

Vsebina	331	■ HIDRAVLIČNI VALJI	
Impresum	433		
Beseda uredništva	433	<i>Franc MAJDIČ, Maks PLESEC: Raziskava trajnosti in vzdržljivosti hidravličnega valja</i>	450
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	434	■ INOVATIVNE HLADILNE TEHNOLOGIJE	
■ ZANESLJIVOST - VZDRŽEVANJE	446	<i>Jaka TUŠEK, Samo ZUPAN, Alen ŠARLAH, Aleksander NOVAK, Urban TOMC, Andrej KITANOVSKI, Ivan PREBIL, Alojz POREDOŠ: Pregled razvoja magnetnega hlajenja na fakulteti za strojništvo (UL)</i>	458
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	448		
■ ALI STE VEDELI	486	■ PUČEVANJE ROBOTIKE	
Seznam oglaševalcev	502		
Znanstvene in strokovne prireditve	444	<i>Jure REJC, Marko MUNIH: Motivational Laboratory Projects in Undergraduate Robotics Education</i>	466

Naslovna stran:

OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 0000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.si
LOTRIČ, d. o. o. Selca 163, 4227 Selca Tel.: + (0)4 517 07 00 Fax: + (0)4 517 07 07 internet: www.lotric.si	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
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	MAPRO d.o.o. Industrijska ulica 12, 4226 Žiri Tel.: 04 510 50 90 Faks: 04 510 50 91 www.mapro.si
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 www.poclain-hydraulics.com	TRC Ljudmila Ličen s.p. Vrečkova 2 SI - 4000 Kranj Tel.: +386 4 2358310 Fax: +386 4 2358311 http://www.trc-hbm.si
HYDAC, d. o. o. Zagrebska c. 20 2000 Maribor Tel.: + (0)2 460 15 20 Fax: + (0)2 460 15 22 www.hydac.si	S3C, d. o. o. Tržaška cesta 116 Tel.: +386 1 423 22 22 Faks: +386 1 423 22 00 www.landefeld.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	

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

Darko CAFUTA: Uvajanje tehnične diagnostike v papirnici 476

■ MEROSLOVJE

Primož HAFNER: Kalibracija kontrolnih naprav na mestu uporabe 480

■ LETALSTVO

Aleksander ČIČEROV: Laserji in troti – od otroških igračk do terorizma 484

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Električni valj EPCO (*FESTO*) 488

Gnana linearna modula za visoke obremenitve (*TULI*) 489

■ NOVOSTI NA TRGU

Nov robot in nove možnosti (*DOMEL*) 490

Linearno vodilo in vodilo kabla v enem (*HENNLICH*) 491

Novi fotoelektrični senzorji podjetja Omron (*MIEL Elektronika*) 491

Ultrazvočni senzor UM18-2 Hi (*SICK*) 492

Novi varnostni ventili SMC po standardu ISO 13849-1(*SMC*) 492

Univerzalni merilni ojačevalnik SG z visoko gostoto kanalov (*TRC*) 493

■ PREDSTAVITEV

Dejan KRIŽAJ: Načrtovanje in optimizacija s pomočjo numerične simulacije 494

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Branko ŠIMAC, Matej TOMŠIČ: Primerjava različnih vrst mazanja (HENNLICH) 496

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige 499

Napotilo za uporabo hidravličnih valjev 500

■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh 502

VENTIL
REVUE ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

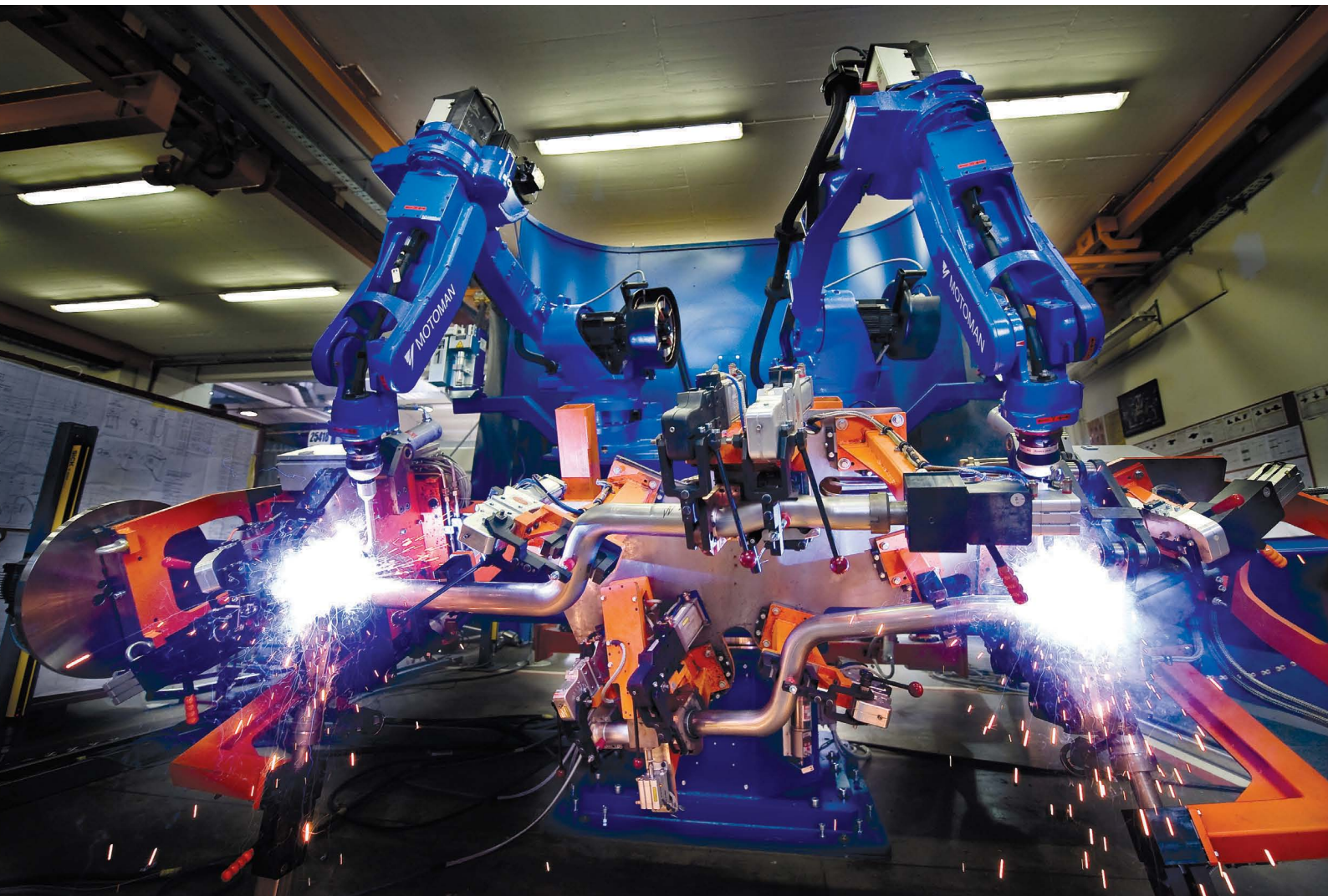
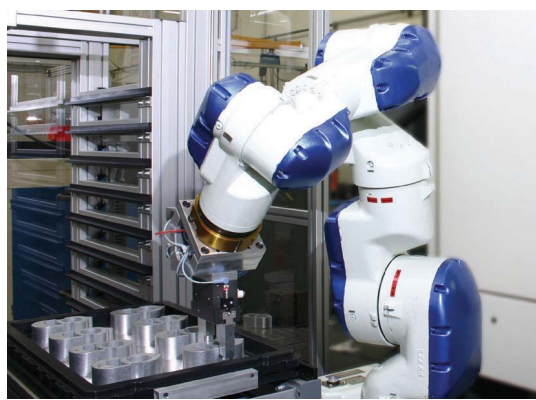
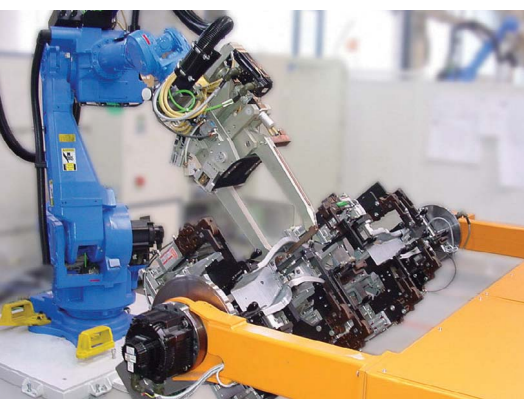
- Raziskava hidravličnega valja
- Razvoj magnetnega hlajenja
- Motivacijski laboratorijski projekti
- Iz prakse za prakso
- Laserji in troti – letalstvo
- Kalibracija kontrolnih naprav
- Numerična simulacija
- Podjetja predstavljajo

LEAN automation with human intelligence.

Rexroth **LEANPRODUCTS** **BOSCH**
Montažna tehnika Oprema za Lean Factory Orodja

OPL **www.opl.si**

Izboljšajte produktivnost. Avtomatsko.



Izboljšati produktivnost podjetja ne pomeni nič drugega kot narediti več, bolje in v krajšem času. Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

V Motomanu bomo skupaj z vami oblikovali rešitve, prirojene specifikam vaše panoge in podjetja. Zagotovili bomo popolno podporo projekta robotizacije, od planiranja in implementacije do servisiranja in izobraževanja.

**Dvignite pričakovanja, izpolnite vaš potencial.
Prestopite v svet avtomatizacije!**

© Ventil 18 (2012) 6, Tiskano v Sloveniji.
Vse pravice pridržane.
© Ventil 18 (2012) 6, Printed in Slovenia.
All rights reserved.

Impresum

Internet:
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	18	Volume
Letnica	2012	Year
Številka	6	Number

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

Ustanovitelj:
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:
Roman PUTRIH

Znanstven-strokovni svet:

izr. prof. dr. Maja ATANASJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
izr. prof. dr. Ivan BAJSIČ, FS Ljubljana
doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana
izr. 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
izr. prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT
izr. prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija
mag. Milan KOPAČ, KLADIVAR Žiri
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ,
University of Alicante, Španija
prof. dr. Hubertus MÜRRENHOF, RWTH Aachen, ZR
Nemčija
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska
prof. dr. Gojko NIKOLIĆ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Šola za strojništvo, Škofja Loka
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana
Janez Škrlec, inž., Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:
Narobe Studio

Lektoriranje:
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:
grafex agencija | tiskarna d.o.o.

Tisk:
Tiskarna 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 knjigo Republike
Slovenije (JAKRS).

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
8,5-odstotni davek na dodano vrednost.

Kaj je narobe s slovenskim visokošolskim izobraževalnim sistemom?



O slovenskem šolskem sistemu, o izvajanju in organiziranju izobraževanja pri nas smo na tem mestu pisali že večkrat. Pogostokrat smo se dotaknili terciarnega izobraževanja. Pred nekaj dnevi smo se stavkovnemu valu pridružili tudi zaposleni in študenti ljubljanske univerze. Protestiramo proti zmanjševanju sredstev za visokošolsko izobraževanje in za raziskovalno dejavnost. Predvsem se postavlja vprašanje, zakaj je vlada želela tako drastično znižati proračunska sredstva

za našo največjo univerzo. Kakšni so argumenti vlade za tak ukrep, če vemo, da primerjalne študije kažejo, da je količina sredstev na enega študenta pri nas pod povprečjem v Evropski skupnosti. Tudi analiza OECD-ja je v zadnji študiji pokazala, da sta osnovno in srednje šolstvo pri nas dobro financirana, da pa je terciarno izobraževanje podhranjeno.

Kje so potem težave? Nekaj jih poznamo vsi, vendar nihče nima toliko korajže, da bi o njih govoril, kaj šele, da bi jih skušal spremeniti. Naštejmo jih samo nekaj. Prvič, ali je res normalno, da se pri nas na visokošolsko izobraževanje vpiše 72 % celotne letne populacije? Ali je res normalno, da je bilo v zadnjem študijskem letu razpisanih na slovenskih visokošolskih organizacijah 1200 prostih mest za študij prava? Ali je normalno, da šolski oziroma politični oblastniki niso znali in verjetno še ne znajo izračunati, koliko zdravnikov, rentgenologov, zobozdravnikov, upravnih delavcev z visoko izobrazbo, medicinskih sester in tako dalje bomo v Sloveniji potrebovali naslednje leto ali čez pet let? In če bi to znali, bi morali razpisna mesta za študij na teh ustanovah prilagajati potrebam.

Nadalje, ali je normalno, da se na določene fakultete v septembru vpiše na primer 700 študentov, novembra istega leta pa 200 študentov od 700 ni več ne na predavanjih ne na vajah in praktično ne prestopijo več fakultete. Za teh 200 študentov je bilo treba organizirati vpis, pripraviti urnike, vaje, jih razporediti v skupine itd. itd. Ali je normalno, da se je v Sloveniji od leta 1998 do leta 2009 število diplomantov na družbenih in pravnih vedah povečalo za 300 % in na tehničnih vedah le za 40 %?

Za primerjavo zapišimo, da v Švici le 16 % celotne populacije študira na terciarnem izobraževanju. Na Nizozemskem je ta odstotek nekaj nad 30 in v drugih razvitih državah okoli 50 %. Nadalje, samo za primerjavo, danes v Sloveniji ni brezposelnih inženirjev strojništva in drugih inženirjev, veliko prostih delovnih mest je za fizike in druge naravoslovce.

Kje so torej rešitve?

Zelo preprosto! Treba je narediti samo tri stvari. Prvič! Na vseh nivojih v politiki, v sredstvih javnega obveščanja, v osnovnih in srednjih šolah je treba propagirati študij za usmeritve, za katere so odprta delovna mesta ali pa se stalno odpirajo. Treba je podučiti novinarje in vse druge, ki imajo vpliv na javno mnenje, da bodo razumeli, kaj je tehnika in kaj lahko diplomati, ki končajo tehniko, doprinesejo v skupno dobro.

Drugič! Tehničnim fakultetam je treba omogočiti povečan vpis v prve letnike in jim omogočiti boljše, predvsem materialne pogoje za študij študentov in za delo profesorjev.

Tretjič! V osnovne in v srednje šole je treba uvesti pouk tehnike z elementi inoviranja novih proizvodov, storitev in z elementi podjetništva, ki bo mlade spodbujal k logičnemu in tehničnemu razmišljanju in predvsem k zavesti, da morajo za svojo bodočnost skrbeti sami s svojim delom in ne s službo v javnem sektorju.

Janez Tušek

Posvet ASM '12

5. decembra je na GZS v Ljubljani potekal že 9. strokovni posvet na temo *Avtomatizacija strege in montaže 2012 – ASM '12*. Posvet, ki je najpomembnejši dogodek v Sloveniji s področja strege in montaže, je organiziral Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko Fakultete za strojništvo Univerze Ljubljani v soorganizaciji z Gospodarsko zbornico Slovenije, Združenjem kovinske industrije. Glede na razmere v gospodarstvu in družbi nasploh je bil posvet zelo dobro obiskan, saj se ga je udeležilo preko 100 udeležencev iz okrog 50 podjetij, inštitutov in univerz, kar kaže na izredno zanimanje za ta dogodek in predvsem na pomembnost področja avtomatizacije strege in montaže v gospodarstvu. Posvet je postal dogodek, na katerem enostavno »moraš biti«, če deluješ na področju strege in montaže.

Avtomatizacija strege in montaže je v povezavi z informatizacijo proizvodnih procesov, robotizacijo ter mehatroniko in učinkovitim avto-

matiziranim zagotavljanjem ter kontrolo kakovosti v montažnih procesih v proizvodnji tisto področje, ki lahko bistveno doprinese k povečanju učinkovitosti in konkurenčnosti podjetij in je sestavni del vitke organizacije. Po navedbah VDMA je v letu 2011 v Nemčiji to področje doseglo rekordno rast preko 42 %, v letu 2012 pa se predvideva še 4-odstotno povečanje rasti. Glede na to, da je slovensko gospodarstvo v veliki meri odvisno od gospodarskih gibanj v Nemčiji, so podatki o tako visoki rasti področja avtomatizirane strege in montaže lahko razveseljivi tudi za slovenska podjetja. Mnoga med njimi že čutijo močno povečano povpraševanje predvsem nemških podjetij po izdelkih in storitvah. V okviru posveta ASM '12 je bilo mogoče najti smernice in ideje za rešitve različnih problemov ter izmenjati izkušnje o številnih vprašanjih na področju strege in montaže.

Na posvetu so se predstavila številna podjetja s svojimi dosežki, tehnološkimi rešitvami in tudi mnogimi dilemami. Mnoge rešitve, ki so bile prikazane, so plod lastnega razvoja podjetij in inovativnosti njihovih inženirjev in bodo prav gotovo marsikomu pripomogle pri rešitvi proble-

mov in dilem, s katerimi se srečuje v vsakodnevni praksi.

Organizator je skupaj z avtorji iz različnih podjetij pripravil izredno zanimivo srečanje, ki ga je sponzoriralo več ustanov in podjetij. Med njimi generalni pokrovitelj FESTO, d. o. o., Ljubljana, kot dobro znan dobavitelj opreme za avtomatizacijo strege in montaže, OPL, d. o. o., kot zlati pokrovitelj in drugi pokrovitelji ter sponzorji.

Udeležence posveta je po uvodnem nagovoru vodje Laboratorija za strego, montažo in pnevmatiko (LASIM) izr. prof. dr. Nika Herakoviča v imenu Tehnološke in inovacijske agencije Slovenije (TIA) nagovorila direktorica mag. Mateja Mešl, ki je poudarila pomembno vlogo kakovostnih strojnih inženirjev za prihodnji razvoj Slovenije. Poudarila je, da slovenska podjetja potrebujejo inženirje, ki bodo sposobni ustvarjati inovacije in razvijati nove, naprednejše tehnologije. Le takšen pristop lahko omogoči slovenskim podjetjem konkurenčnost na trgu in ustvarjanje višje dodane vrednosti. Posebej je poudarila vlogo države in pristojnih inštitucij, ki morajo zagotoviti ustrezno podporno okolje in nameniti več sredstev sodelovanju industrije z raziskovalno sfero posebej na tehnološko zahtevnejših področjih. Prav tako je poudarila pomembnost vitke organizacije, ki lahko pomembno in hitro ter brez velikih dodatnih vlaganj vpliva na povečanje konkurenčnosti in produktivnosti podjetij.

V imenu GZS je prisotne pozdravila mag. Janja Petkovšek, direktorica Združenja kovinske industrije pri GZS. V svojem prispevku je poudarila pomembnost področja kovinske industrije v Sloveniji in še posebej področja avtomatizacije na sploh, kamor spadata tudi strega in montaža, na kratko je podala pregled podatkov o stanju kovinske industrije v Sloveniji v letu 2011 in spregovorila tudi o trendih za nadaljnji razvoj.



Udeleženci med predavanji na Posvetu ASM '12



Utrinek iz razstavnega prostora na posvetu ASM 12

Sledilo je zanimivo predavanje mag. Staneta Berčiča, predstavnika generalnega pokrovitelja posveta FESTO, d. o. o., Ljubljana, in vodje področja didaktike v tem podjetju. Osredotočil se je na pomen vseživljenjskega izobraževanja in predstavil zanimive koncepte tega pomembnega področja, ki jih že leta prakticirajo v Nemčiji. Podjetje FESTO je vzoren primer, kako je mogoče v sodelovanju z univerzami izobraziti inženirje, ki bodo poleg teoretičnih podlag na univerzah pridobili tudi konkretna praktična znanja v industriji.

Strokovni del srečanja je bil razdeljen na tri tematska področja. Uvodoma je bila obravnavana vloga robotov v strežnih in montažnih sistemih. Predstavljena je bila vrsta aplikacij robotov, kjer predstavlja celovit pristop pri reševanju konkretnih nalog poseben izziv. Pri tem je treba uporabljati tudi napredne tehnologije, kot je robotski vid, s kate-

rim lahko povečamo produktivnost in fleksibilnost robotskih linij. Ker je produktivnost močno odvisna tudi od ustreznega časovnega razvrščanja montažnih in strežnih operacij, je bilo posebej zanimivo prisluhniti predavanju dr. Tomaža Koritnika iz podjetja DAX Electronic Systems, d. o. o., ki je predstavilo enostaven in učinkovit pristop k reševanju tega navadno zelo kompleksnega problema. Kar nekaj predavanj iz tega sklopa je imelo posebno inovativen značaj. Naj naštejemo le nekatera: optimizacija gibanja robota z nadzorom vibracij robotske roke, kjer je podjetje FANUC predstavilo inovativen in učinkovit pristop uporabe pospeškomerov v zaprti krmilni zanki; primer obnovitve starejših robotskih sistemov na Fakulteti za strojništvo Univerze v Mariboru; izjemno zanimivo predavanje o inovativnem pristopu pri razvoju električnih prijemal v podjetju DE-STA-CO; praktična uporabnost energijskih verig podjetja Hennlich itd.

V tematskem sklopu logistika proizvodnega procesa in primeri iz prakse bi želel izpostaviti predavanja o praktičnem primeru uporabe simulacije diskretnih dogodkov pri optimiranju proizvodnega procesa izdelave kosovnih polizdelkov. Raziskovalna naloga je bila izvedena v sodelovanju med Gorenjem, d. d., ki je zagotovilo vse podatke praktičnega primera in model stestiralo v praksi, ter Laboratorijem LASIM Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani, ki je izdelal model virtualnega proizvodnega procesa in izvedel simulacijo. Vnaprejšnja simulacija proizvodnega procesa omogoča njegovo optimiranje že pred začetkom realne proizvodnje, predvsem kar zadeva preverbo učinkovitosti različnih variant in potreb proizvodnega procesa.

Zadnji tematski sklop je bil posvečen vitki organizaciji in proizvodnji. V okviru treh izredno zanimivih predavanj so bili predstavljeni konkretni primeri uvajanja vitke organizacije v podjetja in prikazani neposredni pozitivni vplivi, kot je povečanje produktivnosti in konkurenčnosti, izboljšanje kakovosti izdelkov, zmanjšanje stresa zaposlenih itd.

Na razstavnem prostoru pred konferenčno dvorano so lahko podjetja, tako kot vsako leto, predstavila svojo dejavnost, vključno z demonstracijskimi modeli. Posvet ASM '12 je bil torej odlična priložnost za srečanje strokovnjakov s sorodnih področij in medsebojno izmenjavo mnenj ter izkušenj,

*Izr. prof. dr. Niko Herakovič
Vodja laboratorija LASIM in
predsednik organizacijskega odbora
Posveta ASM'12*

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2013 - ASM '13

4. decembra 2013

na Gospodarski zbornici Slovenije v LJUBLJANI

22. tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije

Društvo vzdrževalcev Slovenije je letošnje že **22. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije** po skoraj 20 letih gostovanja na Rogli prvič organiziralo na Dolenjskem, natančneje na Otočcu. Za spremembo lokacije so se odločili po temeljitem premisleku in na podlagi analize anket, v katerih so tako razstavljalci kot udeleženci v preteklih letih večkrat predlagali, da bi bilo potrebno (morda kar vsakih nekaj let) spremeniti lokacijo sicer tradicionalnega in med vzdrževalci dobro poznane tehniškega posvetovanja. Letošnje je bilo od 18. do 19. oktobra.

Otvoritvene slovesnosti, ki je bila v četrtek, 18. oktobra, dopoldne se je udeležilo lepo število obiskovalcev. Nagovoril jih je predsednik društva Sergio Tončetič, ki je opozoril na vse večje izzive, s katerimi se zaradi gospodarske krize srečujejo vzdrževalci v proizvodnji, in dodal, da bi k izhodu iz krize pripomoglo tudi boljše sodelovanje med vodstvi podjetij in vzdrževalci, predvsem v luči optimizacije v proizvodnji.

V nadaljevanju so delovanje društva, še posebej pa napore članov organizacijskega odbora Tehniške-



Otvoritvena slovesnost 22. Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev Slovenije

ga posvetovanja, izpostavili in pohvalili slavnostni govorniki. Direktor Centra RS za poklicno izobraževanje Elido Bandelj se je zahvalil Društvu vzdrževalcev Slovenije za vsakoletno kakovostno organizacijo in izvedbo tekmovanja diplomskih nalog, ki ima med višjimi strokovnimi šolami že uveljavljen status državnega tekmovanja s področja vzdrževanja in z njim povezanih tehniških strok. Zahvalo sta izrazila tudi župan občine Novo mesto Alojzij Muhič in direktor Gospodarske zbornice Dolenjske in Bele krajine Tomaž Kordiš. V imenu na tekmovanju sodelujočih višjih strokovnih šol se je organizatorjem zahvalil ravnatelj prvouvrščene višje strokovne šole, ki deluje v okviru

Šolskega centra Novo mesto, Drago Simončič.

Kot vsako leto so na spremljajoči razstavi podjetja obiskovalcem tudi letos predstavila novosti v svojih programih, proizvodih in storitvah. Ob tem je treba povedati, da se število podjetij, ki se predstavljajo v okviru vsakoletnega posvetovanja, žal že nekaj let manjša. Letos je na Otočcu razstavljalo nekaj manj kot 60 podjetij. Organizatorji pa poudarjajo, da so za manjše zanimanje krive predvsem težke gospodarske razmere in slaba plačilna disciplina. Kljub težki situaciji je posvetovanje podprlo 5 sponzorjev in štirje medijski sponzorji, generalno sponzorstvo dogodka pa je prevzela družba PETROL, d. d., Ljubljana.

Obiskovalcem, ki jih je bilo letos dobrih 300, je bil na voljo zanimiv dvodnevni program – od strokovnih predavanj, predstavitev diplomskih nalog, ogleda razstave do okrogle mize. Kot **novost** so se na posvetovanju predstavili tudi zunanji razstavljalci z vozilom za reciklažo odpadkov, električnim vozilom Opel Ampera ter s stojnicami, ki so prikazovale domače obrti in v pokušino ponudile dolenjske domače dobrote. Osrednja tema letošnjega posvetovanja so bili **izzivi sodobnega vzdrževanja**. V okviru te teme so v



Pogled na razstavna mesta 22. Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev Slovenije



Predavanja na 22. Tehniškem posvetovanju vzdrževalcev Slovenije so bila dobro obiskana

četrtek, 18. oktobra, različni avtorji predstavili osem referatov, med drugimi s področja vzdrževanja objektov, diagnostike, vzdrževanja po stanju, stroškov vzdrževanja in informatike v vzdrževanju. Med predavatelji so bili letos tudi gostje iz tujine, ki so prikazali izkušnje s področja vzdrževanja v njihovem okolju. Tak način sodelovanja želijo na DVS ohraniti tudi v prihodnje in čim bolj razširiti krog sodelovanja na področju vzdrževanja. Predavanja so, za razliko od dosedanje prakse, potekala na samem razstavišču, saj so organizatorji želeli vse dogajanje srečanja zaokrožiti na enem mestu. Med številnimi udeleženci predavanj je bila izvedena tudi anketa o zadovoljstvu s predavanji in organizatorji poudarjajo, da bodo predloge za izboljšave z veseljem upoštevali pri pripravi naslednjega posvetovanja.

V petek, 19. oktobra, so se strokovnjaki s področja vzdrževanja iz različnih slovenskih podjetij udeležili razprave na okrogli mizi z naslovom **Izzivi sodobnega vzdrževanja**. Okroglo mizo je pripravil in vodil mag. Mihael Hamersak iz družbe Talum Servis in Inženiring, d. o. o., sicer član Izvršilnega odbora Društva vzdrževalcev Slovenije ter pobudnik organizacije okroglih miz na tehniških posvetovanjih. Njegovega vabilu k sodelovanju so se letos odzvali Jože Tavčar (Krka), Darko Pa-

vlačić (Revoz), Robert Starešinič (Trimmo), Maksimilijan Brodar (Jub), Henrik Flis (Impol PCP), Miran Saksida (TŠC Nova Gorica) in Sergio Tončetič (DVS), ki so skupaj s poslušalci poskušali najti odgovore na aktualna vprašanja s področja vzdrževanja, med njimi o tem, kakšni so trendi razvoja vzdrževanja v Sloveniji in ali je vzdrževanje v podjetjih razumljeno kot strošek ali kot dodana vrednost? Namen organizacije okroglih miz je izmenjava izkušenj in prenos dobrih praks med podjetji, s stališča društva pa so dragocena tudi mnenja in pričakovanja do društva, ki jih v razpravi izrazijo udeleženci.



Nagrajenci Natečaja za najboljšo idejo s področja vzdrževanja za leto 2012

Na **Natečaj za najboljšo diplomsko nalogo s področja vzdrževanja**, ki že vrsto let poteka pod okriljem tehniških posvetovanj, je bilo letos iz javnih tehniško orientiranih višjih strokovnih šol prijavljenih 16 diplomskih nalog. Člani komisije so izbirali najboljše naloge na podlagi vnaprej določenih kriterijev. Pri dokončni odločitvi pa so imeli kar težko delo, saj so bile vse naloge dobro napisane, praktično in uporabno naravnane, aktualne in tudi lepo oblikovane. Za najboljšo diplomsko nalogo s področja vzdrževanja za leto 2012 je bila izbrana diplomatska naloga z naslovom *Prenova sistema reaktorja za izdelavo polimernega veziva*, ki jo je izdelal **Andrej Štalcar** pod mentorstvom Tomaža Blatnika. Diplomatska naloga je bila narejena v okviru višješolskega študijskega programa Strojništvo na ŠC Novo mesto v podjetju Kolpa, d. d., Metlika. Zmagovalcu je društvo podarilo plaketo in denarno nagrado, njemu in ostalim diplomantom, ki so prišli v ožji izbor, pa še enoletno naročnino na revijo Vzdrževalec.

Letos so natečaju za najboljšo diplomsko nalogo dodali še eno kategorijo – tekmovanje šol. Za najboljšo izobraževalno institucijo v letu 2012 je bila izbrana Višja strokovna šola ŠC Novo mesto, ki je na natečaj prijavila kar pet diplomskih nalog s področja vzdrževanja.

Društvo v okviru tehniških posvetovanj tradicionalno spremlja in spodbuja tudi inovativno dejavnost v vzdrževanju. V okviru **Natečaja za najboljšo idejo s področja vzdrževanja** vsako leto spodbuja podjetja in posameznike, da na natečaj prijavijo izboljšave, ki prispevajo k bolj **učinkovitemu vzdrževanju**. Letos je na razpis prispelo devet predlogov izboljšav, med njimi pa so bili najboljši:

- Žiga Petrič iz podjetja Tehna, d. o. o., ki je prejel bronasto plaketo za izboljšavo, imenovano *Asset Management – Avtomatična izdelava varnostnih kopij PLC, robotskih, HMI in drugih programov, primerjava in vzdrževanje verzij in audit*

vzdrževalcev;

- Hine Alex Vrtačnik in mag. Aljoša Huber iz podjetja Svetloba, d. o. o., sta za izboljšavo *Inteligentni brezžični sistem razsvetljave REFLECTA IntelSens* prejela srebrno plaketo;

- **z zlato plaketo** pa je bil letos nagrajen Zoran Tkavc iz ŠC Krško Sevnica za idejo *Napredna ekološka računalniška učilnica z uporabo večsedežnih računalnikov na osnovi virtualizacije namizja*.

Vsi nagrajeni inovatorji so ob tej priložnosti dobili praktična darila, ki jih podarjajo sponzorji posvetovanja, glavni nagrajenec pa še posebno nagrado sponzorja natečaja – dvodnevno potovanje za dve osebi na Dunaj,

darilo podjetja Haberkorn, d. o. o. Društvo vzdrževalcev Slovenije se zahvaljuje vsem sponzorjem, medijskim sponzorjem, razstavljavcem, predavateljem, obiskovalcem in drugim sodelavcem, ki so s svojimi prispevki, delom in sodelovanjem pripomogli k dobri izvedbi srečanja ter k prepoznavnosti društva v medijih in slovenskem gospodarstvu, in vabi na naslednje, 23. Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije, ki bo 17. in 18. oktobra 2013 na Otočcu! Razpis bo objavljen na www.tpvs.si. Vljudno vabljeni!

Sergio Tončetič,
predsednik organizacijskega odbora
22. TPVS



NASVIDENJE na

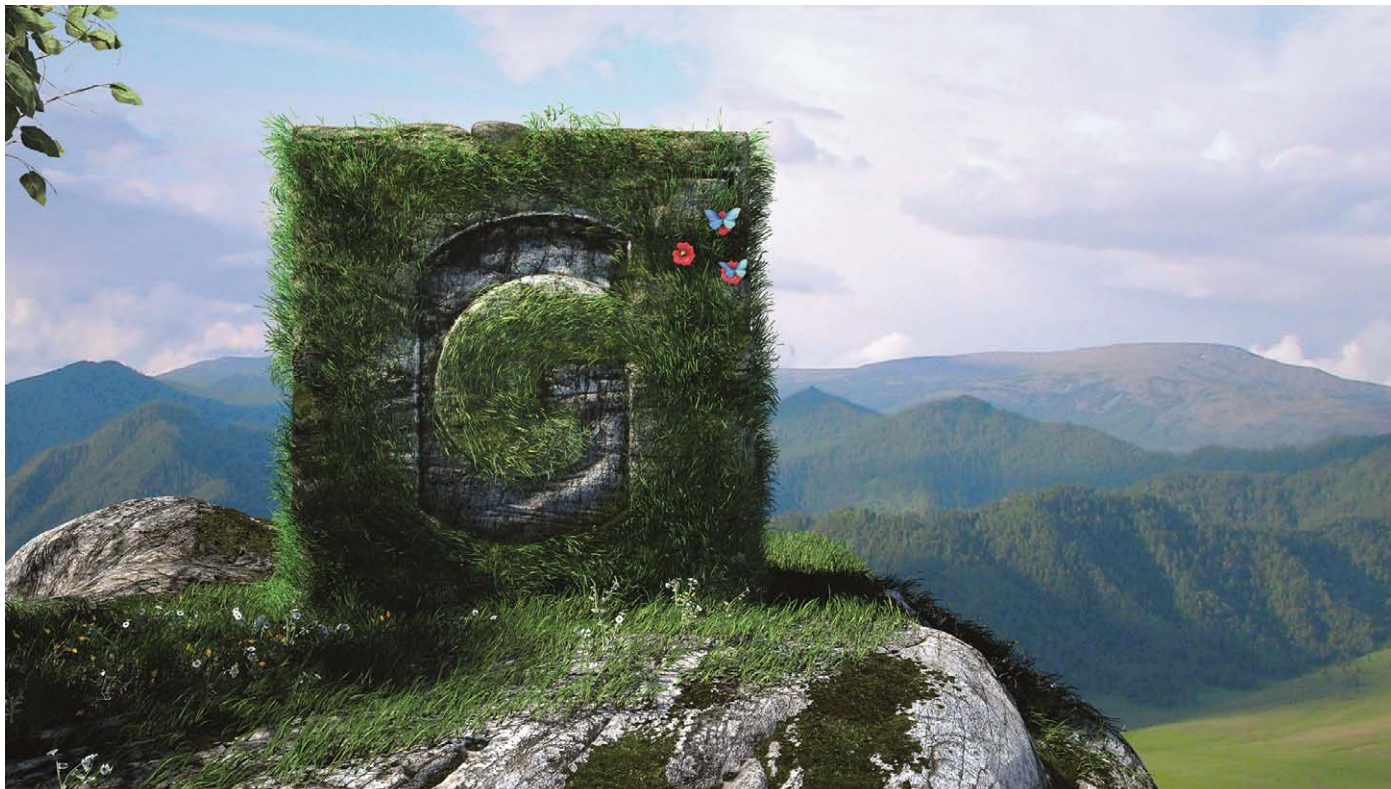
**23. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE**

ki bo 17. in 18. oktobra 2013 | www.tpvs.si



Komprimiran zrak, rešive za vsako potrebo

učinkovito, gospodarno, okolju prijazno



Nov vrhunec vzdržljivosti, nov mejnik v zanesljivosti in najboljša učinkovitost v svojem razredu – to je **novi GA oljni vijačni kompresor moči 30-90 kilovatov, ki ga žene učinkovitost**. Obiščite našo spletno stran in si oglejte, kako lahko naši novi kompresorji povečajo vašo produktivnost.

www.atlascopco.com/drivenbyefficiency

Atlas Copco d.o.o.
Peske 7, 1236 Trzin
Tel. 01 5600 710
E-Mail: info@si.atlascopco.com



Sustainable Productivity

Atlas Copco

Prireditve Vitka proizvodna logistika 2012

Skrajšan naziv prireditve VPL 12 postaja tradicionalen način predstavitve problemov vitke logistike, ki zajema naročanje in odnose z dobavitelji, dostavo blaga in skladiščenje ter upravljanje dostave na linijo po principu modernih metod vitkosti. Tradicionalna prireditve je v prejšnjih letih obiskala znana in cenjena podjetja v Sloveniji, ki že sedaj za svoje proizvodne procese uporabljajo metode vitkosti.

jih podali predavatelji, ki so podobne probleme rešili v svojih podjetjih in jih na prireditvi enostavno, preprosto in poučno predstavijo občinstvu.

Letos je bila VPL 12 v podjetju odelo Slovenija, d. o. o., iz Prebolda, ki je na področju vitkosti zagotovo najboljše podjetje v Sloveniji. V veliko čast nam je, da smo si lahko ogledali celotno proizvodnjo svetil za avtomobile prestižnega razreda, ki poteka v Sloveniji. Posamezni udeleženci so ob ogledu dobre prakse, ki je potekal v proizvodnji, v živo spoznali celotno prehojeno pot podjetja, ki jo

gistke & IT podjetja Odelo Slovenija, d. o. o., iz Prebolda, predstavil prehojeno pot in posamezne odločitve ob uvedbi posameznih faz vitke proizvodne logistike. Koncept uvedbe in doseganja ekonomskih učinkov vitkosti z vitko proizvodno logistiko je bil predstavljen ob praktičnem prikazu v proizvodnji, kjer so nam pokazali posamezne elemente vitkosti v povezavi z obvladovanjem celotne oskrbne verige med dobavitelji in njimi.

Kot pomembno lahko omenimo predavanje g. Igorja Makovca iz podjetja TPV, ki je predstavil pomen C-elementov v podjetju in njihovo obvladovanje. Praktična predstavitev analize posameznih repromaterialov v podjetju in njihovega vrednotenja ter sporočilo, da jih moramo logistično obvladovati po drugih principih, je osnova za vitko nabavno logistiko, ki jo mora vsak objekt, ki želi uvesti vitkost, upoštevati.

Podjetje Iskra mehanizmi v zadnjem času uspešno vstopa v področja novih tehnologij v razvoju in proizvodnji sklopov za avtomobilsko industrijo, zato mora vidike vitkosti upoštevati od razvoja do proizvodnje. Iskra mehanizmi so tudi pomemben proizvajalec malih gospodinskih aparatov, ki jih proizvajajo za svetovno znanega proizvajalca, zato so uvedli poseben sistem obvladovanja repromaterialov in podsklopov, ki jih kasneje kombinirano vgrajujejo v posamezne izdelke. Predavatelj dr. Matjaž Roblek nam je predstavil obvladovanje in planiranje proizvodnje ob matematičnem modelu napovedovanja prihodnosti dogodkov v proizvodnji, ki jih mora vsako podjetje upoštevati, če želi zniževati stroške. Matjaž Gaber je predstavil prihranke, ki se kažejo v nižjih stroških zalog tako pri dobaviteljih kot v njihovem podjetju. Obdelani problem bistveno vpliva na razpoložljivost in delovanje podjetja, zato je navedena metoda primerna za podobna podjetja, ki proizvajajo enostavnejše in tudi obsežnejše izdelke in so podvržena nihanjem povpraševanja.



Ogled primera dobre prakse in predstavitev v podjetju odelo Slovenija

Tako smo obiskali podjetja TPV v Novem mestu, Revoz, Krko, Adrio Mobil in Iskra Avtoelektriko – Letriko v Novi Gorici. Koncept prireditve je zasnovan tako, da vedno upošteva rdečo nit dogodka, ki obravnava določeno področje vitke logistike in ogled dobre prakse, ki je ponavadi povezan z rdečo nitjo. V konceptu lahko vsak znanja željan obiskovalec najde svoje probleme in primere rešitev, ki so jih uporabila podjetja v Sloveniji. Navedeni koncept prenosa znanja zagotavlja prepričljivo predstavitev posameznih problemov in zanesljivo zagotovitev enostavnega in hitrega prenosa v posamezna podjetja. Tehnično izobraženo občinstvo, ki je ponavadi poslušalec na prireditvi, verjame v posamezne predstavitve, če so

je leta 2005 kupilo propadlo podjetje Tekstilne tovarne v Preboldu in ga v šestih letih spremenilo v vitko naoljen proizvodni stroj, ki upošteva vse koncepte TPM-a in dosega svetovno raven po upoštevanju standardov uvedbe vitke proizvodnje. Če je v podjetju odelo Slovenija, d. o. o., iz Prebolda vitkost postavljena brez napak, potem za ogled in študije vitke proizvodne logistike velja, da je mogoče na enem mestu videti prehojeno pot, ki ima natančno definiran cilj in predstavlja popolnost v celoti, brez napake na poti do vitkosti.

Na prireditvi, ki je bila sestavljena iz različnih predavanj, nam je na prvem predavanju g. Peter Kovše, vodja lo-

Eno od predavanj je bilo namenjeno organizaciji in postavitvi milk run-a (to je krožna vožnja izvajalca logistike, ki spominja na dostavljalca mleka v steklenicah po hišah), ki nam ga je predstavil Damjan Zupančič iz podjetja TPV Novo mesto.

Navedeni sistem pobiranja blaga v posameznih točkah je zagotovo rešitev mnogih razdrobljenih dobaviteljev in vse višjih stroškov logistike, ki jo bo v prihodnje izvajal logist. V popolnosti je bil opisan pogoj za izvajanje milk run-a, ki je gotovo najzahtevnejši nivo dostave po principu just in time (JIT- dostava ravno ob pravem času na vrata tovarne). Podjetje Ekdis je za demonstracijo,

kako deluje milk run, vsem udeležencem dostavilo paket, ki je bil označen po principu standardnega označevanja logistične enote in ustrezno informacijsko podprt, saj so vsi udeleženci pred tem dobili sporočilo o prihodu paketa.

