pisave, počitek pri delu in intenziteta dela).

V okviru raziskave smo uporabili lomni količnik polikarbonatnega stekla ($n = 1,58$), ki je dober približek lomnim količnikom materialov, ki jih uporabljamo v praksi – organska stekla (polikarbonat, CR39 1,50; HI 1,6; HI 1,67; PC 1,58 in Trivex 1,53) [7]. Material, ki smo ga uporabili, je vgrajen v očalih RX podjetja UVEX, katerega na področju korekcijskih očal RX v Sloveniji zastopa podjetje ALCOM. Vsa očala so funkcionalna, udobna in omogočajo dolgotrajno uporabo, okvirji pa so varni, zanesljivi. Očala se morajo prilagati vsem oblikam obraza in morajo opravljati svojo funkcijo pri različnih delovnih pogojih. Predvsem pa je potrebno poskrbeti za vizualno jasnost.

Izračun je pokazal, da v primeru istočasne uporabe očal RX in zaščitnih očal (brez antirefleksnih premazov) skozi obe plasti v idealnem primeru prehaja do 81,27 % svetlobe. Meritve so pokazale, da je prehodnost cca. 82 %. V primeru, ko uporabimo le eno plast zaščitnih očal RX, se prehodnost svetlobne energije glede na izračun poveča na največ do 90,15 %. Meritve so pokazale prehodnost 90 %. Pri določenih materialih je odbojnost celo večja, kot smo jo predvideli v našem primeru, saj doseže tudi 8–10 % in več. Seveda pa je logično na površino stekel zaščitnih očal RX nanesti še notranji in zunanji antirefleksni nanos z odbojnostjo cca. 1 % (na določenih valovnih dolžinah osrednjega dela vidnega spektra). Realno lahko v večjem delu spektra pričakujemo odbojnost do 2 % (slika 8). V takem primeru se bo prehodnost dodatno močno povečala, saj bo svetlobna prehodnost skozi steklo z antirefleksnim nanosom dosegla več kot 98 %. Odbojnost se je od primera uporabe zaščitnih očal in očal RX brez antirefleksnih slojev do uporabe zaščitnih očal RX z obojestranskim antirefleksnim slojem zmanjšala za več kot 9-krat.

Z uporabo očal moramo vsekakor preprečiti nevarnosti poškodbe očesa zaradi odletavajočih vročih ali prašnih delcev (varjenje, litje, brušenje, ulivanje, ...), nevarnosti zaradi uporabe kemičnih snovi (jedke tekočine ...), brizganja tekočine (visoke hitrosti, pulzirajoč curek ...), biti morajo mehansko odporna (udarci, ureznine ...) in zadržati morajo prodor kaotičnih delcev (bočna zaščita), prilagoditi se morajo anatomiji (fleksibilne/ izmenljive ročke ...), omogočiti morajo različne kote gledanja (doptrijske prilagoditve, premazi ...), onemogočiti morajo bleščanje (montaže, precizna dela ...) in prenesti različne vibracije (postroji, ploščadi, udarna kladiva ...). Zahteve so zelo kompleksne, tako da je vse parametre praktično nemogoče zajeti v teoretičnem modelu.

Osnovna ideja razmišljanja o ustrezni uporabi zaščitnih očal izhaja iz Zakona o varnosti in zdravju pri delu [8, 9] in seveda iz povsem osebnega interesa zaščititi svoje telo pred zunanjimi nevarnostmi. Oko je organ, ki omogoča več kot 80 % izmenjave vseh informacij z okolico, zato je vid izjemnega pomena. Celovito zaščito oči je potrebno zagotoviti tudi z ustvarjanjem ustreznih delovnih pogojev, med katere spada čim večja prepustnost svetlobne energije skozi zaščitna očala.

Posebno dimenzijo obravnave potrebujejo zelo atraktivna zaščitna očala RX z ukrivljeno obliko (UVEX RX sp okviru [8]). Taka očala delavcu omogočajo neovirano uporabo vidnega polja. Klasična zaščitna očala namreč s stransko zaščito močno omejujejo vidno polje.

S pravilno in ustrezno izbiro korekcijskih zaščitnih očal bomo odpravili neuravnoteženost med človekovimi individualnimi lastnostmi, okoljem in delovno nalogo. Neuravnoteženost lahko povzroči neugodje, pojav napak, nesreč in poškodb pri delu. Današnja tehnologija omogoča uporabo najsodobnejših materialov za izdelavo korekcijskih zaščitnih očal, ki ustrezajo najbolj zahtevnim standardom.

Pri standardih zaščite je potrebno izpostaviti, da smo obravnavali očala, ki v osnovi zadostijo evropskim standardom EN 166 in EN169 (varjenje) in prenesejo poizkus odpornosti pri gibanju projektila premera 6,35 mm s hitrostjo 45,7 m/s.

Naš cilj je bil pripraviti in uporabiti zanesljive in inovativne rešitve za zaščito organa vida pred vplivi zunanjega okolja. Osredotočili smo se na integracijo najsodobnejše tehnologije pri izdelavi korekcijskih

skih zaščitnih očal RX in pri ustvarjanju pogojev, ki ustrezajo človekovim individualnim vizualnim zmožnostim. Pri tem sodelujejo človekove vizualne sposobnosti, okolje in delo.

Viri

- [1] Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., Ergonomija v teoriji in praksi, Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2016.
- [2] Balantič, Z., Aljančič, D., „Vizualna ergonomija z uporabo korekcijskih zaščitnih očal,“ v Vir znanja in izkušenj za stroko: zbornik foruma IRT, Portorož, 2018.
- [3] Camlek, N., Svetloba v delovnem okolju in njen vpliv na vrednotenje obremenitve vida, Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2011.
- [4] Kobav, M., Bizjak, G., Vpliv spektra svetlobe na tvorjenje melatonina R-14, Maribor: Slovensko društvo za razsvetljavo – SDR, 2010.
- [5] Licht.de, „www.licht.de,“ 20 5 2011. [Elektronski]. Available: http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen05_industry_trade.pdf.
- [6] Juslén, H., Productivity and Preferred Illuminances – Field Studies in the Industrial Environment, Finland: Espoo, 2007.
- [7] Uvex, „Individualna osebna zaščitna oprema,“ [Elektronski]. Available: <http://www.alcom.si/wp-content/uploads/Catalogue-AlcomUvex201801.pdf>. [Poskus dostopa april 2018.]
- [8] ZDR-1; Ur. l. RS, št. 78/2013, „Uradni list Republike Slovenije,“ 2013. [Elektronski]. Available: http://www.mdds.gov.si/si/zakonodaja_in_dokumenti/veljavni_predpisi/zdr_1/#c16842.
- [9] Uradni l. RS, št. 43/2011, Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), 2011.

Protective Corrective Eyeglasses Use in Visual Ergonomics

Abstract:

Human vision changes over the years and may need to be corrected at some point in time. Since more than 80 % of the information gets through the eyes, visual ergonomics is extremely important at every step. Work and working conditions are often not ideal and suitable for exposed eyes, therefore, the organ of vision needs to be protected using appropriate and best quality protective goggles.

A man often performs his work in an aggressive environment, which can be dangerous for damage to the organ of vision. We need to protect the eye with goggles while ensuring proper resolution and visual acuity. Human visual capabilities change slightly with the use of protection. By correctly and appropriately choosing protective corrective eyewear we will eliminate the imbalance between human individual characteristics, environment and work task. Imbalance can cause discomfort, the appearance of errors, accidents and injuries at work. Today's technology enables the use of state-of-the-art materials for the production of protective eyeglasses that meet the most demanding standards.

Our goal is to study and apply reliable and innovative solutions to protect the organ of vision from the effects of the external environment. We focus on the integration of state-of-the-art technology in the manufacture of protective corrective eyewear and in creating conditions that correspond to human individual visual abilities. Human visual abilities, environment and work are taken into account.

Theoretically and experimentally, we have shown that, through corrective spectacles, combined with safety goggles, significantly less light passes than when using protective corrective eyeglasses. If the antireflective layer is applied to the surface of the corrective protective glasses, it is additionally obtained in the case of transmissibility, so that the light transit will reach even 98 %.

Keywords:

Visual ergonomics, Protective corrective eyeglasses, Prescription glasses – RX, OTG – Over the Glasses, reflection

IZOBRAŽEVANJE ZA PODROČJE POGONSKO-KRMILNE HIDRAVLIKE (PKH) ZA VZDRŽEVALCE SIJ ACRONI

Jožef Pezdirnik

V družbi SIJ Acroni smo v maju in juniju uspešno izpeljali že drugo izobraževanje na temo pogonsko-krmilne hidravlike (PKH), kar v jeklarstvu in v gospodarstvu večinoma na kratko imenujemo kar hidravlika.

Skupina SIJ – Slovenska industrija jekla – je največja vertikalno integrirana metalurška skupina v Sloveniji. S svojimi proizvodi zaseda vodilne tržne položaje na evropskih in svetovnih nišnih jeklarskih trgih. Skupina SIJ ustvari največ prihodkov s proizvodnjo jekla in je smiselno povezana s preostalimi poslovnimi področji – od zbiranja in prodaje jeklenega odpadka do distribucije jekla in njegove predelave v končne izdelke, s čimer deluje po principu krožnega gospodarstva.

SIJ Acroni je največja družba znotraj Skupine SIJ in velja za največjega zaposlovalca na Jesenicah (približno 1.350 zaposlenih). Družba je specializirana za jekla z visoko dodano vrednostjo in zaseda položaj vodilnega proizvajalca debele nerjavne pločevine v EU. SIJ Acroni obsega štiri proizvodne obrate: Jeklarstvo, Vročo valjarno (VV), Predelavo debele pločevine (PDP) in Hladno valjarno (HV). V vseh štirih obratih hidravlika opravlja večino delovnih gibov strojev in postrojenj.

V zadnjih 5 letih sta bili za področje hidravlike v podjetju SIJ Acroni izvedeni dve izobraževanji (seminarja). Prvo, v obsegu 120 ur predavanj, je bilo izvedeno 2013/14, drugo, 64 ur, pa v maju in juniju 2018. Preskus znanja smo izvedli 12. junija za 12 udeležencev. Vodstvo vzdrževanja v SIJ Acroni je za slušatelje izbralo sodelavce, ki večinsko ali v veliki meri delajo na področju vzdrževanja hidravličnih sistemov (HS).

Dr. Jožef Pezdirnik, predavatelj na obeh seminarjih, sem bil tudi sam železar na Jesenicah od leta 1973 do 1987 na področju hidravlike – vzdrževanje, investicije, projektiranje. Tudi v preteklih letih sem še sodeloval s podjetjem SIJ Acroni, zato tudi no-

Dr. **Jožef Pezdirnik**, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil, UL, FS



Slika 1 : Hidravlični rezervoar z delom pripadajoče opreme – Vroča valjarna, SIJ Acroni

vejše HS dokaj dobro poznam in lahko posredujem primerno znanje.

Hidravliko smo obravnavali v sedmih tematskih sklopih:

1. Osnove vzdrževanja (kurativno, preventivno) ter pregled in osnove hidravličnih sestavin (komponent); funkcija, uporaba, pomembne lastnosti in delovni parametri;
2. Čistoča (snažnost) hidravličnih kapljev (HK), filtri in filtriranje HK;
3. Črpalke in hidravlični motorji s konstantno iztisnino;
4. Hidravlični ventili – konvencionalni (potni, protipovratni, tlačni, tokovni);
5. Hidravlični akumulatorji (HA) in določanje notranje lekaže HS s pomočjo HA;
6. Zvezno delujoči ventili (proporcionalni in servoventili);
7. Krmiljene (regulacijske) črpalke.



Slika 2 : Del hidrauličnega sistema (HS) s hidrauličnimi akumulatorji (HA) – Vroča valjarna, SIJ Acroni



Slika 3 : Eden od številnih ventilskih blokov hidrauličnega sistema (HS) – postrojenje Steckel v vroči valjarni, SIJ Acroni

Udeleženci seminarjev so dobili obsežno gradivo v elektronski obliki. S področja svojega znanstveno-strokovnega in laboratorijskega dela na Fakulteti za strojništvo (FS) UL, kjer sem bil zaposlen 18 let, sem vzdrževalcem posredoval tudi tista spoznanja in znanja, ki jih morajo imeti pri svojem delu (točnost izdelave hidrauličnih elementov, protiobrabne prevleke, erozija, abrazija, nihanja tlaka, . . .), a jih ni v literaturi.

HS imajo v jeklarstvu pogosto velike pretoke HK, pogosto več sto L/min na posamezen HS. Zato so količine HK v sistemih in torej tudi v rezervoarjih do več tisoč litrov. Večina HK je sintetičnih z visokim vnetiščem. Enega od rezervoarjev z delom pripadajočih pasivnih in pomožnih sestavin prikazuje *slika 1*. Tudi tlaki so visoki. Novejši HS (zadnja 2-3 desetletja) delujejo večinoma ob najvišjih tlakih do približno 320 bar.

V jeklarskih HS je poraba energije in s tem tudi pretokov HK zaradi načina delovanja strojev in postrojenj zelo neenakomerna. Zato ima večina HS, čeprav so skoraj vse črpalke regulacijske (s spremenljivo iztislino), vgrajenih večje število hidrauličnih akumulatorjev (HA). Primer iz vroče valjarne je prikazan na *sliki 2*.

Zahtevni tehnološki postopki zahtevajo delovanje izvršilnih sestavin (hidrauličnih valjev (HV) in hidra-

vličnih motorjev (HM)) z zelo prilagodljivim krmiljenjem, večinoma celo regulacijo, hitrosti, sil, momentov, pospeškov itd. Zato je krmilje zahtevno. Večina potnih in tlačnih ventilov je proporcionalnih, na nekaterih postrojenjih pa zahtevne delovne gibe regulirajo servoventili. Primer krmilno-regulacijskega hidrauličnega bloka v vroči valjarni prikazuje *slika 3*. Ustrezne tematike smo zato obsežneje in natančneje obravnavali.

Slušatelji so spoznali pomen preventivnega vzdrževanja hidravlike, nujnost uporabe strokovne literature, najpomembnejše lastnosti in parametre komponent, način delovanja, možnosti predelave komponent za posamezne funkcije ter najpogostejše napake in okvare v delovanju.

