



FESTO

OPL

POCLAIN
Hydraulics

OLIA
LUBRICANTS

Parker

IMI
Precision Engineering

MIEL® OMRON
www.miel.si

VISTA
HIDRAVLIKA

OMEGA
AIR

- In memoriam
- Intervju
- Mobilna hidravlična platforma
- Zrak v hidravličnem sistemu
- Hidravlični filtrirni materiali
- Iz prakse za prakso
- Hibridna izdelava
- Letalstvo
- Bionika
- Podjetja predstavljajo

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

KRMILNIK
SD Premier

POCLAIN
Hydraulics

PROTIZDRSNI VENTIL

ZAVORNI VENTIL
- zaznavalo tlaka

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

MOTOR

ZAZNAVALO
HITROSTI

SPREMINJANJE
HITROSTI

PROTIZDRSNI
VENTIL

POCLAIN
Hydraulics

www.poclain-hydraulics.com

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
 • Delilniki toka
 • "twinlock" 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 (zasilne/parkirne in delovne zavore)



→ Ventili za polnjenje akumulatorja



→ Kompaktni multifunkcijski ventili (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



Impresum	265	■ IN MEMORIAM	
Beseda uredništva	265	Janez Peklenik – utemeljitelj modernega strojništva	266
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	278	■ INTERVJU	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	292	Dr. Dejan Dovžan – prejemnik <i>Zlatega znaka Jožefa Stefana</i>	272
Seznam oglaševalcev	358	■ MOBILNA HIDRAVLIKA	
Znanstvene in strokovne prireditve	325	<i>Domagoj ANTIČ, Zvonimir LAŽETA, Željko ŠITUM:</i> Automatic levelling and wireless control of a mobile hydraulic platform with telescopic crane	296

Naslovna stran:

Poclain Hydraulics, d.o.o.
Industrijska ulica 2,
4226 Žiri
Tel.: +386 (04) 51 59 100
Fax: +386 (04) 51 59 122
e-mail: info-slovenia@
poclain-hydraulics.com
internet: www.poclain-
hydraulics.com

OPL Avtomatizacija, d. o. o.
BOSCH Automation
Koncesionar za Slovenijo
IOC Trzin, Dobreve 2
SI-1236 Trzin
Tel.: + (0)1 560 22 40
Fax: + (0)1 562 12 50

FESTO, d. o. o.
IOC Trzin, Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Tel.: + (0)1 530 21 10
Fax: + (0)1 530 21 25

OLMA, d. d., Ljubljana
Poljska pot 2,
1000 Ljubljana
Tel.: + (0)1 58 73 600
Fax: + (0)1 54 63 200
e-mail: komerciala@
olma.si

PARKER HANNIFIN
Corporation
Podružnica v Novem
mestu
Velika Bučna vas 7
8000 Novo mesto
Tel.: + (0)7 337 66 50
Fax: + (0)7 337 66 51

IMI INTERNATIONAL, d.o.o.
(P.E.) NORGRN HERION
Alpska cesta 37B
4248 Lesce
Tel.: + (0)4 531 75 50
Fax: + (0)4 531 75 55

MIEL Elektronika, d. o. o.
Efenkova cesta 61,
3320 Velenje
Tel: +386 3 898 57 50
Fax: +386 3 898 57 60
www.miel.si, www.omron-
automation.com

VISTA Hidravlika, d. o. o.
Kosovelova ulica 14,
4226 Žiri
Tel.: 04 5050 600
Faks: 04 5191 900
www.vista-hidravlika.si

OMEGA AIR, d. o. o.,
Ljubljana
Cesta Dolomitskega
odreda 10
1000 Ljubljana
T + 386 (0)1 200 68 63
F + 386 (0)1 200 68 50
www.omega-air.si

■ HIDRAVLIČNI FILTRIRNI SISTEMI

Franci MAJDIČ, Anže PETERLIN, Matej TOMŠIČ: Testiranje hidravličnih filtrirnih materialov po standardu 302

■ HIDRAVLIČNI SISTEMI

Darko LOVREC: Vzroki za prisotnost zraka v hidravličnem sistemu 310

■ HIBRIDNA IZDELAVA

Damir GRGURAŠ, Davorin KRAMAR, David HOMAR, Janez KOPAČ: Hibridna izdelava s postopkom ciljnega nalaganja taljenega polimera in freziranja: I. del – optimizacija tehnoloških parametrov hibridne izdelave ob uporabi standardne ekstrudorske šobe 318

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Ivan VENĀUST, Martin PETRIČ: Naprava za testiranje zavornih ploščic 326

Marjan POTOČAN: Lepljeni valjasti spoji in njihova uporaba v strojništvu 332

■ LETALSTVO

Aleksander ČIČEROV: Mednarodni pravni status vodje zrakoplova – 1. del 336

■ BIONIKA - IMPLANTOLOGIJA

Janez ŠKRLEC, Robert HARB: 10 vsadkov, ki bodo kmalu zelo aktualni in so močno povezani z bioniko 340

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Veliki valji DSNG z vlečno batnico (*FESTO*) 344
Magnetni transportni sistemi MagneMotion (*TEHNA*) 345

■ NOVOSTI NA TRGU

Sinhroni linearni motorji LMSA (*HIWIN*) 346
Vodno hlajeni navorni motorji HIWIN (*HIWIN*) 346
Optimalni vakuum z generatorjem piCOMPACT® 23 (*INOTEH*) 347
Kompaktna enota za nadzor moči: OMRON KM-N2 (*MIEL ELEKTRONIKA*) 347
Modul za varčevanje z zrakom Parker HASV (*PARKER*) 348
Frekvenčni pretvorniki Invertex (*PS*) 348

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Energijsko učinkovita priprava stisnjenega zraka (*OMEGA AIR*) 350

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige 354
Pnevmatika, ki ustreza standardom 355

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh 358

Ventil
REVUJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
ISSN 1518-1218 | POŠTANSKI ŠTEVIL 221/2016/4







- In memoriam
- Intervju
- Mobilna hidravlična platforma
- Zrak v hidravličnem sistemu
- Hidravlični filtrirni materiali
- Iz prakse za prakso
- Hibridna izdelava
- Letalstvo
- Bionika
- Podjetja predstavljajo

PRAVI NASVETI, DOBRI NAKUPI, NOVI POSLI

49. **MOS**

▲ **Mednarodni sejem obrti in podjetnosti**

▲ Celjski sejem, 13.-18. september 2016

-  Najpomembnejši poslovni sejem v regiji
-  Razvojna in poslovna priložnost za industrijo in podjetništvo
-  Vse za gradnjo, obnovo in opremo doma
-  Kamping, karavaning in kulinarika
-  Brezplačni nasveti strokovnjakov
-  Ugodni nakupi, doživetja za vso družino
-  Cenejše vstopnice 1. dan, družinske vstopnice



© Ventil 22 (2016) 4, Tiskano v Sloveniji.
Vse pravice pridržane.
© Ventil 22 (2016) 4, Printed in Slovenia.
All rights reserved.

Impresum

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

Letnik	22	Volume
Letnica	2016	Year
Številka	4	Number

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno
tehniko in Fluidne tehnike pri Združenju kovinske industrije
je 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

Znanstven-strokovni svet:
prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAC, 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 KOPAC, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
izr. prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MENDEZ, University of
Alicante, Španija
doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
prof. dr. Gorko NIKOLIČ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
Janez ŠKRLEČ, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg.
Poljskava
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva in brodogradnje
Zagreb, Hrvaška
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio, d.o.o., Ljubljana

Lektoriranje:
Marjeta HÚMAR, prof., Andrea POTOČNIK

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:
Grafex d. o. o., Izlake

Tisk:
PRESENT, 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 2518-567 in
+ (0) 1 4771-772

Naklada:
1500 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.

Spretnosti Slovenk in Slovencev po mednarodni raziskavi



Izobraževanje, znanje, usposobljenost, spretnost, šolski sistem in vseživljenjsko učenje so prav gotovo najpomembnejša področja vsakega naroda in države. Iz zgodovine je poznano, da so tiste države, ki so imele in imajo dobro razvejan šolski sistem, ki so veliko vlagale in še vlagajo v prej naštetih področjih, hitro napredovale na vseh področjih – od kulture do športa in od industrije do znanosti. S tem se verjetno vsi strinjamo. In danes je to še veliko pomembnejše, kot je bilo v preteklosti.

V Sloveniji imamo dobro razvit šolski in izobraževalni sistem. Na osnovnošolskem in praktično tudi na srednješolskem nivoju se šolajo skoraj vsi mladostniki. Na terciarnem izobraževanju se izobražuje največ študentov na prebivalca v Evropi. Dobro imamo razvit vseživljenjsko izobraževanje odraslih, zelo veliko se vlaga v dodatno šolanje in pre-kvalifikacije brezposelnih, po vsej državi obstajajo tako imenovane ljudske univerze, ki so prav tako izobraževalne ustanove. Po podatki mednarodnih organizacij imamo od vseh držav največ institucij in režijskih državnih ustanov, ki skrbijo za izobraževanje. Med te uvrščamo Pedagoški in Andragoški inštitut, Izpitni center RS in številne agencije, ki se na tak ali drugačen način ukvarjajo z izobraževanjem, z usposabljanjem ali le s svetovanjem.

Glede na zapisano je nerazumljivo, da smo po mednarodni raziskavi odrasli pod povprečno usposobljeni in pod povprečno spretni za reševanje vsakodnevnih problemov. Do te ugotovitve je prišla mednarodna organizacija OECD. V Sloveniji je bilo v raziskavo vključenih 5331 Slovenk in Slovencev, starih od 16 do 65 let, kar je zelo velik vzorec, ki poda dokaj zanesljive ocene.

Spretnost naših državljanov je bila merjena na treh različnih področjih.

Prvo področje je bila besedilna spretnost. Z njo se ugotovi razumevanje besed, stavkov in odlomkov ter razumevanje zapisanih informacij in njihova pravilna uporaba. Le 5,6 % anketirancev je na tem področju doseglo najvišjo raven, v drugih državah pa povprečno 10,6 % anketirancev. Okrog 31,8 % naših ljudi je doseglo 3. raven besedilnih spretnosti. V drugih državah je bilo takih povprečno 35,6 %. Najnižjo možno raven s področja besedilnih spretnosti pa je pri nas doseglo 24,9 % anketirancev, kar je veliko več, kot je povprečno v drugih državah.

Drugo področje so matematične spretnosti. Najvišjo raven je doseglo le 8,6 % anketirancev, v drugih državah pa 11,3 %. Okrog 30,8 % odraslih anketiranih je doseglo 3. raven, kar je blizu povprečju v drugih državah, ki so tretjo raven dosegli v obsegu 31,8 %.

Tretje področje je bila tehnološka spretnost reševanja vsakdanjih problemov. V tem okviru se preverjajo logično razmišljanje, pravilno uporabljanje podanih informacij in raba informacij s pomočjo računalnika. Na tem področju je doseglo najvišjo raven le 3,7 % anketiranih. V drugih državah je ta rezultat sicer boljši – okoli 5,8 %, a prav tako ni prav visok.

Ti rezultati so oziroma bi morali biti za vsako razmišljajočo Slovenko in za vsakega razmišljajočega Slovenca katastrofalni.

Ponovno se je izkazalo to, kar smo na tem mestu že mnogokrat napisali. V osnovni in v srednji šoli je premalo tehnike in naravoslovja. Kaj bi s tem učenci pridobili? S poznavanjem tehnike in naravoslovja bi dobili logično razmišljanje, razumeli bi prebrano besedilo in ga znali tudi uporabiti.

Na primer: če bi v osnovni šoli pri tehniki morali poznati delovanje gospodinjskih aparatov in bi pri tem imeli tudi praktično vajo, bi morali navodila o delovanju stroja in o njegovi priključitvi zelo dobro in natančno prebrati in razumeti. Če bi o tem za domačo nalogo napisali pisno poročilo, bi s tem pridobili vse spretnosti, znanja in usposobljenosti, ki jih preverja OECD. Takšnih in podobnih primerov pa je iz naravoslovja in tehnike še veliko.

Zgoraj smo zapisali, da imamo dobro razvit šolski sistem. To je res. Toda ta sistem, kot kažejo mednarodne raziskave, ni učinkovit.

Ponovno bomo zapisali, kar smo na tem mestu že večkrat: v našem šolskem sistemu, ne glede na raven izobraževanja, ni nobene odgovornosti, ni pravega nadzora in kontrole in nobenih sankcij. Povejte, koliko učiteljev je na osnovni, srednji ali univerzitetni stopnji izobraževanja izgubilo službo zaradi slabega dela?

V vseh drugih poklicih se to dogaja. Kdaj se bo to pričelo na področju izobraževanja? In do kakrat se rezultati, kot so opisani zgoraj, prav gotovo ne bodo izboljšali.

Janez Tušek

Janez Peklenik – utemeljitelj modernega strojništva

Peter BUTALA, Mirko KLANJŠČEK

Janez Peklenik je pomembno zaznamoval sodobno strojništvo. S svojim delom in inovativnimi idejami je prispeval k razvoju in uveljavitvi proizvodnje kot znanosti, k razvoju slovenskega visokega šolstva in tudi slovenske industrije. Bil je ambasador slovenske znanosti v svetu.

V marcu nas je pretresla žalostna vest, da je v devetdesetem letu preminul akademik in zaslužni profesor dr. Janez Peklenik. Ob tej priložnosti želimo nekoliko širše predstaviti njegovo življenjsko pot in delo ter njegove prispevke k razvoju proizvodnje kot znanosti, slovenskega visokega šolstva in slovenske industrije.

Janez Peklenik se je rodil leta 1926 v Tržiču. Ustvarjalno domače obrtniško okolje mu je zbudilo zanimanje za strojništvo, ki ga je nato vodilo skozi vse življenje. Šola mu ni delala težav in je dobro napredoval, vendar mu je pričetek 2. svetovne vojne leta 1941 onemogočil nadaljevanje šolanja na gimnaziji. Zato se je v tovarni letalskih delov Luftfahrtgerätewerk (LGW) v Kranju, ki je bila v rokah nemškega okupatorja in iz katere se je kasneje razvila Iskra, izučil za orodjarja. To je bila prva strokovna stopnica, ki jo je uspešno prestopil. Dala mu je tisti pomemben občutek, kaj se da narediti in kako, ki ga je spremljal celo življenje.

V tistih burnih vojnih časih leta 1944 se je z osemnajstimi leti kot zaveden Slovenec pridružil narodnoosvobodilni vojski, najprej kot

Prof. dr. Peter Butala, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Mirko Klanjšček, Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana



Slika 1. Janez Peklenik (1926–2016)

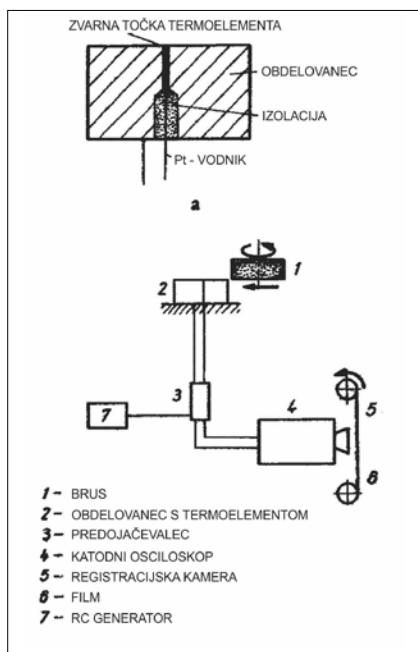
borec Prešernove brigade in kasneje Jeseniško-Bohinjskega odreda. Na to obdobje svojega življenja je bil vedno zelo ponosen.

V povojnih letih je najprej dopolnil zamujeno gimnazijsko izobrazbo in na Gimnaziji v Kranju opravil veliko maturo. Šolanje je nato nadaljeval s študijem strojništva na Univerzi v Ljubljani, kjer je z odliko diplomiral leta 1954. Že v času študija je pokazal nagnjenost k raziskovalnemu delu, za kar je dvakrat prejel Prešernovo nagrado. Poleg tega si je občasno nabiral praktične izkušnje kot konstrukter v industriji.

Po končanem študiju je odšel v Laboratorij za obdelovalne stroje

(WZL) na Tehniški visoki šoli (RWTH) v Aachnu. To je bila že v tistem času ena vodilnih inštitucij na področju proizvodnega strojništva. Pod mentorstvom prof. Opitza je raziskoval fizikalne principe brušenja. Iz te tematike je leta 1957 doktoriral, in to z odliko. V okviru dela je razvil izvirno metodo za merjenje temperature brusnega zrna in razdalje med zrni med procesom (slika 2). Pri analizi eksperimentalnih rezultatov je prvi upošteval naključni značaj brusilnega procesa in uvedel statistično vrednotenje merskih rezultatov.

Po doktoratu je z raziskovalnim delom nadaljeval na isti inštituciji, najprej kot znanstveni sodelavec in, po opravljeni habilitaciji v letu 1961,



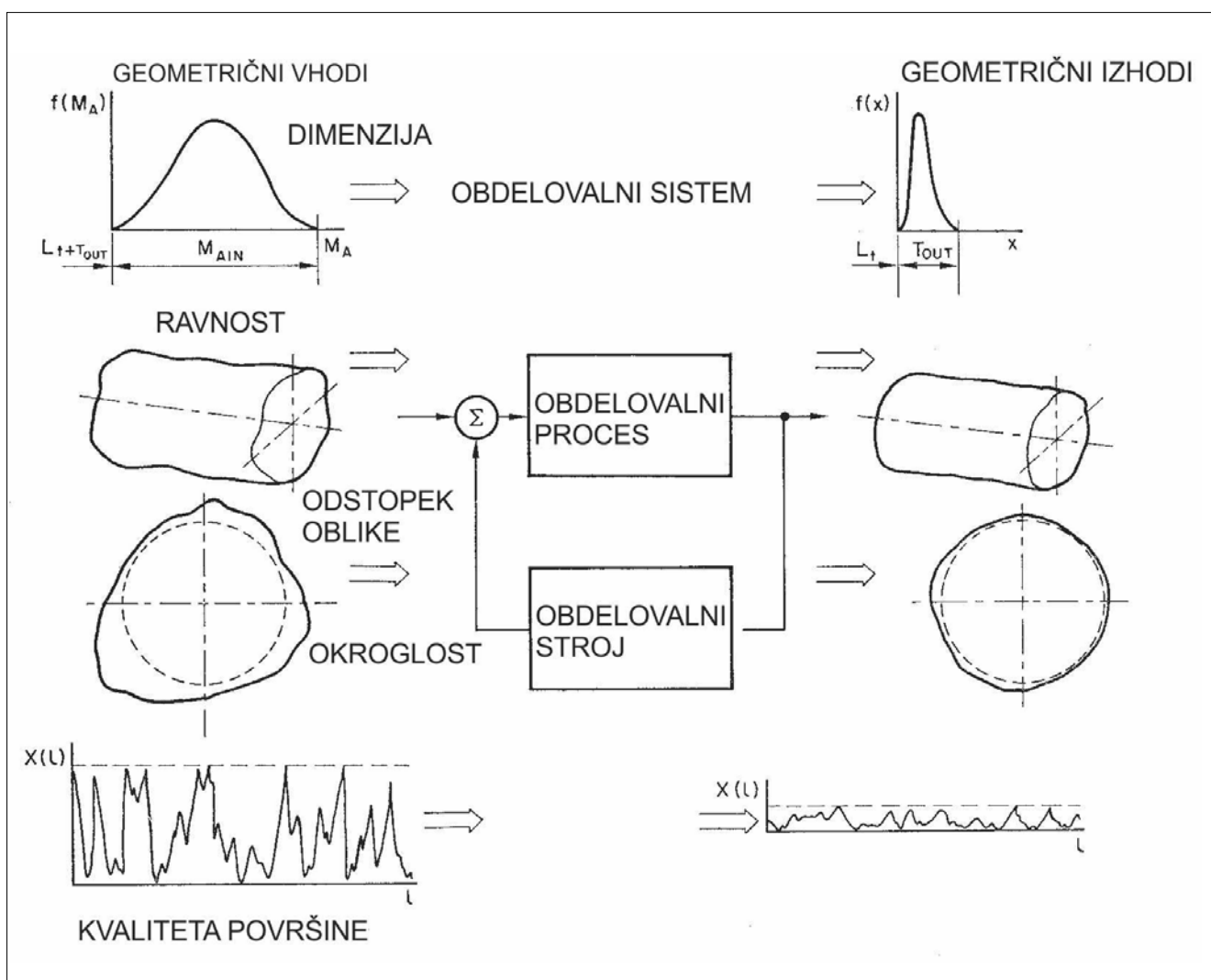
Slika 2. Merjenje temperature in razdalje med brusnimi zrni med brušenjem

kot docent. Tematika, ki se ji je posvetil v tem obdobju, se je nanašala na problematiko natančnosti pri avtomatizaciji proizvodnje. S tem je vstopil na področje proizvodnih sistemov in pripravil osnovo za razvoj konceptov adaptivnega krmiljenja proizvodnih procesov.

Z raziskavami iz Aachna in njihovimi objavami se je pričelo ime Janeza Peklenika uveljavljati v svetu. Tako je bil leta 1962 povabljen kot gostujoči izredni profesor na Univerzo Carnegie Melon v Pittsburghu, ZDA. Med gostovanjem se je pričel intenzivno ukvarjati s karakterizacijo tehničnih površin, njihovih naključnih lastnosti ter površinskih vmesnikov. Leta 1964 je prejel vabilo iz Velike Britanije, da se priključi Univerzi v Birminghamu. Zato se je preselil v Birmingham, kjer je bil izvoljen v naziv rednega profesorja in je osno-

val prvo katedro za računalniško krmiljene obdelovalne sisteme. Sočasno je bil v naziv rednega profesorja izvoljen tudi na Univerzi v Illinoisu v Urbana-Champaign, ZDA.

Ko je služboval v Birminghamu, je nadaljeval z raziskavami na področju identifikacije obdelovalnih procesov in karakterizacije površin. Že pri raziskavah brušenja je spoznal, da so deterministični modeli obdelovalnih procesov neustrezni. Zato je pri svojem delu izhajal iz naključnega značaja procesov in ustrezne statistične obdelave eksperimentalnih podatkov, s čimer je postavil nova izhodišča za raziskovalno delo na področjih modernih proizvodnih tehnologij. Polega tega je pričel razvijati koncepte delovnih in proizvodnih sistemov. Njegov koncept, ki je razviden s slike 3, je edinstven, saj postavlja glavna



Slika 3. Koncept elementarnega obdelovalnega sistema 1. reda



Slika 4. CNC-frezalni stroj LAKOS 250

elementa sistema, to sta obdelovalni proces in obdelovalni stroj, v sklenjeno zaprtostno povezavo. To je bila osnova za raziskave na področjih sprotno identifikacije in adaptivnega krmiljenja obdelovalnih procesov in sistemov, kjer je tudi dosegel najvidnejše uspehe. V času službovanja v Birminghamu je sodeloval pri številnih projektih z vrhunsko angleško industrijo. Med drugim tudi pri projektu razvoja sistema MOLINS 24, ki je bil prvi računalniško krmiljen fleksibilni obdelovalni sistem na svetu.

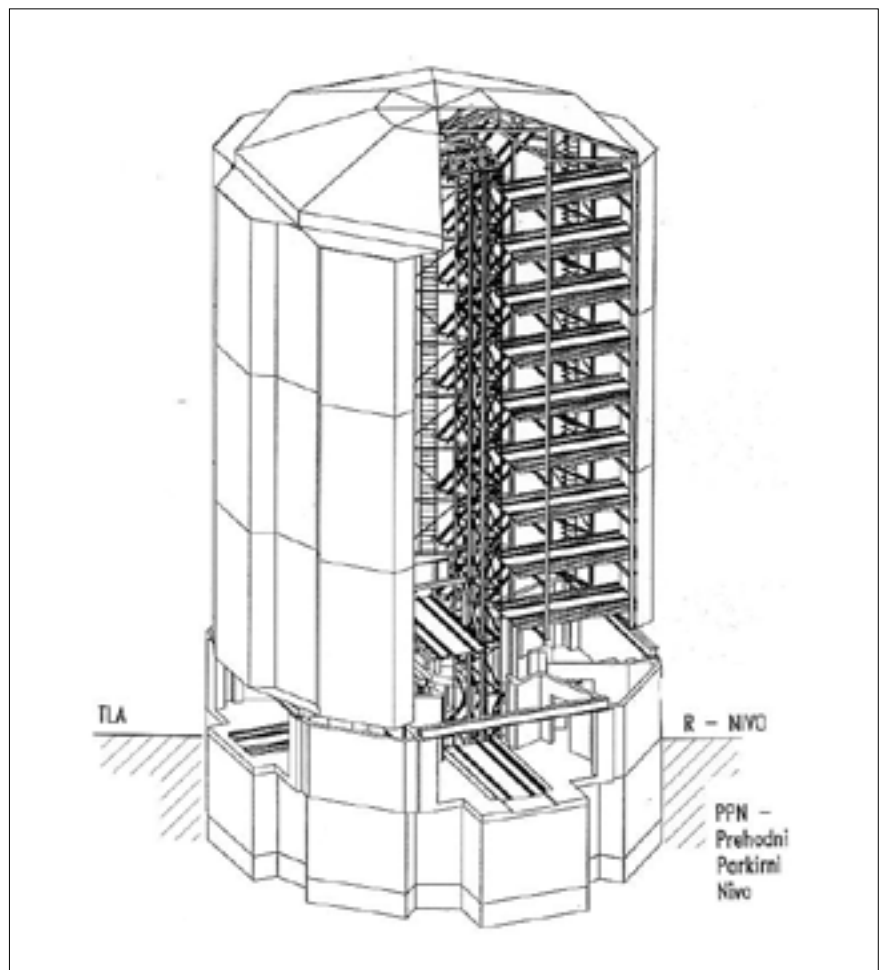
Že med službovanjem v tujini je Janez Peklenik sodeloval z Univerzo v Ljubljani. Leta 1972 se je za stalno vrnil v domovino, kjer je kot redni profesor na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani osnoval Katedro za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologije in laboratorij LAKOS. Ta je zrastle v močno raziskovalno skupino.

Laboratorij LAKOS se je začel intenzivno vključevati v raziskovalno in strokovno delo za industrijo. Tako je bil del aktivnosti laboratorija usmerjen na področje informatizacije proizvodnje in uvajanja računalniških tehnologij. Raziskave so bile usmerjene v razvoj sistemov za podporo skupinske tehnologije, ra-

čunalniško podprtega konstruiranja in načrtovanja tehnoloških procesov ipd. Obsežen del raziskav obsega področje adaptivnega krmiljenja

obdelovalnih procesov na podlagi izvorne metode identifikacije procesa na osnovi energijskih kvantov, ki jo je razvil prof. Peklenik.

V tistem času se je začela računalniška tehnologija intenzivno razvijati in prof. Peklenik je bil med prvimi, ki so se zavedali industrijskega pomena uvajanja računalniško podprtih proizvodnih in krmilnih tehnologij in njihove integracije. Pri tem je spoznal, da je potrebno spremeniti Taylorjevo paradigmo proizvodnje, in začel iskati ustrežnejše rešitve. Bil je med prvimi, ki so se začeli zavedati problema naraščajoče kompleksnosti v proizvodnji in pomena vloge človeka oziroma, kot ga je sam imenoval, subjekta pri tem. Kot odgovor na ta spoznanja je razvil teorijo proizvodne kibernetike, ki omogoča sistematično načrtovanje, realizacijo in operiranje kompleksnih sistemov, v katerih so subjekti, kot je to značilno za proizvodne sisteme.



Slika 5. Zasnova avtomatizirane kompaktne garažne hiše COMPA

Prof. Peklenik se je zavedal tudi pomena sodelovanja z industrijo. Tako je bil del aktivnosti laboratorija usmerjen v razvoj in konstrukcijo računalniško krmiljenih delovnih sistemov, strojev in naprav s ciljem, da se implementirajo v industriji ali pa da jih industrija prevzame in začne tržiti na svetovnih tržiščih. Naj navedemo nekaj primerov takih projektov. V sedemdesetih letih je bil za Iskro razvit računalniško krmiljen sistem za ožičenje telefonskih central. Sistem za izdelavo alkalnih baterij je bil razvit na začetku osemdesetih za podjetje Iskra Zmaj. Sledil je razvoj CNC-vstavljalnika za montažo aksialnih elektronskih komponent na tiskana vezja. Tudi ta sistem je bil razvit v sodelovanju z Iskro, kjer se je v proizvodnji uporabljal vrsto let. V drugi polovici osemdesetih je laboratorij razvijal členkasti robot večje nosilnosti (60 kg) za tedanje Železarno Ravne. Žal je ta projekt doletel čas sprememb, tako da ni bil nikoli dokončan. V devetdesetih je laboratorij razvil koncept modularnih CNC-strojev LAKOS 250 in na tej osnovi realiziral prototip horizontalnega frezalnega stroja (slika 4), pozneje pa še stručnice.

Kar nekaj idej prof. Peklenika pa je ostalo nerealiziranih. V devetdesetih letih je laboratorij razvijal koncept malega mestnega avtomobila, kakršni so se šele mnogo kasneje začel pojavljati na mestnih ulicah in postali aktualni danes z elektrifikacijo pogona. Razvit je bil tudi koncept COMPA. Gre za avtomatiziran sistem garažnih hiš, ki rešuje težave sodobnih mest, kjer je malo zazidalnega prostora, potreba po parkiranju velika, poudarja se ekološki vidik gradenj in s tem potreba po enostavni in varni montaži in demontaži objektov. Rešitev postavlja uporabnika v središče, saj so vse funkcionalnosti sistema udobno prilagojene človeku. Osnovni gradnik sistema COMPA je modularno zgrajena kompaktna garažna hiša (slika 5), ki je povsem avtomatizirana. Moduli so izdelani iz jeklenega paličja v gabaritih, ki omogočajo enostaven transport, montažo in demontažo. Predlagana izvedba je zelo primerna za kovinskopredelovalna podjetja v Sloveniji in bi bila še danes aktualna.

Poleg tega, da je bil vrhunski znanstvenik, je bil profesor Peklenik tudi odličen učitelj. Ko se je vrnil na Univerzo v Ljubljani, se je vključil tudi v prenovo študijskega programa. V program je vpeljal nove sistemske discipline, kot so tehnična kibernetika, eksperimentalne metode in računalniške tehnologije. Njegov predlog izobraževalnega sistema je bil zelo napreden in bi bil lahko osnova za reformo študija tudi še danes. Temeljil je na modulih, sestavljenih iz nosilnih, sistemskih, tehnoloških in dopolnilnih predmetov. V ospredje je postavljaj projektno in timsko delo študentov na realnih, industrijsko relevantnih tematikah. Pri tem ga je vodilo spoznanje, da mladi ljudje težko povezujejo posamezne delce znanja v celoto in da imajo težave pri uporabi znanja v konkretnih situacijah na konkretnih problemih. Študentje so ta koncept študija sprejemali z odobravanjem in navdušenjem, saj je spodbujal kreativnost ter razvijal strokovne in socialne kompetence. Mladi ljudje namreč potrebujejo tovrstne priložnosti, da se lahko preizkusijo



Slika 6. Obisk Boeinga v okviru strokovne ekskurzije v ZDA

in dokažejo sebi in drugim. Da bi imeli študentje čim boljše predstavo in razumevanje procesov, je bil laboratorij LAKOS že v osemdesetih letih oblikovan kot učna tovarna z vsemi elementi za razvoj in izdelavo visokotehnoloških proizvodov.

Še posebej pa so bili študentje navdušeni nad strokovnimi ekskurzijami v ZDA in na Japonsko, ki jih je prof. Peklenik organiziral preko svojih številnih mednarodnih kontaktov. Na teh resnično vrhunskih strokovnih dogodkih so bila študentom odprta vrata v številna svetovna podjetja in univerze (*slika 6*).

Ob posodabljanju študijskega programa je prof. Peklenik vpeljal v program strojništva študijsko smer mehatronika praktično istočasno, kot se je to dogajalo na univerzah razvitega sveta. Tudi na področju podiplomskega študija je prof. Peklenik prinesel svež veter. Osnovel je Podiplomsko šolo za avtomatizacijo in proizvodno kibernetiko. Na nivoju univerze je predlagal Podiplomsko šolo Brdo, vendar je bil, kot je pokazal čas, njegov predlog takrat prezgoden.

Pod mentorstvom prof. Peklenika je študij zaključilo 226 diplomantov, 86 magistrstov znanosti in 30 doktorjev znanosti.

Med službovanjem na Fakulteti za strojništvo je opravljal tudi vr-

sto vodilnih funkcij. Dolga leta je bil predstojnik katedre, bil je tudi prodekan in dekan. Leta 1987 je bil izvoljen za rektorja Univerze v Ljubljani. Po upokojitvi leta 1996 je še vrsto let sodeloval z laboratorijem in bil angažiran na številnih drugih področjih. Z leti pa je ta angažiranost počasi ugašala in zadnja leta je preživel v krogu svojih najbližjih, ki jih je imel tako rad.

Rezultati dela prof. Peklenika so objavljeni v 352 znanstvenih razpravah, večinoma v uglednih ameriških, angleških in nemških revijah. Bil je imetnik 11 mednarodnih in 4 domačih patentov. Realiziral je 15 velikih projektov v industriji in na izobraževalnih inštitucijah.

Za svoje znanstvene dosežke je prof. Peklenik prejel mnogo visokih mednarodnih odlikovanj, med drugimi Taylorjevo nagrado mednarodne akademije CIRP (1960), medaljo Okoshi na Japonskem (1974), Taylorjevo nagrado SME v ZDA (1980) in Georg-Schlesingerjevo nagrado v Nemčiji (1988). Njegova mednarodna uveljavljenost je razpoznavna tudi iz številnih predsedovanj na znanstvenih konferencah in seminarjih ter vabljenih predavanj ki jih je imel na vrsti univerz po svetu. Za njegov prispevek sta mu Univerza v Birminghamu v Veliki Britaniji (1972) in Nankinški aeronavtični inštitut na Kitajskem (1982) podelila naslov častnega profesorja.

Od slovenskih priznanj je potrebno omeniti Kidričevo nagrado (1974), naziv ambasador znanosti Republike Slovenije (1992), nagrado Republike Slovenije za znanstvenoraziskovalno delo (1996), naziv zaslužni profesor Univerze v Ljubljani (1996) ter naziv častni občan občine Kranj (2012).

Na osnovi rezultatov svojega dela je bil izvoljen v več domačih in mednarodnih akademij. Bil je redni član Slovenske akademije znanosti in umetnosti, ustanovitelj in častni predsednik Slovenske inženirske akademije, redni član Mednarodne akademije za proizvodno inženirstvo CIRP, Ruske inženirske akademije ter akademije Academia Europaea.

S smrtjo akademika zas. prof. dr. Janeza Peklenika smo izgubili velikega znanstvenika, inženirja, učitelja in vzornika, ki nas je vodil in s svojo vizijo usmerjal vrsto let. In tudi velikega človeka in prijatelja, ki je znal kritično pogledati na probleme in hkrati s človeško toplino in iskristvostjo pomagati mlajšim, tako študentom kot tudi sodelavcem. Ohranili ga bomo v lepem in trajnem spominu. Veseleli nas, da nam je zapustil bogato zapuščino, iz katere se bomo še vrsto let napajali mi in naslednji rodovi.

Akademiku Janezu Pekleniku, prijatelju, znanstveniku in humanistu ...

Zapustil nas je eden največjih znanstvenikov s področja industrijske proizvodnje. Bil mi je iskren prijatelj. Povezali so naju včlanjenje v CIRP, obdelovalni stroji in tovarna Prvomajska, d. d., Zagreb.

Več kot 50 let sva iskreno sodelovala, ker sva bila oba prepričana, da obdelovalni stroji lahko pripeljejo tako Slovenijo kot Hrvaško med prve nacije na svetu. Slovenija in Hrvaška po svojih naravnih lepotah in po virih naravnih bogastev spadata med najlepše države v Evropi.

Že v starem veku so ljudje prišli do spoznanja, da s sejanjem semena v plodno zemljo dobijo desetkrat večjo žetev. Vlaganje v obdelovalne stroje nam

lahko povrne 10- do 50-krat večjo vrednost od naložbe.

Janez nas je zapustil, vendar mu obljubljam, da bom nadaljeval z idejo pripeljati vodstvi najinih dežel do realizacije misli Billa Clintona, ki je bila napisana pri vходу na svetovno razstavo obdelovalnih strojev IMTS leta 2000 v Chicagu: »Naj naši ljudje ne pozabijo, da obdelovalnim strojem in industrijski proizvodnji dolgujemo blagostanje Amerike, svobodo in prvo mesto na svetu.«

Vztrajal bom pri tej resnici, dragi Janez.

Branimir Milčić, nekdanji direktor razvoja Prvomajske



DANUBIA
D
R
I
A

33rd Danubia Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics

Portorož, Slovenia, September 20-23, 2016



Venue

The 33rd Danubia Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics will take place in Grand Hotel Bernardin & Congress center Bernardin, Portorož from September 20th to September 23rd, 2016.

Contact

Alenka Rogelj
Phone: +386-1-6207100
e-mail: cem@fs.uni-lj.si
Visit us on the web:
www.isit.si/das2016




Scientific Committee

Country	Person
Austria	J. Eberhardsteiner (Vienna) W. Eichlseder (Leoben)
Croatia	L. Krstulović - Opara (Split) D. Semenski (Zagreb)
Czech Republic	F. Plánička (Plzen) M. Růžička (Prague)
Germany	W. Daum (Berlin) M. Stockmann (Chemnitz)
Hungary	L. Borbás (Budapest) R. Kiss (Budapest)
Italy	F. Cosmi (Trieste) M. Guagliano (Milano)
Poland	Z. Kowalewski (Warsaw) M. Szata (Wroclaw)
Romania	D.M. Constantinescu (Bucharest) S. D. Pastrama (Bucharest)
Serbia	M. Ognjanović (Belgrade) M. Zivković (Kragujevac)
Slovakia	O. Bokůvka (Zilina) P. Palček (Zilina)
Slovenia	I. Emri (Ljubljana) A. Nikonov (Ljubljana)

Honorary Members of Scientific Board (September 2015)

I. Alfrević (Zagreb), S. Jecić (Zagreb),
R. Beer (Vienna), R. Bedzinski (Wroclaw),
A. Freddi (Bologna), S. Holý (Prague),
N. Ilies-cu (Bucharest), (†) I. Pastrav (Cluj-Napoca),
K. -H. Laermann (Wuppertal), F. Thamm (Budapest)

Danubia-Adria Symposium 2016

Spoštovani!

Vabimo vas, da se udeležite **33. simpozija Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics**, ki bo potekal od 20. do 23. 9. 2016 v Grand hotelu Bernardin v Portorožu.

Prijavite se lahko na: <http://isit.si/das2016/>.

Vsakoletni simpozij je posvečen predvsem najnovejšim inovacijam in znanstvenim raziskavam znotraj eksperimentalne mehanike. Vsako leto ga organizira ena izmed članic Evropskega društva za eksperimentalno mehaniko iz srednje Evrope. Glede na to, da je letos simpozij v Sloveniji, si seveda želimo, da bi imeli kar se da veliko domačih udeležencev.

Znanstveniki, raziskovalci, univerzitetni učitelji, inženirji in industrijski strokovnjaki ste vabljeni, da na simpoziju predstavite svoje delo in tako spodbudite produktivno razpravo o trenutnem stanju, razvoju in vplivu sodobne tehnologije na področju mehanike.

Organizator simpozija je
Fakulteta za strojništvo,
Center za eksperimentalno mehaniko:
Pot za Brdom 104,
1000 Ljubljana, Slovenija
Telefon: +386 1 6207 100,
faks: +386 1 6207 101
e-mail: cem@fs.uni-lj.si

Organizacijski odbor
♦ Igor Emri
♦ Anatolij Nikonov
♦ Alenka Rogelj
♦ Alexandra Aulova



Priložnost za sponzorje

Danubia-Adria Symposium je tudi odlična priložnost, da se podjetja predstavijo različnim strokovnjakom in jih neposredno seznanijo z novostmi, produkti in izdelki. Če vaše podjetje zanimajo sponzorstvo ali donacije, se obrnite na organizatorja: cem@fs.uni-lj.si. Spletna stran simpozija vam omogoča oglaševanje.

Dr. Dejan Dovžan – prejemnik Zlatega znaka Jožefa Stefana

Janez TUŠEK

O uspehih mladih znanstvenikov je vedno lepo pisati. V reviji Ventil smo takšnim novicam še posebno naklonjeni. Zavedamo se, da je znanje tisto, kar našo družbo pelje naprej v kakovostnejšo industrijo, v produkte z višjo dodano vrednostjo in s tem možnosti za prodor na svetovne trge. Samo z znanjem bomo lahko konkurenčni in primerljivi z razvito družbo. Toda žal se naši mediji množičnega obveščanja tega premalo zavedajo. S poročanjem takšnih uspehov, kot ga je dosegel g. Dovžan bi prav gotovo spodbudno vplivali na mlade ljudi in na njihove odločitve pri izbiri študija.

Spoštovani nagrajenec z Zlatim znakom Jožefa Štefana, dr. Dejan Dovžan dipl inž elektrotehnike. Prosim vas, da nam za revijo Ventil odgovorite na nekaj vprašanj, ki zanimajo tudi bralce naše bralce.

Ventil: Na kratko nam opišite vašo življenjsko pot z dejstvi in vašimi razmišljanji o tehniki v času odraščanja, obiskovanja srednje šole, odločanja o študiju in podobno.

Dejan Dovžan: Najprej lepo pozdravljam bralce revije Ventil. Moja življenjska pot je precej običajna. Med samim odraščanjem se nisem ravno obremenjeval s tem, kaj bom počel

kot odrasel. Dolgo časa sem si želel postati pilot. Ko se danes spominjam nazaj, menim, da nisem imel kaj dosti možnosti pri izbiri poklica. Glede na to, da sem že od mladih nog ob-



Utrinek s slavnostne podelitve priznanja Zlati znak Jožefa Stefana – dr. Dejan Dovžan s priznanjem v roki

krožen z naravoslovci, se mi zdi moja izbira poklica dokaj pričakovana in logična. Oče je namreč strojnik, stari oče je električar, teta pa je študirala matematiko in fiziko. Odkar pomnim, se je v naši garaži vedno kaj popravljalo in izdelovalo, teta pa je na meni preizkušala pedagoške pristope in skupaj sva izvajala fizikalne poskuse. Tako sem bil že zgodaj okužen s tehniko. Vedno me je zanimalo, kako stvari delujejo. Za sam poklic in študij elektrotehnike pa sem se odločil šele v zadnjem letniku srednje šole. Moje izobraževanje se je začelo v Osnovni šoli Žirovnica. Od šolskih predmetov sem imel najraje matematiko, fiziko in kemijo, pa tudi z biologijo ni bilo večjih težav. Po končani osnovni šoli nisem bil čisto prepričan, kaj bi počel v življenju, zato sem se vpisal na Gimnazijo Jesenice in s tem za štiri leta preložil odločitev o poklicu. Po končani gimnaziji sem glede na opise študijev in predmetov, ki so mi bili blizu, odločitev zožal na tri: študij elektrotehnike, strojništva in fizike. Ker me je že od nekdaj

zanimalo kako pripraviti stroje, da delajo nam v prid oziroma opravljajo dela namesto nas, sem izbral študij na Fakulteti za elektrotehniko, smer Avtomatika. Mislim, da je bila izbira študija ena boljših odločitev, ki sem jih sprejel, saj so nas na fakulteti naučili sistemskega pogleda in pristopa k reševanju problemov, kar mi je koristilo tako v poklicnem kot tudi v vsakdanjem življenju. Po končani diplomu sem se zaposlil v Laboratoriju za avtonomne mobilne sisteme, kjer sem tudi doktoriral in kjer delam še danes.

Ventil: *Pri svojem raziskovalnem delu obravnavate problematiko, ki je na področju nelinearnih, časovno spremenljivih, dinamičnih sistemov zelo aktualna. Gre za problematiko identifikacije procesa na osnovi sproti pridobljenih podatkov oziroma toka podatkov. Reševanje tovrstnih problemov je zanimivo na različnih področjih. Ali lahko na preprostih procesih, značilnih za strojništvo, mehatroniko in druge tehniške vede,*

opišete vaše delo in uporabo dobljenih rezultatov?

Dejan Dovžan: V okviru dela za doktorsko disertacijo sem se ukvarjal z identifikacijo mehkih modelov na podlagi baze podatkov (običajno temu danes pravijo rudarjenje s podatki – datamining). Prednost mehkih modelov je v tem, da z njimi lahko na preprost in enostaven način opišemo nelinearno obnašanje procesa. Ker je koncept mehkega modela enostaven in učinkovit, ima tudi velik potencial za uporabo v industriji. Običajno sama identifikacija mehkega modela na podlagi podatkov poteka nesprotno – torej gradimo model iterativno na podlagi vseh zbranih podatkov do določenega trenutka. Slabost takega pristopa je, da se procesni parametri običajno spreminjajo in model čez nekaj časa ne predstavlja več dejanskega procesa. V okviru doktorskega dela smo zato skušali razviti metodo za sprotno identifikacijo mehkega modela. Prednost



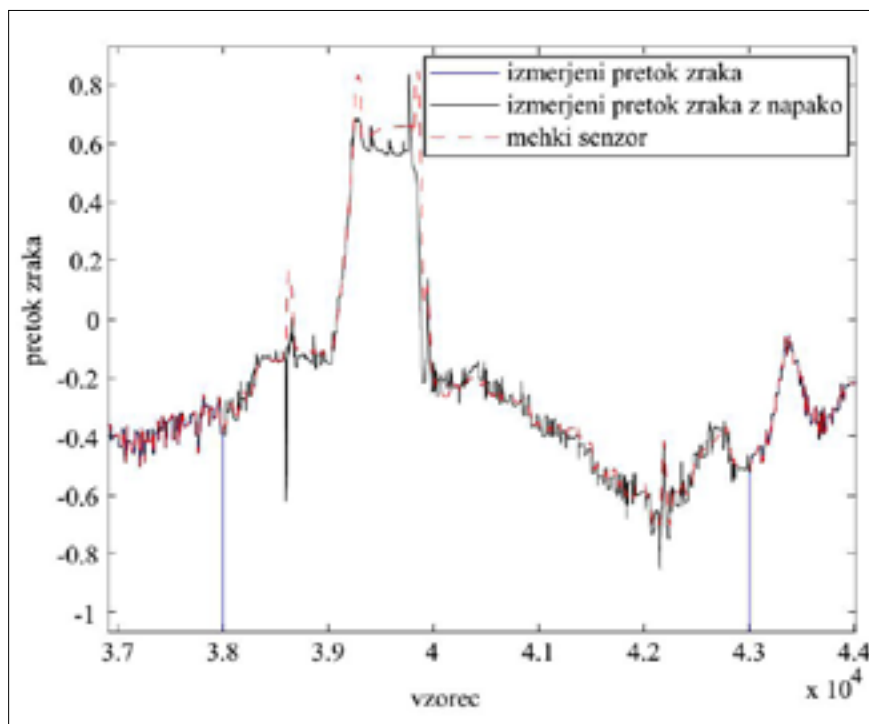
V družbi z nagrajenci, levo prof. dr. Jadran Lenarčič, direktor IJS, predsednik vlade dr. Miro Cerar in predsednik komisije prof. dr. Stane Pejovnik

te metode je, da se lahko model prilagaja na trenutno stanje v procesu. S tem zagotovimo, da proces vedno vodimo oziroma spremljamo z aktualnim modelom. V okviru doktorata smo metodo uporabili tudi za gradnjo sistema za detekcijo napak na primeru čistilne naprave, kjer smo s pomočjo metode gradili mehke modele, ki so opisovali odnos med posameznimi merjenimi spremenljivkami. S pomočjo odstopanja izmerjenih vrednosti od ocenjenih vrednosti senzorjev smo lahko učinkovito zaznali izpade posameznih senzorjev. Vrednosti izpadlih senzorjev pa smo lahko za neko časovno obdobje nadomestili tudi z ocenjenimi vrednostmi. S tem lahko zagotovimo nemoteno vodenje procesa tudi v času izpada senzorja. Metoda je bila uporabljena tudi za napovedovanje prodaje goriva glede na ceno na določeni bencinski postaji in ceno goriva na konkurenčnih bencinskih postajah ter analizo proizvodne dinamike v podjetjih. Razvita metoda je splošno uporabna za reševanje problemov, ki vključujejo sprotne gradnje in adaptacijo modela. Trenutno jo testiramo kot možno osnovo platforme za napovedovanje časovnih vrst, kot je na primer predikcija porabe električne energije.