Tokratna predstavitev primerov slabih praks je bila namenjena vsem udeležencem kot opozorilo, da napake v načrtovanju, odločanju in postavitvi vitke proizvodne logistike delajo tudi velika podjetja. V samem sistemu gradnje in načrtovanja vitke proizvodne logistike se pojavljajo klasične napake, ki jih posamezna podjetja ponavljajo, ker niso pravilno in dovolj dobro obveščena. Tako

smo na predavanju predstavili primere napačnega in nestandardnega označevanja blaga, ki ga udeleženci v oskrbni verigi ne morejo uporabljati kot enoumno, enoznačno označevanje blaga in onemogočajo informacijsko podporo na celotni verigi.

V letu 2013 bo zelo težko pripraviti prireditev, ki bo na enakem nivoju, kot je bila VPL 12, saj so bile predstavitve in ogled dobre prakse na najvišjem nivoju. Zagotovo je vitkost rešitev slovenskih podjetij, ki se bodo morala spopasti s svetovno elito.

Eva Grgič, Prolog

VENTIL
REVISTA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

AIG'13
4. in 5. april, Hotel City Maribor



IFAM
international trade fair of
automation & mechatronics

Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...
International Trade Fair for Automation, Robotics, Mechatronics ...

30.01.- 01.02.2013 www.ifam.si

Posvetovanje o tribologiji, hladilno-mazalnih sredstvih in tehnični diagnostiki –SLOTRIB 2012

Slovensko društvo za tribologijo že 24 let vsaki dve leti organizira konferenco z mednarodno udeležbo pod imenom SLOTRIB. Dvanajsta po vrsti je bila 15. novembra letos v Ljubljani. Skupaj s tribološkimi društvi iz Avstrije, Italije in Švice pa na štiri leta organizira tudi mednarodno konferenco ECOTRIB. Prva konferenca ECOTRIB je bila v Ljubljani leta 2007, druga je bila na Dunaju 2010, tretja pa bo septembra leta 2013 v Torinu, skupaj s svetovno konferenco s področja tribologije

Osrednja tema letošnje konference SLOTRIB 12, na kateri se je zbralo kar 68 udeležencev iz akademske sfere in industrije, so bila maziva in hladilno-mazalna sredstva, ki se uporabljajo v kovinskopredelovalni industriji in pri odrezovanju materiala. Slovenska strojna industrija se je skoraj v celoti prestrukturirala v industrijo predelave kovin. Pri vsakodnevnem delu se, tako kot ostale industrijske panoge, sooča z vedno novimi zahtevami po povečevanju kvalitete izdelkov, zanesljivosti proizvodnje in hkratnem zniževanju stroškov predelave. Trenutne krizne razmere te pritiske še povečujejo. Zagotavljanje visokega nivoja kvalitete pri nenehnem zniževanju stroškov pa terja nove pristope, predvsem pri uporabi novih materi-

prevlek, polimerov ter nanokompozitnih materialov. Udeleženci so razpravljali tudi o izbiri materialov za orodja, ki se uporabljajo v najbolj zahtevnih proizvodnih procesih. Velik poudarek pa je bil tudi na razvoju sprotne spremljanja stanja strojev in pomembnosti uvajanja tehnične diagnostike v industriji.

Prispevki, ki so jih predstavili strokovnjaki iz industrije in akademske sfere, so bili skrbno pripravljene in na zavidljivo visokem strokovnem nivoju. Ponovno se je pokazalo, da je kombinacija prispevkov iz prakse in akademske sfere za uspeh konference nujna še posebej, če je tudi tematika konference tako izbrana, da je zanimiva za obe strani. Pri pravi konferenci SLOTRIB smo temu problemu vedno posvetili največjo skrb. Prepričani smo, da smo bili pri tem tudi uspešni. Potrditev naše trditve vidimo v stalnem neposrednem povezovanju med raziskovalci in strokovnjaki iz industrije. S svojimi prispevki se je na konferenci predstavilo tudi 9 mladih raziskovalcev, ki so nakazali najnovejše trende raziskav in razvoja na področju tribologije in tehnične diagnostike doma in po svetu.

Slotrib 2012, ki sta ga poleg ostalih finančno podprla Petrol in Olma, je nedvoumno pokazal, da se raziskovalno in razvojno delo na področjih, ki jih pokriva konferenca, razvijata skladno v dobro stroke in industrije.

Konferenco je pripravil organizacijski odbor, za strokovnost in vsebino programa pa je poskrbel programski odbor. Vsem se za dobro opravljeno delo lepo zahvaljujem.

Prispevki s konference so objavljeni v zborniku SLOTRIB12, ki ga je mogoče dobiti pri ge. Joži Sterle ali na naročiti po elektronski pošti: jozi.sterle@tint.fs.uni-lj.si.

*Prof. dr. Jože Vižintin,
predsednik
Slovensko društvo za tribologijo*



Obiskovalci so si izmenjali mnenja in izkušnje na področju najnovejših tehnologij mazanja in tehnične diagnostike

Poslanstvo konference SLOTRIB je bilo, da postane priznana nacionalna konferenca z mednarodno udeležbo. To smo dosegli, zahvaljujoč zvestim sodelavcem ter domačim in tujim strokovnjakom s področja tribologije, ki so se na naše vabilo vedno z veseljem odzvali. Namen konference je prenašati lastno znanje in spoznanja iz akademskega v industrijski prostor, povezati slovenske strokovnjake s področja tribologije, vzdrževanja in tehnične diagnostike z izmenjavo mnenj med raziskovalci in uporabniki ter stalno dvigovati nivo znanja s področja tribologije v industriji. Mislim, da smo tudi na tem področju uspešni.

alov, pa tudi pri uporabi naprednih maziv in hladilnih tekočin. Temu se pridružuje še skrb za okolje, v katerem potekajo procesi. Zato smo letošnjo konferenco SLOTRIB posvetili obravnavi problematike obdelovalnih in hladilnih tekočin.

Na konferenci je bilo predstavljenih 16 referatov in 8 posterjev, razdeljenih v štiri sekcije: hladilno-mazalna sredstva in maziva, tehnična diagnostika, materiali in kontaktne površine ter tribologija. Sodelujoči so predstavili zlasti sodobne tehnologije mazanja, ki vključujejo uporabo okolju prijaznih maziv ter različnih

Rekorden obisk Dni podjetništva

Dnevi podjetništva 2012, podjetniški dogodek, ki sta ga že peto leto tradicionalno organizirala Tehnološki park Ljubljana in Data, d. o. o., je znova privabil številne udeležence, željne novih podjetniških znanj.

Rdeča nit dogajanja v Tehnološkem parku Ljubljana je bila krepitev specializiranih znanj s področja poslovnega okolja, tehnologij, marketinga in internacionalizacije. Vsak dan posebej je bil različno tematsko obarvan z aktualnimi podjetniškimi temami. Tradicionalno organiziramo in izvajamo brezplačne podjetniške delavnice, s katerimi omogočamo bodočim podjetnikom, podjetnikom začetnikom ter podjetnikom v fazi rasti in internacionalizacije dostop do aktualnih podjetniških vsebin, svetovnih trendov ter novih veščin.

Ob pozdravnem nagovoru je mag. Iztok Lesjak, direktor Tehnološkega parka Ljubljana, izpostavil, da »Tehnološki park Ljubljana izvaja različne programe za inovativna podjetja v vseh fazah poslovanja. Mlade, drzne in ambiciozne posameznike, ki šele začenjajo svojo poslovno pot oziroma razvijajo svojo idejo, vabimo v Geek House, kjer bodo ustvarjali v podjetniškem okolju s pomočjo mentorja. Podjetjem, ki že poslujejo in potrebujejo svetovanje in nove



Utrinek s prireditve

veščine, nudimo širok spekter storitev v Start:up centru, zrela podjetja, ki se spogledujete s širitvijo na tuje trge, pa vabljeni k projektu Go:Global Slovenia.«

V treh dneh smo predstavili aktualne teme na trinajstih brezplačnih delavnicah:

- Bo res od 2013 za podjetja vse drugače
- Kaj je bilo potrebno za uspešno internacionalizacijo podjetja
- Prodajni potencial spletne strani
- Storitve JAPTI za slovenske izvoznike
- Ni druge priložnosti za prvi vtis
- Vaša podoba za vaš uspeh
- Spodbujanje inovativnosti med zaposlenimi
- Učinkovit prenos kompetenc med zaposlenimi
- Tehnike prepričevanja in argumen-

tiranja

- Dobra zgodba – vstopnica na trg 21. stoletja
- Z Boundbreakerjem v Silicijevo dolino
- Učinkovita predstavitev poslovne ideje pred investitorji
- Predstavitev poslovnih priložnosti v Braziliji

Vseh 13-ih brezplačnih podjetniških delavnic, ki so potekale od 13. do 15. novembra, se je skupaj udeležilo več kot 2.000 prisotnih.

Izvedbo Dnevov podjetništva so omogočili tudi naslednji sponzorji: Banka Koper, Bizis.si, T2, Napovednik, Finance, Podjetnik, JAPTI, Verlag Dashöfer, Merci in Red Bull.

www.tp-lj.si



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA
01

t: 01 620 34 03
f: 01 620 34 09
e: info@tp-lj.si
www.tp-lj.si

Tehnološki park Ljubljana d.o.o.
Tehnološki park 19
SI-1000 Ljubljana

Izjemno uspešen 9. nanotehnološki dan

27. 11. je odbor za znanost in tehnologijo organiziral 9. nanotehnološki dan. Dogodek je bil na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani. Na njem je sodelovalo 272 udeležencev, med njimi tudi izjemno eminentni gostje: minister dr. Žiga Turk, direktor Kemijskega inštituta v Ljubljani prof. dr. Janko Jamnik, predsednik Sveta za znanost in tehnologijo RS prof. dr. Marko Jaklič, direktor Gospodarskega razstavišča mag. Iztok Bricl, predsednik Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije g. Alojz Kovšca in številni drugi. 9. nanotehnološki dan je bil že 80. strokovni dogodek odbora za znanost in tehnologijo pri OZS. Prvič doslej so na dogodku sodelovale vse tri univerze: Univerza v Mariboru, Univerza v Ljubljani in Univerza v Novi Gorici ter Institut Jožef Štefan in Kemijski inštitut iz Ljubljane.

Strokovne teme so bile skrbno izbrane in so pokrivalo naslednja področja: nevromorfno računalništvo, razvoj in aplikativnost memristorjev, možganski vsadki in ambientna inteligenca, vpliv nanodelcev v premazih, nanokeramika v elektronskih aplikacijah, tehnološki razvoj nanoelektronike in sončnih celic naslednjih generacij in novih materialov za avtomobilsko industrijo na podlagi numeričnega modeliranja. Pokrovitelja dogodka sta bila Centra odličnosti NAMASTE in NANO-CENTER. Medijski pokrovitelji so bili revija IRT 3000 in Kvadrati, časnika



9. nanotehnološki dan, skrajno desno je minister dr. Žiga Turk, v sredini direktor Kemijskega inštituta prof. dr. Janko Jamnik in levo direktor Gospodarskega razstavišča v Ljubljani mag. Iztok Bricl (foto: Darko Švetak)

Večer in Finance.

Predavatelji 9. nanotehnološkega dne so bili: doc. dr. Aleš Holobar, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru, dr. Lidija Slemenik Perše, Kemijski inštitut v Ljubljani, prof. dr. Barbara Malič, Institut Jožef Stefan, prof. dr. Božidar Šarler, Univerza v Novi Gorici in Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana; Center odličnosti (COBIK) za biosenzoriko, instrumentacijo in procesno kontrolo, Solkan, dr. Benjamin Lipovšek, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, in dr. Alenka Rožaj Brvar, MBA. Slavnostna govornika 9. nanotehnološkega dne sta bila minister za izobraževanje, znanost, kulturo in šport dr. Žiga Turk in direktor Kemijskega inštituta v Ljubljani prof. dr. Janko Jamnik.

Moderator dogodka sem bil jaz kot predsednik odbora OZT. 9. nanotehnološki dan je bil namenjen inovativnim obrtnikom in podjetnikom, industriji, predstavnikom šol, šolskih centrov, študentom, dijakom, raziskovalcem iz akademsko-znanstvene sfere in industrije. Omenjeni dogodek je sodil v kontekst aktivnega povezovanja gospodarstva in znanosti in je nedvomno pozitivna spodbuda razvoju naprednega gospodarstva. Nikoli doslej se nanotehnološkega dne ni udeležilo toliko ljudi, še zlasti mladih. Nobenega dvoma tudi ni, da mlade nanotehnologija privlači in v njej vidijo potencialne možnosti gospodarskega razvoja.

Janez Škrlec
Odbor za znanost in tehnologijo pri
OZS

Znanstvene in strokovne prireditve

Fachmesse SENSOR + TEST 203 mit AMA Kongresse SENSOR, OPTO und IRS – Strokovni sejem o sensoriki in preskušanju s specializiranimi sejmi o sensorjih, optoelektroniki in infrardeči tehniki (senzorjih in sistemih)

14.–16. 05. 2013
Nürnberg, ZRN

Organizator:
– AMA Fachverband für Sensorik

Informacije:

– e-pošta: conference@ama-science.org
– splet: <http://www.ama-science.org/ama-conferences-2013>



S3C d.o.o., Tržaška cesta 116, 1000 Ljubljana

LANDEFELD

Pnevmatika · Hidravlika · Vse za industrijo

100.000 artiklov na zalogi ✓

Dobava v treh delovnih dneh* ✓

Primer naročila: naročeno v ponedeljek do 16. ure prejmete v četrtek, naročeno v petek do 14. ure prejmete v sredo* ✓

Kontakt: www.landefeld.si
prodaja@landefeld.si
 telefon: 01 423 22 22 ✓



*Dobava 3 delovne dni velja za pošiljke do 40 kg in 2m dolžine. Težje pošiljke dostavimo kamionsko, kjer je dobavni čas 5 do 7 delovnih dni. Brezplačna dostava za nakupe nad 250 EUR brez DDV. Podrobni prodajni pogoji in izdelki so vam na vpogled na spletni strani www.landefeld.si.

Vse blagovne znamke so last njihovih lastnikov.



Čistoča, osnova zanesljivosti delovanja hidravličnih naprav

Standard DIN 51524-3 priporoča čistočo hidravličnega olja pri dobavi v razredu 21/19/16. V resnici pa največkrat olje ni tako čisto. Standardno umazano olje ima v praksi lahko usodne posledice za hidravlične sestavine. Ni torej čudno, da je po statistiki okoli 70% vseh zastojev in okvar pri hidravličnih napravah posledica umazanije.

Trdni delci nečistoče niso za podcenjevanje pri analizah zanesljivosti delovanja hidravličnih naprav. Seveda se moramo najprej vprašati od kod nečistoča in ali jo lahko preprečimo. Viri onesnaževanja so različni. Najprej gre za onesnaženo olje z delci, ki se vnesejo pri njegovi proizvodnji, transportu in skladiščenju. Drugi pomembni vzrok onesnaževanja so sestavine naprave v katerih se kljub čiščenju, izpiranju in izpihovanju še vedno zadržijo trdni delci obdelave, pa tudi transporta in skladiščenja. Poleg teh »vgrajenih« delcev pa pri delovanju naprave prihaja do dodatnega prodora umazanije skozi netesne tesnilne spoje, pri površnem ravnanju z oljem pri polnjenju rezervoarjev ter eventualni naknadni vgradnji defektnih ali umazanih sestavin. Seveda pa je med najpomembnejšimi viri onesnaževanja obraba sestavnih delov pri rednem obratovanju naprave.

Ne smemo pa zanemariti tudi veliko nevarnost onesnaženja pri dodajanju ali zamenjavi polnitve z napačnim oljem.

Vsi trdni delci pa seveda ne predstavljajo enako nevarnost za zanesljivo delovanje naprave. Upoštevati je potrebno, da bolj trdni delci povzročajo tudi večjo nevarnost abrazivne obrabe. Delci barvnih kovin, kot so bron, med, aluminij ipd. pa imajo tudi višje katalitične potencialne kot jekleni delci. Manjši delci, zaradi njihove efektivne površine, v primerjavi z večjimi kovinskimi delci imajo večji katalitski potencial poškodovanja olja. Nevarnost pojavljanja poškodb na drsnih površinah pa je večja zaradi večjih delcev. Onesnaženje z delci umazanije ima torej lahko povsem različne posledice učinkovanja na hidravlično

napravo. Povsem napačno je mnenje, da delci pod določeno velikostjo za napravo niso več nevarni. Tudi najmanjši delci lahko vodijo do zastojev in okvar. Delci lahko prodrejo samo v špranjo, ki je večja od delca. To večinoma velja. Toda če vzamemo npr. zobniško črpalko bodo med ozobja lahko prodrli delci vseh velikosti in vsi bodo povzročili obrabo.

Potrebno kakovost filtriranja hidravlične naprave zato opredeljujejo številni parametri. To so naprej delovni tlak, obratovalna temperatura in splošni pogoji obratovanja. Različni stroji delujejo v različnih razmerah, pri tem pa je potrebno upoštevati tudi strategijo vzdrževanja. Pri uporabi zelo finega filtriranja je pred njegovo vgradnjo potrebno konsultirati dobavitelja olja zaradi preverjanja filtrirnosti le-tega.

Tipične imenske vrednosti filtriranja za visokosposobne industrijske hidravlične naprave so:

- 3 do 5 μm za visokoobremenjene hidravlične sisteme, visokotlačno hidravliko
- 5 do 10 μm za industrijsko hidravliko, vključno s proporcionalno tehniko, srednjetačno hidravliko
- 10 do 20 μm za splošno hidravliko brez posebnih zahtev glede zaščite pred obrabo.

Kakovost filtriranja ponujenih hidravličnih filtrov izdelovalci določajo z tim. Multipas-testom po standardu ISO 16889, pri tem se določeno onesnažen fluid vodi kozi filter in pri tem šteje število delcev določene velikosti pred in za filtrom. Z razmerjem števila delcev se določa tim »beta-vrednost«, ki je tem večja čim več delcev filter zadrži. Velikost delcev pri kateri se doseže določena beta-vrednost definira imensko vrednost filtriranja filtriranega elementa. Absolutno čisto hidravlično olje v praksi ne obstaja. Treba se je pač pomiriti z določeno stopnjo onesnaženja. Pri določanju dopustne stopnje onesnaženja je potrebno izhajati iz potenciala okvar hidravlične naprave in s tem stroja, ki mu je namenjena. Za določitev velikosti delcev je potrebno upoštevati velikost špranj in ohlapov ležajev. Mnogokrat izdelovalci sestavin dajo napotke za izbiro razreda čistosti, ki

je potreben za njihove sestavne dele. Konstrukterji in vzdrževalci naj pri stroških življenjskega cikla naprave ne pretiravajo. Zato naj upoštevajo še nekatere vidike uporabe. Izdelovalci naprav in strojev morajo v odvisnosti dovoljenje stopnje onesnaženosti opraviti ustrezno analizo nevarnosti poškodb in okvar ter jo priložiti dobavljeni tehnični dokumentaciji. Vgrajene hidravlične sestavine morajo imeti dobro stopnjo čistosti. Naprava se sme napolniti samo z oljem predpisanega razreda čistosti. Pri vzdrževanju je potrebo upoštevati čistočo. Pri vzdrževanju olja oz njegovega dopolnjevanja se mora uporabljati samo ustrezno čista posoda. Pri spremembi obratovalnih pogojev je filtriranje potrebno prilagoditi in načrte vzdrževanja ustrezno spremeniti. Poškodovane tesnilke je potrebno takoj zamenjati. Obrabo tribološko obremenjenih sestavin je potrebno s primernimi postopki takoj reducirati na sprejemljivo mero.

Če je olje pri uporabi preobremenjeno?

Čistoča ni priporočljiva samo pri izdelavi strojev in naprav, ampak tudi vzdrževanje jo mora absolutno upoštevati. Posebno nevarno je notranje onesnaževanje pri vzdrževalnih delih na hidravlični napravi. Težki delovni pogoji in časovna stiska velikokrat povzročajo napake. V odprto hidravlično napravo se hitro vnese umazanija iz okolice. Žaganje cevi je lahko veliko nevarnost vnosa opilkov. Isto velja pri zamenjavi sestavin ter razstavljanju in sestavljanju cevovodov.

Če so klasični viri onesnaževanja odstranjeni, še dolgo niso odstranjeni drugi viri onesnaženja. Kot je že omenjeno so med temi posebno nevarne tribološke šibke točke. Najprej je treba omeniti obrabo tesnilki na gibljivih delih. Ta nevarnost je še posebno velika pri delovanju naprave v prašni okolici. Ta obraba ne nastopa trenutno, ampak je manj ali bolj časovno pogojena. Prek ko jo odkrijemo boljše je. Pri tem je na razpolago preprosta metoda vizualnega nadzora, ki lahko odkrije že prve sledi puščanja. Pravočasni vzdrževalni posegi so torej prava pot.

Mineralno onesnaženje največkrat pomeni obrabo sestavnih delov, sočasno pa tudi, da je olje preobremenjeno in da ni več sposobno tvoriti dovolj nosilnega oljnega filma. Naravna predpostavka so napravljene napake povezane s čistočo pri montažnih in zdrževalnih posegih v hidravlično napravo.

In še mnogi drugi vzroki:

Lahko vodijo k odpovedi hidravlike:

- Če kakovost olja ne ustreza zahtevanemu razredu čistosti – to lahko povzroča nevarnost adhezivne obrabe. Olje ni primerno za oblikovanje ustrezne nosilnosti filma za mazanje. Prihaja do hladnega varjenja konic hrapavosti površine. Pri rušenju zvarikov pa do sunkovitega ustvarjanja zelo abrazivnih delcev, ki poškodujejo hidravlični sistem na mestih mazanja.
- Če pri vzdrževalnih delih pride do mešanja različnih olj se lahko poslabša mazalnost oljne polnitve. Nevarnost abrazivne obrabe se lahko poveča. Rezultat je povečana obraba.
- Če kakorkoli pride do vdora vode v sistem, pride tudi do zmanjšanja mazalnosti olja in do adhezivne obrabe z že omenjenimi posledicami. Poleg tega pa še do nevarnosti korozije zaradi prisotnosti vode.
- Tudi onesnaževanje z zrakom pove-

Preglednica: priporočila razredov čistoče olja po standardu ISO 4406-1999 za značilne izvedbe hidravličnih sestavin

Priporočila čistoče hidravličnega olja po ISO 4406-1999			
Sestavina	Priporočljiv razred čistoče po ISO 4406-1999	Imenska filtriranja	stopnja
zobniška ali krilna črpalka	20/18/15	20	
Krilna črpalka s spremenljivo iztishnino	18/16/13	5	
Batna črpalka	19/17/14	10	
Krmilni ventil, sedežni	19/17/14	10	
Proporcionalni ventil	17/5/12	3	
Servoventil	16/14/12	3	
Vir: Hydac			

ča nevarnost povečanje kovinske kontaminacije. Hidravlična olja imajo pri normalnem tlaku lahko do 10% prostorninskih delov raztopljenega zraka, ki splošnem ne povzročajo posebnih težav. Če pa se preseže meja nasičenosti se pričnejo oblikovati zračni mehurčki. Pri njihovem hitrem komprimiranju lahko pride do samovžiga oljnih par. Pri tem krajevno nastopijo visoki tlak in temperatura, pride torej do tim. Dizel-efekta. Posledice so lahko krajevne. Poškodbe tesnilk, krajevno obremenitev tribološko obremenjenih kovinskih površin in močno povečano staranje olja. Vse to drastično zmanjša razpoložljivost naprave.

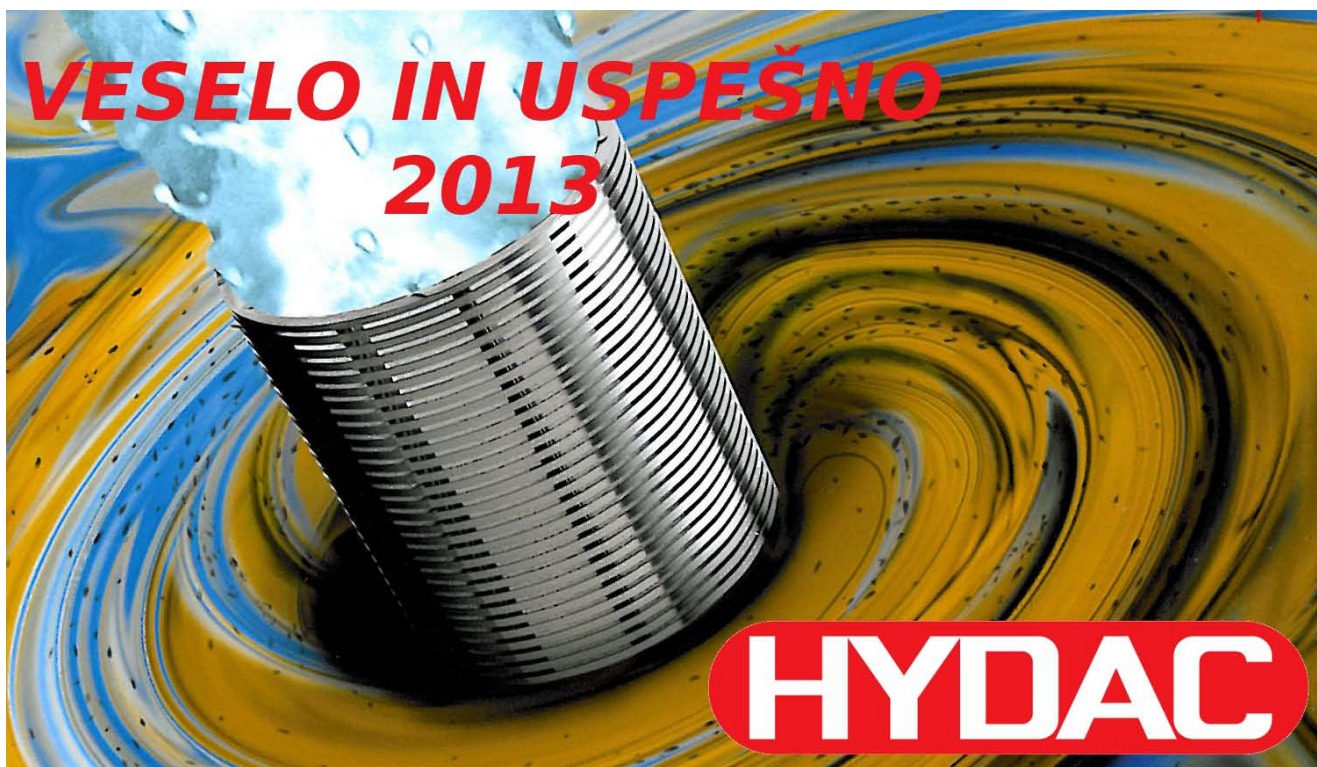
- Slabo vzdrževanje ali napačno dimenzioniranje kapacitete filtrov so lahko dodatni vzroki poškodb

sestavin. Umazanija ostane pri tem dalj časa v obtoku.

Povzetek: če onesnaženje sestavnih delov preseže kritične meje se lahko tveganje odpovedi hidravlične naprave nevarno poveča. Konstrukterji in vzdrževalci morajo nevarnosti poznati. Usodno pravilo je čistoča! To velja tako pri prvem polnjenju in zagonu hidravlične naprave kot pri vsakem vzdrževalnem posegu. Za hidravlično napravo pa ne predstavljajo nevarnost samo tujki, ki lahko prodrejo v njo. Ampak tudi produkti obrabe ter zrak in vodo v napravi je nujno potrebno upoštevati.

Vir: Winkler, H.: Oberster Grundsatz Sauberkeit – fluid 45(2012)9-str.8

Pripravil: Anton Stušek, uredništvo revije Ventil



Slovenija prevzela vodenje evropskih inženirskih zbornic

Predsednik Inženirske zbornice Slovenije (IZS) mag. Črtomir Remec je bil na generalni skupščini Evropskega sveta inženirskih zbornic (ECEC) izvoljen za predsednika za obdobje

naslednjih treh let. Na volitvah, ki so potekale v soboto na Dunaju, je mag. Remec članice prepričal s svojim preteklim delom v ECEC, s programom in predstavitenim nasto-

pom. K izvolitvi sta pripomogla tudi odlična organizacija in odmevnost Svetovnega inženirskega foruma, ki ga je Inženirska zbornica Slovenije organizirala septembra letos v Ljubljani. S tem, ko je prevzela vodenje Evropskega sveta inženirskih zbornic, Inženirska Zbornica Slovenije nadaljuje svoje aktivno delo v mednarodnih inženirskih organizacijah.



Novoizvoljeni izvršni odbor Evropskega sveta inženirskih zbornic (z leve: Gabor SZOLLOSSY, Madžarska – zakladnik, Hansjorg LETZNER, Italija – podpredsednik, Klaus THURRIEDL, Avstrija – generalni sekretar, Črtomir REMEC, Slovenija – predsednik, Hans-Ullrich KAMMEYER, Nemčija – podpredsednik, Dragoslav SUMARAC, Srbija – podpredsednik

»Evropski svet inženirskih zbornic bo pod mojim vodstvom vse svoje aktivnosti osredotočil na pošteno javno naročanje, visoke strokovne standarde, trajnostno gradnjo in zeleno gospodarstvo ter učinkovito informiranje in komuniciranje s člani in javnostmi,« je po izvolitvi v zahvali povedal mag. Remec.

Več informacij: mag. Barbara Škraba Flis, generalna sekretarka IZS, 01 547 33 40, izs@izs.si

www.izs.si

Za montažo cevni priključkov

Podjetje *Schwer Fittings* ponuja novo vrsto izdelkov kot pomoč pri montaži cevni priključkov, poimenovano *Dodatni materiali in pomožna sredstva* (Zusatzstoffe und Hilfsmittel). Gre za tesnila navojev, ki zanesljivo tesnijo in varujejo proti odvijanju ter preprečujejo netesnost in puščanje tekočih in plinastih delovnih medijev. Zamenjujejo konopljin vlakna in PTFE-trakove enako kot trdne tesnilnike. Sestavni deli se lahko takoj po sestavljanju prilagodijo, pri tem pa sredstva dodatno zagotavljajo tudi zaščito proti koroziji. Sredstva so na voljo v praktičnih dozah s črpalko, ki omogoča tudi natančno točkasto doziranje in s tem varčno uporabo.

Dodatno je na voljo še univerzalno tesnilno sredstvo za površine in cevne vijačne spoje. Zaradi izvrstne toplotne, kemične in mehanske obstojnosti je univerzalno tesnilno sredstvo posebno primerno tudi za najbolj zahtevne tesnilne spoje.

K temu pa ponujajo še posebno sredstvo za učinkovito odstranjevanje tesnilnega sredstva in lepila, ki omogoča temeljito čiščenje površin. Čistilo zagotavlja, da so površine temeljito čiste, brez olja in masti, pred potrebnim novim nanašanjem tesnilne mase.

Posebno pršilo za iskanje netesnosti takoj pokaže tudi najmanjše puščanje z zanesljivim oblikovanjem pene. Uporabno je tudi na težko dostopnih mestih, ni vnetljivo in zato uporabno tudi na plinskih vodih in pri plinskih jeklenkah.

Varovalo vijačnih zvez varuje vijačke in matice proti odvijanju zaradi vibracij in sočasno zagotavlja tudi dobro tesnjenje. Gre za hitro anaerobno tekoče lepilo, ki se ob stiku s kovinami strdi tudi brez prisotnosti kisika.

Poseben zamaz (kit) za popravila omogoča popravila napačnih izvr-

tin, raz in poškodovanih navojev na kovinah, lesu ali plastičnih masah in je primeren za uporabo na mestu samem.

Pri dvokomponentnem visokosposobnem lepilu se mešalno razmerje uravnava samodejno in tako zagotavlja visoko udarno, natezno in zvočno trdnost. Uporablja se povsod tam, kjer konvencionalna lepila ne dosegajo zahtevane trdnosti.

Mast "Gliss" za drsenje je bela pasta, ki se uporablja za predmontažo zarezni obročkov iz nerjavnega jekla za preprečevanje mrzlega zvarjenja. Na voljo je tudi posebna mast za uporabo pri napravah za kisik.

Več informacij dobite na spletnih straneh firme *Schwer Fittings* www.vfmz.net/po3084.

Po O + P 56 (2012) 9 – str. 38
A. Stušek

Najsodobnejši tiskalnik črtne kode – ZEBRA ZE 500

Potrebujete izredno **hiter in kakovosten tisk velikega števila etiket?**

Delujete v **industrijskem okolju?**

Ali morate vsak dan **zagotoviti veliko etiket?**

Želite tiskalniški mehanizem **vgraditi v svoj OEM?**

Se ukvarjate z **množičnim označevanjem** ali **obsežno distribucijo blaga?**



Tiskalnika ZE 500 4 in ZE 500 6

Če ste vsaj na tri vprašanja odgovorili pritrdilno, je serija tiskalnikov Zebra ZE 500 pravšnja za vas. Na voljo je v dveh različicah, ki se med seboj razlikujeta po širini tiska (ZE 500 4 omogoča tisk do širine 104 mm, ZE 500 6 pa do 168 mm) in hitrosti tiska oz. ločljivosti: 305 mm/s pri ločljivosti 8 pik/mm (203 dpi) oz. 254 mm/s pri ločljivosti 12 pik / mm (300 dpi). Dodatna prednost: vrtljiv LCD-prikazovalnik, opcijsko tudi snemljiv za lažjo vgradnjo v aplikatorje in druge OEM-naprave.

Vgrajeni tiskalniški mehanizem pred vplivi okolja štiti povsem kovinski okrov brez ventilatorja, kar kaže, da je pripravljen na tisk v ritmu 24/7 in v najtežjih industrijskih pogojih ter

temperaturnem območju med 0 °C in +40 °C. Zato ga priporočamo še posebno pri označevanju izdelkov, blaga, palet, kartonov ali paketov.

Kje se uporablja? V množični proizvodnji, distribucijskih centrih ter logistiki za operacije, kot so na primer »cross docking« – direktno pretovarjanje brez vmesnega skladiščenja.

ZE 500 tiska na neskončni trak, etikete z razmikom ali oznako. Dolžina tiskalnega traku oz. folije je do 600 m, zunanji premer koluta folije pa sega do 101,6 mm pri debelini jedra 25,4 mm.

Integracija ZE 500 je enostavna, njegovo delo pa nadzirano. Široke možnosti povezovanja: USB, paralelni

Centronics, serijski RS-232, vgrajeni ethernet ZebraNet 10/100, DB-15F za priklop aplikatorja nalepke, opcijski ZebraNet b/g tiskalniški strežnik.

Povpraševanja in naročila sporočite na leoss@leoss.si ali na telefon (01) 530 90 20. Za vse izdelke iz kataloga LEOSS zagotavlja celovito podporo in pomoč kot tudi vzdrževanje v lastnem servisu. Potrebujete nalepke, všivne etikete, obeske ali folije za Zebra ZE 500? Preverite LEOSS-ovo ponudbo na (01) 530 90 22 in (01) 530 90 24.

Vir: LEOSS, d. o. o., Dunajska c. 106, 1000 Ljubljana, tel.: 01 530 90 20, faks: 01 530 90 40, internet: www.leoss.si, e-mail: leoss@leoss.si, g. Gašper Lukšič

HAWE Hydraulik med 50 najboljšimi na Bavarskem

Münchensko podjetje *HAWE Hydraulik SE*, s svojim hčerinskim podjetjem dejavno prisotno tudi na našem trgu, je v začetku julija prejelo prestižno nagrado *Bayerns Best 50* (Bavarskih 50 najboljših), ki jo podeljuje bavarsko državno ministrstvo za gospodarstvo, infrastrukturo, promet in tehnologijo. Družinsko podjetje se je prvič prijavilo na razpis. Nagrado podeljujejo srednje velikim podjetjem, ki so v preteklih

petih letih pomembno povečala promet in število zaposlenih. Na razpis se je prijavilo preko 200 podjetij različnih velikosti in z različnih področij gospodarstva. Predpostavke natečaja so bile, da so prijavljena podjetja tudi v letih 2010 in 2011 imela rast prometa in števila zaposlenih in da tudi po načrtih za leto 2012 pričakujejo nadaljnjo pozitivno rast. 50 najboljših je izbranih na temelju kriterija po »Birchu«. HAWE

je od 2007 do 2011 imel porast prometa od 240 milijonov na 310 milijonov evrov. Število zaposlenih pa je od 1800 poraslo na 2100. Večina zaposlenih je v različnih krajih Bavarske. V mestu Kaufbeuren v Allgäu bo do leta 2014 nastal večji obrat podjetja, kjer bodo ustvarjena tudi številna nova delovna mesta.

Po O + P 56(2012)9 – str. 8
A. Stuček

Raziskava trajnosti in vzdržljivosti hidravličnega valja

Franc MAJDIČ, Maks PLESEC

Povzetek: Izdelovalci mobilno-hidravličnih naprav zahtevajo od svojih dobaviteljev preverjene izdelke. V primeru hidravličnih valjev so te zahteve zelo ostre, ko gre za uporabo v mobilni hidravliki. Prispevek prikazuje zahteve glede trajnosti in vzdržljivosti hidravličnega valja svetovno uveljavljenega izdelovalci strojev s področja mobilne hidravlike, preizkušani hidravlični valj in uporabljena tesnila, preizkuševališče ter rezultate preizkušanj. Čeprav na tem področju obstaja več standardov, se ti v praksi vedno ne uporabljajo. Standardi namreč predpisujejo področja testiranja, ki pa se velikokrat razlikujejo od dejanskih razmer pri uporabi posameznih hidravličnih valjev. Rezultati prvega testa kažejo na nujnost uporabe poli-tetrafluor-etilenskih tesnil in nizke reže med batom in cevjo hidravličnega valja. Rezultati drugega visokotlačnega testa nam povedo, da je potrebno paziti pri zasnovi bata glede zarezne učinka. Tretji in četrti test vzdržljivosti navojnih zvez in celotne nosilne konstrukcije hidravličnega valja sta že s prvim poskusom zadovoljila zahtevam naročnika. Rezultati izvedenih testov hidravličnega valja kažejo na to, da je za uporabo hidravličnih valjev v mobilni hidravliki potrebno te skrbno zasnovati in izdelati. Vsaka napaka oz. odstopanje pomeni okvaro, drage zastoje ter reklamacije.

Ključne besede: diferencialni hidravlični valj, konstrukcija, mineralno hidravlično olje, tesnila, preizkuševališče, puščanje, deformacija

1 Uvod

V pogonsko-krmilni hidravliki pretvarjamo tlačno hidravlično energijo v mehansko delo s translatorskim ali mehanskim gibanjem. Hidravlične valje (HV) uporabljamo v številnih vejah tehnike. Velik uporabnik HV je strojogradnja v najširšem pomenu besede. Stroje, v katerih so nameščeni HV, uporabljamo v mnogih panogah, na primer v proizvodnji strojev in naprav, rudarstvu, kmetijstvu, gozdarstvu, gradbeništvu, prometu, energetiki itd.

Hidravlične valje lahko delimo na enostransko in dvostransko delujoče. Pri enostransko delujočih deluje

hidravlična kapljevina pod tlakom vedno le na eno stran bata in daje silo le v eni smeri. Povratni gib se doseže največkrat z delovanjem teže ali pa z delovanjem sile vzmeti. Pri dvostransko delujočih HV pa kapljevina pod tlakom deluje na eno ali na drugo stran bata in s tem dosežemo delovanje sile v eno ali v drugo smer. Smer delovanja sile in s tem tudi smer gibanja bata običajno izbiramo s krmilnim potnim ventilom. Glede na konstrukcijsko zasnovo pa hidravlične valje lahko delimo na enostransko delujoče HV, teleskopske HV, diferencialne HV in HV z obojestransko batnico. Pri diferencialnih HV je potrebno upoštevati, da je zaradi različnih delovnih površin tudi sila za eno in drugo smer različna, tudi ob enakih tlakih. Različna je tudi hitrost pomika pri enakem vstopnem pretoku hidravlične kapljevine. Načinov pritrditve hidravličnih valjev na konstrukcijo je zelo veliko. Vedno je potrebno izbrati tak način vpetja hidravličnega valja, da

je izključeno delovanje stranskih sil na batnico. Sile morajo vedno delovati na hidravlični valj v osi hidravličnega valja oziroma vzdolž batnice. Hidravlične valje običajno označujemo na sledeč način: premer bata (ΦD) / premer batnice (d) x dolžina giba (h).

Na področju tesnil za hidravlične valje obstaja serija dobro uveljavljenih ISO standardov [1]. Standardi pokrivajo glavne oblike tesnil, posnemajo in vodilnih obročev, ki se pogosto uporabljajo znotraj hidravličnih valjev. S standardi so določeni tudi testi ustreznosti materialnega para tesnila in drsne površine. Za tesnila hidravličnih valjev obstajajo trije standardi. Prvi, ISO 5597, pokriva področje dimenzij in toleranc za ohišje bata in prirobnice batnice. Drugi, ISO 6547, določa dimenzije in tolerance bata s tesnilom, ki ima vgrajen vodilni obroč. Tretji, ISO 7425, pa je namenjen področju plastičnih tesnil z elastomernimi podpornimi obroči za tesnjenje

Dr. Franc Majdič, univ. dipl. inž.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta
za strojništvo
Maks Plesec, inž., MAPRO, d. o.
o., Žiri

bata in batnice hidravličnega valja. Za posnemala batnic se uporablja uveljavljen standard ISO 6195. Tu so določene dimenzije utorov za štiri najbolj razširjene vrste posnemal. ISO 10766 pa se uporablja za dimenzioniranje vodilnih obročev bata in batnice hidravličnega valja. Postopek preverjanja skladnosti tesnil z uporabljenimi hidravličnimi kapljevino določa standard ISO 6072. Standardne metode preizkusa zmogljivosti tesnil za recipročno gibanje, kot je to pri hidravličnih valjih, pa natančno predpisuje standard ISO 7986. Ta standard pa se ne uporablja zelo množično [1], ker predpisuje določene tlake in hitrosti, ki pa niso vedno podobni dejanskim parametrom uporabe posameznih tesnil. Večji kupci običajno zahtevajo od izdelovalcev tesnil teste pri tistih tlakih in hitrostih, pri katerih bo posamezno tesnilo obratovalo.