HS, kot že omenjeno, opravljajo večino delovnih gibov strojev in postrojenj. Ker nepričakovani zastoji proizvodnega procesa v jeklarstvu pomenijo zelo visoke stroške, mora biti čim manj *kurativnega vzdrževanja* hidravlike. Večinsko mora biti *preventivno vzdrževanje* HS, in sicer *vzdrževanje glede na stanje* ob čim večji udeležbi *napovednega vzdrževanja*. Takšno vzdrževanje zahteva veliko znanja in primerno diagnostično opremo. Pridobivanju (in obnavljanju) znanja, uporabi diagnostične opreme ter vrednotenju in analizi rezultatov meritev smo na obeh seminarjih posvetili precej časa.

A promotional banner for an event. It features a globe on the left with gears below it. The text includes the dates "12.-14.02.2019" and location "Ljubljana, Slovenija, GR". Logos for "Industry", "INTRONIKA", and "Robotics" are present. A small "15" logo is also visible. The website "www.icm.si" is at the bottom right.

VZDRŽEVANJE HIDRAVLIČNIH NAPRAV – 1. DEL

Franc Majdič

Uvod

Glede na industrijske vire se v povprečju več kot 70 % od vseh uporabljenih rezervnih delov zamenja v hidravliki, 30 % pa predstavljajo preostali rezervni deli, od pnevmatike, elektroopreme do drugih strojnih elementov. Razloga za 90 % zaznanih okvar sta nepravilno obratovanje in neustrezno vzdrževanje. Ti statistični podatki zgovorno kažejo, da je največja težava pomanjkanje znanja in izkušenj na področju hidravlične opreme. Izkušnje kažejo, da nekatera podjetja na področju pogonsko-krmilne hidravlike namerno izkoriščajo neznanje svojih strank zaradi povečanja svojega dobička. S tem ne želimo povedati, da je vsa branža pokvarjena. Zavedati se je treba, da neznanje uporabnikov hidravlike ponuja priložnost ljudem z neetičnimi načeli, da to izkoristijo. Prispevek o vzdrževanju hidravličnih naprav vam bo skušal pomagati do boljšega znanja in boljše učinkovitosti vaših hidravličnih strojev in naprav [1, 2].

Na prvem mestu je varnost

Hidravlična kapljevina je znotraj naprav pod visokim tlakom. Kapljevine pod visokim tlakom so nevarne in lahko povzročijo resne poškodbe ali celo smrt.

Pred posegom v hidravlično napravo vedno preverite, da ta ni pod tlakom in da so vsi hidravlični valji in motorji hidravlično razbremenjeni ter da gravitacijsko ne nosijo bremen. Posamezen del hidravličnega sistema, ki premaguje obremenitev, lahko ostane pod tlakom, tudi ko se izklopi hidravlična črpalka. Odstranitev priključka oz. cevovoda med obremenjeno izvršilno sestavino (hidravlični valj in/ali motor) je lahko vzrok za nenadno in nekontrolirano sprostitev tlaka ter nekontrolirano gibanje bremena, kar lahko povzroči resne poškodbe oseba in/ali opreme.

Brez ustreznega znanja, pooblastila in/ali dovoljenja vodstva ne smete nastavljeni, popravljati ali spremenjati hidravličnih naprav. Če ste negotovi, se posvetujte s kvalificiranim tehnikom ali inženirjem [3].

Dr. **Franc Majdič**, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Slika 1: Vzdrževanje večje hidravlične stiskalnice

Preventivno vzdrževanje

Če želite res zmanjšati stroške obratovanja hidravličnih naprav, se najprej odločite za učinkovit preventivni program vzdrževanja.

Glavnih šest rutinskih postopkov vzdrževanja, ki so potrebni, da zmanjšamo možnosti okvare drage hidravlične opreme in skrajšamo čas zastoja:

1. vzdrževanje čistoče hidravličnih kapljev, in,
2. vzdrževanje temperature in viskoznosti hidravličnih kapljev znotraj optimalnih vrednosti,
3. vzdrževanje hidravličnih sistemskih nastavitvev po specifikacijah proizvajalcev,
4. načrtovanje menjave hidravličnih sestavin, pre-

- den popolnoma odpovedo,
5. priporočila za pravilen prvi zagon hidravličnih naprav in
 6. izvedba analize okvar.

Žal se omenjeni rutinski postopki ne izvedejo sami. Zato si je treba za vzdrževanje načrtno prizadevati, da bo vaša hidravlična oprema delovala pri optimalnih pogojih. Številne izkušnje kažejo, da uporaba poceni in nepreverjenega programa za preventivno vzdrževanje povzroči velike stroške vzdrževanja in daljše čase zastoja.

Delci znotraj hidravlične kapljevine in posledice

Znotraj hidravlične kapljevine se pojavljajo netopni delci, voda, zrak in drugi delci, ki oslabijo njeno učinkovitost. Vsebnost zraka povzroča poškodbo hidravličnih sestavin s poslabšanjem mazalnih lastnosti, pregrevanjem in zažiganjem tesnil. Vsebnost vode poškoduje hidravlične sestavine zaradi korozije, kavitacije in spremembe viskoznosti hidravlične kapljevine. Trdi delci v hidravlični kapljevini pa povzročajo pospešeno obrabo drsnih površin znotraj sestavin. Poškodba drsnih površin je odvisna od velikosti, trdote in materiala delcev, višine reže znotraj hidravličnih sestavin ter tlaka [1]. Tipične višine rež znotraj hidravličnih sestavin so prikazane v preglednici 1.

Delci, ki so večji od višine reže, niso nujno nevarni. Delci enakih velikosti, kot je višina reže, pa povzročajo trenje in obrabo. Najbolj nevarni delci, ki vplivajo na dolžino uporabne dobe hidravlične sestavine, pa so tisti, ki so manjši od višine reže. Delci, ki so manjši od 5 mikrometrov, so najbolj abrazivni. Če so ti, očesu nevidni delci, prisotni v »zadostni« količini, povzročajo intenzivno obrabo, povečajo režo in notranje puščanje ter posledično uničijo posamezno hidravlično sestavino oz. celoten hidravlični sistem.

Da to dejstvo nazorneje prikažemo, si oglejmo primer na batni črpalki s pričakovano uporabno dobo 10.000 delovnih ur. Črpalko je bilo treba odstraniti iz hidravličnega sistema že po 2.000 delovnih urah

Preglednica 1 : Tipične višine rež znotraj hidravličnih sestavin [3]

| Vrsta hidravlične sestavine | Tipična višina reže, μm |
|-----------------------------|------------------------------------|
| Zobniške črpalke | od 0,5 do 5 |
| Lamelne črpalke | od 0,5 do 10 |
| Batne črpalke | od 0,5 do 5 |
| Hidravlični valji | od 50 do 250 |
| Krmilni ventili | od 0,5 do 40 |
| Servoventili | od 0,5 do 5 |



Slika 2 : Demontiran dvostopenjski tlačni ventil

zaradi notranje obrabe drsnih/tesnilnih površin. Razlog je bila abrazivna obraba zaradi povečanega števila abrazivnih delcev v hidravličnem olju [1].

Vrednotenje delcev v hidravlični kapljevini

Nekaj delcev je vedno prisotnih, ne glede na to, ali je hidravlična kapljevina nova ali stara. Govorimo o številu in velikosti delcev v kapljevini. Nivo onesnženja kapljevine z delci je odvisen od zahtev posameznega hidravličnega sistema. Tipična čistoča hidravlične kapljevine je odvisna od vrste vgrajenih sestavin in jo podajamo z različnimi standardi (preglednica 2).

Standard ISO 4406 v osnovi določa čistočo v treh različnih velikostnih razredih delcev. V preglednici sta podana samo prva dva velikostna razreda, prva vrednost predstavlja vse delce, večje od 4 μm , druga vrednost predstavlja vse delce, večje od 6 μm , tretja vrednost (je ni zapisane v preglednici) pa vse delce, večje od 14 μm . Standard ISO 4406 predstavlja število delcev na volumen 1 ml vzorca testirane olja. Zelo pomembno je dejstvo, da se število delcev iz enega posameznega razreda v drugega (npr. s 13 na 14) poveča za 2-krat. Številke po standardu 4406 predstavljajo potenco števila 2, npr. razred števila delcev 15 pomeni 2¹⁵ delcev, kar je 32.768 delcev, večjih od določene velikosti (od 4, 6 ali 14 μm). Novo hidravlično olje ni nikoli popolnoma čisto, saj lahko vsebuje precej nečistoč. Čistoča novih olj je med 17/15/12 in 21/18/15 po ISO 4406, kar je za zahtevne hidravlične sisteme že veliko preveč delcev [4].

Za boljšo predstavbo: črpalka s pretokom 100 l/min bo pri čistoči novega olja 21/18/15 po ISO 4406 v enem letu prečrpala za 1590 kg nečistoč. Posledice so lahko vidne v povečani obrabi in zastojih hidravličnih sestavin. Zato je zelo pomembno priporočilo, da je treba novo hidravlično olje dobro prefiltrirati, preden ga nalijemo v rezervoar! Druga možnost pa je nakup že prefiltriranega hidravličnega olja [4, 5].

Preglednica 2 : Najmanjša zahteva čistoče za različne hidravlične sisteme [3]

| Hidravlični sistem | Najmanjši priporočen razred čistoče | | | Najmanjša priporočena nazivna propustnost hidravličnega filtra, μm ($\beta_x \geq 75$) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------|---------|---|
| | ISO 4406 | NAS 1638 | SAE 749 | |
| Zahtevana visoka tesnost | 13/10 | 4 | 1 | 2 |
| Servosistem | 14/11 | 5 | 2 | od 3 do 5 |
| Visoki tlak (od 250 do 400 bar) | 15/12 | 6 | 3 | od 5 do 10 |
| Običajni tlak (od 150 do 250 bar) | 16/13 | 7 | 4 | od 10 do 12 |
| Srednji tlak (od 50 do 150 bar) | 18/15 | 9 | 6 | od 12 do 15 |
| Nizki tlak (pod 50 bar) | 19/16 | 10 | - | od 15 do 25 |
| Visoke reže | 21/18 | 12 | - | od 25 do 40 |

Viri

- [1] Pezdirnik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana, 2011.
- [2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [3] Casey, B.: Insider secrets to hydraulics, Brandon Casey, West Perth, 2002.
- [4] Kambič, M.: Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti, SLOTRIB, Ljubljana, 2012.
- [5] Majdič, F., Peterlin, A., Tomšič, M.: Testiranje hidravličnih filtrov po standardu, Ventil 22/4, Ljubljana, 2016.



SOBRA

**7. MEDNARODNI SEJEM
OBRAMBE, VARNOSTI, ZAŠČITE
IN REŠEVANJA**

20. - 23. 9. 2018, Gornja Radgona



www.sejem-sobra.si

28. TEHNIŠKO POSVETOVANJE VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

VZDRŽEVANJE

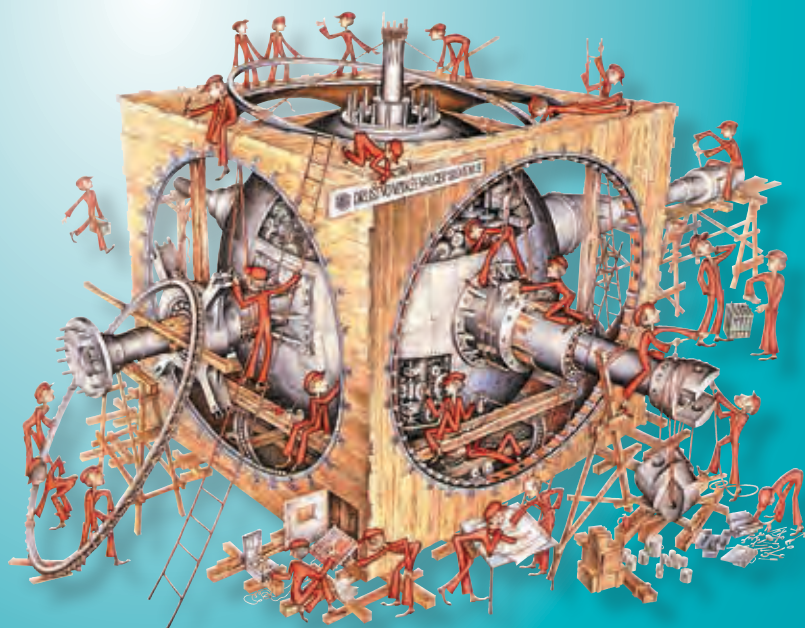
2018



DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS

Otočec, 18. in 19. oktober 2018 | www.tpvs.si



NASVIDENJE na

28. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

ki bo 18. in 19. oktobra 2018 na Otočcu

CELOVITEJŠI POGLED NA PRIHAJAJOČO INDUSTRIJO 5.0, KI ŽE BURI DUHOVE

Janez ŠKRLEC

Industrija 5.0 govori predvsem o visoko usposobljenih kadrih in robotih, ki delujejo drug ob drugem, da ustvarjajo individualizirane izdelke, storitve in tudi nove izkušnje.



Ilustrativen prikaz sodelovanja človeka z roboti in stroji v prihajajoči industriji 5.0

Danes obstaja globalno gibanje, ki temelji na ustvarjanju povezanih pametnih tovarn prihodnosti. Obstaja pa tudi nov trend v smeri vračanja človeka nazaj v proizvodne procese, vendar v precej drugačni vlogi kot nekoč. Prav to pa je največji razlog razvoja industrije 5.0, ki pa se v nastajanju usmerja v prijaznejšo obliko industrijske proizvodnje, upoštevajoč vrsto dejavnikov, ki so bili v industriji 4.0 spregledani ali celo zanemarjeni.

Danes roboti v proizvodnih procesih opravljajo domala vse naloge, med tem ko delavci nadzorujejo predvsem procesne operacije. S pametno tehnologijo bodo ljudje lahko sodelovali s stroji v istih delovnih okoljih in v skupnih proizvodnih procesih. Ta sicer futuristični scenarij v tovarnah po svetu že poteka. Ta proces imenujemo industrija 5.0, nekateri jo imenujejo tudi sodelujoča industrija, ki odraža vedno večje zahteve individualizacije proizvodnje. Vse več proizvajalcev v svetu opisuje sodelovanje strojev in ljudi kot pomemben proces poslovne strategije. Pri uvažanju industrije 5.0 bo seveda treba rešiti še številna pomembna vprašanja, tudi pravna, ki jih povzročajo nesorazmerja med razvojem tehnologije, družbenim razvojem in spremembami, ki se odražajo v družbi in poslovnem okolju. Opozarja se tudi na pomanjka-

nje preglednosti v številnih procesih in panogah, na veliko odvisnost od informacijskih tehnologij in ne nazadnje tudi električne energije.