Ventil: Kaj je za mladega znanstvenika danes motiv za raziskovanje na področju tehnike?

Dejan Dovžan: Mislim, da ta motiv ni odvisen od obdobja, v katerem živimo. Po mojem mnenju je ta motiv vedno bil in bo želja po spoznavanju novih tehnologij, spoznavanju, kako stvari delujejo, in želja po nenehnem izboljševanju obstoječih in razvijanju novih tehnologij, pristopov in pa tudi izdelkov. Mislim, da si vsak znanstvenik želi, da bi v času svojega aktivnega raziskovanja odkril oziroma razvil neko stvar, ki bi pripomogla k boljšemu, lažjemu in bolj kvalitetnemu življenju.

Ventil: Katere so bile največje ovire pri raziskovalnem delu pri izdelavi doktorske disertacije in s kakšnimi težavami se srečujete pri raziskovalnem delu danes?



Slika prikazuje detekcijo napak

Na sliki je predstavljen sistem za detekcijo napak. Prikazan je izsek dela signala pretoka zraka na katerem je bila simulirana napaka. Os x predstavlja število vzorcev seta podatkov, y os pa normirano vrednost pretoka zraka. Metoda sprotne identifikacije mehkega modela je bila implementirana za učenje modela, ki opisuje odnos med odprtostjo loput v prezračevalnem sistemu in pretokom zraka skozi sistem. Na podlagi odstopanja ocenjene vrednosti pretoka zraka in izmerjene vrednosti pretoka zraka sistem zazna izpad senzorja in nadomesti njegovo vrednost z ocenjeno. Na sliki je z modro črto je predstavljen izmerjen izhod senzorja na katerem je simulirana napaka. Z rdečo črto je predstavljen izhod sistema za detekcijo izpada. Črna črta predstavlja dejanski izhod senzorja (brez simulirane napake). Vidimo, da je ocenjen izhod senzorja podoben dejanskemu izhodu. Sistem je bil izveden za namen zagotavljanja konsistentnosti podatkov pri daljinskem vodenju, kjer je prihajalo do izpadov vrednosti senzorjev zaradi slabe internetne povezave.

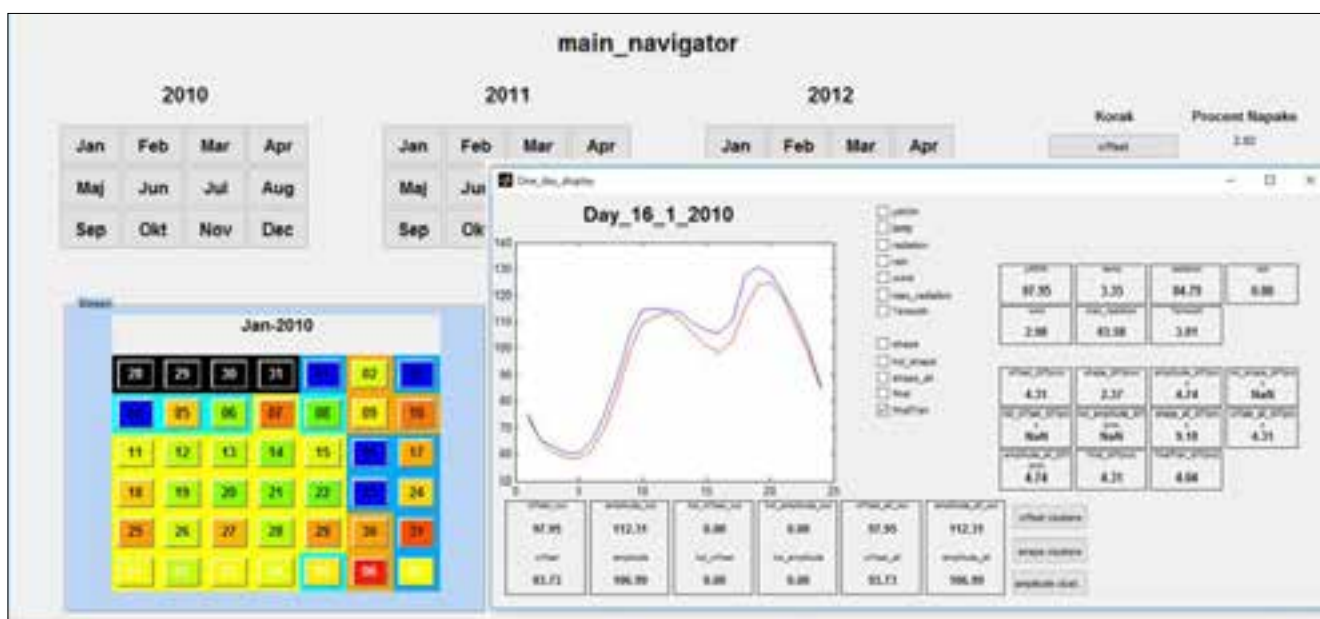
Dejan Dovžan: Zahvaljujoč dobri organizaciji laboratorija in dobremu mentorju prof. dr. Škrjancu kakšnih večjih težav pri raziskovanju in izdelavi doktorske disertacije nisem imel. Največ težav sem imel s samo organizacijo dela. Kot tehniku mi samo pisanje dokumentacije in raznih člankov ni ravno ležalo. Nekaj težav mi je povzročala tudi moja neorganiziranost pri shranjevanju rešitev, saj nikoli nisem vedel, katera rešitev je bila najboljša. Vendar sem se na srečo tega kmalu priučil.

Danes pa se, tako kot večina znanstvenikov, srečujem predvsem s

problemom pridobivanja projektov, tako raziskovalnih kot tudi industrijskih.

Ventil: Veliko mladih nadarjenih in izobraženih Slovencev in Slovenk danes išče kruh v tujini. Kaj vi mislite o tem in kaj bi bilo treba spremeniti pri nas, da bi se odliv mladih ustavil ali celo obrnil, da bi mladi in izobraženi tujci prihajali k nam?

Dejan Dovžan: Mladi so vedno odhajali v tujino in vedno bodo. S tem načeloma ni nič narobe. Širijo si obzorja in pridobivajo nova znanja. Če so dobri delavci, dvigujejo tudi



Slika prikazuje napoved porabe električne energije

Na sliki je predstavljen program za napovedovanje porabe električne energije, kjer je bila kot osnova uporabljena metoda sprotne identifikacije mehkega modela. Namen aplikacije je napovedati porabo električne energije v določenem delu Slovenije za naslednji dan. Sistem na podlagi baze podatkov o pretekli porabi in vremena zgradi modele, ki opisujejo določene povezave med vremenskimi dejavniki, dnevom v tednu in porabo energije. Ti modeli se nato sprotno prilagajajo glede na nove podatke. V oknu "One_day_display" vidimo primerjavo izmerjene porabe (rdeča) in napovedane porabe električne energije (modra).

ugled slovenskih univerz. Dozdeva se mi, da večina mladih nima namena priti nazaj. S tem država izgublja denar in potencial. O tem, zakaj mladi odhajajo v tujino, ne morem soditi. Vsak ima svoj razlog. Lahko vam pa povem, kateri bi bili moji možni razlogi za odhod: pomanjkanje visokotehnoloških razvojno usmerjenih podjetij z zanimivimi razvojnimi projekti, boljši življenjski status inženirjev v tujini, rigiden in nelogičen državni aparat, ki običajno ne premore zdrave pameti, ter politika, ki se namesto z vizijo, razvojem in konkretnimi rešitvami problemov ukvarja sama s sabo ter z dogodki, ki so se zgodili, preden smo se mladi sploh rodili. V Sloveniji pa ostajam, ker je lepa dežela, ker sem si tu ustvaril družino, delam v zelo dobrem kolektivu in ker mislim, da sta naš izobraževalni in zdravstveni sistem kljub kritikam še vseeno med boljšimi v Evropi (je pa res, da bi oba lahko bila še boljša).

Kar se tiče privabljanja tujih izobražencev v Slovenijo, je rešitev zelo

preprosta, vsaj na papirju. Potrebujemo podjetja z zanimivimi razvojnimi projekti, ki bodo v samem svetovnem vrhu, in višje plače inženirjev. Dokler bodo v tujini plače inženirjev višje in razvojni projekti bolj zanimivi kot pri nas, se nam ni treba bati pretiranega navala tujih izobražencev. Mislim, da bi morali v Sloveniji bolj podpreti start-up in spin-off podjetja, saj imajo nekatera velik potencial, vendar pa imajo težave pri pridobivanju zagonskih sredstev. Ta običajno pridejo iz tujine, kar posledično v večini primerov privede tudi do prenosa sedeža podjetja v tujino in s tem izgube potencialnih delovnih mest v Sloveniji. Poleg tega imajo ta podjetja tudi zanimive razvojne probleme, ki bi jih lahko reševali v okviru aplikativnih projektov ARRS v sodelovanju z raziskovalnimi institucijami. Vendar ta podjetja običajno nimajo denarja za nujno finančno samoudeležbo pri projektih. Obstoječa dobra podjetja pa bi se morala bolj promovirati in pojavljati v medijih. S tem bi najverjetneje pritegnili tudi

več mladih, ki bi se odločili za tehnični poklic.

Ventil: Kakšno je vaše razmišljanje o sodelovanju med znanstveno in pedagoško sfero in našo domačo industrijo? Vemo, da je tega pri nas malo. Kako bi lahko to stanje izboljšali?

Dejan Dovžan: Se strinjam, da je »čistih« industrijskih projektov na fakultetah malo oziroma manj, kot bi si jih želeli. Vendar ne smemo pozabiti, da se sodelovanje med industrijo in znanstveno sfero odraža v vsakem aplikativnem projektu ARRS, v bivših kompetenčnih centrih in centrih odličnosti, raziskovalnih vaučerjih in trenutno aktualnih projektih SPS. S tega stališča je sodelovanje z industrijo kar nekaj. Vprašanje pa je, kaj se je oziroma se bo za ta denar razvilo in naredilo. Na papirju verjetno veliko, v praksi pa premalo. Menim, da nekatera podjetja, ki so sodelovala pri teh projektih, niso imela ideje, kaj točno razviti in kako razvite stvari tržiti oziroma prodati. Zgoraj omenjeni

projekti, ki so delno financirani iz državnih oziroma evropskih sredstev, so tudi eden od razlogov, zakaj ni več »čistih« industrijskih projektov na fakultetah. V takih oblikah podjetja ceneje pridejo do želenega znanja oziroma razvoja. Po drugi strani pa se pojavi tudi vprašanje zainteresiranosti zaposlenih na fakultetah za delo na industrijskih projektih. Poleg pedagoškega mora zaposleni na fakulteti opravljati tudi raziskovalno delo, ki se vrednoti z objavami v revijah. Te objave so pomembne pri napredovanju. Pri delu na industrijskem projektu je potrebno računati na izpad objav, kar pa oteži napredovanje. Poleg tega je na fakultetah omejeno nagrajevanje tistih, ki delajo več in bolje. Tako je pridobivanje industrijskih projektov prepuščeno bolj kot ne samoiniciativnosti zaposlenih na fakulteti.

Poleg tega imajo po mojih izkušnjah slovenska podjetja za razliko

od avstrijskih precej manj zaupanja v sodelovanje s fakultetami, kar je tudi eden od razlogov za manjše število industrijskih projektov. Mogoče bi se stvari izboljšale, če bi se vzpostavil sistem prehajanja kadra s fakultet v industrijo in obratno, tako kot je praksa v nekaterih drugih državah. S tem bi se mogoče spletle tesnejše povezave med podjetji in fakultetami.

Ventil: *Ali imate na primer za srednješolsko mladino kakšen nasvet, kako se odločiti za študij tehnike in kaj je tisto, kar osrečuje mladega raziskovalca?*

Dejan Dovžan: Če jih zanima, kako stvari delujejo, in jim matematika in fizika nista tuja predmeta, potem menim, da je tehnični poklic pravi zanje. Čeprav tehnični kadri veljajo za lažje zaposljive, jim vsem priporočam, da v času študija skušajo delati v čim več podjetjih v

njihovi stroki. S tem si bodo razširili socialno mrežo in spoznali bodoče delodajalce. To jim bo pomagalo pri pridobivanju prve zaposlitve. Potrebno se je zavedati, da na fakultetah ne bodo dobili čisto vsega znanja, ki ga bodo potrebovali na bodočem delovnem mestu. Zato se bo potrebno kaj naučiti tudi v svojem prostem času. Glede na to, da se tehnika danes zelo hitro razvija, se bodo tako ali tako morali vsak dan naučiti kaj novega. To pa je tudi lepota tehniškega poklica.

Ventil: *Hvala lepa za vaše odgovore, želim vam uspešno raziskovalno delo v bodoče in predvsem veliko zadovoljstva pri delu.*

Dejan Dovžan: Hvala tudi vam. Želim vam uspešno delo še naprej.

*Prof. dr. Janez Tušek,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo*

ZMAGOVALNI TIM



**Novost izumiteljev mehatronike®:
novi krmilnik DX200 z novimi
roboti MOTOMAN**

Uspešni timi odlično delujejo skupaj, izkoriščajo prednosti vsakega posameznika in spretno uporabljajo prava orodja.

Tako delujejo tudi novi roboti MOTOMAN z novim krmilnikom DX200 podjetja YASKAWA, ki vašemu sistemu pomagajo do odličnosti. Integriran varnostni krmilnik, enostavno programiranje in funkcijski paketi, vezani na določeno aplikacijo, zagotavljajo možnost številnih rešitev in zmagovit rezultat.

2. mednarodna konferenca o
TRIBOLOGIJU POLIMEROV

PolyTrib

2016



15.–16. september 2016
Grand Hotel Union, Ljubljana

KONTAKT

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJU

Prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik konference
Joži Sterle – tajništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana
Slovenija

Tel.: +386 1 4771 460
Fax: +386 1 4771 469

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

VABLJENA PREDAVANJA

Prof. dr.-inž. Klaus Friedrich, Institute for Composite Materials GmbH, Nemčija
Multifunctionality of polymer composites in tribology

Izr. prof. dr. Nazanin Emami, University of Technology Luleå, Švedska
UHMWPE composites for bearing applications; manufacturing and tribological characterisation

Dr. Aljaž Pogačnik, KISSsoft AG, Švica
Non-circular gears

Dr. Janez Navodnik, Navodnik d.o.o., Slovenija
Polymer nanocomposites for gears and bearings

Dr. Jennifer Vail in dr. Philippe Pauchard, DuPont
Meeting automotive tribological needs with polymeric solutions

- ☀ Več kot 30 prispevkov iz 13 držav
- ☀ Dve sekciji, posebej posvečeni polimernim zobnikom
- ☀ Trenje in obraba 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
- ☀ Metode preizkušanja polimernih materialov

POMEMBNI DATUMI

1. september 2016

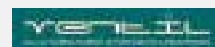
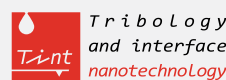
Končni program

15.–16. september 2016

Konferenca

Več informacij si preberite v PolyTrib 2016 **Preliminarnem programu**, ki je že dostopen na spletni strani konference.

SPONZORJI



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



Umrli je prof. Wolfgang Backé



Dne 21. julija 2016, le nekaj dni pred vstopom v 88. leto življenja, je Em. Univ. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. mult. Wolfganga Backéja premagala dolgotrajna in težka bolezen. Vse, ki smo ga poznali, je žalostna vest o njegovi smrti močno pretresla. Z njim je področje fluidne tehnike izgubilo velikega znanstvenika, učitelja in strokovnjaka, ki je zaznamoval in trasiral to področje, ne samo v Nemčiji, ampak v svetovnem merilu. Zato si je pridobil tudi laskavi naziv papež fluidne tehnike. Prof. Backé je v svoji dologoletni aktivni karieri kot profesor in direktor inštituta za hidravliko in pnevmatiko v Aachnu tako izjemno zaznamoval nemško in globalno hidravliko ter pnevmatiko kot le redko kdo pred njim. Kljub vsemu temu pa je ostal izjemno preprost in skromen, zato lahko mirno trdim, da je bil »velik« Človek.

Prof. Backé se je rodil 25. julija leta 1929 v kraju Kidifu v Tanzaniji, kjer je preživel lepa otroška leta, ki se jih je vedno zelo rad in z nostalgijo spominjal ter o njih pripovedoval. V vrvežu in zmešnjavi 2. svetovne vojne ga je pot pripeljala v Nemčijo, kjer je pri sorodnikih preživel težka leta. Diplomiral je leta 1955 na Fakulteti za strojništvo na RWTH v Aachnu. Svojo kariero je nadaljeval kot raziskovalni asistent na Inštitutu za izdelovalne stroje (WZL). Leta 1959 je doktoriral in leta 1962 izdelal habilitacijsko nalogo o dinamični stabilnosti hidravličnih krmilij z

upoštevanjem tokovnih sil v ventilih in se s tem kvalificiral za univerzitetnega predavatelja. Po nekaj letih delovanja v industriji in na drugih delovnih mestih je bil 1. januarja leta 1968 poklican nazaj na RWTH Aachen kot profesor, kjer je prevzel področje hidravlike in pnevmatike in istega leta ustanovil Inštitut za hidravliko in pnevmatiko (IHP) v okviru RWTH Aachen, ki ga je kot direktor vodil nadaljnjih 26 let do upokojitve v letu 1994, ko je postal profesor, emeritus.

Ves čas je bil velik učitelj z izrednim smislom in čutom za medčloveške odnose, za raziskovalce in njihove družine. Doktorandom, ki so pod njegovim vodstvom opravljali doktorski študij, ni bil samo »Doktorvater« (mentor pri doktoratu), ampak v prenesenem smislu tudi pravi »oče«. Iz lastnih izkušenj, kot eden izmed njegovih »doktorskih sinov«, takšnim trditvam z veseljem in z vsem srcem pritrjujem. V letih aktivnega delovanja kot direktor inštituta in profesor na RWTH Aachen je »proizvedel« 124 doktorjev znanosti s področja hidravlike in pnevmatike (tudi jaz sem imel to čast, da sem doktoriral s področja hidravlike pod njegovim vodstvom), ki so dandanes na vodilnih mestih v industriji po vsem svetu, delujejo kot profesorji na univerzah, nekateri pa so pristali tudi v politiki.

V času svojega aktivnega delovanja kot direktor inštituta je prof. Backé povzdignil svoj inštitut v največji in vodilni inštitut za hidravliko in pnevmatiko na svetu. Za svoje delo je prejel številne domače in tuje nagrade in priznanja, med njimi tudi medaljo za zasluge organizacije ASME, zaslužni križ na traku reda za zasluge Zvezne republike Nemčije kakor tudi zvezni križ za zasluge 1. reda itd. Je nosilec častnih doktoratov, ki jih je za svoje zasluge pridobil na Univerzi v Tampereju na Finskem, na Univerzi v Linköpingu na Švedskem ter na Univerzi v Bathu v Združenem kraljestvu in drugod. Bil je častni profesor na več univerzah na Kitajskem in v Tajvanu.

Z izrednim čutom in ljubeznijo do hidravlike in pnevmatike je prof. Backé v svoji dolgoletni karieri navezal tesne stike z industrijo, ker je čutil posebno odgovornost, da je treba raziskovalno in industrijsko sfero tesneje povezati in poskrbeti za aktiven prenos znanja v obe smeri. V ta namen je ustvaril posebno močno partnerstvo »univerza-industrija«, ki drži še danes. Teorijo in prakso je znal povezovati na posebno uspešen način, začenši z matematičnim popisom in modeliranjem problema preko izdelave prototipa in eksperimentalne verifikacije teoretičnih izhodišč do praktične aplikacije v industriji. Posebej se je odlikoval z navezavo mednarodnega sodelovanja z industrijo in raziskovalnimi inštitucijami po vsem svetu. Tako je pritegnil v vrste svojega inštituta raziskovalce z vsega sveta. V tem smislu je začel v letu 1974 z organizacijo bienalnih konferenc AFK (danes IFK), ki so prerasle v eno največjih znanstveno-strokovnih konferenc s področja fluidne tehnike v svetu. Začel je z izdajanjem znanstvene revije O + P, ki je postala vir informacij in raziskovalnih idej ter usmeritev za raziskovalce in industrijsko okolje s področja fluidne tehnike po vsem svetu. Leta 1994 je začel z organizacijo kvartalnih diskusij z eksperti iz industrije, kar je tudi objavjal v reviji O + P. Je nosilec nekaj patentov v ZDA in v Evropi.

Kot njegov učenec in doktorand prenašam njegovo znanje študentom na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani tudi sam. Ne samo za znanje, ampak tudi za »vzgojo« in vse nasvete, ki sem jih dobival od prof. Backéja ob vsaki priložnosti, ko sva se srečala, sem mu iz vsega srca hvaležen. Ob koncu naj ponovim, da je bil prof. Backé izjemna osebnost in velik človek. Osebnost ga bom zelo pogrešal. Prepričan sem, da ga bomo vsi ohranili v najlepšem in trajnem spominu.

*Prof. Niko Herakovič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo*

Slovenski študenti letalstva na tekmovanju DBF v ZDA

Že deveto leto zapored so se študenti Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani udeležili tekmovanja v gradnji daljinsko vodenih brezpilotnih letal – DBF (Design/Build/Fly), ki ga organizirata Cessna Aircraft Company in Raytheon Missile Systems s podporo Ameriškega inštituta za aeronavtiko in astronautiko (AIAA). Tekmovanje je potekalo v Wichi-ti v Kansasu.



Preizkušanje letala

Vsako leto v oktobru objavijo organizatorji Cessna Aircraft Company pravila tekmovanja. Običajno so to pogoji za prijavo, roki za oddajo poročil in vsako leto različne misije, ki jih morajo opraviti letala in imajo največji vpliv na njihov razvoj. Letos, ob 20. obletnici tekmovanja, so bile te misije popolnoma drugačne, prav nič podobne tistim, ki so jih organizatorji določili prejšnja leta. Poleg običajnih zahtev so uvedli oddajo krajšega poročila že v decembru in prvič so zahtevali gradnjo ne le enega, temveč kar dveh letal. Treba je povedati, da so ekipo Fakultete za strojništvo, ki je tekmovala pod imenom Edvard Rusjan Slovenian Team, v celoti sestavljali študentje, ki niso imeli predhodnih izkušenj s tem tekmovanjem, vodstvo ekipe pa je prevzel nov mentor.

Vsaka od prijavljenih ekip je morala do 15. decembra 2015 oddati krajše poročilo, imenovano »proposal«, v katerem je bilo potrebno na petih straneh opisati delo, ki ga je ekipa opravila do takrat, plan dela, začetni koncept letala ter sestavo ekipe. Na začetku je prijavo na tekmovanje

vložilo preko 130 ekip. Prijavo so točkovali. Glede na točke so izbrali 93 ekip. Do 22. februarja 2016 je bilo treba oddati tehnično poročilo na 60 straneh. V njem so zahtevali opis zasnove letala, aerodinamske in trdnostne preračune, numerične simulacije leta letala, definirane uporabljene materiale in način gradnje ter na koncu še tehnične risbe sistemov na letalu, tovora na letalu in zgradbe samega zmaja letala. Poročilo so ocenili štirje anonimni sodniki, ki so

podali tudi svoje pripombe ali pohvale. Njihova ocena pa je prispevala h končnemu rezultatu.

Osnovne zahteve tekmovanja so bile, da mora letalo vzleteti samo – s pomočjo lastnega elektromotorja. Dovoljena je bila uporaba več krtačnih ali brezkrtačnih motorjev in več propelerjev. Največji dovoljeni električni tok do motorja letos ni bil omejen. Kot vir električnega napajanja so bile dovoljene samo baterije NiCd ali NiMh. RC-sprejemnik in servomotorji so morali imeti svoje napajanje, ločeno od napajanja pogonskega motorja. Letos masa baterij ni bila omejena, največja dovoljena vzletna masa letala pa je bila lahko 25 kg. Ekipo je morala pred pričetkom tekmovanja predložiti fotografijo letala v letu kot dokaz, da je letalo že preizkušeno v zraku in sposobno letenja, ter kontrolno listo, s katero je mentor ekipe preveril vse ključne varnostne zahteve na letalu.

Med samim tekmovanjem so ocenjevalci vsako letalo najprej tehnično pregledali. Ustrezati je moralo varnostnim zahtevam. Vse ročice krmil so morale biti varovane proti odpetju, vijaki proti odvitju (Loctite), pregledana je bila struktura letal, preverjena pravilno odklanjanje krmil in položaj težišča letala. Letalo so primerjali z opisom v tehničnem poročilu, kajti velika odstopanja niso dovoljena. Za primer odpovedi so



MSA letalo



Vzletna steza med tekmovanjem

morali biti na RC-sprejemniku nastavljeni varnostni (t. i. fail-safe) položaji krmil v primeru izgube radijske povezave med RC-oddajnikom in sprejemnikom, to je pomenilo zaprt plin, višinsko krmilo popolnoma gor, smerno krmilo popolnoma v desno. Motor je moral biti zavarovan z varovalko, ki je preprečevala nezaželen zagon motorja in je morala biti odklopljena do vzleta in takoj po pristanku. Jakost varovalke ni bila predpisana. Organizator je namenil zelo veliko pozornost varnosti tekmovalcev in gledalcev.

Kot je bilo že omenjeno, so se letošnje tehnične zahteve in misije kar močno razlikovale od prejšnjih let. Zahtevana je bila gradnja dveh letal: manjše Production Aircraft (PA) in večje Manufacturing Support Aircraft (MSA). Ti dve letali sta morali opraviti sledeče misije. Najprej je moralo MSA brez tovora v petih minutah preleteti tri šolske kroge, vsak krog je moralo letalo v poziciji z vetrom narediti zavoj za 360 stopinj v nasprotni smeri šolskega kroga. Dolžina šolskega kroga je bila v vsako stran od začetne linije 152 m, prelet te linije pa je označil sodnik z dvigom zastavice. Letalo je po pristanku moralo ostati na vzletno-pristajalni stezi. Tak šolski krog je veljal za vse tri naloge.

Nato je moralo MSA v roku desetih minut prepeljati vse dele, ki so sestavljali PA. Vsak sestavni del letala je moral biti popolnoma v notranjosti MSA. Natovorjeni MSA je moral

opraviti en šolski krog, pristati, takširati do ekipe, ki ga je natovorila z naslednjimi deli PA. Od vsake ekipe je bilo odvisno, koliko krogov naj bi opravilo letalo.

Takoj za drugo misijo je morala ekipa opraviti bonus misijo, ki je zahtevala, da se v dveh minutah sestavi PA, vključno z baterijo in tovorom, ki ga je predstavljala litrska plastenka. Sestavljeno letalo PA je moralo takoj za tem opraviti tehnični pregled kril in kontrolnih sistemov.

Tretjo misijo pa je moralo letalo PA opraviti natovorjeno s plastenko. Ravno tako je moralo v petih minutah preleteti tri šolske kroge ter uspešno pristati na stezo.

Sistem točkovanja je slonel na doseženih točkah pri pisanju poročila in pri opravljenih misijah ter na teži

obeh letal in njunih baterij. Zelo velik vpliv na točkovanje pa je imelo tudi število delov, ki so sestavljali PA. Manjše število delov je predstavljalo večje število možnih doseženih točk.

Ekipa Edvard Rusjan Slovenian Team se je v ZDA odpravila že 11. aprila, kjer je v tednu pred tekmovanjem še zaključevala gradnjo letala MSA. Tekmovanje je potekalo v mestu Wichita v Kansasu od 15. do 17. aprila. Kot vsako leto je pred opravljanjem misij morala vsaka ekipa najprej uspešno opraviti tehnični pregled. Po pripovedih članov ekip iz prejšnjih let naj bi vse tehnične preglede opravili nekje do 14. ure prvega dne tekmovanja. Od 12. ure so lahko prve ekipe, ki so uspešno opravile tehnični pregled, že poskušale odleteti prvo misijo. Razvrščene so bile po vrstnem redu glede na točke, ki so jih dosegle pri pisnem poročilu. Ko je bil zaključen prvi krog, se je začelo znova in ekipa, ki je prišla ponovno na vrsto, je imela možnost ponovno opraviti misijo (če ji v prejšnjem krogu ni uspelo) ali pa napredovati v naslednjo misijo. Vredno je omeniti tako časovno stisko in omejenost, ki sta nastali zaradi dvakratnega števila letal. Gre za manjšo težavo, ki je organizatorji niso najbolje upoštevali. Vsaka ekipa je za potrebe tekmovanja izdelala dve letali, kar je podvojilo trajanje tehničnih pregledov. Ker se je ekipa Fakultete za strojništvo UL pri točkovanju pisnega poročila znašla na 42. mestu, so pri tehničnem pregle-



Prizorišče tekmovanja

du prišli na vrsto šele na koncu prvega dne tekmovanja. Na tak način so izgubili možnost letenja v prvem dnevu. Drugi dan je bilo vreme zelo neugodno. Sunki vetra so bili zelo močni, kar je vsem ekipam povzročalo velike težave.

Člani slovenske ekipe menijo, da so pri razvoju letala naredili veliko napako, ker so se premalo posvetili izbiri in pripravi baterij, ki so imele velik pomen pri letenju v zahtevnih razmerah, kakršne so bile na tekmovanju. Baterije so predstavljale ločnico med najboljšo uvrščenimi ekipami in tistimi, ki so dosegle povprečen rezultat. Te so poleg številnih sestavnih delov manjšega PA in ocen za poročilo bistveno vplivale na končni rezultat. Prispevek posameznih parametrov h končnemu številu točk je popisovala enačba, ki so jo podali organizatorji.

Prvo misijo so poskusili opraviti trikrat, vsakič jim je zmanjkalo moči le za uspešen pristanek. Tako se je obetal tretji dan, v katerem se vremenske razmere niso izboljšale. V jutranjih urah je začelo deževati, vendar so organizatorji kljub slabim razmeram nadaljevali s tekmovanjem. Naša ekipa je dosegla 30. mesto.

Za izvedbo tekmovanja so zaslužni naslednji študentje: Matej Drobnič, Jure Boncelj, Samo Trček, David Ropotar, Nina Malalan, Maja Lindič, Alen Bučar, Martin Godnič,



Letalo pred vzletom

Nejc Markelj, Gregor Šavorn, Boštjan Mencin, Lazo Milenkov in Iurie Proca, ki so načrtovali letala in pomagali pri organizaciji potovanja na prizorišče tekmovanja. Pilot je bil Rok Štante, vodja ekipe Vid Bajec, mentor pa doc. dr. Viktor Šajn.

Zaključek

Na takšnem tekmovanju udeleženi študentje pridobijo veliko praktičnega znanja – od iskanja, analiziranja idej do konstruiranja, izdelave, testiranja in na koncu tudi optimiranja konstrukcije izdelanih letal. Naučijo se prenesti teoretično znanje, ki ga pridobijo med študijem na fakulteti, na nek realni problem, za katerega je potrebno najti najboljše rešitve. Naučijo se sodelovanja, organiziranja, timskega dela, ki jim bo koristilo tudi kasneje na karierni poti.

Ekipa se zahvaljuje sponzorjem ŠOU v Ljubljani, Študentskemu svetu Fakultete za strojništvo, podjetju Akrapovič, d. d., podjetju MRU, d. o. o (LiPo.si), podjetju Tesa in Fakulteti za strojništvo UL, ki so pripomogli k razvoju letal in finančno podprli potovanje.

*Nina Malalan, Maja Lindič,
Vid Bajec, Rok Štante,
Lazo Milenkov, Matej Drobnič,
Gregor Šavorn, Alen Bučar,
David Ropotar, Martin Godnič, Jure
Boncelj, Samo Trček,
Boštjan Mencin, Iurie Proca,
Nejc Markelj, doc. dr. Viktor Šajn,
vsi Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo*



Državna robotska tekmovanja za mlade v letu 2016

Janez POGORELC, Aleš HACE

V prispevku sta predstavljena razvoj in izvedba slovenskih državnih robotskih tekmovanj **RoboT**, **ROBOsled** in **RoboCupJunior** v letu 2016, ki jih od leta 2000 organizira Inštitut za robotiko na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru v sodelovanju s srednjimi in osnovnimi šolami za slovenske osnovnošolce, srednješolce in študente. Za uspešno izvedbo tekmovanj je nujno izobraževanje tako mladih kot njihovih mentorjev na vseh nivojih od učencev OŠ, dijakov SŠ in študentov, kar izvajamo v obliki tematskih delavnic in krožkov robotike.

■ 1 uvod

V torek, 17. maja, je bila na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (FERI), Univerza Maribor (UM), tradicionalna celodnevna prireditev Mariborski robotski izziv, ki združuje državna tekmovanja v robotiki za osnovnošolce, srednješolce in študente. Državno tekmovanje **ROBObum**, ki zajema **ROBOsled** in **ROBOCupJunior**, se tradicionalno izvaja skupaj z državnim tekmovanjem za študente in dijakke *RoboT*.

Namen organizacije državnih tekmovanj je popularizacija robotike, mehatronike, avtomatike in na splošno tehnike ter spodbujanje inovativnosti in tekmovalnosti med mladimi vseh starosti. V kategoriji *RoboT* (vožnja po velikem labirintu) je sodelovalo 28 ekip iz srednjih tehniških šol in študent. V disciplini **ROBOsled** (sledenje črti) je sodelovalo 38 ekip iz 22 OŠ. Največ tekmovalcev je sodelovalo v disciplinah **RoboCupJunior Reševanje Črta** (32 ekip iz OŠ in 21 ekip iz SŠ), med njimi tudi ekipe iz Hrvaške, Avstrije in Slovaške. V disciplini **Ro-**

boCupJunior Nastop je sodelovalo kar 7 ekip. Med najbolj atraktivnimi je bila disciplina **RoboCupJunior Nogomet**, kjer so sodelovale 4 ekipe. Letos je bilo izvedeno tudi tekmovanje **RoboCupJunior Reševanje CoSpace**, kjer je sodelovalo 5 ekip. Skupno se je tekmovanj udeležilo čez 100 ekip, okrog 300 tekmovalcev in nad 60 mentorjev ter spremljevalcev. Na regijskih predtekmovanjih je sodelovalo nekajkrat več otrok, saj so si mnogi morali priboriti nastop za finalna državna tekmovanja. Za uspešno udeležbo na državnem tekmovanju **ROBOsled** in **RoboCupJunior** smo podelili zlata, srebrna in bronasta priznanja, nagrade sponzorjev pa so prejele prve tri ekipe v posamezni disciplini. Najboljše ekipe z letošnjega državnega tekmovanja so se lahko udeležile svetovnega robotskega tekmovanja **RoboCupJunior 2016**, ki je bilo izvedeno konec junija v Leipzigu v Nemčiji.

V sedemnajstih letih se je na robotskih tekmovanjih po Sloveniji zvrstilo več tisoč osnovnošolcev, okrog 1000 srednješolcev in okrog 100 študentov. Tekmovalci SŠ prihajajo večinoma iz srednjih strokovnih šol s programi Mehatronika, Elektrotehnika, Računalništvo in vse več tudi iz tehniških in splošnih gimnazij.

Otvoritev robotskih tekmovanj je bila skupna in je potekala v avli

stavbe G2, kjer so v nadaljevanju potekala tekmovanja **RoboCupJunior Reševanje Črta** in **RoboT 2016**. V uvodnem delu otvoritve so zbrane tekmovalce in njihove mentorje pozdravili dekan FERI prof. dr. Borut Žalik, rektor UM prof. dr. Igor Tičar, predstojnik Inštituta za robotiko prof. dr. Miro Milanovič ter dolgoletni predstojnik Inštituta za robotiko in pobudnik organiziranja robotskih tekmovanj upokojeni zasl. prof. dr. Karel Jezernik.

■ 2 Tekmovanje v vožnji po labirintu **RoboT 2016**

Na državnem tekmovanju z mobilnimi roboti *RoboT 2016* se je v vožnji po labirintu z avtonomnimi mobilnimi roboti (velikosti 2,5 x 2 m z več kot 15 m poti, slepimi hodniki in okrog 36 zavoji), ki so jih konstruirali tekmovalci, pomerilo 28 dijaških ekip iz šestih srednjih tehniških elektro, strojnih in računalniških šol in študent FERI, UM.

To je tudi robotsko tekmovanje z najdaljšo tradicijo v Sloveniji, na katerem se je v sedemnajstih letih tovrstnih tekmovanj udeležilo že okrog 100 študentov ter nad 400 dijakov z mentorji iz celotne Slovenije ter sosednjih Hrvaške in Avstrije.

Za lovorike tekmovanja *RoboT 2016* je štela boljša izmed dveh voženj. Najuspešnejšim trem tekmovalcem so bile podeljene svečane diplome,

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., izr. prof. dr. Aleš Hace, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko



Slika 1. Tekmovalna arena labirint in v ozadju arene za RCJ v avli G2 na FERi, UM

denarne in praktične nagrade sponzorjev. Najhitrejši je bil dijak ŠC Nova Gorica – ERŠ Jernej Kodele s časom 28,01 s, sledila pa sta mu dijaka iste šole Blaž Čič in Luka Kragelj.

Tradicionalno so se najbolj vztrajni dijaki srednjih šol že enajstič pomerili tudi za lovoriko **RoboLiga 2016** (finalno tekmovanje v seriji Slovenske robotske lige), saj so bila pred tem že izvedena tekmovanja: 14. aprila v ŠC Velenje **RoboERŠ** in 20. aprila v ŠC Nova Gorica **RoboMiš**. Za lovoriko **RoboLiga 2016** sta štela oba teka **RoboT 2016**, kar smo točkovali v skladu s pravili in temu prišteli točke prvih dveh tekem. Zmagovalec v seštevku vseh treh

tekem (skupno 6 voženj) je bil Jernej Kodele, ŠC Nova Gorica, ki je dosegel 275 točk, sledila sta mu dijak Matic Vajda iz ŠC Ptuj ter ekipa Aljaž Perše in Gašper Malik iz ŠC Nova Gorica.

■ 3 ROBOSled 2016 – robotsko tekmovanje za osnovnošolce

ROBOSled je robotsko tekmovanje za osnovnošolce, kjer morajo ekipe učencev zgraditi mobilnega robota in z njim tekmovati v vožnji po progji, označeni s črno črto na beli podlagi. Učenci se pri tem seznanijo z različnimi elektronskimi in mehanskimi oziroma mehatronskimi komponentami. V procesu gradnje

robota se naučijo tudi spajkanja elektronskih komponent, mehanskega sestavljanja in vrtnanja. ROBOSled je tako v prvi vrsti izobraževanje na interdisciplinarnem področju mehatronike. Cilja tekmovanja sta spodbujanje in širjenje znanj o delovanju robotov ter spodbujanje raziskav robotov med osnovnošolci in med osnovnošolskimi učitelji. Tekmovanje se v osnovni šoli navezuje na predmet fizika in izbirne predmete s področja tehnike.

Letos smo državno tekmovanje ROBOSled organizirali v dveh razredih: **DIRKAČ** in **POZNAVALEC**. V razredu DIRKAČ zmaga robot, ki tekmovalno progo, označeno s črno črto na beli podlagi, prevozi v najkrajšem času. V razredu POZNAVALEC se učenci OŠ pomerijo v poznavanju zgradbe in delovanja mobilnega robota, ki so ga zgradili.

V letu 2016 je izvedbo regijskih predtekmovanj ROBOSled, kjer se tekmovalne ekipe kvalificirajo za tekmovanje na državnem finalu, podprlo 12 tehniških srednjih šol po vsej Sloveniji. Seznam vseh sodelujočih tehniških srednjih šol je objavljen na spletni strani <http://www.robobum.um.si>. Vsem tehniškim srednjim šolam se za izvedbo robotskih predtekmovanj najlepše zahvaljujemo. Vodjem tekmovanj smo zato podelili priznanja.

Na zaključnem državnem tekmovanju **ROBOSled 2016** je letos sodelovalo 38 tekmovalnih ekip s 64 tekmovalci iz 22 osnovnih šol iz vse Slovenije. Poleg samogradnih robotov se je tekmovanju tudi letos pridružilo še nekaj navdušenih ekip LEGObum, ki sestavijo mobilnega robota iz LEGO sestavljanke.

Na tekmovanju ROBOSled 2016 v razredu DIRKAČ je bila najuspešnejša OŠ Benedikt s kar tremi ekipami, v razredu POZNAVALEC pa ekipa TRIKOTNIK iz OŠ Šentjernej.

V letu 2016 so se tekmovalne ekipe podobno kot že v preteklih treh letih potegovale tudi za glavno nagrado ROBOSled, pri kateri so se upoštevali vsi doseženi rezultati v posameznih



Slika 2. Priprave na dirko **ROBOsled** v predavalnici G2-ALFA FERI, UM

razredih tekmovanja. Glavno nagrado ROBOsled 2016 je osvojila ekipa **ROBO BATA**, OŠ Milojke Štrukelj Nova Gorica, ki je dosegla 13 točk.

Najuspešnejšim ekipam je seveda potrebno posebej čestitati. Čeprav smo na tekmovanju podelili priznanja in nagrade sponzorjev zgolj tistim tekmovalnim ekipam, ki so se uvrstile na prva tri mesta v posameznem razredu, in pa najboljši ekipi na tekmovanju, gre pohvala tudi vsem drugim tekmovalcem. Še posebej pa je potrebno izpostaviti mentorje mladih tekmovalcev, ki pomagajo svojim učencem pri pripravi na tekmovanje z mobilnimi roboti, ki nas vsako leto bolj presenečajo s tehnološko dovršenostjo, saj s tem med našimi najmlajšimi popularizirajo robotiko, mehatroniko in tehniko nasploh, kar je dejansko tudi cilj naših robotskih tekmovanj.

■ 4 Državno tekmovanje RoboCupJunior Slovenija 2016

Tekmovanje RoboCupJunior Slovenija je sestavni del svetovnega robotskega tekmovanja za osnovnošolce in srednješolce, ki je v letu 2015 potekalo v kraju Hefei na Kitajskem (<http://www.robocup2015.org>). Na lanskem svetovnem tekmovanju sta uspešno sodelovali tudi dve najboljši slovenski dijaški ekipi. Državno tekmovanje RoboCupJuni-

or Slovenija 2016 je bilo izvedeno dvonivojsko, zato so na državnem tekmovanju 17. maja 2016 sodelovale le najboljše ekipe z regijskih predtekmovanj. Vsi roboti na tekmovanju RoboCupJunior, ne glede na razred tekmovanja, morajo voziti avtonomno. Zato so pomembni gradbeni elementi vsakega robota, pa naj bo samograden ali zgrajen iz sestavljanke, motorji, senzori (za zaznavanje črte, stene, žoge) in mikrokrmilnik s programom.

Tekmovanje RoboCupJunior (RCJ) obsega precej raznolike razrede: **Reševanje, Nastop in Nogomet.**

Tekmovanje RCJ Reševanje ima kar tri različice **Reševanje Črta**, **Reševanje Labirint** in **Reševanje CoSpace**. Skupno vsem trem je, da tekmovalna arena predstavlja prizorišče nesreče, na primer porušeno zgradbo po potresu. Naloga robota je reševanje ponesrečencev (žrtev). Pri Reševanju Črta je pot, po kateri mora peljati robot po areni (slika 3), označena s črno črto na beli podlagi. Med vožnjo po areni mora robot uspešno prevoziti križišča, premagati občasne prekinitve črte, ovire, ki jih mora prevoziti ali zaobiti ter rešiti žrtve (letos srebrne kroglice) na evakuacijsko točko (črn trikotnik). Nevarnosti, ki jih med vožnjo premaga robot, se točkujejo. Zmaga ekipa, katere robot zbere med vožnjo, ki je časovno omejena, največje število točk. Osnovnošolci in srednješolci tekmujejo ločeno.

Vsa leta je daleč najbolj množično odprto državno tekmovanje RCJ Reševanje Črta. V kategoriji za učence OŠ se je pomerilo 30 slovenskih osnovnošolskih ekip (približno 80 tekmovalcev), ki so se na državno tekmovanje uvrstile kot najboljše ekipe z regijskih predtekmovanj. Tudi slovenske srednješolske ekipe (18 ekip, približno 60 tekmovalcev) so se na državno tekmovanje RCJ Reševanje Črta za SŠ uvrstile na osnovi uvrstitve na regijskih tekmovanjih. Osnovnošolcem sta se na tekmovanju RCJ Reševanje Črta



Slika 3. Tekmovalni areni za tekmovanje Reševanje Črta (levo arena za OŠ, desno arena za SŠ)

pridružili dve hrvaški ekipi, srednješolcem pa tri hrvaške ekipe.

Na odprtem državnem tekmovanju RCJ Reševanje Črta za OŠ je bila najuspešnejša ekipa iz Hrvaške Žice \$ Ž. Na državnem tekmovanju RCJ Reševanje Črta za OŠ je bile najuspešnejša ekipa ŠENČUR 1 iz OŠ Šenčur, ki sta ji sledili ekipa ROBOKVINTA iz OŠ Antona Šibelja - Stjenka Komen ter ekipa SMRKCI iz OŠ Šenčur.

Med srednješolskimi ekipami na državnem tekmovanju RCJ Reševanje Črta za SŠ je dosegla prvo mesto ekipa KKČH iz ŠC Celje, SŠ za strojništvo, mehatroniko in medije, drugo mesto ekipa POD MIZO in tretje mesto ekipa LEGO DUPLO prav tako iz ŠC Celje, Gimnazija Lava.

V kategoriji RCJ Reševanje Črta za dijake SŠ je letos predstavnik ambasade Združenih držav Amerike v Sloveniji podelil posebno nagrado, in sicer povabilo s plačilom stroškov za petdnevno sodelovanje ekipe petih dijakov z mentorjem na polnem robotskem kampu v Reki na Hrvaškem. Pomočnik vodje službe za stike z javnostmi Izaak Martin je posebno glavno nagrado svečano podelil ekipi dijakov KKČH iz ŠC Celje, SŠ za strojništvo, mehatroniko in medije pod mentorstvom Mateja Vebra in Roberta Ojsterška.

Slovenskim ekipam na tekmovanju RCJ Reševanje Črta so se pridružile tri hrvaške ekipe, ki prihajajo iz gim-

nazij. Tako je bila na odprtem državnem tekmovanju RoboCupJunior Slovenija 2016 kar polovica sodelujočih ekip gimnazijskih.

Za tekmovanje RCJ Reševanje Labirint so izvedbo prevzeli na Srednji elektro in računalniški šoli v Mariboru, za kar velja velika zahvala Miranu Waldhutterju. Sodelovali sta dve ekipi, po ena iz Slovenije in Hrvaške.

Prvo mesto na državnem tekmovanju RoboCupJunior Reševanje Labirint je zasedla ekipa SERŠ TEAM s 59,5 točkami.

Letos prvič smo izvedli tudi tekmovanje v razredu CoSpace, na katerem je sodelovalo 5 ekip (od tega dve iz Hrvaške in ena iz Avstrije). Tekmovalci skušajo najprej s pomočjo računalniške simulacije najti najustreznejšo strategijo reševanja in jo potem tudi izvesti v tekmovalni areni.

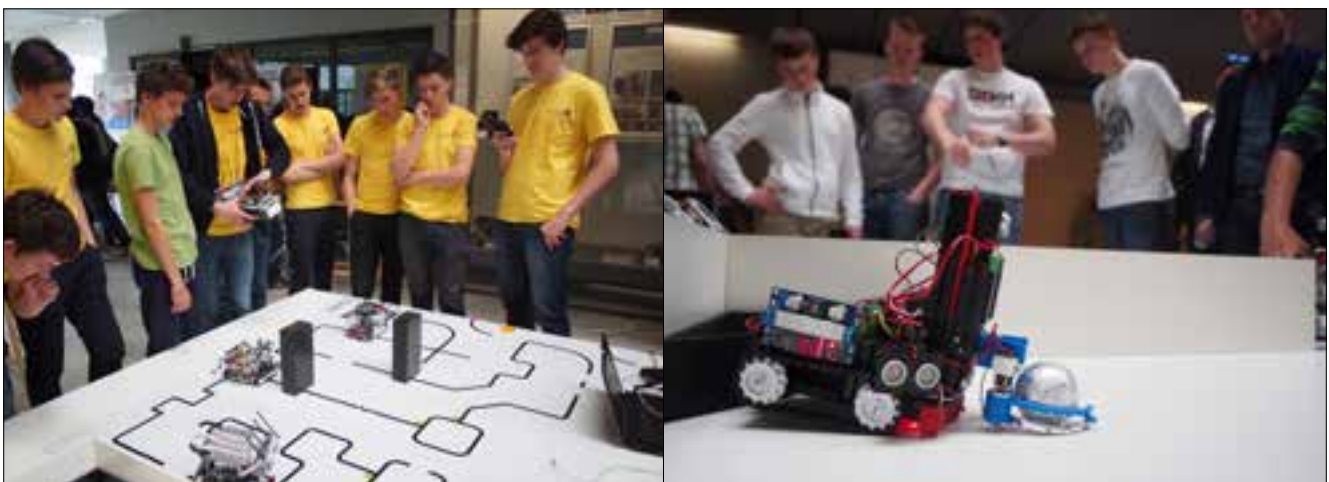
Prvo mesto na državnem tekmovanju RCJ Reševanje CoSpace je zasedla ekipa SERŠ LE z 12 točkami, drugo mesto pa ekipa SERŠ TEAM z 9 točkami. Prav ta ekipa je pod vodstvom mentorja Mirana Waldhutterja na lanskem svetovnem tekmovanju RoboCupJunior Rescue CoSpace 2015 v Hefei na Kitajskem dosegla odlično 3. mesto.