Vezano na povpraševanje enega izmed svetovno znanih proizvajalcev kmetijske, vrtnarske in gradbene mehanizacije smo izvedli teste vzdržljivosti hidravličnega valja enega od slovenskih podjetji. Ta slovenski izdelovalec hidravličnih valjev, ponudnik na prej omenjeno povpraševanje, podobnih vzdržljivostnih testov hidravličnih valjev še ni izvajal. Poleg osnovnih dimenzijskih zahtev je kupec hidravličnih valjev zahteval še posebno zaščitno barvo, ustrezno trdoto batnice, široko temperaturno področje, skladnost z določeno hidravlično kapljevino, zapirne čepe, določena navodila za sestavo hidravličnega valja, ustrezen postopek in izvedbo pakiranja hidravličnega valja in zahtevane dokumentacije za priporočeni moment privijanja matice bata in prirobnice s posnemalom, tesnilom in vodilom batnice. Naročnik je poleg prej omenjenega zahteval še pet različnih trajnostnih oz. vzdržljivostnih testov hidravličnega valja. Prispevek opisuje zahteve naročnika in nekatere rezultate izvedenih testov hidravličnega valja.

2 Zahteve naročnika

V tem poglavju so predstavljene ključne zahteve naročnika za izvedbo trajnostno-vzdržljivostnih testov na hidravličnem valju, ki je bil pred-

met ponudbe. Pozitivno izvedbo teste so bili pogoj za sklenitev naročila.

1. Prvi test tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Po 300 km gibanja batnice hidravličnega valja pri tlaku 250 bar, visoki temperaturi hidravlične kapljevine, 80 do 100 °C, in hitrosti pomika batnice 0,4 m/s puščanje tesnil batnice ne sme presegati 0,2 cm³ v 100 m dodatnega (po izvedenem testu) opravljenega giba batnice po končanju testa, notranje puščanje skozi tesnila bata pa ne sme preseči vrednosti 0,33 cm³/min.

2. Visokotlačni test vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Po 10.000 ciklih recipročnega gibanja batnice pri tlaku 600 bar, pri sobni temperaturi hidravlične kapljevine in pri hitrosti gibanja batnice 20 do 40 mm/s, 2 s pod tlakom in potem 2 s razbremenjeno, puščanje tesnil batnice ne sme preseči 0,2 cm³/100 m giba, na batu pa mora biti manjše od 0,33 cm³/min.

3. Tlačnovzdržljivostni test

Batnico hidravličnega valja je potrebno fiksno držati 20 mm pred popolnoma izvlečenim stanjem. Izmenično, v dolžini trajanja 1 sekunde, je potrebno tlačno obremenjevati enkrat stran bata in drugič stran batnice s tlakom 353 bar. Potrebno je izvesti 30.000 obremenitvenih ciklov. Zahteve kupca po končanem tretjem testu: vsi sestavni deli HV morajo ostati nedeformirani, matica na batu se

ne sme razrahljati oz. odviti, zunanje puščanje tesnil batnice pa ne sme biti opazno.

4. Vzdržljivostni test HV na zunanjo silo

Na uho batnice naj pri popolnoma izvlečeni poziciji hidravličnega valja deluje zunanja, natezna sila. Vlečna sila mora biti enaka sili bata pri tlaku 353 bar (kar je dvakratni najvišji delovni tlak), traja naj 1 s in 1s naj bo razbremenjeno. Tak cikel je potrebno ponoviti 30.000 krat. Zahteve kupca po končanem četrtem testu: vsi sestavni deli HV morajo ostati nedeformirani, matica na batu in prirobnica se ne smeta razrahljati oz. odviti, zunanje puščanje tesnil batnice pa ne sme biti opazno.

Po dogovoru s kupcem smo za vsakega od štirih predstavljenih testov uporabili nov hidravlični valj.

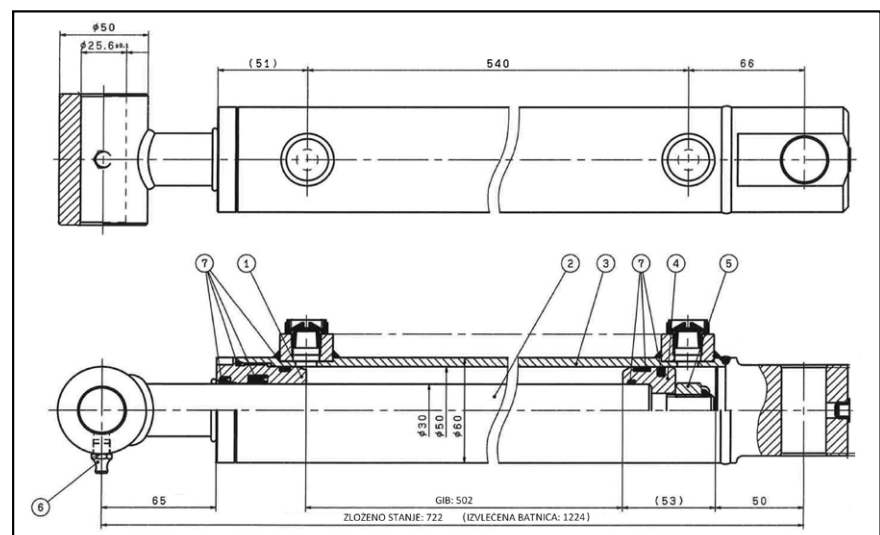
3 Testirani hidravlični valj

3.1 Konstrukcija hidravličnega valja

Predmet preizkušanja je bil dokaj preprost: diferencialni hidravlični valj Φ 50/30 x 502 (slika 1), sestavljen iz navojne prirobnice (poz. 1), batnice (poz. 2), cevi (poz. 3), bata (poz. 4), matice (poz. 5), mazalke (poz. 6) in tesnil, posnemal in vodilnih obročev (poz. 7).

3.2 Uporabljena tesnila

Poznamo več vrst tesnil hidravličnih valjev. Med seboj se razlikujejo po



Slika1. Osnovne dimenzijske zahteve stranke za HV Ø50/30 x 502

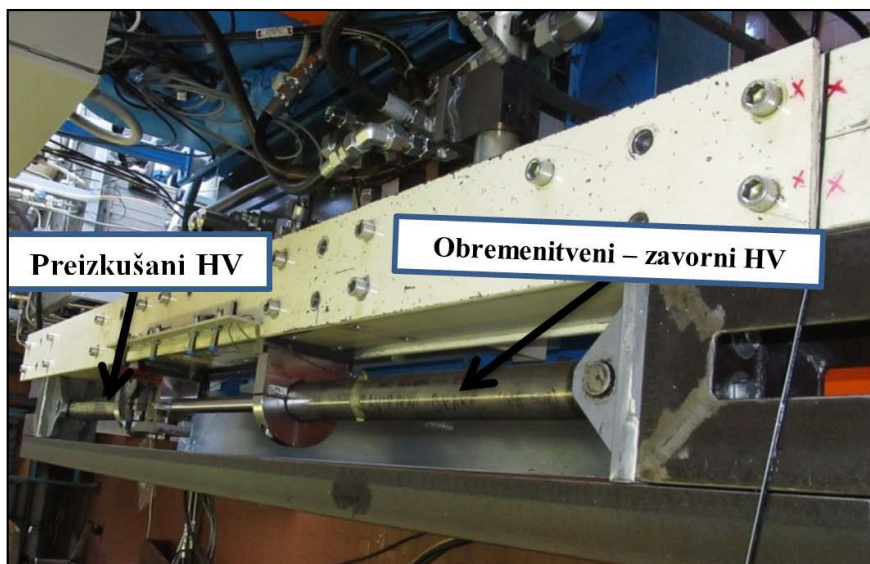
obliki in materialu, glede na način vgradnje, temperaturno območje, uporabljeno hidravlično kapljevino, tlak in hitrosti (relativne) gibanja. Hidravlična tesnila so pomembna za zmanjševanje izgube kapljevine v hidravličnih delih, zato imajo velik vpliv na izkoristek hidravličnih naprav [2]. Odločili smo se testirati vzdržljivost dveh različnih tesnil. Prvo tesnilo je bilo poliuretansko (TPU) s podpornim O-obročem iz materiala NBR. Dopustni tlaki za prvo tesnilo so 400 bar, priporočene drsne hitrosti do 0,5 m/s in dopustno delovno temperaturno področje med -30 in $+100$ °C [3]. Drugo tesnilo pa je bilo poli-tetrafluor-etilensko s podpornim obročem iz materiala NBR. Dopustni tlaki za poli-tetrafluor-etilensko tesnilo so 600 bar, priporočene drsne hitrosti do 15 m/s in dopustno delovno temperaturno področje med -30 in $+130$ °C [3].

■ 4 Eksperimentalni del raziskav

Vse zahteve, ki jih je podal kupec, so zapisane v poglavju 2. Razvidno je, da so to le grobe zahteve, na podlagi katerih smo mi izdelali štiri različna preizkuševališča. Vsak od štirih testov ima določene parametre preizkušanja, tako so tudi preizkuševališča med seboj različna. Med bolj zahtevnimi sta prvo in drugo preizkuševališče.

4.1 Preizkuševališče in potek prvega testa tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja

Izvedba testa v dolžini 300 km opravljene dolžine gibov batnice s povprečno hitrostjo 0,4 m/s, pod tlakom 250 bar, pri temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C je bila tehnično in časovno zahtevna. Batnico preizkušane valja (slika 2) smo obremenjevali z batnico nasproti pozicioniranega zaviralnega hidravličnega valja. Test smo zaradi predčasnih odpovedi tesnil večkrat ponovili.

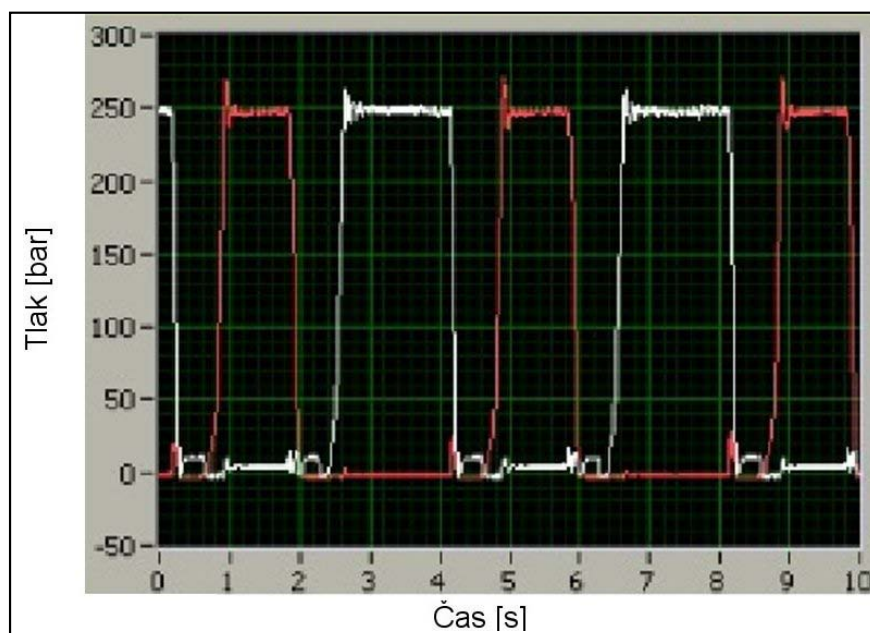


Slika 2. Fotografija preizkuševališča za izvedbo prvega testa tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja pri tlaku 250 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C in hitrosti batnice 0,4 m/s

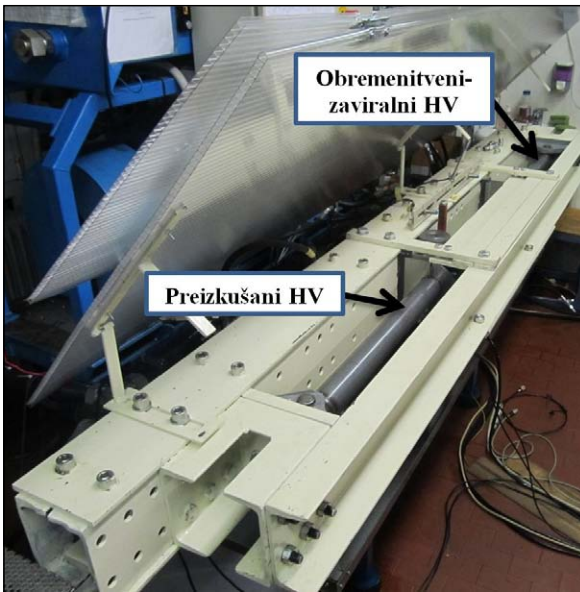
Med gibanjem batnice testiranega hidravličnega valja (HV) ven iz cevi (izvlačenjem) je bil tlak 250 bar na A-priključku HV (slika 3, rdeča krivulja), tlak na B-priključku HV pa je bil v tem času približno 1 bar. (slika 3, bela krivulja). Ko je batnica testiranega HV dosegla skrajno lego, se je potni ventil samodejno prekrmilil in batnica je začela gibati nazaj v cev (uvlačiti). Takrat je narastel tlak na B-priključku HV na 250 bar, tlak na A-priključku HV pa je bil v tem času približno 1 bar. Tako se je testiranje samodejno nadaljevalo vse do skupno opravljene poti 300 km.

4.2 Preizkuševališče in potek visokotlačnega testa vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja

Drugi, visokotlačni, test pri tlaku 600 bar je zahteval popolnoma drugačno sestavo hidravličnega krmilja (slika 4). Zahtevana povprečna (relativna) hitrost gibanja batnice je bila v tem primeru 0,03 m/s, temperatura hidravlične kapljevine pa je bila 30 °C. Zaradi visokega tlaka se je dopustna uklonska dolžina batnice skrajšala,



Slika 3. Izmerjene spremembe tlakov po času na A- in B-priključku testiranega hidravličnega valja med izvajanjem prvega testa

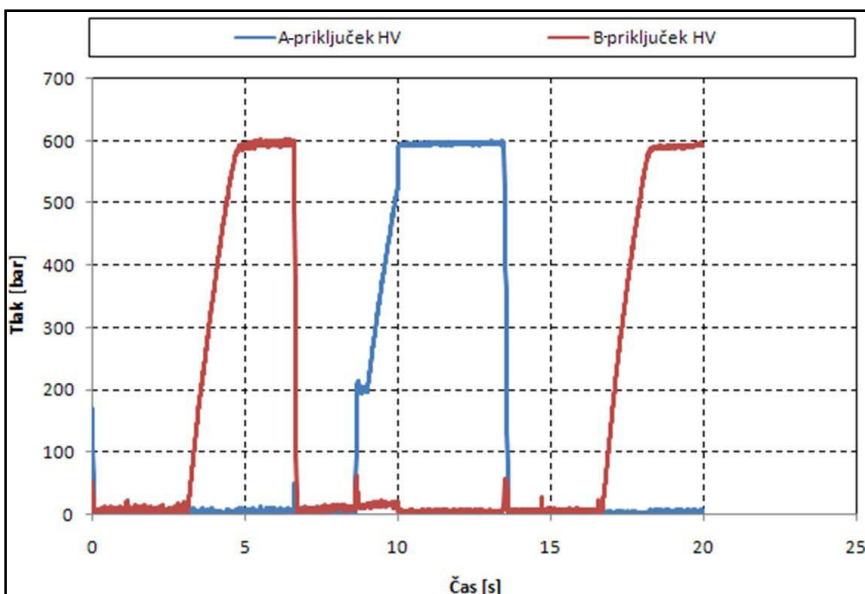


Slika 4. Fotografija preizkuševališča za izvedbo visokotlačnega testa vzdržljivosti tesnil na batu in batnici testiranega hidravličnega valja pri tlaku 600 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in povprečni hitrosti batnice 0,03 m/s

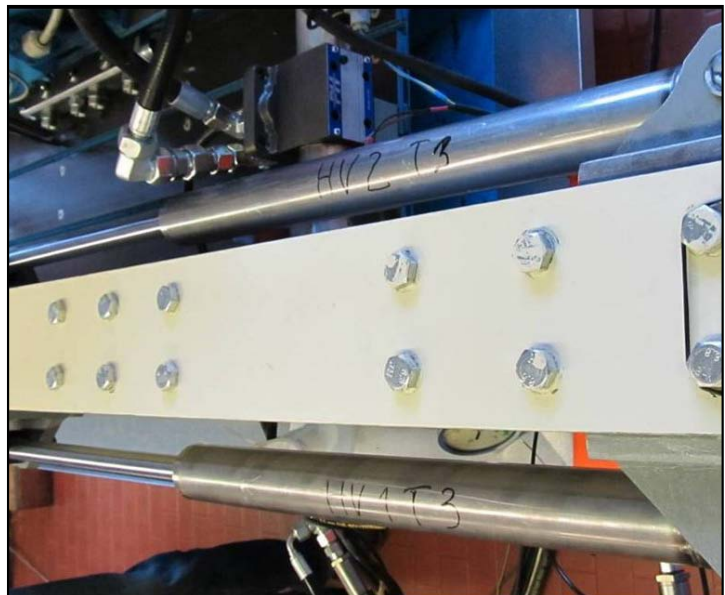
zato smo izvedli dodatno vodenje batnic. Obe batnici, preizkušane in zavornega HV sta bili med testom približno polovično izvlečeni. Dolžina giba batnice je bila približno 60 mm naprej in toliko tudi nazaj (okoli sredinske lege). Skupno je bilo potrebno izvesti 10.000 ciklov. Med določenim številom opravljenih ciklov smo merili puščanje tesnil bata in batnice. Zaradi večje varnosti je bila izdelana tudi posebna zaščita. Slika 5 prikazuje potek tlakov med izvajanjem visokotlačnega testa. Tlak 600 bar se je preko

samodejnega prekrmiljenja potnega ventila izmenično izmenjeval med A- in B-priključkom HV. Zaradi visokega testiranega tlaka je na hitrost porasta tlaka izrazito vplivala deformabilnost gibkih in jeklenih cevi ter stisljivost hidravlične kapljevine. Čas porasta tlaka od 0 bar do 600 bar je bil v povprečju okoli 2 s.

4.3 Preizkuševališče in potek tlačnovzdržljivostnega testa



Slika 5. Izmerjene spremembe tlakov po času na A- in B-priključku testiranega hidravličnega valja med izvajanjem visokotlačnega testa

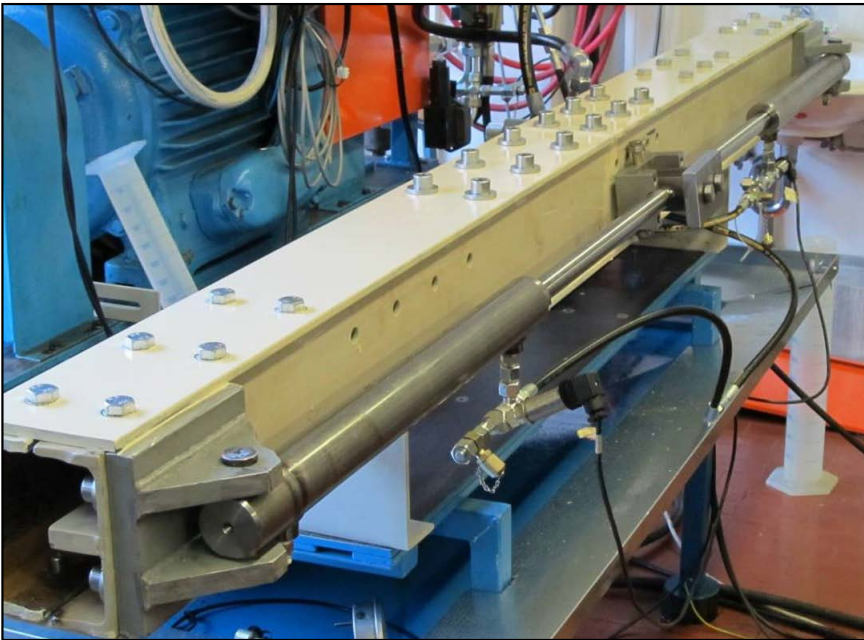


Slika 6. Fotografija preizkuševališča za izvedbo tlačnovzdržljivostnega testa z vzporedno testiranimi dvema hidravličnima valjema pri tlaku 353 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in fiksirani batnici 20 mm pred popolnoma izvlečenim stanjem

Tretji zaporedni test oz. tlačnovzdržljivostni test je enostavnejši. Tu smo na sredinski nosilec z dveh strani pritrdili po en hidravlični valj (HV) (slika 6). Obe pritrdilni ušesi posameznega HV sta preko vijačne zveze togo pritrdjeni na sredinski nosilec. Batnica HV je preko ušesa fiksno pritrdjena na sredinski togi nosilec tako, da je za 20 mm odmaknjena od krajne izvlečene lege. Tlak 353 bar smo izmenično, s frekvenco 0,5 Hz, dovajali do A- oz. B-priključka HV. Tako smo izvedli 30.000 ciklov.

4.4 Preizkuševališče in potek vzdržljivostnega testa HV na zunanjo silo

V zadnjem primeru smo hidravlična valja vpeli enega proti drugemu (podobno kot pri prvem in drugem preizkuševališču). Batnici sta bili mehansko povezani med seboj (slika 7). Priključka na strani batnic sta bila izmenično obremenjena s frekvenco 0,5 Hz/s spreminjanjem tlaka od 0 do 353 bar, medtem ko sta bila priključka obeh HV na strani batov vseskozi razbremenjena. S tem smo izmenično raztegovali HV in testirali vzdržljivost prvitih delov in deformabilnost bata, prirobnice in pritrdilnih ušes.



Slika 7. Fotografija preizkuševališča za izvedbo vzdržljivostnega testa dveh HV z zunanjo silo pri tlaku 353 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 30 °C in popolnoma izvlečeni batnici HV



Slika 9. Izrabljeno in pretrgano poliuretansko tesnilo bata, drsni obroč brez deformacij že po 12 km dolžine opravljenih gibov batnice (konfiguracija št. 1)



Slika 10. Strgano in izrabljeno poli-tetrafluor-etilensko tesnilo na batu testiranega HV po demontaži, po 37,4 km opravljeni poti (konfiguracija št. 3)

■ 5 Rezultati testov hidravličnega valja

5.1 Prvi test tlačne vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

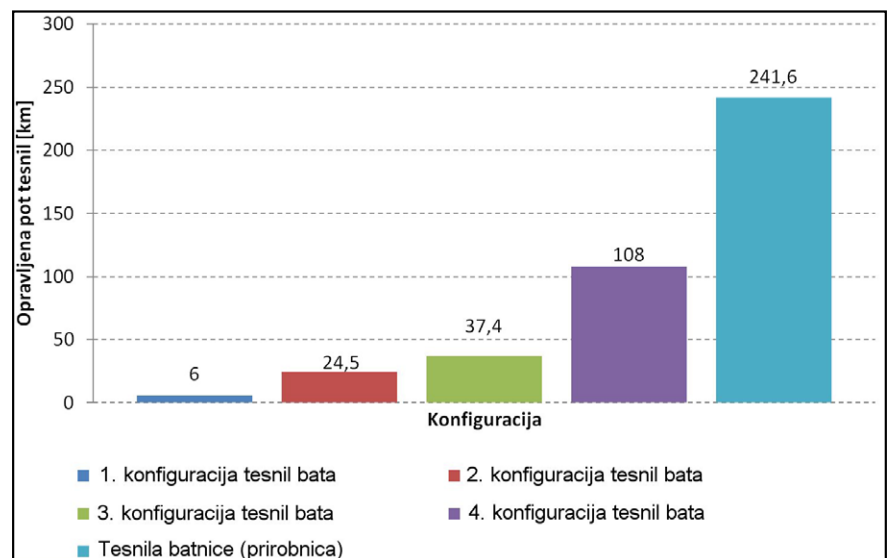
Pri prvem testu smo raziskovali vpliv različnih tesnil, hrapavosti cevi, različnih rež med batom in notranjim premerom cevi HV ter vpliv različnih materialov batov.

Najdaljše opravljene poti posamezne konfiguracije tesnila in bata testiranega hidravličnega valja (HV) so prikazane na sliki 8. Posamezen stolpec prikazuje najdaljšo opravljeno pot tesnila v HV od njihove vgradnje do zamenjave zaradi okvare. Na hidravličnem valju smo med preizkušanjem pri konfiguraciji št. 1 zamenjali dva kompleta poliuretanskih tesnil (slika 9), pri konfiguraciji št. 2 smo zamenjali dva kompleta poli-tetrafluor-etilenskih tesnil, pri konfiguraciji št. 3 smo zamenjali tri komplete poli-tetrafluor-etilenskih tesnil (slika 10), pri konfiguraciji št. 4 v kombinaciji z batom iz sive litine pa nam je poli-tetrafluor-etilensko tesnilo zdržalo najdlje, tj. 108 km. Tesnila v prirobnici na strani batnice HV pa so zdržala celotno pot prvega preizkušanja, ki je bila 241,6 km.

Pri prvem testu je bilo ugotovljeno, da na trajnost tesnila bata izrazito vplivajo material in oblika tesnila, kvaliteta drsne površine, sunkovitost preklapljanja potnega ventila ter reža med batom in cevjo. Ko smo pri tretji konfiguraciji uvedli mehkejšo vklapljanje in izklapljanje ventila, smo podaljšali uporabnost tesnila bata za 13 km oz. 50 %. Znatno smo povečali trajnost tesnila z zmanjšanjem višine reže med batom in cevjo HV. Pri nižini reži med batom in cevjo je tesnilo po 108 opravljenih

kilometrih poti ostalo nepoškodovano in je še vedno popolnoma tesnilo. Test pa smo po naročilu kupca na tem mestu ustavili.

Izmerjeno puščanje batnih tesnil HV je bilo sprejemljivo le pri konfigu-



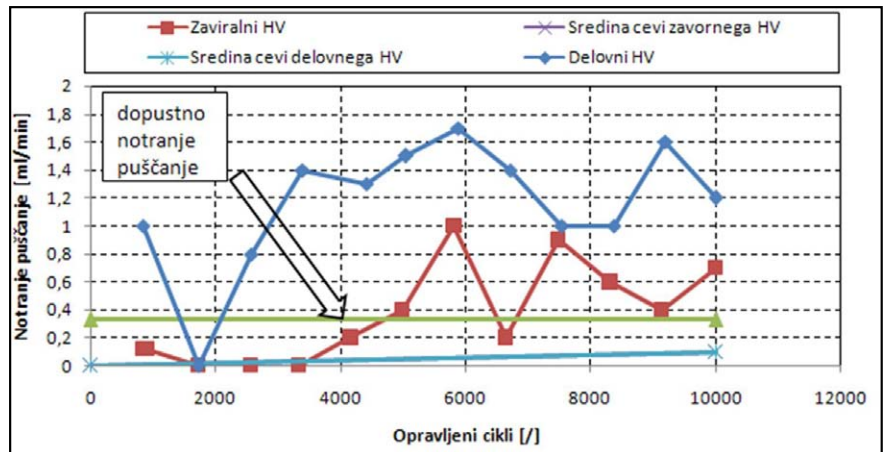
Slika 8. Najdaljše dolžine opravljenega giba batnice različnih konfiguracij tesnil HV pri prvem testu, pri tlaku 250 bar, temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C in hitrosti gibanja batnice 0,4 m/s

raciji št. 4 z batom iz sive litine pri znižani višini reže bata v cevi. Po 108 km opravljene poti batnice pri temperaturi hidravlične kapljavine 30 °C je puščanje tesnil bata HV znašalo le 1 kapljico/min.

5.2 Drugi, visokotlačni test vzdržljivosti tesnil na batu in batnici

Glede na to, da v zahtevah kupca ni bilo določeno, v kateri poziciji in pod kakšnim tlakom naj se izvajajo meritve notranjega puščanja, smo te izvajali pri temperaturi 40 °C in pri tlaku 250 bar. Batnica hidravličnega valja je bila med meritvijo vedno v popolnoma notranjem položaju (krajno uvlečen položaj). Meritve so se izvajale vsake 3 testne ure, kar pomeni vsakih 830 delovnih ciklov. Po opravljenih 10.000 delovnih ciklih pa smo izvedli še dodatne meritve, v katerih je bila batnica odmaknjena od popolnoma zložene lege za 110 mm in 220 mm (delovno področje med testom). Rezultati meritev puščanja tesnil bata v odvisnosti od lege bata so prikazani na *sliki 11*. Pri delovnem oz. testiranem HV smo uporabili znotraj brušeno cev, za zaviralni HV pa je bila uporabljena znotraj honana cev, v obeh primerih je šlo za brezšivno cev.

Kmalu po začetku visokotlačnega testa se je pojavila poškodba bata HV (*slika 12*). Razlog za to sta bila napaka v materialu in prevelik rezni učinek. Bat smo nato rekonstruirali in ponovno trdnostno preračunali. Nova, modificirana izvedba bata je vzdržala celoten visokotlačni test (*slika 13*).



Slika 11. Notranje puščanje v odvisnosti od položaja bata in števila ciklov

5.3 Tlačnovzdržljivostni test

Po končanju tretjega testa smo preverili, če sta oba testirana hidravlična valja prestala test brez trajnih deformacij sestavnih delov ter ugotovili sledeče:

- Med testom ni bilo zaznanega puščanja hidravlične kapljavine iz HV.
- Matica, ki pritruje bat na batnico, se pri nobenem od HV ni odvila.
- Na nobenem od obeh hidravličnih valjev ni bilo opaznih trajnih deformacij
- Dodatno smo preverjali še zadostno pritvite prirobnice v cev hidravličnega valja. Kontrolo smo izvedli pri obeh hidravličnih valjih in ugotovili, da sta obe prirobnici ostali priviti z enakim momentom, kot smo ju privili pred začetkom testa.

Zaključimo lahko, da sta oba testirana HV prestala tretji test, kot je zahteval naročnik.

5.4 Vzdržljivostni test hidravličnega valja na zunanjo silo

- Test je potekal brez posebnosti, poškodb tesnil oziroma ostalih sestavnih delov HV ni bilo opaziti.
- Matica, s katero je pritrjen bat na batnico, se ni odvila na nobenem od HV.
- Na batnici in batu pa ni bilo opaznih nobenih trajnih deformacij.
- Tudi pri tem testu smo dodatno preverjali pritvite prirobnice v cev, ki je bila še vedno privita z enakim momentom, kot smo jo privili pred začetkom testa.
- Poškodb pritrdilnih ušes (povečanja izvrtine Φ 25,6) nismo zaznali.

Zaključimo lahko, da sta oba testirana HV prestala četrti test, kot je zahteval naročnik.



Slika 12. Poškodba bata na testiranem HV pri tlaku 600 bar



Slika 13. Modificirani bat, ki je prestal celotni visokotlačni test

6 Zaključki

Pri prvem testu smo raziskali vplive dveh različnih materialov in oblik tesnil, različnih načinov preklapljanja potnega ventila, dveh različnih drsnih površin ter dveh različnih višin centričnih rež med batom in cevjo. Ugotovili smo, da je primernejša uporaba batnega tesnila iz poli-tetrafluor-etilena. Postopno (t. i. mehko) vklapljanje oz. izklapljanje krmilnega potnega ventila, uporaba honane cevi in nizka reža med batom in cevjo lahko zadostijo zahtevam kupca po 300 km opravljeni poti batnice HV, obremenjene s tlakom 250 bar, pri temperaturi hidravlične kapljevine 85 °C in hitrosti 0,4 m/s. Tesnila batnice so brez težav opravljala svojo funkcijo skozi celotni test. Predvsem gre to pripisati ustrezni nizki hrapavosti in trdoti površine batnice, ki je bila trdokromana. Druga prednost tesnil batnice pa je tudi v enostranskem obremenjevanju tesnil.

Pri drugem, visokotlačnem, testu sta oba hidravlična valja prestala 10.000 ciklov pod preizkusnim tlakom 600 bar. Rezultati testa obeh hidravličnih valjev ob upoštevanju puščanja tesnil bata v sredini giba batnice izpolnjujejo zahteve naročnika. Meri-

tve notranjega puščanja tesnil bata v končni legi batnice (batnica popolnoma uvlečena v cev) so problematične zaradi očitne deformacije cevi HV po varjenju končnega priključka in dna HV na cev.

Tretji in četrti test sta potekala brez posebnosti. Tu ni bilo gibanja bata na daljše razdalje. Pri obeh testih so se na batu uporabljala poliuretanska tesnila v kombinaciji z jeklenim batom in višjo režo med batom in cevjo. Med testiranjem in po njem ni bilo zaznati puščanja tesnil na batu in prirobnici. Trajnih deformacij sestavnih delov na obeh hidravličnih valjih ni bilo.

Literatura

- [1] N. Peppiatt, B. Flitney. Interantional standards for reciprocating seals used in hydraulic applications, *Sealing Technology*, Julij 2004, str. 7–10.
- [2] M. Kühnlein, H. Murrenhoff, Rapid Parameterisation of a Sealing Friction Model for Hydraulic Cylinders; *The Eight International Conference on Fluid Power*, Dresden, Germany, 8th IFK (2012).
- [3] Aston seals, Katalog tesnil, 2012.

Durability and endurance research of hydraulic cylinder

Abstract: Manufacturers of mobile-hydraulic devices require from their suppliers verified products. In the case of hydraulic cylinders, these requirements are very sharp when it comes to use in mobile hydraulics. The paper describes the requirements from one of the world-renowned manufacturer of mobile hydraulic machines for durability and endurance of hydraulic cylinder. Paper describes tested hydraulic cylinder, used seals, test rig and test results. Despite the fact that in this area there are several standards, they do not always apply in practice. The standards lay down a field test, which is often different from the actual conditions of use of the individual hydraulic cylinders. The results of the first test show the need for the use of polytetrafluoroethylene (PTFE) seals, smooth inner cylinder-tube surface and low gap between the piston and the tube of the hydraulic cylinder. Second, high-pressure test shows us that care should be taken in the design of the piston in conjunction with notch-effect. The third and fourth test of endurance threaded connections and the entire supporting construction of hydraulic cylinder were the first to meet the customer's requirements. Results of all four tests carried out on hydraulic cylinder suggest that the use of hydraulic cylinders in mobile hydraulics required carefully design and quality manufacture. Any error or deviation means the failure, costly downtime and undesired complaints of the users.

Keywords: differential hydraulic cylinders, design, mineral hydraulic oil, seals, test rig, leakage, deformation

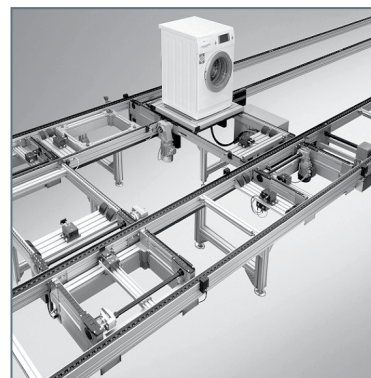
Rexroth

ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL
automation

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

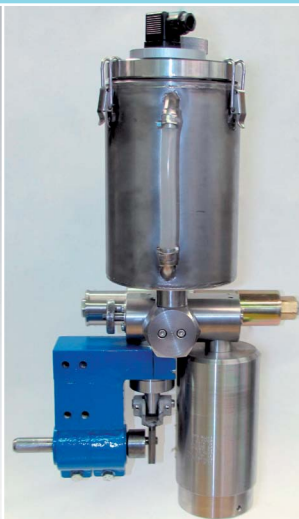
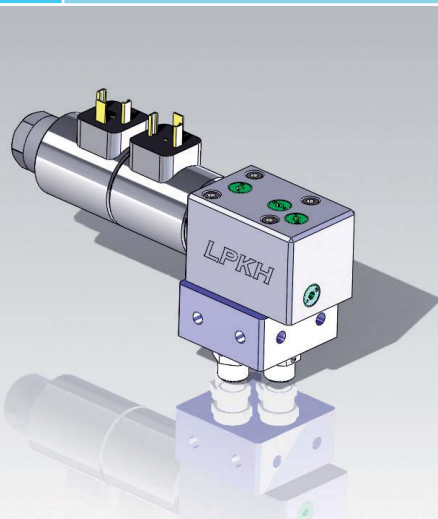
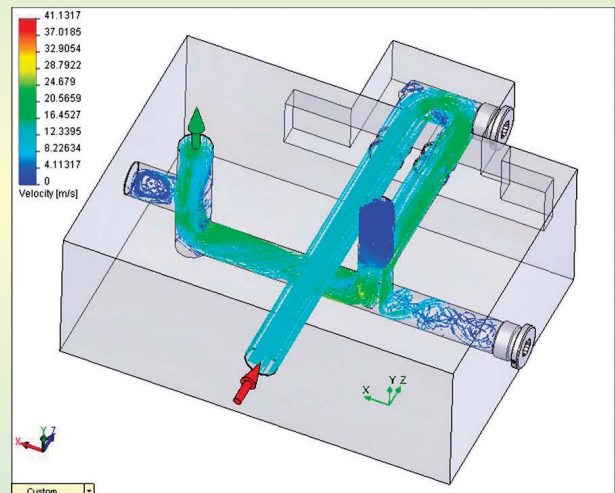
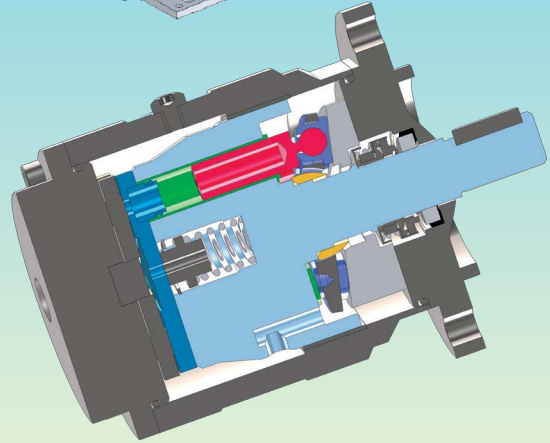
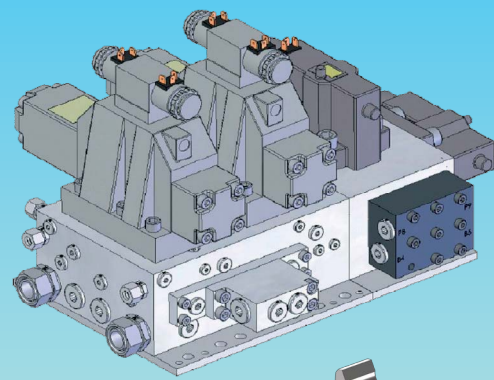
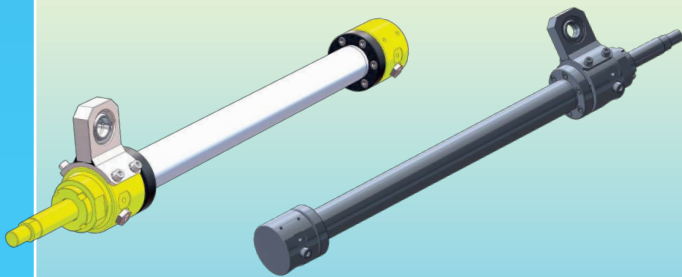
Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: opl.trzin@siol.net
www.opl.si

<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO

- *Potrebujete novo, namensko hidravlično napravo, hidravlični stroj ali pa samo posebno hidravlično sestavino?*
- *Želite izdelati novo hidravlično napravo ali stroj, pa vam manjka projektantskih izkušenj in znanja?*
- *Želite dopolniti, spremeniti oz. izboljšati obstoječo hidravlično napravo ali stroj?*
- *Želite izdelati sodobno, avtonomno elektro-hidravlično krmilje?*
- *Želite biti med prvimi, ki bi vgradili in uporabili ekološko prijazno hidravlično napravo na čisto, pitno vodo?*
- *Imate mogoče težave z diagnosticiranjem oziroma odpravljanjem okvar na obstoječi hidravlični napravi ali stroju?*
- *Želite v vašem podjetju izvesti izobraževanje na področju pogonsko-krmilne hidravlike?*

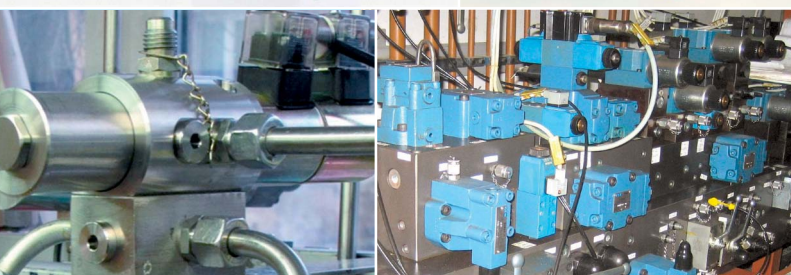


Če ste na kakšno od zgoraj zapisanih vprašanj odgovorili pritrdilno, smo mi pravi naslov za vas!

Smo ekipa strokovnjakov ki se že vrsto let ukvarja z raziskavami, razvojem, projektiranjem, konstruiranjem in vzdrževanjem **HIDRAVLIČNIH STROJEV IN NAPRAV ter NJIHOVIH SESTAVIN.**

Pri svojem delu uporabljamo sodobna projektantska, konstruktorska in diagnostična orodja. Ukvarjamo se tako z **OLJNO** kot z novo **VODNO** pogonsko krmilno hidravliko.

POKLIČITE oz. PIŠITE NAM IN Z VESELJEM SE BOMO ODZVALI VAŠEMU KLICU!