Korobot (ang. Cobot) oz. sodelujoči robot v proizvodnih procesih ni povsem namenjen zamenjavi človeške delovne sile, temveč prevzema napore in celo zelo nevarne naloge. Posledično lahko ljudje izkoristijo svojo ustvarjalnost za druge aktivnosti in za bolj zapletene projekte. Na primer: ko roboti prevzemajo montažna opravila, se lahko zaposleni preusmerijo v bolj niansirane naloge, ki zahtevajo predvsem človeško iznajdljivost. Zaposleni lahko ob tem dobijo občutek pomembnosti, tudi večje vrednosti in prepričanja, da so se naučili upravljanja z roboti, njihova zmožnost dela na drugih nalogah ali dejavnostih pa povečuje zadovoljstvo pri delu samem. Nedvomno povezana in sodelujoča delovna sila predstavlja velike priložnosti za povečanje proizvodne produktivnosti in inovativnosti. Predstavlja tudi možnost izboljšanja varnosti in zadovoljstva na delovnem mestu, obenem pa omogoča večje zanimanje delavcev in spodbuja rast uspešnega dela. Bolj ko bodo proizvodni procesi razviti, pametni in povezani, večja bo konkurenčnost. Proizvajalci se morajo zavedati, da sodelujoče tovarne ne ponujajo le možnosti za izboljšanje operativne učinkovitosti in drugih prej omenjenih koristi, temveč tudi možnost zmanjšanja naraščajočih stroškov dela na vedno konkurenčnejših trgih.



Sodelovanje človeka z roboti v skupnem delovnem okolju bo kmalu postalo povsem normalno in celo nujno potrebno.

Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zgornja Polskava



Uspešno sodelovanje človeka z roboti je tehnološki izziv, ki pa kljub temu odpira številna vprašanja, tudi etična in pravna.

Prerazporeditev človeške ustvarjalnosti skupaj s ponovljivostjo robotov obravnava razvoj trga in povpraševanje kupcev za visoko stopnjo individualizacije izdelkov.

Industrija 5.0 govori v bistvu o robotskih in človeških sposobnostih, ki se zblížujejo in združujejo v proizvodnih procesih, da bi od obojega dobili najboljše. Gre za stanje razvoja, v katerem proizvajalci združujejo edinstvene kognitivne spretnosti strokovno usposobljenega delavca s tehnološkimi zmožnostmi robota. Ta namreč izpolnjuje zahteve, npr. za dvig težkih bremen, in izvaja druga opravila kakovostno, z visoko natančnostjo in varnostjo. Ponavljajoče se naloge, kot je npr. vrtanje ali vnos podatkov, bodo prevzeli avtomatizirani sodelujoči sistemi. Strokovno osebje pa prevzame odgovornosti na višji ravni pri nadzoru teh sistemov, spremljanju odločitev v realnem času in iskanju priložnosti za dvig kakovosti proizvodnih procesov.

IoT in IIoT bosta izjemno pomembna za industrijo 5.0, prav tako digitalni dvojniki

Digitalne dvojnike so ustvarili procesi strojnega učenja in programska oprema za simulacije. Digitalni dvojniki so digitalne kopije fizičnih procesov in sistemov, ki se lahko uporabljajo za različne namene. Izjemno koristni so za razvoj izdelkov, načrtovanje proizvodnje, izdelkov in storitev, ter za nadzor sredstev in optimizacijo delovanja. Digitalni dvojniki med drugim omogočajo predstavitev elementov in dinamike delovanja naprav, še zlasti interneta stvari (IoT) in razvoja (industrijskih platform - IIoT) v celotnem življenjskem ciklu. Najpogosteje združujejo umetno inteligenco, strojno učenje in programsko analitiko ter koristne podatke s ciljem ustvarjanja digitalnih simulacijskih modelov, ki se posodabljajo



Faze industrializacije v časovnem okviru

in spreminjajo, ko se namreč spreminjajo tudi njihovi fizični dvojniki. Danes se v proizvodnih procesih zbira in analizira veliko število različnih podatkov, ti pa razkrivajo inteligenco, ki spodbuja izboljšanje kakovosti, optimizacijo postopkov, zmanjšanje stroškov in skladnost s predpisi na tovarniškem nivoju.

Industrija 5.0 vključuje preoblikovanje sodobne proizvodnje in vključuje široko paleto drugih procesov (komercialnih in nekomercialnih). Ta industrija naj bi združevala vse tisto, kar je povezljivo in izboljšuje proizvodne procese, zmanjšuje stroške proizvodnje, racionalizira procesne aktivnosti, zmanjšuje energetske potrebe in vključuje drugačne tehnološke pristope, večjo uporabo novih materialov in aditivne proizvodnje. Industrija 5.0 bo ustvarjala tudi višja strokovna delovna mesta. Zaposleni bodo imeli večjo svobodo oblikovanja in seveda tudi večjo odgovornost. Industrija 5.0 bo omogočala nenehno inoviranje izdelkov in posodabljanje proizvodnih procesov.

VRETENSKÉ OSI ELGC_BS IN OSI Z ZOBATIM JERMENOM ELGC-TB

FESTO predstavlja osi za električne pogone, ki so primerne še posebno tam, kjer je omejen prostor za vgradnjo. Te cenovno ugodne komponente so primerne tako za montažne sisteme, naprave za preskušanje in nadzorne naprave, naprave za rokovanje z zelo majhnimi deli, za elektronsko industrijo, za namizne aplikacije – tako za samostojne osi ali večje strežne sisteme (slika 1).



Slika 1: Enotaven in kompakten sistem, zgrajen z elektromehanskimi osmi ELGC

Vretenske osi in osi z zobatimi jermeni so primerne tako za horizontalne kot za vertikalne gibe in se odlično ujemajo z električnim pogonom ELFC oziroma mini pogonom EGSC.

Linearne osi ELGC so natančne, imajo dolgo življenjsko dobo in dobro prenašajo različne obremenitve. Imajo zaprta in zaščitena kroglična vodila s trajnim mazanjem. Zunanja oblika vodil je optimizirana in z gladkimi površinami, kar daje videz čistosti. Konstrukcija je praktično brez špranj in zaščitni trak je fiksiran z magnetom, da ne visi navzdol pri stropni montaži, kar je tudi najboljša zaščita pred umazanijo.

Komponente ELGC je mogoče sestavljati med seboj ali pa jih dopolniti z mini vodili EGSC z univerzalni-



Slika 2: Različne možnosti vgradnje pogonskega motorja

mi pritrdilnimi profili. Združevanje večjih osnovnih osi z manjšimi dodatnimi osmi je brez dodatnih vmesnikov. Z njimi je mogoče zgraditi linijske in prostorske portale, rešitve primi – odloži (pick and place) ali poljubne 3D-sisteme.

Optimalno konstruiranje strojev in naprav omogoča fleksibilna montaža motorjev s številnimi prosto izbirnimi pozicijami (slika 2). Mogoča je enostavna predelava oziroma rekonstrukcija naprav.

Vakuumski priključek na osi je standardno zaprt, da je os zaščitena pred vdorom delcev iz okolice. Lahko pa se kadarkoli poveže za povečanje zaščite sistema.

Zajemanje podatkov o poziciji je enostavno in stroškovno ugodno s približevalnim senzorjem SMT-8M.

Vir:

FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: info_si@festo.com, <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar

Preglednica : Tehnični podatki

| Izvedba | Elektromehanska os s krogličnim navojnim vretenom ELGC-BS-KF | Elektromehanska os z zobatim jermenom ELGC-TB-KF | Vodilo brez motorja ELFC-KF |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------|
| Velikosti | 32, 45, 60, 80 | 45, 60, 80 | 32, 45, 60, 80 |
| Delovni gib [mm] | 100 do 1000 | 200 do 2000 | 100 do 2000 |
| Maksimalna potisna sila [N] | 40, 100, 200, 350 | 75, 120, 250 | - |
| Maks. hitrost [m/s] | 1 | 1,5 | 1,5 |
| Maks. pospešek [m/s ²] | 15 | 15 | 15 |

BRIZGANI IZDELKI S KALUPOM, IZDELANIM S TEHNOLOGIJO 3D-TISKANJA

Podjetje IGUS nudi kupcem brizganje posameznih izdelkov ali manjših serij iz celotne palete 50 visoko zmogljivih polimernih materialov iglidur®. Orodja za brizganje so izdelana s tehnologijo 3D-tiskanja.

Ker je izdelava kovinskih kalupov za brizganje sorazmerno draga, čas izdelave pa je dolg, je primernejša predvsem za izdelavo in brizganje velikega števila izdelkov. Za brizganje izdelkov manjših serij ali posameznih kosov pa so danes primerna orodja, ki se izdelajo s tehnologijo 3D-tiskanja. Čas za izdelavo takšnega orodja in za brizganje izdelkov je dva do pet dni, stroški pa so tudi do 80 % nižji.

»Nov postopek izdelave tiskanih orodij za brizganje omogoča, da Igus naredi še bolj natančne in dolgotrajne izdelke,« pravi Gerhard Baus, vodja oddelka za polimerne ležaje.

Mogoča je izdelava posameznih kosov ali manjših serij izdelkov, ki ne potrebujejo mazanja ali vzdrževanja. Kupci lahko izbirajo materiale iz celotne palete IGLIDUR-jevih materialov, med njimi tudi materiale, ki so primerni za neposreden stik s hrano, podvodno delovanje, kakor tudi materiale, odporne na visoke temperature ali obrabo.

Posebna struktura materialov za izdelavo kalupov za brizganje zagotavlja, da lahko natisnjeni kalup med brizganjem zdrži visoke temperature, kar pomeni, da lahko z enim kalupom hitro in po ugodni ceni nabrizgajo tudi serije do 500 kosov.

Pri brizganju izdelkov v tako izdelanih orodjih je mogoče simulirati tudi pogoje izdelave, ki so po-



Orodje, izdelano s tehnologijo tiskanja, in skupina brizganih izdelkov

dobni tistim v kasnejši velikoserijski proizvodnji. Podjetje Igus je za svoje kupce s tiskanim orodjem za brizganje do sedaj izdelalo že več kot 2.000 različnih polimernih izdelkov.

Vir:

HENNLICH, d. o. o., Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj, tel.: 041 386 005, faks: (0)4 532 06 20, internet: www.hennlich.si, e-mail: drobnic@hennlich.si, Stojan Drobnič

IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

SPLAČA SE
BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 števil)
 - strokovne vsebine na več kot 140 straneh
 - vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
 - možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature

UGODNOSTI ZA
NAROČNIKE REVIE

Vsak novi naročnik prejme
majico in ovratni trak

NAROČITE SE! ☎ 01 5800 884 ✉ info@irt3000.si 🌐 www.irt3000.si/narocam

WWW.IRT3000.COM

Na voljo tudi digitalna različica revije



časopis **industrija**

**Vaša sigurna pot
do tržišča v Srbiji**



**Promovišite svoj posao i predstavite
Vašu kompaniju.**
Najnovije vesti, intervjui, reportaže
sa sajmova u Srbiji i regionu,
predstavljanje kompanija, sve na
jednom mestu.

www.industrija.rs
www.facebook.com/casopis.industrija

Pokličite nas:
ČASOPIS INDUSTRIJA
Lazara Kujundžića 88,
11030 Beograd, Srbija

tel/fax. + 381 11 305 88 22
mob. + 381 60 344 84 28
e-mail: office@industrija.rs

VRTALNI STROJ ZA IZDELAVO PREBOJEV V BETONU



Podjetje Energe, d. o. o., predstavlja univerzalni vrtalni stroj za vrtanje prebojev brez vibracij v armiran beton do premera 250 mm ali v zidake do premera 350 mm.

Stroj z robustnim pogonom s 460 in 900 vrt/min, varnostno sklopko, priklpom za diamantne krone UNC 1.1/4" ter priključkom za vodo. Moč motorja je 2450 W, 230 V, 50 Hz. Motor ima varnostno zaščitno stikalo. Stojalo na kolesih je stabilno in ima možnost nastavljanja kota vrtanja ter hitrega vpenjanja stroja.

Set sestavljajo vrtalni stroj DDM4, stojalo DS250 s sistemom Klick za hitro vpenjanje in setom 8 sider za sidranje stojala.

Podjetje ima v ponudbi diamantne krone proizvajalcev Marcris in Roller. Na stroj se lahko vpenjajo diamantne krone z navojem UNC 1.1/4« različnih proizvajalcev.

Vir:

Energe, d. o. o., Cesta na Brdo 85, 1000 Ljubljana, e-mail; info@energe.si, tel: 01 256 10 56, g. Matej Jelen

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL

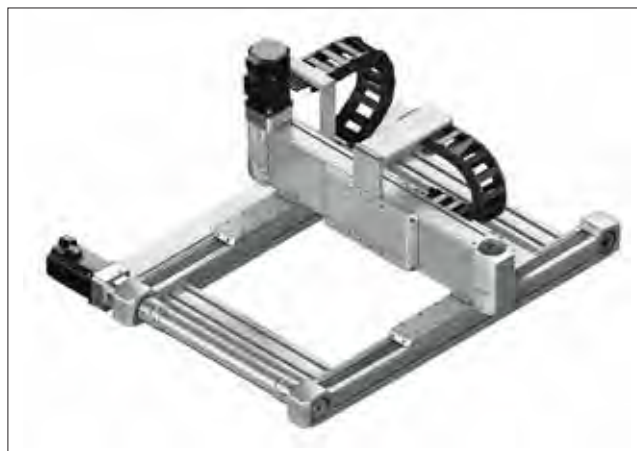
FLEKSIBILNI OSNI SISTEM HS2

Podjetje HIWIN, ki je specialist na področju elektromehanske pogonske tehnologije, razširja svoj sistem HS2, ki je primeren za kompleksna gibanja v dveh dimenzijah.