Za tekmovanje RoboCupJunior v razredu Nastop (prejšnja leta se je imenovalo Ples) mora ekipa sama zgraditi robota, sebi in robotu izde-

lati kostume in sceno za nastop, izbrati glasbo in pripraviti koreografijo ter izvesti nastop z robotom. Na državnem tekmovanju je v letu 2016 sodelovalo sedem ekip, od tega šest osnovnošolskih in ena srednješolska (32 tekmovalcev). Prvo mesto je zasedla ekipa MARS, Osnovna šola narodnega heroja Rajka, Hrastnik, drugo mesto ekipa FRANCE4, Osnovna šola France Prešeren Kranj, in tretje mesto ekipa BORCI VN, Osnovna šola Velika Nedelja. Med srednjimi šolami je v robotskem plesu brez konkurence zmagala ekipa LEGO TEAM iz Dvojezične srednje šole Lendava.

Pri tekmovanju RoboCupJunior Nogomet tekmujejo ekipe v gradnji avtonomnih robotov, ki igrajo nogomet. Pravila nogometa so za slovensko tekmovanje nekoliko prilagojena. Roboti igrajo nogomet s posebno žogico, ki oddaja infrardečo (IR) svetlobo. Igrišče za robotski nogomet je zelene barve in je označeno z belo črto. Izven igrišča je do stene, ki obdaja igrišče in preprečuje, da bi žogica pobegnila, 30 cm prostora. Igrišče ima dva gola, ki sta modre in rumene barve. Robotsko nogometno ekipo po trenutno veljavnih pravilih sestavljata dva robota. Eden od robotov v ekipi je vratar, drugi pa napadalec. Na nogometni tekmi zmagata robotska ekipa, ki da nasprotni ekipi več golov, kot jih je prejela. Ekipe igrajo medsebojne tekme na izpadanje.

Glede na zmogljivost in velikost robotov se tekmovanje deli v razreda



Slika 4. Ekipe ŠC Celje, Gimnazija Lava (levo), ki se vsakič prizadevno pripravljajo za sodelovanje na tekmovanju RCJ in ekipa s svojim samogradnim robotom ob »žrtvi« (desno).

Lahka in Open. V obeh razredih sta nastopili po dve ekipi in v obeh primerih po ena slovenska in hrvaška.

Na državnem tekmovanju RoboCupJunior Nogomet je v razredu Lahka zmagala ekipa G.N.K. bot, v kategoriji Open pa ekipa 93N15. Roboti, ki so jih zgradili člani ekip ŠC Ptuj, elektro in računalniške šole za robotski nogomet, so samogradni in imajo po štiri vsesmerna kolesa, ki jih poganjajo enosmerni motorji MIG 400 (7,2 V). Ekipe ŠC Ptuj, Elektro in računalniške šole sta sami zgradili ogrodje robota, vsesmerna kolesa, zobniške prenose in H-mostičke na osnovi tranzistorjev MOSFET (10 A) za napajanje enosmernih motorjev. Vsak robot za igranje nogometa ima deset IR-senzorjev za zaznavanje IR-žogice, senzorje za zaznavanje robotov igralcev oziroma stene igrišča, štiri senzorje za zaznavanje belih črt nogometnega igrišča in žiroskop MPU-6050 ter kompas za določanje lege lastnega in tujega gola. Roboti se krmilijo s pomočjo mikrokontrolerov Arduino. Sami so tudi razvili programe za krmiljenje robotov za igranje nogometa.

Na odprtem državnem tekmovanju **RoboCupJunior Soccer** letos v začetku maja na Portugalskem je ekipa ŠC Ptuj po mentorstvu Marjana Bezjaka in Iztoka Milošiča dosegla odlično 2. mesto.

■ 5 Zaključek

Robotska tekmovanja omogočajo primerjavo tekmovalcev/ekip znotraj države na državnih tekmovanjih, primerjavo tekmovalcev/ekip na mednarodnem nivoju na mednarodnih tekmovanjih in razglasitev zmagovalcev oziroma najboljših treh tekmovalcev/ekip ter podelitev priznanj za uspeh.

Vendar zgoraj naštetih cilji niso edini cilji, ki jih zasledujejo robotska tekmovanja. Na področju robotskih tekmovanj je olimpijsko vodilo tekmovanj razširjeno z željo po novih znanjih in se glasi: »**Pomembno je sodelovati, se naučiti čim več novega in ne zmagati.**« To pomeni, da je cilj robotskih tekmovanj spod-



Slika 5. Ekipe ŠC Ptuj, Elektro in računalniška šola sta se pomerili v igranju robotskega nogometa

bujanje izvirne gradnje robota in aktivno učenje ob tem, ko se trudimo zgraditi nov, boljši robot po svoji izvirni zamisli. Sam dogodek – tekmovanje – naj bi bil v prvi vrsti priložnost za srečanje, primerjanje in izmenjavo izkušenj, pridobljenih pri gradnji robota. Želja po gradnji čim boljšega in izvirnega robota daje sodelujočim vzpodbudo za aktivno osvajanje novih znanj in vseživljenjsko učenje. Sama narava robotskega tekmovanja postavlja okvire za projektno delo. Gradnja robota je projekt, ki se mora zaključiti na datum tekmovanja, kajti ta določa rok zaključka projekta. Mnoga svetovna robotska tekmovanja spodbujajo sodelovanje in skupinsko delo s tem, da lahko na tekmovanjih sodelujejo samo ekipe tekmovalcev. Opisane značilnosti robotskih tekmovanj se pokrivajo s pričakovanji družbe znanja, zato predstavljajo robotska tekmovanja odlično pripravo vsakega udeleženca tekmovanja na uspešno uveljavljanje v družbi znanja.

Robotska tekmovanja pogosto dopolnjujejo delavnice za tekmovalce in njihove mentorje, ki omogočajo hitro prenašanje novih znanj na vse sodelujoče na robotskem tekmovanju.

Razen doslej naštetega pa robotska tekmovanja s srečanjem ekip in izmenjavo pridobljenih izkušenj med njimi omogočajo tudi sledenje odprtim raziskovalnim problemom področja tekmovanja in spremljanje

trenutnega stanja razvoja področja tekmovanja.

Nenazadnje, robotska tekmovanja prav gotovo spodbujajo mnoge učence osnovnih šol, da se odločajo za nadaljevanje šolanja v eni od tehniških strok. Podobno velja za maturante splošnih gimnazij, da se večja delež tistih, ki nadaljujejo študij na eni od tehniških fakultet na programih mehatronika, elektrotehnika in strojništvo.

Za uspešno izvedbo robotskih tekmovanj gre posebna zahvala za vsestransko podporo pri organizaciji tekmovanj predstojniku Inštituta za robotiko prof. dr. Miru Milanoviču in vodstvu FERI, ki omogoča uporabo avle v stavbi G2 skupaj s sosednjimi učilnicami ter ozvočenja in videoprojekcije. Zahvala velja fotografom Marjanu Španerju, Mateji Meh in Bogdanu Dugoniku ter vsem sodelavcem Inštituta za robotiko in mnogim študentom FERI. Prav tako velja zahvala vsem sodelavcem in mentorjem v srednješolskih tehniških centrih, ki so pomagali pri izvedbi tekmovanj, kakor tudi vsem sponzorjem tekmovanja.

Vsi rezultati, fotografije, videoposnetki in medijski odzivi za zadnje tekme kot tudi za prejšnje so za tekmovanje **Robot** na voljo na www.ro.feri.um.si/tekma/, za ostala tekmovanja razredov **ROBOsled** in **RoboCupJunior** pa na www.robobum.um.si.

26. TEHNIŠKO POSVETOVANJE VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

PROIZVODNJA

VZDRŽEVANJE



DVS

Otočec, 20. in 21. oktober 2016 | www.tpvsi.si



**... NI UČINKOVITE
PROIZVODNJE**

**BREZ UČINKOVITEGA
VZDRŽEVANJA ...**

Sedma mednarodna superračunalniška poletna šola letos v Ljubljani

Mateja MAFFI, Leon KOS

Zadnji teden junija se je v Ljubljani zbralo 120 udeležencev iz Kanade, Evrope, Japonske in Združenih držav Amerike. Za sodelovanje na sedmi mednarodni superračunalniški poletni šoli na temo **HPC-izzivov (High Performance Computing)** v računskih znanostih so bili izmed več sto prijav izbrani najboljši doktorski in podoktorski študentje na svojih področjih. Na mednarodni poletni šoli HPC je bilo zastopanih 27 narodnosti in 4 kontinenti.



Udeleženci poletne šole z mentorji na četrtek prosti popoldan, ki so ga namenili ogledu Predjamskega gradu in Postojnske jame.

Mateja Maffi, mag. posl. ved.,
doc. dr. Leon Kos, univ. dipl.
inž., oba Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za strojništvo

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani je kot partner evropskega združenja za superračunalništvo **PRACE** organizirala tokratno mednarodno poletno šolo HPC, ki je bila financirana s pomočjo okvirnega pro-

grama Evropske unije **Horizon 2020**, evropskega partnerja **Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE)**, ameriškega partnerja **Extreme Science in Engineering Discovery Environment (XSEDE)** s

sredstvi iz *U.S. National Science Foundation*, kanadskega partnerja **Compute/Calcul Canada** in japonskega **RIKEN Advanced Institute for Computational Science (RIKEN AICS)**.

Vodilni kanadski, ameriški, evropski in japonski računski znanstveniki in **HPC**-strokovnjaki so nudili informacije, nasvete in tečaje o vrsti tematik:

- evropske, ameriške, japonske in kanadske superračunalniške infrastrukture,
- **HPC-izzivi** v posameznih disciplinah (stvarno in biološko modeliranje, materiali, fizika, ...),
- **HPC- in GPU-programiranje**,
- znanstvene vizualizacije in drugo.

Z druženjem udeležencev in predavateljev iz 18 držav poletna šola poleg promocije znanja visokozmogljivega računalništva in njegovih aplikacij spodbuja mednarodno sodelovanje in prijateljstvo. Multi-disciplinarni program, ki je pokrival vrsto različnih področij računskih znanosti skupaj s pomembnimi superračunalniškimi vidiki iz računalniških znanosti, mentorstvo in močna interakcija ljudi z vsega sveta so prispevali k edinstvenosti letošnje poletne šole HPC.

Načrti za naslednjo poletno šolo že nastajajo, organizirana bo poleti 2017 v Severni Ameriki.

Več informacij o poletni šoli lahko najdete na spletni strani <http://ihpcss2016.hpc.fs.uni-lj.si>.



Slavnostni predavatelj dr. Thomas Sterling z Univerze v Indiani, School of Informatics and Computing, Center for Research in Extreme Scale Technologies. Prof. Sterling je bil vabljeni predavatelj na vsakoletni superračunalniški konferenci ISC 2016 v Frankfurtu s preko 2000 udeleženci, ki je bila le teden pred poletno šolo, in je tako lahko predstavil najnovejše dosežke in trende na področju HPC. Kot dolgoletnega predavatelja in raziskovalca, ki je pravzaprav uvedel računske sestave (Beowulf), pa je prof. Sterlinga še posebej veselilo predavati študentom mednarodne poletne šole.



Udeleženci na vajah ob pomoči mentorjev. Vaje so potekale neposredno na superračunalnikih Bridges in Blue waters v ZDA.

Nekaj mnenj iz študentskega ocenjevalnega vprašalnika:

»Ta program je odlična mešanica visokozmogljivega računalniškega znanja in sodelovanja s posamezniki z vsega sveta, ki se ukvarjajo s tem področjem. V ZDA je veliko izobraževalnih programov na to temo, vendar jih zelo malo vključuje interakcijo z mednarodnimi kolegi in srečanje z drugo kulturo.«

»Poletno šolo bi ocenil kot izvrstno, saj je zagotavljala zelo dobre in dosegljive predavatelje, pokrivala je vrsto različnih tem in omogočila lepe priložnosti za povezovanje z ljudmi z vsega sveta tako z mojega področja kot tudi z drugih področij, ki se srečujejo s podobnimi **HPC-problemi**. Pohvaliti je potrebno tudi odlično hrano in prečudovito okolje v Ljubljani.«

»Po pravici povedano je bila ta poletna šola najbolj uporabna, kar sem jih kdaj obiskal. To pa poleg predavanj predvsem zaradi vaj, kjer si lahko direktno preizkusil naučene tehnike in kadarkoli vprašal, kar te je zanimalo. To je bilo mogoče predvsem zaradi osebnega mentorja, ki ga je imel vsak udeleženec, kar je pomenilo, da je tam vedno oseba, do katere pristopiš manj sramežljivo s kakršnimkoli vprašanjem.«

O Compute Canada / Calcul Canada

Compute Canada, ki združuje regionalne organizacije ACENET, Calcul Québec, Compute Ontario in WestGrid, vodi zagon raziskovalnih inovacij z uvedbo naprednih raziskovalnih računskih (ARC) sistemov »state-of-the-art«, arhiviranja in programskih rešitev. Skupaj ponujajo najpomembnejše ARC-storitve in infrastrukturo za kanadske raziskovalce in njihove sodelavce iz vseh akademskih in industrijskih sektorjev. Skupina več kot dvestotih svetovnih strokovnjakov, zaposlenih na 34 partnerskih univerzah in raziskovalnih inštitucijah iz vse države, zagotavlja direktno podporo raziskovalnim skupinam. Compute Canada je ponosen ambasador kanadske odličnosti v naprednih računskih raziskavah znotraj države in mednarodno. Compute Canada financira The Canada Foundation for Innovation (CFI), medtem ko partnerji in akademske inštitucije zagotavljajo potrebna sredstva preko regionalnih organizacij. Več informacij na: www.computecanada.ca.

O PRACE

PRACE (The Partnership for Advanced Computing in Europe) je mednarodno neprofitno združenje s sedežem v Bruslju. Raziskovalna infrastruktura PRACE zagotavlja vodilne superračunalniške storitve za znanstvenike ter raziskovalce iz akademskega sveta in industrije v Evropi. Računalniške sisteme in njihove operacije, dostopne v PRACE, zagotavljajo štiri članice PRACE (BSC iz Španije, CINECA iz Italije, GCS iz Nemčije in GENCI iz Francije). Implementacijska faza združenja PRACE prejema sredstva iz 7. okvirnega programa EU (FP7/2007–2013) z GA RI-312763 in iz Obzorja 2020 (2014–2020) z GA 65383. Več informacij na: www.prace-ri.eu.

O RIKEN AICS

RIKEN je ena večjih japonskih raziskovalnih organizacij z inštituti in centri po vsej Japonski. The Advanced Institute for Computational Science (AICS) stremi k ustanovitvi mednarodnega centra odličnosti, namenjenega svetovnim rezultatom s pomočjo uporabe vodilnih superračunalnikov K computers. Organizacija je jedro projekta Inovacijske visokozmogljive računalniške infrastrukture, ki ga sponzorira Ministrstvo za izobraževanje, kulturo, šport, znanost in tehnologijo. Več informacij na: <http://www.aics.riken.jp/en/>.

O XSEDE

The Extreme Science and Engineering Discovery Environment (XSEDE) je najbolj napredno, močno in robustno združenje integriranih digitalnih virov in storitev na svetu. Je enoten virtualni sistem, ki ga znanstveniki uporabljajo za interaktivno deljenje računalniških virov, podatkov in strokovnega znanja. XSEDE pospešuje znanstvena odkritja s pomočjo izboljšanja produktivnosti raziskovalcev, inženirjev in študentov s poglobljanjem in razširjanjem uporabe ekosistemov naprednih digitalnih infrastruktur XSEDE in s trajnim napredovanjem naprednih digitalnih infrastruktur XSEDE. XSEDE je petletni 121-milijonski projekt, ki ga podpira National Science Foundation. Več informacij na: www.xsede.org.



POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2016 - ASM `16

7. decembra 2016

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

ECO Meet



SREČANJE EKOLOŠKIH VOZIL



PREDSTAVITEV TEHNOLOGIJ



19. SEPTEMBER 2015
KONGRESNI TRG - LJUBLJANA

49. MOS: Največja razvojna in poslovna priložnost za industrijo in podjetništvo – na celjskem sejmišču od 13. do 18. septembra

49. MOS, Mednarodni sejem obrti in podjetnosti, ki bo letos na celjskem sejmišču od 13. do 18. septembra, prinaša številne novosti, ki bodo še obogatile ponudbo največjega tovrstnega sejma v regiji. V razstavnem programu bo v ospredju celovita ponudba vsega za gradnjo in obnovo doma, vključno z notranjo opremo oz. pohištvom, ki so mu v Celjskem sejmu namenili posebno sejmsko dvorano E. Večja bo letos tudi ponudba kulinarike, ki so jo preselili v večjo, prenovljeno sejmsko dvorano C, ponudba kamping in karavaning opreme oziroma ponudba za aktivno preživljanje prostega časa v naravi. Predstavili pa se bodo tudi ponudniki opreme in materiala za obrt in industrijo.



ki, industrijska vrata, meroslovje (vodne tehtnice, kovinska merila, lasersko merjenje ...), industrijski roboti, sistemi površinske zaščite, pnevmatsko orodje, vijačno blago, ročno rezalno orodje in sidra za pritrjevanje.

V MOS-ovih svetovalnicah letos tudi brezplačni nasveti, kako se lotiti gradnje in opremiti dom

Bogat razstavni program več kot 1500 razstavljalcev iz 30 držav, ki napovedujejo različne sejemске

popuste in ugodnosti, bo sooblikoval tudi spremljajoči program. Še posebej bodo na svoj račun prišli vsi, ki gradijo ali obnavljajo svoj dom, hišo, stanovanje ali poslovni objekt, saj bodo lahko izkoristili tudi brezplačne nasvete neodvisnih strokovnjakov. V Celjskem sejmu so jih poimenovali s skupnim imenom Mosove svetovalnice, ki bodo v tistih sejmskih dvoranah, kjer bo predstavljena ponudba tega področja.

V sejmski dvorani E bodo obiskovalci lahko prisluhnili Andreji Jesenek, notranji oblikovalki, ki bo med drugim pojasnila, kako se lotiti opremljanja malih prostorov, pa tudi, da je prej kot o designu svetil potrebno razmišljati o svetlobi. Predstavila bo tudi najpogostejše napake pri opremljanju doma, ki zmanjšujejo kakovost bivanja. V sejmski dvorani J bodo obiskovalci v svetovalnici lahko dobili odgovore na vprašanja, kako se lotiti gradnje ali obnove hiše, katere postopke je potrebno izvesti pred začetkom gradnje, ... Svetoval bo Martin Pelcl, MojMojster.net. V sejmski dvorani K pa bodo neodvisni svetovalci ENSVET odgovarjali na vprašanja, kako se lotiti izvedbe ukrepov za energet-

V razstavnem programu bodo tako tudi stroji in oprema za les in kovino, varilna tehnika in elektrotehnika, čistilne naprave, čistilna oprema in stroji za čiščenje, komunalna oprema in zaščitna delovna oblačila. Ročno in rezalno orodje, kompresorji, 3D-tiskalni-



sko sanacijo stavb, kakšna sredstva so na voljo za to na Eko skladi, pa tudi, kako se lotiti odprave vlage iz objektov, sanacij fasade in rabe deževnice.

Prvi dan vstopnice po 2 EUR, ostale dni ceneje na sejem po 16. uri

Obiskovalci 49. MOS bodo prvi sejmski dan (torek, 13. september) za vstopnico ponovno odšteli le simbolična 2 evra. Ostale sejmske dneve pa lahko cenejše vstopnice izkoristijo vsak dan po 16. uri. Vstopnice se pocenijo za vse ciljne skupine, parkirišče pa bo vsak dan po 16. uri brezplačno.

V Celjskem sejmu obiskovalce vabijo, da si za lažje načrtovanje sejmskega obiska ogledajo dnevni program dogajanja na www.ce-sejem.si.

*Nataša Vodušek Fras,
Celjski sejem*



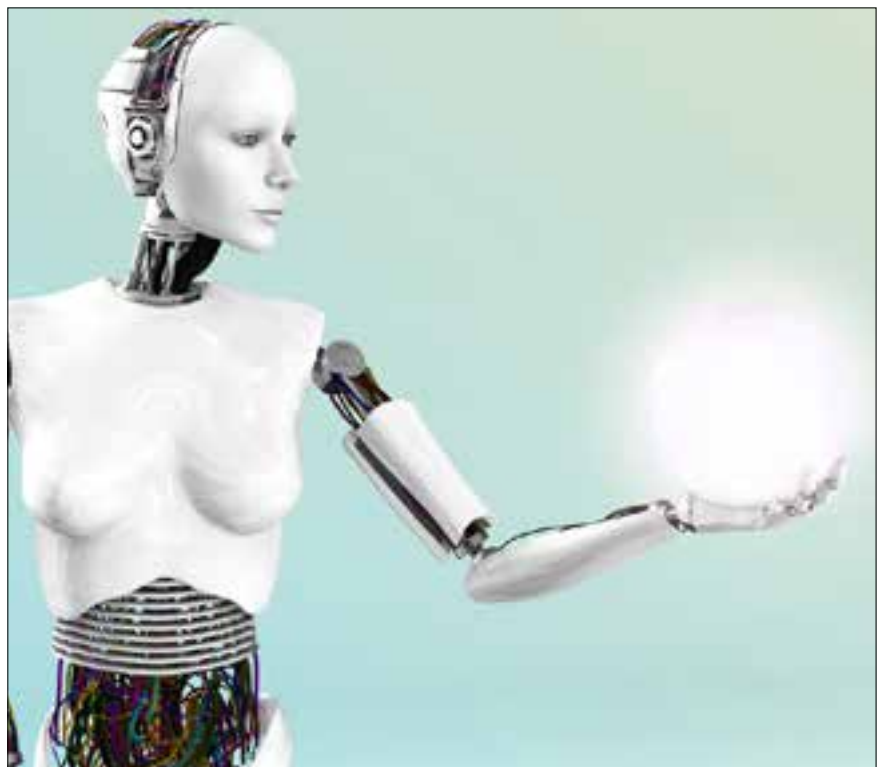
Stičišče znanosti in gospodarstva na MOS 2016

TERMIN: 13. – 18. septembra 2016
LOKACIJA: Celjski sejem – Celje

Letos bo na mednarodnem sejmu MOS v Celju v hali L1 organizirano **Stičišče znanosti in gospodarstva**. Predstavitev bo pripravil Janez Škrlec, član Sveta za znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

V Stičišču bodo sodelovali: Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut v Ljubljani, Nacionalni inštitut v Ljubljani, FERI Univerze v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, UM, UNG, CO Namaste, CO Nanocenter, Visoka šola za bioniko na Ptuj in Pisarna za prenos tehnologij in inovacij ter tehnološko usmerjena podjetja: Skylabs, Cosylabs, EKOSSEN, Dobre rešitve, d. o. o., PS, d. o. o., Miel Elektronika, d. o. o., Razvojno-raziskovalna dejavnost, Janez Škrlec, INTRI, d. o. o., Inštitut za okoljevarstvo in senzorje, d. o. o., in drugi

Na stičišču bodo predstavljene vrhunske tehnologije z različnih



področij, kot so: mehatronika, avtomatika, robotika, profesionalna elektronika, IKT, bionika, nanotehnologija ipd. Stičišče znanosti in gospodarstva bosta podprli tudi Ministrstvo za izo-

braževanje, znanost in šport in Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo.

Medijski partnerji:
IRT 3000, KVADRATI, Ventil.

ECOmeet, srečanje ekoloških vozil in predstavitev tehnologij, tudi letos na Kongresnem trgu v Ljubljani



V zadnjih letih se vse bolj jasno oblikujejo dejavniki, ki zahtevajo in kažejo resne premike na področju organizacije transporta in transportnih tehnologij. Povod so zaostrovanje dostopnosti fosilnih goriv in okoljski problemi, vzrode za izvedbo prehoda k novi paradigmi v transportu oblikuje vse bolj usklajena globalna, evropska in lokalna politika, tehnično pa vse skupaj omogočajo nova znanstvena in tehnološka odkritja ter premiki v industriji vozil. Vsi ukrepi so usmerjeni v zagotavljanje trajnostnega transporta, ki bi dolgoročno zagotavljal mobilnost sedanjih in prihodnjih generacij brez škodljivih vplivov na okolje.

Rešitve za doseganje okolju prijaznega trajnostnega transporta so le

delno v novih tehnologijah in odločitvah snovalcev transportnih in energijskih politik. **Največ je odvisno od nas samih.** Z dobro obveščenostjo lahko družba nove tehnološke in netehnološke možnosti sprejme hitro in učinkovito. Tako predstavlja ozaveščanje najširše množice ljudi o načinih za doseganje trajnostnega transporta vedno večji izziv.

EcoMeet bo tokrat že sedmi po vrsti, spet je pripravljen v sodelovanju **Avto kluba GaS Tuning Team**, podjetja **Elaphe** in **MOL** in je največji dogodek na temo ekoloških vozil v Sloveniji. Na njem bodo najširši javnosti predstavljene tehnologije in netehnološke možnosti za trajnostni transport. Umeščen je v sam center

Ljubljane, na Kongresni trg, zgodil pa se bo v okviru **Evropskega tedna mobilnosti**, natančneje 17. 9. 2016 med 10. in 17. uro.

Med tehnologijami bodo najverjetneje požela največ zanimanja vedno popularnejša in tudi na naših cestah vedno pogostejša **električna vozila**. Zanimiva in obsežna bo predstavitev **hibridnih vozil** in vozil na **avtoplin**, šušlja pa se celo o električnem **letalu**. Za preizkus bodo na voljo lahka električna vozila, kot so **električni avtomobili** in **električni dvokolesniki**, vrhunski **strokovnjaki in raziskovalci** pa bodo udeležencem **predstavili delovanje** ekoloških vozil.

Vljudno vabljeni!



HYDAC
 HYDAC d.o.o.
 Zagrebska c. 20
 2000 Maribor
 T.: (02) 460-15-20
 info@hydac.si

Magnetnoinduktivna zaznavala za hidravliko



Zaznavala položaja vrste MFH firme *ifm electronic*, opremljena z enomilimetrsko močno kovinsko površino, zdržijo najmanj 10 milijonov tlačnih ciklov. Primerna so tudi za ploščate delovne valje. Dolga so le 40 mm in

pri 1,8 milimetrski stikalni razdalji zagotavljajo zanesljivo delovanje. Delujejo po načelu tehnologije magnetne induktivnosti izključno s feromagnetnimi materiali. Zatesnjena so s tesnilnim in podpornim obročkom. Uporabna so za hidravlične valje, ventile in črpalke, npr. pri strojih za brizganje plastičnih mas in drugi hidravlični opremi v procesni industriji. Več na spletnih straneh: www.ifm.com.

Po O + P 60 (2016)05 – str. 39

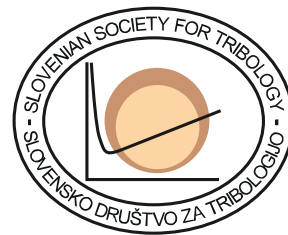
Ne čakajte na resne okvare strojev zaradi hidravlike!

Preventivno vzdrževanje je osnova uspešnosti hidravlike. Vprašanje pa je, ali je naše stroje sploh smiselno preventivno vzdrževati? Ali so stroški za izvedbo zahtevnega in poglobljenega digitalnega ocenjevanja stanja strojev previsoki? Odgovori so hitro jasni, ko okvara majhnega dela ali sestavine povzroči milijonsko škodo na stroju. Z učinkovitim in pravočasnim preventivnim vzdrževanjem bi se zanesljivo lahko preprečila. To je soglasno sklepno mnenje nedavnega 110. strokovnega pogovora v okviru O + P v Mainzu. Suvereno ga je vodil prof. dr. Siegfried Helduser, član tehniško-znanstvenega sveta. Zahvala velja vsem udeležencem posveta.

Preventivno vzdrževanje mora biti usklajeno z upoštevanjem *stroškov - koristi - računa*. Predvideno vzdrževanje ne sme biti samo sebi namen – tako mislijo specialisti fluidne tehnike. Nujno je torej, da izdelovalci in uporabniki sestavin in naprav pravočasno pretehtajo prednosti in slabosti uporabe ustreznih analiz.

Več o vsebini in rezultatih 110. pogovorov boste lahko izvedeli v septembrski izdaji revije O + P. Uradne vsebine, stališča posameznikov in vlogo VDMA pri tem pa lahko povzamete že v O + P GO (2016) 06 – str. 12.

Po O + P 60 (2016)06 – str. 3



SLOTRIB 2016

POSVETOVANJE O
TRIBOLOGIJU,
MAZIVIH IN
TEHNIČNI DIAGNOSTIKI

17. NOVEMBER 2016

Več informacij dostopnih na:
www.tint.fs.uni-lj.si

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: jozi.sterle@tint.fs.uni-lj.si

Automatic levelling and wireless control of a mobile hydraulic platform with telescopic crane

Domagoj ANTIĆ, Zvonimir LAŽETA, Željko ŠITUM

Abstract: The mobile hydraulic platform is a device used for providing temporary access to people and/or equipment in inaccessible locations and often at higher altitudes. Crane control is conducted from a work platform, which frequently causes problems since the crane operator disturbs the work of the rest of the staff (in case of movie recording, construction work, etc.). Wires connect the operator console and the operator computers with each other through a telescope, and due to inevitable cable bending there is a frequent presence of expensive malfunctioning. Wiring malfunctioning is directly connected to the crane reliability, so it is of high importance to reduce it to a minimum. In order to increase the system efficacy, the reconstruction of the mobile hydraulic platform, which enables automatic levelling of the work platform and wireless basket control with prevention of capsizing, was designed. The operating program is implemented using the programmable logic controller (PLC), which provides additional system functions implementation.

Keywords: mobile hydraulic platform, telescopic crane, automatic levelling, wireless control

1 Introduction

The mobile hydraulic platform is a device used to provide temporary access to people or equipment in locations which are difficult to access. The malfunctioning of the mobile hydraulic platform was the reason for this proposed project. The mobile platform (shown in *Figure 1*) has had a malfunctioning operating computer, which consequently meant that the platform could not be used. The original control system and the corresponding algorithm were manufactured in the early 90's of the last century, when the platform control was possible only from the basket. The old control system

was then replaced with a PLC device (Siemens S7-1200 version). As for the original functions, not only were they restored, but new functions were built in as well. By incorporating a biaxial inclinometer, automatic levelling of the platform undercarriage was enabled, while building in a wireless module made it possible to manage the crane from an arbitrary location. Lastly, by designing a new operating al-

gorithm (together with the existing sensory evaluation) a higher level of safety was achieved.

2 Control system before reconstruction process

The control of mobile hydraulic working platforms can be mechanical or electrical. One form of mechanical control is the indirect control in which one uses a control

Domagoj Antić, mag. ing. mech., Zvonimir Lažeta, mag. ing. mech., Ph.D. Željko Šitum, full professor, all University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture



Figure 1. Mobile hydraulic platform Wumag WT 225



Figure 2. Cabinet for levelling process and main distribution cabinet before reconstruction

stick of the intermediate 4/3 valve to control the stroke of the main proportional valve and achieves the movement of a specific actuator. Another form of mechanical control is the usage of steel ropes. One side of the steel rope is tied to the control stick, while the other one is tied to the proportional valve. The advantage of mechanical control is a stronger robustness than with the electrical one, and the disadvantage is the lack of process automatization. The other form of platform control is electrical control, meaning that potentiometers, which measure the deflection of the stick, were built into the control stick, the signal from the potentiometer being transported via cable to the PLC. The operating computer, dependent on the stick deflection, sends out a signal (PWM) to the proportional solenoid which moves the valve spool. The advantages of this kind of control are: a more precise actuator moving speed control (in comparison to the mechanical one), the possibility of process automatization, etc. The disadvantage is the potentiometer contact drift, which makes it necessary to recalibrate the system.

The work platform under consideration was manufactured by Wumag (model: WT 225) and it is placed on the Mercedes-Benz 811 model. The platform was the first model in which the mechanical control of the distributor was replaced by the electrical control system (see Figure 2), and the transition to the

latter was accompanied by certain problems. For example: upon ceasing to apply commands to the control stick, the platform continues to move for approximately two seconds, which is extremely dangerous if one is working close to an obstacle. In addition, during work the computer loses the information on the current position of the platform (in space), which makes it impossible for the platform to continue to operate. The consequence is that the platform (and the staff on the platform) remains at this height until a licensed operator arrives and manually lowers the platform to the transport position. All these reasons indicate that the problem lies within the operating computer and/or the operating program. The factory computer cannot be accessed due to its specific manufacturing and programming, so another solution needed to be found in order to remove the aforementioned difficulties.

■ 3 Reconstruction process of the mobile hydraulic platform

• *Automatic levelling of the hydraulic platform*

In the old process the levelling of the truck was done manually: the operator controlled every stabilizer individually using the handles of mechanically activated distributors and the inclination of the truck was monitored via a circular libelle (bubble level).

In the new process the levelling will be done automatically: the operator will have at his or her disposal two buttons for levelling activation or returning the platform to a transport position. In concordance with the operator's choice, a specific algorithm will be activated within the PLC and the desired activity will be performed. In order to achieve automatic levelling, instead of distributors with manual activation, classical distributors with mechanical and electrical activation will be built in (Figure 3). The mechanical activation of the distributors next to the electrical activation, serves as an alternative if the electrical activation fails. The measuring element which serves as the recurrent connection of the desired operating algorithm is a biaxial inclinometer placed in the area of the undercarriage of the truck.

The goal of the automatic levelling process is to bring both of the angles within the $\pm 0,3^\circ$ area. In the case of manual levelling the accuracy that could be achieved was $\pm 1^\circ$ which is three times worse. One controls the stabilizer pull-out speed, and regulates the two angles of the shift. The additional mitigating circumstance is that the pullout speed is low in comparison to the distance of the stabilizers. Furthermore, regarding the minimal exchange of the hydraulic components, one should take into consideration the limitations imposed on us with this hydraulic setup: the flow on each of the stabilizers has not been defined;



Figure 3. Cabinet for automatic levelling after reconstruction procedure, hydraulic distributors for nivelation process and circular libelle

instead, one is dealing with a single flow (as well as the pressure). It is necessary to prevent stabilizer separation from the bottom. With manual operating it is quite common for the truck "to be left" with only 3 stabilizers (instead of 4) due to the fact that the operators activate one stabilizer at a time. The electrical distributors are in the classical process, which presents a significant limitation. Due to the possibility of placing the spool in end positions exclusively, the regulator reference must be of binary nature (0 or 1). Physically the logical signal manifests itself as a 0V or 24V charge. If the regulator output must be logical, then the regulator will have to be logical as well.

• **Wireless control of the hydraulic platform with telescopic crane**

The reconstruction of the work platform is based on the electrical installation add-on, replacement of the operating computer and the implementation of wireless control. With the rental function of the platform for movie recording, large commercial posters replacement, placement of the antenna posts, construction work on residential buildings and all other activities in which the operator in a basket is obsolete, it is necessary to implement a wireless operating platform in order to control the system outside the basket. It is worth mentioning that the wireless con-

trol eliminated the cyclical need of the telescope cables replacement (which is a part of the maintenance plan), and the cost of this work was worth thousands of euros.

In the process of reconstruction the following equipment was built in (Figure 4):

- PLC device (Siemens S7-1200, model 1217),
- SCALANCE transmitter and receiver,
- Charge stabilizer,
- Analogue input modules,
- Digital input and output modules,
- Power amplifiers (for PWM outputs),
- Relays,
- The operating console and elements for the activation of individual functions.

The basket control requires previous successful work platform levelling. The operator primarily moves away/lifts the crane telescope from the saddle plates in order to prevent the collision of the saddle plates and the telescope, since the rotation of the telescope while



Figure 4. Main distribution cabinet after reconstruction procedure

it is mounted on the saddle plate, results in its breakage. The rotation of the work platform is program-disabled until the telescope leaves the saddle plate. The information on the telescope position is provided by the inclination sensor (single-axis inclinometer) which is built into the telescope platforms. After the platform has left the air space of the saddle plate, the operator has all of the work platform manipulation functions at his or her disposal. In other words, the operator can by choice pull out the platform, lift it or rotate it. Apart from the inclination telescope sensor, the work platform has four other pressure sensors which measure the pressure of the oil in the hydraulic cylinder for lifting and lowering the work platform telescope. The two sensors measure the pressure in the chamber for the cylinder pullout, and the other two sensors measure the pressure in the chamber for the cylinder retraction. Every chamber also has extra sensors in case one of the sensors from any of the previously mentioned sensor groups malfunctions. In this way the system can continue to function with a warning that some repair is necessary. The pressure sensors are necessary because they detect which force is appearing on the cylinder piston. Together with the information provided by the telescope inclination sensors and the pressure sensors in the telescope lift cylinder, it is necessary to program the anti-capsizing protection of the work platform. Points in space are defined with the help of experimental measuring, which are then used to construct a curve which is identical to the one defined by the manufacturer in the work diagrams. The work diagram is the graphic depiction of the space in which the movement of the work platform is allowed. When the operator brings the platform to the edge of the work space, the anti-capsizing protection is activated, meaning further pullout and the lowering of the telescope are disabled and the yellow light on the operating console is turned on, signaling the border position of the work platform. ro-



Figure 5. Operating console for the remote control of the mobile hydraulic platform

tation is enabled because it does not affect the stability of the work platform. The light turns on in order to inform the operator that further distancing from the undercarriage is not possible. Alongside this form of protection, there is the telescope impact protection in the cabin of the vehicle. On the work platform flange there are two micro-switches which detect whether the telescope is close to the cabin. If one of the micro-switches is activated, this symbolizes the lateral access to the cabin of the vehicle, and if both are activated this means that the work platform is above the cabin. Should the operator press the control stick to lower the telescope of the work platform onto the cabin of the vehicle, the algorithm will prevent any further descend. With the aforementioned protection, there is also the type of protection which disables the impact of the basket against the telescope of the work platform, that is, if the inclination is less than 15° the rotation of the basket is disabled. If it were not so, the basket would then hit the work platform telescope. If the basket is not in the central position, and the operator wishes to lower the work platform telescope under 15° , a green light turns on on the operating console, and further lowering is not possible until the basket's initial position is restored. The blinking notifies the operator that the basket is not in the central position. Furthermore, on the operating console there are buttons for turning the internal combustion engine

(ICE) on and off. Of course, there is an impact switch added to the console (called "the mushroom") which is activated by the operator in case of an accident. By activating the impact switch, the ICE shuts down and all of the PLC outputs are deactivated. The operating console for the remote control of the mobile hydraulic platform is shown in Figure 5.

■ 4 Mobile hydraulic platform demonstration

A good way to gain insight into the demonstration mode is to watch the recording at the following URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8djCEq4THiY&feature=youtu.be> in which the functionality and the actual behaviour of the entire crane are observable. The video shows the automatic levelling, and later on the manipulation of the work platform using wireless communication.

■ 5 Conclusion

The automatic levelling facilitates the usage of the crane and raises its productivity levels. The advantage of automatic levelling is an algorithm which enables the use of classical distributors with electromagnets instead of very expensive proportional distributors. The choice for this particular process of automatic levelling was closely connected to the objective of easier implementation regarding cranes/tracked vehicles of other dimensions. After installation of standard equipment, maintenance of the

work platform is simplified, which significantly reduces exploitation costs. If someone wants to install a new function into the process, it is now easier because of the achieved modularity and software standardization. The next step in the development of this project is the operation of the platform with external coordinates. In the regime of working with external coordinates, the operator would use the control sticks to define the moving speed. Furthermore, there is a possibility for the operator to memorize a specific position in space by clicking on a button, and if he or she should wish to return to this position, they would just have to press the button and the platform

would be returned to that particular position. In addition, a function for restoring the telescope in the transport position (saddle plate) can be built in.

References

- [1] H. Berger: Automating with SIMATIC, 3rd revised edition, Publicis Corporate Publishing, Berlin and Munich, 2006.
- [2] Siemens: SIMATIC S7-1200 Programmable controller, System manual, 2009.
- [3] R.H. Warring: Hydraulic Handbook, 8th ed., Trade & Technical Press Ltd., 1983.
- [4] G. Nikolić, J. Novaković: Hidraulika, Školske novine Zagreb, 2006.

- [5] D. Antić: Automatic levelling of a hydraulic platform with crane, M.Sc. Thesis M.E., University of Zagreb
- [6] Z. Lažeta: Wireless control of a mobile hydraulic platform with telescopic crane, M.Sc. Thesis M.E., University of Zagreb

Information about authors:

Domagoj Antić, mag. ing. mech.,
Zvonimir Lažeta, mag. ing. mech.,
Ph.D. Željko Šitum, full professor.
University of Zagreb, Faculty of
Mechanical Engineering and Naval
Architecture
Ivana Lučića 5, 10000 Zagreb,
Croatia

Avtomatsko niveliranje in brezžično krmiljenje mobilne hidraulične platforme s teleskopskim dvigalom

Izvleček: Mobilna hidraulična platforma je naprava namenjena začasemu dviganju oseb in opreme na nedostopna mesta, pogosto visoko nad tlemi. Običajno se z dvigalom opravlja iz delovne platforme s strani pooblaščenega operaterja, kar je večkrat problem, ker mora operater hkrati opravljati še delo drugih oseb (npr. snemanje filmov, dela v mestih, ...). Z vidika vzdrževanja platforme se pogosto pojavljajo tudi poškodbe ožičenja, ki je napeljeno skozi teleskop hidrauličnega dvigala. Poškodbe ožičenja v veliki meri vplivajo na razpoložljivost dvigala, zato je želja, da je verjetnost njihovega pojava čim manjša. Z željo po povečanju učinkovitosti sistema je bila izvedena rekonstrukcija hidraulične dvigne platforme z avtomatskih niveliranjem in brezžičnim krmiljenjem, ki hkrati onemogoča prevrnitev. Za PLC krmilnik je bil izdelan program, ki omogoča še dodatne prednosti takega sistema.

Ključne besede: mobilna hidraulična platforma, teleskopsko dvigalo, avtomatsko niveliranje, brezžično krmiljenje

Acknowledgement

The authors acknowledge the financial support of the company ŠI-LA-CO which provided workspace, tools and all the required equipment for the realization of this project for mutual benefit. The authors would also like to thank Mr. Dalibor Marković from Siemens Croatia who carefully listened to our plan in the beginning and provided advice for the realization of our project.



**NEPOGREŠLJIV
VIR INFORMACIJ
ZA STROKO**

**VSAKA DVA MESECA
NA VEČ KOT
140 STRANEH**



Vodnik skozi množico informacij

- proizvodnja in logistika • obdelava nekovin • orodjarstvo in strojogradnja
- vzdrževanje in tehnična diagnostika • varjenje in rezanje • napredne tehnologije

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[™]



Shafer[®]



Testiranje hidravličnih filtrirnih materialov po standardu

Franc MAJDIČ, Anže PETERLIN, Matej TOMŠIČ

Izveček: Čistoča hidravlične kapljevine je ključnega pomena za dolgotrajno brezhibno delovanje hidravličnih strojev in naprav. Več dejavnikov vpliva na čistočo, vendar je praviloma na prvem mestu uporaba ustreznih hidravličnih filtrov. V prvem delu prispevka je predstavljen kratek pregled standarda ISO 16889 s priporočili za določitev testnih parametrov preizkuševališča. Na podlagi priporočil iz standarda je bilo izdelano preizkuševališče za testiranje filtrirnih materialov - membran. Na koncu so predstavljeni rezultati prvih testov filtrirne membrane.

Ključne besede: hidravlično olje, čistoča, filtri, standardizirani testi

■ 1 Uvod

Hidravlični sistemi služijo krmiljenju in prenosu energije na različnih področjih – od raznovrstne industrije, avtomobilizma, gradbene mehanizacije, kmetijske mehanizacije, ladjedelništva do letalstva itd. Pri sodobnih hidravličnih strojih in napravah je hidravlična kapljevina ena od pomembnejših sestavin. Zato moramo zagotoviti glede na sestavine in priporočila proizvajalca primerno hidravlično kapljevino, nadzorovati njeno stopnjo čistosti ter jo v primeru kontaminacije filtrirati. Kontaminacija hidravlične kapljevine je velik problem, saj s tem prihaja do obrabe sestavin, korozije, spremembe stanja, nastanka mikroorganizmov itd. Taki vplivi zmanjšujejo uporabno dobo sestavin in celotnega sistema, zmanjšujejo zanesljivost, natančnost itd. Zato je zelo pomembno, da smo sposobni vzdrževati potrebno stopnjo čistosti kapljevine. Čistočo hidravličnih kapljevina zagotavljamo s kvalitetnimi filtri [1, 2]. Za testiranje

filtrrov se uporablja mednarodni standardizirani večprehodni (ang. multi-pass) test (SIST ISO 16889), ki omogoča različnim proizvajalcem skupen testni format, s katerim lahko primerjajo učinkovitost delovanja različnih filtrov. Uporabnikom omogoča, da med seboj primerjajo beta vrednosti za filtre različnih proizvajalcev in s tem lažje izberejo primeren filter za njihove potrebe. Kot kontaminant se v testu uporablja ISO srednji testni prah (ISO 12103-A3), ki ima najbolj po standardu enakomerno porazdelitev velikosti delcev in je dostopen po vsem svetu. Učinkovitost filtra se določi s štetjem količine delcev pred testiranim filtrom in za njim z avtomatskimi števci delcev.

■ 2 Standardizirani postopek testiranja filtrov

Standard SIST ISO 16889 predpisuje postopek testiranja hidravličnih filtrov. Za izvedbo testa posameznega filtra potrebujemo: štoparico, avtomatski števec delcev, srednji testni prah (MTD), mineralno hidravlično olje in preizkuševališče (slika 1). To je sestavljeno iz filtrirnega testnega sistema in sistema za doziranje kontaminantov.

Filtrirni testni sistem (desni del D na sliki 1) je sestavljen iz rezervoarja z nagnjenim dnom (poz.

1-D), črpalke s spremenljivo iztisnino (poz. 2-D), merilnika pretoka (poz. 7-D), merilnika temperature (poz. 9-D), merilnika diferencialnega tlaka (poz. 11-D), dveh števec delcev (poz. 4-D), merilnika tlaka (poz. 12-D), dveh enostavnih tokovnih ventilov (poz. 5-D), toplotnega izmenjevalnika (poz. 8-D), filtra za zagotavljanje začetne čistoče z dvema krogelnima ventiloma (poz. 6-D), testiranega filtra (poz. 3-D), krogelnega ventila (poz. 10) ter hidravličnega olja. Filtrirni sistem ne sme biti občutljiv na kontaminirano hidravlično olje in nanj ne sme vplivati. Predvidena morajo biti mesta za odvzem vzorca kapljevine pred testnim filtrom in za njim.

Sistem za doziranje kontaminantov v hidravlično olje (levi del L na sliki 1) je sestavljen iz rezervoarja z nagnjenim dnom (poz. 1-L), črpalke (poz. 2-L), čistilnega filtra za zagotavljanje začetne čistoče olja pred začetkom testa z dvema krogelnima ventiloma (poz. 6-L), toplotnega izmenjevalnika (poz. 8-L), tokovnega ventila (poz. 5-L), merilnika pretoka (poz. 7-L), merilnika temperature (poz. 9-L) in krogelnega ventila (poz. 10). Dozirni sistem ne sme biti občutljiv na kontaminirano hidravlično olje in nanj ne sme vplivati. Predvideno mora biti mesto za odvzem vzorca kapljevine (poz. 10-L).