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO (LPKH)

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Telefon: 01/4771 115

E-pošta: lpkh@fs.uni-lj.si

Spletni naslov: <http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

Pregled razvoja magnetnega hlajenja na fakulteti za strojništvo (UL)

Jaka TUŠEK, Samo ZUPAN, Alen ŠARLAH, Aleksander NOVAK, Urban TOMC, Andrej KITANOVSKI, Ivan PREBIL, Alojz POREDOŠ

Izvleček: Prispevek opisuje pregled razvoja tehnologije magnetnega hlajenja na Fakulteti za strojništvo (UL) v zadnjih šestih letih (2006–2012). Kot uvod v obravnavano tematiko so najprej predstavljene osnove magnetnega hlajenja in pregled stanja na obravnavanem področju. Drugi del prispevka opisuje razvoj rotirajočega prototipa magnetnega hladilnika, razvitega na Fakulteti za strojništvo. Opisani so osnovni principi delovanja, analiza strukture za ustvarjanje magnetnega polja ter nekatere konstrukcijske težave, ki otežujejo učinkovito delovanje. V tretjem delu prispevka je opisana razvita in izdelana eksperimentalna proga za testiranje aktivnih magnetnih regenerativnih (AMR) kot osnovnega elementa magnetnega hladilnika. Ugotovljen je bil izjemen vpliv geometrije AMR-ja na delovanje magnetnega hladilnika. Nadalje je opisana inovativna metoda za izdelavo AMR-ja, ki temelji na tehnologiji laserskega varjenja. V zaključnem delu je predstavljeno nadaljnje delo na tem področju, ki med drugim zajema alternativno rešitev za hitrejši prenos toplote v AMR-ju z uporabo toplotnih diod.

Ključne besede: magnetno hlajenje, magnetokalorični učinek, aktivni magnetni regenerativni, magnetno polje

1 Uvod

Magnetno hlajenje temelji na izkoriščanju magnetokaloričnega učinka, ki se kaže kot segrevanje magnetnega materiala, ko ta pride pod vpliv magnetnega polja, oziroma njegovo ohlajanje, ko se magnetno polje odstrani. Magnetokalorični učinek je v bolj ali manj izraziti obliki lastnost vseh magnetnih materialov. Najbolj je izrazit pri temperaturi fazne spremembe materiala med feromagnetnim in paramagnetnim področjem (Curiejeva temperatura). V zadnjem času se je v literaturi na področju magnetnega hlajenja uveljavil izraz magnetokalorični material, ki se

uporablja za magnetne materiale z izrazitim magnetokaloričnim učinkom.

Magnetokalorični učinek je v splošnem analogen kompresiji in ekspanziji hladiva v dandanes široko uporabljani parno-kompresorski tehnologiji hlajenja. Cilj razvoja tehnologije magnetnega hlajenja je, da bi ta tehnologija predstavljala alternativo parno-kompresorskemu hladilniku, ki je energetsko precej potraten, okolju neprijazen zaradi uporabe ozonu bolj ali manj škodljivih hladiv ter za mnoge aplikacije akustično neprimeren. Vse te slabosti bi lahko izboljšali oziroma izničili z uporabo magnetnega hlajenja.

Nekaj desetletij po odkritju magnetokaloričnega učinka, ki ga je leta 1881 v železu odkril nemški fizik Warburg [1], so raziskovalci ta učinek prepoznali kot možno aplikacijo za potrebe hlajenja. V dvajsetih in tridesetih letih prejšnjega stoletja sta Debye [2] in Giauque [3] nakazala možnost izkoriščanja magnetoka-

loričnega učinka za hlajenje pri zelo nizkih temperaturah (tudi v bližini 0 K). V kasnejših letih je bilo opravljenih veliko raziskav na področju magnetnega hlajenja oziroma izkoriščanja magnetokaloričnega učinka, ki pa so se praviloma nanašale na nizke temperature (kriotehnika).

Za začetek razvoja magnetnega hlajenja pri temperaturi okolice velja izdelava prvega prototipa magnetnega hladilnika za hlajenje pri temperaturi okolice, ki ga je leta 1976 predstavil Brown [4]. Pri tem je kot magnetokalorični material oziroma hladivo uporabil gadolinij, kot vir magnetnega polja pa superprevodni magnet. Za povečanje temperaturnega razpona Brownov hladilnik vsebuje še regenerativni proces oziroma regeneracijo toplote. Magnetokalorični učinek materialov s fazno spremembo v bližini temperature okolice je namreč relativno majhen, zato ga ni možno direktno aplicirati v hladilni sistem. Leta 1982 sta Barclay in Steyert [5] predstavila uporabo aktivnega magnetnega regenerativnega

Dr. Jaka Tušek, univ. dipl. inž., dr. Samo Zupan, univ. dipl. inž., dr. Alen Šarlah, univ. dipl. inž., Aleksander Novak, dipl. inž., Urban Tomc, univ. dipl. inž., doc. dr. Andrej Kitanovski, univ. dipl. inž., prof. dr. Ivan Prebil, univ. dipl. inž., prof. dr. Alojz Poredoš, univ. dipl. inž.; vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

ja (AMR), ki deluje kot regeneratorska naprava, pri čemer je magnetokalorični material hkrati v funkciji regenerativnega materiala. AMR je torej v magnetnem hladilniku tako v vlogi regeneratorske kot v vlogi hladilne. Princip AMR-ja se je v kasnejših letih izkazal za najučinkovitejši način izkoriščanja magnetokaloričnega učinka pri temperaturi okolice.

Da bi tehnologija magnetnega hlajenja lahko postala alternativa klasični kompresorski tehnologiji hlajenja, dokazuje 41 izdelanih laboratorijskih prototipnih magnetnih hladilnikov [6]. Prototipi dosegajo hladilne moči do 800 W in temperaturne razpone do 30 K, odvisno od gostote magnetnega polja ter količine in oblike uporabljenega magnetokaloričnega materiala oziroma AMR-ja. Večina novejših prototipov, izdelanih v zadnjih 10 letih, temelji na principu AMR-ja in za ustvarjanje magnetnega polja uporablja permanentne magnetne, ki so z energetskega stališča veliko ustrežnejši kot elektromagnetne naprave.

1.1 Princip delovanja magnetnega hladilnika

Za lažje razumevanje delovanja magnetnega hladilnika na principu AMR-ja je na *sliki 1* prikazano shema njegovega delovanja. AMR je porozna struktura iz magnetoka-

loričnega materiala in predstavlja »srce« magnetne hladilne naprave. Poleg AMR-ja magnetni hladilnik vsebuje še vir magnetnega polja, ki ga lahko ustvarjajo permanentni magneti ali elektromagneti oziroma superprevodni magneti, dva zunanja prenosnika toplote ter tekočino za prenos toplote, ki prenaša toploto iz magnetokaloričnega materiala v AMR-ju preko zunanjih prenosnikov toplote na okolico. V splošnem poteka krožni proces z AMR-jem v naslednjih štirih fazah:

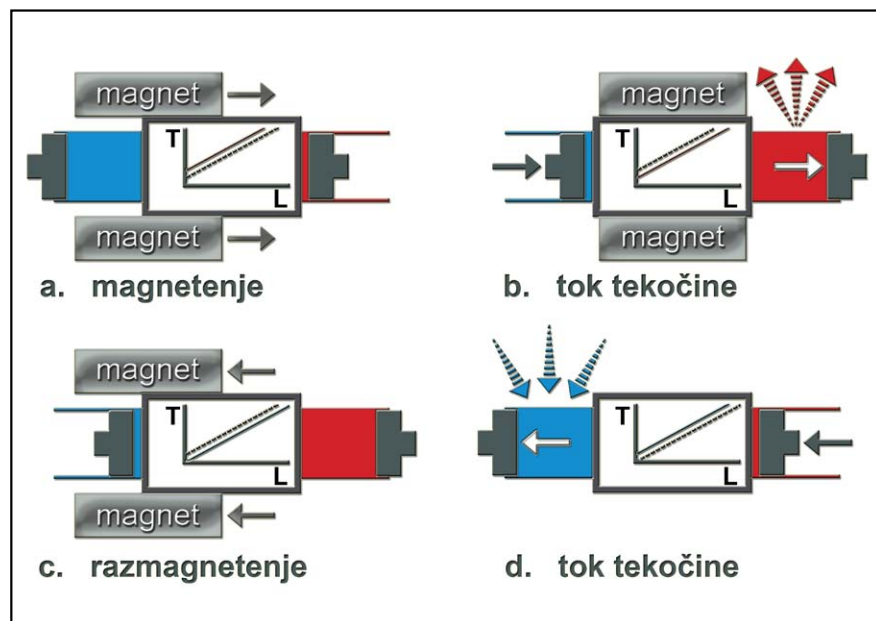
- Magnetenje*, pri čemer se magnetokalorični material zaradi magnetokaloričnega učinka v AMR-ju segreje; dosežemo ga s premikom AMR-ja v magnetno polje oziroma z vključitvijo magnetnega polja.
- Tok tekočine iz hladnega prenosnika toplote (HPT) v tople prenosnik toplote (TPT)* ob konstantnem (visokem) magnetnem polju preko (oz. skozi) segretega AMR-ja. Tekočina za prenos toplote se pri tem segreje (magnetokalorični material v AMR-ju pa ohladi) in vstopa v TPT s temperaturo, ki je nekoliko višja od temperature okolice, pri čemer se toplota odda v okolico.
- Razmagnetenje*, pri čemer se magnetokalorični material zaradi magnetokaloričnega učinka v AMR-ju ohladi; AMR prema-

knemo izven magnetnega polja oziroma magnetno polje izključimo.

- Tok tekočine iz TPT v HPT* (proti točno glede na fazo B) ob konstantnem (nizkem) magnetnem polju preko ohlajenega AMR-ja. Tekočina za prenos toplote se pri tem ohladi (magnetokalorični material v AMR-ju pa segreje) in vstopa v HPT s temperaturo, ki je nekoliko nižja od temperature hlajenega prostora, ter s tem iz njega absorbira toploto.

1.2 Magnetokalorični materiali

V preteklih letih se je kot referenčni oziroma prototipni magnetokalorični material uveljavil gadolinij (Gd), na osnovi katerega je bila opravljena tudi večina eksperimentalnih in teoretičnih analiz. Bistven napredek pri razvoju magnetokaloričnih materialov s fazno spremembo pri temperaturi okolice je bil narejen leta 1997, ko sta Pecharsky in Gschneidner [7] predstavila odkritje tako imenovanega velikega magnetokaloričnega učinka (angl. giant magnetocaloric effect) v zlitini $Gd_5Si_2Ge_2$. Velik magnetokalorični učinek je posledica fazne spremembe prvega reda v materialu in je lahko tudi do 50 % večji od magnetokaloričnega učinka materialov s fazno spremembo drugega reda (npr. gadolinij). Raziskovanje magnetokaloričnih materialov s fazno spremembo prvega reda se je s tem zelo razširilo na številne inštitute in univerze po svetu. Tako je bilo v zadnjih desetih letih odkritih več materialov z velikim magnetokaloričnim učinkom. Med njimi sta za potrebe magnetnega hlajenja pri temperaturi okolice trenutno najbolj zanimivi zlitine na osnovi La-Fe-Si (npr. La-Fe-Co-Si, La-Fe-Si-H in La-Fe-Mn-Si) in Mn-Fe (npr. Mn-Fe-P-Si in Mn-Fe-As), trenutno pa še ni mogoče potrditi, kateri od materialov se bo uveljavil kot najprimernejši. Veliko je namreč odvisno tudi od končne tržne cene in mehanskih ter fizikalnih lastnosti, ki omejujejo tehnološke možnosti predelave teh materialov.



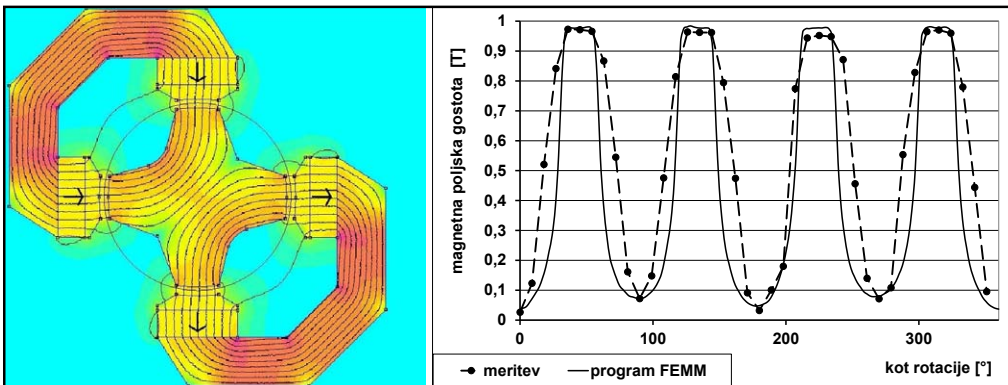
Slika 1. Shematski prikaz delovanja magnetnega hladilnika na osnovi AMR-ja

2 Prototip rotirajočega magnetnega hladilnika

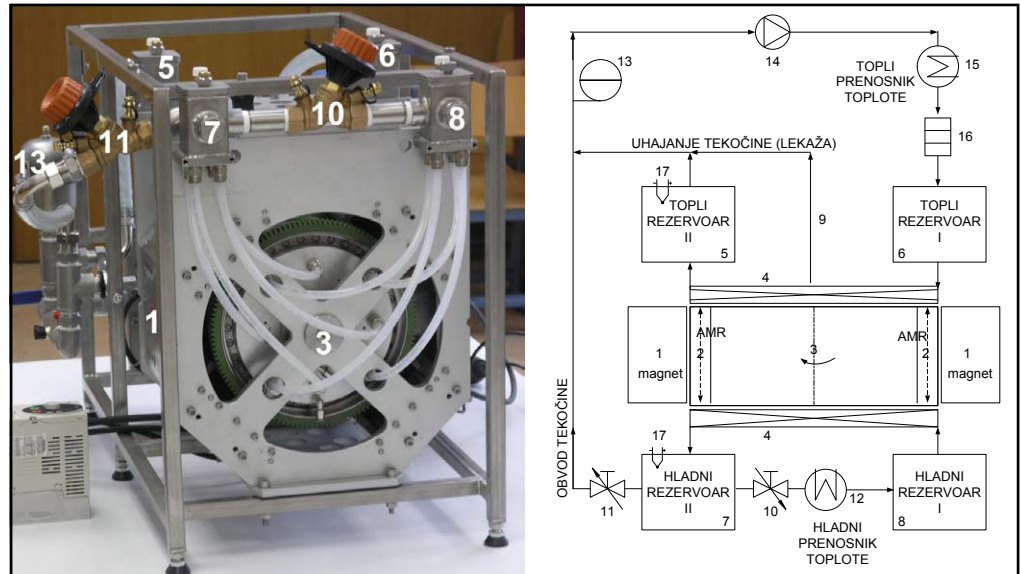
V želji po razvoju prototipa magnetnega hladilnika, ki bi lahko bil konkurenčen kompresorskim hladilnim napravam, smo v Laboratoriju za hlajenje in daljinsko energetiko (LAHDE) v sodelovanju s Centrom za modeliranje elementov in konstrukcij (CEMEK) izdelali prototip rotirajočega magnetnega hladilnika [8, 9]. Ta je bil v času funkcionalnega zagona eden izmed prvih 8 rotirajočih prototipov na svetu.

2.1 Zasnova in princip delovanja prototipa

Razviti magnetni hladilnik temelji na rotirajočem gibanju AMR-jev (34 AMR-jev, nameščenih v rotirajočem bobnu) v magnetnem polju, ki ga ustvarja struktura iz permanentnih magnetov Nd-Fe-B. Kot je prikazano na *sliki 2*, štiri permanentni magneti s fokusnimi elementi zunaj in znotraj rotirajočega bobna s pomočjo povezovalnih elementov iz mehkega feromagnetnega materiala v štirih zračnih režah zagotavljajo močno in homogeno magnetno polje. Med štirimi takšnimi področji so na obsegu bobna še štiri nekoliko širša območja razmagnetjenja z zelo šibkim magnetnim poljem. Struktura za ustvarjanje magnetnega polja, simulirana oziroma preračunana v



Slika 2. Analiza porazdelitve magnetne poljske gostote v strukturi iz štirih permanentnih magnetov (smer magnetenja je označena s puščicami) v rotirajočem magnetnem hladilniku



Slika 3. Slika (levo) in shema (desno) magnetnega hladilnika

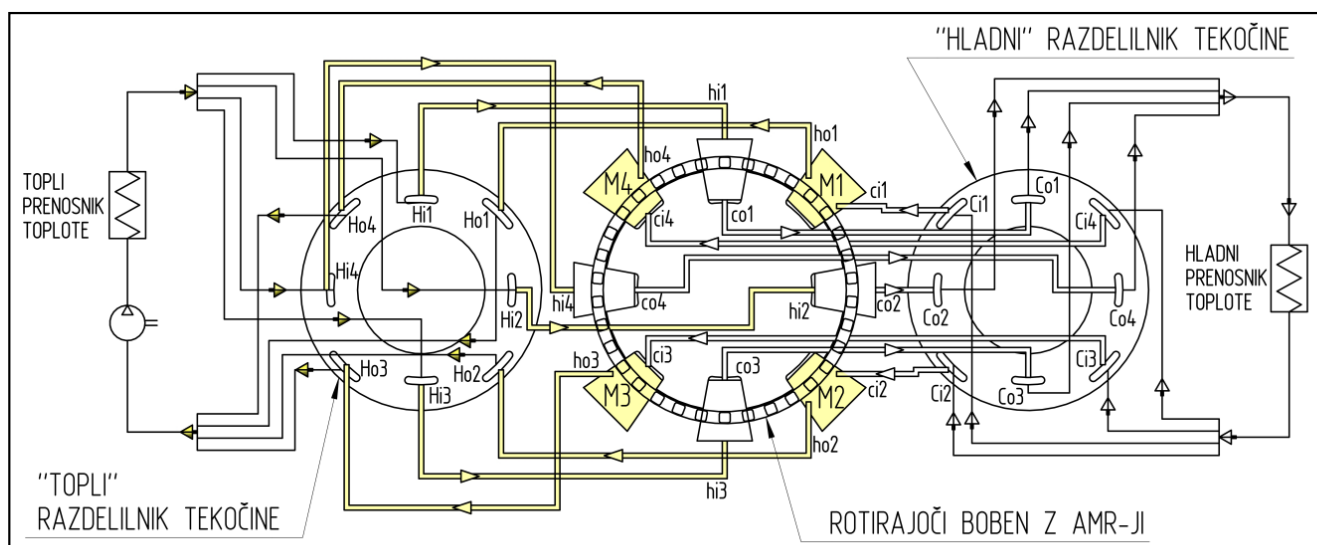
programu FEMM, je prikazana na *sliki 2 (levo)*, medtem ko je na *sliki 2 (desno)* prikazana primerjava med izračunano gostoto magnetnega polja ter njenimi izmerjenimi vrednostmi z uporabo triosne Hallove sonde [10].

Slika in shema celotnega sistema magnetnega hladilnika sta prikazani na *sliki 3* in *4*. Osnovni princip delovanja magnetnega hladilnika je sledeč: Tekočina (npr. voda) se pretaka iz toplega rezervoarja 1 (poz. 6) preko ohlajenih AMR-jev, ki se v danem trenutku nahajajo v območjih razmagnetjenja, v hladni rezervoar 2 (poz. 7). Od tu se tekočina preko hladnega prenosnika toplote (kjer tekočina absorbira toploto iz okolice) pretaka v hladni rezervoar 1 (poz. 8) ter nadalje preko segrelih AMR-jev, ki se v danem trenutku nahajajo v območju magnetenja, v topli rezervoar 2 (poz. 5). Od tu dalje

se tok tekočine nadaljuje preko ekspanzijske posode (poz. 13) in obtočne črpalke (poz. 14) v topli prenosnik toplote (kjer tekočina odda toploto v okolico). Nato se tekočina preko filtra (poz. 16) vrne v topli rezervoar 1, s čimer se tokokrog zaključí. Smer toka tekočine preko AMR-jev uravnavamo z rotirajočim razdelilnikom (poz. 4), ki z relativnim gibanjem dveh plošč usmerja tekočino protitočno v pravilne prekate oziroma v pravilno postavljene AMR-je glede na njihov trenutni položaj v magnetni strukturi.

Pogon bobna z AMR-ji je izveden z zobniškim prenosom. Pastorek je montiran neposredno na izstopno gred asinhronskega EM, zobati venec pa je izdelan na obodu čelne plošče bobna (PA6 z mineralnim oljem).

Za zagotavljanje protitočnega delovanja AMR-jev oziroma za krmljenje toka tekočine je na vsaki strani bobna potreben razdelilnik tekočine oziroma ventil (*slika 4*). Pri oblikovanju razdelilnikov je bil eden od ciljev čim manjša širina celotnega sistema oz. čim krajši kanali za tekočino. Razdelilnik je zato izdelan v obliki aksialnega drsnega ležaja, kjer je pritiska kontrolirana s kompletom tlačnih vzmeti. Kot drsni par sta bila najprej uporabljena



Slika 4. Pretočna shema s toplim (levo) in hladnim (desno) razdelilnikom tekočine ter rotirajočim bobnom z AMR-ji (sredina)

nerjavno jeklo in plošča iz poliamida, kar pa se, zaradi prevelikega uhajanja tekočine (lekaža), ni izkazalo kot dobra rešitev. Kasneje smo poliamid zamenjali z oblogo PTFE, nalepljeno in obdelano na osnovni plošči iz Al-zlitine. Tesnjenje med vrtečimi se in mirujočimi deli smo izvedli s standardnimi radialnimi grednimi tesnili, tesnjenje v sestavi bobna (čelni plošči-bobnen z AMR-ji) pa z lasersko izrezanimi ploščatimi tesnili, ki sta stisnjeni z vijačno zvezo.

2.2 Obratovalne in konstrukcijske težave ter nadaljnji razvoj

Po opravljeni montaži in nekaj korekcijah je izvedba delovala v okviru pričakovanj, pokazalo pa se je tudi nekaj pomanjkljivosti. Vsako generiranje toplote zaradi trenja v razdelilniku tekočine ter tesnilih povzroča težave, kar smo delno tudi pričakovali. Pri tem je precej težav izviralo tudi iz tehnologije obdelave.

Oblikovna in dimenzijska stabilnost in točnost delov, izdelanih iz poliamida, sta močno odvisni od temperature in absorpcije vlage. Največja možna dosežena točnost pri odrezavanju je zato zaradi generiranja toplote močno omejena že pri izdelavi. Med samim delovanjem pa se predvsem zaradi prisotnosti tekočine (vlaga) in lokalnega generiranja toplote (trenje) stanje še poslabšuje. Ključni deli bi zato morali biti izdelani iz časovno in temperaturno stabilnih ter toplotno slabo prevodnih materialov (keramika).

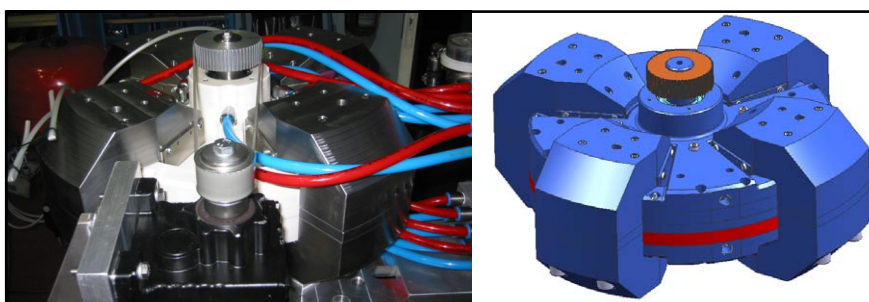
Uporaba standardnih grednih tesnil je sicer za izdelavo prototipa cenovno ugodna, vendar funkcionalno ne najbolj primerna. Zunanje tesnilo je zaradi velikosti preveč robustno in povzroča prevelik vrtilni upor kljub prilagajanju toleranc. Podobno velja tudi za razdelilnik tekočine (velik premer in površina). To je bilo sicer pri določanju moči pogona predvideno, vendar se žal zaradi trenja v tesnilih in v drsnih razdelilnikih generira precej toplote, ki kvira učinek

hladilnika. Pri zmanjševanju trenja (manjše pritiskne sile) pa se pojavlja večji delež uhajanja tekočine (lekaža), ki se sicer vrača nazaj v sistem, vendar prav tako poslabšuje učinek. Izkazalo se je, da je z izbranimi materiali in tehnologijami obdelave težko doseči ustrezno oblikovno točnost (ploskost) dotičnih površin drsnega razdelilnika, pri kateri bi ta lahko deloval z ustrezno majhno pritiskno silo in minimalno lekažo.

S prvimi opravljenimi meritvami smo dokazali princip delovanja in pri tem ustvarili določen temperaturni razpon med toplo in hladno stranjo magnetnega hladilnika. Boljši rezultati pa so bili zaradi zgoraj omenjenih težav do tega trenutka onemogočeni. Nekatere slabosti in prednosti razvitega prototipa so bile upoštevane pri zasnovi drugega rotirajočega prototipa (slika 5), ki je trenutno še v fazi razvoja in je plod sodelovanja laboratorijev LAHDE in CEMEK ter slovenske industrije.

3 Eksperimentalna naprava za testiranje aktivnih magnetnih regeneratorjev

Ključni in osrednji element celotnega sistema magnetnega hladilnika predstavlja AMR, zato je njegovo optimiranje pri razvoju magnetnega hladilnika bistvenega pomena. V želji po podrobnejši analizi delovanja AMR-ja sta bila v laboratoriju



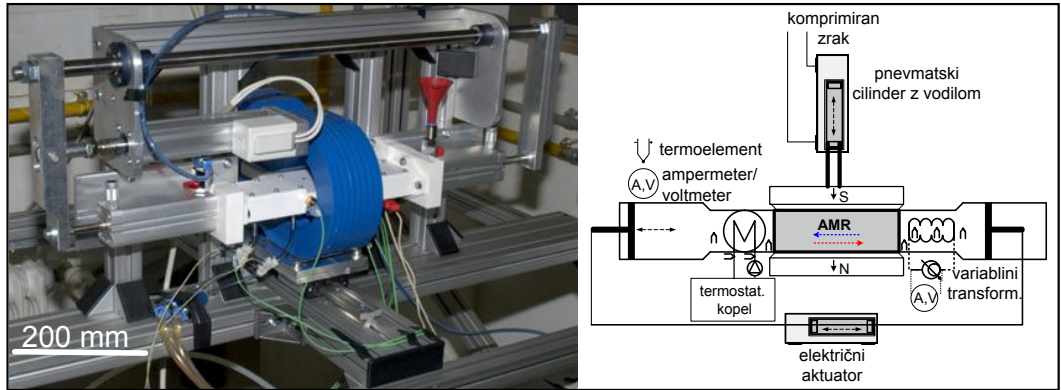
Slika 5. Fotografija (levo) in model (desno) rotirajočega prototipa magnetnega hladilnika druge generacije

LAHDE razvita dva numerična modela za simuliranje in optimiranje AMR-ja [11, 12, 13]. Poleg tega je bila v želji po optimiranju geometrije in obratovalnih pogojev AMR-ja v sodelovanju s Centrom za modeliranje elementov in konstrukcij (CEMEK) ter slovensko industrijo razvita eksperimentalna naprava za testiranje AMR-jev, ki je prikazana na *sliki 7* [14].

3.1 Zasnova in princip delovanja eksperimentalne naprave

Eksperimentalna naprava je sestavljena iz premične strukture za ustvarjanje magnetnega polja iz permanentnih magnetov Nd-Fe-B (*slika 6*), iz statičnega AMR-ja in iz sistema za protitočno prečrpavanje tekočine. AMR je nameščen v osrednji del naprave, poleg njega pa se v osrednjem delu nahaja še prenosnik toplote, ki na topli strani AMR-ja zagotavlja temperaturo okolice (oziroma željeno konstantno temperaturo), ter električni grelnik, ki preko regulirane električne moči deluje kot simulator hladilne moči.

Delovanje eksperimentalne naprave temelji na recipročnem gibanju magnetne strukture, ki s tem zagotavlja magnetenje in razmagnetenje magnetokaloričnega materiala v AMR-ju. Gibanje magnetne strukture omogoča pnevmatski cilindar.



Slika 7. Slika (levo) in shema (desno) eksperimentalne naprave za testiranje AMR-jev

Protitočni pretok tekočine skozi AMR preko dveh batov v predelanih pnevmatskih valjih zagotavlja električni aktuator z nastavljivo hitrostjo in dolžino hoda. Eksperimentalna proga izvaja štiri osnovne faze krožnega procesa AMR-ja: magnetenje – tok tekočine – razmagnetenje – tok tekočine (protitočno). Naprava uspešno deluje že od sredine leta 2010, na njej se praktično vsak dan izvajajo različne meritve in je do danes opravila že skoraj 10 milijonov krožnih procesov.

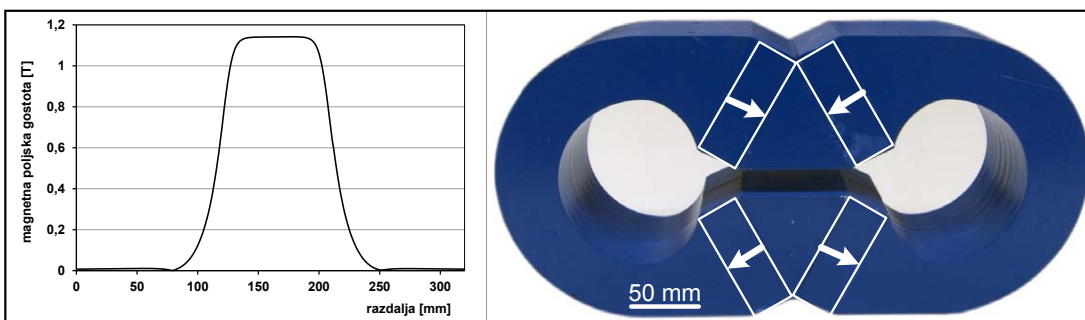
V primerjavi z rotirajočim magnetnim hladilnikom je delovanje predstavljene eksperimentalne naprave počasnejše (manjša obratovalna frekvenca oziroma manjše število opravljenih krožnih procesov v enoti časa) in – zaradi recipročnega gibanja magnetne strukture – manj učinkovito. Velika prednost takšne naprave pa je v manjših izgubah, ki so povezane z zagotavljanjem protitočnega delovanja AMR-ja, saj pri tem ne potrebujemo več razdelilnika toka tekočine, ter v enostavni in hitri menjavi obratovalnih pogojev, kar je za izvajanje večjega števila meritev bistvenega pomena.

3.2 Opis eksperimentalne analize AMR-jev

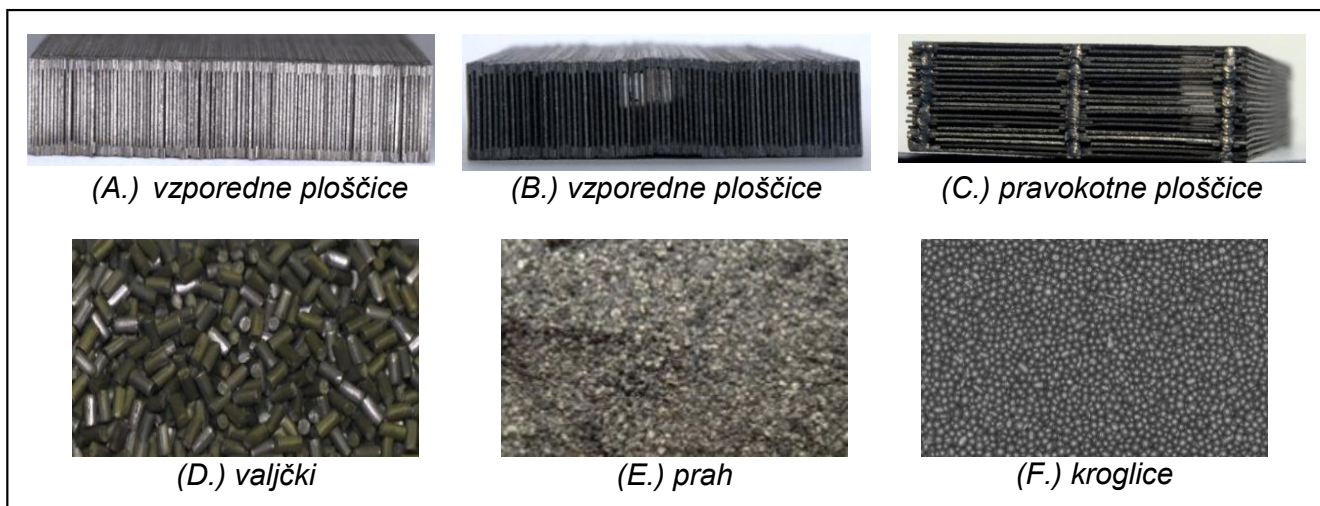
Na predstavljeni eksperimentalni napravi je bila opravljena obsežna analiza šestih različnih oblik AMR-ja z gadolinijem kot magnetokaloričnim materialom (*slika 8*). Analizo AMR-jev smo zasnovali na štirih osnovnih oblikah gadolinija, in sicer: ravne ploščice, kroglice, prah in valjčki. V splošnem lahko analizirane geometrije AMR-jev razdelimo v dve skupini, to so urejene strukture oziroma ravne ploščice (A, B in C) ter nasute strukture (D, E in F). V sklopu urejenih struktur smo analizirali tri različne AMR-je iz ravnih ploščic vzporedno z magnetnim poljem in enega, ki ima ploščice postavljene pravokotno nanj. Ploščice so v vseh treh primerih debele 0,25 mm, pri tem pa ima AMR (A) razmik med ploščicami 0,1 mm, AMR (B) in (C) pa 0,25 mm. Valjčki imajo dolžino 4 mm in premer 2,5 mm, medtem ko imajo prah in kroglice največjo dimenzijo oziroma premer med 0,35 in 0,5 mm. Predmet analize je bil vpliv obratovalne frekvenca

in masnega pretoka tekočine na dosežen temperaturni razpon in hladilno moč posameznega AMR-ja.

Najboljše hladilne karakteristike (temperaturni razpon in hladilna moč) so bile izmerjene z AMR-jem (A), ki ima



Slika 6. Fotografija strukture iz štirih permanentnih magnetov (smer magnetenja je označena s puščicami), uporabljene v eksperimentalni napravi (levo), in rezultati meritve magnetne poljske gostote s triosno Hallovo sondo (desno)



Slika 8. Fotografije analiziranih AMR-jev iz gadolinija

najboljše lastnosti prenosa toplote (velika površina za prenos toplote in majhen hidravlični premer). Sledita AMR (B) in (C). Med nasutimi strukturami se je za najboljšega izkazal AMR (F), ki je v splošnem primerljiv z AMR-jem (B). Precej slabše hladilne karakteristike so bile izmerjene s prahom in valjčki, saj imajo za razliko od kroglic več kot eno prostorsko stopnjo. To pomeni, da se lahko takšni delčki znotraj AMR-ja poljubno orientirajo, kar poslabša homogenost porazdelitve materiala ter enakomernost pretoka tekočine in posledično učinkovitost regeneracije toplote. *Slika 9* prikazuje vzpostavitev temperaturnega razpona med toplo in hladno stranjo AMR-

ja (A), pri čemer smo dosegli 20 K temperaturnega razpona. To je glede na dostopno literaturo v svetovnem merilu največji do sedaj izmerjen temperaturni razpon AMR-ja iz ploščic, pri čemer magnetno polje ustvarjajo permanentnimi magneti.

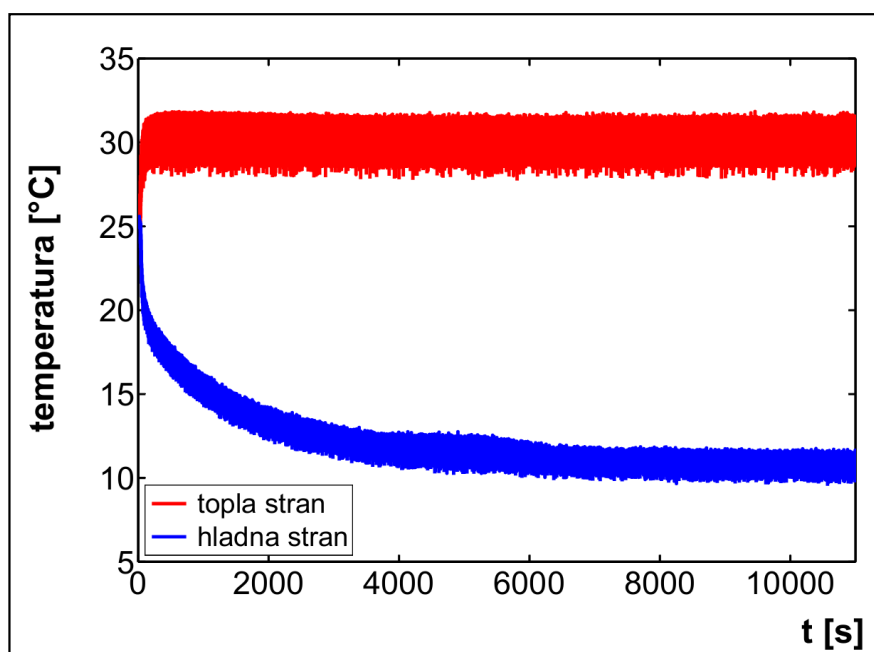
3.3 Inovativna metoda postopka izdelave AMR-ja

V želji po izdelavi AMR-ja s čim boljšimi lastnostmi prenosa toplote (čim tanjše magnetokalorične ploščice in čim manjši razmik med njimi) smo urejene AMR-je, predstavljene na *sliki 8*, izdelali s postopkom laserskega varjenja [15].

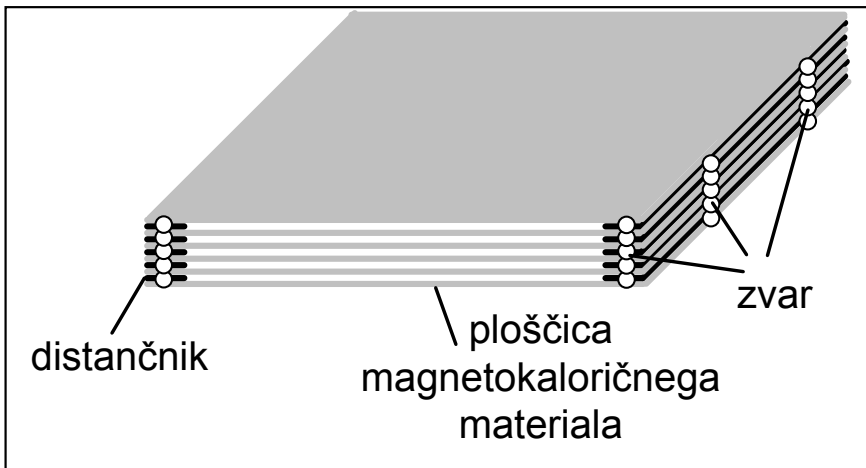
Shema AMR-ja, izdelanega po tem postopku, je prikazana na *sliki 10*. Postopek izdelave je sledeč. Na ploščico iz magnetokaloričnega materiala se na njen rob lasersko privari distančnik iz poljubnega, z magnetokaloričnim materialom varivega materiala. Distančnik naj bo čim tanjši, saj zmanjšuje površino za prenos toplote med magnetokaloričnim materialom in tekočino, ki se pretaka preko AMR-ja. Debelina distančnika, ki definira razmik med ploščicami magnetokaloričnega materiala, pa naj bo s stališča prenosa toplote čim manjša. V naslednjem koraku na distančnik, privarjen na ploščico magnetokaloričnega materiala, privarimo naslednjo ploščico magnetokaloričnega materiala, na katero ponovno privarimo distančnik. Ta postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo želene višine AMR-ja. Takšen način izdelave AMR-ja se je glede na meritve, opravljene v eksperimentalni napravi, izkazal za najprimernejšega, saj lahko s tem zagotovimo poljubno majhno debelino distančnika ter popolnoma enake razmike med ploščicami, kar je za delovanje AMR-ja in posledično magnetnega hladilnika izjemnega pomena.

4 Aktivni magnetni regenerator z uporabo toplotnih diod

V zadnjem letu v laboratoriju LAHDE potekajo intenzivne raziskave alternativne rešitve AMR-ja z uporabo



Slika 9. Prikaz ustvarjenega temperaturnega razpona med toplo in hladno stranjo AMR-ja za primer AMR-ja (A)



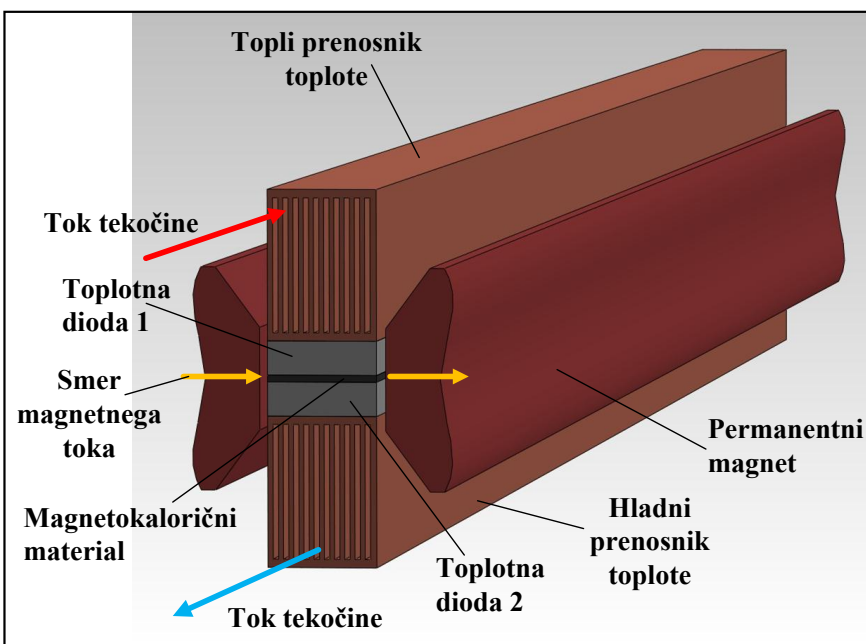
Slika 10. Shema lasersko zavarjenega AMR-ja

toplotnih diod. Glavna slabost do sedaj poznane AMR-ja je predvsem nizka frekvenca obratovanja (število termodinamičnih ciklov na enoto časa), ki je med drugim posledica slabih preoblikovalnih lastnosti večine magnetokaloričnih materialov ter relativno nizke toplotne prestopnosti med magnetokaloričnim materialom in delovno tekočino. Ena od alternativ oziroma rešitev omenjenega problema je uporaba toplotnih diod kot dela AMR-ja. Kot nakazujejo začetni teoretični rezultati, bi lahko s tem drastično zvišali hitrost prenosa toplote iz magnetokaloričnega materiala oz. vanj ter s tem frekvenco obratovanja celotne naprave in posledično hladilno moč. Poleg tega je prednost takšnega koncepta tudi v enostav-

nosti izvedbe, saj ne potrebujemo več protitočnega pretoka tekočine preko AMR-ja ter s tem povezanih razdelilnikov toka tekočine. Funkcijo protitočnega delovanja namreč prevzame toplotni diodi, zato se tekočina v prenosnikih toplote lahko pretaka kontinuirano [16, 17].