V vseh sistemih je smer X izvedena z dvojno osjo HIWIN HD, kar zagotavlja velike hitrosti in natančno pozicioniranje. Pri linearnem modulu serije HT s pravokotnim delovnim prostorom ima os Y novo obliko. Dodana je linearna miza iz serije HT, ki ima vgrajeno dvojno vodenje, kar pomeni, da lahko prevzema večje torzijske obremenitve in je izjemno toga.

Natančnost gibov je 1mm, ki niso omejeni v nobeni smeri. Energijska veriga je kompaktna in omogoča dovolj prostora za vse oskrbovalne kable.

Ne glede na izbiro velikosti za zagotovitev zahtev se vse posamezne komponente večosnega sistema HIWIN med seboj dobro ujemajo in tvorijo harmonizirano celoto. HIWIN zagotavlja ne samo enostavno inštalacijo, maksimalno natančnost, dolgo življenjsko dobo, temveč tudi kratke dobavne roke.



Konstruiranje strojev in načrtovanje proizvodnih sistemov sta tako postala enostavna in učinkovita.

Vir:

HIWIN GmbH, Brücklesbünd 2, 7765 Offenburg, ZR Nemčija, tel.: +49 7 81-9 32 78 - 114, faks: + 49 7 81-9 32 78 - 90, E-pošta: christine.matt@hiwin.de, Internet: www.hiwin.de

OPTIMALNA NASTAVITEV KONČNEGA DUŠENJA CILINDROV



Pametni telefon
z aplikacijo

CAT - orodje za
nastavljanje
končnega dušenja

Naprava za nastavev dušenja, povezana s pametnim telefonom

Podjetje AVENTICS predstavlja novo rešitev, ki omogoča enostavnejše, hitrejše in bolj natančno nastavljanje končnega dušenja. Samo nekaj obratov

nastavitvenega vijaka je potrebnih, da se zagotovi idealno dušenje glede na maso obdelovancev in dinamiko gibov. Po namestitvi senzorja na pnevmatski cilindar se lahko navodila za nastavev dušenja odčitajo z velikega LED-prikazovalnika, ki deluje na principu semaforja (slika). Napravo je mogoče povezati s pametnim telefonom, na katerem se lahko spremlja enak prikaz, izriše pa se graf, ki prikazuje pot cilindra v odvisnosti od časa.

Prednosti uporabe orodja CAT:

- ▶ povečana produktivnost, zahvaljujoč optimalni nastavitvi dušenja,
- ▶ zmanjšanje vibracij v sistemu,
- ▶ zmanjšanje stroškov in porabe energije,
- ▶ podaljšanje življenjske dobe cilindrov,
- ▶ natančna nastavev tudi v hrupnem okolju.

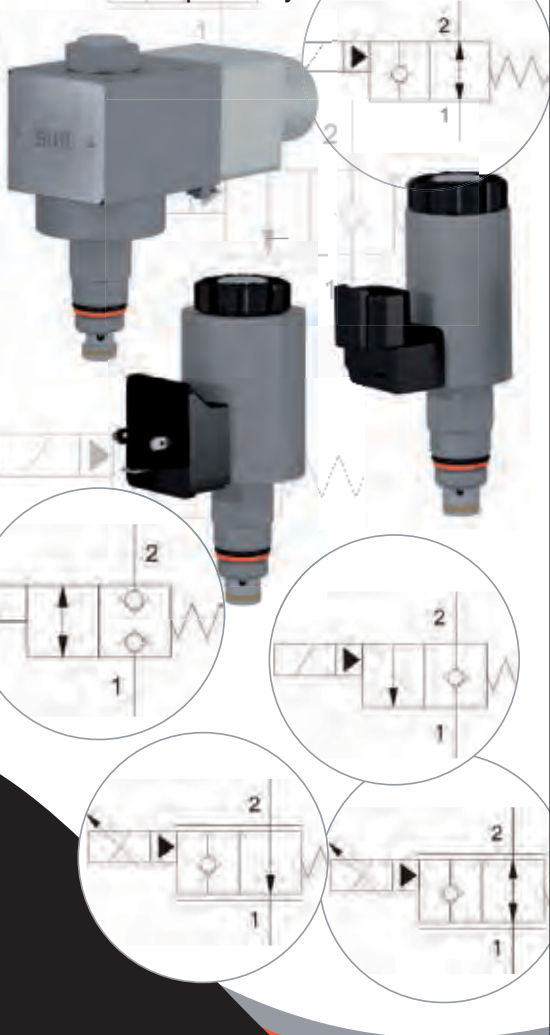
Vir:

AVENTICS GmbH, Zastopstvo LA & Co. Inženiring, proizvodnja, trgovina, d. o. o, Limbuška cesta 2, 2341 Limbuš, tel.: 02 42 38 665, GSM: 041 735 885, e-pošta: ales.krosel@la-co.si

Elektromagnetni & Ventili

in Tuljave SUN FLeX™

- Plavajoča izvedba konstrukcije ventilov
- 10 milijonov vklopno-izklopnih delovnih ciklov
- Rešitve cenovno primerljive s konkurenčnimi na trgu
- Ventili primerni za visoke pretoke
- Ekstremno nizko notranje puščanje
- Ventili primerni za eksplozijsko nevarna področja



PARKER TRANSAIR S PODPORO INFORMACIJSKEGA MODELIRAN- JA ZGRADBE (BIM)



Blagovna znamka Transair, ki je del podjetja Parker, se specializira za sisteme s cevnimi razvodi za prenos vseh vrst fluidov. Prednost sistema Transair je v enostavnosti njegove namestitve. Z novo podporo informacijskega modeliranja zgradbe (Building Information Modeling – BIM) nudi projektantskim birojem praktično rešitev za zasnovo aluminijastih in nerjavnih cevni razvodov in s tem boljši nadzor vsake faze življenjskega cikla zgradbe.

Za zagotovitev združljivosti z BIM je celoten Transairjev asortiman na voljo v formatu REVIT na nivoju podrobnosti (LOD) 200

in 400. Inteligentna predloga REVIT skupaj s Transairjevimi izdelki poenostavlja proces oblikovanja cevne razvoda, pomaga pri zmanjšanju stroškov gradnje in omogoča boljši pregled celotnega projekta. Nenazadnje pa uporabo BIM-a dandanes že zahtevajo tudi investitorji.

Vir:

Parker Hannifin Sales CEE, s. r. o., Češka republika – Podružnica Novo mesto, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-pošta: parker.slovenia@parker.com, spletna stran: www.parker.com, Miha Šteger

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2018 - ASM '18

www.posvet-asm.si

6. decembra 2018

na Gospodarski zbornici Slovenije
v LJUBLJANI

BREŽIČNI DECENTRALIZIRANI SISTEM EX600-W

Vsi, ki se ukvarjajo z varilnimi aplikacijami, pozicionirnimi postajami, izmenljivimi orodji na robotskih rokah itd. in imajo težave s prenosom digitalnih/analognih ali komunikacijskih signalov, lahko sedaj enostavno, hitro in varno vzpostavijo komunikacijo ob menjavi orodja na robotskih rokah z različnimi konfiguracijami ventilskih otokov ter BREŽIČNO in VARNO komunicirajo z različnimi postajami. Tako zmanjšajo število kabljskih povezav in vpliv industrijskega okolja nanje. Komunikacija je popolnoma varna in stabilna.

Sistem EX600-W deluje v frekvenčnem pasu 2,4 GHz, večina industrijskih naprav, kot so varilni aparati in motorski servosistemi s frekvenčnimi regulatorji, pa deluje pri bistveno nižjih frekvencah.

Industrijski protokoli PROFINET in EtherNet / IP™ omogočajo povezljivost v različnih avtomatiziranih sistemih in omogočajo krmilje-

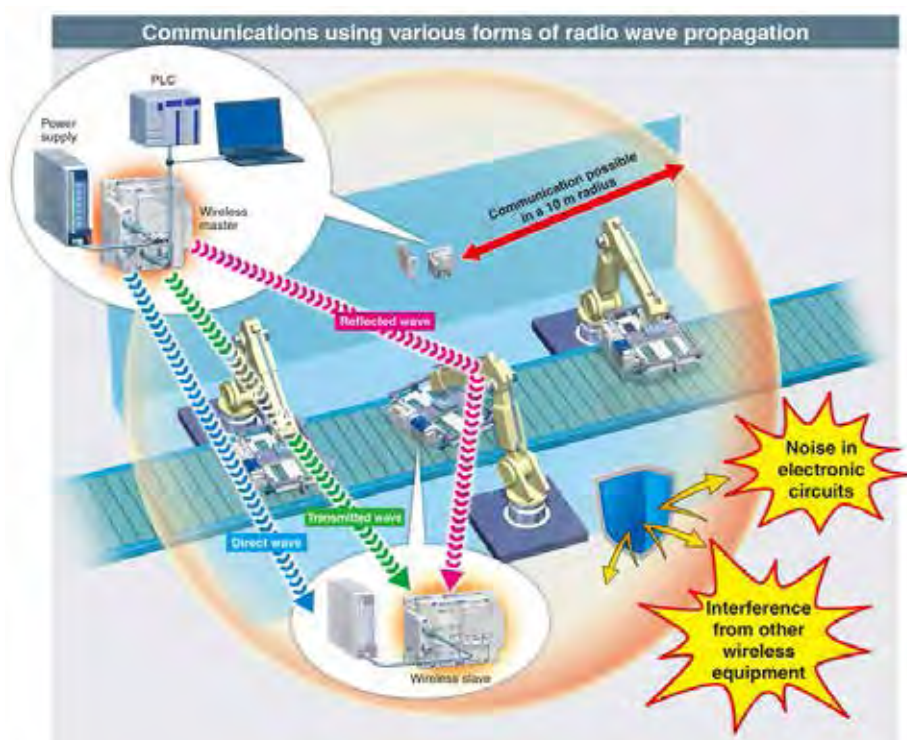
nje in nadzor do 1280 vhodov in izhodov. V vidnem polju do 10 m od »master« enote lahko brezžično komunicirajo z do 127 »slave« brezžičnimi enotami. Integrirana funkcija Web server pa nudi oddaljen nadzor nad celotnim brezžičnim omrežjem EX600-W.

Podjetje SMC predstavlja inovativen sistem EX600-W za brezžično komunikacijo, ki se bo v prihodnosti vse pogosteje uporabljala v avtomatiziranih sistemih.

Če želite pridobiti več informacij o brezžičnem sistemu EX600-W, obiščite SMC-jevo spletno stran na naslovu www.smc.si, zavihek Novi izdelki.

Vir:

SMC Industrijska Avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7 T, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 3885 421 M.: +386 40 471 006, faks: +386 7 3885 415, e-pošta: tehnik@smc.si, internet: www.smc.si, www.smc.eu



Sistem EX600-W za brezžično komunikacijo v avtomatiziranih sistemih

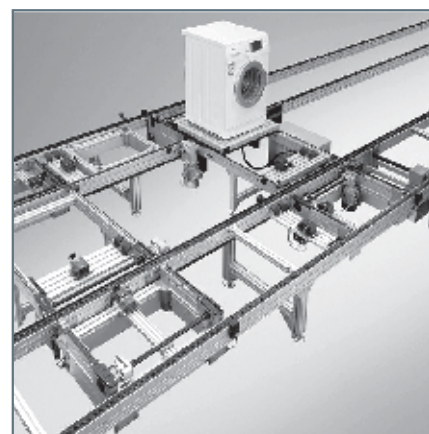
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL

automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.
Dobrave 2
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: info@opl.si
www.opl.si

SLOVENSKI ZGODBI O USPEHU 2017/18 NA PODROČJU UPORABE HPC-TEHNOLOGIJ

Slovensko podjetje **Arctur računalniški inženiring, d. o. o.**, sodeluje v evropskem raziskovalnem projektu **Fortissimo**, v okviru katerega skupaj z ostalimi raziskovalnimi institucijami oziroma partnerji izvaja eksperimente med malimi in srednje velikimi podjetji iz industrijskega sektorja. Eksperimenti predstavljajo izzive, s katerimi se danes soočajo podjetja, konzorcij Fortissimo pa ponuja okolje, znotraj katerega se razvijajo inovativni pristopi, ki jih omogočajo računalniško intenzivne aplikacije. Več o tem na www.fortissimo-project.eu.

Za razširjanje informacij in ozaveščanje javnosti, kar sodi med pomembne aktivnosti projekta, je predstavitev konkretnih primerov tudi v slovenskem okolju nujno potrebna, saj med drugim omogoča ohranjati konkurenčnost slovenskih podjetij na ustreznem nivoju.

Mnoga evropska mikro, mala in srednje velika podjetja (MSP) iz različnih sektorjev že uporabljajo tehnologije visoko zmogljivega računalnika in s tem izjemno koristijo svojemu poslu. V nadaljevanju sta predstavljeni slovenski zgodbi o uspehu podjetij **Emo Orodjarna, d. o. o.**, in **Magneti, d. o. o.**, ki sta sodelovali v okviru evropskega projekta Fortissimo in iz lastnega eksperimenta naredili zgodbo o uspehu na področju uporabe HPC-tehnologij (high performance computing).

HPC-optimizacija proizvodnega procesa v oblaku (Emo Orodjarna)

Predstavitev sodelujočih podjetij

EMO Orodjarna je slovensko podjetje, specializirano za izdelavo orodij in matric za preoblikovanje pločevine, in sicer za potrebe avtomobilske in letalske industrije. Podjetje za korekcije oz. popravila orodij, kjer je manko materiala, uporablja sodobno tehnologijo LMD (Laser Metal Deposition).

AIMEN pa je španska neprofitna organizacija s strokovnim znanjem s področja laserskih tehnologij, proizvodnih procesov in razvoja nadzornih sistemov za industrijske aplikacije.

CESGA je neprofitna institucija iz Španije, ki promo-

vira uporabo visoko zmogljivih računalniških storitev med malimi in srednjimi podjetji.