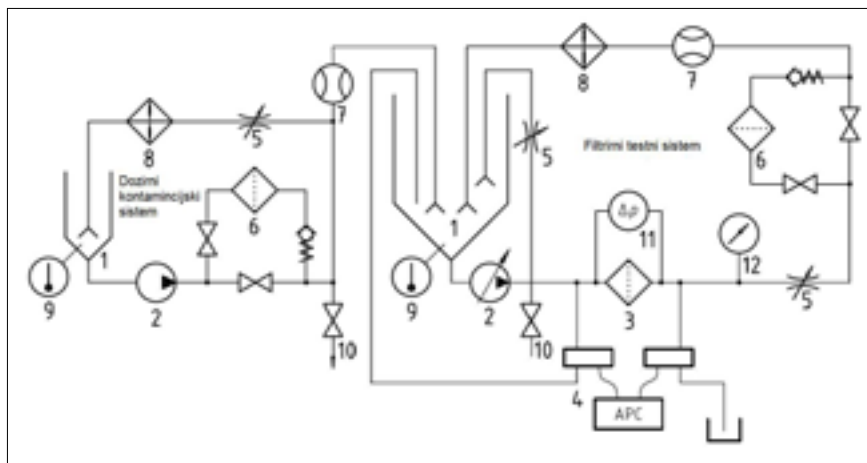
Doc. dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž., Anže Peterlin, dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Matej Tomšič, TRM Filter, d. o. o., Ljubljana

Natančnost meritev in pogoje testiranja podaja preglednica 1. Specifične testne parametre je potrebno držati znotraj omejitev, podanih v preglednici 2, v odvisnosti od izbrane pogoja izvajanja testa.

Validacijski postopki razkrijejo učinkovitost preizkuševališča za testiranje filtrov. Ločeno validiramo testni filtrirni sistem in dozirni sistem. **Validacija testnega filtrirnega sistema** poteka pri najnižjem hidravličnem toku, pri katerem bo sistem testiranja filtra še deloval. Volumen olja v filtrirnem sistemu mora biti v območju med $\frac{1}{4}$ in $\frac{1}{2}$ pretoka črpalke v eni minuti, vendar ne manjši od 5 l. Če je pretok olja v testnem sistemu manjši ali enak 60 l/min, je priporočljivo, da je volumen sistema enak $\frac{1}{2}$ pretoka v eni minuti. Če pa je pretok večji od 60 l/min, pa naj bo volumen sistema enak $\frac{1}{4}$ pretoka v eni minuti. Preveriti je treba, da je pretok skozi števec delcev enak vrednosti, ki je bila uporabljena za kalibracijo števca delcev in znotraj območja, podanega v preglednici 1. Kapljevina naj v sistemu kroži 1 uro, pri tem pa je potrebno stalno meriti število delcev pred filtrom. V istem časovnem intervalu, ki ne sme odstopati za več kot 1 minuto, se izmeri in zabeleži število delcev v skupnem času 60 minut.

Validacija je uspešna, če posamezno število delcev določene velikosti ne odstopa za več kot 15 % od celotne povprečne vrednosti števila delcev za to velikost delcev in če so povprečne vrednosti kumulativne porazdelitve delcev na mililiter znotraj sprejemljivega območja, prikazanega v preglednici 3.

Validacija sistema za doziranje kontaminantov poteka tako, da najprej preverimo kontaminirani sistem pri največji gravimetrični stopnji ter pri največjem in najmanjšem dozirnem pretoku. Nato ustrezno predhodno računsko določeno količino testnega prahu stresemo v določen volumen olja. Sledi 15-minutno kroženje pripravljene zmesi olja in delcev v kontaminiranem sistemu. Pretok olja mora biti v območju ± 5 % od predpisanega po standardu.



Slika 1. Hidravlična shema preizkuševališča kontaminacijskega sistema za testiranje filtrov [3]

Preglednica 1. Zahtevana natančnost instrumentov in odstopanja meritev [3]

Testni parametri	Enota	Natančnost merilnega instrumenta (\pm)	Dovoljeno odstopanje (\pm)
Prevodnost	pS/m	10 %	–
Diferencialni tlak	bar	5 %	–
Osnovni gravimetrični nivo	mg/l	–	10 %
Pretok			
Dozirni pretok	ml/min	2 %	5 %
Testni pretok	l/min	2 %	5 %
Pretok čez št. delcev	l/min	1,5 %	3 %
Kinematična viskoznost	mm ² /s	2 %	1 mm ² /s
Teža	g	0,1 mg	–
Temperatura	°C	1 °C	2 °C
Čas	s	1 s	–
Volumen			
Dozirni sistem	l	2 %	–
Filtrirni testni sistem	l	2 %	5 %

Preglednica 2. Testni pogoji [3]

Testni pogoji	Pogoj 1	Pogoj 2	Pogoj 3
Začetni nivo kontaminacije testnega filtrirnega sistema	Manj kot 1 % pri izbranem pogoju za najmanjšo velikost delcev, določeno v preglednici 3		
Začetni nivo kontaminacije dozirnega sistema	Manj kot 1 % od dozirnega gravimetričnega nivoja		
Osnovni gravimetrični nivo, mg/l	3 \pm 0,3	10 \pm 1,0	15 \pm 1,5
Priporočene štete velikosti delcev	Najmanj pet različnih velikosti delcev. Tipične merjene velikosti so: 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 20, 25, 30 μ m(c).		
Metoda štetja delcev	Avtomatični števec delcev, nameščen neposredno na merilnem mestu preizkuševališča		

Preglednica 3. Sprejemljive kumulativne porazdelitve delcev na mililiter [3]

Testni parametri	Testni pogoj 1 (3 mg/l)		Testni pogoj 2 (10 mg/l)		Testni pogoj 3 (15 mg/l)	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
1	104000	128000	34000	426000	522000	639000
2	26100	31900	86900	106000	130000	159000
3	10800	13200	36000	44000	54000	66000
4	5870	7190	19600	24000	29400	35900
5	3590	4390	12000	14600	17900	22000
6	2300	2830	7690	9420	11500	14100
7	1510	1860	5050	6190	7570	9290
8	1010	1250	3380	4160	5080	6230
10	489	609	1630	2030	2460	3030
12	265	335	888	1110	1340	1660
14	160	205	536	681	810	1020
20	46	64	155	211	237	312
25	16	27	56	86	87	126
30	6	12	21	40	34	58
40	1,1	4,5	4,4	14,2	7,9	20
50	0,15	2,4	1	7,6	2,4	11

V štirih enakih časovnih intervalih (npr. po 30 min, 60 min, 90 min in po 120 min) je potrebno meriti pretok in vzeti vzorec olja ter opraviti gravimetrično analizo. Na koncu validacijskega testa je potrebno izmeriti še volumen dozirnega sistema, kar je obenem tudi najmanjši validacijski volumen (V_v). Validacijski test je uspešen, če je gravimetrični nivo vsakega vzorca znotraj $\pm 10\%$ gravimetričnega nivoja, določenega po standardu, če je dozirni pretok v mejah znotraj $\pm 5\%$ določenega pretoka in če je končni volumen olja v

dozirnem sistemu znotraj $\pm 10\%$ začetnega volumna.

Pred začetkom testiranja posameznih filtrskih vložkov moramo preveriti še skladnost tlačnega testa filtra (po SIST ISO 2942), testni pretok skozi filter, padec tlaka v odvisnosti od pretoka, nazivno propustnost filtra in predvideno kapaciteto prevzema filtra (M_e). Pred začetkom testa je treba preveriti, da bo ves predvideni pretok kontaminirane kapljavine tekel skozi testirani filtrski vložek (in ne po obtoku).

Preglednica 4. Seznam uporabljenih simbolov za preračun testnega filtrirnega sistema [3]

Oznaka	Enota	Pomen
G'_i	mg/l	Zaželen dozirni gravitacijski nivo
G'_b	mg/l	Zaželen dovodni gravitacijski nivo
M	g	Masa kontaminantov za doziranje
M_e	g	Dosežena kapaciteta filtra (masa doziranja)
q	l/min	Pretok skozi testni filter
q'_i	l/min	Zaželen pretok doziranja kontaminantov
t'	Min	Predvideni čas testiranja
V_{min}	l	Najmanjši potreben dozirni volumen kontaminantov
V_{ii}	l	Začetni izmerjeni volumen doziranja kontaminantov

Priprava sistema za doziranje kontaminantov

V tem podpoglavju je uporabljenih deset enačb. V enačbah uporabljene enote so podane v preglednici 4.

Najprej iz preglednice 2 izberemo želeni osnovni gravimetrični nivo (G'_b) tako, da bo predvideni testni čas izračunan po enačbi (1) med 1 in 3 urami. M_e je predvidena kapaciteta filtra, q pa testni pretok kontaminiranega olja.

$$t' = \frac{1000 \times M_e}{G_b \times q} \quad (1)$$

Izračunamo najmanjši potrebni volumen olja v dozirnem sistemu (enačba 2), ki je skladen s predvidenim testnim časom in želeno vrednostjo dozirnega toka.

$$V_{min} = (1,2 \times t' \times q'_i) + V_v \quad (2)$$

Po enačbi (3) izračunamo želeni gravimetrični nivo dozirnega sistema kapljavine.

$$G'_i = \frac{G_b \times q}{q'_i} \quad (3)$$

Začetni volumen kontaminiranega dozirnega sistema (V_{ii}) prilagodimo volumnu V_{min} , izračunanem po enačbi (2).

Po enačbi (4) izračunamo količino testnega prahu, potrebne za kontaminacijo sistema.

$$M = \frac{G'_i \times V_{ii}}{1000} \quad (4)$$

Preden dodamo testni prah (po ISO 12103-A3), je treba preveriti, da je predhodni nivo kontaminacije manjši od vrednosti, podanih v preglednicah 2 in 3.

Sledi priprava kontaminiranega dozirnega sistema z volumnom kapljavine V_{ii} in količino testnega prahu M . Priprava kontaminiranega sistema mora biti izvedena po postopku, ki je bil predhodno opisan v razdelku Validacija sistema za doziranje kontaminantov.

Sledi še nastavitev dozirnega pretoka znotraj območja $\pm 5\%$ od izračunane vrednosti V_{min} . Ta pretok

je treba zagotavljati v zahtevanem območju čez celotni test.

Priprava filtrirnega testnega sistema

Najprej namestimo ohišje filtra brez filtrirnega elementa na preizkuševališče ter izločimo zrak.

Priporočeno je, da je prevodnost uporabljene kapljevine v območju med 1000 pS/m in 10000 pS/m (po ASTM D-4308-95). To se lahko zagotavlja z dodajanjem antistatičnega dodatka kapljevini.

Kapljevina naj cirkulira v testnem filtrirnem sistemu pri ustreznem pretoku in temperaturi, da je viskoznost kapljevine v območju 15 mm²/s +/- 1 mm²/s. Pri pretoku olja z viskoznostjo v določenem območju je potrebno izmeriti temperaturo in diferencialni tlak ohišja filtra brez filtrirnega elementa (po ISO 3968).

Nato je potrebno prilagoditi celotni volumen filtrirnega testnega sistema tako, kot je opisano v razdelku Validacija testnega filtrirnega sistema.

Priprava na začetek testiranja filtra

Najprej vstavimo filtrirni element v ohišje in ga izpostavimo predhodno določenim testnim pogojem – ustreznemu toku in temperaturi.

Izmerimo tlačno razliko pri pretakanju skozi čist filtrirni sestav. Nato izračunamo tlačno razliko pri pretakanju skozi čist filtrski vložek kot razliko med tlakom pri pretakanju skozi čist filtrirni sestav in tlakom pri pretakanju skozi prazno ohišje filtra.

Izračunamo tlačno razliko filtrirnega sestava, ki je vsota trenutne tlačne razlike skozi filtrski element in ohišje.

S števcem delcev nato izmerimo in zabeležimo začetni nivo kontaminacije v sistemu pred testnim filtrirnim elementom.

Ko je nivo kontaminacije pred testnim filtrom nižji, kot je zapisano v preglednicah 2 in 3, zapremo obtok

skozi dodatni čistilni sistemski filter.

Nato vzamemo vzorec olja iz dozirnega kontaminiranega sistema in ga označimo kot »začetni dozirni gravimetrični vzorec«.

Sledi še kontrola dozirnega pretoka. Dozirni pretok je potrebno zaradi zahtev standarda stalno meriti in po potrebi prilagajati.

Postopek testiranja filtra

- Odpremo dovod kontaminirane kapljevine iz dozirnega sistema v rezervoar testiranega filtrirnega sistema.
- Začnemo meriti čas – začne se testiranje.
- Preusmerimo povratni tok kapljevine od testnega sistema k dozirnemu in tako ohranimo konstantni volumen kapljevine v testnem filtrirnem sistemu (v območju +/-5 %).
- Izmerimo čistočo pred testiranim filtrom in za njim. Najbolje je, če imamo pred testiranim filtrom in za njim svoj števec delcev. Če delamo samo z enim števcem delcev, pa čas med merjenjem pred filtrom in za njim ne sme biti daljši od ene minute. Čistočo pred filtrom in za njim merimo intervalno, dokler ne dosežemo tlačne razlike skozi filter, kot je zapisano v razdelku Priprava na začetek testiranja filtra.
- V času testa izvedemo deset meritev čistoče pred filtrom in za njim v enakih časovnih intervalih.
- Pred vsako vmesno meritvijo čistoče najprej izmerimo tlačno razliko pri pretakanju skozi filtrirni sestav.
- Pred testiranim filtrom vzamemo vzorec za gravimetrično analizo, ko diferencialni tlak filtrirnega sestava doseže 80 % dopustnega tlaka.
- Ko dosežemo dopustno tlačno razliko skozi filter, ustavimo meritve in zabeležimo čas izvajanja testa.
- Izmerimo in zapišemo končni volumen kapljevine v filtrirnem testnem sistemu (V_{tp}).
- Izmerimo in zapišemo končni volumen kapljevine v dozirnem

kontaminiranem sistemu (V_{ip}).

- Vzamemo vzorec olja iz dozirnega sistema za gravimetrično analizo.
- Preverimo, če so se med testom pojavile vidne poškodbe filtrskega elementa.

Vrednotenje rezultatov testiranja filtra

Najprej izračunamo povprečne vrednosti števila delcev pred filtrom (enačba 5) in za njim (enačba 6) za različne velikosti delcev, x , za vsako od desetih časovnih period:

$$\bar{N}_{u,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{u,x,t}}{n} \quad (5)$$

$$\bar{N}_{d,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{d,x,t}}{n} \quad (6)$$

Pri tem je n število štetij v specifični časovni periodi.

Nato po enačbi (7) izračunamo vrednosti beta ($\beta_{x,t}$) za vseh 10 časov z deljenjem povprečnega števila delcev pred filtrom s povprečnim številom delcev za filtrom za različne velikosti delcev, x .

$$\beta_{x,t} = \frac{\bar{N}_{u,x,t}}{\bar{N}_{d,x,t}} \quad (7)$$

Število delcev, zapisano v povprečnih vrednostih, se uporabi za izračun povprečnega filtrirnega razmerja (β). Beta vrednosti ne smemo računati v povprečja. Sledi izračun povprečne vrednosti števila delcev pred filtrom (enačba 8) in za njim (enačba 9) za celotni čas merjenja.

$$\bar{A}_{u,x} = \sum_{i=1}^{100} \bar{N}_{u,x,t} \quad (8)$$

$$\bar{A}_{d,x} = \sum_{i=1}^{100} \bar{N}_{d,x,t} \quad (9)$$

Končno povprečno filtrirno razmerje beta ($\bar{\beta}_{x(c)}$) izračunamo po enačbi (10) z deljenjem končnega povprečnega števila delcev pred filtrom s končnim številom delcev za filtrom za vsako velikost delcev (x).

$$\bar{\beta}_{x(c)} = \frac{\bar{A}_{u,x,t}}{\bar{A}_{d,x,t}} \quad (10)$$

■ 3 Preizkuševališče

V Laboratoriju za fluidno tehniko smo zasnovali prototipno preizkuševališče za testiranje filtrirnih

materialov in vložkov po standardu SIST ISO 16889. Na *sliki 2* je prikazano preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran. Glavni rezervoar sistema z glavno črpalko (poz. 1) predstavlja testni filtrirni del preizkuševališča. Črpalko poganja elektromotor (poz. 2). Na glavnem rezervoarju je pritrjeno stojalo, na katerem je dozirni rezervoar oz. lijak (poz. 3 in 4). Za merjenje čistoče pred testirano filtrirno membrano in za njo (poz. 7) z enim števcem delcev (poz. 6) uporabljamo 3/2-potni ventil (poz. 5), ki ga na 4,5 minute preklaplja časovnik (poz. 9). S tlačnim omejitelnim ventilom (poz. 8) kontroliramo tlak znotraj filtrirnega ohišja, v katero vstavljamo testirane membrane (poz. 7).



Slika 2. Hidravlično preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran po standardu

4 Rezultati meritev

Pri testiranju posameznih membran sta količina dodanega testnega prahu in testni čas odvisna od kontaminacijske prevzemnosti posamezne membrane. Testiranec je v filtrirnem ohišju sestavljen v

naslednjem vrstnem redu od spodnjega dela navzgor: perforirana kovinska podporna plošča, plastična mrežica, fina papirnata mrežica, filtrirna membrana premera 80 mm. Dovod olja je bil z zgornje strani ohišja, torej s strani testirane membrane. Prispevek prikazuje rezultate testa membrane A z dodajanjem 1,312 g testnega prahu (MTD po ISO 12103-A3) in časom

testiranja 65 minut. Meritev smo trikrat ponovili.

Za določitev β -vrednosti vzamemo srednje vrednosti po standardu SIST ISO 4406 in izračunamo povprečno vrednost za vsako velikost delcev pred filtrom in za njim. Za izračun povprečnih vrednosti smo zajeli podatke iz vseh treh meritev membrane A. Tako dobimo rezultat izmerjenega povprečnega števila delcev pred filtrom in za njim (*preglednica 5*).

Iz dobljenih povprečnih izmerjenih vrednosti števila delcev (*preglednica 4*) lahko po enačbi (10) izračunamo vrednosti β za vse tri standardne velikosti delcev.

$$\bar{\beta}_4 = \frac{36307}{29830} = 1,21$$

$$\bar{\beta}_6 = \frac{16620}{13809} = 1,20$$

$$\bar{\beta}_{14} = \frac{1664}{1167} = 1,42$$

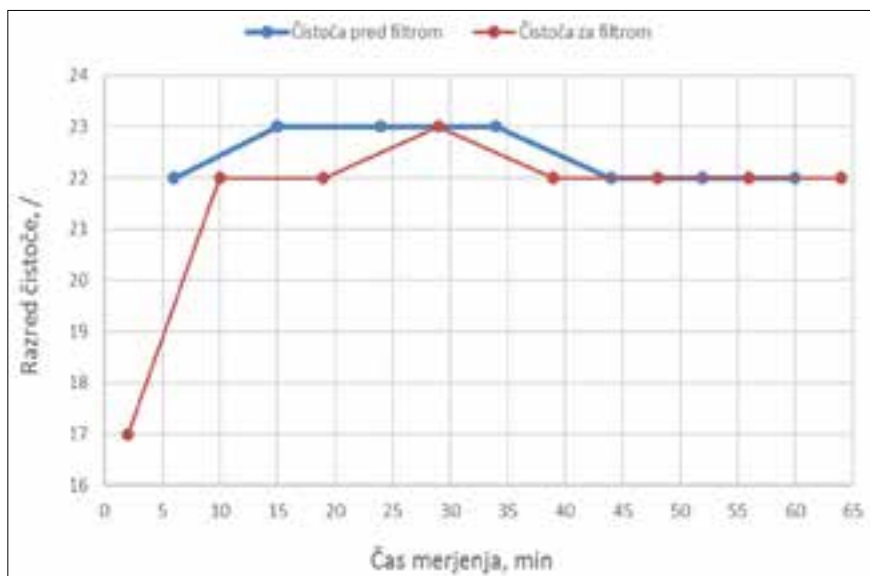
Slika 4 prikazuje izmerjeno čistočo po ISO 4406 med testiranjem membrane A za delce, večje od 4 μm , pred filtrom in za njim. Razvidno je, da je bila čistoča za filtrom od začetka testa pa do 38 minut testa v povprečju boljša kot pred filtrom za en razred. V zadnjem delu testa pa se čistoča ni več izboljševala, pred filtrom in za njim je bila izmerjena enaka. Zelo podobni rezultati so bili



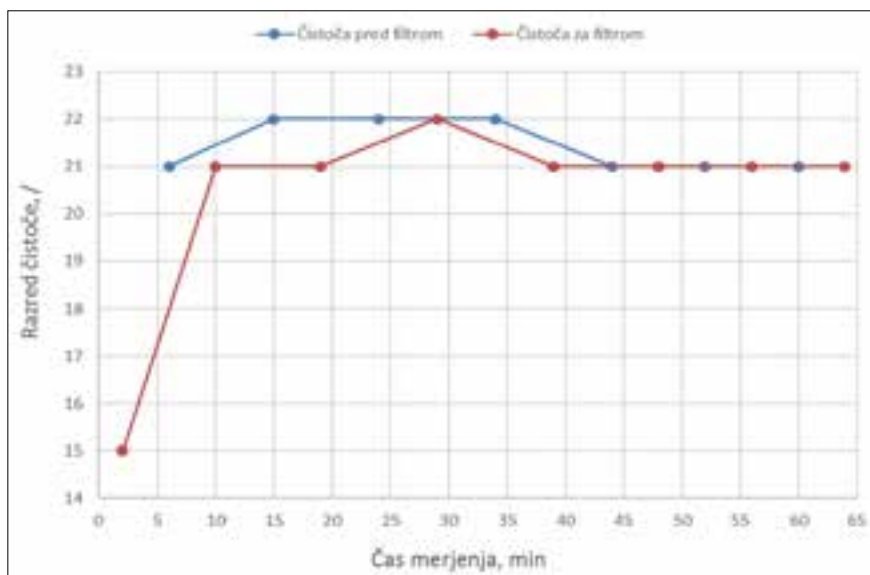
Slika 3. Mikroskopska slika 25-kratne povečave membrane A pred testom

Preglednica 5. Izračunane povprečne vrednosti delcev pred filtrom in za njim

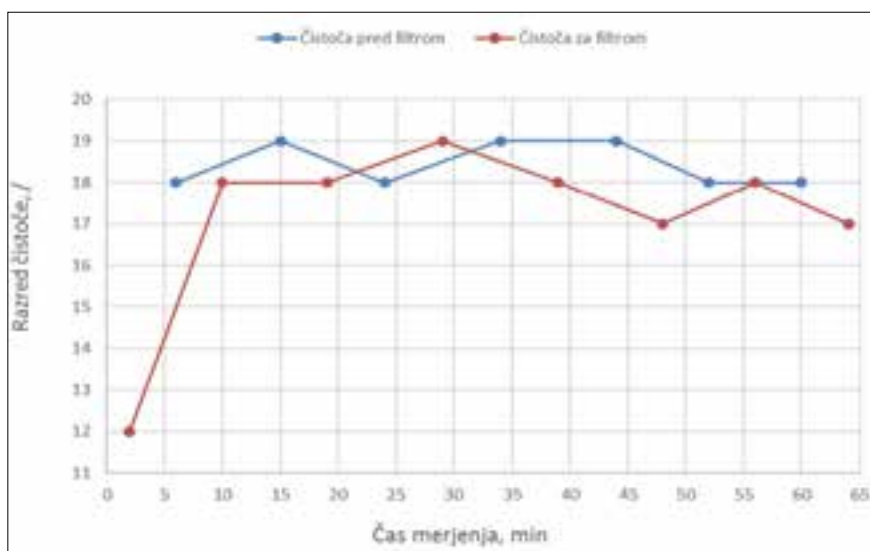
Pred filtrom			Za filtrom		
>4	>6	>14	>4	>6	>14
36307	16620	1664	29830	13809	1167



Slika 4. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 4 μm



Slika 5. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 6 μm



Slika 6. Izmerjena čistoča po ISO 4406 za delce, večje od 14 μm

izmerjeni tudi v primeru delcev, večjih od 6 μm. Razlika je le v tem, da je bilo delcev, večjih od 6 μm, v povprečju skozi celotno merjeno obdobje za 2-krat manj oziroma manj za en razred. Rezultat je v skladu s pričakovanji.

Slika 6 prikazuje izmerjeno čistočo po ISO 4406 pri testiranju membrane A za delce, večje od 14 μm. Po pričakovanju je bilo teh delcev v povprečju za 2 razreda manj kot tistih, ki so večji od 6 μm. Število delcev, večjih od 14 μm, je bilo v povprečju med 2- in 4-krat manjše za filtrom kot pred njim. Razlika med vstopom in izstopom je bila vidna v celotnem obdobju testiranja.

Na sliki 7 je prikazana fotografija testirane membrane A po končanem testu.

Prevzemnost filtrov je eden pomembnejših podatkov o njihovi kvaliteti. V preglednici 6 so prikazani rezultati tehtanja membrane pred testom in po njem. Razlika med maso nove namočene membrane in maso membrane po testu je zelo velika (2,239 g), čeprav smo v olje dodali zgolj 1,312 g testnega prahu. Razlog za to je verjetno v tem, da se nova membrana zaradi majhnih por ne napije olja, pač pa olje enostavno zdrsi s površine in neposredne mikroplastje izpod nje.



Slika 7. Testirana membrana A po zaključeni filtraciji

Preglednica 6. Stehtana masa membrane A pred testom in po njem

	Masa suhe membrane [g]	Masa nove membrane, namočene v olje [g]	Masa membrane po testu [g]	Razlika [g]
Membrana A	0,324	0,551	2,790	2,239

5 Zaključki

Prispevek predstavlja zahteve standarda SIST ISO 16889 za testiranje zmogljivosti hidravličnih filtrov. Na podlagi zahtev je bilo izdelano preizkuševališče za testiranje filtrirnih membran. Pri testu smo uporabili standardni testni prah (MTD) in števec delcev za analizo čistoče. Prispevek prikazuje rezultate testa membrane A po omenjenem standardu. Ugotavljamo, da je membrana A najbolj primerna za filtracijo

delcev, večjih od 14 μm . To trditev potrjujejo rezultati merjenja čistoče pred filtrom in za njim tudi tik pred zaključkom testa. Čistoča hidravlične kapljevine je bila v povprečju za filtrirno membrano za delce, večje od 14 μm , vedno boljša od čistoče pred njo.

Za teste smo uporabili zelo enostaven filtrirni material v samo eni plasti, zato so izmerjene β vrednosti bistveno nižje od tistih, ki jih nava-

jajo izdelovalci kakovostnih filtrov. Kvalitetni, serijsko izdelani filtri so običajno večplastni in nagubani.

Na podlagi koristnih izkušenj s preizkuševališča za testiranje filtrskih membran v Laboratoriju za fluidno tehniko pripravljamo večje, univerzalno preizkuševališče za testiranje različnih hidravličnih filtrov.

Literatura

- [1] Pezdinik, J., Majdič, F.: Hidravlika in pnevmatika, skripta; Ljubljana 2011
- [2] Findeisen, D.: Ölhydraulik, 5. Auflage, Berlin, 2005.
- [3] SIST ISO 16889:2001: Fluidna tehnika – Hidravlični filtri – Postopek "multi-pass" za ocenjevanje filtracijske sposobnosti filtrskega vložka.

Testing of hydraulic filter materials by standard

Abstract: Cleanliness of hydraulic liquid has one of the major role for long-term trouble-free operation of hydraulic machines and devices. Several factors affect the cleanliness, but hydraulic filters have normally the most important influence on it. There is a brief overview of standard ISO: 16889 with recommendations for setting test parameters and design of the test rig in the first part of the paper. Test rig for testing the filter membranes was designed based on the recommendations of the standard. The results of the first tests of the filter membrane are shown in the end.

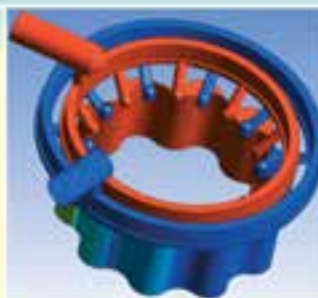
Keywords: hydraulic oil, cleanliness, filters, standard test

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Upravljamo 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.

Öbrnite se na nas, če potrebujete:

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



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



Upoštevanje človeka
je prvo pravilo robotike.



Man and Machine

www.staubli.si

Kaj če robot in človek (resnično) delata skupaj?

Poleg zagotavljanja učinkovitosti morajo biti roboti predvsem človekov partner. Roboti niso namenjeni zamenjavi človeka pač pa človeku v podporo preko enostavnega in učinkovitega sodelovanja. Staubli roboti delujejo hitro, natančno in varno. A v prvi vrsti v sodelovanju s človekom!

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

DOMEL[®]
Ustvarjamo gibanje

STÄUBLI

Vzroki za prisotnost zraka v hidravličnem sistemu

Darko LOVREC

Izvleček: Vzroki za številne nevednosti in nepravilnosti v delovanju hidravlične naprave ali pa za krajšo uporabno dobo mineralnega hidravličnega olja od pričakovane so v tesni povezavi s prisotnostjo zraka. Zrak se lahko v napravi pojavi zaradi najrazličnejših vzrokov in v različnih oblikah. Lahko je očem viden, saj se pojavlja v obliki pen ali elementarnih zračnih mehurčkov, lahko pa je »neviden«, saj je raztopljen v tekočini. V tem primeru ga v elementarni obliki opazimo šele kasneje, ko se spremenijo obratovalne (tlačne) razmere. Te pa so v ozki povezavi z zasnovno samega hidravličnega sistema in posameznih gradnikov. Na pojav zraka v hidravličnem sistemu pa vplivajo tudi uporabljano olje oz. vrsta hidravlične tekočine in njene fizikalno-kemične lastnosti.

V prispevku se bomo posvetili različnim oblikam zraka v hidravličnem sistemu, vzrokom za njihov nastanek in razumevanju mehanizmov njihovega nastanka. Posredno pa bomo na ta način tudi odgovorili na vprašanje, kako se pojavu zraka v hidravličnem sistemu izogniti. Zaradi številnih posledic prisotnosti zraka v hidravličnem sistemu tega povsem upravičeno uvrščamo med kontaminante.

Ključne besede: hidravlični sistem, zrak, kontaminant, aeracija, penjenje

■ 1 Zrak – pogost krivec za nevednosti

Zrak je lahko v hidravličnem sistemu v različnih oblikah: kot pene, ki se pojavljajo na površini olja v rezervoarju, kot zračni mehurčki različnih velikosti v samem olju v rezervoarju in posameznih gradnikih in kot raztopljen zrak. Prva dva pojavi oz. obliki prisotnosti zraka sta očem vidni, raztopljeni zrak pa ne.

Tako moramo že v osnovi razlikovati med pojavom pen na gladini tekočine v rezervoarju in zračnih mehurčkov v sami tekočini. Pene na gladini pravzaprav niso nevarne, saj v določenem času same izginejo, po daljšem času povsem (če preneha vzrok njihovega nastajanja), in jih črpalka ne poseja, nasprotno pa so zračni mehurčki zelo nevarni in običajno povzročajo številne nevednosti. Da se ob prisotnosti zra-

ka v napravi poveča stisljivost medija, kar posledično vpliva na samo delovanje hidravlične naprave (natančnost gibanja aktuatorjev, pojav nihanj, potreba po spremenjeni nastavitvi parametrov regulatorja ...), da je zmanjšana nosilnost oljnega filma, da ima zrak neugoden vpliv na staranje olja in prihaja do predčasne oksidacije olja ali pa celo do njegovega zažiganja, uničenja tesnil in posledično puščanja, da se pojavlja kavitacija na črpalki in drugih elementih ... tu ne bomo posebej izpostavljali. Podrobneje se bomo posvetili vzrokom nastanka pen in pojavu zračnih mehurčkov.

■ 2 Pojav pen in nagnjenost olja k penjenju

Pene, ki so se pojavile na gladini tekočine v rezervoarju, in zračne mehurčke v sami tekočini prikazuje *slika 1*. Iz izkušenj je znano, da pojav penjenja tekočine lahko povzroči:

- heterogena oz. neenotna sestava mešanice mineralnih olj. Znano je, da so močno heterogene mešanice bolj nagnjene k penjenju

kot pa tekočine z enotnejšo sestavo;

- prevelika površinska napetost tekočine. Da je oteženo pojavljanje pen na površini tekočine in da te hitro izginejo, površinska napetost ne sme biti prevelika;
- izbrana neprimerna viskoznost olja za določeno hidravlično napravo. Olja nižje viskoznosti so manj nagnjena k penjenju;
- izločen zrak pri podtlaku (npr. v sesalnem vodu);
- prevelika hitrost toka v obtočnih hladilno-filtrirnih sistemih,
- vdor zraka skozi netesne priključke na obtočnih sistemih,
- pomanjkljivo ali nepravilno delovanje hidravlične naprave in
- napake pri snovanju in dimenzioniranju posameznih gradnikov naprave.

Pri pravilno konstruirani in brezhibno delujoči hidravlični napravi je penjenje hidravličnega olja komajda možno. Ob morebitnem nastanku pen naj bi te na površini hitro izginele, kajti črpalka zraka, ki je v penah, v nobenem primeru ne sme posesati (ob normalnih pogojih ga tudi de-

Izr. prof. dr. Darko Lovrec, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

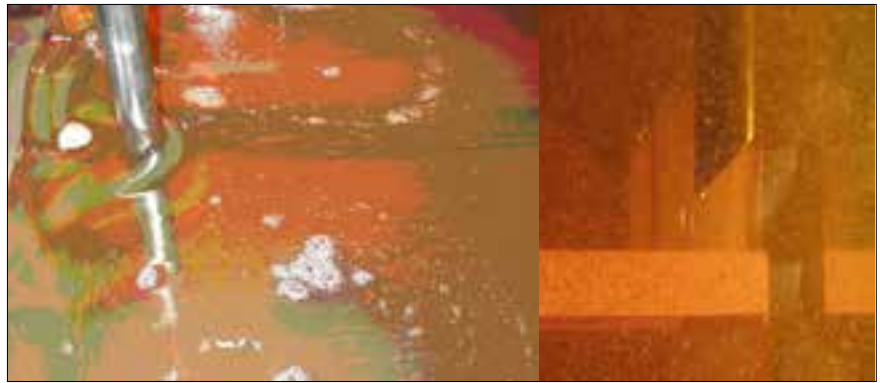
jansko ne more). Če je olje zrak že absorbiralo, je obstojnost pen tem večja:

- čim višja je viskoznost olja (pri nižji viskoznosti je stanje ugodnejše),
- čim nižji je tlak v napravi,
- čim večja je razlika površinskih napetosti tekočine in okoliškega zraka.

Z dodatki lahko nagnjenost olja k penjenju v manjši meri sicer zmanjšamo. Tovrstni dodatki so običajno potrebni še posebej takrat, kadar bazno mineralno olje že po naravi ni dovolj odporno na penjenje. Tu pa je še vpliv drugih dodatkov, kot npr. detergentov, ki pa nagnjenost olja k penjenju povečajo. Ta problem oz. takšno doaditiviranje poteka skupaj s proizvajalcem olja oz. to že sam prej opravi (ob analizi baznega olja).

■ 2.1 Testiranje na nagnjenost tekočine k penjenju

Standardizirano metodo za določanje karakteristike penjenja olja predpisuje standard ASTM D 892. Postopek meritve poteka v treh zaporednih sekvencah (I, II in III). Pri prvi sekvenci se vzorec olja (190 ml) testira v merilnem valju (1000 ml), ki je potopljen v temperirno kopel, na-



Slika 1. Pene na površini tekočine (levo) in zračni mehurčki v tekočini (desno)

stavljeno na 24 °C. S pomočjo črpalke se skozi standardizirani difuzor v vzorec vpahuje predpisana količina zraka. Po petih minutah vpihovanja se črpalka izklopi in odčita volumen pen nad oljem. Vzorec se nato pusti mirovati še 10 minut, nakar se zopet odčita volumen pen nad oljem. Rezultat se poda v obliki dveh števil, in sicer volumna pen nad oljem (v ml) takoj po izklopu črpalke ter po 10-ih minutah mirovanja vzorca, npr. 20/0.

Postopek v drugi sekvenci je podoben prvi, le da se meritev opravi pri temperaturi 93,5 °C. Sekvenca II tako predstavlja nagnjenost olja k penjenju pri visokih temperaturah.

Postopek v tretji sekvenci je dejansko enak tistemu v prvi, le da se

pri meritvi uporabi vzorec iz druge sekvence, ki mu z mešanjem razbijemo pene in ga ohladimo na temperaturo 24 °C, pri kateri se opravlja meritev. Rezultat sekvence III je običajno drugačen od rezultata sekvence I, saj imajo nekatera mazalna olja z modernimi aditivi drugačno karakteristiko penjenja, ko so zmešana (ko je protipenilec pravilno razpršen v majhne delce), ampak tega rezultata ne morejo ponoviti po nekajtedenskem mirovanju (npr. v skladišču).

Primer opreme za izvajanje testa penjenja je prikazan na *sliki 2*.

■ 3 Vdor zračnih mehurčkov v napravo – aeracija

Vdor zračnih mehurčkov v hidravlično napravo na različnih mestih in zaradi različnih vzrokov bi lahko poimenovali »navzemanje z zrakom«. V strokovnih krogih običajno uporabljamo za opis pojava, ko zrak na različne načine vstopa v hidravlično tekočino bodisi zaradi netesnosti priključkov ali npr. zaradi padanja tekočine na gladino olja v rezervoarju, ko se le-ta vrača, kar izraz aeracija sistema. Ne glede na vzrok pojava je posledica aeracije prisotnost zraka v tekočini v obliki nezaželenih zračnih mehurčkov. *Slika 3* kot primer prikazuje vdor zraka v hidravlični sistem skozi netesen cevni priključek.

Nekaj vzrokov za pojav aeracije je navedenih v *tabeli 1*. Prav tako je navedeno, kako jih je možno preprečiti.



Slika 2. Aparatura za izvajanje testa penjenja, proizvajalec Petrotest

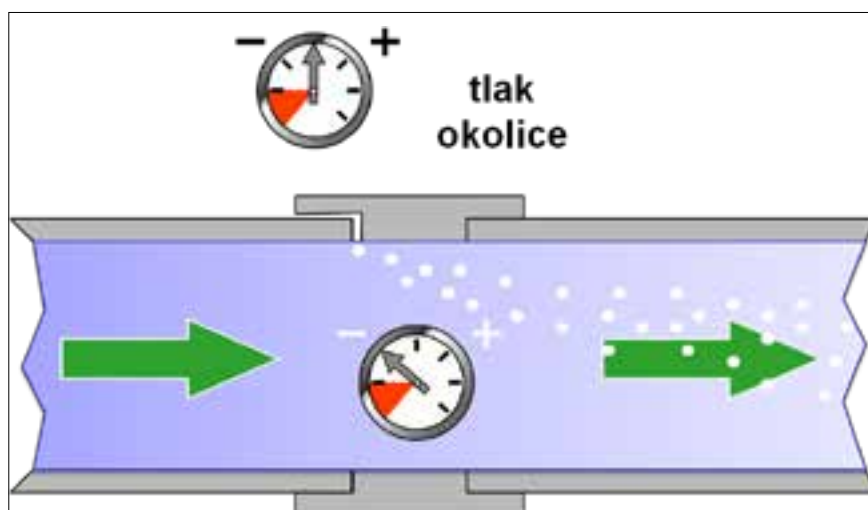
Tabela 1. Pogosti vzroki aeracije in njihovo preprečevanje

VZROK	PREPREČEVANJE
Zrahljani priključki na sesalni strani	Vijake in matice na sesalnih prirobnicah in opremi je treba zategniti s predpisanim zateznim momentom.
Dotrajani sesalni vodi – gibke sesalne cevi s starostjo postanejo porozne.	Zamenjava starih sesalnih vodov
Nizek nivo olja. Ta lahko povzroči pojav vrtnca v rezervoarju in posledično vstop zraka.	Vzdrževanje nivoja olja v rezervoarju na predpisani višini. Namestitev alarma za nizek nivo in/ali zaustavitveno napravo.
Napačno (ali obrabljeno) tesnilo na osi črpalke. V nekaterih sistemih lahko zrak vstopi v črpalko skozi tesnilo gredi.	Vzdrževanje tesnila gredi v dobrem stanju. Zamenjava puščajočih ali sumljivih tesnil.
Turbulenca, ki jo povzroča olje pri vračanju v rezervoar.	Namestitev povratnih cevi in difuzorjev na povratni vod. Ustrezna dolžina povratnega voda.
Neprimerna vgradnja komponent in cevi pred zagonom.	Komponente pred zagonom zalijemo in odzračimo, kolikor je mogoče, pred prvim zagonom in med njim.

4 Izločanje zračnih mehurčkov iz raztopljenega zraka

Vse (hidravlične) tekočine raztapljajo določene količine plinov – v primeru hidravličnih tekočin je to običajno zrak. Tako lahko npr. mineralno hidravlično olje pri atmosferskem tlaku raztopi oz. sprejme približno 9 vol. % zraka (stanje zasičenosti) in ga, dokler ga ima dovolj na razpolago, do stanja zasičenosti topi. To pomeni, da vsebuje 1 liter mineralnega olja pri atmosferskem tlaku (v rezervoarju) cca 90 cm³ zraka, pri 100 bar pa že 9 litrov.

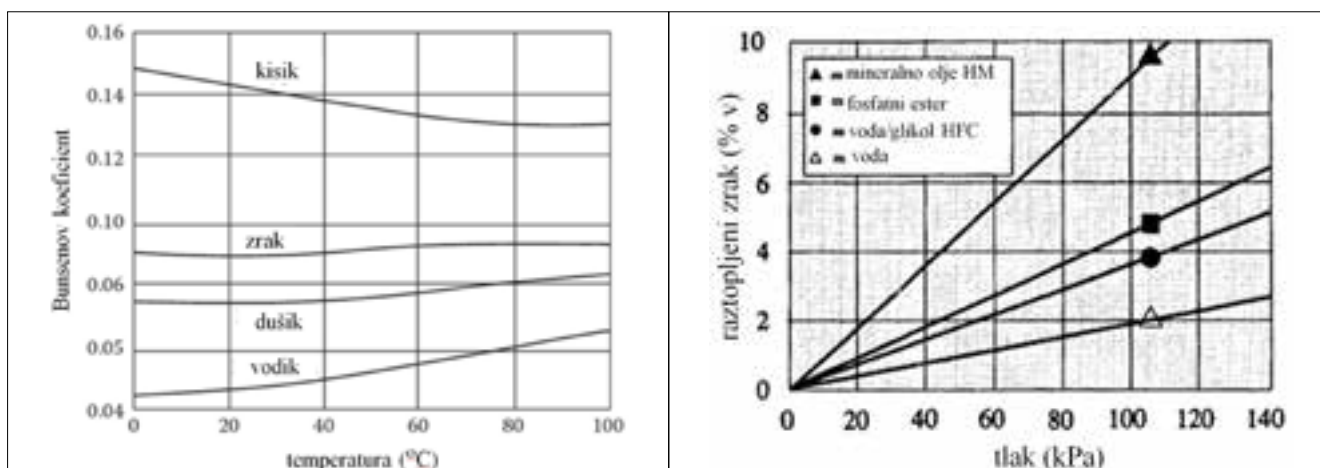
Sposobnost topljenja oz. sprejemanja zraka je do 300 bar proporcionalna vrednosti tlaka. Takšen



Slika 3. Primer vdora zraka v cevovod skozi netesen priključek

način navzemanja z zrakom – z raztapljanjem v olju – je stalen, saj je olje v rezervoarju z gladino vedno povezano z okoliškim zrakom.

Iz tega izhaja, da večja, kot je stična površina olja z zrakom, hitreje in v večji količini ga bo olje raztapljalo (vse do zasičenosti).



Slika 4. Odvisnost Bunsenovega koeficienta različnih plinov od temperature (levo [4]) in % raztopljenega zraka različnih hidravličnih tekočin v odvisnosti od tlaka (desno)

Količino raztopljenega zraka je možno določiti s Henry-Daltonovim zakonom:

$$V_{zrak} = V_{olja} \cdot \alpha_v \cdot \frac{p}{p_0} \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

pri čemer predstavlja:

V_{zrak} volumnen raztopljenega zraka [m^3]

V_{olja} volumnen tekočine [m^3]

p absolutni tlak [N/m^2]

p_0 atmosferski tlak [N/m^2]

α_v Bunsenov koeficient [–]

Bunsenov koeficient podaja, koliko volumskih odstotkov plina se bo raztopilo v volumski enoti tekočine ob normalnih pogojih (1013 mbar, 20 °C). Vrednost koeficienta je treba določiti za vsako vrsto plina ali mešanico plinov posebej. Za mineralna olja se lahko za Bunsenov koeficient uporabi vrednost 0,09; vrednost koeficienta je skorajda neodvisna od temperature in od tlaka – *slika 4*.

Običajno v olju raztopljen zrak nima vpliva na lastnosti hidravlične tekočine in na delovanje naprave. Ob določenih pogojih, npr. pri zniževanju tlaka, pa se lahko ta zrak izloči iz tekočine – tvorijo se zračni mehurčki. Pojav je splošno znan pod imenom kavitacija (beseda kavitacija dejansko pomeni tvorjenje votlih prostorov). Podtlak lahko nastane pri konstantnih ali spremenljivih geometrijskih volumnih tako v odprtih kot zaprtih sistemih. Tako lahko nastane podtlak, npr. ob zaustavitvi hidravličnega sistema, če del volumna tekočine ostane zaprt v cevovodu, pri čemer se podtlak pojavi zaradi toplotne kontrakcije, ali pa npr. pri črpalkah, hidromotorjih ali valjih, če v komponento ne doteka dovolj tekočine.

■ 5 Vzroki pojava pen in zračnih mehurčkov v napravi

Vzroki pojava pen, vdiranja zraka v hidravlični sistem ali izločanja raztopljenega zraka iz hidravličnega olja so dokaj kompleksni in medsebojno povezani, saj so lahko različni in tesno povezani s samo zasnovo naprave, uporabljenim medijem in

obratovalnimi parametri naprave.

Če se zrak v obliki pen pojavlja pri svežem, čistem mineralnem olju, je pojav pen treba iskati v sami hidravlični napravi. Vzroki so lahko različni in so povezani z zasnovo hidravlične naprave. Omenimo na kratko samo nekatere:

- premajhen rezervoar ali premajhna polnilna odprtina rezervoarja, ki povzroča vrtnčenje olja in s tem absorpcijo zraka;
- črpalka sesa zrak skozi netesno mesto na črpalki ali na sesalnem vodu;
- povratni vod ni speljan pod površino tekočine. Tako tekočina, ki se vrača, pada na gladino olja in zajema zrak, ki na ta način prispe v olje in povzroči nastanek pen oz. mehurčkov, ki jih kasneje posesa črpalka;
- preslabo odzračevanje na novo napolnjene naprave. Tako ostanejo v cevovodu zračne blazine, ki pod tlakom preidejo v raztopino in se ob razbremenitvi pokažejo v obliki pen;
- topnost plinov v mineralnem olju, če ima hidravlična naprava vgrajen hidravlični akumulator.

Omenjeno povezanost prisotnosti zraka z gradniki in samo izvedbo hidravličnega sistema bomo na nekaj primerih na kratko pojasnili v nadaljevanju.

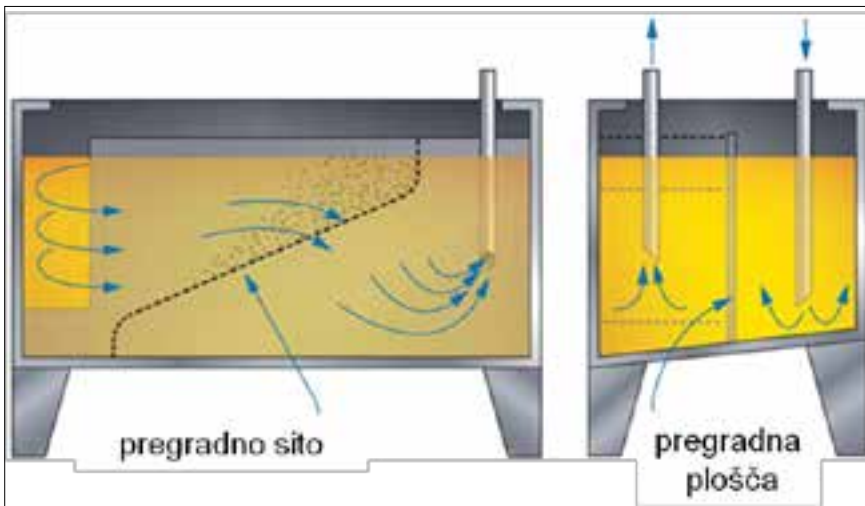
■ 5.1 Zasnova rezervoarja, pojav pen in zračnih mehurčkov

Neprimerna zasnova rezervoarja je vsekakor lahko eden od vzrokov pojava zračnih mehurčkov. Če se zaradi neprimerne zasnove rezervoarja, tj. premajhnega volumna, prekratke povratne cevi in ustja cevi nad površino olja, sunkovitega vračanja tekočine v primeru razbremenjevanja preko akumulatorja in s tem povezanega vzvalovanja gladine olja ... pojavijo v olju zračni mehurčki, jih črpalka lahko posesa, kar posledično lahko privede do t. i. Lorentzevega oz. Dieselovega efekta. Zaradi tega konec povratne cevi v nobenem primeru ne sme biti nad gladino olja.