Toplotna dioda je fizikalni pojav, mehanizem ali naprava, s katero je moč manipulirati smer in intenziteto toplotnega toka. Toplotne diode izhajajo iz različnih fizikalnih področij, kot na primer fizika trdne snovi, magneto-hidrodinamika in elektro-hidrodinamika. Tipičen primer toplotne diode je na primer Peltierov element.

Slika 11 prikazuje shemo AMR-ja z uporabo toplotnih diod. Način de-



Slika 11. Koncept aktivnega magnetnega regenerotorja z uporabo toplotnih diod

lovanja je v splošnem podoben delovanju klasičnega AMR-ja. Po fazi magnetenja magnetokaloričnega materiala se vklopi toplotna dioda 1 (pri tem deluje toplotna dioda 2 kot toplotni izolator) in prične pospešeno črpati toploto iz magnetokaloričnega materiala na toplo delovno tekočino. Po fazi razmagnetanja magnetokaloričnega materiala se vklopi toplotna dioda 2 (pri tem toplotna dioda 1 deluje kot toplotni izolator) in prične pospešeno črpati toploto iz hladne delovne tekočine v magnetokalorični material.

■ 5 Zaključek

Opravljenе raziskave in razvoj na področju tehnologije magnetnega hlajenja v zadnjih letih so Fakulteto za strojništvo (UL) postavile v sam svetovni vrh tega področja. Vsekakor pa bo za preboj te tehnologije na trg potrebnih še veliko nadaljnjih raziskav, in sicer tako na področju razvoja rotirajočih magnetnih hladilnikov oziroma ustreznega razdelilnika toka tekočine, ki bi deloval ob čim manjših izgubah, kot razvoja učinkovitejšega AMR-ja, ki bi bil zmožen obratovati pri čim višjih obratovalnih frekvencah. Trenutno je v želji po komercializaciji magnetnega hlajenja ena glavnih omejitev cena permanentnih magnetov in magnetokaloričnih materialov. Ti v večini temeljijo na redkih zemljah (angl. rare earths), katerih cena v zadnjih letih močno raste. Iz tega vidika je torej še toliko bolj pomembno, da sta tako AMR kot celotna magnetna hladilna naprava čim bolj optimirana. To pomeni, da iz določene mase permanentnega magneta in magnetokaloričnega materiala AMR oziroma magnetni hladilnik ustvari čim večji temperaturni razpon in hladilno moč ob čim večji učinkovitosti oziroma hladilnem številu (COP).

Literatura

- [1] E. Warburg. Magnetic investigations (In German). *Annalen der Physik und Chemie*, 13: 141–164, 1881.
- [2] P. Debye. Einige bemerkungen zur

- magnetisierung bei tiefer temperatur. *Annalen der Physik und Chemie*, 81: 1154–1160, 1926.
- [3] W. Giauque. A thermodynamic treatment of certain magnetic effect. A proposed method of producing temperatures considerably below 1 degrees absolute. *Journal of the American Chemical Society*, 49: 1864–1870, 1927.
- [4] G. Brown. Magnetic heat pumping near room temperature. *Journal of Alloys and Compounds*, 47: 3673–3680, 1976.
- [5] J. A. Barclay in W. A. Steyert. Active magnetic regenerator. U.S. Patent No. 4.332.135, 1982.
- [6] B. Yu, M. Liu, P. W. Egolf, in A. Kitanovski. A review of magnetic refrigerator and heat pump prototypes built before the year 2010. *International Journal of Refrigeration*, 33: 1029–1060, 2010.
- [7] V. K. Pecharsky in K. A. Gschneidner Jr. Giant magnetocaloric effect in $Gd_5(Si_2Ge_2)$. *Physical Review Letters*, 78: 4494–4497, 1997.
- [8] J. Tušek, S. Zupan, A., I. Prebil in A. Poredoš. Magnetic cooling – Development of Magnetic Refrigerator. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 55, 2009.
- [9] J. Tušek, S. Zupan, A. Šarlah, I. Prebil in A. Poredoš. Development of a rotary magnetic refrigerator. *International Journal of Refrigeration*, 33: 294–300, 2010.
- [10] J. Tušek, A. Šarlah, A. Poredoš in D. Fefer. Optimization of the magnetic field in a magnetic refrigerator. *Informacije MIDEM*, 39: 105–110, 2009.
- [11] A. Šarlah in A. Poredoš. Dimensionless numerical model for simulation of active magnetic regenerator refrigerator. *International Journal of Refrigeration*, 33: 1061–1067, 2010.
- [12] A. Šarlah, J. Tušek in A. Poredoš. Comparison of Thermo-Hydraulic Properties of Heat Regenerators Applicable to Active Magnetic Refrigerators. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 58: 16–22, 2009.
- [13] J. Tušek, A. Kitanovski, I. Prebil in A. Poredoš. Dynamic operation of an active magnetic regenerator (AMR): Optimization of a packed-bed AMR. *International Journal of Refrigeration*, 34: 1507–1517, 2011.
- [14] J. Tušek, S. Zupan, A. Kitanovski, I. Prebil in A. Poredoš. A comprehensive experimental analysis of gadolinium active magnetic regenerators. *Poslano v znanstveno revijo Applied Thermal Engineering*.
- [15] J. Tušek, K. Pompe, A. Kitanovski, J. Tušek in A. Poredoš. Postopek izdelave aktivnega magnetnega regenerators. Patentna prijava P-201200342.
- [16] A. Kitanovski in P. W. Egolf. Innovative ideas for future research on magnetocaloric technologies, *International Journal of Refrigeration* 33: 449–464, 2010.
- [17] U. Tomc, J. Tusek, A. Kitanovski in A. Poredos. Thermoelectric-magnetocaloric energy conversion, Fifth IIF-IIR International Conference on Magnetic Refrigeration at Room Temperature, Thermag V, Grenoble, France, 2012.

A Review of the Development of Magnetic Refrigeration at the Faculty of Mechanical Engineering (UL)

Abstract: The paper describes an overview of the development of the magnetic refrigeration technology at the Faculty of Mechanical Engineering (UL) in the last six years (2006-2012). The short review and the basics of the magnetic refrigeration technology are described in the introduction of the paper. The second part of the paper presents the development of the prototype of the rotary magnetic refrigerator developed at the Faculty of Mechanical Engineering. The basic operational principle and the analysis of the magnet assembly of the prototype are shown, and furthermore, some constructional problems which enable efficient operation are described as well. In the third part of the paper the developed and built experimental device for the analysis of the active magnetic regenerator (AMR), as the key element of the magnetic refrigerator, is presented. It has been shown that the geometry of the AMR has a crucial impact on the operation of the magnetic refrigerator. The innovative technology for the construction of the AMR based on the laser welding is presented and described as well. The final part of the paper presents the future work in the field of magnetic refrigeration, which includes the alternative solution for a faster heat transfer in the AMR by using thermal diodes.

Keywords: magnetic refrigeration, magnetocaloric effect, active magnetic regenerator, magnetic field

Zahvala

Avtorji prispevka se zahvaljujemo Agenciji za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) za financiranje aplikativnega raziskovalnega projekta RAZVOJ MAGNETNEGA HLADILNIKA (L2-2146 (B)).

Zahvala za sodelovanje pri razvoju gre tudi podjetju SMM proizvodni sistemi, d. o. o., podjetju Horjak - Precise, d. o. o., Domžale, in podjetju TKC, d. o. o. iz Ljubljane.

Motivational Laboratory Projects in Undergraduate Robotics Education

Jure REJC, Marko MUNIH

Abstract: Laboratory student projects are the most important part in the learning process at engineering studies. This is particularly important in applied fields such as robotics. The laboratory experience should give the students knowledge of the equipment, working habits and introduce a close relationship between theory and practice. The purpose of this paper is to present motivational laboratory projects for the robotics course based on the use of industrial robots. The presented projects are directly related to the lectures on homogenous transformations, robot geometrical model and robot position and force control. A survey, carried out among students, shows that the laboratory student projects are motivational and theory related.

Keywords: Robotics, Laboratory practice, Homogenous transformation, Robot geometrical model, Robot control

1 Introduction

The Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana educates engineers in the field of electrical engineering. The education process is divided into the programs of telecommunications, control engineering, robotics, biomedical engineering, mechatronics, renewable energy sources and multimedia communications.

The undergraduate study at the faculty is split in two divisions, the *University Programme and Applied Electrical Engineering*, both of them on the 1st degree (3 years) of the Bologna study. The *University Programme* gives besides practical knowledge also knowledge that future electrical engineers need for autonomous development and research. The *Applied Electrical Engineering* programme gives more practical knowledge which is mainly used in industry.

Dr. Jure Rejc, univ. dipl. inž., prof. dr. Marko Munih, univ. dipl. inž., both Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

The article describes three out of six laboratory projects of the Robotics subject of *Applied Electrical Engineering* study programme. We present also the results of the student survey in order to find out whether the exercises are motivational, theory related and if evaluation approach is appropriate.

2 Robotics subject

The Robotics subject is part of the 2nd study year in the 4th semester of the *Control Engineering* program. It consists of lectures and laboratory practice, both for 2 hours per week. The lectures are attended by all the students at the same time and place. The students are presented with homogenous transformation matrices, geometric description of the robot mechanism, kinematics and dynamics of a two-segment robot manipulator and robot positional and force control. All presented subjects are available to the students in Slovene [1] and English [2] as a textbook, written specially for students of the Robotics study course.

In the literature many different methods can be found for the

execution of laboratory practical work. These can be split in *traditional* and *non-traditional* methods. Some authors [3] present the method based on Vee mapping and called *Laboratory Practice Based on Questions* (LPBQ) very motivating. These questions are answered by an appropriate laboratory project. Another approach called *problem-based learning* can be categorized as a *non-traditional* learning approach [4]. It is highly motivating for the students and it is based on solving real problems in the educational field. Most frequently the laboratory practical work is based on the method called *predefined laboratory projects for the students* and belongs to the *traditional* [3] method group. Our teaching method combines the *problem-based learning* and *predefined laboratory projects* methods. For this approach the students need to use the lecture textbook and also a special textbook [5] as a guide for the particular laboratory project.

When the laboratory student projects were being designed, the student motivation was of primary importance. Nowadays much experience in the field of robot control and ro-



Figure 1. Project robot system

bot cell manufacturing can be acquired by computer simulation and animation [6]. This approach enables execution of laboratory projects in smaller places and also the running costs are lower because there is no need to purchase hardware [7], [8]. However, this approach has its drawbacks. The quality of simulation is proportional to the exactness of the mathematical model that is running in the background [9] and in the simulation environment is very hard to include proper information from different sensors integrated in a robot work cell.

The approach where real industrial robots are used is appreciated also in the literature [10] because the students gain more experience while working with real robots and solving real problems. This kind of approach motivates [11] the students to work and solve laboratory projects with great enthusiasm. In our laboratory we have several industrial robots of different types and almost all laboratory practical work is performed on real robots. Besides, during the laboratory practice the students get familiar with the use of a robot vision, geometry, different sensors, control approaches, pneumatic equipment and use

of different robotics programming languages.

The students have to pass 6 laboratory projects, each taking 4 hours. Four projects (Object manipulation with SCARA robot and robot vision, Synchronous work of two robots, Robot working with the object on the conveyor belt, Position and force control of anthropomorphic robot) are performed with real industrial robots and are related to industrial applications. The remaining two

exercises (Geometric model of the anthropomorphic robot mechanism, The use of homogenous transformations in Matlab) are theoretical and executed in Matlab. A group of students for each laboratory project consists up to 3 people.

■ 3 Object manipulation with scara robot and robot vision

Project goal

In this project the students train the usage of homogenous transformations and relations between coordinate frames. All the procedures are described in the textbook and the students' task is to understand the details to derive the project.

Hardware

The most important part of the project is the robot Epson E2S651 (Figure 1) with 4 DOF (Degrees Of Freedom). It is controlled by a PC-based RC420 controller. At the robot endeffector a pneumatic gripper with special fingers for gripping round bottle caps is attached. Opening and closing of the gripper is controlled by an electro-pneumatic valve that is electrically connected to the controller IO interface.

Above the work table a video camera is attached with a CCD sensor with 640x480 pixels, equipped with 8 mm optics and connected to the robot computer by Firewire interface. For laboratory project purpose the students use plastic bottle caps. These are 14 mm high and 40 mm in diameter. For screwing of these caps a matrix of 12 plastic bottle influx is fixed in robot working area.

Software

The robot Epson E2S651 is programmed through the Windows based Epson RC+ environment. The acquisition, distortion elimination and processing of the image and all calculations of homogenous transformations run in Matlab development environment. The communication between Epson RC+ and Matlab environment is achieved by TCP/IP protocol.

Student project

The project is split in two parts. In the first part the students are introduced with the robot system, basic robot movements and IO commands. In the second part the students' task is to write only a part of the whole Matlab program that recalculates the bottle caps position in the reference robot frame. This recalculation involves the calculation of the camera frame in the robot reference frame, which can be determined only by calibration procedure described further in the article. When all calculations are performed a few caps are placed into the camera field of view that is part of the robot work space. In Matlab, with the use of pre-written functions, the camera image is captured and the position of the caps in camera field of view is returned.

Theory

The aim of this laboratory project is the students' understanding of relations between the robot, camera and object frames. This enables the students to understand how to define the homogenous matrix of video camera frame alignment within the robot reference frame. This procedure is in detail described in the laboratory projects textbook.

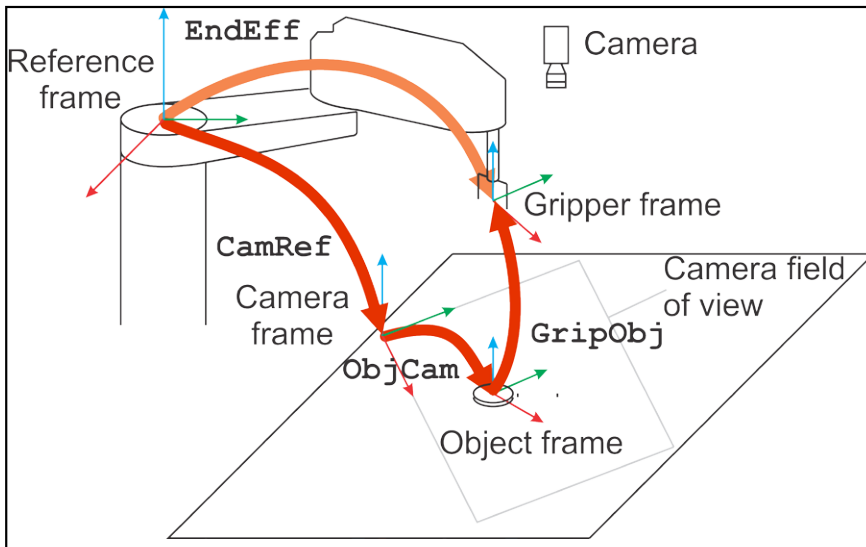


Figure 2. The transformations before gripping the object

In the laboratory projects textbook all the frames are shown as in Figure 2. The two basic frames are: reference and gripper frame. Beside these two, also the camera and object frames are present. The one of the camera is positioned in a corner of the camera field of view.

The gripper pose (**EndEff**) in robot reference frame can be defined, not only by reading of the pose directly from Epson RC+ environment, but also from the camera frame expressed in robot reference frame (**CamRef**), the object frame in camera frame (**ObjCam**) and the gripper frame in the object frame (**GripObj**) (1):

$$\mathbf{EndEff} = \mathbf{CamRef} \cdot \mathbf{ObjCam} \cdot \mathbf{GripObj} \quad (1)$$

This relation is simplified when the gripper grasps the object and both frames are aligned. In this case the homogenous transformation **GripObj** becomes identity matrix **I**. Further, it can be shown that when the pose of the gripper in robot reference frame is known when the object is grasped and also the pose of the object in camera frame is known, then the pose of the camera frame in the robot frame can be calculated (2):

$$\mathbf{CamRef} = \mathbf{EndEff} \cdot \mathbf{ObjCam}^{-1} \quad (2)$$

In the textbook the students are

presented with a detailed procedure of how the camera frame is related to the robot reference frame. The procedure is as follows. In the camera field of view a sheet of paper is placed. On this paper three large black dots are printed. These three dots represent a frame of the object (Fig. 1). The dots are 180 mm apart.

In Matlab environment the students need to run a function for capturing the camera image and function for selection of all three dots. The user needs to follow the order of selecting the dots; first dot T1(x,y) represents the origin of the frame, then T2(x,y) is a point on x axis and T3(x,y) a point on y axis of the object frame. The function returns the coordinates of the dots in pixels as a vector $T = [T1, T2, T3]$. This vector must be converted to millimeters ($P = [P1, P2, P3]$) as shown in equation (3):

$$P = T \cdot \frac{180}{\sqrt{(T2_x - T1_x)^2 + (T2_y - T1_y)^2}} \quad (3)$$

Point P1 is a position of object frame origin in camera frame. To describe the object pose also the orientation is needed. It is calculated from the angle of rotation j between both x axes of the object and the camera frames (4):

$$\varphi = \arctan \frac{P2_y - P1_y}{P2_x - P1_x} \quad (4)$$

The calculated data give all the information for determination of homogenous transformation **ObjCam** that describes the pose of the object in camera frame (5).

$$\mathbf{ObjCam} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 & P1_x \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 & P1_y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

With the described procedure the **ObjCam** matrix in equation (2) is determined, but for calculation of **CamRef** matrix also the **EndEff** matrix is needed. This procedure is also described in the laboratory textbook. The most important detail of the procedure is that the white paper must not be displaced in the camera field of view during these matrix calculations.

The procedure of defining the pose of the object frame in the reference frame is as follows. In the gripper center a special adapter with a nib is fixed. To define the pose of the object frame, first the position of its origin in robot reference frame is needed. This information is acquired when the tip of a nib is in contact with the center of the origin dot (T1). The value of this coordinate in millimeters is displayed in Epson RC+ environment and is manually entered into the Matlab environment as the first component Q1(x,y) of the **Q** vector. To define the orientational part of the pose, the same procedure is used, with the only difference of contacting the dot on the x axis of object frame as the point Q2(x,y).

The procedure how to define the orientation of the object in reference frame is the same as for **ObjCam** matrix (6):

$$g = \arctan \frac{Q2_y - Q1_y}{Q2_x - Q1_x} \quad (6)$$

We have now all data needed to calculate homogenous transformation matrix that defines the pose of the object in robot reference system where the letter Z stands for the predefined value of vertical move-

ment of the end-effector when the cap is grasped (7):

$$\mathbf{EndEff} = \begin{bmatrix} \cos \vartheta & -\sin \vartheta & 0 & Q_{1x} \\ \sin \vartheta & \cos \vartheta & 0 & Q_{1y} \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

When both homogenous matrices **EndEff** and **ObjCam** are defined, the third matrix **CamRef** can be calculated (2) and further used to calculate (8) the position of the bottle caps in the reference robot frame:

$$\mathbf{EndEff} = \mathbf{CamRef} \cdot \mathbf{ObjCam} \cdot \mathbf{I} \quad (8)$$

In this project the orientation is not important, since the robot grasps round objects. However, because this is an educational example, the students are presented with the general procedure and must treat the object orientation as well.

■ 4 Geometric model of anthropo-morphic robot mechanism

Project goal

The goal of this project is to educate students how to mathematically describe the pose of the Epson PS3 robot endeffector in robot reference coordinate frame. This exercise represents training for the written examination, only the robot structure is different.

Kinematic pair is considered as the basic element of the robot manipulator. It consists of two robot segments connected with a translational or rotational joint. To describe the kinematic pair mathematically, the Denavit-Hartenberg [12] method is mainly used. In this project the model is obtained with different method that uses vectors [13] to mathematically describe the kinematic pair. This approach for determination of the kinematic pair parameters is much easier [14] and more suitable for students' understanding.

Software

In this project the students use Matlab development environment to

fill a template with kinematic pair parameters that are previously written on a sheet of paper. These parameters are input parameters of pre-written special functions that generate proper homogenous matrices.

For the end result checking, a special Graphical User Interface (GUI) was developed, where the students fill in the selected values of joint variables for the robot. By clicking a button in GUI the filled template is run. As a result, the pose of the end-effector in the reference frame in the form of the homogenous matrix and in Euler angles is displayed. The results can be checked by the laboratory projects textbook where the correct results for selected joint values are written.

Theory

The method to geometrically describe the robot manipulator with the use of vector parameters is included in the lectures on robotics [1], [2]. Its basic idea is to use homogenous matrices to describe the pose of the end-effector in reference frame. The method prescribes how the particular joint frames are placed on the manipulator to calculate the end-effector pose from the joint variables. The method prescribes the following steps:

1. The robot mechanism must be placed into the home position, where the joint variables are equal to 0 ($J_i = 0$ and $d_i = 0$, $i = 1, 2, \dots, n$). This rule must set the joint axes parallel to one of the reference frame axes $x_\sigma y_\sigma z_\sigma$.
2. The centers of the joints $i = 1, 2, \dots, n$ are selected. The center of joint i can be anywhere along the corresponding joint axis. A local coordinate frame $x_i y_i z_i$ is placed into the joint center in such a way that its axes are parallel to the axes of the reference frame $x_\sigma y_\sigma z_\sigma$. The local coordinate frame $x_i y_i z_i$ is displaced together with the segment i .
3. The unit joint vector e_i is allocated to each joint axis $i = 1, 2, \dots,$

n . It is directed along one of the axes of the coordinate frame $x_i y_i z_i$. In the direction of this vector the translational variable d_i is measured, while the rotational variable J_i is assessed about the joint vector e_i .

4. The segment vectors b_{i-1} are drawn between the origins of the $x_i y_i z_i$ frames, $i = 1, 2, \dots, n$. The segment vector b_n connects the origin of the $x_n y_n z_n$ frame with the robot end-point.

Following these steps, a table is built with appropriate vector parameters and homogenous matrices are written. After the multiplication of matrices, the end result is another homogenous matrix that describes the robot end-effector pose in reference frame.

Student project

Students build the geometrical model by using the vector parameters for robot Epson PS3 with 6 DOF. At the start a sheet of paper (Figure 3) with the robot home configuration is given to the students. On this sheet of paper vectors e_i are not drawn. The depicted robot correspond to step 1 of the method, where all joint variables are 0 degrees. This figure also shows: the reference coordinate frame pose, the small black dots that define the positions of the centers of the joints, the distances in millimeters between the joints and joint positive rotations of the selected robot.

Next the students draw on the sheet of paper the unit directional vectors e_i that define positive rotations of the individual robot joint. At this point the students need to be careful, because the direction of the vector e_i for joint 4 and 6 is opposite to the y axis of the local or reference frame. This is because the selected robot has the positive rotation defined as clockwise, which is considered negative in robotics textbooks. This situation is shown by Figure 3 where vectors e_i are included.

In the last phase of the method the segment vectors b_{i-1} need to

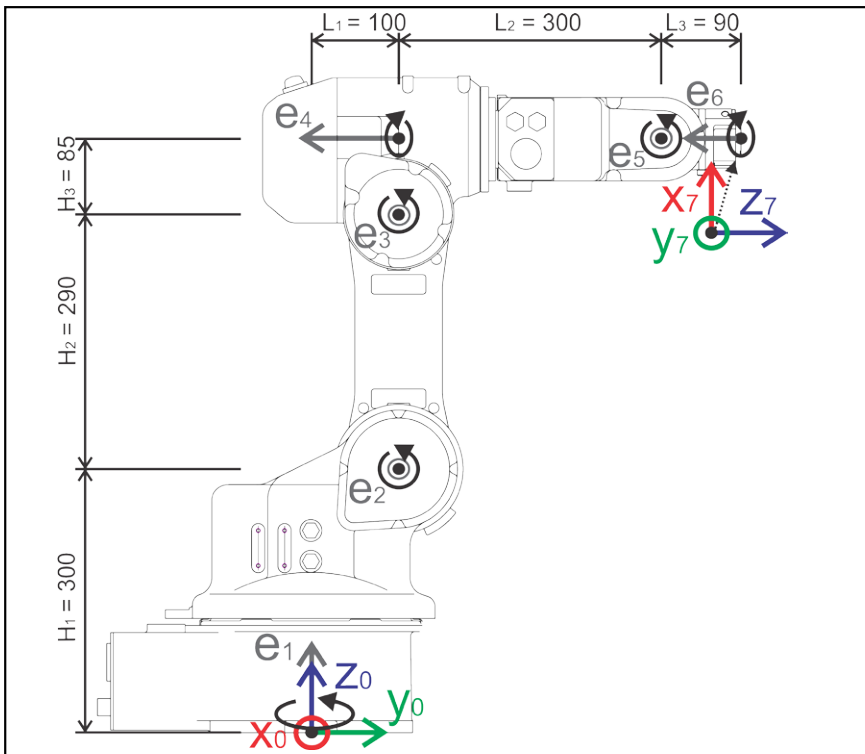


Figure 3. Epsilon PS3 sketch including dimensions

be drawn. These vectors show the information of the direction and distance between the robot joints. Regarding to the drawings the students construct a table (Table 1) including vector parameters:

to include another transformation 6H_7 , to align the last frame with the one on the real robot. The students receive the resulting end-effector pose in reference frame as a homogenous matrix T , calculated by pro

Table 1. Vector parameters

i	1	2	3	4	5	6
ϑ_i	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3	ϑ_4	ϑ_5	ϑ_6
d_i	/	/	/	/	/	/
e_i	0 0 1	1 0 0	1 0 0	0 -1 0	1 0 0	0 -1 0
b_{i-1}	0 0 0	0 L_1 H_1	0 0 H_2	0 0 H_3	L_2 0 0	L_3 0 0

When the table is written the students use special functions for generating homogenous matrices. With these functions the template file for the robot Epsilon PS3 is filled. Homogenous matrices define the pose of individual local coordinate frame in the previous frame: ${}^0H_1, {}^1H_2, {}^2H_3, {}^3H_4, {}^4H_5$ and 5H_6 .

The selected robot has the last coordinate frame oriented as shown in Figure 3, marked with number 7. To compare the calculated pose with the real robot pose it is necessary

per matrix postmultiplication order (9) where selected values of joint variables values J_i in d_i are included:

$$T = {}^0H_1 \cdot {}^1H_2 \cdot {}^2H_3 \cdot {}^3H_4 \cdot {}^4H_5 \cdot {}^5H_6 \cdot {}^6H_7 \quad (9)$$

5 Position and force control of anthropomorphic robot

Project goal

The goal of this project is to teach students how the simplest proportional (P) controller for position and force control of the robot end-point

in reference frame is behaving. In robotics this kind of control is called *control of the robot in external coordinates*. The project demonstrates to the students that the robot end-point can be controlled by its position in robot space or by contact force that acts between the robot end-point and environment [15]. During the project also the influence of the proportional gain on system stability is studied.

Hardware

In the presented student project the robot Staubli RX90 is used. It has 6 DOF, all joints are rotational. The original robot is a position controlled system, however in our laboratory it was redesigned into a force controlled (haptic) device [16]. For the force control a force and torque sensor JR3 85M35A-I40 is attached to the robot end-point. On the force/torque sensor a handle for human interaction is attached which is also used for attaching a marker pen.

Software

For the control of the robot in addition to the position controller, a special controller was developed. The haptic controller runs in real-time MathWorks xPC Target environment [17]. Programming of the robot movements takes place in Matlab Simulink environment. A special GUI enables xPC Target start and stop of the controller (position, force and position&force). For the simplest interaction for the students an *Embedded Matlab Function* object as a program template is included. In this template the students write their own highlevel controller. This object has several input parameters:

- p_s ... end-point start position (x_s, y_s, z_s) ,
- p ... end-point current position (x, y, z) ,
- f ... current force at the end-point (f_x, f_y, f_z) ,
- t ... current time,
- K_p ... position controller proportional gain,
- K_{pf} ... force controller proportional gain.

The output of the *Embedded Matlab Function* object is a velocity vector v of the end-point (v_x, v_y, v_z) . This

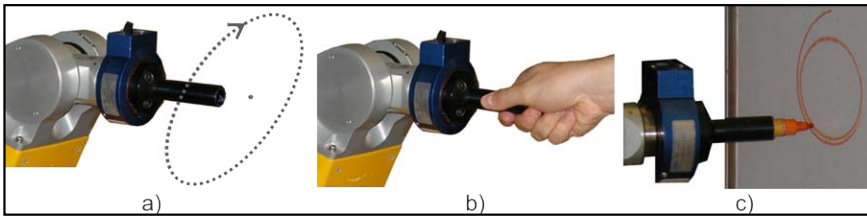


Figure 4. Robot is position (a), force (b) and position/force (c) controlled

vector is a reference value for much more complex low-level controller that controls the robot in the joint space.

Student project

The project is divided in three parts. In the first part the students make the robot Stäubli RX90 end-point to move (Figure 4a) along a circle in vertical yz plane of the reference frame (x_0, y_0, z_0) . This is the position control of the robot.

In the second part of the project students are introduced with the robot force control by the use of the proportional force controller. This controller needs to control the robot end-point in a way that the forces acting at the end-point are negated. For this reason the reference force for all three frames directions must be set to 0 N. This robot behaviour is suitable for freely moving the robot end-point by hand (Figure 4b) in all three directions of the robot work space.

In the third part the students combine the knowledge from the first two parts. The control, where the robot is moving in a circle, is completely the same and only the force controller is slightly different. The robot needs to seek for a contact force of 1 N in x axis direction of reference frame. During this motion the robot is displaced towards a whiteboard positioned in front of the robot. When the end-point touches the whiteboard, the contact force of 1 N in x direction is maintained. For a better representation of the movement, the end-point is equipped with a marker pen that draws the end-point path on the whiteboard surface (Figure 4c).

Theory

The controller that is still suitable

to perform adequately for the project requirements is a proportional controller. The most important is that the students understand how the error between the reference and current control value is used in the control loop.

In addition to understanding the proportional controller principle and using this knowledge to write a program, the students need to define the appropriate reference inputs of the proportional controller. The first part of the project requires the circular movement of the robot end-point in yz plane of the reference frame. For this purpose should be defined the circular movement as stated by equations (10) and (11):

$$y_r = y_s + r \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (10)$$

$$z_r = z_s + r \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (11)$$

The x position of the robot end-point is fixed at the starting position $x_r = x_s$. Parameters r and ω are pre-defined.

The controller output to the robot system, in our case the xPC Target controller, is a velocity v . It is calculated by multiplying the position error e_p between current p and reference position p_r and position gain value K_p .

The proportional controller to control the robot by the force at the end-point in the second part of the project is only slightly different from the first part. The basic difference is the control parameter, which is force and not position. The students need to write a program to calculate the error e_f between the reference force f_r and current force f , measured directly by the force and torque sensor attached to the robot end-point. To move the robot freely in

space the reference force values are set to 0 N.

In the third part of the project students accomplish a circular movement of the robot end-point in yz plane of the reference frame while maintaining the contact force of 1 N in x axis direction of the reference frame with the whiteboard placed in 6 front of the robot. The end-point is equipped with a marker pen that draws the end-point trajectory on the whiteboard. This whiteboard can also be rotated to different angles regarding to starting perpendicular orientation to the marker pen. At the beginning the proportional gain of force controller K_{pr} is set to a low value and when the slope of the whiteboard is not perpendicular to the marker pen, the force control in direction of x axis of the reference frame is not fast enough. For this reason the students need to increase the gain value. They can observe the real robot end-point behaviour when the gain is too low or too high. When the gain K_{pr} is set too high the robot becomes unstable and bounces against the whiteboard.

6 The survey results

When the laboratory practical projects for Robotics class were being prepared, several goals were specified. It was our aim that the students are motivated and come to the laboratory with enthusiasm. The practical work involves theory related to real-life problems. The projects can be considered also as preparation for examination and are preparing the students for working in a team.

To achieve these goals it was necessary to make use of real industrial robots, to prepare the proper laboratory textbook, to prepare student projects to be of proper difficulty and that the oral examination following each project is well accepted by the students.

At the end of the semester in June 2012 we performed a short survey among the students of Robotics class to assess the effectiveness of the teaching process. The number

of students was 38 and all completed the survey. The survey consisted of seven questions.

Question 1: "Is it important to perform laboratory practical projects mainly on real industrial robots?"

Table 2. Survey answers in percentage for question 1

a(%)	b(%)	c(%)	d(%)	e(%)	f(%)	g(%)
60,5	84,2	73,7	78,9	60,5	18,4	23,7

Table 3. Survey answers in percentage for question 2

a(%)	b(%)	c(%)	d(%)	e(%)	f(%)	g(%)
78,9	10,5	55,3	65,8	63,2	21,1	26,3

Table 4. Survey answers in percentage for question 4

a(%)	b(%)	c(%)	d(%)	e(%)	f(%)
21,1	36,8	89,5	15,8	13,2	0,0

This question had two possible answers, *Yes* and *No*. The results showed, that all 38 students agreed that it is of utmost importance to perform the laboratory projects on real industrial robots. The positive answer had also the subquestion "If the answer is *Yes*, why is it important?". The students could choose several answers among several possible:

- a) To use robotic systems from several manufacturers.
- b) Real situations enable better insight into the robot system.
- c) Much more can be learned from real situations.
- d) Real situations give more experience.
- e) The knowledge can be used in future professional work.
- f) Repeating the knowledge acquired at lectures.
- g) Teamwork habituation.

The results in *Table 2* show that the students did not connect the usage of real industrial robot equipment with lectures (answer f). However, the students believe that working with real robots enables improved insight into the robot systems (answer b), gives more experience (answer d) and much more can be learned from using real equipment (answer c).

Question 2: "What motivates you in the laboratory practical work?"

This question was asked to find out which projects are motivating the students the most and which part of the laboratory work must be improved in the future. Several answers could be chosen from the following proposals:

- a) The laboratory projects are interesting.
- b) Because at the end of each exercise there is an oral exam.
- c) The knowledge can be used in future professional work.
- d) Modern equipment is used.
- e) Real problems are solved.
- f) Repeating the knowledge acquired at lectures.
- g) Teamwork habituation.

The percentage of answer b (*Table 3*) was quite a surprise for us, because we expected that the oral examination will be the only motivation to the students. On the contrary, the students find the projects very interesting (answer a) and also the use of industrial robots (answer d) is very high in ranking.

Question 3: "Is it suitable that at the end of project written report was replaced by oral exam?"

Regarding to the previous approach at the laboratory practical work, when the students had to write the final report and defend it, we introduced oral examination after each project. Only answers *Yes* and *No* were possible.

The results showed that all the students found the new approach more suitable than the previous one.

Question 4: "What do you consider is the main purpose of the oral

examination after each project"

With this question we wanted to find out if the students understand why the oral examination after each project was introduced. Several possible answers could be chosen:

- a) Development thinking, which can be used in other areas.
- b) Development of oral expression and communication.
- c) Checking understanding of the theoretical and practical background of the exercise.
- d) Repeating the knowledge acquired at lectures.
- e) Only evaluation.
- f) None of the above.

In *Table 4* the answers percentages are stated. The answer c stands out with almost 90 %. This percentage made us very pleased, because evaluation of understanding of theoretical and practical background is the goal of the oral examination. It is necessary to mention also the high percentage of answer b, where students find the oral examination as a way for development of oral expression and communication abilities.

Question 5: "Does the laboratory textbook encourages independent thinking in realization of projects?"

As it was mentioned, it was our goal to prepare a laboratory textbook [5] which is given freely to the students. It was written and structured in a way to motivate the students to work independently. With this question in the survey we wanted to find out if the goal was successfully reached. The students had to choose one answer among the following possible answers: *Yes*, *I can't tell*, *No*.

The 34 or 89.5 % of the students revealed that the literature was properly written, 2 of them didn't agree at all and 2 students could not take a side.

Question 6: "Do you think that knowledge acquired from the Robotics lectures helps you at laboratory projects?"

One of the purposes of educational process is also to relate the lectures as much as possible to practical

projects. This connection was at the top of our goal list when the laboratory projects were prepared and with this question we wanted to find out if the connection is sufficient. The students had to choose one answer among the following possible answers: *Yes, I can't tell, No.*

The results to this question were not as good as we had planned at the laboratory projects preparation. Among 38 students 6 of them did not agree that the theoretical knowledge helped them to perform the laboratory projects. However, 29 of the students appreciated the knowledge, while 3 of them could not take a side.

Question 7: "Do you think that knowledge acquired from the Robotics lectures helps you at laboratory projects?"

One of the purposes of educational process is also to relate the lectures as much as possible to practical projects. This connection was at the top of our goal list when the laboratory projects were prepared and with this question we wanted to find out if the connection is sufficient. The students had to choose one answer among the following possible answers: *Yes, I can't tell, No.*

The results to this question were not as good as we had planned at the laboratory projects preparation. Among 38 students 6 of them did not agree that the theoretical knowledge helped them to perform the laboratory projects. However, 29 of the students appreciated the knowledge, while 3 of them could not take a side.

7 Conclusion

The main idea, when the laboratory projects were being prepared, was to motivate students to successfully finish their work as independently as possible and to study Robotics with enthusiasm. We prepared interesting projects which almost all result in some robot motions. Furthermore, it was also necessary to include a tight connection with the fundamental knowledge pre-

sented during the Robotics lectures.

The method how the final mark for laboratory practical work is given differs from the past. In the past the students needed to write a report for each project example and defend this report. The past experiences showed, and this is also quoted in the literature [3], that many students have copied the report from hardworking and independent students. This was one of the reasons why the oral examination after each laboratory project was introduced. The initial fear that defending each laboratory project will influence the atmosphere during the laboratory work disappeared over time and this is proven also by the survey results.

The survey that we had performed among the students showed that our teaching and evaluation approach has many advantages. The students are coming to the laboratory much better prepared and motivated and therefore the projects run faster with more questions asked by the students. To achieve this goal it was very important to prepare appropriate laboratory textbook, enabling the students to prepare themselves for individual projects at home and also to use the textbook efficiently during the laboratory projects.

References

- [1] T. Bajd, M. Mihelj, J. Lenarčič, A. Stanovnik, and M. Munih, *Robotika*. Ljubljana, Slovenija: Fakulteta za elektrotehniko, 2008, first ed., 2008.
- [2] T. Bajd, M. Mihelj, J. Lenarčič, A. Stanovnik, and M. Munih, *Robotics*. Springer Dordrecht Heidelberg London New York: Dordrecht [etc.] : Springer, cop. 2010, first ed., 2010.
- [3] A. Saavedra Montes, H. Botero Castro, and J. Hernandez Riveiros, "How to motivate students to work in the laboratory: A new approach for an electrical machines laboratory," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 53, no. 3, pp. 490–496, 2010.
- [4] N. Linge and D. Parsons, "Pro-

blem-based learning as an effective tool for teaching computer network design," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 49, pp. 5–10, feb. 2006.

- [5] J. Rejc, J. Podobnik, T. Koritnik, M. Mihelj, and R. Kamnik, *Robotika, Priročnik za laboratorijske vaje (Robotics, Laboratory projects textbook)*. Ljubljana, Slovenija: Fakulteta za elektrotehniko, first ed., 2011.
- [6] L. D. Feisel and A. J. Rosa, "The role of the laboratory in undergraduate engineering education," *Journal of Engineering Education*, vol. 94, pp. 121–130, 2005.
- [7] R. Familia, "A virtual laboratory for cooperative learning of robotics and mechatronics," in *Information Technology Based Higher Education and Training, 2005. ITHET 2005. 6th International Conference on*, pp. T2B/17 – T2B/20, 2005.
- [8] M. Koretsky, D. Amatore, C. Barnes, and S. Kimura, "Enhancement of student learning in experimental design using a virtual laboratory," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 51, pp. 76–85, feb. 2008.
- [9] G. Karady, G. Heydt, K. Olejniczak, H. Mantooth, S. Iwamoto, and M. Crow, "Role of laboratory education in power engineering: is the virtual laboratory feasible?," in *Power Engineering Society Summer Meeting, 2000. IEEE, 2000.*
- [10] J. Fernandez and A. Casals, "Open laboratory for robotics education," in *Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on*, vol. 2, pp. 1837 – 1842 Vol.2, 2004.
- [11] J. Ibanez-Guzman, "A robotics and automation teaching laboratory," in *Robotics and Education, IEE Colloquium on*, pp. 5/1 – 5/4, Apr. 1995.
- [12] R. S. H. J. Denavit, "A kinematic notation for lower-pair mechanisms based on matrices," *J. Appl. Mechanics*, June 1955, vol. 22, pp. 215–221, 1955.
- [13] J. Lenarčič, *Kinematics*. Dorf, R., *International Encyclopedia of*

- Robotics, New York. John Wiley, 1988.
- [14] J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control. E.U.A.: Addison-Wesley Publishing Company, second ed., 1989.
- [15] R. Hollis, "Haptics," Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction, W. Bainbridge, Ed., Berkshire Publishing Group, pp. 311–316, 2004.
- [16] J. Podobnik and M. Munih, "Haptic interaction stability with respect to grasp force," Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, vol. 37, pp. 1214–1222, nov. 2007.
- [17] P. J. Mosterman, S. Prabhu, A. Dowd, J. Glass, T. Erkinen, J. Kluzza, and R. Shenoy, "Embedded real-time control via matlab, simulink, and xpc target," in Handbook of Networked and Embedded Control Systems (D. Hristu-Varsakelis and W. S. Levine, eds.), Control Engineering, pp. 419–446, Birkhäuser Boston, 2005.