Izziv

LMD je dodajalna izdelovalna tehnologija, ki omogoča generično 3D-tiskanje velikih kovinskih delov. Dodajalna proizvodnja je hitro rastoč sektor, saj vse več organizacij uporablja njene izdelke in storitve. Gre za tehnologije z velikim potencialom, ki omogočajo izdelavo kompleksnih kovinskih komponent v zelo kratkem času. Pomanjkanje zadostne kontrole ostaja ovira, saj je to vzrok sicer nepotrebni ponovni obdelavi in odpadkom, hkrati pa podaljšuje čas 3D-tiskanja. To posledično zmanjšuje tako učinkovitost kot dobiček podjetja.

Izziv sodelujočih podjetij je torej bil: premostiti obstoječe pomanjkljivosti pri spletnem spremljanju in nadzoru laserskega obdelovanja z izkoriščanjem vseh koristi dodajalnega izdelovanja in z realizacijo izdelkov visoke kakovosti.

Rešitev

Dela procesa dodajalne proizvodnje z uporabo LMD-tehnologije sta tudi zbiranje in analiza velikih količin digitalnih podatkov, pridobljenih iz inženirskih načrtov. Učinkovitejši proces proizvodnje bi omogočal krajše proizvodne čase in s tem nižje stroške brez kakršnih koli dodatnih investicij. V okviru eksperimenta, ki ga predstavljamo, je partnerstvo uspelo razviti inovativen sistem, ki izkorišča napredek umetne inteligence na področju





Lasersko navarjanje

zbiranja in analize podatkov, pridobljenih na osnovi inženirskih načrtov in izrisov proizvodnega procesa.

Nova tehnologija CyPLAM predstavlja nov pristop k spletnemu spremljanju LMD za kontrolo procesov in nadzor kakovosti. Uporabljeni so bili principi »*deep learning*« na infrastrukturi Fortissimo, s čimer je bil mogoč kakovosten spletni nadzor v realnem času.

Vpliv na poslovanje

CyPLAM izboljšuje kakovost izdelkov, ustvarjenih z LMD-tehnologijo, in predstavlja konkurenčno prednost za EMO, saj so njeni prvi uporabniki. S prihodnjo tehnologijo CyPLAM uporabniki lahko pričakujejo zmanjšanje izdelovalnega časa za 30 %. Prav

tako izdelki, izdelani s postopkom laserskega navarjanja, potrebujejo manj predelave. Skratka: končni uporabniki lahko pričakujejo 20 % prihrankov pri operacijskih stroških in za 30 % krajši čas izdelave naročila v primerjavi s tradicionalnimi pristopi.

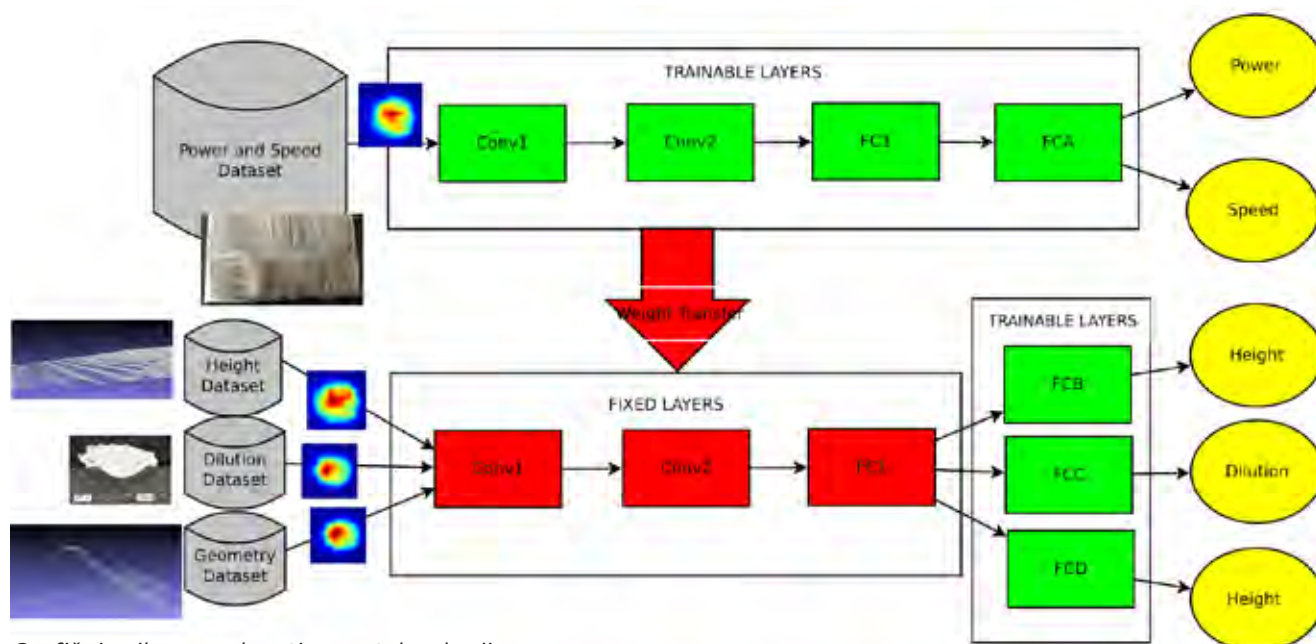
AIMEN bo uporabil tehnologijo CyPLAM v podporo pred kratkim lansiranega sistema CLAMIR, ki je komercialni nadzorni sistem procesa za laserske dodajalne izdelovalne tehnologije.

Organizaciji CESGA pa bodo izkušnje in znanja, pridobljena med eksperimentom, omogočila pridobivanje novih projektov na področju industrije. Pridobljeni *know-how* jim je omogočil tudi izdelavo novih vsebin za strojno učenje in usposabljanje.

3D-tiskanje in druge dodajalne izdelovalne tehnologije so imele velik vpliv na evropsko industrijo, saj omogočajo hitro in prilagodljivo prototipiranje in izdelavo delov. Prav ta industrija je cilj mnogih MSP zaradi razmeroma nizkih stroškov vstopa in posledično hitre rasti. Globalno 3D-proizvodna industrija zraste letno za 25 % in bo po ocenah v letu 2019 dosegla vrednost 6,5 milijard ameriških dolarjev.

Pozitivni učinki eksperimenta

- ▶ Z uporabo HPC-tehnologije lahko EMO zmanjša operacijske stroške za 20 % in prihrani več kot 2.000 strojnih ur na leto.
- ▶ Uporabniki tehnologije CyPLAM lahko ostanejo konkurenčni na svetovnem trgu dodajalne izdelave.
- ▶ Kot rezultat strokovnega znanja, pridobljenega v eksperimentu, CESGA razpolaga z novo storitvijo strojnega učenja (SaaS), temelječega na TensorFlow.



Grafični prikaz prednosti nove tehnologije

Visoko resolucijsko modeliranje magnetov s HPC-tehnologijo (Magneti Ljubljana)

Predstavitev sodelujočih podjetij

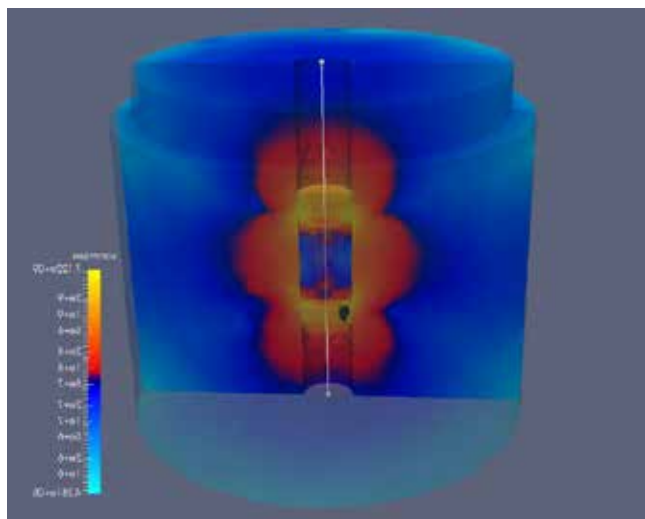
Magneti Ljubljana so slovensko podjetje, ki izdeluje trajne prašno sintrane magnetne, plastomagnete in magnetne sisteme za evropski trg že več kot 60 let. Ti se uporabljajo kot polproizvodi v avtomobilski, elektro in transportni industriji.

XLAB je slovensko raziskovalno-razvojno podjetje s prepoznavno raziskovalno dejavnostjo na področju distribucijskih sistemov, računalništva v oblaku, varnostnih sistemov, vizualizacije podatkov in obdelave slik.

ARCTUR je slovensko visokotehnološko podjetje, ki nenehno stremi k inovativnim in uporabniku prijaznim IT-rešitvam za podjetja, državo, javne ustanove, raziskovalne ustanove in nevladne organizacije. Arctur je vodilni izvajalec storitev na področju superračunalništva v jugovzhodni Evropi.

Izziv

Magneti izdelujejo svoje magnetne s procesom, imenovanim »prašno sintranje«, tako, da s stiskalnica mi stiskajo magnetni prah, dokler se ta ne sprime v poltrdni izdelek, tako imenovani zelenec. Hidravlična stiskalica je nosilec orodja, v katerem se magneti stiskajo, to pa je sestavljeno iz številnih po meri narejenih delov, ki se redno obrabijo in posledično stalno menjajo. Ti deli so iz specialnih jekel in karbidne trdnine, zaradi česar je njihova cena precej visoka.



Prikaz simuliranega stanja notranjih napetosti v materialu med procesom stiskanja, s pomočjo novih programskih rešitev



Tipičen lom orodja zaradi dinamičnega utrujanja materiala

Orodje bi bilo smiselno optimizirati za dolgoročno uporabo, in sicer z nižjimi materialnimi in obdelovalnimi stroški. To je možno z avtomatskim predvidevanjem popuščanja orodja pod določenim pritiskom, za kar so potrebni številne ponovitve računalniške simulacije, programersko znanje in oprema, ki presega zmogljivosti majhnega podjetja.

Rešitev

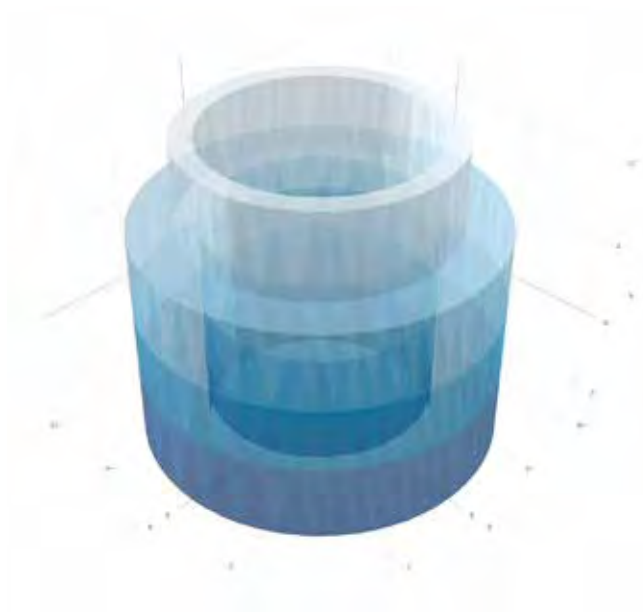
Za razrešitev problema optimizacije orodja je XLAB razvil sklop programskih storitev, temelječih na odprtokodnih rešitvah. XLAB je zgradil računalniški model stiskalnice in model njenega vedenja med procesom kompaktiranja. Ta model ponuja mnogo možnosti nastavitve, zato ga Magneti lahko uporabijo tudi za druge aplikacije.

Optimizacija storitev deluje kot spletna aplikacija, ki ponuja enostaven vmesnik. Aplikacija je povezana z Arcturjevimi HPC-sistemom in predloži HPC-nalogo glede na nastavitve in vnesene parametre končnega uporabnika. To pomeni, da lahko tudi popolnoma neizkušen uporabnik oblikuje in izvaja preizkuse s HPC-viri, s čimer se je možno izogniti visokim stroškom usposabljanja. Poleg tega Magneti plačajo računalniške storitve le glede na porabo, kar za podjetje predstavlja stroškovno ugodno rešitev.

Vpliv na poslovanje

Partnerji tega eksperimenta so s sodelovanjem v projektu Fortissimo pridobili številne koristi.





Predogled orodja pred simulacijo napetosti, preko uporabniškega vmesnika razvite programske rešitve



Superračunalniški sestav Arctur-2

Za podjetje Magneti so bile koristi največje. Zaradi optimiziranih geometričnih lastnosti stiskalnice je bila količina odvečnega materiala na obstoječem orodju zmanjšana na okoli 32 %, s čimer so se občutno zmanjšali materialni stroški. S tem so se zmanjšali stroški izdelave orodja za 27 %, kar letno prinese 87.000 € prihranka. Orodje omogoča tudi višjo kakovost procesa stiskanja in vsebuje ožje tuljave, ki za isto delo porabijo manj električne energije. Če bi Magneti zamenjali vsa orodja z novimi orodji, oblikovanimi s HPC-storitvami, bi letno lahko prihranili 16.200 €. Zaradi enostavnejše projekcije mehanskih procesov v orodju pa se lahko prihrani še dodatnih 15.300 € na osnovi prihranka razvojnih ur in prototipnih orodij.

XLAB je razširil svoje strokovno znanje programskega razvoja na področje magnetne izdelave in pridobil znanje razvoja kompleksne programske opreme s pomočjo odprtih orodij. Obstoječa programska oprema, ki je bila razvita za podjetje Magneti, je lahko razširjena in modificirana za potencialne nove stranke iz iste ali podobne industrije.

Podjetje Arctur je povečalo svoj ugled v raziskovalni skupnosti, s čimer potencialno privablja nove stranke iz industrije izdelave magnetov.

Pozitivni učinki eksperimenta

- ▶ Oblikovanje novega orodja za proces prašnega stiskanja v magnetnem polju, ki prihrani material in stroške obdelave, je trdnostno kontrolirano in porabi manj energije.
- ▶ Prihranki v višini več kot 100.000 € letno in možnost, da Magneti ustvarijo nove storitve, osnovane na izboljšanjem proizvodnem procesu.
- ▶ Magneti in XLAB sta pridobila izkušnje s simulacijo.

Raziskava, ki je pripeljala do teh rezultatov, je prejela finančna sredstva programov EU za raziskave in inovacije, 7. OP in Obzorja 2020.