Na samoizločanje zračnih mehurčkov iz rezervoarja lahko vplivamo tudi z velikostjo rezervoarja in njegovo obliko. Praktični napotek glede velikosti rezervoarja navaja, da naj bi v primeru mineralnega hidravličnega olja njegov volumen znašal 4- do 5-kratnik velikosti pretoka črpalke. S tem je t. i. število prečrpavanj v priporočljivih mejah. Če je rezervoar premajhen, je število prečrpavanj preveliko in morebitni zračni mehurček se zaradi lastnega vzgona ne more izločiti. Vztrajnostni tok ob sesanju črpalke je prevladujoč in črpalka mehurček posesa, preden se je uspel izločiti na gladini. Večji mehurčki se hitreje izločajo kot manjši (večji vzgon). Razen tega pa premajhen volumen rezervoarja povzroča tudi termično preobremenjevanje olja zaradi tega, ker to nima časa, da se umiri in ohladi, pa tudi različni trdi delci obrabe nimajo možnosti, da se izločijo na dno (odvisno od vrste delca – njegova gostota in velikost) [8].

Ustrezna velikost volumna rezervoarja sama po sebi še ni edino merilo za učinkovito izločanje zraka. Pomembna je tudi oblika rezervoarja, npr. pri dveh rezervoarjih enakega volumna, pri nižjem rezervoarju z veliko stično površino olje-zrak zračni mehurček načeloma prispe na površino prej kot pri visokem z manjšo stično površino. Seveda pa je oblika rezervoarja velikokrat pogojena z razpoložljivim prostorom za rezervoar.

Veliko bolj učinkoviti so ukrepi za ustrezno notranjo zasnovo rezervoarja, npr. pregradna površina, ki upočasnjuje in podaljša tok olja v notranjosti rezervoarja ter s tem poveča zmožnost izločanja zračnega mehurčka, namestitve pregradnih sit, ki preprečujejo dostop mehurčkov do sesalne cevi črpalke, ali pa difuzorjev na povratni cevi, ki s svojim velikim iztočnim presekom zelo upočasnijo povratni tok tekočine in s tem omogočijo hitrejše potovanje zračnega mehurčka na površino. Pregradna pločevina in sito kot pogosto uporabljana ukrepa sta prikazana na *sliki 5*.



Slika 5. Sito za izločanje oz. zadrževanje zračnih mehurčkov in pregradna plošča [4]

■ 5.2 Slaba zasnova in dimenzije cevnega omrežja

Že v primeru neprimerno zasnovane sesalne cevi, ki je običajno sestavni del agregata oz. rezervoarja, lahko pride do sesanja zraka, še posebej, če je ta premalo potopljena ali pa se kjerkoli na sesalni cevi izven rezervoarja pojavlja netesno mesto, skozi katero črpalčka sesa zrak.

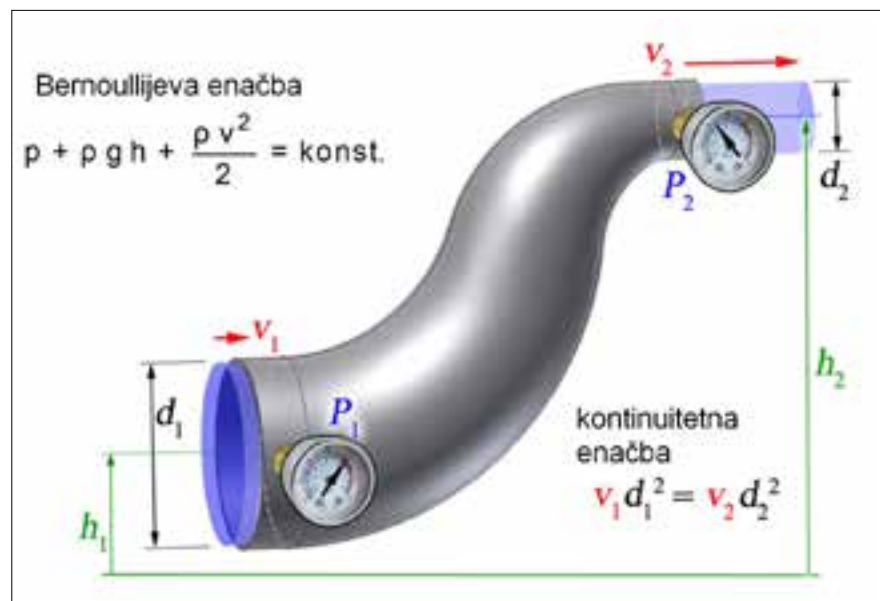
Drugi vzrok je že omenjena netesnost cevi, ne glede na to, ali gre za sesalne cevi ali pa cevi tlačnega ali povratnega dela cevovoda – že omenjena aeracija sistema. Takšen vdor zraka je možno zaznati po penjenju olja v rezervoarju (če ga lahko vidimo), po spremenjenem zvoku hidravličnega sistema, ali pa opravimo test tesnosti z mastjo na priključkih (najpogostejša mesta netesnosti).

Nadaljnji pogost vzrok pojava zraka v hidravličnem sistemu so napačno ali neprimerno zasnovani in izvedeni cevovodi. Če je npr. sesalna cev napačno dimenzionirana – predolga, s premajhnih prečnim presekom, neprimerno položena, s preveliko višinsko razliko ... se bodo pojavili problemi tvorjenja zračnih mehurčkov iz raztopljenega zraka. Če je tlak izločanja zraka nižji kot sesalni tlak črpalčke, lahko v področju sesalne cevi zaradi njene napačne zasnove (predolga cev, napačen premer, ...) pride zaradi povečanih

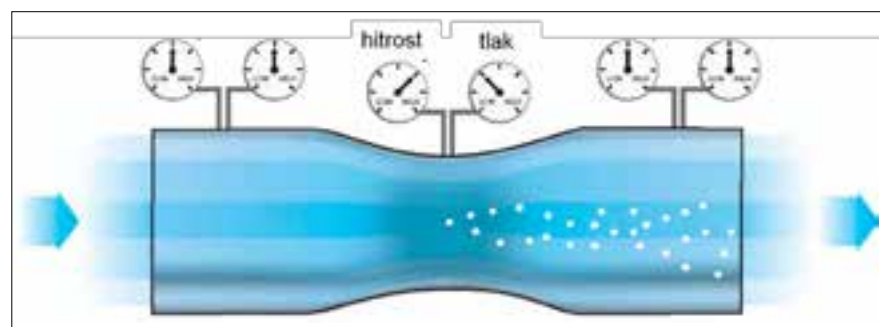
uporov do izločanja zraka iz olja, na tlačni strani črpalke pa posledično do komprimiranja mehurčkov in do bežno omenjenega zažiganja olja in ostalih posledic.

Razen napačnih dimenzij cevi in položitev (dušilna mesta, kolena ...) tudi prevelika hitrost tekočine v cevi pripelje do problemov, povezanih z izločanjem zraka. Čeprav lahko mineralno olje pri obratovalnih tlakih sprejme relativno veliko količino zraka, lahko za črpalčko, v tlačnem območju cevovoda pride do pojava izločanja zraka iz olja. V tem primeru govorimo o t. i. psevdokavitaciji (primerjaj s pojmom kavitacije, pri kateri pade tlak v sistemu pod nivo parnega tlaka [5]).

Energija tekočinskega stebra (skladno z zakonom o ohranitvi energije ali poenostavljeno Bernoullijevo enačbo) je sestavljena iz treh deležev tlaka: iz statičnega deleža, dinamičnega deleža in deleža zaradi geodetske višine, iz česar izhaja: če se eden od teh treh deležev spremeni, se spremenita ostala dva. Tlak



Slika 6. Deleži tlaka – Bernoullijeva enačba



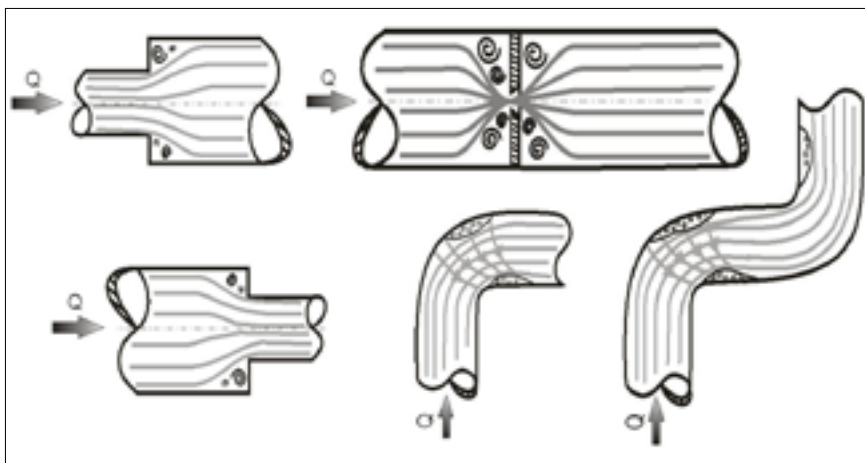
Slika 7. Deleži tlaka in hitrosti v zožitvi cevi ter vzrok izločanja zraka

zaradi geodetske višine v hidravliki običajno zanemarimo, tako da sta za razumevanje dogajanja, vezana na izločanje zraka, odločilna preostala dva (10 m visok steber tekočine povzroči zaradi težnosti tlak približno 1 bar). Če se skladno s fizikalnim dogajanjem zaradi zožitve spremeni hitrost (kontinuitetna enačba), se bodo spremenile tudi tlačne razmere – *slika 6* in *slika 7* (t. i. Venturijev učinek).

Če je razlika presekov tolikšna, da na najožjem mestu pride do velikega lokalnega zvišanja hitrosti tekočine in posledično do podtlaka, ki je nižji od tlaka izločanja raztopljenega zraka, bo do izločanja zraka oz. do pseudokavitacije tudi prišlo (*slika 7*).

Pseudokavitacija se pojavlja povsod tam, kjer zaradi velikih hitrosti toka tekočina ne more več slediti obliki ostenja. To se pojavlja pri vseh velikih spremembah cevnih presekov (reducirni priključki), kolenih, reducirnih kolenih, cevnih lokih s premajhnim radijem, S-oblikah ... kot to prikazuje *slika 8*.

Za pojav pseudokavitacije so še posebej nevarna dvojna kolena oz. dvojni loki S-oblike, ki nimajo vmesnega ravnega dela za umirjanje toka tekočine (*slika 8* skrajno desno).



Slika 8. Velike spremembe oblike in preseka vodijo do pojave pseudokavitacije

Kot je bilo omenjeno, je za pojav izločanja raztopljenega zraka vedno vzrok prevelika hitrost toka tekočine. Zaradi tega so še posebej nevarna S-kolena, izvedena na sesalni strani črpalke. Pri tem se bo vedno pojavilo izločanje raztopljenega zraka. Na to je še zlasti potrebno biti pozoren pri rekonstrukcijah črpalk, ko v želji po rešitvi enega problema povzročimo drugega. Kot primer prikazuje *slika 9* neprimerno speljane sesalne cevi nove nadomestne črpalke s sesalnim priključkom na nasprotni strani, kot ga je imela prvotna.

Pri vseh spremembah preseka je treba paziti na hitrosti toka tekočine v cevi. Tako bi naj po priporočilih

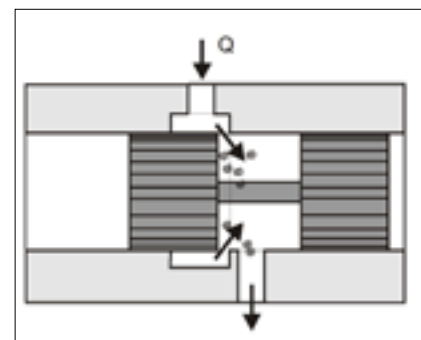
v tlačnih vodih te znašale največ 4 m/s pri tlaku 50 bar oz. 7 m/s pri tlaku 300 bar. Pod temi pogoji lahko pričakujemo laminarne tokovne razmere. V povratnih vodih naj ne bi bila prekoračena hitrost 2,5 m/s, v sesalnih vodih pa med 0,5 do največ 1,5 m/s. Pri tem je še velikega pomena, ali gre za konstantno ali regulacijsko črpalčko, kjer se dodatno pojavlja še vpliv induktivnosti mase sesane tekočine.

■ 5.3 Spremembe dimenzij v ventilih in ventilskih blokih

Ostri robovi, zožena mesta in spremembe smeri toka tekočine se vedno pojavljajo tudi v notranjosti ohišij ventilov in v ventilskih blokih – *slika 10*. Še posebej je to lahko problematično v primerih, kadar je uporabljen premajhen ventil, kar posledično pripelje do velikih hitrosti toka tekočine in do odgovarjajočega nižjega statičnega tlaka ter s



Slika 9. Neprimerno položene sesalne cevi



Slika 10. Tokovne razmere v notranjosti potnega ventila pri velikih tlačnih razlikah in vpliv na izločanje zraka

tem do izločanja zraka z vsemi značnimi efekti.

V primerjavi z ventili se pojavljajo podobne razmere, oz. so te še bolj problematične, v notranjosti ventilskih blokov, kakršni se uporabljajo npr. na hidravličnih stiskalnicah, kjer so običajno velike pretočne količine. Če so proizvajalci ventilov pri snovanju ventilov, ki se običajno izdelujejo v večjih serijah, še lahko pozorni na notranjo zasnovo ventila, pa se lahko zaradi številnih povezav v notranjosti ventilskih blokov, ki se izdelujejo v majhnih serijah ali pa posamično, za samo določeno aplikacijo marsikaj tudi spregleda. Takšne napake so očem uporabnika običajno skrite, posledice se lahko opazijo na čisto drugem koncu – npr. zažiganje olja.

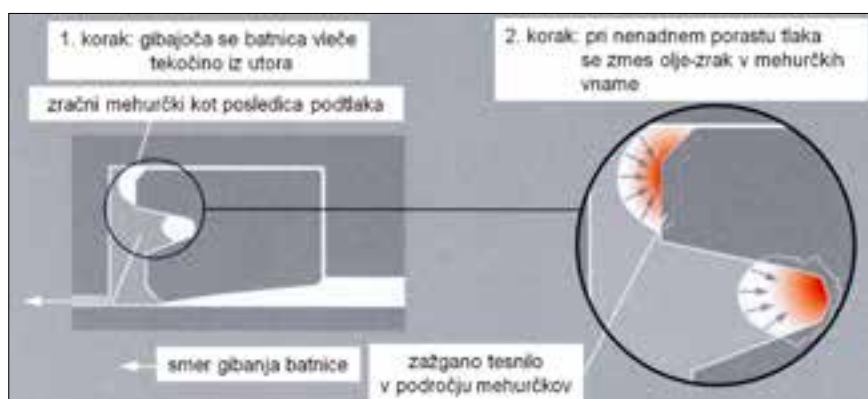
5.4 Pseudokavitacija zaradi napačne zasnove hidravličnega valja

Ob napačni zasnovi hidravličnega valja lahko v primeru neprimernih dimenzij in toleranc oz. odsotnosti tlačno izravnalnih utorov pride do »izsesavanja« olja iz tesnilnega prostora. Pri tem se pojavi podtlak in z njim povezano izločanje zraka.

Ker se zrak ob naslednji spremembi tlaka ne utegne absorbirati (preiti nazaj v olje), se komprimira, segreje in vžge (slika 11). Tako pride do mikroeksplozij, ki poškodujejo tesnilo. Takšno izločanje zraka izpod tesnilnega roba tesnila dejansko ni klasična pseudokavitacija, temveč je to erozija z zrakom, ki na tem mestu ne bo podrobneje obravnavana. Je pa vsekakor posledica izločanja zraka iz olja.

5.5 Prava kavitacija

Če se znižanje tlaka vse do parnega tlaka tekočine pojavi tako hitro, da ni dovolj časa za izločanje zraka, govorimo o »pravi« kavitaciji. Mehurčki se pri tem ne napolnijo z zrakom, temveč z oljno paro. Ko tlak ponovno naraste, se mehurčki sesedejo sami vase, pri čemer pride do značilnega hrupa, do tlačnih konic s poškodbami materiala in zažiganjem olja – slika 12.



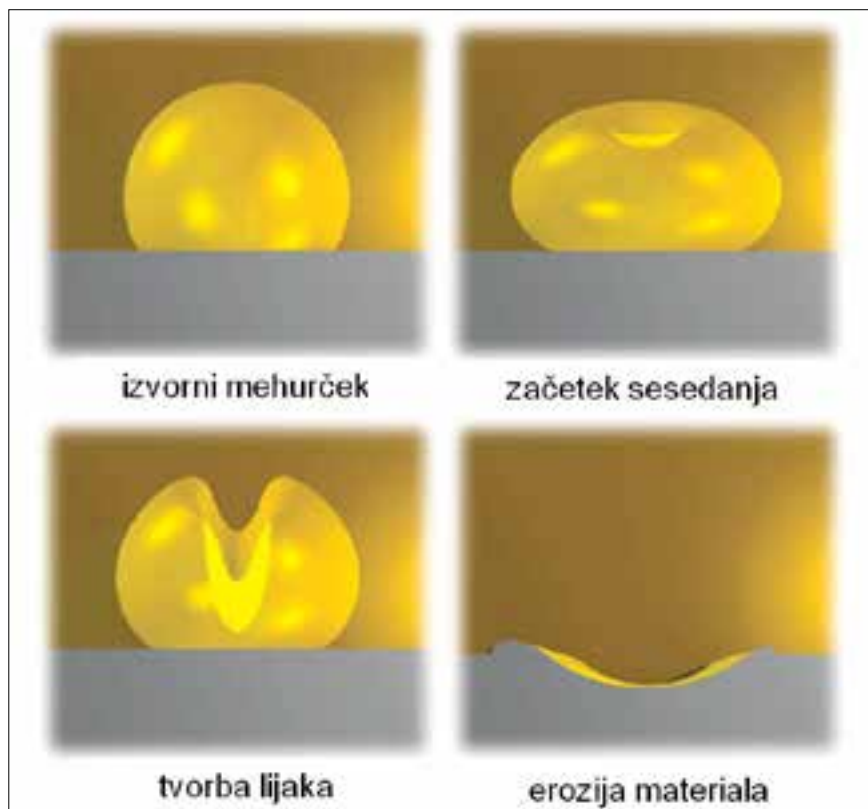
Slika 11. Izločanje zraka ob napačno zasnovanem tesnjenju na batnici valja

Ker je parni tlak olja zelo nizek (cca 0,0075 mm Hg pri 20 °C), prihaja zelo redko do pojava prave kavitacije. Praviloma se v hidravličnem sistemu in gradnikih vedno pojavlja pseudokavitacija. Ta se lahko začne že tik pod vrednostjo tlaka atmosfere, pri čemer so pogoji pojava odvisni od različnih parametrov.

Vedeti moramo, da kadarkoli se pojavi kavitacija, ne glede na to katere vrste, ta škodljivo vpliva na delovanje naprave, gradnike in uporabljano hidravlično olje.

6 Zaključek

Ni neutemeljena trditev, da je zrak v hidravlični napravi kontaminant, ki ima več obrazov in zelo vpliva na značilnosti delovanja hidravlične naprave ter povzroča številne nevarnosti. Velikokrat se lahko njegove posledice opazijo na čisto drugem koncu, kot je mesto njihovega nastanka. Zaradi tega je dobro poznati vzroke in mehanizme nastanka zraka.



Slika 12. Faze oblike mehurčka pri kavitaciji [7]

V prispevku so pregledno predstavljene vrste oz. oblike zraka v hidravličnem sistemu: od vidnih pen do zračnih mehurčkov v sami tekočini in kot v tekočini raztopljeni zrak ter vzroki za njihov pojav. Upravljavca oz. vzdrževalec hidravlične naprave lahko tako prepozna pojave in vzroke ter še posebej morebitne ali pa že nastale napake in njihove posledice, snovalec naprave pa se jim lahko izogne.

Literatura

- [1] Totten, G. E.: Handbook of Hydraulic Fluid Technology, Second Edition, Technology & Engineering, 2011
- [2] Lovrec, D., Kambič, M.: Hidravlične tekočine in njihova nega, Fakulteta za strojništvo UM, 2007. 184 str., ISBN 978-961-248-039-4
- [3] Fitch, E. C.: Cavitation Wear In Hydraulic Systems, Practicing Oil Analysis (9/2002)
- [4] Casey, B.: Why the Tank May Well Be a Hydraulic Fluid's Best Friend, Machinery Lubrication, 1/2010
- [5] Bachert, R.: Dreidimensionale, instationaerere Effekte kavitierender Stroemungen – Analyse an Einzelprofilen und in einer Radialpumpe, Technischen Universitaet Darmstadt, 2004
- [6] Suzuki, R., Tanaka, Y., Totten, G. E.: Removing Entrained Air in Hydraulic Fluids and Lubrication Oils, Machinery Lubrication, 7/2002
- [7] Wright, J.: Microdiseling and its effect on oil, Machinery Lubrication, 12/2012
- [8] Tič, V., Lovrec, D.: Air-release and solid particles sedimentation process within a hydraulic reservoir. Tehnički vjesnik, ISSN 1330-3651, 2013, vol. 20, no. 3, str. 407-412.

Reasons for the presence of air in a hydraulic system

Abstract: The reasons for the numerous inconveniences and irregularities in the proper functioning of the hydraulic system, or in a shorter service life of mineral hydraulic oil than expected, are closely associated with the presence of air. The air may occur in the machine for various reasons, and it is present in different forms. It may be visible to the eye, as it appears in the form of foam or in the form of elementary air bubbles, but may be "invisible", since it is dissolved in the liquid. In the latter case, it can be noticed only later on when the operating (pressure) conditions change. These are closely connected with the concept of single hydraulic system, and the individual components. Also, in the occurrence of air in the hydraulic system of a certain influence-used oil respectively. The hydraulic fluid and its physical chemical properties have impact on air phenomenon within a hydraulic system too.

In this article we will focus on various forms of air present in the hydraulic system, causes for their creation and understanding of the mechanisms of their occurrence. Indirectly, this will also help to answer the question, how to avoid the phenomenon of air in the hydraulic system. Because of the many consequences of the presence of air within a hydraulic system, it is quite rightly ranked among contaminants.

Keywords: hydraulic system, air, contaminant, aeration, foaming

➔ RAZBREMENILNI
VENTILI • REGULATORJI
TLAKA IN VARNOSTNI
VENTILI • RAZDELILNIKI
TOKA • POTNI VENTILI
• LOGIČNI ELEMENTI •
VMESNE PLOŠČE • OKROV
S PRIKLJUČKI ZA CEVI •
ELEKTROPROPORCIONALNI
VENTILI ZA VGRADNJO



Hibridna izdelava s postopkom ciljnega nalaganja taljenega polimera in frezanja:

I. del – Optimizacija tehnoloških parametrov hibridne izdelave ob uporabi standardne ekstrudorske šobe

Damir GRGURAŠ, Davorin KRAMAR, David HOMAR, Janez KOPAČ

Izvleček: Izdelke zelo kompleksnih geometrij je včasih težko izdelati na konvencionalen način z odrezavanjem. Kot veliko lažji in cenovno ugodnejši način izdelave se vse več uporablja aditivna tehnologija oziroma tehnologija dodajanja materiala po plasteh. Pri tehnologiji dodajanja materiala po plasteh je glavna pomanjkljivost slabša kakovost zunanje površine, ki pa jo lahko naknadno izboljšamo z odrezavanjem. V tem primeru govorimo o hibridni izdelavi, ki je predstavljena v tem dvodelnem prispevku. S postopkom ciljnega nalaganja taljenega polimera je izdelan vzorčni izdelek, ki mu je s postopkom obodnega frezanja izboljšana hrapavost zunanje površine. I. del prispevka zajema optimizacijo tehnoloških parametrov omenjene hibridne izdelave ob uporabi standardne ekstrudorske šobe (premer $D = 0.4$ mm) za ciljno nalaganje taljenega polimera. II. del prispevka (v naslednji številki revije Ventil) pa bo zajemal optimizacijo tehnoloških parametrov iste hibridne izdelave ob uporabi večje, nestandardne, ekstrudorske šobe (premer $D = 1.1$ mm), ki je bila uporabljena zaradi skrajšanja celotnega časa izdelave. Prikazana bo tudi primerjava pridobljenih rezultatov z obema šobama.

Ključne besede: hibridna izdelava, ciljno nalaganje taljenega polimera, obodno freziranje, material PLA, načrtovanje eksperimentov, empirično modeliranje in optimizacija

■ 1 Uvod

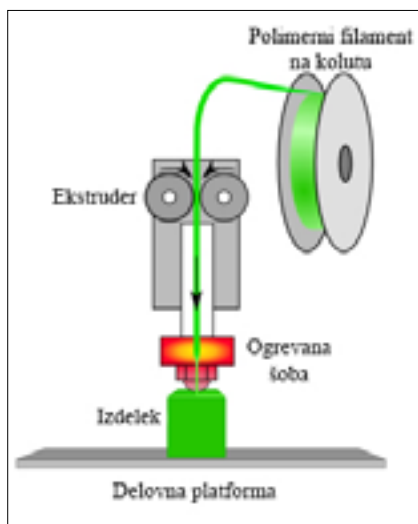
Poznanih je več različnih tehnologij izdelave polimernih izdelkov s tehnologijo dodajanja materiala po plasteh oziroma s tehnologijo 3D-ti-

Damir Grguraš, univ. dipl. inž., doc. dr. Davorin Kramar, univ. dipl. inž., David Homar, univ. dipl. inž., prof. dr. Janez Kopač, univ. dipl. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

skanja. Ena izmed najbolj razširjenih tehnologij je ciljno nalaganje taljenega polimera (ang. *Fused Deposition Modeling – FDM*), pri kateri se izdelek gradi z dodajanjem polimera, ki prihaja iz segrete ekstrudorske šobe, plast za plastjo. Shematično je postopek prikazan na *sliki 1*. Postopek FDM je najbolj razširjen zato, ker je izdelava stroja za to tehnologijo poceni in enostavna. Natančnost, ponovljivost, hrapavost površine in izdelovalni čas pa so pri postopku FDM znatno odvisni od številnih parametrov. Izdelki, narejeni s postopkom FDM, pogosto kljub dobro iz-

branim parametrom ne izpolnjujejo zahtev po natančnosti in hrapavosti površine, vendar je to mogoče izboljšati s postopkom odrezovanja. Zato smo na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani razvili stroj za hibridno izdelavo izdelkov.

Poimenovanje hibridna izdelava ima več pomenov. V našem primeru pomeni, da je en izdelek narejen z dvema ali več popolnoma različnimi tehnologijami, s čimer so izrabljene prednosti in odstranjene pomanjkljivosti posamezne tehnologije. V našem primeru sta bili uporabljeni



Slika 1. Shematični prikaz FDM-postopka [1]

tehnologiji FDM: tehnologija dodajanja materiala in 3-osno frezanje kot tehnologija odzemanja materiala. Prednost postopka FDM je v tem, da lahko z njim izdelamo izdelke, ki imajo zelo kompleksno geometrijo, saj tako kot pri drugih tehnologijah dodajanja materiala po plasteh tukaj skoraj ni omejitev glede geometrije izdelka. Največja omejitev pri postopku FDM pa je slaba kakovost površine. Po drugi strani pa je postopek freziranja pravo nasprotje, saj imajo frezani izdelki visoko kakovostno površino. Vendar pa se pri freziranju pojavi nezmožnost izdelave kompleksnih zaprtih oblik, saj v tem primeru rezalno orodje ne more doseči zelene površine. Z uporabo obeh tehnologij lahko te pomanjkljivosti eliminiramo.

V znanstveni literaturi je mogoče zaslediti le nekaj raziskav na temo hibride izdelave, pri kateri so uporabljali kombinacijo tehnologij dodajanja in odzemanja. Večina člankov obravnava hibridno izdelavo na osnovi kovinskih materialov. V raziskavah, ki so jih opravili Song in ostali [2, 3], je bil razvit hibridni stroj, katerega osnova je bil 3-osni CNC-frezalni center. Na ohišje vretena frezalnega stroja je bila vertikalno pritrjena varilna pištola. Navarjanje je bilo uporabljeno za nalaganje materiala staljene varilne žice plast za plastjo s tehnologijo varjenja kovin v zaščitni atmosferi. Natančnost izdelka, narejenega s

tehnologijo dodajanja materiala po plasteh, je bila znatno izboljšana s frezanjem. V raziskavah, ki so bile opravljene v sodelovanju norveških in slovenskih raziskovalcev [4], je bil razvit koncept hibridne izdelovalne celice. Njen cilj je bil združiti komercialni stroj za tehnologijo dodajanja kovinskih materialov po plasteh in stroj za odrezovanje, ki bi se krmilila iz enega skupnega krmilnika. Nekaj operacij, ki se pojavijo pri izdelovalnih procesih, je bilo avtomatiziranih, nekaj pa odstranjenih zaradi kombinacije obeh tehnologij. Glavna prednost izdelovalne celice je, da se obdelovanec prestavlja iz enega v drug stroj na standardni vpenjalni paleti in tako je pozicija obdelovanca stalno poznana.

Kar nekaj del je bilo narejenih na področju optimiranja tehnoloških parametrov pri procesu FDM zaradi izboljšanja dimenzijske natančnosti. Uporabljenih je bilo več različnih metod optimiranja procesnih parametrov. Mohameda in ostali [5] so uporabili kriterij L-optimalnosti za optimiranje procesnih parametrov postopka FDM, ki reši optimizacijski problem, ki vključuje veliko število procesnih parametrov in nivojev postopka. Poleg tega so razvili matematični model, da bi dokazali nelinearno povezavo med procesnimi parametri in dimenzijsko natančnostjo izdelka. Kaveh in ostali [6] so predstavili eksperimentalno metodo za določitev optimalnih vrednosti posameznih procesnih parametrov pri nanašanju polistirena z visoko gostoto. Rao in Rai [7] pa sta uporabila optimizacijski algoritem, ki bazira na poučevanju in učenju (TLBO), in ne dominanten sortirni algoritem za TLBO (NSTLBO). Algoritem TLBO kaže boljše rezultate v primerjavi z uporabo genetskih algoritmov, medtem ko je algoritem NSTLBO namenjen reševanju večobjektnih problemov.

■ 2 Popis eksperimentalnega sistema

V tej raziskavi so bili izbrani glavni tehnološki parametri hibridne izdelave in raziskan njihov vpliv na kakovost izdelane površine, na-

tančnost izdelka in čas izdelave. Vpliv tehnoloških parametrov je bil ovrednoten na podlagi empiričnega modeliranja, ki predvideva določanje zveze med vhodnimi in izhodnimi parametri na podlagi rezultatov eksperimentov, izvedenih po predhodno določenem načrtu. Načrt eksperimentov je bil oblikovan s pomočjo metode načrtovanja. Vplivi vhodnih parametrov na izhodne so empirično popisani v obliki matematičnih modelov, pridobljenih z regresijskim modeliranjem. Z analizo variance sta določena zanesljivost regresijskih modelov in vpliv posameznega vhodnega parametra na izhodne parametre. S pomočjo regresijskih modelov so določene optimalne vrednosti tehnoloških parametrov za doseganje minimalne hrapavosti površine ob minimalni porabi materiala in časa za hibridno izdelavo. Rezultati optimizacije pa so preverjeni s potrditvenim eksperimentom.

Pri izvedbi eksperimentov se je uporabljala polilaktična kislina (ang. *Polylactic acid – PLA*), ki je poleg akrilonitril butadien stirena (ang. *Acrylonitrile butadiene styrene – ABS*) najbolj razširjen material za izdelavo po postopku FDM. Poleg ostalih tehnoloških parametrov, ki bodo opisani v naslednjem poglavju, sta se pri eksperimentih uporabljali dve različni ekstrudorski šobi. V splošnem se pri postopku FDM uporabljajo ekstrudorske šobe s premerom izhodne odprtine med 0.2 in 0.5 mm, največkrat pa je to 0.4 mm. Z večjim premerom izhodne odprtine šobe se manjša kakovost površine izdelka. Prva šoba, ki smo jo uporabili, je imela premer izhodne odprtine 0.4 mm. Ker pa smo želeli skrajšati čas izdelave, smo uporabili tudi večjo, nestandardno, ekstrudorsko šobo s premerom izhodne odprtine 1.1 mm. Pri tej šobi je bilo po postopku FDM pričakovati znatno poslabšanje kakovosti površine. V našem primeru pa smo na hibridnem stroju s postopkom obodnega freziranja opazno izboljšali kakovost površine in tudi natančnost. V tem prispevku so predstavljeni rezultati optimizacije tehnoloških parametrov, ki smo jih

dobili s standardno ekstrudorsko šobo s premerom izhodne odprtine 0.4 mm. Rezultati optimizacije tehnoloških parametrov, dobljeni z nestandardno ekstrudorsko šobo premera izhodne odprtine 1.1 mm, pa bodo predstavljeni v II. delu tega prispevka, ki bo objavljen v naslednji številki revije Ventil. V II. delu bo analizirana in opisana tudi primerjava med obema ekstrudorskima šobama. V obeh primerih so bili eksperimenti in meritve opravljene na eksperimentalnem vzorcu v obliki kocke s stranicami 22 mm.

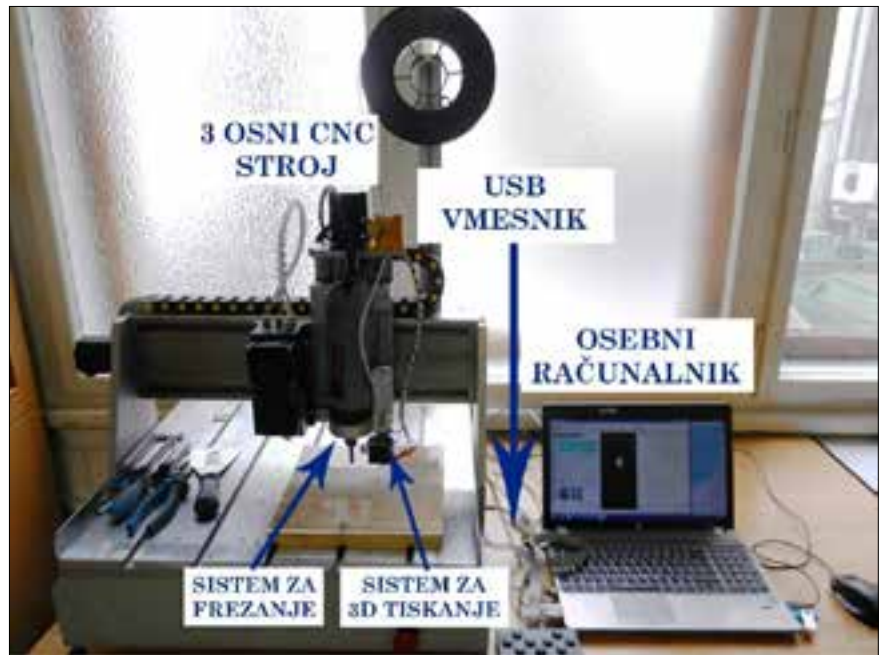
Za izdelavo vzorčnih izdelkov je bil uporabljen stroj za hibridno izdelavo, ki je prikazan na *sliki 2*. Stroj vključuje dva izdelovalna sistema, in sicer sistem za dodajanje materiala po postopku FDM in sistem za 3-osno frezanje. Velika prednost razvitega stroja je, da obe tehnologiji uporabimo pri enem vpetju. Filament – material, ki ga potiska ekstrudor, se v ogrevano glavo, ki je bila prav tako izdelana na Fakulteti za strojništvo, dodaja skozi teflonsko cevko. Za sistem frezanja pa je uporabljeno vreteno z motorjem 800 FME proizvajalca Kress. Nazivna vhodna moč vretena je 800 W, vreteno pa ima možnost nastavljanja izhodnih vrtljajev, in sicer od 10.000 do 29.000 min^{-1} . Pri eksperimentih smo uporabili frezalo premera 8 mm z oznako: Widin Co. Ltd Zamus end mill TX302080.

■ 3 Priprava, načrtovanje in izvedba eksperimentov

V fazi priprave eksperimentov smo izbrali vhodne parametre in njihove mejne vrednosti. Vhodni tehnološki parametri hibridne izdelave so bili določeni na podlagi izkušenj in so naslednji: vrtilna frekvenca frezala n

Tabela 1. Vrednosti vhodnih parametrov na posameznih nivojih

		Vhodni parametri					
		n [min^{-1}]	h [mm]	ϕ [%]	v [mm/s]	v_f [mm/min]	a_p [mm]
Nivo 1	-1	10000	0.1	55.0	15	200	0.1
Nivo 2	0	15500	0.2	67.5	40	400	0.2
Nivo 3	+1	21000	0.3	80.0	65	600	0.3



Slika 2. Stroj za hibridno izdelavo z osebnim računalnikom za krmiljenje

[min^{-1}], višina plasti nalaganja materiala h [mm], kompenzacijski pretok materiala ϕ [%] (potrebna količina materiala za FDM je pomnožena z vrednostjo tega kompenzacijskega pretoka), hitrost nalaganja materiala v [mm/s] (hitrost, s katero se premika ekstrudorska šoba pri nalaganju materiala), podajalna hitrost frezala v_f [mm/min] in globina frezanja a_p [mm]. Sledilo je določanje mejnih vrednosti vhodnih parametrov, ki smo jih določili na podlagi poskusnih eksperimentov in s pomočjo predlaganih vrednosti iz računalniškega programa CURA, ki služi za pridobitev CNC-kode za postopek FDM. Odločili smo se, da bomo vsak vhodni parameter nastavljali na treh nivojih. Kot nivo -1 smo upoštevali minimalne vrednosti parametrov, kot nivo +1 pa maksimalne vrednosti. Vrednosti na srednjem nivoju 0 smo dobili kot srednjo vrednost med nivojema -1 in +1 (*tabela 1*). Za načrtovanje eksperimentov s šestimi parametri

na treh nivojih smo izbrali Taguchijevo ortogonalno matriko L_{27} (3^{13}). Tako smo dobili načrt eksperimentov s 27 eksperimenti, ki je prikazan v tabeli 2 levo od odebeljene črte. Desno od odebeljene črte pa so prikazane povprečne izmerjene vrednosti izhodnih parametrov pri posameznem eksperimentu. Kot izhodne parametre – odzive – smo določili naslednje parametre: hrupavost površine po hibridni izdelavi Ra in Ry [μm] v smeri nalaganja materiala (indeks l) in prečno na to smer (indeks h), poraba materiala pri hibridni izdelavi MD [m] in čas, potreben za hibridno izdelavo t [s].

■ 4 Rezultati

Tabela 2 prikazuje načrt in rezultate izvedbe eksperimentov. Vpliv vhodnih tehnoloških parametrov na izhodne smo popisali tudi z empiričnimi (regresijskimi) modeli, ki smo jih pridobili in ovrednotili s pomočjo računalniškega programa Design-Expert, ki razvije in analizira regresijske modele na osnovi ANOVE. Ovrednotenje pridobljenih regresijskih modelov je prikazano v *tabeli 3*. V nadaljevanju so predstavljeni regresijski modeli in njihova razlaga s pomočjo pripadajočih grafov. Na koncu je izvedena še optimizacija tehnoloških parametrov hibridne izdelave glede na zastavljene kriterije optimizacije.

Tabela 2. Načrt in rezultati izvedbe eksperimentov

N	n [min ⁻¹]	h [mm]	φ [%]	v [mm/s]	v _f [mm/min]	a _p [mm]	R _{ah} [μm]	R _{yh} [μm]	R _{al} [μm]	R _{yl} [μm]	MD [m]	t [s]
1	10000	0.1	55.0	15	200	0.1	5.69	47.35	4.97	44.15	1.02	8066
2	10000	0.1	67.5	40	400	0.2	5.05	42.40	6.57	48.02	1.21	7324
3	10000	0.1	80.0	65	600	0.3	5.86	45.63	6.62	50.40	1.48	7191
4	10000	0.2	55.0	40	400	0.3	3.89	45.11	5.85	47.16	1.02	3715
5	10000	0.2	67.5	65	600	0.1	2.43	22.18	4.19	37.27	1.24	3647
6	10000	0.2	80.0	15	200	0.2	5.55	40.55	5.71	43.97	1.48	4100
7	10000	0.3	55.0	65	600	0.2	1.93	25.18	2.39	23.58	1.01	2477
8	10000	0.3	67.5	15	200	0.3	5.82	41.24	6.28	44.95	1.24	2776
9	10000	0.3	80.0	40	400	0.1	4.71	50.47	5.50	38.99	1.48	2522
10	15500	0.1	55.0	40	600	0.2	5.45	48.25	5.68	46.61	1.02	7313
11	15500	0.1	67.5	65	200	0.3	3.53	27.65	4.05	29.91	1.24	7210
12	15500	0.1	80.0	15	400	0.1	5.33	45.29	5.80	41.53	1.48	8053
13	15500	0.2	55.0	65	200	0.1	7.96	82.49	5.62	48.47	1.02	3668
14	15500	0.2	67.5	15	400	0.2	5.68	45.58	5.47	41.10	1.24	4082
15	15500	0.2	80.0	40	600	0.3	6.06	46.26	6.69	52.11	1.48	3714
16	15500	0.3	55.0	15	400	0.3	6.13	50.70	6.62	47.77	1.01	2761
17	15500	0.3	67.5	40	600	0.1	5.29	42.10	5.54	45.38	1.24	2516
18	15500	0.3	80.0	65	200	0.2	5.37	41.39	5.30	40.88	1.48	2496
19	21000	0.1	55.0	65	400	0.3	5.29	42.82	5.71	44.66	1.02	7202
20	21000	0.1	67.5	15	600	0.1	6.71	48.43	6.33	45.22	1.24	8043
21	21000	0.1	80.0	40	200	0.2	2.88	26.48	2.67	19.78	1.48	7337
22	21000	0.2	55.0	15	600	0.2	6.20	48.38	5.76	45.69	1.02	4079
23	21000	0.2	67.5	40	200	0.3	5.37	52.67	5.58	47.86	1.24	3736
24	21000	0.2	80.0	65	400	0.1	5.14	47.09	5.44	43.72	1.48	3657
25	21000	0.3	55.0	40	200	0.1	6.56	70.75	5.61	49.68	1.01	2540
26	21000	0.3	67.5	65	400	0.2	6.26	52.78	5.52	48.43	1.23	2482
27	21000	0.3	80.0	15	600	0.3	6.27	47.76	6.93	53.11	1.48	2759

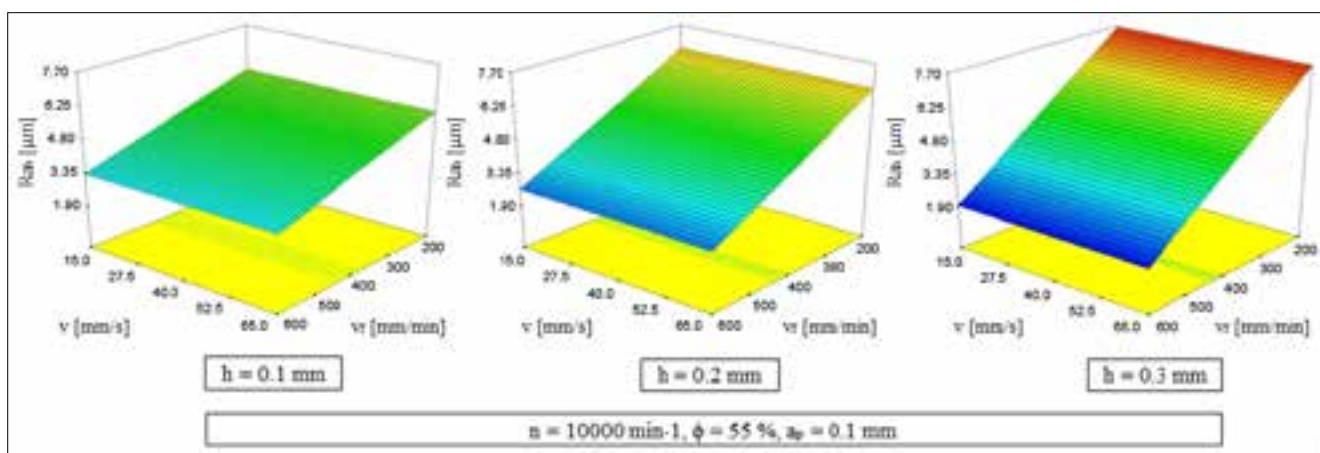
4.1 Regresijski model za hrapavost Ra prečno na smer nalaganja materiala (Rah)

S slike 3 je razvidno, da minimalno hrapavost R_{ah} dosežemo pri maksimalni višini plasti nalaganja materiala h. Maksimalna vrednost te višine plasti privede do manjšega števila prehodov med plastmi celotnega izdelka, kar posledično pomeni manj vdolbin med plastmi, ki bi jih konica merilne naprave zaznala pri merjenju hrapavosti. Nadalje lahko ugotovimo, da hitrost nalaganja materiala v nima velikega vpliva na hrapavost, podajalna hitrost frezala v_f pa vpliva obratno sorazmerno na hrapavost, kajti minimalno hrapavost R_{ah} dosežemo ob maksimalni podajalni hitrosti frezala v_f. Takrat frezalo potuje hitreje in ima manj časa, da bi toplotno vplivalo na površino materiala ter posledično tudi na hrapavost.