Motivacijski laboratorijski projekti pri dodiplomskem predmetu robotika

Razširjeni povzetek

Študentski laboratorijski projekti so najpomembnejši člen učnega procesa pri študiju tehnike. To še posebej velja za področje robotike. Laboratorijska izkušnja mora študentom nuditi spoznavanje opreme, delovnih navad in tesne povezave med teorijo in prakso. Namen članka je predstaviti motivacijske laboratorijske projekte pri predmetu Robotika, kjer študenti uporabljajo industrijske robote. Predstavljeni projekti so neposredno povezani s predavanji homogenih transformacij, z robotskim modelom in robotskim vodenjem po poziciji in sili. Vsak študent samostojno ali v manjši skupini do treh študentov opravi šest projektov. Članek detajlno opisuje tri študentske laboratorijske projekte.

Prvi je namenjen spoznavanju in predvsem utrjevanju ter razumevanju uporabe homogenih transformacij v praktičnem primeru. Študenti z vajo spoznavajo postopek, ki določi dve homogeni transformacijski matriki, s katerima nato izračunajo lego kamere glede na referenčni koordinatni sistem robota. Ta informacija je ključna za izračunavanje lege objektov (zamaškov) glede na referenčni koordinatni sistem, če so lege objektov zaznavne s pomočjo videokamere oz. znane v koordinatnem sistemu kamere. Po ustreznih matematičnih operacijah študenti poženejo že napisan robotski program, ki zamaške, glede na njihovo lego v koordinatnem sistemu videokamere, pobere in privije na ustja plastenk.

Za razumevanje pojma kinematika študenti opravijo laboratorijski projekt, pri katerem morajo glede na podano skico robota z uporabo metode z vektorskimi parametri določiti geometrijski model robota. Ta model določa lego zadnjega koordinatnega sistema na vrhu robota glede na referenčni koordinatni sistem robota v odvisnosti od spremenljivk njegovih sklepov. Projekt izvajajo za robot Epson PS3.

V sklopu predavanj študenti spoznajo tudi različne načine vodenja robotov. Običajno so industrijski roboti vodeni po poziciji, vendar pa pri enem laboratorijskem projektu spoznajo, da je mogoče robot voditi tudi po sili. Projekt se izvaja na robotu Stäubli RX90, ki ima na vrhu nameščen senzor sile JR3. Z zapisom izredno preprostega proporcionalnega regulatorja, katerega izhod predstavlja hitrost vrha robota glede na bazni koordinatni sistem, študenti realizirajo: vodenje robota po poziciji s kroženjem vrha v eni ravnini, vodenje robota po sili, izmerjeni s senzorjem sile z referenčno silo enako 0 N, ter hibridnim vodenjem (po poziciji in sili), kjer realizirajo risanje kroga na tablo pred robotom, pri čemer je kontaktna sila med pisalom in tablo 1 N.

Na koncu vsakega posameznega laboratorijskega projekta preverimo znanje oz. razumevanje posameznega študenta glede na projekt, ki ga je tisti dan opravljal. Tako vsak študent dobi od 3 do 5 vprašanj, ki se nanašajo neposredno na razumevanje delovanja projekta s stališča teorije kot tudi prakse.

Konec poletnega semestra v šolskem letu 2011/2012, torej po zaključku laboratorijskih projektov, smo med študenti opravili anketo. Ta je pokazala, da so laboratorijski projekti pri predmetu robotika zanimivi in študente motivirajo za delo, pohvalili pa so tudi neposredno povezanost s snovjo predavanj, kar jim pomaga pri utrjevanju snovi za izpit.

Ključne besede: robotika, laboratorijski projekti, homogene transformacije, geometrijski model robota, vodenje robota

20 let

ZAGOTAVLJAMO POPOLNO GIBANJE



Hidravlični cilindri: MD18ME 300/220x3200 350 bar

Naše poslanstvo je zagotavljati popolno in zanesljivo gibanje hidravličnih naprav.

Podjetje MAPRO d. o. o., proizvaja in prodaja hidravlične cilindre, kromirane batnice/palice, cevi, tesnila in druge sestavne dele za proizvodnjo hidravličnih cilindrov. Paleta izdelkov obsega od preprostejših izvedb do najbolj zahtevnih visokotehnoloških cilindrov in hidravličnih komponent. Izdelke odlikuje vrhunski dizajn, visoka stopnja varnosti in 100 % testiranje. Po zaslugi najsodobnejše opreme lahko v najkrajšem možnem času izdelamo izdelke v skladu z najbolj zahtevnimi željami naročnikov.

Kataloge izdelkov dobite na spletu www.mapro.eu, lahko pa vam jih pošljemo tudi po pošti.

Vsem poslovnim partnerjem želimo prijetne praznike
in uspešno novo leto 2013.

MAPRO
HYDRAULIC MOVEMENT

MAPRO d.o.o., Industrijska ulica 12, 4226 Žiri, Slovenija, T +386 4 510 50 90, F +386 4 510 50 91, E info@mapro.si, I www.mapro.eu



Uvajanje tehnične diagnostike v papirnici

Darko CAFUTA

■ 1 Uvod

V prispevku želimo predstaviti nekajletne izkušnje pri uvajanju tehnične diagnostike in vzdrževalnih del v papirnici GORIČANE, to je vse od leta 1980 do leta 2007. V tem obdobju je papirnica doživljala številne spremembe in različne posege v delovanje papirnih strojev. Osnovna cilja za uspešnost podjetja pa sta bila učinkovita proizvodnja papirja in proizvodnja toplote in energije.

V začetni fazi so bila delovna sredstva (papirni stroj, parni kotel) v slabem tehničnem stanju. Kot je v literaturi še posebej poudarjeno, je potrebno za uvedbo učinkovitega preventivnega vzdrževanja najprej izboljšati delovna sredstva in odpraviti tehnične napake in šele nato pričeti s preventivnim vzdrževanjem [1 do 6].

Za strategijo uvajanja preventivnega vzdrževanja se je odločilo vodstvo tovarne, ki se je zavedalo, da se s tem ne da doseči takojšnjih rezultatov. Potrebna sta bila analiza stanja in oblikovanje skupine za preventivno vzdrževanje kakor tudi ustrezni posegi v obnovo papirnega stroja.

Izvedena je bila analiza pojavljanja napak in kako delovanje papirnega stroja vpliva na kakovost proizvedenega papirja. Nabavili so se instrumenti za meritve vibracij in usposobili delavci za delo z napravo za nastavljanje soosnosti gredi. Pregled napak je bil tudi osnova za ugotovitev razpoložljivosti stroja. Nekateri informacijski podsistemi so v vzdrževanju že delovali (zaloge rezervnih delov, zapisi o popravilih

valjev in črpalk), dodal se je le informacijski sistem za izdajanje delovnih nalogov. S tem se je preprečilo delo brez izdanih nalogov in začelo se je zasledovanje stroškov po strojih in napravah.

Pri analizi papirnega stroja smo si postavili za cilje odpraviti šibke točke, ki so povzročale zastoje, slabo kakovost papirja in zmanjševale kapaciteto. Z delnim reševanjem smo leta 1994 pričeli odpravljati najbolj akutne napake na stroju, ki so predvidevale tudi predelave papirnega stroja.

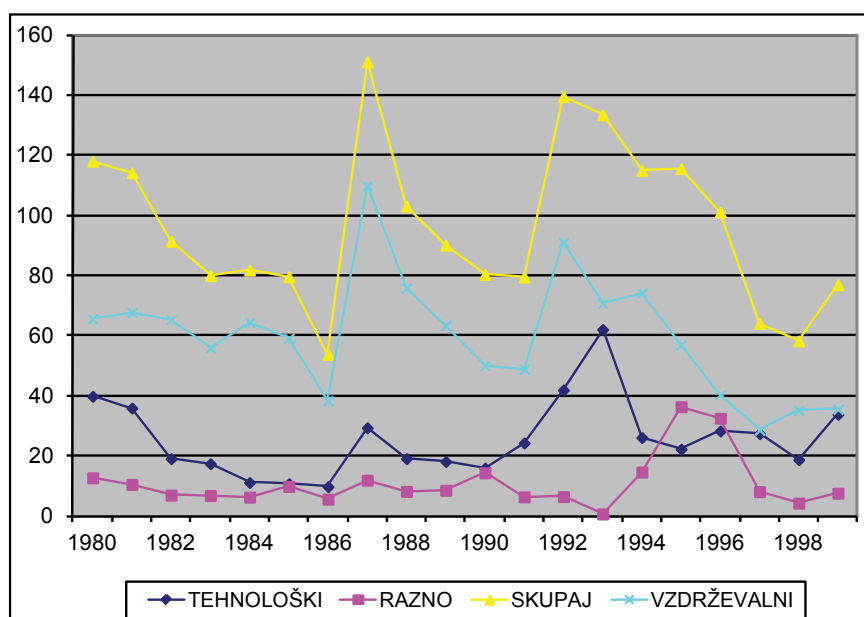
Seveda pa si je bilo potrebno najprej izpopolniti znanje s področja vzdrževanja. Pri tem smo si pomagali z literaturo in obiski sorodnih papirnic v tujini, ki so uspešno poslovale. Znanje pa si je bilo mogoče pridobiti na specializiranih delavnicah, kongresih papirne branže ter s sodelovanjem s strokovnjaki branže. Vključene so bile tudi svetovalne organizacije, ki pa

niso bile poceni. Tudi pri velikih proizvajalcih strojev za papirno industrijo, v Evropi sta dva, eden na Finskem in drugi v Nemčiji, imajo veliko znanja o kakovosti papirja in vzdrževalnih problemih, vendar tudi znanje ni zastoj. V ta namen smo po vzgledu drugih papirnic po letu 1994 oblikovali skupino za »monitoring« – nadzorno skupino, ki je zbirala podatke o stanju papirnega stroja. Kar je pomenilo pričetek preventivnega vzdrževanja.

■ 2 Pregled zastojev papirnem stroju v obdobju 1980–1999

Zaradi različnih pogojev, pri katerih je obratoval papirni stroj, je pregled zastojev razdeljen v štiri obdobja:

- 1980–1986,
- 1987–1991,
- 1992–1994,
- 1994–1999.



Slika 1. Vzdrževalni, tehnološki in skupni zastoji na papirnem stroju (v urah na mesec)

Darko Cafuta, dipl. inž., Ljubljana

V letih 1980–1986 so se unesle začetne napake papirnega stroja, zgrajenega leta 1975. Tudi vzdrževalci so vedno bolj spoznavali stroj. Zmanjšali so se časi zastojev zaradi vzdrževanja ter zastoji zaradi tehnološkega procesa. Skupno je bilo za 60 ur zastojev na mesec pri neprekinjenem delovanju. Pri tem je treba upoštevati, da je stroj obratoval le s hitrostjo 400 m/min.

Med letom 1987–1991 je bila takoj na začetku izvedena velika rekonstrukcija papirnega stroja, hitrost pa povečana na 600 m/min. Pojavljati se začnejo začetne napake, čas za vzdrževanje je narasel na rekordnih 110 ur na mesec, skupni čas zastojev pa na 150 ur na mesec.

V tretjem obdobju med leti 1992–1994 je nastopilo za tovarno krizno obdobje. Razpadel je jugoslovanski trg, svetovni trg papirja je bil v recesiji. Papirni stroj smo zaustavljali in poganjali, to pa se je odražalo v povečanem številu okvar. Izredno se je povečalo število zastojnih ur zaradi tehnoloških zastojev. Leta 1994 je proizvodnja zopet stekla normalno, normalizirali so se tudi tehnološki zastoji.

V zadnjem obdobju med leti 1995–1999 so se časi za vzdrževalne zastojne ure pričeli počasi zmanjševati, saj je že teklo uvajanje preventivnega vzdrževanja. Na papirnem stroju so se začele odpravljati konstrukcijske napake. Tudi skupne zastojne ure se pričnejo počasi zmanjševati, vendar počasneje kot vzdrževalne.

V letih 1995–1996 so se povečali zastoji z oznako »razno«. K tem so takrat pričeli dodajati tudi okvare, ki so nastale zaradi poškodb valjev in nerazčiščeni zastoji (ki se jih ni dalo opredeliti niti kot vzdrževalne niti kot tehnološke).

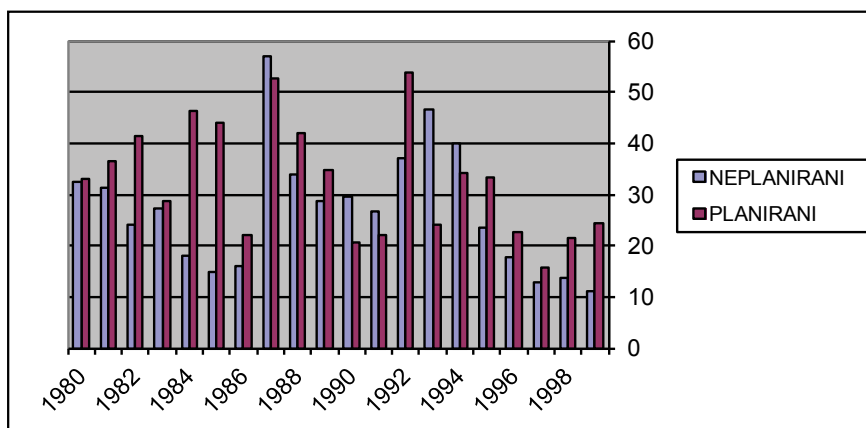
Leta 1996 so se prvič po 10 letih zmanjšali časi vzdrževalnih zastojev na nivo iz leta 1986 (40 ur) in ravnno tako skupni zastoji na 60 ur. Ta nivo se je obdržal do leta 1999, ko so se pojavili problemi s trganjem napeljevalnih vrvi, kljub temu da je

bil sistem leta 1998 rekonstruiran, ni bil optimiran.

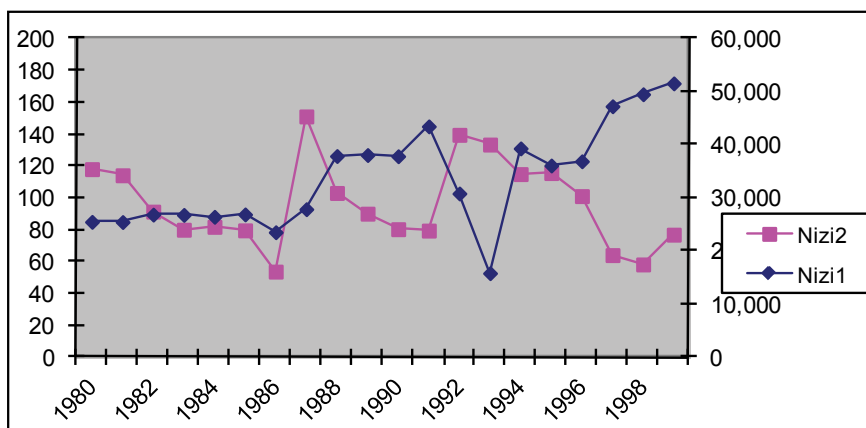
Preventivno vzdrževanje v papirnici je po letu 1994 prineslo vidne rezultate, kot to kaže diagram na *sliki 2*, kjer je viden značilen padec tako planiranih kot neplaniranih ur vzdrževanja.

Tudi pri proizvodnji papirja se v zadnjih letih vidi povečanje proizvodnje ob hkratnem zmanjšanju skupnih ur zastojev (*slika 3*).

pirja) na papirnem stroju. Upoštevati je potrebno tudi čas čiščenja stroja, če papirnica izdeluje barvne papirje. Pokazalo se je, da je papirnica GORIČANE pod evropskimi kazalniki za razpoložljivost papirnega stroja (aprila 1995 celo 66,8 %, vendar je potrebno upoštevati 2-dnevno zamenjavo novega pick-up valja). V letu 1995 se je dalo doseči razpoložljivost 70 %, vendar so bili za leto 1996 že načrti doseči 75-odstotno razpoložljivost. Povečanje razpoložljivosti se



Slika 2. Razmerje med planiranimi in neplaniranimi vzdrževalnimi urami



Slika 3. Soodvisnost proizvodnje papirja (v tonah) in skupnih zastojnih ur

■ 3 Razpoložljivost in učinkovitost papirnega stroja

Z razpoložljivostjo sistema za izdelavo papirja je opredeljen delež časa, ko je sistem pripravljen za proces. Po podatkih je razpoložljivost papirnic v zahodni Evropi in Skandinaviji med 82–92 %. Pri tem je treba upoštevati, kakšno vrsto papirja izdeluje določena papirnica in kolikokrat menjuje program (vrsto pa-

neposredno kaže v uspešnosti podjetja. Petodstotno povečanje razpoložljivosti je takrat pomenilo za podjetje okrog pol milijona evrov večji dobiček.

Za povečanje razpoložljivosti je podjetje ustanovilo pet vzdrževalno-proizvodnih timov, ki so ugotavljali, kako z organizacijskimi posegi in z manjšimi investicijami doseči večje učinke. Na osnovi predlogov so se pripravili plani investicij po letih.

Leta 1996 smo zamenjali sklop za

navijanje papirja, ki je povzročal izredno veliko zastojev. Z zamenjavo je papirnica takrat zmanjšala potrebe po vzdrževanju, povečala zanesljivost procesa izdelave papirja. Trdota papirja je bila v predpisanih tolerancah in izmet se je zmanjšal. V nadaljnjih letih je podjetje kupilo še rezervne dele, nove valje in nekaj reduktorjev za zamenjavo, kar je omogočilo hitrejše popravilo ob okvarah z enostavno zamenjavo okvarjenih delov. Leta 1998 pa je bil zamenjan premazni agregat, saniralo pa se je še nekaj drugih ozkih grl.

Razpoložljivost papirnega stroja je odvisna od:

- hitrosti stroja,
- deleža dobrega izdelka,
- časa delovanja stroja,
- izkoriščenosti papirnega stroja.

Pri tem je razpoložljivost papirnega stroja opredeljena kot razmerje med časom delovanja in razpoložljivim časom, zmanjšanim za čas zastojev:

$$A = \frac{\text{čas delovanja stroja (celotni razpoložljivi čas - čas zastojev)}}{\text{čas zastojev}} \times 100 \text{ v [\%]}$$

Zastoji nastanejo zaradi planiranega ali neplaniranega vzdrževanja ter zaradi tehnoloških ali obratovalnih razlogov. Če ni na voljo vseh energentov (para, elektrika, zemeljski plin, stisnjen zrak ter tehnološka voda), nastanejo tudi zastoji papirnega stroja zaradi pomanjkanja energentov.

Celotna učinkovitost papirnega stroja je tako:

$$CE (OEE) = A \times P \times Q$$

kjer so:

- A – razpoložljivost stroja
- P – zmanjšana proizvodnja zaradi zmanjšanja hitrosti stroja
- Q – zmanjšana proizvodnja zaradi slabe kakovosti izdelka

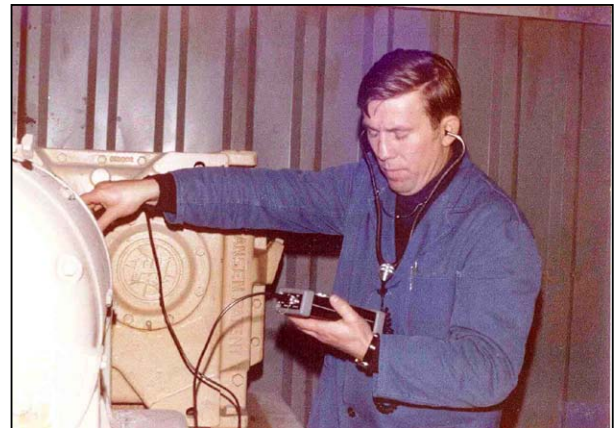
S tako izraženo učinkovitostjo papirnega stroja se lahko primerjajo produktivnosti papirnih strojev s podobnim programom (vrste papirja) in na podobnih širinah papirnih

strojev. Ta podatek takoj pove, kako je stroj vzdrževan, kako opravlja svoje delo oddelek vzdrževanja, kako je urejena tehnologija izdelave papirja in izurjena posadka papirnega stroja. Seveda vpliva tudi energetski oddelek, ki skrbi za dobavo energentov.

Papirnica je v obdobju med 1995 in 2007 dosegala visoko učinkovitost (OEE) papirnega stroja:

- 1995 (april): 66,8 %
- 1998: 80,3 % (maksimalna mesečna celo 85 %)
- 2001: 72,4 % (predelava stroja na 800 m/min)
- 2002: 76,0 %
- 2003: 80,67 %
- 2004: 81,3 %
- 2005: 77,1 %
- 2006: 70,2 % (predelava stroja na 1000 m/min)
- 2007: 76,4 %

Posamezne papirnice ne objavljajo več podatkov o celotni učinkovitosti in razpoložljivosti papirnih strojev. Vendar pa te podatke še vedno zbirajo proizvajalci strojev za »svoje« stroje. Tako je zgrajena baza podatkov, ki je anonimna. Po želji pa ti samo povedo, kje si s celotno učinkovitostjo papirnega stroja v primerjavi z drugimi. Seveda so vedno pripravljeni pomagati pri analizi in nasvetih, kaj je potrebno urediti, da se CE (OEE) poveča.

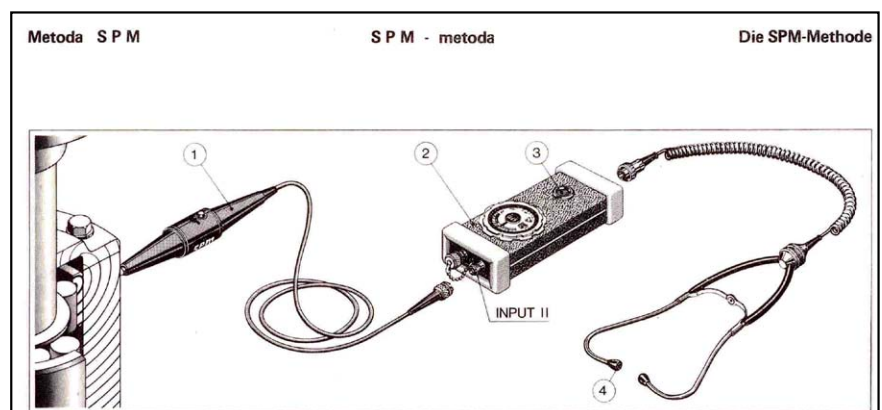


Slika 4. Naprava za merjenje vibracij leta 1977

Na razpoložljivost papirnega stroja značilno vpliva hitrost stroja. Pri določenih hitrostih se na stroju pojavijo vibracije in hitrost je potrebno zmanjšati. Vzroki so različni: slabo vzdrževanje, obraba, pregrevanje motorjev in podobno. Da bi lahko ugotovili vzroke in preprečili vibracije, smo uvedli tehnično diagnostiko.

Papirnica Goričane je leta 1977 kupila prvi instrument za merjenje vibracij SPM. Takoj je pričela z meritvami stanja ležajev.

Danes se kontrolira stanje ležajev s tehniko udarnih impulzov in s senzorji, ki omogočajo FFT-analizo vibracij. Poleg tega je bila leta 1990 podpisana pogodba o sodelovanju s specializirano firmo za meritve vibracij in za izvajanje kontrolnih meritev (trikrat na leto) ter meritev pri pojavu motenj na papirnem stroju. Monitoring skupina si je ustvarila bazo podatkov o ležajih, na osnovi katerih lahko napovedo čas do zastoja, tako da se lahko popravilo vključi v planirani zastoj in ni potreb-



Slika 5. Merjenje vibracij ležajev marca 1980 (foto: D. Cafuta, arhiv)

nih dodatnih ur zastoja. Nabavili so se tudi instrumenti za merjenje puščanja medijev z metodo ultrazvoka in kamere za termografijo. Tudi tukaj smo uporabljali meritve zunanjih inštitucij, če sami nismo mogli rešiti problemov. Meritve kvalitete olja smo prepuščali specializiranim laboratorijem dobaviteljev maziv.

■ 4 Sklep

Če želimo uvesti preventivno vzdrževanje v tovarni, v kateri so starejši stroji in naprave, je potrebno delovna sredstva najprej izboljšati in jih približati stanju novih naprav. Če teh izboljšav ne izvedemo, se bodo stroji kvarili in s preventivnim vzdrževanjem ne bomo dosegli zelenih ciljev. Splošno velja ocena, da se pri več kot 70 % vzdrževalnih ur za popravilo nepredvidenih okvar ne da brez večjih stroškov in izboljšav strojev uvesti učinkovitega preventivnega vzdrževanja.

Opraviti je potrebno temeljit pregled tehničnega stanja delovnega sredstva in ga temeljito izboljšati. Če to ni mogoče ali pa ekonomsko neupravičeno, je potrebno zamenjati celotno delovno sredstvo.

Po nekaj letih uspešnega uvajanja preventivnega vzdrževanja se je obseg del in stroškov za vzdrževanje pričel zmanjševati. To se je pokazalo tudi v obravnavanem obdobju

1980–1999 v papirnici GORIČANE. Vendar po to ni bil konec izboljšav papirnega stroja. Leta 2001 je sledila predelava papirnega stroja na 800 m/min in potem leta 2006 na 1000 m/min. Vendar pa se ravno zaradi tega, kar smo se naučili v obdobju 1980–1999, niso dogajale tako drastične spremembe, saj so bile predelave dobro pripravljene.

Število ur zastojev se je v letu 1996 zmanjšalo za 10 %, kar je bil prvi znak, da se ukrepi uvajanja preventivnega vzdrževanja že poznajo.

Leta 1997 pa se je število zastojnih ur zmanjšalo kar za 40 % glede na leto 1995, kar pa je pomenilo, da je program uvajanja preventivnega vzdrževanja zaživel. Izvedlo se je precej investicij, ki so se leta odlašale, kupili so se rezervni deli in novi valji in nekaj reduktorjev za zamenjavo (da ni bilo potrebno popravljati okvarjenih) in so se lahko ob okvari samo zamenjali.

Leta 1998 smo zamenjali celotni sklop premaznega agregata in sanirali druga ozka grla. Nove naprave niso imele začetnih okvar, tako da se število vzdrževalnih zastojnih ur ni povečalo v primerjavi s prejšnjim letom. Pokazalo se je, kako pomembna je izbira preizkušene firme za dobavo novih postrojev in dobra in temeljita priprava investicije.

Najceneje pa je, da so v tovarni strokovnjaki v vzdrževanju, ki znajo analize in ukrepe za ureditev izdelati sami. Seveda pa jih je potrebno izobraževati in izuriti, da znajo uporabljati naprave za tehnično diagnostiko. Vse parametre celotne učinkovitosti pa je treba dnevno zasledovati, da lahko vzdrževanje takoj prične s korektivnimi ukrepi za izboljšavo stanja, na katero ima vpliv. Seveda se morajo dnevno o tem pogovarjati strokovnjaki z več področij, saj so okvare ali napake na papirnih strojih zelo kompleksne.

Literatura

- [1] Alan Wilson, Asset Maintenance Management; A Guide to developing Strategy & Improving Performance, Conference Communication, 1999.
- [2] A. Kelly, Maintenance strategy, Butterworth Heinemann, 1998.
- [3] J. Moubray: Reliability-centered Maintenance, Butterworth-Heinemann, 1995.
- [4] Condition Monitoring Methods and Technique Training Manual, Idcon Inc.
- [5] J. Marolt: Organizacija vzdrževanja delovnih sredstev, Moderna organizacija, Kranj, 1990.
- [6] Christer Idhammar: Cut costs or improve reliability, PPI, april 2009.



industrijski
forum IRT
www.forum-irt.si

5. industrijski forum
Inovacije, razvoj, tehnologije **2013**

www.forum-irt.si



Jubilejni 5. industrijski forum IRT bo v 2013 prvič tridnevni dogodek, saj bo pod svojim okriljem gostil mednarodni forum orodjarjev 4. forum ISTMA Europe na katerem se pričakuje tudi udeležba najvidnejših političnih predstavnikov z državne in evropske ravni.

Portorož,
10. – 12. junij 2013

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

Kalibracija kontrolnih naprav na mestu uporabe

Primož HAFNER

Merilne ali kontrolne naprave, montirane na proizvodnih linijah, se vse bolj uveljavljajo. Kot take postajajo pomemben člen zagotavljanja kakovosti izdelkov in omogočajo stoođotno končno kontrolo, kar je s človeškimi viri skorajda nemogoče oziroma ekonomsko neupravičeno. Merilne naprave se zato morajo obravnavati povsem enako kot ostalo merilno orodje, katerega točnost in natančnost moramo redno preverjati, da s tem zagotovimo pravilnost delovanja in merjenja samega.

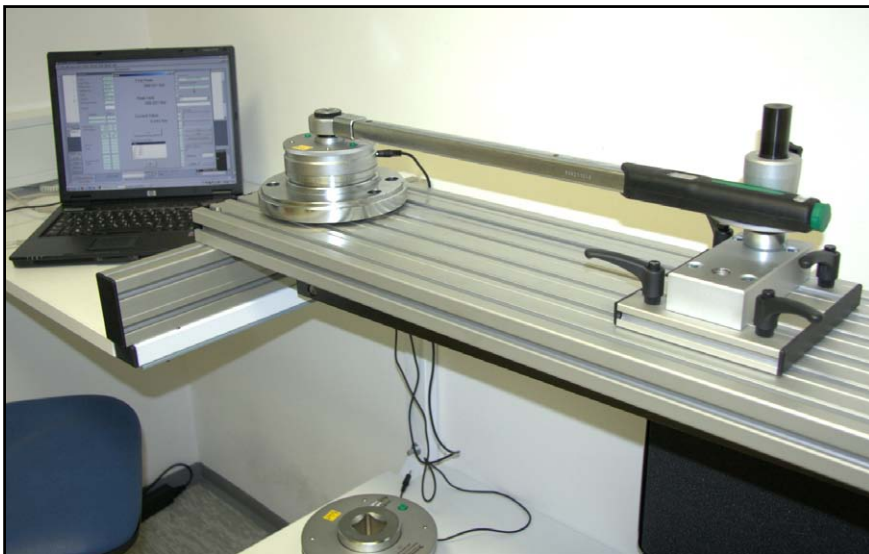
■ 1 Uvod

Merilna ali kontrolna naprava služi za preverjanje lastnosti izdelkov. Vse večkrat so kontrolne naprave integrirane v samo proizvodno linijo, da se s tem poveča učinkovitost njene uporabe. Najpogosteje se merijo dimenzionalne lastnosti izdelka, ki so povezane z najrazličnejšimi dimenzijami, koti, hrapavostjo ali ostalimi površinskimi lastnostmi. Preverjajo se tudi ostale mehanske lastnosti, kot so razne sile odpiranja ali zapiranja, moment sile odvijanja ali

privijanja, kot tudi masa pakiranega izdelka za zagotavljanje prave količine polnjenja ali prisotnosti vseh elementov v embalaži.

Kalibracija ali umerjanje je po definiciji niz operacij za ugotavljanje povezave med vrednostmi, ki jih kaže merilo, in pripadajočimi vrednostmi, realiziranimi z etaloni ali referenčnimi materiali. Drugače povedano je kalibracija ugotavljanje dejanskega stanja merila in pokaže, kako dobro je v resnici merilo. Opravlja se v kar najbolj podobnih okoliščinah kot v praksi. Te okoliščine

Kalibracija se izvaja kot tehnološki postopek in se izvede izključno na željo lastnika. Ta pridobi certifikat o kalibraciji s tabelo rezultatov oziroma odstopanji kazanja merila ter merilno negotovostjo, ki je nastala pri tem postopku. Na podlagi rezultatov se uporabnik lahko odloi, ali merilo zadostuje namenu uporabe, za katerega je bilo izbrano. Lastniku merila prinaša kalibracija najvišjo možno stopnjo zaupanja v merilo, s tem povečanje kakovosti izdelka in ne nazadnje tudi večjo pravno varnost.



Slika 1. Naprava za kalibracijo momentnih ključev

Primož Hafner, univ. dipl. inž.,
LOTRIČ Meroslovje, d. o. o.,
Selca

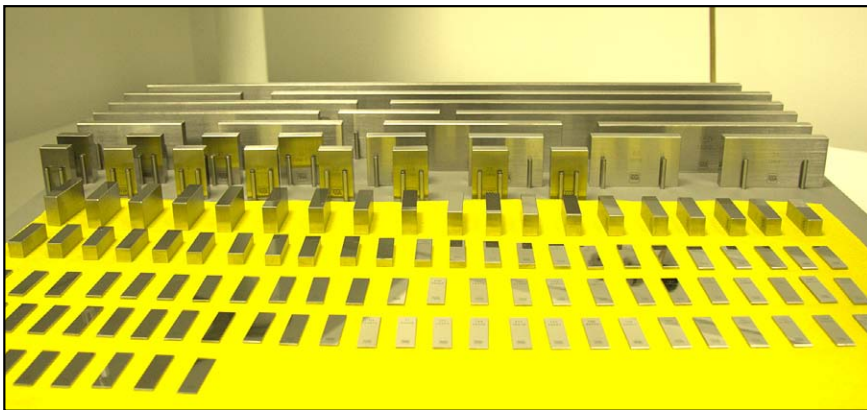
so povezane s pogoji okolja, mestom uporabe, namenom uporabe ter ostalimi parametri, povezanimi z merilnim inštrumentom.

■ 2 Načrtovanje

Prepogosto se dogaja, da v fazi načrtovanja kontrolne naprave ne upošteevamo potrebe po rednem preverjanju točnosti delovanja. Tako se uporabnik največkrat ob pojavljanju določenih motenj vpraša, kako bi preveril točnost delovanja kontrolne naprave.

Kalibracijo je najlažje in praviloma potrebno izvesti z referenčno vrednostjo, ki je v obliki opredmetene mere – etalona, ali z referenčnim materialom. Ta se uporablja v primerih, ko se preverja celoten proces ali ko gre za testiranje s porušitveno metodo.

e bi načrtovalec predvidel redno preverjanje kontrolne naprave, v kasnejših fazah ne bi nastajalo toliko



Slika 2. *Opredmetena mera v obliki vzporednih mejnih meril – merilnih kladic*

problemov. Prepogosto je potrebno za kalibracijo razviti in izdelati celotno referenčno postrojenje. Vse to je povezano z velikimi stroški, zato se uporabniki pogosto ne odločajo za izvedbo kalibracije.

Problemi pri izvedbi kalibracije so povezani s prostorskimi omejitvami. Etalona tako ni možno vpeti ali drugače pritrditi, nadalje zaradi varnostnih omejitev ni možno izvesti celotnega cikla ali celo ni možno odčitavanje izmerjene vrednosti, saj naprava prikazuje samo indikacijo stanja.

Pri načrtovanju merilnih instrumentov morajo proizvajalci omogočiti oziroma ustrezno predvideti način izvajanja periodičnih kalibracij. Podobno bi morali načrtovalci kontrolnih naprav predvideti načine preverjanja točnosti. Pri sami montaži naprave na proizvodnjo linijo se nastavitve izvedejo s pomočjo izdelkov. Posamičen izdelek se predhodno ali naknadno izmeri v merilnem laboratoriju. Tak postopek je lahko potraten tako ekonomsko kot časovno. Veliko tovrstnih problemov bi rešili z izdelavo etalonskega izdelka, ki bi služil za začetno nastavitve kontrolne naprave kot tudi za kasnejše periodično testiranje.

■ 3 Referenčni kos

Za samo zasnovu in kasneje izdelavo referenčnega kosa je potrebno predvideti in upoštevati nekaj zakonitosti, ki veljajo za etalonsko opremo. Etalon mora imeti zagotovljeno dolgotrajno in temperaturno stabilnost, nadalje mora v

postopku uporabe zagotavljati ponovljivost, obnovljivost in primerljivost. Ponovljivost je povezana z zmožnostjo prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov v kratkem časovnem zamiku v podobnih pogojih uporabe. Obnovljivost na drugi strani pomeni zmožnost prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov v daljšem časovnem intervalu, a še vedno v podobnih pogojih uporabe. Ponovljivost navadno ugotavlja isti operater, medtem ko obnovljivost ugotavlja več operaterjev, kar je celo zaželeno. Mogo-

drugje pokazale enake ugotovitve. S tem se izognemo morebitnim sporom ob prevzemu izdelkov.

Etalon se izdelava v tolerančnem polju, ki je vsaj trikrat ožje od pričakovanih za kontrolno napravo, najbolje pa desetkrat boljše. To vedno ni možno ali pa je ekonomsko neupravičeno, morda celo tehnološko neizvedljivo. Zato se za izdelek priporoča izdelava etalona na spodnji in zgornji tolerančni meji, ker se s tem preveri tudi funkcionalnost merilne naprave v celotnem območju delovanja in ne samo v eni točki. Pred uporabo je potrebno etalon tudi ustrezno preveriti oziroma preskusiti.

Pri samem preskušanju etalona je potrebno preskusnemu laboratoriju podati točne zahteve. Te so povezane z naborom merilnih točk, načinom vpetja, pogoji okolja in točnostjo oziroma merilno negotovostjo, s katero naj se izvedejo meritve. Preskusni certifikat za etalon je osnova za napravo in kasneje izvedbo kalibracije.



Slika 3. *Preskus oziroma meritev ustreznosti na triosnem merilnem stroju*

če je najpomembnejši parameter v tem sklopu primerljivost, ki pomeni zmožnost prikazovanja enakih ali dovolj podobnih rezultatov z drugo metodo, na drugem stroju ali v drugačnem okolju. Primerljivost pove, ali je naša metoda dobra in so posledično rezultati dobri in s tem primerljivi na mednarodno raven. Daje nam zaupanje, da bi meritve kjerkoli

■ 4 Kalibracija

Med samim načrtovanjem merilne naprave je potrebno skrbno načrtovati tudi izvedbo kalibracije. Pomembno je točno predpisati način izvedbe, da se zagotovi ustreznost in s tem primerljivost na mednarodno raven. Vsekakor je najbolje uporabiti standardno metodo, če le obstaja.



Slika 4. Izvedba kalibracije na optičnem merilnem stroju

Za potrditev ustreznosti kalibracije se lahko uporabnik odloči za izvedbo v akreditiranem laboratoriju, ki predstavljajo najvišjo možno stopnjo zaupanja v rezultate meritev ali se v postopku kalibracije izvede primerjalna meritev z laboratorijem, ki mu zaupamo. Medlaboratorijska primerjava je nedvomno najboljša oblika dokazovanja rezultatov meritev in v meroslovju velja za edini pravi način dokazovanja rezultatov meritev nekega laboratorija.

V postopku kalibracije se izvede vrsta testov, ki pokažejo ustreznost delovanja merilne naprave. Vrste testiranja so odvisne od vrste merila in stopnje pričakovane točnosti.

V primeru absolutnega merjenja je linearnost najpomembnejši test, ki kaže povezavo med točnostjo prikaza in pravo vrednostjo. Test izvedemo v najmanj petih točkah po celotnem ali delnem območju. Če se izkaže, da je to potrebno, izvedemo test v več merilnih točkah. Nadalje izvedemo test ponovljivosti, ki pokaže, ali je merilna naprava sposobna prikazovati enake rezultate, kar navadno storimo pri eni vrednosti. Če je za merilno napravo to pomembno, izvedemo tudi test obnovljivosti. To je pomembno, ko gre za merilno napravo, kjer se izdelek pred merjenjem pozicionira s pomočjo vpenjanja na merilno napravo. Zadnji in odločilni test pred-

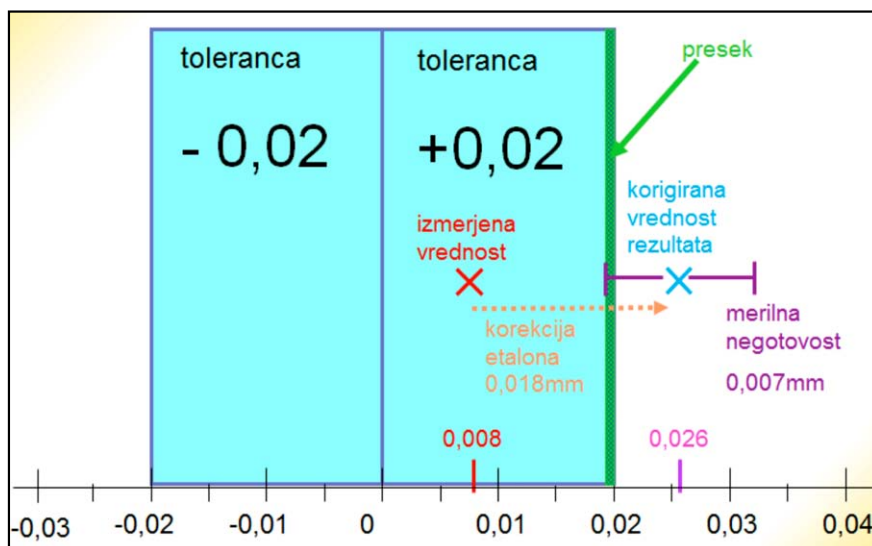
stavlja funkcionalni preskus merilne naprave, ki ga izvedemo ali s predizdelanim etalonom ali s preskušeni izdelki. Pri tem testu se pokaže sposobnost merilne naprave za namen, za katerega se je izdelala. Zato je potrebno izvesti dovolj veliko število ponovitev.

Pri kalibraciji je potrebno predvideti vse mogoče napake in jih testirati pred obratovanjem in med njim. Ovrednotenje rezultatov kalibracije izvedemo tako, da surove rezultate meritev korigiramo s pogoški etalona, spremembami pogojev okolja ali drugimi potrebnimi korekcijami, ki so pomembne in bistveno prispevajo k rezultatom kalibracije. K posameznim rezultatom meritev se

pripiše izračunana merilna negotovost, ki predstavlja kakovost oziroma točnost kalibracijskih rezultatov.