<https://www.fortissimo-project.eu/>



KEMIJSKI SLOVAR

Izdelan je slovenski razlagalni Kemijski slovar z ustrezniki v angleškem in nemškem jeziku. Poudarek geslovnika je na pojmi in izrazih za področje kemijske procesne tehnike. Obsega predvsem osnovne pojme kemije ter postopke in opremo v kemijski procesni tehniki. Čeprav je namenjen predvsem strokovnjakom kemikom, bo nadvse dobrodošel tudi strojnikom, ki so neposredno ali kako drugače povezani z znanstvenim, razvojnim in strokovnim delom na tem področju tehnike in gospodarstva. Slovar bo podrobneje predstavljen na Kemijskih dnevih v septembru.

Slovenska kemijska terminologija je razmeroma mlada. Za prvi resnejši prispevek na tem področju lahko štejemo Cigaletovo Znanstveno terminologijo za srednja učilišča iz leta 1880. Po nastanku slovenske univerze leta 1919 je potreba po domačem izrazoslovju na področju kemije narastla, tako da je leta 1921 izšla Ferjančičeva Začasna nemško-slovenska kemijska terminologija. V šestdesetih letih prejšnjega stoletja je bila ustanovljena Komisija za slovensko kemijsko terminologijo in nomenklaturu, ki je sodelovala s kemijskim izrazjem pri pripravi 2. izdaje Splošnega tehniškega slovarja – izšel je v letih 1978–1981.

Do resnejšega dela v zvezi s pripravo slovarja posebej za področje kemijske terminologije je prišlo leta 2004, ko je začela delovati komisija, ki so jo sestavljali avtorji tega prispevka ob pomoči sodelavcev Inštituta za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU ter obeh fakultet za kemijo in kemijsko tehnologijo (FKKT) v Ljubljani in Mariboru. Sofinanciranje državnih organov je po letu 2014 povsem prenehalo. Od takrat pa so se na pomoč odzivale le še obe fakulteti ter tovarne Krka, Helios, Lek in Melamin. Poleg naštetih sta prvo leto s prispevkom sodelovali tudi družbi Yulon in Savatech. Tako je komisija lahko v zadnjih štirih letih krila vsaj najnujnejše stroške.

Slovar obsega okrog 7 500 gesel in zajema izrazje s področja kemije, kemijske tehnologije in procesne

tehnike. Namenjen je kot pomoč strokovnjakom s tega področja in tudi študentom, saj je ob vsakem geslu tudi osnovna informacija o njem oz. kratka razlaga. Omeniti velja tudi angleške in nemške ustreznike ob vsakem geslu, ki omogočajo uporabnikom angleške oz. nemške strokovne literature poiskati ustrezen slovenski izraz. Za zdaj je predvidena samo elektronska izdaja na spletni strani, ki sta jo za slovar prijazno dala na razpolago Slovensko kemijsko društvo (<https://slovar.chem-soc.si/>) in FKKT Maribor (<https://www.fkkt.um.si/kslovar/index.php> in <https://www.fkkt.um.si/kslovar/avtorji.php>). Pri pripravi spletne izdaje slovarja sta sodelovala prof. dr. Milan Ojsteršek s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru in njegov študent Klemen Andrej Kac, ki je opravil tehnično delo.

Poskusna izdaja je namenjena predvsem pripombam k razlagam in predlogom za nova gesla, ki jih bomo upoštevali pri sprotne popravljanju. Računalniški program omogoča različno iskanje: po črkah abecede, po pojmu (geslu, iztočnici), po pomenu (razlagi), po angleškem ali nemškem ustrezniku ali simbolu. Spletna izdaja bo dopuščala sprotne popravljanje in dopolnjevanje slovarja na podlagi prejetih pripomb in predlogov. Te bo zbirala komisija in jih je mogoče poslati na naslednja e-naslova: peter.glavic@um.si ali andrej_smalc@t-2.net.

Slovar bo podrobneje predstavljen na Kemijskih dnevih, ki bodo predvidoma v septembru v Portorožu. Tisti, ki se Dnevov ne bodo udeležili, pa bodo slovar lahko podrobneje spoznali v ustreznem prispevku zbornika.

Peter Glavič, Andrej Šmalc, Leon Čelik, Anton Stušek

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2019

**FORUM
ZNANJA IN
IZKUŠENJ**

Predstavitve strokovnih prispevkov
Strokovna razstava
Aktualna okrogla miza
Podelitev priznanja TARAS

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT,
Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01 5800 884
faks: 01 5800 803 | e-pošta: info@forum-irt.si



www.forum-irt.si

Portorož, 3. in 4. junij 2019

VIŠJI KLIC

Adam Makos, Larry Alexander: Višji klic, resnična zgodba o boju in viteštvu sredi razklanega neba druge svetovne vojne.



Nekaj dni pred božičem leta 1943 spremljamo resnično zgodbo dveh pilotov, Charlija in Franza, Američana in Nemca, ki opravljata strašno poslanstvo. To je zgodba dveh življenj, ki sta tistega usodnega dne pred božičem trčili v zraku, in se ni končala še dobra štiri desetletja po tem, vse do trenutka, ko sta kot stara moža poiskala drug drugega. Branje te knjige bo morda komu spremenilo pogled na drugo svetovno vojno, zagotovo pa je nepozabno.

Štiriindvajset poglavij napete zgodbe se konča z vprašanjem: »Je bilo vredno?« Poletimo s Charlijem in Franzem in si na to vprašanje odgovorimo vsak zase!

Zgodba se začne leta 1946 v Straubingu v Nemčiji. Franz Stigler, bivši pilot, bi rad delal. Druge svetovne vojne je konec, v razrušeni Nemčiji pa je dela malo. Ponošena in od moljev razžrta obleka ni

nič drugačna kot pri ostalih, ki iščejo delo. Njegovi škornji ga izdajajo kot pilota, tistega pilota, ki ni preprečil bombam, da bi padale na Nemčijo. Ni bil nacist in prepričan je bil, da služi domovini.

Z dvanajstimi leti se je začel učiti leteti. Na letalu, privezan v pleten sedež, brez instrumentov. Na bližnjem hribu. V jadralnem klubu je nabiral prve letalske izkušnje na Stamer-Lippischevem šolskem letalu, ki je vzletalo na elastiko. Nemčija je po prvi svetovni vojni, ki jo je izgubila, morala razpustiti vojno letalstvo, učenje letenja z jadralnimi letali pa je bila zvita pretveza za šolanje bodočih vojaških pilotov. Franz je sledil orlom, kajti orli vedo, kje je dober veter! V naslednjih 11 poglavjih spoznamo, kako se je Franz naučil leteti. Z njim bralec potuje v Afriko, kjer se bojuje na strani puščavske lisice – generala Römle. Ob poslušanju Lili Marlen si briše solze in misli na dom.

V 11. poglavju se srečamo z drugim protagonistom knjige, s Charlijem Brownom. Po srednji šoli je šel v redno vojsko in začel pilotirati. Avtorja knjige nas z opisovanjem življenja obeh pilotov, v narativnem loku peljeta do trenutka, ko se bosta oba znašla na kraju, ki bo za vedno zapisan v njunem spominu. 20. decembra 1943 je Charlijeva B-17 (Krčma) po bombardiranju Bremna hitela proti domačemu letališču. Pravkar se je letalo uspešno izvilo iz padanja, ki je bilo posledica uspešnega napada nemških 109-ic, ko se mu je na rep prilepil Franz.

Srečno naključje je bilo krivo, da sta se oba pilota po vojni srečala v ZDA. Dogodek, ki bi nemškega pilota lahko pripeljal pred vojaško sodišče in gotovo smrtno obsodbo, je bil končno predstavljen javnosti. Po ponovnem srečanju sta Charli in Franz potovala po Severni Ameriki in pripovedovala svojo zgodbo. To je bilo njuno zadnje dejanje v prizadevanju zgraditi boljši svet. Oba sta umrla leta 2008, Charli je bil doma odlikovan s križem vojnega letalstva, Franz pa nikoli ni prejel viteškega križa, zato pa je dobil nekaj boljšega, kot je sam rad rekel.

»Iz grozot najbolj divjaške vojne v zgodovini vznikla čudovita zgodba o bratstvu med sovražnikoma. Veličastno in več kot vredno branje,« je zapisal Joe Galloway. Lahko mu samo pritrdim.

Višji klic (A Higher Call) avtorjev Adama Markosa in Larryja Aleksandra je odlično prevedel Martin Petrovčič, izdala ga je Celjska Mohorjeva družba, 2017, ISBN: 978-961-278-341-9, 409 strani, 25 €.

DOMNEVNO BOMBARDIRANJE CERKVE SV. PETRA IN PAVLA – KAJ JE ČISTA RESNICA?

Naključje je bilo krivo, da sem dobil v roke prospekt Minoritskega samostana sv. Petra in Pavla iz leta 2014. Pozoren sem postal na podatek, »da je 4. januarja 1945 cerkev doživela bombardiranje. Zadelo so jo domnevno partizanska letala«. Ker ni naveden vir, iz katerega izhaja ta trditev, sem sklenil »domnevo« preveriti.



Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Samostan_sv._Petra_in_Pavla,_Ptuj#/media/File:Ptuj_Monastery.JPG

Najprej je moja radovednost segla do izdajatelja prospekta. Elektronski naslov je bil naveden na prospektu (*samostan@kloster.si*) in zaprosil sem za natančnejšo pojasnitev bombardiranja. V zaprosilu sem navedel, da bi rad izvedel kaj več o dogodku. Zanimalo me je, kašen tip letal je bil v napadu, oznake na letalih, številke, morda kakšna fotografija. Odgovor je prišel zelo hitro. P. Milan mi je odgovoril, da nimajo podatkov in veseli bi bili, če bo meni uspelo dobiti bolj natančne podatke. Obljubil sem sodelovanje in p. Milan mi je spet ljubeznivo sporočil, da so iskali verodostojne podatke, vendar do njih niso prišli. Po njegovem mnenju obstajata dve verziji rušenja cerkve, kdo in zakaj jo je rušil (beri: bombardiral, op. avt.).

Sklenil sem, da se obrnem na Mestno občino Ptuj (*janja.zorko@ptuj.si*) in kmalu je prišel tudi njihov odgovor. Strokovna sodelavka na Mestni občini Ptuj Janja Zorko mi je svetovala, da se obrnem na Zgodovinski arhiv Ptuj, kar sem tudi storil (*Citalnica*.

ZAP@arhiv-ptuj.si). Odgovor je bil kratek in jasen, navajam: »Sporočamo vam, da Zgodovinski arhiv na Ptuj ne hrani gradiva v zvezi z bombardiranjem minoritskega samostana. Stopite v kontakt z Muzejem NOB v Mariboru (*irena.mavric@mnom.si*). Predlagamo, da se obrnete tudi na Vojni arhiv na Dunaju.«¹

Zaprosilo Muzeju NOB je obrodilo sadove. Dr. Irena Mavrič-Žižek mi je ljubeznivo poslala podatke, ki so razkrili nenavadno »domnevno« bombardiranje minoritskega samostana.

Minoritski samostan na Ptuj je rimskokatoliški samostan. Ustanovljen je bil verjetno okrog leta 1239, za kar pa ni trdnih dokazov. Samostan je bil obnovljen med leti 1930 in 1932, Nemci so minorite pregnali na Hrvaško. Po vojni je v njem delovala knjižnica. V refektoriju (samostanska obednica) se vrstijo koncerti, razstave, srečanja in podobno. Samostanska cerkev pa je bila ena prvih gotskih cerkva na Slovenskem. O njeni prenovi je veliko napisanega tudi na spletnih straneh.² Kot smo omenili, je bila



Vir: <http://www.alexlaird.com/2011/06/north-american-p-51-mustang/>

1 El. sporočilo z dne 7. 5. 2018, ki ga je posredovala Aleksandra Čater, čitalnica Zgodovinskega arhiva Ptuj.

2 Glej https://sl.wikipedia.org/wiki/Samostan_sv._Petra_in_Pavla,_Ptuj, <16. 7. 2018>.

3 Vir: Arhiv Muzeja narodne osvoboditve Maribor, fond: ST.HB. Bundesführung, škatla 11, Bombni napadi, mapa: Evidenca vsakokratnega nahajanja letal, izvršenih letalskih napadov na slov. Štajerskem in nastale osebne in tvarne škode I. I.-16. II. 1945, dokument: Luftschutz-Schadensmeldung Schlussmeldung Luftangriff 4. Jänner 1945, der Landrat des Kreises Pettau 5. I. 1945.

4 Glej podrobno: Čuvari našeg neba; Komanda ratnog vazduhoplovstva in protivvazdušne odbrane, Beograd, 1977.

cerkev 4. januarja 1945 skoraj v celoti porušena zaradi letalskega bombardiranja.

Iz dokumentacije, ki mi jo je posredovala dr. Irena Mavrič-Žižek, izhaja, navajam: »Minoritska cerkev sv. Petra na Ptuju je bila bombardirana 4. januarja 1945. Iz zaključnega poročila o škodi (Luftschutz-Schadensmeldung Sclusmeldung), ki ga je pripravil deželni svetnik ptujskega okrožja Fritz Bauer 5. januarja 1945 je razvidno, da je 8 lovskih bombnikov (tip Mustang) 4. januarja 1945 v času med 10.30 in 12. uro odvrгло na mesto Ptuj 32 srednjih in 5 lahkih rušilnih bomb. Odvržene bombe so ubile 3 osebe, 30 oseb je bilo ranjenih, popolnoma so porušile dve hiši, osem hiš je bilo težko, 5 hiš srednje, 24 hiš pa lažje poškodovanih. Zadet je bil železniški most,

uničen telefonski vod v dolžini 500 metrov, razbitih pa je bilo tudi 5 avtomobilov. Med stavbami je bil srednje (mitelschwer beschädigt) poškodovan Minoritski samostan, kjer je bil sedež ptujskega okrožja, popolnoma uničena (total zerstört) pa je bila minoritska cerkev.«³

Tako! Moja radovednost je potešena. O tem sem obvestil tudi pristojne v Minoritskem samostanu s predlogom, da popravijo prospekt o samostanu in cerkvi.