Tabela 3. Ovrednotenje regresijskih modelov

Odziv	F-vrednost	p-vrednost	Regresor – vplivni parameter Neznačilni hierarhični parameter	R ²	Adj-R ²	Pred-R ²	S/N
R_{ah}	9.03	<0.0001	$n, n \cdot v_f, h \cdot v_f, \phi \cdot v_f, n^2, h, \phi, v_f$	0.801	0.712	0.5379	12.48
R_{yh}	5.83	0.0011	***	0.811	0.672	0.164	10.88
R_{al}	8.99	<0.0001	$a_p, n \cdot v_f, h \cdot v_f, \phi \cdot v_f, v_f^2, n, h, \phi, v_f, n \cdot h$	0.849	0.755	0.597	12.28
R_{yl}	12.27	<0.0001	$n, v_f, a_p, n \cdot h, n \cdot v_f, h \cdot v_f, \phi \cdot v_f, v_f^2, h, \phi, v_f, \phi \cdot v, h^2$	0.925	0.849	0.668	15.04
MD	39259.52	<0.0001	ϕ	0.999	0.999	0.999	343.19
t	3121.86	<0.0001	h, v	0.996	0.996	0.995	123.40

*** Opomba: Neuporaben model, ker se Adj-R2 in Pred-R2 razlikujeta za več kot 0.2.



Slika 3. Vpliv hitrosti nalaganja materiala v in podajalne hitrosti frezala v_f na hrapavost Ra_h pri različnih višinah plasti nalaganja materiala h

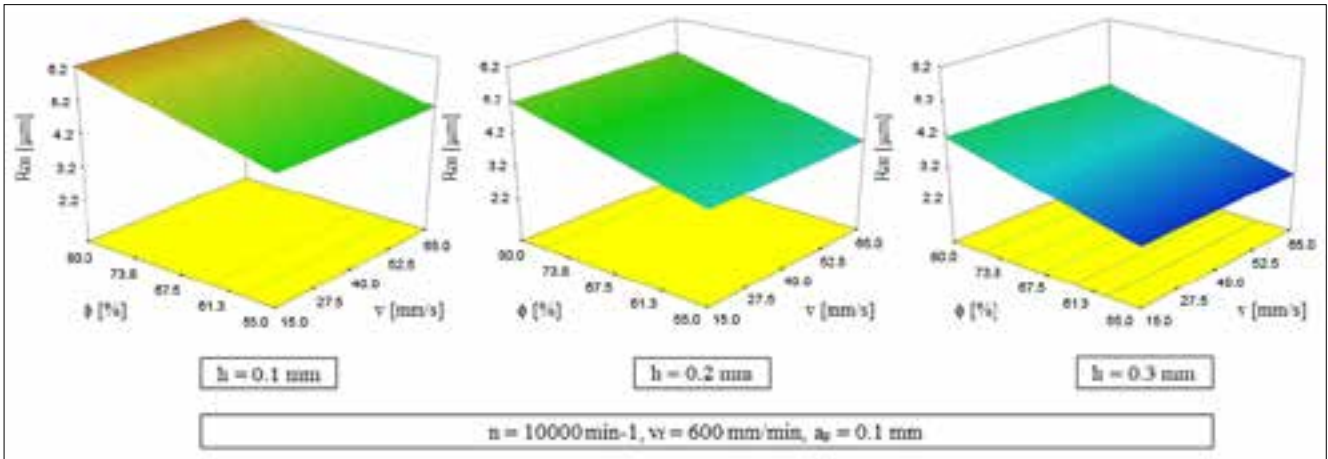
$$Ra_h = 12.07961 + 3.2641 \cdot 10^{-4} \cdot n + 18.38333 \cdot h - 0.15542 \cdot \phi - 0.030158 \cdot v_f + 8.49242 \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot v_f - 0.042417 \cdot h \cdot v_f + 3.67 \cdot 10^{-4} \cdot \phi \cdot v_f - 1.83104 \cdot 10^{-8} \cdot n^2 \quad (1)$$

4.2 Regresijski model za hrapavost Ra v smeri nalaganja materiala (Ra_l)

hrapavosti Ra_h veljajo tudi tukaj. In sicer: minimalno hrapavost Ra_l dosežemo pri maksimalni višini plasti

sežemo ob uporabi minimalnega kompenzacijskega pretoka materiala ϕ .

$$Ra_l = 10.85149 - 3.71616 \cdot 10^{-4} \cdot n + 7.16414 \cdot h - 0.082622 \cdot \phi - 7.27924 \cdot 10^{-3} \cdot v_f + 2.96111 \cdot a_p + 5.80808 \cdot 10^{-4} \cdot n \cdot h + 6.75758 \cdot 10^{-7} \cdot n \cdot v_f - 0.038625 \cdot h \cdot v_f + 2.33778 \cdot 10^{-4} \cdot \phi \cdot v_f - 1.25556 \cdot 10^{-5} \cdot v_f^2 \quad (2)$$



Slika 4. Vpliv kompenzacijskega pretoka materiala ϕ in hitrosti nalaganja materiala v na hrapavost Ra_l pri različnih višinah plasti nalaganja materiala h

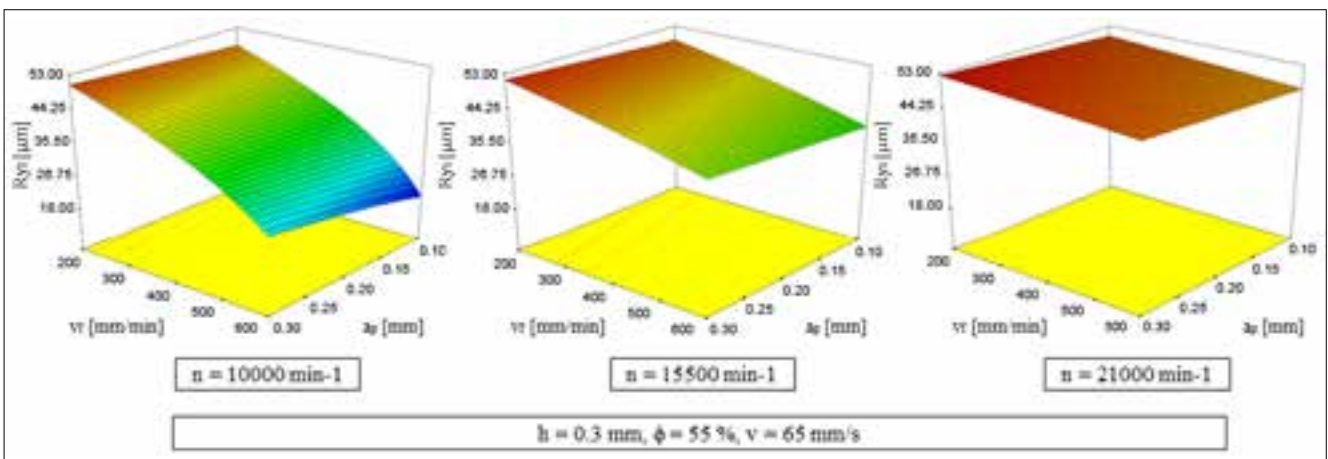
Slika 4 prikazuje vpliv kompenzacijskega pretoka materiala ϕ in hitrosti nalaganja materiala v na hrapavost Ra_l pri različnih višinah plasti nalaganja materiala h . Vidimo, da enake ugotovitve kot pri

nalaganja materiala h , kjer pa hitrost nalaganja materiala v nima vpliva. Vidimo pa, da parameter kompenzacijskega pretoka materiala ϕ vpliva premo sorazmerno. Minimalno hrapavost Ra_l tako do-

4.3 Regresijski model za hrapavost Ry v smeri nalaganja materiala (Ry_l)

Minimalno hrapavost Ry_l dosežemo pri uporabi minimalne vrtilne fre-

$$Ry_l^{2.68} = 71475.11377 - 3.97046 \cdot n + 86279.98635 \cdot h - 613.28730 \cdot \phi + 1212.98635 \cdot v - 158.1637 \cdot v_f + 22158.41371 \cdot a_p + 10.87269 \cdot n \cdot h + 5.37597 \cdot 10^{-3} \cdot n \cdot v_f - 295.27319 \cdot h \cdot v_f - 6.99385 \cdot \phi \cdot v + 2.15472 \cdot \phi \cdot v_f - 3.08891 \cdot 10^{-5} \cdot h^2 - 8.9001 \cdot v^2 \quad (3)$$



Slika 5. Vpliv podajalne hitrosti v_f in globine frezanja a_p na hrapavost Ry_l pri različnih vrtilnih frekvencah n

kvence n ter maksimalne podajalne hitrosti frezala v_f . To lahko razložimo na enak način kot pri regresijskem modelu Ra_r , kajti z večjo podajalno hitrostjo frezala v_f to potuje najhitreje in ima manj časa, da bi toplotno vplivalo na površino materiala. Enako velja za vrtilno frekvenco frezala n . Počasneje se vrti, manj segreva material. Preveč segret material – polimer – se lahko začne ovijati okoli frezala, če izberemo parametre v nasprotju s temi trditvami, kar lahko poslabša hrapavost obdelane površine. S *slike 5* opazimo tudi vpliv globine frezanja a_p , in sicer: najmanjša globina frezanja a_p privede do minimalne hrapavosti Ry_r .

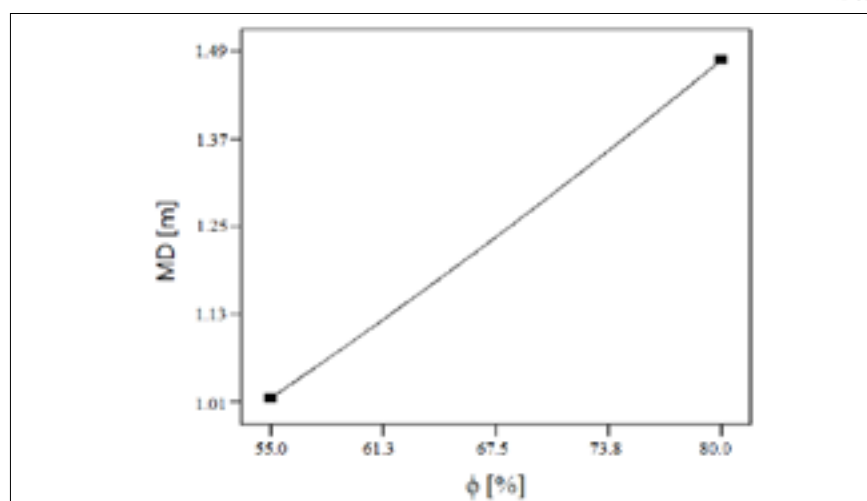
■ 4.4 Regresijski model za porabo materiala pri hibridni izdelavi MD

Že pri regresijskem modelu Ra_r smo ugotovili, da je minimalna vrednost kompenzacijskega pretoka ϕ najbolj ugodna z vidika hrapavosti. Enako velja tudi z vidika porabe materiala MD, kar je razvidno s *slike 6*.

■ 4.5 Regresijski model za čas, potreben za hibridno izdelavo t

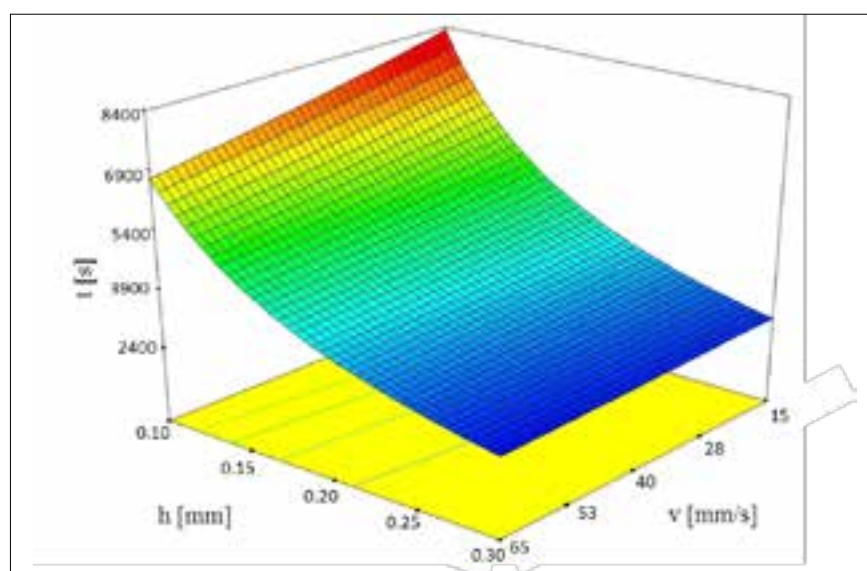
Vpliv višine plasti nalaganja materiala h in hitrosti nalaganja materiala v na čas za hibridno izdelavo t prikazuje *slika 7*. Vidimo, da na čas, potreben za hibridno izdelavo t , vplivajo le parametri postopka FDM, saj traja postopek frezanja relativno kratko glede na celoten čas hibridne izdelave, zato lahko parametre frezanja izključimo iz regresijskega modela. Ta ugotovitev velja ob predpostavki, da s postopkom FDM izdelujemo izdelke enakih ali manjših dimenzij kakor v tej študiji. Pri izdelavi izdelkov večjih dimenzij pa bi časovni delež frezanja postal večji in tako bi lahko tudi parametri frezanja postali vplivni na regresijski model za čas, potreben za hibridno izdelavo t . Največji vpliv ima tako višina plasti nalaganja materiala h , in sicer: višja kot je plast nalaganja materiala, krajši je čas hibridne izdelave. Vpliv hitrosti nalaganja materiala v nima tako signifikantnega vpliva na čas hibridne izdelave t ,

$$\sqrt{MD} = 0.54968 + 8.32623 \cdot 10^{-3} \cdot \phi \quad (4)$$



Slika 6. Vpliv kompenzacijskega pretoka materiala ϕ na porabo materiala pri hibridni izdelavi MD

$$\frac{1}{t} = -1.488 \cdot 10^{-5} + 1.2647 \cdot 10^{-3} \cdot h + 5.61659 \cdot 10^{-7} \cdot v \quad (5)$$



Slika 7. Vpliv višine plasti nalaganja materiala h in hitrosti nalaganja materiala v na čas za hibridno izdelavo t

Tabela 4. Optimalni vhodni tehnološki parametri in rezultati potrditvenega eksperimenta

Optimalni vhodni parametri		Izhodni parametri	Predvidene vrednosti z optimizacijo	Izmerjene vrednosti pri potrditvenem eksperimentu
n [min^{-1}]	10000	Rah [μm]	1.96	2.05
h [mm]	0.3	Ryh [μm]	neuporaben model	ni merjeno
ϕ [%]	55	Ral [μm]	2.71	2.74
v [mm/s]	64	Ryl [μm]	18.56	19.24
v_f [mm/min]	600	MD [m]	1.02	1.01
a_p [mm]	0.1	t [s]	2494	2496

a je vseeno smotrno, da izberemo najvišjo hitrost v , saj stremimo k minimalnemu času hibridne izdelave.

■ 4.6 Optimizacija parametrov hibridne izdelave

Pridobljene regresijske modele smo izkoristili za optimizacijo vhodnih tehnoloških parametrov hibridne izdelave za doseg minimalne hrapavosti površine, minimalne porabe materiala in minimalnega potrebne časa za izdelavo. Optimalne parametre, ki se skladajo z našimi ugotovitvami, pridobljene z interpretacijo grafov regresijskih modelov, smo preverili s potrditvenim eksperimentom, ki je potrdil rezultate optimizacije, kar prikazuje *tabela 4*.

■ 5 Zaključki

Prednost hibridnih izdelav je, da združijo dobre lastnosti vseh uporabljenih izdelovalnih tehnologij in obenem odstranijo slabe lastnosti posamezne izdelovalne tehnologije. V prispevku je predstavljena hibridna izdelava s postopkom FDM in obodnim frezanjem. V I. delu prispevka je bila pri postopku FDM uporabljena ekstrudorska šoba standardnega premera 0.4 mm. Izvedena je bila optimizacija parametrov te hibridne izdelave, optimalni parametri pa so bili potrjeni s potrditvenim eksperimentom. V naslednji številki revije Ventil bo objavljen II. del prispevka, v katerem bo predstavljena optimizacija tehnoloških parametrov hibridne izdelave, pri kateri smo pri postopku FDM uporabili ekstrudorsko šobo s premerom 1.1 mm, kar bistveno skrajša čas izdelave brez večjih sprememb in vplivov na hrapavost površine. Prav tako bodo v II. delu podani primerjava rezultatov optimizacije med obema šobama in predlogi za nadaljnje delo.

Pri analizi vpliva parametrov hibridne izdelave smo v I. delu prispevka uspešnost izvedbe eksperimentov potrdili s statistično zanesljivimi matematičnimi modeli za hrapavost površine, porabo materiala in časa za hibridno izdelavo. Na podlagi analize regresijskih modelov smo

glede na testirane parametre hibridne izdelave (vrtilna frekvenca frezala n [min^{-1}], višina plasti nalaganja materiala h [mm], kompenzacijski pretok materiala ϕ [%], hitrost nalaganja materiala v [mm/s], podajalna hitrost frezala v_f [mm/min] in globina frezanja a_p [mm]) ugotovili:

1) Hrapavost površine po hibridni izdelavi:

Pri hrapavosti opazimo vpliv vseh parametrov frezanja in dveh parametrov ciljnega nalaganja polimera, in sicer: višine plasti nalaganja materiala h in kompenzacijskega pretoka materiala ϕ . Tako ugotovimo, da je v tem primeru edini nevplivni parameter hitrost nalaganja materiala v . Od parametrov frezanja je najvplivnejša vrtilna frekvenca frezala n , pri čemer najmanjše vrednosti hrapavosti dosegamo z njeno minimalno vrednostjo. Minimalna vrtilna frekvenca frezala n povzroči, da frezalo ne segreje preveč material, ki bi se nato lahko ovil na frezalo in poslabšal obdelano površino. Podobno velja tudi za podajalno hitrost frezanja v_f , pri kateri stremimo, da je maksimalna. Iz rezultatov je razvidno, da je za nižjo hrapavost najbolj primerna minimalna globina frezanja a_p . Od parametrov ciljnega nalaganja polimera je najvplivnejša višina plasti nalaganja materiala h . Opazili smo, da dobimo najnižjo vrednost hrapavosti pri maksimalni višini plasti nalaganja materiala h . Razlog je manjše število prehodov med plastmi, ki bi jih konica merilnika na svoji poti lahko zaznala. Kompenzacijski pretok materiala ϕ daje minimalno hrapavost pri svoji najmanjši vrednosti.

2) Poraba materiala pri hibridni izdelavi:

Na porabo materiala pri hibridni izdelavi vpliva le en parameter, in sicer kompenzacijski pretok materiala ϕ . Vpliv kompenzacijskega pretoka materiala na hrapavost je linearen, najnižjo hrapavost pa dobimo pri minimalni vrednosti tega parametra.

3) Čas za hibridno izdelavo:

Večina časa za hibridno izdelavo se po-

rabi za ciljno nalaganje taljenega polimera, zato v modelu nastopajo le parametri tega postopka. Ta ugotovitev velja ob predpostavki, da s postopkom FDM izdelujemo izdelke enakih ali manjših dimenzij kakor v tej študiji. Pri izdelavi izdelkov večjih dimenzij bi časovni delež frezanja postal večji, tako bi lahko tudi parametri frezanja postali vplivni na celoten čas oz. na regresijski model za čas, potreben za hibridno izdelavo t . Najvplivnejši parameter na čas za hibridno izdelavo je tako višina plasti nalaganja materiala h , ki jo želimo imeti maksimalno. Maksimalna višina plasti nalaganja materiala h pomeni manjše število izdelanih plasti, kar privede do velikega prihranka na času. Hitrost nalaganja materiala v ima minimalen vpliv na čas hibridne izdelave. Vseeno pa je smotrno, da izberemo najvišjo hitrost, saj stremimo k minimalnemu času hibridne izdelave.

Da bi dosegli minimalno hrapavost površine ob minimalni porabi materiala in minimalnem času hibridne izdelave, se znotraj razpona testiranih (vhodnih) parametrov hibridne izdelave ob uporabi standardne ekstrudorske šobe premera 0.4 mm priporočajo naslednje vrednosti:

- vrtilna frekvenca frezala $n = 10000 \text{ min}^{-1}$,
- višina plasti nalaganja materiala $h = 0.3 \text{ mm}$,
- kompenzacijski pretok materiala $\phi = 55 \%$
- hitrost nalaganja materiala $v = 65 \text{ mm/s}$,
- podajalna hitrost frezala $v_f = 600 \text{ mm/min}$,
- globina frezanja $a_p = 0.1 \text{ mm}$.

Viri

- [1] Shematični prikaz postopka FDM. Dostopno na: <http://reprap.org/mediawiki/images/thumb/2/22/FFF.png/400px-FFF.png>, ogled: 2. 6. 2015.
- [2] Song, Y. Ak., Park, S., Choi, D., Jee, H.: 3D welding and milling: Part I – a direct approach for freeform fabrication of metallic prototypes. International Jour-

- nal of Machine Tools & Manufacture, vol. 45, pp 1057–1062, 2005.
- [3] Song, Y. Ak., Park, S., Choi, D., Chae, S. W.: 3D welding and milling: Part II – optimization of the 3D welding process using an experimental design approach. International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 45, pp 1063–1069, 2005.
- [4] Boivie, K., Homar, D., Dolinšek, S., Broetan, V.: The hybrid manufacturing cell : an integrated solution for additive manufacturing with CNC machining. 4th International Conference on Additive Technologies iCAT2012, Maribor, Slovenia, pp 1–15, 2012.
- [5] Mohameda, O. A., Masooda, S. H., Bhowmik, J. L.: Optimization of fused deposition modeling process parameters for dimensional accuracy using I-optimality criterion. Measurement, vol. 81, pp 174–196, 2016.
- [6] Kaveh, M., Badrossamay, M., Foroozmehr, E., Etefagh, A. H.: Optimization of the printing parameters affecting dimensional accuracy and internal cavity for HIPS material used in fused deposition modeling processes. Journal of Materials Processing Technology, vol. 226, pp 280–286, 2015.
- [7] Rao, R. V. and Rai, D. P.: Optimization of fused deposition modeling process using teaching-learning-based optimization algorithm. Engineering Science and Technology, vol. 19, pp 587–603, 2016.

Hybrid manufacturing with fused deposition modeling and milling:

Part I – optimization of the technological parameters in hybrid manufacturing using standard extruder nozzle size

Abstract: Products with highly complex geometries are sometimes difficult to produce in a conventional way by machining. Then it is an easier and more affordable solution to create products with additive manufacturing which has a weakness for a slightly reduced quality of the external surface. This weakness can be improved by additional machining. Such hybrid manufacturing is presented in this two-part paper. Fused deposition modeling (FDM) is used for creating a product, and the outer surface of the product model is then improved with peripheral milling. Part I of the paper contains the optimization of the technological parameters in hybrid manufacturing using standard nozzle size (diameter $D = 0.4$ mm) for FDM. In Part II (in the next number of the magazine Ventil), the optimization of the technological parameters in hybrid manufacturing using bigger, non-standard nozzle size (diameter $D = 1.1$ mm) in order to achieve a shorter production time will be presented. A comparison of both nozzle sizes will be given.

Keywords: hybrid manufacturing, fused deposition modeling, peripheral milling, PLA material, design of experiments, empirical modeling and optimization

Znanstvene in strovne prireditve

58. Internationale Maschinenbau-messe MSV in Tschechien – 58. Mednarodni sejem strojništva na Češkem

3. – 10. 10. 2016

Brunn, ZR Nemčija

Organizator:

- Die Deutsch-Tschechische Industrie- und Handelskammer – (DTIHK) – Nemško-češka industrijska in trgovska zbornica (Združenje združuje predvsem majhna in srednja podjetja iz nemških zveznih dežel Bavarske, Hesna ter Češke)

Področja sejma:

- kovinska predelovalna industrija, livarstvo, varilna tehnika, površinska tehnika, plastične mase (umetne snovi, guma, lepila)

Informacije:

- www.dtihk.cz

IHA – Seminar zur Wartung und Inspektion hydrostatischer Antreibe – IHA – Seminar o vzdrževanju in inspekciji hidrostatičnih pogonov

IHA – Seminar o vzdrževanju in inspekciji hidrostatičnih pogonov

Organizator:

- IMA – Akademie, TU Dresden

Tematika:

- Tridnevni seminar o vzdrževanju in popravilih ter inspekciji hidrostatičnih pogonov s praktičnimi vajami preskušanja

Informacije:

- www.hydraulik-akademie.de

International Rotating Equipment Conference des VDMA – Mednarodna konferenca o rotacijski opremi v okviru VDMA

14. in 15. 9. 2016

Düsseldorf, ZRN

Organizatorji:

- Pumpen Anwendungsforum
- Internationale Kompressoren-Anwendungsforum
- European Forum for Reciprocating Compressors (EFRC)

Tematika:

- Novi trendi razvoja črpalk in kompresorjev

Informacije:

- www.vdma.org

... nadaljevanje na strani 357

Naprava za testiranje zavornih ploščic

Ivan VENGUST, Martin PETRIČ

Izvleček: V prispevku so predstavljeni razvoj naprave za avtomatično testiranje zavornih ploščic, zahteve trga za zavorni sistem z diskom za kolesa in razvoj zavornih materialov. Potreba po sledenju tržnim trendom je glavni povod za razvoj specializirane testne naprave, ki omogoča razvoj novih tornih materialov in optimizacijo obstoječih. Zavorne ploščice morajo dosegati ustrezno zavorno moč in življenjsko dobo. Pomembno je tudi, kakšna je zavorna moč pri prvih zaviranjih po menjavi ploščic in kakšne so karakteristike ploščic pri visokih temperaturah, ki se pojavijo pri ekstremnih zaviranjih. Vse to so zahteve za testno napravo, ki omogoča simulacijo realnih pogojev, programiranje merilnih sekvenc in merjenje signalov sensorike. Opisana je izbira krmilnega sistema, merilnih komponent in specifična izvedba programskega dela projekta. Opis testov in analiza primerjave dveh tornih materialov sta predstavljena v končnem delu prispevka.

Ključne besede: testiranje zavornih sistemov, torni materiali, zavorne ploščice, obraba, simulacija realnih pogojev

1 Uvod

Proizvajalci zavornih ploščic se nenehno soočamo z različnimi izzivi, ki jih zahteva trg ali varovanje okolja. Eden bistvenih v zadnjih desetletjih je prav gotovo prepoved uporabe azbesta, ki je bil pred tem ena pomembnejših komponent zavornih



Slika 1. Zavorna čeljust in zavorne ploščice. Na dveh sta nameščena zavorna batka iz čeljusti [1]

Dr. Ivan Vengust, univ. dipl. inž., PS, d. o. o., Logatec; Martin Petrič, univ. dipl. inž., SINTER, d. o. o., Ljubljana

mas. Po drugi strani se poleg zahtev, ki vplivajo na celotno industrijo, srečujemo s specifičnimi, ki zadevajo določen tržni segment.

Pri vstopu na globalni trg zavornih ploščic smo se srečali z zahtevami, ki na naših dosedanjih trgih niso imele pomembne vloge in jih z obstoječo raziskovalno opremo nismo mogli testirati. To je bil glavni povod za razvoj naprave za testiranje zavornih ploščic za kolesa (slika 1).

2 Diskasti zavorni sistem

Zavorni sistem (slika 2) služi za zastavljanje vozila. Pri tem se kinetična energija vozila pretvarja v toplotno. Pri diskastih zavornih sistemih se toplotni tok ustvari ob pritisku zavornih ploščic na površino zavornega diska. Zaradi tega se predvsem zavorni disk in zavorne ploščice močno segrejejo, kar privede do vrste fizikalno-kemijskih reakcij, ki pomembno vplivajo tako na zavorno silo kakor tudi na življenjsko dobo tornega para.

Pri razvoju tornih materialov zavornih ploščic so bistvenega pomena receptura frikcijske mešanice ter procesni pogoji, s katerimi definiramo razvoj mikrostrukture materiala

in zagotovimo ponovljivost izdelave. Torni material zavornih ploščic je v osnovi sestavljen iz štirih različnih tipov komponent:

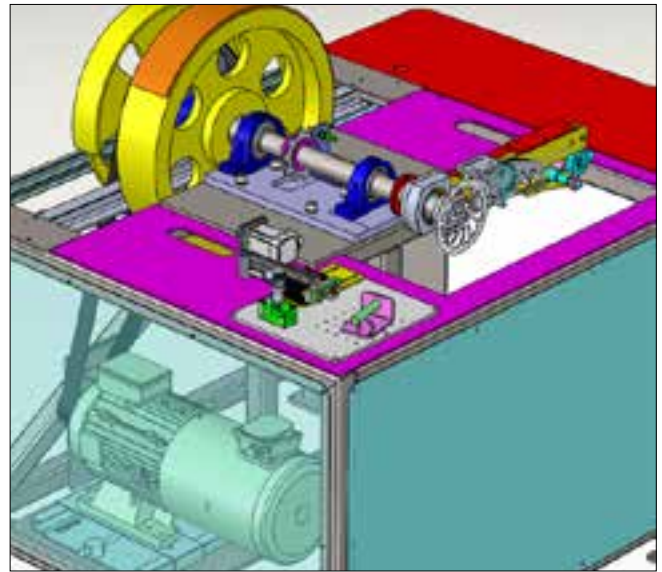
- armaturna vlakna zagotavljajo mehanske lastnosti frikcijskega materiala,
- s polnili izboljšamo izdelavnost frikcijske mešanice in znižamo ceno,
- modifikatorji frikcije določajo nivo tornega koeficienta in posledično zavorno moč,
- veziva povezujejo vse ostale komponente.

Razmerja med temi štirimi tipi in vhodne surovine se med seboj bistveno razlikujejo glede na tržni segment in pričakovano aplikacijo zavor.

Z vidika procesnih pogojev moramo v prvi fazi izdelave zavornih ploščic nujno regulirati zaporedje in način mešanja vhodnih surovin, da zagotovimo homogenost frikcijske mešanice in s tem ponovljivost posameznih šarž. Predpisi o masi briketa frikcijskega materiala, temperaturi, tlaku in času definirajo operacijo stiskanja, med katero material zavzame končno obliko. S temperaturnim profilom naknadne toplotne obdelave razvijemo



Slika 2. Zavorni sistem kolesa z diskom [1]



Slika 3. Pogon zavornega diska

mikrostrukturo tornega materiala, ki pomembno vpliva na stisljivost in obrabo zavorne mase.

Testiranje zavornih ploščic poteka na dinamometru, na katerega vpne zavorni disk in zavorno čeljust, kamor vstavimo zavorni ploščici. Testni program je sestavljen iz določenega števila zaporednih zaviranj pri določenih pogojih in je lahko definiran na različne načine. Pogosto poteka regulacija v odvisnosti od časa zaviranja ali izmerjene temperature zavornega diska ali zavornih ploščic. Običajno pri tem merimo količine, ki omogočajo izračun tornega koeficienta in obrabo zavornih ploščic.

Trg zavornih ploščic za kolesa ima poleg zgoraj omenjenih splošnih zahtev še dodatne, ki jih do sedaj ni bilo možno testirati:

- popuščanje zavorne moči pri prvih zaviranjih na povišani temperaturi,
- zavorna moč v mokrem,
- utekanje zavornih ploščic,
- zaviranje z definirano vztrajnostjo.

Naprava za testiranje mora poleg zgoraj navedenih splošnih zahtev zagotoviti vpetje celotnega zavornega sistema za kolo, pri čemer elektromotor služi za pogon osi, na katero je vpet vztrajnik, ki simulira voznika. Naprava bo omogočila kontrolo parametrov tornih materi-

alov med razvojem in možnost takojšnjih ustreznih sprememb.

■ 3 Razvoj naprave

Pri razvoju naprave smo sledili dveh pomembnih funkcijama, ki ju mora zagotavljati. To sta vrtenje zavornega diska in kontrola zaviranja.

Os zavornega diska z vztrajnikom poganja elektromotor preko jermenskega prenosa (slika 3). Pogon mora zagotoviti visoko dinamiko delovanja, predvsem hitro pospeševanje. Dodatna zahteva je možnost izbire dodajanja energije med zaviranjem oz. simulacije zaviranja med vožnjo po klancu navzdol. Zaradi razmeroma velikih vztrajnostnih mas in kratkih pospeševalnih ciklov sta bila za pogon izbrana 11-kilovattni asinhronski elektromotor in vektorski frekvenčni regulator, ki lahko obratuje v momentnem načinu. V elektromotor je vgrajen inkrementalni merilnik pozicije za natančno merjenje hitrosti vrtenja. Merilnik pozicije motorja je tudi pogoj za momentni način delovanja.

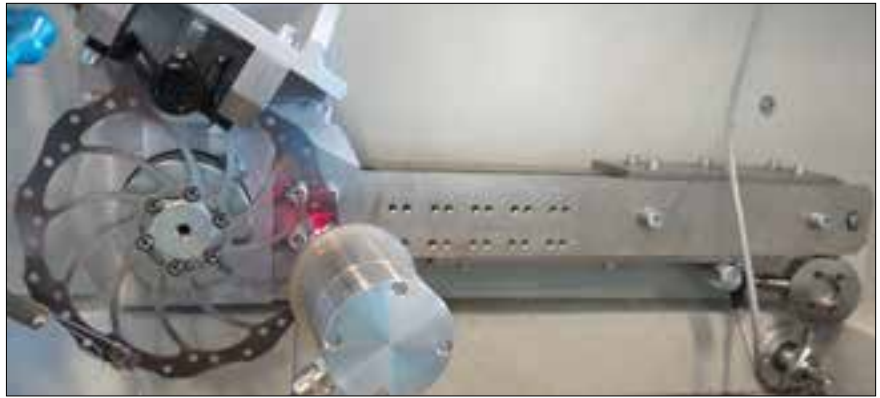
Kontrola zaviranja je izvedena z linearnim aktuatorjem, ki ga upravlja servopogon. Cilinder pritiska na zavorno ročico in simulira različne zaviralne sekvence (slika 4). Specifični zahtevi sta zaviranje s konstantno zaviralno silo in zaviranje v določenem času od začetne do končne hitrosti.

Za zaviranje s konstantno silo mora motor omogočiti pozicijsko kontrolo z omejevanjem momenta, za zaviranje v določenem času pa momentni način delovanja motorja in ciklično spreminjanje trenutnega momenta. Med testi je potrebno meriti spreminjanje sile na zavorno ročico. To izvedemo posredno z meritvijo obremenitve motorja med zaviranjem. Izbran je bil servopogon, ki lahko deluje v pozicijskem in momentnem načinu in ima ciklični dostop do internih podatkov (regulator B & R ACOPOS micro in ustrezen servomotor).



Slika 4. Linearni aktuator lahko pritiska na zavorno ročico s konstantno ali spremenljivo silo [1]

Med izvajanjem testov naprava meri, računa in shranjuje številne parametre. Na napravi so senzori za merjenje zaviralne sile, tlaka v zavornem sistemu, temperature diska in zavorne čeljusti. Zaviralno silo oz. zaviralni moment merimo na ročici, na katero je nameščena zavorna čeljust (*slika 5*). Levi del ročice je uležan na os gredi z zavornim diskom, na drugi del je nameščena natezna merilna celica z merilnimi lističi in ojačevalnikom izhodnega signala. Senzor tlaka v zavornem sistemu je nameščen med zavorno ročico in zavorno čeljust. Plak olja lahko med močnim zaviranjem doseže vrednosti do 60 barov. Za merjenje temperature vrtečega se diska sta uporabljena dva senzora. Brezdotični infrardeči senzor meri energijo sevanja diska v območju od 100 do 600 °C. Drsní senzor drsi po površini diska. Nameščen ima termočlen tipa K, ki lahko meri temperaturo v še večjem območju (-200 do 1350 °C). Temperatura diska lahko med intenzivnimi testi preseže 500 °C.



Slika 5. Merjenje zaviralne sile in temperature diska [1]

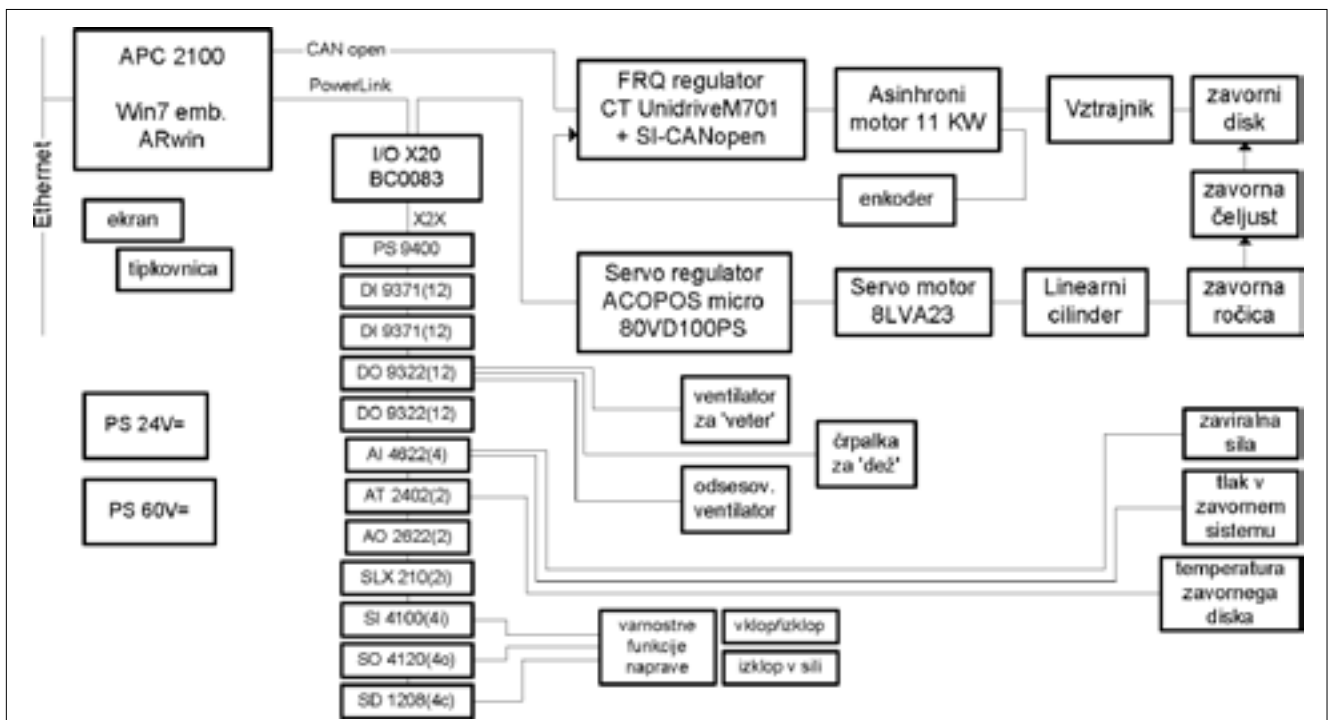
Krmilni sistem naprave je prikazan na *sliki 6*. Osrednji element krmiljenja je kompakten industrijski računalnik B & R APC2100 [2]. Ohišje je majhno (200 x 115 x 40 mm), podobne velikosti kot npr. zunanja

CD-enota. Procesor je dvojedrni Intel Atom E3827, sistem ima 4 GB RAM-a in 24-voltno napajanje. Namesto diska uporablja kartico 64 GB CFast, ki je podobna karticam CompactFlash, le da namesto vmesnika PATA uporablja hitrejši vmesnik SATA. Vse to omogoča, da lahko PC obratuje brez hladilnih ventilatorjev. Na enoti sta dva vmesnika Ethernet in dodatni vmesnik za PowerLink, CAN in RS232 komunikacije. Operacijski sistem PC-ja je Windows Embedded 7, paralelno z njim pa teče še sistem ARwin za delo v realnem času, ki zagotavlja deterministične odzive krmilnega sistema. Win7 in ARwin si podatke izmenjujeta preko virtualnega vmesnika TCP/IP preko RAM-a z dvojnim dostopom. Oba

sistema sta med seboj neodvisna. Program za upravljanje naprave teče znotraj sistema ARwin in lahko obratuje, čeprav bi se operacijski sistem Win7 zaradi napake ustavil.

Večino enot krmilnega sistema povezuje hitra Ethernet povezava s protokolom PowerLink [3]. PowerLink je standardiziran protokol z lastnostmi trdega realnega časa. Zagotavlja deterministične prenose podatkov v časovnih intervalih od 400 µs navzgor. PowerLink povezuje APC2100, I/O-enote (X20 BC0083) in servoregulator ACOPOS micro.

Enota X20 BC0083 je vmesnik do X2X-vočila, na katerem so I/O-moduli sistema, digitalni vhodi in izhodi,



Slika 6. Blokovni diagram krmilnega sistema naprave

analogni vhodi in izhodi in analogni temperaturni vmesnik za termočlene. Na X2X-vodilu je tudi varnostni krmilnik SLX 210 z varnostnimi I/O-moduli.

Servoregulator ACOPOS micro sprejema ukaze in ciklične reference preko povezave PowerLink, preko iste vrača PC-ju stanje in trenutne podatke o poziciji in obremenitvi.

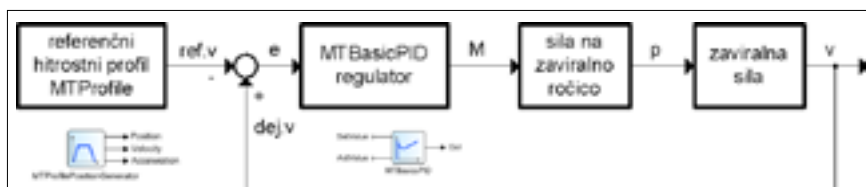
Regulator CT UnidriveM 701 je z APC2100 povezan s CAN-vmesnikom. Uporabljen je protokol CANopen. Prav tako kot PowerLink omogoča ciklične prenose ukazov, referenc in statusov, konfiguracijo podatkovnih blokov, prenos podatkov, je pa nekoliko počasnejši.

Za varnost delovanja naprave je uporabljen varnostni krmilnik B&R SLX 210. Ta krmilnik je neodvisen od ostalih enot krmilnika. Preko svojih vhodov in izhodov omogoča vklop in izklop moči naprave, izvaja logiko izklopa v sili, prepreči delovanje naprave, če so vrata odprta, ne dovoli odpiranja vrat, če se disk vrti ipd.

Razvoj aplikacije za napravo poteka v programskem okolju B & R Automation Studio z vsemi jeziki PLCopen ter jeziki C, C++, BASIC. Programske jezike je mogoče kombinirati. Izberemo lahko najprimernejšega za določeno funkcijo. Aplikacija je napisana v ANSI C in PLCopen jeziku ST (Structure Text). Sestavljena je iz treh delov: iz programske in sekvenčne logike, logike za varnostni krmilnik in grafičnega vmesnika HMI.

Osrednji del sekvenčne logike je zadolžen za izvajanje testne sekvence naprave. Način izvajanja testne sekvence določa program, ki ga sestavljajo nastavitveni parametri in variabilno število parametriziranih blokov. Parametri bloka določajo, kako se kontrolira glavni motor za pogon zavornega diska, na kakšen način zaviramo ter kako vklapljamo ali izklaplamo dodatne enote naprave. Kot primer je naveden program, ki izvede naslednje:

blok 0: 90 s ponovitev zaviralnih ciklov s pospeševanjem diska do 25 km/h v 2 s in



Slika 7. PID-regulacija zaviranja

zaviranji do 5 km/h v 7 s, med zaviranji motor poganja disk z 800 W moči, vključena sta odsesovalni ventilator in ventilator za veter s fiksno hitrostjo 25 %

- blok 1:** 10 s premor, v katerem se disk vrti s hitrostjo 3,0 km/h
blok 2: 60 s ponovitev zaviralnih ciklov, ostalo enako kot blok 0
blok 3: ohlajanje diska na temperaturo 50 °C, medtem se disk vrti s hitrostjo 5,0 km/h, vključen je ventilator za veter s hitrostjo 100 %
blok 4: izklop enot ter ustavitev izvajanja programa

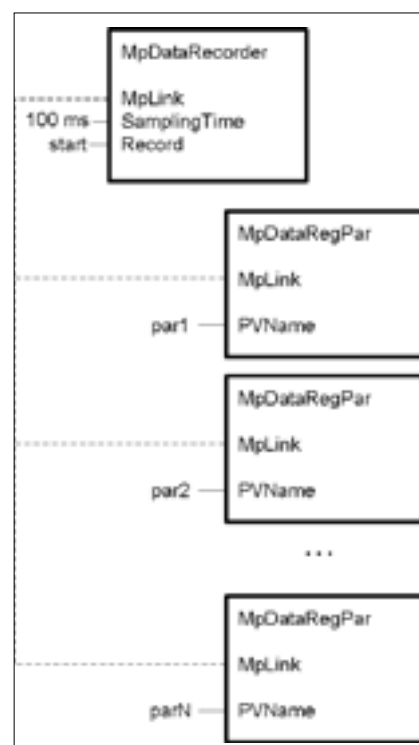
Blok 0 vsebuje ukaz za zaviranje od hitrosti 25 km/h na 5 km/h v 7 s. Med takšnim zaviranjem je potrebno regulirati silo pritiska na zavorno ročico. Cilj je, da bo želeni čas zaviranja dosežen čim bolj točno. Uporabljen je PID-regulator (MTBasicPID), ki primerja referenčni hitrostni profil z dejanskim in glede na trenutno napako povečuje ali zmanjšuje silo zaviranja (slika 7). Z optimizacijo PID-parametrov je doseženo natančno sledenje referenci (slika 9).

Številne kompleksne funkcije naprave so realizirane z uporabo mapp komponent. Mapp tehnologija [4] [5], ki jo uporablja razvojno okolje B & R Automation Studio, je zasnovana na objektnih principih gradnje programov. Mapp komponente predstavljajo preizkušene modularne gradnike, ki jih dodajamo v program, povezujemo med seboj in jih nato v programu upravljamo preko pripravljenega uporabniškega vmesnika. Mapp komponente so nadgradnja tehnologije funkcijskih blokov, ki jo je uvedla standardizacija PLCopen [6]. Združujejo večje število funkcijskih blokov v bolj kompleksne enote.

V našem programu so mapp komponente uporabljene za kontrolo osi

za zaviranje in osi za vrtenje glavnega motorja (MpAxisBasic), za zapisovanje izmerjenih in izračunanih podatkov (MpDataRecorder in MpDataRegPar) ter za nalaganje in shranjevanje ali nalaganje programov poteka testiranja (MpRecipeXml in MpRecipeRegPar). Osnovni komponenti lahko dodamo dopolnilne in tako razširimo funkcionalnost. Kot primer: pri kontroli osi za zaviranje komponenta MpAxisCyclicSet funkcijam pozicioniranja osi doda še možnost cikličnega spreminjanja momenta motorja.

Na sliki 8 so prikazane mapp komponente za zapisovanje podatkov v izhodno datoteko. Z vhodnimi parametri komponente MpDataRecorder (RecordMode, SamplingTime) določimo način zapisovanja podatkov in čas vzorčenja (npr.: vzorčenje v enakomernih časovnih intervalih, interval 10 ms). Parametri



Slika 8. Realizacija funkcije zapisovanja podatkov z mapp komponentami

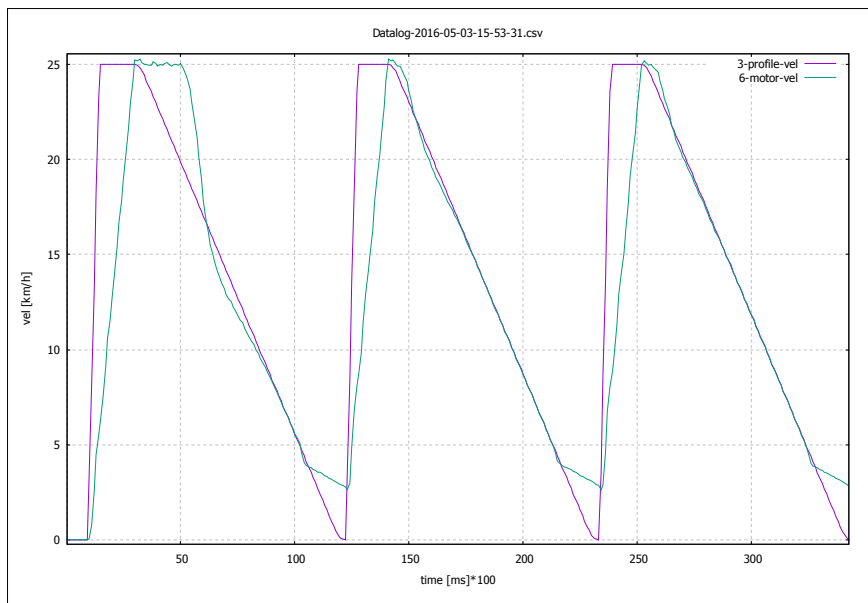
komponent MpDataRegPar (PVName) določijo spremenljivke, ki jih zapisujemo.

Poleg omenjenih obstaja še obširen nabor drugih mapp komponent za funkcije, kot so: realizacija alarmov, vizualizacija podatkov, HMI-vmesniki, povezana gibanja osi, kot je leteče žaganje [5], večosni CNC-krmilniki, kontrola različnih robotskih mehanizmov ipd.

4 Testi in analiza podatkov

Na napravi se lahko izvajajo avtomatizirani testi zavornih ploščic in komponent zavornih sistemov z diskom. S programom in parametri programskih blokov lahko vplivamo na izvedbo testa. Med izvajanjem testa se snema 14 parametrov, podatki so zapisani v ASCII 'cvs' datoteko, ki jo lahko kasneje analiziramo s preglednico ali drugimi programi. Prikazanih je nekaj posnetih podatkov iz opravljenih testov. Diagrami so pripravljani s programom gnu-plot [7], ki je odlično orodje za hitre analize podatkov in vizualizacijo.

Slika 9 prikazuje začetna zaviranja testa, ko zaviramo od hitrosti 25 na 5 km/h v 7 s, glavni motor med zaviranjem dodatno poganja disk z 800 W moči. Vidimo lahko, da PID-regulator po začetnem prenehanju hitro ujame referenčno hitrostno



Slika 9. Diagram PID-zaviranja s spremenljivo silo; prikazani sta hitrostna referenca (3) in dejanska hitrost diska (6)

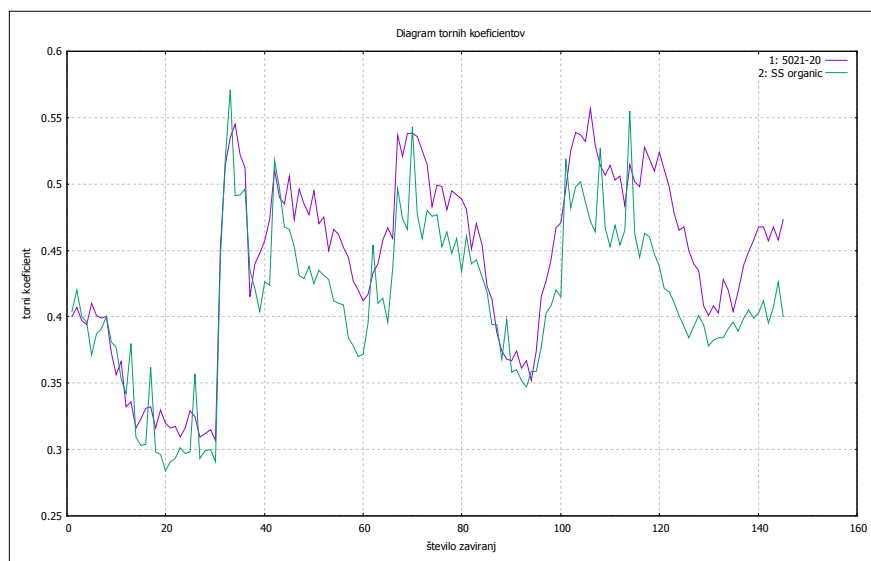
rampo. Test služi za primerjavo utekanja frikcijskih materialov, saj se sila na ročici spreminja glede na utečenost zavorne ploščice in glede na temperaturo na disku. Obenem je dober pokazatelj za študij naknadne toplotne obdelave, s katero lahko zavorne ploščice pripravimo na obratovalne pogoje.