Merilna negotovost je parameter, ki pripada merilnemu rezultatu in označuje interval, znotraj katerega je z določeno verjetnostjo rezultat. Pomeni kakovost merilnega rezultata v pravem pomenu besede. Manjša je merilna negotovost, boljša je kakovost meritve. Pri kalibracijskih laboratorijih je to pokazatelj znanja laboratorija, najboljše kalibracijske in merilne zmogljivosti so zapisane v prilogi akreditacijske listine. V bistvu je vsak merilni rezultat brez podane merilne negotovosti nepopoln in ne prinaša celotne slike meritve.

Če kot primer pogledamo meritev višine človeka. Lahko ga izmerimo s palico dolžine 1 m in najbolje, kar lahko izmerimo oziroma ocenimo, je vrednost z resolucijo 10 cm. Recimo, da ocenimo višino nekega človeka na 1,8 m, pri tem znaša merilna negotovost 0,1 m, saj ne znamo podati ocene, ali znaša višina 1,78 m ali morda 1,85 m. V tem primeru bi zapis višine v obliki 1,8 m – brez podane merilne negotovosti – pomenil nepopoln rezultat, ki bi nas lahko privedel do povsem napačnih zaključkov. Ko pripisemo merilnemu rezultatu merilno negotovost (1,8 m ± 0,1 m), lahko z veliko verjetnostjo povemo, da meritev ni bila najbolj točna in se lahko nahaja vsaj v območju od 1,7 m do 1,9 m.



Slika 5. Ovrednotenje rezultata v tolerančnem polju

■ 5 Ovrednotenje meritev

Merilno napravo oziroma meritve v povezavi s tolerancami izdelka je potrebno ustrezno ovrednotiti. Vsako merilo ali merilni instrument ima napako, ki jo ugotovimo s pomočjo kalibracije. Rezultate v kalibracijskem certifikatu bi morali prenesti direktno na meritve izdelka ali ustrezno zmanjšati tolerance za ustreznost izdelka. Na *sliki 5* vidimo primer ovrednotenja rezultata v tolerančnem polju. Merilni instrument prikaže vrednost 0,008 mm. Zdi se, da leži meritev v tolerančnem polju. Iz kalibracijskega certifikata za uporabljeni merilni instrument dobimo podatek, da je napaka kazanja pri merjenju vrednosti enaka -0,018 mm. Ko upoštevamo korekcijo kazanja merila, dobimo rezultat (0,026 mm), ki tako leži zunaj tolerančnega polja. Po izračunu merilne negotovosti postopka merjenja (0,007 mm) se rezultat delno »povrne« v tolerančno polje. Pri tem sedaj ne moramo z veliko verjetnostjo trditi, da je izdelek slab in ne da je dober. Obstaja sicer velika verjetnost, da je slab, vendar nismo povsem prepričani.

Na tem primeru lepo vidimo, da je potrebno upoštevati napako merilnega instrumenta, ki jo pridobimo z redno kalibracijo. Nadalje moramo izračunati ali vsaj oceniti merilno negotovost našega merjenja, da lahko v celoti ovrednotimo rezultat. Najbolje je v osnovi zmanjšati tole-

rančno polje za navedeno merilno negotovost. Zato je pomembno znanje o izračunu merilne negotovosti, ki nam v končni fazi lahko pomeni ogromne prihranke v proizvodnji.

■ 6 Zaključek

Pravilno in ustrezno preverjanje oziroma kalibracija meril, merilnih instrumentov in merilnih naprav je pomembna in neposredno vpliva na količino hibnih izdelkov. Dobro načrtovanje merilne naprave mora vključevati pripravo kalibracijske metode, način izvedbe kalibracije, določitev referenčne vrednosti in izračun merilne negotovosti. Že v samo načrtovanje merilne naprave je potrebno vključiti osebe, ki bo kasneje izvajalo kalibracije, da se za-

gotovi primerna možnost izvedbe in poskrbi za meroslovno potrebne zakonitosti in s tem enostavnejšo in cenejšo izvedbo kalibracije. Za namen kalibracije ali vmesne kontrole merilne naprave je dobro izdelati enega ali več referenčnih kosov. S stalno kontrolo lahko podaljšamo periodo med kalibracijami, vsekakor pa vmesna kontrola ne mora nadomestiti kalibracije, saj pri kontroli ne izvedemo vseh testov in navadno ne upoštevamo vseh potrebnih korekcij. Pri kontroli se ne izračunava merilna negotovost, ki je poleg rezultata meritve bistven podatek za ovrednotenje celotnega rezultata kalibracije, in tako ni možna odločitev o ustreznosti merilne naprave. S celostnim procesom bomo povečali zaupanje v izdelek in tako dvignili našo kakovost. ■



REVIIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
 telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
 e-mail: ventil@fs.uni-lj.si

IRT 3000
 inovacij razvoj tehnologije
www.irt3000.si



LABORATORIJ
 ZA
LOTRIČ®
 MERO SLOVJE

Telefon: 04 / 51 70 700
info@lotric.si
www.lotric.si

OVERTIVE

KALIBRACIJE

KONTROLE

PRODAJA

PERIODIČNI PREGLEDI

AKADEMIJA

Merimo za prihodnost
 We Measure the Future

DOBRA VAGA V NEBESA POMAĞA

Laserji in troti – od otroških igrač do terorizma

Aleksander ČIČEROV

V Združenih državah Amerike je predsednik Barack Obama decembra 2011 podpisal Zakon o modernizaciji in reformah Zvezne uprave za civilno letalstvo (The Law on the Modernization and Reform of the Federal Civil Aviation Authority). Ta določa, da je usmerjanje laserskega žarka v letalo kaznivo dejanje. Prej je bil to samo prekršek, kaznivo dejanje pa le, če je bilo tako določeno v zakonodaji posamezne zvezne države¹. V nadaljevanju bomo govorili o laserjih in brezpilotnih letalih (trotih, angl. drones) kot neposredni grožnji za varnost mednarodnega zračnega prometa.

■ 1 Mednarodna organizacija civilnega letalstva (ICAO)

ICAO je organizacija, ki zadovoljuje potrebe ljudi vsega sveta po varnem, rednem, učinkovitem in ekonomičnem prevozu² in spodbuja varno letenje v mednarodnem zračnem prometu.

Lani se je še posebej ukvarjala z varnostjo letališč in letalskega tovora. Pregled potnikov na letališčih postaja vse bolj kompleksen in za potnike zamuden. ICAO poskuša vzpostaviti ravnotežje med številnimi ukrepi, ki naj preprečijo vnos nevarnih snovi v letalo, in časom, ki je potreben za temeljit pregled potnikov in prtljage oziroma tovora. Pri tem zaščita potnikove osebnosti ni nezamenljiva. Tudi letalski tovor je lahko sredstvo, s katerim žele teroristi doseči svoj cilj – opozoriti na krivice, ki se jim godijo, pridobiti premoženjsko korist, osvoboditi somišljenike iz zaporov ali vreči neko oblast.

Pri iskanju novih tehničnih možnosti odkrivanja storilcev kaznivih dejanj na krovu letala se vse bolj kaže trend kršitve človekove osebnosti, saj proizvajalci varnostne opreme stremijo k popolnosti naprave. To pomeni, da zasledujejo možnost odkrivanja vsake substance ali orožja, ki bi lahko ogro-

zila varnost potnikov v letalu. Trenutno največ nelagodja med letalskimi potniki povzročajo t. i. magnetna vrata prihodnosti, ki naj letalskega potnika razgalijo v celoti.

Do leta 2030 pričakujemo, da bo obseg potniškega prometa narasel na 52 milijonov potnikov na leto. To je impresiven podatek, ki ne more uiti potencialnim teroristom.

■ 2 Stanje globalne letalske varnosti v letu 2011

ICAO je bila ustanovljena leta 1944 za to, da spodbuja varen in reden razvoj mednarodnega civilnega letalstva po vsem svetu. Vanjo je včlanjenih 190 držav, ki so v preteklem letu dobile obširno poročilo generalnega sekretarja ICAO, nekakšen hiter posnetek stanja varnosti v mednarodnem civilnem letalstvu in dokaz sodelovanja med deležniki mednarodnega zračnega prevoza.³

Tokrat bomo govorili o nevarnosti, ki prihaja od zunaj – o laserjih in trotih,

ki jih z magnetnimi vrati prihodnosti ni mogoče odkriti.

■ 3 Laserji

Do leta 1990 imamo le sporadične primere ogrožanj civilnega letalstva z laserji. Predvsem v Združenih državah Amerike se število incidentov po letu 1993 povečuje. Sprva je šlo za zgolj pobalinsko ravnanje posameznikov, po letu 2010 pa je bilo zabeleženih zelo veliko incidentov, povezanih s civilnim letalstvom. Na srečo do nesreče še ni prišlo in le vprašanje je, kdaj se bo to zgodilo. Letalska stroka se je v tem času usmerila predvsem v proučevanje morebitnih poškodb oči oziroma na učinke zaslepitve pilota oziroma posadke letala.

Leta 2005 je prišlo do prve obtožbe zaradi ogrožanja z laserjem.⁴ Skoraj ne mine dan, da novinarji ne bi zabeležili incidenta z laserjem.⁵ Tudi v Evropi nismo izjeme (Adria Airways, slovenski letalski prevoznik, ima evidentirane tri take napade).⁶ Preseneča (ne)odziv držav članic ICAO na ta pojav. Morda čakajo na odziv ICAO?

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. pravnik, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

¹ Glej: < <http://articles.orlandosentinel.com/2012-03-27/news/05-orlando-man-laser-arrested-oi> >, (29. 3. 2012).

² Glej podrobno v A. Čičerov: Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu (zbral, uredil in posodobil A. Čičerov), Ljubljana 2011, izdala Fakulteta za strojništvo, 44. člen.

³ Posebna izdaja ICAO, 2011 State of Global Aviation Safety; < http://www.airtrafficmanagement.net/view_news.asp?ID=4571 > (8. 12. 2011).

⁴ Glej USATODAY.com – N. J. man charged with aiming laser at aircraft, by Alan Levin.

⁵ Podatke o napadih z laserji spremlja Flight Safety Information (Contact information: Curt Lewis, P. E., CSP, FRAes, FISASI, Curt Lewis & Associates, LLC, curt@curt-lewis.com, www.curt-lewis.com, www.fsinfo.org).

⁶ M. Šorn pilot, Adria Airways.

Opozoriti je treba, da poleg laserjev civilno letalstvo ogrožajo tudi močni žarometi (t. i. iskalni žarometi, ki se uporabljajo v primeru iskanja ponesrečencev, ostankov letala ali ladje in podobno), ki lahko z imitiranjem močne bele svetlobe ogrozijo posadko letala.

■ 4 Uporaba laserjev

Laserji se danes uporabljajo na različnih področjih, največ pa v zabavni industriji. Poznamo tudi laserskem označevalce, ki so koristen pripomoček v gradbeništvu, geografiji in podobno. Laserje uporabljajo celo v letalstvu – za odvrčanje poletov od nekaterih (prepovedanih) smeri ali kot pomoč pilotu pri pristanku. Uporabo laserjev v civilnem letalstvu ureja Aneks XIV k Čikaški konvenciji. Zato bi bilo uporabo laserjev kar počez nesmiselno prepovedati.

■ 5 Zloraba laserjev

Strokovnjaki⁷ ocenjujejo, da laser ne škodi letalskim potnikom, prav tako za zdaj še ne zmede pilota na preletu v velikih višinah ali v drugih nekritičnih fazah leta. To pa seveda ne drži pri približevanju letališču v fazi pristajanja ali vzletanja oziroma v t. i. nujnih postopkih.

Učinke laserjev lahko v grobem razdelimo na štiri skupine:

- povzročanje zmede in presenečenja (še zlasti ponoči pri vzletu in pristanku);
- bleščanje in občutek zmanjšanja vidljivosti skozi okno letalske kabine, zaslepitev;

- začasna/trenutna oslepitev, podobno, kot če pogledamo v bliskavico fotoaparata; nočna vidljivost je v trenutku prekinjena, pozneje se povrne, lahko pa se pojavijo dvojne slike ali občasno pege na očeh: vse tri učinke proučujejo strokovnjaki, ker jih je mogoče povzročiti že z laserji majhne moči;
- poškodbe oči; infrardeča ali vijolična laserska svetloba lahko poškoduje oko, poškodbe pa se pokažejo kot pege na očeh, ki jih lahko odkrije le okulist, ali pa se pege pojavijo na robu vidnega polja. Laserji velikih moči povzročijo pege v očesnem žarišču. Do popolne izgube vida bi lahko prišlo le z zelo izpopolnjenim laserjem in natančno usmerjenim žarkom.⁸

■ 6 Troti

V letalski industriji, predvsem v vojaški letalski industriji, se uporablja izraz 'brezpilotno letalo' oziroma 'letalnik brez pilota' (angl. *pilotless aircraft*).⁹ Nevarnost, ki jo predstavljajo ta brezpilotna letala, je v tem, da ne letijo po pravilih mednarodnega civilnega letalstva in pomenijo resno grožnjo njegovi varnosti. Čeprav je treba priznati, da taka letala niso nekoristna (nadzor vulkanskega izbruha, naravne katastrofe, iskanje ponesrečenih v odročnih predelih itd.), pa lahko resno ogrozijo civilno letalstvo.

Vrhunsko srečanje NATA, ki je potekalo v ZDA maja letos, je namenilo pozornost t. i. pametni obrambi, katere del je tudi nov sistem za nadzor kopnega iz zraka, ki ga NATO vzpostavlja v letalskem oporišču Sigonella na

Siciliji.¹⁰ 28 obrambnih ministrov držav članic NATA je podpisalo pogodbo s podjetjem Northrop Grumman z Long Islanda, ki bo čezatlantskemu zavezništvu prodalo pet vohunskih brezpilotnih letal Block 40 Global Hawk in mobilne postaje za njihovo vodenje. Med podpisnicami je tudi Slovenija. Žal o varnem letenju 'troto'v' ni bilo razprave.

Čikaška konvencija je v 8. členu uredila letenje zrakoplovov brez pilota. Kot da bi leta 1944 že slutili, da bodo taka letala postala del naše resničnosti.¹¹ Pregleda nad urejenostjo uporabe troto'v po posameznih državah članicah ICAO zaenkrat še ni. Slovenija ureja to vprašanje v Zakonu o civilnem letalstvu.

■ 7 Sklep

Vse manj je klasičnih ugrabitev letal, vnosa orožja ali razstreliva na krov letala. Pregledi letalskih potnikov po 11. septembru 2001 so temeljiti. ICAO usklajuje odgovore na nove in obstoječe grožnje za varnost mednarodnega civilnega letalstva.¹² Tako laserji kot tudi troti v rokah teroristov lahko postanejo orožje, ki je še bolj smrtonosno od sedaj znanega. Čikaška konvencija omenja brezpilotna letala v 8. in 35. členu. V obeh primerih gre za omejitve pri njihovi uporabi.¹³ Potrjeno je, da je mogoče prevzeti nadzor nad brezpilotnim letalom z opremo, ki se dobi v prosti prodaji.¹⁴

Od otroške igrčke do terorizma je torej le korak. »Vemo, da teroristi ne prestando iščejo nove poti za doseg svojih ciljev, mi pa se zelo trudimo, da bi bili korak pred njimi.«¹⁵

⁷ < http://en.wikipedia.org/wiki/Lasers_and_aviation_safety > (3. 7. 2012).

⁸ < http://en.wikipedia.org/wiki/Lasers_and_aviation_safety > (3. 7. 2012).

⁹ Glej D. Gregl: Letalski razlagalni slovar, samozaložba, 2011.

¹⁰ Glej Delo, torek 22. maja 2012, str. 7.

¹¹ 8. člen določa: »Noben zrakoplov, ki lahko leti brez pilota, ne sme brez posebnega dovoljenja druge države pogodbenice in v skladu s pogoji iz tega dovoljenja brez pilota preleteti ozemlja druge države. Vsaka država pogodbenica se obvezuje zagotavljati, da bodo v predelih, kjer se odvija civilni zračni promet, poleti zrakoplova brez pilota tako nadzorovani, da se prepreči nevarnost za civilne zrakoplove.«

¹² Glej podrobnosti v The ICAO Journal, Vol. 66, No. 5, 6. november 2011; s sprejemom Konvencije o preprečevanju nezakonitih dejanj zoper mednarodno civilno letalstvo in dodatnim Protokolom k Haaški konvenciji iz leta 1970 za preprečevanje nezakonitih ugrabitev zrakoplovov sta mednarodno letalsko pravo in ICAO naredila korak naprej v smeri večje varnosti v civilnem letalstvu – podrobno glej The ICAO Journal, Vol. 66, No. 1, 2011, o bodočnosti varnosti v civilnem letalstvu glej The ICAO Journal, Vol. 67, No. 1, 2012. Gre za tematske številke ICAO, ki so posvečene konkretnim problemom mednarodnega civilnega letalstva.

¹³ Glej M. Milde: International Air Law and ICAO, Second edition, Eleven international publishing, Netherlands, 2012, str. 66.

¹⁴ Glej Brezpilotna letala: Novo orožje teroristov;

< <http://www.računalniške-novice.com/novice/dogodkui-in-obvestila/brezpilotna-letalna-n> > (3. 7. 2012), Brezpilotni letalniki, < http://sierra5.net/index.php?option=com_content&task=view&id=120&Itemid=115 > (3. 7. 2012).

¹⁵ J. Marriot, op. cit. Ahead of the Treat, The ICAO Journal, Vol. 66, No. 5, str. 9.

300 let stara zamisel batnega stroja

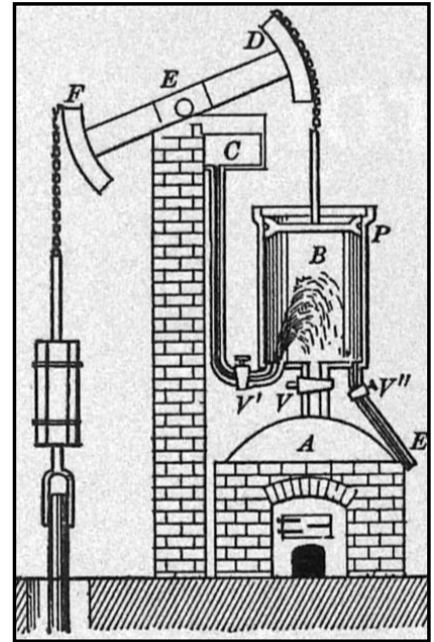
Anglež Thomas Newcomen je že leta 1712 razvil enega od najpomembnejših energijskih strojev. Predstavil je konstrukcijo in delovanje atmosferskega batnega parnega stroja, ki ga je razvijal in izboljševal že 15 let. Namenjen za črpanje vode iz rudnikov je postal »praoče« vseh batnih strojev z izmeničnim gibanjem (zdaj v to, zdaj v drugo smer).

Atmosferski batni motor uporablja paro za ustvarjanje vakuuma, tlak, ki je nižji od atmosferskega, pa povzroča silo, ki potiska bat navzdol. Preko vzvoda se gibanje bata prenaša na vodno črpalko v rudniku.

Primitivni motor, kot ga lahko označimo danes, je takrat predstavljal izvirno in prebrisanu iznajdbo Newcomna, ki ni samo uspešno delovala, ampak je bil tudi posrečeno konstruiran izdelek, ki se je brez sprememb uporabljal več kot 50 let.

Stotine teh originalnih motorjev je dolga leta delovalo brez prekinitve. Služili so generacijam tri stoletja. Zadnjega so izdelali še leta 1906.

*Po Mechanical Engineering
134(2012)10, str. 8*



TULI

HepcoMotion®



ALWAYSE
ENGINEERING
alwayse.co.uk

LEŽAJI, SKODELIČNI LEŽAJI, LINEARNA TEHNIKA...

TULI, d.o.o., Ljubljana
Pot čez Gmajno 7, 1000 Ljubljana
T: +386 1 25 72 484, F: +386 1 25 62 555

www.tuli.si
info@tuli.si

*Želimo vam vesele praznike
in uspešno novo leto 2013.*



We wish you a Happy New Year 2013.

VENTIL

Električni valj EPCO



Slika 1. Električni valj(a), krmilnik za koračni motor(b), tabela za konfiguracijo pogona

Električni valj EPCO je komponenta z linearnim gibanjem batnice in elektromotornim pogonom. Je cenovno ugodna z optimiziranimi karakteristikami, enostavna kot pnevmatični valj in ima prednosti električnih pogonov, razen tega je cenejša in enostavnejša kot električni pozicionirni sistemi.

Linearno gibanje se od pogskega motorja prenaša na batnico valja preko krogljčnega vretena in matice, ki je znotraj batnice valja. Batnica je varovana proti sukanju in je spredaj vodena v vodilni puši. Enota se izdeluje v treh velikostnih razredih s fiksno pritrjenim optimalno prilagojenim elektromotorjem.

Končno blaženje zmanjšuje hrup ob koncu giba in prevzema energijo ob premikanju v referenčno točko.

Čiščenje je enostavno zaradi poseb-

no oblikovanega profila električnega valja »CleanLook« dizajn, življenjska doba pa je čez 10.000 km

Tehniški podatki:

Velikost		16	25	40
Velikost valja	[mm]	30x30	40x40	55x55
Gib	[mm]	50..200	50..300	50..400
Vzpon vijačnega vretena	[mm/r]	8 ali 3	10 ali 3	12,7 ali 5
Podajalna sila	[N]	50 ali 125	105 ali 350	250 ali 650
Hitrost	[mm/s]	300 ali 125	500 ali 150	460 ali 180
Nosilnost horizontalna	[kg]	8 ali 24	20 ali 60	40 ali 120
Nosilnost vertikalna	[kg]	4 ali 12	10 ali 30	20 ali 40
Ponovljivost	[mm]	±0,02	±0,02	±0,02

V kompletu z valjem so še ustrezni kabli, krmilnik za koračni motor CM-MO-ST in programska oprema za hiter zagon in konfiguriranje preko internetnega strežnika (slika 1).

Opcijsko je mogoče izbrati:

- pridržno zavoro na motorju,

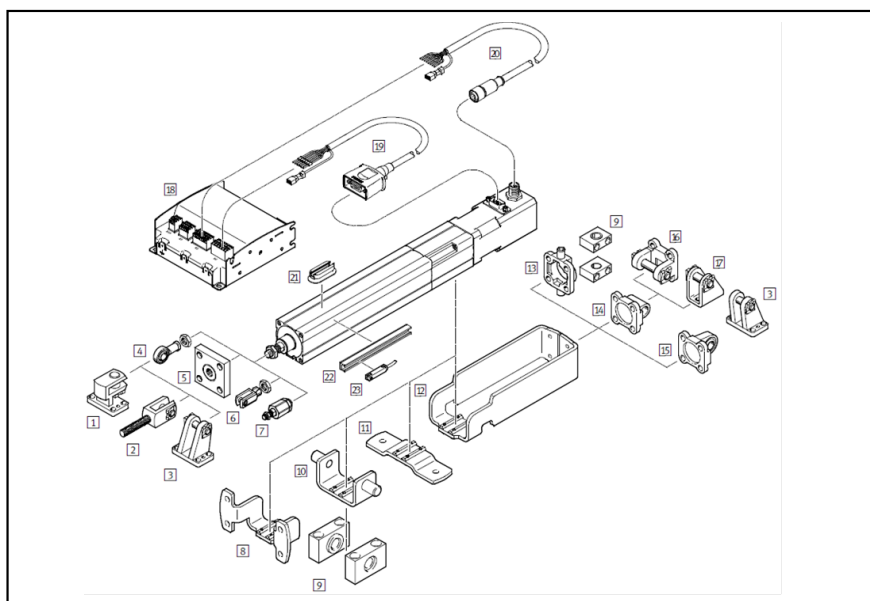
- enkoder na motorju,
 - ServoLite – reguliran pogon z enkoderjem,
 - stroškovno optimalnejši krmiljen pogon brez enkoderja,

- batnico
 - batnico valja z notranjim navojem,
 - podaljšano batnico,
- pritrditve valja:
 - z vijaki spredaj ali z dvema utorinima vijakoma spodaj,
 - večje število dodatkov za pritrditve - prirobočno ali nihajno pritrditve, kakor tudi pritrditve z nogami ter številne prilagodničke (slika 2).

Pri naročanju je mogoče izbirati tudi različne senzorje in načine pritrditve le-teh. Najpogosteje se izbere približevalni senzor SMT/SME-8, ki se ga pritrdi v senzorsko pritrdilno leto ali v pritrditveni nastavek, lahko pa se ga tudi prilepi.

Električni valji EPCO so namenjeni za enostavne primere avtomatizacije, kjer so se, do sedaj, največkrat uporabljali pnevmatični valji.

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



Slika 2. EPCO z vsemi možnimi dodatki

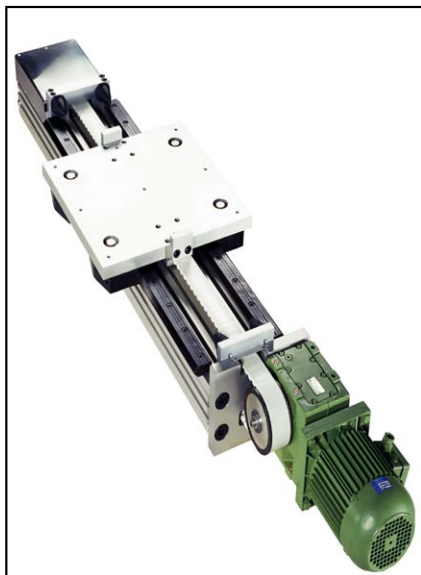
Gnana linearna modula za visoke obremenitve

Modula HDLS in HDCS predstavljata del družine izdelkov gnanih linearnih modulov proizvajalca HepcoMotion®. Modula HDLS in HDCS sta posebej oblikovana za uporabo v avtomatiziranih sistemih za prenašanje velikih bremen v najbolj agresivnih okoljih.

Kot pri vseh linearnih moduli HepcoMotion® so tudi pri teh kot osnova uporabljeni standardni aluminijasti profili s T-utori, kar omogoča enostavno sestavljanje modulov v večosne sisteme oziroma uporabo samega modula kot del nosilne konstrukcije.

Največja dolžina aluminijastih profilov je 6 m. Nekateri linearni moduli so lahko sestavljeni tudi iz več profilov, s čimer se lahko dosežejo moduli, dolgi nekaj 10 m.

Za vodenje skrbijo V-vodila in ležaji z V-utori, ki so odlični za uporabo



Slika 1. Modul HDLS

v agresivnih okoljih. Odlikujeta jih tudi nizek koeficient trenja in praktično nična potreba po vzdrževanju. Po potrebi so izdelani iz nerjavečih materialov.

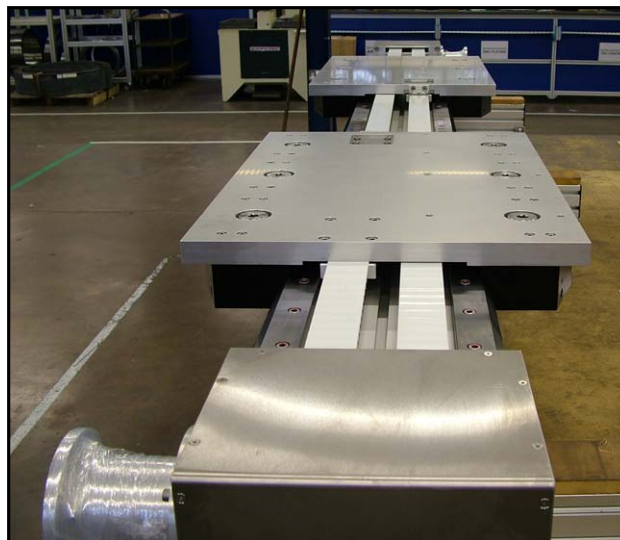
Za pogon skrbi elektromotor. V primeru modula HDLS se gibanje prenaša preko jermena, medtem ko pri modulu HDCS opravlja to funkcijo navojno vreteno.

Jermen lahko prenaša 7,35 kN pogonske sile oziroma večje. Dosega lahko hitrosti večje od 6 m/s. Robustna konstrukcija modula HDLS dovljuje obremenitve do 40 kN.

Na modul se lahko namesti več vozičkov s skupnim ali ločenim pogonom. V primeru ločenega pogona je na vsaki strani modula nameščen po en motor, ki preko jermena poganja posamezen voziček.

Modul HDCS je dobavljiv z navojnim vretenom premera 25 mm in korakoma 5 mm ali 10 mm, kar omogoča natančno pozicioniranje vozičkov. Dolžine vretena so do 2900 mm. Modul HDCS lahko obremenimo do 16 kN. Na voljo je tudi standardna dodatna harmonikasta zaščita, ki ščiti navojno vreteno pred umazanijo.

Moduli HDLS in HDCS se uporabljajo v aplikacijah, kot so razrez abrazivnih materialov, večosni sistemi premikanja težkih tovorov, brušenje steklenih površin, proizvodni procesi, robotizirane linije ...



Slika 2. Modul z dvema vozičkoma z ločenim pogonom

Več informacij o omenjenih izdelkih lahko najdete na spletni strani: www.HepcoMotion.com.

Vir: Tuli, d. o. o., Ljubljana, Pot čez gmajno 7, 1000 Ljubljana, tel.: 01 257 24 84, faks: 01 256 25 55, e-pošta: jure.plesko@tuli.si, <http://www.tuli.si>, g. Jure Pleško



Slika 3. Modul HDCS

AIG'13
4. in 5. april, Hotel City Maribor

Vabimo Vas na že tradicionalno konferenco Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'13, ki jo organizira Društvo avtomatikov Slovenije v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, s pomočjo članov društva in pokroviteljev konference. Konferenca AIG je osrednji dogodek vseh avtomatikov v Sloveniji.

Nov robot in nove možnosti



področja, kot so strega obdelovalnih centrov, paletizacija, proizvodnja delov za avtomobilsko industrijo, posluževanje strojev za ulivanje sive litine« je povedal g. Manfred Hübschmann, direktor podjetja Staubli Robotics Nemčija.

Robot je bil prvič predstavljen na sejmu FAKUMA 2012 v Friedrichshafnu. Kinematika robota lahko zadovolji in izpolni želje najzahtevnejših uporabnikov. Kako zmogljiv je novi robot, lahko kažejo njegove osnovne tehnične karakteristike. Prevzame predvsem razmerje med njegovo nosilnostjo in maksimalnim dosegom. Ob dosegu 3680 mm lahko robot prenaša spoštovanja vredno breme 165 kg. Pri tem pa v svojem celotnem območju gibanja deluje z natančnostjo ponovljivosti $\pm 0,1$ mm. Zaščita robota je v razredu IP 65, kar omogoča uporabo tudi pri najzahtevnejših proizvodnih procesih, veliki vlagi (do 95 %), agresivnih medijih, prahu itd.

Že pri projektiranju so si prizadevali za čim večje zmanjšanje mase robota. To je vidno predvsem na prvi osi, kjer je konstruktor predvidel večjo izpraznitev v nosilni konzoli. S tem se je bistveno zmanjšala masa, hkrati to prinaša prihranek materiala, kar ne vpliva na samo togost robota, pač



pa na hitrost gibanja oziroma dolžino njegovega delovnega cikla. Z zmanjšanjem njegove mase se je hitrost povečala, delovni cikel pa zmanjšal. Ob maksimalni dovoljeni obremenitvi se robot lahko giblje s hitrostjo do 12 m/s. Vse navedeno seveda vpliva tudi na majhno porabo električne energije. Skupaj z inovativnim Stäublijevim krmilnikom CS8C HP robot tvori izredno gospodaren in vzdržljiv robotski sistem.

Pri določenih primerih uporabe ima robot TX340 SH velike prednosti glede na doseg in fleksibilnost. Tako je bilo pri konstruiranju vložene veliko truda v zagotavljanje enostavne postavitve in hkrati čim manjše porabe dragocenega delovnega prostora.

Vir: Staubli Robotics Nemčija

Vir: DOMEL, d. d., Otoki 21, 4228 Železniki, tel.: 04 5117 355, fax: 04 5117 357, www.domel.si, brane.cencic@domel.si, g. Brane Čenčič

V industriji, predvsem v branži brizganja plastičnih mas, so se v zadnjem obdobju pojavljale nove zahteve glede robotizacije streg pri omenjenih proizvodnih procesih. Staubli se je intenzivno vključil v iskanje izpolnitev teh zahtev. Vzpostavilo se je tesno sodelovanje med podjetjem Staubli – proizvajalcem robotov – in uporabniki robotov. Rezultat tega sodelovanja je nov konzolni robot TX340 SH. Z njim Staubli dopolnjuje svojo proizvodno paleto robotov, ki je ukrojena po meri uporabnikov. Robot TX340 SH s svojo zmogljivostjo izpolnjuje še zadnje, do sedaj neizpolnjene želje uporabnikov na področju predelave plastičnih mas.

»Vendar robot ni namenjen in uporaben samo pri stregi strojev za brizganje plastičnih mas. Njegova uporabnost seže tudi na druga delovna

IRT³⁰⁰⁰
inovacijerazvojtehnologije



**NEPOGREŠLJIV VIR
INFORMACIJ ZA STROKO**
**VSAKA DVA MESECA
NA VEČ KOT 140 STRANEH**

Vodnik skozi množico informacij

- kovinsko-predelovalna industrija
- proizvodnja in logistika
- obdelava nekovin
- napredne tehnologije

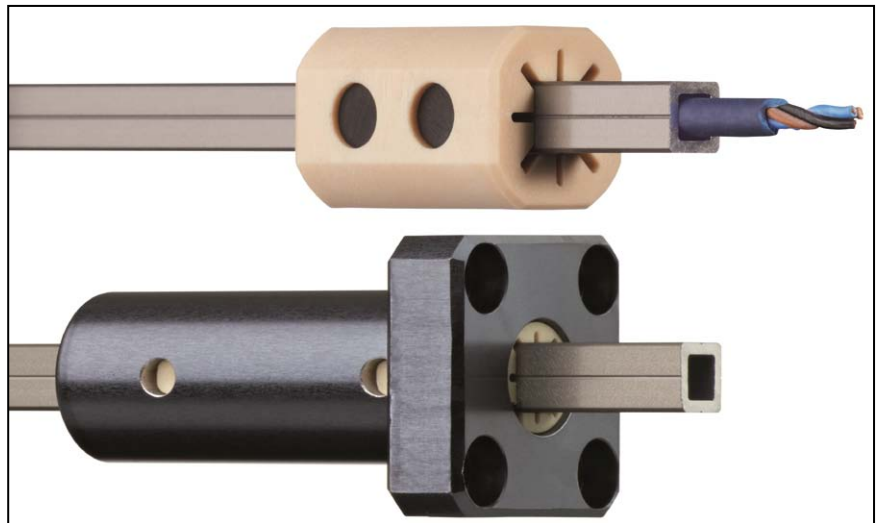
Povprašajte za cenik
oglaševalskega prostora!
e-pošta: info@irt3000.si

Linearno vodilo in vodilo kabla v enem

Na letošnjem sejmu Compamed v Düsseldorfu je podjetje *Igus* predstavilo nov lahek linearni sistem – DryLin Q, ki (zahvaljujoč posebni konstrukciji) rešuje probleme, za katere je bilo do sedaj potrebnih več različnih enot. Sistem vključuje linearno vodilo, ki ne potrebuje mazanja in je vanj mogoče vgraditi cevi in kable. To je v paleti 90.000 različnih izdelkov podjetja prvi nizkocenovni sistem, ki združuje linearno in kabelsko vodilo v enem.

Novi DryLin Q ima aluminijast votel profil, skozi katerega so napeljane cevi in kable za različne medije (slika 1). Na vodilu drsi polimerni samomazalni drsnik, ki se zaradi pravokotnega profila vodila na gredi ne more sukati.

Modularni sistem DryLin Q vključuje še prirobnice nosilce, ročne sponse,



Slika 1. Vodilo DryLin Q in vodilna puša – drsnik iz polimera ali okrov za prirobnice pritrditev s polimernim drsnikom

končnike, povezovalne elemente za energijske verige, komplete za pritrditev in prijemala. Ta dodatna oprema se lahko uporablja za izdelavo

trajnih rešitev. Po drugi strani je *Igus* energijska veriga serije E2 mikro povezana s posebnim elementom, kar zagotavlja nemoteno vodenje cevi s tekočinami.

Ciljno področje uporabe je medicinska tehnika. Sistem DryLin Q je primeren tudi za gradnjo različnih laboratorijskih instrumentov.

Vir: HENNLICH, d. o. o., Podnart 33, 4244 Podnart, tel.: (0)4 532 06 05, faks: (0)4 532 06 20, internet: www.hennlich.si, e-mail: drobnic@hennlich.si, g. Stojan Drobnič



Slika 2. Modularni sistem DryLin Q – primer podajalnega modula s prijemalom

Novi fotoelektrični senzorji podjetja Omron



Omron s 40-letnimi izkušnjami in kot eden vodilnih proizvajalcev fotoelektričnih senzorjev ponuja

popolnoma prenovljeno serijo popularnih M18-cilindričnih senzorjev serije E3FA/E3RA. Odlikuje jih odlično razmerje med robustnostjo, enostavno uporabo in ceno. Ker so senzorji dolgi le 34,5 mm in so glede na predhodno serijo skoraj dvakrat krajši, so primerni za montažo tam, kjer je prostor za vgradnjo omejen. Senzorji so pulzno sinhronizirani in uporabljajo za sprejem filtre določene valovne dolžine, kar omogoča zelo zanesljivo delovanje v spremenljivih pogojih. Zaradi visoke IP67-zaščite (IP69K) so odporni na zahtevno okolje in imajo zaščito pred elektromagnetnimi motnjami.

Omron jih ponuja v difuzni izvedbi, z nastavljivo občutljivostjo za zaznavanja, v oddajno-sprejemni in povratno-odbojni izvedbi. V vseh primerih so na voljo ožičeni ali konektorski modeli v kovinskem ali plastičnem okrovu. Nabor obsega tudi posebne izvedbe za zaznavo transparentnih predmetov. Velik nabor različnih tipov bo zadostil potrebam vaše aplikacije.

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

Ultrazvočni senzor UM18-2 Hi



Serijski ultrazvočni senzorji UM18-2 Hi odlikuje majhen okrov v povezavi z visoko stopnjo funkcionalnosti. Štiri merilna območja do 1300 mm omogočajo prilagodljivo uporabo senzorja. Za lažjo integracijo v stroj sta na voljo dve različici ultrazvočnega senzorja: ravna in izvedba za montažo pod pravim kotom in s tremi industrijskimi vmesniki. Poleg naprave z analognim tokovnim in napetostnim izhodom je na voljo še verzija s tranzistorskim push-pull preklopnim izhodom in povezavo IO-Link.

Značilnosti:

- zanesljivo merjenje je neodvisno od barve materiala, prosojnosti, sijaja in svetlobe okolice;
- štiri razdalje zaznavanja do 1300 mm;

- kratek kovinski okrov M18 z dolžino 41 mm;
- različica z ravnim okrovom ali pod pravim kotom;
- analogni napetostni, analogni tokovni ali push-pull (pnp/npn v enem) preklopnih izhodov z io-link povezavo;
- možnost nastavljanja preko io-linka in / ali učenje z večnamenskim digitalnim vhodom;
- visoka odpornost na umazanijo, prah, vlago in meglo.

Senzor ima številne prednosti. Na največji razdalji do 1300 mm omogoča prilagoditev na različne razdalje, kar zagotavlja ustrezno fleksibilnost. Integracija na stroje je zaradi kratkega okrova M18 in možnosti izbire med ravnim in kotno izvedbo enostavna. Inteligentni filtri za merjenje zagotavljajo zanesljive rezultate meritev za največjo stabilnost procesa. Vgrajena temperaturna kompenzacija zagotavlja visoko natančnost merjenja za boljše kakovost procesa. Robusten in kompakten kovinski okrov zagotavlja najvišjo razpoložljivost stroja, v katerega je vgrajen senzor. Sinhronizacija in multipleksiranje omogočata hkratno uporabo do 10 senzorjev, kar izboljšuje

je prilagodljivost in stabilnost procesa merjenja. Nenamerno spreminjanje nastavitve tipala je onemogočeno, saj se za postopek učenja uporablja pin na konektorju. Naprave s preklopnim izhodom in povezavo IO-Link zagotavljajo največjo prilagodljivost stroja, hkrati pa preprosto upravljanje.

Področja uporabe:

- ugotavljanje, merjenje in pozicioniranje visoko sijajnih in transparentnih materialov v pakirni industriji;
- nadzor in spremljanje nivoja tekočin ali sipkih materialov;
- preverjanje premera koluta z navito pločevino, papirjem ali drugimi umetnimi masami;
- detekcija in pozicioniranje elektronskih vezij, solarnih rezin ali steklenih plošč v industriji elektronike ter solarni industriji;
- detekcija in stalno spremljanje tkanin in drugih materialov;
- odkrivanje temnih lesenih desk ali svetlečih kovinskih delov.

Vir: SICK, d. o. o., Cesta dveh cesarjev 403, 1000 Ljubljana, tel.: 01 47 69 990, fax.: 01 47 69 946, e-mail: office@sick.si, http://www.sick.si

Novi varnostni ventili SMC po standardu ISO 13849-1



Novi varnostni ventili po standardu ISO 13849-1 odgovarjajo varnostnim kategorijam 2, 3 in 4. Varnostni sistem za dovod oz. odzračevanje ima enega ali dva 3-potna ventila v seriji ter senzorje stanja ventilov.

Vprašanje varnosti je ključnega pomena za operaterje in konstruktorje,

ki z vgrajevanjem novih izdelkov lažje in hitreje uvajajo mednarodne standardne varnosti strojev.

SMC kot vodilni proizvajalec pnevmatičnih komponent sprejema izzive in tako svojim strankam pomaga dosežati najvišje standarde varnosti, ki jih določa standard ISO13849-1.

Omenjeni standard določa varnostne zahteve in smernice za delovanje, načrtovanje in integracijo varnostnih komponent v nadzorni sistem stroja. Varnostni standardi so zasnovani za zaščito operaterjev in posluževalcev stroja.

V odgovor na ISO13849-1 SMC podpira proizvajalce in končne uporabnike z zagotavljanjem parametrov zanesljivosti B10 in MTTF. Ventila VP542-X536 in VP742-X536 sta zasnovana kot del varnostnega sistema kategorije 2 in sta sposobna zaznati nenormalno delovanje.