Besede včasih zabolijo bolj kot orožje. Zato naj, če jih že uporabljamo, govore resnico in ne puščajo dvomov. In za konec: jugoslovansko vojno letalstvo v času NOB ni razpolagalo z letali tipa Mustang.⁴

MEDNARODNO KAZENSKO PRAVO

Mednarodno kazensko pravo dr. Matjaža Ambroža in sodelavcev¹ je zajetno (528 strani s pripombami) in sistematično delo o pravni disciplini, ki se je razvila v zadnjih dveh desetletjih (prof. dr. Danilo Türk v spremni besedi). Ker se ukvarja tudi z varnostjo civilnega letalstva, mu bomo posvetili našo pozornost.



Pet poglavij tega obsežnega prikaza mednarodnega kazenskega prava sistematično obdeluje vse institute tega prava. V posebnem delu avtorja dr. Ljubo Bavcon in dr. Damjan Korošec opredelita terorizem, v tem okviru pa tudi varnost civilnega letalstva.

Terorizem je oblika kriminalitete (angleško terrorism, francosko terrorisme, nemško der Terrorismus), ki ga sodobno mednarodno pravo pravzaprav še ne definira enotno. Gre za zelo različne pojavne oblike, države pa na ta dejanja različno gledajo. Izraz sam prihaja iz francoske revolucije, pomeni pa, da oblastni režim izvaja nasilje in tako zastrašuje prebivalstvo, s čimer želi zavarovati dosežke (francoske) revolucije. L. Pettiford in D. Harding v delu Terorizem – nova svetovna vojna² omenjata Combsa, ki zelo slikovito pravi, »da je terorizem sinteza vojne in gledališča oziroma dramatizacija najbolj preganjanih zvrsti nasilja (tistih, ki se izvajajo nad nedolžnimi žrtvami), ki se uprizarja pred občinstvom z namenom, da se slednjega iz političnih razlogov ustrahuje.«³ To ustvarjanje strahu v določenem segmentu družbe (motiv storilca terorističnega dejanja naj bi bil v etični, rasni, verski, jezikovni in podobnih podlagah, ne gre pozabiti na elemente strasti, drugačnosti storilca in

1 Prof. dr. Matjaž Ambrož, prof. dr. Ljubo Bavcon, prof. dr. Zvonko Fišer, prof. dr. Damjan Korošec, doc. dr. Vasilka Sancin, doc. dr. Liljana Selinšek, prof. dr. Mirjam Škrk so avtorji zanimivega dela Mednarodno kazensko pravo, ki je izšlo pri Uradnem listu Slovenije, Ljubljana 2012. V posebnem poglavju Terorizem avtorja dr. Ljubo Bavcon in dr. Damjan Korošec obravnavata tudi varnost civilnega letalstva. Temu bomo posvetili našo pozornost.

2 Mladinska knjiga 2005 (za izdajo v slovenščini), str. 18.

3 Mladinska knjiga, ibid., op. cit., str. 18.

4 M. Ambrož et al.: podrobno na strani 265 in naprej.

njegovih osebnih interesov, publicitete, radikalnosti, fanatičnosti in storilčeve odločenosti žrtvovati celo svoje življenje) je našlo šibko točko v mednarodnem civilnem letalstvu, kjer je prav varnost odločilen dejavnik pri opravljanju komercialne dejavnosti te veje mednarodnega transporta. Civilno letalstvo je nedvomno zaradi svoje tehnološke in siceršnje ranljivosti zelo »primerno« za teroristično dejavnost.

V 12. in 13. stoletju so fanatični islamski odpadniki ustanovili prve oborožene teroristične skupine pod imenom asasini.⁴ Dvajseto stoletje je prineslo številne teroristične organizacije, terorizem v civilnem letalstvu pa se je razvil iz ugrabitve letal, predvsem iz političnih razlogov (ugrabitelji so po 2. svetovni vojni bežali iz vzhodne Evrope na zahod), sledilo je ugrabljanje civilnih letal – zračno piratstvo, kulminacijo pa je doživel z napadom 11. septembra 2001 na newyorška dvojčka.

Sodoben boj zoper mednarodni terorizem na področju mednarodnega civilnega letalstva se začne s Čikaško konvencijo (ustanovna listina Mednarodne organizacije civilnega letalstva, 1944) ter prizadevanji Organizacije združenih narodov. Sistem OZN vsebuje kar 150 instrumentov in dokumentov, ki se ukvarjajo z bojem proti terorizmu. V tem kontekstu

ne omenjamo posebej konvencij, ki jih je sprejela ICAO, pri čemer je ugotovila, da bi bil boj zoper ta pojav še učinkovitejši, če bi vse države sveta dosledno implementirale svoje mednarodne obveznosti.

Knjiga Mednarodno kazensko pravo je poučna ne samo za pravnike, ampak tudi za letalsko okolje. Stvari postavlja na svoje mesto sistematično, razumljivo in dobro berljivo. Na vsak način bi jo priporočili v branje tudi vsem, ki se aktivno ukvarjajo z letalstvom.

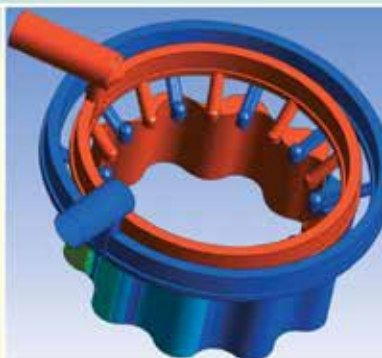
Knjiga je izšla leta 2012. Avtorji žal niso upoštevali nekaterih strokovnih del, ki so nastala pred izidom knjige in bi še bolj približali pojave ogrožanja mednarodnega civilnega letalstva vsem, ki se s tem ukvarjajo. Omenimo naj samo knjigo Terorizem, ki je v prevodu izšla leta 2005 pri Mladinski knjigi, in delo avtorja tega prispevka Mednarodno letalsko pravo (Ur. l. RS, 2009). Izpuščeno pa je omenjanje Protokola o spremembi Konvencije o mednarodnem civilnem letalstvu z uvedbo 3. bis člena, ki zapoveduje državam pogodbenicam ICAO, da se morajo vzdržati uporabe orožja proti civilnim zrakoplovom med letom. Kljub temu pa knjiga ponuja veliko snovi za razmišljanje in zavedanje tega, kar se dogaja okoli nas in nad nami.

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Ukvarjamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno PK hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo. To se odraža v večjem številu uspešno zaključenih projektov in sodelovanju z uspešnimi slovenskimi podjetji.

Obrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih sestavin in naprav
- izdelavo hidravličnih naprav
- izboljšave in popravilo hidravličnih naprav in strojev
- izdelavo sodobnega krmilja za hidravlične stroje
- izobraževanje na področju hidravlike
- ekološke hidravlične naprave za pitno vodo
- izdelavo ali izris hidravličnih shem
- itd.



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo
Aškerčeva 6
1000 Ljubljana
T: 01/4771115, 01/4771411
E: lft@fs.uni-lj.si
<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>



V istem terminu še
FEEL THE FUTURE OF GAMING:
19. in 20. 10. 2018

Feel the **FUTURE**

2. sejem inovativnih digitalnih rešitev
Celjski sejem, **17.-19. oktober 2018**



FeelTheFuture

Se želite tudi vi pridružiti številnim uspešnim podjetjem?
Pridobite informativno ponudbo zdaj!
Pišite na info@ce-sejem.si



CELJSKI SEJEM

WWW.FEELTHEFUTURE.SI

SLOTTRIB 2018



POSVETOVANJE o TRIBOLOGIJU,
MAZIVIH in TEHNIČNI DIAGNOSTIKI

20. NOVEMBER 2018
Radisson Blu Plaza Hotel,
Ljubljana

30. junij 2018

Prvo obvestilo

20. oktober 2018

Rok za oddajo povzetkov

31. oktober 2018

Obvestilo o uvrstitvi
prispevka v program in
podrobna navodila za
pripravo prispevka

8. november 2018

Rok za oddajo prispevkov
Prijava razstavljalcev
Plačilo kotizacije

15. november 2018

Drugo obvestilo in
program posvetovanja

20. november 2018

Posvetovanje

TEME POSVETOVANJA

- Maziva, hladilno mazalna sredstva in goriva
- Zeleni pogoni in elektromobilnost
- Tribološke lastnosti sodobnih materialov
- Sodobni pristopi v tehnični diagnostiki & vzdrževanje
- Nano-tribologija & mikro-tribologija
- Obraba in poškodbe strojnih elementov in komponent

KONTAKT

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJU

prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik SDT
Joži Sterle – tajništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana

Tel.: 01 4771 460
Fax: 01 4771 469

E-mail: slottrib@tint.fs.uni-lj.si
Web: www.tint.fs.uni-lj.si



M. Kastelic, MostPhotos

CERTIFICIRANJE ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STISNJENEGA ZRAKA

Nemško kvalifikacijsko združenje TÜV Süd je certificiralo izkaz o veljavnosti podatkov in transparentnosti ravnanja s stisnjnim zrakom – *Druckluft-Audit*, ki ga podjetje *Mader* opravlja v skladu s standardom DIN EU ISO 11011.

Nemško podjetje *Mader*, uveljavljeno na področju stisnjnega zraka in pnevmatike, je prvo, ki je pustilo certificirati svoj izkaz o stisnjnem zrakom *Mader AirXpert*, opravljenem v skladu s standardom DIN EU ISO 11011: 2015. Tridnevni preskus in certificiranje veljavnosti podatkov o energijski učinkovitosti in uporabnosti stisnjnega zraka je opravilo klasičniko združenje *TUV Süd*.

S certifikatom je potrjeno, da podjetje v skladu s standardizirano metodologijo ustrezno in transparentno opravlja preverjanje in preskušanje lastnosti in energijske učinkovitosti stisnjnega zraka. Pri tem so pri certificiranju smiselno upoštevana tudi določila naslednjih predpisov in standardov:

- ▶ VDI - Richtlinie 3922: Energieberatung für Industrie und Gewerbe (Energijska priporočila za industrijo in obrt),
- ▶ DIN EN 15900: Energieeffizienz-Dienstleistungen (Energijska učinkovitost – uporabnost) in
- ▶ DIN EN 16247-1: Energieaudits (Energijski izkazi).

Vodja energijskega managementa v podjetju *Mader Marina Geisinger* posebej poudarja, da stran-

ke s certifikatom prejmejo zanesljive podatke, ki so »relevantni za energijski in okoljski management po standardih DIN EU ISO 14001 in 50001 ter EMAS in DIN EN 16247-1«.

Preverjeni so vsi postopki pridobivanja in lastnosti stisnjnega zraka, vključno s koncepti in realizacijo energijsko učinkovitega pridobivanja in uporabe ter ugotavljanja in preprečevanja njegovega puščanja. Dodana so priporočila za določanje kakovosti in varnega ravnanja s stisnjnim zrakom ter optimiranjem njegove uporabe z učinkovitimi pnevmatičnimi sestavinami; dodatno pa še priporočila za financiranje in ustrezen monitoring pnevmatičnih naprav.

Podjetje *Mader* je pripravljeno vsa predlagana priporočila s svojimi sodelavci realizirati. Pri tem zagotavljajo tudi podporo pri financiranju in izobraževanju ustreznih strokovnih kadrov v lastni hiši.

Vir:

Böhm, U.: TÜV zertifiziert Druckluft-Audit, Fluid 52 (2018)04 – str. 74

OGLAŠEVALCI

- ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana285
- ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje..... 269, 337
- ▶ DOMEL, d. d., Železniki.....279
- ▶ DVS, Ljubljana319
- ▶ FESTO, d. o. o., Trzin.....261, 344
- ▶ HENNLICH, d. o. o., Podnart.....341
- ▶ HYDAC, d. o. o., Maribor.....318
- ▶ ICM, d. o. o., Celje..... 282, 286, 315, 343
- ▶ IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.)
NORGREN, Lesce.....261
- ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija.....324
- ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana277
- ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje.....261
- ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....261
- ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin 261, 327
- ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.),
Novo mesto.....261
- ▶ PH Industrie-Hydraulik GmbH,
Spröckhovel, Nemčija.....287
- ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri..... 261, 262
- ▶ POMURSKI SEJEM, d. d., Gornja Radgona..... 318
- ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 264
- ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 323, 332
- ▶ S3C, d. o. o., Ljubljana261
- ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana 331
- ▶ SUN Hydraulik, Erkelenz, Nemčija.....326
- ▶ UL, Fakulteta za stroj.....282, 283, 326, 336, 338
- ▶ UM, Fakulteta za strojništvo301
- ▶ VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri.....261
- ▶ YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica273

© Ventil 24(2018)4. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
© Ventil 24(2018)4. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Internet: <http://www.revija-ventil.si>
E-mail: ventil@fs.uni-lj.si

ISSN 1318-7279
UDK 62-82 + 62-85 + 62-31/-33 + 681.523 (497.12)

VENTIL Revija za fluidno tehniko, avtomatizacijo in mehatroniko
Journal for Fluid Power, Automation and Mechatronics

Volume Letnik 24
Year Letnica 2018
Number Številka 4

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno tehniko in Fluidne tehnike pri Zdrženju kovinske industrije Gospodarske zbornice Slovenije. Izhaja šestkrat letno.

Ustanovitelj: SDFT in GZS – ZKI-FT
Izdajatelj: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Glavni in odgovorni urednik: prof. dr. Janez Tušek
Pomočnik urednika: mag. Anton Stušek
Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ prof. dr. Maja Atanasijevič-Kunc, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Ivan Bajsić, FS Ljubljana
- ▶ doc. dr. Andrej Bombač, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Butala, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander Czinki, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ doc. dr. Edvard Detiček, FS Maribor
- ▶ prof. dr. Janez Diaci, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože Duhovnik, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko Herakovič, FS Ljubljana
- ▶ mag. Franc Jeromen, GZS – ZKI-FT, je upokojen
- ▶ prof. dr. Roman Kamnik, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Peter Kopacek, TU Dunaj, Avstrija
- ▶ mag. Milan Kopač, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ izr. prof. dr. Darko Lovrec, FS Maribor
- ▶ izr. prof. dr. Santiago T. Puente Méndez, University of Alicante, Španija
- ▶ doc. dr. Franc Majdič, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus Murrenhoff, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Gojko Nikolić, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
- ▶ izr. prof. dr. Dragica Noe, FS Ljubljana
- ▶ dr. Jože Pezdarnik, FS Ljubljana
- ▶ Martin Pivk, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
- ▶ prof. dr. Alojz Sluga, FS Ljubljana
- ▶ Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljska
- ▶ prof. dr. Brane Širok, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko Šitum, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez Tušek, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao Yamada, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana
Lektoriranje: Marjeta Humar, prof., Andrea Potočnik
Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna
Tisk: Schwarz Print, d. o. o., Ljubljana
Marketing in distribucija: Roman Putrih

Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil
Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana
Telefon: + (0) 1 4771-704
Faks: + (0) 1 4771-772 in + (0) 1 2518-567

Naklada: 1.500 izvodov
Cena: 4,00 EUR – letna naročnina 24,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).
Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.
Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje 9,5-odstotni davek na dodano vrednost.

ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] **Bager za rušenje** - www.zeppelin-cat.de - Podjetje za rušenje *Peter Kolb* iz Aschaffenburga, ZRN, je nedavno na primeru rušenja starega jeklenega avtocestnega mostu med Mainzem in Wiesbadnom demonstriralo učinkovitost njihovega bagera za rušenje *Cat 390 FL* z goseničnim podvozjem in zmogljivostjo 150 do 200 ton jekla dnevno.
- [2] **Delovna skupina ISO vabi k sodelovanju!** - www-hydraulicpneumatics.com/bit.ly/HP0418P-SRA - Delegacija ZDA v delovni skupini o matematičnem modeliranju je bila naprošena za prispevek o določanju najmanjšega števila nujnih podatkov za oblikovanje uporabnega matematičnega modela za hidravlično črpalko. Preverite idejo o *Progressively Sequenced Regression* - PSR (Progresivna sekvenčna regresija) in posredujte vaše predloge.
- [3] **Hidravlika in njene možnosti** - www.hydraforce.com - *Enrico Raschi* je evropski direktor prodaje ameriškega podjetja *Hydraforce*, uveljavljenega izdelovalca in dobavitelja hidravličnih ventilov in krmilnih blokov. Uveljavljeni strokovnjak za hidravlična vezja med drugim obravnava pomen, stanje in razvojne perspektive hidravlike, hidravličnega pogona in krmiljenja (glej tudi poseben prispevek v reviji *O + P* 62(2018)04 - str. 8).
- [4] **Hibridni tank s senzoriko** - www.argo-hytos.com - Na posebni razstavi *Intelligente Fluid - und Antriebstechnik* (Pametna fluidna in pogonska tehnika) v okviru Hannovrskega sejma 2018 je podjetje *ARGO-HYTOS* predstavilo s senzorji opremljen hibridni hidravlični tank. Z LED-lestvicami je vizualiziran hidravlični tok iz tanka v krmilnik. Na modelu tanka v prerezu je prikazano, kako brez problemov se lahko integrira senzorika hidravličnega olja v tanku. Vgrajeni so senzorji za raven, temperaturo in stopnjo onesnaženja olja. Tank omogoča preventivno vzdrževanje hidravlične naprave.
- [5] **Inteligentna uporaba stisnjene zraka** - www.aventics.com - V vsebini industrije 4.0 naj se pnevmatika ne skrrije! To kaže tudi obisk posebne razstave podjetja *Aventics* na Hannovrskem sejmu 2018 z naslovom »Inteligentna fluidna in pogonska tehnika« in v okviru nje predstavitev razvoja pametnega pnevmatičnega monitorja (ang.: *Smart Pneumatics Monitor* - SMP). Slednji simulira vzajemnost porabnikov stisnjene zraka in pametne tovarne.
- [6] **Miniaturne hidravlične sestavine** - www.lee.de - Že od leta 1948 je v svetu uveljavljeno podjetje *The Lee Company* (v ZR Nemčiji: *LEE Hydraulische Miniaturkomponenten GmbH*) z razvojem, izdelavo in ponudbo miniaturnih hidravličnih sestavin. Te omogočajo zmanjšanje velikosti in teže končnih izdelkov, ob sočasnem povečanju njihove kakovosti in učinkovitosti. Z iznajdbo inovativnega sistema zapiranja in tesnjenja *LEEPLUG* nudijo povsem nove perspektive konstruiranja hidravličnih ventilskih blokov, še posebno v letalski industriji. Podjetje danes oskrbuje sodobne tehnološko napredne industrije, kot so: energetika, pomorstvo (off-shore), avtomobilizem (še posebno formula 1), pa tudi mobilna in industrijska hidravlika.
- [7] **Naj bo rudnik hidrostatičen!** - www.hydraulic-pneumatics.com/bit.ly/HP0518ManTrip - *Man Trip* so osebna vozila za prevoz rudarjev v rudnik in iz njega. Uveljavljeni izdelovalec takšnih vozil je zasnoval novo vozilo s pogonskim motorjem zadaj in s hidrostatičnim prenosnikom, ki zagotavlja prostornejšo in udobnejšo rudarsko vozilo. Najpomembnejši gradnik vozila pa je elektronski modul za krmiljenje smeri in hitrosti vožnje ter učinkovito in udobno zaviranje.
- [8] **Nemčija išče inženirje** - <http://bit.ly.ingenieurmonitor> - Nemški gospo-



Matice iz materiala iglidur® E7 - tihe in hitre

tehnologija dryspin®

- dušenje vibracij
- dolga življenjska doba
- visoke hitrosti



HENNLICH

Pokličite nas:

041 386 005



www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj

darski inštitut na svojih spletnih straneh objavlja integralni pregled prostih delovnih mest za inženirje po področjih in zveznih deželah.

- [9] **Robusten generator tlaka** - www.nachi.de - Deset batov in nastavljiva nagibna plošča so značilnosti nove izvedbe aksialne batne črpalke firme *Nachi* z natančnim krmiljenjem iztisnine. Zahvaljujoč sodemu številu batov lahko generira dva enaka prostorninska toka hidravličnega fluida. Inovativna in integrirana zasnova črpalke zahteva bistveno manjši prostor vgradnje. Z Nachijevimi črpalkami opremljeni majhni in kompaktno grajeni bagri vozijo natančno naravnost, delujejo energetsko učinkovito in polno izkoriščajo moč pogonskega motorja. Izredno kompaktna vgradnja v zadnjem delu omogoča sukanje ročice preko podvozja. Zahvaljujoč navedenim prednostim so hidravlične naprave *Nachi* svetovno vodilne na področju majhnih in kompaktnih hidravličnih bagerjev.
- [10] **Študija VDMA o preventivnem vzdrževanju** - www.fluid.vdma.org - Nekateri razvijajo hidravlične ali pnevmatične valje, drugi pogone in krmilja, mnogi pa izobražujejo bodoče inženirje. 3. kongres VDMA pa je podrobno obravnaval

»preventivno vzdrževanje za industrijo 4.0«. Osnova za obravnavano tematiko je bila študija z naslovom *Fit for Service: Position bestimmen - Potenziale identifizieren - Servicefolg steigern* (na voljo na spletnem naslovu: <http://fitness-checks-udma.org>).

- [11] **Tesnilna tehnika - nujne raziskave!** - www.ima.uni-stuttgart.de - Prof. Werner Hass, nekdanji direktor Inštituta za strojne elemente (IMA) Univerze v Stuttgartu, meni, da je treba raziskovati tesnilno tehniko (zanimiv prispevek v O + P 62(2018) 1-2, str. 8).
- [12] **Usposabljanje in varnost lahko preprečujeta nevarne posledice** - www.hydraulicspneumatics.com/bit.ly/HPO413Safety - Hidravlična naprava viličarja nima enakih redundantnih varnostnih sestavin kot pristajalna ploščad. Ni pa preseñetljivo, da bi bil vzdrževalec lahko smrtno poškodovan pri odpovedi gibkega cevovoda hidravličnega valja za nagibanje viličarja, ki ga je pomanjkljivo montiral neustrezno usposobljen monter. Viličar se je nekontrolirano nagnil proti jekleni konstrukciji in se k sreči zaustavil nekaj decimetrov pred njo.

ZNANSTVENE IN STROKOVNE PRIREDITVE

20th ISC - Internationale Dichtungstagung Stuttgart 2018

20. ISC, Mednarodno srečanje o tesnilni tehniki
10.-11. 10. 2018 | Stuttgart, ZR Nemčija

Organizator:

- ▶ Fachverband Fluidtechnik im VDMA

Moto srečanja:

- ▶ »Tesnilna tehnika - preseganje mej«

Informacije:

- ▶ www.sealing-conference.com

10. Deutscher Maschinenbau - Gipfel

10. Vrh nemške strojogradnje

16.-17. 10. 2018 | Berlin, ZR Nemčija

Organizator:

- ▶ VDMA - revija »Produktion«

Program:

- ▶ Brexit - posledice za strojogradnjo,
- ▶ Kitajska - stranka, konkurent, določevalec pravil sodelovanja,
- ▶ Mobilnost: pogonska tehnika v spreminjanju,
- ▶ Delo: digitalno in atraktivno,

- ▶ Učenje strojev - kam gremo?

Informacije:

- ▶ www.maschinenbau-gipfel.de

7. Fachtagung Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen

7. strokovno srečanje »Hibridni in energijsko učinkoviti pogoni za mobilne delovne stroje«

20. 02. 2019 | Karlsruhe, ZR Nemčija

Organizator:

- ▶ Teilinstitut Mobile Arbeitsmaschinen; Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Program:

- ▶ energijsko učinkovita električna pogonska tehnika,
- ▶ energijsko učinkovita hidravlična pogonska tehnika,
- ▶ hibridna pogonska topologija,
- ▶ krmilna in regulacijska tehnika ter
- ▶ pogonske strategije.

Informacije:

- ▶ e-pošta: hybridtagung2019@fast.kit.edu

Robotics



Ljubljana, Slovenia
Gospodarsko razstavišče

12.-14.02.2019

robotics@icm.si

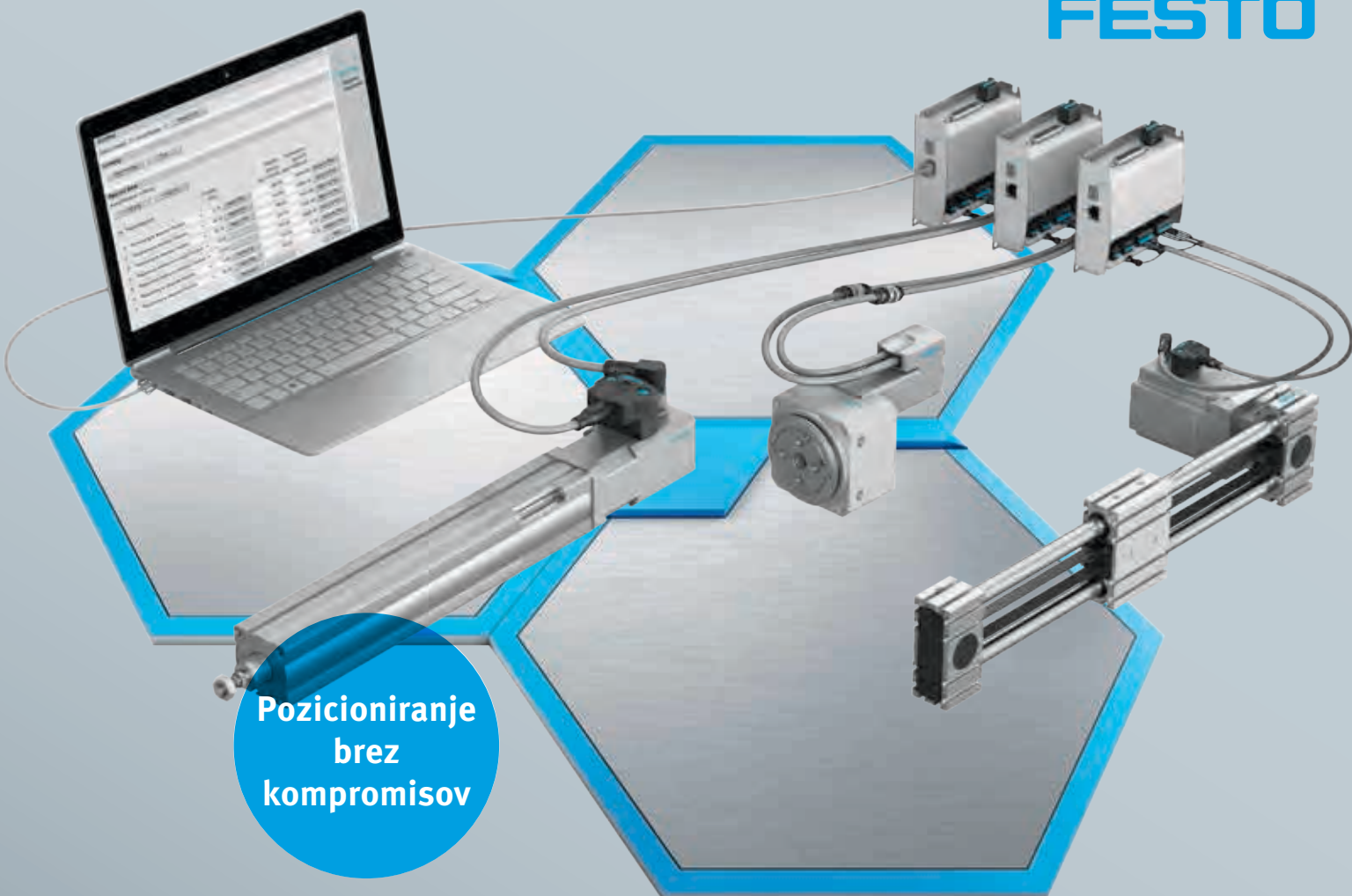
Powered by

i C m

www.icm.si

Optimised Motion Series

FESTO



**Pozicioniranje
brez
kompromisov**

**Vi rabite enostavno pozicioniranje.
Vi potrebujete optimalno zmogljivost.
Mi vam nudimo celovit sistem.**

**→ WE ARE THE ENGINEERS
OF PRODUCTIVITY.**

Električno pozicioniranje in enostavno krmiljenje – to je povezljivost s Festom!
Optimized Motion Series: paket, ki naredi gibanje in pozicioniranje enostavnejše kot kadarkoli. Cenena avtomatizacija, povezana z optimirano zmogljivostjo in eno samo kodo - od konfiguracije preko naročanja do zagona.

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766-947
sales_si@festo.com
www.festo.si