V nadaljevanju je predstavljena analiza karakteristik dveh tornih materialov. Za primerjavo sta bila izbrana material '5032' proizvajalca Sinter in material 'SS organic' konkurenčnega evropskega proizvajalca.

Zavorne ploščice so med testom postavljene spreminjajočim se obremenitvenim pogojem. V testu se ponavljajo ostra zaviranja od hitrosti 25 km/h na 2 km/h. Med zaviranjem je sila na zavorno ročico konstantna in znaša 70 N. Test je sestavljen iz petih ciklov. Prvi služi utekanju zavornega sistema, preostali pa meritvam v suhih in mokrih pogojih. Analiza rezultatov poteka na podlagi drugega, tretjega, četrtega in petega cikla. Med posameznimi cikli se zavorni disk ohladi na sobno temperaturo. Po prvem ciklu so vsi nadaljnji sestavljeni iz zaporednih zaviranj v suhih pogojih, ki jim sledi 5 zaviranj v mokrem. Zaviranje v mokrem se od zaviranja v suhem loči po tem, da med zaviranjem pršimo vodo na površino zavornega diska. To je simulacija vožnje v deževnih razmerah. Kot primerjalni parameter je izbran torni koeficient materiala. Torni koeficient 'μ' se izračunava med zaviranj po enačbi (1).

$$\mu = \frac{F \cdot l}{2 \cdot A \cdot r_e \cdot p \cdot l_f} \quad (1)$$

- μ – torni koeficient
- F – zavorna sila
- l – ročica merilne celice sile
- p – zavorni tlak
- A – površina zavornega batka
- r_e – efektivni polmer zavornega diska
- l_f – faktor zavorne učinkovitosti



Slika 10. Diagram povprečnih tornih koeficientov frikcijskih materialov '5032-20' in 'SS organic' za 145 ponovitev zaviranj pri različnih pogojih

Med testi neposredno merimo zavorno silo F in zavorni tlak p. Ostali parametri enačbe (1) so določeni s tipom zavornega diska, zavorne čeljusti in geometrijo testne naprave. Torni koeficient se uporablja kot parameter, s katerim primerjamo moč zaviranja posameznega frikcijskega materiala.

Slika 10 prikazuje primerjavo tornega koeficienta dveh izbranih materialov zavornih ploščic. Na torni koeficient močno vplivajo temperatura zavornega diska in zavornih ploščic in prisotnost vode. Zato lahko v diagramu opazimo precejšnja nihanja tornega koeficienta med potekom testa. Na torni koeficient vpliva tudi torni material. Prav ta razlika je cilj naše analize. Analiza rezultatov testa pokaže 5 % višjo zavorno moč za material 5032 pri stacionarnih pogojih. V mokrem je razlika še bolj očitna, saj znaša skoraj 9 %. Tovrstna analiza daje možnost primerjave tornih materialov in izboljševanja materialov za doseganje zelenih zavornih karakteristik.

■ 5 Sklep

Naprava za avtomatizirano testiranje zavornih ploščic je bila razvita in izdelana v podjetju PS, d. o. o., Logatec za podjetje Sinter, d. o. o., Ljubljana. Oba partnerja sta združila znanja in izkušnje s svojih področij pri zasnovi, specifikaciji in razvoju

tehnološko zahtevne preizkuševalne naprave. Aplikativno najpomembnejša lastnost naprave je možnost sočasnih meritev različnih fizikalnih parametrov, ki jih pri načrtovanju frikcijskih mešaníc ni mogoče popolnoma predvideti. Naprava omogoča podjetju Sinter razvoj novih zavornih materialov, kontrolo parametrov materiala med razvojem in takojšnje spremembe, če so potrebne, torej hitrejši in bolj kvaliteten razvojni cikel.

Viri

- [1] Fotografije: PS, d. o. o., Logatec, slike 1, 2, 5: Ivan Vengust, slika 4: Anže Vrabl.
- [2] B & R_APC2100: (<https://www.br-automation.com/en-in/products/industrial-pcs/automation-pc-2100>).
- [3] Ethernet PowerLink Standardization Group: Industrial Ethernet facts 2nd Edition, sep. 2013.
- [4] B & R mapp technology.
- [5] LIAM Lab: White Paper, mapp technology Benchmark – flying saw (www.brautomation.com/smc/d8fa-16e36ce14990f40a77fcb-7c42bbf2ae1f6cf.pdf).
- [6] PLCopen.org: (<http://www.plcopen.org>).
- [7] Gnuplot: (<http://www.gnuplot.info/gnuplot/homepage>).

Brake pad testing machine

Abstract: The development of a bicycle brake pad testing machine is presented in the paper. The market of disc brake systems for bicycle application redefines the braking parameter's priority and scope. Testing machines for braking systems are common, however only few are applicable for this market segment and none of them offer the combination of developing custom tests in addition to measure parameters for evaluating the fade effect.

This machine offers the possibility of designing custom tests, measurement of different friction and wear related parameters, real-life conditions simulation and online monitoring. The result of this development is a brake pad testing machine with custom designed software and a regulation system which provides new possibilities of bicycle braking system testing and an advantage in the new friction formulation development.

The testing procedures and the result analysis are presented in the final part of the paper.

Keywords: Brake testing machine, friction materials, braking pads, wear, real-life simulation

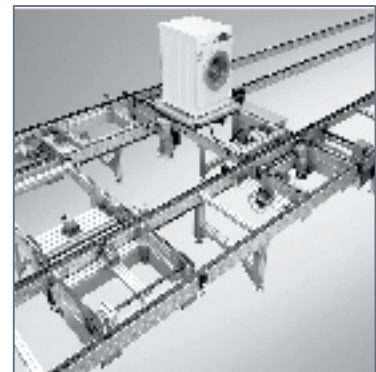
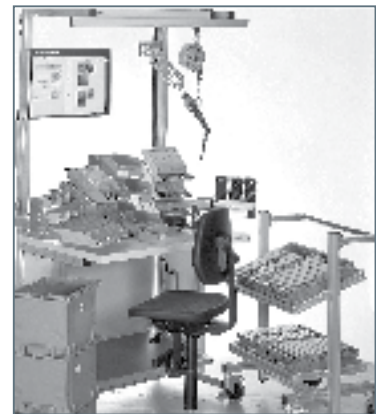
Rexroth

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: opl.trzin@siol.net
www.opl.si

Lepljeni valjasti spoji in njihova uporaba v strojništvu

Marjan POTOČAN

Izvleček: Članek v začetku govori o lastnostih in problematiki valjastih spojev, ki se v industrijski proizvodnji največ uporabljajo pri oblikovanju in reševanju konstrukcijskih problemov. Podrobneje so opisani krčni nased, pritisno nakrčeni spoj in ohlapni spoj. V nadaljevanju je predstavljena tudi pravilna izbira lepila za lepljenje različnih kombinacij materialov.

Omenjene so prednosti uporabe lepila v primerjavi s konvencionalnimi načini spajanja cilindričnih (valjastih) delov.

Ključne besede: lepilo, material, lepljenje, površina, valjasti spoji, lepljenje zobnikov

1 Osnove lepil

Zaradi različnih materialov, ki se pojavljajo v sodobnih tehnologijah, in različnih zahtev (trdnost, trajnost, elastičnost, hitrost strjevanja) obstaja na trgu zelo široka paleta lepil. Nobeno lepilo ni univerzalno, kar natančneje pomeni, da nobeno ne izpolni vseh zahtev. Lepila lahko v grobem delimo na eno- ali večkomponentna, razlikujejo se pa še po: elastičnosti, kemični osnovi, načinu strjevanja, sestavi, strukturi, ... Največkrat pa lepila delimo glede na kemično osnovo na: akrilna, cianoakrilatna, anaerobna, epoksi, silikone, Ta nam pove tudi njihove okvirne lastnosti. V nadaljevanju bomo omenili le anaerobna lepila, ki se v industrijskih panogah pogonske tehnike in sistemih prenosa vrtilnega momenta največ uporabljajo.

1.1 Anaerobna lepila

Strjujejo se ob odvzemu kisika in sočasni prisotnosti kovine oziroma kovinskih ionov v zlepnem spoju ali ob stiku z aktivatorjem. Zlepni spoj

zahteva maksimalno zračnost 0,5 mm. Zaradi omenjenih dejstev delovanja se anaerobna lepila uporabljajo predvsem za lepljenje kovin, na mestih varovanja vijajčnih zvez proti odvitju, za lepljenje valjastih spojev ter tesnjenje prirobnic. Anaerobna lepila so tudi zelo dobro odporna na naftne derivate.

1.2 Uporaba anaerobnih lepil pri valjastih spojih

V industrijah, zlasti na področjih pogonske tehnike, je precej valjastih spojev. To so predvsem spoji med gredjo in zobnikom ali osjo in elementi na njej. Običajno so izvedeni z mehanskimi elementi, kot so mozniki ali utorne gredi. V zadnjem času pa se na teh mestih vse več

uprabljajo lepila za lepljenje zobnikov na gred. Lepila imajo zelo pozitiven učinek pri vseh izvedbah valjastih spojev, kjer dodatno omogočajo prenos večjih obremenitev in preprečujejo nastanek zvarne korozije.

Mozniki, zagozde in zatiči v valjastem spoju so zelo občutljivi za nastanek zvarne korozije zaradi udarcev in mikropremikov, ki so neločljivo povezani s konstrukcijo takšnih spojev. Lepila oziroma polimerni materiali napolnijo vse praznine v spoju. Ko se strdijo, preprečijo mikropremike med dvema deloma in tako povečajo zanesljivost prenosa obremenitve in življenjsko dobo sestavljenega sklopa.



Slika 1. Povezovalni elementi med gredjo in pestom

Mag. Marjan Potočan, univ. dipl. inž., Henkel Slovenija, Maribor

■ 1.3 Primerjava lepljenih valjastih spojev s konvencionalnimi spoji

Z uporabo lepila pri tovrstnih spojih lahko v določenih primerih dosežemo dovolj velike kapacitete oziroma nosilnosti za prenose aksialnih sil. Alternativno to pomeni, da ni več potrebe po uporabi in vgradnji elementov, kot so zatiči, Segerjevi obroči, puše za varovanje pred aksialnimi pomiki na gredah ali oseh (slika 1). Zelo učinkovita je uporaba polimernih materialov pri različnih sanacijah in popravilih gonil.

■ 2 Lepljeni valjasti spoji

Trdnost in nosilnost nelepljenih spojev s krčnim nasedom se izračuna po formuli:

$F = \text{tlak pesta} \times \text{koeficient trenja} \times \text{kontaktna površina}$

Rezultat formule je odvisen od sledečih parametrov:

- Vmesni tlak pesta je odvisen od stopnje presežka materiala, elastičnih modulov obeh materialov in oblike spoja ter dimenzij. Večji kot je presežek materiala, večji je tlak pesta na gred ali os.
- Koeficient trenja je odvisen od materiala, površinske obdelave in hrapavosti ter pogojev površine.
- Kontaktne površine: študije in proučevanja kažejo, da je maks-



Slika 2. Mikroskopska povečava stika površin v krčnem nasedu

malni dejanski kovinski kontakt med površinami gredi in pesta le 25–30 % tudi pri največjih tlakih in krčnih nasedih z največjimi presežki materiala (slika 2).

■ 2.1 Lepljen valjasti spoj s krčnim nasedom

Poseben primer je lepljenje valjastih spojev, kjer je med pestom in gredjo presežek materiala, kar pomeni, da se med gredjo in pestom oblikuje krčni nased. Uporaba lepil pri tovrstnih spojih bistveno izboljša njihovo nosilnost.

Če takšnemu spoju dodamo lepilo, se kontaktna površina med kovinama poveča do 100 %. Tako omogočimo, da dejansko celotna površina prenaša strižne in tlačne obremenitve ter torzijske momente. Trdnost krčnega naseda brez lepila in trdnost lepila v krčnem nasedu lahko seštejemo, kar pomeni višjo skupno trdnost spoja.

To pomeni, da se lahko pri istih dimenzijah spoja prenašajo precej večje obremenitve. Pozitivna posledica tega je zmanjšanje dimenzij in mase gonila pri določenih obremenitvah in nenazadnje tudi zmanjšanje stroškov izdelave gonila. Obstajata dve tehniki sestavljanja valjastih spojev, kjer je zagotovljen presežek materiala in se dodatno uporablja še tehnologija lepljenja za izboljšanje nosilnosti valjastega spoja. Zelo veliko tovrstnih primerov je v avtomobilski industriji pri izdelavi menjalnikov (slika 3).

Elementa pesta in gredi sta izdelana v tolerancah, ki omogočajo presežek materiala pri delovni temperaturi oziroma temperaturi obratovanja gonila. Najpogostejši način sestavljanja takšnega spoja je z nanosom lepila na gred oziroma notranji del ter segrevanje zunanega dela oziroma pesta, s čimer zagoto-



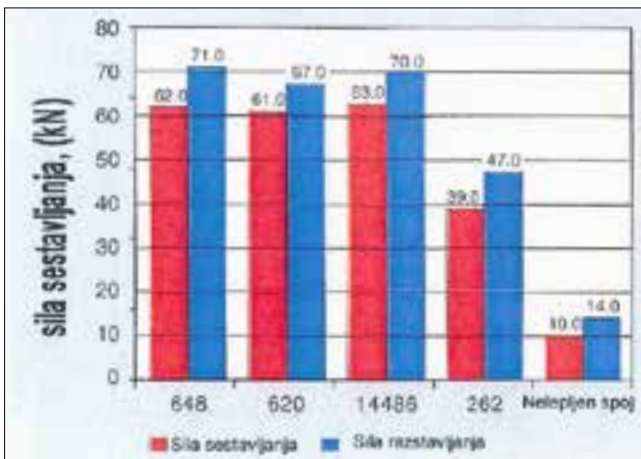
Slika 3. Sestavljeni valjasti spoj

vimo zračnost ob sestavljanju. Tehnika lepljenih krčnih nasedov daje optimalno trdnost spoja, saj vnos temperature v spoj pozitivno vpliva na postopno strjevanje lepila. Posledica krčenja zunanjega dela pri ohlajanju pa je tlačna obremenitev na strjujoče se lepilo. Rezultat takšnega spoja je skupna trdnost spoja, ki jo tvorita strižna trdnost lepila in trenje v spoju, ki je posledica presežka materiala in tlačnih pritiskov zunanjega dela (pesta) na gred (notranji del). Razlike v trdnosti in nosilnosti spoja, izdelanega s presežkom materiala, z uporabo in brez uporabe tehnike lepljenja, prikazuje *slika 4*.

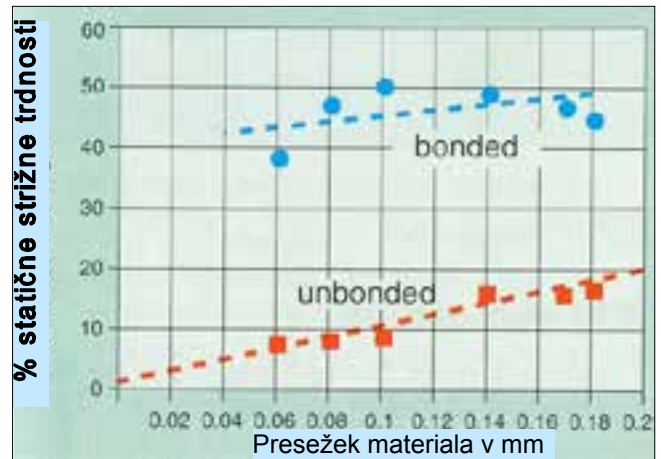
Alternativna metoda sestavljanja spojev s presežkom materiala je z ohlajanjem ali podhlajevanjem notranjega dela (gredi) in nanosom lepila na zunanji del v izvrtino pesta. Ta metoda ni priporočljiva, saj prihaja na podhlajenem delu do kondenzacije in zmrzovanja, kar pa ima zelo negativne vplive na strjevanje lepila in končno trdnost zlepnega spoja. V primeru zelo velikih presežkov materiala ali pri majhnih dimenzijah premerov, kjer je termični raztezek premajhen, se lahko uporablja kombinacija obojega, se pravi segrevanja zunanjega dela (pesta) in podhlajevanja notranjega dela (gredi).

2.2 Pritisno nakrčen spoj

Lepilo se nanese v tankem sloju (filmu) na eno ali obe površini, običajno samo na gred. Nato se dela s stiskalnico pritisneta drug v drugega. Pomembno je, da med manipulacijo delov proti stiskalnici in v stiskalnici ne prihaja do brisanja lepila s površine. Paziti moramo, da



Slika 5. Pomen nosilnosti lepila v sestavljenem valjastem



Slika 4. Primerjava trdnosti lepljenega in nelepljenega krčnega naseda v odvisnosti od presežka materiala

hitrost stiskanja ni prevelika in da je v stiskalnici zagotovljena popolna centričnost delov.

Potrebno silo sestavljanja zagotovimo s stiskalnicami, saj drugače tovrstnih spojev ni mogoče sestaviti. Pri tolerancah gre v tem primeru za vmesni prileg ali z zelo majhnimi presežki. Spoji se sestavljajo v hladnem stanju brez segrevanja. Hitrosti pomikov elementov za sestavljanje so 1000 mm/min ali večje, saj je v tem primeru potrebna manjša sila sestavljanja. Pomen lepila v takšnem sestavljenem spoju glede na nosilnost prikazuje *slika 5*.

3 Zaključek

V praksi je še ogromno primerov, kjer lepila v kombinacijah s klasičnimi metodami spajanja ali povezovanja elementov izboljšajo funkcionalnost in delovanje strojnih sklopov. So pa tudi področja, kjer se kot vezni element med materiali uporablja samo lepilo. V zadnjih 20 letih so lepila dosegla zelo velik razvoj in prodor v vse vrste tehnologij ter tako precej znižala stroške proizvodnje, montaže in vzdrževanja.

Literatura

- [1] Potočan Marjan: Konstruiranje s polimernimi materiali, Magistrska naloga, Maribor 2009.
- [2] Izbor laboratorijske prakse.

Glued cylindrical joints and their application in mechanical engineering

Abstract: In the beginning the article talk about the characteristics and problems of cylindrical joints, which in industrial production is mostly used in designing and solving structural problems. More information is given regarding shrink fit, pressure shrink fit and loose joint. Presented below is the correct choice of adhesive for bonding various combinations of materials. There are meant the advantages of using adhesives in comparison with conventional methods of joining cylindrical (spur) parts.

Keywords: Adhesive, material, gluing, surface, cylindrical joints, gear gluing

6. evropska konferenca o tribologiji



7.–9. junij 2017
Cankarjev dom, Ljubljana

| KONTAKT |

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJU

Prof. dr. Mitjan Kalin – predsednik konference
Joži Sterle – tajništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4771 460
Fax: +386 1 4771 469

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

1. december 2016

Oddaja povzetkov

15. januar 2017

Obvestilo o sprejetju

15. januar 2017

Druga najava

30. april 2017

Rok za predčasno prijavo

15. maj 2017

Oddaja prispevkov

7.–9. junij 2017

Konferenca

| TEME |

- ⚙ Biotribologija in biotribomateriali
- ⚙ Prevlake in površinsko inženirstvo
- ⚙ Trenje, obraba in kontaktni mehanizmi
- ⚙ Zelena tribologija
- ⚙ Primeri industrijskih, avtomobilskih ter proizvodnih študij
- ⚙ Mazanje in maziva, vključujoč trda maziva
- ⚙ Modeliranje in simulacije v tribologiji
- ⚙ Nano in mikrotribologija
- ⚙ Tribokemija
- ⚙ Tribokorozija

| ORGANIZATORJI |



Slovensko društvo za tribologijo



Avstrijsko tribološko društvo



Italijansko tribološko združenje



Švicarska tribologija

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



Mednarodni pravni status vodje zrakoplova – 1. del

Aleksander ČIČEROV

Izvleček: Poskus uzakoniti mednarodni pravni status poveljnika zrakoplova temelji na dejstvu, da se ta pri opravljanju svojih nalog znajde v različnih pravnih okoljih. Ali je njegov status tudi mednarodnopravno urejen in kakšne so možnosti, da ga bodo šteli mednarodni predpisi? Poveljnik zrakoplova ni samo pilot v klasičnem smislu, vse bolj postaja letalski menedžer. Se njegova vloga (pravice in dolžnosti) z modernimi tehnologijami spreminja in če se, ali je še nujen za varno, pravočasno in učinkovito upravljanje z zrakoplovom?

Gljučne besede: poveljnik zrakoplova, mednarodni pravni status, Čikaška konvencija, aneksi, de lege lata, de lege ferenda, Tokijska konvencija, osnutek Konvencije o pravnem statusu poveljnika zrakoplova ICAO (februar 1947)

De lege lata – de lege ferenda

- 1 Ureditev pred Pariško konvencijo
- 2 Pariška konvencija
- 3 CITEJA
- 4 Čikaška konvencija in aneksi
- 5 Tokijska, Haaška in Montrealska konvencija
- 6 Zrakoplov in zrakoplovno osebje
 - 6.1 Pristojnosti vodje zrakoplova
 - 6.2 Pravice in dolžnosti po zasebnem pravu
- 7 Zaključki de lege lata
- 8 Sodobni pogledi na status vodje zrakoplova
- 9 Status vodje zrakoplova de lege ferenda
- 10 Viri

■ 1 Ureditev pred Pariško konvencijo

Najprej so bile samo sanje, da bi človek, ki ni ptica in nima kril, lahko prosto in svobodno letel. In starodavni ljudje so si letenje predstavljali s pomočjo letečih napol ptic (pegaz), napol ljudi s krili in konjskim telesom (kentaver). V mitologiji se omenjajo še hindujski bog Garuda, zgodba o babilonskem kralju Ni-

mrodu, pa o pastirju Etanu, ki je odletel v nebo, na grobu Ramzesa II. je prikazan faraon iz Exodusa, ki stoji na stolpu z razprostrtimi krili, kot bi hotel vzleteti, perzijski bog Ahura Mazda je upodobljen kot krilato božanstvo, v urartskem imperiju pa je znana krilata sfinga. Sledi letenja srečamo tudi v pesmi Ramajana ali v kitajski noveli Zapis potovanja na zahod.¹ Če so v antičnih časih Aziji pripisovali letenje mitološkim bi-

tjem, so Grki mite materializirali in jih humanizirali. Znana je zgodba o Dedalu in Ikarju. Ikar, sin arhitekta Dedala, je pri tem zagrešil prvo letalsko napako, ker se je uštel in je s krili iz voska letel preblizu sonca. Tako o tem priča Damiano Piercarlo v svoji doktorski disertaciji Oris odgovornosti vodje zrakoplova v italijanskem in mednarodnem pravu (Inštitut za letalsko in vesoljsko pravo Univerze McGill, 1973–1974).²



Sva usposobljena in odgovorna

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. prav. UL, Fakulteta za strojništvo – uredništvo revije Ventil

¹ Podrobno glej pri Aleksander Čičerov, Mednarodno letalsko pravo, Uradni list, 2009, str. 66 in naprej.

² Nicolas Mateesco Matte, The International Legal Status of the Aircraft Commander, The Carlswell Company Limited, Toronto, Canada, str. 2.

Sanje o letenju so spodbujale nove in nove iznajditelje, ki so s primitivno tehniko in materiali poskušali leteti kot ptice in pri tem izgubili svoja življenja. V XIX. stoletju brata Montgolfier uspešno poletita z balonom, XX. stoletje pa že prinese odkritja, ki človeka varno ponese v zrak s hitrostjo, ki si je prej niso mogli niti zamisliti, človek stopi na Luno in začne odkrivati druge planete.

Ker je letalstvo čezmejno, je razumljivo, da bi bili standardi letenja neučinkoviti, če bi ostali le znotraj državnih meja. Ne gre pozabiti, da je letalstvo danes tudi sredstvo komuniciranja, zrakoplovi pa morajo leteti pod nadzorom usposobljenih in posebej treniranih oseb (pilotov) in posadk.

Prve strokovne razprave, ki so se nanašale na poveljnika zrakoplova, so se pojavile v XIX. stoletju. Ko so Nemci leta 1870 oblegali Pariz, je mesto zapustilo 64 balonov s 155 ljudmi na krovu. Kancler Bismarck je trdil, da je treba poveljnike teh balonov in vojake šteti za vohune. Na srečo je bilo to stališče kasneje spremenjeno po zaslugi Alberta Wilhelma, ki je skupaj z drugimi pravniki z naklonjenostjo podprl razmišljanje, da je potrebno vodjo zrakoplova obravnavati kot kapitana ladje.³ Podobno stališče najdemo tudi v 25. členu Panameriške konvencije o komercialnem letalstvu (Havana, 20. februar 1928), ki določa, »da bo imel poveljnik zrakoplova pravice in dolžnosti analogne tistim, ki jih ima kapitan ladje, vse dotlej, dokler država pogodbenica ne sprejme lastne zakonodaje.«

■ 2 Pariška konvencija

Pariška konvencija o ureditvi zračne plovbe (angl.: The Convention for the Regulation of Aerial Navigation) je bila podpisana 13. oktobra 1919 v Parizu (v nadaljevanju Pariška konvencija).⁴

V 12. členu Pariška konvencija določa pogoje, pod katerimi ima pilot zrakoplova pravico voditi letalo – posest potrdila o sposobnosti in licen-ce. Aneks D določa, da je poveljnik zrakoplova odgovoren za primerno uporabo in varovanje zrakoplova in zahteva od njega, da se pred vzletom (ang.: take-off) seznanj z vsemi podatki, ki so potrebni za učinkovito letenje zrakoplova. Aneks E, ki se nanaša na 12. člen Pariške konvencije, določa pogoje, pod katerimi lahko pridobi navigatorsko in pilotsko licenco, vendar poveljnika zrakoplova ne uvršča v neko posebno kategorijo letalskega osebja.

■ 3 Citeja

CITEJA je akronim za Tehnični odbor mednarodnih pravnih letalskih strokovnjakov (fr.: Le Comité international technique d'experts juridiques aériens), ki je bil ustanovljen na mednarodni konferenci o zasebnem pravu v Parizu. Zasedanje je potekalo med 17. in 29. majem 1925. Konferenca je ustanovila štiri študijske odbore, med katerimi se je eden posebej ukvarjal s statusom poveljnika zrakoplova in letalskega osebja. Leta 1931 je CITEJA začasno sprejela osnutek konvencije, ki je bila dokončno sprejeta na 15. zasedanju v Kairu kot Osnutek konvencije o pravnem statusu poveljnika zrakoplova (ang.: Draft Convention on the Legal Status of the Aircraft Commander, v nadaljevanju osnutek Konvencije).⁵

Še istega leta, torej 1947, je bila CITEJA ukinjena. Svoje arhive je predala Pravnemu odboru ICAO (ang.: International Civil Aviation Organization). Generalna skupščina ICAO je revidirano besedilo osnutka Konvencije imela na dnevnem redu prvega zasedanja, vendar je bilo gradivo posredovano Pravnemu odboru, ki je nalogo razdelil v dve skupini: v skupini A so bila vprašanja, ki so zahtevala takojšnjo reakcijo, in v sku-

pini B vprašanja, o katerih bi razpravljali in sklepali kasneje. Tako je tudi vprašanje pravnega statusa poveljnika zrakoplova najprej sodilo v skupino B, pozneje pa je bilo preneseno v skupino A ter ponovno vrnjeno v skupino B (Rim, 18. avgust–14. september 1962). Medtem je bil sprejet osnutek Tokijske konvencije (ang.: Convention on offences and certain other acts committed on board of aircraft). Vprašanje posebne konvencije o pravnem statusu poveljnika zrakoplova je ostalo odprto. Številne mednarodne organizacije (IFALPA, Ibero-American Institute of Aeronautical and Pace Law, Association of Lawyers, Jurists and Experts in Air Law) pa se s tem niso strinjale, zato se je Pravni odbor ICAO odločil, da pripravi osnutek Konvencije, ki bo dolgoročno določal mednarodno priznan status poveljnika zrakoplova.

Osnutek Konvencije tvori 18 členov. 10 je takih, ki se nanašajo na pravni status poveljnika zrakoplova, ostali pa so standardni (ratifikacija, pristop, prenehanje konvencije), ki jih najdemo v večini mednarodnih pogodb s področja zračnega prevoza.

1. člen določa:

»(1) Every aircraft performing an international flight shall carry one person vested with powers of a Commander.

(2) The right to designate the Commander belongs to the operator of the aircraft.

(3) In the absence of any Commander so designated, or in case the latter is prevented from performing his duties, and if no successor has been designated by the operator, the Commander's duties will be carried out by the other members of the crew in the following order: pilots, navigators, engineers, radio operators and stewards. The order of succession within each category shall

³ Wilhelm Albert, »De la Situation juridique des aeronauts en droit international«, Journal du Droit International Prive, 1989, str. 440.

⁴ Glej Omer Yörükoglu, Le Statut juridique du commandant de bord, ed. Nouvelle bibliothèque de droit et de jurisprudence, Lausanne 1961, str. 235.

⁵ Matte, ibid. str. 6.



Poveljnik zrakoplova je vedno na levi strani kokpita

be determined in accordance with the rank assigned by the operator.«⁶

Osnutek Konvencije je zelo jasen: v zrakoplovu mora biti nekdo, ki ima pooblastila poveljnika zrakoplova. Tako osebo določi operator zrakoplova. Posebej pa je urejen primer, ko osebe s takim pooblastilom ni. Osnutek Konvencije določa vrstni red oseb, ki bi lahko opravljale naloge poveljnika zrakoplova (kopilot, navigator, letalski inženir, radijski operater in steward).

Osnutek Konvencije ICAO o pravnem statusu poveljnika zrakoplova, kot ga je februarja 1947 revidiral ad hoc pravni odbor, ne vsebuje definicij 'poveljnik', 'operator' in 'mednarodni let'. Le 9. člen osnutka zahteva za mednarodni let izpolnjevanje nekaterih pogojev: zrakoplov, ki opravlja mednarodni let, mora biti registriran v eni od držav pogodbenic konvencije ali pa ga upravlja državljani katere koli države pogodbenice.

■ 4 Čikaška konvencija in njeni aneksi

Da bi razumeli, kaj pomenijo navedeni pojmi, je potrebno pogledati Gvadalaharsko konvencijo, tehnične anekse ICAO k Čikaški konvenciji ali Varšavsko konvencijo. Prvi odstavek 1. člena govori tudi o obveznostih

poveljnika zrakoplova, vendar jih ne našteva. Kako torej mednarodni dokumenti definirajo posamezne termine?

Konvencija, ki dopolnjuje Varšavsko konvencijo o poenotenju določenih pravil, ki se nanašajo na mednarodni prevoz po zraku, ki ga opravlja oseba, ki ni pogodbenica (ang.: Convention Supplementary to the Warsaw Convention for the Unification of Certain Rules Relating to International Carriage by Air Performed by a Person other than the Contracting Carrier, Guadalajara, 18. september 1961, 1.–3. člen). Gvadalaharska konvencija je začela veljati 1. maja 1964. Slovenija je konvencijo nasledila (slov. prevod: Konvencija, ki dopolnjuje Varšavsko konvencijo o izenačevanju nekaterih pravil o mednarodnem zračnem prevozu, ki ga opravlja nepogodbeni prevoznik).

Pogodbeni prevoznik (ang.: Contracting carrier) je oseba, »who as a principal makes an agreement for carriage governed by the Warsaw Convention with a passenger or consignor or with a person acting on behalf of the passenger or consignor« (1b člen Gvadalaharske konvencije).⁷ Pogodbeni prevoznik je torej v letalskem prometu oseba, ki sklene prevozno pogodbo s potnikom, naročnikom prevoza ali pošiljateljem.⁸

Dejanski prevoznik (ang.: Actual carrier) pa je oseba, ki »other than the contracting carrier, who, by virtue of authority from the contracting carrier, performs the whole or part of the carriage contemplated in paragraph (b) but who is not with respect to such part a successive carrier within the meaning of the Warsaw Convention. Such authority is presumed in the absence of proof to the contrary.« Dejanski prevoznik, po Pavlihi in Vlačiču, pa je oseba, ki ni pogodbeni ali zasebni prevoznik, vendar *de facto* izvaja bodisi ves prevoz ali del prevoza (primer: sklenemo prevozno pogodbo z letalsko družbo Swiss, prevoz pa opravi Crossair).⁹

Poveljnik zrakoplova (ang.: Commander) je v Čikaški konvenciji definiran kot pilot, ki mora imeti potrdilo o usposobljenosti in dovoljenja, ki jih izda ali jim podaljša veljavnost država, ki je registrirala zrakoplov (32. člen Čikaške konvencije). Čikaška konvencija, ki je trenutno veljavno mednarodno letalsko pravo, ureja zračni promet s pravili in omejitvami, ki zadevajo poveljnika zrakoplova. Gre za omejitve preletov čez prepovedana državna območja, pristanke na carinskih letališčih, uporabo letalskih predpisov, ki se nanašajo na prihod in odhod zrakoplovov, zaščito pred nalezljivimi boleznimi, registracijo zrakoplovov, carino, postopke za sprejem imigrantov, pomoč zrakoplovu v nesreči, preiskave letalskih nesreč, dokumente, ki morajo biti na krovu zrakoplova, plovnost zrakoplova, njegovo opremo, licenciranje osebja, potovalno knjigo, prepovedan tovor in podobno. Status poveljnika zrakoplova podrobneje ureja Čikaška konvencija v aneksih: aneks 1 – Licenciranje osebja, aneks 2 – Pravila letenja, aneks 3 – Meteorologija, aneks 6 – Operacije zrakoplova (1. del), aneks 11 – Storitve zračnega prometa in aneks 12 – Iskanje in reševanje.

Mednarodni let (ang.: International flight) je v osnutku konvencije dolo-

⁶ Matte, *ibid.*, str. 104.

⁷ Pogodbeni prevoznik je oseba, ki sklene sporazum s potnikom ali pošiljateljem blaga ali z osebo, ki zastopa potnika ali pošiljatelja blaga, v skladu z Varšavsko konvencijo.

⁸ Marko Pavliha in Patrik Vlačič, *Prevozno pravo*, GV Založba, Ljubljana 2007, str. 175.

⁹ Pavliha, Vlačič, *ibid.*, str. 175.

čen kot let, ki ga opravlja zrakoplov, ki je registriran v eni od držav pogodbenic ali ga opravlja državljan ene od držav pogodbenic.

Velja posebej opozoriti, da nad odprtim morjem veljajo pravila, ki

bodo sprejeta na podlagi Čikaške konvencije. Kaj to pomeni? V praksi to pomeni, da so določila, ki se nanašajo na status poveljnika zrakoplova, uporabljiva in veljavna za dve tretjini zemeljske krogle. Na nesrečo pa aneksi k Čikaški kon-

venciji niso obvezni do stopnje, ki bi bila za države pogodbenice maksimalna. So pa na vsak način pomembni za poenotenje mednarodnega letalskega prava.

Se nadaljuje.

International Legal Status of the Aircraft Commander

Abstract: A trial to legalize the international legal status of aircraft commander based on the fact that the aircraft commander performing its duties finds himself in a different legal environments. Is this status internationally and legally regulated and what are perspectives for him to be protected by international laws? The aircraft commander is not only a mere pilot, he is becoming more and more a flight manager. Does his role (rights and duties) changes by modern technologies, and if this is the case, is he still indispensable for a safe, timely and effective managing of the airplane?

Keywords: aircraft commander, international legal status, The Chicago Convention, anexis, de lege lata, de lege ferenda, The Tokyo Convention, ICAO's Draft Convention on the Legal Status of the Aircraft Commander.



JAKŠA
MAGNETNI VENTILI

od 1965

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

www.jaksa.si



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

10 vsadkov, ki bodo kmalu zelo aktualni in so močno povezani z bioniko

Napovedi glede vsadkov grede v smeri, da bomo različne tehnologije kaj kmalu nosili v sebi in ne na sebi, kot je to zdaj

Janez ŠKRLEC, Robert HARB

■ 1 Vsaditev pametnega telefona

Vsaditev pametnega telefona je ena od norih idej raziskovalcev in sodobnih tehnologov, ki se bo verjetno kaj kmalu uresničila. Mikroelektronika (v prihodnje tudi nanoelektronika) bo vgrajena v primeren del človeškega telesa. Seveda se takoj postavi vprašanje, kaj bi pa bil na človeškem telesu zaslon na dotik? Strokovnjaki razvijajo in preizkušajo umetno kožo, ki bo imela lastnosti zaslona in bo tudi neke vrste elektronski tatu.



Prikaz slike na umetni koži

■ 2 Zdravilni čip

Danes pacienti že uporabljajo kibernetske vsadke, ki so neposredno povezani s pametnimi aplikacijami, s katerimi se spremlja in izvaja zdravljenje v realnem času. Nova bionična trebušna slinavka bo imela na primer majhen senzor, ki bo vstavljen v telo kot neke vrste vsadek igla. Senzor bo neposredno povezan z aplikacijo na pametnem telefonu, kjer se bo spremljala vrednost krvnega sladkorja pri diabetikih. Razvija se tudi kapsula, ki bo vsebovala posebno vezje in bo spremljala maščobe pri debelih bolnikih. Pravočasno zaznavanje nabi-

ranja maščob bo lahko pomembno vplivalo na preprečevanje debelosti in bo kot alternativa sedanjim kirurških posegom in drugim invazivnim

oblikam zdravljenja debelosti. S tem se bo posredno urejalo na desetine drugih zdravstvenih vprašanj, ki so povezana s pretirano debelostjo.



Strokovnjaki razvijajo pogoltne kapsule, ki spremljajo maščobe pri debelih bolnikih

Janez Škrlec, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Polskava; Robert Harb, univ. dipl. inž., Šolski center Ptuj, Višja strokovna šola

■ 3 Ciber tablete, ki bodo komunicirale z zdravnikom

Vsadki ne bodo komunicirali le s pametnim telefonom, ampak tudi z izbranim zdravnikom. V projektu Proteus raziskovalna skupina razvija kibernetске tablete z mikroprocesorji, ki bodo navigirani in bodo zdravniku sporočali o stanju v notranjosti telesa. Zdravniki bodo precej natančno vedeli, kakšni so zdravilni, želeni in neželeni učinki zdravil.



Kibernetске tablete z mikroprocesorji za neposredno komunikacijo z notranjostjo telesa

■ 4 Vsadki za kontracepcijo

Razvija se vsadek, ki bi v ženski računalniško uravnaval kontracepcijo, in to nadzorovano z zunanjim upravljanjem. Majhen čip bi ustvarjal izjemno majhne količine kontracepcijskih hormonov v notranjosti ženske za obdobje do 16 let. Implantacija ne bi bila več invazivna, ampak integrirana na kožo (lahko tudi pod njeno površino) kot oblika posebne tatuja.



Čip bo uravnaval kontracepcijski učinek

■ 5 Pametni tatu

Tetovaže so danes zelo razširjene in strokovnjaki so ugotovili, da so pametni tatuji lepi in so lahko tudi zelo koristni. Preko njih ali z njimi je



Primer digitalnega tatuja, ki deluje s pametnim telefonom preko NFC

možno uravnavati mnogo funkcij, na primer odklepanje avtomobila, vnos kode v telefon z dotikom ipd. Tatuji so izdelani kot vsadek umetne kože. V njih so izjemno tanka vla-

kna, ki s površine spremljajo dogajanje v notranjosti telesa. V tatuju je kot zunanji komunikator integriran NFC-čip. Strokovnjaki pa so razvili tudi sistem mikrodolcev, ki se vbr-

zgajo tik pod kožo, npr. kot tatu črnilo, in lahko aktivno spremljajo procese v telesu.

■ 6 Možganski računalniški vmesnik

Povezljivost možganov direktno z računalnikom so že dolgoletne sanje (ali nočna mora). Kljub temu pa znanstvenikom počasi uspevata razvoj in preboj tudi na tem področju. Določene povezave med možgani in računalnikom že delujejo, in to v realnem času in za različne namene. Z velikim številom elektrod jim delno že uspeva nevronske signale dekodirati v računalniku in jih v realnem času uporabiti za upravljanje zunanjih naprav. Podjetje Intel sicer napoveduje praktično uporabo vmesnikov možgani-računalnik že do leta 2020. Kot kaže pa bomo sčasoma ljudje tudi bolj dovezetni za

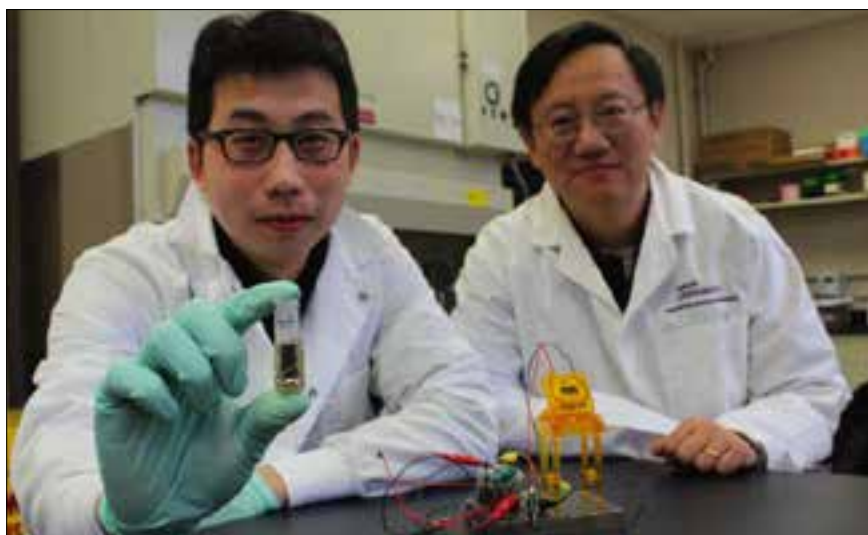
možganske vsadke, ki bodo koristni predvsem za medicinske namene. Verjetno pa bo prišel čas, ko bo s pomočjo možganskega vsadka mogoče miselno brskanje tudi po svetovnem spletu.

■ 7 Biorazgradljive baterije

Že dolgo se strokovnjaki intenzivno ukvarjajo s problemom napajanja človeških vsadkov, zlasti pa z menjavo napajalne baterije. Skupina strokovnjakov se je lotila razvoja biorazgradljivih baterij, seveda za zgoraj navedene aplikacije. Danes teče večje število raziskovalnih projektov za rešitev



Intel že do leta 2020 napoveduje praktično uporabo možgansko-računalniških vmesnikov



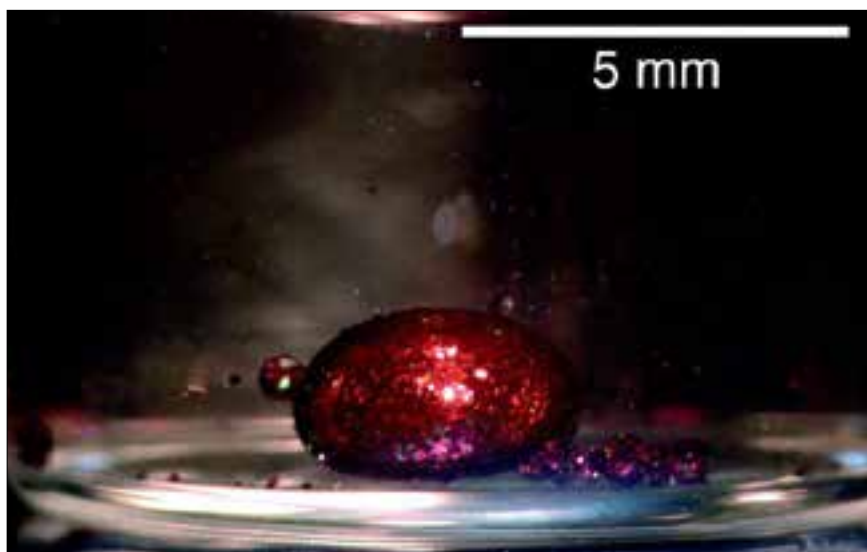
Razvojniki iščejo rešitve za napajanje različnih vsadkov, še zlasti biorazgradljive baterije

napajanja implantov oz. vsadkov, eden je usmerjen v proizvodnjo električne energije z uporabo glukoze v lastnem telesu. Dobri rezultati generiranja električne energije s pomočjo piezonanottrakov, ki se namestijo na določene organe, npr. srce, trebušno prepono itd., so že znani.

■ 8 Čudežni prah (smart dust)

Med najbolj opevane inovacije zagotovo sodi čudežni prah. V bistvu gre za veliko število drobnih mikroelektromehanskih sistemov (MEMS), v katerih so razni senzorji, aktuatorji, naprave, ki zaznavajo

svetlobo, temperaturo, vibracije, magnetizem, kemikalije in drugo. Ti sistemi običajno delujejo brezžično na računalniškem omrežju in so lahko razporejeni tudi v telesu za izvajanje različnih nalog, in to z radiofrekvenčno identifikacijo. Nekoč bo ta roj (takrat verjetno že nanonaprav) služil za ugotavljanje zgodnjega raka, za lajšanje bolečin v predelih ran, za sodobno medicinsko diagnostiko, celo za shranjevanje kritičnih podatkov. S pomočjo čudežnega prahu bodo zdravniki lahko delovali znotraj našega telesa, brez invazivnih posegov. Pomembni podatki se bodo shranjevali v notranjosti in



S pomočjo čudežnega prahu bodo lahko zdravniki delovali v notranjosti našega telesa brez invazivnih posegov. Podatki se bodo shranjevali v nas samih oz. v naši notranjosti.

bodo lahko močno zaščiteni (šifrirani) in dostopni le po osebnih mikro- oz. kasneje nanoomrežjih. Te stvari si je danes seveda še težko predstavljati.

■ 9 Preverjanje identifikacije z RFID

Ta tehnologija se že nekaj časa uporablja in se intenzivno razvija naprej. Vsak človek bo nekoč imel in uporabljal svoj ID. Zadeva je zelo razvita v ameriški vojski, kjer imajo določeni vojaki vsajene čipe RFID za sledenje. Čeprav se to zelo kritizira, je širjenje ID neizogibno. Drugi spet gledajo na to pozitivno: za izboljšanje boja proti kriminalu, boljše zdravstvene informacije, za večjo varnost pred izgubo otroka ipd. Nekateri pa to seveda razumejo izključno kot »velikega brata«, ki vse vidi in vse ve.

■ 10 Implantabilni tridimenzionalni umetni organi

Ideja tkivnega inženirstva je, da bi se ustvarjali umetni organi. To bi lahko napravili na več načinov. Uporabili bi posebno strukturo polimerov (neke vrste bikompatibilno plastiko in jim dodali celice. S pravo strukturo bi lahko izdelovali različne organe, tudi umetno kožo. Eden od načrtovanih načinov je, da bi umetne organe tudi tiskali s 3D-tiskalniki, nekaj tovrstnih idej se v svetu že uresničuje. Želja raziskovalcev pa je usmerjena predvsem v ustvarjanje oz. izdelavo implantabilnih umetnih organov, tudi takšnih, kakršnih z današnjo tehniko, tehnologijami in znanjem še ne znamo napraviti. Ta razvoj intenzivno spodbuja tudi bionika.



Čipi RFID oz. naprave se vedno bolj uporabljajo za identifikacijo



Današnja tehnologija že omogoča izdelavo določenih umetnih organov, tudi umetne kože

Nekateri zametki opisanih tehnologij so bili predstavljeni tudi na nanotehnoloških dnevih, nekaj bo predstavljeno v okviru Stičišča zna-

nosti in gospodarstva na sejmu MOS 2016.

INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem za industrijsko in profesionalno elektroniko

International Trade Fair for Industrial and professional electronic

25.-27.01.2017
Celje, Slovenija

www.icm.si, e-mail: intronika@icm.si



icm
PASSION FOR PERFECTION

Veliki valji DSBG z vlečno batnico

Novi Festovi veliki valji DSBG v velikostih 160/200/250/320 so močni, gospodarni, lažji in cenovno ugodni, imajo dolgo življenjsko dobo. Valji so tehnično dovršeni s P- in PPV-dušenjem v standardni izvedbi in veliko optimalnimi značilnostmi v moduli zgradbi. Uporabni so do 150 °C in so v ATEX varianti ali s pokončnimi čepi za enostavnejšo vertikalno oziroma horizontalno montažo.



Slika 1. Valj DSBG

Valji so primerni za vsa okolja v strojogradnji, rudarstvu, jeklarski industriji kakor tudi za avtomatizacijo procesov zlasti zaradi enkratnih velikosti tesnil in čistilnih obročev v številnih variantah, ki jih je mogoče prilagoditi vsem zahtevam. K temu je dodana še ustrezna senzorika.

Zaradi konstrukcije vlečnega sidra in nove konstrukcije pokrova je valj DSBG najlažji med valji v svojem velikostnem razredu. K temu je treba dodati, da ga je mogoče obremeniti bolj kot njegove predhodnike. Rezultat tega pa so višja varnost pred preobremenitvijo, enostavno rokovanje

in večja gospodarnost. Zamenjava predhodnega valja DNG z aktualnim DSBG ne povzroča nobenih težav.

Skupaj z valjem je mogoče izbrati še dodatno opremo: ustrezno mejno stikalo, pritrdilne sponke ter celovito pnevmatično povezovalno tehniko.



Slika 2. DSBG skrbi za optimalno dovajanje zraka z odpiranjem in zapiranjem loput in žaluzij

Valji DSBG in variante:

- valj s skožno batnico za obojestransko delovanje, enake obremenitve pri obeh gibih ter možnost prevzemanja ekstremnih sunkovitih obremenitev;
- odlična zaščita pred korozijo, batnice so iz jekla, ki je odporno proti koroziji in primerno za čista okolja;
- temperaturno obstojna tesnila do 120 °C oziroma 150 °C;
- možnost podaljšanja batnice in navoja batnice;
- možnost pritrditev v sredini;
- možnost vključitve pokončnih čepov.

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

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2016 - ASM `16

7. decembra 2016

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

Magnetni transportni sistemi MagneMotion

MagneMover (MM) LITE je inteligentni transportni sistem, ki ga sestavljajo modularno zgrajena elektromagnetna proga in poljubno število pasivnih palet z vgrajenim magnetom. Krmilni sistem lahko krmili po progi vsako paleto samostojno, neodvisno drugo od druge. Proga ima vgrajene kretnice, ki omogočajo izbiro različnih poti gibanja. Paleto je mogoče obremeniti z maso do 1 kg, največja hitrost je 2 m/s, pospešek do 0,2 G, ponovljivost pa $\pm 0,5$ mm. Sistem ima stopnjo zaščite IP65.



Slika 1. Moduli transportne proge

Glavne značilnosti rešitve MagneMover so:

- enostavna integracija v obstoječe sisteme:
 - modularna zgradba na osnovi Boschevih aluminijastih profilov,
 - pozicioniranje je programsko, brez strojnih nastavitev ali končnih stikal,
 - gibajoči se deli (palete) ne potrebujejo kabljskih povezav (komunikacija, napajanje),
 - vgrajeni so standardni industrijski komunikacijski protokoli;
- enostavno vzdrževanje:
 - enostavno čiščenje (zaščita IP65) ali celo obratovanje pod

- vodo,
- manj vzdrževanja zaradi majhnega števila gibajočih se delov;
- fleksibilnost:
 - enostavna menjava ali dodajanje palet,
 - individualno pozicioniranje vsake palete,
 - dinamična izbira poti;
- povečana produktivnost, optimizacija transporta med delovnimi celicami;
- vgrajeno varovanje pred trki posameznih palet;
- možnost sinhronizacije palet z zunanjim dajalnikom ali robotom (pozicija in hitrost).

Področja uporabe:

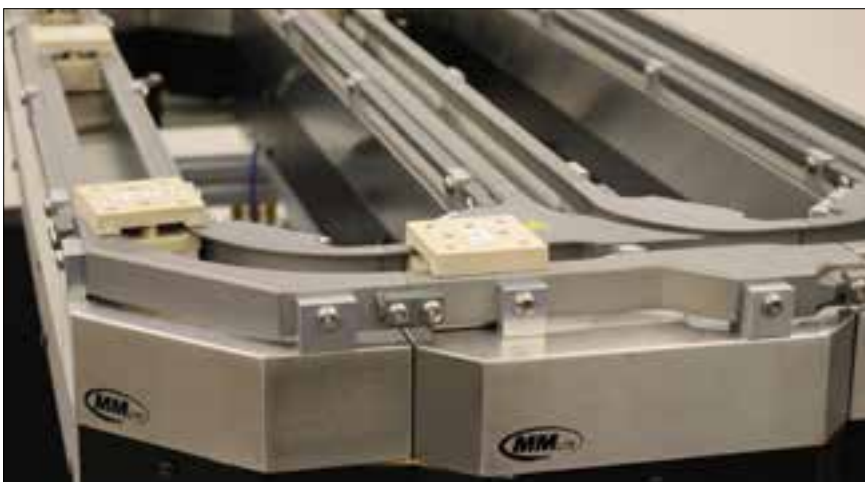
- strega in montaža,
- vitka, maloserijska, fleksibilna proizvodnja,
- avtomatska ali ročna kontrola izdelkov,
- aplikacije s sodelujočimi roboti (MagneMover je varen za interakcijo s človekom),
- transport občutljivih izdelkov in polizdelkov (steklo, medicinske in optične naprave ipd.),
- delo v čistih sobah (Clean Room),
- pakirne in polnilne linije,
- izdelava elektronskih vezij, polprevodnikov.

Inovativne elektromagnetne sisteme za transport predmetov in tudi ljudi razvija in proizvaja ameriško podjetje MagneMotion, ki se je letos pridružilo Rockwell Automation.

Povezave: www.magnemotion.com, www.rockwellautomation.com, www.tehna.si

Video posnetki aplikacij: YouTube - MagneMotion

Vir: Tehna, d. o. o., Tehnološki park 19, 1000 Ljubljana, tel. +386 1 28 01 775, fax: +386 1 28 01 760, www.tehna.si, g. Andrej Kolmanič



Slika 2. Transportna proga s paletami

Sinhroni linearni motorji LMSA

Podjetje HIWIN, specialist za pogonsko tehniko, širi svojo družino UL-certificiranih sinhronih linearnih motorjev LMSA. Tokrat predstavlja najmanjši linearni motor z vrhunsko zmogljivostjo.

Linearni motorji LMSA z železnim jedrom so ekstremno tanki. Visoki so le 36 mm, a so utelešenje maksimalne gostote moči, to je največje moči v majhni masi. Za linearne motorje velja formula:

$$F = m \times a$$

Manjša je masa motorja, večja je sila, ki jo lahko uporabimo. Fascinantna prednost!

Sistemi s temi kompaktnimi motorji lahko dosegajo hitrosti do 20 m/s. Z njimi lahko izdelamo sisteme z ekstremno kratkimi časi pozicioniranja in veliko delovnimi cikli. In vse brez zatikanja! Inženirji pri HIWIN-u



so optimizirali motorje za največjo usklajenost sistemov.

Preskušeni modularni sistem motorjev LMSA omogoča gradnjo sistemov poljubnih dolžin in s poljubnim številom samostojnih motorjev v sistemu. Čista prilagodljivost in učinkovitost sistemov za pozicioniranje!

Kljub majhnim dimenzijam imajo vse, kar potrebujejo!

Vir: HIWIN GmbH, Brücklesbünd 2, 7765 Offenburg, Germany, T: +49 7 81-9 32 78 – 114, F: + 49 7 81-9 32 78 – 90, E: christine.matt@hiwin.de, I: www.hiwin.de

Vodno hlajeni navorni motorji HIWIN

Vodno hlajeni navorni motorji serije Hiwin TMRW so perfekcionisti med pogoni za rotacijske osi. Sinhroni servomotorji so zasnovani za delovanje brez reduktorjev. Tako lahko dosežejo največjo učinkovitost, ki jo opredeljujejo konstantni vrtilni momenti, maksimalni dinamični odzivi in hitre spremembe hitrosti.

Hiwin je razvil navorne motorje zero-play posebej za obdelovalne stroje. Ker se navor prenaša brez kontakta, so zelo tihi in ne potrebujejo vzdrževanja. Neposredna pritrditev bremena na ohišje motorja in kompaktna konstrukcija zagotavljata veliko togost sistema.

Motorji TMRW imajo v statorju vgrajene hladilne kanale, kar omogoča velike vrtilne momente brez prekinitev in nihanj. Motorji



so na voljo v različnih dimenzijah (premer od 160 mm do 565 mm) in za maksimalne momente do 6500 Nm.

Vir: HIWIN GmbH, Brücklesbünd 2, 7765 Offenburg, Germany, T: +49 7 81-9 32 78 – 114, F: + 49 7 81-9 32 78 – 90, E: christine.matt@hiwin.de, I: www.hiwin.de

Optimalni vakuum z generatorjem piCOMPACT® 23

Podjetje INOTEH dopolnjuje svoj prodajni program s prvim vakuumskim generatorjem PIAB z integriranimi kontrolami, imenovanim piCOMPACT® 23, ki ima sedaj številne nove patentirane lastnosti.

Generatorji piCOMPACT® 23 so opremljeni s čisto novimi večstopenjskimi ejektorji COAX® z veliko pretočno kapaciteto v kombinaciji ter visoko zanesljivostjo tudi v zelo prašnih in vlažnih razmerah.

Prednosti vakuumskega generatorja piCOMPACT® 23 so:

- izjemna fleksibilnost in modularnost (do štiri enote si lahko delijo enake pnevmatične priključke),
- možnost ločitve ejektorjev od krmilne enote (minimiziranje mase),



- izboljšana inteligentna funkcija »blow-off« (omogoča hitrejše delovne cikle pri manjši porabi zraka),
- komunikacija IO-Link.

Več informacij o vakuumskih generatorjih piCOMPACT® 23 in drugih izdelkih tega proizvajalca PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

Vir: INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386 (0)2 665 11 31, fax: +386 (0)2 665 20 81, info@inoteh.si, www.inoteh.si

Kompaktna enota za nadzor moči: OMRON KM-N2



Enota KM-N2 ima vse funkcije za nadzor moči v kompaktni obliki. Namenjena je vgradni montaži. Z uporabo splošnih tokovnih transformatorjev jo je mogoče uporabiti v različnih proizvodnih obratih. Primerna je za nadzor tako v enofaznih kot trifaznih sistemih s

4-žično vezavo in je kompatibilna z napajalnimi napetostmi po vsem svetu. Z eno samo enoto je mogoče z veliko natančnostjo izvesti meritve tudi v štirih tokokrogih (IEC 62053-22 razreda natančnosti 0,5S). Enota KM-N2 ima vmesnik za komunikacijo RS-485 (podpira Modbus RTU in Compoway/F). Dodatne prednosti so praktični potisni terminali za hitro ožičenje, LED-indikacija in alarm, ki zazna napačno vezavo še pred delovanjem, in velik, dobro berljiv prikazovalnik z belimi znaki (LCD).

Vir: MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 898 57 50 (58), fax: +386 3 898 57 60, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si

HIWIN®

Motion Control & Systems



VRTLJIVE MIZE

Živimo gibanje.

www.hiwin.de

Modul za varčevanje z zrakom Parker HASV



Inovativen pnevmatični modul HASV za varčevanje z zrakom pri uporabi zračnih pištol za izpihova-

nje je novost, ki jo predstavlja podjetje Parker. HASV je zasnovan tako, da namesto konstantnega pretoka

zraka uporablja pulzirajoč princip, s čimer se zmanjša poraba zraka in elektrike do 35 %.

Zračne pištrole za izpihovanje se uporabljajo v različnih tovarnah po vsem svetu za odstranjevanje nečistoč, kot so prah, kovinski delci in tekočine. Zračne pištrole navadno uporabljajo tehnologijo s konstantnim pretokom zraka, kar pa ne pripomore k nizki porabi energije. HASV omogoča tudi zmanjšanje padca tlaka, kadar zračna pištola ni v uporabi.

Vir: Parker Hannifin Ges.m.b.H. Wiener Neustadt, Avstrija – Podružnica v Sloveniji, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: parker.slovenia@parker.com, spletna stran: www.parker.si, Miha Šteger

Frekvenčni pretvorniki Inverttek

Podjetje Inverttek Drives ima v svoji ponudbi poleg standardnih tudi frekvenčne pretvornike z višjo IP-zaščito, ki omogoča uporabo regulatorjev v zahtevnejših pogojih delovanja.

OPTIDRIVE E3 (0,37 kW do 22 kW) je namenjen za enostavnejše aplikacije.

Standardne lastnosti:

- odprtozančna vektorska kontrola,
- enostavna uporaba.

OPTIDRIVE P2 (0,75kW do 250kW) so uporabni za zahtevnejše aplikacije.

Lastnosti:

- možnost uporabe različnih komunikacijskih protokolov,
- moduli za razširitev vhodov/izhodov,
- dovoljena preobremenitev 150 % za 60 sekund.

OPTIDRIVE ECO (0,75 kW do 250 kW) so primerni za črpalke in ventilatorje.



OPTIDRIVE P2 (a) in OPTIDRIVE ECO (b)

Omogočajo:

- detekcijo blokade črpalke,
- zaščito proti suhemu teku,
- tiho delovanje,
- dovoljujejo preobremenitev 110 % za 60 sekund,
- zmanjšane motnje.

Vključujejo:

- funkcijo predgretja motorja,
- časovno nastavljivo čistilno funk-

cijo za črpalko,

- različne komunikacijske protokole,
- module za razširitev vhodov/izhodov.

Vir: PS, d. o. o., Logatec, Kalce 30b, 1370 Logatec, tel.: 01/750-85-10, e-pošta: ps-log@ps-log.si, internet: www.ps-log.si, g. Andrej Zupančič

Rok prijave
na sejem
10.10.2016

MEDNARODNI

Industrijski sejem 2017

CELJSKI SEJEM
4.-7. april 2017

FORMA TOOL – orodjarstvo in strojogradnja
VARJENJE IN REZANJE
MATERIALI IN KOMPONENTE
NAPREDNE TEHNOLOGIJE

Nov koncept za nove potrebe industrije. Za novo industrijsko revolucijo. Industrija 4.0

www.ce-sejem.si



Energijsko učinkovita priprava stisnjenega zraka

Stisnjen zrak je tretji najpogostejši energent v industriji, takoj za elektriko in plinom. Hkrati pa je najdražji, saj je sistemska učinkovitost povprečne kompresorske postaje le 15 %. Desetina električne energije v Evropi se porabi za stiskanje zraka, kar znese 80 TWh letno. Pri tako pogostem in potratnem energentu je pomembna vsaka podrobnost, ki lahko zmanjša stroške in zviša učinkovitost priprave stisnjenega zraka.



Slika 2. Tovarniško vgrajena rekuperacijska enota

1 Kompresor

Kompresor je generator stisnjenega zraka. Vijčni kompresor ima amortizacijsko dobo 10 let. V tem času predstavlja investicija v kompresor 18 %, električna energija pa 76 % vseh stroškov. Moderni kompresorji 85 % vse porabljene energije pretvorijo v toploto, ki se običajno odvaja preko izmenjevalnikov v okolico. Ta toplotna energija je zavržena.



Slika 1. Zunanja rekuperacijska enota AirWatt

Ni potrebno, da je toplota odpadek, lahko je dragocena energija.

Ob načrtovanju sistema s stisnjnim zrakom je smotno razmisliti o rekuperaciji odpadne toplote v kompresorju. Če se odločate za investicijo v nov kompresor, so na voljo tovarniško vgrajene rekuperacijske enote (slika 2). Če razmišljate o izboljšanju učinkovitosti obstoječega sistema, pa imate možnost dograditve zunanje rekuperacijske enote, ki jo priključite na oljni tokokrog kompresorja (slika 1). V obeh primerih se toplotna energija kompresorja v ploščnem izmenjevalniku prenaša iz kompresorskega olja v primarnem tokokrogu v vodo v sekundarnem tokokrogu, ki jo je mogoče izkoristiti za različne namene gretja, na primer sanitarne vode, procesnih sistemov, ali za ogrevanje objektov. Kakovostni sistemi imajo vsaj 80-odstotno učinkovitost, kar zagotavlja zelo hitro povrnitev investicije.

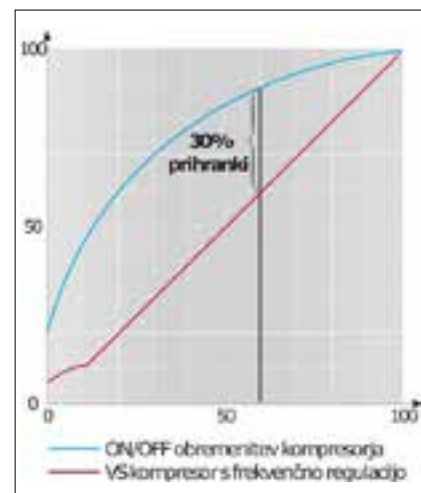
2 Izbira pravilne velikosti kompresorja

Energetiki, odgovorni za investicije, pogosto izberejo večji kompresor, kot je potreben. Razlog je lahko

varnostna rezerva ali pa načrtovane razširitve. Pri tem se je potrebno zavedati, da zmogljivejši kompresor porabi več energije tudi med prostim tekom, zato je taka praksa odsvetovana. Sistem se lahko razširi z več kompresorji ali pa se izbere frekvenčno krmiljen kompresor.

3 Izbira frekvenčno krmiljenega kompresorja

Za vijčni kompresor so idealni pogoji, ko je poraba stisnjenega



Slika 3. Graf prihranka energije frekvenčno krmiljenega kompresorja

zraka konstantna in blizu nominalnega pretoka kompresorja. Tako lahko kompresor polno obremenjen obratuje celoten delovnik brez zaustavitve, ki skrajšujejo življenjsko dobo, ali prostega teka, ki po nepotrebnem porablja energijo.

Kaj pa v primeru, ko poraba ni konstantna? Če imamo ob vklopu procesa ali naprav v proizvodnji dalj časa večje nihanje višine pretoka, moramo imeti kompresor z ustrezno velikim pretokom, v nasprotnem primeru bo povečana potreba po zraku izpraznila tlačno posodo in tlak v sistemu bo padel. Kompresor mora v takem primeru imeti nazivni pretok tak, kot je najvišja možna poraba zraka v sistemu, vendar pa bo večino časa neizkoriščen in bo porabljal več energije, kot bi bilo potrebno.

V primeru velikih razponov v pretoku se izkaže investicija v frekvenčno krmiljen kompresor kot gospodarna odločitev, saj zagotavlja prilagodljiv pretok ob visokih izkoristkih. Tlak v sistemu se giblje v histerezi 0,2 bar (slika 3). V primerjavi z vijahnimi kompresorji fiksnih hitrosti se zmanjša nadtlak ob koncu cikla polnjenja, kar dodatno zmanjša izgube v sistemu zaradi tipično zmanjšane pretoka skozi naprave, manjšega puščanja (puščanje pri 6 bar je 13 % manjše kot pri 7 bar).

4 Puščanje

V vsakem sistemu stisnjene zraka so mesta puščanja. V tipičnem sistemu predstavlja puščanje 15 % do 30



Slika 4. Odkrivanje puščanja z ultrazvočnim detektorjem na prirobnem spoju

% pretoka. V določeni meri je večja puščanja možno zaznati s prostim ušesom, večina puščanj pa je neslišnih. Neslišna puščanja so manjša, vendar jih zaradi pogostosti ne smemo zanemariti, saj predstavljajo potencialno velik prihranek.

Mesta puščanja se obnašajo kot šoba, skozi katero z visoko hitrostjo uhaja zrak. V primeru konstantnega obratovanja kompresorja predstavljajo strošek 24 ur na dan, 365 dni v letu, če pa je kompresor po koncu delavnika ugasnjen, se skozi mesta puščanja izprazni celotna tlačna posoda in cevovod, tlak v sistemu se izenači z atmosferskim, ob ponovnem vklopu kompresorja pa mora ta ponovno napolniti celoten sistem, iz katerega zopet začne uhajati zrak.

Mesta puščanja po pogostosti:

- hitre spojke,
- pripravne grupe,
- pnevmatski cilindri,
- regulatorji tlaka,
- vijalni spoji,
- prirobnici spoji.

Količino puščanja lahko v grobem ocenimo z vgrajenim senzorjem pretoka takoj za kompresorjem, ko ni nobenih aktivnih uporabnikov, torej ob koncu delavnika. Ob vklopljenem kompresorju je pretok puščanja enak pretoku iz tlačne posode.

Mesta puščanja in pretok skozi posamezno mesto lahko natančno izmerimo z ultrazvočnim merilnikom. Ko plin uhaja skozi šobo, se zaradi premikanja plina ustvarja zvok. Pri večjih puščanjih je ta zvok slišen s prostim ušesom, manjša mesta pa odkrivamo izključno z meritvijo ultrazvočne komponente generiranega zvoka, katere jakost nam da podatek o količini izgubljenega stisnjene zraka.

Uspešna podjetja se zavedajo pomembnosti rednega vzdrževanja in redno preverjajo energetske učinkovitosti svojih sistemov, kamor sodi tudi nadzor puščanja. Redno izobražujejo svoje sodelavce o smotrni rabi energentov.

Vesten in motiviran sodelavec sam opozarja na okvare in nepravilnosti

v sistemu in predlaga izboljšave pri rabi energentov. Po potrebi zapira dele cevovodov in naprav, ki niso v uporabi, še posebej, če tam puščanja niso bila odpravljena.

5 Filtriranje zraka in padci tlaka

V atmosferskem zraku, ki ga sesa kompresor, so poleg plinov tudi elementi, ki so v sistemu nezaželeni. Trdni delci so v ozračju različnih velikosti, generirajo pa se tudi v kompresorju kot posledica obrabe. V sistemu stisnjene zraka povzročajo obrabe in zamašitve.

Atmosferski zrak je do določene mere nasičen z vodno paro. Ob stiskanju in ohlajanju ta vodna para kondenzira, se nabira na cevovodu in elementih stisnjene zraka.

Oljne kaplje in pare lahko izvirajo iz atmosferskega zraka kot posledica onesnaženja, v večini primerov pa kot izmet mazalnega in hladilnega olja kompresorja.

Vsi ti elementi so vedno del zraka na izhodu kompresorja, njihova prisotnost pa je od primera do primera bolj ali manj nezaželena, zato je priprava zraka neizogibna.

Filtrirne naprave za čiščenje se izberejo glede na kakovost zraka:

- ciklonski separator
 - o prva stopnja filtracije,
 - o odstranjuje že kondenzirano vodno paro,
 - o nameščen za kompresor ali končni hladilnik,
- predfilter odstranjuje večje trdne delce do 3 µm,
- prašni filter odstranjuje trdne delce do 1 µm,
- koalescentni filter odstranjuje majhne trdne delce in oljne aerosole,
- filtri z aktivnim oljem odstranjujejo oljne pare.

Vsak element v pnevmatičnem sistemu povzroči tlačni padec, ki pa je nezaželen. Tlačni padec je razlika tlakov med izhodom kompresorja in mestom uporabe stisnjene zraka. Tlačni padec znižuje učinkovitost

OMEGA AIR

Better air



OPREMA ZA STISNEN ZRAK



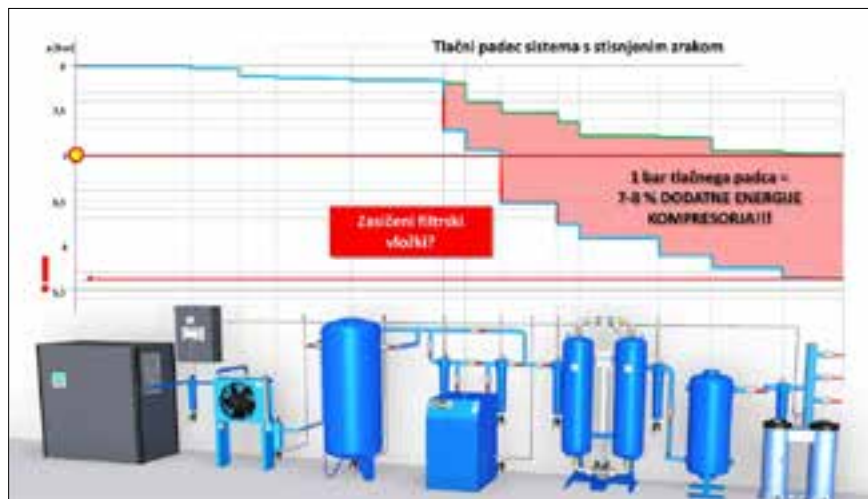
ALTERNATIVNI FILTRSKI VLOŽKI



SUŠILNIKI ZRAKA



MERILNA OPREMA



Slika 5. Odkrivanje puščanja z ultrazvočnim detektorjem na prirobničnem spoju

sistema in povečuje stroške. Lahko se pojavi zaradi napačnega dimenzioniranja filtrov glede na pretok ali nerednega vzdrževanja. Pore v filtrskih vložkih se z uporabo mašijo. S tem se sicer povečuje učinkovitost filtriranja filtrskega vložka, vendar pa se povečuje tlačni padec na filtrskem vložku. Tlačni padec se nadalje poveča, če na filtrskem vložku kondenzira vodna para in je ta razmočen.

Kvalitetni filtrski vložki imajo nizke tlačne padce pri nominalnem pretoku, kadar so mokri ali suhi, zato je njihova izbira pomembna. Prav tako je pomembno redno menjavanje filtrskih vložkov, saj se s povečevanjem tlačnega padca na zasičenem vložku povečuje tudi tlačni padec, kar povzroča višje stroške. Dober gospodar torej pravočasno menja filtrske vložke zaradi zmanjševanja stroškov stisnjenega zraka in zaradi varovanja opreme, ki uporablja stisnjen zrak. 1 bar tlačnega padca namreč poveča stroške stisnjenega zraka za 7–8 %.

6 Odstranjanje kondenzirane vodne pare s sistema

Stisnjen zrak se na izhodu kompresorja hladi v končnem hladilniku. Med hlajenjem kondenzirajo vodne in oljne pare. Nadaljnja kondenzacija se ob stiku s hladnimi površinami pojavi v cevovodu, filtrih in hladilnikih. Kondenzirana vodna para lahko

povzroči številne nevšečnosti:

- okvare in poškodbe zaradi oteženega mazanja pnevmatskega orodja,
- okvare in poškodbe opreme zaradi trdnih delcev, ki nastajajo ob rjavenju cevi,
- zmanjšan pretok ali popolna zamašitev cevovoda zaradi zmrzali,
- zmanjšana kvaliteta končnega proizvoda,
- višji tlačni padci zaradi mokrih filtrskih vložkov.

Za vzdrževanje kakovosti sistema s stisnjenim zrakom sta nujna sušenje in odvajanje kondenzata iz sistema. Večinoma zadostuje hladilniški sušilnik, ki zagotavlja, da vodna para ne kondenzira kasneje v sistemu.

Nujno je tudi odvajanje kondenzata iz sistema na točkah, kjer se ta najpogosteje nabira. Za enostavne sisteme s konstantnim pretokom in ob konstantnih pogojih temperature in relativne vlažnosti zadostuje časovno krmiljen odvajalnik, ki elektromagnetni ventil odpira v časovno določenih intervalih. Za sisteme, kjer se spreminjajo pretok zraka, temperatura in relativna vlažnost vstopnega zraka ali pa temperatura okolice sistema, pa je smotrna investicija v nivojsko krmiljen odvajalnik kondenzata, saj ta v sistem ne prinaša izgub stisnjenega zraka ob izpustu kot časovno krmiljeni odvajalniki.

www.omega-air.si



OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana

T +386 (0)1 200 68 00
F +386 (0)1 200 68 50

info@omega-air.si

Cesta Dolomitskega odreda 10
SI-1000 Ljubljana, Slovenia
www.omega-air.si

MEHATRONIKA

Prvi priročnik za mehatroniko
v slovenskem jeziku



POKLIČITE
(01) 475 95 35
OBIŠČITE
www.pasadena.si


Mehatronika

- Prevod izvirnika: Fachkunde Mechatronik
- Vezava: trda
- Strani: 624
- Mere: 170 x 240 mm
- ISBN: 9789616361873

Cena: 40,00 EUR

Založba Pasadena d.o.o.

Tehnološki park 20, 1000 Ljubljana
Telefon: (01) 475 95 35
e-pošta: knjige@pasadena.si
www.pasadena.si

 Družite se z nami na družabnih omrežjih!

 **pasadena.si**

Knjiga Mehatronika

Mehatronika je interdisciplinarna veda, ki se ukvarja s sinergičnim zlitjem mehanike (strojgradnje in finomehanike), elektronike (mikroelektronike, močnostne elektronike, sensorike in aktorike) ter informatike (regulacijske tehnike, avtomatike in programske tehnike) v enovit, inteligenten tehnični mehatronski sistem.

Mehatronske sistemi danes množično domujejo v industrijah vseh vrst (strojni, elektro, računalniški, živilski, farmacevtski, kemijski, zabavni ...), v prometu, okoljski tehniki, poslovnih prostorih, naših domovih in široki paleti storitvenih dejavnosti.

Knjiga **Mehatronika** je prevod učbenika **Fachkunde Mechatronik**

nemške založbe Europa Lehrmittel in je v Sloveniji prvi vsebinsko celovit, strokovno aktualen in didaktično sodoben učni pripomoček za učitelje in dijake srednjih šol s programom mehatronike.

Učbenik predstavlja celoten mehatronski sistem: od najenostavnejših tem na začetku do robotiziranih linij na koncu. Tako zastavljen koncept omogoča projektni pristop k usposabljanju in sistemskemu zagotavljanju kakovosti pridobivanja strokovnih in ključnih kompetenc mehatronika.

Današnji »mehatronik« je povsem nov poklic, ki ni nastal iz nobenega od dosedanjih poklicev. Delo mehatronika je predvsem interdisciplinarno obvladovanje mehatronskih sistemov in je manj povezano z delom specialista strojništva, elektrotehnike ali računalništva. V tem je tudi odgovor, zakaj učbenik



vsebine klasičnih strok ne obravnava bolj poglobljeno.

Špela Črnič
Založba Pasadena

Nove knjige

[1] Khall, M.: **Introduction to Hydraulics for Industry Professionals** – Uvod v hidravliko za industrijske strokovnjake – Nov učbenik pogloblja razumevanje principov pogona in krmiljenja ter znanje in izkušnje gradnje hidravličnega pogona strojev.

Knjiga obsega tudi dva programska paketa za računalniško dimenzioniranje hidravličnih sestavin in simulacijo hidravličnih vezij. Avtor dr. Medhat Khall ima 25-letne izkušnje poučevanja hidravlike za industrijsko uporabo. Vsebinsko učbenika pa je povzel po predavanjih in vsebinah seminarja na Milwaukee School of Engineering. – *Zal.*: Hydraulics & Pneumatics; naročilo na spletnem naslovu: www.compudraulic.com ali www.amazon.com; *obseg*: 450 strani; *cena*: 115,00 USD.

[2] Munroe, R.: **What if?** – Kaj če? – Knjiga, 18. izdaja, na zanimiv in humoren način odgovarja na različna vprašanja s področja fizike, robotike, matematike in drugih vej naravoslovja. Avtor ponuja odgovore, opremljene z majhnimi skicami. Povzetek: vesela in berljiva knjiga o možnostih znanosti – tudi z grotesknimi idejami. – *Zal.*: Knaus Verlag, *ISBN*: 978-3-8135-06525-5; *obseg*: 365 strani; *cena*: 14,99 eur.

[3] Siem, G.: **Die größten Bagger – Von den Anfängen bis zu den größten Bägger der Welt** – Največji bagri – od začetkov do največjih bagrov na svetu. – Na 225 straneh je na kratko opisanih 350 različnih bagrov z obravnavo moči pogonskega motorja, sile, tveganja in lastne teže.

Knjiga obravnava zgodovino gradbenih strojev, vsebuje tudi številne ilustracije sodobnih izvedb. – *Zal.*: Hell Verlag, 2013; *ISBN*: 978-3-8685-2805-3; *obseg*: 255 strani; *cena*: 9,99 eur.

[4] Steinmüller, K. und A.: **Die Zukunft der Technologien – Der aktuelle Stand der kommenden Jahre** – Prihodnost tehnologij – trenutno stanje raziskav in trendi prihodnjih let – Knjiga, čeprav izdana že leta 2006, predstavlja dober pregled in smeri razvoja tehnologij, ki nas čakajo v naslednjih letih. Trendi ne spreminjajo samo gospodarstva, ampak tudi življenje posameznika. – *Zal.*: Murmann Verlag, 1. izdaja, 2006; *ISBN*: 978-3-938-01746-3; *obseg*: 317 strani; *cena*: 24,90 eur.

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

Pneumatika, ki ustreza standardom

Množica standardov, priporočil in navodil ureja ravnanje izdelovalcev strojev in njihovih uporabnikov ter omogoča ocenjevanje rizikov za njihovo varno in zanesljivo delovanje. Temu se pridružuje tudi SMC Pneumatik. Njegov cilj je zmanjševanje rizikov in povečanje zanesljivosti delovanja.

Standardi in predpisi v Evropi skrbijo za visoko varnost delavcev in operaterjev pri ravnanju s stroji. Med drugim evropske smernice za stroje 2006/42/EG predvidevajo ocene rizikov po standardu EN ISO 12100, ki morajo biti minimalizirani. Harmonizirani standard EN ISO 13849 opisuje verjetnostno metodo zmanjšanja rizikov pri krmiljenju strojev. Velja za mehanična, pnevmatična, hidravlična in električna krmilja, ki so se v strojništvu najuspešneje uveljavila. EN ISO 13849 v 1. delu opisuje splošna navodila za snovanje, v 2. delu pa ocenjevanje krmilnih sistemov in njihovih sestavnih delov. SMC upošteva ta snopič zahtev z različnimi koncepti varnosti, ki so inherentno integrirani v njihove izdelke in podpirajo varnost izdelovalcev in uporabnikov strojev. S funkcijami »varno odzračevanje«, »varno zaustavljanje«, »dvo-ročno aktiviranje« ali »varnost pred nepričakovanim zagonom« omogočajo mnoge ventilske in regulacijske sisteme, ki varujejo delovno osebo v obratih, urejenih skladno s standardi in zakoni.

»Varni položaj« - položaji magnetnih ventilov in regulatorjev

Primer: Evropa v smernicah za stroje 2006/42/EG v povezavi s standardom EN ISO 13849 predpisuje, da se odpiranje varnostnih ohišij lahko opravi, če so vsi pnevmatični pogoni v mirujočem izhodiščnem položaju. Odstranjevanje poškodovanih ali neustreznih delov s transportnega traku, če omenimo drug primer, se lahko opravi samo pri ustavljenem traku, če z roko posegamo v nevarno območje stroja, naprave. Zaustavljanje morajo zagotavljati ustrezni inteligentni sistemi krmiljenja. Pri posegih v področje nevarnosti ne sme priti do nepričakovanega zagona stroja.

Z varnostnim principom »zanesljiv položaj« podpirajo magnetni ventili serij VQC2000-X27, VQC4000-X17 in nove serije SY3000/5000/7000 firme SMC ustrezno varnost. Obe seriji ventilov sta opremljeni z mehкими tesnili in zaskočkami. Izpolnjujejo zahteve standarda EN ISO 13849 za varno delovanje krmilnih sistemov. Sistemi, ki temeljijo samo na trenju, ne ustrezajo predpisu. Za zanesljivo uporabo v praksi je pomembno, da so pnevmatični ventili enako kot diagnoza s tlačnimi stikali združeni na ventilskem otoku, ki zagotavlja lahek dostop do magnetnih ventilov. Lahko diagnozo izdelovalec pnevmatike omogoča z različnimi tlačnimi stikali in senzorji za zaznavanje položajev pnevmatičnih valjev.



SMC-jevi elektromagnetni ventili nove serije SY 3000/5000 so dopolnjeni še z velikostjo SY 7000. Z možnostjo kombiniranja dveh imenskih velikosti na isti priključni plošči so ventilski otoki še bolj prilagodljivi.

TEHNIČNE PODROBNOSTI

SMC-jevi novi ventili SY 3000/5000/7000

Vrste	elektromagnetni ventili
Imenske velikosti	10,15 in 18 mm
Kombinacije na ventilskih otokih	novi SY 3000 in 5000 ali novi SY 5000 in 7000
Drsnik	z mehкими tesnili ali jeklena izvedba
Opcija	integrirani odzračevalni ventil preostalega tlaka
Možnost pnevmatičnega priključka	zgoraj, spodaj ali s strani

»Varno odzračevanje« - ventili kot varnostne sestavine

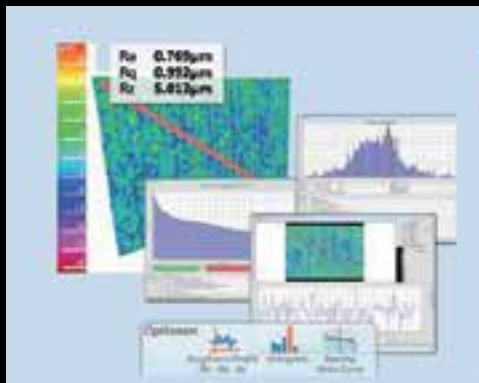
Če se pri obratovanju naprave, stroja odprejo varnostna vrata ali oseba vstopi v nevarno delovno območje, v katerem npr. deluje robot, se morajo pnevmatični sistemi samodejno zaustaviti – odzračiti tako, da se hidravlični sistemi ali roboti zanesljivo zaustavijo. Prav tako, ob varčevalnih delih v nevarnih območjih zanesljivo ne sme priti do nepričakovanega zagona stroja, robota ali strežne naprave.

Ventili SMC serij VP-X536, VP-X555 in VG 342-X87 zagotavljajo v takšnih primerih zanesljivo varnost s samodejnim odzračevanjem, kot varnostne sestavine izpolnjujejo zahteve »smernice za stroje« 2006/42/EG. Integriran odziv se doseže z ustreznim »mejnim stikalom« z 99-odstotno verjetnostjo, s tem so tudi zahteve standarda EN ISO 13849 izpolnjene. Z ventilom za »dvo-ročno proženje« VR51 je tudi izvedba čisto pnevmatičnega krmilja mogoča.

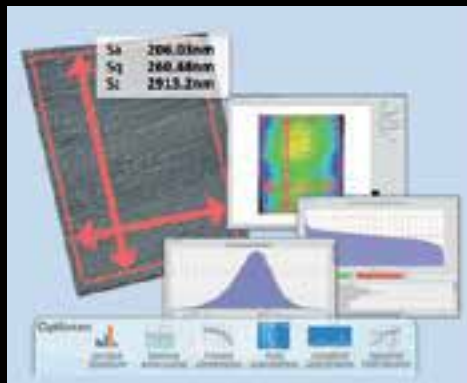
Vir: Martinez Mendez, B.: Normgerechte Pneumatik – Maschinensicherheit – FLUID 48(2016)05 – str. 32

MERITVE HRAPAVOSTI

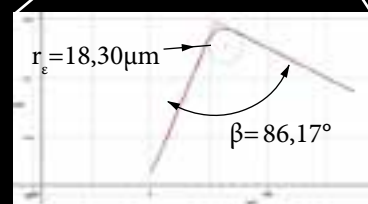
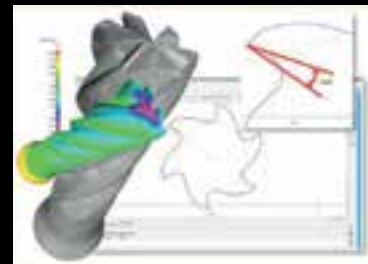
MERITVE 3D OBLIK



Linijska meritev hrapavosti



Površinska meritev hrapavosti



MERITVE GEOMETRIJE



8 mm

MERITVE GEOMETRIJE REZALNIH ORODIJ, MERITVE OBRABE REZALNIH ORODIJ ...

ALICONA InfiniteFocusSL



Povečava objektivna	5X	10X	20X
Delovno območje (X, Y, Z) [mm]	50 x 50 x 155		
Delovno območje objektivna [mm]	4 x 4	2 x 2	1 x 1
Lateralna resolucija [µm]	3.52	1.76	0.88
Vertikalna resolucija [nm]	510	100	50
Minimalna merljiva profilna hrapavost Ra [µm]	-	0.3	0.15
Minimalna merljiva površinska hrapavost Sa [µm]	-	0.15	0.075
Minimalen merljiv radij [µm]	10	5	3

KATEDRA ZA MENEDŽMENT OBDELOVALNIH TEHNOLOGIJ

Predstojnik katedre: Prof. dr. Janez Kopač

☎ Telefon: +386 1 4771 438

📠 Faks: +386 1 4771 768

✉ E-mail: Janez.Kopac@fs.uni-lj.si



KATEDRA ZA
MENEDŽMENT
OBDELOVALNIH
TEHNOLOGIJ



19th ISC – International Sealing Conference –
19. Mednarodna konferenca o tesnjenju

12. in 13. 10. 2016

Stuttgart, Nemčija, ZRN

Organizatorja:

- VDMA Fluidtechnik, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main, ZRN
- Institut für Maschinenelemente der Universität Stuttgart (IMA), ZRN

Tematika:

- Gredna tesnila
- Statična tesnila
- Osnove tesnjenja
- Materiali in površine
- Standardi, patenti, zakonski predpisi, preskušanje
- Simulacije
- Translatorska tesnila
- Praktične izkušnje

Informacije:

- dr. Christian Geis; Fluidtechnik im VDMA, 19th ISC; Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main, BR Deutschland; tel.: +49 69 6603 1318, faks: +49 69 6603 2918, e-pošta: christian.geis@vdma.org, internet: www.vdma.org/fluid ali www.sealing-conference.com

9th FPNI / ASME Ph. D. Symposium on Fluid Power – 9. Postdoktorski simpozij o fluidni tehniki

26. – 28. 10. 2016

Florianopolis, Santa Catarina, Brazilija

Informacije:

- <http://laship.ufsc.br/site/fpni2016>

6. Fachtagung: Hybride und energieeffiziente Antriebe für mobile Arbeitsmaschinen – 6. Strokovno srečanje: Hibridni in energijsko učinkoviti pogoni za delovne stroje

15. 2. 2017

Karlsruhe, ZRN

Organizatorji:

- VDMA
- KIT Karlsruhe für technologie, FAST – Institut für Fahrzeugsystemtechnik, Mobima – Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen

Tematika:

- Energijska učinkovitost pri električni pogonski tehniki
- Energijska učinkovitost pri hidravlični pogonski tehniki
- Hibridna pogonska topologija
- Energijski akumulatorji
- Krmilna in regulacijska tehnika
- Obratovalne strategije

Informacije:

- prof. dr. ing. Marcus Geimer, KIT Karlsruher Institut für Technology; FAST Institut für Fahrzeugsystemtechnik;

Mobima Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen – Reitheimer Queralle 2, 76131 Karlsruhe, tel.: + 0721 608 48601, e-pošta: hybridtagung-2017@fast.kit.edn, internet: www.fast.kit.edn/mobinna

- dipl. ing. Peter-Michael Synek, VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., Fachverband Fluidtechnik, Lyoner Strasse 18, 60528 Frankfurt; tel.: + 069 6603 1513, e-pošta: peter.synek@vdma.org, internet: www.fast.kit.edn/mobinna

16. Antriebstechnisches Kolloquium – 16. Pogonskotehnični kolokvij

7. in 8. 3. 2017

Aachen, ZRN

Organizator:

- RWTH Aachen

Tematika:

- Novi razvojni dosežki in inovacije na sistemski in komponentni ravni za pogonske tehnike
- Izmenjava izkušenj in idej med industrijo in akademsko sfero
- Snovanje pogonskih sklopov za različna področja uporabe

Informacije:

- www.atk-aachen.de



Ponujamo rešitve za industrijsko avtomatizacijo:

- › PLC krmiljenje, HMI naprave
- › Mehatronika, večosni servo sistemi
- › Industrijska Ethernet omrežja
- › Komponente za avtomatizacijo

Zastopamo podjetja:

- › Rockwell Automation • Allen-Bradley
- › Pentair • Hoffman
- › Molex
- › Panduit
- › Prosoft Technology
- › Kepware





Arduino Programirajmo z lahkoto

www.svet-el.si/literatura

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] **Ali mislite, da poznate zobniške črpalke?** – http://www.hydraulicspneumatics/bit.ly/HP0216_BCasey – Če leta delate z istim tipom sestavin, boste velikokrat ocenjevali okoliščine po ustaljenem obrazcu. Če pri zobniški črpalci nekaj ne bo šlo po pričakovanju, je pametno, da ponovno ocenite predpostavke. To, kar se je pripetilo znanemu strokovnjaku Brendanu Caseyju, ki je povzel rešitev po Fluid Power Talku, bo lahko zanimiva šola tudi za vas.

[2] **Ali veste, kaj je modul stisljivosti?** – <http://www.hydraulicspneumatics.com/blog/bulk-modulus-dummies> – Modul stisljivosti je osnovni koncept merjenja odpornosti proti stisljivosti hidravličnih fluidov. Projektanti hidravličnih sistemov ga velikokrat enostavno zanemarijo, čeprav pri visokotlačnih sistemih (posebno pri velikih napravah) lahko povzročijo neverjetne pojave.

Nedavno smo objavili prispevek s prikazom popačenih izračunov in predstavitevjo razumljive razlage. Če imate nekaj minut časa, poglobite razumevanje te velikokrat zanemarjene lastnosti fluidov.

[3] **Baterije za brezžična zaznavala** – <http://www.hydraulicspneumatics.com/blog/batteries-wireless-sensors-deserve-some-thought-0> – Brezžična zaznavala potrebujejo baterije, ki pa jih redko jemljemo kot udobnost, zato izbiri ne posvečamo posebne pozornosti. Lahko pa ste presenečeni, kakšen vpliv imajo. Izbira nepravilne baterije lahko ogrozi zanesljivost celotnega stroja. Informirajte se torej o pravilni izbiri!

Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	358
CELJSKI SEJEM, d. d., Celje	264, 349
DOMEL, d. d., Železniki	309
DVS, Ljubljana	287
ECOMeet, Ljubljana	291
FESTO, d. o. o., Trzin	261, 360
HIWIN GmbH, Offenburg, Nemčija	347
HYDAC, d. o. o., Maribor	294
ICM, d. o. o., Celje	343, 359
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	261
INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija	281
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	339
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	261
OLMA, d. d., Ljubljana	261
OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana	261, 350
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin	261, 331
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	261
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri	261, 262
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	301
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	300
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	339
SUN Hydraulik, Erkelenz, Nemčija	317
TEHNA, d. o. o., Ljubljana	357
UL, Fakulteta za strojništvo	271, 277, 290, 295, 308, 335, 356
VISTA HIDRAVLIKA, d. o. o., Žiri	261
Založba Pasadena, d. o. o., Ljubljana	351
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	276

IFA m

international trade fair of
automation & mechatronic



Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, Robotics, Mechatronic ...



25.-27.01.2017

Celje, Slovenija
Hala L & L1, www.icm.si

Internet stvari (IoT)

FESTO

Vodenje

Krmiljenje

Tukaj je
bodočnost
za I4.0

Razvod

Senzorika-/Aktorika

PROFI
NET

EtherCAT

SERCOS
the automation bus

CODESYS

EtherNet/IP

ETHERNET
POWERLINK

Modbus TCP

CODESYS V3
Optional OPC-UA
für Industrie 4.0

Imate visoke cilje?
Želite doseči več?
Mi vam pokažemo nove perspektive.

→ WE ARE THE ENGINEERS
OF PRODUCTIVITY.

Festo CPX: zvezda za fluide, krmiljenje gibanja in industrijo 4.0

Idealen za platformo avtomatizacije 4.0, ventilske otoke oziroma za oddaljeno I/O: električno, odprto in neposredno. Enkratna široka integracija funkcij in diagnostike značilno prispeva k dvigu vaše produktivnosti. Ravno pravi, če si postavljate najvišje zahteve za rešitve pri avtomatizaciji tovarne in procesov.

Festo, d.o.o. Ljubljana
Blatnica 8
SI-1236 Trzin
Telefon: 01/ 530-21-00
Telefax: 01/ 530-21-25
Hot line: 031/766947
sales_si@festo.com
www.festo.si