Poleg tega so razviti tudi dvojni ventili VP544-X538 / VP744-X538 in VG342-X87, ki so namenjeni za uporabo v varnostnih sistemih kategorije 3 in 4. Varnostni sklop je sestavljen iz dveh ventilov in senzorjev položajev ventila, kar kljub okvari enega izmed ventilov ohranja funkcijo varnosti.

Vir: SMC Industrijska avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: 07 388 54 12, fax: 07 388 54 35, e-mail: office@smc.si, internet: www.smc.si

Univerzalni merilni ojačevalnik SG z visoko gostoto kanalov

Novi merilni ojačevalnik merilnega sistema QuantumX, uveljavljenega specialista na področju merilne tehnologije HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik), pokriva, s svojimi univerzalnimi vhodi, vse potrebe merilne tehnologije z merilnimi lističi (Strain Gage – SG).

Merilni ojačevalnik MX 1615 SG v seriji QuantumX se odlikuje s svojo univerzalnostjo in visoko kakovostjo meritev ob visoki gostoti merilnih kanalov.

Na MX1615 modul je mogoče priključiti do 16 merilnih lističev, v polnomostni, polovičnomostni ali četrtinskomostni konfiguraciji, 3-žično ali 4-žično, s patentiranim Kreuzer-vezjem. Vsi kanali se lahko uporabijo tudi za priključitev standardnih analognih signalov $\pm 10V$, ali temperaturnih tipal Pt100. Uporabnik lahko individualno parametrira vsakega od 16 merilnih

kanalov, vsi kanali so opremljeni s 24-bitnim AD-pretvornikom.

Za vzbujanje vsakega od 16 SG-kanalov lahko izbiramo nosilno frekvenco ali DC-napetost. Metoda vzbujanja z nosilno frekvenco, ob električni izolaciji kanalov in samoprilagoditvenim algoritmom, zagotavlja veliko neobčutljivost merilnih ojačevalnikov na elektromagnetno interferenco, ki jo povzročajo napektni pretvorniki, močni napajalniki, pretoki velikih električnih tokov ali različni električni stroji. Vzorčenje s frekvenco 19,2 kHz in največjo pasovno širino 3 kHz po kanalu, omogoča široko območje analiz merilnih signalov.

Novi MX1615 se lahko kombinira



z drugimi moduli serije QuantumX v distribuirani merilni arhitekturi, npr. z analognimi izhodi, digitalnimi vhodi/izhodi, CAN-bus ali EthernetCAT-povezavami. Ethernet TCP/IP se uporablja za prenos podatkov na osebni računalnik.

Vir: TRC Ljudmila Ličen s.p., Vrečkova 2, 4000 Kranj, tel.: 04 23 58 310, tel./fax: 04 235 83 11, internet: <http://www.trc-hbm.si>, <http://www.hbm.com>, e-mail: ljudmila.licen@siol.net

Merilna tehnika za profesionalce... ... od senzorja do programske opreme



Zahtevate za vaše meritve in testiranja najvišje standarde, točnost in zanesljivost?

Stavite na zanesljivost vodilnega na tem področju. HBM ponuja vse komponente merilne verige iz lastne proizvodnje, vse v popolnem skladu z vašimi zahtevami.

- merilni lističi
- senzori: sile, mase, momenta, tlaka, pomika, vibracij
- ojačevalniki: industrijski, laboratorijski, kalibrimi
- programska oprema za akvizicijo, vizualizacijo in obdelavo podatkov



www.hbm.com



Načrtovanje in optimizacija s pomočjo numerične simulacije

Vedno zmogljivejši računalniki, izpopolnjena programska oprema in izboljšave na področju numeričnega reševanja sistemov diferencialnih enačb omogočajo vedno pogostejšo uporabo numeričnih simulacij v postopkih začetnega načrtovanja naprav kot tudi pri optimizaciji njihovega delovanja.

strukturno mehanskih, fluidnih in kemijskih pojavov, ki jih je mogoče medsebojno prepletati, hkrati pa je mogoče dokupiti tudi že posebej izdelane module, ki omogočajo hitrejšo in bolj učinkovito gradnjo simulacijskih modelov. *Slika 1* prikazuje možnost dodatne izbire modulov, kot so AD/DC (elektromagnetika), MEMS (mikro-elektro-mehanske strukture), Heat Transfer (toplota) itd. V nadaljevanju prikazujemo

Naše glavno področje raziskovanja je povezano z elektrotehniko in s pojavi, ki vključujejo izračune elektromagnetnega polja. Problemi, ki jih analiziramo, so zelo raznovrstni in vključujejo vsa področja od elektrostatične, magnetostatične do elektrodinamične. Na *sliki 2* prikazujemo nekaj rezultatov raziskav:

1) Analiza prevajanja toka v mišici. Na *sliki* je prikazana učinkovita gostota toka pri vzbujanju mišice z izmeničnimi signali.

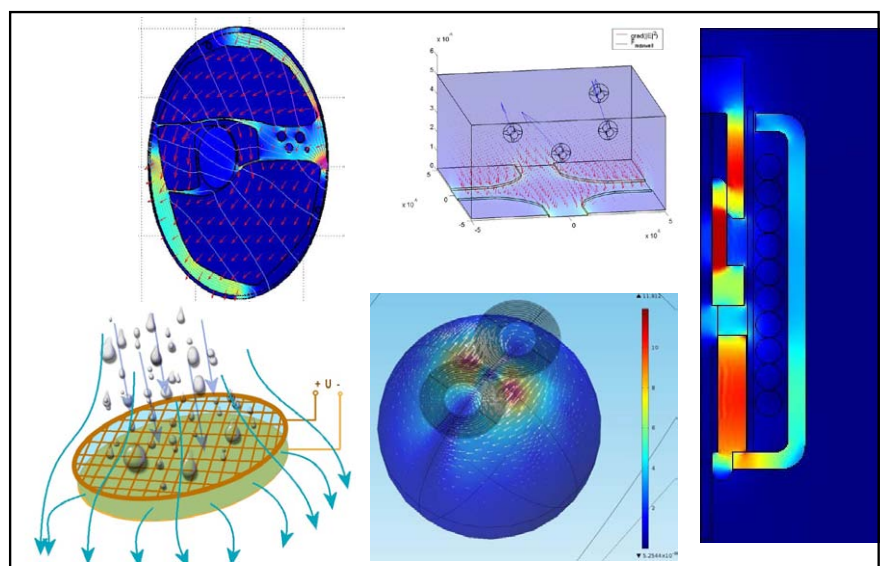
Namen te simulacije je določanje pozicije elektrod pri štiritočkovnem merjenju impedanca (bioimpedanca) za optimalno določanje mišičnih sprememb. 2) Dielektroforeza omogoča manipulacije majhnih nevtralnih delcev s pomočjo izmeničnega (pa tudi enosmernega) električnega polja, kar je posebno zanimiva metoda za brezkontaktno premikanje bioloških celic. 3) Pri raziskavi inovativnega detektorja nanodelcev smo sodelovali z raziskavo detekcije oplášenih nanodelcev s kapacitivnim

COMSOL Multiphysics®				
Electrical	Mechanical	Fluid	Chemical	Multipurpose
AC/DC Module	Heat Transfer Module	CFD Module	Chemical Reaction Engineering Module	Optimization Module
RF Module	Structural Mechanics Module	Microfluidics Module	Batteries & Fuel Cells Module	Material Library
MEMS Module	Nonlinear Structural	Subsurface Flow Module	Electrodeposition Module	Particle Tracing Module
Plasma Module	Materials Module	Pipe Flow Module	Corrosion Module	
	Geomechanics Module			Interfacing
	Fatigue Module			CAD Import Module
	Acoustics Module			ECAD Import Module
				LiveLink™ for MATLAB®

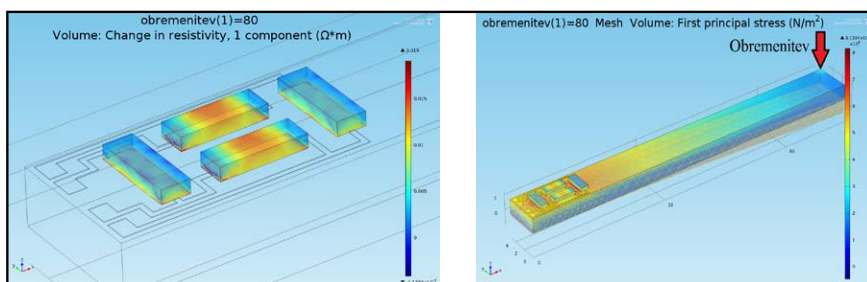
Slika 1. Prikaz modulov programskega paketa Comsol, ki so specializirani za določena področja simulacij

V Laboratoriju za bioelektromagnetiko na Fakulteti za elektrotehniko (Univerza v Ljubljani) se že vrsto let ukvarjamo z numeričnimi simulacijami elektromagnetnih struktur. Namen simulacij je večplasten: poglobljena razlaga elektromagnetnih pojavov v pedagoške namene, razvojno raziskovalno delo na področju izboljšav in optimizacije elektronskih sestavov, inovacijsko delo na novih področjih. V zadnjem času smo delo razširili še na vedno bolj aktualno področje numeričnih simulacij pojavov, ki poleg elektromagnetnih vključujejo še termične pojave, strukturno mehaniko in fluidiko. To nam omogočajo moderni simulacijski programi, pri čemer je potrebno izpostaviti programsko orodje Comsol Multiphysics (www.comsol.com), ki omogoča simulacijo zahtevnih 2 ali 3D struktur z vključevanjem več fizikalnih pojavov hkrati. Osnovni paket vsebuje možnost simulacije elektromagnetnih,

nekaj primerov simulacij, ki smo jih izvedli v Laboratoriju za bioelektromagnetiko.



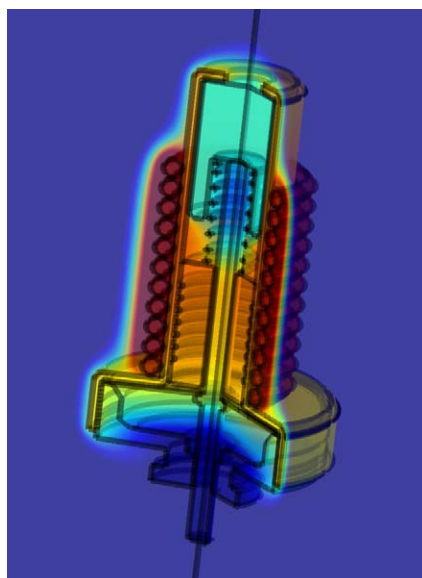
Slika 2. Primeri simulacije elektromagnetnih pojavov: 1) tok v mišici, 2) premikanje delcev z dielektroforezo, 3) kapacitivni senzor nanodelcev, 4) magnetno polje v glavi pri transkranialni magnetni stimulaciji, 5) magnetno polje in sile v elektromagnetnem sprožniku



Slika 3. Simulacija senzorja sile, ki deluje na principu piezorezistivnega efekta

senzorjem, pri čemer kapljica vode ob naletu v senzor, napolnjen z vodo, ustvari merljivo spremembo kapacitivnosti in s tem omogoča štetje nanodelcev (koncentracijo) v zraku. 4) Transkranična magnetna stimulacija je vedno bolj pomembna metoda brezkontaktna stimulacije določenih delov možganov (zdravljenje depresije, shizofrenije, ...). S simulacijo je mogoče optimirati obliko stimulirajočih tuljav, ki zagotovijo čim bolj fokusirano inducirano polje v možganih. 5) Novi dizajni elektromagnetnih struktur so lahko zelo kompleksni in vključujejo veliko število komponent. Program nam omogoča upoštevanje nelinearnih lastnosti magnetizacije feromagnetnih struktur in natančne izračune sil znotraj elektromagnetnega sprožnika.

Primer elektromehanske simulacije je simulacija senzorja sile, ki deluje na principu piezorezistivnega efekta (slika 3). Na tanek upogljiv kos jekla so nameščeni štirje polprevodniški upo-



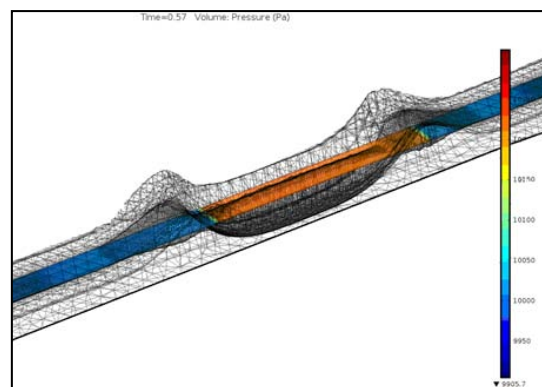
Slika 4. Temperaturna porazdelitev znotraj električnega elementa in v okolici

ri, ki imajo to lastnost, da se jim ob raztežku zelo kontrolirano spremeni specifična prevodnost in s tem upornost. To lahko s pridom izkoristimo tako, da jih namestimo ob skrajnem robu upogljivega lističa ter jih električno povežemo v obliko, ki je znana kot Wheatstonov mostič. Ta način omogoča večjo natančnost merjenja spremembe upornosti in s tem upogiba oz sile na konico jekla. Pri analizi je potrebno upoštevati model strukturne mehanike za izračun upogiba in nato sprememb specifične prevodnosti zaradi piezorezistivnega efekta. S pomočjo električnega modela je mogoče iz spremenjenih električnih lastnosti določiti spremembo električne napetosti v mostični vezavi.

Poznavanje temperaturne porazdelitve po električnih elementih je lahko ključnega pomena pri načrtovanju in optimizaciji delovanja elektro-termičnih elementov (slika 4). V analizi smo želeli ugotoviti način prevajanja toplote znotraj električnega elementa in s tem ugotavljati vplive geometrijskih in drugih sprememb za izboljšanje delovanja. Izdelan model omogoča tudi analizo porazdelitve magnetnega polja, ki omogoča izračun magnetnih sil za premik (aktuacijo). Pri termični analizi smo iz električnega modela izračunano moč uporabili kot vir toplote in določili porazdelitev temperature po elementu. Pri simulaciji je bilo potrebno upoštevati še povraten vpliv toplote na spremembo (specifične) upornosti navitja.

Mikrofluidni sistemi se vedno pogosteje uporabljajo v tako imenovanih Lab-on-a-chip napravah, ki vključujejo sistem za prenos tekočin, segre-

vanje, mehansko obdelavo in zaznavanje, npr. z merjenjem impedance. To so kompleksni sistemi tako za numerično analizo kot tudi za izdelavo. Običajno se pri tem uporabi polprevodniška tehnologija v povezavi s postopki mikromehanske obdelave (MEMS – micro-electro-mechanical systems). Numerična simulacija zahteva poznavanje fizikalnih pojavov fluidike, termične analize, elektromagnetnih pojavov ter strukturne mehanike. V analizi smo obravnavali delovanje mikromehanske črpalke, katere posebnost so negibljivi ventili, ki so realizirani v obliki ovir znotraj mikrokanala. Te ovire se priprajo ob upogibanju membrane, ki jo aktiviramo s pomočjo piezoelektrika. Ta hkrati deluje kot črpalka, ki vleče in potiska tekočino skozi kanal.



Slika 5: Piezoelektrična PDMS mikročrpalka s prigradami: a) tračna izvedba b) diskasta izvedba

V prispevku smo nakazali različne načine uporabe modernih računalniških programov za numerično modeliranje struktur ob upoštevanju prepletenih fizikalnih pojavov. To nam omogoča modeliranje delovanja in optimizacijo zelo kompleksnih pojavov in struktur. Uporaba teh programov zahteva razumevanje fizikalnih pojavov, numerične matematike in grajenja modelov, primernih za numerično simulacijo. V laboratoriju smo odprti za sodelovanje na tem vedno bolj aktualnem področju, ki prispeva k izboljšavam pri načrtovanju in optimizaciji novih ali že obstoječih naprav v podjetjih, na raziskovalnem področju pa raziskavam novih postopkov in struktur ter izboljšanjem razumevanju njihovega delovanja.

Dr. Dejan Križaj,
dejan.krizaj@fe.uni-lj.si,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Primerjava različnih vrst mazanja

Branko ŠIMAC, Matej TOMŠIČ

1 Uvod

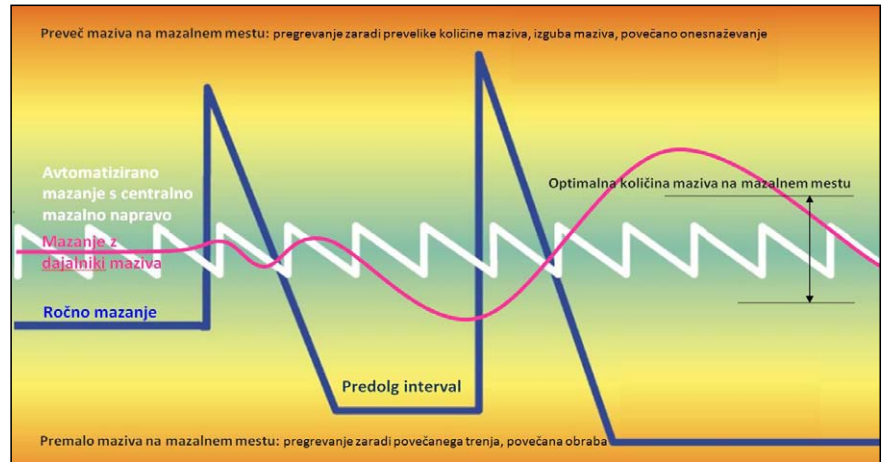
Večino strojev in naprav moramo mazati. Pri strojih je veliko gibanja, tako rotacij kakor tudi premočrtnega gibanja. Mazanje je postopek, ko med gibajoče se dele dovajamo mazivo in s tem preprečujemo poškodbe površin, znižujemo trenje in temperaturo ter olajšamo gibanje. S pravilnim mazanjem podaljšamo življenjsko dobo tornih površin, kar ugodno vpliva na stroške vzdrževanja in zanesljivost delovanja stroja.

Proizvajalci strojev v navodilih za uporabo navedejo mazalna mesta in priporočijo vrsto maziva, s katerim je potrebno mazati. Navedejo tudi, kako pogosto in kakšno količino maziva je potrebno dozirati. S premalo mazanja povzročimo preveliko trenje in s tem obrabo gibljivih delov. Če mažemo preveč, lahko povzročimo premočno segrevanje, ki ima ravno tako škodljive posledice. Hkrati je to drago in ekološko sporno. Zato moramo paziti na primerno količino maziva, ki ga vnesemo pri vsakokratnem doziranju.

2 Načini mazanja

2.1 Ročno mazanje

Ročno mazanje je najbolj osnoven način mazanja.



Slika 1. Diagram poteka mazanja

Uporabljamo ga pri strojih z manjšim številom mazalnih mest, ki potrebujejo mazanje 1-krat na dan ali redkeje, navadno 1-krat tedensko ali mesečno. Količina maziva, ki jo potrebuje mazalno mesto, je običajno majhna (nekaj cm³).

Mazalno mesto, ki se maže ročno, mora imeti na ohišju nameščeno mazalko, skozi katero dovedemo mazivo do točke trenja. Odvisno od vrste mazalnega mesta zadostuje že nekaj bar tlaka, pri večjih in slabo prehodnih drsnih ležajih potrebujejo tudi krepko preko 100 bar.

Tlak ustvari bat, ki potuje v črpalnem elementu (cilindru) ob pomo-

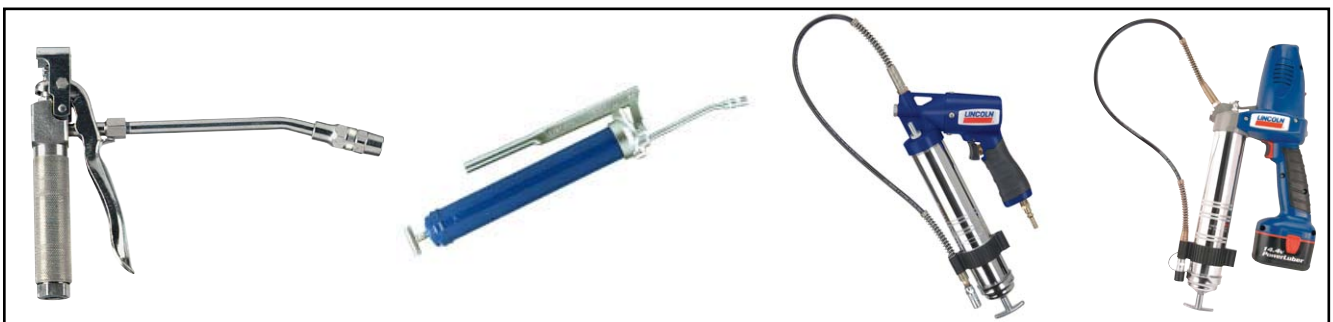
vrtnega ventila in cevi stiskalke na mazalno mesto in tako ustvari tlak. Največji tlak, ki ga ustvari stiskalke, je lahko preko 400 bar.

Bat črpalnega elementa pomikamo naprej-nazaj s pomočjo vzvoda in naših mišic ali motorja (pnevmatskega oz. električnega).

2.2 Avtomatski dajalniki maziva

Dajalniki maziva so prva stopnja pri avtomatizaciji mazanja.

Uporabimo jih, kadar imamo manjše število mazalnih mest, ki so med

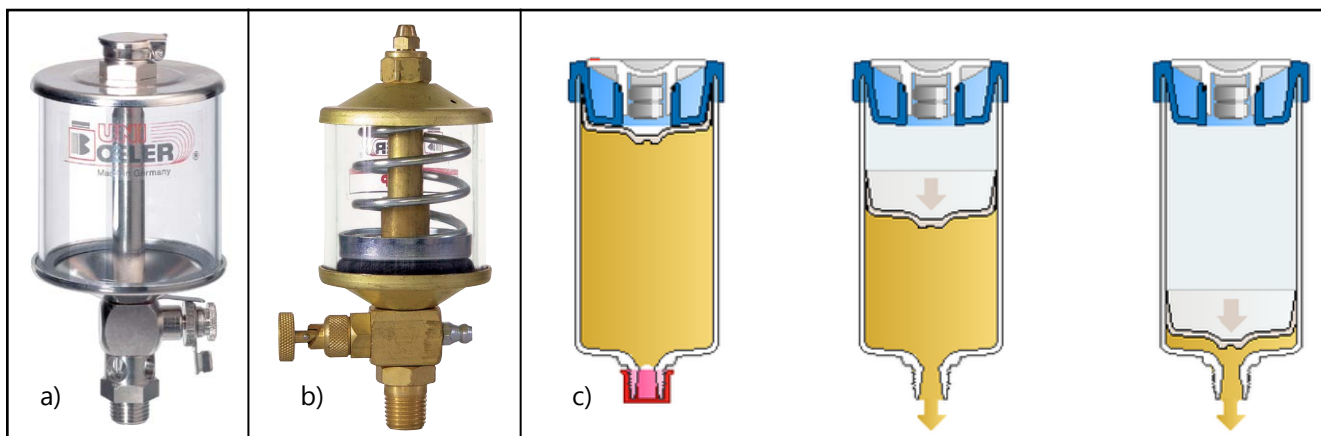


Slika 2. Stiskalke masti za ročno uporabo

Branko Šimac, dipl. inž, Matej Tomšič, univ. dipl. inž, oba HENNLICH, d. o. o., Podnart

či protipovratnega ventila. V hodu nazaj ustvari bat vakuum, ki posea mazivo v črpalni element. Pri hodu naprej iztisne mazivo preko protipo-

seboj na večji oddaljenosti in potrebujejo manjšo količino maziva. Vsak dajalnik je primeren za mazanje enega dobro prehodnega mazalne-



Slika 3. Dajalnik maziva *

ga mesta. Dajalnik namreč ni sposoben ustvariti večjega tlaka.

Dajalnik privijemo neposredno na mazalno mesto. Lahko ga z mazalnim mestom povežemo s krajšo cevjo.

- * Dajalniki maziva delujejo na principu:
- gravitacije, imenujemo jih kapalniki,
 - vzmeti, ki pritiska na bat in tako potiska mazivo skozi izhod,
 - plina, ki nastaja kot posledica kemične reakcije, potiska bat in ustvari tlak maziva okoli 6 bar.

Dajalniki maziv (slika 3a in 3b) imajo lahko na izhodu dušilko, s katero reguliramo količino iztisnjenega maziva. Nekateri dajalniki (slika 3c) lahko regulirajo intenzivnost nastajanja plina.

2.3 Avtomatsko centralno mazanje

Centralno mazanje (slika 4) uporabljamo tako pri enostavnih kot pri najzahtevnejših aplikacijah.

Primerno je za mazanje večjega šte-

vila mazalnih mest. Uporabljamo ga tudi pri mazanju le dveh mazalnih mest, ki pa potrebujeta zelo veliko količino maziva.

Z eno črpalko in ustreznim cevnim razvodom lahko zanesljivo oskrbujemo preko 200 mazalnih mest, ki so oddaljena preko 200 m.

Za potiskanje maziva po cevovodih centralnega mazalnega sistema skrbi črpalka, ki jo najpogosteje poganja električni ali pnevmatski motor, redkeje hidravlični ali moč mišic.

Ovisno od vrste centralnega mazalnega sistema ima črpalka en ali več črpalnih elementov. Enostavnejše črpalke ustvarijo nekaj 10 bar tlaka, robustnejše pa do 400 bar. Črpalni element dobi mazivo iz rezervoarja, ki je del črpalke oz. je lociran v bližini.

Načrpano mazivo se po ceveh prenese do dozirnih elementov (dozirnikov, injektorjev, razvodnikov). Ti prejeto mazivo izmerijo in dozirajo točno določeno količino na vsako mazalno mesto.

Del centralnih mazalnih sistemov so senzorji in krmilje, ki upravlja in nadzira delovanje sistema, kot tudi alarmira v primeru napak.

3 Prednosti in slabosti mazalnih sistemov

Dokazano je [1, 2], da je za preko 50 % okvar ležajev krivo slabo mazanje (sl. 5), od tega se 97 % teh okvar pojavi pri ročnem mazanju.

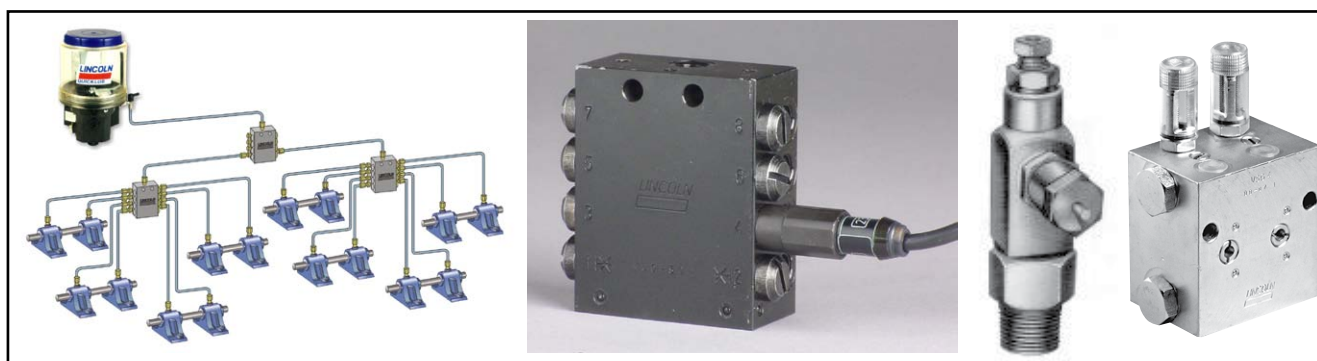
3.1 Ročno mazanje

Prednosti

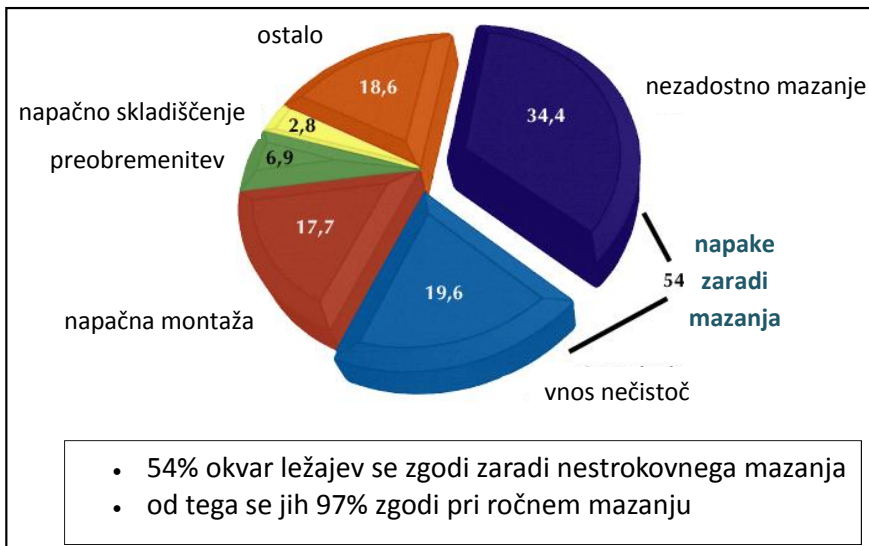
- Hkrati z mazanjem vzdrževalec stroj tudi pregleda.
- Z visokim tlakom lahko prebijemo zabita mazalna mesta. Primerna rešitev tudi pri nizkih temperaturah.

Slabosti

- Teže dostopna mesta lahko ostanejo »pozabljena«.
- Intervali med posameznimi mazanji so dolgi in pogosto neenakomerni (človeški faktor).
- Kadar mažemo, običajno doziramo preveliko količino maziva.
- Nevarno delo, npr. na lestvi (za mazanje potrebujemo obe roki).



Slika 4. Primer progresivnega centralnega mazalnega sistema in razdelilniki ostalih vrst centralnih mazanj



Slika 5. Vzroki za napake na ležajih

3.2 Avtomatski dajalniki maziva

Prednosti

- Nizka investicija pri enem/malo mazalnih mestih.
- Dajalnik se lahko giblje/vrti skupaj s strojem.
- Mazivo izhaja ves čas neprekinjeno.

Slabosti

- Pri spremembah temperature pride do spremembe viskoznosti maziva in sprememb pri nastajanju plina ter tako do neenakomernega doziranja. Ni najbolj primeren za nizke temperature.
- Napako pri delovanju težko zaznamo.
- Nizek tlak pri vstopu v mazalno mesto.
- Veliko ekološko sporne embalaže pri dajalnikih na plin.

3.3 Avtomatsko centralno mazanje

Prednosti

- Visok tlak pri vstopu v mazalno mesto.
- Enakomerno doziranje maziva pri vseh pogojih.
- Neprehodnost sistema za mazivo je enostavno zaznati, puščanje maziva tik pred mazalnim mestom pa težko/drago.

Slabosti

- Visoka začetna investicija.
- Zaustavitev stroja med montažo sistema.

4 Zaključek

Uporabnik, lastnik ali projektant se mora odločiti, ali bo svoj stroj mazal ročno, s pomočjo dajalnikov ali s centralnim mazalnim sistemom. Glede na ceno delovne sile je pri večjem številu mazalnih mest dolgoročno gledano verjetno najracionalnejša rešitev centralno mazanje. Glede na statistiko je smiselno prestaviti jeziček na tehtnici pri odločanju nekoliko v smer centralnega mazanja in s tem povečati zanesljivost delovanja stroja.

Viri

- [1] Interna dokumentacija podjetja HENNLICH d. o. o.
- [2] Tehnična dokumentacija podjetja LINCOLN (SKF).



„pozabite*
na to, da je vaš stroj
potrebno mazati“

Večina večjih slovenskih podjetij uporablja naše sisteme za centralno mazanje in je z njimi zadovoljna.

Preverite kaj lahko naredimo za vas.



*Centralni mazalni sistemi delujejo povsem samodejno. Če to ni mogoče, za redno mazanje poskrbi usposobljena služba podjetja HENNLICH d.o.o.

HENNLICH industrijska tehnika tel.: 041 386 004, info@hennlich.si

Nove knjige

- [1] Forsthoffer, W. E.: **Best Practice Handbook for Rotating Machinery** – Priročnik za rotacijske stroje združuje in razširja vsebine številnih dosedanjih objav uveljavljenega avtorja na obravnavanem področju. Nudi izčrpne tehnične informacije in številna praktična znanja, pridobljena z učenjem in praktičnim delom pri uporabi in vzdrževanju široke palehjače različnih rotacijskih strojev in naprav. Ima skromen namen izboljšati njihovo učinkovitost, varnost, zanesljivost in stroške uporabe. – *Zal.*: Butterworth – Heinemann, 225 Wymen Street, Waltham, MA 02451, USA; 2011; ISBN: 978-0-0809-6676-2; obseg: 672 strani; *cena*: 295,00 USD.
- [2] Hofmeister, H.-W. ed., Denkema, B. T. ed.: **Jahrbuch 2011 – Schleifen, Honen, Läppen und Polieren – Verfahren und Maschinen** – Konec leta 2011 je izšla 65. iz-

daja zbornika o brušenju, honanju, lepljenju in poliranju. Težišča obravnave predstavljajo: praktična uporaba ustreznih strojev, postopki in orodja za navedene precizne obdelave z odvzemanjem materiala. Obravnavani so teoretične osnove, priprava orodij, nadzor procesov obdelave, krmiljenje in regulacija strojev ter zagotavljanje kakovosti in učinkovitosti obdelave zahtevnih materialov. Visoko strokovni prispevki uporabnikov in raziskovalcev posredujejo sodoben pregled smeri razvoja na tem področju izdelovalne tehnike. Pomembna poglavja zbornika obsegajo: osnove, brusne plošče in brusno orodje, postopke brušenja, mikrobrušenje, zagotavljanje kakovosti in diagnoze, honanje, lepanje in poliranje ter druge podobne postopke. – *Zal.*: Vulkom Verlag, Essen; 2011;

- ISBN: 978-3-8027-2959-1; obseg: 460 strani; *cena*: 90,00 EUR.
- [3] **keNEXT – Konstruktion & Engineering** – Nemška založba Verlag Moderne Industrie je pričela z izdajanjem nove strokovne revije za področja mehatronike, avtomatizacije, mobilnosti in obnovljivih virov energije. Obljublja najnovije informacije, tehnične podrobnosti z naslednjih področij:
- gradnja strojev in naprav,
 - pridobivanje energije iz obnovljivih virov,
 - energijska učinkovitost,
 - letalski in vesoljski promet,
 - mobilni stroji,
 - medicinska tehnika,
 - mednarodni trgi in branže.
- Prepričajte se o najuspešnejši reviji s področja konstruiranja in avtomatizacije. – *Zal.*: Verlag Moderne Industrie GmbH, Justus-von-Liebig-Str. 1; 86899 Landsberg, BRD; tel.: + 08191/125-0; internet: www.mi-verlag.de.

DOMEL®

Ustvarjamo gibanje

DOMEL d.d.

Otoki 21, 4228 Železniki,
Slovenija

T: +386 (0)4 51 17 355

F: +386 (0)4 51 17 357

E: brane.cencic@domel.si

I: www.domel.com

**VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,
ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI**



STÄUBLI

www.staubli.com

Napotilo za uporabo hidravličnih valjev

Nemško strokovno združenje za fluidno tehniko v okviru VDMA je pripravilo tudi osnutek priporočila E VDMA 24579 za izbiro in uporabo hidravličnih valjev (Entwurf des VDMA Einheitsblatts 24579 Fluidtechnik – Hydrozylinder – Parameter). Priporočilo predstavlja napotilo za ustrezno izbiro in optimalno obratovanje hidravličnih valjev. Tako pri izbiri in snovanju ustreznega vezja kot pri obratovanju je potrebno upoštevati energijsko učinkovitost. Po priporočilu je mogoče upošte-

vati različne vplivne parametre, jih opisati in ovrednotiti. Izhaja se iz zahtev in nalog ter obratovalnih pogojev in obremenjenih sil.

E VDMA 24579 daje tudi pregled veljavnih standardov z osnovnimi podatki, izmenami in potrebnim priborom.

Priporočilo je na voljo pri strokovnem združenju za fluidno tehniko v okviru VDMA ali se kot PDF-datoteka lahko prevzame s spletnih

strani: www.vdma.org – VDMA-Themen: Technik und Umwelt-VDMA-Einheitsblätter-Entwurf.

Dodatne informacije dobite na naslovu: VDMA-Fachverband Fluidtechnik, Jörn Dürer, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt, BRD; tel.: +069-6603-1652, faks: +069-6603-2652; e-pošta: joern.duerer@vdma.org, internet: www.vdma.org.

Po O + P 56(2012)6, str. 30
A. Stušek

SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE

MOOG

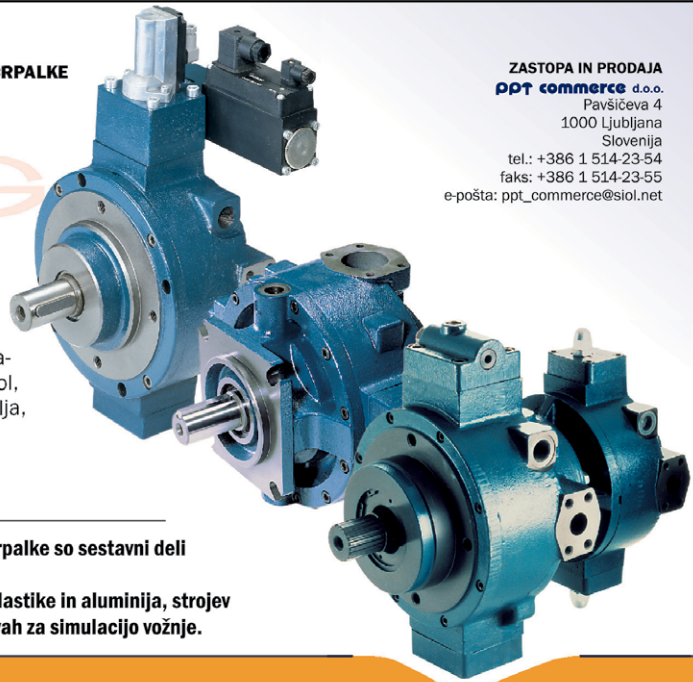
Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalk,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalk.

Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.

Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železarnah in lesni industriji, v letalnih in napravah za simulacijo vožnje.

ZASTOPA IN PRODAJA
PPT commerce d.o.o.
Pavšičeva 4
1000 Ljubljana
Slovenija
tel.: +386 1 514-23-54
faks: +386 1 514-23-55
e-pošta: ppt_commerce@siol.net



Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...



 **M+S HYDRAULIC**



Prava energija je tista, ki jo podelimo mimogrede.
S prijatelji, z naravo in vsemi, ki nam zaupajo.
Zato bomo v letu 2013 še naprej, kjerkoli nas potrebujete.

**BODITE USPEŠNI.
BODITE ZADOVOLJNI.**



INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem
za industrijsko in profesionalno
elektroniko

International Trade Fair
for industrial and professional
electronic

30.1. - 01.02. 2013

Slovenija, www.intronika.si



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

svet
ELEKTRONIKE

Decemberski KJT kompleti

Vse cene so z DDV in upoštevanim popustom

KJT pastirski ogenj

-20%

12,00 EUR

5KJT0058



KJT PWM 99

- napajalnik
- tokovni gen.
- polnilnik

-10%

71,10 EUR

5KJT0059



KJT ACC

avtomatski polnilnik
za akumulatorje
6V in 12V

-15%

66,30 EUR

5KJT0056



Oglaševalci

ATLAS COPCO, d. o. o., Trzin	439
AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	502
BUTAN PLIN, d. d., Ljubljana	500
DOMEL, d. d., Železniki	499
DVS, Ljubljana	438
FESTO, d. o. o., Trzin	429, 504
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	503
HENNLICH, d. o. o., Podnart	408
HYDAC, d. o. o., Maribor	447
ICM, d. o. o., Celje	441, 501
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGRN, Lesce	429
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	501
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri	429, 430
LOTRIČ, d. o. o., Selca	429, 483
MAPRO, d. o. o., Žiri	429, 474
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	429
OLMA, d. d., Ljubljana	429
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	429, 456
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	429
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	500
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	479, 483, 490
S3C, d. o. o., Ljubljana	429, 445
SICK, d. o. o., Ljubljana	429
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	441
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	443
TRC Ljudmila Ličen s. p., Kranj	429, 493
TULI, d. o. o., Ljubljana	486
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	435, 457
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	432

Zanimivosti na spletnih straneh

[1] Katalog: **Elektronski merilnik** – http://www.asm-senzor.com/asm/pdf/pro/hioki_gkat_de.pdf
– ASM je izdal katalog elektronskih merilnikov za raziskave, razvoj in vzdrževanje. Obsega 72 strani HIOKI-programa proizvodnje s številnimi risbami, preglednicami in podobnimi tehničnimi podatki. Merilniki so razdeljeni po osnovnih funkcijah, tako da je iskanje hitro in enostavno. Navedene so tudi številne opcije in podatki o dodatni opremljeni. HIOKI-merilnike v ZRN distribuira izključno podjetje ASM GmbH. Katalog je pripravljen za prenos k sebi.

[2] **Norgren ponuja številne interaktivne storitve** – www.norgren.com – Poznana firma je na svojih spletnih straneh pripravila 32 različnim trgov prilagojenih spletnih forumov. Nove spletne strani so od začetne strani neposredno usmerjene h ključnim sektorjem dejavnosti Norgrena, med njimi so najpomembnejši: železniški transport, energetika, industrija hrane in pijač, biotehnika in gospodarska vozila. Ob tem so obravnavane številne interaktivne storitve, kot so študije, videopredstavitve in intervjuji s pomembnimi strokovnjaki na posameznih sektorjih dejavnosti. Tudi e-orodja, katalogi in informacijske brošure so na voljo za prenos k sebi.

IRT 3000

inovacijerazvojtehnologije

www.irt3000.si

VENTIL

REVUA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704
telefaks: + (0) 1 4771-761
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>
e-mail: ventil@fs.uni-lj.si